

**MODELE, ARTEFAKTY,
KOLEKTYWY**

MONOGRAFIE
FUNDACJI NA RZECZ NAUKI POLSKIEJ

RADA WYDAWNICZA

Janusz Sławiński, Lech Szczucki,
Wojciech Tygielski, Marek Ziółkowski

FUNDACJA NA RZECZ NAUKI POLSKIEJ

Łukasz Afeltowicz

**MODELE, ARTEFAKTY,
KOLEKTYWY**

**PRAKTYKA BADAWCZA
W PERSPEKTYWIE WSPÓŁCZESNYCH
STUDIÓW NAD NAUKĄ**

TORUŃ 2012

Książka uzyskała wyróżnienie w programie Monografie FNP.
Wydanie książki subwencjonowane przez
Fundację na rzecz Nauki Polskiej

Redaktor tomu
Anna Mądry

Korekty
Justyna Filipczyk

Rysunki
Jacek S. Podgórski

Projekt okładki i obwoluty
Barbara Kaczmarek

Printed in Poland
© Copyright by Łukasz Afeltowicz
and Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
Toruń 2012

eISBN 978-83-231-5670-3
<https://doi.org/10.12775/978-83-231-5670-3>

**WYDAWNICTWO NAUKOWE
UNIwersytetu MIKOŁAJA KOPERNIKA**

Redakcja: ul. Gagarina 5, 87-100 Toruń
tel. +48 56 611 42 95, fax +48 56 611 47 05
e-mail: wydawnictwo@umk.pl

Dystrybucja: ul. Reja 25, 87-100 Toruń
tel./fax: +48 56 611 42 38, e-mail: books@umk.pl

www.wydawnictwoumk.pl

Wydanie pierwsze

Spis treści

WPROWADZENIE	9
Cóż wspaniałego jest w nauce?	13
Cele rozprawy	18
Perspektywa teoretyczna pracy.....	23
Wstępne kwestie definicyjne.....	27
Rozróżnienie na naukę i technikę	27
Od wiedzy zwerbalizowanej do wiedzy „urzeczowionej” ...	29
Nauka jako wiedza, kultura i praktyka	31
Mapa wyводу	33
CZĘŚĆ I. WSPÓŁCZESNE STUDIA NAD NAUKĄ I TECHNOLOGIĄ	
ROZDZIAŁ 1. PARADYGMATY, KOLEKTYWY I MRÓWKI	41
„Społeczny” wymiar poznania w teorii Thomasa Kuhna	44
Program negatywny i pozytywny	44
Teoria Kuhna na tle badań Ludwika Flecka	45
Filozofia nauki Ludwika Flecka	47
Style i kolektywy myślowe	47
Style myślowe jako systemy autopojetyczne	49
Prowizorka w nauce	52
Kolektywny wymiar poznania w koncepcji Flecka	57
Naukowcy niczym mrówki?	60
Poza opozycję racjonalne vs. społeczne	69
ROZDZIAŁ 2. SPOŁECZNE STUDIA NAD NAUKĄ I TECHNOLOGIĄ	73
Główne nurty i programy badawcze STS	74
Mocny program i początek socjologii wiedzy naukowej	75
EPOR	76
Analiza dyskursu naukowego	77
Etnografia i antropologia nauki	79
Aktualne kierunki rozwoju STS	83
Nauka okiem antropologa	85
Majsterkowanie	85
Urządzenia inskrypcyjne (zapisujące)	87
Rola laboratoriów i instrumentów	89

Translacje i krążąca referencja	93
Czarne skrzynki	94
Centra kalkulacji	97
Laboratoryzacja świata	98
Zatarcie różnicy między innowacją technologiczną a predykcją naukową	100
<i>Rapid-discovery science</i>	101
Problem jedności nauki	102
Społeczne studia nad nauką na tle filozofii chemii	106
ROZDZIAŁ 3. KOGNITYWNE STUDIA NAD NAUKĄ I TECHNOLOGIĄ	111
Charakterystyka pola badawczego	112
<i>In vivo</i>	114
<i>In vitro</i>	118
Laboratoryjne symulacje procesu odkrycia na przykładzie eksperymentów z <i>Big Trak</i>	119
Eksperymentalna rekonstrukcja procesu odkrycia genów regulujących	123
<i>Ex vivo</i>	126
<i>In historico</i>	128
<i>In magnetico</i>	130
<i>In silico</i>	131
Nurt <i>problem solving</i>	133
ASON jako przykład zastosowania metodologii syntetycznej	137
Odkrycie naukowe jako rozwiązywanie problemów	139
BACON	142
Krytyka ASON jako modeli praktyki naukowej	144
Poza opozycję kognitywne vs. społeczne	149

CZĘŚĆ II. OD UJĘĆ SYMBOLICZNYCH DO USYTUOWANEGO POZNANIA

ROZDZIAŁ 4. ROZPROSZONE POZNANIE	161
Antropologia nawigacji morskiej	161
Kwestie metodologiczne	162
Charakterystyka problemów nawigacyjnych	165
Mapa jako serce systemu nawigacyjnego	169
Zewnętrzne reprezentacje i rusztowania poznawcze	171
Mapa nawigacyjna i analogowe komputery	178
Praktyka nawigatorów jako rozproszone poznanie	185
Zastosowania koncepcji rozproszonego poznania	189

Kontrola ruchu lotniczego jako rozproszony system poznawczy	190
Rozproszona kalkulacja na Wall Street	199
Rozproszone poznanie, chiński pokój i matematyka	203
ROZDZIAŁ 5. USYTUOWANE POZNANIE	209
Planowanie a usytuowane działanie	210
Jak kontekst pomaga rozwiązywać problemy	217
O inteligentnym wykorzystaniu przestrzeni	221
Usytuowane poznanie vs. <i>problem solving</i>	229
Delfiny, namorzyny i rusztowania poznawcze	237
Program 4E	241
<i>Embodiment</i> (ucieleśnienie)	243
<i>Embeddedness</i> (zakorzenienie)	248
<i>Extension</i> (rozszerzenie)	252
<i>Enaction</i> (poznanie jako działanie)	254
4E a perspektywa usytuowanego i rozproszonego poznania	258
Związki między naukami kognitywnymi a antropologią nauki	260
Co mają ze sobą wspólne mleczarz, delfin i naukowiec?	263

CZĘŚĆ III. PRAKTYKA BADAWCZA

JAKO USYTUOWANE ROZWIĄZYWANIE PROBLEMÓW

ROZDZIAŁ 6. KOLEKTYWNY WYMIAR POZNANIA NAUKOWEGO	273
Koopercja, konkurencja i SARS	276
Kolektywny charakter eksperymentów w fizyce wysokich energii	282
Od cyklotronów do LHC	284
Fizyka wysokich energii jako wspólnota komunitarystyczna	290
Zarządzanie przez treść	295
Spodziewaj się niespodziewanego! – o roli anomalii w eksperymentach biologicznych	300
Jak wykorzystać komunikację językową (wraz ze wszystkimi jej niedoskonałościami)	303
Przewód czy plan	304
Czy jest możliwa socjologiczna analiza procesu myślowego?	308
W jaki sposób badać kolektywne procesy myślowe	312
Różne ujęcia kolektywnego wymiaru poznania naukowego	317
ROZDZIAŁ 7. INSKRYPCJE I ZEWNĘTRZNE REPREZENTACJE	323
Wizualne reprezentacje i translacje w neurobiologii	324
Jak gołym okiem zobaczyć pączkujące aksony	327

Redukcja złożoności przez przekształcanie reprezentacji...	333
Nauka jako projekt bez szczegółowego planu	335
Neurobiologia lat 70. na tle współczesnych praktyk badawczych	339
Zewnętrzne reprezentacje jako „klej społeczny”	340
Wizualna kultura inżynierów	341
Wszędobylskie szkice	342
Od szkicu do makiety	345
Od analogowych do cyfrowych reprezentacji	346
Zaskakujące właściwości zewnętrznych reprezentacji	348
ROZDZIAŁ 8. FIZYCZNE MODELE I INSTRUMENTY NAUKOWE	353
Epistemologia instrumentów naukowych	354
Biologia molekularna i krystalografia białek	364
Papierowy model i odkrycie alfa-helisy	365
Rola fizycznego modelu w odkryciu struktury molekularnej DNA	371
Rozwój badań nad strukturą białek a zwrot genetyczny w biologii	378
Współczesna krystalografia białek	381
Rola ucieleśnienia w krystalografii białek	385
Dynamika płynów i laboratoryjne symulacje	390
Robotuńczyk	391
Zagadka lotu owadów	394
Odpowiedzi na pytania, których nie potrafimy jeszcze sformułować	399
PODSUMOWANIE I UWAGI KOŃCOWE	403
Możliwe kierunki dalszych dociekań	410
ANEKS. LABORATORIUM MYŚLI, CZYLI KILKA UWAG NA TEMAT TECHNOLOGII PRACY UMYSŁOWEJ	417
Intertekstualność	425
O różnych strategiach lektury	428
Pisanie jako czynność poznawcza	439
Pomyśleć rzeczy nie do pomyślenia	449
BIBLIOGRAFIA	451
SUMMARY	487
INDEKS OSOBOWY	491
INDEKS RZECZOWY	499

Wprowadzenie

Dość powszechnie przyjmuje się, że skomplikowane problemy – zarówno poznawcze, jak i praktyczne – należy pozostawić w rękach wybranych wybitnych jednostek, ludzi obdarzonych rzadkimi umiejętnościami lub odpowiednio przeszkolonych i posiadających bogate doświadczenie w danej dziedzinie. Przykładowo, przez wiele lat uznawano, że sukces korporacji jest uzależniony w dużej mierze od charyzmy i wizjonerstwa rady nadzorczej. Wyrazem ogromnej wiary pokładanej w wiedzy eksperckiej jest powszechna pogoda za ekspertem, z którą mamy do czynienia zarówno w biznesie, jak i polityce. Przejawem owej pogody są skomplikowane procesy selekcji osób na stanowiska kierownicze czy wymogi, jakie są stawiane młodym dyplomatom oraz kandydatom na stanowiska doradców politycznych. Oczywiście przekonanie, że to wybitne jednostki powinny podejmować najważniejsze decyzje oraz rozwiązywać trudne problemy nie jest wynalazkiem nowoczesności. Czy wiara w niesłychaną rolę wiedzy eksperckiej jest rzeczywiście uzasadniona? Czy nie ma innego sposobu na rozwiązywanie skomplikowanego problemu niż pozostawienie go w rękach eksperta?

Można wskazać wielu myślicieli i badaczy, którzy przypisywali szczególną rolę wiedzy eksperckiej. Przywołajmy chociażby postać wybitnego brytyjskiego podróżnika, uczonego i wynalazcy, Francisca Galtona. Do głównych obszarów zainteresowań Galtona należały statystyka, dziedziczenie, a także rozkłady cech fizycznych i psychicznych w populacji. Dodajmy, że Galton „zasłynął” jako pionier eugeniki. Żył silne przekonanie, że ogół społeczeństwa stanowią ludzie fizycznie i intelektualnie ograniczeni, w związku z czym jedynie nieliczni przedstawiciele populacji powinni pełnić odpowiedzialne funkcje lub rozwiązywać skomplikowane problemy. Dlaczego przywołuję tutaj właśnie Galtona? Otóż dlatego, że będąc eugenikiem, natknął się przypadkiem na pewne zjawisko, które wymusza istotną

korektę rozpowszechnionych poglądów na temat zdolności ekspertów w dziedzinie rozwiązywania problemów oraz potencjału, który reprezentuje tłum przeciętnych, zwyczajnych ludzi.

Pewnego jesiennego dnia 1906 roku Galton odwiedził doroczną regionalną wystawę zwierząt hodowlanych w okolicach Plymouth. Jego uwagę zwrócił zorganizowany w trakcie wystawy, cieszący się dużą popularnością konkurs. Uczestnikom wystawy zaprezentowano dorodnego wołu i zachęcano do oszacowania jego wagi po zarżnięciu i oprawieniu. Chętni mieli zapisywać swoje typy na kartkach i wrzucać do urny. Na autora najtrafniejszej odpowiedzi czekała nagroda. Kierując się swoimi poglądami na temat rozkładu korzystnych cech w populacji, Galton był przekonany, że tylko nieliczni ludzie – nieprzeciętne umysły lub eksperci w danej dziedzinie – będą w stanie prawidłowo oszacować wagę wołu. Potraktował konkurs jak improwizowany eksperyment. Chcąc potwierdzić swoje przypuszczenia, przeanalizował 787 oddanych głosów. Ku swemu zaskoczeniu odkrył, że rzeźnicy, hodowcy z wieloletnim stażem i inni eksperci, po których Galton spodziewał się najtrafniejszych odpowiedzi, nie okazali się wcale lepsi od pozostałych uczestników. Nie to jednak było najbardziej zaskakujące. Galton obliczył średnią wartości odpowiedzi podawanych przez uczestników konkursu. Wół po oprawieniu ważył 1197 funtów, zaś średnia wyników oddanych w głosowaniu wynosiła 1198. Innymi słowy, tłum – traktowany jako pewna całość – okazał się „mądrzejszy” od wszystkich wchodzących w jego skład jednostek, w tym również ekspertów (Surowiecki 2010: 13–15). Czy był to zwykły zbieg okoliczności?

Tamtego jesiennego dnia brytyjski uczony natknął się na występujące w wielu innych kontekstach zjawisko, które James Surowiecki nazywa „mądrością tłumu” (Surowiecki 2010). Efekt ten każdy z nas może samodzielnie wywołać, przeprowadzając prosty eksperyment. Wystarczy zaprezentować dostatecznie dużej grupie (liczącej co najmniej trzysta osób) przezroczysty pojemnik (na przykład słoik) wypełniony małymi, jednakowymi przedmiotami (na przykład ziarnami fasoli lub kulkami) i poprosić, by każda osoba samodzielnie oszacowała ich liczbę w pojemniku. Po zebraniu głosów okaże się, że średnia szacunków jest niezwykle bliska prawidłowego wyniku. Być

może wśród głoszących znajdzie się jedna osoba, której wynik będzie trafniejszy od średniej. Jeżeli powtórzymy cały eksperyment z tą samą grupą i inną liczbą fasolek, to ponownie pojawi się taka osoba, jednak niemal z całą pewnością nie będzie to ta sama osoba. W tym przypadku trafność szacunku lub jej brak nie wynika z indywidualnych kompetencji jednostki, lecz jest kwestią zwykłego przypadku.

Surowiecki stwierdza, że w dziedzinie podejmowania decyzji, przewidywania lub rozwiązywania problemów o różnej złożoności, duże grupy ludzi – przy zachowaniu określonych warunków – są efektywniejsze nawet od najinteligentniejszych i najbardziej doświadczonych ekspertów. Surowiecki wskazuje na cztery główne warunki zaistnienia efektu mądrości tłumu: (1) wysoka różnorodność grupy – ludzie nie mogą funkcjonować w oparciu o te same schematy, wyobrażenia lub inne „filtry” poznawcze; (2) niezależność formułowanych odpowiedzi i szacunków – nie mogą być one grupowo negocjowane lub uzgadniane; (3) wysoki poziom motywacji, by udzielać trafnych odpowiedzi – ważną rolę odgrywają tu nagrody i zachęty; (4) efektywny mechanizm agregacji lokalnych decyzji lub szacunków.

Zjawisko mądrości tłumu okazuje się przydatne również przy rozwiązywaniu dużo bardziej skomplikowanych problemów poznawczych. Jak przekonuje Surowiecki, w oparciu o mądrość tłumu można precyzyjnie przewidywać wyniki wyborów publicznych oraz przebieg innych procesów politycznych, zachowania rynków finansowych czy wyniki rozgrywek w popularnych dyscyplinach sportowych. Być może najlepszą ilustracją zastosowania mądrości tłumu do rozwiązywania skomplikowanych problemów jest przypadek poszukiwań zaginionego okrętu podwodnego.

W maju 1968 roku okręt USS Scorpion zaginął w drodze powrotnej z Północnego Atlantyku do Newport News. Marynarka stanęła wobec niezwykle złożonego problemu. Należało przeszukać akwen o promieniu 20 mil morskich i głębokości wielu tysięcy stóp, którego centrum stanowiło ostatnie znane położenie statku. Oczywiście wyjściem wydawało się zasięgnięcie opinii u kilku najlepszych na świecie ekspertów w dziedzinie nawigacji podmorskiej oraz prądów oceanicznych. Oficer John Craven miał jednak inny pomysł.

Opracował szereg scenariuszy katastrofy uwzględniających najróżniejsze czynniki. Następnie zgromadził duży zespół, w skład którego weszli ludzie o najróżniejszych specjalnościach: matematycy, specjaliści od prądów morskich, ratownicy. Nie mieli oni współpracować ze sobą, lecz rywalizować – samodzielnie ocenić prawdopodobieństwo poszczególnych scenariuszy. Dodajmy, że formułowane przez nich oceny miały charakter zakładów, w których stawką były butelki whisky. W celu agregowania wyników i wyznaczenia przypuszczalnej lokalizacji wraku Craven wykorzystał twierdzenie Bayesa. Wyznaczona w ten sposób pozycja nie pokrywała się z indywidualnymi przewidywaniami. To właśnie owa kolektywna mądrość, nie zaś szacunki któregośkolwiek z ekspertów, okazała się nader trafna. W pięć miesięcy po zaginięciu USS Scorpion został odnaleziony – spoczywał na dnie, 200 metrów od miejsca, które „wskazała” grupa Cravena.

Opisywane przez Surowieckiego zjawisko mądrości tłumu ma doniosłe konsekwencje. Zmusza nas między innymi do sformułowania pytania dotyczącego praktycznej wartości wiedzy eksperckiej oraz tego, w jakim stopniu możemy jej zawierzyć. Z badań wynika, że eksperci reprezentujący takie dziedziny, jak inżynieria, prawo, medycyna, zarządzanie, bankowość, spekulacje finansowe są jedynie nieznacznie lepsi w dokonywaniu przewidywań od laików. Ponadto tezy ekspertów w ramach poszczególnych dziedzin okazują się najczęściej wzajemnie niespójne lub sprzeczne. Wreszcie eksperci nie różnią się od laików pod względem umiejętności skalowania własnej wiedzy, czyli szacowania prawdopodobieństwa trafności swoich ocen i przewidywań. Przykładowo, badania pokazują, że eksperci od handlu walutami w 70% sytuacji przeceniali trafność swoich przewidywań kursowych. Innymi słowy, podobnie jak inni ludzie, eksperci myślą, że wiedzą więcej, niż rzeczywiście wiedzą. Być może istnieją wśród ekspertów w poszczególnych dziedzinach wąskie grupy wybitnych specjalistów. Problem polega jednak na tym, że trudno byłoby ich zidentyfikować, gdyż w przypadku ekspertów dotychczasowe osiągnięcia nie gwarantują przyszłych sukcesów (Surowiecki 2010: 65–69). Mimo to, wciąż jest podtrzymywane społeczne przeświadczenie, że jeden wybitny człowiek jest w stanie mocą swojego

intelektu rozwiązywać skomplikowane problemy i dokonywać trafnych przewidywań.

Mitologia wiedzy eksperckiej jest utrwalona chyba najsilniej w sposobie postrzegania i wyjaśniania funkcjonowania nauk, w szczególności dyscyplin przyrodniczych oraz nauk ścisłych. Być może jesteśmy w stanie zaakceptować zasadność diagnozy Surowieckiego w odniesieniu do kierowników banków, meteorologów, dyrektorów korporacji, polityków i ich doradców, finansistów czy dowódców wojskowych. Co jednak począć z biologami molekularnymi, astrofizykami czy chemikami kwantowymi? Czy łatwo jest zakwestionować silnie zinstytucjonalizowany w nowoczesnych społeczeństwach wizerunek naukowca-przyrodznawcy jako indywidualnego geniusza rozwiązującego mocą swojego intelektu problemy przerastające możliwości normalnego człowieka? Jest to nie tylko efekt działania systemu edukacyjnego czy mediów. Istotna jest tu również nosząca znamiona ideologii autoprezentacja samej nauki. Znaczącą rolę w tworzeniu i podtrzymywaniu tego wizerunku odegrała filozofia nauki.

Cóż wspaniałego jest w nauce?

Pytanie o to, coż wspaniałego jest w nauce, można traktować jako centralny problem tradycyjnej filozofii nauki. Wspomniana dyscyplina niemal od początku swego istnienia starała się wykazać, na czym polega wyjątkowość nauki: co czyni ją lepszą formą wiedzy niż – powiedzmy – światopogląd Azande lub fizyka arystotelesowska? Co wyróżnia ją jako najbardziej profesjonalną i najracjonalniejszą spośród wszystkich form ludzkiego poznania? Takie przynajmniej wydają się milczące założenia, na których został ufundowany program Koła Wiedeńskiego. Standardowo poznawczo-inżynierskie sukcesy nauk przyrodniczych tłumaczono, odwołując się do specyficznie rozumianej metody naukowej, ewentualnie wkładu genialnych jednostek – wybitnych naukowców i wynalazców.

Wedle pierwszego podejścia nauka stanowiła realizację racjonalnych procedur metodologicznych (zob. np.: Sneed 1979; Popper

2002). Przedmiotem analiz filozoficznych była najczęściej nauka pojmowana jako zbiór teorii naukowych oraz przeprowadzane na nim operacje. Z tego właśnie względu tradycyjne ujęcia z zakresu filozofii nauki określa się czasem jako teoriocentryzm. Z kolei Paweł Zeidler posługuje się terminem „teoretycyzm”. Píše on:

Zdecydowana większość współczesnych filozofów nauki przyjmuje, iż teoria naukowa jest zasadniczą jednostką strukturalną wiedzy, do której odnoszą się, bądź ją zakładają, takie podstawowe procedury badawcze, jak sprawdzanie, przewidywanie i wyjaśnianie. Przesądza to o ujmowaniu historii nauk empirycznych jako historii teorii formułowanych w tych naukach. Natomiast filozofia nauki staje się przede wszystkim metodologiczną i filozoficzną refleksją nad teoriami naukowymi. Określając powyższą tendencję mianem teoretycyzmu, można postawić tezę, iż stanowi ona podstawowy paradygmat filozofii nauki, ukształtowany już przez konwencjonalistów, a rozwinięty w neopozytywizmie i hipotetyzmie (Zeidler 1994: 87).

Teoretycyzm nie sprowadza się wyłącznie do utożsamienia wiedzy naukowej z wiedzą teoretyczną. Tendencja ta polegała przede wszystkim na traktowaniu procedur naukowych niezwiązanych z pracą teoretyczną jako nieinteresujących lub nieistotnych z perspektywy wyjaśnienia procesu rozwoju wiedzy. Ujęcia nauki koncentrujące się na teorii najczęściej sprowadzały badacza do roli realizatora procedur metodologicznych. Praktykę eksperymentalną, instrumenty badawcze i zorganizowane wokół nich działania, a także negocjacje naukowe dotyczące uzyskanych rezultatów, rozpatrywano jedynie w świetle teorii naukowej. Przykładowo, eksperyment pojmowano jako procedurę podporządkowaną rozważaniom teoretycznym – środek falsyfikacji lub konfirmacji hipotez badawczych.

Podczas gdy część wyjaśnień nauki dopatrywała się źródeł efektywności, a zarazem racjonalności naukowej w metodologiczno-teoretycznym aspekcie pracy badawczej, inne wyjaśnienia skupiały się na właściwościach jednostek dokonujących istotnego wkładu w rozwój wiedzy. W ramach tego trybu wyjaśniania sukcesów nauki na pierwszy plan wysuwano wybitnych odkrywców i badaczy, takich jak Mikołaj Kopernik, Ludwik Pasteur, Galileusz, Albert Einstein czy

Michael Faraday. Musimy bowiem pamiętać, że historia nauki to nie tylko historia teorii naukowych, ale również historia wielkich uczonych z nimi kojarzonych. Dlatego podejście to zwykle określać się mianem historii geniuszy. Wyjaśniając sukcesy naukowe z tej perspektywy, najczęściej wspominało o iskrze bożej, intuicji czy po prostu nieprzeciętnym umyśle danego badacza. W efekcie, jak zauważa etnometnolog Michael Lynch (1985a: 145):

Rzadko, jeżeli już w ogóle, można znaleźć historyczne odniesienia do trywialnych, przeciętnych lub pod jakimś innym względem „mało istotnych” osiągnięć badawczych. Gdy wspomina się o „ubogiej” (*poor*) nauce, najczęściej dobiera się przykłady spośród historycznie znaczących „gaf”, bujdy lub pomyłek. Kiedy bliżej opisuje się pozytywne rezultaty, osiągnięcia [...] Newtona, Galileusza, Kopernika, Keplera, Einsteina i Bohra mają pierwszeństwo przed wynikami pracy gromady badaczy, którzy żyli i umierali [uczestnicząc] w [procesie] masowej akumulacji publikacji w poszczególnych dyscyplinach. W literaturze z zakresu studiów nad nauką nadzwyczajną uwagę poświęca się bardzo wąskiemu korpusowi sławnych odkryć i znanych naukowców.

Istotne jest, że oba sposoby wyjaśniania nauki i jej sukcesów można w praktyce wykorzystywać jednocześnie. W tym celu wystarczy odwołać się do takich koncepcji, jak chociażby wprowadzone przez Hansa Reichenbacha (1938) rozróżnienie na kontekst odkrycia oraz kontekst uzasadnienia. Pierwszy z wymienionych kontekstów pozwala nam myśleć o rozwoju nauki jako konsekwencji działań wybitnych jednostek lub pomyślnych zbiegów okoliczności, tworząc tym samym przestrzeń dla analiz z zakresu historii idei i psychologii nauki. Drugi z kontekstów wymusza ujmowanie procesów badawczych i pracy eksperymentalnej w kategoriach ścisłej metodologii naukowej bądź też konceptualizowanej na różne sposoby „logiki nauki” (zob. np.: Simon 1977; Popper 2002). Nawiązując do koncepcji Surowieckiego, możemy powiedzieć, że wspólnym mianownikiem obu filozoficznych ujęć nauki było skupienie się na ekspertach oraz wiedzy eksperckiej. Czy jednak niewątpliwy sukces poznawczy i inżynierski współczesnej nauki można wyjaśnić w kategoriach wybitnych, nielicznych jednostek i jakiejś specyficznej wiedzy?

Opisywane powyżej podejścia, choć dominujące aż do lat 80. XX wieku, w żaden sposób nie wyczerpują możliwych sposobów wyjaśniania nauki. Do zagadnienia przyczyn sukcesu poznawczo-inżynierskiego nowoczesnej nauki w odmienny sposób podchodzą nurty studiów nad nauką, które rozwinęły się w ciągu ostatnich trzydziestu lat. Nie ograniczają się one do analizy formalnych, oficjalnie deklarowanych procedur metodologicznych, a swoją uwagę poświęcają w równym stopniu wybitnej, jak i „ubogiej” nauce. Mowa przede wszystkim o etnografii laboratorium oraz antropologii nauki, które zapoczątkowali Karin Knorr Cetina (1981), Bruno Latour, Steve Woolgar (Latour, Woolgar 1979), oraz wyrosłych na tym gruncie współczesnych społecznych studiach nad nauką i technologią (*science and technology studies*, dalej STS; zob. Hackett et al., red., 2008). Kolejny nurt badawczy, który podąża w podobnym kierunku, to kognitywne studia nad nauką i technologią (*cognitive studies of science and technology*; zob. Gorman et al., red., 2005). Nie wolno również zapominać o wybranych nurtach współczesnej filozofii nauki, które niejednokrotnie czerpały inspiracje z antropologicznych lub kognitywnych ujęć pracy naukowej. Mowa między innymi o przełomowych pracach Iana Hackinga (Hacking 1983, 1999; zob. również: Sobczyńska, Zeidler, red., 1994), epistemologii instrumentów naukowych Davisa Bairda (2004), rozwijanej od początku lat 90. filozofii chemii (zob.: Sobczyńska, Zeidler, red., 1999; Baird, Scerri, McIntyre, red., 2006; Schummer 2006, 2010).

Tradycyjne koncepcje filozoficzne ujmowały naukę w kategoriach lingwistycznych i formalnych, co utrudniało – jeżeli wręcz nie uniemożliwiało – analizę praktyki eksperymentalnej oraz działań o charakterze technicznym i inżynierskim. Charakterystyczne dla wielu współczesnych ujęć jest porzucenie teorii naukowej jako centralnego obiektu analizy. Dla określenia tej grupy podejść Ian Hacking zaproponował termin „nowy eksperymentalizm”. Nie jest to nazwa konkretnego stanowiska filozoficznego, dyscypliny czy nurtu badawczego – w opinii samego Hackinga (1995/1996) termin ten należy odnosić do bardziej ogólnego zjawiska, jakim jest odwrót od badania teorii i przejście do analizy praktyki eksperymentalnej. Przywołani w niniejszej pracy badacze traktują na-

ukę nie tylko jako wiedzę, ale przede wszystkim jako formę działania lub zestaw praktyk badawczych (zob. Pickering, red., 1992). Można zaliczyć do nich takie – wydawać by się mogło – prozaiczne czynności, jak laboratoryjne majsterkowanie, konstruowanie i przebudowywanie aparatury eksperymentalnej, interweniowanie w przedmiot badań i przekształcanie go, obróbka i analiza papierowych zapisków i wydruków, a także grupowe negocjowanie wyników doświadczeń i obserwacji. Przedstawiciele przywołanych podejść twierdzą, że tradycyjne wyjaśnienia nauki są niewystarczające. W ramach ich podejścia kluczowa dla zrozumienia nauki okazuje się nie teoria, metodologia czy historia geniuszy, lecz właśnie poziom praktyk eksperymentalnych, manipulacji laboratoryjnych i interakcji między badaczami. Nie oznacza to oczywiście, że współczesne podejścia tracą z oczu zagadnienia związane z teoretycznym aspektem nauki; znajduje się on w obrębie ich zainteresowania, niemniej jednak jest analizowany jako ściśle powiązany i zakorzeniony w praktykach badawczych.

Należy podkreślić, że społeczne oraz kognitywne podejścia do nauki prowadzą do jej demitologizacji i odczarowania. Jak twierdzą antropologowie i kognitywiści, w pracowniach badawczych nie dzieje się nic nadzwyczajnego lub „magicznego”, jak nader często sugerowały to tradycyjne rekonstrukcje. Mamy tu do czynienia nie tyle z geniuszami, których metod działania zwykły człowiek nie jest w stanie pojąć, lecz z podmiotami kierującymi się zdroworozsądkowymi procedurami, obchodzącymi się z egzotycznymi materiałami i drogimi urządzeniami; podmiotami, które wykorzystują metody rozwiązywania problemów analogiczne do tych, jakie znamy z wielu innych dziedzin ludzkiej aktywności, takich jak nawigacja morska, transakcje finansowe, pisanie programów komputerowych czy kontrola ruchu lotniczego. Najogólniej rzecz ujmując, współczesne studia nad nauką ukazują obraz praktyki naukowej jako działalności opartej na procesie redukcji poziomu złożoności badanego świata, który dokonuje się w wyniku kolektywnych wysiłków badaczy oraz wykorzystania różnych – niekiedy dość zaskakujących – zabiegów technicznych, a także szeregu narzędzi i artefaktów laboratoryjnych wspomagających ludzkie procesy poznawcze.

Cele rozprawy

Poniższa praca jedynie w ograniczonym stopniu może być uznana za krytykę lub dyskusję z tradycyjną filozofią nauki. Nie próbuję tu w systematyczny sposób konfrontować ustaleń współczesnych studiów z tradycyjną filozofią nauki. Biorąc pod uwagę bogactwo obu nurtów, realizacja tak sformułowanego celu w ramach jednej rozprawy byłaby zadaniem tyleż ryzykownym, co niewykonalnym. Przede wszystkim jednak byłaby to próba wyważenia otwartych drzwi, albowiem trudno doszukać się dziś profesjonalnych filozofów nauki uprawiających ją w tradycyjny sposób, nieświadomych ograniczeń takiego podejścia. Jeszcze na początku lat 80. ubiegłego wieku filozofia nauki stanowiła autonomiczne pole badawcze o jasno wytyczonych granicach – była utożsamiana z wywodzącą się z empiryzmu logicznego, anglosaską, analityczną filozofią nauki zorientowaną na badanie nauki jako wiedzy (zob. Curd, Cover, red., 1998). W latach 80. wielu badaczy odeszło od tego tradycyjnego modelu i otworzyło się na inspiracje płynące z innych obszarów studiów nad nauką. Współczesna filozofia nauki jest zdecydowanie bardziej zróżnicowana zarówno pod względem poruszanej problematyki, jak i stosowanych podejść. Zakres problemów podejmowanych w jej ramach został w znaczącym stopniu poszerzony, między innymi o zagadnienia związane z inżynierią (zob.: Vincenti 1990, 1995; Bucciarelli 1994). Różnice między współczesną a tradycyjną filozofią nauki nie ograniczają się do zakresu problemów i sposobu ich podejmowania. Przede wszystkim współczesna filozofia nauki porzuciła pierwotne ambicje całościowego wyjaśnienia nauki. Zgodnie z wiedzą autora w ciągu dwóch ostatnich dziesięcioleci na gruncie filozofii nauki nie sformułowano żadnego nowego, całościowego modelu wiedzy naukowej lub praktyki badawczej, który byłby szeroko dyskutowany w literaturze przedmiotu. Odchodzi się od rozważań nad racjonalnością nauki jako takiej oraz prób sformułowania uniwersalnej logiki nauki. Gorące niegdyś spory, w które angażowali się filozofowie nauki, straciły dziś wiele ze swej aktualności. Przykładowo, kontrowersja między społecznymi i racjonalnymi rekonstrukcjami wiedzy naukowej została nie tyle rozstrzygnięta mocą argumentu, co unieważniona

w wyniku przekształceń, jakie zaszły w filozofii i socjologii nauki. Badania filozoficzne nad nauką są skupione obecnie na jej wybranych aspektach. Powszechne stały się empiryczne studia przypadków wymagające od badaczy specjalistycznych kompetencji z zakresu analizowanych dyscyplin, których wyniki trudno jest odnosić do całej nauki. Ponadto niezwykle trudno jest przeprowadzić granicę między współczesną filozofią nauki a takimi obszarami, jak antropologia, historia, psychologia, socjologia nauki czy wreszcie kognitywne studia nad nauką¹. Dzieje się tak, gdyż – i należy to podkreślić już na wstępie – współczesne studia nad nauką mają interdyscyplinarny charakter.

W pracy odwołuję się tylko do niewielkiej części badań i koncepcji z zakresu studiów nad nauką i technologią. Opieram się głównie na ustaleniach współczesnych nurtów, jednak niekiedy nawiązuję do przedstawicieli bardziej tradycyjnych podejść. Przyjąłem strategię pragmatyczną. Wybór przywoływanych ustaleń podporządkowałem próbie sformułowania spójnego modelu praktyki badawczej. Z tego też względu staram się ograniczyć krytykę tradycyjnej filozofii nauki na rzecz formułowania konstruktywnych propozycji. Jednocześnie zamiast wkiąć się w różnego rodzaju spory i opozycje pogłębione, które paraliżowały dotychczasowy namysł nad nauką, wolę szukać wyjścia poza nie. Przechodzę tym samym do pozytywnego określenia głównych celów pracy.

Głównym zadaniem, jakie stawia przed sobą poniższa rozprawa, jest naszkicowanie pewnego ogólnego obrazu funkcjonowania nauk przyrodniczych w oparciu o wyniki empirycznych badań zorientowanych na praktyki laboratoryjne. Centralnym punktem ana-

¹ Dobrym przykładem są tu prace historyków nauki i technologii, takich jak Thomas Hughes (1983, 1997), Steven Shapin oraz Simon Schaffer (zob.: Shapin, 1993a, 1993b, 2000; Shapin, Shaffer 1985), którzy wnieśli istotny socjologiczny wkład w studia nad nauką. Z kolei Ian Hacking – wybitny filozof nauki – nie tylko czerpał inspiracje ze społecznych studiów nad nauką, ale dokonał również istotnego wkładu w tę dziedzinę. Na pograniczu filozofii, antropologii i kognitywistyki lokują się również badania filozofa Ronalda Giere'a (1999, 2002, 2004) oraz psycholog Nancy Nersessian (2005, 2008). Jak będziemy mieli okazję się przekonać, istotne intuicje psychologiczne i kognitywistyczne zawierają również prace Michaela Lyncha czy Bruno Latoura.

lizi nie jest kategoria wiedzy naukowej czy procesy związane z jej tworzeniem, rozpowszechnianiem i instytucjonalizacją, ale poznanie naukowe pojmowane przede wszystkim jako rozwiązywanie problemów. Nie zajmuję się zatem analizą historycznych lub kulturowych uwarunkowań wiedzy naukowej. Nie poszukuję przyczyn politycznych lub społecznych, które przemawiały za wyborem tej, a nie innej teorii. Nie interesują mnie również procesy instytucjonalizacji i rozpowszechniania wiedzy naukowej. Zajmuje mnie natomiast, w jaki sposób naukowcom udaje się wychwytywać powtarzalne wzorce, przygotowywać reprodukowalne, zestandaryzowane eksperymenty, dokonywać predykcji czy wreszcie projektować nowe urządzenia i techniki, które wykazują swoją skuteczność poza obrębem laboratoriów naukowych. Model mechanizmów rozwiązywania problemów poznawczych w nauce formułuję w oparciu o wybrane ustalenia przywoływanych wcześniej trzech perspektyw: (1) społecznych studiów nad nauką i technologią, (2) współczesnych, zorientowanych na praktykę eksperymentalną koncepcji z zakresu filozofii nauki oraz (3) kognitywnych studiów nad nauką i technologią. Najogólniej rzecz ujmując, w pracy tej chodzi przede wszystkim o pokazanie, jakie czynniki są decydujące dla wyjaśnienia sukcesów poznawczych nauki w świetle najnowszych badań z zakresu filozofii, psychologii i socjologii nauki.

Prezentowany w pracy model kładzie szczególny nacisk nie tyle na pojedynczego naukowca, co raczej na jego społeczne i fizyczne usytuowanie. Najogólniej rzecz ujmując, jednostką prowadzonych analiz nie jest indywidualny podmiot poznania naukowego, jak najczęściej miało to miejsce w przypadku dociekań filozoficznych, lecz różnego rodzaju kolektywne podmioty. Innymi słowy, skupiam się nie na jednostkach i ich kompetencjach, lecz, wzorem Surowieckiego, na potencjale tkwiącym w grupach pojmowanych jako pewna całość. Posługując się w tym miejscu określeniem „kolektywne”, należy mieć na uwadze dwie kwestie. Po pierwsze, kolektywnych podmiotów nie należy automatycznie utożsamiać z jakąś wspólnotą badawczą, do czego ma skłonność wielu badaczy społecznych. Drugą rzeczą, na jaką należy zwrócić uwagę w kontekście kolektywnych podmiotów w nauce, jest fakt, że w ich skład nie wchodzi wyłączo-

nie aktorzy społeczni czy elementy czysto kulturowe; pisząc o kolektywności, skupiam się na różnego rodzaju interakcjach między tym, co społeczne i dyskursywne, a tym, co materialne i technologiczne. Rozwińmy obie kwestie.

Tradycyjne badania nad nauką skupiały się najczęściej albo na jednostce, albo na wspólnocie. Pierwsze prowadziły do nadmiernej indywidualizacji obrazu nauki. Drugie dążyły do wyjaśnienia rozwoju nauki przez odwołanie się do makrostruktur społecznych, czynników kulturowych, systemów wartości, elementów światopoglądu naukowego, systemów kar i nagród, gubiąc gdzieś po drodze samego naukowca. W wyniku owej polaryzacji bardzo mało wiedzieliśmy o tym, co dzieje się w tych momentach, kiedy dwóch lub więcej naukowców spotyka się ze sobą, by podejmować kwestie teoretyczne, interpretować wyniki obserwacji, zaprojektować nowe urządzenie lub przeprowadzić eksperyment. Pisząc o kolektywnych podmiotach w nauce, mam na myśli nie wielkie wspólnoty badawcze, ale przede wszystkim różnego rodzaju mikroukłady tworzone przez badaczy wchodzących ze sobą w różnorodne interakcje. W tym momencie widać również, że nie ujmuję nauki w kategoriach mądrego tłumy w rozumieniu Surowieckiego, choć wykorzystuję pewne intuicje zawarte w jego koncepcji.

Jak wspomniano wcześniej, na gruncie niniejszych rozważań kolektywność podmiotów poznania naukowego oznacza, że w ich skład wchodzi nie tylko aktorzy społeczni czy elementy czysto kulturowe, ale także elementy materialne i technologiczne. Obok czynników społecznych oraz kwestii związanych z praktykami kulturowymi naukowców, dyskursem i organizacją pracy badawczej, nie mniej istotne w wyjaśnieniu poznania naukowego okażą się narzędzia, instrumenty oraz różnego rodzaju wytwory kultury materialnej. W pracy będę omawiać między innymi przykłady zapośredniczonej przez różnego rodzaju materialne artefakty komunikacji między badaczami, kolektywnej pracy naukowej zorganizowanej wokół różnego rodzaju maszyn i modeli czy wreszcie indywidualnej interakcji pojedynczego badacza z jego narzędziami. Będę starał się również pokazać, w jaki sposób owe materialne czynniki aktywnie wpływają na przebieg procesów badawczych.

Analizując praktykę naukową, skupię się na jej dwóch zasadniczych aspektach. Pierwszy z nich, nazwijmy go roboczo społecznym, dotyczy sfery komunikacji i interakcji między badaczami. Chodzi tu zarówno o: (1) kooperacje i negocjacje, jakie mają miejsce w ramach poszczególnych zespołów i laboratoriów; (2) relacje między badaczem a szerszą wspólnotą poznawczą konceptualizowaną jako kolektyw myślowy w rozumieniu Ludwika Flecka; (3) interakcje między różnymi zespołami i ośrodkami (zarówno w ramach jednej dyscypliny, jak i między dyscyplinami). Drugi aspekt, jaki będzie mnie interesował, jest związany z tym, co można nazwać techniczno-użytkową warstwą kultury naukowej. Chodzi głównie o technologiczne urządzenia i materialne obiekty wykorzystywane w pracy naukowej. Analizując ten materialny wymiar praktyki badawczej, skupię się na następujących kwestiach: (1) poznawczej roli różnego rodzaju papierowych, cyfrowych i materialnych reprezentacji wykorzystywanych w pracy naukowej, takich jak wykresy, zdjęcia, zestawienia tabelaryczne, fizyczne modele, komputerowe wizualizacje; (2) roli aparatury pomiarowej i instrumentów naukowych w uwidacznianiu i czynieniu „czytelnych” badanych zjawisk; (3) roli zestawów laboratoryjnych oraz praktyki eksperymentalnej, umożliwiających symulację zjawisk. Zaznaczę jednak już teraz, że oba aspekty praktyki naukowej – społeczny i materialny – są względem siebie komplementarne i nie mogą być rozważane oddzielnie. Z jednej strony wymienione powyżej fizyczne przedmioty to nie tylko narzędzia, do których odwołują się badacze, rozwiązując stojące przed nimi problemy – stanowią one zarazem medium interakcji między badaczami oraz pełnią rolę „kleju społecznego” spajającego wspólnotę. Z drugiej strony samo wykorzystanie wymienionych materialnych artefaktów w ramach praktyki naukowej okazuje się czynnością dogłębnie społeczną.

Model funkcjonowania nauki, który mam zamiar zaprezentować, pozwoli udzielić odpowiedzi na następujące pytania:

1. W jaki sposób naukowcy funkcjonujący w ramach różnych dyscyplin badawczych są w stanie identyfikować powtarzalne wzorce analizowanych przez siebie procesów i układów?

2. W jaki sposób udaje im się rozwiązywać skomplikowane obliczeniowo i konceptualnie, nie zawsze w pełni doprecyzowane problemy?

3. Co sprawia, że są oni w stanie kolektywnie rozwiązywać problemy badawcze i efektywnie komunikować wyniki swoich doświadczeń i obserwacji?

4. W jaki sposób naukowcy są w stanie podejmować zagadnienia i badać zjawiska, które najczęściej pozostają poznawczo niedostępne dla ludzi spoza nauki?

Wstępne intuicje badawcze są takie, że w celu wyjaśnienia nauki i jej sukcesów poznawczych, oprócz czynników identyfikowanych przez tradycyjną filozofię nauki, należy uwzględnić rolę narzędzi, instrumentów i zewnętrznych reprezentacji wykorzystywanych przez naukowców jako podstawowe środki redukcji złożoności problemów badawczych. Pragnę również pokazać, że rozwiązywanie problemów naukowych najczęściej zakłada interakcje badaczy na różnych poziomach. Zanim przejdziemy jednak do realizacji nakreślonych powyżej celów, warto przybliżyć Czytelnikowi perspektywę badawczą, do których będą się odwoływał, jak również wyartykułować założenia i sformułować wstępne definicje.

Perspektywa teoretyczna pracy

Jak zaznaczyłem wcześniej, niniejsza praca wychodzi z trzech podejść do analizy nauki i technologii. Lokuje się na przecięciu filozofii, nauk społecznych i kognitywistyki. Pobieżna analiza może sugerować, że mamy tu do czynienia z trzema niewspółmiernymi lub wręcz wzajemnie wykluczającymi się sposobami opisu nauki. Czy rzeczywiście spojrzenia badacza społecznego, kognitywisty i filozofa na procesy poznawcze oraz rozwiązywanie problemów w nauce są wzajemnie nieprzekładalne? Czy mamy tu do czynienia z nieprzezwyciężalnymi różnicami? Pobocznym zadaniem niniejszej pracy jest próba pokazania, że wspomniane perspektywy nie tylko pozo-
stają w wielu punktach zbieżne, ale również świetnie się uzupełniają. Niemniej jednak pierwsze wrażenie dotyczące nieprzekładalności

wspomnianych ujęć jest przynajmniej częściowo uzasadnione. Poświęćmy tej kwestii nieco uwagi.

Termin „nauki kognitywne” utożsamia się częstokroć z pewną wąską grupą podejść i nurtów rozwijanych w ramach tego pola badawczego, które przyjęło się określać zbiorczo mianem komputacjonizmu, kognitywizmu bądź też ujęcia symbolicznego. Mowa o podejściach, które procesy poznawcze człowieka, w tym podejmowanie decyzji czy rozumowania, opisywały w kategoriach przetwarzania informacji, realizacji sztywnych procedur, operacji na abstrakcyjnych symbolach lub za pomocą metafory komputerowej. Prezentowały one inteligencję ludzką i poznanie jako odcieśnione, abstrakcyjne procesy polegające na obróbce informacji i wykonywaniu z góry ustalonych planów. Takie podejście zostało ukształtowane między innymi pod wpływem prac Alana Turinga. Jeżeli odwoływalibyśmy się do tego klasycznego podejścia, to ta perspektywa zapewne dałaby się uzgodnić ze standardową, analityczną filozofią nauki usiłującą wskazać abstrakcyjne reguły logiki nauki. W żadnym jednak razie nie można by jej pogodzić z socjologicznymi, etnograficznymi lub antropologicznymi ujęciami nauki, kładącymi nacisk na jej społeczny oraz kulturowy kontekst. Pamiętajmy jednak, że w ramach nauk kognitywnych, w szczególności w ostatnich dekadach, rozwinięto również inne podejścia, wykraczające poza ramy ujęć symbolicznych. W niniejszej pracy nawiązuję jedynie do wybranych koncepcji z zakresu tradycyjnych nauk kognitywnych. Przywołuję między innymi pewne kategorie i ustalenia nurtu *problem solving*, zapoczątkowanego przez Allena Newella oraz Herberta A. Simona (Newell, Simon 1972; Klahr, Simon 1999; Klahr 2000), a także prace drugiego z wymienionych autorów nad komputerowymi systemami eksperckimi zdolnymi do dokonywania odkryć naukowych (Simon 1977; Simon, Langley, Bradshaw 1981; Langley et al. 1987). Zasadniczo jednak korzystam tu z ustaleń współczesnych ujęć, które zrywają z tradycją symboliczną. Mowa między innymi o orientacji teoretycznej określanej w literaturze jako ucieleśnione poznanie (*embodied cognition*; Varela, Thompson, Rosch 1991) lub ucieleśniony umysł (*embodied mind*; Calvo, Gomila, red., 2008). W ramach tego nurtu są rozwijane dwie koncepcje, które – jak sądzę – łącz-

nie oferują ramę konceptualną, która pozwoli uzgodnić ustalenia przywoływanych podejść do nauki i technologii. Mowa o koncepcji usytuowanego poznania (*situated cognition*; Suchman 1987; Lave 1988; Lave, Wenger 1991; Kirsh 2009) oraz badaniach nad rozproszonym poznaniem (*distributed cognition*²; Hutchins 1995a, 1995b). Oba ujęcia sugerują, iż ludzka wiedza oraz procesy poznawcze nie dają się sprowadzić do tego, co zachodzi w jednostkowym umyśle lub mózgu. Termin „usytuowanie” oznacza, że umysł i poznanie muszą być rozważane jako coś, co rozgrywa się w ramach interakcji systemu nerwowego, zmysłów, ciała i środowiska. *Nota bene* coraz częściej niesymboliczne, ucieleśnione koncepcje z zakresu kognitywistyki określa się zbiorczo mianem usytuowanego poznania (zob. np. Robbins, Aydede, red., 2009). Rozproszone poznanie skupia się z kolei na tym, w jaki sposób procesy poznawcze przebiegają w interakcji z systemami zewnętrznej pamięci, systemami zewnętrznymi reprezentacji, narzędziami wspomagającymi nasze poznanie czy wreszcie we współpracy z innymi podmiotami. W celu uchwycenia tego wymiaru poznania w ramach nauk kognitywnych często stosuje się kategorię rozszerzonego umysłu (Clark 1997, 2008; Clark, Chalmers 1998; Adams, Aizawa 2009; Wilson, Clark 2009) lub rozproszonych

² Tłumacząc termin *distributed cognition*, zrezygnowałem ze stosowania kaliki językowej „poznanie dystrybucyjne” ze względów stylistycznych, choć lepiej oddałoby ono charakter koncepcji. Istota rozproszonego poznania polega na tym, że podmiotem poznania nie jest wyizolowany człowiek, ale system, na który składa się człowiek lub cała grupa ludzi wchodzących w interakcje z konkretnymi elementami otoczenia. Termin „rozproszone poznanie” sugeruje, że podmiotowość jest niejako „rozpylona” lub równomiernie „rozłożona” w środowisku. Termin ten może budzić skojarzenia z pozbawioną skupisk, rzadką mgiełką. Skojarzenie z „poznaniem w aerozolu” jest jednak błędne, jako że w ramach wspomnianego ujęcia nie każdy element środowiska działania pełni funkcje poznawcze i może być traktowany jako element szerszego, rozproszonego systemu poznawczego. Wręcz przeciwnie, etnografowie badający rozproszone poznanie nie mówią o jakichś licznych, bliżej nieokreślonych elementach kultury, ale precyzyjnie identyfikują poszczególne składowe systemów poznawczych, przypisując im konkretne role i miejsce. Są to często namacalne, materialne obiekty, takie jak mapy czy przyrządy. Przyjęte tłumaczenie może być mylące również z tego względu, że budzi skojarzenie z brakiem uwagi lub rozkojarzeniem.

systemów poznawczych. Istota procesu „rozszerzenia” polega na przerzucaniu obciążenia poznawczego przez podmiot na elementy zewnętrzne wobec jego umysłu i ciała.

Wróćmy do kwestii rzekomej niewspółmierności różnych ujęć nauki. Różnica między kognitywnymi a społecznymi ujęciami procesów poznawczych w nauce nie jest tak ostra, jak mogłoby się wydawać na pierwszy rzut oka. Jednak jak wygląda sytuacja w przypadku relacji między socjologią a filozofią nauki? Wydawać by się mogło, że język socjologii jest wyczulony na kwestie władzy, norm postępowania, kontroli społecznej, organizacji pracy, jej finansowania czy wreszcie konfliktów społecznych. Tymczasem z perspektywy tradycyjnej filozofii nauki czynniki te dotyczą tego, co zwykle się określa kontekstem nauki, nie zaś jej konceptualnej treści, która ma kluczowe znaczenie w kontekście rozważań nad poznaniem. Otóż współczesne społeczne analizy praktyk naukowych, w szczególności prace Bruno Latoura, Karin Knorr Cetiny oraz innych antropologów, podejmują kwestie ściśle związane z procesami poznawczymi przebiegającymi w nauce. Badacze ci wskazują społeczne i organizacyjne czynniki odpowiedzialne za sukces poznawczy nauki, podczas gdy tego typu wyjaśnienia były odrzucane przez większość badaczy posługujących się tradycyjnymi metodami. Co więcej, antropologowie i etnografowie nauki antycypowali wiele obserwacji dotyczących procesów poznawczych, które sformułowano na gruncie usytuowanego poznania.

Do kwestii niewspółmierności kognitywnych, filozoficznych i społecznych ujęć nauki oraz próby ich uzgodnienia będziemy wracać jeszcze kilkakrotnie, jednak już na wstępie jestem winny Czytelnikowi ostrzeżenie. Otóż czytając niniejszą rozprawę, będzie musiał w wielu miejscach „przełączać się” między trzema głównymi trybami narracji o nauce. Mam jednocześnie nadzieję, że koncepcje usytuowanego i rozproszonego poznania sprawdzą się jako wspólny grunt, na którym spotykają się filozofia, socjologia oraz kognitywistyka.

Oprócz omówienia, systematyzacji i uzgodnienia różnych propozycji teoretycznych, praca oferuje również rekonstrukcję i analizę wyników licznych badań przeprowadzonych w ramach szeroko

pojętych studiów nad nauką. Przywoływane w dalszym toku wywo-
du eksperymenty, raporty z obserwacji uczestniczących czy analizy
historyczne traktuję przede wszystkim jako egzemplifikacje mecha-
nizmów składających się na konstruowany tutaj model. Pełnią one
również ważną funkcję ilustracji twierdzeń teoretycznych. Otóż pro-
pozycje teoretyczne i koncepcje formułowane w ramach współcze-
snych studiów nad nauką często radykalnie odbiegają od naszych
potocznych wyobrażeń na temat pracy badawczej oraz tego, co moż-
na by określić mianem ideologicznej (auto)prezentacji nauki. Wie-
le rozstrzygnięć, które przyniosły studia nad nauką, stoi również
w sprzeczności z wizją prezentowaną przez tradycyjne ujęcia filozo-
ficzne. Stąd też niezwykła rola przypada egzemplifikacjom koncepcji
teoretycznych, które unaoczniają Czytelnikowi mechanizmy funk-
cjonowania nauki, jak również uwrażliwiają go na te elementy pracy
badawczej, które były pomijane w wielu wcześniejszych modelach.

Wstępne kwestie definicyjne

Rozróżnienie na naukę i technikę

Przywoływane w dalszym wywodzie przykłady nie dotyczą wyłącz-
nie działalności naukowej. Odnoszą się również do pracy inżynie-
ryjnej oraz dziedziny innowacji technologicznych. Rodzi się zatem
pytanie, dlaczego pozwalam sobie przytaczać je w pracy poświęco-
nej analizie poznania naukowego. Odpowiedź jest następująca: po-
zostaję tu na gruncie rozumienia działalności naukowej oraz jej
granic dyscyplinarnych, charakterystycznego zarówno dla kogni-
tywnych, jak i społecznych studiów nad nauką. Przedstawiciele obu
wspomnianych pól badawczych nie dokonują wyraźnego rozróżnie-
nia na sferę nauki oraz sferę praktyk inżynierskich i technicznych.
W celu uwydatnienia bliskich związków pomiędzy nauką, inżynie-
rią i techniką w literaturze często stosuje się określenie „techno-
nauka” (*technoscience*). Kategoria ta wyraża między innymi fakt, że
naukowcy, inżynierowie i inni ludzie zaangażowani w badania i roz-
wój wielokrotnie mają problemy z zaklasyfikowaniem swoich dzia-

łań oraz ich wytworów. Często okazuje się, że naukowcy opracowują technologie, inżynierowie zaś wnoszą wkład do nauki podstawowej. Ta zarzucona przez empirycznych badaczy nauki oraz samych naukowców dystynkcja pojawia się najczęściej w sytuacji, gdy technonaukowcy są włączani w narzucane im sztywne kategorie polityki naukowej. Dopiero wtedy sami określają się jako naukowcy lub inżynierowie (por. Pinch, Bijker 1997: 19–21). Można powiedzieć, że dystynkcja ta stanowi raczej efekt zabiegów różnych aktorów społecznych (w tym filozofów nauki), nie zaś konsekwencją pewnego ontologicznego „umeblowania świata”, które pozwalałoby wytyczyć sferę techniki i oddzielić ją od nauki. Innymi słowy, dystynkcja ta stanowi zjawisko, które samo domaga się wyjaśnienia, nie zaś nieproblematyczny punkt wyjścia do dalszych analiz.

Antropologia nauki oraz inne nurty współczesnych studiów nad nauką zwracają również uwagę na fakt, że w dziedzinie nauki oraz techniki są obecne analogiczne metody redukcji złożoności i rozwiązywania problemów poznawczych. Jednocześnie wielu badaczy studiujących praktyki inżynierów sprzeciwia się traktowaniu tej działalności jako trywialnej aplikacji wiedzy naukowej (Vincenti 1990; Bucciarelli 1994; Henderson 1999; Carroll-Burke 2001). Innymi słowy, technika i inżynieria, choć mogą stosować naukę, nie są wyłącznie nauką stosowaną. Z tych właśnie względów w swoich analizach nie ograniczam się do wąsko rozumianych badań podstawowych. Interesuje mnie nie tylko to, w jaki sposób ludzie ustalają fakty naukowe i rozwiązują problemy badawcze, ale także to, w jaki sposób dają sobie radę z problemami technicznymi i dzięki czemu są w stanie uporać się z zagadnieniami natury inżynierskiej.

Zagadnienie wzajemnych relacji między techniką a nauką nie jest jednak jedyną problematyczną kwestią, którą należałoby wyjaśnić już na początku pracy. Poświęćmy zatem nieco uwagi wyjaśnieniu, w jaki sposób będą rozumiane pewne podstawowe kategorie filozoficzne, kluczowe dla całej narracji. Mowa o kategoriach wiedzy i nauki. Zaczniemy od pierwszej z wymienionych.

Od wiedzy zwerbalizowanej do wiedzy „urzeczwionej”

Na gruncie niniejszej pracy wiedza nie jest utożsamiana wyłącznie z wiedzą propozycjonalną (czyli taką, która daje się wyartykułować w postaci zdań lub sądów). Oprócz wiedzy zwerbalizowanej, w nauce daje się wskazać inne jej formy. Już w latach 70. ubiegłego wieku badacze społeczni, tacy jak Harry Collins, przebadali rolę wiedzy milczącej (*tacit knowledge*) w praktyce naukowej i transferze innowacji technologicznych (zob. H. Collins 1974, 1985). Kategorię wiedzy milczącej wprowadził w latach 50. Michael Polanyi (1958, 1967). Najtrafniej daje się ona zastosować w odniesieniu do osób, które uzyskały biegłość w jakiejś dziedzinie i posiadały znajomości związanych z nią niuansów, lecz niekoniecznie są w stanie w pełni wyartykułować, na czym właściwie polega ich praktyka i co decyduje o ich sukcesie. Posiadanie tego typu wiedzy jest nie tyle konsekwencją bycia ekspertem, co raczej warunkiem koniecznym. Wiedza milcząca jest przekazywana przez obserwację i naśladowanie. Konieczność zinternalizowania wiedzy milczącej jest w takim samym stopniu kluczowa w dziedzinie stolarstwa, murarstwa, spawania (Harper 1987), produkcji papieru (Zuboff 1988), jak i w przypadku projektowania turbin (Henderson 1999), budowy laserów eksperymentalnych (Collins 1974) czy konstrukcji bomb wodorowych (MacKenzie, Spinardi 1995, 1998).

Obok wiedzy milczącej niektórzy badacze wyróżniają wiedzę wizualną. Amerykańska antropolog inżynierii Kathryn Henderson przez wiedzę wizualną rozumie zestaw praktycznych kompetencji umożliwiających rozpoznawanie oraz posługiwanie się różnego rodzaju graficznymi reprezentacjami, takimi jak dwuwymiarowe szkice, trójwymiarowe modele komputerowe i makiety czy zdjęcia (1999). Wbrew pozorom, umiejętności tego typu nie są powszechne i istnieją duże różnice międzykulturowe w tej dziedzinie. Powszechnie znany jest przykład kultur przedsiębiorczych, których przedstawiciele nie są w stanie rozpoznać twarzy na zdjęciu. Różnice międzykulturowe stanowią konsekwencje wpajanych w danych wspólnotach kompetencji, warunków środowiska, w jakich funkcjonują, oraz wykorzystywanych i wytwarzanych przez ich członków artefaktów i na-

rzędzi³. Podobnych różnic w poziomie umiejętności i sposobie posługiwania się graficznymi reprezentacjami można doszukiwać się również w ramach różnych dyscyplin naukowych.

Współcześni badacze wskazują również na inne postacie wiedzy niepropozycjonalnej, takie jak wiedzę ucieleśnioną czy wiedzę percepcyjną. Niektórzy badacze posługują się terminami *tactile knowledge* lub *finger tip knowledge* (zob. Baird 2004: 18).

Omawiając niestandardowe podejścia do kategorii wiedzy, warto wspomnieć również o koncepcji *thing knowledge* sformułowanej przez amerykańskiego filozofa nauki Davisa Bairda (1993, 2000, 2002, 2003, 2004). Wskazuje on, że nie tylko sądy mogą być nośnikami wiedzy, ale może być ona również „własnością” obiektów, takich jak instrumenty naukowe lub fizyczne modele. Według Bairda instrumenty pełnią epistemologiczne funkcje zazwyczaj przypisywane wiedzy propozycjonalnej. Mogą funkcjonować jak modele teoretyczne umożliwiające predykcję lub wiedza może być w „wbudowana”.

Jak nietrudno zauważyć, w każdym z przywoływanych powyżej ujęć termin „wiedza” został użyty w odmiennym znaczeniu. Ponadto wielu badaczy zapewne uzna traktowanie kompetencji wizualnych lub manualnych jako wiedzy za poważne nadużycie pojęciowe. Mówienie o wiedzy urzeczowionej lub percepcyjnej można odbierać jako przejaw niefrasobliwości częstokroć przypisywanej przedstawicielom społecznych studiów nad nauką. Tego typu zarzut wyda-

³ W kontekście kulturowych uwarunkowań wiedzy wizualnej warto przytoczyć hipotezę Williama Ivinsa Jr. dotyczącą źródeł powolnego rozwoju technologicznego starożytnej Grecji (Ivins 1953). Przyczyn tego, że Grecy nie dokonali znaczących postępów technologicznych, upatruje on w strukturze społeczeństwa i podziale pracy. Prace manualne i rzemieślnicze były wykonywane głównie przez przedstawicieli „dołów” społecznych – metojków, czyli ludność napływową nieposiadającą pełni praw obywatelskich, oraz niewolników. Z jednej strony istnienie niewolnictwa eliminowało konieczność poszukiwania rozwiązań, które zmniejszyłyby zapotrzebowanie na pracę fizyczną. Z drugiej zaś, to właśnie rodzaj prac wykonywanych przez niewolników umożliwia rozwinięcie kompetencji wizualnych, które stanowią podstawę technologicznego *know-how*. Niewolnicy nie byli jednak w stanie inicjować innowacji ze względu na swoją niską pozycję społeczną.

je się zasadny względem wielu socjologów wiedzy, którzy nie troszczą się specjalnie o precyzję stosowanego aparatu pojęciowego. Za przykład niech posłuży Bruno Latour – w swoich pracach autor ten raczej uwodzi metaforami i trafnymi ilustracjami swoich tez, niż przekonuje rzeczowymi argumentami. Trudno jednak wysunąć podobny zarzut pod adresem Davisa Bairda, który stara się w filozoficznie zdyscyplinowany sposób wygospodarować miejsce dla postulowanych przez siebie kategorii w ramach tradycyjnej epistemologii. Nie chcę jednak w tym miejscu przekonywać o trafności ujęć Bairda, Henderson bądź Latoura. Pozwalam sobie przywołać różne zrywające z tradycją ujęcia wiedzy, by uwrażliwić Czytelnika na pewną istotną kwestię. Otóż w ramach współczesnych studiów nad nauką coraz częściej zacierają się różnice między wiedzą a umiejętnościami oraz działaniem a poznaniem. Trend ten bynajmniej nie ogranicza się do badań nad nauką i technologią. Również współczesne koncepcje z zakresu nauk kognitywnych podążają w podobnym kierunku (zob.: Maturana, Varela 1990, 1998; Varela, Thompson, Rosch 1991; Pfeifer, Bongard 2007; Calvo, Gomila, red., 2008). Ogólnie rzecz ujmując, kognitywiści i przedstawiciele studiów nad nauką zrywają z fundamentalnymi wyobrażeniami utrwalonymi w tradycji epistemologii, jednocześnie kwestionując monopol filozofów na definiowanie wiedzy. Co więcej, wydaje się, że kategoria wiedzy nie odgrywa w dzisiejszych badaniach nad nauką tak istotnej roli, jak miało to miejsce w rozważaniach epistemologów i filozofów nauki.

Nauka jako wiedza, kultura i praktyka

Niniejsza praca zasadza się na założeniu, że nauka to nie tylko wiedza. Pozostaje na gruncie rozumienia nauki jako fenomenu społecznego, czyli działalności grupowej realizowanej w konkretnym otoczeniu kulturowym i instytucjonalnym. Jednak nauka nie jest konceptualizowana tutaj wyłącznie jako pewna forma kultury lub relacji społecznych, ewentualnie instytucjonalne pole gier. Zasadniczo za antropologami ujmuję naukę jako praktykę badawczą. Takie ujęcie stanowi konsekwencję stosowanej przez antropologów nauki metodologii zasadzającej się przede wszystkim na obserwa-

cji uczestniczącej prowadzonej w laboratoriach oraz innych miejscach pracy naukowców. Przedmiotem, z którym ma do czynienia antropolog nauki, nie są normy postępowania, wartości, etos, teorie naukowe, abstrakcyjne koncepcje lub procedury metodologiczne. Konfrontuje się on z konkretnymi zachowaniami i działaniami, poszczególnymi wypowiedziami i ich sekwencjami czy, *last but not least*, pragmatycznymi, najczęściej manualnymi zabiegami laboratoryjnymi. Zebrawszy większą liczbę obserwacji, antropolog może wychwycić powtarzalne wzorce zachowań badawczy. Analizując konwersacje, może zidentyfikować utrwalone praktyki dyskursywne naukowców. Wreszcie, obserwując, a niekiedy samemu uczestnicząc w laboratoryjnym majsterkowaniu, może wyznaczyć zbiór najczęstszych problemów technicznych oraz standardowych metod ich rozwiązywania. Rzeczywistość, jaką ukazuje nam podejście antropologiczne, to przede wszystkim sfera praktyk i instytucji społecznych (w szerokim tego słowa znaczeniu). Antropolodzy nie poprzestali na badaniu dyskursu badaczy oraz interakcji między nimi. W obrębie zainteresowań antropologii nauki znalazły się także interakcje badaczy z ich materialnym otoczeniem, narzędziami i zewnętrznymi reprezentacjami.

Przywołując podejście antropologiczne, należy wyartykułować jeszcze jedno założenie dotyczące natury działalności naukowej. Wkraczając do laboratoriów badacze społeczni potraktowali naukowców w podobny sposób, jak dużo wcześniej antropolodzy kulturowi potraktowali przedstawicieli kultur przedpiśmiennych. Wspólnocie naukowej odmówiono szczególnego statusu. Analizowano ją, jak każdą inną kulturę badaną przez antropologów. W niniejszej pracy nie tylko nie zakładam wyróżnionego statusu nauki i poznania naukowego, ale przede wszystkim odrzucam ścisłą dystynkcję na naukę i nie-naukę. Jak zobaczymy, praktyki naukowców nie odbiegają w radykalny sposób od sposobów, w jaki ludzie rozwiązują skomplikowane problemy poznawcze. Jednocześnie to, co dzieje się w pracowniach badawczych, nie daje się ująć w ramach schematów pojęciowych tradycyjnej socjologii i filozofii nauki.

Mapa wyvodu

Praca składa się z trzech części. W pierwszej z nich skupiam się na omówieniu studiów nad nauką i technologią, do których ustaleń będę odwoływał się, próbując sformułować ogólny model rozwiązywania problemów poznawczo-inżynierskich w nauce. W trzech pierwszych rozdziałach omawiam – kolejno – filozoficzne, społeczne i kognitywne podejścia do analizy nauki. Analizę rozpoczynam od najstarszych podejść, czyli koncepcji rozwijanych w ramach zorientowanych na teorię rozważań filozofów nauki, przechodząc stopniowo do nowszych ujęć, które w coraz większym stopniu koncentrowały się na praktyce naukowej. Prezentacja różnych nurtów studiów nad nauką ma na celu między innymi pokazać, w jaki sposób badacze stopniowo wykraczali poza pewne opozycje paralizujące namysł nad nauką. Chodzi między innymi o rozróżnienie na racjonalne oraz społeczne rekonstrukcje rozwoju nauki. Pokazuje również, w jaki sposób została unieważniona opozycja między wczesnymi społecznymi oraz kognitywnymi wyjaśnieniami nauki. Prezentując rozwój różnych koncepcji, sposób rozstrzygania sporów teoretycznych oraz przesunięcia punktów ciężkości, staram się pokazać, że współczesne studia nad nauką oferują relatywnie spójny obraz, w którym zostały połączone wyniki filozoficznych, społecznych i kognitywnych dociekań.

Druga część pracy, na którą składają się rozdziały czwarty i piąty, jest poświęcona rekonstrukcji dwóch ściśle ze sobą związanych koncepcji z zakresu nauk kognitywnych stanowiących grunt, na którym spotykają się społeczne i kognitywne studia nad nauką. Teorie, o których tu mowa, to rozproszone poznanie oraz poznanie usytuowane. Główne założenia i kategorie rozproszonego poznania zostaną omówione w rozdziale czwartym. W tym celu posłużę się trzema empirycznymi studiami. Dokonam między innymi szczegółowej rekonstrukcji badań antropologicznych Edwina Hutchinsa dotyczących nowoczesnej nawigacji morskiej. Przeprowadzona przez niego analiza ma poważne konsekwencje dla teoretycznego ujęcia poznania i umysłu, a także dla metodologii ich badania. Rozdział piąty jest poświęcony najważniejszym koncepcjom i badaniom z zakre-

su usytuowanego poznania. Skupiam się w szczególności na pracach badaczy i myślicieli, którzy ukształtowali to podejście. Dalej zostanie omówione również szersze rozumienie usytuowanego poznania. Okazuje się bowiem, że w ciągu ostatnich kilku lat wielu kognitywistów zaczęło traktować perspektywę usytuowanego poznania jako pewną bardzo pojemną ramę teoretyczną, która obejmuje prace badawcze realizowane w tak odległych od siebie obszarach nauk kognitywnych, jak neurofizjologia, prace nad ucieleśnioną sztuczną inteligencją czy antropologia kognitywna.

Trzecia część pracy stanowi próbę sformułowania ogólnego modelu rozwiązywania problemów w nauce, przeprowadzoną w oparciu o ustalenia przywoływanych w pierwszej części nurtów badań i przy uwzględnieniu kategorii zrekonstruowanych w części drugiej. W rozdziale szóstym staram się usytuować indywidualnego, odosobnionego badacza – będącego centrum zainteresowania analitycznej filozofii nauki – w ramach pewnego szerszego układu relacji społecznych. W rozdziale tym nawiązuję między innymi do koncepcji mądrości tłumu Surowieckiego oraz rekonstruuje rozwijaną przez Karin Knorr Cetinę koncepcję kultur epistemicznych. Nie ograniczam się jednak do ukazania nauki jako działalności o charakterze dogłębnie społecznym. Staram się przede wszystkim wykazać, że to właśnie kolektywnemu charakterowi współczesna nauka zawdzięcza swoją efektywność. Ujmując to precyzyjniej, usiłuję pokazać, że rozwiązania problemów naukowych nie pojawiają się w głowach indywidualnych badaczy, lecz wyłaniają się najczęściej dopiero w ramach interakcji między nimi. Pragnę zaznaczyć, że analiza praktyki naukowej w kategoriach czysto społecznych interakcji stanowi sztuczny zabieg analityczny – komunikacja i koordynacja czynności poznawczych w nauce i inżynierii jest niemal zawsze zapośredniczona przez materialne artefakty i technologie. Nie uwzględnivszy tego wymiaru nauki, nie można zrozumieć przebiegu ani indywidualnego, ani grupowego rozwiązywania problemów. Dlatego w dwóch kolejnych rozdziałach uzupełniam ten wypracowany model o różnego rodzaju czynniki i artefakty, które z jednej strony usprawniają (a niekiedy wręcz umożliwiają) koordynację działań badaczy, z drugiej zaś strony wspomagają rozwiązywanie skomplikowanych problemów.

W rozdziale siódmym skupiam się na funkcjach, jakie pełnią w nauce różnego rodzaju papierowe inskrypcje oraz inne zewnętrzne reprezentacje. Z kolei w rozdziale ósmym pokazuję, jakie poznawcze funkcje pełnią w nauce instrumenty i narzędzia laboratoryjne.

Pracę zamyka podsumowanie, w którym omawiam ponownie najważniejsze elementy modelu usytuowanego poznania naukowego oraz wskazuję możliwe kierunki dalszych dociekań. Wracam tam również do zagadnienia, które otwiera niniejszą pracę, czyli do kwestii związanych z możliwością zdefiniowania istoty działalności naukowej i wytyczenia jasnych granic między nauką i nie-nauką w świetle prezentowanych tu badań kognitywistycznych oraz wyników obserwacji antropologicznych.

*

Próba zrekonstruowania szeregu czynników, wydarzeń i nazwisk osób, które przyczyniły się do powstania niniejszej książki oraz wpłynęły na jej ostateczny kształt, jest zadaniem tyleż ryzykownym, co niewykonalnym. Nie oznacza to rzecz jasna, że Czytelnik ma w ręku pracę pod tym względem wyjątkową. Wręcz przeciwnie – zapewne o większości publikacji przywoływanych w toku narracji można by orzec, że zawdzięczają swoje istnienie i kształt nie mniej bogatemu splotowi wpływów. Dla nauki jest bowiem charakterystyczne rozproszone autorstwo połączone ze swoistą amnezją dotyczącą złożoności i kontekstu samej pracy badawczej. Pozwalam sobie ograniczyć się do podziękowań dla osób, które wywarły wyraźny i bezpośredni wpływ na przedkładaną Czytelnikowi pracę.

Przede wszystkim chcę podziękować za uwagi dotyczące struktury pracy oraz argumentacji, tropy badawcze, a także różnego rodzaju sugestie osobom, które studiowały kolejne wersje niniejszej publikacji. Książka stanowi przebudowaną i znacząco rozwiniętą wersję dysertacji doktorskiej przygotowanej pod kierunkiem prof. Michała Tempczyka, któremu w pierwszym rzędzie pragnę złożyć podziękowania. Jestem wdzięczny za liczne uwagi recenzentom dysertacji – prof. Andrzejowi Szahajowi oraz prof. Pawłowi Zeidlerowi, któremu dziękuję nie tylko za niezwykle obszerną i szczegółową

krytykę mojej pracy, ale również za wskazanie istotnego obszaru badań nad nauką, jakim niewątpliwie jest filozofia chemii. Pragnę podziękować również dr. Krzysztofowi Pietrowiczowi i dr. Radosławowi Sojakowi za lekturę roboczych wersji książki. Mieli oni wpływ nie tylko na kształt prezentowanej tu pracy, ale także na wiele moich poprzednich tekstów, przyczyniając się tym samym do ukształtowania mojego warsztatu badawczego. Moje podziękowania należą się również dr. Krzysztofowi Abriszewskiemu oraz dr. Maciejowi Błaszakowi, którzy wskazali mi wiele interesujących kierunków badań i tropów literaturowych. Dziękuję Pawłowi Głowackiemu za uwagi i informacje dotyczące systemów kontroli ruchu lotniczego.

Osobne podziękowania należą się Jackowi Podgórkowskiemu, który przygotował ilustracje na potrzeby niniejszej publikacji książkowej.

Pragnę również podziękować za wsparcie udzielone przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w postaci grantu badawczego promotorskiego (N N101 148137). Na koniec składam podziękowania Radzie Wydawniczej Fundacji na rzecz Nauki Polskiej oraz anonimowym Recenzentom książki.

CZĘŚĆ I

**Współczesne studia nad nauką
i technologią**

Niniejsza część pracy jest poświęcona rekonstrukcji współczesnych filozoficznych, społecznych oraz kognitywnych studiów nad nauką. W rozdziale pierwszym przywołuję dwie główne tradycje rozwijane w ramach filozofii nauki – racjonalne oraz społeczne rekonstrukcje nauki. Społeczne ujęcia, kojarzone najczęściej z pracami Ludwika Flecka oraz Thomasa Kuhna, nie tylko wykazały ograniczenia eksplanacyjne standardowych ujęć, ale również w znaczący sposób rozszerzyły pole problemowe filozofii nauki. Niestety, koncepcje te miały najczęściej dekonstruktywny charakter – pokazywały to, czego nie mogły wyjaśnić wcześniejsze perspektywy, ewentualnie jakie wymiary poznania i praktyki naukowej pomijały, jednak nie były w stanie zaoferować satysfakcjonujących alternatyw. W rozdziale drugim przechodzę do omówienia nurtu społecznych studiów nad nauką i technologią. Szczególną uwagę poświęcam badaniom z zakresu antropologii nauki, które oferują dość spójne wyjaśnienie poznawczo-inżynierskiego sukcesu nauk przyrodniczych. Zwracam jednak uwagę, że społeczne studia nad nauką mogły sformułować tego typu wyjaśnienie dopiero wtedy, gdy *de facto* odrzuciły ściśle socjologiczne podejście, a przedmiotem swojej analizy uczyniły nie wiedzę, ale naukę pojmowaną jako praktyki badawcze. Rozdział trzeci, który zamyka pierwszą część pracy, stanowi prezentację nurtu badań, który początkowo rozwijał się w całkowitym oderwaniu od analiz społecznych, czyli kognitywnych studiów nad nauką i technologią. W swojej rekonstrukcji skupiam się w szczególności na zróżnicowanych metodach badawczych, które ukształtowały się w ramach podejścia kognitywnego.

Paradygmaty, kolektywy i mrówki

W filozofii nauki dość często stosuje się rozróżnienie na racjonalne oraz społeczne wyjaśnienia nauki (zob.: Lakatos 1971; Shapin 1993a). Pierwsze podejście – charakterystyczne dla koncepcji wywodzących się z neopozytywizmu – ujmuje naukę jako realizację procedur metodologicznych, a wszelkie interwencje czynników społecznych traktuje jako zakłócenia tak zwanej logiki odkrycia. Racjonalnym wyjaśnieniom przeciwstawia się podejścia społeczne, które przyczyn rozstrzygnięcia kontrowersji, rozwoju wiedzy oraz wyboru teorii naukowych dopatrują się w oddziaływaniu interesów, grup społecznych, instytucji, norm lub innych czynników społeczno-kulturowych. Do grona tych wyjaśnień można zaliczyć teorię Thomasa Kuhna (2001), filozoficzne koncepcje Paula Feyerabenda (1996), ale również późniejsze badania, w tym teoretyczne i metodologiczne propozycje szkoły edynburskiej (*Mocny program* 1993). W literaturze ujęcia te często są określane mianem tradycji postkuhnowskiej. Samego Kuhna zaś uznaje się za badacza, który jako pierwszy skierował refleksję nad nauką na tory psychologii i nauk społecznych. Autor *Struktury rewolucji naukowych* sam określa swoje stanowisko jako socjologiczne lub psychospołeczne, traktując je jako odstępstwo od dotychczasowych kanonów wyjaśnień stosowanych w filozofii (por. Kuhn 1970a, 1970b). W jednej ze swych programowych wypowiedzi stwierdza: „Czymkolwiek jest postęp naukowy, musimy wyjaśniać go przez badanie natury grupy naukowej, ustalanie, co ta grupa ceni, co toleruje, co lekceważy” (Kuhn 1970b: 238). Myśl tę rozwija w innym miejscu w następujący sposób:

[W] ostatniej instancji wyjaśnienie [nauki] powinno być psychologiczne lub socjologiczne. Musi ono polegać na opisie systemu wartości

i ideologii połączonym z analizą instytucji, które ten system przekazują i narzucają (*enforce*). Wiedząc, co uczeni cenią, możemy mieć nadzieję, że zrozumiemy, jakie podejmują problemy i jakich dokonają wyborów w warunkach określonego konfliktu (Kuhn 1970a: 21).

Propozycja porzucenia dotychczasowych kanonów na rzecz wyjaśnień społecznych (lub wręcz *stricte* socjologicznych) spotkała się z silnym sprzeciwem wielu filozofów. Efektem były liczne polemiki między przedstawicielami obu podejść (zob. np. Lakatos, Musgrave, red., 1970). Kuhnowi oraz przedstawicielom zapoczątkowanego przez niego nurtu zarzucano, że redukują filozofię do socjologii, a rozwój nauki sprowadzają do zasady *might makes right* lub „rządów tłumu” (*mob rule*). Przedstawiciele racjonalnych ujęć nauki dopuszczali socjologiczne wyjaśnienia tylko w przypadku poglądów błędnych. Innymi słowy, usiłowali sprowadzić socjologię wiedzy do socjologii błędu. Socjologię wiedzy naukowej traktowali jako sprzeczność pojęciową. Standardowe sformułowanie takiego podejścia zawiera poniższa wypowiedź Larry’ego Laudana:

Wielu socjologów wiedzy, nawiązując do Karla Mannheim’a, wyróżnia „immanentne” i „nie-immanentne” (inaczej „egzystencjalnie zdeterminowane”) idee. *Idee immanentne* [...] to takie, w przypadku których można wykazać, że są one naturalnie lub racjonalnie powiązane z innymi ideami, w które wierzy dana osoba. Klasycznym przykładem byłyby tu zasady geometrii euklidesowej. Kiedy zaakceptuje się aksjomaty, jest się zmuszonym przez logikę lub racjonalność, by zaakceptować wynikające z nich twierdzenia. Żadna myśląca osoba, rozumiejąc pierwsze, nie może odrzucić drugich. Z drugiej strony *idee nie-immanentne* (egzystencjalne) to takie, które nie zawierają w sobie racjonalnego uprawomocnienia. Są to idee, które ludzie akceptują, nie są one jednak same z siebie bardziej racjonalne od innych alternatywnych idei, które mogłyby zaakceptować.

Większość socjologów wiedzy zgadza się z Mannheimem, że socjologia powinna próbować wyjaśnić *tylko idee nie-immanentne* [...]. Proponuję nazwać to kryterium demarkacji *zasadą aracionalności* (*arationality assumption*); w gruncie rzeczy można ją sprowadzić do stwierdzenia, że socjologia wiedzy może wkroczyć w proces wyja-

śniania przekonañ wtedy i tylko wtedy, gdy przekonañ tych nie da się wyjaśnić w terminach ich racjonalnych zalet (Laudan 1973: 201–202).

W odpowiedzi na tego typu argumentację, przedstawiciele społecznych rekonstrukcji krytykowali racjonalne wyjaśnienia w kategoriach logiki nauki jako nader wyidealizowane i stojące w sprzeczności z rzeczywistą praktyką naukową. Przykładowo, Paul Feyerabend stwierdził ironicznie, iż „logicy nie rozumieją nauki, ale rozumieją logikę i wobec tego domagają się, by naukę przedstawiać w terminach ich ulubionego systemu logicznego” (Feyerabend 1976: 137).

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że podejścia wywodzące się z neopozytywizmu oraz koncepcje postkuhnowskie w odmienny sposób podchodzą do zagadnienia statusu i charakteru podmiotu poznania naukowego. Tradycyjna filozofia nauki za podmiot poznania naukowego uznawała odizolowaną jednostkę – odosobnionego badacza, sprowadzonego niejako do roli realizatora procedur metodologicznych. Przede wszystkim jednak struktura podmiotu nauki sama w sobie nie stała się pełnoprawnym obiektem zainteresowania tradycyjnej filozofii nauki. Logika odkrycia była traktowana jako wystarczający warunek sukcesu poznawczego i nie dostrzegano potrzeby wprowadzania dodatkowych kategorii wyjaśniających funkcjonowanie nauki. Odmiennie podejście do statusu podmiotu poznania naukowego stosowali – a przynajmniej deklarowali – przedstawiciele tradycji postkuhnowskiej. W tym kontekście podkreślano, że tworzenie nowej i reprodukcja istniejącej wiedzy naukowej stanowią dogłębnie społeczne procesy. Niejednokrotnie również upatrywano podmiotu poznania nie w jednostce, ale raczej w pewnej grupie społecznej. Na czym dokładnie polega rozpatrywanie poznania naukowego jako dogłębnie społecznego procesu? Jak pojmuje się w tradycji zbiorowy podmiot poznania naukowego? Wreszcie, w jakim stopniu przyjęcie zaproponowanej przez Kuhna optyki psychologii lub socjologii pozwala zrozumieć, jak naukowcy rozwiązują problemy badawcze? Próbę udzielenia odpowiedzi na te pytania warto rozpocząć od omówienia propozycji programowych samego Kuhna.

„Społeczny” wymiar poznania w teorii Thomasa Kuhna

Program negatywny i pozytywny

Teoria rewolucji naukowych i koncepcja paradygmatów Kuhna są powszechnie znane, więc ich szczegółowa rekonstrukcja miałyby się z celem. Wystarczy stwierdzić, że spośród jego propozycji teoretyczno-metodologicznych daje się wyróżnić ich część negatywną oraz część pozytywną (por. Mokrzycki 1990: 83–84). Kuhn ukazuje niezdolność dotychczasowych podejść filozoficznych do wyjaśnienia faktycznej praktyki badawczej. Czyni to nie tyle w trybie polemiki filozoficznej, co buduje swój argument w oparciu o konkretny materiał historyczny. Pokazuje, że procedury i czynniki identyfikowane przez tradycję filozoficzną wcale nie decydują o wyborze teorii i nie determinują rozwoju wiedzy. Nieprzypadkowo nazwisko Kuhna jest kojarzone z końcem epoki uprawiania logiki nauki. Część pozytywna miała polegać na zastosowaniu narzędzi psychologii i socjologii do wyjaśniania wiedzy naukowej. Czy ten cel udało się zrealizować? Okazuje się, że część konstruktywna koncepcji Kuhna jest niezwykle uboga. Uderzające jest to, że z jednej strony przytacza on niezwykle bogaty materiał empiryczny, demonstrując na nim ograniczenia dotychczasowych ujęć, z drugiej zaś – oferuje niewiele w ich miejsce. Wprawdzie wskazuje kierunek, w jakim warto podążać, poszukując wyjaśnień wiedzy, jednak kiedy przechodzi do konstruowania modelu, ogranicza się do mało precyzyjnych i ogólnikowych uwag.

Jak stwierdza Edmund Mokrzycki, Kuhn odrzuca indywidualny podmiot poznania naukowego, ale w jego miejsce wprowadza nie tyle podmiot społeczny, co zbiór indywidualnych podmiotów:

Nie ma w dziele [Kuhna] miejsca na podmiot społeczny – nie ma nawet przesłanek, które stwarzałyby perspektywę wprowadzenia takiej kategorii. Ów podmiot grupowy jest tu zaś zbiorem podmiotów indywidualnych wchodzących ze sobą w określonego rodzaju stosunki społeczne (ściśle mówiąc interpersonalne). Tak pojęty podmiot społeczny jest pochodną podmiotu indywidualnego, a jego sądy – pochodną sądów indywidualnych. Kuhnowska grupa naukowa jest kategorią

epistemologicznie niesamodzielną: jej decyzje ugruntowane są w decyzjach jej członków i stąd tylko czerpią swą moc (Mokrzycki 1990: 87).

Nie ma tu miejsca na emergentne procesy, którym poświęcają uwagę badacze społeczni. Kuhn nie skupia się również na mechanizmach grupowych. W gruncie rzeczy ciągle pozostaje w orbicie myślenia o podmiocie nauki jako indywiduum. Samo poznanie naukowe u Kuhna – wbrew jego wielokrotnym deklaracjom – nie jest ujmowane jako dogłębnie społeczne zjawisko. Wiedzę tworzy nie grupa, lecz jednostka znajdująca się pod wpływem pewnych norm, wartości i innych bliżej nieokreślonych przez Kuhna czynników. W gruncie rzeczy analiza społecznego wymiaru poznania u Kuhna sprowadza się do zdroworoządkowej i naiwnej socjologii małych grup społecznych, którą ten w gruncie rzeczy propaguje (por. Mokrzycki 1990: 89). Innymi słowy, koncepcje Kuhna są w zdecydowanie mniejszym stopniu socjologiczne, niż zwykł to utrzymywać nie tylko on sam, ale także jego krytycy i kontynuatorzy. Jedynymi pewnymi elementami koncepcji Kuhna okazują się odwrót od logiki nauki oraz wybór dyskursu socjologicznego jako płaszczyzny właściwego wyjaśnienia nauki (por. Mokrzycki 1990: 85).

Teoria Kuhna na tle badań Ludwika Flecka

Czy możemy jednak zarzucać Kuhnowi, że posługuje się nader uproszczonym wyobrażeniem socjologii i badanych przez nią zjawisk? Wszak jego teoria dopiero torowała drogę nowym ujęciom nauki. Można przyjąć, że spełnia ona wszystkie kryteria rewolucji naukowej (przynajmniej rewolucji pojmowanej zgodnie z jej własną wykładnią). Jednocześnie jest jedną z najpowszechniej znanych koncepcji filozoficznych. Chyba najlepiej ilustruje to fakt, że termin „paradygmat” w znaczeniach, jakie nadał mu Kuhn, znalazł zastosowanie w wielu kontekstach. Jest wykorzystywany nie tylko w ramach filozofii nauki, czy szeroko pojmowanych studiach nad nauką, ale również w innych dziedzinach, między innymi w informatyce, teorii zarządzania i organizacji, projektowaniu. Weźmy jednak pod uwagę, że sformułowana przez Kuhna koncepcja jest pod wieloma

względami wtórna względem dużo wcześniejszej propozycji teoretycznej – propozycji, którą badacz inspirował się i do której nawiązywał *explicite*. Mowa rzecz jasna o koncepcji stylów i kolektywów myślowych sformułowanej przez polskiego filozofa i mikrobiologa Ludwika Flecka w pracy *Powstanie i rozwój faktu naukowego* (Fleck 1986). Co więcej, prace Kuhna – pomimo swej niewątpliwej innowacyjności – były nie tylko wtórne wobec filozofii Flecka, ale również wsteczne. Bliższa analiza porównawcza pokazuje, że Kuhn zgubił ściśle społeczny wymiar koncepcji polskiego badacza. Jednocześnie pozostawał on na gruncie podejścia do nauki skoncentrowanego na teorii, podczas gdy Fleck daleko wykraczał poza współczesny mu stan badań nad nauką (por.: Harwood 1986; Sojak 2001). W swoich analizach nauki autor *Powstania i rozwoju faktu naukowego* antycypował wiele ustaleń współczesnych studiów nad nauką, w tym znaczną część obserwacji antropologów nauki. Nowatorskie ujęcie Flecka miało jednak niezwykle ograniczony wpływ na rozwój studiów nad nauką – prace polskiego badacza pozostawały przez długi czas nieznanne, a ich upowszechnienie nastąpiło dopiero za pośrednictwem Kuhna.

Fakt, iż idee polskiego badacza wyprzedzały jego epokę o kilka dziesięcioleci, mógł stanowić konsekwencję zastosowanej przez niego metodologii. Kuhn opierał się na rekonstrukcjach historycznych, tymczasem Fleck jako praktykujący mikrobiolog był bliższy w swym podejściu etnografii laboratorium. Nawiązując do stosowanego przez Bruno Latoura rozróżnienia (1987), można powiedzieć, że Kuhn badał naukę w gotowej postaci, podczas gdy Fleck analizował naukę w działaniu. To również mogło być przyczyną zbieżności tez zawartych przez Flecka w *Powstaniu i rozwoju faktu naukowego* z późniejszymi ustaleniami społecznych studiów nad nauką. Co jednak istotne, Fleck oferuje ciekawsze ujęcie podmiotu poznania naukowego, które z perspektywy naszych rozważań wydaje się bardziej użyteczne niż propozycja Kuhna.

Filozofia nauki Ludwika Flecka

Zanim przejdziemy do analizy poglądów polskiego badacza, należy zwrócić uwagę na pewną istotną kwestię. Pozostawiony przez niego dorobek (Fleck 1986, 2006, 2007) okazuje się relatywnie niewielki, jeżeli za punkt odniesienia wziąć innych wybitnych filozofów nauki, w tym samego Kuhna. Nie stanowiłoby to większego problemu, gdyby Fleck, artykułując swoje nowatorskie idee, nie poprzestawał na pewnych ogólnikowych, otwartych na interpretacje sformułowaniach. Wiele jego pomysłów to w gruncie rzeczy metafory lub intuicje, które wymagają uszczegółowienia. Zapewne koncepcja Flecka doczekałaby się dojrzalszej postaci, gdyby stała się obiektem dyskusji i krytyki filozoficznej. Fleck niejednokrotnie prezentował w jednym akapicie problemy, które zasługiwały na dużo szersze omówienie. *Nota bene* to właśnie czyniło wielu późniejszych autorów, niekoniecznie będących pod bezpośrednim wpływem myśli polskiego filozofa. Tak było między innymi w przypadku intuicji Flecka dotyczących „zygzakowatej drogi”, jaką podąża proces odkrycia naukowego, oraz związanej z tym zjawiskiem wstecznej racjonalizacji (Fleck 1986: 106–107, 117), czy w przypadku zagadnienia niedookreślenia teorii przez dane empiryczne (Fleck 1986: 121–124). Ogólnikowe sformułowanie idei przez Flecka sprawia, że nietrudno przypisać mu pomysły, które rozwinęli dopiero późniejsi badacze. Wiele propozycji Flecka wymaga doprecyzowania czy też „dointerpretowania”, między innymi przez przywołanie pewnych pokrewnych koncepcji, które rozwijają zagadnienia jedynie zakomunikowane przez polskiego badacza. Mając to na uwadze, możemy przejść do rekonstrukcji koncepcji stylów i kolektywów myślowych, która mimo że pozostaje tylko szkicem teorii, to wnosi ważne intuicje do naszych rozważań.

Style i kolektywy myślowe

Dwie najważniejsze kategorie filozofii Flecka to styl myślowy (*Denkstille*) i kolektyw myślowy (*Denkkollektive*). Według ujęcia polskiego filozofa, poznanie naukowe jest określane w istotny sposób przez

warunki kulturowe i historyczne, w jakich funkcjonuje dana wspólnota badawcza. Naukowiec zawsze w sposób nieuchronny jest socjalizowany do funkcjonowania w jakiejś konkretnej wspólnocie określonej tu kolektywem myślowym. Wspólnoty te charakteryzują się nie tylko pewnymi zestawami norm metodologicznych czy procedur komunikacji wyników, ale przede wszystkim dostarczają jednostce środków konceptualnych, metafor i kategorii, za pomocą których może ona realizować swoje prace. Innymi słowy, wspólnota, w której funkcjonuje badacz, określa jego sposób myślenia oraz to, co i w jaki sposób będzie mógł poznać i uchwycić. Myślenie w ramach danego stylu nie stanowi kwestii świadomego wyboru podmiotu, lecz jest mu narzucane w drodze wtórnej socjalizacji i stanowi dla niego coś zastanego i oczywistego. Autor *Powstania i rozwoju faktu naukowego* określa wspomniane czynniki stanowiące ramę poznawczą badacza za pomocą zbiorczej kategorii stylu myślowego.

Styl myślowy charakterystyczny dla danego kolektywu jest nie tyle jego wytworem, ile raczej czynnikiem konstytutywnym, a zarazem wyznaczającym jego granice. Choć style myślowe wyznaczają granice poznania, to ulegają one historycznej zmianie. Co istotne, Fleck nie zawsze zdaje się utożsamiać owe zmiany z jakąś formą postępu lub rozwoju (wydaje się, że w tym punkcie do koncepcji Flecka wkrada się ambiwalencja). Fakt naukowy nie jest determinowany przez niezapśredniczone dane empiryczne, jak sugeruje neopozytywizm. Stanowi on wytwór danego kolektywu i tylko na jego gruncie może się narodzić, utrwalić i utrzymać swój status. Co więcej, wiedza naukowa w ujęciu Flecka okazuje się historycznie zmienna. Wprowadza on tym samym wątek kulturowego relatywizmu wiedzy.

Według Flecka proces wytwarzania nowej wiedzy może odbywać się na dwa główne sposoby. Po pierwsze, może przebiegać w ramach dotychczasowego kolektywu według narzucanych przez jego strukturę zasad. Ewentualnie może mieć charakter bardziej rewolucyjny, polegający mianowicie na przebudowie i zmianie samego kolektywu. Co jednak istotne, podejścia, koncepcje i fakty naukowe są determinowane przez historię wspólnot je wytwarzających.

[C]zy chcemy, czy nie, nie możemy się uwolnić od przeszłości, z wszystkimi jej błędami. Żyje ona nadal w przyjętych pojęciach, w ujęciu problemów, w nauczaniu szkolnym, w życiu codziennym, w języku i instytucjach. Nie istnieje żadna *generatio spontanea* pojęć, są one, by tak rzec, determinowane przez swych antenatów (Fleck 1986: 48).

Koncepcja kolektywów myślowych przypomina pod pewnymi względami podejście radykalnego konstruktywizmu nawiązującego do kategorii systemów autopojetycznych. Proponuję zatem, by odczytać niektóre idee Flecka przez pryzmat tego właśnie ujęcia.

Style myślowe jako systemy autopojetyczne

Autopojeza (*autopoiesis*) to dosłownie proces samowytwarzania. Polega on na nieustannym reprodukowaniu się systemu z jego własnych elementów. Pojęcie to zostało zaczerpnięte od dwóch chilijskich biologów – Humberto Maturany i Francisco Vareli (Maturana, Varela 1980, 1998), którzy wykorzystywali je, usiłując wypracować nową definicję życia. Do nauk społecznych wprowadził tę kategorię Niklas Luhmann (1990, 2007). Kategoria autopojezy jest stosowana nie tylko do opisu reprodukcji i trwania różnych złożonych układów, ale także w analizie sposobu, w jaki system (organizm biologiczny lub system społeczny) poznaje rzeczywistość stanowiącą środowisko jego funkcjonowania. W świetle przywoływanej tu koncepcji, system pozostaje poznawczo zamknięty na świat i wytwarza jego obraz w oparciu o swoje własne stany, nie zaś po prostu odzwierciedla go. Można tu mówić o istnieniu pewnego rodzaju „kokonu poznawczego”, wewnątrz którego znajduje się system – nie ma on bezpośredniego dostępu do nieprzetworzonego zewnętrznego świata (por. Zybertowicz 1995: 118). Według Luhmanna, obraz świata wytwarzany przez system jest efektem dokonywanej przez niego poznawczej redukcji bodźców ze środowiska. Proces ten polega na tym, że właściwości świata są ujmowane w ramach charakterystycznych dla danego systemu kodów. Kody te selekcionują, „filtrują”, kategoryzują i rozpatrują bodźce zewnętrzne w ramach gotowych schematów, automatycznie pomijając to, co poza nie wykracza. Bogactwo środo-

wiska zostaje „przetłumaczone” na relatywnie ubogie kody systemu. Niklas Luhmann określa powyższy proces przetwarzania bodźców mianem redukcji złożoności¹.

Warto przywołać w tym kontekście rozważania Flecka dotyczące statusu raportów z obserwacji laboratoryjnych. W swojej pracy polski filozof analizuje następujące stwierdzenie: „Na płytce agarowej ukazało się dzisiaj 100 większych, żółtawych, przejrzystych kolonii i dwie mniejsze, jaśniejsze, nieprzejrzyste” (Fleck 1986: 121, 2006: 112). Jak zauważa, powyższe twierdzenie zawiera dużo więcej niż raport z czystej obserwacji.

[P]rzede wszystkim sam wybór i ograniczenie przedmiotu badania zawiera już założenia – tam, gdzie wyrosły 102 niezaprzeczalne kolonie, na pewno były jeszcze jakieś budzące wątpliwości ziarenka i punkty, które można by uważać za kolonie albo twory przypadkowe – w zależności od założeń.

Po drugie, w ogóle nierozsądnie jest mówić o wszystkich cechach jakiegos twor, ponieważ liczba cech może być dowolnie wielka, a liczba możliwych oznaczeń właściwości zależy od przyzwyczajzeń myślowych odpowiedniej dziedziny nauki, więc już jest ukierunkowaniem założenia (Fleck 2006: 114; podkreślenie za oryginałem).

Nie mamy tu do czynienia z czystą, bezzałożeniową obserwacją, lecz nieuświadomianą, automatyczną selekcją tego, co istotne i nieistotne w świetle danego stylu myślowego. Powyższy przykład nie tylko ukazuje ilość nieuświadomianych założeń, które przyjmują badacze, dokonując obserwacji. Jest to równocześnie świetna ilustracja bardziej ogólnego procesu, a mianowicie sposobu, w jaki systemy autopojetyczne selekcionują i redukują bodźce ze swojego środowiska. Zauważmy, że w tym przypadku systemem jest cała wspólnota badawcza, a konkretny badacz funkcjonujący w ramach danego stylu jedynie ją reprezentuje.

Kontynuując naszą rekonstrukcję koncepcji autopojetycznych systemów, należy zwrócić uwagę, że różne systemy mogą organi-

¹ Pragnę zwrócić uwagę, że termin „redukcja złożoności” jest w niniejszej pracy wykorzystywany w wielu miejscach, lecz rozumiany inaczej niż u Luhmanna.

zować ten sam zestaw bodźców w odmienny sposób. System może „postrzegać” tylko to, co umożliwia mu jego wewnętrzna konstrukcja. Innymi słowy, co i jak zostaje poznane stanowi konsekwencję przeszłych i obecnych operacji systemu – na jego gruncie nie może pojawić się wiedza całkowicie nowa, to znaczy taka, która nie została przewidziana w jego konstrukcji. Systemy ulegają przekształceniom, między innymi pod wpływem bodźców z otoczenia, ale zmiany te zawsze odbywają się w odniesieniu do przeszłych stanów systemu – jego „historii”. Nie pojawia się nowy sposób ujmowania świata, o ile nie został wytworzony wewnątrz samego systemu w wyniku istniejących już procesów i na ich gruncie. Obraz w ten sposób wytwarzany jest na tyle adekwatny, na ile wymaga tego sprawne funkcjonowanie systemu. System jest jednak w stanie w dużej mierze „naginać” i dopasowywać bodźce do wytwarzanego obrazu, o ile jest to dla niego funkcjonalne.

Kolektywy myślowe wydają się funkcjonować właśnie w trybie autopojetycznych systemów, które nie odzwierciedlają świata biernie, lecz aktywnie konstruują jego obraz. Czynią to w różny sposób, w zależności od tego, jakich narzędzi i koncepcji dostarczają charakterystyczne dla nich style myślowe. Jednocześnie kolektywy podtrzymują wytworzone uprzednio obrazy i systemy przekonań przez dopasowywanie, uzgadnianie, selekcjonowanie, a niekiedy pomijanie milczeniem nowych informacji (por. Fleck 1986: 55–56). Z kolei innowacja w dziedzinie wiedzy naukowej oznacza nieuchronnie przebudowę stylu i samego kolektywu. To zaś wiąże się z kosztami, które nauka nie zawsze jest gotowa lub których nie powinna ponieść. Przykładowo, czy byłoby możliwe tworzenie generalizacji i teorii, gdyby każdą nieudaną próbę powtórzenia eksperymentu lub zarejestrowaną anomalię traktować jako podstawę do rewizji dotychczasowych poglądów naukowych? Czy w warunkach nieustannej rewizji poglądów mógłby wytworzyć się język nauki umożliwiający nie tylko komunikowanie wyników badań, ale również socjalizowanie kolejnych badaczy lub prowadzenie samych eksperymentów? Owa ograniczona wrażliwość systemu na bodźce pochodzące ze środowiska wydaje się stanowić warunek konieczny istnienia systemu, jakim jest nauka.

Prowizorka w nauce

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na ciekawą konsekwencję ujęcia wiedzy i metodologii naukowej w kategoriach teorii autopojęzy i stylów myślowych. Otóż w ramach takiej perspektywy należy uznać naukę oraz jej metody za pewnego rodzaju prowizorkę.

Jak pokazują współczesne studia nad nauką, rozwiązania naukowe wielokrotnie okazują się nieeleganckie i dość toporne – przypominają raczej produkt majsterkowicza niż efekt realizacji jakichś sztywnych i niezawodnych procedur. Podobnie wykorzystywane metody i procedury niejednokrotnie zawodzą i nie dzieje się tak wyłącznie w wyniku ludzkich błędów. Michael Lynch na podstawie obserwacji uczestniczących przeprowadzonych w laboratorium neurobiologicznym stwierdza:

Według relacji badaczy to procedury „same w sobie” są zawodne [...]. Wiele procedur uznaje się za dalekie od pożądanego sposobu realizacji jakichś zadań, ale traktuje się je jako „najlepsze, co na chwilę obecną można zrobić”. To samo można powiedzieć o instrumentach. Mają swoje wady, niedoskonałości, są obarczone błędami projektowymi – problemy te nie są [jednak] przypisywane korzystającym z nich badaczom, lecz stanowią ograniczenia kojarzone z samym instrumentem (aczkolwiek krąży wiele opowieści o niesamowitych wyczynach naukowych dokonywanych na improwizowanych, „prymitywnych” i źle skonstruowanych instrumentach); (Lynch 1985a: 118).

Jak pokazywała w swoim studium inna badaczka nauki, Karin Knorr Cetina (1999), w praktyce laboratoryjnej wielokrotnie chodzi nie o falsyfikację czy weryfikację hipotez, jak zakładały to tradycyjne ujęcia, ale o realizację bardziej pragmatycznych celów. Otóż głównym zadaniem obserwowanych przez nią biologów molekularnych była standaryzacja eksperymentów – aby stały się one łatwe do powtórzenia – zapewnienie zgodności wyników różnych pomiarów czy po prostu sprawienie, by jakieś urządzenie technologiczne niezawodnie działało. Co więcej, według Knorr Ceriny badacze, kierując się pragmatyzmem, niejednokrotnie zawieszają pewne problemy teoretyczne lub metodologiczne, znoszą je, ewentualnie technicznie

„obchodzą”, gdyż w innym wypadku mogliby uwikłać się w żmudne, aczkolwiek zbyteczne lub nieopłacalne badania. Najczęściej poprzestają na rozwiązaniach nie doskonałych, lecz jedynie satysfakcjonujących, czyli prowizorycznych właśnie².

Do ujęcia pracy naukowej w kategoriach majsterkowania wrócimy przy okazji rekonstrukcji ustaleń badań antropologicznych. W tym momencie pragnę skupić się na innym aspekcie nauki. Posłużę się tu terminem „prowizorka” w podobny sposób, jak czyni to psycholog ewolucyjny Gary Marcus w książce noszącej tytuł *Prowizorka w mózgu. O niedoskonałościach ludzkiego umysłu* (Marcus 2009). Główna teza pracy głosi, że nie tylko nasze ciała pod względem swojej konstrukcji są dalekie od doskonałości, ale tak samo jest w przypadku naszego umysłu i procesów poznawczych. Tyczy się to zarówno ludzkiej pamięci, języka, przekonań, jak i procesu podejmowania decyzji.

Jeżeli chodzi o właściwości naszego ciała, to w wyniku ewolucji wiele z naszych zmysłów w swej efektywności osiąga granice wyznaczane przez prawa fizyki. Przykładowo, ludzkie oko jest w stanie w ciemnym pomieszczeniu wychwycić pojedynczy foton. Wciąż jednak nasze ciało jest pełne atawizmów i nieoptymalnych rozwiązań. Świetnie ilustruje to „wynalezione” przez naturę rozwiązanie służące utrzymaniu u ludzi pionowej postawy, czyli kręgosłup. Z punktu widzenia fizyki, bardziej optymalne byłoby oparcie konstrukcji ludzkiego ciała na czterech podporach. Dlaczego musimy radzić so-

² Nie możemy zapominać, że wiele eksperymentów i aparatów w historii nauki rzeczywiście stanowiło efekty typowego majsterkowania – zostały dosłownie „sklecone” z podręcznych, tanich produktów lub zwykłych odpadów, a dopiero później doczekały się bardziej wyszukanych realizacji (zob. np. Baird 2004). Przykłady tego typu innowacji zostaną zaprezentowane w dalszym toku wywodu. W tym miejscu warto jednak wspomnieć o rozwijającym się aktualnie nurcie „nauki DIY” (od *Do-It-Yourself Science*), czyli ruchu popularyzacji nauki propagującym próby prowadzenia badań naukowych metodą „chałupniczą”. Nauka „zrób-to-sam” jest pod wieloma względami przedsięwzięciem analogicznym do ruchu *Open Source* oraz *Open Hardware*. Jednym z przejawów tego typu działalności są przeprowadzane w domu, niskim kosztem i w oparciu o powszechnie dostępne materiały, eksperymenty z zakresu genetyki i inżynierii genetycznej (*D.I.Y. biology, kitchen biology*).

bie z pojedynczym kręgosłupem i ponosić tego wszelkie negatywne konsekwencje (zwrodnienia, bóle, kontuzje)? Dzieje się tak dlatego, że ewolucja zawsze wychodzi z jakiegoś historycznego punktu i tworzy nowe twory z materiałów, które ma do dyspozycji, zamiast wykształcić optymalne rozwiązanie, zaczynając od czystej karty. To drugie wymagałoby od niej rozpoczęcia pracy od początku, a tego ewolucja – pomimo wszystkich jej prostych, aczkolwiek eleganckich mechanizmów – nigdy nie może zrobić. Dlatego właśnie musimy radzić sobie z podporą ciała, która wyewoluowała z rozwiązania, które sprawdzało się świetnie, lecz u organizmów czworonożnych.

Marcus podąża tym tropem dalej i stwierdza, że podobna sytuacja ma miejsce w przypadku naszych kompetencji umysłowych i poznawczych. W ramach naszej kultury jesteśmy w stanie uznać istnienie pewnych atawizmów i niedoskonałości naszego systemu motorycznego czy organów wewnętrznych, ale z trudem przychodzi nam stwierdzenie, że również nasza inteligencja, zdolność rozumowania i inne władze poznawcze nie stanowią wcale doskonałych rozwiązań będących zwieńczeniem dzieła stworzenia. Tymczasem według Marcusa wiele aspektów naszej inteligencji ma charakter prowizoryczny – one również wyewoluowały na gruncie pozostałości ewolucyjnych. Dobrze ilustruje to chociażby ludzka pamięć (Marcus 2009: 33–52). Działa ona asocjacyjnie i w oparciu o kontekst. Oznacza to, że wydobywanie informacji z pamięci wymaga posłużenia się skojarzeniami. Aby aktywować pamięć, często musimy przebywać w podobnych warunkach, w jakich nabyliśmy dane wspomnienie. Również słowa, które słyszymy, mogą pobudzać (torować) lub blokować aktywację pewnych skojarzeń. Często musimy stosować szereg „sztuczek” mnemotechnicznych, by zapamiętywać i odtwarzać informacje, albo odwoływać się do wnioskowań lub innych sposobów świadomego bodźcowania swojej pamięci. Nasza pamięć jest przeciwieństwem pamięci komputerowej, w której każda informacja ma przypisany stały adres i ścieżkę dostępu – u nas dane są przechowywane w zupełnie inny sposób. Takie rozwiązanie jest funkcjonalne dla zwierząt w naturalnym środowisku, gdyż pozwala im szybko wyszukiwać niezbędne informacje. Wystarczy wyobrazić sobie sytuację ucieczki przed drapieżnikiem – już sam kontekst sytuacyjny na-

kierowuje zwierzę na odpowiednie obszary pamięci, co może decydować o jego przetrwaniu. Jednak w społeczeństwie, które wymaga od ludzi nie tylko dużego tempa przeszukiwania pamięci, ale również dużej precyzji odtwarzanych wspomnień, system pamięci pracujący kontekstowo zawodzi. Wiadomo przecież, że w ludzkiej pamięci różne zapamiętane informacje mieszają się ze sobą lub wręcz scalają; nie pamiętamy szczegółów, a często mamy nawet fałszywe wspomnienia. Nie tego oczekuje się jednak od świadków w sądach, pracowników współczesnych przedsiębiorstw, naukowców podczas konferencji czy studentów na egzaminach. Podsumowując rozważania Marcusa, należy stwierdzić, że ewolucja nie zawsze dochodzi do rozwiązań optymalnych – często ze względu na punkt wyjścia w postaci historycznych pozostałości poprzestaje na rozwiązaniach skutecznych, choć prowizorycznych. Można powiedzieć, że optymalizacja dotyczy nie samych rozwiązań, ale sposobu dochodzenia do nich i związanych z tym nakładów czasowych.

W tym miejscu warto przytoczyć wypowiedź François Jacoba, który porównuje proces ewolucji do majsterkowania:

[E]wolucja jest jak majsterkowicz – majsterkowicz, który często nie wiedząc, co buduje, wykorzystuje wszystko, co wpadnie mu w ręce – stare kartony, sznurek, kawałki drewna lub metalu; w skrócie [...] wykorzystuje wszystko, co ma do dyspozycji, by stworzyć jakąś zdatną do użytku rzecz. [...] To, co ostatecznie wytworzy, nie jest związane z jakimś projektem i zasadniczo stanowi efekt serii przypadkowych zdarzeń [...]. Jak pokazane było u Lévi-Straussa, żaden z materiałów będących do dyspozycji majsterkowicza nie ma określonej funkcji. Każdy z nich może być wykorzystany na różne sposoby. [...] Często, bez jakiegokolwiek jasno określonego, dalekosiężnego projektu, majsterkowicz nadaje swoim materiałom nieoczekiwane funkcje. Ze starego koła od roweru zrobi ruletkę, a z zepsutego krzesła obudowę radia. Podobnie ewolucja tworzy skrzydło z nogi lub fragment ucha z elementu szczęki. [...] [W ten sposób] powstaje mozaika przypadkowych elementów, które połączyły się ze sobą przy rozmaitych okazjach. [...] Ewolucja nie tworzy nowości z niczego. Pracuje na tym, co już istnieje, przekształcając system, by nadać mu nową funkcję, bądź też łączy kilka systemów, by wytworzyć nowy, bardziej dopracowany (Jacob 1977: 1163–1164).

Wróćmy teraz do naszych rozważań nad nauką, prowadzonych z perspektywy teorii systemów autopojetycznych i stylów myślowych. Jeżeli uznajemy, że rozwojem nauki – podobnie jak procesami ewolucji – rządzi swego rodzaju inercja, że kolejne teorie, metody i perspektywy w nieuchronny sposób muszą być budowane na podstawie wcześniejszych rozwiązań przez ich rekombinację (nawet jeżeli odbywa się to na zasadzie zanegowania lub odrzucenia), to okazuje się, że mamy tu do czynienia właśnie z prowizorką.

Oczywiście naukowcy w swoich działaniach kierują się racjonalnością. Zastanówmy się jednak, czy owa racjonalność jest związana z metodą naukową (czy jest niejako wbudowana w samą logikę odkrycia), czy może odnosi się raczej do procesu maksymalizacji korzyści wynikających z prowadzonych badań (a więc jest związana z tym, co można by nazwać ekonomią poznania). Wróćmy na moment do obserwacji Lyncha dotyczących zawodności instrumentów badawczych i rozważmy następującą sytuację. Pracownik laboratorium mógłby oczywiście skupić się na dopracowaniu istniejącej metodologii, aby pozbyć się pewnych jej ograniczeń, ewentualnie mógłby opracować zupełnie nowy zestaw metod i standardów, który na nowo zdefiniowałby badane zjawiska. Najprawdopodobniej jednak wiązałoby się to z koniecznością rewizji wielu ustaleń metodologicznych i teoretycznych. Przede wszystkim musimy pamiętać, że na straży rozstrzygnięć naukowych stoją częstokroć różnego rodzaju interesy (można wymienić tu chociażby interes naukowców, którzy wybudowali swoje kariery w oparciu o konkretne odkrycie lub wynalazek). Pomijając kwestię interesów, już sam nakład czasu, materiałów i energii, jakich zapewne wymagałyby prace koncepcyjne i laboratoryjne, mogłyby uczynić wspomniane przedsięwzięcie nieopłacalnym. Byłoby to tym bardziej nieopłacalne w sytuacji, gdy obecne eksperymenty i metody są uznawane za rozwiązania niedoskonałe, lecz wystarczające. Tymczasem może istnieć zapotrzebowanie na zupełnie inne projekty naukowe. Gdy nasz hipotetyczny badacz poświęciłby się próbie rewizji metody badawczej, duże granty mogłyby trafiać w ręce innych naukowców i konkurencyjnych ośrodków, które w ten sposób zdobywałyby kumulatywną przewagę. Podobnie jak może nie opłacać się rewidowanie metodologii, nieopła-

calne może być też zaczynanie badań od początku, nawet jeśli gdzieś, wśród założeń lub w konstrukcji maszyny, czai się jakiś błąd. Najczęściej o wiele łatwiej jest wprowadzić hipotezę pomocniczą, dodatkową procedurę lub urządzenie korygujące wadę, czyli dopasować wyniki do oczekiwań teoretycznych i obecnego stanu wiedzy. Różnorodne sposoby radzenia sobie z rozbieżnościami w badaniach naukowych opisuje Ian Hacking w eseju „The Self-Vindication of the Laboratory Sciences” (Hacking 1992).

Przytoczmy inny przykład. Metrologia to dziedzina zajmująca się ustanawianiem, stosowaniem i standaryzacją miar oraz stałych fizycznych. Współcześni metrologowie mogą uzyskiwać ogromną precyzję swoich pomiarów, ustanawiając coraz wyższe standardy. W praktyce jednak to potrzeby przemysłu (głównie zbrojeniowego) wyznaczają niezbędny poziom precyzji. To również im metrologia zawdzięcza swój gwałtowny rozwój. To między innymi seria katastrof, jakie miały miejsce podczas testów uzbrojenia na amerykańskich poligonach w latach 50. i 60., wywołanych – jak się później okazało – zbyt niskim poziomem precyzji w zachowaniu miar, sprawiła, że wojsko zaczęło inwestować w rozwój tej dyscypliny (O’Connell 1993).

Zasadność zastosowania pojęcia prowizorki w odniesieniu do rozwoju nauki pozostawiam tu kwestią otwartą. Wydaje się ona zasługiwać na szersze omówienie, w szczególności w perspektywie sporu między racjonalnymi i społecznymi wyjaśnieniami nauki. W tym miejscu proponuję przejść do charakterystyki kolektywnego wymiaru pracy naukowej w perspektywie koncepcji Flecka oraz problemu struktury podmiotu poznania naukowego.

Kolektywny wymiar poznania w koncepcji Flecka

Zadajmy sobie następujące pytanie: kto (lub co) jest podmiotem poznania i twórcą nowej wiedzy w ramach ujęcia zaproponowanego przez Flecka? Niewątpliwie nie mamy tu do czynienia z czysto indywidualistycznym modelem poznania, w którym podmiotem jest odosobniona jednostka. Czy jednak podmiotem poznania u Flecka jest grupa lub wchodzący ze sobą w interakcje badacze, czy może opisywane przez niego kolektywne myślowe traktowane jako pewne całości?

W świetle przyjmowanych przez Flecka założeń wydaje się, że za twórcę nowej wiedzy należałoby uznać jednostkę osadzoną w konkretnym kolektywie myślowym i ukierunkowywaną przez właściwy mu styl. Ten proces determinowania przebiega dwutorowo. Z jednej strony naukowiec jest ograniczany w swej swobodzie podejmowania decyzji naukowych oraz tworzenia koncepcji. Może posługiwać się tylko tymi narzędziami, jakich dostarcza mu jego wspólnota. Ewentualnie może on wytworzyć pewne nowe środki poznania, korzystając z już istniejących zasobów. To jednak wymaga nakładów i negocjacji z innymi badaczami i może okazać się zbyt trudne lub nieopłacalne. Przykładowo, dana metoda może po prostu nie zostać zaakceptowana na gruncie danego stylu myślowego. Z drugiej strony badacz jest zachęcany, by myśleć i badać w pewien określony sposób. Styl myślowy jako coś zastanego sprawia, że pewne założenia, metody i twierdzenia jawią się badaczowi jako oczywiste i wręcz narzucające się, a niestosowanie się do nich wydaje się mu przejawem skrajnej nieracjonalności lub szaleństwa. Sprzeciw wobec systemu przekonań wydaje się badaczom nie do pomyślenia (Fleck 1986: 55). Wśród wpływów, jakim są poddani badacze, Fleck wymieniał także czynniki społeczne wykraczające poza domenę kolektywu, a mianowicie – jak pisał – „pewna atmosfera”, znaczenie przypisywane danym zjawiskom oraz różnego rodzaju formy nacisków i oczekiwań społecznych względem środowiska naukowego.

Powyższe ujęcie jest niezwykle bliskie poglądom Kuhna, choć niewątpliwie intuicje Flecka są zdecydowanie bliższe socjologii. Jest możliwe jednak również nieco inne odczytanie poglądów Flecka dotyczących podmiotowości w nauce. Otóż autor *Powstania i rozwoju faktu naukowego* w swoim sławnym studium dotyczącym odkrycia odczynu Wassermanna sugeruje, że mieliśmy tu do czynienia z rozproszonym autorstwem. Choć odkrycie odczynu pełniącego funkcję testu diagnostycznego na kiłę przypisano Augustowi von Wassermannowi, to w rzeczywistości stanowiło ono wynik zbiorowych wysiłków wielu anonimowych badaczy. Fleck opisał pracę nad odczynem w następujący sposób:

Jest to praca całkowicie kolektywna, praca przeważnie bezimiennych badaczy, którzy raz dodawali odczynnika „trochę mniej”, raz „trochę więcej”, raz „trochę krócej”, raz „dłużej” pozwalali działać odczynnikom, raz „trochę ściślej”, raz „trochę mniej ściślej” odczytywali wyniki. Do tego doszły jeszcze modyfikacje przygotowania odczynników i innych technicznych manipulacji: próby przed dokonaniem odczynu głównego, miareczkowanie i dostosowywanie (Fleck 1986: 103).

Kilka stron dalej stwierdza:

Dopiero atmosfera społeczna stworzyła węższy kolektyw myślowy, który przy stałej współpracy i wzajemnych stosunkach dał doświadczenie kolektywne i wspólne anonimowe opracowanie odczynu. [...] Wyniki stały się bardziej stabilne, obiektywne, co uczyniło odczyn Wassermanna użytecznym [...]. Zunifikowano, przynajmniej ogólnie, wykonanie [odczynu] prawie wyłącznie środkami społecznymi: na kongresach, w prasie, przez zarządzenia i ustawy (Fleck 1986: 109).

Ujmując to nieco inaczej, Fleck opisuje, w jaki sposób, pod wpływem czynników społecznych, doszło do ukierunkowania i skoncentrowania ogromnego wysiłku szerokiego grona naukowców na jednym przedsięwzięciu badawczym, co zwiększyło prawdopodobieństwo rozwiązania zagadnienia naukowego, które w perspektywie odbiorców wytworów nauki stanowiło zarazem istotny problem praktyczny. Jak widać, w przeciwieństwie do Kuhna, w swoich społecznych wyjaśnieniach nauki Fleck nie zatrzymał się na poziomie zdroworozsądkowej mikrosocjologii, lecz wskazał na oddziaływanie czynników organizacyjnych i instytucjonalnych.

Zbiorowy wysiłek badaczy pracujących nad odczynem Wassermanna i czynniki do niego motywujące Fleck oddaje za pomocą następującej metafory:

Co przy wyłącznie indywidualnej pracy byłoby wytłumaczalne tylko przez przypadek lub cud, staje się przy założeniu pracy kolektywnej łatwo zrozumiałe, jeśli tylko istnieje wystarczająco silna motywacja. Przykładem jest, gdy kamień trafia w dziurę. Koniecznością jednak, by kurz wcisnął się do porów; tak długo wiruje dookoła, aż dostanie się do

środku i uspokaja się dopiero w tej, dla każdego pojedynczego ziarenka przypadkowej, pozycji (Fleck 1986: 109).

Zastanówmy się jednak, czy w powyższym świetle pozostaje zasadne stwierdzenie Flecka, że „właściwe autorstwo przypada kolektywowi, z wyczałowii wspólnoty” (Fleck 1986: 109; podkreślenie za oryginałem). Czy w świetle powyższych stwierdzeń jest uzasadnione przejście od zaobserwowanego przez Flecka zjawiska rozproszonego autorstwa do wniosku, że mieliśmy tu do czynienia z jakąś formą zbiorowego poznania? A może należałoby uznać, że w ramach teorii Flecka autorem wciąż pozostaje pojedynczy badacz, choć rzecz jasna zanurzony w stylu myślowym wspólnoty? Zasadniczą kwestią pozostaje rozumienie kategorii kolektywu. Wydaje się, że w tym miejscu warto przytoczyć kolejną metaforę, która pozostaje zgodna z dokonaniem przez Flecka opisem. Proponuję przywołać przykład insektów społecznych oraz wykonywanych przez nie zbiorowych czynności, jak również odnieść się do naszych potocznych wyobrażeń na ten temat.

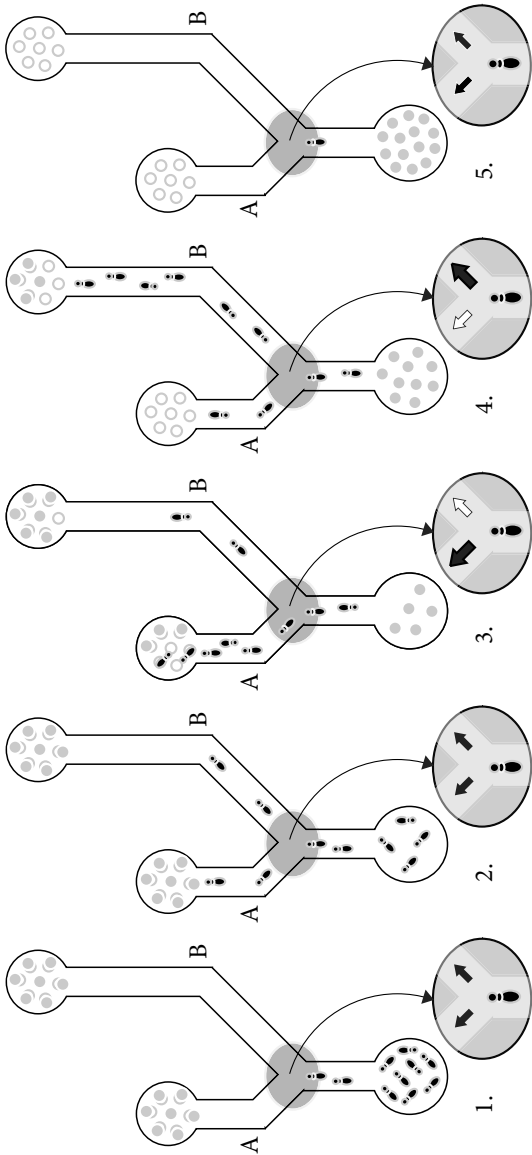
Naukowcy niczym mrówki?

Gdy myślimy o pracujących mrówkach, to często wyobrażamy je sobie jako istoty, które głównie dzięki swej liczebności potrafią przeszukać duże obszary i efektywnie gromadzić pokarm w schronieniu. Podobnie wyobrażamy sobie, że to dzięki swej liczbie mrówki są w stanie obronić własne terytorium przed relatywnie dużymi intruzami. Czy opis kolektywności nauki dokonany przez Flecka nie przywodzi na myśl takiej właśnie zbiorowej, „mrówczej” pracy? Problem w tym, że takie wyobrażenie o zbiorowej pracy insektów społecznych jest całkowicie błędne. Zresztą, jak postaram się wykazać dalej, w podobny sposób błędny jest dokonany przez Flecka opis mechanizmów kolektywnej pracy w nauce.

Zachowania mrówek, podobnie jak wielu innych owadów społecznych, nie należy sprowadzać do przypadkowego zachowania ogromnej liczby rozproszonych osobników – kluczowe są interakcje między jednostkami i wyłaniający się z tego samoorganizujący, zdolny do adaptacji system. Wystarczy zaaranżować prostą sytu-

ację eksperymentalną, by przekonać się, że te zwierzęta nie wyszukują pokarmu w sposób czysto przypadkowy. Jeżeli umieścimy je w labiryncie z rozlokowanym w nim pożywieniem, to po krótkim czasie zaobserwujemy, że niemal wszystkie mrówki zaczynają razem podążać najdogodniejszym szlakiem prowadzącym do bliższego (ewentualnie łatwiej dostępnego) źródła pokarmu. Dopiero później zaczynają korzystać z odleglejszych źródeł zasobów lub wracają do przeszukiwania terenu. Co więcej, mrówki adaptują się do różnych warunków – ścieżki przeszukiwania terenu i zbierania pokarmu zmieniają się w zależności od ukształtowania terenu oraz rodzaju i przestrzennej koncentracji pokarmu, o czym możemy przekonać się, wprowadzając modyfikacje do pierwotnego eksperymentu. Współcześni badacze nie tylko eksperymentują z prawdziwymi mrówkami i innymi społecznymi insektami, ale nauczyli się matematycznie i komputerowo symulować ich zachowania, a opracowane w ten sposób metody (znane jako algorytmy mrówkowe) znajdują zastosowanie w rozwiązywaniu wielu problemów praktycznych (Bonabeau, Dorigo, Theraulaz 1999; Dorigo, Stützle 2004). Jak wynika z badań, mrówki wcale nie wytworzyły jakiegoś kolektywnego umysłu, nie posługują się również jakąś zbiorczo wypracowaną, rozbudowaną, abstrakcyjną reprezentacją środowiska. W jaki zatem sposób dochodzi do koordynacji działań setek, tysięcy mrówek? Badacze tego zjawiska posługują się kategorią inteligencji roju (*swarm intelligence*). Jeżeli w ogóle jest zasadne posługiwanie się tu terminem „inteligencja”, to należy pamiętać, że nie jest ona skoncentrowana w jednostkach (jak sugeruje standardowe rozumienie tego pojęcia).

Zjawisko inteligencji roju stanowi efekt interakcji i koordynacji, różnych osobników, opartych na komunikacji stygmergicznej (zob.: Bonabeau, Dorigo, Theraulaz 1999: 14–17; Lubiszewski 2011). Komunikacja stygmergiczna to każda komunikacja między organizmami przebiegająca za pośrednictwem modyfikacji środowiska. Nie chodzi tu o jakąś formę komunikacji symbolicznej, ale o sytuację, kiedy jeden osobnik dokonuje zmiany w otoczeniu (przekształca jego element lub pozostawia ślad), co zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia jakiegoś zachowania u innych osobników. W przypadku owa-



Ryc. 1. Eksploracja labiryntu przez mrówki w poszukiwaniu pokarmu

Dolny okrąg reprezentuje gniazdo – punkt, z którego mrówki rozpoczną przeszukiwanie labiryntu; w dwóch górnych okręgach umieszczono identyczną ilość pokarmu (szare koła); korytarz A jest dwa razy krótszy od korytarza B; na rysunku przybliżono rozwidlenie stanowiące punkt decyzyjny dla każdej mrówki – wielkość strzałek widocznych na powiększeniu reprezentuje prawdopodobieństwo wyboru danego korytarza przez owada. Na rysunku przedstawiono kolejne etapy eksploracji labiryntu i znoszenia pokarmu.

1. Mrówki rozpoczynają eksplorację labiryntu w poszukiwaniu jedzenia: wkraczają w homogeniczne środowisko; nie wiedzą, gdzie znajduje się pokarm i które ze źródeł jest łatwiej dostępne; na rozstaju prawdopodobieństwo wyboru korytarzy A i B jest równe.
2. Połowa roju wybiera korytarz A, a druga korytarz B. Mrówki skręcające na rozstajach pozostawiają za sobą ślad feromonowy – jego stężenie jest równe w obu korytarzach, w związku z czym prawdopodobieństwo wyboru A i B jest wciąż takie samo.
3. Mrówki, które skręciły w korytarz A, szybciej docierają do pokarmu i szybciej wracają z nim najkrótszą drogą do gniazda – pokonują dystans dwa razy szybciej niż mrówki, które wybrały korytarz B, a następnie ponownie ruszają do labiryntu; z racji tego, że ruch w korytarzu A jest intensywniejszy, ślad feromonowy ulega zagęszczeniu i tworzy się wyraźna ścieżka feromonowa; prawdopodobieństwo wyboru korytarza A przez owady zwiększa się.
4. Źródło pokarmu A zostało wyczerpane, a ścieżka feromonowa w korytarzu A stopniowo się ulotniła; ruch na ścieżce B prowadzącej do najbliższego (i zarazem jedynego) źródła pokarmu ulega intensyfikacji; tworzy się nowa ścieżka feromonowa; prawdopodobieństwo wyboru korytarza B jest dużo większe.
5. Cały pokarm został zniesiony do gniazda, a ścieżki feromonowe ulotniły się; środowisko jest ponownie homogeniczne i prawdopodobieństwo wyboru korytarzy A oraz B jest równe.

dów społecznych komunikacja stygmergiczna w dużej mierze polega na pozostawianiu przez osobniki w środowisku bodźców w postaci feromonów. Wyróżnia się stygmergię ilościową i jakościową. Pierwsza jest charakterystyczna dla mrówek i termitów. W ich przypadku na zachowanie osobników wpływa ilość czy też stężenie feromonu. Druga występuje u niektórych gatunków os, u których zachowania osobników zależą od rodzaju pozostawionego bodźca (Halley, Winkler 2008). Skupmy się na stygmergii ilościowej w przypadku mrówek.

Mrówki podczas poszukiwania terenu i wytyczania szlaków komunikują się przez pozostawiane na podłożu ślady feromonów. Weźmy następującą sytuację: w warunkach laboratoryjnych umieściliśmy mrowisko i ustawiliśmy wokół niego ściany, wytyczyliśmy jedną drogę, która rozwidła się na dwie kolejne; obie prowadzą do dwóch identycznych źródeł pokarmu, jednak droga biegnąca w prawo jest dwa razy krótsza (zob. ryc. 1). Wpuszczone do labiryntu mrówki rozchodzą się w różnych kierunkach. Początkowo prawdopodobieństwo wybrania przez osobnika, który dotarł do skrzyżowania, jednej z dróg jest takie samo. W efekcie tyle samo mrówek podąży w lewo, co w prawo. Jednak te mrówki, które podążyły krótszą drogą, szybciej dotrą do pokarmu, a następnie wrócą zapamiętaną drogą do mrowiska i będą kontynuowały transport pokarmu aż do jego wyczerpania. Każda mrówka pozostawia za sobą na podłożu ślad feromonalny. Wpływa on na decyzje o wyborze drogi nie tylko kolejnej, ale i pozostałych mrówek – osobniki wybierają szlaki o większym zagęszczeniu feromonu. Mrówki, które skręciły w poszukiwaniu pokarmu w prawo, będą powracały swoją drogą z większą częstotliwością, a to zagęści ślad feromonalny i zwiększy prawdopodobieństwo, że i inne mrówki podążą tą ścieżką, w efekcie czego stężenie śladu feromonów będzie jeszcze wyższe.

Szczególnie istotne są właściwości fizyczne feromonu, między innymi fakt, że stopniowo się on ulatnia – gdyby nie to, wszystkie mrówki utknęłyby na jednej ścieżce, nie mając szansy na dotarcie do innych źródeł pokarmu. Ten sam mechanizm działa w naturze, w przypadku bardziej skomplikowanej przestrzeni, większej i bardziej różnorodniej ilości pokarmów. Co jednak istotne, żadna z mrówek nie jest „inteligentna” – nie ma ani wyszukanej heurystyki

poszukiwania pokarmu, ani rozwiniętej reprezentacji terenu, po którym się porusza. Jednocześnie żadna z nich nie traktuje zagęszczenia feromonu jako symbolizującego coś znaku pozostawionego dla niej przez innego osobnika roju. Żadna z nich nie pozostawia go też celowo. Jeżeli mielibyśmy poszukiwać analogicznych zachowań u ludzi, to dobrym przykładem jest przecieranie i wydeptywanie ścieżek. Spacerując po łące lub lesie, najczęściej wybieramy wydeptane ścieżki zamiast wysokiej lub mokrej trawy. Podobnie w lesie podążamy raczej przetartym szlakiem, niż przedzieramy się przez zarośla. Czynimy tak nie tylko dlatego, że tak jest łatwiej, wygodniej i szybciej, ale również z tego względu, że wierzymy, iż ścieżki nas gdzieś zaprowadzą. Pamiętajmy również, że wybierając wydeptaną ścieżkę, podtrzymujemy jej istnienie. Wróćmy jednak do mrówek. Choć każdy osobnik realizuje wpisany przez ewolucję prosty program, na który składają się odruchy biologiczne, to rój jako całość zachowuje się jak zdolny do adaptacji i optymalizacji swojego działania, samoorganizujący się (nie zaś odgórnie koordynowany) inteligentny system³.

Jak pokazują badacze inteligencji roju, podobna samoorganizacja ma miejsce w sytuacji, gdy mrówki kolektywnie unoszą ciężary i bronią swojego otoczenia, grupują pokarmy czy organizują swoje cmentarze. Na podobnych mechanizmach opiera się sposób wznoszenia przez wybrane gatunki termitów skomplikowanych konstrukcji. Przykładowo, komora królowej termitów jest budowana przez robotników na granicy gradientów emitowanych przez nią feromonów. Jednocześnie praca robotników jest koordynowana przez lokalizację elementów ścian wzniesionych przez poprzednie osobniki (Bonabeau, Dorigo, Theraulaz 1999: 18, 183–203).

Wróćmy do analizy kolektywnego wymiaru poznania naukowego. Opis i metaforyka zaproponowane przez Flecka sugerują, że pra-

³ Czasami jednak mechanizmy te zawodzą, czego przykładem jest efekt znany jako „młyn”. Polega on na tym, że ślad feromonalny ulega zapętleniu. Krążące w pętli mrówki nieustannie wzmacniają ślad feromonalny, który nie zdąży się ulotnić. W efekcie mrówki pokonują tę samą drogę do momentu, aż przypadkiem krąg zostanie przerwany – w innym wypadku osobniki umrą z wyczerpania. Największy zarejestrowany młyn miał 365 metrów – jedno okrążenie zajmowało osobnikowi 2,5 godziny.

ca badaczy nad odczynem Wassermanna przypominała zbiorowe zachowania mrówek, które rozwiążą problem głównie dzięki swej liczebności. Trudno jednak zgodzić się na takie porównanie, bez względu na to, czy wyobrażamy sobie zachowania mrówek jako coś nieskoordynowanego, czy myślimy o ich zachowaniu jak o samoorganizującym się procesie opartym na komunikacji stygmergicznej. Ludzie to nie mrówki. Posługujemy się rozbudowanymi modelami naszego środowiska, kulturowo utrwalonymi narzędziami i różnorodnymi heurystykami, a do komunikacji wykorzystujemy bogaty system symboli. Choć zachowania i działania zbiorowe zarówno ludzi, jak i mrówek określamy za pomocą kategorii „społeczne”, to musimy być świadomi istniejących między nimi fundamentalnych różnic. U obu gatunków mamy do czynienia z szeregiem przejawów samoorganizacji, jednak należy pamiętać, że przebiega ona w oparciu o inne mechanizmy. Nie oznacza to jednak, że ludzie nie rozwiązują kolektywnie problemów lub że nie posługują się komunikacją stygmergiczną. Przede wszystkim jednak, pomimo istniejących różnic, zarówno u ludzi, jak i u owadów społecznych, kolektywne działanie (w tym zbiorowe poznanie i rozwiązywanie problemów) zawsze zakłada interakcje między osobnikami. Tworzenie i wdrażanie różnego rodzaju innowacji przez ludzi nie stanowi wyjątku. Nowatorskie pomysły dotyczące rozwiązania jakiegoś problemu, nowego produktu, projektu lub strategii działania często rodzą się w ramach swobodnych konwersacji, dzięki przypadkowo zasłyszonym informacjom, ewentualnie podczas zwoływanych w tym celu formalnych spotkań. To samo dotyczy praktyk naukowców, którzy nie tylko wzajemnie korzystają ze swoich wytworów, czytają swoje prace, spotykają się twarzą w twarz podczas seminariów i na konferencjach, ale także nawiązują różnego rodzaju ściśle formy współpracy. Tymczasem w swoim ujęciu kolektywności pracy naukowej Fleck pomija rolę interakcji między ludźmi, w związku z czym można uznać jego propozycję za niedopracowaną lub po prostu naiwną.

Zauważmy również, że kolektywne autorstwo odkrycia, o którym pisze Fleck, nie stanowi efektu działania jakiegoś zorganizowanego systemu interakcji. Polski badacz podchodzi do kolektywności poznania w inny sposób. Argumentuje, że styl myślowy, dotychczasowe

przekonania i wyobrażenia oraz zewnętrzne naciski społeczne determinują różne, mniej lub bardziej przypadkowe działania badaczy, sprawiając, że zmierzają one we wspólnym kierunku (Fleck 1986: 110).

Na pierwszy rzut oka koncepcja stylów myślowych Flecka może przywołać na myśl koncepcję mądrości tłumu Jamesa Surowieckiego. Istnieją jednak poważne różnice między ich podejściami. Pierwszy z autorów kładzie nacisk przede wszystkim na jednorodność grupy, podczas gdy drugi wskazuje na konieczność zachowania różnorodności. Oczywiście podejście Flecka można traktować jako próbę opisu faktycznego wytwarzania wiedzy przez wspólnotę naukowców, podczas gdy propozycję Surowieckiego należałoby rozważać w kategoriach praktycznego zalecenia dotyczącego efektywnych metod rozwiązywania problemów poznawczych przez grupy. Niemniej jednak nieuprawnione jest przypisywanie kolektywom myślowym mądrości w rozumieniu Surowieckiego. W tym kontekście można zastanowić się również, czy jest uprawnionym stwierdzenie, że kolektywy w rozumieniu Flecka rozwiązują problemy badawcze. O kolektywach myślowych powinniśmy myśleć raczej w kategoriach ukierunkowywania rozwoju i utrwalania jakichś systemów przekonań. Określają one kształt wiedzy, wykluczając pewne możliwe rozwiązania, a uprawdopodobniając inne. Dla naszych rozważań niewątpliwie jest istotny opisany przez Flecka mechanizm motywacji prowadzącej do kanalizacji i koncentracji wysiłku naukowego. Koncepcja Flecka nie tłumaczy jednak, w jaki konkretnie sposób badacze rozwiązują problemy, które pojawiają się w toku prac laboratoryjnych. Polski filozof nie wyjaśnia, jak badacze rozwiązują problemy teoretyczne (w jaki sposób stawiają hipotezy, konfrontują ze sobą koncepcje, rozwijają i uszczegóławiają systemy pojęciowe, wprowadzają ważne rozróżnienia), jak radzą sobie z kwestiami technicznymi (jak oczyszczają substancje, standaryzują procedury laboratoryjne) i dzięki czemu są w stanie uporać się z wyzwaniami związanymi z pracą eksperymentalną (jak projektują nowe doświadczenia, jak rozpoznają dane zjawiska pod mikroskopem, jak rejestrują, archiwizują, porównują i kontrolują wyniki badań).

Podsumowując nasze rozważania dotyczące koncepcji stylów myślowych i kolektywów, należy stwierdzić, że Fleck, choć uwzględ-

nia w swojej koncepcji czynniki kulturowe i społeczne, to najczęściej ogranicza się do analizy ich wpływu na wynik pracy naukowej, czyli wiedzę, pomijając ich rolę w pracy badawczej rozumianej jako eksperymentowanie i rozwiązywanie problemów. Po drugie, Fleck odnosi się głównie do tego, w jaki sposób badacze myślą i postrzegają. Analizuje to, co Michael Polanyi nazwał wiedzą milczącą, wydaje się jednak pomijać ten jej aspekt, który jest związany z wprawnym realizowaniem czynności laboratoryjnych i kompetencjami manualnymi, o którym wspominam na wstępie rozprawy. Autor *Powstania i rozwoju faktu naukowego* niewątpliwie wykroczył poza opłotki teoretycyzmu, wskazując na aspekty nauki systematycznie wypierane z neopozytywistycznego obrazu. Jednak jego zainteresowania wciąż obracały się wokół problemów wiedzy naukowej oraz prawdy, a pracę naukową rozpatrywał jako działalność głównie myślową. Po trzecie, koncepcja Flecka zawiera nader uproszczone wyobrażenie kolektywnego wymiaru pracy naukowej. W niniejszej rozprawie pragnę pokazać, że kolektywny, grupowy czy też społeczny wymiar praktyk poznawczych w nauce nie sprowadza się do działań indywidualnych jednostek zmierzających w jednym kierunku za sprawą wspólnej im wiedzy i metodologii. Nie mamy tu do czynienia z niezależnymi „ziarenkami kurzu” wchodzącymi ze sobą w minimalne interakcje, które w nieskoordynowany sposób⁴, na zasadzie koncentracji wysiłku mają większą szansę znalezienia prawidłowego rozwiązania problemu. Będę zwracać uwagę na kooperację badaczy i wspólne rozwiązywanie problemów oraz związane z tym procesy samoorganizacji.

⁴ W swojej rekonstrukcji prac nad odczynem Wassermanna, Fleck wskazuje na wpływ instytucji koordynujących działania różnych naukowców i ich przekonania: konferencji i kongresów, czasopism i rozporządzeń. Jednak należy zauważyć, że o ile badacz zwraca uwagę, iż odegrały one istotną rolę w upowszechnieniu, unifikacji i instytucjonalizacji odkrycia odczynu (co jest oczywiście istotne z perspektywy socjologii wiedzy), o tyle nie wspomina o ich znaczeniu w kontekście procesu rozwiązywania problemów naukowych i samych prac nad testem.

Poza opozycję racjonalne vs. społeczne

Punktem wyjścia naszych rozważań nad koncepcjami filozoficznymi dotyczącymi podmiotu poznania naukowego była opozycja racjonalne vs. społeczne. Zastanówmy się jednak, czy przeciwstawienie różnych wyjaśnień nauki wzdłuż takiej linii jest zasadne. Według Imre Lakatosa, „Kuhn, widząc niepowodzenie zarówno weryfikacjonizmu, jak i falsyfikacjonizmu w dziele racjonalnego tłumaczenia nauki, cofa się jak gdyby na pozycję irracjonalizmu (*seems to fall back on irrationalism*)” (Lakatos 1970: 93). Czy deklarowane przez Kuhna przejście do wyjaśnień społecznych i psychologicznych automatycznie oznacza wyjaśnianie w kategoriach irracjonalnych decyzji? Zarzut ten wydaje się w pewnej mierze trafny w przypadku podejścia Kuhna, który po prostu nie był w stanie wskazać czynników determinujących postępowanie naukowe. Ale czy można to samo powiedzieć o podejściu Flecka? Ewentualnie, czy na podstawie analizy poglądów Kuhna można przyjąć, że wszystkie społeczne wyjaśnienia nauki to odmiana irracjonalizmu? Należy również się zastanowić, czy utożsamianie przez Lakatosa racjonalności z logicznością nie jest nadużyciem pojęciowym, podobnie jak przyjęcie przez niego, że wyjaśnienia społeczne są wtórne lub gorsze od racjonalnych. Oczywiście dziś z takim poglądem trudno w ogóle dyskutować, gdyż wielu badaczy po prostu przyjmuje powyższe rozróżnienia jako oczywiste, milczące założenia⁵.

Współczesne studia nad nauką wyszły poza wspomnianą opozycję, pokazując, że wyjaśnienia społeczne niekoniecznie muszą automatycznie wskazywać na jakies czynniki nieracjonalne. Na ich gruncie racjonalność nie jest pojmowana tak, jak czynili to badacze (re)konstruujący logikę odkrycia. Coraz częściej źródeł racjonalności nauki upatruje się gdzie indziej niż w dziedzinie realizacji racjonalnych procedur metodologicznych. Co jednak ważniejsze, kategoria racjo-

⁵ Rozróżnienie to nie wydaje się być wynalazkiem XX-wiecznej filozofii – źródła przeciwstawienia racjonalnych wyjaśnień podejściom społecznym można zapewne doszukiwać się jeszcze w filozofii starożytnej. W tym kontekście nowego znaczenia nabiera stwierdzenie austriackiego filozofa, Josefa Mitterera: „U początku filozofii mamy nie problemy, lecz niesproblematyzowane założenia” (Mitterer 1996: 3).

nalności nie jest dziś w takim stopniu centralna dla rozważań nad nauką, jak miało to miejsce w dobie dominacji filozofii teoriocentrycznej. Punkt ciężkości przesunął się z rozważań nad wiedzą i teorią – ich strukturą oraz gwarancjami prawomocności – na analizę sposobu rozwiązywania problemów przez badaczy. Kategoria rozwiązywania problemów obejmuje z kolei nie tylko wnioskowania *quasi*-logiczne i inne rozumowania, ale także takie – wydawać by się mogło – prozaiczne czynności, jak obsługa i budowa maszyn, przeprowadzanie eksperymentów, zapisywanie danych i zmienianie sposobu, w jaki są reprezentowane. Praktyka rozwiązywania problemów jest w dużej mierze oparta na wykorzystaniu wiedzy o charakterze nie-propozycjonalnym, podczas gdy w pracach nad logiką odkrycia skupiano się głównie na wiedzy sformalizowanej lub eksplicytnej. Co więcej, w świetle dzisiejszych badań, racjonalność pojmowana jako logiczność lub metodologiczna poprawność nie gwarantuje rozwiązania problemu, tym bardziej w tych obszarach badawczych, w których metody są dopiero wypracowywane, a status i charakter bytów negocjowany. Badacze, zamiast ściśle trzymać się sztywnej metodologii, bardzo często tworzą wystarczające, choć prowizoryczne rozwiązania problemów. Nie oznacza to, że w świetle współczesnych ujęć racjonalność nauki zostaje zakwestionowana. Współczesne koncepcje jedynie lokują ją w zupełnie innych sferach, wiążąc z odmiennymi czynnikami, niż czyniono to dotychczas.

Można powiedzieć, że na gruncie przyjmowanych tu perspektyw źródeł racjonalności naukowej należy upatrywać nie tyle w abstrakcyjnej metodologii, co w praktyce laboratoryjnej, transakcjach społecznych badaczy, laboratoryjnych manipulacjach i wykorzystywanych przez badaczy narzędziach. W niniejszej pracy pokazują, jak przez wykorzystanie różnego rodzaju heurystyk, narzędzi oraz w ramach interakcji badacze są w stanie uprościć stojące przed nimi zadania, czyniąc wyniki oczywistymi, ewentualnie w jaki sposób upraszczają sam przedmiot badań. Co więcej, racjonalność – jeżeli można tu w ogóle posłużyć się tym terminem – nie tkwi w pojedynczym badaczu, grupie czy wspólnocie badawczej, ale w sposobie, w jaki są wykorzystywane różnorodne techniki i przedmioty w celu wspomagania procesów poznawczych.

Czy oznacza to, że dokonujemy tu zwrotu ku wyjaśnieniom społecznym? Czy uznajemy tu za Kuhnem wyższość podejścia socjologicznego i psychologicznego nad filozoficznymi kanonami wyjaśnień nauki? Odpowiedź brzmi: nie. Wyjaśnienia w kategoriach *stricte* psychologicznych lub socjologicznych nie były w stanie pokazać, jak naukowcy rozwiązują swoje problemy. Pytania o źródła sukcesów technicznych, naukowych czy trafność naukowych predykcji nie pojawiały się w obrębie zainteresowania przedstawicieli tej tradycji. W gruncie rzeczy wiele podejść postkuhnowskich stanowiło odmianę teiocentryzmu. Choć negowały standardowe wyjaśnienia filozoficzne, to w gruncie rzeczy wciąż próbowały wyjaśniać wiedzę naukową, nie zaś praktykę badaczy. Przykładowo, usiłowano tłumaczyć, dlaczego wokół poszczególnych koncepcji tworzył się konsensus, a inne były odrzucane. Oczywiście wielu socjologów nauki starało się wyjaśnić samą pracę badawczą pojmowaną jako rozwiązywanie problemów. Pokazywali, w jaki sposób naukowcy wychwytyją różnego rodzaju wzorce i dokonują generalizacji teoretycznych; jak udaje im się tworzyć powtarzalne eksperymenty i precyzyjne instrumenty pomiarowe; dzięki czemu są w stanie dokonywać trafnych przewidywań; wreszcie, dlaczego ich wytwory technologiczne niezawodnie działają. Jednak ich wyjaśnienia wielokrotnie zrywały z tradycją, z której się wywodziły – przestawały być w swej istocie wyjaśnieniami socjologicznymi. Wielu przedstawicieli społecznych studiów nad nauką, z antropologami laboratorium na czele, sukcesywnie – choć najczęściej nieświadomie – porzucało język czysto socjologiczny. Najczęściej dopiero po wielu latach badacze ci uświadamiali sobie, że stosując rzekomo społeczne podejście do nauki, w międzyczasie gdzieś zagubili właściwy mu socjologiczny wymiar. Zamiast stosować terminy zapożyczone z socjologii wiedzy lub ogólnych teorii socjologicznych, wprowadzali nowe kategorie i skupiali się nie tylko na tym, co społeczne, ale również na tym, co poznawcze, materialne i technologiczne w nauce, czyli na tych rzeczach, które okazują się niezwykle ważne w perspektywie wyjaśnienia jej sukcesu poznawczo-inżynierskiego. Nie powinno jednak ulegać wątpliwości, że wykroczenie poza opozycję racjonalne vs. społeczne było możliwe właśnie dzięki inspiracjom Flecka i Kuhna.

Spoleczne studia nad nauką i technologią

Celem niniejszego rozdziału jest omówienie nurtu społecznych studiów nad nauką i technologią (*Science and Technology Studies*, dalej STS; zob. Hackett et al., red., 2008). Skupię się tu między innymi na postmertonowskiej socjologii nauki, która podjęła systematyczną analizę nie tylko kontekstu procesów naukowych, ale również samej ich treści. Tradycja ta została ukształtowana w dużej mierze pod wpływem badań Thomasa Kuhna. Choć socjologowie podjęli analizę treści nauki pod wpływem tez autora *Struktury rewolucji naukowych*, to jednocześnie nieświadomie przejęli od niego perspektywę teoriocentryczną. Innymi słowy, socjologia nauki przez długi okres pozostawała socjologią wyłącznie wiedzy naukowej. Oznacza to między innymi, że analizy prowadzone w ramach postmertonowskiej socjologii nauki najczęściej pomijały rolę praktyki eksperymentalnej i laboratoryjnych metod rozwiązywania problemów. Zagadnienia te weszły w obszar bezpośrednich zainteresowań badaczy społecznych pod wpływem terenowych badań praktyk laboratoryjnych realizowanych w oparciu o metodologię etnograficzną. Pierwsze tego typu badania przeprowadzono w drugiej połowie lat 70. ubiegłego wieku. Dopiero takie ujęcie było w stanie zaoferować satysfakcjonujące wyjaśnienia nie tylko sukcesu koncepcji naukowej (co dotychczas usiłowano tłumaczyć strukturą interesów, czynnikami kulturowymi lub ideologicznymi), ale również dlaczego projektowane przez naukowców eksperymenty dają powtarzalne rezultaty, technologie sprawnie funkcjonują, a modele pozwalają na dokonywanie relatywnie precyzyjnych predykcji. Tego typu antropologicznym wyjaśnieniom poznawczo-inżynierskiego sukcesu nauki poświęćmy tu więcej miejsca.

Główne nurty i programy badawcze STS

Studia nad nauką nie są niczym nowym w socjologii. Jednak w ostatnich dziesięcioleciach zostały rozwinięte nowe, znaczące podejścia i programy badawcze. Do lat 70. ubiegłego wieku dominującym wśród socjologów badających naukę paradygmatem było podejście kojarzone z osobą amerykańskiego socjologa, Roberta K. Mertona (zob.: Zuckerman 1967, 1968, 1984; Merton 1973). Skupiał się on na normach naukowych, systemie nagród oraz przebiegu kariery badawczej. Jednym z najbardziej znaczących osiągnięć Mertona w zakresie studiów nad nauką było wykazanie istnienia efektu św. Mateusza w dziedzinie przypisywania zasług i przyznawania nagród naukowych. Określenie „efekt Mateusza” nawiązuje do biblijnej przypowieści o talentach, wedle której ten, kto ma dużo, będzie miał jeszcze więcej. Efekt Mateusza w przypadku nauki polega na tym, że badacze, którzy cieszą się wysoką pozycją, mają większe prawdopodobieństwo uzyskania nagród za osiągnięcia w porównaniu z innymi, słabiej rozpoznawalnymi uczonymi, których wartość prac jest porównywalna. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku szacowania wkładu sławnego badacza w zbiorowe przedsięwzięcie – jeżeli nazwisko znanego naukowca pojawia się wśród autorów danego projektu lub artykułu (niekoniecznie musi zajmować ono pierwsze miejsce na liście), to najczęściej właśnie jemu jest przypisywane kluczowe znaczenie. Jednocześnie analiza przyznawania nagród w nauce pokazuje, że uczniowie sławnych badaczy sami mają większe szanse zostać uznanymi za wybitnych przedstawicieli swojej dyscypliny niż inni młodzi uczeni współpracujący z badaczami o niższym statusie (Merton 1968, 1988).

Wczesną socjologię nauki charakteryzowały dwie rzeczy. Po pierwsze, była to przede wszystkim socjologia badająca naukowców. Po drugie, obiektem jej zainteresowania była nie tyle treść nauki (pojmowana, na przykład, jako teorie naukowe i ich społeczne uwarunkowania), co jej normatywny, kulturowy, organizacyjny i instytucjonalny kontekst. Było to związane z rozwojem wielu miar ilościowych i wskaźników służących do opisywania instytucjonalno-finansowego kontekstu nauki.

Mocny program i początek socjologii wiedzy naukowej

Sytuacja ta zmieniła się wraz z pojawieniem się nowego pokolenia badaczy, których znaczna część pochodziła z Europy. Wart odnotowania jest mocny program socjologii wiedzy sformułowany przez dwóch badaczy z Uniwersytetu w Edynburgu, Davida Bloora i Barry'ego Barnes'a (Bloor 1991; *Mocny program* 1993; Barnes, Bloor, Henry 1996). Składały się nań cztery sławne postulaty metodologiczne, które stały się podstawą szkoły edynburskiej, jak również wyznaczyły kierunek dalszego rozwoju socjologii wiedzy. Sformułowali oni następujące wymagania, które powinny spełniać naukowe wyjaśnienia wiedzy naukowej. Powinny być one: (1) przyczynowe; (2) bezstronne – wyjaśniana miała być zarówno wiedza prawdziwa i fałszywa, racjonalna i irracjonalna, a także naukowa i potoczna; (3) symetryczne – te same przyczyny miały wyjaśniać różne rodzaje wiedzy; (4) refleksyjne – zidentyfikowane prawidłowości produkcji wiedzy miały odnosić się zwrotnie do samej socjologii wiedzy; innymi słowy, socjologia wiedzy oraz jej twierdzenia powinny zostać socjologicznie wyjaśnione (Bloor 1991: 7). Ich propozycje metodologiczne były wielokrotnie dyskutowane i twórczo rozwijane (zob.: Slezak 1989a; Latour 1992b, 1999a: 134, 1999b; Szahaj 1995; Sojak 2004; Abriszewski 2007, 2008a: 67–122). Jak podkreślało wielu badaczy, metody i podejścia stosowane przez przedstawicieli szkoły edynburskiej uniemożliwiały realizację powyższych postulatów metodologicznych. I choć pod adresem koncepcji edynburczyków można skierować wiele zarzutów, to nie ulega wątpliwości, że otworzyły one drogę innowacyjnym analizom i zapoczątkowały nową falę STS. To właśnie dzięki badaczom z Edynburga socjologia nauki objęła problemy treści nauki – z socjologii naukowców i nauki pojmowanej jako instytucji, stała się socjologią wiedzy naukowej (*Sociology of Scientific Knowledge*, dalej SSK)¹.

¹ Socjologia wiedzy naukowej może być utożsamiana z tymi nurtami badawczymi, które Andrzej Zybertowicz (1995) określa mianem nie-klasycznej socjologii wiedzy.

EPOR

Jednym z najważniejszych podejść realizowanych w ramach SSK są studia nad kontrowersjami naukowymi prowadzone przez socjologów ze Szkoły z Bath oraz opracowany przez nich program empirycznego relatywizmu (*Empirical Programme of Relativism*, dalej EPOR). Mowa tu przede wszystkim o pracach dwóch Brytyjczyków – Harry’ego Collinsa i Trevora Pincha. Socjolodzy z Bath twierdzili, że najlepszym momentem dla badania mechanizmów funkcjonowania nauki jest sytuacja, w której badacze angażują się w kontrowersję naukową – w takich warunkach naukowcy sami ujawniają i problematyzują praktyki, zabiegi i metody służące konstruowaniu faktów naukowych (H. Collins 1981, 1983). Socjologowie z Bath swoimi analizami objęli takie przypadki, jak: kontrowersje wokół pomiaru promieniowania grawitacyjnego przez Josepha Webera (H. Collins 1985, 2000; Collins, Pinch 1998a: 141–164), spory dotyczące samoródtwa między Félixem Pouchetem a Ludwikiem Pasteurem (Collins, Pinch 1998a: 125–140), kontrowersje wokół chemicznego transferu pamięci (Collins, Pinch 1998a: 23–52). W polu ich zainteresowania znalazły się spory między nauką a parapsychologią (Collins, Pinch 1982), jak również kontrowersje wokół innowacji technologicznych (Collins, Pinch 1998b) oraz w dziedzinie medycyny (Collins, Pinch 2005).

Sformułowany przez nich program zakłada analizę kontrowersji na trzech poziomach. Pierwszy krok EPOR stanowi próba wykazania tego, że to nie świat prowadzi do rozstrzygnięcia kontrowersji naukowej. Socjologowie z Bath wskazują na interpretacyjną elastyczność danych laboratoryjnych, która pozwala utrzymać sprzeczne twierdzenia teoretyczne przy wspólnym zbiorze danych empirycznych. Badania prowadzone w ramach EPOR stanowią swego rodzaju socjologiczną egzemplifikację tezy Duhema–Quine’a (Duhem 1991; Quine 2000). Jednocześnie podkreśla się tu znaczenie paradoksu eksperymentalnego. Paradoks ten, określane również jako regres eksperymentalny, polega na tym, że z metodologicznego punktu widzenia kontrowersje dotyczące nieustalonych jeszcze fenomenów są nierozstrzygalne. Błędne koło, z którym mamy tu do czynienia, zasada się

na dwóch twierdzeniach: (1) możemy stwierdzić poprawności wyników pomiaru lub eksperymentu, jeżeli wiemy, czy zjawisko będące przedmiotem pomiaru lub wywoływane przez eksperymentatora naprawdę istnieje; (2) aby stwierdzić, czy zjawisko istnieje, należy być pewnym, że pomiar lub eksperyment zostały prawidłowo przeprowadzone (por.: H. Collins 1985: 84; Collins, Pinch 1998a: 149–151). Krok drugi EPOR polega na wykazaniu, jak nierozstrzygalne z metodologicznego i logicznego punktu widzenia kontrowersje ulegają rozstrzygnięciu. Teza badaczy z Bath jest taka, iż to wyłącznie czynniki społeczne, nie zaś obiektywne („natura” lub wyniki eksperymentów), odpowiadają za „domknięcie” kontrowersji naukowej. Wreszcie krok trzeci w zamierzeniach miał polegać na powiązaniu społecznego mechanizmu domknięcia z szerszym kontekstem społecznym. Cel ten – jak się wydaje – nigdy nie został zrealizowany w ramach EPOR.

Analiza dyskursu naukowego

Na uwagę zasługują tu również skrupulatne socjologiczne analizy dyskursu naukowego, realizowane przez Nigela Gilberta i Michaela Mulkaya (1984). Swoje koncepcje opracowali oni w oparciu o analizę periodyków naukowych oraz serię pogłębionych wywiadów socjologicznych z biochemikami prowadzącymi badania w dziedzinie, jaką jest bioenergetyka. Respondentami byli badacze zaangażowani w kontrowersje wokół mechanizmu powstawania adenozyntrifosforanu (ATP) – nukleotydu stanowiącego nośnik energii wewnątrz komórek. Bliższa analiza wypowiedzi naukowców ujawnia, że mają oni tendencję do mieszania ze sobą różnych, niewspółmiernych sposobów wyjaśniania nauki. Gilbert i Mulkay pokazali, że naukowcy, wyjaśniając błędy poznawcze, przebieg kontrowersji oraz wiele innych aspektów swojej pracy, odwołują się do dwóch zasadniczych repertuarów retorycznych: empirycznego oraz przygodnego. Naukowiec posługujący się pierwszym z repertuarów przedstawia swoje działania oraz przekonania jako całkowicie naturalne – sugeruje, że oczywistość zjawisk empirycznych przemawia sama za siebie (Gilbert, Mulkay 1984: 56). Retoryka przygodności polega z kolei na ukazaniu działań i przekonania jako w zasadniczym stopniu uzależnionych od różnych czynni-

ków pozanaukowych (Gilbert, Mulkey 1984: 57). Krytykując konkurencyjne koncepcje naukowe, badani częściej odwoływali się do repertuaru przygodnego. Wyjaśniając własne stanowisko, nawiązywali z kolei do repertuaru empirycznego. Błędy poznawcze – a przynajmniej to, co uchodziło za błędy – wyjaśniano najczęściej w kategoriach przygodnych. Podobnie było w przypadku kontrowersji naukowych. Co jednak istotne, choć obie retoryki wydają się wzajemnie wykluczać, naukowcy najczęściej używali ich zamiennie w odniesieniu do tych samych problemów. Niejednokrotnie mieszały się one ze sobą w jednej wypowiedzi. Generowało to sprzeczności wymagające złagodzenia. Jak pokazała analiza konwersacyjna, niejednokrotnie wystarczyła jedno- lub dwusekundowa przerwa, kiedy badacze przełączali się z jednego rodzaju wyjaśnień na drugi, aby nie odczuwali oni dysonansu. Analizując wypowiedzi respondentów, Gilbert i Mulkey wychycili również bardziej wyszukane techniki łagodzenia sprzeczności. Jednym z takich wzorców analizowanego dyskursu było *truth will out device* (TWOD; Gilbert, Mulkey 1984: 109–11; Sojak 2004: 227). Naukowcy stwierdzali, że w opisywanych przez nich sytuacjach dużą rolę odgrywają czynniki pozamerytoryczne (społeczne, kulturowe, emocjonalne lub organizacyjne). Wyrażali jednak przekonanie, że czas działa na korzyść czynników merytorycznych. Innymi słowy, pomimo dostrzeżenia społecznych i kulturowych determinant wiedzy naukowej uznawali, że w ogólnym rozrachunku nie mają one wpływu na kształt koncepcji i rozstrzygnięć badawczych – stwierdzali, że „czas pokaże”, które poglądy są prawdziwe. Podobnie praktykę naukową opisuje Latour (1987). Jak już wspominaliśmy, odróżnił on naukę w gotowej postaci od nauki w działaniu. Wiedza uznana, stanowiąca efekt naukowych rozstrzygnięć, jest wyjaśniana najczęściej przez samych naukowców właśnie za pomocą środków czerpanych z repertuaru empirycznego. Naukowcy częściej czerpią z repertuaru przygodnego w przypadku wiedzy, która dopiero się konstytuuje. Przykładowo, w warunkach kontrowersji częściej ujmują współbadaczy oraz ich działania w kategoriach racjonalnie kalkulujących aktorów nakierowanych na zysk, ewentualnie istot ulegających emocjom lub różnego rodzaju wpływom kulturowym, niż jako kierujące się logiką odkrycia naukowego, bezinteresowne podmioty poznawcze.

Etnografia i antropologia nauki

STS nie sprowadza się jednak wyłącznie do socjologicznej analizy nauki pojmowanej jako wiedza. Pod koniec lat 70. część przedstawicieli STS przestała skupiać się wyłącznie na nauce pojmowanej jako forma wiedzy lub dyskursu i zaczęła baczniej przyglądać się samym praktykom laboratoryjnym. Analizowano nie tylko interakcje społeczne badaczy, ale również ich zabiegi manualne oraz materialne elementy ich kultury, w tym wykorzystywaną aparaturę, protokoły, wydruki i próbki badawcze. Ten nurt badań zwykło się określać etnografią lub antropologią laboratorium.

U podstaw tego programu legło założenie, że najlepszym sposobem realizacji postulatu symetryczności jest potraktowanie sfery naukowej za pomocą dokładnie tych samych narzędzi metodologicznych, co innych sfer kultury, ewentualnie pozanaukowych profesji. I tak, zamiast wychodzić od spekulatywnego bądź postulatycznego obrazu oferowanego w ramach tradycyjnych podejść do nauki, postanowiono przyjrzeć się temu, co naukowcy faktycznie robią w miejscach swojej pracy. Potraktowano ich tak, jak antropolog kulturowy zwykł traktować badaną wspólnotę, raczej obserwując praktyki, niż przyjmując oferowane mu przez badanych wyjaśnienia (por. Knorr Cetina 1983).

Etnograficzne badania nauki zostały zapoczątkowane przez trzy studia empiryczne, których obiektem byli naukowcy pracujący w swoim „naturalnym” otoczeniu. Pod koniec lat 70. trójka badaczy niezależnie od siebie przeprowadziła w kalifornijskich laboratoriach gruntowne obserwacje uczestniczące. Do grona tego należała Karin Knorr Cetina, która wnioski ze swoich badań zaprezentowała w pracy *The Manufacture of Knowledge* (Knorr Cetina 1981). Innym prekursorem terenowych studiów laboratoryjnych był Michael Lynch. Raport z jego obserwacji uczestniczącej ukazał się najpóźniej i nosił tytuł *Art and Artifact in Laboratory Science* (Lynch 1985a)². Niewąt-

² Trzeba zaznaczyć, że Michael Lynch, choć stosuje metodę obserwacji uczestniczącej, odwołuje się nie tyle do tradycji antropologii kulturowej, lecz do etnometodologii (zob. Garfinkel 2007) oraz etnometodologicznych studiów praktyk społecznych (zob. np.: Garfinkel, Lynch, Livingston 1981; Hester, Francis, red.,

pliwe jednak najważniejszym i najczęściej przywoływanym spośród pierwszych badań praktyk laboratoryjnych było studium autorstwa Bruno Latoura i Steve Woolgara noszące tytuł *Laboratory Life* (Latour, Woolgar 1979). Poświęćmy tej pracy nieco więcej uwagi, aby lepiej zrozumieć specyfikę badań etnograficznych.

Laboratory Life stanowi efekt ponad dwuletniej obserwacji uczestniczącej praktyki badaczy w ich „naturalnym” otoczeniu. Badania etnograficzne zostały przeprowadzone przez pierwszego z autorów – Bruno Latoura – w jednym z czołowych ośrodków badawczych zajmujących się neuroendokrynologią. Było to laboratorium stanowiące część Instytutu Salka w Kalifornii. Kierował nim Roger Charles Guillemin, który – podobnie jak Latour – pochodził z rejonu Burgundii we Francji. Okoliczność ta ułatwiła uzyskanie zgody na przeprowadzenie obserwacji uczestniczących. Latour jako etnograf i zatrudniony na pół etatu technik preparujący próbki uczestniczył w badaniach nad hormonem o nazwie tyreoliberyna. Francuski badacz znajdował się w sytuacji typowej dla tradycyjnego antropologa kulturowego, który rozpoczyna badanie nieznanego nikomu kultury przedpiśmiennej. Po pierwsze, nie miał on pojęcia o przyrodoznawstwie, a w szczególności o dyscyplinie, którą miał badać jako etnograf. Po drugie, choć dziś Latour jest uznawany za klasyka STS, to w latach 70. dopiero rozpoczynał swoje badania w tej dziedzinie – nie znał ani terminologii, ani literatury, ani podstawowych ustaleń STS. Po trzecie, jego znajomość języka angielskiego również była ograniczona. Innymi słowy, musiał dopiero opanować język badanej kultury, zrozumieć jej praktyki i wypracować zestaw pojęć, które pozwoliłyby to wszystko opisać.

Gdy w październiku 1975 roku Bruno Latour przekraczał próg laboratorium neuroendokrynologicznego, przyświecał mu następujący cel: inspirowany mocnym programem chciał znaleźć empi-

2007; Lynch, Livingston, Garfinkel 1983). Na temat różnic między etnometriologią praktyki naukowej a etnografią nauki pisze on w swoich pracach (zob. np. Lynch 1993: 90–116; 2007: 110–112). Jednak jeżeli chodzi o przyjmowaną metodologię i poczynione ustalenia badawcze, etnografia laboratorium i etnometriologia nauki pozostają wystarczająco zbieżne, aby pozwolić sobie na ich zbiorcze potraktowanie.

ryczną egzemplifikację procesu społecznej konstrukcji faktów naukowych w dziedzinie, która stanowiła ówczesny front badawczy³. Badania, których Latour był świadkiem, miały ogromne znaczenie: prace analizowanych przez niego naukowców ukazywały się w czołowych periodykach naukowych, a jeszcze w 1977 roku, kiedy wraz z Woolgarem przygotowywali manuskrypt książki, Guillemin został wyróżniony Nagrodą Nobla w dziedzinie medycyny lub fizjologii za swoje prace nad neurohormonami (nagrodę zawdzięczał między innymi badaniom stanowiącym przedmiot studium Latoura). Jednak – wbrew pierwotnym oczekiwaniom – Latourowi i Woolgarowi nie udało się potwierdzić tezy o społecznym konstruowaniu faktów naukowych. Dlatego też z podtytułu drugiego wydania *Laboratory Life* (Latour, Woolgar 1986), który pierwotnie brzmiał *The Social Construction of Scientific Facts* (*Społeczna konstrukcja faktów naukowych*), autorzy usunęli słowo *social* (społeczna). Przez społeczną konstrukcję wiedzy rozumie się najczęściej, że jest ona w jakiś sposób uwarunkowana interesami grupowymi bądź obiektywnymi, ideologią, przesądami lub innymi czynnikami światopoglądowo-kulturowymi. Jednak jak stwierdzają obaj autorzy, w ich studium można wskazać zaledwie kilka mało znaczących momentów, kiedy dochodziły do głosu tego typu czynniki i kiedy można by mówić o społecznym konstruowaniu. W grę wchodziły wtedy czynniki ideologiczne (miało to miejsce tylko raz) lub mikroinstytucjonalne (miało to miejsce trzykrotnie). Owe czynniki społeczne nie tłumaczą jednak, jak doszło do rozstrzygnięcia sporów pomiędzy laboratoriami i poszczególnymi badaczami (por. Latour, Woolgar 1979: 152).

Z pracy, która w zamierzeniach miała opisywać kulturowe i społeczne uwarunkowania poznania, *Laboratory Life* stało się rozprawą, w której zostały ukazane metody i techniki, dzięki którym naukowcy

³ Miano frontu badawczego (*research front*) noszą obszary praktyki badawczej, w których są skupione najdroższe i najrzadsze zasoby badawcze oraz najzdolniejsi naukowcy. Jednocześnie pola te charakteryzuje wysoka niepewność zadaniowa (*task uncertainty*): metodologia i techniki badawcze nie są tu jeszcze wypracowywane, przedmiot badań zaczyna się tu dopiero konstytuować, a sami naukowcy funkcjonują w warunkach wysokiej niepewności co do możliwości zrealizowania ich celu badawczego (por. Fuchs 1992, 1993).

są w stanie poznawczo uchwycić, zredukować i przeanalizować badane fenomeny. Obok omówienia czynników decydujących o wiarygodności badań i samego badacza (Latour, Woolgar 1979: 187–233), analizy pola publikacyjnego pod kątem różnych sposobów modalizowania twierdzeń naukowych oraz rekonstrukcji tak zwanego mechanizmu usuwania modalności (Latour, Woolgar 1979: 81–88; zob. też: Latour 1987: 23; Abriszewski 2005; Abriszewski 2008a: 127–132), autorzy zwrócili szczególną uwagę na dwa kluczowe ich zdaniem elementy pracy laboratoryjnej – urządzenia inskrypcyjne i generowane przez nie inskrypcje. Do kwestii tej wrócimy w dalszej części rozdziału.

Pierwsze terenowe studia praktyki laboratoryjnej zapoczątkowały falę etnograficznych badań nad nauką (zob. np.: Forsythe 1993a, 1993b, 2001; Goodwin 1995; Knorr Cetina 1999; Myers 2008). Jak się okazało, wypracowywane w ich ramach koncepcje można zastosować do szerszego spektrum zjawisk związanych z działalnością naukową. Pierwsze sukcesy zaowocowały rozszerzeniem metodologii obserwacji uczestniczącej i opisu antropologicznego z laboratoriów na pozostałe obszary praktyk naukowych. Innymi słowy, etnografia laboratorium została rozwinięta w antropologię nauki (Latour 1987). Co istotne, przedstawiciele tego nurtu objęli swoimi analizami zarówno naukę, jak i technikę oraz inżynierię (zob. np. Henderson 1999).

Należy zwrócić uwagę na fakt, iż wielu etnografów i antropologów nauki, mimo że wychodziło od perspektywy społecznego konstrukttywizmu, to – podobnie jak Latour i Woolgar – doszło do punktu, w którym jako badacze społeczni mogli powiedzieć coś istotnego o procesach *stricte* kognitywnych oraz poznawczych funkcjach różnych elementów materialnej kultury nauki. Sam Latour rozwijał te wątki w kolejnych pracach, między innymi w *Science in Action* (1987) oraz w *Pandora's Hope* (1999a). Podobne obserwacje dotyczące przebiegu poznania i rozwiązywania problemów naukowych poczynili również inni empiryczni badacze nauki wywodzący się z socjologii bądź antropologii. Co więcej, wiele prac badawczych podążyło w kierunku, który obrali autorzy pierwszych studiów terenowych, skupiając się nie tylko na kulturze symbolicznej wspólnot badaw-

cych i procesach uprawomocniania wiedzy, ale również na manualnych praktykach laboratoryjnych i rozwiązywaniu problemów (technicznych, badawczych, organizacyjnych). Dlatego właśnie nurt antropologicznych i etnograficznych analiz wydaje się z perspektywy niniejszej rozprawy najbardziej owocny. Zanim jednak dokonamy szczegółowej rekonstrukcji modelu nauki, jaki z niego się wyłania, warto dla dopełnienia obrazu STS przywołać obecnie rozwijane podejścia.

Aktualne kierunki rozwoju STS

Współczesne STS stanowią niezwykle zróżnicowane pole badawcze. O ile pierwsze badania etnograficzne skupiały się przede wszystkim na dyscyplinach biologicznych, o tyle dziś metodologię antropologiczną zastosowano do niemal każdej ważniejszej dyscypliny naukowej, poczynając od fizyki i biologii, przez nauki o ziemi, oceanografię i neuronauki, na dyscyplinach formalnych kończąc. Niezwykle ciekawe wydaje się zastosowanie podejścia etnograficznego w analizie medycyny oraz kwestii statusu ontologicznego samych chorób. Należy w tym miejscu wspomnieć przede wszystkim o pracach holenderskiej badaczki Annemarie Mol (Mol, Law 1994, 2004; Mol 1999, 2002a, 2002b; zob. również: Berg, Mol, red., 1998; Abriszewski, Afeltowicz 2009).

Obok studiów etnograficznych oraz innych przywoływanych tu orientacji zostały rozwinięte liczne programy badawcze. Współcześnie wielu przedstawicieli STS skupia się na zagadnieniu roli ekspertów w późnonowoczesnym społeczeństwie. Problematyka ta zajmuje istotne miejsce w późniejszych pracach Latoura (2004, 2005). Przesunięcie punktu ciężkości na rolę ekspertyz naukowych Harry Collins i Robert Evans określili mianem trzeciej fali studiów nad nauką (Collins, Evans 2002; zob. również: Collins, Evans 2003; Jasanoff 2003; Rip 2003; Wynne 2003). Ciekawe w tym kontekście wydają się również analizy relacji między laikami a ekspertami w dziedzinie rozstrzygania kontrowersji naukowych i kształtowania treści, metod oraz polityki nauki. Świetną ilustracją jest tutaj praca Stevena Epsteina, który ukazał rolę ruchów gejowskich w kształtowaniu de-

ficji AIDS, obrazu epidemii tego syndromu, jak również samych procedur stosowanych w dziedzinie testów klinicznych w Stanach Zjednoczonych (Epstein 1995, 1996, 1997). Na pograniczu STS są rozwijane również różnego rodzaju koncepcje feministyczne (zob. np. Haraway 1991).

Istotne są tu również badania nad inżynierią i technologią, których podjęli się zarówno antropologowie nauki (Callon, Law 1992; Latour 1996), jak i przedstawiciele EPOR (zob. Collins, Pinch 1998b). W tym kontekście również należy zwrócić uwagę na nurt badań nad procesem kształtowania technologii przez czynniki organizacyjne i grupy interesu znany pod nazwą *Social Construction of Technological Systems* (SCOTS; Bijker 1992, 1995, 1997; Bijker, Law, red., 1992; Bijker, Hughes, Pinch, red., 1997; Pinch, Bijker 1997).

Na szczególnie uwagę zasługuje tu wyrosła z STS koncepcja określana mianem teorii aktora-sieci (*actor-network theory*, ANT). Została ona sformułowana przez trzech badaczy nauki: Bruno Latoura, Johna Law oraz Michela Callona (Callon, Latour 1981, 1992; Callon 1986a, 1986b, 1991, 1995, 1997, 1999; Latour 1988, 1991, 1992a, 1993, 1999, 2004, 2005; Law 1997, 1999; zob. również: Law, Hassard, red., 1999; Abriszewski 2006, 2007, 2008a, 2008b; Afeltowicz 2007). Choć wyszli oni od analizy procesów konstytuowania się faktów naukowych, to ich koncepcja okazała się mieć charakter ogólnej teorii socjologicznej (zob. Sojak 2004). Specyfika tego ujęcia polega przede wszystkim na tym, że w wyjaśnianiu procesów społecznych kładzie ono nacisk na rolę, jaką odgrywają materialne i technologiczne czynniki. Jak przekonująco pokazuje Krzysztof Abriszewski, choć teoria aktora-sieci jest teorią społeczeństwa, to może być traktowana również jako spójne stanowisko filozoficzne (można tu zaryzykować nawet określenie „system filozoficzny”). Poza pewnymi propozycjami z zakresu filozofii kultury i polityki, teoria aktora-sieci oferuje również szereg nowatorskich rozstrzygnięć z zakresu epistemologii, ontologii oraz filozofii przyrody i nauki (zob. Abriszewski 2008a).

Wielu antropologów nauki, zachęconych sukcesami wynikającymi z zastosowania ich metod do analizy procesów badawczych i inżynierskich, postanowiło rozszerzyć swoje podejście na inne

sfery praktyk społecznych. Do tego grona należy między innymi Knorr Cetina, która prowadzi obecnie socjologiczne analizy rynków finansowych (zob. Knorr Cetina, Preda, red., 2005). Podobnie do niemieckiej socjolog postąpili dwaj inni znani socjologowie nauki, Michel Callon i Donald MacKenzie. Oni również podjęli się analizy problemów z zakresu ekonomii oraz rynków finansowych (Callon 1998, 1999; Callon, red., 1998; MacKenzie 2006; Callon, Millo, Muniesa, red., 2007; MacKenzie, Muniesa, Siu, red., 2007; Preda 2008).

Nauka okiem antropologa

Skoro omówiliśmy już najważniejsze podejścia w ramach STS, czas na próbę sformułowania pewnego generalnego obrazu, jaki wyłania się z prac socjologów i antropologów nauki. Najważniejsze kategorie, którym poświęcimy tu uwagę, to: majsterkowanie, inskrypcje i urządzenia inskrypcyjne, translacje, centra kalkulacji, czarne skrzynki, laboratoria oraz proces ich „rozszerzania”. Zaczniemy od kategorii, którą przywoływaliśmy już w poprzednim rozdziale.

Majsterkowanie

Tradycyjne ujęcia wielokrotnie przeciwstawiły aktywność naukową innym formom działania i poznania: myśleniu potocznemu, działalności polityków czy zabiegom rzemieślników. Tymczasem badania etnograficzne i historyczne pokazują, że praktyki naukowe i pozanaukowe nie są od siebie wcale tak odległe. W szczególności dotyczy to bliskości między praktyką eksperymentalną a pracą rzemieślniczą. Czynności, jakim naukowcy oddają się w swoich pracowniach nader często, daje się z powodzeniem opisać jako praktyczne majsterkowanie. Termin ten stosuję dla określenia zespołu praktyk powszechnie spotykanych w praktyce naukowej i inżynierskiej. Majsterkowanie można określić jako fizyczne, najczęściej manualne manipulacje próbkami, narzędziami i aparaturą eksperymentalną w celu uzyskania niezawodnie działających i reprodukowalnych układów. Polega ono na wypróbowywaniu różnych konfiguracji materiałów i tech-

nik, czemu niekoniecznie musi towarzyszyć namysł teoretyczny. Davis Baird (2004) i Bruno Latour (1987) omawiają szereg odkryć i wynalazków, które stanowiły efekt laboratoryjnego majsterkowania przy instrumentach oraz aparatach eksperymentalnych. Podobny obraz pracy naukowej prezentuje Ludwik Fleck w swoim studium odkrycia odczynu Wassermanna (1986). Należy dodać, że tak rozumiane majsterkowanie bliskie jest temu, co Claude Lévi-Strauss określał mianem „bricolage”. Należy jednak pamiętać, że badacz ten nie odnosił tego terminu do praktyk naukowych, lecz do myślenia mitycznego. Jednocześnie, w przeciwieństwie do wielu przedstawicieli STS, Lévi-Strauss przeciwstawia majsterkowicza profesjonalście – na przykład naukowcowi (Lévi-Strauss 1969: 31–32; Lévi-Strauss, Eribon 1994: 131–132).

Proces majsterkowania ma charakter pragmatyczny. Oznacza to między innymi, że nie stanowi on próby przełożenia teoretycznej metodologii na praktykę. Przywołajmy tu za Knorr Cetiną następujący przykład z dziedziny biologii molekularnej. Obserwowani przez nią biolodzy bardzo często nie byli w stanie powtórzyć swoich eksperymentów; opracowane przez nich techniki w jakiś sposób zawodziły lub próbki, na których pracowali, nie zachowywały się zgodnie z przewidywaniami. Istotne jest jednak, że gdy napotykali oni tego typu problemy badawcze, najczęściej skupiali się nie na ich przyczynach, lecz przede wszystkim na próbie ich obejścia. Zamiast odpowiadać na teoretycznie interesujące pytanie, dlaczego coś działa inaczej, niż powinno, biolodzy wypróbowywali nowe rozwiązania i kombinacje, by swoje techniki i eksperymenty obrócić w gładko i niezawodnie funkcjonujące mechanizmy, które zawsze będą pracowały w ten sam sposób. Nie wymagało to od nich tradycyjnie rozumianej pracy teoretycznej pojmowanej jako coś oderwanego od praktyki (*vide* neopozytywizm), lecz majsterkowania oraz manualnego rekombinowania aparatury i próbek. Innymi słowy, zamiast poświęcać uwagę problemom teoretycznym i próbie wyjaśnienia zjawisk, badacze ci skupiali się na problemie technicznym czy też inżynieryjnym – budowie niezawodnych zestawów eksperymentalnych i standardowych metod obchodzenia się z próbkami. Pokazuje to, że eksperymenty w biologii molekularnej służą nie

tyłe weryfikacji czy falsyfikacji hipotez, lecz wypracowywaniu niezawodnych technik.

Z analogicznym, pragmatycznym podejściem spotkał się Harry Collins, obserwując naukowe próby replikacji lasera TEA (skrót od *Transversely Excited Atmospheric Pressure CO₂ Laser*). W trakcie prac pojawiły się niespodziewane, bardzo silne, osiągające napięcie 60000 wolt wyładowania elektryczne pomiędzy częściami urządzenia oraz podłożem. Badacze nie byli w stanie wyjaśnić przyczyny tych wyładowań, opierając się na znanych im koncepcjach naukowych. W obliczu powyższego teoretyczno-technicznego problemu, zespół badaczy postąpił bardzo praktycznie. Zamiast dopracowywać lub kwestionować teorię fizyczną albo gruntownie przebudowywać sam artefakt, całe urządzenie i podłogę wokół niego owinięto materiałami izolującymi (zob. H. Collins 1985: 59–61). W ten prosty, a zarazem skuteczny sposób zażegnano niebezpieczeństwo podważenia teorii naukowej, obracając jednocześnie laser w sprawnie działający artefakt. Z podobnymi sytuacjami mamy do czynienia w wielu innych dyscyplinach przyrodniczych, kiedy to badacze, zamiast zmierzać do wypracowania jakiejś eleganckiej formuły teoretycznej, koncepcji lub zasady metodologicznej, poprzestawali na pewnych satysfakcjonujących ich, choć prowizorycznych rozwiązaniach.

Urządzenia inskrypcyjne (zapisujące)

Latour i Woolgar w swojej pracy skupili się na różnego rodzaju papierowych wydrukach, grafach, tabelach i schematach, które były powszechnie wykorzystywane przez pracowników analizowanego laboratorium. Stosują oni termin „inskrpcja” (*inscription*) dla określenia każdej formy papierowego zapisu stanów przedmiotu badań. Inskrypcjami są zatem zarówno protokoły laboratoryjne, wykresy, zestawienia, tabelki, grafy, jak i wydruki urządzeń inskrypcyjnych (zob. Latour, Woolgar 1979: 45–53). Przez urządzenie inskrypcyjne (zapisujące) rozumieją oni dowolny zestaw aparatury i obsługującego go personelu, bez względu na jego wielkość, złożoność i kosztowność, który przetwarza stany badanego świata na czytelne wydruki bądź inne elektroniczne lub papierowe rezultaty, które mogą

być poddawane dalszej obróbce (Latour, Woolgar 1979: 51; por. Latour 2009). To właśnie urządzenia inskrypcyjne i ich centralne miejsce w praktyce laboratoryjnej najbardziej zaskoczyło autorów *Laboratory Life*. Znaczna część pracy obserwowanych przez Latoura badaczy polegała na obsłudze tych maszyn, czytaniu, przepisywaniu, kodowaniu i analizowaniu ich wydruków czy wreszcie zestawianiu inskrypcji z innymi „tekstami” – wydrukami pochodzącymi z innych maszyn oraz danymi prezentowanymi w artykułach i raportach naukowych (por. Latour, Woolgar 1979: 49). Wniosek antropologów był następujący: inskrypcje ułatwiają lub wręcz umożliwiają takie procesy poznawcze, jak wychwytywanie wzorców, cech wspólnych i indywidualnych, a także porównywanie, zestawianie i generalizowanie (zob. np. Gooding 2004, 2005). Jak podkreśla Latour, naukowcy, dzięki urządzeniom inskrypcyjnym, sprowadziwszy świat do postaci kartki papieru, mogą „myśleć za pomocą oczu” (Latour 1986, 1990).

Dlaczego tak się dzieje? Zdaniem Latoura, badany świat jest najczęściej zbyt chaotyczny lub złożony, aby można było orzec coś o nim na podstawie bezpośredniego oglądu – wzorce są niewychwytywalne dla oka i umysłu człowieka, chyba że badany przedmiot zostanie poddany stosownym transformacjom, które najczęściej są możliwe jedynie w warunkach laboratoryjnych. Innymi słowy, świat musi zostać uproszczony, a czynniki wyizolowane, uwidocznione, a najlepiej uczynione „czytelnymi”. Niejednokrotnie naukowcy odwołują się do kilku rodzajów transformacji obiektu badanego w laboratorium. W efekcie kolejnych modyfikacji badanych fenomenów naukowcy mają do czynienia z preparatami, zapisami, fizycznymi modelami, szkicami, skanami, symulacjami, ankietami, tabelami, grafami, nie zaś wyłącznie z twierdzeniami, przekonaniem czy sądami. Kolejne przekształcenia przedmiotu badań najczęściej charakteryzują się zredukowanym poziomem złożoności poznawczej (Latour 1999: 24–79).

Odwołajmy się do prostego przykładu zaczerpniętego z *Laboratory Life*, który dobrze ilustruje zakres manipulacji i przekształceń koniecznych do formułowania twierdzeń o „naturze”. Latour zaobserwował interesującą sekwencję czynności, która pozwalała

naukowcom badać działanie neurohormonów. Chodzi o rodzaj analizy chemicznej powszechnie stosowanej w laboratoriach, określane mianem *bioassay* (Latour, Woolgar 1979: 51). Aby sprawdzić działanie substancji chemicznej – w tym wypadku hormonu – na początku należy dobrać odpowiednie zwierzę laboratoryjne. Następnie zwierzę (ewentualnie pobrane od niego komórki, tkanki lub całe organy) jest podłączane do aparatury rejestrującej. Do tak przygotowanej próbki wprowadza się substancję o znanych efektach i rejestruje jej wpływ. Następnie aplikuje się substancję o nieznanym jeszcze oddziaływaniu. Wynik badania stanowią różnice pomiędzy dwoma zarejestrowanymi oddziaływaniami, gdzie pierwszy wzorzec stanowi punkt odniesienia. Przykładowo, na podstawie wykresów zarejestrowanych reakcji organizmu stwierdza się, czy drugi wykres „idzie w górę”, czy też pozostaje taki sam jak pierwszy. Zabieg ten pozwala zaobserwować działanie hormonów, które w normalnych warunkach, bez manipulacji i interwencji laboratoryjnych, pozostałoby poznawczo niedostępne. Jednak przedmiotem obserwacji nie jest bezpośrednio hormon, zwierzę czy próbka, ale sama inskrypcja – naukowcy dokonują relatywnie prostych obserwacji dotyczących wykresów stanowiących reprezentację przedmiotu badań. Jednak ci sami naukowcy, bez względu na swoje wykształcenie, inteligencję i kompetencje poznawcze, byłiby bezradni bez swoich aparatów i wydruków, usiłując orzec coś o niewidzialnych substancjach działających w ramach niezwykle złożonego systemu, jakim jest żywy organizm zwierzęcia (zob. Latour 2009).

Rola laboratoriów i instrumentów

Bruno Latour, opierając się na wynikach swoich obserwacji uczestniczących oraz studium historycznym, którego obiektem były prace badawcze Ludwika Pasteura (Latour 1988, 2009), stwierdza, że kluczowe dla zrozumienia sukcesów nauki nie są wcale ogólna metodologia, normy, jakimi rządzi się wspólnota naukowa, czy jakieś wyjątkowe kompetencje poznawcze przypisywane naukowcom lub „umysłowi naukowemu” przeciwstawianemu zdroworozsądkowym formom poznania i rozumienia. Kluczowe znaczenie przypisuje on

laboratorium, zgromadzonym w nim instrumentom i warunkom, jakie stwarza. Umożliwia ono redukcję złożoności świata, izolowanie pewnych czynników, uczenie się ich funkcjonowania i manipulowanie nimi. Pozwala to uczynić poznawalnymi różnego rodzaju zjawiska, które poza murami pracowni badawczych pozostają po prostu nieznanymi⁴.

Specyfika nauki nie bierze się z jej kognitywnych, społecznych lub psychologicznych własności, lecz tkwi w szczególnej konstrukcji laboratoriów, która pozwala odwracać skalę zjawisk, aby rzeczy stały się zrozumiałe (*readable*), a następnie zwiększyć częstotliwość testów, pozwalając na popełnienie i zarejestrowanie wielu pomyłek (Latour 2009: 188).

Podobnie do sukcesu nauk przyrodniczych podchodzą inni antropolodzy nauki, zwracając uwagę nie tyle na teorię czy oficjalnie deklarowaną metodologię, co na faktyczne praktyki badawcze. Istotne są tu obserwacje Knorr Cetiny (1983, 1999: 26–32). W swoich pracach zwraca ona uwagę na fakt, że w laboratoriach mamy do czynienia nie z „naturą”, lecz z oczyszczonymi, przetworzonymi, a czę-

⁴ Analogiczny argument na rzecz porzucenia wyjaśnień poznania w kategoriach jakiejś formy umysłowości Latour sformułował już wcześniej, podczas badań prowadzonych na Wybrzeżu Kości Słoniowej. Próbował on udzielić odpowiedzi na pytanie, dlaczego czarnoskórzy pracownicy szczebla kierowniczego mieli problem z dostosowaniem się do nowoczesnego, przemysłowego stylu życia. Wielu badaczy usiłowało wyjaśnić to, odwołując się do mentalności, czynników kognitywnych, ewentualnie specyfiki „afrykańskiego” umysłu. Przykładowo, biali nauczyciele zauważali, że czarnoskórzy chłopcy uczęszczający do szkół technicznych nie rozumieją schematów i „nie widzą w trzech wymiarach”. Tamtejszy system edukacji był dokładną repliką tego, jaki stosowano we Francji. Zakładał on między innymi, że uczniom prezentowano techniczne schematy silników, zanim jeszcze mieli zajęcia praktyczne z tego typu urządzeniami. Chłopcy ci pochodzili najczęściej z obszarów wiejskich i nigdy nie mieli do czynienia z silnikiem, zatem interpretacja schematów sprawiała im ogromną trudność. Ujmując to inaczej, nie posiadali oni wynikających z doświadczenia, niezbędnych zasobów wiedzy wizualnej, o której wspominaliśmy we wstępie. Z czasem, gdy badania postępowały dalej, coraz więcej zagadkowych zjawisk przypisywanych jakimś bliżej nieokreślonym właściwościom kognitywnym czarnoskórych mieszkańców Afryki dawało się wyjaśnić za pomocą prostych czynników społecznych (Latour 1973; Latour, Woolgar 1986: 273–274).

sto sztucznie stworzonymi fragmentami świata. Świetnie ilustruje to przykład zastosowania tak zwanych maszyn molekularnych w biologii molekularnej (Knorr Cetina 1999: 138–158). Przedmiotem tej dyscypliny jest życie, a dokładniej molekularne procesy leżące u jego podstaw. Jednak, aby zrozumieć to zjawisko, współcześni biolodzy nie badają występujących w przyrodzie organizmów – są one zbyt złożone i mało podatne na manipulacje laboratoryjne. Zamiast tego budują oni „syntetyczne” (niewystępujące poza laboratorium) układy żywe, które sami określają mianem maszyn molekularnych. Są to relatywnie proste, sztuczne aranżacje biologicznych elementów (które najczęściej same mają długi technologiczny rodowód). Wykorzystując między innymi transgeniczne szczury, sztucznie hodowane linie komórek, nukleazy czy specjalnie opracowywane fagi i plazmidy, biolodzy molekularni tworzą jeszcze bardziej skomplikowane formy życia, które nie występują w przyrodzie. Elementy, w oparciu o które pracują, zostały dobrane pod kątem łatwości w ich operowaniu. Przykładowo, muszą one być możliwie najprostsze, aby uniknąć nieprzewidzianych interakcji między genami. Podsumowując, życie w swej pozalaboratoryjnej postaci jest nie do okiełznania dla biologów molekularnych. Muszą oni je przekształcić i uprościć, by stało się poznawalne. Ponownie, praktyki tego typu okazują się powszechne w przyrodoznawstwie (zob. np. Gooding 1992, 2004, 2005).

Laboratorium stanowi miejsce, w którym obiekty nauki czyni się nie tylko poznawczo dostępnymi, ale także manipulowalnymi. Możliwość interweniowania w badane zjawiska jest niezwykle ważna, ponieważ wiedzę naukową generuje się głównie przez manipulowanie badanymi fenomenami i interweniowanie w nie – w ten sposób poznaje się ich kolejne cechy i właściwości (zob.: Hacking 1983, Latour 1987). W takim ujęciu eksperyment i inne praktyki laboratoryjne okazują się podporządkowane teorii tylko w pewnym, ograniczonym wymiarze. Nie dają się one sprowadzić wyłącznie do środków jej falsyfikacji, koroboracji lub konfirmacji – są one w stanie autonomicznie generować poznawczą wartość dodaną. W specyficznym otoczeniu, jakim jest laboratorium, działalność badawcza, która jawiła się tradycyjnym filozofom nauki jako działalność myślowa, okazuje się splotem analiz wykresów, operowaniem na prób-

kach, majsterkowaniem przy urządzeniach i fizycznych modelach oraz przekładaniem i porównywaniem pokreślonych inskrypcji.

Jak zauważa Ian Hacking, dzięki wykorzystaniu zestawów eksperymentalnych i instrumentów, w laboratoriach niejednokrotnie są generowane nowe zjawiska, które nie istnieją poza nimi. Przykładowo, teoretycznie niemal wszystko może emitować promieniowanie laserowe, w praktyce jednak dzieje się to tylko w pracowniach naukowych lub dzięki urządzeniom, które stanowią zminiaturyzowane i zamknięte w szczelnych obudowach zestawy eksperymentalne. Wiele spośród fenomenów będących obiektem zainteresowania fizyków czy biologów jest generowanych w laboratoriach za pomocą zestandaryzowanych urządzeń. Jak pisze Hacking:

Za każdym razem, gdy mówię, że istnieje tak niewiele zjawisk tam, na zewnątrz, w przyrodzie, które dają się obserwować – powiedzmy, sześćdziesiąt – ktoś mądrze przypomina mi, że jest ich nieco więcej. Ale nawet ci, którzy tworzą najdłuższe listy, zgodzą się, że większość fenomenów nowoczesnej fizyki jest wytwarzana (*manufactured*). [...] [F]enomeny fizyki – efekt Faradaya, efekt Halla, efekt Josephsona – są kluczami, które otwierają wszechświat. Ludzie tworzą te klucze – i być może zamki, w których się one obracają (Hacking 1983: 228).

Najczęściej dane zjawisko może wejść w obręb praktyk poznawczych naukowców dopiero wtedy, gdy istnieje stosowne urządzenie lub standardowa procedura pozwalająca w niezawodny sposób, wedle potrzeby, wywoływać je w ścianach pracowni badawczej, czyniąc je tym samym obserwowalnym (por.: Hacking 1983; R. Collins 1994; Baird 2004: 12, 66). Jest to korzystne epistemologicznie między innymi z tego powodu, iż pozwala na przyspieszenie procesu badawczego przez zwielokrotnienie prób i testów laboratoryjnych – możemy swobodniej badać sztucznie generowane fenomeny niż naturalne obiekty i procesy przebiegające poza laboratoryjnymi murami.

Jednocześnie, jak podkreśla amerykański socjolog Randall Collins, fizyczne manipulowanie, modyfikowanie lub znajdowanie nowego zastosowania dla tego typu maszyn pozwala na generowanie kolejnych fenomenów do badania. Tego typu majsterkowanie z aparaturą prowadzi do powstawania sekwencji wywodzących się z sie-

bie maszyn badawczych, którą Collins określa mianem genealogii instrumentów. Kolejne maszyny umożliwiają badaczom obserwację coraz to nowych fenomenów, prowadząc tym samym do strumienia nowych odkryć naukowych. Tak było chociażby w przypadku kolejnych generacji teleskopów w astronomii i akceleratorów cząsteczek wykorzystywanych w fizyce wysokich energii (R. Collins 1994: 171).

Podawane przez Hackinga i Collinsa przykłady laboratoryjnego reprodukowania zjawisk oraz wytworzenia zdarzeń eksperymentalnych, które nie mają swoich odpowiedników w przyrodzie, dotyczą fizyki. Tymczasem, jak zauważają Paweł Zeidler i Danuta Sobczyńska (1995/1996), dyscypliną, która w zdecydowanie większym stopniu wytwarza swój przedmiot badań, okazuje się chemia. Jak pokazuje współczesna filozofia chemii, zdecydowana większość przedmiotów zainteresowania tej dyscypliny została laboratoryjnie zsyntetyzowana lub zaprojektowana, nie zaś odkryta na drodze ich izolacji. Do ustaleń współczesnej filozofii na temat laboratoryjnej praktyki chemii wrócimy pod koniec rozdziału.

Translacje i krążąca referencja

Opisywane powyżej różnego rodzaju przekształcenia mające miejsce w laboratoriach Latour określa za pomocą semiotycznej metafory przekładu czy też translacji. Przedmioty zainteresowania naukowców są zazwyczaj zbyt skomplikowane, nieuchwytnie lub w jakiś inny sposób niedostępne poznawczo. Muszą one zostać poddane szeregowi transformacji, aby naukowcy mogli o nich coś orzec, ewentualnie porównywać je ze sobą. Najkorzystniejszą formą przekładu są papierowe inskrypcje, szkice, modele matematyczne lub zestawienia tabelaryczne, bazy i zbiory danych naukowych oraz różnego rodzaju wizualizacje (Amann, Knorr Cetina 1990; Knorr Cetina, Amann 1990; Latour 1990; Lynch, Woolgar, red., 1990; Gooding 2004, 2005, 2007; Roth 2004; Bogacz, Trafton 2005; Cragin, Shankar 2006; Hine 2006; Buri, Dumit 2008). Pozwalają one w łatwy sposób dokonywać porównań i wyciągać wnioski. Problem polega na tym, że najczęściej w celu zarejestrowania czegoś w takiej prostej postaci, trzeba to coś uprzednio wielokrotnie przekształcić. W ten sposób tworzą się

niekiedy bardzo długie łańcuchy kolejnych reprezentacji, w których każde ogniwo pełni rolę znaku względem poprzednika oraz desygnatu względem następnika. Takie sekwencje (re)reprezentacji Latour określa jako kaskady (Latour 1987: 234–237), ewentualnie jako łańcuchy krążącej referencji (*circulating reference*; Latour 1999: 26–87; por. Abriszewski, Afeltowicz 2007, 2009).

Przykładami translacji są oczywiście wspomniane techniki wytwarzania efektów fizycznych w warunkach laboratoryjnych, budowanie maszyn molekularnych czy inne metody redukcji złożoności powszechnie spotykane w praktyce przyrodoznawców. Każda tego typu translacja pozwala coś zyskać, ale jednocześnie powoduje straty. Badany obiekt zyskuje nowe, istotne z naukowego punktu widzenia cechy, ewentualnie cechy zauważane już wcześniej zostają w jakiś sposób „uwypuklone”. Jednocześnie obiekt „gubi” inne właściwości. Przykładowo, poddany analizie kawałek tkanki nie jest już żywym organizmem, choć naukowcy na podstawie przeprowadzanych na nim eksperymentów będą wypowiadać się właśnie o żywym ciele. Innymi słowy, każda translacja (fr. *traduction*) jest jednocześnie – w mniejszym lub większym stopniu – zdradą (fr. *trahison*; Law 2006). Obiekty przed i po transformacji nie są ze sobą identyczne. Jednak naukowcy, odwołując się do zinstytucjonalizowanych, metodologicznie uprawomocnionych procedur i założeń teoretycznych, dążą do tego, by utrzymać między nimi relację tożsamości. Temu procesowi translacji oraz sekwencjom (re)reprezentacji przyjrzymy się bliżej w rozdziale siódmym, w kontekście praktyk generowania zewnętrznych reprezentacji.

Czarne skrzynki

Niewątpliwie jednym z najważniejszych terminów wprowadzonych przez Latoura do refleksji nad nauką jest kategoria czarnej skrzynki (*black box*; Latour 1987; Callon 1991). Termin ten został zapożyczony przez francuskiego badacza z cybernetyki, gdzie jest wykorzystywany za każdym razem, gdy jakiś fragment systemu, powiedzmy – maszyny lub zespołu procedur, jest zbyt skomplikowany. Wtedy ten złożony splot czynników traktuje się właśnie jako czarną skrzynkę,

w której ważne jest jedynie to, co „na wejściu” i „na wyjściu”, a jej wewnętrzne relacje nie są problematyzowane.

Na gruncie antropologii nauki, czarna skrzynka ma swoje węższe i szersze rozumienie. W węższym rozumieniu kategoria czarnej skrzynki odnosi się do twierdzenia uznanego za fakt naukowy, wokół którego zostały już domknięte kontrowersje. Jednocześnie, w świetle socjologii wiedzy, istota domknięcia czarnej skrzynki polega na tym, że wiedza o procesie jej konstrukcji zostaje wymazana. W naukę jest bowiem wpisana systemowa „amnezja” o społecznych czynnikach, które uczestniczyły w procesie wytwarzania faktów i artefaktów (Latour 1987; Sojak 2004: 240). Twierdzenia obracane w czarne skrzynki mogą dotyczyć nie tylko obiektów przyrody, ale także poprawnych metod prowadzenia badań i formułowania teorii czy przyjmowanych modeli wyjaśniających działanie instrumentów naukowych. One również na pewnym etapie były traktowane przez badaczy jako kontrowersyjne i dopiero z czasem, w wyniku szeregu działań stawały się oczywistym elementem praktyki naukowej. Można powiedzieć, że procedury, modele i twierdzenia będące w fazie negocjacji stanowią obiekt aktywności naukowej. W momencie domknięcia kontrowersji i wplecenia ich w praktykę naukową, procedury, modele i twierdzenia stają się środkiem aktywności naukowej – są wykorzystywane w celu rozwiązania problemów dotyczących innych obiektów zainteresowania naukowego (por. Miettinen 1998: 431).

Czarną skrzynkę można definiować przez ewentualne koszty jej demontażu – obiekt jest tym stabilniejszy („bardziej obiektywny” lub „realniejszy”), im więcej zasobów pochłonęłaby jego ewentualna dekonstrukcja. Jednak należy pamiętać, że demontaż bytów wiąże się nie tylko z koniecznością zakwestionowania prac innych badaczy, wiedzy spisanej w podręcznikach czy metod naukowych (Sojak 2004: 238–244). Wymusza on również przebudowę praktyk i instytucji społecznych. Dzieje się tak na przykład wtedy, kiedy jakiś obiekt uznany za realny w ramach nauki staje się również elementem pozanaukowego obrazu świata i założenie o jego istnieniu przyjmują różnego rodzaju instytucje, ewentualnie zostaje on wpleciony w praktyki społeczne. Im więcej „nadbudowano” nad danym bytem

i im większy obszar wiedzy i praktyk musiałby zostać przebudowany w wyniku jego usunięcia, tym jest on bardziej domkniętą czarną skrzynką. Jednak żadna skrzynka nie jest ostatecznie domknięta – zawsze istnieje możliwość jej demontażu. Pozostaje to jedynie kwestią kosztów.

Latour podaje następujący przykład obracania fenomenów naukowych w czarne skrzynki: badacz usiłujący stworzyć komputerowy model DNA traktuje jako czarne skrzynki zarówno skomplikowany system elektroniczny, którym się posługuje (nie interesuje go jego budowa i zasady działania), jak i strukturę DNA (nie jest zainteresowany gorącymi kontrowersjami, które towarzyszyły odkryciu Jamesa Watsona i Francisca Cricka; Latour 1987: 1–3).

Przejdźmy do szerszego rozumienia kategorii czarnej skrzynki. Bruno Latour i Michel Callon posługują się tą kategorią nie tylko w odniesieniu do faktów naukowych. W rozumieniu bardziej ogólnym czarną skrzynką jest każdy zespół relacji pomiędzy heterogenicznymi bytami (Law 1997), który uległ utrwaleniu (można mówić również o „instytucjonalizacji”, „standaryzacji” lub „stabilizacji”) w stopniu pozwalającym na to, by ową sieć czynników traktować jak jeden, spójny byt. W takim bardzo ogólnym ujęciu czarną skrzynką jest nie tylko fakt, rozumiany jako twierdzenie lub teoria, wokół którego powstała sieć stabilizujących go relacji społecznych i technologicznych. Jest nią także grupa społeczna spajana silnymi interesami, która działa w skoordynowany sposób. Wreszcie czarną skrzynką jest także urządzenie lub system technologiczny, który stanowi sieć procesów i komponentów tworzących sprawnie działającą całość. Oczywiście czarne skrzynki mogą się rozpaść: relacje społeczne spajające grupę mogą ulegać zerwaniu, inskrypcje i zasoby zmobilizowane na rzecz jakiegoś twierdzenia mogą być „odcinane”, a urządzenia mogą ulegać awarii lub dezintegracji. W perspektywie niniejszej pracy kluczowe jest to, że takie ustabilizowane sieci relacji mogą zawierać w sobie kolejne czarne skrzynki. Tutaj bowiem ujawnia się akumulacyjny charakter pracy naukowca i inżyniera (Latour 1987: 219–223). Okazuje się, że obaj korzystają z osiągnięć swoich poprzedników. Nie dotyczy to wyłącznie wiedzy, ale także szeregu umiejętności, technik i maszyn. Naukowcy i inżynierowie wykorzy-

stują osiągnięcia poprzednich pokoleń oraz innych współczesnych im badaczy, stając na przysłowiowych „ramionach gigantów” i nadbudowując kolejne czarne skrzynki nad tymi już istniejącymi.

Centra kalkulacji

Odwoływanie się do osiągnięć innych laboratoriów byłoby niemożliwe bez powiązań istniejących pomiędzy różnymi jednostkami badawczymi. W tej sieci relacji między laboratoriami i naukowcami istnieją miejsca, do których napływają różnego rodzaju raporty, dane, zestawienia i próbki. W owych centrach stają się możliwe obliczenia i operacje, które były nieosiągalne na innych etapach pracy badawczej. Nigdzie indziej badacze nie są w stanie objąć jednym spojrzeniem takiej liczby materiałów i dowolnie ich ze sobą zestawiać, porównywać czy łączyć. Te miejsca, do których spływają różnego rodzaju zasoby, gdzie stają się możliwe różnego rodzaju zaawansowane zestawienia i obliczenia, Latour określa mianem centrów kalkulacji (Latour 1987: 215–257).

Istnienie centrów kalkulacji jest uzależnione od szeregu czynników. Kluczowe jest to, czy naukowcom udaje się uczynić swoje wytwory niezmiennymi i zarazem zdolnymi do przemieszczenia między różnymi obszarami i kontekstami. Dla określenia wytworów naukowych, które spełniają oba te warunki, Latour ukuł określenie *immutable mobile* (Latour 1987: 227–237). Nie odnosi się ono wyłącznie do elementów wiedzy, takich jak twierdzenia czy koncepcje, ale także do papierowych inskrypcji, próbek i innych obiektów fizycznych, z którymi mają do czynienia badacze. Warunkiem koniecznym istnienia centrów kalkulacji oraz komunikacji między różnymi ośrodkami jest to, że różne elementy cyrkulujące między nimi muszą być odczytywane w ten sam sposób, mieć to samo znaczenie bądź też pełnić tę samą funkcję. Dopiero wtedy, gdy wszyscy badacze odczytują wydruki, szkice i innego rodzaju zapiski w ten sam sposób, przeprowadzają eksperymenty w oparciu o te same odczynniki, preparaty i maszyny, różnego rodzaju elementy stają się wzajemnie przekładalne, porównywalne i zestawialne. To zaś wymaga najczęściej zaistnienia procesu, który określam tu mianem laboratoryzacji świata.

Laboratoryzacja świata

Produkty nauki, zarówno technologie, jak i fakty, funkcjonują wyłącznie w tych obszarach, które zostały opanowane przez praktyki naukowe. Rozpościeranie takiego systemu na kolejne obszary rzeczywistości jest niczym innym, jak obracaniem świata w ogromne *quasi*-laboratorium. Proces ten polega na tym, że elementy czy też obszary rzeczywistości zostają odizolowane i poddane rygorowi instrumentów pomiarowych oraz procedur laboratoryjnych. Dobrze ilustruje to sposób funkcjonowania systemów technologicznych. Wiele współczesnych technologii wymaga ekspansji warunków laboratoryjnych na świat zewnętrzny. Przenoszenie wypracowanych w trybie prób eksperymentalnych i laboratoryjnego majsterkowania układów oraz procesów poza granice pracowni naukowych najczęściej jest możliwe dopiero wtedy, gdy środowisko, do którego mamy zamiar wprowadzić innowacje technologiczne, zostanie upodobnione pod pewnymi względami do samego laboratorium (Latour 1987: 250). W praktyce oznacza to rozbudowę infrastruktury niezbędnej do funkcjonowania innowacji lub obrócenie jej w system zamknięty, odizolowany od zakłócających czynników środowiskowych (R. Collins 1992). Przykładowo, samochody, aby móc funkcjonować, wymagają rozległej infrastruktury (drogi, parkingi, stacje paliw, punkty serwisowe), ale także całego przemysłu związanego z wydobywaniem, transportem i obróbką ropy naftowej (Sojak 2004: 243). Innymi słowy, technologie są jak pociągi – nie działają bez torów (Latour 2009).

Fakty i maszyny są jak pociągi, elektryczność, porcje bitów komputerowych lub mrożone warzywa: mogą przemieszczać się gdziekolwiek, o ile tory, po których suną, nie zostaną naruszone nawet w najmniejszym stopniu. Ta zależność i kruchość nie są odczuwane przez obserwatora nauki, bowiem „uniwersalność” oferuje mu *teoretyczną* (*in principle*) możliwość stosowania gdziekolwiek praw fizyki, biologii czy matematyki. Ale w *praktyce* jest zupełnie inaczej. Można twierdzić, że Boeingiem 747 da się wylądować teoretycznie wszędzie, lecz spróbuj to zrobić w praktyce na Piątej Alei w Nowym Jorku. Można twierdzić, że teoretycznie telefon umożliwia uniwersalny zasięg. Spróbuj zatem

dodzwonić się z San Diego do kogoś mieszkającego pośrodku Kenii, do kogoś, kto, w praktyce, nie ma telefonu. Można twierdzić, że teoretycznie Prawo Ohma [...] daje się uniwersalnie zastosować; zatem spróbuj w praktyce je zademonstrować bez wolt-, wato- i amperomierza. Można również uważać, że morskie śmigłowce są w stanie latać teoretycznie wszędzie; lecz wyślij jeden z dala od macierzystego lotniskowca, w sam środek irańskiej pustyni, gdzie piaskowa burza będzie gasić jego silnik. Dzięki powyższym eksperymentom myślowym daje się odczuć ogromną różnicę pomiędzy teorią a praktyką i zrozumieć, że za każdym razem, gdy wszystko działa zgodnie z planem, oznacza to, że nie opuściło się nawet na krok pilnie strzeżonych i skrupulatnie odizolowywanych sieci (Latour 1987: 250).

Antropologia rozszerzyła tezę o „laboratoryzacji” świata również na zagadnienie uniwersalności praw i stałych fizycznych. Oczywiście możemy twierdzić, że prawa fizyki są uniwersalne, jednak aby to udowodnić, uprzednio musimy rozbudować system instrumentów i praktyk rejestrujących główne wielkości fizyczne. Były takie jak om, gram czy wolt mogą zachować swój uniwersalny charakter jedynie dzięki sieciom instrumentów pomiarowych, które są kalibrowane, standaryzowane i, co najważniejsze, rozprzestrzeniane daleko poza mury pracowni badawczych za sprawą dyscypliny naukowej określanej mianem metrologii (Latour 1987: 247–257; O’Connell 1993).

Owa ekspansja instrumentów i praktyk naukowych jest warunkiem nie tylko tego, że w naszych praktykach – zarówno naukowych, jak i potocznych – mogą być obecne stałe fizyczne, ale również tego, że jesteśmy w stanie korzystać z technologicznych wytworów naukowych. Dotyczy to w pierwszym rzędzie funkcjonowania technologii militarnych. Jak pokazuje Joseph O’Connell, bez utrzymania odpowiednich standardów metrologicznych okazuje się niemożliwe konstruowanie sprawnych urządzeń, takich jak systemy rakietowe, zakładanie baz wojskowych lub łączenie ze sobą podsystemów produkowanych w odległych od siebie fabrykach. Podaje on następujący przykład:

W roku poprzedzającym iracką inwazję Marynarka Wojenna Stanów Zjednoczonych zaopatrzyła Kuwejt w samoloty oraz inne wyposażenie

wojskowe. Jednak wcześniejsze doświadczenia pokazały, że musi ona jednocześnie założyć w Kuwejcie laboratorium metrologiczne dbające o zachowanie standardów (*standards laboratory*), gdyż w innym wypadku samoloty stałyby się równie bezużyteczne jak wtedy, gdy zostałyby pozbawione pasów startowych. Kuwejt odkrył, że nie tylko musi płacić Marynarce Wojennej za samoloty, ale również Naturze, za możliwość korzystania z takich stałych, jak wolt. [...] Do wiosny 1990 r. Kuwejt zakupił od Marynarki nie tylko samoloty, ale również wolta i wiele innych standardowych miar. Samoloty były po prostu najbardziej widocznym elementem pakietu (O'Connell 1993: 164).

Podobna sytuacja ma miejsce w medycynie, przemyśle, elektronice, telekomunikacji i lotnictwie. Przykładowo, brak precyzji i standaryzacji miar długości doprowadził do tego, że produkowane w ZSRR systemy elektroniczne nie pasują do żadnych urządzeń wytwarzanych w pozostałych krajach świata.

Zatarcie różnicy między innowacją technologiczną a predykcją naukową

Laboratoryzacja świata jest kluczowa dla sukcesu nauki również w dziedzinie formułowania trafnych predykcji. Jak pokazuje antropologia nauki, predykcje są niemożliwe bez uprzedniego rozszerzenia laboratorium lub instrumentów. Latour (1987: 250) pisze o tym w następujący sposób:

Za każdym razem, gdy fakt jest potwierdzany, a maszyna działa, oznacza to, że warunki laboratoryjne zostały w *jakiś sposób* rozszerzone (*extended*). [...] Zachwycanie się bezproblemowością faktów bądź sprawnym działaniem maszyn, przy jednoczesnym zapomnianiu o rozszerzeniu instrumentów, byłoby niczym podziwianie systemu dróg, szybkich samochodów i ciężarówek, przy jednoczesnym przegapieniu [roli] inżynierii wodno-ładowej, stacji benzynowych, mechaników i części zapasowych.

W takim ujęciu predykcja okazuje się jedynie powtórzeniem standardowych, wielokrotnie sprawdzonych procedur laboratoryjnych. Zwróćmy uwagę, że zaciera się tu różnica między predykcją a innowacją technologiczną – w istocie polegają one dokładnie na tym sa-

mym, mianowicie na przeniesieniu układu wypracowanego w laboratorium do pozalaboratoryjnego środowiska, przy zmianie pewnych istotnych parametrów samego otoczenia. Według francuskiego badacza, precyzyjne predykcje dotyczące całkowicie niezlaboratoryzowanego świata są niemożliwe (por. Latour 2009). Fenomeny niepoddane rygorowi praktyk i procedur badawczych po prostu nie są podatne na przewidywania – potrafimy przewidywać tylko te procesy, które w jakimś stopniu „zdyscyplinowaliśmy”.

Rapid-discovery science

W perspektywie antropologii nauki, źródeł sukcesu przyrodoznawstwa należy upatrywać nie tyle w specyfice jej przedmiotu, co w laboratoriach, które umożliwiają redukcję złożoności badanego przedmiotu, aparaturze naukowej, która czyni fenomeny poznawczo dostępnymi (na przykład w postaci inskrypcji), oraz w praktykach przenoszenia wypracowanych w laboratoriach sztucznych układów na zewnątrz, przez rozszerzanie warunków laboratoryjnych.

Należy jednak pamiętać, że nie wszystkie dyscypliny przyrodnicze są w stanie sprawnie sprowadzać swój przedmiot do pracowni badawczych lub rozszerzać warunki laboratoryjne – tylko część obszarów przyrodoznawstwa może poszczycić się porównywalnymi do biologii, chemii lub fizyki sukcesami poznawczo-inżynieryjnymi. Zamiast mówić o przyrodoznawstwie jako takim, stosowniej byłoby skupić się na dyscyplinach badawczych, które Randall Collins określił mianem *high-consensus, rapid-discovery science* (dalej RDS; R. Collins 1994). Chodzi tu o pola badawcze o wysokim konsensusie poznawczym, nastawione na szybki rozwój i podejmowanie kolejnych, coraz nowszych problemów. Ujmując to nieco inaczej, przez RDS rozumiem dyscypliny, w których badacze, zamiast wikłać się w niekonkluzywne debaty, sprawnie domykają kontrowersje naukowe, po czym podejmują kolejne problemy, traktując wyniki domkniętych kontrowersji jak czarne skrzynki, stanowiące punkt wyjścia do dalszych badań.

Dokonując pewnego uogólnienia, można stwierdzić, że nauki przyrodnicze (w szczególności RDS) działają w bardzo wielu przypadkach

według następującego schematu: (1) laboratoryjne (re)produkowanie naturalnych zjawisk w trybie eksperymentu; (2) standaryzowanie eksperymentów, aby zjawiska można było generować w zrutyinizowany sposób; (3) interwencje i modyfikacje otrzymanych w ten sposób fenomenów oraz szeroko rozumiane majsterkowanie; (4) próby wypróbowania poza laboratoria wypracowanych w ten sposób sztucznych układów (na przykład w postaci instrumentów, maszyn lub procesów technologicznych); (5) „laboratoryzacja” świata (upodobnianie świata pozalaboratoryjnego do warunków eksperymentalnych; rozbudowa koniecznej infrastruktury) lub reprodukcja laboratoryjnych procesów w ramach izolowanych systemów zamkniętych.

Problem jedności nauki

Na koniec naszej rekonstrukcji ustaleń antropologii nauki warto wyartykułować pewną obserwację, która pociąga za sobą poważne konsekwencje natury filozoficznej i metodologicznej. Otóż badania etnografów i socjologów nauki wykazały, że między poszczególnymi polami badawczymi istnieją znaczące różnice na wielu poziomach analizy. Najlepiej ukazała je w swojej pracy *Epistemic Cultures* Karin Knorr Cetina (1999). Praca ta powstała w oparciu o kilkuletnie badania etnograficzne, które autorka przeprowadziła w laboratoriach fizyki wysokich energii w CERN w Genewie oraz w czołowych europejskich laboratoriach zajmujących się biologią molekularną. Knorr Cetina porównuje ze sobą stosowane w obu polach podejścia i techniki badawcze, normy postępowania, formy wymiany i kontroli społecznej, dyskurs oraz organizację pracy. Jak twierdzi austriacka socjolog, przedstawiciele tych dyscyplin funkcjonują w dwóch radykalnie odmiennych – jak sama je określiła – kulturach epistemicznych. Jednocześnie skonfrontowała kultury epistemiczne biologów i fizyków z kulturą epistemiczną własnej dyscypliny, czyli ze sposobem prowadzenia badań społecznych. Generalny wniosek płynący z jej analiz jest taki, że nie ma czegoś takiego jak jedność nauki (*unity of science*; zob. np. Popper 1975). Odnosi się ona oczywiście do tezy o jedności nauk sformułowanej w ramach neopozytywizmu. Teza ta głosiła, że istnieje wspólna, uniwersalna metoda badawcza, którą

stosują wszystkie nauki, a która powinna stanowić podstawę do sformułowania kryterium demarkacji wiedzy naukowej. W perspektywie analiz Knorr Cetiny nie tylko nie można wskazać takiej uniwersalnej metodologii, ale pomiędzy poszczególnymi naukami istnieją tak diametralne różnice, że trudno tu w ogóle o mówić o jakiejś wyraźnej granicy między nauką a nie-nauką. Warto odnotować, że podobną obserwację Ludwik Fleck poczynił już w 1946 roku w artykule „Problemy naukoznawstwa”:

[N]ie istnieje poza marzeniami jakaś jedna nauka, istnieją dzisiaj tylko poszczególne nauki, niemające w wielu przypadkach łączności ze sobą, niektóre rozbieżne w swoich podstawowych cechach. O nauce można mówić tylko tak, jak używamy słowa sztuka dla zadokumentowania wspólnoty dążeń muzyki, malarstwa, poezji itd. Podobnie mają wszystkie nauki wspólne dążenie do idealnego stanu ostatecznego, zwanego prawdziwym poznaniem. Ale tak samo jak sztuka nie jest sumą muzyki, malarstwa, poezji itd., tak samo i nauki nie składają się w zgodną jednolitą całość (Fleck 1946: 322).

Przyjrzyjmy się bliżej różnicom między biologią molekularną, fizyką wysokich energii i dyscyplinami społecznymi, o których wspomina Knorr Cetina. Pierwsza z wymienionych dyscyplin reprodukuje, czy wręcz syntetyzuje, przedmiot swoich badań. Realizowane tu prace są oparte na pragmatycznym majsterkowaniu. Eksperymenty są niezwykle często powtarzane (niekiedy kilkadziesiąt razy na dobę), co umożliwia zastosowanie metody prób i błędów. Z odmienną sytuacją mamy do czynienia w przypadku fizyki wysokich energii. Tutaj eksperyment jest rzadkością. Badacze skupiają się na matematycznej analizie wyników eksperymentów, projektowaniu aparatury doświadczalnej i detektorów, a także kontroli funkcjonowania instrumentów oraz warunków brzegowych eksperymentu. Innymi słowy, *input* eksperymentalny jest tu minimalny – praca sprowadza się głównie do symulacji komputerowych, kalibrowania aparatury i przygotowywania eksperymentu. Bez względu na charakter i częstotliwość eksperymentów, zarówno biolodzy molekularni, jak i fizycy wytwarzają laboratoryjnie przedmioty swoich badań. W obu dyscyplinach dokonuje się interwencji laboratoryjnych, choć odbywa się to z róż-

ną częstotliwością. Zupełnie inne funkcje pełni eksperyment w naukach społecznych. Jak sugeruje Knorr Cetina, jest to swego rodzaju „inscenizacja” – odgrywanie ról społecznych. Nie chodzi tu o sztuczne wywoływanie efektu czy stworzenie niezawodnego mechanizmu w stylu maszyny molekularnej, ale o udzielenie odpowiedzi na postawiony wcześniej problem badawczy.

Wszystko to skłania Knorr Cetinę do stwierdzenia, że nie można mówić o jedności nauk – różnice pomiędzy poszczególnymi dyscyplinami są zbyt wyraźne, aby snuć nadzieję na sformułowanie czegoś, co można by uznać za esencję nauki czy uniwersalną metodę naukową. Analogiczne różnice między polami badawczymi wskazywali tacy badacze, jak Randall Collins (1994), Stephan Fuchs (1992) czy Ian Hacking (1992). Ostatni z wymienionych stwierdza, że wywoływanie fenomenów jest stosunkowo powszechne w nauce. Dotyczy to jednak tylko nauk określanych przez niego mianem laboratoryjnych. Nauką laboratoryjną nie jest na przykład astronomia. Chociaż wytworzyła ona szereg technik redukcji złożoności i translacji, to nie jest w stanie reprodukować w kontrolowanych warunkach przedmiotów swojego zainteresowania. Zdaniem Hackinga, nauką laboratoryjną nie są także socjologia oraz psychologia społeczna. Podobnie jak Knorr Cetina, Hacking podkreśla fakt, że w laboratoriach nauk społecznych najczęściej nie mamy do czynienia z reprodukowaniem lub tworzeniem badanych zjawisk. Z kolei Kathryn Henderson (1999) zwraca uwagę na różnorodność podejść i metod w dziedzinie inżynierii oraz prac projektowych. Pokazuje ona, że w inżynierii nie ma czegoś takiego jak jedna „dobra” metoda projektowania, testowania i udoskonalania prototypów czy kreślenia schematów. Duże różnice istnieją nie tylko pomiędzy różnymi subdyscyplinami technicznymi, ale także w ramach poszczególnych gałęzi inżynierii, pomiędzy różnymi firmami i zespołami.

Wart odnotowania jest fakt, że różnice wskazywane przez przywołanych badaczy najczęściej nie pokrywają się z tradycyjnymi podziałami dyscyplinarnymi znanymi nam z metodologii nauk, polityki naukowej oraz badań naukometrycznych. Biegną one w poprzek takich tradycyjnych rozróżnień, jak znany nam z tradycji kontynentalnej podział na przyrodoznawstwo i humanistykę, rozróżnienie na

nauki idiograficzne i nomotetyczne czy realne i formalne. Obserwacje Knorr Cetiny sugerują wręcz, że niektóre subdyscypliny fizyki mogą być bliższe na poszczególnych poziomach biologii lub chemii niż innym dyscyplinom fizycznym.

Stwierdzenie dotyczące różnorodności nauk ma ważne konsekwencje dla studiów nad nauką. Po pierwsze, podważa to zasadność traktowania fizyki jako modelu wszystkich nauk, co było dość powszechne w tradycyjnych ujęciach nauki. Po drugie, utrudnia to jeszcze bardziej ekstrapolację tez formułowanych przez empirycznych badaczy nauki w oparciu o jednostkowe studia przypadku. Dotyczy to zarówno studiów prowadzonych przez badaczy społecznych, jak i kognitywistów, którzy również często odwoływali się do metody obserwacji uczestniczącej. Wreszcie, po trzecie, obserwacja ta ma poważne konsekwencje w perspektywie niniejszej rozprawy, gdyż rodzi się pytanie, na ile proponowany tu model funkcjonowania nauki oraz identyfikowane mechanizmy są powszechne w nauce.

Należy sformułować w tym miejscu zastrzeżenie. Zaprezentowane w tym oraz kolejnych rozdziałach mechanizmy funkcjonowania nauki nie dotyczą wszystkich dyscyplin naukowych. Sami antropolodzy doskonale zdają sobie sprawę, że praktyki badawcze są zbyt zróżnicowane, aby można było pozwolić sobie na tego typu generalizacje. Techniki redukcji złożoności problemów są obecne we wszystkich naukach, jednak różnią się one pomiędzy poszczególnymi dyscyplinami swym charakterem oraz skutecznością. Obecność technik redukcji złożoności nie jest cechą wyróżniającą naukę jako taką – różnego rodzaju translacje wspomagające rozwiązywanie problemów są powszechne wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z koniecznością radzenia sobie ze skomplikowanymi zagadnieniami. Formułowane tu wyjaśnienia odnoszą się głównie do nauk przyrodniczych typu RDS, którym udało się odnieść sukcesy technologiczne. W swoich analizach pomijam nauki formalne, a możliwość ekstrapolacji proponowanego modelu na inne pola badawcze, chociażby takie jak dyscypliny społeczne lub szeroko pojętą humanistykę, pozostawiam na razie kwestią otwartą.

Spoleczne studia nad nauką na tle filozofii chemii

Wspominałem, że socjologowie i antropolodzy objęli swoimi badaniami niemal każdą dyscyplinę naukową. Okazuje się jednak, że pominieli oni w swych analizach pewien niezwykle ważny obszar, jakim jest chemia. Dlaczego jest to istotna kwestia? Badacze społeczni, nie poświęcając uwagi chemii – wzorcowej nauce laboratoryjnej – ryzykowali, że wpadną w analogiczne co filozofowie pułapki. Tradycyjna filozofia nauki skupiła się na fizyce, a dokładniej rzecz ujmując – na jej wysoce sformalizowanych obszarach. Przyjęcie teorii fizycznych za punkt odniesienia doprowadziło do tego, że większość dyscyplin naukowych jawiła się jako metodologicznie „zapóźniona” lub teoretycznie „niedojrzała”. W efekcie filozofia wytworzyła wypaczony obraz nauki jako całości. Badacze społeczni również poświęcili nieproporcjonalnie dużo uwagi wąskiej grupie dyscyplin. Okazuje się, że głównym obszarem antropologii nauki była biologia. Nie bez znaczenia jest fakt, że pierwsze badania z zakresu etnografii laboratoriów prowadzono w laboratoriach biologicznych. Z czasem badaniami społecznymi objęto kolejne dziedziny. W ostatecznym rozrachunku pominięto jednak problematykę praktyki laboratoryjnej chemii. Była ona ignorowana w równym stopniu zarówno przez socjologów, jak i przez filozofów. Czyżby potraktowanie chemii jako badawczo nieinteresującej stanowiło konsekwencję poglądów mówiących, że język i teorie, podobnie jak metodologię i techniki chemii, można zredukować do fizyki?

Dość powszechne pomijanie przez badaczy zagadnienia praktyki laboratoryjnej chemii okazuje się szczególnie niepokojące w świetle wyników badań naukometrycznych. Joachim Schummer – przedstawiciel filozofii chemii – pokazuje, że w 2000 roku opublikowano więcej artykułów naukowych z zakresu chemii niż we wszystkich pozostałych dyscyplinach przyrodniczych oraz szeroko rozumianej informatyce razem wziętych. Na przełomie XX i XXI wieku około czterech milionów chemików „produkowało” około 900 tysięcy publikacji rocznie. Dwie trzecie spośród nich dotyczyło syntezy i analizy nowych substancji, których w samym roku 2001 otrzymano około 1,6 miliona. Chemia jest nie tylko największą nauką pod względem

liczby publikacji, ale wciąż dynamicznie się rozwija (Schummer 2004: 397; 2006: 19–20). Rodzi się uzasadniona obawa: czy koncepcje wypracowane w ramach społecznych studiów nad nauką, które pomijały w swych analizach chemię, nie są również w jakiś sposób wypaczone, podobnie jak miało to miejsce wcześniej w filozofii nauki? Aby udzielić odpowiedzi na to pytanie, musimy omówić najważniejsze ustalenia filozofii chemii.

Chemia stanowi wręcz modelowy przykład dyscypliny sztucznie wytwarzającej przedmioty swoich analiz. W latach 80. ubiegłego wieku liczba znanych substancji chemicznych przekroczyła próg 10 milionów. W ciągu ostatnich 20 lat odnotowano stały wzrost wykładniczo liczby znanych chemii substancji o 5,5% rocznie. Liczba znanych substancji podwaja się co 13 lat (Schummer 2004: 399). Najważniejsze jest jednak, że szacunkowo 95% spośród znanych dziś substancji chemicznych to artefakty – ludzkie wytwory, których nie można znaleźć w przyrodzie na zasadzie ich prostej izolacji (Schummer 2004: 399). Można zatem śmiało stwierdzić, że obiekty zainteresowania chemików stanowią niemal w całości wynik ich własnej działalności.

Niezwykle istotny jest fakt, że chemia zawdzięcza swą stabilność pojęciową praktyce laboratoryjnej. Nie chodzi tylko o to, że poza laboratorium, w warunkach, w których niemożliwa jest redukcja złożoności lub różnego rodzaju translacje, chemicy nie mogliby nic orzec o obiektach i procesach, które badają. Badane przez chemików procesy i obiekty są wysoce niestabilne i zmienne. Weźmy najprostsz przykład. Woda to nie zawsze H_2O . Składa się najczęściej także z H_3O^+ , OH^- , jak również $(H_2O)_2$ oraz $(H_2O)_3$. W zależności od zmiany warunków – chociażby ciśnienia – zmieniają się obserwowalne właściwości wody, na przykład temperatura zamarzania i wrzenia. Należy pamiętać również, że atomy wodoru i tlenu występują w przyrodzie w postaci różnych izotopów, czyli różnią się między sobą liczbą neutronów. W przyrodzie różne izotopy są ze sobą zmieszane. Przykładowo, próbki naturalnej wody zawierają pewną ilość deuteru lub trytu. Badając je, możemy doszukać się poza $H_2^{16}O$ takich izomerów izotopowych, jak $H_2^{17}O$, $H_2^{18}O$, $HD^{16}O$, $D_2^{17}O$, $T_2^{18}O$ (Weisberg 2006).

Bez zastosowania różnego rodzaju zestandaryzowanych procedur eksperymentalnych polegających z jednej strony na permanent-

nym interweniowaniu w przedmiot badań, z drugiej zaś na podtrzymaniu specyficznych warunków brzegowych, nie mogłyby się utrzymać żadne precyzyjne schematy pojęciowe czy klasyfikacje chemiczne. Innymi słowy, w przypadku chemii materialny świat jest niejako dopasowywany do pojęć i koncepcji (Schummer 2010: 163). Skojarzenie z działalnością metrologów, którzy dbają o to, by stałe fizyczne pozostały niezmiennie i uniwersalne, jest w pełni uzasadnione. Zasadnicza różnica polegałaby jednak na tym, że w przypadku stabilizowania podstawowych kategorii fizycznych mamy do czynienia z wyspecjalizowaną subdyscypliną, tymczasem, jeżeli idzie o chemię, to jej spójność jest efektem działań całej wspólnoty chemików.

Liczba uzyskiwanych laboratoryjnie i modelowanych przez chemików substancji może sprawić, że dojdziemy do błędnego wniosku, że syntetyzowanie nowych substancji lub analiza i odtwarzanie ich struktury jest zadaniem prostym lub algorytmicznym. Rzeczywiście, współcześnie część nowych substancji syntetyzuje się lub analizuje w oparciu o zautomatyzowane metody. Wyniki takich badań nie są jednak uznawane przez chemików za godne opublikowania. W przypadku większości nowych sytuacji automatyczne procedury okazują się dalece niewystarczające. Wbrew poglądom redukcjonistycznym, chemia nie daje się sprowadzić do fizyki – ani w warstwie teorii, ani metodologii (Hendry 2006). Nowych substancji nie daje się zaprojektować wyłącznie w oparciu o mechanikę kwantową. Nie można z niej wydedukować precyzyjnej pozycji atomów w analizowanych strukturach, niemniej jednak należy pamiętać, że jest ona wciąż bardzo przydatna przy projektowaniu. W przypadku praktyki chemicznej, zamiast z dedukcją lub zastosowaniem jakiejś niezawodnej metodologii, mamy do czynienia z wykorzystaniem całej „skrzynki narzędziowej” zawierającej liczne techniki badawcze o relatywnie wąskim zastosowaniu, niekiedy odnoszące się do tych samych rodzajów problemów.

Chemia różni się od fizyki między innymi tym, że pozbawiona jest ogólnej, spójnej teorii. W jej przypadku mamy do czynienia z pragmatycznym pluralizmem w dziedzinie metodologii i teorii. Każda subdyscyplina chemii rozwija własne metody, koncepty i modele dopasowane do poszczególnych klas substancji oraz typów

przemian chemicznych. Ponadto, w każdym konkretnym polu badawczym mają do dyspozycji spektrum różnych modeli odnoszących się niekiedy do tych samych rodzajów eksperymentów, które służą różnym celom (por. Zeidler, Sobczyńska 1995/1996: 530–531). Z perspektywy tradycyjnej filozofii nauki można by próbować wyjaśniać powyższy stan niedojrzałości dyscypliny, wskazując, że uniwersalne podejścia dopiero czekają na odkrycie. Jednak metodologiczny pluralizm chemii wydaje się raczej stanem normalnym niż sytuacją przejściową lub patologią. Tego typu pragmatyczne podejście zapewnia elastyczność w radzeniu sobie ze złożonością podejmowanych problemów. Chemiczny pluralizm w dziedzinie teorii i metodologii nie może być zatem traktowany jako surogat jakiejś całościowej teorii. Jest to pełnoprawne podejście badawcze (Schummer 2010: 175–176).

Pragmatyczność podejścia chemii wyraża się przede wszystkim w tym, że traktuje ona teorie chemiczne w sposób instrumentalny. Teorie są rozwijane, by wspomagać prace eksperymentalne, nie zaś na odwrót. Co więcej, jak pokazuje analiza treści artykułów chemicznych przeprowadzona przez Schummera, syntetyzowanie nowych substancji jest w chemii celem samym w sobie. Uzyskuje się nowe substancje, które potraktowane jako czarne skrzynki posłużą uzyskaniu kolejnych substancji. Biorąc pod uwagę tego typu praktyczne cele chemii, nie dziwi fakt, że poszczególne, lokalne modele teoretyczne wcale nie są oceniane podług ich korespondencji ze światem czy wzajemnej spójności. Głównym kryterium jest ich przydatność w prowadzeniu eksperymentów. Wiąże się to z gotowością chemików, by poświęcić szeroką stosowalność jakiejś koncepcji lub metody na rzecz jej niezawodności.

Z faktu, że *modus operandi* chemii stanowi opracowanie nowych substancji w celu umożliwienia syntezy i analizy kolejnych, nie powinniśmy wyciągać wniosku, że mamy tu do czynienia z działalnością inżynierską, nie zaś naukową. Przypadek chemii pokazuje raczej nieadekwatność ścisłego rozróżnienia na naukę i technikę. Próba sztucznego rozgraniczenia działalności praktycznej i poznawczej może prowadzić nie tylko do absurdałnego obrazu nauki, ale również przecenienia ważnych mechanizmów, stanowiących jedno ze źródeł sukcesu nauk przyrodniczych (por. Schummer 2004: 406–407).

Okazuje się, że prezentowany tu filozoficzny obraz chemii jest zaskakująco zbieżny z wieloma opisami praktyki badawczej, oferowanymi w ramach społecznych studiów nad nauką, mimo że oba nurty rozwijały się niezależnie i pracowały na odmiennym materiale empirycznym. Dotyczy to między innymi relacji między poznaniem a praktyką oraz między teorią a eksperymentem⁵. W ramach podsumowania powyższej prezentacji filozofii chemii w kontekście społecznych studiów nad nauką warto zadać sobie następujące pytanie: jak wyglądałaby tradycyjna filozofia nauki, gdyby nie była tak zapatrzona w fizykę i poświęciła więcej uwagi praktyce laboratoryjnej chemii lub biologii? Ewentualnie możemy zastanowić się – podobnie jak to czyni Roald Hoffmann (2007) – jak mogłaby wyglądać filozofia nauki, gdyby tworzyli ją praktykujący chemicy. Zapewne to eksperymentalizm, nie teoretycyzm, stałby się opcją z wyboru. Trudno wyobrazić sobie, w jaki sposób na takim gruncie mogłaby zrodzić się idea jedności nauk lub redukcjonizm. Najprawdopodobniej istnienie niewspółmiernych teorii jawiłoby się nie tylko jako coś oczywistego i normalnego, ale również pożądanego. Dominującym poglądem epistemologicznym byłby zapewne realizm. Byłby to jednak realizm eksperymentalny, odnoszący się nie tyle do teorii, co do samych obiektów chemii. Głównym kryterium istnienia byłoby zapewne to, czy dany proces lub obiekt można laboratoryjnie wywołać lub zsyntetyzować, ewentualnie przynajmniej przeanalizować w oparciu o dostępne instrumentarium, uzyskując powtarzalne rezultaty (por.: Hacking 1995/1996; Zeidler, Sobczyńska 1995/1996). Filozof-chemik również podchodziłby z rezerwą do twierdzeń na temat uniwersalności praw odkrywanych przez naukę. Wreszcie, filozof nauki będący praktykującym chemikiem nie kładłby nadmiernego nacisku na zagadnienia epistemologiczne i nie przeoczył faktu, że naukowcy nie tylko opisują świat, ale w dużej mierze go współtworzą.

⁵ Należy mieć jednak wciąż na uwadze, że filozofowie chemii bardzo często podkreślają specyfikę swojego przedmiotu badań i unikają rozszerzania formułowanych tez na inne dyscypliny. Tymczasem wielu przedstawicieli STS starało się nakreślić pewien generalny obraz funkcjonowania nauki.

ROZDZIAŁ 3

Kognitywne studia nad nauką i technologią

Niniejszy rozdział stawia sobie dwa zasadnicze cele. Pierwszym z nich jest rekonstrukcja nurtu kognitywnych studiów nad nauką i technologią (*cognitive studies of science and technology*). Nurt ten jest niezwykle zróżnicowany, zarówno pod względem stosowanych metod, przyjmowanych perspektyw, jak i założeń na temat natury procesów poznawczych. W badania te są zaangażowani zarówno kognitywiści przyjmujący tradycyjne ujęcie poznania jako przetwarzania informacji i operacji na symbolach, jak i przedstawiciele nowszych ujęć badawczych, które zostaną omówione w drugiej części rozprawy. Jednocześnie przedstawiciele kognitywnych studiów nad nauką wywodzą się z różnych dyscyplin, w tym z historii, psychologii oraz filozofii nauki. Mimo to będę starał się zaprezentować możliwie spójny i kompleksowy obraz tego pola badawczego.

Drugim celem rozdziału jest skonfrontowanie kognitywnych studiów nad nauką i technologią z omawianymi w poprzednim rozdziale badaniami z zakresu socjologii i antropologii nauki. Stosunek do społecznych i antropologicznych ujęć jest w ramach kognitywnych studiów nad nauką niezwykle zróżnicowany. Część badaczy stosuje analogiczne modele i podejścia, dochodząc do zbieżnych wniosków na temat nauki. Istnieją jednak obszary gorących kontrowersji między badaczami społecznymi i kognitywistami zajmującymi się zagadnieniem poznania naukowego. Spory te omówię na przykładzie debaty wokół komputerowych symulacji procesów odkrycia naukowego, które były traktowane przez część badaczy jako argument na rzecz odrzucenia mocnego programu socjologii wiedzy (zob. Slezak 1989a, 1989b). Ostatecznie będę zmierzał do wskazania pewnego wspólnego gruntu, na którym spotykają się kognitywne i społeczne studia nad nauką.

Charakterystyka pola badawczego

Prezentację kognitywnych studiów nad nauką warto zacząć od porównania ich z STS pod względem poziomu instytucjonalizacji. STS, jeszcze na długo przed sformułowaniem tego mocnego programu socjologii wiedzy, stanowiły silnie zinstytucjonalizowane pole badawcze o bogatej tradycji, które skupiało szerokie grono badaczy. W ramach STS wykształciło się kilka wpływowych szkół oraz rozwojowych programów badawczych. Jeżeli chodzi o organizację STS, to funkcjonuje tu szereg prestiżowych periodyków naukowych, wśród których wymienić należy przede wszystkim *Social Studies of Science* oraz *Science, Technology & Human Values*. Warto wspomnieć o różnych cennionych seriach wydawniczych, między innymi o *Inside Technology*. Wydziały i katedry STS istnieją na wielu czołowych uczelniach świata. Silna instytucjonalizacja nie doprowadziła w tym przypadku do skostnienia. Przedstawiciele STS nie ograniczają się do reprodukcji myśli klasyków – aplikują w twórczy sposób funkcjonujące już koncepcje i narzędzia, rozwijają je, a niejednokrotnie proponują nowe ujęcia. Wreszcie nie należy zapominać o licznych przedsięwzięciach przedstawicieli STS nakierowanych na praktyczne rezultaty. Mowa głównie o nurtach *public understanding of science* oraz *science governance*. Przechodząc do charakterystyki kognitywnych studiów nad nauką i technologią, należy stwierdzić, że instytucjonalizacja tego nurtu jest na wczesnym etapie. Zgodnie z wiedzą autora, jak dotąd nie pojawiły się żadne czasopisma naukowe związane z tym nurtem. Wśród przedstawicieli tej dyscypliny nie brak jednak sławnych nazwisk. Można do niej zaliczyć między innymi historyka i filozofa nauki Davida Goodinga, kognitywistę i filozofa nauki Ronalda Giera'a oraz psychologa nauki Davida Klahra. Z kognitywnymi studiami nad nauką wiąże się również osoba nieżyjącego już Herberta A. Simona. Wśród jego licznych dokonań badawczych w dziedzinie psychologii, ekonomii oraz badań nad sztuczną inteligencją, należy wskazać jego prace z zakresu komputerowego modelowania procesów odkrycia naukowego. Zauważmy, że Simon oraz inni naukowcy zajmujący się tworzeniem komputerowych symulacji odkryć naukowych prowadzili swoje prace na długo, zanim zaczęto mówić o kognitywnych stu-

diach nad nauką i traktować je jako nowe, osobne pole badawcze (Simon 1977; Simon, Langley, Bradshaw 1981; Langley et al. 1987).

W ramach kognitywnych studiów nad nauką funkcjonują przedstawiciele różnych podejść teoretycznych i metodologicznych. Nie wykształcił się tu pojedynczy program badawczy lub jedno spójne podejście do problematyki poznania naukowego. Co w takim razie pozwala twierdzić, że mamy do czynienia z wyłanianiem się nowej dyscypliny naukowej? Wśród powodów, dla których jest uzasadnione posługiwanie się określeniem „kognitywne studia nad nauką i technologią”, można wskazać między innymi dużą liczbę artykułów naukowych dotyczących procesów poznawczych w nauce, publikowanych na łamach czołowych czasopism kognitywistycznych, np. *Cognitive Science* (zob.: Klahr, Dunbar 1988; Kulkarni, Simon 1988; Qin, Simon 1990; Dunbar 1993; Schraagen 1993; Okada, Simon 1997; Schunn, Anderson 1999). Należy również wspomnieć o szeregu antologii prezentujących pierwsze istotne ustalenia realizowanych w tym nurcie badań (zob.: Magnani, Nersessian, Thagard, red., 1999; Carruters, Stich, Siegel, red., 2002; Magnani, Nersessian, red., 2002). Szczególnie ważną okazuje się praca zbiorowa *Scientific and Technological Thinking* pod redakcją Michaela Gormana, Ryana Tweneya, Davida Goodinga i Alexandry Kincannon (2005). Zawiera ona publikacje najważniejszych przedstawicieli tego nurtu. Dodajmy, że redaktorzy wspomnianej antologii sami posługują się określeniem „kognitywne studia nad nauką i technologią” w odniesieniu do rosnącego korpusu badań realizowanych na pograniczu historii, etnografii, socjologii, filozofii i psychologii.

Warto zaznaczyć, że część badaczy reprezentujących ten nurt jest silnie związana z STS. Mowa między innymi o Davidzie Goodingu oraz Michaelu Gormanie. Pola kognitywnych studiów nad nauką nie można jednak utożsamiać z badaniami socjologów i etnografów nauki. STS skupiało się na szerokim spektrum problemów – poza aspektami metodologicznymi i *stricte* poznawczymi analizowano wymiar kulturowy, dyskursywny i polityczny nauki. W praktyce wielu przedstawicieli STS formułowało obserwacje dotyczące kognitywnego aspektu nauki niejako mimochodem, przy okazji badań kulturowych. Tymczasem kognitywny nurt badań nad nauką skupia się właśnie na poznawczym aspekcie pracy naukowej – poszukuje odpowiedzi na py-

tania o to, jak przebiega poznanie naukowe, dzięki czemu badacze są w stanie identyfikować regularności i dokonywać predykcji oraz w jaki sposób rozwiązują oni problemy badawcze. Jednocześnie pole to czerpie z o wiele szerszego spektrum tradycji niż STS. Choć w ramach społecznych studiów istnieje wiele perspektyw, to większość z nich jest związana w istotny sposób z naukami społecznymi, ewentualnie historią lub filozofią nauki. Kognitywne studia nad nauką mają jeszcze bardziej interdyscyplinarny charakter – oprócz wiedzy socjologicznej i historycznej wykorzystuje się tu również koncepcje psychologiczne i neuronaukowe.

Interdyscyplinarność kognitywnych studiów nad nauką jest widoczna przede wszystkim w dziedzinie wykorzystywanych metod badawczych. STS opierało się na skrupulatnych rekonstrukcjach historycznych i obserwacjach uczestniczących prowadzonych w oparciu o metodologię etnograficzną. Wykorzystywano również takie metody, jak wywiady socjologiczne, analizę konwersacyjną połączoną z drobiazgowym opisem komunikacji niewerbalnej czy analizę dyskursu. Wszystkie te metody zostały z powodzeniem przeniesione na grunt kognitywnych studiów nad nauką. W ramach tego nurtu wykorzystano również szeroki wachlarz metod wywodzących się spoza STS (zob. np.: Klahr, Simon 1999, 2001; Klahr 2005; Nersessian 2005). Metody te można podzielić na sześć kategorii: (1) *in vivo*; (2) *in vitro*; (3) *ex vivo*; (4) *in historico*; (5) *in magnetico*; (6) *in silico* (Dunbar, Fugelsang 2005). Każda z grup metod prezentuje obiekt w odmienny sposób, ewentualnie – jeżeli odwołać się do kategorii Latoura – prowadzi do innej translacji rzeczywistości. W wyniku zastosowania różnych metod obiekt gubi i nabiera odmiennych właściwości. Każda z metod ma różnego rodzaju zalety i wady. Przyjrzyjmy się zatem bliżej poszczególnym kategoriom.

In vivo

Metody *in vivo* polegają na próbie uchwycenia tego, co naukowcy robią, jak rozumują i jak działają w swoim środowisku pracy – w laboratoriach i na seminariach badawczych (Dunbar, Blanchette 2001;

Dunbar, Fugelsang 2005). Jest to zatem próba przebadania naukowców realizujących czynności poznawcze w „naturalnych” dla nich warunkach. Chodzi tu o analizę nauki w działaniu, nie zaś wstecznie zracjonalizowane sprawozdania badaczy z realizowanych przez nich czynności. Przykładem zastosowania takiego podejścia są nie tylko prace Latoura i Knorr Cetiny, ale także szereg badań realizowanych w ramach podejść kognitywnych (zob.: Nersessian et al. 2003; Nersessian 2005; Trickett, Schunn, Trafton 2005).

Warto wspomnieć tu między innymi o badaniach psychologa Kevina Dunbara. Przez rok prowadził on obserwacje w trzech laboratoriach zajmujących się biologią molekularną oraz w jednym laboratorium immunologicznym. Zrealizował szereg wywiadów z naukowcami oraz uczestniczył w zebraniach pracowników laboratoriów: zarówno regularnych seminariach, odczytach, jak i improwizowanych spotkaniach. Zapoznał się z szeregiem podań o granty oraz licznymi, wstępnymi wersjami artykułów naukowych (Dunbar 1994). Poddał szczegółowej analizie 12 formalnych spotkań mających miejsce w pracowniach zajmujących się biologią molekularną, w ramach których omawiano w sumie 28 projektów badawczych, 165 eksperymentów i 417 szczegółowych wyników. Dane te przytaczam nie bez powodu. Uświadamiają nam one bowiem ogromny nakład pracy, jaki wiąże się ze zbieraniem i obróbką danych w ramach badań typu *in vivo*. Dla porównania warto przypomnieć, iż badania Bruno Latoura w Instytucie Salka trwały ponad dwa lata (Latour, Woolgar 1979: 39–40). Z kolei Kathryn Henderson swoją książkę *On Line and On Paper* dotyczącą pracy inżynierów napisała w oparciu o analizy kalifornijskich instytucji zajmującymi się projektowaniem i wdrażaniem nowych rozwiązań technologicznych. Przez ponad rok pracowała w jednym z kalifornijskich przedsiębiorstw zajmujących się projektowaniem i produkcją turbin na stanowisku technicznym jako kreślarz. Dodatkowo przeprowadziła analogiczne badania w firmie zajmującej się urządzeniami medycznymi oraz zrealizowała pogłębione wywiady z pracownikami około trzydziestu innych firm ze Wschodniego Wybrzeża (Henderson 1999: 7). Należąca do młodego pokolenia przedstawicieli STS Natasha Myers prowadziła obserwacje uczestniczące w laboratoriach biologii molekularnej przez

cztery lata (Myers 2008). Widać zatem, jak czasochłonne są badania *in vivo*.

Inny problem związany z tą kategorią metod polega na tym, że ich wykorzystanie wymaga dużych zasobów wiedzy milczącej i doświadczenia. Często nadużywa się określenia „metoda etnograficzna”, stosując je w odniesieniu do wszystkich form obserwacji praktyk w naturalnym otoczeniu. Tymczasem opanowanie warsztatu etnograficznego wymaga porównywalnych nakładów pracy i nie mniej czasochłonnego treningu, co stawanie się biologiem lub fizykiem. W pierwszym rzędzie metoda etnograficzna wymaga umiejętności „utrzymania równowagi pomiędzy perspektywami konwertyty i Marsjanina” (Davis 1973). Jeśli badacz przejmie wzorce i treści badanej kultury, będzie mu się ona jawiła jako naturalna i nieproblematyczna. Jeżeli jednak etnograf nie wkroczy w analizowaną kulturę, nie będzie w stanie zrozumieć jej istotnych aspektów i praktyk. Analizy etnograficzne zasadzają się w dużej mierze na świadomej refleksji i nieustannym problematyzowaniu samego procesu badawczego. Dunbar – jak sam przyznaje – w przeciwieństwie do przywołanych tu badaczy, nie miał za sobą treningu etnograficznego. Jednak jego badania nie miały na celu rekonstrukcji kulturowego wymiaru pracy naukowej. Jego podejście było zbliżone bardziej do analiz etnometodologicznych, jakie prowadził Michael Lynch (1985a).

Kolejny problem z metodami *in vivo*, zdaniem Kevina Dunbara i Jonathana Fugelsanga (2005: 59), polega na tym, że nie dają one dostępu do niezwerbalizowanych procesów poznawczych. Jest to uwaga słuszna, ale tylko i wyłącznie przy założeniu pewnej konkretnej wizji poznania i umysłu, która skupia się na wiedzy propozycjonalnej lub operacjach na symbolach. Metoda etnograficzna rzeczywiście nie daje nam dostępu do tego, co dzieje się „w głowach” personelu analizowanego tu systemu. Jednak wciąż możemy badać szereg czynności i procesów, które mają charakter zabiegów poznawczych lub „obliczeniowych”, realizowanych w sposób kolektywny, ewentualnie w interakcji z materialnymi elementami otoczenia badacza. Co jednak istotne, tego typu czynności poznawcze nie zawsze mają zwerbalizowany charakter. Możemy śledzić nie tylko rozumowania członków wspólnoty lub zespołu, ich komunikację, ale także te czyn-

ności, które w dalszej części pracy określam jako „myślenie za pomocą rąk i oczu”.

Omawiając metody *in vivo*, nie sposób nie wspomnieć o jeszcze jednym nowatorskim studium przeprowadzonym przez Jeffa Shragera (2003, 2005). Badania etnograficzne i obserwacje uczestniczące pokazują, w jaki sposób tworzy się nową wiedzę i technologie, jednak nie pozwalają nam zrozumieć, w jaki sposób ludzie stają się naukowcami – nie ukazują procesów socjalizacji i akulturacji, podczas których młodzi adepci opanowują techniki manipulacji, prezentacji i komunikacji charakterystyczne dla różnego rodzaju wspólnot naukowych. W 1996 roku Shrager podjął starania, by stać się biologiem molekularnym specjalizującym się w badaniach nad fitoplanktonem. Z wykształcenia był informatykiem i psychologiem poznawczym. Jego znajomość chemii, fizyki i biologii ograniczała się do wiedzy wyniesionej z kilku podstawowych kursów. W 1999 roku został członkiem laboratorium biologii roślin na Stanford University, początkowo pracując tam na pół etatu. Istotne jest to, że jego główną motywacją było – a przynajmniej sam tak twierdzi – wniesienie wkładu przede wszystkim do biologii, nie zaś nauk kognitywnych. Możemy zatem przyjąć, że prezentowane przez niego materiały ukazują nam autentyczny proces stawania się biologiem.

Pojawiają się tutaj pewne wątpliwości. W jakim stopniu możemy traktować Shragera jako wiarygodnego informatora? Przykładowo: czy jego sprawozdanie nie jest obciążone wsteczną racjonalizacją? Czy nie dokonuje on rekonstrukcji procesu socjalizacji do wspólnoty poznawczej z perspektywy „konwertyty”? Część możliwych zarzutów unieważnia fakt, iż nie musimy wcale opierać się na sprawozdaniu Shragera, który już stał się pełnoprawnym członkiem wspólnoty biologów molekularnych. Otóż począwszy od 2000 roku, kiedy to zaczął pracować w laboratorium biologicznym w pełnym wymiarze godzin, Shrager prowadził pamiętnik, notując w nim na bieżąco wszystkie swoje spostrzeżenia. Od maja do grudnia 2000 roku dokonał w nim 75 wpisów (Shrager 2003). Dają nam one wgląd w proces stopniowego stawania się biologiem, a zarazem dostarczają pierwszoosobowego opisu praktyki laboratoryjnej. Co więcej, jak zauważa Shrager, wykorzystana przez niego metoda może znaleźć zastosowanie w ba-

daniach na szeroką skalę. Propozycja Shragera jest następująca: należy wyłonić spośród młodych ludzi rozpoczynających studia grupę, która po przeszkoleniu w dziedzinie podstawowych metod obserwacji uczestniczącej i motywowana małym stypendium będzie prowadziła dziennik, w którym odnotuje swoje bieżące obserwacje i doświadczenia (Shrager 2005: 134).

In vitro

Metody *in vitro* polegają na systematycznym badaniu sposobów, w jaki nie-naukowcy radzą sobie z problemami naukowymi. Ujmując to nieco inaczej, chodzi tu o próby eksperymentalnej symulacji pracy naukowej w warunkach laboratorium psychologicznego. Badania tego typu są prowadzone z udziałem laików, co wymaga od eksperymentatorów dokonywania szeregu uproszczeń. Przykładowo, uczestnikom symulacji można przekazać jedynie niewielką ilość wiedzy związanej z daną domeną problemową. Nie można także wymagać od nich znajomości umiejętności technicznych potrzebnych do pracy laboratoryjnej. Również zadania, jakie mają wykonać badani w ramach doświadczenia, muszą być relatywnie proste. Eksperymenty *in vitro* zakładają niekiedy rozwiązywanie problemów charakteryzujących się jedynie podobną strukturą do problemów naukowych. Częstokroć projektuje się je z myślą o symulowaniu nie tyle określonych dziedzin nauki lub badań, co konkretnych czynności badawczych, takich jak stawianie i sprawdzanie hipotez, wyciąganie wniosków teoretycznych czy projektowanie samych eksperymentów. Szereg symulacji tego typu zaprojektowali i przeprowadzili David Klahr, Kevin Dunbar i Anne L. Fay, a także Herbert A. Simon (Klahr, Dunbar 1988; Simon 1992; Dunbar 1993, 1994; Klahr, Fay, Dunbar 1993; Baker, Dunbar 2000; Klahr 2000). Przyjrzyjmy się bliżej przykładowej próbie odtworzenia procesu badawczego w warunkach laboratorium psychologicznego.

Laboratoryjne symulacje procesu odkrycia na przykładzie eksperymentów z *Big Trak*

W ramach jednego ze swoich doświadczeń przeprowadzonych w współpracy z Dunbarem, Klahr prosił badanych, by odgadli jedną z funkcji sterowania prostego urządzenia o nazwie *Big Trak* (Klahr 2000: 41–82). Był to zabawkowy czołg sterowany za pomocą konsoly, która pozwala wprowadzić do urządzenia sekwencję kilkunastu różnych poleceń. Instrukcje, jakie można wydawać urządzeniu, to: skręć w lewo (\leftarrow), skręć w prawo (\rightarrow), jedź do przodu (\uparrow), jedź do tyłu (\downarrow), oddaj „strzał” (FIRE). Oprócz tego konsoleta pozwalająca wprowadzać polecenia zawiera klawiaturę numeryczną (0–9), klawisz *clear* (CLR/Home), który anuluje cały poprzedni program, oraz przycisk start (GO), po naciśnięciu którego *Big Trak* wykona wpisany uprzednio program. Aby zaprogramować urządzenie, trzeba wyczyścić poprzednie instrukcje, wpisać nową sekwencję komend, każdą opatrując wartością liczbową. Przykładowy program to: CLR \uparrow 5 \leftarrow 7 \uparrow 3 \rightarrow 15 FIRE2 \downarrow 8. Po naciśnięciu GO czołg-zabawka pojedzie do przodu o 5 stóp, skręci w lewo o 7 minut, czyli o 42 stopnie (każda minuta oznacza tu 6 stopni, co odpowiada wartości kąta między minutami na tarczy zegarka), pojedzie do przodu o 3 stopy, zaświeci dwukrotnie swoim diodami i pojedzie do tyłu o 8 stóp. Badanych szkolono w obsłudze zabawki. Mieli oni podawać komendy eksperymentatorowi, który wprowadzał je do urządzenia (Klahr 2000: 43–46).

Po przeszkoleniu badanych informowano o istnieniu dodatkowego przycisku opatrzonego literami RPT. Zadanie badanych polegało na wywnioskowaniu funkcji tego klawisza. Mogli oni eksperymentować, układając programy dla czołgu-zabawki z użyciem funkcji RPT i obserwować wyniki. Badani mogli w jednym programie użyć polecenia RPT n tylko jeden raz. Poproszono ich również, by udzielali odpowiedzi dopiero wtedy, kiedy będą jej pewni – eksperymentator nie potwierdzał, czy odpowiedź była prawidłowa.

Oczywiście już sam skrót RPT (od ang. słowa *repeat*) sugerował możliwą funkcję klawisza. Większość badanych zakładała na początku, że RPT n powoduje powtórzenie całego programu n razy.

Inna narzucająca się badanym hipoteza była taka, że funkcja RPT powoduje jednokrotne powtórzenie n kroku programu. Powszechnie formułowane hipotezy na temat działania RPT n można podzielić na trzy grupy. W pierwszej grupie n działa jako licznik – informuje o tym, ile razy ma zostać powtórzony z góry określony krok lub kroki (na przykład: n powtórzeń całego programu; n powtórzeń pierwszego kroku; n powtórzeń poprzedniego kroku). W drugiej grupie hipotez n działa jako selektor – informuje, jakie kroki mają zostać powtórzone (na przykład: jednokrotne powtórzenie kroku n ; jednokrotne powtórzenie pierwszych n kroków). Badani formułowali też hipotezy, w przypadku których wartość liczbową n nie miała wpływu na realizację funkcji RPT (na przykład: jedno powtórzenie ostatniego kroku; jedno powtórzenie całego programu). Prawidłowe rozwiązanie problemu było takie, że polecenie RPT n powoduje jednokrotne powtórzenie n ostatnich kroków programu (n działało jako selektor, a liczba powtórzeń była z góry ustalona).

Sytuację stworzoną przez Klahra można potraktować jako symulację eksperymentu naukowego. Badani mieli stawiać hipotezy, obserwowali wyniki „przeprowadzanych testów doświadczalnych” i stawiać dalsze „hipotezy” aż do uzyskania potwierdzenia któreś z nich i na podstawie tego „dowodu” udzielić końcowej odpowiedzi. Jednocześnie proszono ich, by *explicite* formułowali swoje bieżące przypuszczenia oraz oczekiwane przez nich rezultaty „eksperymentów”. Badani byli traktowani tu jako odpowiednicy naukowców, którzy posiadli wiedzę specyficzną dla dziedziny problemowej (nauczono ich obsługi urządzenia). Kierujący eksperymentem rejestrował zachowania badanych, które porównywano następnie z najszybszą drogą dojścia do prawidłowej odpowiedzi. W protokole eksperymentu odnotowywano wydane przez badanych komendy oraz ich wypowiedzi.

Zastanówmy się, w jaki sposób projektanci eksperymentu z *Big Trak* wyobrażali sobie hipotetyczne, optymalne zachowanie badanych. Jedną z możliwych dróg dojścia do rozwiązania problemu składała się z następujących „hipotez” i „testów”:

Hipoteza nr 1: Funkcja RPT n powoduje powtórzenie całego programu n razy.

Hipoteza nr 2: Funkcja RPT n powoduje powtórzenie n kroku programu.

Eksperyment nr 1: \uparrow_1 RPT₁

Wynik eksperymentu nr 1: $\uparrow_1 \uparrow_1$

Eksperyment nr 2: \uparrow_1 FIRE₂ \downarrow_1 RPT₂

Wynik eksperymentu nr 2: \uparrow_1 FIRE₂ \downarrow_1 FIRE₂ \downarrow_1

Pierwszy z zaprojektowanych eksperymentów nie dostarcza wielu wskazówek; nie pozwala nawet rozstrzygnąć między hipotezą 1 i 2. Drugi test jest na tyle krótki, że można łatwo śledzić jego przebieg, a poszczególne punkty programu są łatwo odróżnialne. Pozwala on również odrzucić hipotezy 1 i 2, gdyż faktyczne działanie zabawki jest niezgodne z budowanymi na ich gruncie przewidywaniami. Analiza funkcjonowania czołgu pozwala nie tylko wykluczyć hipotezy 1 i 2, ale wskazuje kolejne możliwe wytłumaczenie – mogliśmy zauważyć, że czołg powtórzył dwa ostatnie kroki programu, a wartość, którą przypisaliliśmy RPT, wynosiła właśnie 2 (Klahr 2000: 46–48).

Oczywiście przeprowadzane przez badanych „eksperymenty” odbiegały w znaczący sposób od tej idealnej wizji rozwiązania, którą zaproponowali sami eksperymentatorzy, znając już właściwą odpowiedź. Badani przeprowadzali najczęściej kilka lub kilkanaście eksperymentów. Niejednokrotnie przeprowadzane przez nich testy były na tyle skomplikowane, że trudno było im śledzić ich przebieg, jak również wyciągać z nich wnioski. Co więcej, badani wychodzili często od innych hipotez niż te, które brali pod uwagę projektanci eksperymentu z *Big Trak*. Niektórzy z nich formułowali hipotezy dotyczące funkcji RPT n , w których nie przypisywali wartości liczbowej n żadnego znaczenia. Wielu badanych zaskoczyło eksperymentatorów, przyjmując, że komenda RPT nie działa wstecz, na poprzedzające ją instrukcje (co wydawało się oczywiste Klahrowi i jego współpracownikom), ale jedynie na następujące po niej polecenia. W odpowiedzi na to zaskakujące zachowanie uczestników doświadczenia w późniejszych wersjach zabroniono formułowania takich hipotez (Klahr 2000: 51).

W oparciu o analizę faktycznie przyjmowanych strategii Klahr i Dunbar podzielili badanych na dwie grupy: „eksperymentatorów” i „teoretyków” (Klahr 2000: 62–71). Obie grupy zaczynały poszukiwać rozwiązania, wychodząc od sprawdzenia wstępnych hipotez, które okazywały się najczęściej nie znajdować potwierdzenia. Najczęściej badani błędnie zakładali, że n w poleceniu mówi o liczbie powtórzeń. W obliczu pierwszych porażek „eksperymentatorzy” zaczęli wydawać kolejne polecenia bez formułowania wyraźnych hipotez, licząc na to, że zaprojektowane przez nich „doświadczenia” podsuną im prawidłowe rozwiązanie. „Teoretycy” z kolei zmieniali swoje hipotezy. Co istotne, ich kolejne hipotezy były zbliżone do pierwszych. Przykładowo, jeżeli przyjmowali, że wartość n informuje o tym, które kroki mają zostać powtórzone, nie zaś o tym, ile razy ma zostać powtórzona z góry określona sekwencja kroków, wtedy najczęściej formułowali kolejną hipotezę, w której n pełniło podobną funkcję. Zmiana pierwotnej ramy organizującej proces myślowy następowała w przypadku „teoretyków” nie w wyniku eksperymentowania „na ślepo”, ale w oparciu o analizę dotychczasowych wyników. Zarówno strategia „eksperymentatorów”, jak i „teoretyków” prowadziła ostatecznie do prawidłowego rozwiązania. Jednakże rozwiązanie problemu zajmowało teoretykom dwa razy mniej czasu przy podobnym tempie przeprowadzania „doświadczeń”.

Okazało się również, że badani byli skłonni projektować eksperymenty, które potwierdzały prawdziwość ich hipotez. Jest to strategia skuteczna, ale tylko wtedy, gdy prawdziwość danej hipotezy jest mało prawdopodobna. W innym wypadku lepiej poszukiwać danych, które mogłyby obalić daną hipotezę. W literaturze tego typu mechanizm psychologiczny jest określany jako *confirmation bias* (Klayman, Ha 1987).

Podsumowując, powyższy eksperyment stanowił symulację wybranych czynności badawczych. Badani mieli rozwiązywać zadania, które jedynie przypominały problemy naukowe. Miały podobną strukturę (przynajmniej w świetle przyjmowanej przez Klahra wizji nauki), zakładały podobne operacje i wykazywały odpowiedni poziom złożoności. Oczywiście można się tu spierać, na ile wiarygodną symulacją odkrycia naukowego jest powyższy eksperyment Klahra

i Dunbara. Dlatego właśnie badacze wykorzystujący metody *in vitro* starają się konstruować eksperymenty, które stanowią symulacje historycznych odkryć naukowych.

Eksperymentalna rekonstrukcja procesu odkrycia genów regulujących

Jeden z ciekawszych eksperymentów *in vitro* stanowiących rekonstrukcję historycznego odkrycia naukowego przeprowadził Dunbar (1993, 1994). W swoim doświadczeniu symulował proces odkrycia mechanizmu genetycznej kontroli. W 1965 roku Jacques Monod i François Jacob otrzymali Nagrodę Nobla za odkrycie genów regulujących, które sterują aktywnością innych genów. Swojego odkrycia dokonali podczas prac nad wykorzystaniem zasobów energetycznych, takich jak glukoza, przez pałeczkę okrężnicy (łac. *Escherichia coli*)¹. Stworzono symulowane „laboratorium” genetyczne, gdzie badani mogli wysuwać i testować hipotezy, przeprowadzając eksperymenty z różnymi mutacjami *Escherichia coli*. Oczywiście badani nie powtarzali czynności laboratoryjnych, których realizacja jest czasochłonna i wymaga lat wprawy oraz posiadania bogatych zasobów wiedzy milczącej. Na rzeczzone „laboratorium” składał się interfejs komputera, dzięki któremu badani mogli wprowadzać różnego rodzaju propozycje testów i obserwować ich wyniki. Innymi słowy, wymiar praktyki laboratoryjnej ponownie został pominięty, a praca

¹ *Escherichia coli* potrzebuje do życia glukozy. Najpowszechniejszym źródłem glukozy w jej środowisku jest laktoza. Kiedy laktoza jest obecna, bakteria wydziela beta-galaktozydazę – enzymy, które rozkładają laktozę na glukozę. Enzym jest wydzielany tylko wtedy, gdy jest obecna laktoza. Jacob i Monod odkryli, że zestaw genów regulujących jest odpowiedzialny za inhibicję genów odpowiedzialnych za produkcję enzymu do czasu, aż staje się on potrzebny. Mechanizm polega na tym, że w obecności laktozy inhibitor przyczepia się właśnie do cząsteczek laktozy, pozwalając działać genom odpowiedzialnym za produkcję enzymu. Kiedy laktoza zostaje zużyta, inhibitory ponownie przyłączają się do zestawu genów odpowiedzialnych za produkcję enzymów i blokują je. Badacze odkryli to, dokonując szeregu mutacji obu zestawów genów. Co więcej, mechanizm regulacji odkryty u *Escherichia coli* okazał się generalnym mechanizmem regulacji genetycznej (zob. Dunbar 1994: 365–366).

naukowa została tu wymodelowana jako stawianie i sprawdzanie hipotez. Do kwestii tej wrócimy w dalszej części rozdziału.

W ramach dwóch studiów proszono badanych, by „odkryli”, w jaki sposób jedne geny kontrolują inne. Dołożono starań, by uczestnicy badań posiadali wiedzę podobną do tej, jaką dysponowali obaj Nobliści tuż przed dokonaniem swojego odkrycia. Zapoznano ich między innymi z hipotezą mówiącą o mechanizmach wzajemnej aktywacji genów.

W pierwszym studium badani mieli odkryć, że dane geny były inhibitorami. Jak można było się spodziewać, wyszli oni od teorii genów jako aktywatorów uruchamiających produkcję enzymów. Nie znajdowali jednak danych potwierdzających te przypuszczenia. Stosowali w tej sytuacji dwie strategie. Jedna polegała na dalszych poszukiwaniach mających na celu potwierdzenie hipotezy aktywacyjnej. Żaden z badanych, który obrał tę drogę, nie doszedł do prawidłowego rozwiązania. Druga strategia polegała na próbie wyjaśnienia uzyskanych danych. W ten sposób badani byli w stanie generować nowe hipotezy, znajdując wreszcie taką, która była zgodna z uzyskiwanymi wynikami. Wniosek był taki, że wszyscy badani stawiali sobie na początku za cel znalezienie potwierdzenia oczywistej dla nich hipotezy. Cel ten uniemożliwiał jednak realizację zadania wskazanego przez eksperymentatora, jak również wyjaśnienie zaskakujących ustaleń.

W drugim studium przetestowano hipotezę, wedle której próba realizacji jednego celu uniemożliwia ustanawianie innych celów. Warunki eksperymentu były takie, że jeden z badanych genów uczyniono aktywatorem, a dwa inne inhibitorami. Przypuszczano, że badani, kierowani wstępnymi hipotezami, będą początkowo szukali aktywatorów wśród genów. Osiągnąwszy cel, zaczną poszukiwać wyjaśnienia dla zaskakujących rezultatów, które uzyskali. Wtedy będą w stanie sformułować hipotezę inhibicyjną. Tak właśnie się stało. W studium tym dwa razy więcej badanych zaproponowało hipotezę inhibicyjną niż w studium pierwszym i więcej doszło do poprawnych konkluzji. Zaobserwowany w drugim studium wzorzec postępowania, według którego na początku poszukuje się potwierdzeń hipotezy, a później skupia się na elementach niepasujących do

niego (*confirm early – disconfirm later*), jest dość często rejestrowany w eksperymentach z zakresu psychologii nauki (Tweney, Doherty 1993; Klahr 2000). Wyniki doświadczeń Dunbara potwierdzają przypuszczenie, wedle którego cele ustalone przez podmiot określają, kiedy oraz w jaki sposób wykorzysta on zaskakujące wyniki niezgodne z jego hipotezami. Innymi słowy, cele ustalone przez badanych były tu kluczowe dla procesu odkrycia. Jedynie poszukiwanie przyczyn zaskakujących ustaleń w połączeniu ze zmianą celów umożliwiała odkrycie.

Wyniki tych studiów pozwalają nam sądzić, że jest możliwe zrozumienie istotnych aspektów rozumowania naukowego przez reprodukcję (ewentualnie „symulowanie”) procesu odkrycia w laboratoriach psychologicznych w ramach eksperymentów prowadzonych na laikach. Jednak w przeciwieństwie do studiów prowadzonych za pomocą metod *in vivo*, eksperymenty Dunbara i Klahra nie pozwalają na ustalenie roli materialnego kontekstu i interakcji społecznych w procesie odkrycia naukowego i innowacji technologicznej.

Nie oznacza to oczywiście, że metody *in vitro* w ogóle nie pozwalają uchwycić wspomnianych wymiarów procesu odkrycia. Warto przywołać tu eksperyment psychologiczny, który przeprowadzili Takesi Okada i Herbert A. Simon (1997). Usiłowali oni przebadać proces grupowego odkrycia naukowego. W tym celu powtórzyli eksperyment Dunbara realizowany w symulowanym laboratorium genetycznym, tym razem jednak porównując sposób rozwiązywania problemu przez jednostki z tym, jak z zadaniem radziły sobie pary. Okazało się, że dwuosobowe zespoły radziły sobie zdecydowanie lepiej z zadaniem. Okada i Simon przetestowali kilka hipotez mających wyjaśnić uzyskany rezultat eksperymentu. Pierwsza hipoteza, którą wzięli pod uwagę, mówiła, że pary mają po prostu dwa razy większą szansę na udzielenie trafnej odpowiedzi, niezależnie od wzajemnej interakcji. Dane wskazywały jednak, że lepsze wyniki par nie stanowiły efektu działania zdolniejszego członka zespołu, lecz wzajemnej interakcji. Okada i Simon rozważali również możliwość, że pary mają po prostu dwa razy więcej czasu na wykonanie zadania. Ta hipoteza okazała się również niezgodna z wynikami. Pary nie proponowały więcej hipotez i nie przeprowadza-

ły więcej eksperymentów niż pojedynczy badani. Podczas symulacji pary sprawniej dochodziły do właściwego rozwiązania bez konieczności eksperymentowania lub snucia hipotez „na ślepo”. Ostatecznie w oparciu o analizę danych ilościowych oraz jakościową analizę przebiegu poszczególnych interakcji Okada i Simon doszli do wniosku, że przewaga par w rozwiązywaniu problemu polegała na tym, że bardziej aktywnie uczestniczyły one w czynnościach wyjaśniających (częściej rozważały hipotezy, dyskutowały zasadność eksperymentów oraz wnioski z doświadczeń). Członkowie zespołu wzajemnie zmuszali się do tłumaczenia swoich przekonań, co pozwalało na formułowanie nie tylko klarownych hipotez, ale również artykułowanie pewnych ukrytych i nie zawsze słusznych założeń. Przede wszystkim jednak prośby o wyjaśnienie sprawiały, że badani zaczęli rozważać hipotezy z nowej grupy. Co również interesujące, często właściwa hipoteza pojawiała się, kiedy jeden badany podążał za rozumowaniem drugiego, uzupełniając je lub krytykując.

Studium Okady i Simona pokazuje, że za pomocą eksperymentów *in vitro* można badać proces grupowego rozwiązywania problemów. Jednak tego typu badania, zarówno w ramach studiów nad nauką, jak i badań nad szeroko rozumianym rozwiązywaniem problemów są stosunkowo nieliczne (zob. np.: Gorman et al. 1984; Laughlin 1988, 1991).

Ex vivo

Kolejną kategorię stanowią metody *ex vivo*. W swoich założeniach podejścia *ex vivo* łączą wybrane zalety metod *in vivo* i *in vitro*. W biologii określenie *ex vivo* stosuje się w odniesieniu do procedur eksperymentalnych, w których organ lub tkanka są usuwane z organizmu, hodowane *in vitro*, mieszane z materiałem biologicznym innego pochodzenia i ponownie wszczepiane do organizmu. W kognitywnych studiach nad nauką określenie *ex vivo* odnosi się do metod i technik, które zakładają „wyjęcie” naukowca z właściwego mu kontekstu działania i poddanie próbom mającym na celu rozwiązanie problemów analogicznych do tych, z jakimi spotyka się on w swojej pracy.

Przykładowo, Christian Schunn i John Anderson (1999) prosili swoich respondentów o zaprojektowanie eksperymentu należącego do ich dziedziny problemowej. Podobne badania prowadzili Jan Maarten Schraagen (1993) oraz Lisa Baker i Kevin Dunbar (2000). W założeniach metody *ex vivo* mają pozwolić na badanie rozwiązywania przez naukowców skomplikowanych problemów, przy zachowaniu restrykcyjnych warunków eksperymentalnych.

Inną metodą należącą do kategorii *ex vivo* są wywiady kognitywne z naukowcami. Jednak jak już wspominaliśmy, metoda ta jest narażona na wypaczenia związane z tym, że naukowcy mogą pomijać pewne aspekty, sądząc, że są one nieinteresujące dla prowadzącego wywiad socjologa lub kognitywisty. Co więcej, naukowiec może mieć problem z wyartykułowaniem wiedzy milczącej, stanowiącej podstawę jego warsztatu. Przede wszystkim jednak istnieje ryzyko, że wypowiedzi naukowców wyjaśniających swoje działania będą obarczone wsteczną racjonalizacją. Innymi słowy, naukowcy bardzo często, zamiast zdać szczegółową relację ze swoich prac, odwołują się do kulturowo zinstytucjonalizowanych, stereotypowych wyjaśnień procesu badawczego. Ucieczka do tego typu wyjaśnień jest tym bardziej prawdopodobna, im większe trudności sprawia wyartykułowanie wiedzy milczącej.

Metody należące do tej grupy *ex vivo* nie ograniczają się wyłącznie do wyrwania czynnika ludzkiego z naukowego kontekstu. Można tu zaliczyć również metodę badania pamiętników naukowców oraz materiałów, na których pracowali. Tego typu studium przeprowadzili Bernard Carlson i Michael Gorman (1990). Analizując dokumenty Thomasa A. Edisona, zrekonstruowali jego wyobrażenia i modele mentalne realizowanego w jego laboratorium projektu kinematografu i kinetoskopu. W podobny sposób Gorman analizował proces wynalezienia telefonu przez Grahama Bella (Gorman 1992, 1997). Metoda analizy zapisków naukowców i wynalazców jest bliska kolejnej grupie, czyli metodom typu *in historico*.

In historico

Do tej kategorii metod należą między innym skrupulatne rekonstrukcje historyczne znane nam już z STS. Badania te są często oparte na analizie prywatnych zapisków sławnych uczonych i protokołów laboratoryjnych, pochodzących z ich pracowni. Wykorzystanie tego typu źródeł historycznych jest niezwykle istotne. Tego typu materiały ukazują nam najczęściej obraz odmienny od publicznego oblicza nauki. Ponownie warto tu przywołać wprowadzone przez Latoura rozróżnienie na naukę w działaniu i wstecznie zracjonalizowaną naukę w gotowej postaci. Poszukując korzeni naukowej kreatywności, nie można poprzestać na oficjalnej prezentacji pracy badaczy – aby zrozumieć odkrycia sławnych uczonych, musimy zrozumieć ich lokalny kontekst. Świetnym przykładem tego typu studium historycznego jest praca Davida Goodinga *Experiment and the Making of Meaning* (1990) poświęcona pracom badawczym Michaela Faradaya. Z kolei Nancy Nersessian (2008) usiłowała na podstawie różnego rodzaju notatek zrekonstruować analogie i metafory, do jakich odwoływał się w swoich pracach James Clerk Maxwell. Obie prace, podobnie jak przywołane wcześniej badania Carlsona i Gormana, skupiają się zarówno na modelach mentalnych, jak i narzędziach, inskrypcjach oraz różnego rodzaju fizycznych modelach i prototypach, jakie wykorzystywali analizowani naukowcy (zob. Gooding 2004, 2005). Innymi słowy, w ramach omawianych tu podejść, praktyki wynalazców i naukowców nie są analizowane wyłącznie jako procesy myślowe, ale również jako manipulacje laboratoryjne i majsterkowanie.

Zaletą podejść historycznych jest to, że najczęściej dysponujemy już zebrany materiał. Jednak o ile etnograf może próbować wybierać przedmioty swoich studiów, uzupełniać braki danych lub rozszerzać obszar poszukiwań, o tyle badacz prowadzący analizy *in historico* musi się ograniczyć do istniejących źródeł. W praktyce oznacza to najczęściej, że musimy skupiać się na analizie dokonanych sławnych uczonych. Metody historyczne wymagają porównywalnych nakładów pracy w dziedzinie analizy danych, co prace *in vivo*. W tym przypadku może pojawić się zarzut, że nauka oraz leżące u jej

podstaw metody i procesy uległy znaczącym przemianom od czasów – powiedzmy – Faradaya lub Edisona.

Do badań historycznych można zaliczyć również analizy Paula R. Thagarda (2002, 2005), w których skupił się on na biografiach i autobiografiach XX-wiecznych naukowców, takich jak Francis Crick i James Watson. Starał się on wskazać te cechy osobowości, strategie intelektualne i heurystyki badawcze, które zadecydowały o sukcesie analizowanych przez niego osób.

Kognitywni badacze nauki nie ograniczają się wyłącznie do rekonstrukcji historycznych i prób odtworzenia procesu myślowego sławnych wynalazców i odkrywców. Świątynnym przykładem są tu badania Ryana Tweneya, Ryana Mearsa i Christiane Spitzmüller (2005; zob. również Tweney 2004). Odtworzyli oni warunki laboratoryjne, w jakich w 1856 roku Michael Faraday przeprowadził swoje eksperymenty dotyczące interakcji światła i złota, związane ze zjawiskiem optycznym znanym dziś pod nazwą efektu Faradaya–Tyndalla. Badacze uznali, że kluczowy dla zrozumienia odkrycia jest jego kontekst, na który składają się między innymi różnego rodzaju materialne obiekty. Skupili swoją uwagę na urządzeniach eksperymentalnych, z których korzystał Faraday. Dodatkowo korzystali z jego osobistych zapisków. W oparciu o te zasoby byli w stanie dokonać replikacji oryginalnych eksperymentów Faradaya. Należy tu podkreślić istotną kwestię. Termin „replikacja” nie odnosi się w tym przypadku do laboratoryjnego wywołania któregoś z efektów fizycznych odkrytych przez Faradaya w oparciu o nowoczesną aparaturę, lecz do próby powielenia kolejnych kroków Faradaya, przy wykorzystaniu dokładnych replik jego aparatury, zbliżonych technik i takich samych próbek, jakie wykorzystywał w swoich doświadczeniach. Podejście takie nie tylko pozwala pokazać, w jaki sposób dokonały się pewne przeskok między modelami mentalnymi i ich realizacją w ramach eksperymentu, ale przede wszystkim daje nam lepszy wgląd w dynamiczne interakcje rąk i oczu badaczy z przedmiotem ich badań.

In magnetico

Metody należące do tej kategorii są najrzadziej stosowane w kognitywnych studiach nad nauką. Zakładają one wykorzystanie zaawansowanych technologicznie instrumentów umożliwiających funkcjonalne skanowanie mózgu badanych w sytuacji, kiedy realizują oni czynności poznawcze związane z wnioskowaniem i rozwiązywaniem problemów naukowych. Tego typu procedury badawcze to między innymi funkcjonalny rezonans magnetyczny (*functional magnetic resonance imaging*, fMRI), badania za pomocą elektroencefalografii (EEG), czy spektroskopii podczerwonej (*near-infrared spectroscopy*, NIRS), a także eksperymenty wykorzystujące magnetyczną stymulację śródczaszkową (*transcranial magnetic stimulation*, TMS). Podejmuje się obecnie próby uczynienia aparatury do badań neurokognitywnych bardziej mobilną, by móc badać procesy poznawcze ludzi działających w naturalistycznych lub naturalnych warunkach (zob. Rizzo, Robinson, Neale 2007). Sukcesy w tej dziedzinie są jednak ograniczone. Dlatego też wszelkie badania typu *in magnetico* z konieczności muszą odbywać się w warunkach laboratoryjnych. Również zadania, które powierza się badanym osobom muszą być relatywnie proste. Przykładowo, osobie poddawanej rezonansowi magnetycznemu, której ciało niemal w całości znajduje się w skanerze, można przekazywać polecenia eksperymentalne najczęściej za pomocą głosu lub wbudowanego wyświetlacza, co utrudnia komunikację.

Teoretycznie metody *in magnetico* mają pomóc odpowiedzieć nam na pytanie, co naprawdę dzieje się w mózgu badanego, gdy realizuje on wszystkie czynności kojarzone z pracą naukową, na temat których psychologowie mogli dotąd jedynie spekulować na podstawie jego zachowań, wypowiedzi i obieranych strategii. Badacze zastanawiają się również, jakie obszary mózgu są związane z rozumowaniami naukowymi, ewentualnie czym różni się rozwiązywanie problemów naukowych od nienaukowych na poziomie aktywności mózgu.

Metody te są rzadko stosowane z uwagi na niezwykle kosztowną aparaturę. Można tu wymienić nieliczne studia (zob. Fugelsang, Dunbar 2005). Głównym obszarem badań *in magnetico* są: rozumowania analogiczne, relacje przyczynowe, wychwytywanie błędów i róż-

nic, rozwiązywanie skomplikowanych problemów poznawczych oraz radzenie sobie z nieoczekiwanymi rezultatami (zob.: Fugelsang et al. 2005; Green et al. 2006; Green et al. 2007). Można się spodziewać, że wraz z rozwojem tego typu technik, będzie również rosła ich rola w dziedzinie kognitywnych studiów nad nauką.

Należy sformułować tu pewną wątpliwość. Psychologowie nauki twierdzą, że zgodnie z wynikami ich badań naukowcy wykorzystują w swojej pracy przede wszystkim heurystyki rozwiązywania problemów mające szerokie zastosowanie, które nie są związane z wąskimi dyscyplinami badawczymi czy w ogóle działalnością naukową jako taką (Klahr, Simon 1999). Jednocześnie wielu przedstawicieli studiów kognitywnych, podobnie do antropologów, jest skłonnych upatrywać źródeł sukcesów poznawczych nauki w procesie interakcji badaczy z dostępnymi im artefaktami i zewnętrznymi reprezentacjami (Nersessian 2005). Przykładowo, próby rekonstrukcji prac eksperymentalnych Faradaya i skrupulatna analiza roli jego aparatury w odkryciu efektu Faradaya–Tyndalla (Tweney, Mears, Spitzmüller 2005) świadczą o tym, że przedstawiciele studiów kognitywnych są skłonni myśleć o odkryciach dokonywanych przez wielkich uczonych jak o procesie usytuowanym w konkretnym kontekście. Co zatem spodziewają się uzyskać kognitywiści, odwołując się do metod neuro-naukowych w kontekście badań nad procesem odkrycia naukowego? Czy chcą znaleźć jakieś charakterystyczne tylko dla „umysłu naukowego” struktury lub procesy neuronalne? Może po prostu traktują badania nad rozwiązywaniem problemów naukowych jako klucz do zrozumienia ludzkiej kreatywności jako takiej? A może zagadnieniom związanym z procesem odkrycia naukowego nie przypisuje się wyróżnionego znaczenia w studiach neurokognitywnych, traktując je jedynie jako przykład bardziej generalnych procesów poznawczych?

In silico

Ostatnią kategorią metod wykorzystywanych w kognitywnych studiach nad nauką są metody *in silico*. Najogólniej rzecz ujmując, podejścia tego typu polegają na próbie tworzenia komputerowych pro-

gramów komputerowych, których działanie przypominałoby w jakiś sposób wybrane czynności i procesy kojarzone z procesem odkrycia naukowego (Giza 2006). Tego typu eksperckie systemy określa się często mianem automatycznych systemów odkryć naukowych (dalej ASON). Pierwsze programy tego typu były tworzone już w latach 70. ubiegłego wieku. Ich działanie polegało na śledzeniu zależności w spreparowanych zbiorach danych. Kolejne generacje i wersje ASON mogły już pracować na danych pochodzących z prawdziwych badań. Były one w stanie nie tylko identyfikować zależności, ale również formułować pewne proste prawa. Wśród procesów badawczych, które usiłowano symulować *in silico*, można wymienić wyprowadzanie praw ze zbiorów danych (programy BACON.1–BACON.5), określanie zakresu stosowności praw (FARENHEIT), stawianie hipotez, projektowanie i interpretowanie eksperymentów (KEKADA) czy wreszcie formułowanie ogólnych modeli wyjaśniających (DALTON, BACON.5). Za pomocą tego typu metodologii usiłowano również symulować przebieg kontrowersji naukowych i mechanizmy ich rozstrzygnięcia (Thagard 1992, 1995; Eliasmith, Thagard 1997). Badacze opracowujący ASON bardzo często próbowali odtworzyć wybrane epizody z historii rozwoju wiedzy naukowej, okazało się jednak, że tworzone przez nich programy same są w stanie dokonywać pewnych nowych odkryć badawczych. Choć sukcesy na tym polu były dość ograniczone, to należy pamiętać, że ASON okazały się narzędziem wspomagającym pracę prawdziwych naukowców.

Pionierami prac nad ASON byli Herbert A. Simon oraz zgromadzeni wokół jego osoby badacze, wśród których można wymienić Pata Langleya, Gary'ego Bradshawa oraz Jana Żytkowa (zob. Langley et al. 1987). Dwie inne ważne tradycje, które ukształtowały się w ramach prac badawczych nad ASON, to tradycja Alana Turinga oraz program badawczy rozwijany przez czterech badaczy: Johna H. Hollanda, Keitha J. Holyoaka, Richarda E. Nisbetta i Paula R. Thagarda (zob. Holland et al. 1986). Co prawda dwie ostatnie tradycje radziły sobie znacznie lepiej z zarzutami kierowanymi pod adresem ASON, jednak w naszej rekonstrukcji metod *in silico* skupimy się właśnie na badaniach grupy Simona. Po pierwsze, Simon i związani z nim badacze sformułowali program, który w wielu miejscach odnosi się do

współczesnych im badań nad nauką. Badacze ci byli głęboko zainteresowani problematyką filozofii nauki, czego wyrazem był fakt, iż traktowali programy swojego autorstwa nie tylko jako modele ludzkiego poznania, ale również jako konstruktywne dowody istnienia logiki odkrycia naukowego. Po drugie, prace zespołu Simona były najszerzej dyskutowane. Po trzecie, to właśnie ta grupa opracowała najsłynniejszy ASON znany pod nazwą BACON. System ten był przywoływany między innymi w kontekście sporu między twórcami ASON a przedstawicielami SSK, który rozgorzał na łamach *Social Studies of Science* pod wpływem tekstu Petera Slezaka (1989a). Główna teza tego artykułu głosiła, że możliwość skonstruowania programów komputerowych dokonujących odkryć naukowych obala mocny program szkoły edynburskiej. Ta kontrowersja jest istotna w kontekście wzajemnych relacji między STS a kognitywnymi studiami nad nauką. Zanim jednak przejdziemy do omówienia ASON i sporów z nimi związanych, należy zrekonstruować tradycję kognitywistyczną, z której bezpośrednio wyrósł program badawczy kierowany przez Simona. Mowa tu o nurcie badań nad procesami poznawczymi konceptualizowanymi jako rozwiązywanie problemów. W literaturze tradycja ta jest określana jako *problem solving*.

Nurt *problem solving*

Kognitywne studia nad rozwiązywaniem problemów zapoczątkował Simon we współpracy z innym znanym badaczem, Allenem Newellem (Simon 1969, 1977, 1979; Newell, Simon 1972). Przyjęli oni, że ludzki mózg stanowi system przetwarzania informacji uzyskiwanych z zewnątrz dzięki zmysłom i kodujący te informacje w postaci symbolicznej. Procesy myślowe utożsamiono z procesami kopiowania, reorganizowania i porównywania ciągów symboli, które miały przebiegać w różnych systemach pamięci. Innymi słowy, *problem solving* to wręcz paradygmatyczny przykład tradycyjnego ujęcia kognitywistycznego silnie nawiązującego do metafory komputerowej.

W ramach swoich badań Simon i Newell wprowadzili istotne rozróżnienie na problemy precyzyjnie zdefiniowane/ustrukturyzo-

wane (*well structured problems* lub *well defined problems*) oraz problemy słabo zdefiniowane/ustrukturyzowane (*ill-structured problems* lub *ill-defined problems*; Simon 1977: 304–325). To rozróżnienie odgrywa ważną rolę z punktu widzenia metodologii przyjętej przez obu badaczy. Biorąc pod uwagę fakt, że punktem wyjścia wielu badań naukowych są idealizacje, Newell i Simon założyli, że wychodząc od analizy metod służących ludziom do rozwiązywania precyzyjnie zdefiniowanych problemów, będą mogli przejść do opisu metod służących do radzenia sobie z o wiele szerszą klasą problemów zdefiniowanych nieprecyzyjnie. Dokładniej rzecz ujmując, punktem wyjścia ich rozważań były rozwiązania bądź też zbiory możliwych rozwiązań dla szeregu łamigłówek i gier o prostych regułach, takich jak problem wieży Hanoi², go czy szachy. Ostatniej z wymienionych gier poświęcono szczególną uwagę w kognitywistyce (zob.: Chase, Simon 1973; Charness 1992; Gobet, Simon 1996; Reingold et al. 2001; Chabris, Hearst 2003). Herbert Simon i William Chase (1973) uznali, że gra w szachy może pełnić w psychologii i badaniach nad sztuczną inteligencją podobne funkcje, jakie pełnią w biologii muszka owocowa (*Drosophila melanogaster*) lub bakteria *Escherichia coli*. Genetycy poświęcili obu gatunkom dużo uwagi, traktując je w swoich badaniach jako modele innych organizmów. Podobnie szachy były traktowane przez wielu badaczy jako idealne środowisko zadaniowe, którym można było posłużyć się w celu zrozumienia ludzkiej inteligencji oraz specjalistycznych umiejętności w dziedzinie rozwiązywania skomplikowanych problemów. Grę tę wykorzystywano, projektując rozliczne eksperymenty. Ponadto stworzenie systemu eksperckiego zdolnego

² Wieża Hanoi to łamigłówka, której celem jest zdemontowanie i przeniesienie wieży utworzonej z elementów o rosnącej wielkości z jednego miejsca na drugie (wieże najczęściej są reprezentowane w postaci słupków, na które nadziewamy krążki). Przy przenoszeniu wieży obowiązują dwie zasady: można przenosić tylko po jednym elemencie i nie wolno umieścić większego krążka na mniejszym. Do dyspozycji mamy bufor – jedno dodatkowe pole lub słupek, gdzie możemy tymczasowo przenieść krążki. Wieża może składać się z dowolnej liczby krążków. Liczba ruchów niezbędnych do rozwikłania zagadki rośnie wykładniczo wraz z dodawaniem kolejnych elementów. Wzór na liczbę ruchów koniecznych do rozwiązania problemu wieży Hanoi to $L(n) = 2^n - 1$, gdzie n to liczba krążków.

pokonać mistrza szachowego w pojedynku stanowiło jeden z programowych celów badań nad sztuczną inteligencją. Kluczowy dla wykorzystania szachów i innych gier w badaniach eksperymentalnych z zakresu *problem solving* był fakt, że nie wymagały one od badanych posiadania dodatkowej wiedzy oprócz tej, którą prezentowano im na początku doświadczenia. Stwarzało to dogodne warunki do prowadzenia zestandaryzowanych eksperymentów psychologicznych.

Newell i Simon stwierdzają, że każdy dobrze zdefiniowany problem lub zadanie (terminów tych używali zamiennie) można zaprezentować w postaci abstrakcyjnego środowiska problemowego (*task environment*), które koresponduje z jego strukturą. Często było ono przedstawiane jako graf, w którym węzły reprezentowały stany problemu, a powiązania – działania. Przykładowo, dla problemu wieży Hanoi środowisko problemowe przyjmowało postać drzewa, które powstawało w wyniku szczegółowego rozrysowania efektów wszystkich możliwych wyborów, jakie mogła podjąć osoba układająca łamigłówkę. Jak zauważają Simon i Newell, wiele gier, pozornie różnych, w warstwie abstrakcyjnej struktury jest identycznych lub izomorficznych. W ramach ich ujęcia, wszystkie różnice biorące się z aktualnej, fizycznej realizacji środowiska problemowego w postaci łamigłówki oraz czynniki kontekstowe były uznawane za poboczne i nieinteresujące.

Kolejną wprowadzoną przez Newella i Simona kategorią jest przestrzeń problemowa (*problem space*). Była ona pojmowana jako wewnętrzna, mentalna reprezentacja problemu, którą – jak przypuszczali – wytwarza rozwiązujący zadanie aktor (człowiek lub inny system poznawczy). Reprezentacja ta miała kodować aktualny stan problemu, cel, ograniczenia i reguły, ewentualnie inne reprezentacje, które mogą pomóc w zrozumieniu problemu lub konkretnych posunięć. Simon i Newell rozumieli rozwiązywanie problemu jako wyszukiwanie najdogodniejszej ścieżki w środowisku problemowym. Rozwiązywanie problemów przypominało zatem – przynajmniej w pewnym sensie – realizację jakiegoś racjonalnego planu.

Rozwiązywanie skomplikowanych problemów odbywa się najczęściej na zasadzie ich dekompozycji do postaci prostszych zadań. Jednocześnie, jak ujmuje to Simon, rozwiązywanie problemu może

polegać na takim przeformułowaniu go lub zaprezentowaniu, aby rozwiązanie stało się ewidentne. Co istotne, przeszukiwanie możliwych stanów środowiska problemowego, mentalnie rekonstruowanych w postaci przestrzeni problemowych, nie odbywa się w sposób przypadkowy, lecz jest oparte na wykorzystaniu różnorodnych heurystyk. Ludzie dokonują owych przeszukiwań w sposób selektywny i niejednokrotnie są w stanie znaleźć rozwiązanie bez konieczności wykonywania niepotrzebnych rozumowań lub losowego przeszukiwania różnych stanów środowiska problemowego.

Simon i Newell wyróżniają „słabe” i „silne” heurystyki. Rozwiązując problemy, ludzie posługują się strategiami charakterystycznymi dla danej dziedziny problemowej (*domain-specific*), czyli właśnie heurystykami „mocnymi”. Wielokrotnie zastosowanie tych właśnie strategii umożliwia szybsze rozwiązanie problemu. Jednakże, jak pokazują eksperymenty psychologiczne, ludzie najczęściej rozwiązują problemy, odwołując się do heurystyk generalnych, niezależnych od dziedziny (*domain-general*), które mają bardzo szeroki zakres zastosowania.

Heurystyką, której badacze *problem solving* poświęcili szczególną uwagę, a która była dość powszechnie obserwowana podczas eksperymentów psychologicznych, jest metoda analizy odległości od celu (*means-ends analysis*, dalej MEA). Polega ona na dostosowywaniu przyjmowanych strategii w zależności od odległości aktualnego stanu od docelowego punktu w przestrzeni problemowej. Innymi słowy, MEA polega na selekcjonowaniu możliwych działań pod kątem tego, czy zmniejszają one różnicę między stanem obecnym a docelowym. Oczywiście MEA można zastosować tylko wtedy, gdy jesteśmy w stanie określić, jak blisko jesteśmy rozwiązania problemu. Eksperti charakteryzują się tym, że we właściwych sobie dziedzinach problemowych są w stanie efektywnie rozpoznawać różnego rodzaju sytuacje i stany, dopasowując do nich odpowiednie „silne” heurystyki.

Simon, Newell i inni podążający wytyczonym przez nich szlakiem badacze nie ograniczali się do analizy strategii rozwiązywania problemów stosowanych przez uczestników eksperymentów laboratoryjnych lub ekspertów w poszczególnych dziedzinach. Stosując zrekonstruowaną tu charakterystykę procesu rozwiązywania proble-

mów, badacze ci byli w stanie konstruować systemy sztucznej inteligencji zdolne do rozwiązywania skomplikowanych problemów. Nie dotyczy to tylko maszyn radzących sobie z łamigłówkami logicznymi lub grą w szachy, ale także komputerowymi systemami eksperckimi (znanymi również jako systemy ekspertowe). Są to programy wyposażone w bogate bazy danych oraz rozbudowane biblioteki szczegółowych praw mówiących, jakie heurystyki zastosować przy zidentyfikowaniu konkretnych warunków, dzięki czemu są one w stanie wspomagać podejmowanie skomplikowanych decyzji przez ludzi. Tego typu systemy znalazły zastosowanie między innymi w wybranych typach diagnoz medycznych.

Badania Simona i Newella znalazły również zastosowanie w szeregu badań z zakresu psychologii poznawczej i nauk kognitywnych. Przykładowo, do tej perspektywy odwoływali się *explicite* przywołani wcześniej przedstawiciele kognitywnych studiów nad nauką, którzy wykorzystywali metody *in vitro*, czyli David Klahr oraz Kevin Dunbar. Skupmy się jednak na pracach zespołu Simona nad kolejnymi generacjami ASON.

ASON jako przykład zastosowania metodologii syntetycznej

W analitycznej filozofii nauki panowało przez długi czas przekonanie, że jedynie proces uzasadniania wiedzy naukowej może stanowić przedmiot badań, a proces odkrycia wymyka się wszelkim analizom. W tym kontekście Simon zwraca uwagę na paradoksalny tytuł, jaki nadał jednej ze swoich najważniejszych prac Karl R. Popper. Mowa oczywiście o *Logice odkrycia naukowego* (Popper 2002). Wszak austriacki filozof sam utrzymywał, że nie istnieje coś takiego jak logika odkrycia. Według niego jedyna logika nauki mogła dotyczyć procesu dowodzenia i uprawomocniania tez. W przeciwieństwie do Poppera oraz wielu innych analitycznych filozofów nauki, Simon utrzymuje, że nie tylko można mówić o logice odkrycia, ale – co jeszcze istotniejsze – można wykazać jej istnienie oraz określić jej właściwości, odwołując się do narzędzi badań empirycznych. Metodami tymi miałyby być oczywiście komputerowe symulacje praktyki naukowej.

Prace zespołu Simona miały trzy istotne wymiary. Pierwszy z nich ma charakter filozoficzny. ASON miały dokonywać „ponownego odkrycia” (*re-discovery*) różnych ważnych praw naukowych. Oznaczało to najczęściej, że system ustalał prawo w oparciu o analizę danych, na których pracowali pierwotni odkrywcy. Piotr Giza w następujący sposób wyraża istotę prac nad ASON jako metodami poznania nauki:

Z jednej strony, są komputerowo uprawianą filozofią, a częściowo, i w mniejszym stopniu, historią nauki zmuszającą do dbałości o szczegóły i dającą większe możliwości niż podejście tradycyjne. Z drugiej strony, jeśli tradycyjnie filozofię nauki umieszcza się w tzw. kontekście uzasadnienia, to teoria odkryć maszynowych mieści się w normatywnym podejściu do odkrycia, rozszerzając zakres badań filozofii nauki. Gotowe systemy to, jak twierdzą ich autorzy, konstruktywne dowody istnienia metody odkrycia naukowego (Giza 2006: 13).

Kolejny wymiar ASON ma charakter psychologiczny. Otóż systemy te nie tylko miały pomóc w zrozumieniu poznania naukowego, ale również szerszego spektrum procesów poznawczych. Zespół Simona nie przypisywał poznaniu naukowemu wyróżnionego statusu – traktował je jako szczególny przypadek rozwiązywania problemów. Wreszcie o ASON można myśleć w kategoriach ich praktycznego zastosowania – były to nie tylko modele poznania, ale także innowacje technologiczne, które były wykorzystywane jako systemy eksperckie wspomagające pracę prawdziwych naukowców, pozwalając im między innymi wychwytywać różnego rodzaju korelacje i zależności w ogromnych zbiorach danych.

Należy zastanowić się w tym miejscu, w jaki sposób budowanie sztucznych systemów, które niekoniecznie muszą mieć wiele wspólnego z faktycznym przebiegiem odkrycia naukowego, może pomóc w lepszym zrozumieniu tegoż procesu. Tworzenie ASON w celu lepszego zrozumienia procesów poznawczych w nauce stanowi przykład zastosowania metodologii syntetycznej (*synthetic methodology*). Podejście to jest współcześnie spotykane w wielu różnych dyscyplinach. Stosuje się je między innymi w dziedzinie biologii syntetycznej oraz w badaniach nad sztucznym życiem, jak również w różnych obszarach nauk kognitywnych. *De facto*, podejście syntetyczne wy-

korzystywali już pierwsi badacze zajmujący się sztuczną inteligencją – budując swoje maszyny chcieli zrozumieć ludzki umysł. Ideę metodologii syntetycznej można najkrócej wyrazić za pomocą hasła „Zrozumienie przez budowanie” (*Understanding by building*). Otóż wielu badaczy przyjmuje, że próbując odtworzyć w sztucznych warunkach naturalnie występujące procesy, jesteśmy w stanie wychwycić pewne istotne szczegóły, które mogłyby umknąć naszej uwadze, gdybyśmy stosowali bardziej abstrakcyjne podejście. Dlatego, aby zrozumieć motorykę ludzkiego ciała, komunikację niewerbalną lub funkcjonowanie zmysłów owadów, współcześni kognitywiści starają się nie tylko analizować ich naturalne manifestacje, ale również budować ich sztuczne wersje – modele cyfrowe lub fizyczne urządzenia (zob. np.: Breazeal 2002; Breazeal, Picard 2007). Przyjmuje się, że jeżeli taka maszyna lub symulacja komputerowa wykazuje zachowanie podobne do naturalnego odpowiednika, wtedy naukowcy mogą zaryzykować stwierdzenie, że udało im się uchwycić istotę badanych procesów (Pfeifer, Bongard 2007: 77–80). Oczywiście nie ma gwarancji, że model *in silico* lub mechaniczne urządzenie „koresponduje” z procesami, jakie zachodzą w jego biologicznym odpowiedniku. Nie przeszkadza to jednak badaczom w generowaniu różnych innowacji technologicznych na podstawie tego typu systemów.

Odkrycie naukowe jako rozwiązywanie problemów

Przejdźmy do rekonstrukcji najważniejszych założeń teoretycznych grupy badawczej Simona. Jak sami twierdzą, „mechanizmy odkrycia naukowego nie mają specyficznego, unikalnego dla tej działalności charakteru, lecz stanowią szczególny przypadek ogólnych mechanizmów rozwiązywania problemów” (Langley et al. 1987: 5). Innymi słowy, odmawiają oni działalności naukowej wyróżnionego statusu poznawczego, rozważając ją w tych samych kategoriach, w jakich Newell i Simon analizowali rozwiązywanie różnych łamigłówek (Simon 1966, 1992). W przypadku pracy naukowej również mamy do czynienia z dekompozycją problemów oraz zastosowaniem znanych z *problem solving* heurystyk. Co więcej, wbrew pozorom naukowcy w dużej mierze opierają się na słabych, niezależnych od dziedziny

heurystykach, podobnie jak laicy rozwiązujący pozanaukowe problemy (Simon, Klahr 1999, 2000).

Same ASON miały odzwierciedlać pewne umiejętności naukowców wspólne dla różnych dziedzin – dokładniej rzecz ujmując, miały one reprezentować pewną gamę generalnych, słabych heurystyk wykorzystywanych powszechnie w nauce. Miały jednocześnie demonstrować, w jaki sposób automatyczny system przeszukujący przestrzeń problemową może zachowywać się podobnie do rzeczywistego naukowca. Oznaczało to między innymi, że dany program nie mógł działać na zasadzie „trałowania” danych. Dobrym przykładem trałowania jest kuter ciągnący za sobą szeroko rozpostarte sieci, w które chwyta napotkane po drodze ryby. Innym przykładem trałowania jest systematyczne przeszukiwanie pola w poszukiwaniu min przez idących tyralierą saperów. Trałowanie w przypadku ASON oznaczałoby, że losowo przeszukiwałyby one całą przestrzeń problemową w poszukiwaniu rozwiązania. Gdyby prawdziwy człowiek postępował w ten sposób, grając w – powiedzmy – szachy, nie byłby w stanie w ciągu jednego życia przeanalizować wszystkich możliwych kombinacji ruchów. Podobnie naukowcy nie wysuwają swoich hipotez, propozycji eksperymentów i wniosków w sposób przypadkowy, ani nie rozważają wszystkich dostępnych możliwości. A zatem, jeżeli system miał zachowywać się podobnie do człowieka, musiał on, po pierwsze, działać w sposób nieprzypadkowy i, po drugie, znajdować rozwiązanie przy możliwie małej liczbie dodatkowych obliczeń związanych z przeszukiwaniem przestrzeni problemowej.

Próbując wykazać podobieństwo między swoimi systemami a działaniem prawdziwych badaczy, twórcy ASON odwoływali się do metod *in historico*. Przede wszystkim replikując sławne odkrycia naukowe, wprowadzali do swoich programów informacje, jakimi dysponowali pierwotni odkrywcy. Po drugie, dokonywali również opisowych rekonstrukcji różnych procesów badawczych, ujmując je w kategoriach *problem solving*. Przykładowo, by wykazać, że proces dokonywania odkryć teoretycznych można również modelować w ten sposób, dokonali analizy odkrycia przez Maxa Plancka prawa promieniowania ciała doskonale czarnego (Langley et al. 1987: 47–

–54) oraz sformułowania przez Izaaka Newtona prawa powszechnego ciężenia (Langley et al. 1987: 54–57). W pierwszym studium autorzy przekonują, że problem, z którymi musiał uporać się Planck, można było rozwiązać, odwołując się do metod z zakresu termodynamiki. Istniało jednak prostsze rozwiązanie oparte na pewnej metodzie matematycznej o bardzo szerokim zakresie zastosowania. Simon poprosił grupę badaczy zajmujących się fizyką teoretyczną lub matematyką stosowaną o rozwiązanie tego zadania, nie informując ich, że mają do czynienia z historycznym problemem Plancka. Większość z nich rozwiązała problem w krótkim czasie, wykorzystując właśnie słabszą strategię o szerokim zastosowaniu. W swoich rekonstrukcjach członkowie grupy Simona nie ograniczali się wyłącznie do analizy odkryć naukowych. Przykładowo, Gary Bradshaw pokazuje, w jaki sposób, w latach 50., grupa nastolatków zainspirowana pracami nad raketami kosmicznymi, dysponując niezwykle ograniczonymi zasobami wiedzy i materiałów, była w stanie dzięki prostym heurystykom odtworzyć zasady funkcjonowania tych urządzeń i skonstruować swój własny działający prototyp (Bradshaw 2005).

Jednak pomimo dokonywanych przez zespół Simona rekonstrukcji oraz wskazywania podobieństw między zaimplementowanymi heurystykami a tymi, które obserwujemy w laboratoriach psychologicznych, były podnoszone głosy krytyki mówiące, że ASON nie stanowią dobrej reprezentacji logiki odkrycia. Jak twierdzili członkowie grupy Simona, w najgorszym wypadku konstruowane przez nich systemy mogły uchodzić za egzemplifikacje tego, w jaki sposób może dochodzić do odkryć naukowych. Ewentualnie mogły pełnić funkcję punktu odniesienia dla prowadzonych przez rzeczywistych naukowców badań – stanowić swego rodzaju normatywne modele odkrycia naukowego, czyli mówić nam, jak w optymalny sposób realizować badania. Musimy jednak pamiętać, że ambicje grupy Simona były o wiele większe. Zanim jednak przejdziemy do omówienia ograniczeń ASON jako modeli praktyki naukowej i ich krytyki, proponuję przyrzeć się bliżej przykładowemu programowi skonstruowanemu przez zespół Simona.

BACON

BACON to nie tyle pojedynczy system, co cała generacja programów, począwszy od BACON.1 na BACON.5 skończywszy (Giza 2006: 26–33). Na pierwszą wersję tego ASON składał się zestaw praw odpowiedzialnych za: a) pobieranie i zapamiętywanie danych, b) wykrywanie regularności, c) generowanie terminów wyrażających wykryte zależności. BACON.1 otrzymywał na wejściu zbiór wartości numerycznych dla jednej zmiennej X i żądał podania wartości zależnej Y. Na wyjściu generował zaś proste korelacje zawierające zmienne oraz stałe. Był oparty na takich regułach heurystycznych, jak:

Reguła 1: Jeśli dla dostępnych wartości X zmienna Y ma w przybliżeniu wartość stałą, to wyciągnij wniosek, że Y ma zawsze wartość stałą.

Reguła 2: Jeśli dostępne wartości Y i X są związane liniowo, to przyjmij, że zawsze obowiązuje między nimi zależność liniowa.

Reguła 3: Jeśli ze wzrostem Y rośnie X, zdefiniuj stosunek X/Y i zbadaj, jak zachowuje się jego wartość.

Reguła 4: Jeśli ze wzrostem Y maleje X, zdefiniuj iloczyn XY i określ, jak zachowuje się jego wartość (por. Giza 2006: 27).

Te stosunkowo proste reguły stosowane rekurencyjnie do analizy wprowadzonych do komputerów zbiorów danych pozwoliły na ponowne „odkrycie” kilku praw: trzeciego prawa Keplera, prawa spadku swobodnego Galileusza, prawa Boyle’a i prawa Ohma. W większości przypadków wprowadzono do programów dane, jakimi posługiwali się pierwsi badacze, którzy dokonali rzeczonych odkryć.

Wbrew temu, co może sugerować jego nazwa, opracowany w 1979 roku BACON.2, nie stanowił wcale udoskonalonej wersji BACON.1 – był oparty na odmiennych regułach. Rozwinięciem BACON.1 był dopiero program BACON.3. Był on w stanie badać relacje, w których występuje wiele stałych oraz zmiennych zależnych. Punktem wyjścia działania programu było wygenerowanie wszystkich możliwych układów dostępnych wartości zmiennych niezależnych i dopasowanie odpowiadających im wartości zmiennej zależnej. Następnie stosował strategię zmieniania tylko jednej wartości niezależnej i badania zachowania zmiennej zależnej (*vary one thing*

at a time; w skrócie VOTAT). Znajdował w ten sposób pewne stałe zależności. W następnym kroku BACON.3 stosował reguły znane z BACON.1, by zbadać, w jaki sposób zachowują się ustalone funkcje względem pozostałych zmiennych. Dzięki takiemu podejściu BACON.3 był w stanie „odkryć” równanie stanu gazu doskonałego, prawo Coulomba oraz bardziej ogólne wersje prawa Ohma i Keplera.

BACON.4 został rozszerzony o możliwość wykorzystania zmiennych nominalnych, czyli takich, których wartościami były nie liczby, lecz nazwy. Pozwalało mu to zatem wychwytywać nie tylko relacje między zmiennymi liczbowymi, ale także określać wewnętrzne właściwości obiektów zdefiniowanych jako niezależne zmienne nominalne. Dzięki temu BACON.4 mógł „odkryć” między innymi prawo Blacka, znane również jako prawo bilansu cieplnego.

BACON.5 został uzupełniony o mechanizmy zakładające symetrię badanych zjawisk. Poprzednie wersje, podobnie jak wiele innych, wczesnych ASON, były kierowane niemal wyłącznie przez dane empiryczne (*data-driven*). BACON.5, poszukując praw, zakłada, że muszą one posiadać jakieś właściwości symetrii. Pozwalało to symulować swego rodzaju „rozumowanie przez analogię” – program ustalał niektóre zależności, nie musząc ponownie przeszukiwać zbioru danych dla analogicznych relacji. W efekcie znacznie przyspieszyło to proces rozwiązywania problemu.

Jak widać, programy BACON nie działały na zasadzie „trałowania” danych. Poszukiwały rozwiązań, przeszukując tylko niewielką część stanów przestrzeni problemowej, ograniczając w ten sposób liczbę niezbędnych obliczeń. Z każdą kolejną generacją, dzięki zaimplementowaniu dodatkowych reguł heurystycznych, BACON był w stanie efektywniej poszukiwać rozwiązań problemów, ale również wychwytywać coraz więcej rodzajów praw.

Jak twierdzili twórcy, BACON działał autonomicznie, bez udziału człowieka – rola człowieka sprowadzała się do napisania relatywnie prostego programu i dostarczenia mu danych do analizy. To sam program wykrywał na bazie analizy surowych danych prawa, które nie były w żaden sposób przeprogramowane. Ale czy możemy tu mówić o odkryciu i – co ważniejsze – czy rzeczywiście program działał przy minimalnej ingerencji czynnika ludzkiego?

Krytyka ASON jako modeli praktyki naukowej

Członkowie zespołu Simona sami wskazują na liczne ograniczenia opracowywanych przez nich ASON jako modeli poznania naukowego. Stwierdzają między innymi, że przedsięwzięcia naukowe mają charakter społeczny – nie są realizowane przez jednostki, lecz całe zespoły lub wspólnoty (Langley et al. 1987: 6; por. H. Collins 1989). Konstatacja ta nie ma jednak wpływu na sposób ujmowania przez nich procesu odkrycia. W ramach ich perspektywy zbiorowe rozwiązywanie problemów, na poziomie abstrakcyjnym, polega dokładnie na tym samym, co rozwiązywanie ich w pojedynkę. Tutaj również dochodzi do dekompozycji problemu, który zostaje niejako rozdzielony pomiędzy różnych badaczy, a następnie scalony. Innymi słowy, mamy tu do czynienia z rozłożonym w czasie działaniem mechanicznego podziału pracy. Nie jest zatem to coś, czego nie mógłby symulować komputer. Zatem społeczny wymiar pracy naukowej jest tu pomijany, podobnie jak ma to miejsce w przypadku zagadnienia komunikacji między badaczami i procesu uzgadniania przestrzeni problemowych³. Po drugie, członkowie grupy Simona sami zwracają uwagę na różnice między problemami naukowymi a nienaukowym. W nauce mamy do czynienia najczęściej z niejasno zdefiniowanymi zagadnieniami. Rozwiązywanie problemów badawczych najczęściej wymaga wyższego poziomu precyzji niż rozwiązywanie problemów pozanaukowych. Istotne jest również, że poziom precyzji określenia punktu docelowego w przypadku prac nowatorskich jest bardzo niski, przynajmniej na początkowym etapie badań. Samo określenie punktu docelowego staje się tu problematyczne i jest dyskutowane przez samych naukowców. Badacze często sami nie wiedzą, czego tak właściwie szukają, ewentualnie nie zawsze zdają sobie sprawę z faktu odnalezienia rozwiązania problemu, kiedy na nie natrafiają (Langley et al. 1987: 6–7). Inny-

³ Zauważmy jednak, że sam Simon prowadził badania psychologiczne nad kolektywnym rozwiązywaniem problemów, czego przykładem jest omawiany wcześniej eksperyment, jaki przeprowadził wraz z Takeshim Okadą (1997). Pochodzi on jednak z połowy lat 90., podczas gdy najważniejsze prace zespołu Simona nad ASON były realizowane w latach 80.

mi słowy, ważnym dla zrozumienia nauki zagadnieniem jest nie tylko to, jak naukowcy rozwiązują problemy, ale także to, w jaki sposób udaje im się stawiać właściwe pytania. Jednak, jak konsekwentnie utrzymuje Simon, również stawianie problemów badawczych można ujmować w ramach ogólnych kategorii rozwiązywania problemów. Podobnie sytuacja ma się w przypadku praktyki eksperymentalnej, czyli projektowania eksperymentów i interpretacji wyników, jak również tworzenia ogólnych modeli teoretycznych czy wynajdowania nowych instrumentów (Giza 2006: 75–77).

Pomimo powyższych argumentów, wielu krytyków prac grupy Simona wciąż uważało, że tworzone przez nich symulacje nie oddają istoty procesu odkrycia. Donald A. Gillies stwierdza, że systemy grupy Simona nie dokonują „ponownego odkrycia” praw w tych samych warunkach, z jakimi mieli do czynienia oryginalni odkrywcy. Otóż twórcy programów, formułując problem do rozwiązania, *de facto* podejmują już najważniejsze decyzje, oddzielając to, co istotne dla rozwiązania, od tego, co pomijalne: określają ważne dla równania zmienne, dostarczając programowi tych, a nie innych danych, określają możliwe rodzaje zależności między zmiennymi oraz to, jakich matematycznych praw system ma szukać (Gillies 1992). Zatem programy te nigdy nie pracują w oparciu o surowe, nieobrobione dane – już sam dobór danych wprowadzanych do programu jest uwarunkowany teoretycznie. Innymi słowy, twórcy ASON nieświadomie „przemycają” do programów różne przypuszczenia i założenia teoretyczne (por. Brannigan 1989: 605; Giere 1989: 640).

Sytuacja ta przypomina przywoływany przez Flecka przypadek, kiedy badacz klasyfikuje widoczne na płytce agarowej kolonie bakterii – ma on już z góry zakreślone pole swoich poszukiwań. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku symulacji odkryć naukowych przeprowadzanych w laboratoriach psychologicznych. Tu również badani mają najtrudniejsze elementy rozwiązania dane z góry. Tymczasem pierwotni odkrywcy funkcjonują najczęściej w warunkach wysokiej niepewności zadaniowej (Fuchs 1992) – nie wiedzą, co jest ważne, a co nie; często nawet nie są w stanie określić, czego dokładnie szukają. Pierwsi odkrywcy najczęściej nie wiedzą również, czy zadają właściwe pytania. Najczęściej mają oni do czynienia z pro-

blemami słabo zdefiniowanymi. Jak pamiętamy, prace z zakresu *problem solving* miały niezwykle ograniczone sukcesy w dziedzinie rozwiązywania tego typu zadań. Można zaryzykować stwierdzenie, że już samo postawienie dobrego pytania badawczego, to przysłowio- wa „połowa sukcesu” (por. Brannigan 1989: 606). Ustrukturyzowa- nie problemu sprawia, że nawet niezwykle złożony problem zostaje sprowadzony do łamigłówki, a badacz nie jest zmuszony przesu- kiwać niezwykle szerokiego spektrum możliwych hipotez, pytań, metod. Tymczasem zarówno uczestnicy eksperymentów psycholo- gicznych, jak i same programy dostają do rozwiązania już ustrukturu- zowane zadania. Jeżeli pomijamy ten wymiar pracy naukowej, to symulacje (zarówno *in silico*, jak i *in vitro*) okazują się mieć więcej wspólnego z transmisją wiedzy w ramach szkolnych eksperymen- tów (uczniowie spodziewają się, jakie wyniki mają uzyskać, a także mają wyznaczone z góry jasne ramy ich działania) niż z autentycz- nym, pierwotnym odkryciem (por. Giza 2006: 79–81).

Dodatkowym czynnikiem, który komplikuje cały obraz, jest kwe- stia niejednoznaczności wyników eksperymentów, na którą zwracają uwagę socjologowie i antropolodzy nauki. Jak twierdzi Simon i jego współpracownicy, opracowywane przez nich ASON były w stanie radzić sobie z mniejszym lub większym „szumem” informacyjnym, który wynikał z braku precyzji dostarczanych mu danych. Przykła- dowo, BACON mógł ignorować pewne drobne odchylenia od po- stulowanego przez niego prawa (Langley et al. 1987: 69). Problem polega jednak na tym, że brak jednoznaczności w interpretacji eks- perymentu nie sprowadza się wyłącznie do kwestii precyzji pomia- rów i radzenia sobie z „szumem”. Podczas nowatorskich badań labo- ratoryjnych często mamy do czynienia z sytuacją, kiedy nie jesteśmy pewni, czy uzyskany wynik stanowi efekt działania jakiegoś natural- nego procesu, czy raczej artefakt procedury laboratoryjnej lub wynik zwykłego ludzkiego błędu. Harry Collins i Trevor Pinch pisali w tym kontekście o paradoksie eksperymentalnym. W podobny sposób Mi- chael Lynch analizuje problem związany z replikacją nowatorskich eksperymentów. Potwierdzenie wyników eksperymentalnych inne- go laboratorium lub powielenie niestandardowego urządzenia nie jest czynnością trywialną, gdyż wymaga dużej wprawy, a także wie-

dzy milczącej. Replikacja niejednokrotnie wymusza na badaczach powtórzenie niemal całego procesu poznawczego. W laboratorium biologicznym, w którym Lynch prowadził swoje badania etnometodologiczne, często dochodziło do sytuacji, kiedy jedynym sposobem uzyskania satysfakcjonującego poziomu standaryzacji danego eksperymentu było zaangażowanie do jego wykonywania jednej i tej samej osoby. Różnice pomiędzy kompetencjami laborantów i stosowanymi przez nich manualnymi technikami bywają na tyle duże, że generują niedopuszczalne z naukowego punktu widzenia rozbieżności wyników jednego i tego samego eksperymentu (zob. Lynch 1985: 67–68). Podobne problemy laboratoryjne generuje zastosowanie instrumentów produkowanych przez różne firmy lub próbek pochodzących z różnych źródeł.

Interesujące w tym kontekście są obserwacje samych naukowców na temat replikacji. Michael Mulkay i Nigel Gilbert przytaczają w swoim studium dwie anonimowe wypowiedzi naukowców:

Kiedy piszesz artykuł, w jaki sposób udało ci się przeprowadzić [eksperyment], podstawowa zasada mówi, że masz pisać tak, aby inne laboratoria były w stanie odtworzyć twoją pracę oraz twoje warunki. Ale to jest oczywiście niemożliwe. Jest cała masa rzeczy istotnych dla przebiegu eksperymentu, takich jak chociażby miejscowa woda [...], z których nie zdajemy sobie sprawy (Gilbert, Mulkay 1984: 53).

Idealna sytuacja to taka, kiedy artykuł jest napisany w taki sposób, że Marsjanin, mając dostęp do biblioteki, powinien być w stanie przyjść i powtórzyć twój eksperyment. Ale to jest w dużej mierze myślenie życzeniowe (Gilbert, Mulkay 1984: 53).

Takie ujęcie praktyki naukowej nie tylko podważa wiarygodność ASON jako modeli odkrycia, ale również eksperymentów *in vitro* jako dobrych symulacji praktyki badawczej. Przywołajmy tu eksperymenty Dunbara, w ramach których usiłował on odtworzyć proces odkrycia przez Monoda i Jacoba genów regulujących. Uczestnikom eksperymentu dostarczył informacje na temat dziedziny problemowej podobne do tych, jakimi dysponowali pierwotni odkrywcy. Nie można było jednak oczekiwać, że badani na potrzeby eksperymen-

tu opanują również umiejętności laboratoryjne oraz posiadają wiedzę milczącą, jaką dysponowali prawdziwi biolodzy. Uczestnicy testowali swoje hipotezy, korzystając z symulowanego „laboratorium”. Był to program komputerowy, który pozwalał im projektować „eksperymenty” i generował ich rezultaty. Istotne jest, że algorytm programu został sformułowany na bazie odkryć Monoda i Jacoba – generował wyniki, posługując się końcowymi ustaleniami francuskich biologów. Tym samym pomijał on wszelkie idiosynkrazje i anomalie, z którymi ci mieli do czynienia podczas prac laboratoryjnych i interpretacji wyników. Jednocześnie program pozwalał badanym pracować tylko z wąską grupą z góry zdefiniowanych parametrów i zmiennych.

W świetle STS możemy stwierdzić, że ASON nie ukazują nauki w działaniu, lecz rozwiązywanie standardowych problemów w warunkach, kiedy większość istotnych części „układanki” jest dana z góry. Grupa Simona nie pokazuje, w jaki sposób badacze przechodzą od słabo do precyzyjnie zdefiniowanych problemów, w odniesieniu do których znajdują zastosowanie opisywane przez nich heurystyki. Podobny zarzut można skierować pod adresem eksperymentów *in vitro* – tu również przyjmuje się rozwiązywanie spreparowanych, precyzyjnie zdefiniowanych problemów za reprezentację praktyki naukowej. Antropolodzy nauki pokazują, jak wiele skomplikowanych translacji potrzeba, by badacze mogli w ogóle zacząć stosować narzędzia matematyczne, „trałować” dane lub wykorzystywać optymalne pod względem liczby obliczeń heurystyki. Innymi słowy, zanim ASON będą mogły przystąpić do rozwiązywania swoich problemów, świat musi zostać zdyscyplinowany i uczyniony „czytelny”, metrolodzy muszą zadbać o standaryzację miar, a badacze opanować poszczególne procedury, by móc niemal automatycznie powtarzać doświadczenia.

Założmy jednak na moment, że antropologia nauki dostarcza nam opisu procesów, za sprawą których wyłaniają się standardowe problemy rozwiązywalne w oparciu o heurystyki opisywane przez twórców ASON. W ramach takiego ujęcia możemy przyjąć, że antropologia dostarcza nam specyfikacji problemów, z jakimi musi poradzić sobie indywidualnych badacz „w swojej głowie”. Nawet jeżeli

mielibyśmy do czynienia z taką właśnie sytuacją, to wątpliwości wielu badaczy wciąż budzi stwierdzenie, że ASON pokazują nie tylko to, w jaki sposób mogły być dokonywane historyczne odkrycia, ale wręcz w jaki sposób faktycznie ich dokonano. Czy rzeczywiście sławni badacze, świadomie lub nie, dochodzili do swoich odkryć na zasadzie rekurencyjnego zastosowania słabych i mocnych heurystyk do zbioru surowych danych? Innymi słowy: czy to, co dzieje się w głowach uczonych, przypomina procesy obliczeniowe, jakie przeprowadza któryś z ASON (por.: Brannigan 1989: 609; H. Collins 1989: 619–621; Gorman 1989, 1992: 164–191)? Wątpliwości tego typu są uzasadnione, gdyż wielu współczesnych kognitywistów odchodzi od wizji procesów poznawczych (w tym czynności związanych z poznaniem naukowym) jako przetwarzania mentalnych reprezentacji i operacji na symbolach. Coraz częściej porzuca się tradycję symboliczną na rzecz podejść, które w wyjaśnieniu poznania biorą pod uwagę rolę otoczenia, ciała i narzędzi, czyli tych elementów, które *problem solving* pomija już w swych założeniach programowych. Do kwestii tej będziemy mogli odnieść się dopiero w drugiej części pracy, wprowadziwszy wybrane koncepcje z zakresu współczesnych nauk kognitywnych. W tym momencie proponuję, abyśmy skonfrontowali przedstawione tu podejścia i koncepcje z zakresu kognitywnych studiów nad nauką z ustaleniami STS.

Poza opozycję kognitywne vs. społeczne

Według badań antropologów i socjologów, specyfika nauki nie bierze się z jej kognitywnego, społecznego czy psychologicznego charakteru. Jak pokazuje Latour, w laboratoriach nie dzieje się nic nadzwyczajnego, a sposób rozumowania naukowców oraz normy społeczne, jakimi się kierują, nie odbiegają w znaczący sposób od tego, co znamy z innych zorganizowanych i zinstytucjonalizowanych obszarów praktyk społecznych. Podobne wnioski formułuje Lynch – na podstawie wyników swoich etnometodologicznych analiz pracy przeprowadzonych w laboratorium biologicznym stwierdza, że działania obserwowanych naukowców nie różnią się jakościowo od tego, co

etnometodolodzy zaobserwowali, badając inne zawody (zob. Hester, Francis, red., 2007). Antropologia nauki przyjmuje, że kluczowe dla zrozumienia specyfiki nauki i jej sukcesów są technologie, czynniki materialne i inne elementy umożliwiające poznawczą redukcję złożoności świata. Jednocześnie okazuje się, że praktyki wykorzystania czynników, za sprawą których dokonuje się wspomniana redukcja złożoności, można badać, wykorzystując metody obserwacji uczestniczącej i „gęste” narracje antropologiczne.

Dlatego też Latour i Woolgar w posłowie do drugiego wydania *Laboratory Life* rzucili wyzwanie kognitywistycznym wyjaśnieniom, które usiłują tłumaczyć efektywność nauki, odwołując się do kategorii odcieleśnionego, wyjętego ze swego fizycznego środowiska i kontekstu społecznego, pozbawionego narzędzi czystego „umysłu naukowego”.

Być może najlepszym sposobem wyrażenia naszego stanowiska jest zaproponowanie dziesięcioletniego moratorium na kognitywne wyjaśnienia nauki. [...] Niniejszym składamy tu obietnicę, że w wypadku, gdyby cokolwiek [związanego z poznaniem naukowym] pozostało jeszcze do wyjaśnienia pod koniec tego okresu, my również odwołamy się do [kategorii] umysłu (Latour, Woolgar 1986: 280)⁴.

Czy przedstawicielom STS rzeczywiście udało się zrealizować powyższą zapowiedź? Czy w satysfakcjonujący sposób wyjaśnili kluczowe aspekty poznania naukowego na gruncie własnych teorii, nie uciekając się do kategorii kognitywistyki lub psychologii poznawczej? Problematiczne jest już pytanie o to, co moglibyśmy uznać za „satysfakcjonujące” wyjaśnienie nauki i które aspekty są „kluczo-

⁴ W wydanej w następnym roku pracy *Science in Action*, Latour sformułował powyższą propozycję już w postaci postulatów metodologicznych. Formułuje on następującą sugestię: „przede wszystkim patrz, w jaki sposób obserwatorzy przemieszczają się w czasie i przestrzeni, w jaki sposób podwyższa się mobilność, stabilność i wzajemną kombinowalność inskrypcji, w jaki sposób rozszerza się sieci, jak łączy się ze sobą wszystkie informacje w kaskadzie re-reprezentacji, i jeżeli za sprawą jakiegoś wyjątkowego przypadku pozostanie ci coś jeszcze do wyjaśnienia, wtedy i tylko wtedy poszukaj jakichś specjalnych własności poznawczych” (Latour 1987: 246–247).

we”. Wystarczy porównać propozycje teoretyczne antropologów nauki i członków grupy Simona – zwracają oni uwagę na całkowicie odmienne aspekty nauki, upatrując jej istoty gdzie indziej. Pomimo dziesięcioletniego moratorium prace nad ASON trwają do dziś, podobnie jak badania z zakresu antropologii nauki. Czy wyniki badań STS mogą same z siebie przekonać badaczy kognitywnych przyjmujących odmienną wizję nauki i funkcjonujących w odmiennych kontekstach instytucjonalnych? Wszak według Szkoły z Bath spory naukowe wcale nie zostają rozstrzygnięte na gruncie procedur metodologicznych i argumentów merytorycznych. Domknięcie kontrowersji najczęściej wymaga znalezienia instancji wykraczających poza znane nam z metodologii procedury i często decydujące okazują się czynniki społeczno-instytucjonalne (H. Collins 1981, 1983, 1985; Collins, Pinch 1998a). Czy Latour i Woolgar wyobrażali sobie, że po dziesięciu latach badań któraś strona sporu wokół metod wyjaśniania nauki po prostu przyzna rację swoim przeciwnikom?⁵

Jedne z istotnych obszarów kontrowersji między społecznymi a kognitywnymi studiami nad nauką były związane z ASON. W 1989 roku na łamach *Social Studies of Science* rozgorzała debata zainicjowana przez artykuł Petera Slezaka. Główna teza tekstu noszącego tytuł „Scientific Discovery by Computer as Empirical Refutation of the Strong Programme” (Slezak 1989a) głosi, że sam fakt istnienia automatycznego systemu ASON zdolnego do dokonywania ponownych odkryć sławnych praw lub ustalania zupełnie nowych praw dowodzi, iż wiedza naukowa może rozwijać się w oderwaniu od kontekstu społecznego. Slezak konstatuje, iż unieważnia to postulaty mocnego programu socjologii wiedzy. Głos w dyskusji zabrali filozofowie, socjologowie i kognitywiści (Brannigan 1989; H. Collins 1989, 1991; Fuller 1989, 1991; Giere 1989, 1991; Gorman 1989, 1991, 1992: 164–191; Myers 1989; Slezak 1989b, 1991; Thagard 1989; Woolgar 1989,

⁵ Warto zauważyć, że już na następnej stronie posłowania do drugiego wydania *Laboratory Life* Latour i Woolgar stwierdzają, że dyskusje, które rozgorzały wokół pierwszego wydania ich książki, liczne głosy krytyki oraz niespodziewane sposoby odczytania ich pracy świadczą o tym, że zasoby, którymi dysponują, są niewystarczające, by uczynić ich interpretację uprzywilejowaną względem wszystkich pozostałych (por. Latour, Woolgar 1986: 281).

1997; Simon 1991). Wśród zarzutów kierowanych pod adresem tez Slezaka pojawiła się większość zarzutów dotyczących ASON, które przywołaliśmy, rekonstruując prace zespołu Simona. Przedstawiciele STS argumentowali, że ASON nie są wcale wolne od uwarunkowań społecznych, jako że autorzy programów wbudowują do swoich tworów różnego rodzaju założenia, interesy poznawcze i oczekiwania teoretyczne. Wskazywano również, że ASON wcale nie dokonują odkryć naukowych, ewentualnie, że sposób rozwiązywania problemów przez maszynę nie pokrywa się z tym, jak w rzeczywistości myślą i pracują naukowcy.

Moim celem nie jest rozstrzygnięcie sporów między kognitywistami a badaczami społecznymi. Przywołuję kontrowersje wokół ASON, aby zilustrować wzajemne relacje między oboma podejściami do nauki. Przebieg debaty wokół tekstu Slezaka to przykład wielokrotnie spotykanej w nauce sytuacji, kiedy przedstawiciele niewspółmiernych perspektyw wikłają się w niemożliwy do rozstrzygnięcia na gruncie akademickim spór. Debata wokół ASON jest pełna wzajemnych nieporozumień, uproszczeń i nadinterpretacji. Przedstawiciele różnych stanowisk usiłują podważyć translacje dokonywane przez innych. W gruncie rzeczy żadna ze stron nie ma możliwości narzucenia drugiej stronie swojej definicji sytuacji. Wreszcie, brakuje przestrzeni dyskursywnej, na gruncie której można by usiłować wypracować konsensus. *De facto* mamy tu do czynienia nie tyle z dyskusją, co z „mówieniem obok siebie”.

Mogłoby z tego wynikać, że kognitywne studia nad nauką stanowią alternatywny, niewspółmierny nurt badań rozwijający się w całkowitym niemal oderwaniu od STS. W świetle powyższych kontrowersji powiązanie społecznych i kognitywnych podejść musiałoby wydać się mało prawdopodobne. Relacja między kognitywnymi a społecznymi studiami nad nauką jest jednak bardziej skomplikowana. Rzeczywiście, jeszcze pod koniec lat 80. ubiegłego wieku istniał silny antagonizm między socjologami i antropologami nauki a kognitywnymi badaczami nauki wychodzącymi od tradycji symbolicznej. Sytuacja zaczęła się jednak zmieniać w latach 90. wraz z gwałtownym rozwojem ujęć kognitywistycznych, które zrywały z tradycją symboliczną. Co istotne, ustalenia tych podejść były

w wielu punktach zbieżne ze sposobem, w jaki antropologia nauki ujmuje poznanie. Mowa o dwóch nurtach badawczych – usytuowanym poznaniu oraz rozproszonym poznaniu. Warto odnotować, że wiele prac rozwijających alternatywne wobec symbolicznego ujęcie pojawiło się w pierwszych latach dziesięcioletniego moratorium ogłoszonego przez Latoura i Woolgara. Należy tu wspomnieć między innymi o książce *Plans and Situated Actions* autorstwa Lucy Suchman (1987), analizach usytuowanego uczenia Jean Lave i Etienne’a Wengera (Lave 1988; Lave, Wenger 1991), pracy *The Embodied Mind* Francisco Vareli, Evana Thompsona i Eleanor Rosch (1991) czy wreszcie *Cognition in the Wild* Edwina Hutchinsa (1995a). Prace te miały dość istotny wpływ na różne obszary kognitywistyki. Przyczyniły się do rozwinięcia koncepcji rozszerzonego umysłu oraz uwypukliły znaczenie kulturowego i materialnego usytuowania dla wyjaśnienia przebiegu procesów poznawczych. To między innymi za ich sprawą współcześni badacze coraz rzadziej konceptualizują system poznawczy jako maszynę przetwarzającą symbole i coraz częściej uwzględniają jego ucieleśnienie czy zakorzenienie w otoczeniu. Wielu przywoływanych w tym rozdziale badaczy kognitywnych zajmujących się nauką *explicite* odwołuje się do perspektywy usytuowanego poznania bądź też nurtu badań nad rozproszonym poznaniem. Podobnie czyni wielu współczesnych przedstawicieli STS. Można zatem powiedzieć, że zasadnicze kwestie sporne między kognitywnymi a społecznymi studiami nad nauką zostały nie tyle rozstrzygnięte, co unieważnione przez sam rozwój nauk kognitywnych. Jak będziemy mogli się przekonać w kolejnej części pracy, podejścia usytuowane stanowią grunt, na którym jest możliwa synteza ustaleń społecznych i kognitywnych ujęć nauki.

Należy jednak pamiętać, że znaczna część współcześnie prowadzonych badań w ramach kognitywnych studiów nad nauką wciąż silnie nawiązuje do ujęcia symbolicznego. Przykładem są między innymi wychodzące od tradycji *problem solving* eksperymenty *in vitro* oraz kontynuowane prace nad ASON. Jednak nawet tutaj, pomijając wcześniej przywoływane spory, można wskazać pewne istotne punkty zbieżne z antropologicznym ujęciem nauki. Po pierwsze, zarówno antropolodzy, jak i kognitywni badacze nauki zgadzają się

co do tego, że naukowej analizy nauki nie można ograniczać wyłącznie do kontekstu uzasadnienia. Po drugie, w ramach obu podejść przyjmuje się, że kontekst odkrycia można badać za pomocą metod empirycznych. Po trzecie, wielu społecznych badaczy nauki, takich jak Latour oraz wielu kognitywistów, w tym Simon i członkowie jego zespołu, wydaje się zgadzać co do tego, że nie ma nic nadzwyczajnego lub nadmiernie skomplikowanego w rozumowaniu naukowym (por. Fuller 1989: 631). Jak pamiętamy, zespół Simona przyjmował, że mechanizmy odkrycia nie mają unikalnego charakteru, traktując je jako szczególny przypadek ogólnych mechanizmów rozwiązywania problemów (por. Langley et al. 1987: 5). Ma to swoje konsekwencje dla sposobu, w jaki Simon podchodzi do zagadnienia istoty nauki. Przykładowo, stwierdza on, że w gruncie rzeczy nie ma czegoś takiego jak jedna logika odkrycia. Innymi słowy, nie istnieje zespół heurystyk rozwiązywania problemów właściwy tylko działalności naukowej. Poszczególne obszary badawcze mają swoje własne „logiki”, a wiele spośród swoich heurystyk dzieli one z pozanaukowymi formami rozwiązywania problemów. Poglądy Simona są zatem pod pewnym względem zbieżne z podejściem Karin Knorr Cetiny, która odrzuca zasadę jedności nauki, wskazując na mnogość i różnorodność kultur epistemicznych. Po czwarte, zarówno kognitywni badacze nauki, jak i antropolodzy nauki pokazują, w jaki sposób problemy badawcze są upraszczane, jednak wskazują oni tutaj na odmienne zestawy praktyk i heurystyk.

Biorąc pod uwagę powyższe punkty zbieżne, można zaryzykować stwierdzenie, że w pewnym wymiarze podejście *problem solving* oraz antropologia nauki są względem siebie komplementarne. Antropolodzy analizują warunki brzegowe procesów rozwiązywania problemów, takie jak metrologia, standaryzacja eksperymentów, uzgadnianie zasobów wiedzy milczącej. Wszystkie te zabiegi są potrzebne, aby była możliwa komunikacja i koordynacja badań. Antropolodzy śledzą jednocześnie to wszystko, co poprzedza pracę naukową pojmowaną jako rozwiązywanie problemów. Najczęściej dopiero długie sekwencje translacji czyniących świat „czytelnym” oraz zgromadzenie dużych ilości odpowiednio ustrukturyzowanych danych w centrach kalkulacji pozwalają naukowcom przystąpić do rozwią-

zywania problemów w takim trybie, jak opisują to Simon, Dunbar czy Klahr. Jak zauważa Latour, matematyka w pracy naukowej może pojawić się dopiero na pewnym etapie, kiedy pracujemy już na wynikach zaawansowanej translacji świata. Podobnie jest w przypadku metod, które symulują kognitywiści za pomocą ASON lub w ramach eksperymentów psychologicznych. Choć w niniejszej pracy odchodzę od tradycji symbolicznej, to do koncepcji rozwijanych przez Simona będę wracał jeszcze w kilku miejscach. Jak się okaże, wybrane obserwacje tego badacza można z powodzeniem przenieść na grunt współczesnych, usytuowanych ujęć poznania.

CZĘŚĆ II

**Od ujęć symbolicznych do
usytuowanego poznania**

W poprzednich rozdziałach omówiliśmy najważniejsze koncepcje z zakresu społecznych i kognitywnych studiów nad nauką. Celem niniejszej części jest nakreślenie ramy teoretycznej, która pozwoli uzgodnić wybrane społeczne i kognitywne ujęcia nauki oraz stanie się podstawą do opracowania w części trzeciej pewnego ogólnego opisu rozwiązywania problemów w nauce. Skupimy się tu na dwóch blisko ze sobą związanych perspektywach. Pierwszą z nich jest koncepcja rozproszonego poznania. Podejście to jest związane przede wszystkim z badaniami Edwina Hutchinsa. W swoich analizach systemów poznawczych kładzie on silny nacisk na czynniki społeczne i kulturowe oraz interakcję ludzi z materialnymi narzędziami. Rozwijana przez niego koncepcja znalazła zastosowanie w różnych dziedzinach, w tym w badaniach nad kontrolą ruchu lotniczego oraz funkcjonowaniem instytucji finansowych. Koncepcja Hutchinsa oraz wspomniane prace badawcze zostaną zaprezentowane w rozdziale czwartym.

Innymi badaczami reprezentującymi analogiczne podejścia uwzględniające czynniki technologiczne oraz społeczno-kulturowe są: Jean Lave – antropolog kulturowa, która wprowadziła kategorię usytuowanego uczenia; Lucy Suchman – autorka koncepcji usytuowanego działania; wybitny filozof umysłu Andy Clark – autor wielu książek z zakresu nauk kognitywnych, w tym pracy *Being There* (1997); oraz David Kirsh – filozof i kognitywista kierujący Interactive Cognition Lab (UCSD). Są oni kojarzeni z nurtem badań nad usytuowanym poznaniem, który zostanie omówiony w rozdziale piątym.

ROZDZIAŁ 4

Rozproszone poznanie

Rozproszone poznanie (Zhang, Norman 1994; Hutchins 1995a, 1995b; Hutchins, Klausen 1996; Zhang 1997; Hollan, Hutchins, Kirsh 2000; Heft 2001: 352–370; Woods 2003; Kirsh 2004; Poirier, Chicoisne 2006; Smith, Conrey 2009) to podejście badawcze, które usiłuje opisać i modelować procesy poznawcze przebiegające w ramach systemów, na które składają się ludzie zakorzenieni w swym otoczeniu oraz kontekście społeczno-kulturowym. Podejście to przyjmuje inną jednostkę analizy niż tradycyjne podejścia z zakresu nauk kognitywnych – rozproszone poznanie, zamiast skupiać się na jednostkowym umyśle, przechodzi do analizy szerszych systemów poznawczych, takich jak wspólnoty czy kulturowo ukonstytuowane grupy.

Najbardziej reprezentatywną pracą z zakresu rozproszonego poznania jest niewątpliwie książka autorstwa amerykańskiego antropologa kognitywnego Edwina Hutchinsa, nosząca tytuł *Cognition in the Wild* (Hutchins 1995a). Stanowi ona raport ze studium etnograficznego przeprowadzonego na pokładzie amerykańskiego lotniskowca, którego przedmiotem była kooperacja i komunikacja zespołu nawigatorów. Prezentację koncepcji rozproszonego poznania warto rozpocząć właśnie od rekonstrukcji wspomnianego studium.

Antropologia nawigacji morskiej

Na początku lat 90. Edwin Hutchins przeprowadził badania etnograficzne pracy nawigatorów morskich na pokładzie amerykańskiego lotniskowca USS Palau, gdzie obserwował grupę marynarzy i oficerów pełniącą na pokładzie funkcje nawigacyjne. Na przestrzeni 4 miesięcy prowadził on obserwacje uczestniczące w trakcie rejsu i podczas pobytów okrętu w porcie. W sumie spędził 11 dni na ob-

serwacji pracy nawigatorów na otwartym morzu. Nie bez znaczenia jest fakt, że Hutchins sam jest doświadczonym żeglarzem. Amerykański badacz nie ograniczył się do analizy współczesnych praktyk nawigacyjnych. Podejście do problemów nawigacyjnych stosowane przez obserwowanych marynarzy skonfrontował z praktykami nawigacyjnymi Mikronezyjczyków (Hutchins 1995a: 65–93).

Kwestie metodologiczne

Jak już wspomnieliśmy, obiektem zainteresowania rozproszonego poznania jest nie tyle odosobniony człowiek, ale cała kulturowo ukonstytuowana wspólnota poznawcza lub grupa. Podejście Hutchinsa ma charakter systemowy. Zwraca on uwagę na różnice pomiędzy właściwościami poznawczymi jednostek a właściwościami większych systemów poznawczych, w skład których mogą wchodzić owe jednostki. Po pierwsze, różnica ta stanowi konsekwencję interakcji jednostkowych podmiotów z różnego rodzaju zasobami i narzędziami wspomagającymi przebieg procesów poznawczych. Drugim istotnym czynnikiem jest społeczna organizacja i podział pracy poznawczej w zespole (Hutchins 1995a: 226). Należy tu podkreślić, że w ujęciu Hutchinsa poznanie nie tylko podlega wpływom społeczno-kulturowym – w istocie poznanie jest dogłębnie społecznym i kulturowym procesem. Jak zauważa inna antropolog kognitywna, Jean Lave:

Mamy powody, by podejrzewać, że to, co nazywamy poznaniem, stanowi w rzeczywistości złożony fenomen społeczny. [...] Nie chodzi o to, że uporządkowanie wiedzy „w głowie” koresponduje w skomplikowany sposób ze światem społecznym poza głowę, ale o to, że są one społecznie zorganizowane w taki sposób, aby były nierozłączne. „Poznanie” obserwowane w ramach codziennych praktyk jest rozproszone – rozciągnięte, nie zaś rozdzielone – pomiędzy umysłem, ciałem, działaniem (*activity*) oraz kulturowo ukształtowanym otoczeniem [na które składają się również inni aktorzy]; (Lave 1988: 1).

Myślenie zwykliśmy utożsamiać z procesem zachodzącym wewnątrz naszych głów. Jednak Hutchins stwierdza, że procesy myślowe oraz poznanie nie mają odcieleśnionego charakteru, jak sugerowało to

wiele tradycyjnych podejść z zakresu filozofii umysłu i kognitywistyki. Standardowe ujęcia proponowały niejednokrotnie, by ujmować umysł za pomocą metafory maszyny obliczeniowej operującej na abstrakcyjnych symbolach – tradycja ta modelowała ludzką inteligencję jako wytwarzanie symbolicznie sformalizowanych rozwiązań dla symbolicznie wyrażonych łamigłówek (por. Clark 1997: xii). Hutchins stwierdza, że metafora obliczania nie jest bynajmniej bezzasadna – w jego ujęciu nie stosuje się ona jednak do jednostkowego podmiotu poznawczego funkcjonującego niczym maszyna Turinga, ale odnosi się raczej do większych społeczno-kulturowych całości, w skład których wchodzić czynniki ludzkie i technologiczne.

Wierzę, iż procesy obliczeniowe (*computation*) w funkcjonowaniu szerszych systemów [poznawczych] można opisać w sposób, w jaki tradycyjnie ujmowano poznanie – czyli jako obliczenia realizowane przez tworzenie, przekształcanie i rozprzestrzenianie stanów reprezentacyjnych (Hutchins 1995a: 49).

O ile w przypadku wczesnych podejść z zakresu nauk kognitywnych owe stany reprezentacyjne miały mentalny, odcieleśniony czy wręcz symboliczny charakter, o tyle tutaj nabierają one materialnego i społecznego charakteru – nośnikiem informacji w ramach opisywanych przez Hutchinsa rozproszonych systemów nie są abstrakcyjne symbole, lecz gesty, słowa, sygnały dźwiękowe, kartki papieru, wskazania instrumentów, linie kreślone na mapach nawigacyjnych, a także same mapy. Jak zresztą zobaczymy, te ucieleśnione w materialnej i technologicznej postaci stany reprezentacyjne nie dają się w pełni opisać w ramach tradycyjnych podejść.

Nie należy traktować podejścia Hutchinsa jako uzupełnienia wcześniejszych ujęć kognitywnych. Można oczywiście utrzymywać, że nauki kognitywne z powodów metodologicznych musiały zacząć od analizy odcieleśnionego podmiotu, by później – wypracowawszy wstępne koncepcje – móc uzupełniać ten obraz o obserwacje na temat wpływów kulturowych i czynników społecznych. Hutchins zajmuje jednak odmienne stanowisko metodologiczne:

Wcześni przedstawiciele nauk kognitywnych postawili na to, że modularność umysłu ludzkiego pozwala im, by kwestie takie jak kultura, kontekst czy historię bezpiecznie zignorować na początku i uwzględnić dopiero później. Przegrali ten zakład. Powyższe kwestie stanowią fundamentalne aspekty ludzkiego poznania i nie mogą zostać swobodnie włączone do perspektywy, która przyznawała pierwszeństwo abstrakcyjnym właściwościom odizolowanych, indywidualnych umysłów (Hutchins 1995a: 354).

Proponowane przez Hutchinsa holistyczne podejście – wbrew pozorom – stwarza korzystną z metodologicznego punktu widzenia sytuację. Oto bowiem, zmieniając jednostkę analizy z indywidualnego podmiotu na wspólnotę, możemy wkroczyć w samo serce systemu poznawczego i badać interakcje pomiędzy jego składowymi (ludźmi, narzędziami, technologiami) za pomocą standardowych metod badawczych. Jak pisze sam Hutchins:

Każdy psycholog kognitywny byłby szczęśliwy, uzyskawszy bezpośredni dostęp do treści systemu poznawczego. W przypadku społecznie rozproszonego poznania możemy po prostu wkroczyć w system poznawczy i choć pewne podstawowe procesy (zachodzące w ludzkich głowach) pozostają przed nami ukryte, cały szereg kwestii związanych z organizacją i operacjami systemu jest bezpośrednio obserwowalny. Wedle tego ujęcia, moglibyśmy zajść daleko z kognitywistyką, która nie jest ani mentalistyczna (pozostawia nierozstrzygniętymi problemy reprezentacji „w głowach”), ani behawiorystyczna (skupia się na analizie przetwarzania informacji i transformacji reprezentacji „wewnątrz systemu poznawczego”); (Hutchins 1995a: 129).

Hutchins zdaje sobie sprawę z metodologicznych ograniczeń podejścia etnograficznego do procesów poznawczych.

W niektórych przypadkach możemy podążać śladem reprezentacji całkiem daleko, ale czasami strumień stanów reprezentacyjnych znika wewnątrz indywidualnych aktorów i przestaje być bezpośrednio obserwowalny. Zatem, choć [etnografia kognitywna] może powiedzieć nam sporo o poznawczych właściwościach systemu nawigacji, nie mówi nam wiele o naturze wewnętrznych procesów i reprezentacji, jakimi

dysponują poszczególni członkowie zespołu nawigacyjnego. Problem indywidualnego ludzkiego poznania nie może zostać rozwiązany w ten sposób, ale nie jest też po prostu zarzucany. Opis transformacji stanów reprezentacyjnych [...] jest zarazem opisem przetwarzania informacji przez system, jak również specyfikacją zadań poznawczych, w obliczu których stają poszczególni członkowie zespołu (Hutchins 1995a: 229).

Skoro znamy już zalety i ograniczenia podejścia etnograficznego w odniesieniu do problematyki poznania, możemy przejść do rekonstrukcji ustaleń *Cognition in the Wild*. Wkroczymy zatem za przykładem Hutchinsa do systemu poznawczego, jakim jest zespół nawigatorów na lotniskowcu, by zrozumieć ogólne mechanizmy kolektywnych procesów poznawczych oraz kognitywne funkcje narzędzi i materialnych artefaktów.

Charakterystyka problemów nawigacyjnych

Podstawowe pytanie, na jakie ma odpowiedzieć zespół nawigatorów, brzmi: gdzie znajduje się statek i dokąd zmierza? Hutchins analizował prace nawigatorów floty nawodnej, co w praktyce oznacza, że musieli oni nawigować w przestrzeni dwuwymiarowej, nie zaś trójwymiarowej, jak ma to miejsce w przypadku floty podwodnej. Podstawę współczesnej nawigacji morskiej stanowią technologie satelitarne i systemy GPS. Jednakże moment, kiedy Hutchins prowadził swoje badania, przypada na okres poprzedzający upowszechnienie się nawigacji satelitarnej w marynarce wojennej. Amerykański antropolog miał do czynienia nie tyle z wykorzystaniem przez marynarzy wczesnych wersji elektronicznych systemów nawigacji, które *de facto* były uznawane za wysoce zawodne (mowa między innymi o systemach OMEGA i NavSat; Hutchins 1995a: 32–34), co z takimi praktykami, jak rejestrowanie położenia punktów nawigacyjnych względem okrętu za pomocą tarcz namierniczych (tak zwanych pelorusów), pomiary prędkości statku (dokonywane między innymi za pomocą radometru) oraz głębokości wody pod statkiem (dokonywane za pomocą echosondy), rejestrowanie na papierze namiarów, różnego rodzaju obliczenia matematyczne czy kreślenie linii i manu-

alne operacje wykonywane na mapie nawigacyjnej. Na tych właśnie praktykach się skupimy¹.

Niezwykle ważny jest fakt, że Hutchins analizował prace nawigatorów marynarki wojennej. W marynarce wojennej kładzie się szczególnie nacisk na nawigację, gdyż pełni ona podwójną funkcję. Nawigatorzy nie tylko dostarczają kapitanowi niezbędnych do żeglugi informacji o pozycji okrętu, ale również pełnią funkcję kontrolną i czynią działania oficerów rozliczalnymi – wytwarzane przez nich papierowe zapiski stanowią jednocześnie dokumenty prawne. W razie wypadku lub katastrofy, na przykład kolizji z inną jednostką pływającą podczas wchodzenia okrętu do portu, oficer wykonawczy natychmiast zamyka w sejfie wszystkie dokumenty ze stołu nawigacyjnego, zawierające między innymi historię pozycji i prędkości statku. Zostaną one wykorzystane jako dowód przed sądem wojskowym lub w procesie cywilnym z poszkodowanymi firmami prywatnymi (Hutchins 1995a: 38)². Amerykański antropolog miał zatem do czynienia z bardzo precyzyjnymi praktykami nawigacyjnymi. W zależności od warunków, odczyty nawigacyjne były dokonywane najczęściej co jedną, trzy lub sześć minut, a praca zespołu nawigatorów trwała nieustannie.

¹ Sam Hutchins zwraca uwagę na to, w jaki sposób wprowadzenie nowych technologii przekształca przebieg procesów nawigacyjnych i funkcje nawigatorów. Porównuje charakterystyczne dla naszego kręgu kulturowego podejście do nawigacji nie tylko z praktyką rdzennych mieszkańców Mikronezji (Hutchins 1995a: 65–93), ale również z przednowoczesnymi praktykami nawigacyjnymi, z których wyrosła (Hutchins 1995a: 93–116).

² Doświadczeni marynarze w wywiadach z Hutchinsonem stwierdzali, że w praktyce można wprowadzić statek do znanego im portu bez pomocy nawigatora i nieustannego rejestrowania pozycji statku. Jednak jest zawsze szansa, że dojdzie do jakiegoś wypadku, niekoniecznie z winy załogi. Hutchins przytacza następującą wypowiedź pomocnika nawigatora: „Można wpłynąć do San Diego na oko. Jednak prawo na to nie pozwala. [...] Jedna z tych boi może dryfować po zatoce i otrzeć się o ciebie. Chłopie, w takim wypadku lepiej, żebyś był kryty, ponieważ będą chcieli powiesić kapitana. Będą próbowali, chyba że masz dane, że wszystko, co robił, było w porządku. Oczywiście inaczej byłoby w przypadku statku handlowego. Załoga [statku handlowego] po prostu stwierdziłaby: »Byliśmy na środku kanału. Ta przeklęta rzecz w nas uderzyła i jeżeli są jakieś straty do pokrycia – w porządku – obciążcie nimi firmę«” (za: Hutchins 1995a: 38).

Precyzyjne nawigowanie zakłada w praktyce wytyczanie pozycji statku w oparciu o przynajmniej trzy linie lub łuki pozycyjne. Łuk pozycyjny (*arc of position*, AOP) wyznacza się na podstawie dystansu do znanego punktu orientacyjnego. Łuk taki można wyznaczyć za pomocą cyrkla przyłożonego na mapie do punktu orientacyjnego. Linia pozycyjna (*line of position*, LOP) jest wyznaczana z kolei na podstawie położenia okrętu mierzonego w stopniach względem jakiegoś pozostającego w polu widzenia znanego punktu orientacyjnego. Linie taką można wytyczyć na mapie, przecinając punkt orientacyjny za pomocą specjalnego przyrządu kreślarskiego o nazwie *hoey*. Jest to kątomierz wyposażony w dodatkowe długie ruchome ramie, które ułatwia kreślenie linii nachylonych pod odpowiednim kątem względem siatki kartograficznej. By wyznaczyć LOP, wystarczy umieścić *hoey* prostopadle do południka, tak by jego środek leżał na punkcie orientacyjnym, ustawić ramie pod odpowiednim kątem i narysować ołówkiem linię na mapie.

Teoretycznie wystarczyłyby dwie LOP lub AOP. Potrzebne są jednak co najmniej trzy namiary, by wyznaczyć precyzyjną pozycję. W praktyce bowiem linie i łuki przecinają się na mapie nie w jednym punkcie, lecz tworzą mniejszy lub większy trójkąt. Wykorzystanie trzeciego namiaru jest niezwykle ważne z dwóch powodów. Po pierwsze, uprawdopodobnia on informacje pochodzące z pozostałych namiarów. Po drugie, dzięki trzeciemu namiarowi uzyskujemy reprezentację, która sama informuje użytkownika o wielkości błędu pomiarowego – im mniejsze pole wytyczonego trójkąta, tym precyzyjniej udało się wyznaczyć aktualną pozycję statku. Co więcej, informacja ta nie musi być wywnioskowana z cyfr spisanych na kartce lub doniesień operatorów, ale jest dostępna dzięki jednemu rzutowi oka na poznaną kreskami mapę.

Zespół nawigatorów obserwowanych przez Hutchinsa rzadko opierał się na AOP. Przyjrzyjmy się zatem, w jaki sposób w praktyce uzyskiwano drugi rodzaj namiaru. LOP wyznaczano za pomocą pelorusów. Są to urządzenia umieszczone na burtach okrętu lub na pokładzie pelengowym (namiarowym) znajdującym się nad mostkiem kapitańskim. Służą one do namierzania punktów orientacyjnych. Pelorus to rodzaj „ślepego” kompasu bez igły magnetycznej,

służący do pomiaru kątów kursowych, czyli kątów pomiędzy diametralną statku a obserwowanym obiektem. Zasadniczą część pelorusa stanowi teleskopowa alidada. Tradycyjnie w ten sposób określało ruchome ramię, które obracało się w sekstansie, na łuku limbusa, które służyło do wyznaczenia podczas nawigacji względem ciał niebieskich kąta wzniesienia ciała nad linią widnokregu. W tym przypadku alidada to teleskop wyposażony w zintegrowany żyrokompas, który obraca się w poziomie i pozwala określić kąt obserwacji punktu namiarowego. W wizjerze alidady oprócz celownika jest widoczna tarcza żyrokompasu. Oddelegowany do obsługi jednego z trzech pelorusów marynarz miał za zadanie wyszukać na podstawie wskazówek nawigatorów punkt orientacyjny, utrzymywać go na celowniku alidady, a następnie na polecenie kwatermistrza zmiany podać aktualny odczyt z tarczy żyrokompasu. Zadanie jest to relatywnie proste dzięki specjalnej konstrukcji urządzenia, które pozwala ludziemu systemowi poznawczemu w łatwy sposób zintegrować wiedzę o lokalizacji punktu orientacyjnego – pryzmat nakłada obraz z żyrokompasu, tak by był on widoczny tuż pod obrazem obserwowanych punktów orientacyjnych; w efekcie, z perspektywy operatora, tarcza żyrokompasu znajduje się tuż pod obserwowanym punktem, co ułatwia odczyt. Niemniej jednak wciąż są możliwe błędy, zarówno przy odczycie, jak i podczas komunikacji³ (Hutchins 1995a: 271–279). Praca jest organizowana w taki sposób, by: (1) minimalizować prawdopodobieństwo wystąpienia błędów (przykładowo, operator pelorusa podaje odczyt w następującej postaci: nazwa punktu orientacyjnego i namiar w postaci trzech cyfr); (2) ułatwić ich wychwytywanie, (3) umożliwić uczenie się na błędach.

Wizualny sposób dokonywania namiarów jest możliwy tylko w określonych warunkach. W przypadku braku widocznych punktów orientacyjnych nawigatorzy wykorzystują alternatywne źródła informacji. Jednym z nich jest radar ukazujący kontury linii brze-

³ Najczęstsze błędy w odczycie i komunikowaniu namiarów wizualnych z pelorusów to: (1) powtórzenia, np. 119 zamiast 199; (2) transpozycja cyfr, np. 324 zamiast 234; (3) błędy w setnym rzędzie (*off-by-a-century error*), np. 224 zamiast 324; (4) błędy wynikające z podobnego wyglądu cyfr, np. 107 zamiast 167 (Hutchins 1995a: 138).

wej, które można dopasowywać do konturów na mapie. Istotny jest również wydruk echosondy, która pokazuje, ile sążni wody w określonym momencie rejsu było pod okrętem. Jest to informacja cenna i choć trudno ją wykorzystywać w oderwaniu od innych źródeł informacji, to pozwala ona potwierdzić trafność namiarów wizualnych. Jest to możliwe, gdyż na mapach nawigacyjnych są rozrysowane linie informujące o głębokości wody i ukształtowaniu dna morskiego. Wreszcie, przy dobrych warunkach atmosferycznych marynarze mogą wyznaczyć pozycję statku w tradycyjny sposób, czyli odwołując się do położenia gwiazd na niebie.

Mapa jako serce systemu nawigacyjnego

Niewątpliwie najważniejszym „urządzeniem”, z którego korzystają w swojej pracy nawigatorzy, jest sama mapa. Stół, na którym jest rozłożona, zajmuje centralne miejsce w kabinie nawigacyjnej. Wokół niej koncentruje się również cała aktywność zespołu. O znaczeniu, jakie przypisuje się temu artefaktowi, najlepiej świadczy liczba procedur związanych z wytwarzaniem, wykorzystaniem, aktualizowaniem i przechowywaniem map. Załoga USS Palau dysponowała zestawem 5400 map reprezentujących linie brzegowe i porty całego świata. Większość z nich przechowywano w bibliotece map. Wyjątek stanowiły mapy, które były potrzebne w bieżących operacjach – te trzymano na stole nawigacyjnym i w odpowiednich szufladach w kabinie nawigatorów. Załoga dysponuje również dubletem map oraz rezerwowym pomieszczeniem nawigacyjnym w dziobie okrętu, na wypadek, gdyby główne pomieszczenie nawigacyjne zostało zniszczone podczas bitwy wraz z nadbudówką okrętu („wyspą”), w której jest zlokalizowane.

Mapa nawigacyjna to specjalnie skonstruowany dwuwymiarowy model reprezentujący przestrzeń geograficzną, w której porusza się statek. Najbardziej oczywistą właściwością mapy jest to, że naniesione na nią punkty korespondują z rzeczywistymi lokalizacjami geograficznymi. Mapa zawiera informacje o ukształtowaniu linii brzegowej, głębokości i ukształtowaniu dna morskiego. Są na nią naniesione lokalizacje strategicznych obiektów oraz punkty ob-

serwacyjne. Daje ona nawigatorom perspektywę, której nie mogli by uzyskać w żaden inny sposób. Ujmując to w nieco innym języku, mapa stanowi użyteczną translację rzeczywistego świata. Jest to coś więcej niż widok z lotu ptaka na płynący okręt, gdyż jest tu uchwycona struktura dna morskiego. Pewne elementy uwypuklono, inne zaś celowo uproszczono lub wręcz pominięto. Poświęcono je w celu usprawnienia procesu nawigacji. Należy pamiętać, że mapa reprezentuje w dwuwymiarowej postaci fragment powierzchni kuli, co wymusza dokonanie pewnych zniekształceń, na przykład przez zastosowanie odwzorowania Merkatora (odwzorowanie walcowe równokątne).

Hutchins podkreśla w wielu miejscach, że mapy nawigacyjne należy traktować nie tylko jako reprezentacje, ale przede wszystkim jako zręcznie wypracowane narzędzia służące do dokonywania skomplikowanych obliczeń matematycznych. W skrócie – mapa to analogowy komputer (Hutchins 1995a: 61). W algebrze i geometrii analitycznej wiele obliczeń można przeprowadzić na grafach. Przykładowo, możemy wyznaczyć wszystkie punkty pomiędzy dwoma pozycjami, po prostu rysując przez nie linię prostą. Oczywiście tego typu graficzne reprezentacje zawsze wprowadzają błąd wynikający z braku precyzji. Hutchins argumentuje, że mapa nawigacyjna jest bliższa pod pewnymi względami takiej graficznej reprezentacji matematycznej abstrakcji niż zwykłej mapie – reprezentuje ona właściwości geograficzne w taki sposób, by umożliwić pewnego rodzaju analogowe obliczenia. Oczywiście wszystkie problemy, które nawigatorzy rozwiązują, kreśląc na swoich mapach, można by ująć w postaci równań i rozwiązać dzięki technikom opartym na przetwarzaniu symboli. Jednak wykorzystanie map upraszcza ten proces. Mapa stanowi tu zewnętrzną reprezentację – zamiast rozwiązywać problem nawigacyjny „w głowie” w abstrakcyjny sposób, nawigatorzy wykorzystują mapę, by uzyskać odpowiedzi na interesujące ich pytania w oparciu o takie proste czynności, jak kreślenie linii, przepisywanie cyfr, obsługa kątomierza i cyrkla. W tym kontekście, powołując się na prace Latoura, Hutchins stwierdza, że nawigatorzy „myślą za pomocą rąk i oczu” (Hutchins 1995a: 142–143).

Zewnętrzne reprezentacje i rusztowania poznawcze

Zatrzymajmy się na dłużej przy kategorii zewnętrznej reprezentacji. Zasluguje ona na szersze omówienie z racji roli, jaką odgrywa w koncepcji rozproszonego poznania. Zewnętrzne reprezentacje są przeciwstawiane mentalnym reprezentacjom wytwarzanym w umyśle. Odgrywają istotną rolę w realizacji wielu czynności poznawczych, takich chociażby jak mnożenie za pomocą kartki i ołówka, robienie zakupów w oparciu o listę, rozwiązywanie problemów geometrycznych przy wykorzystaniu ich reprezentacji graficznej czy w grze w szachy (Zhang 1997: 179). Skupmy się na ostatniej z wymienionych czynności.

Mistrzowie szachowi potrafią nie tylko odtworzyć z pamięci ustawienie figur na planszy lub przebieg konkretnej partii, ale także prowadzić rozgrywkę „w głowie”, nie uciekając się do pomocy planszy i figur, posługując się jedynie mentalnym modelem gry. Można przypuszczać, że zapamiętują oni nie tyle konkretne figury i ich położenie na planszy, ale wzajemne relacje między figurami, planowane ruchy oraz możliwości, jakie stwarza dany układ, ewentualnie sekwencję ruchów, która doprowadziła do danego stanu czy wreszcie standardowe strategie, jakie zostały zastosowane⁴. Mniej wprawni gracze odwołu-

⁴ Warto przywołać w tym miejscu klasyczny eksperyment przeprowadzony przez Williama Chase’a i Herberta A. Simona (Chase, Simon 1973; Simon, Chase 1973). Mistrzom i nowicjuszom prezentowano szachownice z rozmieszczonymi figurami. Następnie proszono ich o odtworzenie konfiguracji z pamięci. Mistrzom udawało się wykonać to zadanie zdecydowanie sprawniej i przy mniejszej liczbie błędów niż nowicjuszom. Jednak działo się tak tylko i wyłącznie w sytuacji, gdy badany prezentowano nieprzypadkowe rozmieszczenie figur, stanowiące efekt przerwanej w którymś momencie rozgrywki. Gdy badani mieli do czynienia z całkowicie przypadkowym rozmieszczeniem figur, różnica między ekspertami a nowicjuszami zniknęła. Późniejsze badania pokazują, że eksperci mimo wszystko mają nieznaczną przewagę nad nowicjuszami w przypadku zapamiętywania przypadkowego rozmieszczenia figur na szachownicy. Nie zmienia to jednak faktu istnienia znaczących różnic, jeżeli chodzi o odtwarzanie przez mistrzów nieprzypadkowego i przypadkowego rozmieszczenia figur (zob. Gobet, Simon 1996). Badania z wykorzystaniem *eye trackingu* pokazują, że mistrzowie szachowi w trakcie zapamiętywania rozmieszczenia figur skupiają się częściej nie na położeniu poszczególnych figur, lecz na ich wzajemnym ułożeniu (Reingold et al. 2001).

ją się do planszy jako zewnętrznej reprezentacji gry. Wykorzystując ją, uwalniają się od części czynności poznawczych, które wykonuje umysł eksperta. Przede wszystkim plansza wraz z rozstawionymi figurami stanowi dla nowicjuszy i średniozaawansowanych funkcjonalny ekwiwalent systemu pamięci krótkotrwałej. Po drugie, patrząc na planszę, niedoświadczony gracz może identyfikować zagrożenia i możliwości ruchu, opracowując swoje dalsze posunięcia, bądź też wybrać rozwiązanie z repertuaru wyuczonych schematów i strategii.

Zewnętrzne reprezentacje problemów mogą zostać przemienione w reprezentacje wewnętrzne przez ich zapamiętanie. Proces internalizacji często nie jest niezbędny, na przykład w sytuacji, kiedy dany typ reprezentacji zewnętrznych jest łatwy w wykorzystaniu i ciągle dostępny. Często zdarza się, że proces internalizacji nie jest w ogóle możliwy – dzieje się tak w sytuacji, gdy dany problem jest zbyt złożony. Eksternalizacja jest wskazana w sytuacji, kiedy korzyści płynące z wykorzystania danego typu zewnętrznych reprezentacji przewyższają koszty związane z eksternalizacją oraz z tworzeniem i wykorzystaniem danych reprezentacji (por. Zhang 1997: 180). Oczywiście powyższy rachunek zależy w dużej mierze od możliwości danego systemu poznawczego. Przykładowo, ekspert szachowy nie potrzebuje planszy, by efektywnie prowadzić rozgrywkę. W jego przypadku „obsługa” zewnętrznej reprezentacji, czyli rozłożenie szachownicy, rozstawianie figur, przesuwanie ich i śledzenie wzrokiem, jest czasochłonna i wymaga dodatkowych czynności poznawczych, niezwiązanych w jego przypadku z opracowaniem strategii. Jednak gracz niebędący ekspertem nie może w ogóle przystąpić do gry, nie poświęcając uwagi tego typu „pobocznym” czynnościom.

Uogólniając, można powiedzieć, że zewnętrzne reprezentacje odciążają ludzki system poznawczy. Przekształcają one problem w taki sposób, by stał się prostszy lub łatwiejszy w „obróbce”. Zastosowanie zewnętrznej reprezentacji częstokroć zmienia charakter wykonywanej czynności. Dobrym przykładem jest mnożenie, dzielenie, odejmowanie lub dodawanie kilkucyfrowych liczb. Pomnożmy dla przykładu „w głowie” 386 przez 417. Oczywiście są ludzie, którzy są w stanie z łatwością wykonać w ten sposób nawet bardziej skomplikowane operacje arytmetyczne. Większość z nas będzie jednak wo-

łała wykorzystać w celu rozwiązania powyższego problemu kartkę papieru, ołówek oraz pewną „sztuczkę” znaną ze szkoły, czyli mnożenie w słupku. W istocie te trzy czynniki pozwalają nam rozbić powyższy iloczyn na prostsze obliczenia (na przykład: $6 \times 7 = 42$; $8 \times 7 = 56$ etc.). Kartka pozwala nam zapamiętywać wyniki przeprowadzanych „w głowie” cząstkowych obliczeń oraz przenoszone do kolejnego rzędu wielkości „reszty”. Jednocześnie pozwala śledzić przebieg całego „rozumowania”. Czasami jednak musimy obejść się bez kartki i przeliczyć wszystko „w pamięci”. W takiej sytuacji dokonywane przez nas „wewnętrzne” obliczenia w sposób istotny różnią się od klasycznej wizji myślenia jako przetwarzania symboli. Nasz mózg to nie kalkulator. Jeżeli nie posiadamy rzadkich uzdolnień arytmetycznych, wynik nie pojawi się spontanicznie w naszym umyśle. W praktyce, rozwiązując bardziej skomplikowane zadanie arytmetyczne, staramy się naśladować „w głowie” manipulacje, jakie wykonujemy normalnie przy użyciu kartki i ołówka. Nie wiemy od razu, jaki jest wynik, lecz wykorzystujemy technikę mnożenia w słupkach, jednak tym razem bez pomocy kartki.

Innym przykładem zewnętrznej reprezentacji jest plansza do popularnej łamigłówki Sudoku opartej na zasadzie kwadratów matematycznych. Można przypuszczać, że mistrzowie Sudoku, podobnie jak eksperci szachowi i osoby obdarzone rzadkimi umiejętnościami algebraicznymi, po prostu „widzą” właściwe rozwiązanie. Jednak mniej wprawni gracze muszą odwoływać się do różnego rodzaju sztuczek. Jedną z nich polega na tym, by w puste okna, zamiast wpisywać tylko cyfry, których jesteśmy pewni, wpisać wszystkie możliwe cyfry i sukcesywnie je wykreślać. W ten sposób plansza „zapamiętuje” lokalne rozwiązania, które gracz stopniowo odkrywa i wskazuje mu kolejne, trudne do dostrzeżenia opcje. Ujmując to nieco inaczej, rozwiązywanie Sudoku można potraktować jako długą sekwencję różnych wnioskowań mających na celu wykluczenie sprzecznych rozwiązań; zastosowanie powyższej „sztuczki” w znaczącym stopniu ułatwia poszukiwania rozwiązania problemu.

Powyższe przykłady pokazują, że zewnętrzne reprezentacje, takie jak mapy, plansze do gier, schematy, różnego rodzaju wizualizacje wspomagają ludzką pamięć, upraszczają proces rozwiązywania

problemów, a także umożliwiają monitorowanie całego procesu. Stanowią one – jak określa je Andy Clark – rusztowania poznawcze (*scaffoldings*; Norman 1993b; Clark 1997: 61; Clark, Wilson 2009: 60–62). Nie tylko upraszczają one realizację pewnych czynności poznawczych, ale niekiedy wręcz je umożliwiają. Stanowią one – ujmując to metaforycznie – struktury wspierające nasze mentalne procesy i abstrakcyjne rozumowania.

W tym miejscu warto zwrócić uwagę na dwie istotne kwestie. Po pierwsze, należy ostrożnie posługiwać się kategorią rusztowania poznawczego, podobnie zresztą jak metaforami wspomaganie czy rozszerzenia ludzkiego umysłu. Jakkolwiek bardzo nośne, pojęcia te mogą przyczynić się do błędnego odczytania prezentowanych tu koncepcji. Wykorzystanie różnego rodzaju narzędzi poznawczych i reprezentacji zewnętrznych wcale nie musi prowadzić do podwyższenia naszej inteligencji czy wydolności poznawczej naszego organizmu – najczęściej nie są to „protezy” lub „wspomagacze”, które pozwalają nam dalej widzieć, szybciej obliczać „w głowie”, lepiej zapamiętywać, lub sprawniej analizować. Dyskutowane przez Hutchinsa urządzenia i techniki nie wspierają naszego systemu poznawczego na takiej zasadzie, jak implanty ślimakowe przywracają zdolność słyszenia, a prototypowe egzozszkielety pomagają przenosić ogromne ciężary. Zaleta urządzeń i technik przez niego opisywanych najczęściej polega na tym, że pozwalają one przekształcić skomplikowany problem do postaci, w której staje się on łatwy do rozwiązania dla człowieka pozbawionego nadzwyczajnych mocy poznawczych. Można powiedzieć, że problem zaprezentowany w odpowiedni sposób jest już w dużej mierze rozwiązany.

Po drugie, przytoczone powyższej przykłady przez wielu mogą być odbierane w ten sposób, że demonstrują rolę zewnętrznych reprezentacji w procesie zapamiętywania. Jednak funkcje zewnętrznych reprezentacji daleko wykraczają poza kwestie związane z pamięcią. Zewnętrzne reprezentacje i rusztowania nie tylko przechowują informacje, które stanowią *input* dla naszych systemów poznawczych, ale także biorą czynny udział w rozwiązywaniu problemów. Przykład z wykreślaniem liczb w Sudoku pokazuje, że zewnętrzna reprezentacja może podpowiadać rozwiązania problemu i wskazywać kierunki

dalszych poszukiwań. Gdy ludzie uznają różnicę między wewnętrznymi a zewnętrznymi reprezentacjami, zazwyczaj różnie postrzegają łączące je relacje. Pierwsze ujęcie jest takie, że zewnętrzne reprezentacje zaledwie dostarczają dane wejściowe lub stanowią bodźce dla naszych wewnętrznych procesów poznawczych. W ramach tej perspektywy, nawet jeśli wiele czynności poznawczych zakłada interakcję ze środowiskiem, całe przetwarzanie poznawcze przebiega wewnątrz poszczególnych umysłów. A zatem, jeżeli podmiot ma do wykonania zadanie wymagające interakcji z otoczeniem, musi najpierw stworzyć wewnętrzny model środowiska, wprowadzić do niego informacje przechowywane w zewnętrznych reprezentacjach, następnie dokonać wewnętrznych „obliczeń”, na koniec uzyskując produkt, który na zasadzie dekodowania może zostać ponownie uzewewnętrzniony i utwalony w jakiejś zewnętrznej reprezentacji. To podejście jest charakterystyczne dla tradycyjnego, symbolicznego ujęcia. Alternatywne ujęcie traktuje środowisko działania oraz różnego rodzaju zewnętrzne reprezentacje nie tylko jako źródło danych dla naszego umysłu, medium transmisji informacji między umysłami czy przechowalnię produktów pracy różnych umysłów. Podejście to zakłada, że elementy otoczenia oraz zewnętrzne reprezentacje biorą czynny udział w rozwiązywaniu problemów. Ujmując to za pomocą metafory komputerowej, otaczające nas obiekty, to nie tylko źródło danych *input* oraz magazyn danych *output* dla naszych wewnętrznych procesów mentalnych – „obliczanie” przebiega również na zewnątrz, poza naszymi głowami. Dodawanie lub mnożenie za pomocą kartki i ołówka można próbować opisać w kategoriach ujęcia symbolicznego. Oto wykonujemy sekwencję operacji mentalnych, których częściowe wyniki przechowujemy w naszej zewnętrznej pamięci, czyli na kartce papieru. Zapisując wyniki częściowe na zewnątrz, odciążamy naszą pamięć roboczą. Zauważmy jednak, że ostateczny wynik mnożenia lub dodawania w słupku przy użyciu kartki pojawia się nie „w głowie”, lecz na kartce, z której dopiero zostaje odczytany. To umiejętnie zastosowana procedura mnożenia w słupku integruje wyniki częściowych obliczeń, a nie sam umysł (zob. ryc. 2). Podobne problemy napotykaemy, próbując opisać sztuczkę stosowaną w Sudoku w ramach ujęcia symbolicznego.

1.

$$\begin{array}{r} \mathbf{1} \\ 386 \\ + 417 \\ \hline = \mathbf{803} \end{array}$$

$6+7=\mathbf{13}$

2.

$$\begin{array}{r} \mathbf{1} \\ 386 \\ + 417 \\ \hline = \mathbf{803} \end{array}$$

$1+8+1=\mathbf{10}$

3.

$$\begin{array}{r} \mathbf{1} \\ 386 \\ + 417 \\ \hline = \mathbf{803} \end{array}$$

$1+3+4=\mathbf{8}$

4.

$$\begin{array}{r} 386 \\ + 417 \\ \hline = 803 \end{array}$$

Wynik to $\mathbf{803}$

Ryc. 2. Przykład zastosowania procedury dodawania w słupku przy użyciu kartki papieru i ołówka

Prezentowano kolejne etapy zastosowania procedury; lewy prostokąt reprezentuje kartkę papieru funkcjonującą jako zewnętrzny bufor pamięci; prawy prostokąt reprezentuje treść prostych obliczeń przeprowadzanych „w głowie”; strzałki reprezentują internalizację i eksternalizację cząstkowych wyników.

1. Na kartce zostaje rozpisane w słupku zadanie arytmetyczne; podmiot rozwiązujący problem internalizuje pierwszy fragment zadania (liczby z kolumny jedności), a następnie eksternalizuje wynik, zapisując cząstkowe rezultaty na kartce: jedność zapisuje pod kreską, dziesiątą zapisuje nad kreską.

2. Podmiot rozwiązujący problem internalizuje drugi fragment zadania (liczby z kolumny dziesiątych), a następnie zapisuje na kartce wynik w analogiczny sposób jak wcześniej.

3. Podmiot rozwiązujący problem internalizuje trzeci fragment zadania (liczby z kolumny setnych), a następnie eksternalizuje wynik, zapisując cząstkowe rezultaty pod kreską.

4. Wynik nie pojawia się w głowie podmiotu, ale jest odczytywany z kartki papieru, na której został wyliczony.

Komentarz: proces obliczania nie jest realizowany wyłącznie „w głowie”, ale stanowi wynik interakcji procesów wewnętrznych z wykorzystaniem zewnętrznej reprezentacji. Dzięki zastosowaniu procedury liczenia w słupku kartka papieru integruje wyniki cząstkowych mentalnych obliczeń.

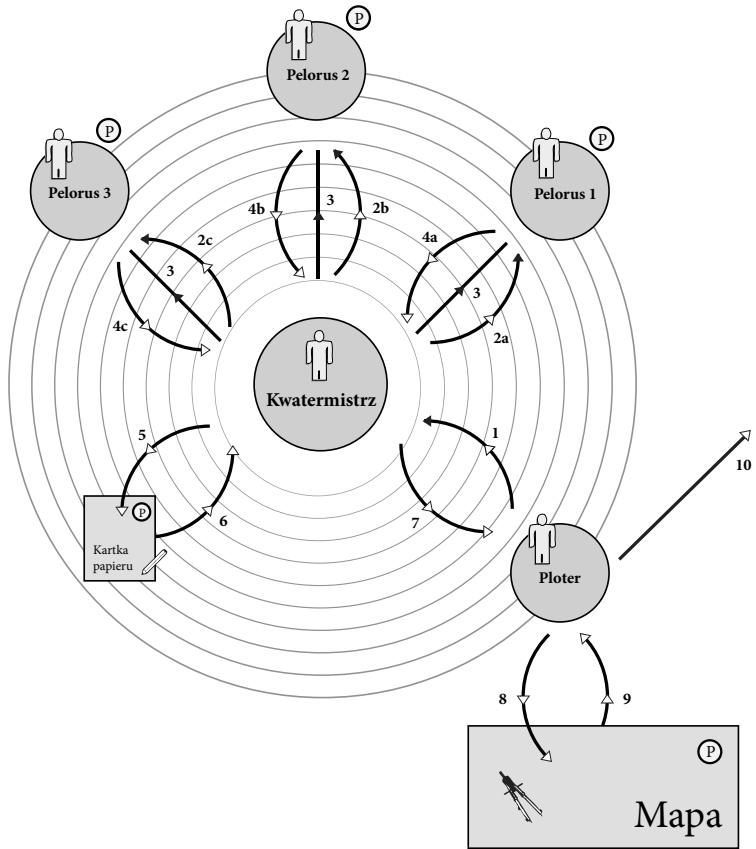
Aby lepiej zrozumieć, w jaki sposób zewnętrzna reprezentacja może brać czynny udział w rozwiązywaniu problemów, warto wrócić do rekonstrukcji badań Hutchinsa i przyjrzeć się bliżej sposobom wykorzystania przyrządów i samej mapy przez nawigatorów.

Mapa nawigacyjna i analogowe komputery

Ustalenie pozycji statku zakłada zintegrowanie danych z różnego rodzaju instrumentów pokładowych – dostarczają one bezpośrednich namiarów (LOP lub AOP) bądź też danych kontrolnych uwiarygodniających namiar. Przypatrzmy się modelowej sekwencji czynności w kabinie nawigacyjnej (zob. ryc. 3). Kwatermistrz powiadamia zespół, że zbliża się moment namierzania. Operatorzy pelorusów zostają poinstruowani przez kwatermistrza współpracującego z głównym nawigatorem pracującym na mapie, jakie punkty orientacyjne mają śledzić. Jeżeli operator pelorusa jest niedoświadczony, kwatermistrz lub inny członek zespołu daje mu wskazówki, jak wygląda punkt i gdzie może go zobaczyć. Operatorzy utrzymują swoje punkty na celownikach alidady. Na znak kwatermistrza podają po kolei swoje odczyty. Co istotne, odczyty nie są *de facto* rejestrowane w tej samej sekundzie. Między pierwszym a ostatnim pomiarem może minąć nawet kilkanaście sekund. Jako pierwszy podaje namiar ten obserwator, którego LOP będzie najbliższy utworzenia kąta prostego z kierunkiem ruchu statku. Dlaczego? Gdyż te odczyty zmieniają się najszybciej; musimy bowiem pamiętać, że statek jest w ciągłym ruchu. W efekcie punkty orientacyjne przesuwają się względem niego z różną prędkością kątową (najszybciej przemieszczają się punkty zlokalizowane na 90 i 180 stopniu względem kierunku ruchu statku). Można obrać najwyżej jeden punkt orientacyjny znajdujący się blisko tego promienia, w innym przypadku namiary utworzą na mapie duży trójkąt. Odczyty zostają zapisane w karcie odczytów za pomocą tuszu (każdy błąd oznacza że trzeba wykreślić całą linijkę i napisać ją od nowa). Nawigator (ze swoim pomocnikiem) nanosi podawane mu przez kwatermistrza odczyty z pelorusów na mapę za pomocą ołówka i kątomierza z długim ramieniem. Konfrontuje ustaloną pozycję w postaci trójkąta z danymi z innych instrumen-

tów, na przykład z wynikami pomiarów echosondy. W ten sposób zostaje wyznaczona pozycja statku. Zauważmy jednak, że dokonało się to nie tyle w umyśle (lub umysłach) marynarzy, co na mapie; rozwiązanie problemu wyłania się w wyniku wykonywania przez ludzi szeregu manualnych czynności. W efekcie nawigator może w łatwy sposób odczytać bieżącą pozycję statku z mapy. Na tym nie kończy się cały cykl. Nawigator, patrząc na mapę, orzeka, z jaką precyzją udało się ustalić pozycję statku. Znając wielkość trójkąta, jaki tworzą przecinające się LOP i AOP, zarówno nawigatorzy, jak i inni członkowie załogi mogą w łatwy sposób ocenić precyzję ustalonej pozycji statku – im mniejsze pole trójkąta, tym precyzyjniejsze były namiary. Dane zostają ręcznie wprowadzone do karty nawigacyjnej. Co jakiś czas nawigator składa kapitanowi raport o pozycji statku i ewentualnych odchyleniach od przewidzianego kursu.

Weźmy pod uwagę jeszcze jedną sytuację. Nie wszystkie kreski i adnotacje są nanoszone na mapę za pomocą ołówków. Dotyczy to między innymi tras wejścia do portów. Zamiast za każdym razem obliczać i przygotowywać je na nowo, marynarze ustalają je raz na zawsze i utrwalają na mapie za pomocą tuszu. W takim przypadku kapitan musi zacząć podejście do portu od punktu i z prędkością sugerowaną przez nawigatorów, a także wydać komendę skrętu w miejscu wyznaczonym na mapie. Ze względu na inercję, skręt tak dużym okrętem jak USS Palau musi zostać wykonany z odpowiednim wyprzedzeniem. Przyjrzyjmy się zatem bliżej roli zespołu nawigatorów w procedurze podejścia i samego zwrotu. Często zarządza się w takiej sytuacji dokonywanie ciągłego namiaru. Procedura ta wymaga trzech osób – operatora pelorusa, kwatermistrza i nawigatora. Operator ma śledzić punkt orientacyjny znajdujący się w okolicy skrętu i usytuowany możliwie najbliżej prostopadłej do kierunku ruchu okrętu (taki punkt będzie najszybciej zmieniał swoją pozycję na widnokreśgu). Operator podaje ciągły namiar, informując o przesunięciu punktu względem statku o jeden stopień. Kwatermistrz przekazuje namiary nawigatorowi, który operuje kątomierzem. Środek kątomierza jest umieszczony na punkcie orientacyjnym, którego pozycję śledzi operator pelorusa. Sam kątomierz jest ułożony równoległe do linii tworzących siatkę kartograficzną na mapie. Jednocze-



Ryc. 3. Rozproszony charakter procesu wyznaczania pozycji statku

Prostokąty reprezentują papierowe media (mapa oraz kartka papieru); symbole P oznaczają elementy rozproszonego systemu poznawczego pełniące funkcje buforów pamięci przechowujących istotne informacje; strzałki z czarnymi grotami reprezentują polecenia, a strzałki z białymi grotami kierunek przepływu stanów reprezentacyjnych.

1. Ploter pracujący przy mapie informuje kwatermistrza o tym, że zbliża się moment namiaru oraz sugeruje najdogodniejsze punkty orientacyjne.
- 2a–2c. Kwatermistrz wyznacza poszczególnym marynarzom obsługującym pelorusy punkty orientacyjne, które mają namierzać, i – w razie konieczności – pomaga im je odnaleźć.
3. „Mark!” – kwatermistrz, korzystając z zegarka, wydaje trzem marynarzom polecenie dokonania jednoczesnego namiaru.
- 4a–4c. Kwatermistrz po kolei zbiera od marynarzy zapamiętane przez nich wartości wyrażane w stopniach.
5. Kwatermistrz notuje za pomocą tuszu zebrane namiary.
6. Kwatermistrz odczytuje zanotowane namiary.
7. W najdogodniejszej chwili kwatermistrz po kolei przekazuje ploterowi zanotowane namiary.
8. Ploter nanosi namiary na mapę.
9. Ploter odczytuje z mapy położenie statku oraz ocenia poprawność namiaru na podstawie wielkości pola wytyczonego trójkąta.
10. Co jakiś czas ploter przekazuje na mostek kapitański raport o aktualnej pozycji i kierunku statku.

Komentarz: żaden z członków zespołu nie wyznacza samodzielnie pozycji statku – nawet ploter pracujący przy mapie zaledwie odczytuje z niej wynik. Rozwiązanie problemu stanowi efekt interakcji ludzkich i technologicznych elementów rozproszonego systemu. Głównym narzędziem obliczeniowym integrującym dane z namiaru jest mapa. Jednak to kwatermistrz jest odpowiedzialny za koordynację pracy systemu – to jego praca decyduje o prawidłowym buforowaniu i przepływie stanów reprezentacyjnych w ramach systemu.

śnie nawigator przesuwając ramię kątomierza w taki sposób, by wartość kąta nachylenia ramienia pokrywała się z namiarami przekazywanymi przez kwatermistrza. Miejsce skrzyżowania się toru podejścia do portu zaznaczonego na papierze oraz przesuwanego ramienia kątomierza oznacza punkt, w którym znajduje się aktualnie statek. Kiedy ramię kątomierza dociera do skrętu zaznaczonego na mapie, kapitan wydaje stosowną komendę. Nieustanny namiar umożliwia nie tylko skręcenie statkiem we właściwym momencie, ale również pozwala na odliczanie czasu do momentu wykonania manewru (zob. Hutchins 1995a: 192–194).

Jak widać, mapa nawigacyjna pełni w procesie nawigacji wielorakie funkcje. Po pierwsze, jest to kluczowa zewnętrzna reprezentacja umożliwiająca przeprowadzanie analogowych obliczeń. Przesuwając ramię kątomierza, nawigator w istocie precyzyjnie odmierza czas i odległość do skrętu. Podkreślmy również, że obliczenia, o jakich tu mowa, dokonują się na mapie, nie zaś w umysłach poszczególnych marynarzy. Po drugie, jest to medium, które umożliwia integrowanie i porównywanie informacji z różnych źródeł. Pełni zatem funkcję, jaką Latour przypisuje centrom kalkulacji (por. Hutchins 1995a: 111). Po trzecie, mapa nie tylko koordynuje różnego rodzaju translacje, ale także działania ludzi. Stanowi ona punkt, wokół którego zostaje zorganizowana praca. Po czwarte, mapa stanowi środek nadzoru jakości pracy nawigatorów – o precyzji wykonanych namiarów informuje wielkość wykreślonych na mapie trójkątów. Po piąte, mapa stanowi zewnętrzny system pamięci

Warto zauważyć, że mapa przechowuje wiedzę nie tylko danego zespołu, który dokonywał różnych jej modyfikacji, ale całych pokoleń kartografów, geografów, nawigatorów, marynarzy i odkrywców. Hutchins pisze dosłownie o tym, że w fizycznej strukturze artefaktu (a nie tylko w jego warstwie symbolicznej) krystalizuje się praktyka i doświadczenie użytkowników (Hutchins 1995a: 96). Innymi słowy, mapa stanowi zreifikowaną, łatwą w obsłudze formę wiedzy⁵.

⁵ Nieprzypadkowo użyłem tu formy „stanowi wiedzę”, zamiast „zawiera wiedzę”, która może wydać się bardziej stosowna. Chodzi bowiem o to, że marynarze niekoniecznie wydobywają z mapy wiedzę, by na jej podstawie coś wynioskować. Oni tworzą wiedzę, wchodząc w interakcję z mapą.

Jednocześnie marynarze posługujący się nią nie muszą znać całego kontekstu historycznego wytworzenia mapy, praktyk geografów czy kartografów. Do wykorzystania mapy wystarczające okazują się ich umiejętności i doświadczenia jako nawigatorów amerykańskiego lotniskowca. Tym samym mapa nawigacyjna może zostać uznana za przykład czarnej skrzynki.

W istocie marynarze wykorzystują w swoich praktykach nawigacyjnych wiele innych czarnych skrzynek. Większość „wynałzków”, zarówno technologicznych, jak i organizacyjnych, z których korzystali badani przez Hutchinsa marynarze, nie stanowi ich wytworu⁶. Stanowią one efekt wielu wieków rozwoju praktyk nawigacyjnych – są to kulturowo utrwalone techniki, przekazywane w ramach bezpośrednich interakcji zasoby wiedzy milczącej i umiejętności, a także udoskonalane przez stulecia narzędzia.

Mapa nawigacyjna nie jest jedynym analogowym komputerem, jaki wytworzyła zachodnia nawigacja. W gruncie rzeczy, tego typu środki obliczeniowe były rozwijane przez ponad 400 lat. Wśród analogowych komputerów nawigacyjnych stosowanych w naszym kręgu kulturowym Hutchins wymienia między innymi: drewniany log (Hutchins 1995a: 103–104), różę wiatrów, która była wykorzystywana przez marynarzy jako swego rodzaju kalendarz księżycowy i pomagała im obliczać wielkość fali przyływu (Hutchins 1995a: 99–103), czy wreszcie astrolabia. Astrolabia były to przenośne mechaniczne modele ruchu niebios. Wynaleziono je w Grecji około 200 roku p.n.e. Przetrwały średniowiecze dzięki Arabom, od których ponownie przejęli je Europejczycy. Nie tylko reprezentowały one ruch obiektów po nieboskłonie, ale pozwalały również na przewidywanie ich przyszłych pozycji. Oczywiście dowolna mapa nieboskłonu odwzorowuje relacje położenia gwiazd. Jednak ruchomy mechanizm astrolabium prezentuje regularności ruchów ciał niebie-

⁶ Warto tu jednak zaznaczyć, że Hutchins w ciągu swojego krótkiego pobytu na USS Palau był świadkiem sytuacji, kiedy zespół nawigatorów dokonał pewnej interesującej innowacji w dziedzinie technik nawigacyjnych. Zdarzenie to miało jednak miejsce w sytuacji kryzysowej. W normalnych warunkach marynarze nie dokonywali modyfikacji zinstytucjonalizowanych technik nawigacji, ograniczając się do ich reprodukcji.

skich w zależności od szerokości geograficznej i czasu obserwacji. W rzeczywistości astrolabium to nie pojedynczy przyrząd, lecz zestaw mechanicznych części, które można ze sobą łączyć w zależności od miejsca obserwacji. Przykładowo, niektóre astrolabia były wyposażone w sześć dwustronnie grawerowanych tarcz reprezentujących nieboskłon – użytkownik mógł wybrać najwłaściwszą dla siebie tarczę w zależności od szerokości, na jakiej się znajdował. Z kolei dzięki mechanizmowi mógł uzyskać reprezentację nieba dla określonego momentu obserwacji (Hutchins 1995a: 96–99).

Tego typu analogowe komputery stanowiły fundament, na którym rozwinęła się współczesna praktyka nawigacyjna. Jednak niektóre sztuczki i techniki redukcji złożoności problemów nawigacyjnych przetrwały do dziś. Dobrą ilustrację stanowią trzy różne sposoby, w jaki nawigatorzy rozwiązują następujący problem: jak obliczyć prędkość statku w milach morskich na podstawie dystansu, jaki przebył statek pomiędzy dwoma namiarami pozycji w określonym interwale czasowym? Załóżmy, że obie pozycje dzieli 2000 jardów, a namiary są dokonywane w trzyminutowych interwałach. Pierwsze podejście jest takie, że marynarz, wykorzystując swoją znajomość algebry, wzór na odległość, a także informacje o tym, z ilu minut składa się godzina oraz ile jardów mierzy mila morska, dokona obliczeń na papierze. Oczywiście marynarz, wykorzystując tę samą wiedzę, może odwołać się do kieszonkowego kalkulatora. Pozostałe dwa rozwiązania problemu nie zakładają jednak przeprowadzania żadnych algebraicznych kalkucacji w tradycyjnym tego słowa znaczeniu. Jedno z nich polega na wykorzystaniu trójskalowego nomogramu. Jest to kawałek papieru z nadrukowanymi równoległe względem siebie trzema skalami: górna to skala czasu w minutach, środkowa odnosi się do dystansu mierzonego w jardach i milach, a dolna do prędkość w węzłach. Są one w taki sposób ustawione, że łącząc prostą linią punkt odpowiadający wartości 2000 jardów na skali odległości oraz punkt reprezentujący 3 minuty na skali czasu, uzyskujemy odpowiedź na pytanie o prędkość – jest to wartość, jaka figuruje na skali prędkości, w miejscu, gdzie przecięła ją nakreślona przez nas linia. Nomogram to zewnętrzny artefakt, który zmienia charakter wykonywanego zadania poznawczego, jednocześnie je upraszczając. Na

podobnej zasadzie działa suwak logarytmiczny; w tym jednak przypadku użytkownik nie musi wykorzystywać ołówka i linijki i wystarczy, że będzie manipulował prostym mechanizmem wbudowanym w suwak. Jeszcze inne rozwiązanie problemu obliczeniowego oferuje „zasada trzech minut”. Skoro 3 minuty to $1/20$ godziny, a 100 jardów to $1/20$ mili morskiej, to liczba setek jardów pokonywanych w ciągu 3 minut to prędkość statku mierzona w milach morskich na godzinę, czyli w węzłach. Znając tę zasadę, każdy nawigator zna od razu odpowiedź na pytanie o prędkość. Być może ze względu na istnienie tego typu technik zastępujących tradycyjne metody obliczeń matematycznych w nawigacji marynarze wciąż posługują się milami morskimi i węzłami. Z tego samego powodu pomiary nawigacyjne na USS Palau przeprowadzono najczęściej w interwałach czasowych podzielnych przez trzy (Hutchins 1995a: 147–155).

Praktyka nawigatorów jako rozproszone poznanie

Jak widać, w procesie nawigacji liczą się nie tylko ludzie – ich działania czy kompetencje poznawcze – ale także artefakty i technologie, które upraszczają i zarazem zmieniają charakter wykonywanych czynności poznawczych. To artefakty i różnego rodzaju zewnętrzne reprezentacje rozprzestrzeniane w systemie zapośredniczają społeczne interakcje członków zespołu – pełnią funkcję „kleju społecznego”.

Nie należy oczywiście przeceniać roli technologii i zewnętrznych reprezentacji w przebiegu opisywanych procesów poznawczych. Podobnie nie należy skupiać się wyłącznie na pracy jednostek lub społecznych elementów systemu nawigacyjnego. Liczy się tu bowiem nie tyle mapa czy inne analogowe środki obliczeniowe, nie tyle korzystający z nich marynarze, ale to, co pomiędzy, czyli wzajemne interakcje czynników ludzkich, społecznych i technologicznych. Powyższe omówione elementy i procesy tworzą pewną całość, którą w języku rekonstruowanej tu koncepcji określa się mianem rozproszonego systemu poznawczego (*distributed cognitive system*). Rozproszony charakter poznania w owym systemie polega na tym, że nie jesteśmy w stanie wyznaczyć jednego, centralnego podmiotu poznania. Proces nawigacji ma charakter emergentny – wyłania się on z interak-

cji ludzi i rzeczy, nie przebiega zaś w odosobnionych umysłach. Nie można orzec o żadnym z członków zespołu, że to on udziela odpowiedzi na pytanie o lokalizację i prędkość statku. Ta odpowiedź wyłania się na mapie dzięki skoordynowaniu relatywnie prostych zadań wykonywanych przez całą grupę ludzi. Podkreśliśmy zatem raz jeszcze, że w ujęciu Hutchinsa poznanie – w tym wypadku nawigacja – nie jest właściwością składowych, lecz systemu jako całości.

Podobnie nie powinniśmy przypisywać własności obliczeniowych wyłącznie elektronicznym i analogowym komputerom opisanym powyżej. Jak pisze Hutchins, „komunikacyjne akty członków zespołu nawigacyjnego nie tylko dotyczą obliczeń; one same są obliczeniami” (Hutchins 1995a: 283). Innymi słowy, opisywany przez Hutchinsa rozproszony system jako całość stanowi skomplikowany społeczno-technologiczny system obliczeniowy.

W swojej analizie amerykański antropolog wskazuje na jeszcze inne właściwości rozproszonych systemów oraz związane z nimi procesy. Istotne w tym kontekście zagadnienia to: redundancja, bufony informacyjne, elastyczność i solidność systemu, a także zorganizowane uczenie.

Redundancję można rozumieć jako nadmiarowość pewnych elementów systemu. Jednak wbrew pozorom nie jest ona zjawiskiem negatywnym. Kluczowe dla sprawnego działania rozproszonego systemu poznawczego jest to, by pewne procesy i artefakty były zdublowane, funkcjonowały równolegle (Hutchins 1995a: 189–190), ewentualnie, by kompetencje personelu się zazębiały. Dzięki temu łatwiej jest wychwytywać błędy, czyniąc system bardziej efektywnym poznawczo. Jednak, jak zauważa Hutchins, musimy uzyskać jakiś kompromis między efektywnością, jaką oferuje redundancja, a kosztami, jakich wymaga wbudowanie jej w system na różnych poziomach (zob. Hutchins 1995a: 180–181, 220–223, 264–266).

Kolejnym istotnym elementem rozproszonego systemu poznawczego są bufony (zob. Hutchins 1995a: 194–196). Sprawiają one, że informacje są przekazywane w odpowiedniej sekwencji oraz w tempie dostosowanym do umiejętności i poznawczej wydolności poszczególnych osób. Niewątpliwie najważniejszym buforem w kabine nawigatorów jest sam kwatermistrz zmiany, który koordynuje

pracę zespołu. Przykładowo, zbiera od operatorów pelorusów namiary w stosownej kolejności, notuje je i przekazuje nawigatorowi pracującemu z mapą dopiero wtedy, gdy skończy on wykonywanie poprzedniej czynności. Bez kwatermistrza wyposażonego w zegarek do odmierzania czasu namiarów oraz kartę nawigacyjną stany reprezentacyjne nie mogłyby sprawnie krążyć w systemie. W efekcie zespół nawigatorów nie mógłby sprawnie generować informacji. Jednocześnie kwatermistrz pełni rolę pośrednika, który umożliwia marynarzom wykorzystywanie zasobów wiedzy i doświadczenia innych członków zespołu. Członek zespołu wcale nie musi dysponować pełnym zasobem wiedzy nawigacyjnej albo znać dokładnego położenia statku i jego otoczenia. Wystarczy, że będzie umiał skorzystać z otaczających go źródeł wiedzy i doświadczenia. Członkowie zespołu, podobnie jak materialne artefakty wchodzące w skład systemu, pełnią funkcje zewnętrznych systemów pamięci. Istotne jest, że dostęp do owej grupowej mądrości jest ułatwiony dzięki nieustannej pracy kwatermistrza.

Innym ciekawym przykładem buforów są elementy systemu, które Hutchins określa terminem *daemons* (Hutchins 1995a: 191–192). W informatyce są to skrypty, które monitorują określone przez programistę spektrum procesów pod kątem specyficznych warunków. Kiedy zostaną one spełnione, skrypty generują powiadomienia. Podobnie postępowali nawigatorzy, oddelegowując marynarza do monitorowania instrumentu i instruując go, by powiadomił ich, kiedy zostanie spełniony jakiś warunek. W ten sposób „programowano” system, tworząc prosty społeczny mechanizm przetwarzania informacji.

Kiedy dochodzi do załamania komunikacji lub gdy na którymś etapie przetwarzania stanów reprezentacyjnych pojawiają się błędy, nawigatorzy nie mogą po prostu przerwać swojej pracy. W warunkach kryzysu system zinstytucjonalizowanych procedur musi zostać przebudowany bez przerywania pracy. Innymi słowy, rozproszone systemy dynamicznie i w elastyczny sposób reagują na zmiany warunków ich funkcjonowania. Jest to możliwe dzięki powyżej omawianym właściwościom systemu, takim jak buforowanie, redundancja czy mechanizmy dzielenia się wiedzą.

Praca zespołowa stwarza doskonale warunki dla procesu zorganizowanego uczenia. Jak już wspominaliśmy na wstępie, wiedza milcząca niezbędna do uzyskania biegłości w danej dziedzinie może być przekazywana przez uczestnictwo w praktykach i obserwację pracy ekspertów. Dokładnie w ten sposób przebiega edukacja członków zespołu nawigatorów. Na początku są oni przydzielani do obsługi pelorusów. Z biegiem czasu i wzrostem ich doświadczenia marynarzom pozwala się obsługiwać bardziej złożone artefakty i wykonywać bardziej skomplikowane czynności, ostatecznie dopuszczając ich do pracy przy mapie nawigacyjnej stanowiącej centrum obliczeniowe systemu. Nowicjusz, uczestnicząc w pracach zespołu, stopniowo poznaje możliwości oraz ograniczenia procedur i wykorzystywanych technologii, najczęstsze trudności i metody radzenia sobie z nimi. Jednak rozwiązując problemy, nawigatorzy nie tylko uczą się obchodzić z elementami systemu, ale jednocześnie go rozwijają. Hutchins stwierdza:

Procesy, za sprawą których jest realizowana praca, dzięki którym ludzie są przekształcani z nowicjuszy w ekspertów i przez które praktyki działania ewoluują, są dokładnie tymi samymi procesami (Hutchins 1995a: 351).

Proces uczenia nie ogranicza się do przyswajania wiedzy w ramach poszczególnych zespołów. W procesie historycznej akumulacji doświadczeń i wynalazków brały udział całe pokolenia nawigatorów. W wyniku działań wspólnot poznawczych powstają różnego rodzaju czarne skrzynki, w oparciu o które mogą pracować i rozwijać swoje techniki inni marynarze:

Warunki pracy nawigacyjnej ewoluują na przestrzeni czasu, wraz z tym, jak krystalizują się częściowe rozwiązania problemów, i zostają one zachowane w postaci materialnych i konceptualnych narzędzi oraz społecznej organizacji pracy. [...] Mikrogeneracja kulturowych elementów składających się na warunki nawigacji jest widoczna w szczegółach nieustającej praktyki [marynarzy]. [...] W tym właśnie sensie poznanie jest dogłębnie kulturowym procesem (Hutchins 1995a: 374).

Zastosowania koncepcji rozproszonego poznania

Koncepcja Hutchinsa znalazła zastosowanie w wielu badaniach empirycznych. Sam Hutchins wykorzystywał zaproponowane przez siebie ujęcie poznania w kilku kolejnych projektach badawczych. Między innymi poddał on analizie pracę pilotów samolotów pasażerskich, ich wzajemne interakcje w kokpicie samolotu oraz sposób, w jaki wykorzystują instrumenty i materialne obiekty (Hutchins 1995b; Hutchins, Klausen 1996). O ile w *Cognition in the Wild* wykorzystał metodę obserwacji uczestniczącej, o tyle tutaj odwołał się do eksperymentu – badaniu zostali poddani profesjonalni piloci ćwiczący na zaawansowanym technologicznie symulatorze lotu. Podobnie jak na pokładzie USS Palau, pracę zespołu rejestrowano za pomocą kamer i mikrofonów. W innym studium Hutchins analizował prace zespołów programistów komputerowych (zob. Flor i Hutchins 1992). Inni badacze zastosowali narzędzia rozproszonego poznania do analizy pracy kontrolerów ruchu lotniczego (zob.: Halverson 1994; Fields et al. 1998), inżynierów (zob.: Perry, Sanderson 1998; Henderson 1999; McGarry 2005), brokerów finansowych (zob. Beunza, Stark 2003, 2004a, 2004b, 2005), kryminalistycznych zespołów dochodzeniowych (zob. Baber et al. 2006), chirurgów (zob. Hazlehurst, McMullen, Gorman 2007) oraz projektantów (zob. Gedenryd 1998). Rolę systemów zewnętrznych reprezentacji i przestrzennej aranżacji w pracy biurowej w podobnych kategoriach rozpatrywał David Kirsh (2001). Do analizy praktyk naukowców koncepcję rozproszonego poznania zastosowali Ronald Giere (2002, 2004; por. Giere, Moffat 2003), Nancy Nersessian (Nersessian et al. 2003; Kurz-Milcke, Nersessian, Newstetter 2004; Nersessian 2005) i Morana Alač (2008; por. Alač, Hutchins 2004).

Chciałbym w tym miejscu szerzej omówić dwa z przywołanych przypadków: kontrolę ruchu lotniczego oraz praktyki brokerów finansowych. Przykłady te pozwolą dopełnić obraz kreślonej tu koncepcji. Większość zewnętrznych reprezentacji wskazywanych przez Hutchinsa miała analogowy charakter. Tymczasem pierwsze ze studiów pokazuje interakcję człowieka z technologicznie zaawansowanym, cyfrowym systemem zewnętrznych reprezentacji. Studium

dotyczące rynków finansowych egzemplifikuje poznawczą rolę czynników, które Hutchins pominął w swojej koncepcji. Chodzi mianowicie o przestrzenne relacje personelu danej organizacji, utrwalone w materialnej architekturze otoczenia.

Kontrola ruchu lotniczego jako rozproszony system poznawczy⁷

Najogólniej rzecz ujmując, zadanie kontrolera ruchu lotniczego polega na tym, by kanalizować przepływ ruchu powietrznego, z jednej strony zapewniając bezpieczeństwo, z drugiej zaś minimalizując koszty poszczególnych przelotów. Jeżeli chodzi o pierwszy priorytet, kontroler musi przede wszystkim zadbać o odpowiednią separację pomiędzy statkami powietrznymi (przykładowo, minimalna separacja w pionie wynosi około 300 metrów) lub odpowiednią sekwencję samolotów przy podchodzeniu do lądowania. Jeżeli chodzi o aspekt ekonomiczny, kontroler ma zapewnić statkowi możliwie najszybszy przelot, po jak najkrótszej trasie, na najdogodniejszej dla niego wysokości. Szczególną rolę odgrywa ostatni czynnik – na wyższych wysokościach spada gęstość powietrza, co przekłada się na obniżenie zużycia paliwa i większą szybkość lotu. Kontroler może również skracać trasę przelotu; częstokroć „puszczenie po prostej” oznacza krótszy o minutę przelot, co w przypadku samolotów rejsowych przekłada się na ogromne oszczędności w skali roku.

Warto zaznaczyć, że zawód kontrolera uznaje się za jeden z najtrudniejszych i najbardziej wymagających na świecie. W czym tkwi złożoność tej pracy? Po pierwsze, kontroler musi śledzić w trójwymiarowej przestrzeni trasy i lokalizacje licznych, szybko poruszających się obiektów. Po drugie, kontroler musi nie tylko zapewnić bezpieczeństwo każdej jednostce na swoim obszarze, ale również zadbać o to, by podczas przekazywania jej innemu kontrolerowi odpowiedzialnemu za sąsiedni obszar nie generować niebezpiecznych sytuacji. Po trzecie, cały proces odbywa się w niezwykle krótkim czasie. W godzinach intensywnego ruchu kontroler może nad-

⁷ Fragment opracowany głównie na podstawie serii wywiadów kognitywnych zrealizowanych przez autora.

zorować kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt statków w ciągu jednej godziny. Same pojazdy przemieszczają się z taką prędkością przez przestrzeń odpowiedzialności, że kontroler *de facto* musi zacząć przygotowywać się do ich przekazania, kiedy dopiero co wkroczyły w jego sektor. Po czwarte, na kontrolerze ciąży ogromna odpowiedzialność za życie załóg i pasażerów. Po piąte, dodatkowym czynnikiem zwiększającym złożoność całego procesu są kwestie związane z problemami komunikacyjnymi między kontrolerami oraz między kontrolerami a pilotami. Po szóste, nieprzewidywalnym elementem pracy kontrolera są zmieniające się warunki pogodowe, które mogą w istotny sposób skomplikować stojące przed nim zadanie. Wszystko to sprawia, że praca ta jest wyczerpująca psychicznie i emocjonalnie do tego stopnia, że zawodowym kontrolerom pozwala się pracować 6 godzin dziennie przez 3 dni w tygodniu, a ewentualne nadgodziny są limitowane.

Jak zatem kontroler ruchu lotniczego jest w stanie zapanować nad ruchem w przydzielonym mu obszarze przestrzeni powietrznej? Należy tu wskazać na trzy podstawowe czynniki, które umożliwiają redukcję złożoności problemów: (1) sposób konstrukcji przestrzeni powietrznej, (2) systemy zewnętrznych reprezentacji oddane do dyspozycji kontrolera, (3) społeczny podział pracy i związana z nim redundancja systemu. Omówmy je po kolei.

Kiedy mówimy, że kontroler musi zarządzać ruchem w trójwymiarowej przestrzeni, musimy pamiętać, że została ona w taki sposób poznawczo zorganizowana, by usprawnić przebieg całego procesu. Zacznijmy od tego, że w wymiarze wertykalnym przestrzeń ta jest zdefiniowana za pomocą poziomów lotu (*Flight Levels*, FL). Poziom lotu to powierzchnia baryczna o określonym ciśnieniu, oddzielona od podobnych powierzchni o określoną różnicę ciśnień. Wartość poziomu lotu wyznacza się za pomocą wysokościomierza, czyli skalibrowanego barometru. Wylicza się ją, odnosząc wartość ciśnienia na danej wysokości do ciśnienia standardowego, wynoszącego 1013,25 hPa. Wartość poziomu to wielkość wyrażana w setkach stóp (przykładowo, FL100 odpowiada wysokości 10000 stóp). W praktyce poziom lotu nie zawsze jest tożsamy z bezwzględną wysokością samolotu mierzoną w stopach względem umownego poziomu

morza. W przypadku wysokiego ciśnienia atmosferycznego poziom lotu o danej wartości wypadnie na wyższej wysokości bezwzględnej wyrażanej w stopach niż w przypadku niskiego ciśnienia. Oznacza to, że w zależności od ciśnienia całe środowisko poziomów lotów może się podnieść nawet o kilkaset stóp. Co więcej, poziom lotu niekoniecznie stanowi płaską powierzchnię. Lecący samolot, utrzymując stały poziom lotu, będzie nieustannie zmieniał swoją bezwzględną wysokość wyrażaną w stopach (oczywiście wskazania wysokościomierza opierającego się na pomiarze ciśnienia pozostaną stałe). Zachowanie takiego wznoszącego się i opadającego statku pozostanie jednak niezauważalne z perspektywy innych uczestników ruchu powietrznego lub kontrolerów, dlatego że wszyscy oni posługują się jako miarą wysokością ciśnieniową oraz jednakowo skalibrowanymi przyrządami. Poziomy lotu stanowią rozwiązanie, które umożliwia kontrolerowi i pilotom utrzymanie pionowych separacji między statkami bez względu na to, czy samoloty wchodzą w strefę niskiego, czy wysokiego ciśnienia.

Przestrzeń powietrzna została również odpowiednio podzielona, co jest związane między innymi z podziałem pracy poznawczej i specjalizacją wśród kontrolerów ruchu lotniczego. W przypadku kontroli żeglugi powietrznej w Polsce wyróżnia się przestrzeń klasy G, czyli przestrzeń niekontrolowaną (rozciega się między powierzchnią ziemi a FL95), oraz przestrzeń klasy C, czyli kontrolowaną (między FL100 a FL460). Warto również pamiętać, że istnieją obszary zamknięte dla ruchu cywilnego, czyli przestrzeń wojskowa. Można jednocześnie rozróżnić „obszar” (przestrzeń, w której samoloty przemieszczają się między lotniskami) oraz „zbliżenie” (przestrzeń wokół lotnisk, w których samoloty lądują i startują). Dodajmy, że w „obszarze” i „zbliżeniu” obowiązują różne procedury i przestrzenie te są zarządzane przez odmiennie przeszkolonych kontrolerów dysponujących odrębnymi licencjami i narzędziami. W przypadku polskiej żeglugi powietrznej „obszar” jest nadzorowany przez kontrolerów z Warszawy, a „podejścia” do poszczególnych lotnisk pozostają w gestii różnych kontroli wieżowych. W dalszej analizie skupiam się głównie na kontroli ruchu w „obszarze”.

„Obszar” jest podzielony na sektory, którymi zajmują się poszczególni kontrolerzy pełniący aktualnie dyżur. W ramach samych sektorów można wskazać różne elementy, takie chociażby jak punkty orientacyjne czy „gorące” obszary intensywnego ruchu. Podsumowując, należy stwierdzić, że kontrolerzy mają do czynienia nie z jednorodną przestrzenią trójwymiarową, ale z ustrukturyzowanym środowiskiem podzielonym na różnego rodzaju rejony, kanały, warstwy i stożki podejścia do lądowania, których wierzchołki stanowią lotniska.

Choć każdy kontroler musi doskonale znać właściwości swojego obszaru, to nie jest zdany wyłącznie na ich mentalną reprezentację wytwarzaną we własnej głowie. Kluczowe dla współczesnej kontroli ruchu lotniczego są zaawansowane technologicznie systemy zewnętrznych reprezentacji. Podstawowym narzędziem kontrolera pracującego na „obszarze”, oprócz środków łączności z pilotami i innymi kontrolerami, jest terminal komputerowy prezentujący w graficznej postaci na ekranie informacje pochodzące z wtórnego radaru dozoru. Radar wtórny to urządzenie, które wysyła do statków powietrznych wiązki sygnałów elektromagnetycznych o częstotliwości 1030 MHz. Transponder, w który musi być wyposażony samolot znajdujący się w obszarze kontrolowanym, odpowiada stacji radarowej wiązką o częstotliwości 1090 MHz. Odpowiedź zawiera co najmniej dwie informacje – FL oraz czterocyfrowy kod transpondera (tak zwany *squawk*), umożliwiającą identyfikację statku. Informacje z radaru wtórnego zostają zaprezentowane na ekranie za pomocą opatrzonych kodami punktów. Jest to relatywnie łatwa w obsłudze reprezentacja graficzna integrująca wiele istotnych informacji o ruchu powietrznym.

Już na poziomie generowania reprezentacji zostaje dokonana istotna redukcja złożoności. Przede wszystkim trójwymiarowe, rozległe, zmieniające się w czasie środowisko zostaje przełożone na dwuwymiarową reprezentację, którą można ogarnąć jednym spojrzeniem. Dodajmy, że śledzenie ruchu obiektów w wymiarze wertykalnym jest trudniejsze niż w wymiarze horyzontalnym. Czytanie etykiet informujących o FL obiektów i określenie ich wzajemnej relacji wymaga więcej uwagi i czasu, podczas gdy uzyskanie informacji o

relacjach przestrzennych w wymiarze horyzontalnym wymaga zaledwie jednego rzutu oka. Wydaje się również, że wymiar horyzontalny – ze względu na natychmiastowy dostęp do informacji – odgrywa nieco ważniejszą rolę w kontroli żeglugi powietrznej⁸. Po drugie, obraz z radaru wtórnego jest poręczną translacją kontrolowanego układu. Reprezentacja ta jest z jednej strony uboższa, z drugiej zaś bogatsza niż obraz z radaru pierwotnego. Na ekranie są wyświetlane tylko obiekty wyposażone w transponder. Przykładowo, nie są wyświetlane reprezentacje statków poruszających się w przestrzeni klasy G. W przypadku radaru pierwotnego kontroler nie mógłby pozwolić, by echa dwóch obiektów pokryły się bez uprzedniego werbalnego potwierdzenia ich FL. W przypadku radaru wtórnego jest to zbyteczne,

⁸ Warto w tym miejscu dokonać pewnego porównania pracy kontrolerów ruchu lotniczego ze światem przyrody. Jak pokazują badania nad systemami percepcyjnymi zwierząt, ptaki oraz nietoperze są w pewnym sensie zwierzętami poruszającymi się nie w trójwymiarowej, ale w „dwu-i-pół-wymiarowej” przestrzeni. Ich zdolność lokalizowania obiektów w płaszczyźnie horyzontalnej jest zdecydowanie większa niż w przypadku płaszczyzny wertykalnej. Dobrze ilustruje to mechanizm echolokacji u nietoperzy, który pozwala im podczas lotu omijać przeszkody oraz lokalizować ofiary. Aby określić położenie obiektu na osi horyzontalnej, system poznawczy nietoperza uwzględnia nie tylko intensywność odbitych sygnałów, ale również różnicę czasu, z jaką docierają do każdego ucha. Przykładowo, jeżeli ofiara jest na lewo, odbity dźwięk dotrze nieznacznie wcześniej do lewego ucha i będzie intensywniejszy. To właśnie dzięki temu nietoperz może w całkowitej ciemności precyzyjnie określić kierunek, w jakim znajduje się obiekt (analogiczny mechanizm percepcji słuchowej opierający się na różnicy czasu docierania sygnałów do obu uszu zaobserwowano między innymi u sowy płomykównki; zob.: Knudsen, Blasdel, Konishi 1979; Knudsen, Konishi 1979). Mechanizm ten jest jednak nieprzydatny w określaniu, czy obiekt znajduje się na tej samej wysokości co nietoperz, wyżej czy poniżej wysokości jego lotu. Lokalizację obiektu na osi wertykalnej umożliwia szczególnie ukształtowanie uszu nietoperza: powracające dźwięki biosonaru nietoperza wchodzą pod innym kątem do ucha nietoperza i załamują się w różny sposób, dzięki czemu stają się one w łatwy sposób odróżnialne – rozpoznawszy je, nietoperz wie, na jakiej wysokości względem niego jest ofiara. Jednakże lokalizacja na osi wertykalnej jest zdecydowanie mniej precyzyjna niż na osi horyzontalnej (MacIver 2009: 487–488). Podobnie jest w przypadku ptaków, co wiąże się z mechaniką widzenia stereoskopowego. Nasza analiza wskazuje, że kontrolerzy ruchu lotniczego również są bardziej wyczuleni na wymiar horyzontalny niż wertykalny i to na nim muszą się koncentrować.

gdyż każdy obiekt na ekranie jest zaopatrzony w etykietę informującą o jego aktualnym FL. Po trzecie, reprezentacja zawiera nie tylko informacje o obecnym stanie środowiska, ale także przewidywany stan przyszły. Otóż każdy reprezentowany na ekranie obiekt jest wyposażony w wyliczany przez komputer wektor wskazujący kierunek lotu oraz przewidywaną pozycję statku za określoną ilość czasu – innymi słowy, w reprezentacji za pomocą wektorów zostaje zakodowany ruch elementów. Dzięki wektorom kontroler może również wizualnie oszacować relatywne prędkości obiektów – wolniejsze statki będą miały krótsze wektory. Podkreślimy, że bezwzględne prędkości obiektów mają drugorzędne znaczenie, gdyż w kontroli ruchu lotniczego chodzi przede wszystkim o zapewnienie odpowiednich relacji między obiektami,

Kontroler może określić, jakiego rodzaju wektory mają być wyświetlane – półminutowe, minutowe czy kilkunastominutowe. Dłuższe wektory pozwalają łatwiej określić, czy tory samolotów przecinają się i czy zostanie zapewniona odpowiednia separacja. Długie wektory sprawiają jednak, że sytuacja na ekranie staje się mniej czytelna. Dlatego doświadczeni kontrolerzy na ogół pracują z krótkimi wektorami. Jednak wybór długości wektorów pozostaje kwestią indywidualnych preferencji.

Kontroler obserwuje nie tyle bieżącą sytuację, co raczej przyszłe stany reprezentowane za pomocą wektorów. Poszukuje ewentualnych przecięć oznaczających możliwość kolizji oraz możliwych skrótów. Należy pamiętać, że nie wystarczy, by wektory się przecinały, aby istniało ryzyko zderzenia w powietrzu. Wszak statki latają na różnych wysokościach z dużymi prędkościami. Aby doszło do katastrofy, ich trasy nie tylko muszą przeciąć się na tej samej wysokości, ale obiekty muszą spotkać się w tym samym momencie. Oznacza to, że kontroler musi skupić się przede wszystkim na samych końcówkach wektorów. Wykrywszy ewentualne konflikty, odwołując się do algorytmów komputerowych lub własnego doświadczenia, kontroler może wyznaczyć kilka alternatywnych tras przelotu przez sektor.

Fakt, że kontroler ma do czynienia z dwuwymiarową graficzną reprezentacją trójwymiarowej przestrzeni przelotów, ma ogromne znaczenie. Ogólnie rzecz ujmując, przełożenie czterowymiarowego pro-

blemu na problem dwuwymiarowy umożliwia znaczącą redukcję jego złożoności. Ułatwia to antycypację i wychwytywanie przyszłych zagrożeń oraz sprawne podejmowanie decyzji (por. Fields et al. 1998).

Ekran radaru wtórnego, choć stanowi podstawowe narzędzie pracy kontrolera, nie jest jednak jedynym rodzajem zewnętrznej reprezentacji oddanej do jego dyspozycji. Okazuje się bowiem, że w użyciu wciąż pozostają tekstowe reprezentacje, jakimi są paski postępu lotu. Pasek postępu lotu to pasek zawierający zakodowane podstawowe wiadomości na temat każdego lotu. Przeszkolony pracownik kontroli natychmiast odczyta z paska większość istotnych informacji dotyczących danego obiektu. Pozna rodzaj jednostki, planowaną trasę, punkt, z którego wejdzie do sektora, a także punkt wylotu. Paski nie są po prostu rozrzucone na stanowisku pracy. Są one poukładane według kolejności, w jakiej będzie trzeba obsłużyć jednostki, i umieszczone w tej samej płaszczyźnie, co ekran radaru wtórnego. Bez konieczności odwracania głowy kontroler może odczytać interesujące go informacje z wybranego paska. Jednak również sama liczba oraz sekwencja pasków koduje ważne informacje. Pozwala to kontrolerowi monitorować obecny i przewidywać przyszły stan ruchu w sektorze. Paski stanowią również system zewnętrznej pamięci w tym sensie, że kontroler długopisem notuje na nich podjęte decyzje. Informacje tego typu są ważne nie tylko dla niego, ale także dla potencjalnego zmiennika, który w momencie zmiany przejmuje dany sektor razem z fizycznym stanowiskiem.

Warto zaznaczyć, że w przeszłości kontrolerzy nie dysponowali danymi z radarów i mieli do czynienia tylko z paskami postępu lotu. Ten sposób pracy był określany jako kontrola proceduralna. Dysponując papierowymi paskami postępu lotu, swoją znajomością sektora oraz informacjami od pilotów, kontroler musiał stworzyć w swoim umyśle bogaty model mentalny środowiska. Ponadto, w warunkach kontroli proceduralnej, przekazanie stanowiska wiązało się z szeregiem dodatkowych trudności. Dziś, podobnie jak kiedyś, osoba opuszczająca stanowisko podczas zmiany musi zdać raport sytuacyjny dotyczący lokalizacji i tras obiektów, zidentyfikowanych zagrożeń oraz podjętych środków. Różnica polega na tym, że wykorzystanie reprezentacji graficznej ułatwia osobie kończącej zmianę opis sytu-

acji, a zmiennikowi skonstruowanie „w głowie” modelu mentalnego. W warunkach kontroli proceduralnej tworzenie takiego modelu wymagało więcej czasu i wysiłku. Wśród instruktorów krąży historia o kontrolerach, którzy w sytuacji intensywnego ruchu woleli spędzić dodatkowe godziny na stanowisku, prosząc tylko o donoszenie kawy, zamiast próbować przekazać zmiennikowi złożony obraz sytuacji, który wyważali i podtrzymywali w swoim umyśle. Porównując kontrolę proceduralną z radarową, należy pamiętać, że bez względu na imponujące umiejętności mentalnego modelowania środowiska, w praktyce kontrolerzy lotu mogli obsłużyć zdecydowanie mniejszą liczbę lotów. Bez innowacji w postaci prezentacji danych z radaru w formacie graficznym kontrola ruchu lotniczego o dzisiejszym natężeniu byłaby niemożliwa. Jednakże analizując współczesną kontrolę ruchu lotniczego, nie należy koncentrować się wyłącznie na roli informacji z radaru wtórnej. Choć jest ona centralna, to wciąż są istotne interakcje tej graficznej reprezentacji z reprezentacjami tekstowymi oraz mentalnymi.

Z powyższych akapitów wyłania się obraz prezentujący kontrolera jako jednostkę zdolną do wykonania złożonych czynności poznawczych i podejmowania szybkich decyzji, głównie dzięki zastosowaniu reprezentacji środowiska zapewniających wysoki stopień redukcji złożoności problemu. Nie wolno jednak zapominać, że kontrola ruchu lotniczego jest pracą zespołową. Zaczniemy od przypomnienia, że przestrzeń powietrzna jest podzielona na sektory, a w każdym z nich kontrolerzy pełnią dyżury na zmianę. Praca kontrolera przypomina żonglowanie w kilka osób: kontroler musi nie tylko przyjąć obiekty i utrzymać je w powietrzu, ale również przekazać je dalej i to w taki sposób, by inni kontrolerzy mogli je przejąć i przekazać jeszcze dalej, bez generowania niebezpiecznych konfliktów. Przykładowo, kontroler pracujący na „obszarze” musi skupiać się nie tylko na swoim sektorze, ale także na sektorach sąsiednich (co często zakłada współpracę z kontrolerami z innych krajów) oraz na ewentualnych „zbliżeniach”⁹.

⁹ Otwartą pozostawiam tu kwestię, czy i jak często zdarza się wśród kontrolerów efekt „jazdy na gapę” polegający na obniżaniu własnego wysiłku kosztem

Kolektywny wymiar kontroli ruchu lotniczego jest widoczny jeszcze wyraźniej, gdy przyjrzymy się przykładowemu stanowisku kontroli obszarowej. Każde stanowisko posiada dwa ekrany radarów wtórnych przeznaczone dla dwóch kontrolerów regularnie zamieniających się ze sobą miejscami i funkcjami. Między ekranami znajduje się poukładany w kolumnach zestaw aktualnych pasków postępu lotu. Przed prawym ekranem siedzi kontroler radarowy, który obserwuje przydzielony mu sektor. Na ekranie są zaprezentowane fragmenty sąsiednich sektorów – *de facto* kontroler radarowy monitoruje powierzchnię większą o – powiedzmy – 40–50% niż przydzielony mu obszar. Zajmuje się głównie komunikacją z załogami statków znajdującymi się w sektorze. Na lewym stanowisku siedzi kontroler-koordynator. Na jego ekranie jest widoczny nie tylko sektor, ale również całe sektory sąsiednie, a czasami sektory jeszcze dalsze. Koncentruje się on głównie na współpracy z kontrolerami z innych obszarów – śledząc ruch lotniczy w sąsiednich sektorach, stara się antycypować ewentualne konflikty z dużym, nawet półgodzinnym wyprzedzeniem. Jak twierdzą sami kontrolerzy, doświadczony kontroler-koordynator może wyeliminować niemal wszystkie konflikty.

Analizując wykorzystywane zewnętrzne reprezentacje oraz podział pracy, należy zwrócić uwagę na wysoką redundancję całego systemu. Kontrola ruchu lotniczego jest tak zorganizowana, że te same istotne elementy środowiska są rejestrowane na kilka równoległych sposobów. Paski postępu lotu oraz ekran radaru wtórnego prezentują w alternatywny i komplementarny sposób tę samą sytuację. Odmienny jest nie tylko format, ale również horyzont czasowy różnych zewnętrznych reprezentacji; ekran kontrolera radarowego prezentuje to, co nastąpi za kilka minut, ekran kontrolera-koordynatora – to, co stanie się za kilkanaście minut, paski – to, co nastąpi za minut kilkadziesiąt. Dzięki temu jest zwiększone prawdopodobieństwo zidentyfikowania potencjalnych konfliktów oraz nadarzających się okazji ekonomizowania żeglugi powietrznej.

wytwarzania trudnych do rozwiązania sytuacji w sąsiednich sektorach. Nie łąga jednak wątpliwości, że taka postawa może się spotkać z identyczną reakcją osób odpowiedzialnych za sąsiednie sektory.

Rozproszona kalkulacja na Wall Street

Przejdźmy do kolejnego przykładu – pracy brokerów finansowych z Wall Street i realizowanych przez nich rozproszonych procesów poznawczych. Daniel Beunza i David Stark (2003, 2004a, 2004b, 2005) przeprowadzili badania etnograficzne w biurze brokerskim należącym do jednego z międzynarodowych banków inwestycyjnych. Analizowane przez nich biuro było zlokalizowane na Dolnym Manhattanie, w jednej z wież World Financial Center. Badania trwały ponad dwa lata. W ciągu tego okresu badacze spędzili 60 dni, obserwując prace ponad 150 brokerów oraz organizację pracy w samym biurze. Odbyli szereg wywiadów pogłębionych oraz mniej formalnych spotkań z pracownikami biura.

Praca brokerów polegała na przeprowadzaniu transakcji arbitrażowych. Są to łączone transakcje giełdowe kupna/sprzedaży towarów lub papierów wartościowych, umożliwiające wygenerowanie zysku bez ponoszenia ryzyka. Istotą arbitrażu jest zauważenie różnicy cen tego samego produktu na różnych rynkach lub na tym samym rynku, ale pod różnymi postaciami. W przypadku, gdy owa różnica jest większa od kosztów transakcyjnych, inwestor, kupując produkt na rynku tańszym, a sprzedając na droższym, osiąga zysk. Definicja ta nie oddaje trudności związanej z arbitrażem. Przede wszystkim należy pamiętać, że transakcje te następują bardzo szybko. W dobie ilościowych rynków finansowych sukces jest kwestią decyzji oraz działań podejmowanych w perspektywie minut, a niekiedy sekund. Jak twierdzą sami brokerzy, w przypadku ich działalności informacje sprzed kwadransa to już historia. Działanie w takim horyzoncie czasowym jest możliwe, gdyż księgową oraz formalną stronę transakcji jest realizowana automatycznie przez specjalne programy (programy te między innymi rozbijają dokonywane transakcje na mniejsze transfery, tak aby inni uczestnicy gry finansowej nie byli w stanie ich wysledzić i podążyć za nimi, wykorzystując zidentyfikowaną przez brokera sposobność). Również część transakcji jest zautomatyzowana i przeprowadzają je tak zwane *trading robots*, czyli komputerowe programy brokerskie realizujące określony algorytm, które automatycznie skupują i odsprzedają dane papiery wartościowe, waluty,

kontrakty lub produkty. Nie oznacza to jednak, że działają one bez nadzoru – są nieustannie kontrolowane przez technika, gdyż nie są w stanie same z siebie inteligentnie reagować na zmiany warunków rynków finansowych. Realizują jedynie określony algorytm, nawet gdy dokonywane przez nie transakcje zaczynają przynosić straty. Jednak w przewidywalnych warunkach działają zdecydowanie szybciej od ludzkich brokerów. Powyższa definicja nie oddaje charakteru przeprowadzanych przez pracowników banku transakcji z jeszcze jednego powodu. Do standardowych strategii arbitrażu należy podążanie za trendem lub poszukiwanie oczywistych sposobności. Tymczasem pracownicy banku poszukiwali przede wszystkim nowych sposobności, niezauważonych przez innych graczy giełdowych – tego samego produktu pod różnymi postaciami. Cały problem sprowadzał się do tego, że produkty te muszą być na tyle różne, aby inni gracze nie powiązali ich ze sobą i nie ubiegli badanych brokerów. Z drugiej zaś strony produkty te muszą być na tyle podobne, aby transakcja arbitrażowa była w ogóle możliwa.

Jak zauważają Beunza i Stark, o sukcesie nie decyduje wcale dostęp do danych. W praktyce, dzięki szerokopasmowym łączom internetowym z giełdami oraz pozagiełdowymi rynkami papierów wartościowych, konkurujące ze sobą banki i biura mają dostęp do tych samych danych w niemal rzeczywistym czasie. Wykorzystują podobny sprzęt i oprogramowanie. Dostęp do zaawansowanych technologicznie mediów nie jest gwarancją sukcesu, lecz stanowi zaledwie warunek konieczny wejścia do gry. Kluczowa jest interpretacja danych, doświadczenie i intuicje brokerów oraz umiejętne łączenie danych z różnych dziedzin wiedzy. Zatem w jaki sposób pracownicy biura odnajdują się w powyższej sytuacji, Zatem w jaki sposób pracownicy biura odnajdują się w powyższej sytuacji? Jakim czynnikiem zawdzięczają swój sukces?

Nasze wyjaśnienie zacznijmy od charakterystyki samych pracowników biura. Badanych brokerów najtrafniej można opisać jako inżynierów. Najczęściej mają oni wykształcenie z zakresu matematyki, informatyki lub fizyki, uzupełnione niekiedy o tytuły *Master of Business Administration*. Kompetencje te są niezbędne przy nadzorowaniu pracy oprogramowania handlującego oraz wychwytywa-

nii błędnych reprezentacji, które często nie korespondują z „rzeczywistą” sytuacją na rynku; są również przydatne przy obsłudze terminali dostarczanych przez firmę Bloomberg, które stanowią podstawowe narzędzie pracy badanych brokerów. Terminal ten składa się z połączonych ze sobą monitorów, na których są wyświetlane takie informacje, jak kursy walut, indeksy giełdowe, przebieg fuzji korporacji etc. Użytkownik może sam skonfigurować interfejs, aby prezentował niezbędne mu aktualnie wykresy, dane oraz innego rodzaju reprezentacje. Nie wolno również zapominać o specjalnym oprogramowaniu automatyzującym część procedur związanych z zawieraniem transakcji. Sam terminal jest połączony z siecią telewizji finansowej Bloomberg. Praca brokera polega niejednokrotnie na śledzeniu wzajemnych stosunków pomiędzy wyświetlanymi parametrami oraz szybkim reagowaniu w obliczu zaistniałych sytuacji. Mamy tu oczywiście do czynienia z systemem zewnętrznych reprezentacji, który umożliwia redukcję złożoności procesów poznawczych i usprawnia proces podejmowania decyzji.

Perspektywa skupiająca się na pojedynczym brokerze wpatrzonym w swój terminal nie pozwala nam jednak wyjaśnić sukcesów banku inwestycyjnego, bez względu na wiedzę, intuicję i doświadczenie, jakimi mógłby dysponować pracownik. Jak argumentują Beunza oraz Stark, decydującą rolę odgrywa specyficzna organizacja pracy zespołu brokerów. Owa organizacja została oddelegowana do fizycznej aranżacji pomieszczenia biurowego. Innymi słowy, kluczowa jest proksemika¹⁰. Zamiast małych, sześciennych boksów mamy tu otwartą przestrzeń. Menedżerowie pracują razem z szeregowymi brokerami – nie okupują osobnych pomieszczeń, część z nich przemieszcza się pomiędzy biurkami, część z nich znajduje się w centrum sali. Zawsze są w zasięgu głosu, wzroku lub ręki pracownika, który może szybko się z nimi skonsultować. Pracownicy są podzieleni na zespoły specjalizujące się w różnych odmianach arbitrażu. Poszcze-

¹⁰ Proksemika to subdyscyplina socjologiczna badająca relacje przestrzenne między ludźmi oraz wzajemny wpływ między osobami a otoczeniem materialnym. Analizuje również różnice w dystansach występujących w różnych kulturach. Kategorię „proksemika” wprowadził Edward T. Hall. W swoich badaniach mierzył on różnego rodzaju dystanse interakcyjne między ludźmi (Hall 1997).

gólne zespoły zajmują się fuzjami, obligacjami lub indeksami giełdowymi. Poddział ten jest oddelegowany do organizacji przestrzeni biura – członkowie tego samego wyspecjalizowanego zespołu siedzą przy wspólnych biurkach razem z szefem zespołu. Decydujący jest przepływ informacji pomiędzy różnymi grupami, który może ujawnić nowe sposobności lub umożliwić interpretacje danych w nowym świetle. Transfer informacji między grupami odbywa się na trzy główne sposoby. Po pierwsze, pracownicy pytają kolegów z sąsiedniego zespołu o interesujące ich szczegóły lub dodatkowe informacje. Po drugie, krążący między zespołami menedżer może sugerować pewne rozwiązania i podsuwać informacje podpatrzone u innych zespołów. Po trzecie, często dochodzi do sytuacji, kiedy zespoły wykorzystują przypadkowo zasłyszane informacje, które padają w rozmowie pomiędzy członkami dwóch innych zespołów. W takich warunkach informacja uzyskana przez pracownika dzięki jego zewnętrznej sieci kontaktów może szybko rozprzestrzenić się w całej strukturze organizacyjnej i zostać wykorzystana w sposób, jakiego nie brał pod uwagę sam nadawca. Podsumowując, można powiedzieć, że analizowane biuro brokerskie charakteryzuje się następującymi cechami: (1) spłaszczoną strukturą organizacji, która sprzyja oddolnym inicjatywom oraz kreatywności pracowników; (2) wysoką redundancją – różne zespoły zajmują się równolegle zbliżoną problematyką, lecz wychodzą od analizy różnych obszarów rynków finansowych, co sprzyja wyłanianiu się niestandardowych, korzystnych rozwiązań; (3) płynnym przepływem informacji między wyspecjalizowanymi zespołami. Biuro brokerskie można potraktować zatem jako rozproszony system przeprowadzający w sposób kolektywny skomplikowane procesy poznawcze. Żaden pojedynczy broker, bez względu na swoją kreatywność i doświadczenie, nie byłby w stanie poradzić sobie ze złożonością rynków finansowych. Jednak stając się częścią skomplikowanej sieci, na którą składa się on, jego współpracownicy ze swoimi zewnętrznymi kontaktami, zasoby podzielanej wiedzy milczącej, terminale Bloomberg'a czy wreszcie ucieleśniona w prosemice biura i aranżacji sprzętów biurowych organizacja pracy, jest w stanie uporać się z zalewem danych.

Rozproszone poznanie, chiński pokój i matematyka

W niniejszym rozdziale został zaprezentowany szereg empirycznych przykładów, które pozwalają zrozumieć specyfikę rozproszonych systemów. Przede wszystkim miały one unaocznić, że właściwości jednostkowego podmiotu poznania są diametralnie różne od właściwości poznawczych szerszego, materialno-kulturowego systemu, którego ten może być częścią. W przypadku pracy nawigatorów lub brokerów finansowych trudno jest w ogóle mówić o jednostkowym podmiocie. Pozycja nawigacyjna nie jest wyznaczana przez nawigatora – człowiek jedynie odczytuje odpowiedź z pokreślonej ołówkiem mapy, która integruje różnego rodzaju stany reprezentacyjne przetwarzane przez społeczne i technologiczne elementy systemu. Podobnie sposobności do przeprowadzenia zyskownych transakcji arbitrażowych stają się ewidentnie nie dzięki decyzji lub intuicji wąskiego grona ekspertów, ale dzięki kolektywnej pracy ponad stuosobowego zespołu. W ramach koncepcji rozproszonego poznania jednostką analizy przestaje być odosobniony człowiek lub jego system poznawczy przetwarzający informacje, ale sam przepływ i rekombinowanie reprezentacji lub – jak ujmują to Hutchins – rozprzestrzenianie się w systemie stanów reprezentacyjnych. Różni się to diametralnie od kolektywnego ujęcia poznania, jakie oferują koncepcje Kuhna lub Flecka. Wprawdzie deklarują oni, że jednostkę ich analiz stanowi pewna całość społeczna, w praktyce jednak ograniczają się do opisu działań pojedynczych osób funkcjonującej w ramach – odpowiednio – paradygmatu lub kolektywu myślowego. Dużo bliższa rozproszonemu poznaniu jest koncepcja mądrości tłumu. Jednak Hutchins, w przeciwieństwie do Surowieckiego, skupia się nie na pewnym generalnym opisie parametrów grupy sprzyjających kreatywności i efektywności, ale na szczegółowej analizie relacji i interakcji elementów systemu. Przede wszystkim jednak autor *Cognition in the Wild* nie ogranicza się tylko do tego, co społeczne. Opisywane przez niego oraz innych przywoływanych w rozdziale badaczy zbiorowe systemy poznawcze zawsze są systemami socjo-technicznymi (por. Latour 1991, 1992a) – w ich skład wchodzi zarówno elementy o charakterze społecznym (normy, procedury, wartości, więzi, wzorce komuni-

kacji), jak i technologiczne (narzędzia, elementy infrastruktury, zewnętrzne reprezentacje).

Aby podkreślić specyfikę swojego ujęcia procesów poznawczych, Hutchins przywołuje „chiński pokój”, czyli sławny eksperyment myślowy zaproponowany przez Johna Searla (1980). Wyobraźmy sobie pokój, w którym została zamknięta osoba, która nie zna języka chińskiego (w eksperymencie jest nią sam Searl). Do drzwi pokoju podchodzą ludzie znający język chiński. Przez szparę w drzwiach przekazują zapisane na kartkach za pomocą chińskich znaków zdania. Zamknięta w środku osoba jest w stanie tą samą drogą przekazać inne ciągi znaków – jest ona wyposażona w zestaw koszy pełnych różnych „zawijasów” oraz instrukcję, która mówi, jakie ciągi znaków powinna generować w odpowiedzi na inne ciągi. Dla użytkownika języka chińskiego zapisane znaki mają znaczenie, a reakcja zamkniętej w pokoju osoby jawi się jako inteligentna odpowiedź. Nie zmienia to faktu, że dla zamkniętej w środku osoby pozbawionej znajomości chińskiego przekazywane i oddawane znaki są pozbawione znaczenia – są to tylko kunsztowne zawijasy. Z zewnątrz może się wydawać, że rezydent pokoju zna chiński, jednak żadna osoba świadoma mechanizmu chińskiego pokoju nie może stwierdzić tego ani o owym rezydencie, ani o żadnej rzeczy znajdującej się w pomieszczeniu (instrukcji, zestawie znaków, kartkach papieru).

Searl zaproponował ten eksperyment myślowy, by wykazać, że sama syntaksa jest niewystarczająca do wygenerowania semantyki. Starał się w ten sposób dowieść, że sławny test Turinga nie jest wystarczającym kryterium inteligencji. Innymi słowy, Searl przekonuje, że z faktu, iż maszyna będzie generowała sensowne z perspektywy odbiorcy ciągi znaków, nie wynika jeszcze, że rozumie swoje komunikaty lub że myśli. Argument Searla budził liczne wątpliwości. Hutchins, zamiast włączyć się w tę debatę, dokonuje interesującej reinterpretacji przykładu chińskiego pokoju, prezentując go jako modelowy przykład rozproszonego systemu poznawczego.

Chiński pokój to społeczno-kulturowy system poznawczy. Najciekawsze w tym [eksperymentie myślowym] jest to, że pokazuje on wyraźnie, iż poznawcze właściwości osoby w pokoju nie są tożsame z poznawczymi

właściwościami pokoju jako całości. Oto mamy Johna Searla z koszem chińskich znaków i instrukcją (*rulebook*). Razem on, znaki i instrukcja w procesie interakcji wydają się mówić po chińsku. Ale sam Searl nie potrafi powiedzieć nawet słowa po chińsku (Hutchins 1995a: 362).

Tym samym Hutchins zrywa z tradycją myślenia o poznaniu i umyśle w kategoriach, jakie ukształtowały się pod wpływem komputerowej metaforyki i prac nad sztuczną inteligencją. Odwołuje się do osoby samego Alana Turinga i sposobu, w jaki doszedł on do wyobrażenia inteligentnej maszyny jako systemu produkcji przetwarzającego jedne abstrakcyjne symbole na inne. Według swoistej mitologii nauk kognitywnych, idea maszyny Turinga, która legła u podstaw rozwoju tej dyscypliny, zrodziła się w wyniku obserwacji przez Turinga własnych działań (zob. Pylyshyn 1989: 50; Dennett 1991: 212). Turing, sam będący matematykiem, zaczął świadomie skupiać się na tym, w jaki sposób rozwiązuje problemy matematyczne lub jak dokonuje obliczeń, usiłując rozbić sekwencję swoich aktów myślowych na podstawowe elementy. Hipotetyczne rozumowanie Turinga mogło mieć następującą postać: „Co robię, gdy wykonuję obliczenia matematyczne lub opracowuję dowód twierdzenia? Najpierw pytam siebie samego, jaką stosuje się w tym przypadku regułę lub heurystykę, a potem spisuję cząstkowy wynik obliczeń lub krok w dowodzie. Następnie patrzę na niego i pytam się, co dalej...”. Czy rzeczywiście Turing obserwował tylko pracę własnego umysłu?

Możemy przyjąć, że modelem, który był inspiracją dla maszyny Turinga, była osoba dokonująca manipulacji za pomocą swoich rąk i oczu. Matematyk lub logik wchodzi w wizualną lub manualną interakcję ze światem. Osoba wchodzi w interakcję z symbolami i sama ta interakcja ma w sobie coś z obliczania (*does something computational*) [...]. Zauważmy, że w sytuacji, gdy symbole znajdują się w otoczeniu człowieka, a ten nimi [fizycznie] manipuluje, właściwości poznawcze człowieka nie są takie same, jak właściwości poznawcze systemu, na który składa się człowiek w interakcji z tymi symbolami. Właściwości człowieka w ramach interakcji generują pewien rodzaj obliczeń. Nie oznacza to wcale, że obliczenia przebiegają „w głowie” tej osoby (Hutchins 1995a: 361).

Według Hutchinsa istotą odkrycia Turinga jest to, że ucieleśnione działania matematyka realizowane w interakcji z otoczeniem, w którym ten funkcjonuje, mogą zostać wyidealizowane i wyabstrahowane w taki sposób, że sam matematyk staje się pomijalny. To, co pozostało, to reguły zastosowania procedur do ciągów symboli. Kluczowe pozostaje tu pytanie o istotę konceptualnej pracy matematyka. Dla Turinga kwestią zasadniczą były wzorce manipulacji symbolami. Te jednak nie obejmowały psychologicznych procesów, które matematyk „z krwi i kości” faktycznie realizował podczas wspomnianych manipulacji. Co więcej, jak sugeruje autor *Cognition in the Wild*, Turing modelował prace nie tyle odizolowanego i odcielesnionego umysłu matematyka, ale całego kompleksu czynników społeczno-kulturowych, podobnego do chińskiego pokoju. Skrupulatnie notowane na kartce papieru zapiski i ich analiza zostają pominięte w maszynie Turinga, która zastępuje je abstrakcyjnymi procedurami. Jednak maszyny Turinga nie można traktować jako modelu ludzkiego działania nawet w sytuacji, gdy mamy do czynienia z człowiekiem posługującym się formalizmami matematycznymi. Komputera wcale nie uczyniono na podobieństwo człowieka, lecz na podobieństwo formalnej manipulacji abstrakcyjnymi symbolami. Tymczasem nauki kognitywne przez całe dziesięciolecia usiływały upodobnić człowieka właśnie do maszyny liczącej (Hutchins 1995a: 361–363). Do zagadnienia różnic między modelem poznania jako przetwarzania informacji a rzeczywistymi działaniami ludzi oraz leżącymi u podstaw tych zachowań procesów wrócimy w kolejnym rozdziale. Na koniec pragnę odnieść się do jeszcze jednej kwestii związanej bezpośrednio z kognitywnymi ujęciami poznania naukowego.

Bardzo długo nauki kognitywne pomijały społeczno-kulturowy aspekt poznania w nadziei, że da się go włączyć do analizy na etapie uszczegóławiania teorii. Jednak ów wymiar nie jest czymś, co daje się wyeliminować przy analizie bardziej skomplikowanych czynności poznawczych. Mając to na uwadze, warto raz jeszcze wrócić do prób symulowania pracy naukowej w ramach kognitywnych studiów nad nauką. Czy ASON projektowane przez zespół Simo-

na oraz eksperymenty psychologiczne realizowane przez Dunbara i Klahra nie zasadzają się na podobnym błędzie, jaki Hutchins wytka naukom kognitywnym? Tu również ograniczono się do analizy abstrakcyjnych procedur, skupiając się na stawianiu i testowaniu hipotez. Nie chodzi wyłącznie o fakt, że pominięto wymiar praktyki laboratoryjnej. Czy sprawne stawianie i testowanie hipotez nie wymaga również jakiejś formy rozproszenia? Jak przebiegałyby doświadczenia z *Big Trak*, gdyby biorącym w nich udział ludziom umożliwiono wykonywanie innych czynności niż tylko formułowanie programów i analizowanie na bieżąco wyników „eksperymentów”? Przykładowo, Klahr i Dunbar informują, że badani wielokrotnie nie dostrzegali tego, że powtarzają te same eksperymenty lub mają trudność ze stwierdzeniem, czy hipoteza została potwierdzona lub obalona. Czy ich procesy poznawcze przebiegałyby tak samo, gdyby korzystali z jednego z podstawowych narzędzi badawczych – protokołów laboratoryjnych, które pozwalają śledzić historię badań, przywoływać wcześniejsze wyniki i porównywać je ze sobą? Członkowie grupy Simona zwracali uwagę na to, że nauka stanowi przedsięwzięcie społeczne. W kilku miejscach wskazywali również na rolę wyobrażeń mentalnych i wizualnych reprezentacji w procesie odkrycia (Langley et al. 1987: 326–336). Ostatecznie jednak intuicje tego typu nie utworowały sobie drogi do konstruowanych przez nich komputerowych modeli odkrycia.

ROZDZIAŁ 5

Usytuowane poznanie

W poprzednim rozdziale zaprezentowaliśmy koncepcję rozproszonego poznania sformułowaną i rozwiniętą przez Edwina Hutchinsa oraz jej późniejsze zastosowania. Autor *Cognition in the Wild* nie jest jedynym badaczem, który w latach 90. ubiegłego wieku poddał krytyce standardowe podejścia z zakresu nauk kognitywnych prezentujące poznanie jako odcieleśniony i wyjęty z kontekstu kulturowego proces. Podobne tezy formułowali inni badacze rozwijający koncepcje określane dziś zbiorczo mianem sytuacyjnych lub usytuowanych.

Usytuowane poznanie zakłada, że wiedza jest nierozzerwalnie związana z działaniem. Dokładniej rzecz ujmując – że ludzkie poznanie jest usytuowanym procesem, zakorzeniony w kulturowym, materialnym i społecznych kontekście. Ludzie w swoich działaniach wykorzystują innych – ich wiedzę i umiejętności – oraz różnego rodzaju elementy otoczenia, przerzucając na nie część obciążeń poznawczych, ewentualnie wykorzystując je, by zmienić charakter wykonywanej czynności, redukując pod pewnymi względami jej złożoność. Podejście to, zamiast dążyć do wyabstrahowania pewnych ogólnych heurystyk działania i poznania, skupia się na tym, w jaki sposób wykorzystujemy konkretne warunki, w których musimy funkcjonować.

Do najważniejszych przedstawicieli usytuowanego poznania należą John Seely Brown (Brown, Collins, Dugid 1989; Brown, Dugid 2003) oraz Jean Lave (1988), jak również Etienne Wenger (Lave, Wenger 1991), David Kirshner, James Whitson (Kirshner, Whitson 1997), James Greeno (1997, 1998, 2006; Sawyer, Greeno 2009), Barbara Rogoff (Rogoff, Lave, red., 1984) oraz David Kirsh (1995, 2009). Koncepcja usytuowanego poznania nawiązuje nie tylko do prac Hutchinsa, ale również do badań Jamesa Deweya (1938) nad procesami uczenia, ekologii środowiskowej Jamesa J. Gibsona (1979) oraz

koncepcji Lwa S. Wygotskiego (1989) i wyrosłej na jej gruncie *activity theory* (zob.: Nardi, red., 1996; Kaptelinin, Nardi 2006). Z jednej strony koncepcja ta miała doniosłe konsekwencje dla teorii edukacji, z drugiej zaś jest szeroko stosowana w badaniach nad użytecznością (*usability*) oraz w dziedzinie interakcji człowiek–komputer (*Human-Computer Interaction*, HCI; zob. np. Kirlik, red., 2006).

Rekonstruując podejście usytuowane, skupimy się przede wszystkim na tym, jak kontekst determinuje sposób ujmowania problemów, oraz na zjawisku usytuowanego uczenia. Choć to Lave należy do klasyków usytuowanego poznania, to skupimy się tu przede wszystkim na pracach Kirsha. Po pierwsze, oferowane przez niego rozumienie usytuowania wydaje się najbardziej dopracowane od strony teoretycznej. Po drugie, wprowadził on szereg interesujących w perspektywie niniejszej pracy koncepcji i dystynkcji – między innymi skonfrontował perspektywę usytuowaną z nurtem *problem solving*, dokonując ich twórczej syntezy (Kirsh 2009). Naszą prezentację rozpoczniemy jednak od omówienia koncepcji, która legła u podstaw badań nad usytuowaniem w naukach. Mowa o koncepcji usytuowanego działania sformułowanej przez amerykańską antropolog kulturową, Lucy Suchman.

Planowanie a usytuowane działanie

Suchman była jedynym z pierwszych badaczy, którzy poddali krytyce powszechne wśród tradycyjnych filozofów umysłu, specjalistów od sztucznej inteligencji i kognitywistów ujęcie procesów poznawczych człowieka jako abstrakcyjnych procesów obliczeniowych przeprowadzanych na symbolach i mentalnych reprezentacjach. Swoje badania prowadziła w laboratoriach Xerox Palo Alto Research Center (PARC), w których opracowywano różnego rodzaju interfejsy oraz zajmowano się szeroko pojętą interakcją człowiek–komputer. To właśnie w PARC wynaleziono pierwszy graficzny interfejs użytkownika (*Graphic User Interface*, GUI). Wart odnotowania jest również fakt, że badania realizowane w tym centrum stanowiły w dużej mierze efekt kooperacji informatyków i badaczy społecznych. War-

to w tym kontekście wspomnieć o dwóch badaczach zatrudnionych w PARC. Pierwszym z nich jest John Seely Brown, który wraz z Pauliem Dugidem napisał książkę noszącą znamienity tytuł *Social Life of Information* (Brown, Dugid 2003). Pokazują oni, że nadmierny nacisk kładziony na technologie informacyjne przy jednoczesnym lekceważeniu społecznego i kulturowego charakteru procesów uzyskiwania, przekazywania i przetwarzania wiedzy prowadzi do poważnych porażek różnego rodzaju organizacji. Jak argumentują autorzy, informacja jest zakorzeniona w relacjach społecznych i instytucjach, co muszą uwzględniać efektywne modele zarządzania. Drugim pracownikiem PARC, którego pragnę przywołać, jest Mark Weiser, autor koncepcji *ubiquitous computing* (w skrócie *ubicomp*; Weiser 1993; Weiser, Brown 1995). Wedle jego propozycji, innowacje komputerowe oraz innego rodzaju media powinny być projektowane z myślą o użytkowniku; powinny być wyposażone w intuicyjne interfejsy zdolne do rozpoznawania poszczególnych użytkowników, adaptowania się do ich potrzeb, a w efekcie do wchodzenia z człowiekiem w inteligentny dialog. Jednak przede wszystkim – jak przekonuje Weiser – technologie powinny stanowić transparentne tło naszych interakcji społecznych i być zakorzenione w naszych praktykach kulturowych. Tego typu podejście do technologii informatycznych inspirowane przez antropologów kulturowych miało duży wpływ na prace badawcze z zakresu interakcji człowiek–komputer prowadzone w laboratoriach korporacji Xerox. Współcześnie w podobnym kierunku podąża wielu badaczy opracowujących kolejne generacje technologii informatycznych (zob.: Dourish 2001; Riva et al., red., 2005; Afeltowicz 2009).

Wróćmy jednak do Suchman i jej badań. Napisana przez nią praca *Plans and Situated Actions* (Suchman 1987)¹ stanowi raport z antropologicznych analiz interakcji użytkowników z nowo projektowanymi kserokopiarkami. Zasadniczym obiektem jej zainteresowania był wbudowany w urządzenie elektroniczny system pomocy, który miał instruować użytkowników, w jaki sposób mają wykony-

¹ Ta klasyczna praca została ponownie wydana jako fragment większej książki autorstwa Suchman, noszącej tytuł *Human-Machine Reconfigurations* (Suchman 2007).

wać podstawowe czynności. W swoich badaniach skupiła się na załamaniach komunikacji między maszyną a człowiekiem, modelach maszyny, jakimi dysponowali użytkownicy, i wynikających z tego błędach oraz różnicy między interakcjami międzyludzkimi a komunikacją człowiek–maszyna. Na podstawie badań formułuje ona następujące strategie służące usprawnieniu obsługi urządzeń: (1) kompensowanie braku dostępu maszyny do informacji o warunkach działania użytkownika i jego wiedzy; (2) rozszerzenie dostępu maszyny do wiedzy o kontekście, w jakim działa użytkownik; (3) informowanie użytkownika o ograniczonych zasobach informacyjnych, z jakich korzysta maszyna w interakcji.

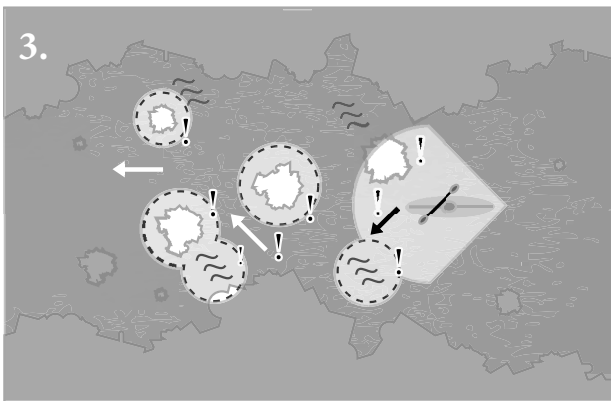
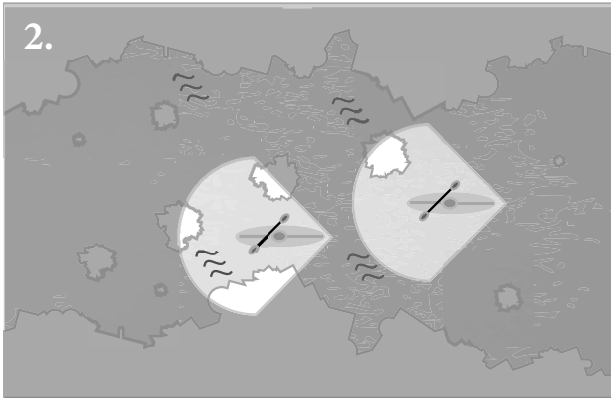
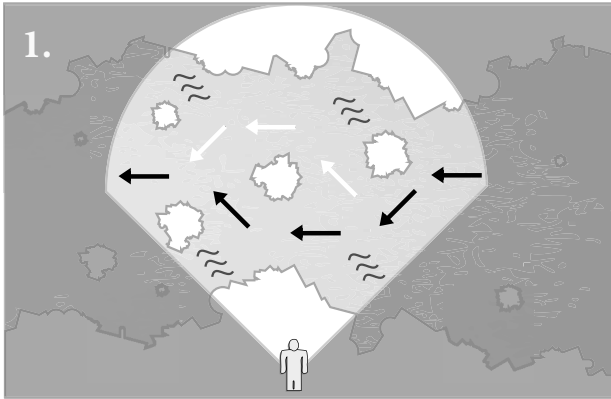
Wychodząc od swoich badań oraz różnych koncepcji z zakresu nauk społecznych – ze szczególnym uwzględnieniem etnometodologii (Garfinkel 2007) – Suchman poddaje krytyce szereg koncepcji z zakresu sztucznej inteligencji i nauk kognitywnych. I choć jej studium empiryczne nie wydaje się może tak odkrywcze jak *Cognition in the Wild*, to w swoich rozważaniach teoretycznych antycypuje ona wiele ustaleń Hutchinsa i innych antropologów kognitywnych. Przede wszystkim wprowadza socjologiczny i antropologiczny sposób myślenia o procesach poznawczych do nauk kognitywnych i badań nad sztuczną inteligencją, przecierając tym samy drogę różnego rodzaju nowym podejściom.

Szczególnie ważna wydaje się tu wprowadzona przez nią koncepcja usytuowanego działania. Pojęcie to przeciwstawia kategorii planu. Współcześni Suchman kognitywiści często ujmowali działanie jako sekwencję czynności zmierzających do określonego celu zgodnie z zespołem procedur, według z góry rozpisanego planu. Nawiązując do metaforyki komputerowej, plany stanowią zbiory skryptów uruchamiających proste działania. W skład planów wchodziły procedury umożliwiające realizację celów, które najczęściej można rozłożyć na prostsze procedury i cele niższych rzędów. W ramach takiego ujęcia, każde działanie składa się ciągu realizowanych podzadań, które są monitorowane przez system poznawczy. W przypadku wystąpienia pomyłki lub przerwania sekwencji w odpowiedzi zostanie sformułowany kolejny plan. Takie ujęcie było charakterystyczne dla podejść symbolicznych. Taki właśnie „paradygmat planowania” obo-

wiązywał między innymi w tradycyjnych pracach nad sztuczną inteligencją oraz w ramach zapoczątkowanego przez Newella i Simona nurtu *problem solving*, na którym to gruncie rozwinęły się badania eksperymentalne Klahra i Dunbara oraz prace nad ASON. Simon i Newell pojmowali rozwiązywanie problemu jako wyszukiwanie najdogodniejszej ścieżki w środowisku problemowym, prowadzącej od stanu wyjściowego do sytuacji pożądanej. Przestrzeń problemu to nic innego, jak abstrakcyjna reprezentacja efektów możliwych decyzji podejmowanych podczas próby rozwiązania problemu, na przykład przy układaniu wieży Hanoi. Wedle takiego ujęcia rozwiązywanie problemów polega na rekurencyjnym stosowaniu algorytmów lub realizacji jakiegoś bardziej złożonego racjonalnego planu.

Zdaniem Suchman, przyjmowana przez Simona i Newella wizja ludzkiego działania jest niewłaściwa. Simon sam przyznał, że nie udało się rozszerzyć metod rozwiązywania dobrze ustrukturyzowanych problemów na problemy nieprecyzyjnie zdefiniowane, w których trudno o skonstruowanie jakiegoś stabilnego środowiska problemowego. Jednak to właśnie ze słabo zdefiniowanymi problemami mamy najczęściej do czynienia w codziennym życiu. Suchman zwraca jednak uwagę na coś innego – jej zdaniem poznanie i działanie nie są realizowane wedle jakiegoś wcześniejszego programu, lecz stanowią wynik interakcji planów z bieżącymi warunkami środowiska. Plany stanowią co najwyżej zasoby dla działania, nie zaś ich sztywny schemat. Suchman ilustruje to za pomocą przykładu człowieka pokonującego w canoe rzeczne kaskady.

Zamierzając pokonać kilka kaskad w canoe, najprawdopodobniej spędzimy parę chwil nad wodospadami, planując trasę spływu. Plan może wyglądać następująco: „Popłynę na lewą stronę, najdalej jak to tylko możliwe, postaram się przepłynąć między tymi dwoma skałami, następnie mocno odbiję w prawo, by opłynąć następny głaz”. [...] Jednakże bez względu na to, jak nie byłby szczegółowy, twój plan kończy się w momencie, kiedy przystępujesz do przeprowadzenia swojego canoe przez wodospady. Kiedy przychodzi czas, by reagować na prądy i zapinować nad canoe, efektywnie porzucasz plan i zdajesz się na wszystkie ucieleśnione zdolności, jakimi dysponujesz. Celem planu nie jest przeprowadzenie cię przez wodospady, ale zorientowanie cię w taki sposób,



Ryc. 4. Różnica między planowaniem, usytuowanym działaniem oraz interakcją planów z konkretnymi warunkami środowiska na przykładzie pokonywania w canoe odcinka rzeki

Sytuacja 1: planowanie – obserwator stojący na wysokim brzegu planuje najdogodniejszy sposób pokonania odcinka rzeki, wytycza najdogodniejszą trasę (czarne strzałki) oraz trasę awaryjną (białe strzałki). Obserwator ogarnia swoim spojrzeniem niemal cały odcinek rzeki, ale niekoniecznie zna szczegółowe warunki środowiska, jak również nie może przewidzieć, jak canoe zachowa się w wodzie.

Sytuacja 2: w pełni usytuowane działanie – człowiek płynący w canoe wkracza na nieznaną sobie odcinek rzeki – nie miał okazji zaplanować trasy spływu i nie wie, jakie niebezpieczeństwa go czekają; korzystając ze swojej ograniczonej wiedzy, musi sobie radzić i natychmiast reagować w przypadku zagrożenia, w pełni zdając się na swoje umiejętności.

Sytuacja 3: interakcja planów z faktycznymi warunkami środowiska – człowiek płynący canoe wkracza na znany sobie odcinek rzeki; patrząc z wysokiego brzegu, miał możliwość zaplanowania spływu, kiedy jednak znajduje się już w canoe, zdaje się bardziej na swoje umiejętności; jego znajomość odcinka rzeki pozwala mu uwzględnić w swoim działaniu wybrane, istotne elementy środowiska i ustawić się w pozycji, w której najpełniej wykorzysta posiadane przez siebie umiejętności.

byś mógł zająć najlepszą pozycję, w jakiej będziesz mógł wykorzystać swoje umiejętności, od których – w ostatecznym rachunku – zależy twój sukces (Suchman 1987: 52).

Powyższy przykład dobrze ilustruje usytuowany charakter ludzkich działań. Każde nam zwrócić uwagę na dwie istotne kwestie. Po pierwsze, działanie zależy w istotny sposób od materialnych i społecznych warunków, w jakich przebiega, czyli dokładnie od tych czynników, które Simon i Newell pomijali w swoich wyidealizowanych środowiskach i przestrzeniach problemowych, licząc na to, że będą mogli uwzględnić je na późniejszych etapach badań. Po drugie, bez względu na szczegółowość planów i procedur, każde działanie, będąc reakcją na bieżące warunki środowiska, zawiera w sobie element improwizacji (zob. ryc. 4).

Suchman proponuje, aby zamiast usiłować wyabstrahować działanie lub rozwiązywanie problemu z jego konkretnych warunków i ująć je jako abstrakcyjny plan, studiować sposób, w jaki ludzie wykorzystują owe warunki, by inteligentnie działać. Niekoniecznie oznacza to, że ludzie działają pozbawieni jakichkolwiek wewnętrznych, mentalnych modeli sytuacji. Usytuowane działanie w znaczący sposób ogranicza jednak rolę, jaką nurty typu *problem solving* przypisywały mentalnym reprezentacjom, takim jak przestrzeń problemowa².

Suchman nie twierdzi, że ludzie działają bez planu. Demonstruje jedynie, jak ludzie konfrontują swoje plany i oczekiwania z rzeczywistymi warunkami. Podobnie do Hutchinsa i Latoura, sugeruje ona, że to, co tradycyjna kognitywistyka i psychologia poznawcza traktowały jako zjawiska mentalne, należy powiązać z kulturowo podzielanym światem znaczeń, materialnych artefaktów i praktyk społecznych. Wychodząc od tego, Suchman proponuje następujący model

² Herbert A. Simon ustosunkował się do zarzutów Lucy Suchman i kilku innych przedstawicieli usytuowanego działania w tekście napisanym wraz z Alonso Vera, który nosił tytuł *Situated Action: A Symbolic Interpretation* (Vera, Simon 1993a). Jedną z tez autorów była taka, że *problem solving* nie stoi w sprzeczności z propozycjami przedstawicieli usytuowanego poznania – starali się pokazać, w jaki sposób usytuowane działanie można wyrazić za pomocą ich kategorii (zob. odpowiedzi i dyskusję wokół tekstu na łamach *Cognitive Science*, Vol. 17, No. 1: Clancey 1993; Suchman 1993; Norman 1993a; Vera, Simon 1993b).

działania. Po pierwsze, plany stanowią reprezentacje, którymi kierujemy się w naszych usytuowanych działaniach. Są zasobami, które wykorzystujemy w działaniu, ale nie determinują go w żaden istotny sposób. Po drugie, reprezentacje są najczęściej wykorzystywane w sytuacji, kiedy zostaje załamany normalny tok działania i staje się ono w jakiś sposób problematyczne. Choć zazwyczaj jesteśmy w stanie skonstruować racjonalny opis konkretnego, usytuowanego działania przed i po fakcie, w momencie kiedy działanie jest realizowane w niezakłócony sposób, pozostaje ono dla nas poznawczo transparentne. W świetle propozycji Suchman łatwo wyobrazić sobie sytuacje, kiedy racjonalizacje przed i po działaniu niekoniecznie pokrywałyby się ze sobą. Co więcej, działania nabierają racjonalnego charakteru najczęściej dopiero wtedy, gdy musimy je opisać, przeanalizować, wreszcie uzasadnić. Często okazuje się w takich sytuacjach, że faktyczne metody i procedury działania stanowią fragment trudno artykułowalnej wiedzy milczącej (por. Suchman 1987: 49–67).

Poczynione przez Suchman obserwacje nie jawią się jako nowatorskie w świetle licznych koncepcji z zakresu fenomenologii, pragmatyzmu czy etnometodologii. Niewątpliwa wartość jej pracy polega na tym, że wprowadziła te wątki do badań nad sztuczną inteligencją i interakcją człowiek–komputer oraz wielu obszarów nauk kognitywnych. Koncepcja usytuowanego działania przygotowała grunt dla licznych podejść kładących nacisk na sytuacyjność poznania, w tym dla badań Jean Lave.

Jak kontekst pomaga rozwiązywać problemy

Aby zrozumieć, jak wykorzystujemy poznawczo sytuacje i warunki środowiskowe, warto przyjrzeć się badaniom dotyczącym sposobów, w jaki ludzie w ramach codziennych praktyk realizują skomplikowane obliczenia matematyczne³. Jean Lave przeprowadziła szereg ob-

³ Badanie sposobów, w jaki ludzie w różnych kontekstach kulturowych, w ramach różnych sytuacji, nabywają i rozwijają koncepcje matematyczne oraz w jaki sposób rozwiązują zadania matematyczne, jest określane mianem etnomatematyki.

serwacji etnograficznych w miejscach publicznych, między innymi w sklepach spożywczych, by pokazać, jak ludzie faktycznie konceptualizują i rozwiązują problemy matematyczne. Lave starała się zrozumieć, w jaki sposób przeprowadzanie obliczeń matematycznych przez konsumentów zakłada bycie w sklepie spożywczym, chodzenie wzdłuż półek i patrzenie na poustawiane tam rzędy produktów. Przykładowo, pokazała, w jaki sposób sprzedawcy określają wartość produktu na podstawie jego wagi i ceny oraz jak porównują ze sobą produkty. Co więcej, sposób podejścia do obliczeń zmienia się w zależności od kontekstu, w którym przebiega. Kluczowy jest tu jednak fakt, iż te same osoby, które świetnie radziły sobie z obliczeniami w sklepie, nie były w stanie powtórzyć tego samego w warunkach eksperymentalnych, kiedy zadawano im te same zadania w abstrakcyjnej postaci (zob. Lave 1988).

Dlaczego tak się dzieje? Szereg studiów (Scribner 1986; Lave 1988; Greeno 1989) pokazał, że ludzie, zamiast przeprowadzać abstrakcyjne, symboliczne obliczenia, wykorzystują dostępne im w danej sytuacji zasoby, by pomóc sobie w wyciąganiu wniosków i rozwiązywaniu problemów. Innymi słowy, ludzie czynią elementy ich środowiska „mentalnymi narzędziami” (Kirsh 1995). Lave podkreśla powszechne wykorzystywanie przez ludzi „środowiskowych środków obliczeniowych” (*environmental calculating devices*). Przywołajmy tu przykład z dzieleniem na porcje sera twarogowego (Greeno 1989: 287–288). Mężczyznę przygotowującego posiłek zapytano, ile otrzymałby twarogu, gdyby podał $3/4$ dozwolonej dziennej porcji twarogu przewidzianej w ramach diety, która wynosi $2/3$ kubka. Respondent stwierdził, że „rachunki miał w szkole”, po czym po prostu odmierzył dzienną porcję, wyrzucił ją na deskę do krojenia, rozsmarował, formując krąg, który podzielił za pomocą noża na ćwiartki. Trzy ćwiartki podał na stół, a resztę włożył z powrotem do opakowania. W ten sposób, za pomocą noża, łyżki i deski mężczyzna „wykonał” obliczenie matematyczne $2/3 \times 3/4 = 1/2$.

Terezinha Nunes Carraher, David William Carraher i Analucia Dias (1985) podają inny ciekawy przykład. Brazylijskie dzieci handlujące produktami na ulicach, zamiast wykorzystywać metody arytmetyczne wpojone im w szkole, opracowały specjalne procedury su-

mowania cen i obliczania reszty. Wykorzystywały one dostępne pod ręką elementy otoczenia. Dla przykładu, jedna z dziewczynek, zapytana o cenę 10 kokosów po 35 cruzeiro za sztukę, nie stosowała metody dokładania dodatkowego zera do ceny, jak uczono ją w szkole. Wykorzystywała koszt trzech kokosów (105 cruzeiro) – w takich paczkach zazwyczaj były one sprzedawane; dodawała do tego koszt dwóch kolejnych paczek i koszt jednej sztuki, dochodząc do prawidłowego wyniku. Autorzy zaobserwowali, że nie był to odosobniony przypadek – wśród ulicznych sprzedawców dodawanie cen standardowych pakietów produktów było powszechne. Co istotne, wykorzystując swoje procedury, dzieci radziły sobie lepiej niż inne osoby o podobnym wykształceniu, niebędące sprzedawcami.

W innym studium, Sylvia Scribner (1984) zbadała, w jaki sposób mleczarze realizowali zamówienia na różnego rodzaju produkty – mleko białe i czekoladowe, kartony ćwierćkwartowe (*halfpints*) i kwartowe (*quarts*) – pakując dostarczany towar w taki sposób, by uczynić cały proces bardziej efektywnym. Scribner stwierdza, że doświadczeni mleczarze wykorzystywali same skrzynki do transportu kartonów jako „narzędzia do myślenia”. Uczyli się różnych konfiguracji kartonów w skrzynkach (na przykład jedna warstwa kartonów ćwierćkwartowych składa się z 16 sztuk; dwa rzędy kwart to 8 kartonów, czyli połowa jednej warstwy kartonów ćwierćkwartowych). Wykorzystywali kompozycyjną strukturę skrzynek i warstw. Jeżeli mieli napełnić i dostarczyć 35 ćwierćkwartowych kartonów, wiedzieli, że należy zapełnić dwie warstwy skrzynki i położyć trzy dodatkowe sztuki na wierzchu. Podobnie dostawcy rozwiązywali problemy przy wystawianiu rachunków, wykorzystując swoją wyuczoną wiedzę na temat pojemności skrzynek. Przykładowo, aby obliczyć koszt 98 ćwierćkwartowych kartonów, mnożyli przez dwa cenę dwóch skrzynek (w których mieściło się 48 kartonów) i dodawali cenę dwóch kartonów. Ponownie kontekst (własności skrzynek) i doświadczenie determinowały sposób, w jaki ujmowano problemy. Oczywiście system „skrzynkowy” nie jest w takim stopniu uniwersalny jak system dziesiętny oraz „szkolne” procedury arytmetyczne. Jednak mleczarze, wykorzystując swoje podejście, wykonywali pracę szybciej niż wyposażeni w kalkulatory studenci wykorzystujący standardowe podejście.

Obliczenie ceny 10 kokosów i 10 kartonów mleka w perspektywie formalnej jest izomorficzne. Jednak jak pokazuje usytuowane podejście, w praktyce ludzki system poznawczy radzi sobie z nimi w odmienny, niewspółmierny sposób. Oczywiście wszystkie omówione powyżej problemy można zaprezentować w abstrakcyjny sposób w ramach standardowych procedur obliczeniowych, uznając omówione metody za naiwne. Pamiętajmy jednak, że problemy nawigacyjne opisywane przez Hutchinsa również można zaprezentować w abstrakcyjny sposób, bez pomocy zewnętrznej reprezentacji, jaką jest mapa. Czy jednak ułatwiłoby to pracę zespołu navigatorów? W jaki sposób eksperci pozbawieni zewnętrznej reprezentacji mieliby ogarnąć świat w całej jego złożoności? Co więcej, w jaki sposób mieliby oni szkolić kolejne pokolenia navigatorów? Oczywiście wyliczanie ceny kokosów i kreślenie linii na mapie może wydawać się problemem banalnym. Pojawia się jednak pytanie: do jakich pomocy ludzie uciekają się, próbując rozwiązać bardziej złożone problemy, na przykład należące do dziedziny nauki?

Opisywane powyżej praktyki są powszechne nie tylko w dziedzinie obliczeń matematycznych. Co istotne, współewoluują one wraz z problemami, którym mają sprostać. Ludzie wykorzystują wszelkie dostępne im materiały, heurystyki i „sztuczki”, które mogą ułatwić lub usprawnić wykonywaną pracę conceptualną. Kluczowa jest partycypacja jednostek w określonej wspólnocie kulturowej oraz reprodukcja przez nie i przekształcanie różnego rodzaju lokalnych praktyk. W dodatku, jak pokazywał to już Hutchins, najczęściej ów proces rozwoju nie jest realizowany przez wybitne jednostki, lecz szersze systemy poznawcze – mamy tu do czynienia z kolektywnymi wynalazkami utrwalanymi w różnego rodzaju instytucjach społecznych. Innymi słowy, usytuowanym rozumowaniom towarzyszy proces usytuowanego, kolektywnego uczenia. W nabywaniu wiedzy okazuje się kluczowy nie tyle transfer wyabstrahowanych informacji, ale partycypacja w działaniach danej wspólnoty. Wspominaliśmy o tym już na wstępie, przywołując kategorię wiedzy milczącej oraz wskazując na rolę interakcji międzyludzkich w dziedzinie jej transferu.

O inteligentnym wykorzystaniu przestrzeni

Niezwykle interesujące w kontekście ujęć sytuacyjnych są analizy Davida Kirsha dotyczące inteligentnych sposobów wykorzystania przez ludzi przestrzeni fizycznej w celach poznawczych (1995). Przewodzone przez niego badania codziennych czynności oraz działań ekspertów pokazują, że wielokrotnie aranżujemy nasze otoczenie w celu ograniczenia podejmowanych w trakcie realizacji czynności sekwencji wyborów. Weźmy prosty przykład – robienie sałatki warzywnej. Wyjmujemy warzywa i owoce, układamy je w zlewie, myjemy je, przenosimy na stół i kładziemy koło deski, gdzie trzymamy noże. Gdybyśmy weszli do kuchni i zastali rozpoczęte prace nad sałatką, lokalizacja warzyw od razu poinformowałaby nas, na czym poprzestał nasz poprzednik i co planował przygotować. Przykładowo, ułożenie warzyw w zlewie wyraźnie sugeruje, że miały być one umyte, a lokalizacja przy nożu mówi nam, że należy je pokroić. Innymi słowy, każdy z obiektów i lokalizacji oferuje nam pewne afordancje (*affordances*). Przez afordancje rozumiem tu za Gibsonem możliwości dla działania, jakie stwarza środowisko lub konkretna sytuacja. To samo środowisko oferuje inne możliwości w zależności od zdolności percepcyjnych lub motorycznych, kompetencji poznawczych, wiedzy bądź innych właściwości danego organizmu. W niektórych ujęciach podkreśla się kwestie uświadamiania przez podmiot możliwości działania tkwiących w środowisku. Pierwotna definicja Gibsona za afordancje uznaje wszystkie możliwości działania obecne w środowisku, obiektywnie mierzalne i niezależne od indywidualnych zdolności danych jednostek do ich rozpoznania, lecz zawsze pozostające w relacji z nimi, a co za tym idzie – zależne od ich możliwości (Gibson 1979).

Wróćmy jednak do przykładu z przyrządzaniem sałatki. Kirsh nie poprzestał na analizie pracy laika – filmował również profesjonalnych kucharzy przygotowujących posiłki. Jeden z filmowanych kucharzy przygotowywał sałatkę w następujący sposób: kroił grzyby, pomidory, papryki i cebulę w identyczne cząstki i układał w osobnych, wyraźnie oddzielonych, eleganckich rządkach. Tak przygotowane składniki układał na półmisku w estetyczny wzór. Nie liczył,

ile jest poszczególnych składników, oraz nie mierzył obwodu półmiska. Nie rozplanowywał dokładnie ich układu – by zachować proporcje na talerzu wystarczyło, by kucharz na bieżąco śledził długość stopniowo skracających się rzędów. Dzięki temu mógł łatwo uniknąć sytuacji, kiedy, na przykład, zabrakłoby mu pomidorów i musiałby pozostawić na talerzu pusty obszar. Przygotowując rzędkie składników, stwarzał tym samym łatwe do śledzenia bodźce w środowisku. Dzięki temu uwalniał się od konieczności zapamiętywania, liczenia i precyzyjnego planowania. Nie musiał również zapamiętywać, jakich składników używa najczęściej, gdyż informowały go o tym proporcje rzędów. Jednocześnie już w fazie układania rzędów, porównując ich długość, mógł w łatwy sposób orzec, czy ma odpowiednie ilości składników. Jednak by w pełni docenić zmysłność zaprezentowanej heurystyki, należy uwzględnić pewien fakt dotyczący funkcjonowania ludzkiego systemu poznawczego: szacowanie długości jest łatwiejsze i bardziej niezawodne niż szacowanie powierzchni lub objętości. Przygotowując rzędkie składników, kucharz zredukował problem poznawczy, jakim było zachowanie proporcji przy układaniu sałatki przez zakodowanie ilości składników jako długości. Pośrednio długości rzędów kodowały powierzchnię półmiska, jaką mogły pokryć składniki.

Na podstawie tego oraz wielu innych przykładów, Kirsh stwierdza, że przestrzeń może być poznawczo wykorzystywana na trzy główne sposoby: (1) w celu upraszczania procesów decyzyjnych; (2) w celu upraszczania procesów percepcyjnych; (3) w celu redukcji złożoności przeprowadzanych przez system poznawczy wewnętrznych, mentalnych obliczeń.

Oczywiście przykładem pierwszej funkcji, jaką nadajemy otoczeniu, jest umieszczanie produktów w tych obszarach kuchni, które same będą sugerowały nam, co robić dalej. Inna sytuacja dokładnie przeanalizowana przez Kirsha to praktyka doświadczonych pakowaczy toreb i klientów w sklepach wielkopowierzchniowych. Problem, z jakim muszą się uporać, jest następujący: w jaki sposób optymalnie zapakować torby, nie niszcząc produktów i jednocześnie nie generując zastoju przy kasie? Otóż pakowacze postępują w sposób następujący – ustawiają obok siebie towary o podobnych właściwo-

ściach, rozróżniając je według następujących kryteriów: produkty „chemiczne” i „niechemiczne”, solidne i delikatne, lekkie, ciężkie i pośrednie. W przestrzeni za kasą, gdzie lądują towary przesuwane przez kasjera, tworzą bufory, w których grupują towary według powyższych kategorii. Następnie zapełniają torby, zaczynając pakowanie od rzeczy ciężkich na dnie, lżejszych na górze i kończąc na najmniejszych produktach umieszczanych w wolnych przestrzeniach. Bufory i wstępna selekcja sprowadzają problem pakowania do problemu trzymania się wyuczonej kolejności sięgania po towary.

Oczywiście pakowanie towarów nie należy do najbardziej skomplikowanej poznawczo czynności, jaką można sobie wyobrazić. Możemy się również zapytać: cóż interesującego (ewentualnie: problematycznego) jest w robieniu sałatki lub zapełnianiu torby zakupami? Jednak w analogiczny sposób działają eksperci w wielu innych dziedzinach, na przykład zegarmistrzowie, kelnerzy, jubilerzy czy mechanicy. Ekspert naprawiający, dla przykładu, silnik, rozbierze go na części, układając je na stole w grupkach (najprawdopodobniej w optymalnej, wyuczonej przez siebie przestrzennej aranżacji), co pozwoli mu łatwo zapamiętać, co z czym i w jakiej kolejności należy połączyć po wyczyszczeniu i wymianie stosownych elementów. Stół wykorzystany w odpowiedni sposób może pełnić rolę wyszukanego systemu zewnętrznej pamięci kodującego porządek efektywnych działań. Innego rodzaju konfiguracje otoczenia – zastane lub wytworzone przez nas – mogą stymulować nas w odpowiedni sposób, sugerować różne możliwości lub najwłaściwsze działania, zwracać uwagę na istotne kwestie, ewentualnie uniemożliwiać nam podejmowanie niewłaściwych decyzji, czy – *last but not least* – w ogóle eliminować konieczność ich podejmowania, wymuszając jedyną możliwą formę działania.

Przestrzenne aranżacje ułatwiają nie tylko decyzję, ale również percepcję i wychwytywanie istotnych czynników. Najpowszechniejszym zabiegiem jest segregacja obiektów, co usprawnia ich kategoryzowanie. Osoby mające doświadczenie w układaniu puzzli stosują interesującą sztuczkę, która ułatwia im wyszukiwanie właściwych fragmentów: grupują podobne fragmenty o takim samym układzie żeńskich i męskich elementów łączących. Dlaczego? Uzupełniają

puste miejsca w układance, łatwiej jest sięgnąć do przygotowanych stosów, kierując się częściowym opisem brakującego elementu, niż próbować go odnaleźć w jednym wielkim stosie. Przede wszystkim jednak, dzięki uzyskanej w ten sposób bliskości porównywanych obiektów, łatwiej dostrzegalne dla oka ludzkiego stają się subtelne różnice pomiędzy podobnymi puzzlami. Często zdarza się również, że umieszczamy w otoczeniu lub bezpośrednio na obiektach różnego rodzaju znaki, które wyróżniają istotne dla nas czynniki.

Możemy również wykorzystać przestrzeń, by zredukować złożoność naszych wewnętrznych procesów obliczeniowych. Jeden z podawanych przez Kirsha przykładów dotyczy popularnej gry słownej Scrabble⁴. Gracze często przedstawiają i rekombinują ułożenie klocków z literami, z jakich muszą układać wyrazy. Z jednej strony wspomagamy w ten sposób nasze umysłowe kompetencje – fizycznie przedstawiamy litery, by sprawdzić, czy da się ułożyć z nich konkretny wyraz. Z drugiej strony jest to forma autobodźcowania – stymulujemy samych siebie, by łatwiej wychwycić nowe, uprzednio niedostrzegane kombinacje na drodze przypadkowych przetasowań (Kirsh 1995; Maglio et al. 1999).

Przywołajmy jednak o wiele ciekawszy przykład zaczerpnięty z eksperymentów Davida Kirsha i Paula Maglio (1992a, 1992b, 1994) z grą Tetris⁵. Podczas doświadczenia mierzono czas reakcji i tempo

⁴ Scrabble to gra słowna wymyślona w 1931 r. przez Alfreda Buttsa, architekta z Nowego Yorku. Polega ona na tym, że dwóch do czterech graczy zdobywa punkty, układając na planszy o rozmiarach 15 na 15 pól słowa w sposób przypominający układ krzyżówki. Słowa muszą pojawiać się w standardowym słowniku. Im dłuższe słowa udaje się ułożyć i im rzadsze litery zostają w nich wykorzystane, tym więcej punktów otrzymuje gracz. Gra ma wiele edycji językowych. Wartość punktową liter w angielskiej wersji gry Butts ustalił, obliczając częstotliwość ich występowania na pierwszej stronie dziennika *New York Times*.

⁵ Tetris to gra komputerowa stworzona przez Aleksieja Pażytnowa w Związku Radzieckim. Jest to jedna z najbardziej znanych gier komputerowych, mająca dużą liczbę różnorodnych wariacji i implementacji. Gra rozgrywa się na prostokątnej planszy (początkowo pustej), zwanej tetriem lub matriksem, ułożonej krótszym bokiem w poziomie. Tetris ma 20 wierszy i 10 kolumn. W trakcie gry, pośrodku górnej krawędzi planszy, pojawiają się pojedynczo klocki złożone z 4 małych kwadratów nazywanych też blokami. Klocki te (określane mianem *tetramino* lub zoidów) przemieszczają się w kierunku dolnej krawędzi

gry u doświadczonych i początkujących graczy, jak również konfrontowano ich osiągnięcia oraz strategie z działaniami systemu eksperckiego, zaprojektowanego na potrzeby badania. Okazało się, że gracze, również ci doświadczeni, poświęcają cenny czas na obracanie elementami za pomocą urządzenia *input*, zamiast od razu po ich pojawieniu się próbować wpasować je w odpowiednie miejsca na dole planszy, w oparciu o wewnętrzne, mentalne rotacje. Co istotne, gracze wciąż obracali elementami, nawet przy bardzo szybkim tempie gry, co może wydawać się rozwiązaniem nieoptymalnym. Czyżby ludzie nie mogli uwolnić się od swoich nawyków i po prostu nauczyć się szybciej mentalnie wyliczać optymalne położenie zoidów? Niekoniecznie – okazuje się, że wewnętrzne kalkulacje wcale nie muszą być szybsze. Analiza działań ekspertów pokazała, że wykorzystują oni rotacje elementów na ekranie, gdyż pozwala im to szybciej i przy mniejszej liczbie błędów wyszukiwać możliwości ustawienia spadającego klocka. Szacunkowo, rotacja elementu na ekranie jest nawet do 10 razy szybsza niż rotacja tego samego elementu wykonywana w głowie. Dokonując manipulacji w zewnętrznej przestrzeni, gracze obniżają obliczeniową złożoność problemu, czyli odciążają swój system poznawczy. Analizy autorów sugerują, że w przypadku gry Tetris zabiegi na zewnętrznej reprezentacji dokonywane za pośrednictwem ruchów rąk i urządzenia *input* oraz procesy myślowe muszą być ze sobą tak ściśle skoordynowane w czasie, że funkcjonują jak zintegrowany system obliczeniowy (por. Clark 1997: 63–65). Nawiązując do słów Latoura, można stwierdzić, iż gracze *de facto* „myślą za pomocą rąk i oczu”. Można traktować to wręcz jako modelowy przykład usytuowanego poznania, które jest zarazem usytuowanym działaniem.

(„spadają”). Kiedy jedno *tetramino* opadnie na samo dno lub na inny element, zostaje unieruchomione, a następane ukazuje się u góry planszy kolejne *tetramino*. Gra trwa aż do momentu, w którym nowy klocek nie będzie mógł pojawić się na planszy. Zadaniem gracza jest układać *tetramino* na planszy – wykonywując rotację i przesuwając w poziomie – tak, aby kwadraty składające się na nie utworzyły wiersz na całej szerokości prostokąta. W takiej sytuacji wiersz ten zostaje usunięty, a pozostałe klocki opadają w kierunku dna, tworząc więcej przestrzeni dla następnych elementów. Po usunięciu określonej liczby wierszy prędkość gry wzrasta, utrudniając tym samym precyzyjne sterowanie kolejnymi *tetramino*.

W celu opisanego powyższej sytuacji Maglio i Kirsh (1994) wprowadzają rozróżnienie na działania pragmatyczne i epistemiczne. Pierwsze z wymienionych działań mają za cel dokonanie jakiejś pożądanej zmiany w środowisku w celu uzyskania jakiegoś fizycznego efektu. Celem działania epistemicznego jest wpłynięcie na nas samych, a dokładniej na efektywność naszych procesów poznawczych. W tym przypadku również oddziałujemy na świat, ale motywowane jest to naszymi obliczeniowo-informacyjnymi potrzebami. Takim epistemicznym działaniem jest oczywiście manipulacja zoidami, która prowadzi do uproszczenia procesu poznawczego. Działaniem epistemicznym jest również układanie warzyw w paski przez kucharza, przypadkowe układanie kostek z literami podczas gry w Scrabble czy grupowanie i rozkładanie części przez mechanika naprawiającego silnik.

Dodajmy, że w przypadku szerokiej gamy problemów mamy do czynienia z zastanymi, kulturowo zinstytucjonalizowanymi aranżacjami otoczenia redukującymi złożoność poznawczą. Czasami takie sprzyjające rozwiązywaniu problemów warunki mogą stanowić efekt korzystnego zbiegu okoliczności. Często zdarza się jednak, że jest to celowy i przemyślany wynalazek danej jednostki lub wspólnoty. W takim przypadku mamy do czynienia z – jak określa je Kirsh – metapoznaniem (*metacognition*; Kirsh 2004, 2009). Przywołuje on przykład Odyseusza, który nakazał swoim żeglarzom, by przywiązali go do masztu, gdyż wiedział, że nie będzie w stanie oprzeć się pokusom Syren i wiedziony ich śpiewem rzuci się do morza. Podobnie postępujemy każdego dnia, mniej lub bardziej świadomie modyfikując nasze środowisko, oddelegowując do jego społecznych i technologicznych elementów pewne funkcje poznawcze.

David Kirsh analizuje nie tylko poznawcze funkcje przestrzeni. W swoich badaniach skupiał się na poznawczych funkcjach różnego rodzaju interfejsów, artefaktów i wizualizacji wykorzystywanych przez architektów, projektantów, inżynierów czy pracowników biurowych (Kirsh 2001, 2009, 2010). W swoich najnowszych badaniach koncentrował się na wykorzystaniu ludzkiego ciała jako poznawczego narzędzia służącego tancerzom do komunikacji i koordynacji, a choreografom do opracowywania i uczenia nowych figur oraz układów tanecznych (zob.: Kirsh et al. 2009; Kirsh 2011). Przewod-

nim problemem jego badań jest pytanie: po co się trudzić? Wynajdywanie, wytwarzanie, wykorzystywanie i przetwarzanie poznawczych narzędzi wymaga poniesienia odpowiednich kosztów oraz zaangażowania różnorodnych zasobów – czy nie lepiej byłoby wykorzystać czas, wysiłek i zasoby, by rozwiązać problem bezpośrednio, opierając się tylko na wyuczonych zdolnościach naszego mózgu?

Wykorzystanie poznawczych narzędzi najczęściej zmienia naturę wykonywanych czynności. W praktyce oznacza to zastąpienie jednej formy złożoności (na przykład obliczeniowej) inną (na przykład związaną ze śledzeniem operacji przeprowadzanych na zewnętrznej reprezentacji, wychwytywaniem błędów, fizyczną obsługą urządzenia i jego konserwacją). Musimy sobie uświadomić, że dla różnych osób struktura złożoności oraz kosztów będzie inna. Wszak istnieją sawanci, dla których wyciągnięcie pierwiastka z liczby czterocyfrowej lub pomnożenie przez siebie wielocyfrowych liczb nie stanowi problemu. Istnieją logicy i matematycy, którzy potrafią ogarnąć swoim umysłem długie dowody lub „z głowy” podać rozwiązanie formalnego problemu. Zdarzają się również inżynierowie lub projektanci, którzy potrafią animować w swoich umysłach działanie skomplikowanych urządzeń (Hegarty 2004). To samo tyczy się mistrzów szachowych, którzy radzą sobie bez planszy. W przypadku takich osób korzystanie z zewnętrznych reprezentacji lub poznawczych narzędzi najprawdopodobniej jest nieopłacalne. Jednak osoby posiadające tego typu kompetencje stanowią nikły odsetek populacji. W przypadku większości z nas wykorzystanie zewnętrznej reprezentacji jest warte rozważenia lub stanowi jedyną dostępną opcję. Im niższy poziom określonych umiejętności, tym atrakcyjniejsze z perspektywy rachunku poznawczych kosztów i korzyści staje się wykorzystanie różnego rodzaju narzędzi i zewnętrznych reprezentacji.

Kolejną rzeczą, która sprawia, że opłaca się korzystać z zewnętrznych reprezentacji, jest fakt, że często posiadają one pewne niezamierzone właściwości. Ponownie jest to związane z tym, że ich wykorzystanie zmienia naturę wykonywanych czynności. Fizyczne modele, papierowe wizualizacje częstokroć bodźczą użytkowników w taki sposób, że ci są w stanie wykryć błędy lub opracować rozwiązania, które mogłyby umknąć ich uwadze, gdyby pracowali z innymi

narzędziami lub w ogóle bez nich. Dlatego ludzie często wykorzystują kilka rodzajów reprezentacji, przełączając się między nimi. Kirsh przytacza przykład zapisu nutowego. Zdarza się, że ta forma reprezentacji muzyki ujawnia więcej niż słuchanie samego utworu – pozwala porównywać ze sobą odległe czasowo partie utworu, nakładając je na siebie i zmieniać za pomocą różnego rodzaju znaków. Kompozytor, przełączając się między słuchaniem kolejnych wersji utworu i jego zapisów nutowych, może eksplorować elementy struktury muzycznej, które byłyby niedostępne w inny sposób. Podobnie projektanci posługują się na zmianę kilkoma różnymi reprezentacjami: makietami, szkicami, animacjami i prototypami. Tworząc niezliczone odlewy i rysunki, projektanci bodźcą swoją własną wyobraźnię, pomagając sobie w wychwytywaniu błędów, ale również w identyfikowaniu potencjalnych możliwości (Kirsh 2010: 451).

Analizując strukturę kosztów i korzyści poznawczych związanych z wykorzystaniem narzędzi i reprezentacji, należy pamiętać, że poziom i rodzaj umiejętności jednostki zmieniają się w czasie. W procesie nabywania i rozwijania kompetencji istotną rolę odgrywają narzędzia poznawcze. Często posługujemy się nimi, by zrozumieć i opanować nową czynność. Nauczwszy się jej, możemy odrzucić narzędzia poznawcze i zewnętrzne reprezentacje, które nam to umożliwiły, i sięgnąć do kolejnych narzędzi, które umożliwią nam opanowanie umiejętności poznawczych wyższego rzędu. Ten proces polegający na wykorzystaniu zewnętrznych narzędzi w celu opanowania (internalizacji) czynności poznawczych, co pozwala sięgnąć po kolejne narzędzia, Kirsh opisuje za pomocą zaczerpniętej z informatyki kategorii *bootstrap*. Termin ten dosłownie oznacza pętlę przy cholewie buta, która ułatwia jego wciąganie na stopę. Wykorzystywany jest jednak w różnych dziedzinach (między innymi w biologii, fizyce, biznesie i informatyce) dla określenia samopodtrzymujących się procesów rozwoju, które zachodzą bez zewnętrznej pomocy. W kontekście metafory *bootstrappingu* przywołuje się czasami fikcyjną postać Barona Münchhausena, który wyciągnął z bagna siebie samego wraz z koniem, chwytając się za swój warkocz. W informatyce termin *bootstrapping* (lub po prostu *booting*) odnosi się do procesu samorozruchu komputera. Polega on na tym, że po włączeniu ma-

szyny zostaje uruchomiona sekwencja instrukcji – początkowe, proste instrukcje uruchamiają coraz bardziej złożone, w wyniku czego system operacyjny urządzenia jest ładowany do jego pamięci. Analogicznie, w przypadku rozwoju zewnętrznego oprzyrządowania naszego umysłu, kolejne wynalazki pozwalały nie tylko na rozwój kolejnych funkcji rozproszonych systemów poznawczych, ale także na rozszerzenie możliwości ludzkiego umysłu.

Upowszechnienie wybranych narzędzi poznawczych sprawia, że cała populacja może zinternalizować określone umiejętności. Dzięki temu staje się możliwe stworzenie i upowszechnienie kolejnych generacji narzędzi poznawczych, które pozwolą szerokim rzeszom na opanowanie nowych rodzajów kompetencji. Można sformułować tu zastrzeżenie, że choć na poziomie społeczeństwa dochodzi do kumulacji umiejętności i narzędzi, to i tak każdy człowiek musi zaczynać od zera. W praktyce jednak, dzięki wielu wiekom rozwoju zewnętrznego oprzyrządowania naszych umysłów (należy tu zaliczyć między innymi techniki celowego uczenia i zapamiętywania), kolejne pokolenia nie muszą pokonywać całej drogi – mogą przeskoczyć pewne etapy albo po prostu nabywać kompetencje szybciej. Dla przykładu, Roger Bacon twierdził, że opanowanie rachunków matematycznych wymaga 30–40 lat nauki. Dziś ten sam rodzaj rachunków, do których odnosił się Bacon, poznają uczniowie szkół średnich. Podobnie współcześni muzycy dorównują lub nawet przerastają techniczne umiejętności legendarnych wirtuozów z przeszłości (zob. Patterson et al. 2009: 161). Z podobną sytuacją mamy do czynienia w wielu innych dziedzinach. Oczywiście stan ten można tłumaczyć tym, że nasz biologiczny system poznawczy rozwinął się na przestrzeni ostatnich wieków. Perspektywa usytuowanego poznania sugeruje jednak, że pod względem naszej biologii nic się nie zmieniło, a „mądrzejsi” staliśmy się dzięki przekształceniom, jakim uległo nasze społeczno-technologiczne otoczenie.

Usytuowane poznanie vs. *problem solving*

Wróćmy na moment do nurtu *problem solving*. Pod adresem tej koncepcji kierowano liczne głosy krytyki. Przede wszystkim zauważano,

że rozwiązywanie codziennych problemów nie przypomina wcale gry w szachy czy układania wieży Hanoi. Po pierwsze, są to problemy zakładające o wiele bogatszą wiedzę i umiejętności niż te, które mogli przekazać w swoich eksperymentach Newell i Simon. Po drugie, w przywoływanych tu licznych przykładach usytuowanych procesów poznawczych ludzie nie wydawali się tworzyć abstrakcyjnych reprezentacji problemów korespondujących w jakiś sposób z ich formalnymi reprezentacjami. Wręcz przeciwnie, operowali oni na w pełni skontekstualizowanych zasobach i nie byli w stanie uogólniać stosowanych przez siebie heurystyk na inne, izomorficzne problemy. Innymi słowy, świetnie radzili sobie z liczeniem kokosów lub kartonów, ale mieli trudności z analogicznymi obliczeniami w warunkach laboratoryjnych, bez pomocy kulturowych zasobów. W świetle powyższych ustaleń można stwierdzić, że Newell i Simon byli w stanie opisać zaledwie wąskie spektrum problemów (czego, jak już zauważyliśmy, byli świadomi). Przede wszystkim jednak wykluczili oni czynniki kontekstowe (społeczne, materialne i technologiczne), uznając, że mają one charakter co najwyżej pomocniczy. Tymczasem Hutchins, Lave, Kirsh i Suchman jednogłośnie twierdzą, że to właśnie owe zewnętrzne czynniki wspomagają przebieg naszych procesów poznawczych, w tym rozumowań i działań związanych z rozwiązywaniem problemów. Co więcej, nawet mając do czynienia z analizowanymi na gruncie *problem solving* gramami i łamigłówkami, ludzie niejednokrotnie uciekają się do jakiegoś rodzaju działań epistemicznych lub innych zabiegów wspomagających poznanie. Widzieliśmy również, w jaki sposób kontekst wpływa na konceptualizację problemu – można zaryzykować stwierdzenie, że różne wspólnoty i grupy tworzą odmienne przestrzenie problemowe tego samego zadania. Nie bez znaczenia jest również, jak dany problem jest reprezentowany fizycznie – pewne reprezentacje mogą blokować, a inne stymulować procesy percepcyjne, nakierowując nas na właściwe rozwiązania. Przykładowo, dla przedstawiciela kultury europejskiej o wiele łatwiejsze do rozwiązania będzie Sudoku zapisane za pomocą wykorzystywanych przez niego cyfr arabskich niż za pomocą bliżej nieznanych mu symboli, których jego system percepcyjny natychmiastowo nie identyfikuje. Podobne różnice moż-

na zaobserwować, porównując ludzi rozwiązujących różne mutacje problemu wieży Hanoi, które niemniej jednak mają identyczne środowisko problemowe. Można zatem stwierdzić, że Simon i Newell, chcąc modelować ludzkie poznanie, stworzyli raczej model rozumowania, który daje się zaimplementować w maszynie lub systemie eksperckim, do którego będziemy wprowadzać już odpowiednio ustrukturyzowane i zakodowane dane, tym samym na ich potrzeby jasno definiując problem. Pokazują oni, jak dany, jasno określony problem rozwiązałyby racjonalnie kalkulujący podmiot.

Kirsh (2009) przestrzega nas jednak, by nie wylewać dziecka z kąpielą i przedwcześnie nie odrzucać pomysłów Newella i Simona. Niewątpliwie stworzyli oni punkt odniesienia dla usytuowanych podejść do rozwiązywania problemów. Co jednak ważniejsze, wprowadzili oni wiele ważnych rozróżnień i kategorii. Podejście Simona i Newella było zrozumiałe – przyjmując pewną wizję metodologii naukowej, chcieli wyjść od idealizacji i dojść do opisu rzeczywistych, złożonych procesów poznawczych. Choć okazało się to niemożliwe, to wytyczyli nowe ścieżki dla badań nad systemami sztucznej inteligencji. Ich prace wciąż wskazują kierunki dalszych dociekań.

Jako istotny wkład nurtu *problem solving* w zrozumienie ludzkiego działania warto przytoczyć rozróżnienie na heurystyki „mocne”, czyli specyficzne dla dziedziny problemowej, oraz heurystyki „słabe”, inaczej określane jako ogólne, które są wykorzystywane w wielu dziedzinach jednocześnie. Istotne jest również stosowane na gruncie tej koncepcji rozróżnienie na problemy precyzyjnie i nieprecyzyjnie ustrukturyzowane. Jak będziemy mieli okazję się przekonać, w nauce są obecne oba typy problemów i oba pełnią w niej nie mniej ważne role. To często na etapie, gdy problemy są słabo zdefiniowane, naukowcy dokonują najważniejszych ustaleń. Można powiedzieć, że w momencie, kiedy problemy dają się już ustrukturyzować, ewentualne ich rozwiązania są niejako w nich zawarte (por. Simon 1977). Innymi słowy, stawianie i dookreślanie problemów jest związane z podejmowaniem nie zawsze uświadamianych wyborów metodologiczno-teoretycznych – w wyniku tych czynności zostają wyznaczone pewne ramy określające zbiór możliwych rozwiązań problemów.

Kolejną, niezwykle ważną kategorią, do której należy się odnieść, jest ukute przez Simona pojęcie *satisficing* (Simon 1978). Neologizm ten stanowi złożenie dwóch angielskich terminów *satisfying* (zaspokajający, satysfakcjonujący) i *suffice* (wystarczać). Według Simona, *satisficing* to każda strategia podejmowania decyzji lub rozwiązywania problemów, która daje niekoniecznie najlepsze z możliwych, ale akceptowalne rezultaty. Przykładowo, strategia tego typu może polegać na generowaniu rozwiązania prowizorycznego, które sprawdza się, choć jest dalekie od rozwiązania optymalnego w sytuacji, kiedy osiąga się je przy korzystnym bilansie nakładów i zysków.

Warto również pamiętać o zastosowaniu koncepcji *problem solving* w dziedzinie studiów nad nauką. Na uwagę zasługują między innymi ustalenia poczynione przez Simona i członków jego grupy w ramach badań nad ASON. Musimy pamiętać, że Simon jako jeden z pierwszych usiłował naukowo analizować kontekst odkrycia. Wraz ze swoimi współpracownikami dokonał pewnego rodzaju demistyfikacji nauki, pokazując, że opiera się ona na zastosowaniu szerokiej gamy relatywnie prostych heurystyk i nie odbiega w zasadniczy sposób od innych, pozanaukowych dziedzin rozwiązywania problemów.

Niemniej jednak za najbardziej płodne poznawczo należy uznać sławne sformułowanie Simona, wedle którego rozwiązywanie problemów polega na takim ich ujęciu, by rozwiązanie stało się oczywiste. O związku między rozwiązaniem problemu a zmianą sposobu, w jaki jest on reprezentowany, Simon pisze w sposób następujący:

Od dawna uważa się, że sposób reprezentowania [problemu] czyni różnicę (*representation makes a difference*). Wszyscy wierzymy, że arytmetyka stała się łatwiejsza, od kiedy cyfry arabskie [...] zastąpiły rzymskie, choć zgodnie z moją wiedzą brakuje ujęcia teoretycznego, które by wyjaśniało dlaczego. To, że reprezentacja czyni różnicę, jest oczywiste z innego powodu. Wszelka matematyka w swych konkluzjach wyjawia tylko to, co jest zawarte domyślnie w jej przesłankach [...]. A zatem wszelkie matematyczne wyprowadzanie można pojmować po prostu jako zmianę w reprezentacji, czyniącą ewidentnym to, co wcześniej było prawdziwe, lecz ukryte.

Podejście to można rozszerzyć na inne [przypadki] rozwiązywania problemów; rozwiązać problem oznacza po prostu zaprezentować

go w taki sposób, by rozwiązanie stało się oczywiste (*transparent*). Jeżeli rozwiązywanie problemów mogłoby naprawdę być zorganizowane w ten sposób, to zagadnienie reprezentacji zaiste stałoby się centralne (Simon 1969: 132).

Zatrzymajmy się na chwilę przy przytoczonym przez Simona przykładzie dotyczącym cyfr. Wydaje się, że nie tylko operacje arytmetyczne stały się łatwiejsze, odkąd „przeszliśmy” na system cyfr arabskich. Zastanówmy się: czy posługując się systemem cyfr rzymskich, bylibyśmy w stanie dojść do idei liczb biegnących do nieskończoności lub idei zera? Podobnie: czy pitagorejczycy reprezentujący liczby jako punkty mogli wyobrazić sobie liczby ujemne? Warto pamiętać, że liczbami posługujemy się nie tylko w piśmie, ale również w mowie. Jak pokazują badania psychologiczne nad nabywaniem przez dzieci umiejętności matematycznych, językowy sposób reprezentowania cyfr ma wpływ na szybkość, z jaką uczymy się liczyć oraz przeprowadzać takie podstawowe operacje, jak dodawanie czy odejmowanie (zob.: Fuson 1990; Fuson et al. 1997). System liczebników, którym posługują się Polacy, Francuzi czy Anglicy może wydać się biegłym użytkownikom języka elegancki i oczywisty, ale czy taki jest w istocie? Wystarczy przyjrzeć się wysiłkom dziecka próbującego opanować relatywnie skomplikowane zasady tworzenia nazw liczb dwu- i trzycyfrowych. Dziecko musi zapamiętać nazwy cyfr od 1 do 9, opanować zasady tworzenia nazw liczb od 11 do 19 oraz osobne zasady dla liczb od 20 do 99. Nasz system liczebników obfituje w formy nieregularne. Mówimy trzy-naście, dwa-naście, ale już nie jeden-naście, cztery-naście czy dziewięć-naście. Kiedy dziecko opanuje już liczenie do 19, odkrywa, że w przypadku wyższych liczebników cyfra oznaczająca rząd dziesiątą występuje w nazwie na pierwszym, nie zaś drugim miejscu. Musi również zapamiętać kolejne nieregularne formy. Mówimy dwa-dzieścia, trzy-dzieści, ale już nie cztery-dzieści czy osiem-dzieści. Przy tworzeniu nazw liczb trzycyfrowych dziecko musi opanować kolejne nazwy własne: sto, dwieście, trzysta, pięćset. Czy zatem powinien dziwić fakt, że dzieci, zamiast opanować wszystkie zasady i wyjątki, po prostu uczą się liczenia na pamięć, a matematyka jawi się im jako pozbawiona sensu i oderwana

od rzeczywistości? Warto zastanowić się, jak dużego wysiłku wymaga od dziecka opanowanie podstawowych operacji arytmetycznych przy wykorzystaniu tak nieintuicyjnego systemu liczebników. Okazuje się, że azjatyckie systemy liczebników są na ogół bardziej czytelne: 11 to po prostu dziesięć-jeden, 24 to dwa-dziesięć-cztery. W efekcie azjatyckie dzieci dużo szybciej uczą się liczyć – przeciętny azjatycki czterolatek umie liczyć do 40, a europejski lub amerykański tylko do 15. Jeszcze ciekawszy jest fakt, że dzięki przejrzystemu systemowi liczebników azjatyckie dzieci sprawniej dodają. Weźmy przykład dodawania dwóch liczb dwucyfrowych „w głowie”. Osoba posługująca się nieregularnym system liczebników, wykonując zadanie „dodaj dwadzieścia trzy do trzydziestu czterech” musi zsumować liczby oznaczające rząd dziesiątych ($2 + 3 = 5$) oraz osobno liczby oznaczające rząd jedności ($3 + 4 = 7$), a następnie to scalić („pięćdziesiąt” i „siedem”). Jeżeli sformułujemy to zadanie w języku z regularnym systemem liczebników, to będzie ono brzmieć: „dodaj dwie dziesiątki i trzy do trzech dziesiątek i czwórki”. W drugiej sytuacji nie ma konieczności dekodowania słów na liczby i ponownego kodowania ich za pomocą systemu liczebników. Rozwiązanie jest już częściowo zawarte w samym sformułowaniu problemu – wynosi „pięć dziesiątek i siedem” (por. Gladwell 2009b: 211–213).

Zaproponowane przez Simona ujęcie rozwiązywania problemów jako umiejętnego przekształcania reprezentacji będzie niezwykle istotne w kontekście dalszych rozważań. Jednak musimy pamiętać, że czynienie rozwiązania widocznym nie musi się sprowadzać wyłącznie do manipulacji w abstrakcyjnej przestrzeni problemowej, któremu to aspektowi zespół Simona pracujący nad ASON poświęcał najwięcej uwagi. Rozwiązywanie problemów może mieć również postać manipulacji na zewnętrznych reprezentacjach i zakładać wykorzystanie różnego rodzaju rusztowań poznawczych. W tym kierunku wydawały się podążać wcześniejsze analizy Simona zaprezentowane w *The Sciences of the Artificial* (Simon 1969), jednak nie udało się zaimplementować tego podejścia w komputerowych systemach eksperckich. Simon wraz z innymi twórcami ASON wspomina o roli wizualnych reprezentacji w pracy naukowej (Langley et al. 1987: 321–337). Jak piszą w swojej programowej pracy:

Używamy terminów „obrazowy” oraz „wyobrażeniowy” w odniesieniu do wewnętrznej reprezentacji, gdy informacja w niej zawarta wygląda podobnie i jest zorganizowana na zewnętrznym obrazie czy diagramie w podobny sposób do informacji oraz gdy wnioski, które dadzą się szybko i łatwo wyciągnąć z tej informacji, są podobnego rodzaju do tych, które można w sposób natychmiastowy wyciągnąć na podstawie obrazu lub diagramu (Langley et al. 1987: 327).

Nie zmienia to faktu, że zarówno w przypadku badań nad *problem solving*, jak i wywodzących się z niego prac nad ASON, punkt ciężkości był położony na reprezentacjach wewnętrznych. Dopiero badacze przyjmujący perspektywę usytuowaną podjęli się systematycznej analizy zewnętrznych reprezentacji, w tym różnego rodzaju wizualizacji problemów. W podejściu usytuowanym nie chodzi jednak o całkowite zakwestionowanie roli reprezentacji mentalnych w rozwiązywaniu problemów. Intencją zarówno Kirsha, Hutchinsa, jak i Clarka jest wykorzystanie tradycyjnych modeli i kategorii w ramach nowych teorii uwzględniających współczesne badania. Hutchins wykorzystał w nowatorski sposób fundamentalną dla nauk kognitywnych metaforę komputerową oraz ujęcie poznania i myślenia jako obliczania – ukazał między innymi rolę rozproszonych obliczeń oraz analogowych komputerów. Podobnie Kirsh i Clark sugerują, że powinniśmy skupiać się nie tylko na zewnętrznych albo wewnętrznych reprezentacjach, ale przede wszystkim na ich wzajemnych interakcjach oraz procesie przenoszenia między nimi obciążeń poznawczych.

Przejdźmy do ostatniej, najważniejszej lekcji, jakiej udziela nam nurt *problem solving*. Próby Simona i Newella każą nam zastanowić się, czy w ogóle jest możliwa ogólna teoria rozwiązywania problemów, która byłaby wrażliwa na specyfikę poszczególnych przypadków. Taka teoria musiałaby odpowiedzieć na pytanie, jak duże znaczenie powinniśmy przypisywać wewnętrznym procesom działającym w oparciu o mentalne reprezentacje, a jak dużą rolę w rozwiązywaniu problemów pełni środowisko, wraz ze wszystkimi swoimi bodźcami, afordancjami i czynnikami kulturowo-społecznymi. Inny problem, tym razem natury metodologicznej, dotyczy tego, czy możemy rozwiązywanie problemów badać w warunkach laboratoryjnych. Czy etnografia rzeczywiście dostarcza nam właściwych na-

rzędzi – czy nie skazuje nas na badanie odosobnionych przypadków bez nadziei na stworzenie ogólnej teorii? Należy bowiem pamiętać, że podejście sytuacyjne, choć wykazało braki podejścia klasycznego, nie było w stanie zaoferować spójnej propozycji teoretycznej.

Zatrzymajmy się na chwilę przy problemie roli wewnętrznych i zewnętrznych procesów. Hipoteza Kirsha jest taka, że należy myśleć o procesach poznawczych i wykorzystaniu elementów środowiska w kategoriach optymalizacji działania systemu poznawczego (Kirsh 2009). Jak pamiętamy, gracze w szachy o przeciętnych umiejętnościach nie są w stanie obyć się bez zewnętrznej reprezentacji w postaci planszy i rozmieszczonych na niej figur, jednak już mistrzowie są w stanie swobodnie toczyć bez niej rozgrywkę. Być może wykorzystanie planszy nie tylko im nie pomaga, ale wręcz może ich dodatkowo obciążać poznawczo lub utrudniać wytworzenie adekwatnej przestrzeni problemowej. W kontekście rozproszonego poznania zwróciliśmy uwagę na konieczność zachowania równowagi między redundancją systemu, która ułatwia wychwytywanie błędów i kolektywne uczenie, a kosztami jej utrzymania. Zespoły, których personel jest doświadczony i wzajemnie zgrany, nie muszą najprawdopodobniej inwestować tak dużo czasu i zasobów w redundancję jak zespoły niedoświadczone lub takie, których członkowie nie nauczyli się jeszcze efektywnie współdziałać. Osoby doświadczone w rozwiązywaniu różnego rodzaju łamigłówek nie muszą stosować tak dużo zabiegów metapoznawczych. Podobnie jest w przypadku ekspertów, których doświadczenie pozwala redukować proces planowania do minimum: mogą reagować oni na bieżąco na afordancje i ograniczenia sytuacji. Nie zawsze korzystanie z materialnych, zewnętrznych reprezentacji musi być optymalnym rozwiązaniem. Weźmy następujący problem: kto znajdzie więcej co najmniej trzyliterowych słów w języku angielskim, rekombinując zestaw liter w Scrabble – osoba przestawiająca je za pomocą rąk, osoba poszukująca kombinacji „w głowie” czy ta, która będzie testowała je na głos? Przywoływane badania i przykłady wydają się sugerować, że „myślenie za pomocą rąk” daje znaczącą przewagę poznawczą. Jednak w tym konkretnym przypadku eksperymenty kognitywne (Maglio et al. 1999) pokazują, że efektywniejsze jest poszukiwanie skojarzeń przy pomocy własne-

go głosu i słuchu, które aktywiają wiele korzystnych skojarzeń. Nie mamy tu jednak do czynienia z wewnętrznymi reprezentacjami, ale z głosem wykorzystywanym jako narzędzie poznawcze umożliwiające autostymulację. Musimy pamiętać, że zewnętrzne reprezentacje nie są w żaden sposób uprzywilejowane w ramach prezentowanej tu perspektywy. Usytuowane poznanie każe nam skupić się na interakcjach wewnętrznych i zewnętrznych procesów poznawczych.

Delfiny, namorzyny i rusztowania poznawcze

Warto w tym miejscu przytoczyć interesującą analogię, którą nakreślił Andy Clark. Porównał on sposób funkcjonowania umysłu w świecie do sposobu poruszania się takich zwierząt wodnych, jak delfin czy tuńczyk. Szacuje się, że delfin nie jest wystarczająco silny, by rozpedzić się do prędkości, jakie rzeczywiście osiąga. Dwóch badaczy z MIT zajmujących się dynamiką płynów – Michael i George Triantafyllou – zaproponowało interesującą hipotezę. Wedle niej wybrane gatunki ryb i zwierząt wodnych zawdzięczają swoje zdumiewające możliwości ewolucyjnie wykształconej umiejętności wykorzystywania i wytwarzania dodatkowych źródeł energii kinetycznej w środowisku wodnym. Zwierzęta te wydają się wykorzystywać prądy i zawirowania wodne, by przyspieszać i manewrować. Takie efekty pojawiają się niekiedy samoistnie, jednak zwierzęta te najczęściej same wytwarzają gradienty ciśnień, by później móc je wykorzystać. Dzięki temu są w stanie pływać szybciej, niż pozwalałoby im na to wydolność oraz kształt ich ciała. W przeciwieństwie do delfinów, statki podwodne nie wykorzystują warunków środowiska – traktują je jedynie jako przeszkodę stawiającą opór, zamiast wykorzystać je na swoją korzyść. Przyjrzyjmy się teraz sposobom działania umysłu w świecie. Tradycyjne podejścia do umysłu, inteligencji i poznania były skłonne traktować środowisko jako domenę problemów czekających na rozwiązania, ewentualnie źródło informacji dla abstrakcyjnych, mentalnych obliczeń. Clark sugeruje jednak, że systemy poznawcze rozwijają się w taki sposób, dzięki któremu są w stanie najpełniej wykorzystać swoje środowisko (Clark 1997: 219).

Podobnie jak inni przywoływani tu badacze, Clark zauważa, że zasobem wykorzystywanym przez umysł – jego rusztowaniem – nie musi być wyłącznie jakiś fizyczny czynnik, ale także nasze wytwory kulturowe. Istotną rolę odgrywa tu jedno z najdoskonalszych narzędzi poznawczych (por. Clark 1997: 193–218), czyli język. Clark wskazuje między innymi na to, że język pozwala naszemu gatunkowi przerzucać część obciążeń związanych z pamięcią na zewnętrzne media, wychwytywać i utrzymywać wiedzę o pewnych kluczowych aspektach środowiska, jak również uczyć się i koordynować działania zbiorowe. Wszystko to ilustrują przywołane wcześniej studia, w szczególności analizy Hutchinsa. Clark wskazuje jednak na pewną dodatkową funkcję języka i mowy jako istotnej, dodatkowej pętli kontrolnej naszego systemu poznawczego. Stawia on hipotezę, iż język pozwala nam na modulowanie pracy mózgu, by ten wykorzystywał efektywniej swoje podstawowe zasoby. Z takim procesem mamy do czynienia nie tylko wtedy, gdy słuchamy komend instruktora, czytamy pisemne polecenia, ale również wtedy, gdy powtarzamy procedurę na głos lub tylko „w myślach”. Tego typu powtarzanie sentencji pozwala nam łatwiej monitorować nasze własne czynności i je korygować. Oczywiście eksperci nie muszą tego robić, niemniej jednak jest to istotny element procesu uczenia. Taki sposób wykorzystania mowy wewnętrznej stanowi kolejny przykład działania epistemicznego (por. Clark 1997: 202–203).

Jedną z największych zalet kodowania naszych myśli w języku jest to, iż mogą być one krytykowane, udoskonalane i wykorzystywane przez innych. Clark zwraca jednak uwagę na to, że w naszym wyobrażeniu o procesie artykulacji idei i myśli w języku kryje się pewna pułapka. Zwykliśmy przyjmować, że nasze twierdzenia i słowa wyrażają efekt pewnych poprzedzających je wewnętrznych procesów myślowych. Niejednokrotnie ograniczamy ich rolę do medium – mniej lub bardziej precyzyjnego, niekiedy generującego nieporozumienia – które pozwala nam „wysłowić” końcowy efekt jakiegoś procesu. Zdaniem Clarka, sytuacja może być jednak zupełnie odwrotna – być może tak jak „myślimy za pomocą rąk i oczu”, tak też jesteśmy w stanie „myśleć za pomocą wypowiedzianych i pisanych słów”. Sformułowanie to może wydać się dziwne. Przytoczmy jednak za Clarkiem

kolejną metaforę, tym razem związaną ze światem roślin. Jeżeli zobaczymy wyspę, na której rośnie drzewo, najprawdopodobniej uznamy, że pierwsza była wyspa, a dopiero na jej glebie zakiełkowało ziarno. Lasy namorzynowe stanowią wyjątek od tej reguły. Tego typu formacje roślinne zaczynają powstawać od rozwijającego się w wodzie ziarna, które zakorzenia się na bagiennych mieliznach. Młoda roślina wypuszcza szereg korzeni powietrznych. Te tworzą skomplikowaną sieć połączeń, która staje się pułapką dla unoszących się w wodzie fragmentów gleby, wodorostów i odłamków. Tworzy się mała wysepka, która z czasem się rozrośnie, łącząc się z innymi obszarami gruntu wylaniającymi się z bagna.

Zdaniem Clarka, z podobnym efektem namorzynowym mamy do czynienia w procesie artykulacji idei. Myśli, traktowane jako pierwotne wobec słów, okazują się wielokrotnie wtórnym produktem mowy. Clark przytacza przykład z dziedziny tworzenia poezji. Układając wiersz, nie używamy słów tylko po to, by wyrazić myśli – to raczej właściwości słów (struktura, brzmienie, skojarzenia) określają myśli, które wiersz miał dopiero wyartykułować. Podobnie jest w przypadku tworzenia złożonych tekstów lub argumentów. Spisując nasze pomysły, utrwalamy je w postaci, która otwiera przed nami wiele możliwości „myślenia na papierze”. Możemy ponownie analizować ideę z różnych perspektyw. Możemy zachować pierwotne sformułowanie i konfrontować z nim efekty późniejszych przeróbek i rekonceptualizacji. Możemy przechowywać wszystkie te wersje i łączyć je lub przeciwstawiać innym kompleksom spisanych pomysłów, tworząc coraz bardziej złożone idee. Innymi słowy, możemy w ten sposób robić ze spisnymi myślami to wszystko, czemu nie podołałaby nasza pamięć i wyobraźnia. Co ważniejsze, rzeczywiste właściwości fizycznych tekstów przekształcają przestrzeń możliwych pomysłów i idei (por. Clark 1997: 208)⁶. Czy jednak efekt namorzynowy odnosi się wyłącznie do interakcji umysłu z mową lub językiem pisany? Jak zobaczymy w rozdziale dotyczącym kolektywów

⁶ W analogiczny sposób o roli mediów i ich wpływie na przekaz pisali przedstawiciele innych podejść badawczych. Wśród nich można wymienić Marshalla McLuhana (1975), a także Bruno Latoura (1991, 1992, 1999).

badawczych, najprawdopodobniej wiele pomysłów i idei naukowych rodzi się nie tyle w indywidualnych umysłach czy w ich interakcjach z zewnętrznymi reprezentacjami, ale wyłania się podczas konwersacji i negocjacji laboratoryjnych.

Wróćmy jednak do rekonstrukcji filozofii umysłu Clarka. Stwierdza on, że charakterystyczne dla ludzkich procesów myślowych jest to, że wykazują one dynamikę poznawczą drugiego rzędu (Clark 1997: 208–213). Clark rozumie przez to zbiór istotnych umiejętności, takich jak samokrytyka i ewaluacja własnych działań, które pozwalają nam na identyfikowanie błędów oraz doskonalenie swoich wnioskowań, sądów, planów, wyjaśnień etc. Innymi słowy, jest to zdolność poddania pod refleksję własnych procesów myślowych. Tę z kolei zawdzięczamy umiejętnościom językowym – dopiero artykulacja lub spisanie czynią z naszych myśli obiekt dalszych analiz. To z kolei umożliwia nam efektywniejsze kształtowanie otoczenia oraz wykorzystanie zabiegów metapoznawczych.

Podsumowując przywołane tu obserwacje Clarka, należy stwierdzić, że w jego ujęciu naszą wyjątkową inteligencję zawdzięczamy w ogromnym stopniu różnego rodzaju rusztowaniom poznawczym. Stanowią one funkcjonalne przedłużenia naszego umysłu (na temat koncepcji *extended mind* zob: Clark 1997; 2008; Clark, Chalmers 1998; Wilson, Clark 2009). Clark, podobnie jak wielu innych przedstawicieli podejść usytuowanych, nie neguje rzecz jasna tego, że ludzki mózg jest pod wieloma względami wyjątkowy. Być może jednak różnice te nie są tak radykalne, jak sugerują ci badacze, którzy ludzką inteligencję i twórczość wiążą niemal wyłącznie z zawartością naszych czaszek, a dokładniej z rozwojem wybranych obszarów naszego mózgu. Clark proponuje interesującą hipotezę, która wyjaśnia drastyczną różnicę w poziomie inteligencji człowieka i innych zwierząt. Zdaniem brytyjskiego filozofa, wystarczająca dla pojawienia się tej radykalnej różnicy była zaledwie seria małych neurokognitywnych zmian w ewolucji naszego gatunku, które umożliwiły nam wykorzystywanie lingwistycznych i kulturowych narzędzi. Mógł to być początek gwałtownego procesu rozwoju naszego gatunku; rozwoju operującego się na efekcie pozytywnych sprzężeń zwrotnych między naszymi kompetencjami poznawczymi a wytwarzany-

mi przez nas narzędziami. Proste zmiany pozwoliły nam efektywniej myśleć, a tym samym tworzyć efektywniejsze narzędzia i artefakty kognitywne, które pozwoliły nam myśleć jeszcze efektywniej. Takie podejście jest atrakcyjne z ewolucyjnego punktu widzenia. Oto małe zmiany ewolucyjne lub ich nagromadzenia mogły odpalić proces gwałtownego rozwoju kultury. Chodzi oczywiście o te zmiany, które pozwalały naszym systemom poznawczym na lepsze wykorzystanie elementów otoczenia, jako wspomagających je rusztowań. Weźmy tu za przykład retardację kciuka ludzkiego. Nasz palec przeciwstawny jest krótszy niż u innych naczelnych, co uniemożliwia nam efektywny chwyt siłowy. Prześcigamy za to inne naczelne w dziedzinie wytwarzania i obsługi narzędzi (Baber 2003). Oczywiście są to tylko spekulacje. Weźmy jednak pod uwagę jeszcze jedną różnicę – tę pomiędzy człowiekiem pierwotnym a współczesnym. Clark ponownie przestrzega nas, byśmy nie mylili właściwości „nagiego mózgu” z właściwościami kulturowo zakorzenionego i technologicznie „wspomaganego” umysłu.

Jeżeli nasze osiągnięcia przerastają dokonania naszych przodków, nie bierze się to z tego, że nasze mózgi są w jakiś sposób sprytniejsze od ich. Raczej nasze mózgi stanowią koła zębate większych społecznych i kulturowych maszyn – maszyn, które noszą znamię licznych wcześniejszych poszukiwań i wysiłków, zarówno indywidualnych, jak i zbiorowych. To właśnie ten Lewiatan rozproszonego rozumu wyciska najwięcej korzyści z naszych codziennych zmagania i stanowi zarazem najważniejszy wehikuł, któremu zawdzięczamy nasz wyjątkowy sukces poznawczy (Clark 1997: 192).

Program 4E

Clark nie jest jedynym przedstawicielem podejścia, które każe nam traktować umysł i poznanie jako zakorzenione w środowisku. Jego propozycje, podobnie jak prace innych przywoływanych tu badaczy, wpisują się w perspektywę ucieleśnionego poznania (*embodied cognition*; Gallagher 2005; Pfeifer, Bongard 2007), które stanowi część szerszego programu badawczego nurtu określanego w ra-

mach nauk kognitywnych czasami mianem enaktywizmu (*enactivism*; O'Regan, Noë 2001; Noë 2005). Podejście ucieleśnione zyskało sobie w ostatnich latach szerokie poparcie wśród kognitywistów i filozofów umysłu. Podejście to zostało zapoczątkowane między innymi przez książkę *The Embodied Mind* autorstwa Francisco Vareli, Evana Thompsona i Eleanor Rosch (1991). Perspektywa ucieleśnionego poznania zakłada, że ciało odgrywa nietrywialną rolę w procesie poznania. Określenie „enaktywizm” pochodzi od określenia *enaction* – ono również zostało ukute w *The Embodied Mind*. Wskazuje ono na fakt, iż procesy poznawcze i myślowe są nierozzerwalnie związane z działaniem, czy wręcz zorientowane na działanie, i właśnie w działaniu są realizowane.

Jak już wspomnieliśmy, określenie „enaktywizm” traktuje się niekiedy jako nazwę szerszego nurtu badań realizowanych w neuro-naukach i kognitywistyce. Zakłada on między innymi ucieleśnienie poznania i umysłu. Niektórzy badacze proponują, by enaktywizm traktować nie jako pewną spójną teorię czy koncepcję, lecz jako szeroką ramę organizującą obserwacje i rozstrzygnięcia przedstawicieli tak różnych podejść badawczych, jak analizy z zakresu filozofii i fenomenologii, prace nad sztuczną inteligencją i robotyką, neurobiologia i neurofizjologia czy neuronauka społeczna (*social neuroscience*; Harmon-Jones, Winkielman, red., 2007). W tego typu enaktywny program badawczy wpisują się także omówione wcześniej badania nad rozproszonym i usytuowanym poznaniem. Enaktywizm stwarza płaszczyznę interakcji i wymiany między tymi różnymi dyscyplinami. Tak rozumiany program enaktywizmu można sprowadzić do 3E, czyli trzech fundamentalnych przeświadczeń podzielanych przez przedstawicieli przywoływanych dyscyplin dotyczących procesów poznania oraz umysłu. Perspektywa ta zakłada mianowicie ucieleśnienie umysłu (*embodiment*), zakorzenienie go w środowisku (*embeddedness*) oraz jego rozszerzenie (*extension*). W praktyce jednak kognitywiści coraz częściej mówią nie o programie 3E, lecz o 4E – założenie o enaktywnym charakterze badanych zjawisk jest stawiane na równi z pozostałymi punktami programowymi. Przykładowo międzynarodowa konferencja zorganizowana na Uniwersytecie of Central Florida w 2007 roku nosiła tytuł *Cognition: 4E*. Choć

tego typu założenia dotyczące poznania, działania i umysłu są przyjmowane w wielu obszarach nauk kognitywnych od wielu lat, to program zasadzający się na 4E nie zyskał jeszcze oficjalnej nazwy. Rekonstruowane tu podejścia są nazywane czasami enaktywizmem, innym razem są utożsamiane z szeroko rozumianym ucieleśnionym poznaniem. Niejednokrotnie terminy te są konceptualizowane w odmienny sposób (zob. np.: Wilson 2002; Ziemke 2002; Anderson 2003, 2007). Czasami zamiast terminu „enaktywizm” stosuje się pojęcie szeroko rozumianego usytuowanego poznania. Niech za przykład posłuży książka *The Cambridge Handbook of Situated Cognition* (Robbins, Aydede, red., 2009). W tej antologii, obok prac autorów zajmujących się wykorzystaniem przez ludzi elementów materialnego i kulturowego otoczenia w celach poznawczych, uwaga została poświęcona kwestiom związanym *stricte* z ucieleśnieniem i zakorzenieniem w świecie systemów poznawczych zwierząt. Wszystko to świadczy o tym, że mamy tu do czynienia nie z nauką w gotowej postaci (Latour 1987), którą dałoby się zaprezentować w postaci syntetycznego, podręcznikowego stanowiska, ale raczej z szeregiem powiązanych ze sobą nurtów oferujących komplementarne wyniki badań. Możemy sobie zatem pozwolić, by dla potrzeb analizy wytyczyć dość sztuczne granice. Na gruncie niniejszej pracy określenie „usytuowane poznanie” jest zarezerwowane dla nurtu badań, których paradygmatycznymi przykładami są analizy Lave, Suchman i Kirsha. Szerszą perspektywę, w którą wpisuje się ono wraz z ucieleśnionym poznaniem, roboczo będziemy tu określać właśnie programem 4E. Przejdźmy zatem do kwestii zasadniczej, a mianowicie do wyjaśnienia jego poszczególnych założeń.

***Embodiment* (ucieleśnienie)**

Pierwsze z nich to właśnie założenie o ucieleśnionym charakterze umysłu i procesów poznawczych. Perspektywa ucieleśnionego poznania rzuca wyzwanie zarówno obowiązującemu przez długi czas w filozofii umysłu kartezjańskiemu dualizmowi, jak i ujęciom kognitywistycznym, które traktowały myślenie i poznanie jako funkcje, które można przypisać różnego rodzaju odcieleśnionym systemom

operującym na abstrakcyjnych symbolach. W ramach tego podejścia podkreśla się fakt, że nasze myślenie jest głęboko związane z działaniami naszego ciała: ciało kształtuje umysł i nasz sposób myślenia (por. Gallagher 2005; Pfeifer, Bongard 2007). Jednocześnie wskazuje się tu na szerokie spektrum działań naszego ciała, które są niejednokrotnie efektywniejsze i bardziej zniuansowane niż poznanie ujmowane jako operacje na symbolach. Innymi słowy, ciało nie jest tu sprowadzane do zgrupowania systemów dostarczających mózgowi danych do analizy oraz biernego realizatora poleceń – stanowi ono integralny element systemu poznawczego. Co istotne, nie dotyczy to wyłącznie naszych zmysłów, ale również mięśni, skóry, kości czy narządów wewnętrznych. Według tego podejścia umysł i poznanie muszą być wyjaśniane w kategoriach sprzężenia i wzajemnych interakcji mózgu, ciała i otoczenia, ewentualnie interakcji międzyosobniczych.

Założenie o tym, że umysł musi być w jakiś sposób ucieleśniony, nie oznacza, że musi być on ucieleśniony w organizmie biologicznym. Wielu współczesnych przedstawicieli ucieleśnionego podejścia, aby lepiej zrozumieć poznanie, umysł i inteligencję, skupia się na próbie stworzenia ucieleśnionych inteligencji w postaci różnego rodzaju robotów lub symulacji komputerowych (na przykład sztucznego życia, *artificial life*). Takie podejście badawcze jest określane niekiedy mianem metodologii syntetycznej (Pfeifer, Bongard 2007). Jednak coraz częściej roboty te nie są konstruowane według schematu, w którym obliczenia są przeprowadzane wyłącznie przez procesor. Niejednokrotnie w badaniach nad ucieleśnioną sztuczną inteligencją, zamiast skupiać się na algorytmach sterujących, wykorzystuje się zjawisko morfologicznego obliczania (*morphological computation*, Paul 2004; Pfeifer, Bongard 2007; Clark 2008: 207–217; MacIver 2009). Aby zrozumieć różnice między tymi podejściami, przytoczmy pewien przykład. W laboratoriach Hondy są opracowane kolejne wersje dwunożnego robota o nazwie ASIMO (akronim od *Advanced Step in Innovative MObility*; nazwa ta nawiązuje również od nazwiska sławnego pisarza *science-fiction*, Isaaca Asimova). Maszyna ta jest zdolna do realizowania szeregu sekwencji ruchów, takich jak dyrygowanie orkiestrą. Skupmy się jednak na nieco bardziej przyziemnej kwestii związanej z motoryką, a mianowicie na

chodzeniu. Zastosowane tu podejście jest następujące: system poznawczy ASIMO rozpoznaje przeszkodę, dokonuje matematycznych obliczeń i na ich podstawie wysyła polecenia do poszczególnych punktów zgięć i serwowatorów robota. Innymi słowy, porusza się w wykalkulowany, lecz niezwykle powolny sposób. Czy system motoryczny ASIMO stanowi dobrą reprezentację motoryki ssaków, w tym człowieka? Czy kiedy chodzimy, to nasze mózgi rzeczywiście dokonują skomplikowanych obliczeń? Czy jest to optymalny sposób projektowania motoryki robotów? Rolf Pfeifer i Josh Bongard (2007: 96–100) jako opozycję dla maszyn typu ASIMO prezentują roboty typu *sprawł*. Są to wielonogie maszyny, których nogi działają na zasadzie teleskopów poruszanych przez zmiany ciśnienia. Wykorzystując pneumatyczne właściwości swoich kończyn, roboty typu *sprawł* przemieszcza się po nierównościach terenu bez konieczności wykonywania skomplikowanych obliczeń licznych zgięć kończyn, co musi czynić ASIMO. Analogicznie porusza się zwierzę, które wykorzystuje w tym procesie elastyczność systemu swoich mięśni i ścięgien.

Dla robotów jeszcze większe wyzwanie stanowi bieganie. Problem ten można jednak uprościć, na przykład konstruując stopę robota na zasadzie sprężyny. Dzięki temu robot porusza się w bardziej naturalny, swobodny sposób. Ponownie obniża to poziom niezbędnych obliczeń. W skrajnych przypadkach naukowcy są w stanie skonstruować kroczące roboty, które nie mają żadnego procesora danych cyfrowych. Mowa tu o kroczących maszynach – określanych jako *passive dynamic walkers* (Pfeifer, Bongard 2007: 108; Clark 2008: 3–9) – wykorzystujących efekt pasywnej dynamiki swoich sztucznych ciał. Są to najczęściej dwunożne konstrukcje mechaniczne, pozbawione systemów elektronicznych i napędu, które potrafią samoczynnie utrzymać równowagę i schodzić po równi pochyłej. Dzieje się tak, nawet pomimo braku sterujących systemów – w ruchu utrzymuje je dynamika wytworzona przez interakcję ich konstrukcji z warunkami środowiska, czyli ukształtowaniem terenu oraz siłą grawitacji. Co interesujące, konstrukcję tę można uzupełnić o napęd i systemy elektroniczne, uzyskując w ten sposób bardzo efektywnego, kroczącego robota, który porusza się dużo sprawniej niż sztywne konstrukcje typu ASIMO.

Choć koncepcja morfologicznego obliczania została stworzona w ramach robotyki, to ze zjawiskiem tym mamy do czynienia również wśród zwierząt i ludzi. Otóż podejście ucieleśnione sugeruje, że wiele kluczowych obliczeń związanych z poruszaniem się ludzi wykonuje nie tylko mózg czy ośrodkowy układ nerwowy, lecz również inne elementy ciała, takie jak mięśnie i szkielet. Ich fizyczne właściwości odciążają obliczeniowo nasz system poznawczy. W praktyce nasz mózg podczas chodzenia nie musi wykonywać większości skomplikowanych obliczeń, na które jest skazany procesor ASIMO. Przykładowo, kiedy schodzimy ze stoku lub po schodach, nasz system działa właśnie na zasadzie pasywnej dynamiki – nasze ciało uzyskuje rodzaj dynamiki, która sama steruje jego ruchami. Jednocześnie obliczenia te okazują się najczęściej o wiele prostsze, niż mogłoby się wydawać. Innymi słowy, nasz system motoryczny bardziej przypomina proste konstrukcje, w których mechanizmy wykonują obliczenia, niż wyszukane algorytmy sterujące ASIMO⁷.

Rzecz jasna morfologiczne obliczanie nie dotyczy wyłącznie robotów lub człowieka. Dobrym przykładem ewolucyjnie wykształconego morfologicznego narzędzia „obliczeniowego” są uszy nietoperza oraz oko muchy. Przyjrzyjmy się drugiemu „wynałzkowi” ewolucji. Oko muchy jest zbudowane z setek niezależnych, pojedynczych fotoreceptorów. Mucha wykorzystuje wzrok do obserwacji własnego ruchu, co umożliwia jej stabilizację lotu. Jej system oblicza „przepływ optyczny”, czyli sposób i prędkość, z jaką bodźce pobudzają kolejne fotoreceptory (obiekty przed muchą pozostają prawie

⁷ Z morfologicznym obliczaniem mamy do czynienia nie tylko w przypadku skomplikowanych struktur, takich jak system mięśniowo-szkieletowy człowieka. Również skóra może redukować konieczność dokonywania skomplikowanych obliczeń. Wyobraźmy sobie mechaniczne ramię, które ma unieść szklankę. Zastanówmy się nad złożonością obliczeń, jakie zakłada ta czynność – ramię musi chwycić szklankę z siłą na tyle dużą, aby ta się nie wysunęła, jednak nie za mocno, by jej nie zmiażdżyć. Wyobraźmy sobie teraz to samo ramię, tym razem pokryte sztuczną skórą, która zwiększa tarcie (szklanka nie wysunie się tak łatwo z uścisku), jednocześnie zapewniając elastyczność chwytu. Ta prosta zmiana morfologii robota w drastyczny sposób obniża wymagania obliczeniowe narzucane na system robota przez wydawałoby się prostą czynność podniesienia szklanki.

nieruchome w jej polu wzrokowym, tymczasem obiekty mijane poruszają się z największą prędkością). W dokonywaniu tych obliczeń pomagają przede wszystkim specyficzne, nierównomierne rozmieszczenie fotoreceptorów w oku owada (Pfeifer, Bongard 2007: 129–132; MacIver 2009: 488–490).

Oczywiście ucieleśnienie nie sprowadza się wyłącznie do morfologicznego obliczania. Zjawisko to wybrałam, gdyż w prosty sposób pokazuje, jak ciało uczestniczy w procesach poznawczych. Również wiele innych procesów zakłada interakcje ciało–system nerwowy–środowisko na wielu poziomach. Może się tu jednak zrodzić następująca wątpliwość: czy rzeczywiście ucieleśnione poznanie analizuje te same aspekty poznania, którymi zajmowały się klasyczne nurty kognitywistyki i sztucznej inteligencji, takie jak *problem solving*? Przecież tacy badacze, jak Herbert A. Simon czy Alan Turing byli zainteresowani przede wszystkim procesami poznawczymi wyższego rzędu, takimi jak rozumowanie, rozpoznawanie wzorców czy podejmowanie decyzji. Tymczasem może się wydawać, że ucieleśnione poznanie skupia się na procesach niższego rzędu, takich jak motoryka czy percepcja. Musimy wziąć pod uwagę, że zgodnie z podejściem ucieleśnionym wyższe funkcje poznawcze wyewoluowały z bardziej podstawowych, sensomotorycznych systemów i pozostają z nimi nierozzerwalnie związane. Ujmując to nieco inaczej, wyższe funkcje poznawcze zostały niejako nadbudowane nad starszymi ewolucyjnie systemami. Jest to kolejny przykład opisywanej przez François’a Jacoba prowizoryczności rozwiązań ewolucyjnych. Jedną z teorii neurokognitywistycznych, która prezentuje takie właśnie podejście, jest motoryczne poznanie (*motor cognition*), rozwijane między innymi przez francuskiego badacza Marca Jeanneroda (2006). Pokazuje on między innymi, w jaki sposób, na poziomie neuronalnym, obszary odpowiedzialne za motorykę uczestniczą nie tylko w procesach percepcyjnych, ale również w procesie posługiwania się językiem oraz mową wewnętrzną, jak również w neuronalnych procesach związanych z interakcjami społecznymi (rozumieniem działań i zachowań innych, naśladowaniem ich i komunikowaniem się). Takie podejście ma istotne konsekwencje dla współczesnych badań z zakresu sztucznej inteligencji (Pfeifer, Bongard 2007: 141–176).

Przykładowo, naukowcy i inżynierowie prowadzący prace nad ucieleśnioną sztuczną inteligencją przyjmują, że zanim będziemy w stanie skonstruować sztuczny system o inteligencji porównywalnej z ludzką, najpierw musimy opracować i zrozumieć bardziej podstawowe procesy i systemy poznawcze, jakie wykształciły się u mrówki czy szczura. Nie oznacza to jednak, że badacze ci powtarzają błąd, jaki wytknął klasycznym podejściom Edwin Hutchins. Konstruowane systemy są projektowane już od samego początku jako nie tylko ucieleśnione, ale także społecznie usytuowane (zob. np.: Bonabeau, Dorigo, Theraulaz 1999; Pfeifer, Bongard 2007: 213–243).

***Embeddedness* (zakorzenie)**

Przejdźmy do drugiego punktu 4E. Zakorzeniem organizmów i ich procesów kognitywnych w świecie zajmuje się między innymi interdyscyplinarny dział neuronauk określany mianem neuroetologii (MacIver 2009). Stanowi ona połączenie dwóch dyscyplin: neurologii badającej system nerwowy oraz etologii, która bada, co dzieje się z organizmem, kiedy ten jest w swoim naturalnym środowisku. Przedstawiciele tej dyscypliny zakładają, że sposób działania systemu nerwowego zwierząt można zrozumieć jedynie wtedy, gdy w analizie uwzględnimy szerokie spektrum czynników związanych ze środowiskiem życia danego organizmu. Starają się oni badać system nerwowy zwierząt jako zakorzeniony czy też usytuowany w środowisku. Dlaczego zakorzenie jest ważne? Przykładowo, neuroetolodzy wykazali, że obwody nerwowe zaangażowane w przetwarzanie informacji sensorycznych u różnych zwierząt wykazują diametralnie odmienne właściwości, kiedy zostaną poddane naturalistycznym bodźcom niż wtedy, gdy są poddawane bodźcom nie-naturalnym dla danego gatunku, które są powszechniej stosowane w laboratoriach neurologicznych, jako że są łatwiejsze w manipulowaniu. Jak zatem neuroetologom udaje się badać neurologicznie zwierzę zakorzenione w środowisku (i jak w ogóle udało im się udowodnić powyżej opisaną różnicę)? Czy wychodzą oni z laboratoriów i śledzą zwierzęta w ich naturalnych środowiskach? Neuroetolodzy stosują odmienne podejście. Wybierają gatunek wykazujący

interesujące z teoretycznego punktu widzenia zachowanie, a następnie sprowadzają osobniki do laboratorium. Do dyspozycji mają dwie opcje. Jedna polega na tym, że pracują na zredukowanych preparatach – próbkach komórek lub większych fragmentach systemu nerwowego zwierząt podtrzymywanych przy życiu za pomocą tlenu oraz substancji odżywczych i stabilizowanych za pomocą substancji chemicznych. Drugie podejście jest nazywane rejestrowaniem chronicznym (*chronic recording*). Polega ono na tym, że bierze się cały organizm i podłącza elektrody do populacji neuronów w jego mózgu za pośrednictwem platformy przymocowanej na stałe do jego ciała. Problem z rejestrowaniem chronicznym polega na tym, że należy zreprodukować w laboratorium pewne elementy ekologicznego kontekstu zwierzęcia, tworząc wirtualny świat (MacIver 2009: 482–485), który dla zwierzęcia (a dokładniej dla jego systemu nerwowego) będzie nieodróżnialny od naturalnych warunków. Takie naturalistyczne bodźce składające się na wirtualną rzeczywistość udało się wytworzyć między innymi w przypadku (1) much, (2) szczurów, (3) ryb wytwarzających słabe pole elektryczne w celu poznania otoczenia, takich jak duch brazylijski (łac. *Apterionotus albifrons*; ang. *black ghost knifefish*). Omówmy poszczególne przykłady.

Neuroetolodzy, eksperymentując z systemem nerwowym muchy, umieszczają osobnika na sztywnym, nieruchomym wysięgniku. Owad jest zawieszony wewnątrz obracającego się względem niego walca. Wewnątrz walca znajduje się panorama utworzona z kwadratowych diod, które mogą być podświetlane, tworząc różnego rodzaju wzory. Urządzenie rejestruje nie tylko pobudzenia neuronów owada, ale również moment obrotowy, kiedy próbuje on skrócić w lewo lub w prawo. W odpowiedzi na skręty ciała muchy jest przesuwana panorama wyświetlana po wewnętrznej stronie walca. Mimo że owad pozostaje ciągle w jednym miejscu, jego system sensomotoryczny zachowuje się tak, jakby naprawdę leciał.

Oczywiście muchę, z racji jej relatywnie prostego układu percepcyjnego, można łatwo „oszukać”. Więcej zabiegów wymaga stworzenie wirtualnego świata dla szczura. W takim przypadku zwierzę umieszcza się na szczycie kuli o średnicy 50 centymetrów, zawieszonoj na poduszce powietrznej. Będzie się ona obracała pod szczurem,

kiedy ten będzie chodził, *de facto* pozostając ciągle w jednym miejscu. W tym wypadku zwierzę również jest na sztywnym wysięgniku rejestrującym jego ruchy – sygnał ten jest przetwarzany i w oparciu o niego, na bieżąco zmienia się film projektowany na otoczenie wzrokowe szczura. Ponownie, dzięki sprzęgnięciu wirtualnych bodźców z działaniami zwierzęcia, nie odróżnia ono bodźców naturalnych od naturalistycznych.

Przyjrzyjmy się bliżej trzeciemu przykładowi, który dobrze ukazuje istotę zakorzenienia organizmu i jego systemu nerwowego w otoczeniu. Pozwoli nam on również dostrzec pewne interesujące analogie pomiędzy kognitywnymi badaniami nad ucieleśnieniem i zakorzenieniem u zwierząt a usytuowanym i rozproszonym poznaniem u ludzi. Duch brazylijski to drapieżna ryba słodkowodna polująca w mulistych wodach Amazonki. Osiąga około 50 centymetrów długości. Sposób jej percepcji jest interesującym przykładem teleceptywnego systemu zakładającego aktywną interwencję organizmu w środowisko. Telecepcja to inaczej odbieranie sygnałów sensorycznych na odległość. Do kategorii tej należą takie zmysły, jak słuch, wzrok czy węch. Wszystkie one są jednak pasywne w tym sensie, że nie zakładają interweniowania przez organizm w postrzegane środowisko. W przypadku zmysłu, jakim posługuje się duch amazoński, jest inaczej. Ryba ta postrzega otoczenie, rejestrując zmiany w słabym polu elektrycznym, które sama wokół siebie wytwarza. Pole rozciąga się zaledwie na kilka do kilkunastu centymetrów wokół jej ciała we wszystkich kierunkach. Co ciekawe, pole ma częstotliwość właściwą temu gatunkowi, ale jednocześnie różni się pomiędzy poszczególnymi osobnikami. Kiedy dwie ryby tego gatunku spotykają się w naturalnym środowisku, zmieniają częstotliwość swojego pola za pomocą odpowiednich ośrodków w mózgu – w innym wypadku ich możliwość elektrolokacji zostałaby zakłócona. Aby zbadać to zachowanie w laboratorium, neuroetolodzy opracowali następujący eksperyment. Rybę umieszcza się w zbiorniku z wodą. Unieruchamia się ją mechanicznie lub paraliżuje chemicznie. W wodzie, wzdłuż jej ciała są umieszczone dwa pręty grafitowe, które generują pole, jakie wytworzyłaby ryba tego samego gatunku. Pozwala to

śledzić zmiany w mózgu zwierzęcia i wytwarzanym przez nie polu elektrycznym.

Wykorzystując podobne eksperymenty, neuroetolodzy przebadali również relację kształtu pola oraz motoryki ryby podczas polowania na jej typową ofiarę – pchłą wodną. Odkryli, że wielkość pola elektrycznego jest dostosowana do przestrzeni fizycznej, w której ryba może chwycić swoją ofiarę, wykonując gwałtowny ruch. Podobnie jak pole elektryczne, zasięg szczęk ryby – dzięki wyjątkowej giętkości jej ciała – rozpościera się we wszystkich kierunkach wokół jej ciała. Co więcej, wielkość pola uwzględnia nawet opóźnienia, jakie są związane z zarejestrowaniem bodźca przez system nerwowy ryby i wygenerowaniem motorycznej odpowiedzi. Dlaczego jednak pole elektryczne ryby nie może rozciągać się dalej niż na te kilka centymetrów wokół jej ciała? Okazuje się, że dwukrotne zwiększenie zasięgu pola wymagałoby od ryby ponad dziesięciokrotnie większych nakładów energetycznych. Jednocześnie nie dawałoby jej to większych korzyści, gdyż ofiara zdążyłaby opuścić jej pole percepcji, zanim ryba wyprowadziłaby atak. Mamy tu do czynienia ze świetnym przykładem ewolucyjnie wykształconego wzajemnego dopasowania (*mutual coupling*) niszy ekologicznej zwierzęcia, jego możliwości motorycznych i tempa przetwarzania informacji przez jego system nerwowy. Duch amazoński wykorzystuje swoje środowisko w optymalny pod względem energetycznym sposób (Snyder et al. 2007; MacIver 2009: 492–499).

W tym kontekście warto ponownie przywołać wprowadzoną przez Gibsona kategorię afordancji środowiskowych. Jak widzimy, duch amazoński wykorzystuje swoje otoczenie w sposób, który jest dla nas nie tylko zaskakujący, ale jednocześnie całkowicie niemożliwy do naśladowania. Trudno nam wyobrazić sobie, w jaki sposób „widzi” i działa nietoperz lub owad. Postrzeganie świata przez organizmy oraz oferowane im przez środowisko afordancje są w zasadniczym stopniu wyznaczone przez sposób ich ucieleśnienia. Ten jest z kolei związany z właściwym dla danego gatunku zakorzeniem. W pewnym sensie, różne gatunki zamieszkują oddzielne światy. Ich systemy sensoryczne i motoryczne są wyczulone na określone

aspekty środowiska i umożliwiają im podejmowanie tylko pewnych, wybranych działań⁸.

Extension (rozszerzenie)

O rozszerzeniach umysłu mówiliśmy już w kontekście usytuowanego poznania i wykorzystania wytworów kultury materialnej jako ruszowań poznawczych. Musimy jednak pamiętać, że rozszerzenia nie muszą mieć wcale charakteru kulturowego bądź społecznego. Nie są one również charakterystyczne wyłącznie dla człowieka. Przywołajmy tu eksperymenty nad neuronami bimodalnymi u makaków, dotyczące wykorzystania przez te naczelné prostych narzędzi (Maravita, Iriki 2004; zob. również: Obayashi et al. 2001; Obayashi et al. 2003). Neurony bimodalne kodują zarówno informację cielesnocuciową z określonego regionu ciała, jak i informację wzrokową z przestrzeni przylegającej do tego regionu. Reagują wtedy, gdy bodźce wzrokowe znajdują się w przestrzeni w pobliżu danej części ciała, z której neuron odbiera bodźce czuciowe. Można laboratoryjnie wyznaczyć pewne pole dla danej części ciała, w którym umieszczone bodźce wzrokowe będą pobudzały neurony bimodalne. Co istotne, pole kodowane przez neurony bimodalne zmienia się. Przede wszystkim przemieszcza się wraz z ruchem danej części ciała. Ważniejsze jest jednak, że pole to rozszerza się w trakcie wykorzystania narzędzi. Badania na makakach japońskich pokazały, że kilkuminutowe wykorzystanie narzędzia przez małpę – w tym przypadku chodziło o poruszanie przez nią drągiem – zwiększa pole recepcyjne jej neuronów bimodalnych. Po zaprzestaniu ruchu pole to zmniejsza się, nawet jeśli drąg jest ciągle trzymany. Samo trzymanie drąga nie wystarcza również do rozszerzania pola recepcyjnego – małpa musi aktywnie eksplorować nim przestrzeń. Podobny efekt ma miejsce również w przypadku ludzi (zob. np. Farnè, Iriki, Làdavas 2005). Można

⁸ Idea percepcji uzależnionej od niszy ekologicznej nie jest nowa. Warto w tym kontekście przywołać wprowadzoną przez Jakoba Johanna von Uexküll'a koncepcję *Umwelt*, czyli zestawu cech środowiska, na które dany rodzaj zwierzęcia jest wyczulony (von Uexküll 1957).

zatem powiedzieć, że drąg stanowi tu w pewnym sensie funkcjonalne przedłużenie naszego umysłu i systemów sensorycznych.

By zrozumieć, czym jest rozszerzenie umysłu, nie musimy wcale odwoływać się do eksperymentów neurologicznych. Również codzienne doświadczenia ludzi są tu pouczające. Przytoczmy sławny przykład, który wielokrotnie wykorzystywali filozofowie. Laska jest traktowana przez niewidomego jako przedłużenie jego ciała, a zarazem środek wspomagający jego poznanie. Niewidomy nie czuje laski, lecz za jej pośrednictwem czuje nierówności otoczenia. Przede wszystkim laska nie jest traktowana przez niewidomego jako obiekt jego percepcji – uświadamiany przedmiot pośredniczący ze środowiskiem – lecz raczej jako transparentny i integralny element samego działania. Podobny proces ma miejsce podczas wykorzystania wielu innych narzędzi przez zaawansowanych użytkowników.

Należy jednak zwrócić uwagę na nasze wyjątkowe w porównaniu z innymi zwierzętami umiejętności w dziedzinie wykorzystania narzędzi. Niektóre gatunki rzeczywiście wytwarzają i wykorzystują narzędzia. Dyskusyjne jest, czy należałoby uznać za narzędzie twarde grunt, o który kruk rozłupuje orzech, lub wodę, którą ryby strzelczykowate (*Toxotidae*) tryskają w owady, strącając je do wody i czyniąc łatwym łupem. Nie ulega jednak wątpliwości, że narzędziami posługują się naczelnie oraz niektóre ptaki, na przykład ścierwniki białe (*Neophron percnopterus*) wykorzystujące kamienie, by rozłupywać pokarm. Zakłada to bardziej skomplikowane procesy poznawcze i trudno uznać to za cechę lub umiejętność gatunkową. Takie właściwości gatunkowe to, na przykład, umiejętność roztrzaskiwania przez orłosepy kości o skaliste zbocza, w celu uzyskania dostępu do szpiku kostnego stanowiącego ich podstawowy pokarm. Jeszcze lepszym przykładem jest budowanie przez bobry żeremi. Obserwacje szympanсів w niewoli wykazały, że są one w stanie modyfikować i udoskonalać proste narzędzia służące realizacji konkretnych celów. Przykładowo, potrafią łączyć dwa patyki, wsuwając jeden w drugi, by uzyskać drąg, którym przysuną sobie nagrodę znajdującą się w niedostępnym miejscu. Praktycznie niespotykane wśród zwierząt jest jednak wykorzystanie złożonych narzędzi, kolektywne ich udoskonalanie, transmisja pokoleniowa czy wreszcie wykorzystanie narzę-

dzi w celu budowania narzędzi wyższego rzędu. Są to cechy charakterystyczne dla ludzkiej narzędziowości (zob. Baber 2003).

Enaction (poznanie jako działanie)

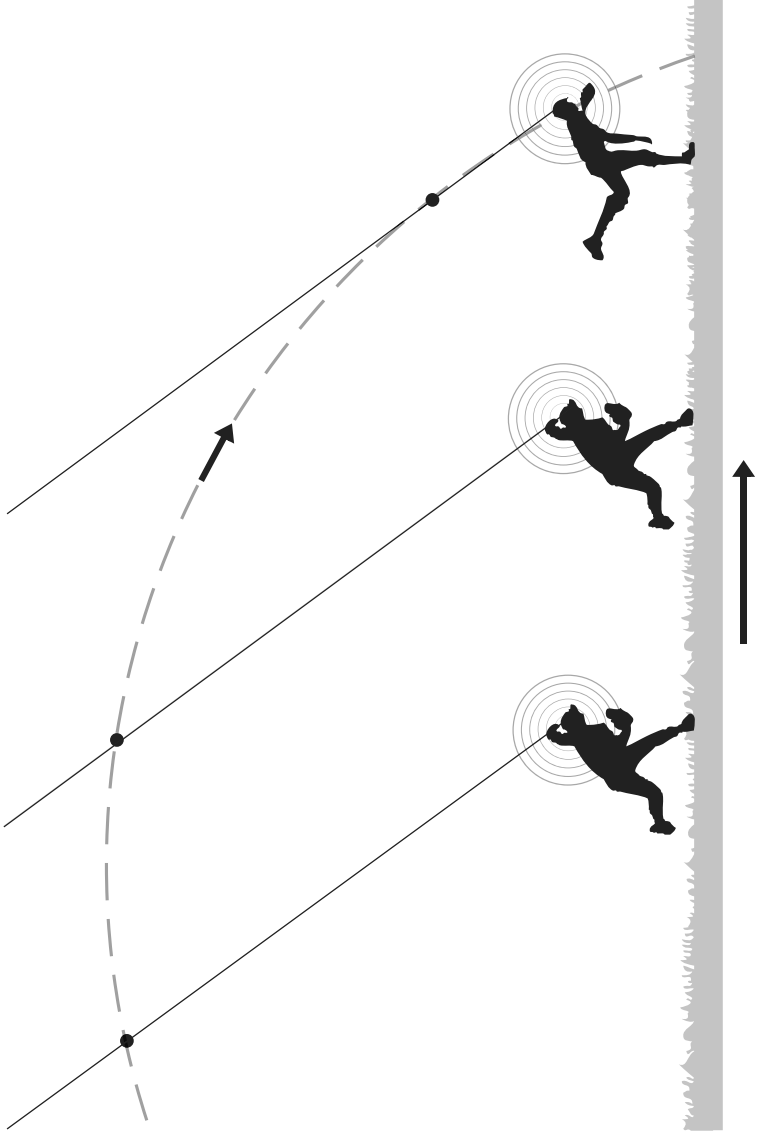
Jak dotąd, z przywoływanych koncepcji i przykładów wyłania się obraz poznania i umysłu jako efektu interakcji trzech elementów: (a) centralnego układu nerwowego, (b) ciała i (c) środowiska. Musimy tu również uwzględnić dynamiczny charakter interakcji tych elementów i ich funkcjonalne sprzęgnięcie. Jak pamiętamy, wiele organizmów, takich jak nietoperze, aktywnie zmienia swoje otoczenie, by móc je poznać. Podobnie jak delfin czy tuńczyk, są one w taki sposób zakorzenione w środowisku, by możliwie najpełniej wykorzystać właściwości swojej niszy ekologicznej, zwiększając tym samym swoje umiejętności sensomotoryczne.

Clark przywołuje interesujący przykład ukazujący enaktywny charakter naszych procesów poznawczych oraz ścisły związek między percepcją a naszymi funkcjami motorycznymi. Podstawową umiejętnością graczy w krykieta i baseball jest umiejętność chwycenia w biegu lecącej piłki. Można sobie wyobrazić następującą procedurę przechwycenia: widzimy piłkę, antycypujemy jej trajektorię i biegniemy do miejsca, w którym będziemy mogli ją złapać. W praktyce jednak wcale nie obliczamy trajektorii lotu i nie wytyczamy punktu przechwycenia. Stosujemy o wiele prostszą procedurę: kiedy piłka jest wysoko, skupiamy na niej swoje spojrzenie i zaczynamy biec; poruszamy się w takim kierunku i z taką prędkością, by kąt między naszym spojrzeniem a ziemią pozostał stały. Dzięki temu złapiemy piłkę, zanim uderzy w boisko – po prostu utrzymując ją w ten sposób w polu widzenia, znajdziemy się we właściwym miejscu i we właściwej chwili, by znalazła się w zasięgu naszych dłoni. Poruszając się w odpowiedni sposób względem piłki, gracz redukuje złożoność problemu poznawczego, jakim jest określenie optymalnego miejsca na trajektorii piłki, w którym należy ją przechwycić. Ten punkt zostanie wytyczony nie na drodze obliczeń matematycznych, lecz ruchu jego ciała koordynowanego przez zmysły (zob. ryc. 5). Analizy filmów wideo prezentujących grę różnych doświadczonych

zawodników dowodzą, że ludzie wykorzystują tę heurystykę w sposób nieświadomy (Clark 1997: 27–29; Gigerenzer 2007: 10–11).

Na rolę analogicznej rutyny w dziedzinie procesów percepcyjnych człowieka zwraca uwagę w swojej teorii ożywionej wizji (*animate vision*) Dana Ballard (1991, 2007; zob. również: Clark 1997: 29–32; Breazeal et al. 2000; Triesch et al. 2003; Rothkopf, Ballard, Hayhoe 2007; Sprague, Ballard, Robinson 2007). Jak przekonuje, rozwiązywanie wielu codziennych problemów związanych z percepcją wzrokową opiera się na wykorzystaniu różnego rodzaju „trików” i procedur o specjalnym przeznaczeniu. Zamiast konceptualizować widzenie jako skomplikowany proces mający na celu wytworzenie złożonej trójwymiarowej reprezentacji otoczenia, która będzie stanowiła dla podmiotu jego przestrzeń problemową, teoria ożywionej wizji ukazuje szybkie i adaptatywne sposoby realizowania różnych czynności, które zasadzają się na prostych procedurach redukujących złożoność problemu. Kluczowy jest fakt, że owe – jak określa je Ballard – „rutyny” zakładają ścisłe splecenie ze sobą percepcji i działania.

Przywołajmy prosty przykład. Okazuje się, że nasz system wzrokowy nie rejestruje i nie zapamiętuje całego pola naszego widzenia, lecz traktuje otoczenie jak swego rodzaju „zewnątrzną pamięć”. Kwestia ta wymaga objaśnienia. Ludzie wyobrażają sobie, że widzą jednocześnie wszystko, co znajduje się w danej chwili w ich polu widzenia. Jest to złudzenie. Ludzkie oko jest skonstruowane w taki sposób, że postrzega wyraźnie jedynie fragment naszego pola widzenia, od 1 do 5 stopni kąta wzrokowego. Odpowiada to mniej więcej polu o średnicy naszego kciuka widzianego z odległości wyciągniętej ręki lub 3% pola ekranu o rozdzielczości 21 cali widzianego z odległości 60 cm (zob. Duchowski 2007: 15). Pozostałe obszary pola widzenia nasze oko postrzega w bardzo niskiej rozdzielczości. Jest to związane z dystrybucją czopków (odpowiedzialnych za widzenie dzienne) i pręcików (odpowiedzialnych za widzenie nocne) w siatkówce oka. Oś optyczna naszego oka (na której znajduje się skupisko większości czopków, które odpowiadają również za wyraźne widzenie) jest nieustannie przesuwana po polu widzenia za pomocą bardzo szybkich, balistycznych ruchów gałek ocznych nazywanych sakadami. Trwają



Ryc. 5. Technika łapania lecącej piłki baseballowej przez zawodnika

Łapacz biegnie w kierunku zgodnym z kierunkiem lotu piłki. Biegając, wpatruje się w piłkę. Jednocześnie zachowuje stały kąt między powierzchnią ziemi a kierunkiem swojego spojrzenia. Utrzymując piłkę w centrum swojego pola widzenia i poruszając się w tym samym kierunku, znajdzie się w pozycji, w której łatwo złapie piłkę – trasa jego ruchu i trajektoria lotu piłki przetną się w momencie, gdy piłka będzie w zasięgu jego ręki.

Komentarz: zawodnik nie wylicza miejsca, gdzie najłatwiej będzie przechwycić piłkę – punkt ten zostaje fizycznie wytyczony w wyniku skoordynowanego przez zmysł wzroku przemieszczania jego ciała względem piłki.

one niezwykle krótko, od 10 do 100 ms. Potem następuje krótka fiksacja i kolejna sakada, która przemieszcza oś optyczną oka na inny fragment pola widzenia. Fiksacje to ruchy gałek ocznych, które stabilizują oś oka na konkretnym obiekcie. Podczas ruchu sakadycznego nasze oko nie rejestruje obrazu. W praktyce nasz system wzrokowy musi tworzyć reprezentacje otoczenia w oparciu o informacje z lokalnych fiksacji. Przypomina pod tym względem zmysł dotyku, który opiera się na aktywnym eksplorowaniu obiektów. Skąd zatem złudzenie jednoczesnego postrzegania całego pola widzenia? Jak już wspomnieliśmy, w praktyce nasz system wzrokowy traktuje otoczenie jako swoją zewnętrzną pamięć – nie wydobywa on informacji o danym obiekcie z naszej pamięci wzrokowej, ale po prostu niepostrzeżenie dla naszej świadomości przemieszcza nasze spojrzenie we właściwe miejsce – w pamięci przechowywane są co najwyżej informacje koordynujące efektywne wykorzystywanie świata jako własnego modelu (Ballard 1991; O'Regan, Noë 2001)⁹.

4E a perspektywa usytuowanego i rozproszonego poznania

Warto w tym miejscu nakreślić analogię między usytuowanym poznaniem a rekonstruowanym tu podejściem 4E. Zaczniemy od założenia o ucieleśnieniu umysłu i poznania. Tak jak wielu współczesnych kognitywistów ukazuje rolę ciała w procesach poznawczych zwierząt, tak też antropologowie kognitywni i inni przedstawiciele

⁹ Istnienie powyższego złudzenia uwidaczniają eksperymenty badające ruchy gałek ocznych podczas czytania. Jeden z nich wykorzystuje technikę, która polega na zamazywaniu lub przesłanianiu tych spośród prezentowanych na ekranie komputera liter, na których skupia się wzrok czytającego, bez ingerencji w resztę tekstu (*foveal mask*). Komputer, śledząc ruchy gałek ocznych badanego, przewiduje obszary skupienia wzroku i zakrywa je. W wyniku tego czytający nie jest w stanie przyswoić sobie tekstu – w praktyce po prostu nie widzi liter. Inne eksperymenty zasadzają się na wprowadzaniu zmian w tekście tuż obok miejsca fiksacji – badani nie dostrzegają zmian. Jeszcze inne podejście zakłada zamazywanie całego ekranu poza miejscem, na które pada punkt skupienia wzroku podczas czytania (*moving window*) – badani nie dostrzegali różnicy i nie miało to również istotnego wpływu na tempo ich czytania (zob. Duchowski 2007: 213–216).

podejścia usytuowanego ukazują nam rozwiązywanie problemów przez ludzi jako proces zakładający ich materialne usytuowanie oraz pracę ich ciał. Podobnie jak zwierzęta (a dokładniej ich ciała) przeprowadzają morfologiczne obliczenia, tak też ludzie dążą do wykorzystania wszelkich nadarżających się okazji umożliwiających redukcję złożoności procesów poznawczych.

W praktyce redukcja złożoności zakłada nie tylko wykorzystanie właściwości naszych ciał, ale również naszego otoczenia. Tym samym przechodzimy do drugiego punktu programu 4E. Poznanie i działanie zwierząt jest zakorzenione, czy wręcz sprzęgnięte, ze środowiskiem. Podobnie jest w przypadku procesów poznawczych u ludzi. W praktyce przerzucamy dużą część „obciążeń poznawczych” na środowisko, ewentualnie uciekamy się do różnego rodzaju działań epistemicznych, przekształcając ramy realizowanych zadań poznawczych. Również zastane, ukształtowane kulturowo elementy naszego otoczenia mogą być postrzegane jako systemy wspomagające procesy poznawcze i rozwiązywanie problemów. Jak sugeruje Clark, nasz mózg niejednokrotnie nie musi opanowywać nowych procedur – wystarcza jedynie, by nauczył się wykorzystywać istniejące już zasoby, które wspomogą jego funkcje. Widać tu również analogię pomiędzy wykorzystywaniem przez ludzi rusztowań poznawczych a rozszerzeniami umysłu. Wszystkie powyższe założenia, zarówno w dziedzinie podejść opartych na 4E, jak i usytuowanego poznania, są ze sobą systemowo powiązane i tworzą pewien komplementarny obraz.

Wreszcie należy odnieść się do enaktywnej natury procesów poznawczych. Zarówno w podejściach ucieleśnionych, jak i usytuowanych centralną rolę odgrywa kategoria działania. Po pierwsze, we wszystkich przypadkach, poznanie jest realizowane w działaniu. Po drugie, poznanie jest zorientowane na działanie i niejednokrotnie służy jego koordynacji. Jak widzieliśmy na wielu przykładach, aktywny charakter poznania jest związany z czynnymi interwencjami organizmów (również ludzi) w środowisko. Jak sugerują przywoływani tu badacze, rozumowanie, percepcja, zapamiętywanie, rozwiązywanie problemów oraz wiele innych czynności poznawczych zaskakująco prostych działań rutynowych,

heurystyk i strategii. Podsumowując, zasadniczym punktem wspólnym omawianych tu teorii i modeli jest to, że traktują one analizowane systemy poznawcze – bez względu na to, czy mowa o nietope-rzu, delfinie czy człowieku – jako układy dążące do optymalizacji działania przez redukcję złożoności obliczeniowej, pełniejsze wykorzystanie warunków otoczenia lub przyspieszenie percepcji i reakcji, obniżenie nakładów (energetycznych etc.).

Związki między naukami kognitywnymi a antropologią nauki

Powyższe rozważania pozwalają nam ujrzeć pewną szerszą perspektywę, w której są osadzone badania nad usytuowanym poznaniem. Wróćmy jednak do zasadniczej kwestii. Należy zastanowić się, jaki związek mają rekonstruowane w pierwszej części badania antropologów, kognitywistów i filozofów z omawianymi tu koncepcjami z zakresu nauk kognitywnych. Warto również zastanowić się, czy opisy procesów poznawczych w ujęciu niektórych antropologów nauki nie nabierają właśnie enaktywnego charakteru. Wydaje się bowiem, że w takim kierunku zmiierzają analizy między innymi Latoura czy Lyncha.

Rekonstruując relacje między usytuowanym poznaniem a antropologią nauki i STS, należy zauważyć, że przedstawiciele tych pól niejednokrotnie przywołują nawzajem swoje prace. Świetny przykład stanowią tu badania Latoura i Hutchinsa. Jak pamiętamy, amerykański antropolog kognitywny przywoływał w swojej pracy zaproponowaną przez francuskiego badacza kategorię „myślenia za pomocą rąk i oczu”. Prace Hutchinsa są również znane Latourowi – nie tylko odwoływał się do nich w późniejszych pracach, ale napisał także recenzję *Cognition in the Wild* (zob. Latour 1995). Kategoria rozproszonego poznania dobrze współgra z wizją poznania naukowego jako zbiorowego przedsięwzięcia, którą można odnaleźć w wielu pracach francuskiego etnografa (Latour 1987, 1988, 2009). Latour zwraca jednak uwagę, że choć autorstwo w nauce jest rzeczywiście rozproszone, to funkcjonują w niej jednocześnie mechanizmy

redystrybucji autorstwa w postaci systemów nagród lub patentów, które przypisują zasługi tylko nielicznym osobom uczestniczącym w przedsięwzięciu badawczym. Obserwacje te antycypował już polski filozof i socjolog nauki Ludwik Fleck. Co istotne, odwołania do jego *Powstania i rozwoju faktu naukowego* można odnaleźć nie tylko u przedstawicieli STS, ale także w pracach Hutchinsa. Fleck skupiał się jednak głównie na społecznym rozproszeniu autorstwa wiedzy w ramach kolektywów myślowych. Tymczasem Latour i Hutchins analizują również technologiczny i materialny aspekt praktyk poznawczych. Podobnie jak *Cognition in the Wild* ukazuje nam, w jaki sposób maszyny i artefakty biorą udział w procesach poznawczych nawigatorów, tak też etnografia laboratorium ukazuje rolę narzędzi i instrumentów w pracy naukowej.

Latour nie jest jedynym przedstawicielem STS, który wykorzystywał narzędzia rozproszonego poznania. Do prac Hutchinsa odwoływali się również tacy badacze publikujący na łamach czasopism z zakresu STS, jak Kathryn Henderson (1991, 1998, 1999), David Gooding (2007), Marc Berg (1997a, 1997b, 1998), Ronald Giere (2002, 2004; zob. również Giere, Moffat 2003) czy Michael Gorman (1997; zob. także Gorman, Mehalik 2002). Również wielu innych badaczy posługuje się w swoich analizach poznania i wiedzy takimi kategoriami, jak ucieleśnienie, usytuowanie czy *enactment*. Warto wspomnieć tu o samej Lucy Suchman, która prowadziła badania zarówno w ramach nauk kognitywnych, jak i STS. Otóż swoją karierę zaczynała od badań prowadzonych w Xerox PARC, natomiast aktualnie pracuje w Centre for Science Studies na Lancaster University. Gruntowna analiza z zakresu historii idei najprawdopodobniej ukazałaby wspólne korzenie prac z zakresu STS i usytuowanego poznania w postaci *activity theory* czy etnometodologii (zob.: Dourish 2001; Kaptelinin, Nardi 2006). W tym kontekście znamienne są losy kategorii usytuowania. Coraz szersze grono kognitywistów jest skłonne traktować termin „usytuowane poznanie” jako ogólną kategorię, pod którą można podciągnąć wiele realizowanych obecnie prac i rozwijanych koncepcji. Zastanawiające jest jednak to, jak wielu spośród nich zdaje sobie sprawę, że kategoria usytuowania została wprowadzona do kognitywistyki przez Suchman, która z kolei zaczerpnęła

ła ją bezpośrednio z etnometodologii Harolda Garfinkela. Ciekawe jest również, ilu badacze społecznych nawiązujących do nurtu usytuowanego poznania zdaje sobie sprawę z tego, jakie koło zatoczyła w tym przypadku historia.

Nie należy jednak sprowadzać relacji między antropologią nauki a rozproszonym i usytuowanym poznaniem do wzajemnych odwołań oraz inspiracji, ewentualnie badaczy funkcjonujących na pograniczu obu dyscyplin. Zainteresowanie antropologów i socjologów nauki konceptualizacjami procesów poznawczych oferowanymi w ramach usytuowanych perspektyw jest nieprzypadkowe, gdyż pozwalają one im wyjaśnić szereg zachowań obserwowanych przez nich badaczy. Począwszy od klasycznych prac i kończąc na najnowszych studiach antropologicznych, przedstawiciele STS opisują, w jaki sposób naukowcy redukują złożoność problemów poznawczych przez wykorzystanie narzędzi oraz elementów otoczenia. Dostarczają nam również wielu przykładów usytuowanego poznania w nauce oraz kolektywnego rozwiązywania problemów. Takie kategorie jak masteringowanie oraz opisywany przez antropologów szereg dynamicznych praktyk poznawczych bardzo dobrze wpisują się w oferowaną przez enaktywizm wizję poznania przez działanie.

Studiując prace Knorr Cetiny, Lyncha lub Latoura, można odnieść wrażenie, że mieli oni problemy ze skonceptualizowaniem pewnych aspektów procesów poznawczych na gruncie socjologicznego i antropologicznego języka. W praktyce musieli budować w wielu momentach język STS niemal od podstaw. Przykładowo, terminologia socjologiczna, którą Latour i Woolgar usiłowali wykorzystać do opisu praktyk zaobserwowanych w laboratorium Guillemina, okazała się nieadekwatna. Odrzucili teorię społecznego konstrukttywizmu i wyjaśniania w kategoriach interesów, zastępując je kategoriami wypracowanymi w oparciu o swoje etnograficzne obserwacje. Najprawdopodobniej właśnie swojej metodologii antropologów zawdzięczają to, że udało im się zaproponować pod wieloma względami nowatorski obraz funkcjonowania nauki. Oczywiście owa innowacyjność wiąże się z dwoma zasadniczymi problemami. Pierwszy jest związany z trudnością w komunikowaniu wyników badawczych – jak mieliśmy szansę się przekonać, wiele ustaleń antropologii nauki jest

kontrintuicyjnych i wykracza poza schematy oferowane przez tradycyjne koncepcje filozoficzne, kognitywistyczne i socjologiczne. Drugi problem ma charakter pojęciowo-teoretyczny: zaskakujące obserwacje okazują się wymagać większego wysiłku teoretycznego. Usiłując skonceptualizować wyniki swoich badań, etnografowie i socjologowie nauki musieli poszukiwać nowych metafor i ram interpretacyjnych. I tu właśnie pomocne okazują się prace antropologów kognitywnych i sytuacyjnie zorientowanych kognitywistów. Przykładowo, kiedy Latour pisze o „myśleniu za pomocą rąk i oczu”, dostarcza nam płodnej metafory, która otwiera nowe możliwości interpretacji. Jednak dopiero propozycje teoretyczne Hutchinsa pozwalają na jej rozwinięcie i doprecyzowanie. O płodności zastosowania ramy konceptualnej oferowanej przez rekonstruowane tu teorie kognitywistyczne do wyników badań antropologów nauki Czytelnik będzie miał szansę przekonać się w trzeciej części pracy.

Co mają ze sobą wspólnego mleczarz, delfin i naukowiec?

Celem niniejszego rozdziału była rekonstrukcja usytuowanych podejść rozwijanych w ramach nauk kognitywnych od ponad dwóch dziesięcioleci. Zadanie to było dość trudne, gdyż nie istnieje jedna dominująca wykładnia tego, co należałoby rozumieć przez usytuowany charakter poznania i działania. Podobnie jest zresztą w przypadku omawianego tu ucieleśnionego poznania, jak również prac badawczych wpisujących się w program 4E. Choć podejścia te są coraz powszechniejsze w naukach kognitywnych, to wciąż istnieją obszary, gdzie jest rozwijane tradycyjne ujęcie poznania i myślenia jako przetwarzania informacji i operacji na symbolach. Jednocześnie sam program 4E nie może być traktowany jako spójne stanowisko. O rekonstruowanych pod koniec rozdziału założeniach można co najwyżej myśleć jak o pewnym trendzie, który ma szansę objąć większość, jeżeli nie wszystkie obszary nauk kognitywnych.

W rozdziale ograniczyłem się do rekonstrukcji paradygmatycznych prac z nurtu usytuowanego poznania. Przedstawiłem wybrane poglądy Clarka, Lave i Suchman, jak również starałem się wskazać

pewną wspólną im perspektywę. Koncepcje te nie tylko wpisują się w szerszy nurt badań określane czasami jako program 4E, ale mają również wiele punktów stykowych z rekonstruowanymi w poprzednich rozdziałach badaniami nad rozproszonym poznaniem. Istnieje także wiele punktów zbieżnych między usytuowanym poznaniem a ustaleniami antropologów i socjologów nauki. To, co łączy przywoływanych kognitywistów, antropologów i filozofów umysłu, to nacisk, jaki kładą na rolę naszego otoczenia, zarówno społecznego, jak i kulturowego, w przebiegu procesów poznawczych, takich jak abstrakcyjne myślenie, rozwiązywanie problemów, wnioskowanie, podejmowanie decyzji czy percepcja.

Oczywiście istnieją różnice pomiędzy poszczególnymi podejściami, chociażby między rozproszonym a usytuowanym poznaniem. Pierwsze z wymienionych skupia się na interakcjach elementów składowych szerszego, ponadjednostkowego systemu. Drugie podejście analizuje sposoby, w jakie jednostka wykorzystuje otoczenie i na bieżąco reaguje na zachodzące w nim zmiany. Oba kładą nacisk na odmienne aspekty działania i poznania. Choć różnice między rozproszonym a usytuowanym poznaniem nie są czysto terminologiczne, to pozostają one względem siebie komplementarne. W praktyce, na potrzeby tej pracy, będę traktował usytuowane poznanie jako pewną ogólniejszą teorię, a propozycję Hutchinsa jako pewną jej odmianę.

Jak pamiętamy, zrekonstruowana w niniejszym rozdziale koncepcja ma posłużyć jako teoretyczne narzędzie przy modelowaniu praktyki naukowej. W związku z tym rodzi się zasadnicze pytanie: co mają wspólnego różne ujęcia usytuowanego poznania z procesami poznawczymi, z którymi mamy do czynienia w nauce? Zostały tu przytoczone głównie przykłady codziennych – wydawałoby się banalnych – praktyk poznawczych. Co ma zatem wspólnego praca mleczarza zliczającego kartony, proces sporządzania sałatki czy dodawanie kokosów przez nieletnich handlarzy z pracą biologa molekularnego, fizyka teoretycznego lub inżyniera lotniczego? Czy przywoływane za Clarkiem metafory rzeczywiście mogą pomóc nam w lepszym zrozumieniu poznania naukowego? Przykładowo, co z perspektywy niniejszej pracy wnosi porównanie ludzkiego systemu poznawczego do delfina, który zamiast traktować środowi-

ska jako przeszkodę, wykorzystuje jego właściwości, by przekroczyć własne ograniczenia?

Jedna z podstawowych lekcji, jakich udzieliła nam antropologia nauki, jest taka, że nie powinniśmy traktować pracy naukowej jako radykalnie odmiennej sfery praktyk lub w jakiś sposób uprzywilejowanej poznawczo. Z kolei lekcja, jaka płynie z koncepcji usytuowanego poznania, jest taka, że niemal w każdej dziedzinie poznania i działania ludzie dążą do wykorzystania dostępnych im zasobów: innych ludzi, ich wiedzy i doświadczenia, elementów kultury – zarówno symbolicznej, jak i materialnej – czy, *last but not least*, poznawczych funkcji języka. Perspektywy antropologii nauki i usytuowanego poznania sugerują, że różne dyscypliny naukowe można postrzegać jako rozwijane i instytucjonalizowane przez dziesięciolecia systemy technik, artefaktów i innych rusztowań, które umożliwiają współczesnym badaczom poznawcze opanowanie i analizowanie określonych pól problemowych. Oczywiście fizyk lub biolog najprawdopodobniej nie będzie uciekać się do heurystyk wypracowanych przez kucharzy, mechaników lub nawigatorów. Nie chodzi również o to, że któreś techniki są w jakiś sposób lepsze lub gorsze. Musimy pamiętać, że każdy rozproszony system poznawczy – bez względu na to, czy mówimy o brokerach finansowych, zespole chirurgów, czy grupie badaczy – rozwija się w specyficznych warunkach i realizuje właściwe sobie cele. Niemniej jednak można nakreślić pewne analogie między różnymi systemami. Nie jest również wykluczone, że istnieją pewne generalne, niezależne od dziedziny heurystyki, do których odwołują się zarówno naukowcy, jak i laicy. Dla przykładu, medium dość powszechnie wykorzystywanym w nauce jest papier. Nie dotyczy to tylko biologii czy fizyki, ale również dyscyplin formalnych. Młodzi adepci matematyki szybko uczą się, że warto przekopiować na jedną kartkę lemat, który generowali przez kilkanaście stronnic, gdyż zwiększa to prawdopodobieństwo wychwycenia wzorca (Kirsh 2009). Podobne funkcje poznawcze mogą pełnić tradycyjne, papierowe media w pozanaukowych praktykach poznawczych (zob.: Kirsh 2001; Brown, Dugid 2003). Z kolei Andy Clark przestrzega nas, byśmy nie mylili procesów rozwiązywania

problemów przez ucieleśniony, społecznie i środowiskowo zakorze-
niony system poznawczy z tym, co dzieje się w mózgu:

Opierając się wyłącznie na tym, że ludzie potrafią uprawiać naukę i posługiwać się logiką, nie powinniśmy wnioskować, iż mózg zawiera zaawansowany silnik logiczny (*full-blown logic engine*), albo tego, że koduje on teorie naukowe w sposób zbliżony do ich standardowego sformułowania w postaci słów i zdań. Zamiast tego, zarówno logika, jak i nauka opierają się w dużej mierze na wykorzystaniu i manipulacji zewnętrznymi mediami. W szczególności dotyczy to [...] możliwości przechowywania, przekazywania i udoskonalania [informacji] oferowanej przez kulturowe instytucje oraz wykorzystanie mowy i słowa pisanego. Zasoby te [...] najlepiej traktować jako obce, lecz komplementarne względem sposobu, w jaki mózg przechowuje [informacje] i dokonuje obliczeń. Mózg nie musi marnować swojego czasu, powielając te właściwości. Raczej musi nauczyć się, jak wchodzić w interakcje z zewnętrznymi mediami, by najlepiej wykorzystać ich specyficzne zalety (Clark 1997: 220).

Wszyscy przywoływani tu przedstawiciele nauk kognitywnych są zgodni co do tego, że wyjaśniając poznanie (także naukowe), nie powinniśmy ograniczyć się do opisu sytuacyjnego. Należy pamiętać, że usytuowane poznanie i rozumowanie to zaledwie część układanki, z którą musimy się uporać, chcąc zrozumieć ludzki umysł i poznanie. Nie chodzi tylko o ukazanie wyłącznie poznawczych funkcji obiektów fizycznych i interakcji społecznych albo pracy neuronów w naszym mózgu. Liczy się przede wszystkim to, co pomiędzy – interakcja zachodząca między zewnętrznymi i wewnętrznymi reprezentacjami, wzajemne relacje między tym, jak bodźcujemy i wspomagamy samych siebie, a tym, jak pracuje nasz mózg. Usytuowane poznanie pokazuje, w jaki sposób, dzięki społecznemu podziałowi pracy i przrzucaniu obciążeń na środowisko, skomplikowane zadania zostają rozbite i uproszczone. Tym samym dostarcza nam trafnej specyfikacji problemów, z którymi musi poradzić sobie nasz „nagi” biologiczny system poznawczy. Tu kończy się moc eksplanacyjna usytuowanego ujęcia – dopiero tu otwiera się przestrzeń dla ewentualnych prób wyjaśnienia poznania w kategoriach zbliżonych do

tradycyjnego ujęcia *problem solving*. Nie oznacza to jednak, że zawsze na końcu naszego rozumowania czai się maszyna obliczeniowa operująca na symbolach, znana nam ze standardowej filozofii umysłu i ujęć symbolicznych. Jak sugeruje podtytuł książki *Being There* Andy'ego Clarka (1997), w koncepcji usytuowanego poznania nie chodzi wcale o wyjaśnianie procesów poznawczych tym, co na zewnątrz – idzie tu raczej o to, by ponownie złożyć w spójną całość mózg, ciało i środowisko. I właśnie to ma wyrażać twierdzenie o usytuowanym charakterze naszego działania i poznania.

CZĘŚĆ III

**Praktyka badawcza jako usytuowane
rozwiązywanie problemów**

W pierwszej części zrekonstruowałem współczesne filozoficzne, społeczne i kognitywne studia nad nauką, bieżące kierunki ich rozwoju i przemiany, którym uległy w ciągu ostatnich dziesięcioleci. Okazało się, że wiele tradycyjnych koncepcji filozoficznych nie było w stanie wyjaśnić, jak naukowcy rozwiązują problemy eksperymentalne, tworzą nowe technologie czy dokonują generalizacji i wypracowują modele teoretyczne. W dużej mierze wynikało to ze zorientowania filozofii nauki na analizę wiedzy teoretycznej przy jednoczesnym pomijaniu faktycznej praktyki badawczej. W świetle socjologii wiedzy, standardowe wyjaśnienia nauki w kategoriach logiki odkrycia można uznać za swego rodzaju mistyfikację podtrzymującą obraz nauki jako dziedziny działań jednostek obdarzonych wyjątkowymi kompetencjami i wiedzą. Nie oznacza to jednak, że społeczne podejścia, którym zawdzięczamy odczarowanie nauki, wyjaśniły, jak powstają nowe teorie i technologie. Jednak to właśnie przedstawiciele nauk społecznych, wychodząc poza swój pierwotny zestaw kategorii, w oparciu o metodologię etnograficzną, zaczęli wskazywać jako źródło niezwykłych sukcesów nauki czynniki materialno-technologiczne. Ustalenia socjologów i antropologów nauki są w wielu punktach zbieżne z koncepcjami rozwijanymi w ramach kognitywnych studiów nad nauką. Gruntem teoretycznym, na którym spotkają się wywodzące się z dyscyplin społecznych i kognitywnych analizy nauki, jest rozproszone poznanie oraz koncepcja usytuowanego poznania. Ich omówieniu została poświęcona druga część pracy. Trzecia część stanowi próbę sformułowania ogólnego modelu rozwiązywania problemów w nauce przy wykorzystaniu kategorii i modeli wspomnianych ujęć z zakresu poznania oraz ustaleń empirycznych przywoływanych studiów nad nauką i technologią.

Usytuowany charakter ludzkiego poznania można rozważać zarówno z perspektywy interakcji międzyludzkich, jak i interakcji ludzi z ich otoczeniem. W rozdziale szóstym postaram się ograniczyć do analizy pierwszego wymiaru usytuowanego poznania w nauce. Skupię się na analizie pracy badawczej w kategoriach kooperacji jednostek w ramach kulturowo ukonstytuowanych wspólnot poznawczych. Będą mnie interesowały między innymi wzorce interakcji oraz procedury podziału pracy poznawczej, organizacja wspólnot

badawczych oraz czynniki kształtujące sposób percepcji, konceptualizacji i rozwiązywania problemów. Innymi słowy, w rozdziale szóstym skupię się niejako na czysto społecznym wymiarze poznania i rozwiązywania problemów naukowych – celowo pominię zagadnienia związane z materialnymi artefaktami, zewnętrznymi reprezentacjami, inskrypcjami i technologiami, gdyż nie chcę przedwcześnie komplikować obrazu. Jest to tym bardziej uzasadnione, iż wiele podstawowych kwestii związanych z pojmowaniem kolektywnego charakteru poznania naukowego domaga się wyjaśnienia. Dopiero zrekonstruowawszy poznawczą rolę interakcji grupowych i kooperacji, będę mógł odnieść się w rozdziałach siódmym i ósmym do materialnych i technologicznych czynników pełniących w nauce funkcje rusztowań poznawczych. Czytelnik winien mieć jednak na uwadze fakt, że pełnią one nie tylko role poznawcze, ale stanowią także medium komunikacji, a zarazem „klej społeczny” spajający wspólnoty badawcze.

Kolektywny wymiar poznania naukowego

Wbrew utrwalonemu za sprawą historii geniuszy wizerunkowi uczonego-intelektualisty, badania w obrębie przyrodoznawstwa od dziesięcioleci mają charakter pracy zbiorowej. Nie dotyczy to wyłącznie okresu po II wojnie światowej, kiedy gwałtownie rozwinęła się wielka nauka. Już u swego zarania przyrodoznawstwo było przedsięwzięciem kolektywnym. Eksperymenty z pompą powietrzną autorstwa Roberta Boyle'a i Roberta Hooke'a w swych zamierzeniach miały być wydarzeniami publicznymi. Uczestniczyli w nich licznie zgromadzeni arystokraci. Ich obecność nie była jednak podyktowana koniecznością grupowego rozwiązywania problemów poznawczych czy technicznych – z tym Boyle i Hooke całkowicie sobie radzili. Udział arystokratów w eksperymencie był konieczny, aby generowana w ten sposób wiedza i sama metoda eksperymentalna mogły zyskać powszechne uznanie. Arystokraci, podpisując się pod protokołem z eksperymentu, użyczyli swego autorytetu grupowo zaobserwowanym zjawiskom, nadając wiedzy naukowej status wiarygodnej i niepodważalnej. Owo zakorzenienie obiektywności wiedzy w autorytecie szlachty, z drugiej zaś strony w procedurach wzorowanych na sądownictwie, było kluczowe dla ukonstytuowania się nauki w warunkach, gdy praktyka powtarzania eksperymentów jeszcze nie miała szansy się rozwinąć (por.: Shapin, Schaffer 1985; Shapin 1993b, 2000).

W rozwoju nowoczesnej nauki jako przedsięwzięcia zbiorowego istotną rolę odegrał również Henry Oldenburg. W przeciwieństwie do Roberta Boyle'a, nie był on pionierem metody eksperymentalnej. Nie był również konstruktorem wczesnych instrumentów, takim jak Robert Hooke. Przypadła mu w udziale funkcja pierwszego sekretarza Royal Society oraz redaktora *Philosophical Transactions of The Royal Society*. Ponadto Oldenburg korespondował z naukowcami z całej Europy. W wyniku jego działań idee mogły sprawniej krążyć

w konstytuującej się dopiero wspólnocie naukowej. Zasługi Oldenburga dla nauki nie ograniczają się wyłącznie do tego, że utrzymywał rozległe kontakty naukowe i pośredniczył między badaczami. Przede wszystkim miał on ogromny wpływ na ukształtowanie się etosu nowoczesnej nauki. Kluczowe były dwa ideowe wynalazki Oldenburga. Jako redaktor angażował się w propagowanie idei, że wszelkie nowe odkrycia nie mogą być traktowane jako własność ich autorów, lecz powinny być rozpropagowywane jak najszerzej i stać się publicznym dobrem wspólnoty naukowej. Dla postępującego zgodnie z tym nakazem naukowca-dżentelmena nagrodą miała stać się rozpoznawalność jego osoby i uznanie ze strony innych szlachetnie urodzonych mężów. Choć nauka od dawna przestała być domeną arystokratów, to wciąż rozpoznawalność i uznanie są kluczowym regulatorem działań w tym polu instytucjonalnym. Wspomniana innowacja kulturowa sprawiła, że proces nadbudowywania naukowych i technologicznych czarnych skrzynek mógł nabrać prędkości. Drugi wynalazek Oldenburga polegał na specyficznym skonfigurowaniu dyskursu badaczy-arystokratów. W wyniku działań Oldenburga jako sekretarza, redaktora i wreszcie korespondenta ujawniły się liczne antagonizmy między badaczami. Oldenburg, zamiast wyciszać ewentualne konflikty między badaczami, dążył do tego, by różnice w poszczególnych stanowiskach były jak najwyraźniej artykułowane i szeroko rozpoznawane. Nie było to kwestią jego ograniczonych kompetencji społecznych. Wręcz przeciwnie, dzięki pełnionym funkcjom Oldenburg nabył umiejętności, które pozwoliłyby mu złagodzić niemal dowolny spór teoretyczny. Jednak Oldenburg starał się oprzeć naukę na rywalizacji. Miała stać się ona grą, której uczestnicy starają się bronić swojego stanowiska i podważyć stanowisko oponenta. Dopóki gra ta toczyłaby się za pośrednictwem listów i artykułów publikowanych na łamach czasopism, można było się spodziewać, że nie przerodzi się w otwartą wrogość. Innymi słowy, naukowcy-arystokraci mieli nie tylko publikować swoje dokonania, ale także poddawać je druzgocącej krytyce, którą mogły przetrwać wyłącznie najsilniejsze tezy i oczywiście najwytrwalsi autorzy (por. Bazerman 1988: 129–130). Ujmując to za pomocą bliższej nam metaforyki, Oldenburg zaprojektował dyskurs nauki jako swego rodzaju grę rynkową,

w której nagrodą za zwycięstwo były nie pieniądze czy władza, lecz właśnie uznanie i rozpoznawalność. Był to mechanizm umożliwiający spożytkowanie energii i znaczących zasobów arystokracji. W ten sposób udało się stworzyć przedziwną mieszaninę kooperacji i konkurencji między naukowcami, czego wynikiem było między innymi to, że mogły zacząć działać opisywane przez Surowieckiego kolektywne mechanizmy mądrości tłumu (2010: 202–204). Z jednej strony naukowcy dążą do tego, by ich prace rozpoznawano. Jednak badacze, nawet jeśli nie chcą dzielić się z nikim zasługami za odkrycia i wynalazki, chcąc osiągnąć sukces w sferze działań naukowych, muszą dzielić się z innymi swoimi wynikami, a często nawet wchodzić z innymi badaczami w różnego rodzaju formy współpracy.

Rozwojowi nauki towarzyszyła postępująca specjalizacja, wzrost złożoności podejmowanych problemów oraz rosnące potrzeby uzyskiwania dostępu do rzadkich zasobów niezbędnych do prowadzenia badań, takich jak skomplikowane instrumenty lub trudne do wytworzenia próbki. W efekcie konieczna stała się praca zespołowa. Problematyka współpracy we współczesnej nauce oraz zagadnienie multi- i interdyscyplinarności doczekały się bogatej literatury (zob. np.: de Sola Price, Beaver 1966; Zuckerman 1967; Gorman et al. 1984; Laughlin 1988, 1991; Thagard 1997; Lee, Bozeman 2005; Derry, Schunn, Gernsbacher, red., 2005; Shrum, Genuth, Chompalov 2007; Olson, Zimmerman, Bos, red., 2008). Badacze społeczni i kognitywni analizowali pod kątem naukowej produktywności i efektywności w rozwiązywaniu problemów zarówno badaczy funkcjonujących w duetach, małe zespoły charakterystyczne dla takich dyscyplin jak biologia molekularna i chemia, a także wielkie zespoły zajmujące się badaniami fizycznymi nad cząstkami elementarnymi. Analizowano zarówno współpracę opartą na relacjach bezpośrednich, jak i zapośredniczoną przez różnego rodzaju media, w tym przez Internet i profesjonalne czasopisma.

Faktem jest, że nauka – a przynajmniej większość jej obszarów – jest „grą zespołową”. Jednak czy owa kolektywność jest instytucjonalnie wymuszona przez zmiany organizacji pracy badawczej, czy może praca w zespole niesie ze sobą pewne korzyści poznawcze, dla których badacze tak chętnie nawiązują strategiczne sojusze w wal-

ce o własną rozpoznawalność? Zanim udzielimy odpowiedzi na to pytanie, warto przyjrzeć się interesującemu przypadkowi współpracy naukowców.

Kooperacja, konkurencja i SARS

W okresie od listopada 2002 do stycznia 2003 roku w chińskiej prowincji Guangdong kilkaset osób zapadło na ciężką chorobę układu oddechowego. Choroba przypominała grype, ale badania laboratoryjne nie potwierdziły u chorych obecności wywołujących ją wirusów. Pięcioro chorych zmarło. W lutym i marcu zarejestrowano szereg doniesień o kolejnych przypadkach. Poinformowana o zagadkowej epidemii Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) podniosła alarm. Uznano, że Zespół Ostrej Niewydolności Oddechowej, czyli SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*), nie jest kolejną odmianą grypy, lecz nową jednostką chorobową. Poza monitorowaniem epidemii i zastosowaniem kwarantanny podjęto próby zidentyfikowania przyczyn choroby oraz opracowania ewentualnej szczepionki. Zainicjowano zakrojone na szeroką skalę badania nad przyczynami SARS.

W połowie marca WHO skontaktowało się z 11 laboratoriami z całego świata z prośbą, by podjęły współpracę. Prace rozpoczęto 17 marca 2003 roku. Organizowano codzienne telekonferencje, podczas których prezentowano wyniki testów i omawiano dalsze kierunki badań. Zdjęcia, analizy i raporty udostępniano na stronie WHO. Wreszcie, laboratoria regularnie wymieniały się próbkami, co umożliwiło wzajemną kontrolę rezultatów. Istotne jest, że specyficzna organizacja poszukiwania wirusa SARS pozwalała laboratoriom prowadzić równoległe niezależnie analizy. Dzięki temu już w pierwszych dniach wyeliminowano szereg potencjalnych przyczyn. Przed 21 marca naukowcy z Hongkongu wyizolowali wirusa, który przypuszczalnie wywoływał SARS. W tym samym czasie amerykańskie CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) niezależnie wyizolowało własnego kandydata – drobnoustrój należący do grupy koronawirusów, czyli wirusów atakujących głównie zwierzęta, u lu-

dzi wywołujących zaś łagodne objawy. W ciągu następnego tygodnia inne laboratoria potwierdziły obecność tego samego koronawirusa w próbkach pobranych od chorych. Zaczęto sekwencjonować genom wirusa. Na początku kwietnia holenderscy badacze stworzyli model zwierzęcy SARS – udało się im zarazić koronawirusem małpy, u których wystąpiły pełne objawy choroby. Badany koronawirus wydawał się spełniać wszystkie postulatory Kocha, co pozwoliło 16 kwietnia uznać go z dużą dozą prawdopodobieństwa za przyczynę SARS. Od momentu rozpoczęcia badań do ich zakończenia minął niespełna miesiąc (Surowiecki 2010: 195–198).

Analizując powyższy przypadek, warto zwrócić uwagę na kilka kwestii. Po pierwsze, trudno ustalić, kto właściwie odkrył przyczynę SARS. Wiemy dokładnie, kto pierwszy wskazał wirusa jako potencjalną przyczynę. Była to Cynthia Goldsmith, która pracowała w oddziale CDC w Atlancie. Jednak na tym etapie zaobserwowany przez nią koronawirus był jedynie kandydatem – musiał spełnić kilka kryteriów Kocha, zanim mógł zostać uznany za prawdopodobną przyczynę SARS. Oznacza to, że musiał zostać wyizolowany z licznych próbek, uczeni musieli wyhodować jego czystą kulturę, należało sprawić, by u zainfekowanych nim zwierząt rozwinął się SARS. Na sukces pracowały wszystkie laboratoria, wzajemnie negocjując i kontrolując swoje badania. WHO ostatecznie stwierdziło, że pracownicy wszystkich 11 laboratoriów „zbiorowo odkryli” przyczynę SARS. Podobnie jak nie było pojedynczego autora, tak też nie było pojedynczego nadzorca, który kontrolowałby całe przedsięwzięcie. WHO nie dysponowało żadną formalną władzą nad laboratoriami, z którymi się skontaktowało. Mogło jedynie zachęcić je do podjęcia działań i pomóc w ich koordynowaniu. Na ogół jednak jednostki biorące udział w badaniu organizowały współpracę oddolnie.

Na powyższym przykładzie widzimy, jak w praktyce działa etos nowożytnej nauki zaprojektowany u jej zarania. Badacze z różnych ośrodków, na ogół rywalizujący ze sobą o uznanie, rozpoznawalność i – *last but not least* – środki, dzięki upublicznianiu swojej wiedzy mogli wspólnie, w krótkim czasie przeszukać ogromną przestrzeń problemową i znaleźć rozwiązanie. Umożliwiła im to między innymi różnorodność podejść i częściowa niezależność poszczególnych ze-

społów. Dzięki temu badacze mogli sprawdzać różne, niekiedy nieoczywiste hipotezy i metody. Oprócz tego istniał efektywny system agregacji cząstkowych wyników i porównywania konkurencyjnych hipotez, które mogły zostać grupowo ocenione. Wreszcie istniała silna motywacja, by szybko rozwiązać problem – w tym przypadku była to nie tylko zachęta w postaci uznania i rozpoznawalności, lecz również poczucie, że uratowało się setki ludzkich istnień. Wspomniane cztery czynniki: różnorodność, niezależność, mechanizm agregacji oraz motywacja, stanowią warunki zaistnienia opisywanego przez Surowieckiego efektu mądrości tłumów. Pracownicy 11 laboratoriów nie przypominają tłumowi szacującego wagę wołu lub liczbę obiektów w słoju. Niemniej jednak przykład ten pokazuje, jak duże znaczenie mają wspomniane czynniki dla efektywnego rozwiązywania problemów również w dziedzinie nauki.

Wyobraźmy sobie hipotetyczną sytuację, kiedy zabrakłoby co najmniej jednego z wymienionych czynników. Załóżmy na moment, że 11 laboratoriów biorących udział w poszukiwaniu przyczyn SARS zatrudniałoby ludzi wykształconych przez te same instytucje, funkcjonujących w tym samym kontekście kulturowym, wreszcie posługujących się tym samym językiem. Czy taka homogeniczna grupa, której członkowie najprawdopodobniej myślą w podobny sposób, mogłaby równie szybko uporać się z problemem przyczyn SARS? Przyjmijmy dla odmiany, że jest zachowana różnorodność, jednak zastosowano odgórny sposób zarządzania badaniami wymuszający eksplorowanie tylko tych hipotez, które osobom zarządzającym wydały się najbardziej obiecujące. Czy w ten sposób można by przecesać duży obszar przestrzeni problemowej? Załóżmy wreszcie, że nasze laboratoria zostały pozbawione wsparcia WHO, nie mogły korzystać ze wspólnej strony internetowej i zrezygnowały z codziennych konferencji. W ten sposób lokalne wyniki nie mogłyby być ze sobą konfrontowane, inne laboratoria nie miałyby szansy dostrzec potencjału w wynikach badań innych jednostek, wreszcie nie mogłyby nastąpić grupowe sprawdzenie hipotezy koronawirusa.

Odkrycie przyczyny SARS może się wydać wydarzeniem bez precedensu w historii nauki. I rzeczywiście, opisany projekt był pod wieloma względami wyjątkowy. Jednak, pomijając tempo badań

i czas, jakiego wymagało odkrycie, przykład ten dobrze reprezentuje zakres współpracy między badaczami we współczesnej nauce. Przykład ten pozwala również zrozumieć przyczyny, dla których badaczom „opłaca się” podejmować kooperację w ich indywidualnej pogoni za rozpoznawalnością i uznaniem. Praca zespołowa, o ile są zachowane warunki brzegowe opisywane przez Surowieckiego, sprawia, że nauka jest wydajniejsza. Jeżeli ową wydajność poznawczą mierzyć liczbą i rozpoznawalnością publikacji, okazuje się, że płodność badacza jest skorelowana z tym, jak często podejmuje on współpracę z kolegami (zob.: de Solla Price, Beaver 1966; Zuckerman 1967). Co więcej, wybitni badacze, nawet w momencie uzyskania najwyższych nagród, w tym nagrody Nobla, wciąż nawiązują współpracę, co może świadczyć o znaczeniu, jakie przypisują pracy zespołowej. Czyżby wybitni naukowcy błędnie rozpoznawali, co leży w ich interesie w ramach gry o rozpoznawalność, jaką jest nauka? Pozostawiam to pytanie otwartym. Zamiast tego proponuję skupić się na najbardziej podstawowej formie współpracy, czyli współpracy między dwoma badaczami.

Interesujące w tym kontekście wydają się rozważania Paula R. Thagarda nad rolą kooperacji w poznaniu naukowym (Thagard 1997: 248–254). W swoich analizach dotyczących współpracy w ramach duetów naukowych Thagard wyróżnia następujące rodzaje relacji: (1) przełożony–pracownik, (2) mistrz–uczeń, (3) współpraca kolegów-badaczy należących do tej samej dziedziny; (4) współpraca kolegów-badaczy należących do różnych dziedzin¹.

W przypadku pierwszego typu relacji mamy oczywiście do czynienia z prostym podziałem pracy, kiedy czasochłonne, aczkolwiek rutynowe czynności zostają przerzucone na podwładnego – to

¹ Ową typologię relacji można uzupełnić o współpracę samodzielnego naukowca z przedstawicielem świata pozanaukowego, który dostarcza badaczowi nie tylko informacji, ale również różnego rodzaju inspiracji, a także zostaje włączony w proces tworzenia konceptualizacji mającej pomóc w zrozumieniu lub usystematyzowaniu uzyskanej wiedzy. Z tego typu formami współpracy – określanymi mianem badań partycypacyjnych – najczęściej można spotkać się w dziedzinie psychologii i nauk społecznych.

przełożony konstruuje eksperyment, interpretuje wyniki i decyduje o formie ich prezentacji.

Drugi typ relacji nie polega już tylko na dzieleniu się pracą – w tym przypadku chodzi nie tylko o tworzenie nowej wiedzy, ale o przekazywanie jej wraz z podstawowymi kompetencjami badawczymi. Jak wielu badaczy wie ze swojego doświadczenia, współpraca z uczniami (ale także prowadzenie wykładów dla studentów) okazuje się niejednokrotnie bardzo inspirująca. Dzieje się tak w szczególności w tych obszarach, gdzie uczniowie są zobowiązani wymogami dyscypliny do prowadzenia badań niezależnych od projektu swojego nauczyciela. Często zdarza się, że pracownicy i uczniowie zostają docenieni za swoją pracę i stają się równoprawnymi współpracownikami swoich dawnych przełożonych i nauczycieli. Wtedy mamy do czynienia z trzecim typem relacji, o której pisze Thagard.

Co zyskuje dwoje badaczy należących do jednej dziedziny, pracując wspólnie? Czy znajduje tu zastosowanie potoczne przekonanie, że co dwie głowy to nie jedna? Przede wszystkim musimy pamiętać, że łatwiej jest dostrzec błędy u innych niż u siebie. Jednak może się zdarzyć, że przy zbyt wysokim wzajemnym zaufaniu współpracowników pojawi się syndrom myślenia grupowego (*groupthink*; Janis 1982). Jest to sytuacja psychologiczna, kiedy aktorzy wzajemnie utwierdzają się w błędnych przekonaniach, co utrudnia poszukiwanie dowodów mogących podważyć przyjęte przekonania lub definicję sytuacji. Należy pamiętać również o tym, że podejmując wzajemną współpracę, badacze muszą część swoich zasobów poświęcić na wzajemne uzgadnianie poglądów, negocjacje wyników oraz koordynację pracy. Jednak, jak sugeruje eksperyment Okady i Simona (1997), współpracujące ze sobą osoby rozwiązują problemy szybciej i przy mniejszej liczbie prób. Dzieje się tak za sprawą tego, że muszą one wzajemnie artykułować swoje przypuszczenia i założenia, negocjować projekty eksperymentów oraz uzyskane wyniki. Możemy przypuszczać, że wynikające ze współpracy korzyści poznawcze są wyższe niż nakłady związane z podtrzymaniem interakcji i wymianą poglądów. W historii współczesnej nauki możemy doszukać się wielu znanych duetów naukowych, które tworzyli badacze należący do tej samej dyscypliny. Możemy tu wymienić chociażby Jamesa Watsona i Franci-

sa Cricka, Allena Newella i Herberta A. Simona czy Jacquesa Monoda i François Jacoba (por.: Okada, Simon 1997: 110; Thagard 1997: 252).

Jeżeli chodzi o czwarty typ relacji wymieniany przez Thagarda, to spotykamy się z nim najczęściej w przypadku interdyscyplinarnych pól badawczych, takich jak nauki kognitywne. To samo dotyczy się większości przywoływanych w niniejszej pracy badań z zakresu kognitywnych studiów nad nauką; w większości stanowią one efekt współpracy lingwistów, psychologów, neurobiologów, specjalistów od sztucznej inteligencji i robotyki czy wreszcie badaczy społecznych. Jakie jednak korzyści poznawcze czerpią badacze, nawiązując tego typu współpracę, która niewątpliwie wymaga zdecydowanie większych nakładów niż wytworzenie i podtrzymanie relacji między przedstawicielami tej samej dyscypliny? Przede wszystkim ten typ relacji pozwala łączyć wcześniej odizolowane obszary teorii i wyniki badań empirycznych, tworząc tym samym nowe, płodne kombinacje. Nie można również zapominać o niezwykle ważnym czynniku, który wydaje się mieć fundamentalne znaczenie dla produktywności pracy zarówno duetu, zespołu, jak i sieci naukowej. Chodzi o mechanizm wzajemnej motywacji. Wzajemne motywowanie się do pracy przez nieustanną kontrolę przemieszana z cichą rywalizacją oraz wzajemne inspirowanie się, które prowadzi badaczy do poczucia, że mają do czynienia z przełomowymi odkryciami i problemami o fundamentalnym znaczeniu, wydaje się szczególnie ważne w przypadku duetów naukowych.

Powyżej przedstawiliśmy znaczenie, jakie dla pracy badawczej ma z jednej strony współpraca między naukowcami reprezentującymi różne konteksty, z drugiej zaś wymiana wyników między badaczami i zespołami walczącymi o swoją rozpoznawalność we wspólnocie naukowej. Jednak ani studium przypadku SARS, ani rozważania nad naukowymi duetami nie pozwalają nam dojrzeć pewnych istotnych aspektów problematyki kooperacji w nauce. Badania antropologów nauki pokazują, że w nauce mamy do czynienia z dużo większym zróżnicowaniem, jeżeli chodzi o formy naukowej współpracy, niż sugerują to przywołane dotychczas studia. Ową różnorodność podkreśla między innymi Karin Knorr Cetina w swojej pracy *Epistemic Cultures*. Autorka pokazuje w interesujący sposób

interakcje badaczy i procesy samoorganizacji wspólnot poznawczych w różnych dziedzinach. Praca ta stanowi efekt kilkuletnich studiów etnograficznych, których przedmiotem były praktyki fizyków wysokich energii w CERN oraz biologów molekularnych zatrudnionych w czołowych europejskich laboratoriach genetycznych. Przede wszystkim praca ta prezentuje szczegółowe rekonstrukcje przebiegu grupowego poznania w dwóch istotnych polach badawczych. Z perspektywy naszej analizy szczególnie interesujące jest studium dotyczące prac eksperymentalnych z zakresu fizyki cząstek elementarnych prowadzonych w CERN (Knorr Cetina 1999: 152–191), gdyż ukazuje ono, w jaki sposób może wyłonić się wspólnota poznawcza, w której podmiot pojmowany jako indywidualny badacz zostaje niemal całkowicie wymazany i zastąpiony przez podmiot kolektywny.

Kolektywny charakter eksperymentów w fizyce wysokich energii

Fizyka wysokich energii, czasami nazywana również fizyką cząstek elementarnych, to dział fizyki poświęcony badaniu podstawowych składników materii i promieniowania oraz interakcji między nimi. O fizyce wysokich energii mówi się dlatego, gdyż wiele spośród cząstek elementarnych nie występuje w normalnych warunkach w przyrodzie, ale może zostać wywołanych i zarejestrowanych podczas zderzeń energetycznych innych cząsteczek, jak ma to miejsce w akceleratorach cząsteczek, stanowiących podstawowe instrumenty tej dyscypliny. Zarejestrowanie tych zderzeń wymaga nie tylko konstruowania aparatów wytwarzających zjawiska, ale także urządzeń kontrolujących warunki brzegowe eksperymentów oraz skomplikowanych detektorów rejestrujących rozpędzane cząsteczki oraz ich zderzenia. Opierając się na wynikach generowanych przez te ogromne urządzenia inskrypcyjne, teoretycy tworzą modele, koncepcje i narzędzia matematyczne służące zrozumieniu wyników aktualnie przeprowadzanych eksperymentów oraz projektowaniu i przewidywaniu wyników przyszłych doświadczeń (por. Galison 1987).

Kluczową kwestią, na jaką należy zwrócić uwagę, analizując przedsięwzięcia badawcze realizowane w fizyce wysokich energii, jest ich ogromna skala, a co za tym idzie – koszt. Współcześnie pojedyncze eksperymenty przeprowadzane w ramach fizyki wysokich energii to ogromne, drogie, długoterminowe przedsięwzięcia angażujące setki badaczy. Przywołajmy tu przykład eksperymentu ATLAS (nazwa pochodzi od *A Toroidal LHC ApparatuS*) realizowanego w CERN w Genewie. ATLAS to jeden z sześciu detektorów cząsteczek rejestrujących zderzenia wytwarzane w Wielkim Zderzaczu Hadronów (*Large Hadron Collider*, LHC) – największym na chwilę obecną akceleratorze cząsteczek². Sam ATLAS ma 44 metry długości, 25 szerokości i waży 7000 ton. Przy jego projektowaniu było zaangażowanych około 2000 naukowców reprezentujących 165 instytucji badawczych z 35 krajów. Współpraca naukowa związana z eksperymentem ATLAS rozpoczęła się w 1992 roku w wyniku połączenia dwóch wcześniejszych inicjatyw naukowych – EAGLE (*Experiment for Accurate Gamma, Lepton and Energy Measurements*) oraz ASCOT (*Apparatus with Super Conducting Toroids*). W 1995 roku kraje członkowskie CERN przyznały projektowi ATLAS finansowanie, a w 2003 roku ruszyły prace konstrukcyjne. ATLAS miał rejestrować możliwie najszersze spektrum sygnałów pojawiających się podczas prób eksperymentalnych. Dzięki temu miał wychwytywać nowe, nieznanе dotąd cząsteczki, jakie mogą pojawić się w wyniku zderzeń w LHC.

Pojawiają się tu dwa ważne pytania. Po pierwsze: jak jest możliwe zarządzanie i koordynacja pracy 2000 badaczy zaangażowanych przy jednym eksperymencie, który trwa kilka lat? Po drugie: jaki mo-

² Budowa LHC została rozpoczęta w listopadzie 1989 roku i trwała 11 lat. LHC jest zlokalizowany w CERN. Leży na terenie Francji oraz Szwajcarii. Jest to największa maszyna świata. Jego najważniejsze części są umieszczone w tunelu o kształcie torusa długości około 27 kilometrów, położonym na głębokości 50–175 metrów pod ziemią. Urządzenie miało według projektu zderzać protony o energii 7 TeV na cząstkę oraz doprowadzać jądra atomowe do poziomu energetycznego 574 TeV. Oprócz aparatu ATLAS, zderzenia eksperymentalne wywoływane przez LHC rejestruje pięć innych detektorów cząstek elementarnych: CMS, ALICE, LHCb, TOTEM, LHCf.

del polityki naukowej umożliwia współpracę ponad stu instytutów badawczych rozsianych po całym globie, których personel reprezentuje wszystkie ważniejsze kultury i języki świata? Są to problemy tym trudniejsze, gdy przypominamy sobie, że w nauce obowiązuje mechanizm wtórnego przypisywania autorstwa – choć fakty mogą stanowić produkt różnych współpracujących ze sobą grup i jednostek, to ostatecznie w większości przypadków autorstwo zostaje przypisane tylko wybranym badaczom. Zatem w jaki sposób przedstawiciele omawianego pola radzą sobie z tym problemem? Przede wszystkim dla badaczy społecznych wielkim zaskoczeniem jest to, że tego typu projekty są w ogóle realizowane i uznawane według standardów naukowych za zwyciężone sukcesami. Jeszcze dziwniejszy dla etnografów obserwujących fizyków w CERN był fakt, że realizowane przez nich eksperymenty przebiegały w sposób niezbiurokratyzowany, bez jakiegś formalnej nadbudowy organizacyjnej, sztywnych reguł. Nie pojawiały się tu również problemy charakterystyczne dla organizacji przemysłowych o porównywalnych rozmiarach. Zanim przejdziemy do dalszej rekonstrukcji ustaleń Knorr Cetiny dotyczących organizacji współczesnej fizyki wysokich energii, warto poświęcić nieco uwagi jej historycznej genezie, a także rozróżnieniu na wielką i małą naukę.

Od cyklotronów do LHC

Oczywiście eksperymenty w fizyce wysokich energii nie zawsze miały skalę eksperymentów realizowanych współcześnie w CERN. Skomplikowane formy współpracy między naukowcami wyłoniły się dopiero w ostatnim dziesięcioleciu ubiegłego wieku. Stanowiło to konsekwencję rozwoju samej aparatury badawczej niezbędnej do badania kolejnych obszarów i zjawisk zdefiniowanych w ramach pola badawczego – nowych cząsteczek lub coraz wyższych poziomów energetycznych. Opracowywano i budowano kolejne generacje detektorów i akceleratorów cząsteczek, które stawały się coraz bardziej złożone i kosztowne, co pociągało za sobą konieczność reorganizacji badań. Po pierwsze, coraz bardziej złożone urządzenia wymagały od badaczy przeprowadzenia coraz większej liczby obliczeń.

Więszych kwalifikacji wymagała kalibracja aparatury i kontrolowanie wyników, a także projektowanie samych eksperymentów i urządzeń. W praktyce oznaczało to angażowanie do poszczególnych eksperymentów coraz większych rzesz ekspertów. Po drugie, budowa coraz bardziej kosztownej aparatury wymuszała współpracę międzynarodową. Dlatego też, ze względów polityczno-ekonomicznych, w projektach badawczych angażowano naukowców reprezentujących kraje współfinansujące przedsięwzięcie. Również wielu naukowców spoza Europy poszukiwało dostępu do najnowocześniejszej aparatury eksperymentalnej, pozwalającej prowadzić im nowatorskie badania. W efekcie doprowadziło to do nawiązania współpracy badaczy z najróżniejszych kręgów kulturowych i językowych. Przyjrzyjmy się bliżej samemu rozwojowi prac nad aparaturą.

Wczesne akceleratory cząsteczek – cyklotrony – zostały opracowane w latach 30. ubiegłego wieku. Opierały się one na pomysłu akceleratora liniowego wynalezionej w 1928 roku przez norweskiego fizyka Rolfa Wideröe. Pierwszy działający cyklotron mający cztery cale średnicy został stworzony przez Edwarda O. Lawrence'a i jego współpracownika, M. S. Livingstona, na początku lat 30. Wcześniejszy prototyp cyklotronu dwucalowej średnicy opracował pod kierunkiem Lawrence'a jego wcześniejszy asystent – N. E. Edelfsen. Choć prace zakończyły się porażką – nie udało się wytworzyć powtarzalnych wyników eksperymentalnych – to wskazały kierunek dla dalszych badań, a sam prototyp stał się podstawą dla dalszych projektów. Stopniowo projekt cyklotronu był udoskonalany, a samo urządzenie powiększane (zob. Baird 2004: 49–58). Maszyna była przebudowywana w celu przyśpieszania cząsteczek do coraz wyższych prędkości. Opracowany w 1932 roku, 11-calowy cyklotron jako pierwszy przyśpieszył cząsteczki do 1 MeV. W 1939 roku zbudowano 60-calowy cyklotron (nazwany *Crocker*).

Zwiększanie rozmiarów cyklotronów i ich wydajności było związane z rosnącym kosztem prac eksperymentalnych. Dwucalowy, nieudany prototyp Edelfsena został zbudowany na bazie małego magnesu, szyb okiennych, skrawków mosiądzu i otuliny woskowej. Tymczasem w kolejnych maszynach wykorzystywano coraz bardziej kosztowne i rzadkie zasoby – wielkie magnesy, szczelniejsze komory próżniowe

i skuteczniejsze systemy chłodzenia. Gdy rosły same cyklotrony i ich cena, rozrastały się również pracujące nad nimi zespoły badawcze.

Zwróćmy uwagę na istotny fakt z zakresu historii nauki. Zarówno badacze nauki, jak i ludzie zajmujący się jej zarządzaniem wielokrotnie stosują rozróżnienia na małą i wielką naukę. Przez małą naukę (*small science*) rozumie się przedsięwzięcia badawcze przypominające podejście tradycyjnej fizyki eksperymentalnej – chodzi tu o indywidualną praktykę badawczą, realizowaną bez zaawansowanej współpracy naukowej, rozbudowanej specjalizacji i podziału pracy, wymagającą niskiego poziomu finansowania pozyskiwanego ze źródeł lokalnych bez konieczności gwarantowania szybkiego zwrotu inwestycji. W ten sposób pracowała większość przedwojennych fizyków – nie tylko potrafili samodzielnie przeprowadzić eksperymenty, w tym własnoręcznie skonstruować niezbędne narzędzia, ale najczęściej osobiście uczestniczyli w swoich badaniach. Z kolei przez wielką naukę (*big science*; zob. Galison, Hevly, red., 1992) rozumie się przedsięwzięcia badawcze realizowane przez zespoły naukowców, techników i inżynierów, których praca jest zorganizowana w sposób zbliżony do przemysłu – mamy tu do czynienia z wysokim poziomem hierarchizacji oraz biurokratyzacją. Badacze pracują na większej i droższej aparaturze, ewentualnie mają dostęp do rzadszych materiałów i próbek, co automatycznie winduje koszt tego typu przedsięwzięć. To z kolei odnosi nas do aktorów finansujących wielką naukę oraz ich oczekiwań szybkiego zwrotu poczynionych inwestycji (por. Pickering 1995: 43).

Dość długo rozwój wielkiej nauki kojarzono z okresem II wojny światowej i Projektem Manhattan. Jednak w rzeczywistości ten sposób organizacji pracy poznawczej zaczął rozwijać się już wcześniej, w okresie przedwojennym, za sprawą coraz ściślejszej współpracy przemysłu i uniwersytetów w USA. Chodzi nie tylko o opisywane wcześniej prace nad cyklotronami, ale także podejmowane w latach 20. próby zapewnienia Kalifornii energii hydroelektrycznej. W obu przedsięwzięciach czynny udział brał Lawrence. To najprawdopodobniej za jego sprawą fizyka cząstek elementarnych zaczęła funkcjonować w trybie wielkiej nauki. Nie chodziło tu wyłącznie o relatywnie duże środki, jakimi dysponował Lawrence, czy zaan-

gażowanie przez niego licznych etatowych naukowców, inżynierów i techników. Duże znaczenie miał również wkład „darmowej siły roboczej”, jaką byli studenci, doktoranci oraz inne osoby, które w wyniku wielkiej depresji nie mogły znaleźć zatrudnienia w sektorze prywatnym – warunki ekonomiczne sprawiły, że stypendia naukowe oraz perspektywa przyszłej kariery badawczej stały się bardziej atrakcyjne ekonomicznie.

Kolejnym istotnym z perspektywy naszych rozważań urządzeniem była komora pęcherzykowa wynaleziona przez Donalda Gläsera w 1952 roku (stworzył on swoje urządzenie, opierając się na koncepcji innej maszyny, jaką była komora mgłowa Charlesa Wilsona). Komora pęcherzykowa stała się podstawowym aparatem eksperymentalnym fizyki cząstek elementarnych w latach 60. i 70. Był to detektor, który pozwalał rejestrować na fotografii ślad przejścia cząsteczki. Podstawowym elementem komory był pojemnik z przegrzaną cieczą utrzymywaną pod wysokim ciśnieniem – kiedy uwalniano ciśnienie, ciecz zaczynała wrzeć i wokół ścieżki cząsteczki wytwarzały się małe pęcherzyki, które można było sfotografować (stąd też wzięła się nazwa urządzenia). Pierwotnie było to tanie i niewielkie urządzenie – jego zasadniczą część stanowiła fiolka o średnicy 2 centymetrów. Urządzenie okazało się jednak zbyt małe, aby można było wykorzystać je w nowatorskich eksperymentach – trudno było umieszczać w nim przeszkody na drodze cząsteczek, a dane rejestrowane przez komorę nie mogły równać się z tymi, które były generowane przez inne detektory znajdujące się wówczas w użyciu. W 1953 roku Gläser upublicznił swoje prace i natychmiast rozpoczął się proces udoskonalania wynalazku. Prace nad komorą kontynuował sam Gläser, zespół badaczy z University of Chicago oraz zespół z Lawrence Berkeley Laboratories pracujący pod kierunkiem Luisa W. Alvarez³. Stopniowo przekształcono komorę pęcherzykową w większe i doskonalsze urządzenia. Gläser, mimo że przeniósł się z obszaru badań nad promieniowaniem kosmicznym do laboratoriów akce-

³ Gläserowi i Alvarezowi przyznano nagrody Nobla z fizyki za ich prace nad komorą pęcherzykową; pierwszy został nagrodzony w 1960, a drugi w 1968 roku.

leratorów, gdzie uprawiano wielką naukę⁴, nie chciał przyłączyć się do – jak sam to określił – „armii ludzi pracujących na wielkich maszynach” (Glaser 1958: 323–324). Uznał, że jest w stanie stworzyć coś nowego i ważnego, nie pracując w „fabryce naukowej”. Wypracowany przez niego sposób organizacji badań stanowił swego rodzaju hybrydę wielkiej i małej nauki⁵. Dlatego pracował nad komorą o większych rozmiarach, wykorzystującą płynny ksenon (badania wymagały wciąż relatywnie niskich nakładów i małego zespołu), co ostatecznie zakończyło się sukcesem. W zupełnie innym kierunku podążył Alvarez, który wraz ze swoim zespołem postanowił wykorzystać płynny wodór. Nie jest on tak gęsty jak ksenon, jednak był wtedy powszechnie wykorzystywany w fizyce eksperymentalnej, co gwarantowało porównywalność wyników. Jednocześnie istniało już duże doświadczenie w obchodzeniu się z tą substancją⁶. Mniejsza gęstość cieczy sprawiała jednak, że zespół z Lawrence Berkeley Laboratories musiał zbudować dużo większą komorę niż Glaser – osią-

⁴ Glaser uznał, że jego urządzenie nie jest w stanie rejestrować naturalnie występujących zjawisk, takich jak promieniowanie kosmiczne, ze względu na niezwykle szybki rozpad cząsteczek, dlatego rozpoczął prace w laboratoriach akceleratorów, gdzie sztucznie wytwarzano cząsteczki o dłuższym czasie rozpadu.

⁵ W okresie prac nad komorą ksenonową jego zespół liczył jednego, zatrudnionego na niepełnym etacie pracownika – Martina Perla, sekretarkę i 4 asystentów (wcześniej miał tylko jednego asystenta). Ich roczne wynagrodzenie wynosiło w sumie 25000 dolarów amerykańskich. Drugie tyle kosztowały materiały, wyposażenie i pomoc techniczna. Finansowanie pochodziło wyłącznie z University of Michigan. Tymczasem zespół Alvareza liczył przynajmniej 7 etatowych pracowników – liczba asystentów, techników i pracowników administracyjnych nie jest dokładnie znana. Należy jednak zwrócić uwagę na to, że organizacja zespołu była na tyle trudna, że jednego ze swoich współpracowników Alvarez wyznaczył do pełnienia roli *chief of staff* – funkcja ta, choć dotąd nieznaną w nauce, miała swoją długą tradycję w organizacjach wojskowych. Warto odnotować także fakt, że poza normalnym finansowaniem z budżetu Lawrence Berkeley Laboratories, projektowi Alvareza Atomic Energy Commission przyznała 2,5 miliona dolarów amerykańskich.

⁶ Inaczej było w przypadku zastosowania ksenonu – Glaser musiał poradzić sobie z szeregiem niespodziewanych problemów, które pojawiły się przy budowie jego komory (na przykład: problemem z nadmierną absorpcją ksenonu przez wykorzystany we wczesnym prototypie teflon, koniecznością dodania do płynnego ksenonu etylenu etc.).

gnęła ona ostatecznie 72 cale (opis prac nad kolejnymi komorami pęcherzykowymi można znaleźć w: Galison 1987: 135–241; Pickering 1995: 38–50).

Jakkolwiek w przeszłości komory pęcherzykowe były bardzo przydatne i przyczyniły się do postępu fizyki cząstek elementarnych, w dzisiejszych eksperymentach, w których pracuje się z cząsteczkami o bardzo wysokich energiach, ich użyteczność jest ograniczona. Biorąc pod uwagę potrzeby współczesnej fizyki, komory pęcherzykowe są za mało precyzyjne, nie pozwalają rejestrować cząsteczek na wysokich poziomach energetycznych oraz o bardzo krótkich okresach rozpadu. Wreszcie, dostarczają one dwuwymiarowych, analogowych reprezentacji. Tymczasem fizyka cząstek opiera się obecnie na cyfrowych reprezentacjach o wysokiej rozdzielczości czasowej, rejestrujących zjawiska w trzech wymiarach.

Kolejnym ważnym krokiem w dziedzinie rozwoju aparatury fizyki wysokich energii było powstanie akceleratorów o kształcie pierścieni, w których wiązki cząsteczek mogły krążyć w przeciwnych kierunkach i być ze sobą zderzane. Zaletą takiego rozwiązania było to, że w sytuacji, gdy dwie wiązki zderzają się czołowo, cząsteczki wchodzą na poziom energetyczny właściwy dla ich interakcji. Inaczej dzieje się, gdy cząsteczka jest zderzana ze stabilną barierą – w takim przypadku większość energii wiązki jest tracona na wprawienie bariery w ruch. Zatem pierścieniowe akceleratory zderzające ze sobą wiązki pozwoliły wprowadzać cząsteczki na coraz to wyższe poziomy energii. Powstanie akceleratorów zderzających cząsteczki wymusiło opracowanie nowych generacji detektorów. Wiązało się to nie tylko z reorganizacją pracy naukowców, ale także z rozwojem całego przemysłu zajmującego się opracowywaniem i budowaniem aparatów dla fizyki wysokich energii, a także tworzeniem stosownych maszyn obliczeniowych oraz programów komputerowych. Prace z zakresu fizyki wysokich energii wymuszały również rozwój w innych obszarach, między innymi w dziedzinie inżynierii materiałowej.

Jednym z ważniejszych akceleratorów lat 70. był ISR (*Intersecting Storage Rings*), który działał w CERN w latach 1971–1984. Był to pierwszy zderzacz hadronów. Pozwolił on zaobserwować szereg nowych cząsteczek subatomowych. Kolejnym akceleratorem, który po-

wstał w CERN, był *Super Proton Synchrotron*. Podobne konstrukcje powstawały również w amerykańskich centrach badawczych, na przykład w Brookhaven National Laboratory oraz Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab) zbudowanym w okolicach Chicago. Jednak koszty eksperymentów stawały się tak duże, że rządy odwołały realizację szeregu projektów. Najgłośniejszym przykładem jest odwołanie w 1993 roku konstrukcji akceleratora o nazwie *Superconducting Super Collider* (SSC), który miał powstać w Teksasie. Pierścień akceleratora miał mieć długość 87,1 kilometra. Planowana maszyna miała pobić osiągnięcia wszystkich innych akceleratorów, w tym LHC, który znajduje się aktualnie w użytku w CERN.

Jak już wspomnieliśmy wcześniej, wraz z rozwojem instrumentów badawczych rozrastały się również same zespoły prowadzące badania. Przykładowo, w kwietniu 1994 roku grupa 450 fizyków reprezentujących 42 różne instytucje badawcze współpracujące w ramach Fermilab zaprezentowała dowody na rzecz istnienia kwarka *t* (*top quark*). Jeżeli chodzi o badania realizowane w CERN, to w momencie zaprzestania finansowania prac nad SSC, w projekt ATLAS było zaangażowanych 100 instytucji i 1000 fizyków. W 1997 roku, w ramach CERN współpracowało już ze sobą 160 instytucji. Projekt ten był 15–20 razy większy od projektu realizowanego w latach 80. o nazwie UA2. Na chwilę obecną w CERN pracuje największy akcelerator – LHC. Na rok 2019 są planowane prace mające na celu przebudowę tego aparatu i stworzenie *Super Large Hadron Collider* (SLHC).

Fizyka wysokich energii jako wspólnota komunitarystyczna

Skoro znamy już genezę praktyki eksperymentalnej w fizyce wysokich energii, możemy przejść do jej bliższej analizy. Pierwsza rzecz, na jaką należy zwrócić uwagę, to fakt, że ta dyscyplina jedynie częściowo wpisuje się w rozróżnienie na małą i wielką naukę. Omawiane pole badawcze pod względem poziomu finansowania, koncentracji rzadkich zasobów oraz skali współpracy między badaczami niewątpliwie stanowi wielką naukę. Przywoływane przedsięwzięcia badawcze należą do najdroższych w historii nauki. Jednak fizyka wy-

sokich energii nie przypomina wymienionych powyżej przykładów wielkiej nauki pod względem sposobu organizacji pracy. Nie jest to „fabryka naukowa” znana z projektów kierowanych przez Lawrence’a. Standardowa wielka nauka była bliższa pod względem sposobu zarządzania organizacjom militarnym lub przemysłowym. Oznaczało to wyraźną hierarchię, silną biurokratyzację, minimalne znaczenie inicjatyw oddolnych oraz przypisywanie sukcesów osobom kierującym przedsięwzięciem. Tymczasem w tym przypadku mamy do czynienia ze strukturami, które Knorr Cetina określa mianem komunitarystycznych. Kolektywizm tych struktur przejawia się między innymi w procesie wymazania jednostki jako podmiotu poznania (Knorr Cetina 1999: 159). Rozwińmy obie kwestie.

Zacznijmy od wyjaśnienia, czym jest komunitaryzm. Jest to dość zróżnicowany nurt współczesnej filozofii polityki, który można traktować jako odpowiedź na skrajnie indywidualistyczne idee liberalizmu, w szczególności związane z zagadnieniem sprawiedliwości społecznej. Najogólniej ujmując, komunitaryzm jako nurt podkreśla wartość idei wspólnotowych w życiu społecznym. W ujęciu komunitarystycznym jednostka nigdy nie jest i nie powinna być traktowana jako odizolowane indywiduum, lecz zawsze jako element szerszej wspólnoty, przez którą jest ukształtowana. Wspólnotą tą może być między innymi rodzina, społeczność lokalna lub grupa sąsiedzka. Idea wspólnotowości ma znaczenie nie tylko dla podejmowania decyzji natury moralnej, ale także przy projektowaniu rozwiązań z zakresu polityki społecznej. Komunitaryzm kładzie nacisk na konieczność zrównoważenia praw jednostek oraz interesu wspólnot jako takich (zob. Szahaj 2000). Jak podkreśla wielu przedstawicieli tego nurtu, a wśród nich Robert Putnam, autor pracy *Samotna gra w kręgle* (Putnam 2008), bez wartości wspólnotowych nie możliwe jest sprawne funkcjonowanie wielu instytucji społecznych oraz ekonomicznych. Dotyczy to między innymi samego ustroju demokratycznego. Dzieje się tak, gdyż takie cechy charakterystyczne dla społeczności kultywujących wartości wspólnotowe, jak wysoki poziom wzajemnego zaufania czy skłonność do wzajemnej pomocy ułatwiają skoordynowanie działań, pozwalając na przedsięwzię-

cia niemożliwe w innych warunkach, a także obniżają koszty transakcji ekonomicznych.

Czy zastosowanie określenia „struktura komunitarystyczna” w odniesieniu do fizyki wysokich energii jest zasadne? W czym przejawia się przywiązanie do wartości wspólnotowych? Już sam sposób organizacji pracy tak dużej struktury społecznej, jaką jest omawiana dyscyplina, jest fascynujący. Oto setki ludzi ukształtowanych w procesie socjalizacji do pracy naukowej w taki sposób, by zabiegać o rozpoznawalność swojego nazwiska, współpracują ze sobą w zakresie, który wydaje się stać w sprzeczności z ich indywidualnym interesem. Skupmy się jednak na konsekwencjach owej kolektywności dla przebiegu procesów poznawczych w fizyce wysokich energii oraz wspomnianym „wymazaniu jednostki jako podmiotu poznania”. Jednym z najbardziej oczywistych przejawów kolektywności w ramach fizyki wysokich energii jest specyficzna praktyka przypisywania autorstwa. W wielu dyscyplinach kolejność wymieniania autorów tekstu jednoznacznie wskazuje na rolę, jaką odegrały poszczególne osoby i charakter ich wkładu. W wielu kręgach do normalnej praktyki należy automatycznie dopisywane do listy autorów wybranych osób (na przykład kierowników laboratoriów). W wielu dziedzinach nie dziwi również nikogo, że pewne osoby są niemal zawsze pomijane (na przykład technicy laboratoryjni). W fizyce wysokich energii jest inaczej – tutaj wśród autorów prac są wymieniani wszyscy, począwszy od zwykłych techników i świeżo upieczonych doktorów, na kierownikach projektów i inspiratorach eksperymentów skończywszy. Biorąc pod uwagę skalę omawianych tu przedsięwzięć, listy autorów pojedynczego tekstu potrafią ciągnąć się przez kilka pierwszych stron artykułu. Co jeszcze ważniejsze, nazwiska autorów są publikowane w kolejności alfabetycznej, co sprawia, że człowiek z zewnątrz po prostu nie jest w stanie stwierdzić na podstawie samego artykułu, kto i w jakim stopniu przyczynił się do sukcesu przedsięwzięcia oraz jaką pełnił funkcję. Jest to komunikat wysyłany przez wspólnotę: godząc się na taką formułę atrybucji zasług, osoby podpisane pod artykułem z zakresu fizyki wysokich energii z jednej strony doceniają wkład każdego uczestnika, a z drugiej strony stwierdzają, że

nawet najtęższy umysł naukowy jest niczym bez wspólnoty, w której funkcjonuje.

Silnie kontrastuje to z opisywaną przez Knorr Cetinę praktyką biologów molekularnych. Jest to nauka skrajnie indywidualistyczna, w której autorzy przywiązują ogromną wagę do kwestii autorstwa. Istnieją tu wyraźne konwencje przypisywania autorstwa, które w jednoznaczny sposób pozwalają określić zakres i rodzaj wkładu badacza w dane przedsięwzięcie. Fakt pojawienia się nazwiska badacza na pierwszej pozycji wśród autorów artykułu oznacza najczęściej, że to on zaprojektował i przeprowadził większość badań. Kolejne miejsce na liście autorów jest zarezerwowane dla ewentualnego asystenta. Trzecie miejsce z kolei niejednokrotnie zajmuje badacz, którego wkład ograniczył się do dostarczenia rzadkiej próbki do badań. W związku z istnieniem tej oraz wielu innych instytucji związanych z autorstwem, młodzi badacze szybko uczą się traktować tego typu kwestie priorytetowo. Przykładowo, już na etapie przygotowywania tematu swojej dysertacji doktorskiej szacują szanse zachowania autorstwa. Jak stwierdza Knorr Cetina, biolodzy nigdy nie spierali się ze sobą tak żywo, jak wtedy, gdy chodziło o autorstwo prac. Oczywiście tego typu skoncentrowanie na indywidualnej karierze i własnym wkładzie w dyscyplinę stanowi świetny system motywacyjny. Jednak z drugiej strony utrudnia to nawiązywanie współpracy i wyzwalanie efektu synergii, z czym mamy do czynienia wśród fizyków wysokich energii.

Konwencje dotyczące autorstwa tekstu nie są jedynym czynnikiem nakłaniającym fizyków wysokich energii do zacieśniania współpracy oraz przełamywania barier kulturowych. Kolektywizm fizyki wysokich energii znajduje swój wyraz w szeregu innych procedur, praktyk i instytucji. Interesujący jest między innymi sposób prezentowania wyników badań na konferencjach – relacjonuje się nie tyle wyniki indywidualnych badań, co bieżące postępy projektu jako pewnej całości. Knorr Cetina opisuje szereg reguł mówiących o delegowaniu uczestników projektu do wygłaszania referatów konferencyjnych. Najczęściej referaty głosili nie kierownicy projektu, ale badacze o niższym statusie. Dodatkowo funkcjonowała zasada przekazywania sobie tej roli. Co więcej, w dyskursie – zarówno w ramach

wspólnoty, jak i na zewnątrz – w ogóle nie odnoszono się do projektu jako przedsięwzięcia kierowanego lub realizowanego przez konkretnego badacza, ale posługiwano się oficjalnymi nazwami eksperymentów, takimi jak ATLAS czy UA2.

Nakreślony tu obraz pracy naukowej odbiega w znaczący sposób od tego, jaki zaprezentował w swoim studium Fleck, rekonstruując prace nad odczynem Wassermanna. Nie mamy tu do czynienia z działaniami wielu jednostek niepozostających ze sobą w interakcji. Kolektywność nie oznacza w tym przypadku, że oto mamy do czynienia z pracą setek anonimowych badaczy, których zbiorowy wysiłek zostanie przypisany pojedynczym naukowcom, jak ma to wielokrotnie miejsce w nauce. Nie mamy tu również do czynienia z prostym podziałem pracy, w ramach którego setki odgórnie zadaniowanych badaczy wykonują standardowe czynności, których efekty zostają złożone w całość przez ich nielicznych, twórczych przełożonych. Fizyka wysokich energii nie funkcjonuje ani jak mrowisko, ani jak „fabryka naukowa”. W praktyce, w tej dziedzinie innowacje, błyskotliwe pomysły oraz rozwiązania problemów rodzą się w różnych obszarach wspólnoty. Istotnego wkładu dokonują nie tylko profesoria, asystenci czy *postdocs*, ale również zwykli technicy. Mamy tu do czynienia ze spłaszczoną strukturą organizacyjną, a członkowie wspólnoty nieustannie przemieszczają się po różnych jej obszarach, komunikują ze sobą, wspólnie rozwiązują problemy i na nowo interpretują uzyskane wyniki.

W tym kontekście należy zastanowić się nad niezwykle istotną kwestią: czy przywołane tu zasady organizujące pracę badawczą stanowią jedynie wyraz kolektywnego podejścia badaczy w omawianej dyscyplinie, czy może jedną z przyczyn tego stanu? Zdaniem niemieckiej antropolog to właśnie powyższe instytucje w istotny sposób utrudniają zachowanie i artykułowanie swojej indywidualności, a tym samym pozwalają nakierować energię badaczy na kwestie *stricte* poznawcze oraz dobro wspólne, jakim jest powodzenie projektu, nie zaś ich indywidualne kariery czy spory o autorstwo. Stwarza to dogodne warunki, w których naukowcy bez obaw angażują się we współpracę (Knorr Cetina 1999: 171).

Przypuszczalnie bez praktyk podtrzymujących wspólnotowość oraz związanych z tym wartości fizyka wysokich energii jako taka nie byłaby w stanie sprawnie funkcjonować – komunitarystyczna formuła pracy badawczej i charakterystyczny dla niej wysoki poziom zaufania połączony z wizją dobra wspólnego obniżają koszty „wymiany” między badaczami, którzy chętniej dzielą się swoimi zasobami i chętniej włączają się we współpracę.

Zarządzanie przez treść

Powyższy opis nie wyjaśnia jednak tego, co stanowi „klej społeczny” tej wspólnoty. Dlaczego, pod nieobecność norm i procedur biurokratycznych, odgórnej kontroli społecznej i biegnących z góry na dół poleceń, fizyka wysokich energii nie ulega dezintegracji? W jaki sposób może dochodzić do samoorganizacji grupy badaczy złożonej z ponad 1000 osób?

Spróbujmy najpierw wyjaśnić tę sytuację, korzystając z narzędzi wprowadzonych przez Ludwika Flecka. Uczestnicy badań z zakresu fizyki wysokich energii posiadają podobny zakres wiedzy, opanowali specjalistyczny język oraz sposób komunikowania wyników, jak również mają podobne wyobrażenia na temat badanego zjawiska oraz zbieżne cele. Możemy zatem stwierdzić, że mają oni pewien wspólny styl myślowy. Tym samym możemy stwierdzić, że tworzą kolektyw w rozumieniu Flecka. Ale podobieństwa między uczestnikami opisywanych eksperymentów nie sprowadzają się tylko do tego. Opanowali oni również pewien podstawowy poziom umiejętności – potrafią przeprowadzać szereg czynności i wykorzystywać różnego rodzaju narzędzia informatyczne i matematyczne. To zaś nie mieści się w ujęciu wiedzy jako czegoś propozycjonalnego. Zatem to, co jest im wspólne, to nie tylko wspólny sposób postrzegania, konceptualizowania czy myślenia (na co zasadniczo zwraca uwagę w swoich pracach Fleck), ale pewien wspólny styl badania. Tworzą oni zatem nie tylko spójny kolektyw myślowy, ale przede wszystkim kolektyw badawczy.

Wspominaliśmy również, że organizacja badań w dziedzinie fizyki wysokich energii nie sprowadza się do mechanicznego podzia-

łu pracy. Znajduje to odzwierciedlenie w zróżnicowaniu sposobów i podejść reprezentowanych przez badaczy. Z uwagi na niezwykle złożoność przedsięwzięcia badawczego naukowcy reprezentują różne specjalności. Co więcej, owe różnice istniejące pomiędzy badaczami mogą okazać się niezwykle korzystne przy rozwiązywaniu różnych problemów. O ile tradycyjna wielka nauka utrudniała wykorzystanie oddolnych innowacji badaczy i wymuszała na nich sztywne realizowanie planu, o tyle wielka nauka w wydaniu fizyki wysokich energii czerpie swój potencjał właśnie z owej różnorodności.

Zastanówmy się jednak, czy wspólny styl myślenia i badania wystarczy, aby opisywana tu wspólnota zachowała spójność. Socjologowie i antropologowie nauki wielokrotnie opisywali sytuacje, kiedy różni badacze, początkowo ze sobą współpracujący lub wywodzący się z podobnych dziedzin, z czasem rozmijali się w swoich ideach i projektach. Jak pokazała w swoim pierwszym studium Knorr Cetina (1981), na poziomie laboratorium badany świat i wyniki eksperymentów są nieustannie negocjowane, a wizje uzgadniane na zasadzie znanych z innych obszarów życia mechanizmów społecznych. Z kolei, jak pokazywali socjologowie z Bath, z filozoficznego i metodologicznego punktu widzenia, nietrudno o pojawienie się rozbieżności również na poziomie relacji między różnymi ośrodkami badawczymi. W takim przypadku odbudowanie społecznie podzielanych wyobrażeń badawczych zakłada najczęściej nie tylko negocjacje, ale także transfer wiedzy milczącej. W przypadku przedsięwzięcia, w które jest zaangażowanych kilkuset badaczy, nietrudno o analogiczną sytuację. Innymi słowy, dla sprawnego przebiegu eksperymentów typu ATLAS lub UA2 trzeba czegoś więcej niż czynników identyfikowanych przez autora *Powstania i rozwoju faktu naukowego*.

Knorr Cetina, usiłując wyjaśnić zaobserwowany przez nią sposób organizacji badań, zwraca uwagę nie tylko na rolę praktyk komunitarystycznych (skoncentrowanych na wspólnocie), ale również na proces zarządzania przez treść.

Ideę zarządzania przez treść można wyrazić w postaci dwóch zasad: jest to zarządzanie, które polega na utrzymaniu bliskości uczestników

do przedmiotu lub treści pracy naukowej; jest to zarządzanie, które tam, gdzie to tylko możliwe, zastępuje struktury oparte na społecznym autorytecie i władzy (*social authority structures*) strukturami zorientowanymi na przedmiot (Knorr Cetina 1999: 171).

Jak stwierdza dalej:

[Pojęcie zarządzania przez treść] odnosi nas do systemu łączącego w sobie troskę i uwagę, rozwijającego się wokół bytów epistemicznych (*epistemic entities*), w którym zarządzanie organizacją odbywa się zasadniczo przez manipulowanie treścią problemów, nie zaś jedynie ludźmi i strukturami [społecznymi]; (Knorr Cetina 1999: 172).

Proces zarządzania skoncentrowanego na przedmiocie w fizyce wysokich energii Knorr Cetina analizuje w dwóch wymiarach: skupia się na miejscach, gdzie podejmowane są decyzje w organizacji, oraz na samych praktykach dyskursywnych badaczy. Zaczniemy od rekonstrukcji pierwszego z wymienionych wymiarów.

Analizowani tu naukowcy są w pierwszym rzędzie nadzorcami, użytkownikami, a niekiedy twórcami zaawansowanych technologicznie maszyn. Do obsługi tych urządzeń jest potrzebna duża wiedza, rzadkie umiejętności i ogromne doświadczenie praktyczne. Wytwarza się tu zatem sytuacja społeczna, kiedy nie można podejmować decyzji dotyczących wykorzystania lub przebudowy urządzeń, nie konsultując się z obsługującymi je naukowcami i technikami⁷. To jest właśnie główna przyczyna „spłaszczenia” struktury organizacji badań w omawianym polu badawczym – jest tu niemożliwe efektywne odgórne zarządzanie projektem bez znajomości bardzo szczegółowych aspektów funkcjonowania maszyn, wokół których jest zorganizowane całe przedsięwzięcie. W takiej sytuacji nie można również wprowadzać odgórnej kontroli społecznej znanej

⁷ Z taką samą sytuacją mamy do czynienia także w wielu innych organizacjach, kiedy pojawiają się obszary niepewności, którymi potrafi zarządzać tylko wąska grupa personelu. Mimo że te osoby mogą oficjalnie nie pełnić istotnych funkcji, to *de facto* jako eksperci posiadający unikalną wiedzę dysponują dużą władzą. Taką sytuację opisali już dwaj teoretycy organizacji, Michel Crozier i Erhardt Friedberg (1982).

z tradycyjnych organizacji przemysłowych i wojskowych. Nie mamy tu punktów decyzyjnych, do których spływają informacje, gdzie są następnie analizowane w celu podjęcia decyzji, co robić dalej. Informacje i decyzje krążą kanałami komunikacyjnymi, których kształt został wymuszony przez fakt wykorzystywania zaawansowanej technologicznie aparatury.

Przejdźmy do drugiego wymiaru zarządzania organizacją przez treść, czyli praktyk dyskursywnych. Jak zaobserwowali etnografowie, fizycy, inżynierowie i technicy nieustannie wchodzili ze sobą w interakcje przebiegające w poprzek istniejących oficjalnych podziałów na grupy i zespoły. Interakcje te były skoncentrowane na przedmiocie badań – wymieniali się informacjami dotyczącymi najnowszych wyników, konsultowali i rozwiązywali wspólnie problemy czy wreszcie dyskursywnie uzgadniali obraz badanego zjawiska i właściwych metod jego analizy. Interakcjom tym sprzyjały zarówno proksemika, jak i szerokie wykorzystanie nowych mediów. Jeżeli chodzi o wpływ czynników przestrzennych na działania badaczy, to uwagę etnografów zwróciło kilka miejsc, gdzie krzyżowały się drogi różnych specjalistów. Poza oficjalnymi, zaplanowanymi spotkaniami podsumowującymi czy dyskusjami plenarnymi, którym poświęcano całe tygodnie, badacze bardzo często wchodzili w interakcje w pokoju zliczania. Było to centrum kalkulacji, do którego spływały wszystkie końcowe wyniki w celu ich kontroli oraz analizy. Obok niezwykle ważnej oficjalnej funkcji, miejsce to pełniło także istotną nieoficjalną rolę – przez to pomieszczenie przechodzili każdego dnia przedstawiciele wszystkich specjalności, dzięki czemu można było udać się tam w celu skonsultowania problemu czy uzyskania specjalistycznych informacji lub zaktualizowania swojej wiedzy o aktualnym stanie prac, będąc pewnym, że spotka się na miejscu kogoś o odpowiednich kompetencjach. Podobną rolę pełniły miejsca publiczne znajdujące się poza terenem samych laboratoriów, a mianowicie trzy kafeterie, gdzie naukowcy mogli spotykać się w swoim gronie, by przedyskutować problemy badawcze. Czy opisana tu sytuacja nie przywodzi na myśl rozproszonego poznania, jakie miało miejsce w opisywanej w czwartym rozdziale praktyce nowojorskich brokerów finansowych? Tu również badacze pełnili względem sie-

bie funkcje zewnętrznej pamięci, wskazywali nowe, niespodziewane kierunki analiz lub podsuwali nieznanne sposoby rozwiązania napotykaných problemów. Można zatem stwierdzić, że z jednej strony badacze wykorzystywali swoje otoczenie społeczne, by efektywniej działać i poznawać, z drugiej zaś strony uczestników eksperymentów można tu potraktować jako składowe wielkiego, rozproszonego systemu poznawczego.

Etnograficzna obserwacja praktyki fizyków wysokich energii ujawniła różne przejawy silnego, emocjonalnego zaangażowania naukowców w badania oraz gotowość ciągłego działania na rzecz dobra wspólnego, przy jednoczesnym rozmyciu granicy między tym, co prywatne i zawodowe. Szczególną rolę odegrał Internet. Chodzi tu między innymi o setki wirtualnych interakcji między badaczami, jakie odbywały się w CERN każdego dnia (było to podyktowane między innymi faktem, że wielu badaczy posiadających niezastąpione doświadczenie często przebywało w innych obszarach globu). Przykładowo, jeden z badaczy miał zamontowany terminal w swojej domowej sypialni, aby móc odpowiadać na pytania kolegów z całego świata. Niezwykle ważne było tu usytuowanie liderów badań – jak można się spodziewać, nie byli umiejscowieni gdzieś na szczycie organizacji lub w centrach kalkulacji, lecz brali czynny udział w opisywanych tu ciągłych, płynnych interakcjach i procesach dyskursywnych.

W tym miejscu warto raz jeszcze przyjrzeć się koncepcji stylu i kolektywu myślowego w świetle badań Knorr Cetiny. Polski filozof pokazywał nam, że granice poznania wyznacza przyjmowany przez badaczy styl myślowy, a każda innowacja w dziedzinie wiedzy, metodologii lub technologii zakłada jego przebudowę. Wskazywał na szereg mechanizmów poznawczych, które sprawiają, że style zachowują swoją trwałość – stanowią zastaną rzeczywistość, w którą badacz wchodzi i przyjmuje jako oczywistą wraz z momentem socjalizacji. Tymczasem studium eksperymentów w fizyce wysokich energii pokazuje, w jaki sposób naukowcy muszą w kolejnych interakcjach nieustannie podtrzymywać i reprodukować swój styl myślowy, uzgadniając swoje poglądy i wyobrażenia na temat przedmiotu badań oraz właściwych metod jego analizy.

Spodziewaj się niespodziewanego! – o roli anomalii w eksperymentach biologicznych

Jak twierdzi Knorr Cetina, w fizyce wysokich energii dochodzi do „wymazania” indywidualnego podmiotu. Jednocześnie podkreśla, że w zupełnie innych warunkach przebiega praca badawcza biologów molekularnych. Czy oznacza to jednak, że nie mamy tu do czynienia z jakąś formą społecznego rozproszenia procesów poznawczych? Odwołajmy się do obserwacji uczestniczących, jakie Kevin Dunbar przeprowadził w trzech laboratoriach biologii molekularnej (zajmowały się one badaniami nad HIV, bakteriologią oraz parazytologią) oraz w jednej pracowni zajmującej się immunologią (zob.: Dunbar 1994; Dunbar, Fugelsang 2005: 62–68). Wszystkie jednostki badawcze funkcjonowały w ramach jednego z prestiżowych amerykańskich uniwersytetów. Głównym przedmiotem jego zainteresowania był sposób, w jaki biolodzy radzili sobie z niespodziewanymi wynikami. Główny wniosek, jaki został wyciągnięty z przeprowadzonych obserwacji uczestniczących, analiz konwersacji i wywiadów, był taki, że badacze nie przeprowadzają swoich analiz indywidualnie. Anomalie i niespodziewane rezultaty są analizowane bądź to w ramach interakcji pojedynczych badaczy, bądź grupowo, podczas seminariów i narad laboratoryjnych. Podczas tych spotkań naukowcy prezentowali i omawiali wyniki swoich doświadczeń i obserwacji, proponując wyjaśnienia zaobserwowanych zjawisk oraz propozycje dalszych eksperymentów. Co więcej, jak pokazuje Dunbar, można tu wyróżnić interesujące, powtarzalne wzorce interakcji między badaczami, związane z zarządzaniem niespodziewanymi rezultatami. Przyjrzyjmy się zatem bliżej temu, w jaki sposób biolodzy radzili sobie z napotykanymi anomaliami.

Pierwszą rzeczą, na jaką zwraca uwagę Dunbar, jest zaskakująco duża liczba anomalii, z jaką mieli do czynienia obserwowani przez niego badacze. W świetle koncepcji Thomasa Kuhna anomalia jest czymś, co zakłóca funkcjonowanie nauki normalnej i może w sprzyjających warunkach społeczno-kulturowych przyczynić się do wytworzenia sytuacji kryzysu. Nauka normalna polega na rozwiązywaniu łamigłówek, a anomalie są czymś stosunkowo rzadkim. Jednak

musimy pamiętać, że swoje wnioski Kuhn wysnuł na podstawie materiałów historycznych, które zostały oczyszczone z różnego rodzaju „chropowatości”. Innymi słowy, Kuhn analizował naukę głównie w jej gotowej postaci. Tymczasem bliższa analiza, charakterystyczna dla metod *in vivo* pokazuje, że anomalie i niespodziewane rezultaty są czymś codziennym, przynajmniej w laboratoriach biologicznych (zob. np. Trickett, Schunn, Trafton 2005). Co więcej, jak twierdzi Dunbar, obserwowani przez niego badacze byli systematycznie nastawieni na wychwytywanie niespodziewanych wyników badawczych, a nowatorskie ustalenia formułowano właśnie w wyniku ich sukcesywnego wykorzystania.

Pierwszą czynnością, jaką wykonywali badacze w stosunku do uzyskanych rezultatów doświadczeń, było zaklasyfikowanie ich rezultatów jako zgodnych lub niezgodnych z przewidywaniami. Następnie usiłowano ocenić lub wyjaśnić niespodziewane wyniki. Co interesujące, najczęściej oceniano i klasyfikowano rezultaty, konfrontując je z analogicznymi badaniami lub bardzo licznymi próbami kontrolnymi. Ta procedura była stosowana w odniesieniu do 85% dyskutowanych wyników. Takie podejście było niezwykle istotne, gdyż biolodzy byli świadomi, że ich modele teoretyczne, które pozwalały na bezpośrednią ocenę pojedynczego rezultatu, mogły być mało precyzyjne lub pomijać jakieś dotąd nieznanne mechanizmy biologiczne. Próby kontrolne nie miały służyć wyłącznie kontrowaniu eksperymentu pod kątem ewentualnych błędów – w pierwszym rzędzie służyły one wychwytywaniu nowych zjawisk. Same eksperymenty konstruowano w taki sposób, aby uczynić prawdopodobnym wychwycenie tego typu niespodziewanych procesów.

Jak już zauważyliśmy wcześniej, funkcjonowanie nauki i proces jej „samoprodukowania” jako systemu społecznego wymaga zachowania pewnej stabilności. Oznacza to między innymi, iż nauka musi pozostać częściowo „niewrażliwa empirycznie” – gdyby każdy zaskakujący rezultat eksperymentu traktować jako powód dla rewizji teorii lub metodologii badawczej, nauka nie mogłaby się sprawnie rozwijać. Z drugiej jednak strony to właśnie pomysły zbiegi okoliczności stanowią jeden z najważniejszych bodźców rozwoju wiedzy, przynajmniej w dziedzinach eksperymentalnych (zob. Latour 2009).

A zatem, jeżeli takie dyscypliny jak biologia molekularna mają realizować swoje funkcje poznawcze, muszą uwzględnić i selekcjonować różnego rodzaju niespodziewane rezultaty.

Istotnym krokiem badawczym było klasyfikowanie niespodziewanych rezultatów. Badacze posługiwali się szerokim spektrum kategorii. Na jego jednym krańcu znajdowały się anomalie uznane za zwykłe pomyłki metodologiczne, na drugim zaś – poważne anomalie wymuszające rewizję obecnych teorii. Analizę niespodziewanych wyników rozpoczynano od prób podważenia metodologii lub założeń, dopiero później biorąc pod uwagę inne możliwości, w tym uznanie wyniku za przejaw nowego, interesującego mechanizmu lub poważną anomalię. Kiedy wykluczono już błędy proceduralne, badacze usiłowali wyjaśnić anomalię, nawiązując do analogicznych eksperymentów. Istotny jest tu również fakt, że badacze sięgali najpierw do analogii z bliższych im dziedzin badawczych (najczęściej nawiązywali do innych wyników dotyczących tego samego organizmu, którego dotyczyły bieżące rezultaty), dopiero w obliczu niepowodzenia rozszerzając pole dalszych poszukiwań wyjaśnień.

Zupełnie inaczej badacze odnosili się do pojedynczego niespodziewanego rezultatu oraz całych serii tego typu wyników, które tworzyły spójny wzorzec. Działo się to najczęściej wtedy, gdy badacze powtarzali eksperymenty i uzyskiwali podobny, zaskakujący rezultat, pomimo zmian stosowanych metod. W takiej sytuacji następował radykalny zwrot w przyjmowanych przez badaczy strategiach wyjaśniania – proponowano ogólniejsze wyjaśnienia teoretyczne i metodologiczne. Po pierwsze, biolodzy przestawili się z bliskich im analogii na dalsze. Między innymi nawiązywali do mechanizmów i modeli dotyczących innych organizmów niż ten, nad którym obecnie pracowali. Przykładowo, zauważali, że pewne geny u *Escherichia coli* działają w podobny sposób. Częściej przywoływali również rezultaty badań prowadzonych przez inne laboratoria. Druga strategia miała charakter indukcyjny i polegała na tym, że badacze usiłowali uogólnić serie zaskakujących rezultatów i zaproponować zupełnie nową hipotezę tłumaczącą uzyskane dane. Po trzecie, jak zauważa Dunbar, wraz z pojawianiem się serii zaskakujących wyników zmieniał się również wzorzec interakcji między badaczami.

Początkowo badacze konsultowali swoje wyniki w wąskim gronie – najczęściej były to negocjacje między dwoma naukowcami zajmującymi się zbliżoną problematyką. Dopiero w obliczu niemożliwości rozwikłania problemu zaangażowano innych współpracowników. Wraz z procesem rozszerzania zakresu rozważanych analogii zmieniał się również zakres zaangażowanych w negocjacje wyników badaczy oraz reprezentowanych przez nich kontekstów metodologicznych i teoretycznych. Zatem negocjacje dwóch badaczy poszukujących błędów w procedurze przeistaczały się stopniowo w kolektywny wysiłek heterogenicznej grupy badaczy eksplorujących różnego rodzaju możliwości teoretyczne, eksperymentalne i metodologiczne.

Widzimy więc, że zarządzanie anomaliami w celu ich efektywnego wykorzystania przez pracowników laboratorium nie przebiega w sposób przypadkowy lub chaotyczny. Mamy tu do czynienia z wypracowanymi sposobami klasyfikowania i wyjaśniania zagadkowych rezultatów. Każdemu etapowi związanemu z radzeniem sobie z anomalią odpowiada inny wzorzec interakcji. Choć każda anomalia zostanie wzięta pod uwagę, to zaledwie nićka ich część pozostanie bez wyjaśnienia. Dzięki temu laboratorium biologiczne, mimo że pozostaje wrażliwe na korzystne zbiegi okoliczności, nie popada w sytuację, kiedy nie byłoby w stanie sprawnie realizować dalszych badań, zatrzymując się na etapie drobiazgowej analizy poszczególnych anomalii.

Jak wykorzystać komunikację językową (wraz ze wszystkimi jej niedoskonałościami)

Omówione powyżej przykłady pokazują, w jaki sposób rozwiązania problemu lub nowe idee naukowe kształtują się w wyniku wzajemnych negocjacji między naukowcami. W przypadku fizyki wysokich energii mogliśmy przekonać się, w jaki sposób różnego rodzaju pomysły rodzą się oddolnie, w nieskoordynowany sposób w różnych obszarach komunitarystycznych wspólnot, jakimi są zespoły realizujące eksperymenty typu ATLAS. Z kolei Dunbar ukazuje nam skomplikowany system zarządzania i wykorzystywania anomalii w dziedzinie biologii. Jednak żadne z powyższych studiów nie po-

zwoliło nam przyrzeć się bliżej, w jaki dokładnie sposób w ramach poszczególnych konwersacji naukowcy wypracowują wspólne idee. Zatem na tym etapie rozważań możemy wciąż zachować sceptycyzm względem twierdzeń na temat kolektywnego charakteru procesów poznawczych w nauce. Ciągłe możemy utrzymywać, że choć nauka jest przedsięwzięciem grupowym, to ostatecznie idee i rozwiązania pomysłów i tak powstają w jednostkowych umysłach. Dlatego proponuję zmienić perspektywę: przestańmy myśleć o nauce w kategoriach poszczególnych badaczy, ich wzajemnych relacji oraz tworzonych przez nich wspólnot i skupmy się na procesach dyskursywnych zachodzących między nimi. Pragnę w ten sposób pokazać, że o kolektywnym wymiarze poznania naukowego można myśleć nie tylko jak o negocjowaniu i dopracowywaniu pewnych gotowych w ogólnym zarysie idei, ale także jak o procesie wzajemnych interakcji, w wyniku którego nowe pomysły i rozwiązania wyłaniają się niejako pomiędzy badaczami.

Przewód czy plan

Zacznijmy od przywołania metafory lasów namorzynowych, do której odwołuje się Andy Clark, usiłując określić relacje między myślami i słowami oraz samą naturę procesu artykulacji. Jak przekonuje autor *Being There*, język nie tyle umożliwia sformułowanie gotowych już w naszej głowie idei, ale wpływa bezpośrednio na proces ich formowania. Myśli nie czekają w głowach w gotowej postaci, lecz są współtworzone w ramach artykulacji. Być może w podobnych kategoriach możemy myśleć o konwersacjach naukowców – nowe idee, hipotezy i rozwiązania nie czekają gotowe w poszczególnych umysłach, lecz formują się dopiero w ramach procesów dyskursywnych. Aby rozważyć taką możliwość, musimy najpierw poddać rewizji pewne zdroworoządkowe wyobrażenia na temat dyskursu.

Naiwna, a zarazem bardzo popularna metafora ujmuje dyskurs jako swego rodzaju przewód. Zgodnie z takim ujęciem nadawca „pakuje” zamierzone znaczenie w tekst lub komunikat werbalny, kieruje go do odbiorcy, który teraz musi ten wytwór „odpakować”, wydobywając uprzednio włożone weń treści w pierwotnej postaci. Przyjmu-

jąc taką metaforykę, jesteśmy skłonni przyjmować, że tekst lub komunikat zawiera znaczenie. Z sukcesem komunikacyjnym mamy do czynienia wtedy, gdy odbiorca wydobędzie w nienaruszonej postaci pierwotne znaczenia. Język stanowi tu zaś precyzyjny instrument przekazywania myśli (Tomlin et al. 2001: 46–47).

Trzymając się intuicji Clarka, moglibyśmy zastanowić się, czy rzeczywiście nadawca wkłada treści w tekst lub słowa. Skupmy się jednak na samej interakcji. Alternatywa wobec metafory przewodu jest metafora planu. Celem dyskursu nie jest tu przekazanie znaczenia w postaci „paczki”, ale skierowanie do odbiorcy pewnego planu, dzięki któremu będzie on w stanie odtworzyć w swoim umyśle, posługując się dostępnymi sobie środkami, pewną reprezentację. Nie musi być ona koniecznie dokładnie tą samą reprezentacją, jaką wytworzył nadawca. Wszak odbiorca może mieć inne skojarzenia i przypisywać nieco odmienne znaczenia pewnym terminom. Pozostaje to zgodne z metaforą komunikatu jako planu – wszak komunikat to jedynie pewien schemat; „materiały” do zrealizowania projektu odbiorca musi zapewnić sobie we własnym zakresie. Istotne jest, że odbiorca nie jest tu biernym obserwatorem cudzych wysiłków. Jednocześnie zgodnie z tą metaforą, nie tyle liczy się to, co nadawca chciał przekazać, ale to, w jaki sposób odbiorca (re)konstruuje znaczenie za pomocą swoich własnych „materiałów” (Tomlin et al. 2001: 47).

Gdy ujmujemy komunikację za pomocą metafory planu, sam dyskurs okazuje się dynamicznym procesem, w ramach którego w nieuchronny sposób, nieustannie pojawiają się (i znikają) nowe znaczenia i konteksty. Nowego znaczenia nabiera tu również niedoskonałość ludzkiego języka jako systemu komunikacji.

Warto przywołać tu nasze wcześniejsze rozważania na temat prowizorycznych rozwiązań generowanych w wyniku procesu ewolucji biologicznej. Jak twierdzi Gary Marcus, ludzki język również ma naturę prowizorki (Marcus 2009: 107–133). Język stanowiący produkt racjonalnego planu najprawdopodobniej przypominałby jednoznaczny, precyzyjny język komputerowy mający proste reguły syntaktyczne. Byłby intuicyjny w obsłudze, a nabywanie obcych języków nie wymagałoby lat nauki oraz praktyki. Ludzkie języki naturalne ewoluowały w różnych warunkach historycznych, łącząc

w sobie różne wpływy. Współczesne języki wyłaniały się z innych systemów językowych przez ich łączenie lub przekształcanie. W wyniku takiej genezy współczesne języki mają skomplikowane gramatyki i są nieumyślnie wieloznaczne. Przykładowo, jak zauważa lingwista Geoffrey K. Pullum:

Język angielski jest pod wieloma względami niedoskonałym arcydziełem ewolucji, pełnym chropowatości, śmiesznych niedopatrzeń, postrzępionych krawędzi, głupich luk oraz szkodliwych, podstępnych nieregularności (za: Marcus 2009: 132).

Podobne obserwacje można sformułować na temat innych ludzkich języków naturalnych, jednak wciąż pozostają one narzędziem efektywnej komunikacji międzyludzkiej. Są niedoskonałe, lecz wystarczająco dobre. Zazwyczaj, posługując się językiem, nadajemy komunikaty, które zostają jednoznacznie zrozumiane. Bardzo często jednak, wbrew intencjom interlokutorów, dochodzi do brzemiennych w skutki nieporozumień wynikających z natury samego języka, a ich unikanie wymaga od uczestników dodatkowego wysiłku i stosowania sztucznych reguł.

Problemy z komunikacją językową nie ograniczają się do wieloznaczności terminów czy skomplikowanej gramatyki. Musimy pamiętać, że słowa mogą mieć odmienne znaczenia w zależności od kontekstów czy też wspólnot interpretacyjnych, do których należą uczestnicy interakcji. Innymi słowy, języki, jakimi posługują się ludzie, nie przypominają sztucznych języków, za pomocą których komunikują się komputery, dla których każdy symbol i każdy sposób złożenia jest jednoznacznie zdefiniowany i niezależny od kontekstu.

Oczywiście w życiu codziennym rzadko uświadamiamy sobie, że rozmawiamy z kimś zupełnie odmiennymi językami. Po pierwsze, najczęściej uczestnicy interakcji funkcjonują w ramach tych samych wspólnot. Po drugie, jak pokazują eksperymenty etnometodologiczne, uczestnicy interakcji dążą do jej podtrzymania, zakładając, że mają do czynienia z inteligentnym podmiotem, ale także, że podmiot ten przypisuje podobne znaczenia poszczególnym terminom i kontekstom. Innymi słowy, uczestnicy interakcji stosują szereg

technik mających na celu podtrzymanie samej interakcji oraz wrażenia, że funkcjonują w ramach jednego świata. Służy temu między innymi zasada *et cetera*. Polega ona na tym, że partnerzy w ramach sytuacji interakcyjnej zgadzają się na pewne niedopowiedzenia drugiej strony, dopowiadają szczegóły, wysyłają sygnały świadczące o tym, że zrozumieli stwierdzenia typu „no wiesz, jak to jest”, ewentualnie nie zadają pytań o szczegóły, pozwalając interakcji trwać.

O wiele łatwiej o uświadomienie sobie załamania w komunikacji w przypadku dyskusji naukowych. Nie chodzi tu tylko o fakt, że wielokrotnie mamy do czynienia z debatami naukowców reprezentujących nie tylko różne opcje teoretyczne lub interpretacje eksperymentów, ale różne dyscypliny. Przede wszystkim musimy pamiętać, że dyskurs naukowy nie jest nastawiony wyłącznie na reprodukcję systemów znaczeń i podtrzymywanie samej komunikacji, ale także na wskazywanie, które z konkurencyjnych ujęć są bardziej zasadne. Sama sytuacja kontrowersji może spowodować utratę poczucia, że naukowcy mówią wspólnym językiem i funkcjonują we wspólnym świecie.

Zazwyczaj myślimy o załamaniach komunikacyjnych jak o czymś niepożądanym. Zastanówmy się jednak, czy takie podejście nie zasada się na metaforze przewodu. Zgodnie z takim ujęciem nieporozumienie bierze się z faktu, że przewód, którym biegnie komunikat, został gdzieś uszkodzony lub przerwany. Weźmy jednak pod uwagę alternatywną konceptualizację. Zgodnie z metaforą komunikatu jako planu możemy przyjąć, że w komunikacji międzyludzkiej nigdy nie dochodzi do pełnego zrozumienia, podobnie jak nie ma całkowitych nieporozumień. Nie mamy tu pakietu znaczeń przesyłanego od jednej osoby do drugiej, który przed zapakowaniem i po rozpakowaniu jest taki sam. Co w takim przypadku pozwala sądzić, że komunikacja przebiega prawidłowo? Najlepszym kryterium jest to, że adresat efektywnie działa lub udziela odpowiedzi, tak jakby zrozumiał komunikat. Skoro już trzymamy się metafory planu, powinniśmy wziąć pod uwagę możliwość, że druga strona komunikacji nie rozumiała przesłanych instrukcji, zgodnie z którymi miała sobie zrekonstruować znaczenie, ale w wyniku swych pomyłek skonstruowała coś (na przykład skojarzenie lub rozwiązanie jakie-

gość problemu), co z perspektywy nadawcy wydaje się owocne poznawczo. Innymi słowy, metafora komunikacji jako planu pozwala nam wziąć pod uwagę fakt, że również z nieporozumień, przeinaczeń oraz nadinterpretacji mogą wyłaniać się spontanicznie nowe idee. Oczywiście to człowiek musi dostrzec w „przeinaczonym” komunikacie lub zwykłym nieporozumieniu potencjał. Nie zmienia to faktu, że umysł naukowca poszukującego rozwiązania zagadki lub płodnego sformułowania problemu jest bodźcowany przez skojarzenia językowe i metafory, które są zawarte w wypowiedziach jego albo innych uczestników interakcji.

Oczywiście teza, że wiedza rodzi się nie tyle w jednostkowym umyśle, co w interakcji między umysłami może wydawać się kontrintuicyjna i trudna do obronienia. Aby uprawdopodobnić wyobrażenie o dyskursie naukowym jako dynamicznym procesie, który sam z siebie generuje nowe rozwiązania, proponuję przywołać tu socjologiczną analizę procesu myślowego, jaką przeprowadzili Latour i Woolgar (1979: 168–175).

Czy jest możliwa socjologiczna analiza procesu myślowego?

Autorzy *Laboratory Life* analizowali nie tylko praktyki związane z obsługą różnego rodzaju urządzeń oraz sposób realizacji doświadczeń, ale również skomplikowane negocjacje między naukowcami. Przywołując liczne przykłady laboratoryjnych negocjacji, pokazywali zróżnicowane zasoby i strategie narracyjne, jakie wykorzystują badacze. Konwersacje te nie miały charakteru logicznych wnioskowań – polegały raczej na nieustannym przeformułowywaniu problemów, a także ciągłej ewaluacji i konfrontacji różnego rodzaju reprezentacji. W ramach pojedynczej konwersacji kwestie *stricte* biologiczne mieszały się z takimi zagadnieniami społeczno-ekonomicznymi, jak: koszt realizacji doświadczenia, ograniczenia czasowe, umiejętności poszczególnych pracowników, możliwość opublikowania wyników w prestiżowym czasopiśmie, możliwe obszary kontrowersji, bieżące plany badawcze.

Latour i Woolgar zastanawiają się jednak, czy tego typu analizę można by rozszerzyć na sam proces myślowy. Jeżeli nie udałooby się

tego uczynić, pozostałby obszar niespenetrowany przez metody socjologiczne, co pozwalałoby sceptycznie nastawionym badaczom utrzymywać, że mimo wszystko jest coś nadzwyczajnego w nauce – ów niewyjaśniony proces myślowy, który przebiega „w głowach” badaczy, a który pozostaje niedostępny analizom socjologicznym. Przecież tego typu zjawisko nie pozostawia śladu w postaci zapisanych dokumentów, którymi moglibyśmy się posłużyć w celu jego analizy. Oczywiście dzięki kognitywnym i społecznym studiom nad nauką wiemy, że nie jest to zgodne z prawdą. W rzeczywistości ślad owych zagadkowych procesów myślowych można częstokroć odnaleźć w różnego rodzaju dziennikach sławnych badaczy, tworzonych przez nich schematach oraz innych zewnętrznych reprezentacjach. Zresztą często sami naukowcy podejmują próby odtworzenia konceptualnego wymiaru procesu odkrycia w ramach swoich autobiografii. Jednak mowa tu o procesie myślowym, którego podmiotem jest pojedynczy badacz. Tymczasem Latour i Woolgar pokazują, że procesy myślowe naukowców można badać, skupiając się nie na jednostkach, ale na interakcjach między nimi; metoda analizy konwersacji okazuje się tu niezwykle pomocna. Przywołajmy tu konkretny przykład.

W laboratorium, w którym Latour prowadził swoje obserwacje, miała miejsce sytuacja, którą jeden z naukowców przedstawił w następujący sposób:

Slovik zaproponował pewien test [laboratoryjny], ale nie działał on wszędzie; ludzie nie mogli go powtórzyć, niektórzy mogli, a niektórzy nie. I wtedy, pewnego dnia Slovik wpadł na *pomysł*, że mogło mieć to coś wspólnego z zawartością selenu w wodzie; sprawdzili, gdzie test działał; i rzeczywiście pomysł Slovika był słuszny – [test] działał wszędzie tam, gdzie poziom selenu był wysoki (Latour, Woolgar 1979: 169).

Jest to świetny przykład anegdoty typu „pewnego dnia ktoś wpadł na genialny pomysł”, które pojawiają się zarówno w pracach z zakresu historii nauki, jak i w wyjaśnieniach samych naukowców. Pozostając na takim poziomie analizy, proces odkrycia może rzeczywiście jawić się jako akt olśnienia lub zwykły zbieg okoliczności. Bardziej szczegółowo-

wa analiza przeprowadzona przez Latoura i Woolgara pokazuje, że omawiany tu przypadek odkrycia nie był wcale tak prosty. Proponują oni bardziej szczegółowy opis.

Zgodnie z wymogami, jakie obowiązywały na University of California, doktoranci powinni zaliczyć kurs z dziedziny niezwiązanej bezpośrednio z ich badaniami. Jedną ze studentek Slovika, Sara, brała udział w kursie na temat selenu. Do tradycji zespołu należało, by podczas nieformalnych spotkań studenci wygłaszali referaty na tematy związane z ich dodatkowymi kursami. Podczas jednego ze spotkań Sara zaprezentowała referat na temat selenu, który dotyczył tkanek będących w obszarze zainteresowania pracowników laboratorium. Odniosła się również do innych, niezwiązanych z projektami laboratorium kwestii, między innymi do związków między selenem a zachorowalnością na nowotwory. Podczas spotkania obecny był Slovik. Kilka lat wcześniej zaproponował on test laboratoryjny wykorzystujący pewną kulturę bakterii, którego początkowo nikt nie był w stanie powtórzyć. Później okazało się, że działał, ale tylko w wybranych miejscach. Zależność powodzenia tej procedury od geograficznej lokalizacji była zastanawiająca, głównie z powodu powszechnego założenia, że zasady naukowe są uniwersalnie prawdziwe. Nawet technik laboratoryjny Slovika miał problem, by powtórzyć test poza własną pracownią. Procedurę udało się powtórzyć poza rodzimym laboratorium dopiero wtedy, gdy sprowadzono niezbędne materiały i instrumenty z laboratorium Slovika. Jednak nawet te próby odtworzenia pierwotnych warunków nie wskazywały, że to woda była decydującym czynnikiem. Przypuszczano, że chodziło tu raczej o inne odmiany komórek, jakie wykorzystywano w różnych laboratoriach. Pod koniec swojej prezentacji Sara stwierdziła, że niedawno ktoś w kampusie zasugerował, że śladowe ilości selenu w wodzie mogą powodować niektóre formy raka. Podobno geograficzna dystrybucja stężenia selenu w wodzie na terenie Stanów Zjednoczonych pokrywa się z przypadkami określonych rodzajów nowotworów. Sara nie potraktowała tej sugestii poważnie, jednak sam Slovik wziął pod uwagę możliwość, że odpowiedni poziom selenu w wodzie mógłby decydować o tym, w których pracowniach będzie można powtórzyć test jego autorstwa. Zadzwoił do jednego ze swoich

kolegów z innego laboratorium, w którym nie udało się powtórzyć testu, i poprosił o sprawdzenie poziomu selenu w wodzie (por. Latour, Woolgar 1979: 169–170).

Jakkolwiek powyższy opis jest również pewną konstrukcją narracyjną, to możemy dostrzec tu pewne istotne różnice. Główną rolę w pierwszej rekonstrukcji odgrywa Slovik, w drugiej pojawiają się inne postacie. Pierwsza rekonstrukcja skupia się na momencie, kiedy Slovik uświadamia sobie relację, druga zaś ukazuje stopniowe zbliżanie się do rozwiązania w wyniku kilku przypadkowych wydarzeń. Wreszcie, pierwsza rekonstrukcja dotyczy pojedynczej idei, podczas gdy druga odnosi się nie tylko do szeregu pomysłów, ale również warunków kontekstowych, w których one funkcjonowały. Dokładniej rzecz ujmując, pierwszy opis można potraktować jako wąski wycinek drugiego.

Slovik w rozmowie telefonicznej stwierdził, że wpadł na pewien pomysł. Latour i Woolgar zastanawiają się, czy rzeczywiście należy przypisać autorstwo właśnie jemu, a nie – na przykład – Sarze. Zauważmy, że w wyniku przekształcenia drugiego opisu, który traktuje odkrycie jako zlokalizowany, heterogeniczny i społecznie rozproszony proces, w opisie pierwszym uzyskujemy obraz samotnego naukowca oraz jego idei. Zatem pierwsza, anegdotyczna rekonstrukcja procesu odkrycia to nic innego jak czarna skrzynka – wszystkie warunki materialno-społeczne, które zadecydowały o sukcesie, zostały tu wymazane. Jak zauważają autorzy *Laboratory Life*:

Przykład ten sugeruje, że może wcale nie ma procesu myślowego, który powinien być badany przez socjologów lub psychologów. Pragniemy w ten sposób zasugerować, że idee autorstwa jednostek i ich procesy myślowe stanowią rezultat konkretnej formy prezentacji oraz uproszczenia całego zespołu materialnych i kolektywnych okoliczności (Latour, Woolgar 1979: 170).

W podobny sposób, w jaki skomplikowana miriada czynników odpowiedzialnych za odkrycie zostaje zastąpiona w sprawozdaniach naukowców przez nagłe olśnienie lub iskrę bożą, tak też metafory, myślenie w kategoriach analogii oraz różnego rodzaju idiosynkra-

tyczne inspiracje zostają zastąpione przez racjonalne wnioski z danych lub dedukcję z teorii.

Problem z uchwyceniem procesów myślowych w nauce polega na tym, że obserwator najczęściej przybywa zbyt późno, czyli w momencie, gdy czarne skrzynki wiedzy naukowej są już szczelnie domknięte. Dlatego właśnie tak ważne są metody *in vivo* – dzięki nim możemy badać naukę w działaniu, a nie tylko jej wstecznie zracjonalizowaną reprezentację. Latour miał to szczęście, że udało mu się zapoznać nie tylko ze standardową, anegdotyczną rekonstrukcją przykładowego odkrycia, ale również z jego bogatszym opisem, uwzględniającym złożoność procesu i bogactwo czynników z nim związanych. Rzadko kiedy badacze dokonują takich rekonstrukcji własnych prac, które uwzględniałyby heterogeniczny i usytuowany charakter odkrycia. Nie chodzi tu tylko o zawodność ludzkiej pamięci i pewne generalne schematy prezentowania obrazu nauki, ale również o mechanizmy przypisywania autorstwa. Potoczne wyobrażenia na temat nauki oraz same mechanizmy atrybucji autorstwa są na tyle silne, że z trudem przychodzi nam ujęcie pomysłów i idei naukowych jako czegoś, co wyłania się pomiędzy badaczami w wyniku ich interakcji.

W jaki sposób badać kolektywne procesy myślowe

Autorzy *Laboratory Life* pokazują, że procesy myślowe w nauce – przynajmniej w pewnym wymiarze – mogą być analizowane za pomocą metod wykorzystywanych w ramach STS. Okazuje się jednak, że zarówno kognytywści, jak i badacze nauki poświęcili tego typu zagadnieniom stosunkowo niewiele uwagi. Przykładowo, przywoływane w tym rozdziale studium Dunbara pokazuje pewien kolektywny proces interpretacji wyników i planowania dalszych badań. Podobnie wielu antropologów i etnometodologów pokazuje, w jaki sposób przebiegają negocjacje badawcze. Jednak kategoria „negocjacje” nie oddaje charakterystyki procesu, którego przykład przytoczyliśmy powyżej. Z negocjacjami mamy do czynienia wtedy, gdy dwie lub więcej stron przystępują do interakcji z pewnymi wstępnymi modelami i oczekiwaniami, a efekt końcowy to pewien wy-

pracowany konsensus – coś „pomiędzy”, co łączy w sobie elementy pierwotnych wyobrażeń uczestników negocjacji. W omawianym przykładzie nie chodzi wyłącznie o negocjowanie wspólnego modelu, ale o wyłanianie się czegoś zupełnie nowego, co nie jest zwykłym złożeniem tego, co było dane na początku. Proces taki mogłaby uchwycić dopiero bardzo szczegółowa analiza konwersacyjna pokazująca, w jaki sposób, w wyniku wzajemnego bodźcowania się badaczy, rekonstruowania znaczeń na gruncie swoich własnych skojarzeń i doświadczeń, drobnych nieporozumień, nadinterpretacji oraz niezgodnych z intencją nadawcy odczytań komunikatu wyłania się nowa koncepcja, model lub hipoteza naukowa. Brak jednak w literaturze socjologicznej i kognitywistycznej tego typu analiz.

Aby zrozumieć trudności metodologiczne związane z tego typu analizami, warto raz jeszcze sięgnąć poza studia nad nauką, do interesującej analizy przeprowadzonej przez zespół kierowany przez Davida McNeilla z University of Chicago, której wyniki zostały zaprezentowane w tekście pod tytułem *Mind-Merging* (McNeill et al. 2009). Przedmiotem studium była normalna sesja gry wojennej zorganizowana w jednej z baz US Air Force. W standardowej grze symulacyjnej kształtującej kompetencje komunikacyjne i przywódcze uczestniczyło 5–6 oficerów reprezentujących różne specjalności wojskowe. Ich zadanie polegało na wspólnym wywnioskowaniu na podstawie dostarczonych danych, w jaki sposób funkcjonuje głowica przechwyconego pocisku raketowego. Zakładało to między innymi wypracowanie wspólnej płaszczyzny porozumienia oraz efektywnego dzielenia się wiedzą. Sesja trwała 42 minuty. Zespół psycholingwistów korzystających z szeregu instrumentów rejestrujących, takich jak mikrofony i kamery, oraz rozbudowanych schematów kodujących, śledził przebieg interakcji grupowej. Badacze skupiali się nie tylko na komunikatach werbalnych, ale także na gestach uczestników (chodziło głównie o gesty wskazujące bądź to na innych uczestników, bądź to na elementy otoczenia związane z rozwiązywanymi problemami) oraz na kierunkach spojrzeń uczestników. Dzięki temu można było ujawnić strukturę grupową (określić wzajemne relacje między uczestnikami interakcji, wskazać dominujących i marginalizowanych uczestników dyskusji), a także szczegółowo zrekon-

struować dynamikę interakcji (uchwycić wyłaniające się i znikające koalicje, żmudne budowanie obszarów konsensusu). Co istotne, studium to w ograniczonym stopniu skupiało się na procesach kreatywnych (w tym przypadku rozwiązywaniu zadanego problemu) – głównym obiektem zainteresowania badaczy była koordynacja procesów myślowych, a nie one same. Przebadanie samego kolektywnego poznania, a nie warunków koniecznych jego zaistnienia, wydaje się wymagać o wiele bardziej szczegółowej analizy. Zauważmy, że analiza materiału zarejestrowanego podczas kilkudziesięciominutowej gry wojennej wymagała dużych nakładów czasu. Osoby kodujące zebrany materiał przeanalizowały 245 gestów wskazujących i 1938 spojrzeń, którymi wymienili się uczestnicy symulacji. Przymuszczalnie analiza jednego seminarium badawczego wymagałaby porównywalnych, jeżeli nie większych nakładów pracy. Warto zastanowić się, jakie musiałyby być merytoryczne uzasadnienie przeprowadzenia tego typu studium praktyki naukowej, które nie ograniczałoby się do analizy jednego seminarium, ale całej sekwencji kolektywnych aktów wykuwania idei. Co więcej, czy uzyskany dzięki takim nakładom energii materiał nie jawiłby się wciąż jako niereprezentatywna próbka omawianych zjawisk.

Przeszkody na drodze do dogłębnego zrozumieniu kolektywnego wymiaru poznania w nauce nie mają wyłącznie charakteru metodologicznego. Analizując współczesne nauki neurokognitywne, trudno wskazać koncepcję teoretyczną, która pozwalałaby uchwycić wspólne rozwiązywanie problemów lub zbiorowe myślenie. Przykładowo, studia nad *problem solving* już u swoich podstaw były zaprojektowane w taki sposób, by badać poznanie indywidualne. Prawdą jest, że przedstawiciele tego podejścia próbowali empirycznie badać kolektywne rozwiązywanie problemów (zob. Okada, Simon 1997), jednak osiągnięcia w tej dziedzinie są ograniczone. Wiele innych tradycyjnych koncepcji kognitywistycznych również skupiało się na poznaniu indywidualnym, a dokładniej na różnych mikro-poznawczych procesach, takich jak uwaga, pamięć, emocje, podejmowanie decyzji, które badano na drodze eksperymentalnej w nadziei, że posiadając wiedzę o podstawowych procesach, będziemy mogli wyja-

ścić bardziej skomplikowane zjawiska, w tym działanie i poznanie społeczne.

Jeżeli chodzi o nowsze ujęcia, to współcześnie są prowadzone badania nad współdziałaniem (*joint action*; Sebanz, Bekkering, Knoblich 2006), które skupiają się na istniejących u ssaków naczelnych, w tym u człowieka, systemach tak zwanych neuronów lustrzanych (zob. Rizzolatti, Sinigaglia, Anderson 2008). Są to systemy neuronów w mózgu, które uaktywniają się zarówno podczas wykonywania pewnej czynności przez osobnika, jak i u innych osobników podczas obserwowania tej czynności. Innymi słowy, kodują one w identyczny sposób motorykę ciała osobnika i obserwowanych przez niego innych osobników wykonujących daną czynność. Systemy lustrzane są przywoływane przez neuronaukowców w celu wyjaśnienia takich zdolności, jak naśladowanie zachowań, uczenie się, odgadywanie intencji innych oraz empatia. Innymi słowy, są to systemy neuronalne służące „odzwierciedleniu” zachowań innych osobników tego samego gatunku. Wielu badaczy uważa odkrycie neuronów lustrzanych za jedno z najważniejszych dokonań neuronauk ubiegłego wieku, jako że mogą one okazać się istotne w wyjaśnieniu procesu nabywania języka, a także wspomnianego już zjawiska koordynacji działań. Badania eksperymentalne nad *joint action* z udziałem ludzi są na bardzo wczesnym etapie. Przykładowo, podczas jednego z eksperymentów badacze obserwowali, w jaki sposób dwie osoby, którym dano do dyspozycji dwa przyciski kontrolujące różne aspekty ruchu obiektu na ekranie, są w stanie koordynować swoje działania, by utrzymać rzeczony obiekt w centrum ekranu (zob.: Knoblich, Jordan 2002, 2003; Sebanz, Bekkering, Knoblich 2006). Od zrozumienia tego typu wspólnego działania oraz współdzielonej uwagi jest oczywiście niezwykle długa droga do zrozumienia, w jaki sposób dochodzi do zgrania umysłów i ciał współpracujących ze sobą naukowców. Niemniej jednak jest to pierwszy, bardzo istotny krok. Problematyką zachowań społecznych człowieka zajmuje się dyscyplina znana jako neuro nauka społeczna (zob. Harmon-Jones, Winkielman, red., 2007; Winkielman 2008). Istotne jest jednak, że dotychczas przedstawiciele tej dyscypliny skupiali się nie tyle na interakcji systemów poznawczych, co na sposobie reagowania jednego systemu poznawczego

na wypreparowane z kontekstu bodźce o charakterze społecznym, na przykład wyrazy ludzkich twarzy sygnalizujące emocje. Badano również uszkodzenia neuronalne i dysfunkcje odpowiedzialne za niezdolność do bezproblemowego udziału w interakcjach społecznych. Innymi słowy, usiłowano odkryć neuronalne oprzyrządowanie umysłu umożliwiające mu działanie i poznanie społeczne. Ale znajomość tego „wyposażenia” nie jest warunkiem wystarczającym dla wyjaśnienia przebiegu interakcji dwóch umysłów. Dopiero eksperymenty nad *joint action* skupiają na tym, co dzieje się w interakcji między dwoma i więcej niż dwoma ludzkimi umysłami.

Warto w tym miejscu wspomnieć o innym istotnym przełomie w neurokognitywistyce, który może mieć istotne znaczenie dla zrozumienia kolektywnego działania i poznania, także naukowego. Mowa tu o powstawaniu kolejnych generacji instrumentów badawczych, które pozwalają monitorować prace ludzkiego systemu poznawczego w warunkach naturalnych lub naturalistycznych (zob. Rizzo, Robinson, Neale 2007). Dotychczas uczestniczące w eksperymentach osoby musiały być unieruchamiane, na przykład podczas neuroobrazowania lub badania fal mózgowych za pomocą aparatury technik elektroencefalografii. Jednak już dziś powstają mobilne wersje niektórych urządzeń badawczych, które pozwalają na aranżowanie sytuacji eksperymentalnych w różnego rodzaju symulatorach, w których badany cieszy się dużą swobodą ruchu, a nawet na opuszczenie przez badanego murów laboratorium i nieustanne monitorowanie stanów jego systemu poznawczego poddawanego działaniu naturalnych bodźców. Ważnym instrumentem badawczym, który znalazł szerokie zastosowanie w naukach kognitywnych, a który posiada swoje tanie i łatwe w obsłudze wersje mobilne, jest okulkograf, znany również jako *eye tracker* (zob. Duchowski 2007). Urządzenie to umożliwia śledzenie ruchu gałek ocznych, pozwalając określić punkty skupienia wzroku, co daje badaczom wgląd w procesy uwagowe badanych. Metoda *eye trackingu* była z powodzeniem wykorzystywana zarówno w badaniach z zakresu ergonomii, jak i w studiach nad czytaniem i percepcją kolorów. Obecnie nie tylko istnieją *eye trackery* zakładane na głowę i pozwalające śledzić ruchy gałek ocznych swobodnie przemieszczających się w śro-

dowisku pozalaboratoryjnym (Hayhoe, Ballard 2005), ale także tak zwane *eye trackery* „publiczne”, które umieszczone w miejscach publicznych i bez kalibracji są w stanie określić, gdzie kierują swój wzrok znajdujący się w otoczeniu ludzie. Technikę tę wykorzystano między innymi w muzeach w celu śledzenia, jakie elementy obrazów zwracały największą uwagę oglądających je gości (zob.: Wooding 2002; Wooding et al. 2002). Powstawanie tego typu narzędzi oznacza między innymi, że analizy podobne do tych, jak zaprezentowane w artykule *Mind-Merging*, będą mogły zostać zautomatyzowane. Jednocześnie badacze kognitywni będą mogli lepiej zrozumieć procesy poznawcze związane z wykonywaniem różnego rodzaju skomplikowanych czynności, w tym samych praktyk naukowych.

W chwili obecnej badacze nauki nie dysponują ani tego typu narzędziami, ani dojrzałymi teoriami służącymi do analizy kolektywnego działania i poznania. Zatem proces wyłaniania się nowych pomysłów w interakcji, czy też wzajemnego inspirowania się naukowców, pozostaje na obecnym etapie badań czarną skrzynką, której nie możemy otworzyć. Pamiętajmy jednak, że przez długi okres w podobny sposób funkcjonowało wyobrażenie odkrycia jako nagłego olśnienia – dziś wiemy już, że pod tą kategorią kryje się szereg złożonych procesów, które można badać, wykorzystując metody empiryczne.

Nie jesteśmy w stanie dostarczyć satysfakcjonującego, szczegółowego opisu kolektywnego rozwiązywania problemów naukowych, jednak możemy próbować uprawdopodobnić tezę mówiącą, że rozwiązywanie problemów przebiega w ramach interakcji. Dlatego musimy poprzestać na pewnych ogólnych intuicjach teoretycznych.

Różne ujęcia kolektywnego wymiaru poznania naukowego

W powyższym rozdziale został przywołany szereg koncepcji ujmujących poznanie naukowe w kategoriach pracy kolektywnej i interakcji między badaczami. Jako punkt odniesienia przyjęliśmy tu koncepcję stylów i kolektywów myślowych Ludwika Flecka. Propozycja teoretyczna autora *Powstania i rozwoju faktu naukowego* bardzo dobrze sprawdza się w dziedzinie socjologicznych i filozoficznych wyjaśnień

wiedzy: identyfikuje mechanizmy, dzięki którym badacze w podobny sposób konceptualizują, rozumują i postrzegają przedmiot swoich badań, w wyniku czego struktury wiedzy naukowej zachowują swoją ciągłość i trwałość. Pokazuje jednocześnie, jakie są ograniczenia dla tworzenia nowych koncepcji lub upowszechniania nieznanych dotąd metod. Koncepcja ta okazała się mieć jednak ograniczone zastosowanie w dziedzinie wyjaśniania procesu rozwiązywania problemów w nauce. Zresztą, jak pamiętamy z pierwszego rozdziału, Fleck prezentował w swych pracach nader uproszczony model kolektywnego wymiaru pracy naukowej. O wiele ciekawsze ujęcie kolektywności można znaleźć w pracach Knorr Cetiny. Na przykładzie fizyki wysokich energii pokazała ona, że kolektywność badań naukowych nie sprowadza się do mechanicznego podziału pracy. Równie interesujący obraz kolektywnego wymiaru pracy naukowej wyłania się z badań przeprowadzonych przez Dunbara – pokazał on, w jaki sposób interakcje między badaczami decydują o efektywnym wykorzystaniu identyfikowanych przez nich anomalii naukowych.

Zastanówmy się zatem, jak można ujmować kolektywny wymiar poznania naukowego w oparciu o przywołane koncepcje i badania. Pierwszą możliwą konceptualizację znajdujemy w pracach Flecka, w której pisze on o anonimowej pracy dziesiątek badaczy, których wysiłki zostają skoncentrowane na określonym zagadnieniu za sprawą czynników społecznych i kulturowych (w tym samego stylu myślowego). Naukowcy są tu traktowani jako odizolowane jednostki, które łączy wspólny zasób wiedzy i umiejętności. Czynniki oraz procesy kanalizujące i koncentrujące wysiłki badaczy są niezwykle istotne. Kolektywnego wymiaru nauki nie należy jednak sprowadzać wyłącznie do kwestii podwyższonego prawdopodobieństwa, że w wyniku skoncentrowanych wyników któryś z naukowców realizujących równoległe eksperymenty znajdzie właściwe rozwiązanie. Co więcej, takie ujęcie nie wyjaśnia wcale, w jaki sposób ów badacz rozwiązuje problem. Innymi słowy, koncepcja stylów myślowych nie oferuje konkretnego modelu rozwiązywania problemów badawczych, traktując ten proces w kategoriach korzystnego zbiegu okoliczności.

Drugi sposób ujęcia kolektywnego wymiaru pracy naukowej jest oparty na myśleniu w kategoriach podziału pracy. Istnieją oczywiście różne formy dzielenia się pracą naukową. Jedną reprezentuje standardowa wielka nauka zorganizowana na podobieństwo instytucji przemysłowych. Mamy tu do czynienia z następującą sytuacją – oto przed badaczami stoi bardzo czasochłonny projekt, dlatego też między różnych naukowców, zespoły, ewentualnie całe laboratoria, zostają rozdzielone zadania. Mamy tu do czynienia ze specjalizacją – poszczególni badacze doskonalą się w wykonywaniu przydzielonych im zadań. W wyniku podziału pracy dochodzi jednak tylko do rozłożenia wysiłku; w wyniku interakcji badaczy nie pojawia się nowa jakość. Mamy tu raczej do czynienia z sytuacją, kiedy teoretycznie każde zadanie mogłoby zostać wykonane przez jednego badacza (oczywiście przy założeniu, że dysponowałby on wystarczającą ilością czasu i środków). Przykładem takiego przedsięwzięcia w dziedzinie wielkiej nauki jest *Human Genome Project*. Idea tego projektu badawczego polegała na sekwencjonowaniu wszystkich komplementarnych par zasad tworzących ludzki genom. Organizacja przedsięwzięcia polegała na tym, że różne ośrodki analizowały równolegle różne odcinki ludzkiego DNA, po czym informacje te były łączone w centrum kalkulacji.

Oczywiście nie każda wielka nauka jest zorganizowana w taki sposób, jak *Human Genome Project*, co świetnie ilustruje przypadek prac eksperymentalnych w fizyce wysokich energii. Przykład ten prowadzi nas to do trzeciego ujęcia kolektywnego wymiaru pracy w kategoriach poznawczej synergii. W tym kontekście warto ponownie przywołać typologię relacji między naukowcami, zaproponowaną przez Thagarda. Wymienia on cztery podstawowe rodzaje relacji między naukowcami: przełożony–podwładny, mistrz–uczeń, partnerska współpraca w ramach tej samej dziedziny oraz partnerska współpraca badaczy z różnych dyscyplin. W przypadku eksperymentów realizowanych w CERN mamy do czynienia nie tylko z podziałem pracy charakterystycznym dla relacji przełożony–wykonawca. Są tu obecne również pozostałe trzy typy relacji wymieniane przez Thagarda. Stanowi to bezpośrednią konsekwencję wysokiego poziomu specjalizacji poszczególnych uczestników projektu,

która sprawia, że kierownicy badań mają problem ze zrozumieniem czynności wykonywanych przez formalnie podporządkowanych im naukowców i techników. Co więcej, w fizyce wysokich energii podział pracy nie sprowadza się wyłącznie do realizacji sztywno wyznaczonych procedur zgodnie z jasno określoną, standardową metodologią. W tej dziedzinie, praca wykonywana przez techników okazuje się niejednokrotnie równie twórcza, co badania realizowane przez doświadczonych samodzielnych badaczy. Natura eksperymentu, stosowana metodologia oraz charakter wykorzystywanej aparatury sprawiały, że mieliśmy tu do czynienia nie z odgórnie zadaniowaną i kontrolowaną strukturą, ale horyzontalną siecią relacji zorganizowaną wokół aparatury eksperymentalnej i podtrzymywaną przez normy wspólnotowe. Z efektem synergii mieliśmy tu do czynienia na każdym kroku. Badacze traktowali siebie nawzajem jako systemy zewnętrznej pamięci, przekazywali sobie informacje, rozpoznając potrzeby innych badaczy (pełniąc rolę buforów poznawczych), wspólnie rozwiązywali problemy, wskazując sobie nowe możliwości. Nie przypominało to w żadnym razie pracy w „fabryce naukowej” lub funkcjonowania struktur biurokratycznych. Realizacja eksperymentów z zakresu fizyki wysokich energii była bliższa opisywanemu w trzecim rozdziale sposobowi organizacji pracy brokerów w banku inwestycyjnym na Wall Street. Innymi słowy, fizykę wysokich energii można traktować jako wielki, skomplikowany, rozproszony system poznawczy. Oczywiście projekt poznania genomu ludzkiego jest również pewnym przejawem rozproszonego poznania. Jednak w tym przypadku zostaje zachowany indywidualny autor, a wynik działania systemu stanowi niejako złożenie wyników pracy jednostek. Tymczasem w fizyce wysokich energii nie tylko trudno przypisać autorstwo jednostce; jednocześnie wynik działania systemu nie stanowi prostej sumy jednostkowych osiągnięć – jest to przedsięwzięcie kolektywne w pełnym tego słowa znaczeniu.

Pamiętajmy jednak, że sposób zarządzania sekwencjonowaniem genomu ludzkiego, który wykluczył możliwość pojawienia się synergii, niekoniecznie musi być traktowany jako coś niekorzystnego – najprawdopodobniej ten sposób organizacji prac był najwłaściwszy. Zadanie to było relatywnie rutynowe, związane z niskim poziomem

niepewności metodologicznej i nie wymagało dla swej realizacji samoorganizującej się wspólnoty badaczy. Co więcej, taka forma pracy mogłaby okazać się nieefektywna, jako że wymaga dużych nakładów na samo podtrzymywanie relacji między członkami wspólnoty poznawczej. Podobnie nie należy czynić fetysza z wielkiej nauki – wiele modeli, w szczególności ekonomicznych, sugeruje bądź zakłada prostą zależność między nakładami na naukę a tempem dokonywania odkryć i innowacji. O ile relacja taka daje się zaobserwować w wielu dziedzinach, o tyle powinniśmy mieć na względzie również przypadki takich projektów, jak badania Glasera nad komorą pęcherzykową. Mimo że nie przyjął on trybu pracy charakterystycznego dla wielkiej nauki (rezygnując tym samym z wielkich dotacji), wyniki jego badań były porównywalne z tymi, jakie osiągał Alvarez, wykorzystując dostępne sobie zasoby i personel. Nie chodzi tu wcale o pokazywanie wyższości jakiejś formy organizacji badań, ale o konstatację, iż różne przedsięwzięcia, w zależności od dziedziny, stopnia złożoności problemu lub poziomu standaryzacji metodologii, mogą wymagać różnego podejścia organizacyjnego. To zaś ma bezpośredni wpływ na interakcje grupowe i związane z nimi procesy poznawcze oraz rozwiązywanie problemów.

Należy tu zwrócić uwagę na to, że interakcje między badaczami niekoniecznie muszą sprowadzać się do przekonywania innych lub negocjacji pewnych gotowych propozycji i modeli, jakie badacze wypracowali indywidualnie. Jak starałem się pokazać, w nauce może dochodzić do sytuacji, kiedy to właśnie w ramach interakcji wyłaniają się zupełnie nowe rozwiązania i idee. Zakłada to myślenie o dyskursie naukowym nie jak o sferze komunikowania gotowych wyników, lecz jak o dynamicznym, twórczym procesie, w ramach którego są kształtowane koncepcje, problemy i hipotezy.

Inskrypcje i zewnętrzne reprezentacje

W poprzednim rozdziale starałem się pokazać, w jaki sposób dokonuje się „czysto” społeczne rozproszenie procesów poznawczych w różnych dyscyplinach naukowych. Prezentowałem badacza jako usytuowany kulturowo i społecznie podmiot, który wykorzystuje swoje otoczenie w celu wspomagania procesów poznawczych oraz redefiniowania natury rozwiązywanych problemów. Poświęciłem szczególną uwagę zagadnieniu synergii, podziałowi pracy oraz grupowemu rozwiązywaniu problemów. Jednocześnie starałem się pomijać kwestie związane z rolą instrumentów, rolą materialnego otoczenia badacza, a także rolą stosowanych przez nich zewnętrznych reprezentacji. Jednak, jak można było się przekonać, było to zadanie dość trudne. Gdy pisze się o społecznej organizacji pracy w fizyce wysokich energii, nie sposób nie wspomnieć o roli, jaką odgrywają wielkie maszyny, takie jak akceleratory i detektory. Sposób pracy przy wykorzystaniu tych maszyn i ogromna wiedza niezbędna do ich obsługi wymuszają specyficzną, spłaszczoną strukturę organizacji badań. To wokół tych maszyn są skoncentrowane wszystkie praktyki poznawcze fizyków – pełnią one rolę „kleju” spajającego wspólnotę. Jak wspominałem wcześniej, skupienie się na relacjach czysto społecznych we współczesnej nauce, niezapośredniczonych przez rzeczy, było celowym, sztucznym zabiegiem. Gdybym przerwał w tym miejscu rekonstrukcję usytuowanego rozwiązywania problemów w nauce, popełniłbym poważny błąd. Nauki nie można wyjaśnić, skupiając się wyłącznie na indywidualnych badaczach czy nawet interakcjach między nimi. Nadszedł czas, by uzupełnić model o pewne poza-ludzkie elementy.

W niniejszym rozdziale skupię się na roli inskrypcji oraz innych formach zewnętrznych reprezentacji wykorzystywanych w nauce. Jak pokazują społeczne i kognitywne studia nad nauką, wspomniana-

ne czynniki usprawniają, a niekiedy wręcz umożliwiają komunikację między badaczami. Scalają one pracę zespołów badaczy, umożliwiając zaistnienie opisywanej w poprzednim rozdziale synergii. Przede wszystkim jednak odgrywają ważną rolę w przebiegu procesów poznawczych. Nie tylko ułatwiają realizację pewnych czynności, ale niekiedy w ogóle umożliwiają rozwiązanie pewnych problemów. W tym rozdziale będę kierował się przywoływanymi wcześniej intuicjami Herberta A. Simona. Pokazywał on, że często rozwiązywanie problemów przebiega na zasadzie zmiany sposobu ich reprezentacji. Jak będziemy mieli okazję się przekonać, podobna sytuacja ma miejsce w przypadku problemów, w obliczu których stają naukowcy. Po pierwsze, aby poradzić sobie z różnymi zagadnieniami, tworzą reprezentacje badanych zjawisk w taki sposób, by uczynić je widocznymi lub wręcz czytelnymi. Po drugie, przekształcają oni reprezentacje badanych zjawisk oraz formułują zapisy swoich obserwacji w taki sposób, by różnego rodzaju regularności, wzorce i odpowiedzi na pytania stały się ewidentne.

Pragnę zaznaczyć, że różne dziedziny nauki mają właściwe sobie, specyficzne sposoby reprezentowania problemów. Nie sposób na kilkunastu stronach ująć wszystkich zróżnicowanych działań epistemicznych, do których odwołują się badacze z różnych dyscyplin. Ograniczę się tutaj do próby ukazania znaczenia zewnętrznych reprezentacji w nauce oraz kilku ich podstawowych funkcji. Chcąc zilustrować swoje tezy, odwołam się do dwóch studiów przypadku. Pierwsze z przywoływanych studiów przypadku dotyczy praktyk neurobiologów prowadzących badania nad neuroprzekaznikami oraz neuroplastycznością. Przedmiotem drugiego jest wizualna kultura inżynierów projektujących turbiny.

Wizualne reprezentacje i translacje w neurobiologii*

O poznawczych funkcjach inskrypcji jako pierwsi pisali Latour i Woolgar. Warto jednak odnotować, że niemal równocześnie z Latourem

* Rekonstrukcja za: Lynch 1985a, 1985b, 1988.

obserwacje praktyki laboratoryjnej prowadził inny ważny przedstawiciel STS – Michael Lynch. Swoje ustalenia zawarł w pracy *Art and Artifact in Laboratory Science* (Lynch 1985a). Podobnie jak francuski antropolog, w drugiej połowie lat 70. badał on pracowników jednego z czołowych amerykańskich laboratoriów biologicznych, wykorzystując metodę obserwacji uczestniczącej oraz narzędzia analizy konwersacyjnej. Praca Lyncha nie spotkała się z tak silną recepcją jak *Laboratory Life*. Niemniej jednak to właśnie od rekonstrukcji zawartych w niej wniosków warto rozpocząć rozważania nad zewnętrznymi reprezentacjami w nauce. Lynch ukazuje w swoich analizach zdecydowanie szersze spektrum wizualnych reprezentacji wykorzystywanych przez badaczy niż papierowe inskrypcje, którym uwagę poświęcili Latour i Woolgar. Jednocześnie opisuje on szersze spektrum funkcji zewnętrznych reprezentacji w poznaniu naukowym. Generalne wnioski na temat zewnętrznych reprezentacji w nauce, jakie można wysnuć z badań Lyncha nad biologią lat 70., pozostają wciąż aktualne, pomimo gwałtownego rozwoju różnych dyscyplin naukowych.

Lynch prowadził swoje obserwacje w uniwersyteckim laboratorium psychobiologicznym kierowanym przez profesora biologii, który zyskał sławę dzięki innowacyjnym badaniom nad hipokampem i mimo młodego wieku opublikował ponad sto artykułów z zakresu neuronauk w prestiżowych periodykach. W trakcie prowadzonych przez Lyncha obserwacji w laboratorium realizowano kilka równoległych projektów. Zdecydowaną większość obserwowanych prac stanowiły badania *in vivo* i *in vitro* przeprowadzane na mózgach zwierząt laboratoryjnych, głównie szczurach. W laboratorium znajdowały się trzy typy urządzeń badawczych. Do pierwszej grupy należała aparatura umożliwiająca elektrofizjologiczne badanie mózgu za pomocą urządzeń oscylograficznych. Drugi rodzaj urządzeń służył do hodowli kultur komórek – pobrane z mózgow zwierząt fragmenty trzymano w ściśle kontrolowanych warunkach, rejestrując ich aktywność. Trzeci rodzaj aparatury stanowiły mikroskopy świetlne i elektronowe umożliwiające analizę wypreparowanych i odpowiednio przygotowanych fragmentów tkanki mózgow. W trakcie badań prowadzonych przez Lyncha, kierownik zachęcony

dotychczasowymi sukcesami w taki sposób zreorganizował laboratorium, aby można było dodatkowo przeprowadzać badania biochemiczne (Lynch 1985a: 26–28).

Głównymi obszarami problemowymi, na których skupiali się obserwowani przez Lyncha badacze, była neurofizjologia oraz neuroplastyczność. W ramach pierwszego pola problemowego prowadzono eksperymenty na zwierzętach mające na celu zrozumienie działania neurotransmiterów. W tym celu wykorzystano cienkie, puste w środku, szklane elektrody, które wszczepiano do mózgów zwierząt eksperymentalnych. Część elektrod uwalniała jony różnych substancji, a pozostałe monitorowały zmiany w aktywności mózgu. Jeżeli zmiany pokrywały się czasowo z uwolnieniem jonów, oznaczało to, że dana substancja działała jako medium transmisji impulsów w danym systemie nerwowym. Jednocześnie, w ramach badań neurofizjologicznych, szukano szlaków przenoszenia impulsów nerwowych. Wykorzystywano do tego specjalnie znaczniki, które za pomocą wspomnianych elektrod wprowadzano do poszczególnych neuronów. Znacznik był transportowany przez akson i przestrzeń synaptyczną do dendrytu następnego neuronu. W momencie uwolnienia znacznika zwierzę było zabijane, dzięki czemu podczas sekcji jego mózgu badacze, korzystając z mikroskopów, mogli „zobaczyć” szlak, jaki pokonała substancja (Lynch 1985a: 28).

Druga linia badań skupiała się na procesach regeneracji neuronalnej. Przyjmuje się, że u dorosłych ssaków nie pojawiają się nowe neurony, a ewentualne uszkodzenia mózgu są kompensowane przez reorganizację połączeń istniejących już komórek. Zjawiska regeneracji neuronalnej były eksperymentalnie wywoływane u szczurów za pomocą chirurgicznej lezji ich mózgów. Badania przeprowadzane na hipokampie szczurów miały na celu określić, czy sieci neuronów tworzące mózg ssaków są w stanie przebudować się w taki sposób, by zająć połączenia zwolnione przez chirurgicznie zniszczone neurony, oraz jaki jest mechanizm i tempo procesu regeneracji połączeń nerwowych.

W swych obserwacjach naukowcy skupiali się na hipokampie, a w szczególności na jego części znanej jako zakręt zębaty (*dentate gyrus*). Badacze traktowali ten obszar jako idealny do badań nie tyl-

ko nad neuroplastycznością, ale również nad wieloma innymi procesami neuronalnymi. Zdecydowała o tym jego specyficzna budowa. Otóż w hipokampie różnego rodzaju komórki biegną równolegle i układają się warstwowo, co ułatwia ich fizyczne oddzielenie oraz analizę. Inne obszary mózgu, takie jak mózdzek, nie są zorganizowane w podobny sposób – połączenia nie biegną tu równolegle w jednej płaszczyźnie, lecz krzyżują się pod różnymi kątami, łącząc się ze sobą. Sami badacze określali hipokamp jako „naturalne laboratorium”. Istnienie tego naturalnie występującego szablonu graficznego stanowiło dla neurobiologów niezwykle korzystny zbieg okoliczności (Lynch 1985a: 29–30, 1985b, 1988).

W naszej rekonstrukcji proponuję skupić się na technikach, które umożliwiły badaczom zarejestrowanie i przebadanie jednego przejawu neuroplastyczności mózgu, a mianowicie procesu, który badacze określali pączkowaniem lub kiełkowaniem aksonów (*axon sprouting*; Lynch 1985a: 32–33). Przyjrzyjmy się zatem bliżej, za pomocą jakich technik udało się badaczom uczynić rzeczony proces dostępnym poznawczo.

Jak gołym okiem zobaczyć pączkujące aksony*

Kiełkowanie aksonów to mechanizm kompensujący szkody wywołane nieodwracalnymi zmianami w tkance nerwowej. Polega na tym, że aksony z nieuszkodzonych obszarów „kiełkują” – wypuszczają odgałęzienia i tworzą nowe połączenia, częściowo zajmując obszary synaptyczne zwolnione przez połączenia zniszczonych komórek (Lynch 1985b: 45).

Jak pokazuje Lynch, zarejestrowanie pączkowania aksonów zakładało coś więcej niż obserwację zachowania żywych zwierząt laboratoryjnych, którym uprzednio chirurgicznie uszkodzono mózg.

* Badania nad pączkowaniem aksonów to dobry przykład krążącej referencji w nauce. Pod tym właśnie kątem analizowałem to zagadnienie wraz z Krzysztofem Abriszewskim (zob. Abriszewski, Afeltowicz 2007). W tym miejscu skupiam się na innym aspekcie tego przypadku, a mianowicie na usytuowanym i rozproszonym charakterze procesów poznawczych, jakie zakładało przebadanie pączkowania aksonów.

Udzielenie odpowiedzi na sformułowane pytania badawcze wymagało skomplikowanej sekwencji czynności laboratoryjnych mających uczynić ten fenomen widzialnym dla ludzkiego oka, jak również poświęcenia dziesiątek szczurów laboratoryjnych (Lynch 1988).

Krok 1: przygotowanie zwierząt eksperymentalnych. Pączkowanie obserwowano nie u ludzi, lecz u szczurów; przyjęto, że ich mózgi stanowią dobry model mózgow ssaków jako takich. Posłużono się specjalnym szczepem szczurów laboratoryjnych Sprague-Dawley. Odmiana ta odznacza się potulnością, co ułatwia laborantom obchodzenie się z nimi. Przede wszystkim jednak ten szczep szczura został wyhodowany w celu uzyskania jednorodności wymiarów ich mózgow. Dzięki temu ograniczono różnice między mózgami poszczególnych szczurów. Wszystkim szczurom przypisano indywidualne numery, które naniesiono za pomocą farby na ich ogony. Te same numery towarzyszyły częściom usuniętym ze szczurzych ciał, a także wszystkim kolejnym przekształceniom, którym były one poddawane. Indeksowanie było kluczowe, gdyż umożliwiała prześledzenie biografii poszczególnych próbek.

Krok 2: lezja. Wszystkim obiektom eksperymentu pod narkozą chirurgicznie uszkodzono ten sam obszar mózgu, sztucznie wywołując u nich – przynajmniej zgodnie z teorią – proces regeneracji neuronalnej. Zabiegi zostały przeprowadzone w zbliżonym czasie. Protokoły i naniesione na szczurze ogony numery pozwalały precyzyjnie określić, jak dużo czasu minęło od zabiegu i ile trwa hipotetyczny proces regeneracji.

Krok 3: uśmiercanie zwierząt. Oznakowane i poddane lezji egzemplarze uśmiercano w różnych odstępach czasu od zabiegu chirurgicznego. Niektóre osobniki zabijano już po jednym dniu, a niektóre dopiero po stu. Większość szczurów uśmiercano w niespełna dwa tygodnie od lezji. Czyniono to w sposób, który zgodnie z nakazami metodologii i w świetle dostępnej wiedzy wywoływał najmniej nieporządných efektów w ich mózgach. Przykładowo, wykorzystywano gilotynę, której użycie nie prowadzi do zmian biochemicznych w mózgu zwierzęcia.

Krok 4: przygotowanie próbek. Częścią, która interesowała badaczy, był wyłącznie mózg zwierzęcia, a dokładniej hipokamp; po-

zostałe części martwego zwierzęcia po prostu utylizowano. Był on opisywany i wprowadzany do protokołów laboratoryjnych pod numerem, który przypisano wcześniej szczerowi-dawcy. Następnie fragmenty hipokampu przygotowywano do zabiegu mikroskopowania. Przede wszystkim musiał on zostać pocięty w bardzo cienkie paski. Te były następnie preparowane. Do wybarwiania próbek wykorzystywano roztwory różnych metali ciężkich – osadzały się one selektywnie na strukturach białkowych, tworząc w ten sposób architekturę, którą mogło uchwycić zdjęcie wykonane za pomocą mikroskopu elektronowego. Gdyby nie wybarwienie, próbka byłaby przezroczysta – wiązka elektronów lub fotonów po prostu przeniknęłaby przez nią, nie ukazując niczego na zdjęciu. Co istotne, chcąc zaobserwować różne elementy neuronalne, należało wybarwić próbkę za pomocą konkretnych odczynników o różnych proporcjach i składzie – każdy z nich dawał odmienny efekt końcowy i uwidaczniał różne elementy.

Krok 5: wykonanie zdjęć elektronowych i fotomontaży. Tak przygotowane próbki fotografowano za pomocą mikroskopu. We wcześniejszych analogicznych studiach stosowano mikroskopy optyczne. W badaniach, które obserwował Lynch, zastosowano jednak mikroskopy elektronowe. Ich obsługa wymagała nie tylko opanowania nowej wiedzy, ale również nowych kompetencji manualnych. W laboratorium technicy specjalizowali się w obsłudze jednego rodzaju mikroskopów. Doświadczenie w obsłudze aparatury miało ogromne znaczenie dla uzyskiwania wiarygodnych reprezentacji. Przykładowo, technik musiał umieć wyczuć, jak długo należy wystawiać badaną próbkę na działanie wiązki elektronów – zbyt długa ekspozycja powodowała spalenie próbki, a zbyt krótka dawała nieczytelny obraz.

Jeżeli chodzi o samą procedurę, to najpierw robiono zdjęcie mikrograficzne zakrętu zębatego w słabym powiększeniu. Następnie, wykorzystując zdjęcie w małym powiększeniu, ustawiano aparat tak, by wykonał serię czterech zdjęć w silnym powiększeniu, które uchwytowałyby konkretny akson. Tak wykonane zdjęcia łączono ze sobą szeregowo za pomocą kleju lub taśmy klejącej, dopasowując do siebie ich brzegi. W ten sposób uzyskiwano obraz pojedynczego aksonu. Jednak bez zdjęcia w słabszym powiększeniu byłoby niemoż-

liwe sporządzenie tak precyzyjnego fotomontażu – nie byłoby wiadomo, jak ustawić urządzenie, aby dokładnie uchwycić interesującą nas cechę, a także nie wiedzielibyśmy, jak posklejać ze sobą uzyskane w ten sposób zdjęcia.

Krok 6: graficzna obróbka zdjęć. Naukowcy za pomocą dwóch kolorów flamastrów (zielonego i czerwonego) zaznaczają na fotomontażu degenerujące i rozwijające się aksony. Nie chodzi tu wyłącznie o zliczanie rozwijających się i degenerujących połączeń. Ten prozaiczny zabieg uwidacznia i uwypukla pewne elementy reprezentacji, które są istotne z perspektywy realizowanych badań. Bez kolorowych zaznaczeń interesujące cechy są trudno dostrzegalne na niewyraźnym fotomontażu nawet dla wprawnego oka profesjonalnego badacza. Co więcej, owo „kolorowanie” fotomontaży było wykonywane przez przynajmniej dwóch badaczy, którzy negocjują ze sobą kolejne decyzje dotyczące oznaczenia uchwyconych na zdjęciach cech.

Istotną cechą montażu jest to, iż jest znana wielkość powiększenia, a więc brzegi poszczególnych zdjęć badacze mogą traktować jako miarę danego zjawiska. W tym przypadku brzeg jednego zdjęcia odpowiada jednemu mikronowi, a więc dłuższy brzeg fotomontażu stanowi skalę czterech mikronów. Dzięki temu naukowcy nie tylko widzą kiełkujące aksony, ale mogą ocenić ich wielkość, odwołując się choćby do zwykłej linijki biurowej.

Krok 7: szkicowanie. Często jednak nawet na pokolorowanych fotomontażach istotne cechy pozostawały niewyraźne. Dlatego bardzo często badacze przerysowywali na osobną kartkę papieru kontury uchwyconych struktur, pomijając elementy generujące „szum” informacyjny. Przygotowując szkice, badacze wykorzystywali często urządzenie znane jako *camera lucida*. Był to projektor, który rzucił powiększony obraz z mikroskopu świetlnego na białą kartkę papieru, ułatwiając w ten sposób obrysowanie konturów istotnych cech.

Krok 8: zestawienie ze sobą różnych reprezentacji. Oto dotarliśmy do etapu, w którym naukowcom udało się sprowadzić pierwotnie niewidzialne zjawisko do postaci leżącego przed nimi na stole zdjęcia lub szkicu. Stworzyło to możliwość przeprowadzania różnych zabiegów, polegających na manipulowaniu kartkami papieru i flamastrami. Musimy jednak pamiętać, że badanie miało na celu

rozumienie neuroplastyczności. Tymczasem na tym etapie neurobiolodzy widzą jedynie aksony w pewnej zastygłej formie – wszak komórki, które fotografowali, były już martwe. W jaki sposób zdjęcie martwych komórek mogą pomóc w zrozumieniu pączkujących aksonów? Są do tego potrzebne inne szczury, które zostają poddane identycznej sekwencji czynności. W efekcie otrzymujemy serie fotomontaży zdjęć elektronowych. Kluczowe są dwie rzeczy. Po pierwsze, w badaniu wykorzystano specjalny szczep szczura, dzięki czemu mózgi różnych egzemplarzy można było ze sobą porównywać. Po drugie, szczury były zabijane w różnych odstępach czasu od momentu uszkodzenia ich mózgow. Uzyskane w ten sposób montaże zostają chronologicznie ułożone. Tym samym uzyskano sekwencję stadiów kiełkowania aksonu oraz degeneracji innych połączeń. Można mówić wręcz o „re-animacji” szczurzych mózgow – sekwencja zdjęć martwych tkanek służy jako reprezentacja procesów zachodzących w żywym mózgu. Nie pozwalała nam to zobaczyć tego samego aksonu na przestrzeni kilku dni (poszczególne fotomontaże ukazują fragmenty mózgow różnych szczurów); możemy jednak prześledzić, jak wyglądają analogiczne komórki w hipokampie po jednym, po czterech, po jedenastu czy po stu dniach od operacji.

Proces tworzenia wizualnych reprezentacji procesu neuronalnego polegał na stopniowym przekształcaniu obserwacji i próbek w obiekty bardziej użyteczne z perspektywy danego przedsięwzięcia. Kolejne translacje prowadziły do powstania coraz bardziej abstrakcyjnych obiektów, podatnych na analizę teoretyczną. Zauważmy jednak, że sekwencje translacji nie muszą zawsze prowadzić od konkretnych fizycznych obiektów do konceptów teoretycznych lub różnego rodzaju modeli. Proces naukowych przekształceń może przebiegać w innym kierunku, podyktowanym bieżącymi potrzebami badawczymi.

Na każdym etapie omawianego procesu badany materiał był poddawany silnej kontroli mającej zagwarantować poprawność uzyskiwanych rezultatów. To właśnie dążenie do wychwytywania błędów, artefaktów i pomyłek stanowi jedną z najbardziej charakterystycznych cech analizowanych przez Lyncha praktyk laboratoryjnych. Przejawiało się to między innymi w selekcji szczurów,

próbek i zdjęć. Nie każdy osobnik nadawał się do badania. Podczas sekcji stwierdzano we wnętrznościach wielu osobników niewyjaśnione zmiany patologiczne lub anomalie anatomiczne, które czyniły je atypowymi, w wyniku czego osobniki te były odrzucane. Część uzyskanych zdjęć okazywała się zamazana lub uszkodzona – czasami dochodziło do tego z winy operatora, a czasami była to wina sprzętu. Jednak nie wszystkie reprezentacje tego typu były odrzucane. Lynch przytacza jedną ze swoich rozmów z pracownikami laboratorium. Jeden z techników obsługujących mikroskop oglądał świeżo wykonane zdjęcie. Pochwalił „piękno” sposobu wypreparowania próbki, jednak wyraził zawód związany z cieniem, który pojawił się na obrazie. Zapytany o to, czy miało to znaczenie dla badania, stwierdził, że nie. Dodał jednak, że zdjęcie nie było „publikowalne”. Pracownicy laboratorium dzielili dobre reprezentacje na dwa rodzaje. Do pierwszej grupy należały reprezentacje, które bardzo wyraźnie ukazywały istotne cechy i były pozbawione nieestetycznych smug, dlatego też mogły być dołączane do artykułów i raportów. Były to materiały udostępniane do wglądu, dlatego biolodzy określali je jako *lookers*. W skład drugiej, zdecydowanie większej, grupy wchodziły zdjęcia, które choć wciąż posiadały swoją wartość badawczą – były zdadne do użytku – to jednak ze względów estetycznych nie prezentowano ich publicznie. Miały one znaczenie głównie z punktu widzenia podwyższania statystyk przeprowadzonych eksperymentów. Ten typ zdjęć badani biolodzy określali jako *numbers* lub *users* (Lynch 1985a: 94–97).

Spośród licznych praktyk opisywanych przez Lyncha na szczególną uwagę zasługuje technika określana przez badanych jako „wycinanka” (*paper doll*). Była ona powszechnie wykorzystywana przez pracowników laboratorium przy analizie szkiców uzyskanych w wyniku omawianej powyżej sekwencji czynności. Jeden z problemów, z jakim należało się uporać, analizując szkice, polegał na określeniu stosunku obszarów, jakie zajmowały rozwijające się i degenerujące aksony. Wytyczenie na szkicu linii granicznej biegnącej między różnymi obszarami widocznymi na zdjęciu nie było dla badaczy niczym trudnym. Problem stwarzało dopiero precyzyjne określenie stosunku jednego obszaru do drugiego. W dzisiejszych czasach tę czyn-

ność wykonałby komputer, obliczając powierzchnię wprowadzonego do jego pamięci obrazu. Matematyczne wyliczanie powierzchni z porównywalną precyzją przez człowieka w przypadku setek reprezentacji byłoby niezwykle czasochłonne. Jeden z pracowników laboratorium zaproponował genialne w swej prostocie rozwiązanie powyższego problemu obliczeniowego.

Pomysł polegał na wykorzystaniu pewnej właściwości papierowego szkicu, o której często zapominamy. Otóż zazwyczaj myślimy o szkicu jako dwuwymiarowym obrazie, zapominając o jego innych fizycznych cechach. Tymczasem każda kartka z naniesionym na nią rysunkiem, bez względu na to, jak cienka by nie była, wciąż ma swoją grubość, a co za tym idzie, również wagę. Można przyjąć, że kartka ma mniej więcej taką samą grubość na całej swojej powierzchni. W takiej sytuacji wystarczy wyciąć za pomocą nożyczek obszar szkicu z pączkującymi aksonami i zważyć ten fragment za pomocą dobrze skalibrowanej wagi. Wystarczająco precyzyjne urządzenie znajdowało się w pracowni – wykorzystywano je do ważenia próbek laboratoryjnych. Na koniec należy podzielić wagę wyciętego fragmentu przez wagę całej kartki. Z czasem, gdy metoda została powszechnie przyjęta, ważenie kartki przed pocięciem stało się niepotrzebne, gdyż wszyscy pracownicy zaczęli używać do szkicowania papieru o takich samych parametrach fizycznych – od tego momentu wagę kartki traktowano jako stałą (Lynch 1985a: 284–289).

Redukcja złożoności przez przekształcanie reprezentacji

W tym miejscu warto przywołać formułę Herberta A. Simona, wedle której rozwiązywanie problemu polega na czynieniu rozwiązania transparentnym. Jak twierdził autor *The Sciences of the Artificial*, o rozwiązywaniu przynajmniej niektórych problemów można myśleć w kategoriach zmiany sposobu ich reprezentowania. Z taką właśnie sytuacją mieliśmy do czynienia w przypadku powyżej opisanych procedur badawczych.

Naukowcy, aby ujawnić i zrozumieć niewidzialne dla ludzkiego oka procesy i obiekty neuronalne, dokonali transformacji sposobu ich prezentacji. Rozwiązanie problemu nie sprowadzało się

do „uzbrojenia” ludzkiego oka w odpowiedni instrument, na przykład mikroskop. Aby zobaczyć aksony, nie wystarczy powiększenie obrazu. Badane komórki należy odpowiednio przygotować, tym samym nieuchronnie je zmieniając. Jeszcze trudniej jest zobaczyć wzrost lub degenerację aksonów, czyli uchwycić ich zmianę – wszak zdjęcia mikroskopowe ukazują jedynie statyczne i *de facto* martwe aksony. Ich wzrost może zostać uwidoczniiony dopiero przez zestawienie szeregu fotomontaży. Konieczne jest jednak przyjęcie silnych założeń metodologicznych, a także wykorzystanie specjalnego szczepu szczurów.

Z perspektywy naszych rozważań jest istotne, że w wyniku kolejnych translacji problem uległ redukcji złożoności. Zostały ukazane istotne cechy obiektów, a inne elementy, w tym informacyjny „szum”, wyeliminowano. Ową redukcję złożoności najlepiej widać na etapie, gdy przechodzi się od fotomontażu do pokolorowanej flamastrami reprezentacji lub szkicu. Wykorzystanie flamastrów to bardzo dobry przykład działania epistemicznego. Badacz, patrząc na pokolorowany fotomontaż, z łatwością wychwyci różne elementy i łatwiej będzie mu nanosić kolejne poprawki. Te z kolei może wypuklić na przygotowanym przez siebie szkicu. Punktem wyjścia do dalszych analiz staje się nie badany fenomen w całej swej złożoności, ale właśnie ów uproszczony szkic. Zostaje on potraktowany jako swego rodzaju czarna skrzynka. Szkic stanowi ucieleśnienie dotychczasowych ustaleń.

Kolejną rzeczą, na którą warto zwrócić uwagę, jest fakt, że w wyniku opisywanych transformacji zmienia się liczba wymiarów badanego zjawiska. Zjawisko regeneracji neuronalnej przebiega w szczurzym mózgu – jest to proces, a więc jest rozciągnięty czasowo. Sam mózg jest trójwymiarowy. Składa się jednocześnie z wielu warstw i splotów komórek, które skrywają skóra i czaszka zwierzęcia. Wszystko to utrudnia poznawczy dostęp do badanych procesów. Gdy szczur zostanie uśmiercony, badany proces zostaje zatrzymany. Znika tym samym wymiar czasowy. (Warto pamiętać, że biolodzy zupełnie inaczej radzili sobie z redukcją wymiaru czasu, badając szlaki przekazywania neurotransmiterów za pomocą znaczników, które po przejściu pozostawiały wyraźny ślad w mózgu zwierząt, możliwy do odczytania,

jeżeli zabito je tuż po zabiegu). Oczywiście naukowcy na pewnym etapie swoich badań będą musieli odzyskać ów wymiar, ale dopiero wtedy, gdy uchwycą na fotomontażu interesujące ich cechy w uproszczonej postaci. Wielowarstwowe, trójwymiarowe tkanki zostają rozdzielone i pokrojone na paski. Paski z kolei zostają przetworzone na dwuwymiarowe reprezentacje, takie jak szkice. (Nie zapominajmy, że badacze wciąż są w stanie wykorzystać trójwymiarowe właściwości samego papieru, na którym te są wykonane). Wreszcie na koniec procesu, dzięki różnym technikom, w tym „wycinankom”, uzyskuje się wartości liczbowe oraz różnego rodzaju metryki, na przykład stosunek wielkości powierzchni regenerujących się aksonów do pola neuronów, które uległy degeneracji. Wszystko zostaje sprowadzone do jednego wymiaru – w ten sposób biolodzy przechodzili od opisu jakościowego do ilościowego.

Dzięki różnym procedurom laboratoryjnym naukowcy mogą próbować cofnąć się po własnych krokach, by odzyskać jakościowy wymiar badanych obiektów oraz inne informacje, który zniknęły w wyniku redukcji złożoności. Zawsze można sięgnąć do protokołów, zdjęć i szkiców. Jednak odzyskiwanie tego, co wcześniej wyeliminowano w wyniku transformacji, jest możliwe tylko w pewnym ograniczonym zakresie. Przecież szczątki szczura-dawcy zostały zutylizowane, a więc badacze nigdy nie poznają różnych patologii jego ciała, które mogły umknąć ich uwadze przy pierwszym badaniu. Próbkę zostały wybarwione za pomocą wybranych odczynników, a więc badacze nie ujrzą pod mikroskopem tych aspektów, które byłyby widoczne przy wykorzystaniu innych preparatów. Co więcej, sama próbka ma swój okres przydatności do badania. Wreszcie, badacze są świadomi tego, że danej próbce można zrobić zaledwie kilka zdjęć elektronowych – wiązka elektronów stosowana w mikroskopie do rejestrowania obrazu stopniowo niszczy wypreparowane tkanki.

Nauka jako projekt bez szczegółowego planu

Kolejną istotną kwestią, na którą zwraca uwagę Lynch, jest sposób organizacji i planowania badań realizowanych w obserwowanym przez

niego ośrodka. Obraz, jaki nam prezentuje, w znaczącym stopniu odbiega od wyobrażeń na temat badań naukowych jako metodologicznie i biurokratycznie zorganizowanych przedsięwzięć. Zgodnie ze standardowym wyobrażeniem, badania naukowe, w szczególności duże projekty, oparte są na skrupulatnym planowaniu. Badacze, aby uzyskać środki na własne badania lub zostać włączonymi do większego projektu, muszą jasno sprecyzować cele, hipotezy, metody, perspektywę teoretyczną oraz narzędzia. Są również zobowiązani określić *deliverables*, czyli to, co dokładnie dostarczą na koniec poszczególnych etapów badań. Ujęcie to jest charakterystyczne dla polityki nauki i zarządzania projektami. W takiej perspektywie praca badawcza przebiega zgodnie z rytmem wyznaczanym przez kolejne raporty cząstkowe oraz „kamienie milowe” (*milestones*). Podobne wyobrażenia na temat nauki podtrzymuje teoretyczystyczna filozofia nauki, która kładzie szczególny nacisk na planowanie obserwacji, projektowanie eksperymentów i formułowanie hipotez badawczych. W takiej perspektywie nauka staje się zaplanowanym testem.

Jednak menedżerowie projektów oraz kierownicy zespołów badawczych są świadomi, że zdecydowana większość badań z trudem daje się wtłoczyć w ramy polityki naukowej. Dlatego istnieje dość duża sfera tolerancji wobec odstępstw od pierwotnych zamierzeń. Często okazuje się, że poboczne inicjatywy, które rozwiną się podczas prac badawczych, stwarzają bardziej owocne perspektywy niż pierwotnie realizowany projekt. W obliczu wymogów rozliczania projektów naukowych sami badacze stosują szereg wybiegów. Przykładowo, wielu z nich występuje dopiero o środki na badania, mając już wstępne wyniki, które gwarantują, że uda im się rozliczyć grant. Same projekty są formułowane w taki sposób, by pozostawić dużą swobodę działania na wypadek, gdyby pierwotne zamierzenia okazały się niemożliwe do zrealizowania, a cele i pytania musiały zostać przeformułowane.

Lynch prezentuje pracę neurobiologów właśnie jako częściowo improwizowane działanie pozbawione sztywnego planu (Lynch 1985a: 55–68). Co prawda obserwowani przez niego badacze nieustannie wyjaśniali swoje działania w kategoriach metodologii, jednak jego obserwacje wskazywały na to, że rozwój projektu nie polegał na wcielaniu w życie założeń projektu, lecz stanowił efekt

lokalnych interakcji. Mimo że Lynch miał tu do czynienia ze stosunkowo małym przedsięwzięciem (przynajmniej jeżeli porównać je z omawianymi wcześniej eksperymentami realizowanymi w CERN), to nikt nie był w stanie ogarnąć go w całości. Przyznał mu się do tego nawet kierownik laboratorium (Lynch 1985a: 56). Nikt nie był w stanie ogarnąć nawet złożoności samych procedur. Przykładowo, odczytniki okazywały się „kapryśne” – nie zawsze działały w oczekiwany sposób – potrafili sobie z nimi radzić tylko wybrani technicy (Lynch 1985a: 67). Pewne eksperymenty, aby mogły zostać powtórzone, musiały być wykonywane ciągle przez tego samego badacza mającego swój indywidualny styl pracy laboratoryjnej. Dlatego też pojedynczym pracownikom laboratorium dokonującym poszczególnych translacji pozostawiano pewne istotne decyzje natury technicznej lub metodologicznej, które mogły mieć wpływ na przebieg całego badania i jego wynik końcowy (Lynch 1985a: 55–68).

Opisywane przez Lyncha procesy badawcze nie były centralnie zarządzane. O ich przebiegu decydował nie tyle jakiś generalny plan, co lokalne decyzje poszczególnych pracowników oraz usytuowane interakcje. Dodajmy, że nie chodzi wyłącznie o interakcje czysto społeczne, ale również o interakcje badaczy z narzędziami ich pracy oraz generowanymi przez nie reprezentacjami. Zaskakujące zachowanie próbek lub nieantycypowane anomalie sprawiały, że badacze często porzucali pierwotne hipotezy i dotychczasowe linie dociekań. Lynch przytacza następujący przykład. Jeden z лаборantów przeprowadził eksperyment, który dał zaskakujący wynik. Najprawdopodobniej zostałyby to zignorowane. Jednak ów „błędny” wynik był zgodny z hipotezą, którą kilka lat wcześniej sformułował kierownik laboratorium. Uznano, że gdyby udało się odtworzyć zaobserwowany efekt, miałyby to rewolucyjne znaczenie w świetle obecnej wiedzy. Wyznaczono dwóch pracowników, którzy mieli powtórzyć eksperyment, odtwarzając wszystkie warunki, w jakich pojawił się ów „błąd”. Ostatecznie, po wielokrotnych próbach ponownego wywołania anomalii, nie udało się powtórzyć interesującego efektu i zrezygnowano z dalszych eksperymentów. Nie oznacza to jednak, że uznano pierwotny wynik za efekt ludzkiego błędu lub artefakt procedur badawczych. Próby replikacji odłożono na później –

uznano, że należy je zawiesić w związku z koniecznością rozliczenia szeregu bieżących zadań badawczych. Innymi słowy, wcale nie obalono hipotezy, ale uznano, że kontynuowanie prób jest nieopłacalne z perspektywy pragmatyki badawczej (Lynch 1985a: 63).

Warto w tym momencie przywołać metaforę canoe pokonującego kaskady, którą Suchman stosuje, by unaocznic nam relację między planowaniem a usytuowanym działaniem. Lynch nie twierdzi, że w nauce nie ma miejsca na formułowanie przypuszczeń, snucie planów czy projektowanie działań. Wszystko to rzeczywiście odgrywa dużą rolę w badaniach naukowych, podobnie zresztą jak w wielu innych zorganizowanych ludzkich działaniach zbiorowych. Jednak nauka to nie tylko wcielony w życie plan, ale także dynamiczne reagowanie na nadarżające się zbiegi okoliczności. Podobnie do kajakarza, badacze stawiają hipotezy i formułują plany; jednak plany i przypuszczenia służą zorientowaniu badaczy w taki sposób, aby najlepiej mogli wykorzystać dostępne im zasoby. Innymi słowy, w pracy laboratoryjnej jest wiele miejsca na improwizację, majsterkowanie i przygodność. W ramach analizowanego przez Lyncha projektu można wyróżnić anomalie, które nie budziły większego zainteresowania (na przykład „dziwne” struktury w mózgach niektórych zwierząt, które po prostu odrzucano jako artefakty), oraz te, którym poświęcano uwagę jako potencjalnie istotnym (jak miało to miejsce w powyższym przykładzie).

Podobny obraz zaprezentowali Jerry Feitelson i Mark Stefik (1977). Analizowali oni sposób planowania eksperymentów przez genetyków. Stwierdzili, że naukowcy jedynie w takim stopniu doprecyzowywali plan, aby mógł on działać jako ogólna rama, organizując badanie. Zamiast ściśle planować, pozwalali, aby kolejne wyniki wskazywały im kierunek dalszych dociekań. Hipotezy nieustannie przeformulowywano w świetle nowych wyników. Ostatecznie Feitelson i Stefik stwierdzili, że badania prowadzone przez genetyków były kierowane przez rozwój wypadków (*event driven*). Dzięki temu mogli poszukiwać nowych, interesujących możliwości i perspektyw, jakie wskazywał im dany eksperyment. Stwierdzenie, że badanie naukowe stanowi usytuowany proces, który jest ukierunkowywany przez rozwój wypadków, nie tylko dobrze opisuje zaobserwowane przez Lyn-

cha praktyki neurobiologów, ale w mniejszym lub większym stopniu stosuje się do innych przedsięwzięć badawczych. W perspektywie naszych rozważań kluczowe jest to, że generowanie, modyfikowanie i przekształcanie reprezentacji nie służy wyłącznie rozwiązywaniu problemów, ale w gruncie rzeczy wielokrotnie prowadzi do ich przeformułowania.

Neurobiologia lat 70. na tle współczesnych praktyk badawczych

Trudno się spodziewać, aby współcześni biolodzy wykorzystywali opisywane przez Lyncha analogowe „sztuczki”, skoro dysponują różnego rodzaju cyfrowymi technologiami. Obróbka reprezentacji w neurobiologii nie wymaga już sklejanego i kolorowania fotomontaży. Wiele z zaprezentowanych powyżej czynności zostało oddelegowanych do maszyn. Przykładowo, współczesna neurobiologia w dużej mierze opiera się na analizach obrazów generowanych za pomocą różnego rodzaju technik neuroobrazowania. Można tu wymienić między innymi technikę strukturalnego i funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (zob.: Alač 2008; Alač, Hutchins 2004; Baird 2004: 211–237). To, że dzięki nowoczesnym technikom długie sekwencje translacji zostają zautomatyzowane i zamknięte w nieprzeźroczystych dla naukowców czarnych skrzynkach, nie zmienia faktu, że wciąż odwołują się oni do różnego rodzaju zewnętrznych reprezentacji badanych problemów i zjawisk. Jednak operacje na zewnętrznych reprezentacjach nie zawsze są widoczne w tak ewidentny sposób, jak miało to miejsce w przypadku badań nad pączkowaniem aksonów. Dzisiejsi badacze niekoniecznie odwołują się do pomocy nożyczek, kleju i ołówków – wszak wielu pożytecznych narzędzi edycji reprezentacji dostarcza podstawowe narzędzie pracy niemal każdego naukowca, czyli komputer osobisty wyposażony w graficzny interfejs. Badacze wciąż jednak muszą pracować na jakichś formach zewnętrznych reprezentacji, gdyż stanowią one podstawowe narzędzie umożliwiające poznawcze opanowanie i zrozumienie świata. Dlatego naukowcy wciąż prześcigają się w tworzeniu nowych metod generowania pomocnych reprezentacji, ich udoskonalaniu czy wreszcie dopasowywaniu do bieżących potrzeb. Przykładowo, jak sugerują

badania Morany Alač (2008) nad wykorzystaniem technik funkcjonalnego rezonansu magnetycznego we współczesnych naukach neurokognitywnych, najlepsze laboratoria nie pracują na standardowym oprogramowaniu oferowanym przez producentów samych skanerów. Naukowcy bardzo często przebudowują interfejsy programów, ingerują w kod źródłowy albo piszą swoje własne programy od podstaw. Czynią to po to, by usprawnić pracę urzędów lub przesterować je w taki sposób, by można było za ich pomocą rejestrować inne spektrum zjawisk niż te, które przewidywali ich producenci.

Zewnętrzne reprezentacje jako „klej społeczny”

Pod koniec poprzedniego rozdziału stwierdziliśmy, że próba wyabstrahowania relacji czysto społecznych była sztucznym zabiegiem. Dzieje się tak dlatego, że niejednokrotnie interakcje społeczne są zapośredniczone przez technologiczne i materialne obiekty. Co więcej, często bez tego typu mediów komunikacja i koordynacja działań (epistemicznych, pragmatycznych) jest wręcz niemożliwa. W jaki sposób można by zgrać pracę zespołu nawigatorów morskich bez mapy, która integruje informacje i wskazuje, co dalej należy robić? Oczywiście funkcjonowanie laboratorium, w którym Lynch prowadził swoje analizy, nie byłoby możliwe, bez szeregu rutyn organizacyjnych i zinstytucjonalizowanych procedur. Ale na organizację pracy badaczy można również spojrzeć nieco inaczej. Otóż w przypadku badań nad pączkowaniem aksonów każda z czynności jest wykonywana przez innego badacza – to kolejne reprezentacje wędrujące po różnych obszarach pracowni naukowej zapośredniczają pracę. Poszczególne reprezentacje stanowią czarne skrzynki, będące ucieleśnieniem wyników i decyzji poprzedniego naukowca. Często stwarzają przestrzeń dla komunikacji, na przykład wtedy, gdy dwóch badaczy pochylonych nad fotomontażem dyskutuje, które plamki i smugi są artefaktami, a które nie, które z nich zaznaczyć na czerwono, a które na zielono. Podobne funkcje pełnią we współczesnej neurobiologii różnego rodzaju skany mózgow oraz inne reprezentacje generowane dzięki technikom neuroobrazowania – stanowią one

podstawowe medium komunikacji i stwarzają przestrzeń dla negocjacji naukowych (zob.: Alač 2008; Alač, Hutchins 2004).

Susan Leigh Star wprowadziła kategorię obiektu granicznego (*boundary object*). Jest to każdy obiekt, który pozwala różnym osobom lub członkom różnych grup komunikować się przez istniejące między nimi bariery poznawcze i realizować skoordynowane działania, mimo że ich sposób rozumienia problemu lub przedmiotu może być niewspółmierny (Star 1989; Star, Griesemer 1989; zob. również: Henderson 1991; Boujut, Blanco 2003; Eckert, Boujut 2003; Stacey, Eckert 2003; Subrahmanian et al. 2003; Turner et al. 2006). Przykładem obiektów granicznych są opisywane przez Latoura i Woolgara inskrypcje, którymi neuroendokrynolodzy posługiwali się, by uzgodnić swoje definicje sytuacji oraz wyobrażenia na temat diskutowanych problemów. Stanowią one podstawę do nawiązania kontaktu i negocjowania rozwiązań problemów. Takim samym obiektem jest fotomontaż diskutowany przez neurobiologów, ale również różnego rodzaju statystyki, modele, wykresy czy animacje, oraz wiele innych zewnętrznych reprezentacji wykorzystywanych w nauce. Kolejne studium przypadku dotyczące zespołowej pracy inżynierów pozwoli nam lepiej zrozumieć działanie i funkcje obiektów granicznych.

Wizualna kultura inżynierów*

Praca *On Line and On Paper* autorstwa Kathryn Henderson (1999) stanowi efekt rocznej obserwacji uczestniczącej przeprowadzonej w dwóch kalifornijskich przedsiębiorstwach projektowych oraz licznych wywiadów przeprowadzonych z kalifornijskimi inżynierami. Badania te pozwoliły Henderson nie tylko przeanalizować bogaty asortyment papierowych reprezentacji, wykorzystywany przez inżynierów, ale również zarejestrować dogłębne zmiany w praktyce inżynierskiej, jakie dokonały się za sprawą upowszechniania oprogramowania wspomagającego prace projektowe typu CAD (*Computer*

* Rekonstrukcja za: Henderson 1991, 1998, 1999.

Assisted Drafting lub *Computer Aided Design*). Skupmy się najpierw na wszędobylskości papierowych reprezentacji oraz ich poznawczych i społecznych funkcjach.

Wszędobylskie szkice

W praktyce inżynieryjnej można spotkać się z szeroką gamą szkiców. Można wyróżnić tu między innymi: (1) szkice przygotowywane przez inżynierów i projektantów na wczesnym etapie prac; (2) szkice projektowe tworzone z myślą o użytku wewnętrznym – poddane wczesnej formalizacji i przygotowane zgodnie z przyjętymi konwencjami; mają dawać ogólny obraz przygotowywanego produktu; (3) oficjalne schematy produkcyjne, czyli szkice, które ukazują wszystkie aspekty projektu z myślą o jego przemysłowym wytworzeniu; (4) schematy poglądowe oraz schematy techniczne – są tworzone już po zakończeniu prac projektowych i adresowane do użytkowników końcowych, w tym osób zajmujących się konserwacją i naprawą produktu; (5) ilustracje techniczne – mają charakter poglądowych prezentacji, są zamieszczane w książkach i podręcznikach, nie pozwalają one jednak ani na wyprodukowanie urządzenia, ani jego naprawę. Oprócz tego w praktyce inżynierów są obecne różnego rodzaju mniej lub bardziej sformalizowane nieoficjalne schematy, a także tworzone na potrzeby przedsiębiorstw projektowych i wytwórców inżynieryjne „książki kucharskie” – nazywane czasami *travelers* (zob. Henderson 1999: 91–92) – które zawierają wszelkie, opisy, wskazówki i dodatkowe informacje mające umożliwić samodzielne skonstruowanie produktu.

Prace projektowe polegają w dużej mierze na tworzeniu kolejnych generacji szkiców, na które są nanoszone różnokolorowymi przyborami kreślarskimi uwagi i poprawki. W wyniku prac projektowych powstaje najczęściej długa sekwencja kaskad, na które składają się coraz bardziej dopracowane i sformalizowane rysunki oraz schematy. Jak argumentuje Henderson, dzieje się tak, gdyż papierowe szkice różnego rodzaju stanowią serce systemu komunikacyjnego inżynierów – główne medium wymiany idei, płaszczyznę, na której mogą oni wymieniać się pomysłami, ale także podstawowe narzę-

dzie, za pomocą którego myślą i rozwiązują problemy. Szkic stanowi czynnik pośredniczący i spinający pracę tak różnych specjalistów, jak spawacze, elektrycy czy specjaliści od systemów hydraulicznych (Henderson 1999: 27).

Autorka *On Line and On Paper* bardzo często była świadkiem sytuacji, kiedy dwóch lub więcej inżynierów dyskutowało na temat szczegółów projektowanego urządzenia, posługując się papierowym schematem – na zmianę nanosili uwagi, poprawki i szczegóły, przekazując sobie co chwilę, w nieświadomy sposób przybory do pisania (Henderson 1999: 25). Jeden z pracowników przedsiębiorstwa inżynierskiego następująco opisuje interakcje projektantów:

Zawsze ma się coś w ręce. [...] Nigdy nie widzi się dwóch projektantów, którzy sobie po prostu siedzą i rozmawiają. [Często słyszy się:] „Daj mi ołówek, to ci wytłumaczę”. Wszyscy rysują sobie nawzajem szkice, [mówiąc:] „To właśnie próbuję tu zrobić. Pozwól, że ci pokażę” (Henderson 1999: 83).

Rozłożyste schematy rozpościerane na deskach kreślarskich, robocze szkice oraz innego rodzaju papierowe media są tak ważne w komunikacji między inżynierami, że są oni gotowi przekładać nawet najważniejsze spotkania w oczekiwaniu na ich dostarczenie. Nie dotyczy to wyłącznie spotkań inżynierów z różnych przedsiębiorstw, ale także codziennych praktyk mających miejsce w ramach poszczególnych biur projektowych. Nie chodzi wyłącznie o gotowe szkice, ale również o samą czynność szkicowania – bez kolektywnego nanoszenia poprawek na szkic, negocjowania poszczególnych elementów rysunku, pomysły i rozwiązania po prostu nie mogą krążyć między inżynierami. Fascynujący jest również stopień koordynacji dwóch systemów poznawczych, jaki jest możliwy podczas pracy nad wspólnym szkicem, gdy dwóch badaczy bez słowa, nieświadomie oddaje sobie jeden ołówek z taką łatwością, jakby oddawali sobie głos w rozmowie.

Szkice nie tylko ułatwiają, ale niekiedy wręcz umożliwiają komunikowanie i negocjowanie projektów. Stanowią one – przynajmniej w odczuciu badanych – podstawowe narzędzie, za pomocą którego

myślą. Szczególnie dobrą ilustracją jest przypadek Sharon – jednej z pracownic przedsiębiorstwa projektującego turbiny, która w momencie awansowania jej ze starszego kreślarza na stanowisko inżyniera została przeniesiona do nowego biura i pozbawiona swojego dotychczasowego narzędzia pracy, czyli deski kreślarskiej. Natychmiast zwróciła się do przełożonych z prośbą o jej zwrot, twierdząc, że „nie może myśleć bez swojej deski”. Jak sama twierdzi, rozwiązywanie problemów w pracy projektowej odbywa się właśnie przez kreślenie rysunków. Najlepsi profesjonalści od razu zaczynają od kreślenia szkiców i rysunków, poprawiając je, wymazując elementy, przerysowując na pewnym etapie bardziej udane pomysły na czyste kartki. To, co „w głowie” może wydawać się sensowne, niekoniecznie jednak będzie jawiło się jako takie, gdy zobaczymy to na kartce papieru. Jak zauważyła Sharon, 80% problemów, wad i usterek ujawnia się dopiero wtedy, gdy zaczyna się rysować i patrzy się na własny rysunek – dopiero wtedy inżynier widzi, z czym tak naprawdę ma do czynienia (por. Henderson 1999: 82).

Widać zatem, że szkice i schematy pełnią nie tylko rolę obiektów brzegowych, ale także inskrypcji w rozumieniu antropologii nauki (por. *conscriptio devices*; Henderson 1999: 51–57). Jednocześnie funkcja szkiców nie może być sprowadzona do zewnętrznej krótko- i długotrwałej pamięci. Szkice wspomagają i stymulują sam proces twórczy. Można nawiązać w tym miejscu do omawianych w rozdziale piątym eksperymentów Kirsha i Maglio z grą Tetris, które demonstrowały ścisłe sprzęgnięcie człowieka i zewnętrznej reprezentacji problemu. Podobnie jak gracz w Tetris obraca *tetramino*, eliminując tym samym potrzebę dokonywania mentalnych rotacji, tak też kreślarz lub inżynier tworzy na papierze reprezentacje, by móc łatwiej dojrzeć nie tylko błędy, ale również możliwości stwarzane przez projekt.

Warto z tej perspektywy spojrzeć na różnorodność szkiców i schematów, jakimi posługują się projektanci i inżynierowie. Część z nich jest wysoce dopracowana i służy prezentacji końcowego wyniku prac – mają one swobodnie krążyć między różnymi instytucjami w niezmienionej postaci. Wiele innych szkiców jest tworzonych z kolei w taki sposób, by ich modyfikacja wiązała się z najniższymi

kosztami. To właśnie te prowizoryczne, plastyczne, pokreślone różnymi kolorami szkice stanowią narzędzie pracy konceptualnej podczas grupowego negocjowania projektu i rozwiązywania problemów.

Od szkicu do makiety

Jednak kartki papieru, wydruki, schematy i przybory kreślarskie to nie jedyne media, które są wykorzystywane w ramach wizualnej kultury inżynierów. Musimy bowiem pamiętać, że reprezentowane na powierzchni kartki urządzenia nie tylko mają trzy wymiary, ale najczęściej posiadają również wiele ruchomych części. Czy papierowe media okazują się pomocne w wyobrażaniu sobie, jak będzie wyglądało w rzeczywistości projektowane urządzenie, na przykład ramię koparki lub turbina?

Jak pokazuje inny badacz analizujący praktyki inżynierów, Ben McGarry, część projektantów „animuje” swoje szkice, wykorzystując w tym celu gestykulację, ewentualnie kreśląc w powietrzu lub na papierze ruchy, jakie będzie wykonywało urządzenie (2005). Problem polega na tym, że taka „animacja” nie pozwala użytkownikowi wyobrazić sobie, w jaki sposób będą poruszały się jednocześnie wszystkie części skomplikowanej maszyny. Projektanci najczęściej przenoszą swoją uwagę z jednego elementu schematu na drugi, nie obejmując ich wszystkich naraz. Wyobrażając sobie po kolei ruch poszczególnych elementów, mogą w pewnym momencie zapomnieć, jak poruszały się elementy początkowe. Schemat okazuje się tu pełnić zarówno funkcję zewnętrznej pamięci, jak i rusztowania wspomagającego ludzką wyobraźnię wizualną. Projektanci często demonstrują gestami ruch wybranej części, a potem, odwołując się do schematu, śledzą, jak ten ruch będzie przenoszony na kolejne elementy projektu. Pozwala to inżynierom na tworzenie dynamicznego modelu mentalnego.

Jednak ruchome animacje w umyśle sprawdzają się najczęściej tylko na pewnym etapie prac, kiedy projektanci chcą mieć ogólne wyobrażenie urządzenia. Najczęściej pojawia się potrzeba, żeby po długiej kaskadzie szkiców skonstruować prototyp urządzenia lub chociażby jego plastikową lub papierową makietę. Podczas prac nad kolejnymi generacjami turbin w przedsiębiorstwie, w którym pro-

wadziła badania Henderson, wciąż korzystano z usług budowniczego makiet, który był już prawie na emeryturze. Firma od dłuższego czasu odmawiała wydania zgody dla rzeczonoego pracownika, aby ten mógł przeskolić swojego następcę, gdyż wciąż zapowiadano, że w bliskiej przyszłości proces zostanie przestawiony na modelowanie komputerowe. Moment ten był jednak ciągle odwlekany (Henderson 1999: 80). Tymczasem budowane przez rzeczonoego pracownika modele w skali 1:1 były niezwykle ważne w procesie projektowym i produkcyjnym. Makieta pozwalała nie tylko zorientować się w ogólnym projekcie urządzenia, ale służyła również przy instruowaniu monterów – bardzo często zdarzało się, że elementy były odwrotnie instalowane podczas pierwszego montażu urządzenia. Również niektóre błędy projektowe stawały się widoczne dopiero po wybudowaniu trójwymiarowej makiety.

Od analogowych do cyfrowych reprezentacji

Henderson była świadkiem procesu przestawiania się przedsiębiorstwa inżyneryjnego na projektowanie przy wykorzystaniu specjalistycznego oprogramowania. Początkowo programy CAD były wykorzystywane przez inżynierów głównie przy przygotowywaniu ostatecznych schematów. Było to podyktowane faktem, że wciąż brakowało projektantów, którzy biegle posługiwali się oprogramowaniem, a tworzenie komputerowych reprezentacji zajmowało dużo czasu. Poza tym trójwymiarowe reprezentacje były mało czytelne dla ludzi, którzy funkcjonowali w wizualnej kulturze opartej na dwuwymiarowych, papierowych schematach. Nie oznacza to jednak, że dziś, po wielu latach doświadczeń, projektowanie za pomocą CAD wyparło tradycyjne kreślenie na papierze. Jak pokazuje McGarry, obecnie projektanci i inżynierzy wciąż korzystają z tradycyjnych desek kreślarskich, *whiteboards*, a niekiedy również fizycznych makiet. Dlaczego? Ponieważ tego typu reprezentacje okazują się bardziej plastyczne i łatwiej „zapamiętują” efekty burzy mózgow inżynierów. Trudno wyobrazić sobie sytuację, kiedy dwóch inżynierów na bieżąco nanosiłoby swoje uwagi i poprawki na komputerowy szkic przygotowany pod CAD – większość ich pomysłów dawno by przepadła,

zanim zdążyliby zarejestrować pierwsze z nich. Jak zauważają Henderson i McGarry, w dobie komputerowego projektowania firmy inżynieryjne zużywają więcej papieru niż za czasów, gdy korzystały z technik analogowych. Dzieje się tak między innymi dlatego, że na ekranie komputera trudno ogarnąć całość projektu. Dlatego projektanci na bieżąco drukują poprawione wersje schematu, aby móc monitorować aktualny kształt projektu. Henderson podaje przykład projektanta chipów komputerowych pracującego za pomocą CAD, który trzymał na biurku plik papierowych schematów. Odwołując się do nich, mógł zachować w pamięci ogólny plan urządzenia, podczas gdy na ekranie skupiał się na jego wybranych podzespołach (Henderson 1999: 1).

Komputerowe projektowanie ma jednak niewątpliwe zalety. Przykładowo, każdy projekt musi zostać przełożony na procedury produkcyjne, co w dobie technologii cyfrowych zostało niemal zautomatyzowane dzięki programom CAM (*Computer Aided Manufacturing*) oraz technologii CNC (*Computerized Numerical Control*), czyli komputerowemu sterowaniu urządzeń numerycznych. Technologie tego typu pozwalają wytwarzać trójwymiarowe obiekty bezpośrednio ze szkiców komputerowych, z pominięciem etapu, kiedy musiały być generowane dwuwymiarowe, papierowe schematy produkcyjne. Programy oparte na matematycznej metodzie elementów skończonych (*Finite Element Analysis*, FEA) pozwalają z kolei obliczyć i zwizualizować transfer ciepła w konstruowanych urządzeniach, mechaniczne naprężenia, napięcia powierzchniowe oraz wiele innych parametrów ciał stałych, które dotychczas należało liczyć samodzielnie. Programy te są dziś na tyle niezawodne, że ich zastosowanie niejednokrotnie eliminuje konieczność fizycznego testowania końcowych projektów. Należy również pamiętać o metodzie CFD (*Computational Fluid Dynamics*), która pozwala automatycznie wyliczyć i zwizualizować zachowanie przepływu płynów wokół obiektów. Przykładowo, Boeing 777 był pierwszym samolotem w pełni zaprojektowanym i przetestowanym w postaci cyfrowej, bez konieczności konstruowania makiety w pełnej skali i testowania jej w tunelu aerodynamicznym. Należy jednak pamiętać, że tego typu programy komputerowe stanowią zaawansowane technologicz-

nie czarne skrzynki, będące zwieńczeniem wieloletnich badań i doświadczeń naukowo-inżynierskich (zob. McGarry 2005: 25). Co więcej, tego typu programy – bez względu na to, jak zaawansowane i niezawodne – wciąż stanowią formę rusztowania wspomagającego ludzkie procesy konceptualne. Dostarczają one innego typu reprezentacji problemów, nie mniej jednak nie wyparły one analogowych mediów, które w wielu dziedzinach okazują się wciąż niezastąpione.

Zaskakujące właściwości zewnętrznych reprezentacji

W niniejszym rozdziale mieliśmy okazję przyjrzeć się, w jaki sposób skomplikowane problemy neurobiologiczne były upraszczane za pomocą prozaicznych zabiegów, takich jak mazanie flamastrami po zdjęciach, obrysowywanie konturów czy odmierzanie długości linijką biurową. Oczywiście prezentowane tu ujęcie pracy badawczej może budzić wiele zastrzeżeń. Czy rzeczywiście działalność naukowa może być sprowadzona do opisywanych prozaicznych czynności? Czy – przykładowo – ołówek lub papier powinniśmy traktować podobnie jak zaawansowane technologicznie instrumenty, które pozwalają zgłębiać tajniki przyrody lub projektować skomplikowane urządzenia? Należy również zapytać, co ma wspólnego biologia lat 70. ze współczesną nauką, w której dokonał się znaczący postęp w dziedzinie technologii cyfrowych. Zacznijmy od tego, że ołówek i kartki papieru nie są instrumentami badawczymi. Niemniej jednak stanowią one element skomplikowanego rozproszonego systemu poznawczego, który umożliwia przeprowadzanie długich sekwencji translacji. Aby linijka, ołówek lub flamaster mogły pomóc w rozwiązaniu problemu naukowego, badacze muszą przyjmować szereg założeń i trzymać się metodologicznych procedur – w innym wypadku mazanie flamastrem pozostanie tylko mazaniem.

W pierwszym studium mieliśmy okazję przekonać się, w jaki sposób, odwołując się do przyborów biurowych, biolodzy analizowali zjawiska neuronalne. Oczywiście dziś badacze nie muszą korzystać z pomocy flamastrow i linijek, choćby dlatego, że dysponują komputerami wyposażonymi w odpowiednie programy i narzędzia

edycji. Błędem byłoby jednak myśleć, że współczesny badacz za sprawą postępu technologicznego został uwolniony od konieczności wykonywania przyziemnych czynności, dzięki czemu może skupić się na tym, co stanowi istotę jego pracy, czyli na przykład na tworzeniu modeli teoretycznych. Po pierwsze nowe technologie pozwalają rozwiązać wiele starych problemów, jednak generują w ich miejsce wiele nowych. Innowacje technologiczne nie tyle ułatwiają pracę, co zmieniają samą naturę wykonywanych zadań, na przykład to, w jaki sposób czynności są rozdzielane lub realizowane (por. Scerbo 2007). W gruncie rzeczy nowe technologie pozwalają wykonywać pracę nie tyle lepiej czy szybciej, ale po prostu inaczej. Dlatego często badacze wciąż posługują się starymi, sprawdzonymi analogowymi heurystykami, a ołówki i papier wciąż są podstawowymi narzędziami pracy inżynieryjnej. Po drugie, jak pokazują różnego rodzaju badania etnograficzne, owe przyziemne czynności służące modyfikowaniu i przekształcaniu zewnętrznych reprezentacji stanowią w przypadku wielu dyscyplin właśnie istotę pracy naukowej.

Naukowcy i inżynierowie „myślą za pomocą rąk i oczu”. Zmieniając reprezentacje, stwarzają sytuację, kiedy mogą udzielić odpowiedzi na trudne pytania, dokonując prostego osądu percepcyjnego, którego obiektem jest nie świat w całym swym bogactwie, ale różnego rodzaju inskrypcje. Co jednak istotne, zewnętrzne reprezentacje okazują się również pełnić funkcję obiektów granicznych umożliwiających komunikację między różnymi badaczami, a zarazem środków koordynacji pracy poznawczej. Nawiązując do badań Ludwika Flecka, można stwierdzić, że to między innymi dzięki praktykom generowania i obróbki zewnętrznych reprezentacji style myślowe mogą być reprodukowane i utrwalane. Bo czy bez zewnętrznych reprezentacji naukowcy mogliby dojść do konsensusu i uzgodnić swoje wyobrażenia o zjawisku lub problemie badawczym? Style myślowe mogą wydawać się czymś abstrakcyjnym i ulotnym, ale *de facto* są one głęboko zakorzenione w praktykach laboratoryjnych.

W kontekście badań Lyncha szczególną uwagę poświęciliśmy ujęciu pracy naukowej jako usytuowanemu działaniu przeciwstawnemu ścisłemu egzekwowaniu planów. Wiele przedsięwzięć ba-

dawczych jest kierowanych przez sam rozwój wypadków. Ponownie istotna rola przypada tu zewnętrznym reprezentacjom – naukowcy dają się zaskakiwać anomaliami ujawnianym na generowanych przez nich reprezentacjach. Są gotowi wykorzystać nadarzające się zbiegi okoliczności, jednak – aby móc to uczynić – muszą pracować z problemami o zredukowanej złożoności. Jak zauważa Bruno Latour (2009), wiele korzystnych zbiegów okoliczności jest widocznych dopiero w laboratorium, kiedy świat poddajemy eksperymentalnym procedurom, a wszystko jest rejestrowane przez urządzenia inskrypcyjne oraz inne systemy generowania reprezentacji.

Naukowcy wielokrotnie uczą się wykorzystywać różne, często kontrintuicyjne właściwości zewnętrznych reprezentacji, jakimi się posługują. Odkrywają nowe, nieantycypowane przez projektantów możliwości, jakie oferują ich narzędzia i media, ewentualnie majsterkują z zewnętrznymi reprezentacjami i generującymi je systemami, aby uzyskać nową jakość – dopasować je do swoich celów poznawczych lub znaleźć nowe zastosowanie dla starych procedur. Nie chodzi tylko o to, że dwuwymiarowe reprezentacje okazują się w wielu sytuacjach bardziej przydatne od zaawansowanych technologicznie, trójwymiarowych reprezentacji lub animacji. Jak widzieliśmy, nawet ołówki i flamastry mogą ujawniać nowe informacje, gdy w odpowiedni sposób zostaną wykorzystane przy obróbce zdjęć i schematów. Sam papier – jedno z najbardziej powszechnych mediów, z którym każdy z nas ma do czynienia każdego dnia – okazuje się oferować ciekawe możliwości. Świetną ilustracją jest technika „wycinanek”. Biolodzy, pod nieobecność lepszych metod, wykorzystywali wagę elektroniczną i nożyczki oraz fizyczne właściwości papieru, by „obliczyć” powierzchnię zajmowaną przez regenerujące się aksony. W tym kontekście, pragnę przytoczyć dwa przykłady tego, w jaki sposób fizyczne właściwości papieru „przechowują” informacje, a czasami nawet „zdradzają” swoich użytkowników.

Pierwszy przykład został zaczerpnięty z pracy *Social Life of Information* (Brown, Dugid 2003). Jeden z jej autorów, Paul Dugid, w trakcie swoich badań studiował w archiwum korespondencję biznesową z okresu rewolucji amerykańskiej. Listy były przechowywane w papierowych pudłach pełnych kurzu – otwarcie każdego kolejnego

go listu powodowało u niego atak astmatyczny. Z zasłoniętą twarzą, łzawiącymi oczami, kaszląc, marzył o tym, by całe archiwum zostało zdigitalizowane, a papier wraz z całym kurzem po prostu odrzucony. Jednak pewnego popołudnia pojawił się inny historyk, by zapoznać się z zawartością analogicznych pojemników archiwalnych. Prawie w ogóle nie interesowała go treść listów. Najczęściej w ogóle ani ich nie otwierał, ani nie rozwiązywał pakietów, w które były powiązane. Zamiast tego, brał do ręki wiązkę listów, podkładał każdy z nich pod nos i – ku wielkiemu zaskoczeniu Dugida – brał głęboki wdech, pochłaniając przy tym sporą ilość kurzu. Tylko czasami otwierał jeden z listów, by zanotować datę i miejscowość. Dugid, krztusząc się w swojej masce, zapytał go, co ten robi. Odpowiedział, że jest historykiem medycyny i dokumentuje epidemie cholery. Kiedy choroba pojawiała się w jakimś XVIII-wiecznym mieście, cała korespondencja wychodząca była dezynfekowana za pomocą octu. Wdychając zapach octu, który pozostał na papierze przez 250 lat, i odnotowując daty, był w stanie prześledzić przebieg i ogniska epidemii. Co więcej, technika ta rzucała również nowe światło na treść listów, które badał sam Dugid – inaczej odczytywało się utrzymany w pogodnym tonie list zapewniający klientów lub wierzycieli o tym, że interes ma się jak najlepiej, czując od niego złowróżbny zapach octu. Ta – wydawałoby się pomijalna – rzecz, zachowana tylko dzięki fizycznym właściwościom papieru przez 250 lat, w nieuchronny sposób została zgubiona w momencie digitalizacji archiwum (zob. Brown, Dugid 2003: 173–174).

Przejdźmy do drugiego przykładu. Otóż na jednym z seminariów naukowych z zakresu nauk społecznych, w którym uczestniczyłem, byłem świadkiem interesującej sytuacji. Omawiano książkę naukową stanowiącą nowy nabytek zakładu badawczego, przy którym funkcjonowało seminarium. Zwyczajowo, do zreferowania pracy oddelegowano jednego z seminarzystów, którego obowiązkiem było dokładne przestudiowanie pracy, omówienie jej na forum oraz przygotowanie recenzji do czasopisma naukowego. Po zakończeniu prezentacji referent udzielił odpowiedzi na pytania padające z sali. Kierownik seminarium przez cały czas spokojnie przysłuchiwał się wypowiedziom referenta. Kiedy przyszła pora, by zabrał głos, bez

słowa wziął do ręki książkę stanowiącą przedmiot spotkania – był to ten sam egzemplarz, z którym miał zapoznać się seminarzysta przygotowujący recenzję. Była to niemal nowa książka (czytana tylko raz, przez rzezonego seminarzystę) w miękkiej oprawie, o objętości około 300 stron. Kierownik przejrzał książkę, sprawdził, gdzie znajdują się podkreślenia naniesione przez referenta, po czym obejrzał egzemplarz z zewnątrz. Następnie chwycił go w obie dłonie i – ku zaskoczeniu znacznej części zgromadzonych – dość mocno uderzył jego grzbietem o stół, rozluźnił chwyt i pozwolił, by książka sama się otworzyła. Sprawdził numery stron (praca otworzyła się mniej więcej w dwóch trzecich) po czym stwierdził: „Do tego miejsca pan przeczytał”. Seminarzysta nie próbował nawet protestować – został zdradzony przez książkę, która „zapamiętała”, do którego miejsca została przestudiowana. Bardziej doświadczony seminarzysta dyskretnie skomentował sytuację w następujący sposób: „Ja też kiedyś dałem się na to złapać. Dlatego od tamtej pory »łamię« nowe książki, które każą mi zreferować”.

Fizyczne modele i instrumenty naukowe

W poprzednim rozdziale mieliśmy okazję przyjrzeć się bliżej funkcjom, jakie pełnią w nauce różnego rodzaju inskrypcje oraz inne zewnętrzne reprezentacje, takie jak skany, wykresy, schematy czy szkice. Jeżeli chodzi o maszyny i instrumenty, to były one omawiane dotychczas wyłącznie jako urządzenia służące do generowania inskrypcji. Właśnie w takim trybie analizowali je Latour i Woolgar w ich wspólnym studium nauki w działaniu. Wiele późniejszych prac z zakresu społecznych i kognitywnych studiów nad nauką pokazuje jednak, że udział szeroko pojmowanych urządzeń technicznych w tworzeniu wiedzy naukowej oraz innowacji technologicznych, czy w szeroko pojmowanym rozwiązywaniu problemów, jest o wiele bardziej zróżnicowany i interesujący. Zresztą sam Latour w swoich późniejszych pracach pokazuje, że instrumenty naukowe to nie tylko urządzenia inskrypcyjne (Latour 1987). Szczególnie interesująca w tym kontekście okazuje się rozwijana przez Davisa Bairda epistemologia instrumentów naukowych (2004). Standardowo, za właściwy przedmiot rozważań epistemologicznych jest uznawana wiedza pojmowana jako coś propozycjonalnego. Tymczasem Baird stwierdza w swojej pracy *Thing Knowledge* (Baird 2004), że ograniczając się do takiego ujęcia wiedzy, nie dostrzegamy, że różnego rodzaju byty, które nie mają postaci zdań lub sądów, ewentualnie które nie są obrazami lub innymi reprezentacjami wizualnymi, również mogą pełnić funkcje wiedzy albo też zawierać ją w sobie. Co istotne, argument Bairda wcale nie podąża w podobnym kierunku, co rozważania Karla R. Poppera (1992) na temat „trzeciego świata”, do którego austriacki filozof zaliczał treść książek, tekstów czy dane zapisane na dyskach twardej (zob. Baird 2004: 127–144). Baird stwierdza, że również fizyczne urządzenia wykorzystywane przez naukę należy analizować w kategoriach, które dotychczas były zarezerwowane dla

tekstów, sądów i stanów mentalnych – stanowią one bowiem specyficzną, materialną formę wiedzy.

W rozdziale przedstawione zostaną dwa obszernie studia przypadku, które ukazują miejsce i rolę narzędzi w rozwiązywaniu naukowych problemów. Pierwsze studium dotyczy biologii molekularnej – skupiam się w nim na wykorzystaniu przez naukowców fizycznych modeli podczas prób rekonstruowania struktur molekularnych. Jak zobaczymy, fizyczne modele w biologii molekularnej stanowią narzędzia, które pozwalają naukowcom „myśleć za pomocą rąk i oczu”. W studium zostaną przeanalizowane zarówno ważne historyczne odkrycia, jak i współczesna krystalografia białek. Drugie studium skupia się z kolei na roli maszyn konstruowanych przez fizyków badających dynamikę płynów. Będziemy mieli okazję przyjrzeć się, w jaki sposób fizyczne modele w pomniejszonej lub powiększonej skali i maszyny symulujące procesy fizyczne pozwoliły naukowcom rozwikłać trudne łamigłówki, w tym zagadkę lotu owadów. Nasze rozważania nad różnorodnymi funkcjami maszyn w rozwiązywaniu problemów zaczniemy jednak od krytycznej analizy tez Bairda.

Epistemologia instrumentów naukowych

Swoje analizy na temat materialnej wiedzy Baird otwiera od przywołania interesującego przykładu, który ilustruje kilka epistemologicznych funkcji instrumentów. Przykład dotyczy skonstruowanego przez Michaela Faradaya silnika elektromagnetycznego, czasami określanego mianem rotora (Baird 2004: 1–2). W październiku 1821 roku Faraday przeprowadził serię eksperymentów, w ramach których udało mu się wywołać – jak sam je określił – obroty elektromagnetyczne. Pokazał, w jaki sposób odpowiednio połączone elementy elektryczne i magnetyczne są w stanie wytworzyć ruch obrotowy. Był to pierwszy motor elektromagnetyczny. Faraday zaprezentował współbadaczom swoje osiągnięcie na łamach czasopism naukowych. Co jednak istotne, nie poprzestał na napisaniu kilku artykułów, licząc na to, że przedstawiciele środowiska powtórzą jego eksperymenty – skonstruował kilka fizycznych kopii swojego aparatu i rozesłał je in-

nym naukowcom. Dzięki temu, bez większych trudności związanych z opanowaniem umiejętności w dziedzinie eksperymentowania, mogli oni zreplikować doświadczenie Faradaya. Aparat demonstrował zaskakujący dla wszystkich proces – po przepuszczeniu przez urządzenie prądu, jego pewne części zaczynały się obracać. Choć wysuwano szereg hipotez mających wyjaśnić ten fenomen, to samo zjawisko pozostawało bezdyskusyjne. Innymi słowy, nie wiedzano, jak lub dlaczego motor działał, jednak nikt nie kwestionował faktu, że działał, demonstrując tym samym interesujący fizyczny efekt. Co by się jednak stało, gdyby Faraday nie rozesłał „kieszonkowych” wersji swojego doświadczenia gotowych do przeprowadzenia w dowolnym kontekście? Historia nauki oraz prace z zakresu STS pokazują, że powielenie nawet stosunkowo prostych doświadczeń może nastęrczać badaczom sporych trudności, w szczególności wtedy, gdy nie wierzą oni w pozytywny wynik doświadczenia i brak im motywacji, by doskonalić swoją wersję aparatu eksperymentalnego.

Baird argumentuje, iż w motorze Faradaya jest coś istotnego z epistemologicznego punktu widzenia. Otóż z jednej strony za sprawą tego artefaktu pewien fenomen fizyczny konstytuuje się jako fakt naukowy. Co istotne, do ustanowienia tego faktu dochodzi niezależnie od teorii – przecież w 1821 roku nie istniało jeszcze powszechnie przyjęte wyjaśnienie, teoria czy język naukowy pozwalający opisać wynik tego eksperymentu. Z drugiej strony, maszyna Faradaya ucieleśniała jego umiejętności w dziedzinie eksperymentowania. Sam Faraday nie zdawał się na innych badaczy, licząc na to, że będą oni w stanie powtórzyć jego wyniki wyłącznie na podstawie schematów i opisów zawartych w artykułach – po prostu przesłał im „urzędowioną” wersję swojego doświadczenia. Innymi słowy, urządzenie stanowiło zarówno medium transmisji poglądów naukowych, jak i reifikację umiejętności badawczych. Jednak Baird posuwa się o krok dalej, stwierdzając, że silnik Faradaya, podobnie jak słowo czy tekst, stanowi nośnik wiedzy naukowej.

Często nie jesteśmy w stanie ująć w słowa naszej wiedzy na temat tego, jak – dla przykładu – jeździć na rowerze. Z podobną sytuacją mamy do czynienia w przypadku instrumentów takich jak motor Faradaya [...].

Z antropomorficznego punktu widzenia, silnik nie artykułuje niczego za pomocą słów. Jednak z punktu widzenia jego twórcy – w tym przypadku Faradaya – byłoby równie trudno powiedzieć, w jaki sposób zjawisko zachodzi. Jednak, podobnie jak w przypadku jazdy na rowerze, jest jasne, że instrument demonstruje fenomen, który działa. W ogólnym tego słowa znaczeniu działanie to jest efektywne, mimo braku jego werbalnego opisu. Wiedza tkwi w regularnym, kontrolowanym działaniu instrumentu. Instrument stanowi nośnik tej milczącej „działającej wiedzy” (*tacit „working knowledge”*); (Baird 2004: 15–16).

Ujmując to nieco inaczej, silnik Faradaya pozwala komunikować badaczom idee w równie efektywny, choć odmienny, sposób co teksty i wykłady prezentujące teorie naukowe. Miarą efektywności jest to, że wielu ludzi, mając do czynienia z tego typu zreifikowaną, „działającą” wiedzą, będzie potrafiło odtworzyć efekt przez odtworzenie samego przyrządu. Co więcej, nie muszą rozumieć samych procesów fizycznych wywołujących zjawisko – przynajmniej nie w kategoriach teorii fizycznej. Muszą jedynie rozumieć urządzenie w kategoriach pracy jego mechanicznych i elektrycznych komponentów. Odmienność tej formy wiedzy od wiedzy propozycjonalnej polega na tym, że mając do czynienia z wykładem teoretycznym, ktoś może powiedzieć, że rozumie zjawisko w kategoriach fizycznych, ale niekoniecznie musi umieć przełożyć tę wiedzę na projekt lub fizyczną konstrukcję sprawnie działającego urządzenia. Tymczasem ktoś, kto nie przysłuchiwał się wykładom i nie studiował tekstów naukowych, ale miał za to do czynienia z wiedzą urzeczowioną w postaci gotowego urządzenia, może je odtworzyć i majsterkować przy nim, nie potrafiąc jednak wytłumaczyć zasad działania urządzenia w kategoriach teoretycznych. Innymi słowy, wiedza teoretyczna w postaci propozycjonalnej i wiedza urzeczowiona to dwie oddzielne płaszczyzny – mogą istnieć pomiędzy nimi pomosty, ale wcale nie ma takiej konieczności. Z dokładnie taką sytuacją mieliśmy do czynienia, gdy Faraday prezentował swój silnik. Podkreślmy, że zaprezentował on pracującą wiedzę, a nie jej teoretyczne wyjaśnienie.

Dochodzimy tu do kolejnej istotnej właściwości, którą Baird przypisuje opisywanym przez siebie maszynom naukowym. Twier-

dzi on, że nie należy myśleć o nich w kategoriach podporządkowanych rozważaniom nad teorią naukową. Omawiane maszyny okazują się bowiem nacechowane pewną autonomią w dziedzinie możliwości generowania nowej wiedzy. Często jest możliwe generowanie nowej wiedzy wyłącznie w oparciu o przebudowywanie i majsterkowanie z instrumentami, niezależnie od teorii naukowej pojmowanej w sposób propozycjonalny. Oczywiście najczęściej wiedza urzeczowiona ma swój odpowiednik (a czasami nawet kilka) w sferze wiedzy propozycjonalnej. Jednak nie musi być tak zawsze. Poza tym wiedza urzeczowiona może nie tylko powstać niezależnie od lub wbrew obowiązującej wiedzy propozycjonalnej, ale może nawet wymusić jej rewizję. Baird przytacza sytuację, kiedy to właśnie wyniki prac nad instrumentami przyczyniły się do rozwoju wiedzy naukowej. Najlepszym przykładem są badania Jamesa Watta i jego asystenta Johna Southerna (Baird 2004: 170–188) – w wyniku swoich prac nad instrumentem rejestrującym ciśnienie i objętość gazów w opracowywanym przez nich silniku parowym dokonali rewizji błędnych założeń teoretycznych, w tym samej koncepcji ciepła, którą zakładali. Przykład ten jest niezwykle ważny, gdyż pokazuje ogromne znaczenie pracy z instrumentami. Watt i Southern mogli odkryć błędy w swoich założeniach, gdyż obcowali z fizycznym zjawiskiem, które reprodukowali i badali w laboratoryjnych warunkach, usiłując uzyskać powtarzalny efekt. Jak zauważa Derek de Solla Price, stwierdzenie, że „termodynamika zawdzięcza więcej silnikowi parowemu niż silnik kiedykolwiek zawdzięczał termodynamicie”, nie jest wyłącznie zgrabnym aforyzmem historycznym, lecz ogólną prawdą. Historia dostarcza nam licznych przykładów sytuacji, kiedy badacze i inżynierowie dysponowali *know-how* niezbędnym do skonstruowania jakiegoś urządzenia lub wywołania reprodukowanego efektu, pomimo że byli pozbawieni wiedzy typu *know-why*. Zdaniem de Solli Price’a, wspomniane umiejętności praktyczne często prowadziły do poprawek i zmian w dziedzinie rozumienia świata, co sprawiało wrażenie, że nauka i technika rozwijają się równocześnie. Jednak jego zdaniem, podobnie jak w opinii Bairda, to raczej w dziedzinie technologii należy dopatrywać się postępu nauki, nie zaś odwrotnie (de Solla Price 1984; por.: Radder 1986; Carroll-Burke 2001; Baird 2004).

Baird nie poprzestaje na stwierdzeniu, że w rzeczach, a w szczególności w instrumentach naukowych, jest coś istotnego z epistemologicznego punktu widzenia. Zauważa on, że różne instrumenty pełnią odmienne funkcje poznawcze. W swojej pracy *Thing Knowledge* wymienia trzy główne kategorie instrumentów: (1) instrumenty-modele; (2) *working knowledge*; (3) *encapsulating knowledge*. Omówmy je po kolei.

Pierwszą z wymienionych kategorii stanowią instrumenty-modele (Baird 2004: 21–40). Aparaty tego typu pełnią w nauce funkcje analogiczne do teorii. Z jednej strony stanowią one materialne, najczęściej podatne na manipulacje rąk badaczy, reprezentacje różnego rodzaju zjawisk lub fizyczne „sformułowania” problemów. Fizyczne modele, podobnie jak teorie, mogą również naprowadzać badaczy na właściwe rozwiązanie (pełnią funkcje heurystyczne), pomagać w przewidywaniu zjawisk (funkcje predykcyjne) albo demonstrować swym mechanizmem, jak dane zjawisko przebiega (funkcja eksplanacyjna). Kluczowe jest jednak to, że modele nie są tożsame ze zjawiskiem, które reprezentują.

Świetnym przykładem tego typu instrumentów są telluria (Baird 2004: 21–29). Były to mechaniczne urządzenia stanowiące modele ukazujące wzajemne pozycje i ruchy ciał niebieskich w układzie słonecznym. Oparte były na skomplikowanych mechanizmach kół zębatych. Tego typu mechanizmy tworzono już w starożytnej Grecji. Pierwsze nowożytne tellurium powstało w 1704 roku. Telluria nie stanowiły wyłącznie narzędzi dydaktycznych wykorzystywanych przez filozofów naturalnych do ilustrowania głoszonych przez nich tez. Obok funkcji eksplanacyjnej pozwalały one dokonywać obliczeń (Baird 2004: 27). Podobnie jak opisywane w rozdziale czwartym astrolabia, telluria stanowiły mechaniczne, analogowe komputery. Pozwalały między innymi „obliczyć”, w jakiej pozycji znajdą się ciała niebieskie w określonym czasie. Przykładowo, posługując się telluriami, wyliczono rok ukrzyżowania Jezusa Chrystusa, kiedy to pełnia księżycy w święto Paschy miała przypadać na piątek. Podobnie można było za ich pomocą przewidywać przyszłe położenia ciał niebieskich. Można zatem powiedzieć, że telluria stanowiły „urządzenie” przewidywań astronomicznych, w których, na zasadzie

wprawiania w ruch kół zębatych, można było dokonywać matematycznych obliczeń. Co więcej, po przymocowaniu do poszczególnych elementów układu ołówków, umieszczeniu ich nad kartką papieru i wprawieniu mechanizmu w ruch można było automatycznie narysować orbity różnych ciał i ich wzajemne zmiany.

Pierwszy rodzaj instrumentów jedynie reprezentował procesy – działanie instrumentu nie było w tym przypadku tożsame z tym, co reprezentowane. Sytuacja ma się inaczej w przypadku drugiej kategorii wyróżnionej przez Bairda, czyli aparatów, które określa on jako *working knowledge* (Baird 2004: 41–66). Termin ten można przetłumaczyć jako wiedza „działająca” lub „pracująca”. Jest to nawiązanie do pragmatystycznych koncepcji ujmujących wiedzę w kategoriach sprawnego działania. Najogólniej rzecz ujmując, *working knowledge* to maszyny, które nie tyle stanowią reprezentację jakiegoś zjawiska, co pozwalają na wywołanie zjawiska w kontrolowanych warunkach. Umożliwiają bezproblemowe wywoływanie określonego efektu, maszyny te konstytuują ów efekt jako dostępny poznawczo fakt naukowy. Przywołując prace Iana Hackinga (1983, 1992), Baird zauważa, że instrumenty tego typu pozwalają niekiedy wywołać zjawiska, które nie mogłyby zaistnieć w świecie pozalaboratoryjnym. Dobrym przykładem „pracującej” wiedzy jest zarówno przywoływany już silnik Faradaya, jak i pierwszy aparat eksperymentalny nowożytnej nauki, czyli pompa powietrzna Roberta Boyle’a (zob. Baird 2004: 46–48). Urządzenie to wytwarzało próżnię przez wypompowanie powietrza ze szklanego pojemnika, co pozwalało na przeprowadzanie szeregu nowatorskich eksperymentów. Podobnie jak miało to miejsce w przypadku silnika elektromagnetycznego, początkowo w środowisku naukowym brakowało konsensusu wokół tego, co tak właściwie dzieje się wewnątrz pompy, niemniej jednak nikt nie kwestionował ewidentnych efektów działania urządzenia – dopiero za sprawą rzeczoności instrumentu próżnia stała się zjawiskiem dostrzegalnym gołym okiem (por.: Shapin, Shaffer 1985; Shapin 1993b, 2000).

Trzecia kategoria instrumentów wprowadzona przez Bairda to *encapsulating knowledge* (Baird 2004: 67–88), czyli instrumenty, w które została „wbudowana” lub w których została „zamknięta”

wiedza. Aparaty należące do tej kategorii łączą w sobie funkcje reprezentowania i niezawodnego działania. Ten typ urządzeń zawiera nie tylko wiedzę, ale stanowi również reifikację pewnych oddelegowanych do nich kompetencji. Pod tą nazwą kryją się głównie instrumenty pomiarowe, które – zdaniem Bairda – z jednej strony reprezentują zjawisko podobnie jak modele, z drugiej zaś dostarczają niezawodnych pomiarów, a tym samym konstytuują reprezentowane zjawisko jako fakt. Dzieje się tak, gdyż pomiar wymaga istnienia zjawiska – sygnał odbierany przez instrument pomiarowy wchodzi w interakcję z obiektywnym procesem lub bytem. Jednak istnieje cała masa możliwości, w jaki sposób ów sygnał zostanie przełożony i ujęty. To, w jaki sposób zachowanie rejestrowanego fenomenu będzie reprezentowane przez instrument, zależy częściowo od świadomych decyzji twórców, a po części od nieuświadomianych przez nich materialnych właściwości elementów, z których skonstruują swój aparat, a także pewnych założeń teoretycznych, które przyjmują. W tym właśnie sensie instrument zawiera w sobie wiedzę – jest ona wbudowana w procedury, na zasadzie których działa. Tym samym instrument również reprezentuje pewną wiedzę. W sytuacji, kiedy obie postacie materialnej wiedzy zostają ze sobą umiejętnie zgrane, tworzy się wrażenie, że instrument czerpie informacje prosto z natury (por. Baird 2004: 68).

Koncepcja sformułowana przez Bairda może budzić szereg wątpliwości. Przede wszystkim przywykliśmy do pewnego wyobrażenia na temat wiedzy i trudno nam w tych kategoriach myśleć o sekwencjach DNA, pompach powietrznych czy woltomierzach. Jesteśmy gotowi uznać, że aparaty te uczestniczą w tworzeniu nowej wiedzy, czy nawet stwierdzić, że powstały one w oparciu o jakieś założenia teoretyczne i stanowią tym samym ich reifikację. Z trudem przychodzi nam jednak ujmowanie instrumentów jako materialnej odmiany wiedzy, nawet jeśli jesteśmy skłonni uznać argumenty Bairda na temat podobnych funkcji pełnionych przez teorie naukowe i materialne modele. Problem nie wydaje się jednak ograniczać do pewnych nawyków językowych. Można zaryzykować tezę, że Baird stara się poruszać w ramach wyznaczanych przez tradycyjną epistemologię, podczas gdy jego własne analizy pokazują nieadekwatność oferowanego

przez tę dziedzinę słownika. Próbuje on wygospodarować w epistemologii miejsce dla instrumentów, ukazując je jako materialną formę wiedzy. Jednak instrumenty mają również wiele cech, których nie można przypisać wiedzy propozycjonalnej. Jedną z nich jest to, że w przeciwieństwie do systemów twierdzeń, które mogą być mniej lub bardziej spójne, zdarza się, że wiedza w rzeczach jest w stanie – przy założeniu pewnego minimalnego obszaru konsensusu – wykazać swoją skuteczność w sposób niepozostawiający miejsca na dyskusję. Jednocześnie w kontekście wiedzy „działającej” trudno mówić o prawdzie lub prawdziwości. Tymczasem kategoria prawdy jest centralna dla namysłu epistemologicznego. Zwróćmy również uwagę na fakt, że Baird pozostaje wciąż w kręgu tradycyjnych zainteresowań epistemologicznych – czyli problemów typu: Jaki status ma wiedza? Jakie funkcje pełni? Skąd czerpie ona swoje uprawomocnienie? – zamiast próbować udzielić odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób badacze stawiają i rozwiązują problemy. Zagadnienia te są poruszane przez niego niejako mimochodem.

Interesujący podział instrumentów i narzędzi badawczych wprowadza w tekście „Tools, Instruments and Engines” Patrick Carroll-Burke (2001). Wyróżnia on cztery podstawowe grupy instrumentów: (1) *meters*, (2) *scopes*, (3) *graphs*, (4) *chambers*. Do pierwszej grupy należą różnego rodzaju instrumenty, które dostarczają pomiarów w postaci ilościowej. Są to zatem termometry, woltomierze, galwanometry, spektrometry oraz inne maszyny, które przetwarzają naturalne zjawiska do postaci liczbowej. Drugą grupę naukowych maszyn stanowią instrumenty, które czynią różne zjawiska podatnymi na odbiór określonych zmysłów człowieka. Mogą one działać na zasadzie wspomagania zmysłów przez wzmacnianie sygnału. Z taką sytuacją mamy do czynienia w przypadku teleskopów i mikroskopów optycznych czy stetoskopów. Urządzenia z tej grupy mogą również działać na zasadzie translacji, czyli przekształcania sygnału do poznawalnej postaci. A zatem do *scopes* należy zaliczyć takie techniki badawcze jak ultrasonografia. W skład tej grupy wchodzi także instrumenty, techniki i zabiegi, które czynią bodźce zmysłowe podatne na odbiór alternatywnych zmysłów. Przywołajmy następujący przykład. Okazuje się, że wielu laborantów obsługujących mikrosko-

py elektroniczne zwykle przekładają sygnał wizualny na dźwiękowy, gdyż – jak sami utrzymują – dzięki temu łatwiej przychodzi im wychwytywanie różnego rodzaju regularności i wzorców (Mody 2005). Trzecią kategorię stanowią urządzenia i techniki, które prezentują zjawiska w postaci zapisów i wizualnych reprezentacji tworzonych podług ścisłej metodologii. Do *graphs* można zatem zaliczyć elektrokardiografię oraz spektrografię. Kategoria ta jest najbliższa znaczeniowo urządzeniom inskrypcyjnym. Czwartą – najważniejszą z perspektywy rozwoju nauki – kategorię stanowią różnego rodzaju komory, które umożliwiają reprodukowanie, a często stwarzanie zjawisk w sposób pozwalający na ich naukową analizę. A więc można tu zaliczyć pompę powietrzną Boyle'a, pierwsze silniki parowe, komorę chmurową, komorę pęcherzykową, komorę ciśnieniową, komory i tunele aerodynamiczne, komory plazmowe i tokamaki. Carroll-Burke podkreśla, że najczęściej mamy do czynienia z różnego rodzaju hybrydami opisywanych tu typów. Przykładem są między innymi opisywane wcześniej akceleratory i zderzacze cząsteczek, które wywołują zjawisko, dostarczając jednocześnie różnego rodzaju graficznych i liczbowych reprezentacji. Z kolei w takich maszynach jak tokamaki jest możliwa obserwacja zachowania plazmy przez specjalnie skonstruowane okna.

Warto w tym miejscu sięgnąć do typologii instrumentów, jakie stosują sami naukowcy. Okazuje się bowiem, że myślą oni o instrumentach i innych narzędziach będących do ich dyspozycji w sposób zbliżony raczej do nauk kognitywnych niż do epistemologii. Nancy Nersessian wraz z grupą innych badaczy przeprowadziła obserwacje uczestniczące w laboratoriach zajmujących się inżynierią biomedyczną (zob.: Nersessian 2002, 2005; Nersessian et al. 2003). Jednym z projektów realizowanych w rzeczonym laboratorium była próba stworzenia syntetycznych naczyń krwionośnych, które można by stosować w chirurgii z równym powodzeniem, co przeszczepiane fragmenty prawdziwych żył i tętnic. Jedną z istotnych kwestii, na którą zwraca uwagę Nersessian, jest typologia narzędzi, jaką wykorzystują w swojej pracy inżynierowie. Wyróżniali oni trzy główne kategorie: (1) wyposażenie laboratoryjne; (2) instrumenty pomiarowe; (3) urządzenia. Funkcja pierwszych z wymienionych polegała

na tym, że – jak ujmowali to sami badani – „asystowały” one w wykonywanej przez nich manualnej lub konceptualnej pracy. A zatem były to wszelkiego rodzaju pipety, wagi, próbówki, lodówki czy urządzenia obliczeniowe. Narzędziom tym przypisywano najmniejsze znaczenie, jako że w odczuciu badaczy jedynie pomagały one w realizacji pracy – teoretycznie można było realizować czynności badawcze, nie posługując się automatyczną pipetą lub nie korzystając z określonego programu komputerowego. Drugą kategorię stanowiły instrumenty pomiarowe, które generowały pomiary w postaci wielkości liczbowych, ewentualnie w postaci graficznych reprezentacji. Innymi słowy, chodziło tu o urządzenia inskrypcyjne w rozumieniu Latoura i Woolgara, które umożliwiały poznawczy dostęp do badanej rzeczywistości. Z perspektywy badaczy najważniejsze były jednak nie tyle instrumenty pomiarowe i generowane przez nie reprezentacje, co urządzenia, które stanowiły obszary laboratoryjnej symulacji zjawisk (*sites of simulation*). Aby testować nowe rodzaje sztucznych naczyń krwionośnych, nie można ich po prostu wszczepiać do ludzkiego organizmu i patrzeć, co się później stanie. Proces ten byłby nie tylko ryzykowny, ale również kosztowny i czasochłonny. Przede wszystkim badacze nie mogliby obserwować, co dokładnie dzieje się z wszczepionym przez nich naczyniem. Potrzebne tu było odtworzenie pewnych elementów środowiska, w którym testowane naczynia będą musiały wykazać swoją skuteczność. Jednocześnie cała sytuacja eksperymentalna musiała być tak zaaranżowana, by można było rejestrować jej przebieg za pomocą instrumentów pomiarowych. Rozwiązanie problemu oferowała komora przepływowa, nazywana również pętlą przepływową, a także wykorzystywane w badaniach bioreaktory. Pozwalały one przebadać między innymi, jak sztuczne naczynia będą sobie radziły ze zmianami ciśnienia panującego w układzie krwionośnym oraz czy będą one sprzyjać infekcjom bakteryjnym. Innymi słowy, obszary symulacji pozwalały odtworzyć zjawiska w taki sposób, aby były dostosowane do realizowanych w laboratorium eksperymentów.

Analizując stosowany przez naukowców podział na różne typy instrumentów, należy zauważyć, że nie jest on sformułowany z perspektywy charakterystycznej dla epistemologii. Przywoływani bada-

cze klasyfikują instrumenty, biorąc pod uwagę ich praktyczne znaczenie dla procesu rozwiązywania problemów. Jednocześnie zaproponowana typologia instrumentów została sformułowana przez badaczy na potrzeby zrozumienia ich własnych działań – nie kierowali się oni ambitnymi celami filozoficznymi.

Biorąc pod uwagę przytoczone rozróżnienia, można zaproponować taką oto ogólną typologię instrumentów naukowych:

1. Instrumenty służące generowaniu danych ilościowych oraz wizualnych reprezentacji badanych zjawisk – włączyć należałoby do tej kategorii zarówno instrumenty służące obserwacji (mikroskopy, teleskopy), jak i urządzenia inskrypcyjne.

2. Aparatura eksperymentalna – w skład tej kategorii wchodzi narzędzia, urządzenia oraz ich zestawy, które służą wywoływaniu (reprodukowaniu lub stwarzaniu) w kontrolowanych warunkach zjawisk, a także umożliwiają ingerowanie w badane zjawiska.

3. Wyposażenie wspomagające pracę konceptualną oraz procesy poznawcze badaczy – w skład tej kategorii wchodzi między innymi różnego rodzaju inskrypcje, symulacje komputerowe oraz instrumenty-modele, o których pisze Baird.

Zagadnieniu inskrypcji i metod ich generowania poświęciliśmy dość uwagi w rozdziale poprzednim. Tutaj skupimy się na dwóch pozostałych rodzajach materialnych artefaktów obecnych w praktyce naukowej. Zacznę od pokazania, w jaki sposób instrumenty-modele mogą wspomagać naukowe procesy poznawcze. Odwołam się do przykładu wykorzystania molekularnych modeli w biologii, jako narzędzi pozwalających „myśleć za pomocą rąk i oczu”.

Biologia molekularna i krystalografia białek

Fizyczne modele strukturalne są powszechnie wykorzystywane w biologii molekularnej przynajmniej od końca lat 40. ubiegłego wieku. Miały one rozmaite kształty i rozmiary. Były wykonane z najróżniejszych materiałów (styropianu, drzewa balsy, wykałaczek, plastiku, kartonu, metalu, gumek recepturek). Dziś coraz rzadziej wykorzystuje się materialne modele – najczęściej struktury molekularne są

modelowane przy wykorzystaniu technologii cyfrowych. Zarówno fizyczne, jak i generowane komputerowo modele strukturalne stanowią podstawowe środki wizualizacji wykorzystywane w biologii. Nie są to tylko pomoce dydaktyczne służące wykładowcom do zilustrowania omawianych przez nich struktur molekularnych, ale są wykorzystywane już na etapie badań. Trójwymiarowe modele strukturalne są wykonywane kosztem wielu godzin pracy, gdyż – w uznaniu samych biologów molekularnych – stanowią podstawowe narzędzie służące do rozwiązywania problemów naukowych właściwych ich dziedzinie. Modele te mają interakcyjny charakter – są one łatwe do rekonfigurowania i mogą być poddawane nieustannym transformacjom i poprawkom wraz z pojawianiem się kolejnych hipotez. Aby lepiej zrozumieć, dlaczego biolodzy przypisują tak duże znaczenie swoim „zabawkowym” modelom, proponuję bliżej przyjrzeć się rozwojowi biologii molekularnej, a w szczególności pracom z zakresu krystalografii białek. Zaczniemy jednak od rekonstrukcji historii odkrycia przez Linusa Paulinga alfa-helicznej struktury keratyny.

Papierowy model i odkrycie alfa-helisy*

Keratyna to powszechnie występujące białko, które wchodzi w skład wytworów naskórka ssaków, takich jak włosy, rogi czy paznokcie. Białko to ma szczególne znaczenie w historii biologii, gdyż to właśnie jego struktura została jako pierwsza zrekonstruowana przez biologów. Odkrycie to przypisuje się Linusowi Paulingowi, a jego historia jest często przywoływana w podręcznikach i wykładach akademickich. Max Perutz (1994) – odkrywca struktury hemoglobiny, a zarazem badacz, który przez długi okres rywalizował z Paulingiem – w upamiętniającym go artykule w następujący sposób prezentuje tę historię. Według jego słów, Pauling odkrył alfa-helisę w Oksfordzie w 1948 roku, gdy leżał w łóżku chory na grypę. Pauling bawił się papierowym łańcuchem płaskich peptydów, aż znalazł satysfakcjonujące ułożenie elementów, zginając łańcuch w helisę. Próbował ułożyć

* Rekonstrukcja na podstawie: Perutz 1994; Hager 1998: 90–99; Myers 2008: 170–171.

elementy w dwóch wymiarach, ale okazało się to niemożliwe. Jednak fizyczne właściwości papieru (możliwość skręcania go i składania) umożliwiły mu stworzenie trójwymiarowej, helicznej struktury. Wizja zaprezentowana przez Perutza jest w dużym stopniu uproszczona i zmitologizowana. Jak pokazuje biograf Paulinga – Tom Hager – proces odkrycia alfa-helisy był w rzeczywistości bardziej skomplikowany (Hager 1998: 90–99). Przyjrzyjmy się bliżej temu epizodowi z historii XX-wiecznej biologii.

Punktem wyjścia procesu odkrycia alfa-helisy były prace z zakresu krystalografii rentgenowskiej. Metoda, o której mowa, polega na rejestrowaniu obrazów dyfrakcyjnych promieni rentgenowskich przechodzących przez wykrystalizowane cząsteczki. Obrazy powstają w wyniku interakcji promieniowania z chmurami elektronowymi atomów. Owe chmury – jak określał je Richard Feynman – to obszary o rozmytych granicach, w których istnieje duże prawdopodobieństwo znalezienia elektronu. Na podstawie rejestracji obrazów dyfrakcyjnych promieni przechodzących przez cząsteczkę pod wieloma kątami wyznacza się trójwymiarową mapę gęstości elektronicznej, czyli prawdopodobne, przybliżone położenia elektronów. Mapę zagęszczenia elektronów można poddać różnego rodzaju przekształceniom matematycznym i w ten sposób wyznaczyć odległość oraz pozycję cząsteczek w sieci krystalicznej, wzajemne położenie atomów w cząsteczce, a także kąty i długość wiązań między atomami.

To właśnie dzięki wykorzystaniu metody krystalografii rentgenowskiej wykazano, że włosy są zbudowane z bardzo długich molekuł o strukturze, która powtarza się co 510 pikometrów. Wielu czołowych badaczy, w tym sam Pauling, przypuszczało, że keratyna miała skręconą, zygzakowatą strukturę, dzięki której włosy mogły się rozciągać po zmoczeniu w wyniku rozciągnięcia struktury molekularnej i zmniejszać swoją długość po wyschnięciu. Wykorzystując swoją wiedzę teoretyczną dotyczącą wiązań białkowych i ustalenia swojego laboratorium, Pauling próbował stworzyć mentalny model keratyny. Ale żadna struktura przypominająca skręconą wstążkę nie była zgodna z przyjętymi przez niego regułami wiązania i wynikami badań krystalograficznych.

Podczas swojej wizyty w Wielkiej Brytanii na początku 1948 roku Pauling dowiedział się o alternatywnym podejściu. Przypuszczano, że keratyna oraz inne proteiny mogą mieć kształt nie skręconej wstążki, a spirali, którą nazywano helisą. Wkrótce potem Pauling zapadł na poważne zapalenie zatok. Jak sam wspominał, początkowo zajął się lekturą powieści detektywistycznych, te jednak szybko go znudziły. Postanowił zająć się białkami i ich strukturą. Leżąc w łóżku, wyposażony w papier, ołówek, gumkę i linijkę, zaczął szkicować łańcuchy peptydowe. Odmierzał odległości między peptydami, by zachować właściwe proporcje. Organizował aminokwasy w taki sposób, że były skierowane na zewnątrz cząsteczki. I wtedy Pauling zaczął zginać papier w taki sposób, że łańcuch aminokwasów utworzył spiralę. Ku jego zaskoczeniu, w ciągu kilku chwil, doszedł do konfiguracji, która zachowywała płaską strukturę, z którą pracował wcześniej, a jednocześnie tworzyła prawidłowe wiązania wodorowe pomiędzy każdym wzniesieniem spirali.

Radość Paulinga nie trwała jednak długo – zmierzył odległość między wzniesieniami spirali i okazało się, że nie zgadzają się one z wynikami krystalografii rentgenowskiej. Zbudowanie precyzyjnego modelu zajęłoby miesiące, a i tak nie gwarantowało to, że uzyska się odległości zbliżone do 510 pikometrów. Pauling nie wiedział, w jaki sposób skurczyć lub rozciągnąć swój model, aby uzyskać strukturę zgodną z wynikami eksperymentalnymi. Coś było nie tak. Po powrocie z Anglii w zimie 1948 roku, Pauling zlecił fizykowi Hermanowi Bransonowi sprawdzenie jego intuicji dotyczących helicznej struktury keratyny. Kazał mu na moment zignorować wyniki badań rentgenowskich. Branson miał skupić się na zasadach łączenia peptydów i poszukiwać takiej struktury, w której byłoby maksymalnie dużo wiązań wodorowych – to one, zgodnie z przypuszczeniami teoretycznymi, miały stabilizować całe białko. W znacznym stopniu zawężyło to zbiór helis, które można było skonstruować. Po roku Branson dostarczył Paulingowi obliczenia dotyczące dwóch struktur. Jedna z nich – alfa-helisa – była identyczna z tą, którą Pauling opracował, leżąc w łóżku. Druga ze struktur – gamma-helisa – była luźniej skonstruowana i miała mniej wiązań wodorowych. Żadna z helis nie była zgodna z wynikami badań krystalograficznych.

Bardziej zbita alfa-helisa zbliżała się do 540 pikometrów odległości między wzniesieniami helisy, ale był to wynik w dalszym ciągu niezadowolający. Pauling zdecydował się nie publikować wyników swoich badań.

Do ogłoszenia wyników prac skłoniły go dopiero postępy, jakie poczynił w dziedzinie modelowania białek zespół kierowany przez Sir Williama Bragga. W roku 1950 Pauling zapoznał się z artykułem zespołu Bragga, który zawierał 20 różnych modeli białek. Jak stwierdzili sami autorzy, żaden z modeli nie pasował doskonale do znanych protein. Zespół Bragga stworzył aż tyle różnych modeli, gdyż – w przeciwieństwie do Paulinga – nie trzymał się sztywno zasad dotyczących wiązań peptydowych. Ich modele były poskręcane i powyginane w sposób, który Paulingowi wydawał się absurdalny. Jednak jeden z modeli był zadziwiająco podobny do alfa-helisy. Dlatego właśnie Pauling ostatecznie zignorował wyniki krystalografii. Wraz z Robertem Coreym, ekspertem w dziedzinie interpretacji zdjęć z krystalografii rentgenowskiej, przygotował krótką notatkę prezentującą obie spirale. Następnie przystąpili do mozolnej pracy polegającej na ustaleniu dokładnej pozycji każdego atomu w strukturze.

Pomocna okazała się informacja, że jeden z brytyjskich producentów syntetycznych włókien ogłosił, że stworzył sztuczne białko przypominające keratynę. Ta sztuczna proteina automatycznie formowała się w spirale o strukturze zbliżonej do alfa-helisy. Jednak jeszcze ważniejsza była wiadomość o tym, że wzorec tej molekuly w badaniach za pomocą rentgena nie był wcale zbliżony do naturalnej keratyny, której struktura powtarzała się co 510 pikometrów. Corey i Pauling rozważali możliwość, że wyniki badań krystalograficznych nie miały nic wspólnego z istotą spiralnej struktury, lecz były jedynie wynikiem sposobu, w jaki łańcuchy wchodziły ze sobą w interakcje w naturalnych warunkach. Pauling i Corey rozszerzyli swoje zainteresowanie z keratyny na inne struktury. Próbowali zrekonstruować strukturę jedwabiu – swój model nazwali plisowanym arkuszem. Analizowali również struktury molekularne białek budujących pióra, mięśnie, chrząstki, ścięgna i kości. Dnia 28 lutego 1951 roku, w dniu swoich pięćdziesiątych urodzin, Pauling wysłał do druku niezwykle precyzyjny opis dwóch helis, nad którymi

pracował z Coreym i Bransonem. W kolejnych tygodniach poświęcił się całkowicie pracy nad pozostałymi modelami molekularnymi. Wynikiem tego wyczerpanego wysiłku był jeden z najbardziej niezwykłych zestawów artykułów naukowych, jakie ukazały się w ubiegłym stuleciu. W maju 1951 roku w jednym numerze *Proceedings of the National Academy of Sciences* ukazało się jednocześnie siedem tekstów zawierających szczegółowe opisy zidentyfikowanych przez Paulinga i jego asystentów struktur. Znalazła się wśród nich między innymi „zdumiewająca struktura” kolagenu, która składała się z trzech splecionych ze sobą alfa-helis.

Z czasem okazało się, że niektóre propozycje Coreya i Paulinga były błędne, inne zaś wymagały poprawek. Nie przyćmiło to jednak osiągnięć Paulinga. Dzięki jego pracom dokonał się ogromny przełom w biologii molekularnej. Po pierwsze, Pauling i jego współpracownicy jako pierwsi zaprezentowali dokładne modele struktur białkowych. Wkrótce potwierdzono, że keratyna ma strukturę alfa-helisy. Po drugie, prace te wyznaczyły nowe standardy badawcze – od tego momentu, każdy biolog badający struktury molekularne musiał określać położenie atomów z podobną do Paulinga precyzją.

Jak widać, skrótowy opis odkrycia struktury keratyny, jaki zaprezentował Max Perutz, pomija wiele istotnych aspektów tego procesu. Pauling najprawdopodobniej wpadł na właściwe rozwiązanie, leżąc w łóżku i bawiąc się papierowymi modelami, ale czy można mówić tu o odkryciu naukowym? Wszak Pauling nie myślał wcale, że udało mu się coś ustalić. Potrzebował ponad dwóch lat pracy, aby rozwinąć i potwierdzić swoje wstępne intuicje. Co więcej, sama idea alfa-helisy nie pojawiła się tak po prostu „w głowie” Paulinga – opierał się on na ustaleniach i intuicjach wielu innych badaczy.

To, co nas tu jednak najbardziej interesuje, to interakcja między Paulingiem, jego mentalnym modelem a papierową reprezentacją struktury keratyny. Jest to świetny przykład naukowego majsterkowania – Pauling wykorzystał będące w zasięgu jego ręki prowizoryczne materiały, łączył je ze sobą i wykorzystywał ich różne właściwości (na przykład to, że rysunek to nie tylko dwuwymiarowa reprezentacja, ale także fizyczny obiekt, który można zwinąć). Mieliśmy tu również do czynienia z działaniem epistemicznym – Pauling „bawił” się

papierowym modelem, stymulując tym samym swoją wyobraźnię. Można myśleć o tej czynności jak o skomplikowanej interakcji między modelem mentalnym i papierowym, co przypomina sytuację, jaką znamy z eksperymentów Kirsha i Maglio z grą Tetris.

Szczególnie ważny jest tu fakt, że papierowa reprezentacja struktury molekularnej w pewnej mierze sama informowała użytkownika, czy dobrze rozwiązał zadanie, ewentualnie jak duży popełnił błąd. Po zwinięciu kartki Pauling mógł stwierdzić, ile wiązań się pokrywa, czy uzyskał odpowiednią liczbę wiązań wodorowych i czy prawidłowe kąty między wiązaniami zostały zachowane. Przypomina to sytuację, jaką znamy ze studium Hutchinsa – jak pamiętamy, wielkość pola trójkąta nakreślonego ołówkiem na mapie nawigacyjnej, którego boki stanowiły AOP lub LOP, informowała marynarzy o precyzji wyznaczonej przez nich pozycji statku. Zauważmy jednak, że nie jest to zasługa samego papieru jako medium – papierowa reprezentacja pomogła Paulingowi w rozwiązaniu problemu tylko dlatego, że ten trzymał się sztywno zestawu procedur związanych z jej wykorzystaniem. Gdyby w sposób dowolny podchodził do zasad łączenia atomów, mógłby stworzyć wiele struktur. Tak zresztą postępowało wielu innych badaczy w tamtych czasach, w tym Sir William Bragg. Pauling, obstając przy swoich wyobrażeniach dotyczących podstawowych zasad łączenia atomów, mocno zawęził liczbę możliwych do skonstruowania struktur.

Zwróćmy uwagę na pewną zastanawiającą rzecz. Otóż Tom Hager, rekonstruuując historię odkrycia struktury keratyny, pokazuje, podobnie zresztą jak Perutz, że Pauling wpadł na właściwe rozwiązanie, wykorzystując papierowy model. Jednak w dalszej części historii nie wspomina on o innych modelach fizycznych, które mógł konstruować Pauling. Czy mamy zatem uznać, że Pauling wykorzystywał zewnętrzne reprezentacje tylko na bardzo wstępnym etapie swoich prac, poprzestając później na mentalnym modelowaniu struktury lub obliczeniach matematycznych? Dlaczego zatem na zdjęciach Pauling jest tak często prezentowany wraz z budowanymi przez siebie fizycznymi modelami? Czy tworzył je dopiero wtedy, gdy wpadł już na właściwe rozwiązanie „w głowie”? Czy były to jedynie pomoce dydaktyczne lub obiekty graniczne służące klarowne-

mu komunikowaniu wyników jego badań? Jest to oczywiście możliwe, jednak kognitywne i społeczne studia nad nauką uczą nas, że rekonstrukcje odkryć naukowych wielokrotnie przyjmują postać historii geniuszy, lekceważąc kulturę materialną nauki.

Na szczęście następny historyczny przykład pokazuje wyraźnie, że biolodzy wykorzystują modele molekularne nie tylko jako ilustracje swoich tez czy narzędzia dydaktyczne, ale przede wszystkim jako środki służące do redukcji złożoności i rozwiązywania problemów. Co niezwykle ważne, w przypadku poniżej zaprezentowanej historii sami badacze otwarcie przyznają, że to właśnie wykorzystanie modeli strukturalnych zadecydowało o ich sukcesie. Przypadek ten dotyczy odkrycia na początku lat 50. przez Francisca Cricka i Jamesa Watsona struktury molekularnej DNA.

Rola fizycznego modelu w odkryciu struktury molekularnej DNA*

Punktem wyjścia badań Cricka i Watsona była dotychczasowa wiedza z zakresu fizyki i chemii oraz rentgenowskie zdjęcia cząsteczki DNA uzyskane dzięki krystalografii dyfrakcyjnej. Crick i Watson przypuszczali – podobnie jak Pauling – że DNA może mieć strukturę helisy. Początkowo spierano się, czy ma to być pojedyncza, podwójna czy potrójna helisa. Kolejną niewiadomą była precyzyjna lokalizacja różnych atomów w strukturze. Jak Crick i Watson sami później twierdzili, do rozwiązania problemu struktury DNA można było podejść na dwa sposoby. Pierwszy z nich zasadał się na matematycznym modelowaniu struktury. Drugi polegał na próbie skonstruowania fizycznego modelu strukturalnego. Tą właśnie drogą podążyli dwaj biolodzy. Dokładniej rzecz ujmując, opierali się oni na metodach trójwymiarowego modelowania cząsteczek wypracowanych przez Linusa Paulinga w trakcie badań nad strukturą protein. Wykorzystany przez nich model, składający się z różnokolorowych kulek i patyków, pozwalał na konstruowanie fizycznych, trójwymiarowych reprezentacji złożonych cząsteczek chemicznych. Znając skład

* Rekonstrukcja na podstawie: Watson 1981; Baird 2004: 32–40.

chemiczny DNA oraz posiadając ogólną wiedzę o zasadach wiązań atomowych, mogli przystąpić do prób skonstruowania fizycznego modelu DNA.

Budowanie trójwymiarowego modelu z fizycznych materiałów jest czasochłonne, wymaga umiejętności manualnych, licznych prób i błędów. Jak wspomina Watson (1969: 62), podczas pierwszych prac z modelem układali strukturę z zaledwie 15 atomów. Jednak ta ciągle się rozsypywała, pomimo utrzymującego ją zewnętrznego stelaża. Nie byli w stanie zachować prawidłowych odległości między atomami. Z czasem, gdy zbliżali się do ustalenia prawidłowej struktury, spędzali całe wieczory, wycinając z tektury precyzyjne reprezentacje zasad azotowych. Niektóre części, których nie byli w stanie sami wytworzyć, musieli zamawiać u techników i czekać na ich dostarczenie. Ostatecznie jednak, w wyniku majsterkowania i improwizacji, Crick i Watson ustalili prawidłową strukturę. Sam model odpowiedział im, że zasady muszą być dobrane w pary adenozyne–tymina i cytozyna–guanina.

Zastanawiające jest, dlaczego Crick i Watson postanowili poświęcić znaczną część swojego czasu kwestiom technicznym, takim jak zachowanie pozycji „kulek” w modelu, materiał, z którego były wykonane elementy modelu i stelaż czy metoda łączenia elementów. Czy nie mogli poświęcić tego czasu problemom *stricte* poznawczym, na przykład próbie „bezpośredniego” rozwiązywania problemu naukowego przy wykorzystaniu narzędzi matematycznych? Czy jednak podejście formalne można traktować jako bardziej bezpośrednie? W świetle usytuowanego poznania narzędzia matematyczne również stanowią pewien artefakt wspomagający ludzkie poznanie. Crick i Watson *de facto* wybierali między dwoma metodami wspomagających rozwiązywanie problemu. Uznali czasochłonne konstruowanie trójwymiarowej fizycznej reprezentacji za łatwiejsze od podejścia formalnego. Niezwykle istotne jest, że podejście Cricka i Watsona można traktować jako paradygmatyczne dla sposobu rozwiązywania problemów w dziedzinie modelowania cząsteczek – w drugiej połowie ubiegłego wieku biolodzy i chemicy niezwykle często odwoływali się do analogicznych artefaktów jako narzędzi umożliwiających redukcję złożoności problemów. Przyjrzyjmy się zatem,

w jaki sposób model fizyczny wspomagał proces mający na celu ustalenie struktury DNA.

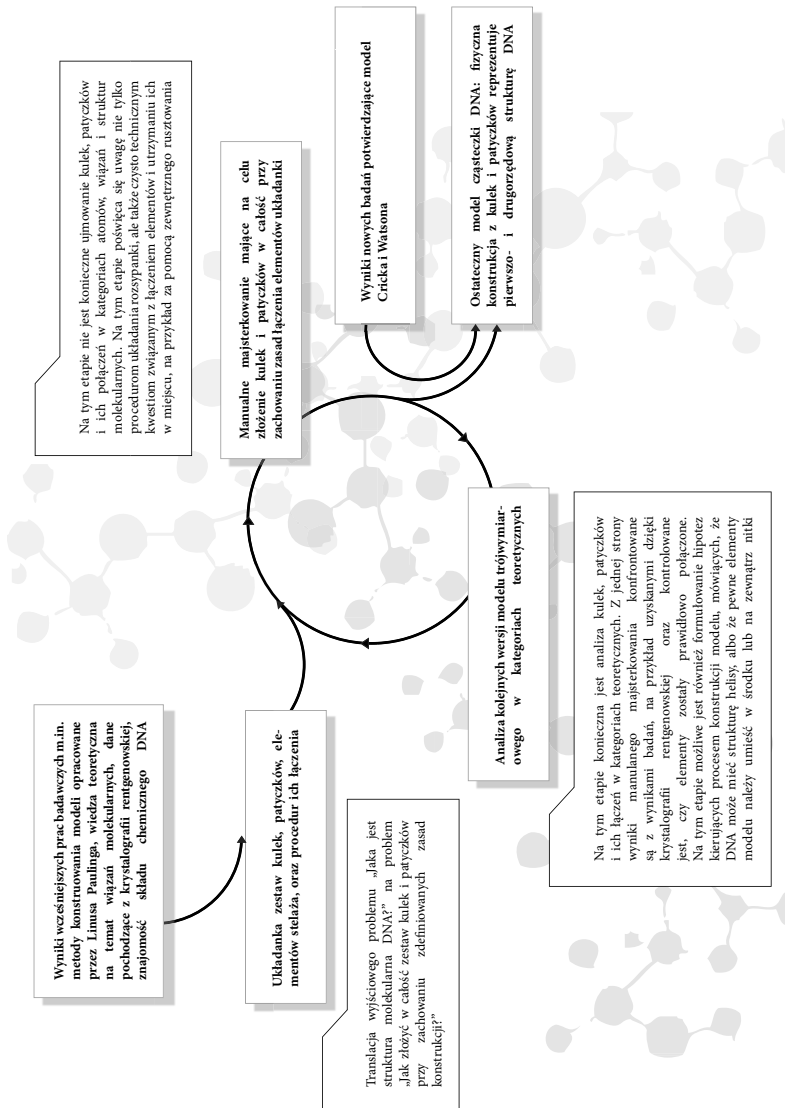
Najogólniej rzecz ujmując, wykorzystanie fizycznego modelu w istotny sposób odciążało procesy poznawcze obu biologów – ważne funkcje zostały oddelegowane do samego artefaktu. Analizując prace Cricka i Watsona, można zaryzykować stwierdzenie, że na pewnym etapie procesu konstruowania modelu strukturalnego znajomość teorii chemicznej i biologicznej nie jest wcale potrzebna. Samo przebudowywanie modelu jest bliższe w wielu momentach rozwiązywaniu skomplikowanej układanki lub posługiwaniu się zabawką przeznaczoną dla przedszkolaka niż tradycyjnie pojmowanej pracy naukowej rozumianej jako interpretacja danych, rozważanie różnych możliwości czy formułowanie przypuszczeń. *Nota bene* sam Watson porównywał model do przedszkolnej zabawki (Baird 2004: 33). Istotne jest, że model i zasady jego konstrukcji stanowią ucieleśnienie założeń teoretycznych. Zasady te określają między innymi liczbę wiązań, jakie ma dany rodzaj „kuleczki”, jakie kąty powinny być pomiędzy „patyczkami”, jaka powinna być proporcja pomiędzy „kuleczkami” różnego koloru. Innymi słowy, w trakcie składania modelu nie jest konieczne traktowanie kuleczek jako reprezentacji atomów. Sam model kulkowo-patyczkowy stanowił ucieleśnienie lub inaczej reifikację wiedzy naukowej.

Pojawiają się dwie zasadnicze wątpliwości. Po pierwsze, wydaje się, że biolog molekularny lub chemik analityczny usiłujący zrekonstruować jakąś cząsteczkę przy pomocy fizycznego modelu strukturalnego musi wiedzieć, co reprezentują poszczególne elementy modelu oraz rozumieć teorie, na których zostały oparte reguły ich łączenia. Po drugie, przywołane za Watsonem porównanie modelu strukturalnego do przedszkolnej zabawki może sugerować, że rekonstruowanie struktur cząsteczkowych jest czymś łatwym, niewymagającym wiedzy naukowej, doświadczenia, pracy twórczej oraz *last but not least* – cierpliwości. Kwestie te domagają się wyjaśnienia. W sytuacji, gdy wiedza zostaje ucieleśniona w postaci fizycznego instrumentu, osoba rozwiązująca problem przy jego pomocy może oczywiście zdawać sobie sprawę z tego, co właściwie robi, jednak najczęściej wcale nie ma takiej konieczności. Osoba posługująca się mode-

lem wcale nie musi uświadamiać sobie znaczenia elementów modelu w każdym momencie pracy. Chodzi w szczególności o etap, na którym wypróbowuje się różne ustawienia „kulek” i „patyczków”. Na początku, gdy badacz lub badacze dysponują danymi chemicznymi, wynikami krystalografii rentgenowskiej oraz innymi informacjami, gdy dopiero przygotowują się do wymodelowania cząsteczki, kompletując poszczególne elementy „układanki”, muszą myśleć o nich w kategoriach reprezentacji struktury cząsteczki. Podobnie, gdy uda im się już rozwiązać „układankę”, muszą traktować ją jako reprezentację struktury molekularnej, sprawdzając poprawność modelu przez konfrontowanie go z wynikami badań empirycznych i stanem teorii. Nas jednak interesuje to, co dzieje się w trakcie układania elementów. Przypuszczalnie badacze nie muszą nieustannie myśleć o kulkach i patyczkach jako reprezentacjach bytów teoretycznych (zob. ryc. 6).

Warto wrócić na moment do przywołanego za Hutchinsem przykładu pracy zespołu nawigatorów. Jak pamiętamy, marynarze wcale nie muszą być w każdym momencie świadomi tego, co właściwie znaczą podawane wartości i wykreślane przez nich na mapie linie, aby rozwiązać stojący przed nimi problem. Odpowiedź odczytują bezpośrednio z mapy. Przykład nawigacji morskiej pokazuje, że rozwiązywanie problemów nie przebiega wyłącznie „w głowie” – dochodzi do częściowej eksternalizacji procesów poznawczych. Z taką samą sytuacją mamy do czynienia w przypadku pracy biologa lub chemika usiłującego ustalić strukturę molekularną cząsteczki przy wykorzystaniu fizycznego modelu. Dzięki zastosowaniu artefaktu badacz nie musi ogarniać w każdym momencie całości problemu. Byłoby to niezwykle trudne, tym bardziej w sytuacji, gdy badacz wykonuje inne skomplikowane czynności poznawcze, na przykład eksperymentuje z nowym ustawieniem elementu reprezentującego atom wodoru. Fizyczny model działa jako zewnętrzna pamięć przechowująca cząstkowe, lokalne ustalenia i rozwiązania. Jednocześnie artefakt pozwala na integrowanie cząstkowych ustaleń wypracowanych w dłuższej perspektywie czasowej i na sprawdzanie ich spójności.

Kluczową kwestią jest czasowa rozdzielczość naszej analizy. Rzeczą oczywistą jest, że Crick i Watson byli świadomi, co reprezentują elementy „układanki”. Jeżeli jednak zwiększymy szczegółowość,



Ryc. 6. Proces odkrycia struktury molekularnej przez Cricka i Watsona

okazuje się, że można wskazać wiele momentów, kiedy dwaj badacze nie tyle rozwiązywali problem teoretyczny, co bawili się układanką lub majsterkowali przy modelu, traktując go bardziej jako grę logiczną niż reprezentację. Proponuję następujący eksperyment myślowy, który pod pewnymi względami przypomina chiński pokój. Wyobraźmy sobie, że skompletowaliśmy zestaw kulek i patyczków, na jakich pracowali Crick i Watson. Ponadto przygotowaliśmy listę reguł łączenia elementów wraz ze wstępnymi przypuszczeniami, od których wyszli obaj badacze. Zestaw elementów wraz z instrukcją przekazujemy dwóm osobom. Osoby te nie tylko nie znają podstaw biologii molekularnej i chemii, ale nie mają również pojęcia, co reprezentują poszczególne elementy. Traktują one zestaw jako zwykłą układankę logiczną – łamigłówkę w potocznym tego słowa znaczeniu. Czy jeżeli te osoby rozwiązałyby łamigłówkę, można by orzec o nich, że udzieliły odpowiedzi na pytanie naukowe albo dokonały ponownego odkrycia struktury DNA? Oczywiście możemy utrzymywać, że decydujący jest etap skompletowania elementów i określenia procedur ich łączenia oraz sama interpretacja teoretyczna. Mogłyby znaleźć się osoby, które potraktowałyby przebudowanie modelu na zasadzie prób i błędów, bez zrozumienia jego znaczenia, jako działalność nienaukową. W przypadku odkrycia Cricka i Watsona kluczowy był właśnie etap pracy na modelu i ustalenie prawidłowej struktury.

Przedstawiona w eksperymencie myślowym sytuacja jest wysoce nieprawdopodobna. Crick i Watson wielokrotnie przerywali zwykłe majsterkowanie, na przykład by móc skonfrontować bieżący efekt pracy z wynikami pomiarów i wiedzą teoretyczną. Rozwiązanie problemu nie dokonało się na drodze przypadkowych prób i błędów – było przynajmniej częściowo kierowane przez przypuszczenia teoretyczne. Zastanówmy się jednak, w ilu momentach pracy z modelem można by zastąpić Cricka i Watsona dwójką zmyślnych majsterkowiczów, którzy układaliby kulki i patyczki, nie wiedząc, co właściwie robią. W tym kontekście warto się zastanowić, jak często w przypadku złożonych organizacyjnie projektów dochodzi do sytuacji, że poszczególni badacze nie rozumieją, w jaki sposób wyniki ich pracy wpasowują się w przedsięwzięcie jako całość. Wystarczy przywołać

tu przykład Jana Żytkowa, który jako członek zespołu Simona brał udział w pracach nad ASON. Jak pamiętamy, ASON miały nie tylko być narzędziem empirycznie uprawianej filozofii – znajdowały również szereg zastosowań praktycznych. Na pewnym etapie swojej kariery Żytkow pomagał analizować duże bazy danych w poszukiwaniu korelacji i wzorców. Otrzymywał pakiety danych, przeszukiwał je za pomocą wypracowanych wcześniej algorytmów i wskazywał korelacje. Zaznaczał jednocześnie, że uzyskane wyniki nic mu nie mówią i wymagają teoretycznej analizy chemików. Żytkow korzystał z komputerów cyfrowych. Warto się zastanowić, czy nie należałoby rozważać wykorzystanego przez Cricka i Watsona modelu w kategoriach analogowych komputerów w rozumieniu Hutchinsa.

Wykorzystany przez Cricka i Watsona model wspomagał rozwiązywanie problemów nie tylko jako zewnętrzna pamięć i system integrujący informacje. Wróćmy jeszcze raz do map nawigacyjnych. Artefakt ten nie tylko integruje informacje, ale jednocześnie umożliwia łatwą ocenę uzyskanego zamiaru – wielkość pola wykreślonego trójkąta, którego boki stanowią AOP i LOP, informuje o tym, jak precyzyjnie udało się wyznaczyć pozycję statku. Analogicznie, fizyczny model molekularny jako urzeczowiona wiedza czynił ewidentnie widoczną błędność różnego rodzaju hipotez. Watson i Crick wypróbowali wiele układów, a model molekularny pozwalał im szybko eliminować niemożliwe z teoretycznego punktu widzenia rozwiązania. Ponadto, dzięki fizycznemu modelowi można było łatwo dostrzec, że jedynym możliwym sposobem połączenia zasad azotowych jest dobranie ich w pary adenina–tymina oraz cytozyna–guanina. Oczywiście ta obserwacja była możliwa dopiero wtedy, gdy Watson i Crick zaczęli majsterkować z układami, w których grupy fosforowe i cukry znajdowały się na zewnątrz, a nie wewnątrz łańcucha cząsteczki, jak pierwotnie zakładali. Ostatecznie, w efekcie eksperymentowania i majsterkowania z modelem, Crick i Watson doszli do jedynego możliwego sposobu złożenia kuleczek, z których, zgodnie z dotychczasową wiedzą, powinna składać się cząsteczka DNA. Okazało się jednocześnie, że ich model popierają wcześniej im nieznanymi osiągnięcia innych zespołów. W ten sposób praca conceptualna, matematyczne kalkulacje i kartki papieru zostały zastąpione za-

awansowaną układanką i manualnymi operacjami na niej. Zadanie zidentyfikowania struktury DNA zostało w pewnym sensie sprawdzone do próby złożenia w całość zestawu klocków. Jest to kolejna ilustracja powszechnego w nauce procesu „myślenia za pomocą rąk i oczu”. Jednocześnie sam model kulkowo-patyczkowy można rozpatrywać jako analogowy komputer analogiczny do mapy nawigacyjnej czy astrolabiów opisywanych przez Hutchinsa. Ponownie materialny artefakt pozwolił na manualne „obliczenie” rozwiązania problemu, który można było sformułować w matematyczny sposób.

Rozwój badań nad strukturą białek a zwrot genetyczny w biologii

Powyżej przedstawiliśmy tylko dwa wybrane epizody z historii tworzenia trójwymiarowych modeli w dziedzinie biologii molekularnej. Jak pokazuje w swoim studium Natasha Myers (2008), przedstawiciele tej dyscypliny opracowywali przez dziesięciolecia modele o różnej rozdzielczości, traktując je jako rusztowania wspomagające procesy poznawcze. Fizyczne reprezentacje pozwalały im – dosłownie i w przenośni – uchwycić analizowane przez nich struktury¹. Poszukiwano nowych, plastycznych materiałów, z których można by budować precyzyjne, stabilne i – co najważniejsze – łatwe w rekonfiguracji konstrukcje. Opracowywano nowe metody zachowania relacji między reprezentacjami atomów w przestrzeni trójwymiarowej. Specjalnie szkolono techników, którzy specjalizowali się w budowaniu i przerabianiu tego typu modeli.

Różne materiały pozwalały na odmienny rodzaj manualnych zabiegów i umożliwiały inny rodzaj wglądu w świat struktur molekularnych. Przykładowo, Max Perutz, modelując cząsteczkę hemoglobiny

¹ Myers przywołuje amerykańskiego profesora biologii Jima Brada, który w ramach swoich wykładów podkreśla rolę, jaką pełnią materialne modele przez wykorzystanie podwójnego znaczenia czasownika *to grasp* (chwycić, pojmować). Wyjaśniając zawiloci struktur białkowych, bierze w ręce stary i zużyty model patyczkowo-kulkowy reprezentujący alfa-helisę – jedną z najważniejszych struktur drugorzędowych występujących w białkach – i ostrzega uczestników kursu: „This is not easy to grasp, and that’s why it’s so important to *grasp* these structures” (Myers 2008: 173).

w latach 60., wypróbował szereg materiałów. Początkowo pracował on z materiałem wykorzystywanym wcześniej przy budowaniu małych precyzyjnych reprezentacji, które ze względu na swój wygląd nazywano modelami „kiełbasianymi” (*sausage models*; Myers 2008: 171–172). Nadawały się one do odwzorowania jedynie mniej skomplikowanych struktur. W późniejszym okresie Perutz wraz ze swoim zespołem tworzył modele z termoutwardzalnego plastiku. Jak się jednak okazało, materiał ten nie pozwalał na tworzenie modeli o dużej szczegółowości. Dopiero gdy pojawiły się bardziej precyzyjne dane krystalograficzne, Perutz mógł zlecić wyprodukowanie standardowych mechanicznych części wykonanych z metalu, z których stworzył swój sławny model hemoglobiny (Myers 2008: 172–173).

Wykorzystując modele fizyczne, biolodzy zrekonstruowali szereg relatywnie prostych struktur molekularnych. Jednak już podczas prób stworzenia bardziej złożonych struktur pojawiały się dodatkowe problemy, które wynikały nie tyle z teorii, co z właściwości samych materiałów wykorzystywanych do budowania modeli. Rekonstruując bardziej złożone struktury, naukowcy byli zmuszeni pracować z większymi modelami, te jednak stawały się często tak duże i złożone, że nie były w stanie wytrzymać mechanicznych naprężeń i siły ciężenia. Warto przytoczyć tu przykład prac zespołu biologów z Manchesteru w Wielkiej Brytanii. W latach 60. skonstruowali oni skomplikowany model molekularny z drzewa balsu oraz gumek recepturek. Struktura była tak wielka, że zajęła całą piwnicę, w której pracowali. Modelu nie udało się ukończyć, gdyż zawalił się pod własnym ciężarem. Próbuąc przezwyciężyć niszczycielski wpływ siły ciężenia, biolodzy ostatecznie skonstruowali model pod wodą, wykorzystując w tym celu basen pływacki (Myers 2008: 174).

Konstrukcje stawały się nie tylko coraz bardziej skomplikowane – nie tylko wymagały wykorzystania coraz bardziej wyszukanych technik montażu i specjalnych materiałów. Przede wszystkim ich przebudowa stawała się coraz bardziej pracochłonna, a to właśnie możliwość szybkiej i łatwej rekonfiguracji była decydująca dla wcześniejszych badaczy, którzy woleli majsterkować z fizycznymi modelami, niż stosować bardziej formalne podejście.

Badania nad strukturą molekularną cząsteczek napotkały jeszcze jedną poważną przeszkodę. Otóż w wyniku odkrycia Cricka i Watsona oraz opracowania metody PCR (*Polymerase Chain Reaction*) nastąpił zwrotu badań biologicznych ku genetyce. Wielu młodych badaczy, zamiast prowadzić żmudne prace nad kolejnymi strukturami białkowymi, wołało zaangażować się w obiecujące projekty, które miały na celu identyfikowanie kolejnych genów. Ujmując to inaczej, zamiast odkrywać skomplikowane trójwymiarowe struktury, skupiono się na sekwencji nukleotydów w DNA. Wielkie nadzieje związane z badaniami genetycznymi okazały się płonne. Znajomość pierwszorzędowej struktury DNA okazała się niewystarczająca dla zrozumienia wielu procesów. Coraz większą wagę przypisywano badaniom genomicznym, które skupiały się nie tyle na pojedynczych genach, co na genomie jako całości, ewentualnie na złożonych interakcjach między poszczególnymi genami. Dziś coraz większym zainteresowaniem cieszą się również badania struktury molekularnej białek. O tym, że w biologii molekularnej następuje zwrot post-genomiczny, świadczą między innymi pojawiające się regularnie na łamach *Nature* i *Science* kolejne doniesienia o zrekonstruowaniu nowych struktur.

Powrót do badań z zakresu krystalografii białek nie byłby jednak możliwy, gdyby nie udało się rozwiązać problemów z dotychczasowymi technikami modelowania. Stało się to za sprawą opracowania i upowszechnienia komputerowych, interaktywnych technik graficznych, pozwalających na szybkie i tanie modelowanie skomplikowanych protein (Myers 2008: 163–167). Jednym z pierwszych interaktywnych programów do modelowania molekularnego był opracowany w latach 1963–1967 program nazwany *The Kluge* (Myers 2008: 174). Był to początek prac nad interfejsem, który pozwalały na rozmieszczanie w przestrzeni trójwymiarowej elementów z podobną łatwością jak w przypadku modeli fizycznych. Zaletą narzędzi komputerowych było to, że maszyna automatycznie zapamiętywała poprzednie modele, pozwalając użytkownikowi szybko do nich wrócić. Każda zmiana nie wymagała również żmudnego przebudowywania fizycznej struktury. W 1977 roku badaczom po raz pierwszy udało się opracować nową strukturę molekularną wyłącz-

nie w oparciu o interaktywne programy graficzne (Myers 2008: 177). Jednak przejście od analogowych do cyfrowych modeli nie nastąpiło natychmiast. Nawet dziś, kiedy powszechnie modeluje się struktury molekularne za pomocą specjalistycznych programów graficznych, analogowe modele są wciąż wykorzystywane w niektórych laboratoriach. Przyjrzyjmy się dokładniej temu, w jaki sposób współcześni biolodzy rekonstruują struktury molekularne, wykorzystując w tym celu nowoczesne technologie i nowy zestaw reprezentacji przez nie oferowany.

Współczesna krystalografia białek*

Prace mające na celu opracowanie modelu molekularnego białka można podzielić na kilka istotnych etapów (Myers 2008: 181–186).

Krok 1: puryfikacja białka. Zanim badacze będą mogli usiąść przed interfejsem komputera i przystąpić do modelowania cząsteczki, konieczne jest wyizolowanie danej substancji z żywych komórek. Wydobycie białka z komórki było i wciąż pozostaje trudnym zadaniem laboratoryjnym. Dawniej najlepszym źródłem materiału do puryfikacji były rzeźnie – dostarczały one tanich tkanek do badań. Dziś jednak białka są pobierane ze sztucznie hodowanych bakterii, których kod genetyczny zmodyfikowano w taki sposób, aby produkowały one w dużych ilościach białko będące obiektem zainteresowania biologów (Myers 2008: 196).

Krok 2: krystalizacja białka. Wyizolowane białko musi zostać poddane krystalizacji, aby można je było uchwycić w postaci in-skrypcji. Czynność ta stanowi duże wyzwanie, gdyż wiele białek jest trudnych do wykrystalizowania lub w ogóle nie tworzy kryształów. Sami biolodzy twierdzą, że ta czynność wymaga znaczących umiejętności i dużych zasobów wiedzy milczącej. W odczuciu samych biologów, wykrystalizowanie białka wymaga niekiedy iście „magicznych” rytuałów. Przykładowo, w środowisku krążą opowieści o badaczach, którzy są w stanie uzyskać powtarzalne rezultaty, puszczając swoim białkom odpowiedni rodzaj muzyki lub mówiąc

* Rekonstrukcja za: Myers 2008.

do nich. Jeden z krystalografów twierdził nawet, że przez długi okres bezskutecznie usiłował wykrystalizować pewne białko – przełom dokonał się dopiero w momencie, gdy zgolił sobie brodę. Nie twierdzą tu, że dbanie o zarost lub nawiązywanie relacji emocjonalnych z próbkami należy traktować na równi z uznanymi procedurami badawczymi. Chcę tu jedynie wskazać, że nawet dla samych biologów umiejętność krystalizowania białek jawi się jako czynność ezoteryczna – ostatecznie sami nie są w stanie wyjaśnić, dlaczego pewne zabiegi zadziałały, a inne zawiodły. Nie powinno być również zaskoczeniem, że kroki 1. i 2. mogą niekiedy trwać latami; nie ma również gwarancji, że badaczom ostatecznie uda się wykrystalizować dane białko (Myers 2008: 196).

Krok 3: mikroskopia rentgenowska. Wykrystalizowane białka są poddawane działaniu promieni rentgena, w wyniku czego powstają właściwe im wzorce dyfrakcji. Kryształ białka jest obracany i poddawany działaniu wiązki padającej nań z różnych kątów. W wyniku tego powstaje seria wzorców dyfrakcyjnych, które korespondują z położeniem atomów w strukturze. Przypomina to sposób, w jaki wykonuje się badania tomograficzne – w wyniku obracania próbki badacze uzyskują wycinki struktury – jest ona dzielona na kolejne plastry o określonych grubościach.

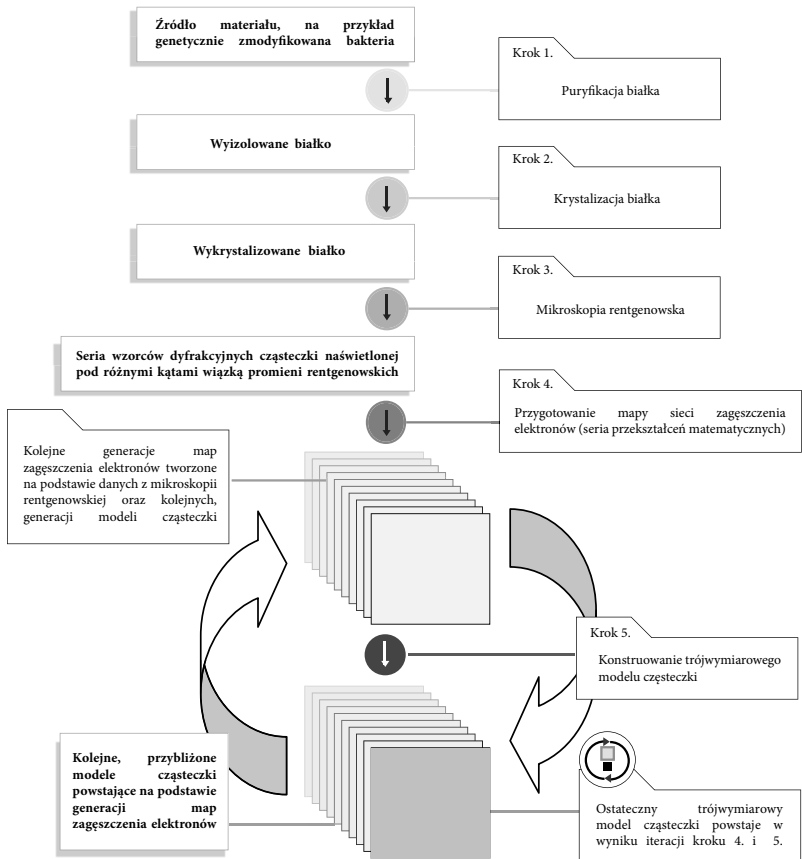
Krok 4: przygotowanie mapy sieci zagęszczenia elektronów. Każdy wycinek molekuly wygenerowany dzięki promieniowaniu rentgenowskiemu i każda widoczna na wzorcu kropka stanowią podstawę dla stworzenia trójwymiarowej mapy przybliżonej pozycji elektronów w cząsteczce. Wygenerowanie tej reprezentacji zakłada wykorzystanie szeregu skomplikowanych przekształceń matematycznych. Te reprezentacje zagęszczenia elektronów przypominają trójwymiarowe mapy topograficzne, gdzie szczyty oznaczają możliwe położenie elektronów.

Krok 5: konstruowanie trójwymiarowego modelu cząsteczki. Dysponując mapą zagęszczenia elektronów, biolodzy mogą przystąpić do pierwszych prób budowania modelu. Jednak struktura modelu nigdy nie wynika bezpośrednio z mapy. Po pierwsze, na mapie widać pozycje elektronów, nie konkretnych atomów, których dokładne umiejscowienie w strukturze badacze muszą określić. Co więcej,

mapa reprezentuje przybliżone pozycje elektronów, co oznacza, że nie muszą one pokrywać się z pozycją atomów w modelu. Badacze znają skład chemiczny cząsteczki oraz ogólne zasady łączenia atomów ustalone między innymi przez Paulinga. Wielokrotnie w skład modelowanej molekuly mogą wchodzić prostsze, znane z wcześniejszych badań struktury, takie jak alfa-helisa.

Iteracja kroków 4. i 5.: biolodzy nie są w stanie ustalić prawidłowej struktury białka, pracując na pierwszej mapie zagęszczenia elektronów. Ostateczna struktura wyłania się w wyniku interakcji między czynnością mapowania i modelowania: pierwsze hipotetyczne (i najczęściej cząstkowe) modele są wykorzystywane, by generować precyzyjniejsze mapy zagęszczenia elektronów, te z kolei pozwalają konstruować bardziej dopracowane modele, co umożliwia tworzenie jeszcze precyzyjniejszych map. Często okazuje się, że podczas jednego z cykli popełniono błąd, zakładając, że w danym miejscu znajduje się określony aminokwas i badacze muszą się cofnąć po własnych krokach do wcześniejszych modeli i map. Opisywane tu czynności badawcze opierają się zatem na metodzie prób i błędów. Badacze nieustannie tworzą w oparciu o swoje modele hipotetyczne pozycje elektronów i konfrontują je z danymi eksperymentalnymi. Nieustannie doszukują się również podobieństw między budowanym modelem a innymi znanymi im już strukturami lub ich fragmentami, by upewnić się, że są na właściwej drodze. Zdaniem samych biologów, modelowanie białek przypomina historię detektywistyczną, w której krytolograf poszukuje wskazówek i śladów, zgaduje, jakie aminokwasy umieścić w danym miejscu struktury, próbując odtworzyć całościowy obraz. Jak stwierdził kierownik jednego z laboratoriów krytograficznych, „nigdy nie wiadomo, że ukończyło się model, dopóki się go nie skończy” (por. Myers 2008: 185). Następuje tu swego rodzaju przeskok poznawczy – po którejś iteracji badacze po prostu stwierdzają, że wszystkie elementy układanki „zaskoczyły” i znalazły się we właściwych miejscach (zob. ryc. 7).

Opisując swoją pracę, biolodzy często podkreślają rolę nie tylko żmudnych prób, ale zwykłej intuicji i wprawy badacza. Innymi słowy, choć mapowanie i modelowanie białek wymaga umiejętności informatycznych, chemicznych, biologicznych i matematycznych,



Ryc. 7. Proces modelowania struktur molekularnych białek

wymaga także wiedzy milczącej (Myers 2008: 184). Badacze często po prostu wiedzą, że z daną strukturą jest coś nie tak, lecz nie potrafią powiedzieć co. Przebłysk intuicji kojarzy się nam najczęściej z jakimś procesem myślowym – czymś, co rozgrywa się „w głowie”. Tymczasem, jak pokazuje Natasha Myers, doświadczeni biolodzy zajmujący się modelowaniem, mając do czynienia z nieprawidłowo skonstruowaną cząsteczką, odczuwają to jako nienaturalne, wręcz „bolesne” wypaczenie struktury. Zachowują się niekiedy w taki sposób, jak gdyby cielesnie utożsamiali się z modelowanymi cząsteczkami i odczuwali ewentualne wypaczenia struktury jak coś, co dotyka ich własnych ciał. Innymi słowy, zanim są jeszcze w stanie powiedzieć, co jest nie tak z daną konfiguracją, informuje ich o tym swego rodzaju wewnętrzny, cielesny impuls. Przyjrzyjmy się bliżej temu, jaką rolę pełni ucieleśnienie i jak wykorzystują swoje ciała badacze zajmujący się krystalografią białek.

Rola ucieleśnienia w krystalografii białek

Jak zauważają sami biolodzy, aby dobrze zrozumieć strukturę danego białka, należy osobiście uczestniczyć w pracach nad jego modelem. Kierownik laboratorium, Diane Griffin, z którą Myers przeprowadziła wywiad pogłębiony, stwierdza, że osoby, które budują konkretną strukturę, rozumieją ją w sposób, w jaki nikt inny nie będzie w stanie jej pojąć (Myers 2008: 186). Jak sama przyznaje, pełniąc funkcję doradczą, wielokrotnie starała się „wejść” w daną strukturę i zrozumieć ją na takim poziomie, na jakim udawało się jej pojąć białka, które osobiście modelowała. Udało jej się to osiągnąć przy zaledwie kilku strukturach, których modelowanie nadzorowała i za każdym razem pochłaniało to dużo czasu. By zbudować mentalny, trójwymiarowy model białka „w głowie”, należy rozumieć nie tylko rozmieszczenie aminokwasów, ale zdawać sobie również sprawę z tego, gdzie w strukturze znajdują się aktywne obszary, mieć poczucie, jak gęsto jest ona „upakowana”, a także orientować się, jak bardzo jest ona elastyczna i w których miejscach pracuje (gdzie się zgina, jak się kurczy lub rozciąga). Badacz musi myśleć o strukturze białka jak o czymś stabilnym, ale nie sztywnym – musi ujmować ją jako rucho-

my mechanizm. Wiedza ta nie jest łatwa do przekazania. Jak twierdzi kierowniczka laboratorium, „nie możesz wyjaśnić komuś czegoś w trzech wymiarach” (Myers 2008: 187). Dlatego właśnie krystalografowie podczas rozmów laboratoryjnych odwołują się do komunikacji niewerbalnej. Dokładniej rzecz ujmując, często posługują się swoim ciałem jako modelem, na którym demonstrują wybrane elementy modelowanych struktur lub przestrzenne relacje między aminokwasami, ewentualnie sam mechanizm działania struktury.

Jak pokazują badania etnograficzne prowadzone w laboratorium biochemicznym (zob. Becvar, Hollan, Hutchins 2007), gesty reprezentacyjne pozwalają współpracującym ze sobą naukowcom sprawniej się ze sobą komunikować – za pomocą gestów mogą efektywnie przekazywać informacje o trójwymiarowych strukturach, co nie jest możliwe przy wykorzystaniu innych modalności. Jednocześnie wykorzystywane w praktyce laboratoryjnej gesty reprezentacyjne umożliwiają wypracowanie lepszego zrozumienia badanych struktur, a tym samym przyczyniają się do rozwoju teorii.

Myers, analizując sposób wykorzystywania ciała przez krystalografów, podkreśla, że nie chodzi tu wyłącznie o gesty rąk. Biolodzy często wykorzystują całe swoje ciało – nogi, tors, kark i biodra. Korzystając ze swoich ciał, badacze nie tylko „pobudzają do pracy” modele mentalne, ale mogą również w łatwy sposób symulować ruch widocznych na ekranie komputera trójwymiarowych struktur. Podobnie wykorzystywała swoje ciało kierownik laboratorium w trakcie przeprowadzanego z nią przez Myers wywiadu; nie mając dostępu do interfejsu komputerowego, by wytłumaczyć zawikłaność modelowania białek, nieustannie układała różne części swojego ciała w kształty przypominające fragmenty zgiętych struktur białkowych (Myers 2008: 165).

Rola ciała w krystalografii nie sprowadza się do wspomaganie komunikacji i procesów mentalnego modelowania. Myers stwierdza, że badacze wytwarzają z modelowaną cząsteczką osobistą relację, którą można traktować jako „współodczuwanie” lub „wczucie się” w molekułę (Myers 2008: 165). Kierownik laboratorium opowiadała, że pracując z młodszymi badaczami, musi ich instruować, jak łączyć poszczególne elementy. Często tworzą oni połączenia, które są nie-

możliwe z teoretycznego punktu widzenia. W wyniku tego powstają modele, które w oczach doświadczonego w modelowaniu badacza jawią się jako nienaturalnie, wręcz „boleśnie” wypaczone. Sama kierownik laboratorium w następujący sposób opisała swoje doznania, gdy ma do czynienia z nieprawidłowo złożoną strukturą: „I mam to bolesne odczucie. Stresuję się przez sam fakt patrzenia na to... To tak, jakbym czuła ból, jaki musi czuć molekula, bo ona po prostu nie może być w ten sposób ułożona”. Czy jest możliwe, aby biolodzy, postrzegając „nienaturalnie” wypaczoną strukturę, odbierali jej „ból” jako swój własny? Ludzie są w stanie mieć bolesne odczucia przez sam fakt patrzenia na pokiereszowane i powyginane ciała innych ludzi, czy jednak analogiczne wczucie może dotyczyć trójwymiarowej struktury białkowej? Może mamy tu do czynienia jedynie z luźną metaforą, do której uciekają się badacze, nie mogąc znaleźć właściwych słów, by wyjaśnić swoje procesy poznawcze? A może kryje się za tym coś więcej?

Wydaje się, że warto w tym miejscu przywołać pewien interesujący przykład niezwiązany bezpośrednio z problematyką naukową. George Soros, amerykański finansista i miliarder, potrafi racjonalnie wyjaśniać podejmowane przez siebie decyzje dotyczące inwestycji i spekulacji finansowych, a przynajmniej sam w ten sposób rekonstruuje swoje działania. Malcolm Gladwell, amerykański publicysta, w książce *Błysk! Potęga przeczucia* (Gladwell 2009a), przytacza wypowiedź jednego z synów Sorosa, który wyjaśnia działania swojego ojca w odmienny sposób:

Mój ojciec siada w fotelu i przedstawia teorie, które tłumaczą, dlaczego robi to czy tamto. Ale pamiętam, że przyglądałem się temu jako dziecko i myślałem: połowa z tego to kompletna bujda. Wiadomo przecież, że ojciec zmienia pozycję na rynku czy coś w tym stylu, bo zaczyna ją mu dokuczać plecy. Dostaje autentycznego ataku bólesci i właśnie to jest sygnałem ostrzegawczym (Gladwell 2009a: 53).

W świetle powyższej wypowiedzi należałoby uznać oferowane przez Sorosa wyjaśnienia za przejaw znanego nam już efektu wstecznej racjonalizacji. Przypuszczalnie Soros, mimo że jest światowej kla-

sy finansistą i wybitnym znawcą teorii rynków, dokonuje większości swoich analiz na poziomie nieświadomym. Sygnały somatyczne stanowią tu formę komunikatu, jaką wysłał mu jego własny umysł w sytuacji zagrożenia jego inwestycji. Może brzmieć to dziwnie, ale zapewne znamy wiele przypadków ludzi wykonujących zawody, które wymagają podejmowania szybkich decyzji, takich jak brokerzy finansowi, strażacy, policjanci czy żołnierze. W wielu sytuacjach eksperci po prostu wiedzą, że „coś idzie nie tak”, choć nie są w stanie racjonalnie wyjaśnić podstaw swoich obaw. W obliczu niebezpieczeństwa muszą opierać się na swoich przecuciach, które niekiedy objawiają się jako niezrozumiałe i zarazem niepokojące odczucia trzewne (*gut feeling*; zob.: Gigerenzer 2007; Klein 2003) stanowiące silną reakcję somatyczną na emocje.

Ciekawe w tym kontekście wydają się wyniki sławnego eksperymentu psychologicznego przeprowadzonego przez grupę badaczy z Iowa (Bechara et al. 1997; Damasio 1999: 240–242). Eksperyment był oparty na symulowanej grze hazardowej. Przed badanymi umieszczono 4 talie kart – 2 czerwone i 2 niebieskie. Badany miał wybierać dowolne talie i brać z nich kartę. W zależności od wylosowanej figury uzyskiwał lub tracił pieniądze. Celem gry miało być uzbieranie jak największej ilości środków. Czerwona talia zawierała karty dające duże zyski, ale jej losowanie wiązało się z dużo większym ryzykiem. Jediną gwarancję zwycięstwa dawały talie niebieskie – losowane z nich karty gwarantowały umiarkowane wygrane przy niewielkim ryzyku. Jak wykazano, większość badanych zaczynała orientować się w sytuacji po zapoznaniu się z 50 kartami. Jednak statystycznie dopiero przy 80 karcie badani byli w stanie wyjaśnić, dlaczego talie niebieskie są bardziej korzystne. Co interesujące, pomiar aktywności gruczołów potowych na skórze pokazał, że badani wykazywali reakcje charakterystyczne dla stresu przy sięganiu po czerwone talie już po zapoznaniu się z zaledwie 10 kartami. Równocześnie z poceniem się dłoni następowała zmiana w zachowaniu graczy, którzy coraz częściej nieświadomie sięgali po niebieskie talie. Innymi słowy, organizm badanych reagował już na niebezpieczne talie na długo przed tym, kiedy badani zaczynali świadomie formułować przypuszczenia dotyczące reguł rządzących grą, w której uczestniczyli.

Powołując się na wyniki eksperymentów, wspomniani badacze sformułowali koncepcję naukową wiążącą reakcje emocjonalne z racjonalnym podejmowaniem decyzji, znaną jako teorię markerów somatycznych (Damasio 1996, 1999; Bechara, Damasio 2005). Standardowo przyjmuje się, że strach stanowi reakcję na rozpoznane przez nas zagrożenie. Według przywoływanych tu badaczy sytuacja jest zupełnie odwrotna – nasz organizm i system poznawczy rozpoznają zagrożenie nieświadomie, a świadomość strachu pojawia się nie tyle pod wpływem obserwacji zewnętrznego czynnika, co raczej w wyniku samoobserwacji stanów somatycznych naszego organizmu. Upraszczając, można powiedzieć, że wcale nie jest tak, że serce bije nam mocniej, a ręce pocą się dlatego, że się boimy; jest raczej tak, że boimy się, gdyż nasz umysł zauważa wspomniane reakcje naszego ciała. W świetle takiego ujęcia, uczestnicy eksperymentu Iowa wybierali karty nie dlatego, że zdawali sobie sprawę z reguł rządzących grą, ale dlatego, że instynktownie reagowali na nieświadomiane reakcje swojego ciała. Skąd jednak nasz organizm wie, co mu zagraża? Antonio Damasio pisze:

Zanim twój umysł zacznie zmierzać ku rozwiązaniu problemu, dzieje się w nim coś istotnego: gdy na myśl przychodzą złe skutki danej decyzji – nawet gdy dzieje się to tylko przez mgnienie oka – doświadczasz nieprzyjemnego uczucia w trzewiach. Ponieważ owo odczucie odnosi się do ciała i sygnalizuje pojawienie się określonego uczucia, nazwałem to zjawisko markerem somatycznym (Damasio 1999: 200).

Jak zauważa dalej:

Można powiedzieć, że markery somatyczne to specjalne rodzaje uczuć generowanych na podstawie wtórnych emocji. Te emocje i uczucia zostały połączone w procesie uczenia się z przewidywalnymi przyszłymi skutkami pewnych scenariuszy rozwoju wypadków. Gdy negatywny marker somatyczny zostaje zestawiony z określonym przyszłym skutkiem danego działania, staje się dzwonkiem alarmowym. Kiedy natomiast dokona się takie zestawienia z markerem pozytywnym, staje się on bodźcem zachęty (Damasio 1999: 201).

Markery somatyczne upraszczają i przyspieszają proces decyzyjny. Po pierwsze, dostarczają mózgowi szeregu podpowiedzi na temat tego, co chcemy osiągnąć, a czego wolimy uniknąć. Po drugie, błyskawiczne reakcje emocjonalne naszego ciała selekcionują informacje na mniej i bardziej ważne, pozwalając w ten sposób uchwycić to, co najważniejsze w danej sytuacji. Po trzecie, reakcje somatyczne pobudzają inne procesy, w tym uwagowe i percepcyjne, co zwiększa szansę sprawnego podjęcia trafnej decyzji. Dodajmy, że wszystko to odbywa się poza naszą świadomością – reagując w oparciu o uczucia trzewne, dopiero po pewnym czasie możemy próbować dokonać racjonalnej rekonstrukcji naszej decyzji.

Wróćmy ponownie do badanych przez Myers ekspertów w dziedzinie krystalografii białek i ich „współodczuwania”. W świetle teorii markerów somatycznych stwierdzenie, że badacza wręcz boli, gdy ma do czynienia z wykrzywionym modelem, w którym atomy połączono w niemożliwy z fizycznego i chemicznego punktu widzenia sposób, przestaje być nieprawdopodobne. Można przypuszczać, że mamy tu do czynienia z opisywanym powyżej odczuwaniem trzewnym. Doświadczeni krystalografowie nie muszą świadomie analizować, czy dana struktura jest prawidłowo połączona – czynią to niemal automatycznie i w sposób nieświadomy, gdyż w wyniku wieoletnich doświadczeń po prostu ucieleśnili tę umiejętność.

Dynamika płynów i laboratoryjne symulacje

W powyższym fragmencie mieliśmy okazję bliżej przyjrzeć się materialnym obiektom, które pełniły funkcje podobne do opisywanych w poprzednim rozdziale inskrypcji. Widzieliśmy również, jak ze względu na ograniczenia dostępnych materiałów, z których buduje się fizyczne modele, krystalografowie musieli zastąpić praktykę budowania trójwymiarowych struktur pracą z zaawansowanymi reprezentacjami graficznymi. Omawiane techniki komputerowego modelowania białek stanowią w pewnym sensie krok pośredni między inskrypcją, która prezentuje dane w czytelnej postaci i uwidacznia istotne cechy, a modelem, który ucieleśnia założenia teoretyczne,

a zarazem może być w łatwy sposób przebudowywany, co pozwala badaczom rozwiązywać łamigłówki naukowe na drodze manualnego majsterkowania.

Jednak model pozostaje wciąż tylko modelem. Reprezentuje dany obiekt lub proces, ale nie jest nim samym. Zupełnie inaczej jest w przypadku opisywanych przez Bairda instrumentów, które nie tylko pełnią funkcję reprezentacji danego zjawiska, ale jednocześnie są nim samym. Mowa tu o aparatach służących reprodukowaniu lub symulowaniu badanych fenomenów. Zauważmy jednak, że w swoich pracach Baird przyjmuje dość standardową perspektywę epistemologiczną – skupia się głównie na statusie różnych instrumentów, twierdząc, że mają one wiele cech wspólnych z wiedzą teoretyczną. W tym miejscu przyjmijmy odmienne ujęcie – nie będziemy rozważali roli instrumentów w perspektywie ich podobieństwa do teorii naukowej. Przede wszystkim przyjrzymy się tu aparaturze badawczej, biorąc pod uwagę jej rolę w rozwiązywaniu problemów naukowych i możliwości redukcji złożoności, jakie stwarza. Zamiast próbować wykazać epistemologiczne podobieństwa maszyn do wiedzy propozycjonalnej, co czyni sam Baird, skupimy się na różnicach między nimi. Szczególną uwagę poświęcimy tym funkcjom instrumentów, których teoria naukowa wydaje się pozbawiona. W tym celu posłużymy się przykładami zaczerpniętymi z mechaniki płynów.

Robotuńczyk

W rozdziale piątym, w kontekście koncepcji środowiskowego usytuowania, został przywołany przykład dotyczący ruchu tuńczyka oraz delfina. Zwierzęta te, jak pamiętamy, są w stanie pływać szybciej niż pozwalałaby im na to budowa ich ciał oraz siła ich mięśni. Jednak, jak argumentują Michael i George Triantafyllou, te zwierzęta oraz inne wybrane gatunki zwierząt wodnych zawdzięczają swoje zdumiewające możliwości ewolucyjnie wykształconej umiejętności wykorzystywania i wytwarzania dodatkowych źródeł energii kinetycznej w środowisku wodnym. Dokładniej rzecz ujmując, wykorzystują prądy i zawirowania wodne, by przyspieszać i manewrować. Takie efekty pojawiają się niekiedy samoistnie, jednak zwierzę-

ta te najczęściej same wytwarzają gradienty ciśnień, by później móc je wykorzystać. Choć obserwacja ta jest sama w sobie fascynująca, to w tym miejscu należy skupić się raczej na tym, w jaki sposób badaczom udało się to w przekonujący i metodologicznie poprawny sposób ustalić. Innymi słowy: w jaki sposób byli oni w stanie określić rodzaje zawirowań i wirów wytwarzanych przez tuńczyka? Czy dokonali tego za pomocą narzędzi matematycznych, wykorzystując znane równania dotyczące zachowania różnych cieczy i gazów, czy może wykorzystali w tym celu symulacje komputerowe? A może obserwowali tuńczyka poruszającego się w jego naturalnym środowisku?

Udzielając odpowiedzi na to pytanie, warto nakreślić szerszy kontekst. Otóż badania problemu ruchu tuńczyka należą do dyscypliny znanej jako mechanika płynów. Jest to dział fizyki, który zajmuje się analizą ruchu płynów oraz działających na nie sił. Do płynów zalicza się ciecze, gazy, ale również plazmę. Rozwiązania problemów z zakresu mechaniki płynów zakładają między innymi określenie właściwości płynu (gęstości, lepkości, temperatury) oraz własności przepływu (na przykład jego prędkości lub ciśnienia). Tę dyscyplinę można podzielić na statykę i dynamikę płynów. Mechanika płynów dostarcza nam matematycznych modeli zachowania obiektów w środowiskach o różnych właściwościach, co pozwala nie tylko dokonywać trafnych predykcji, ale także okazuje się przydatne przy rozwiązywaniu różnych problemów technicznych (projektowaniu profili skrzydeł pojazdów, kształtu karoserii i kadłubów). Jednak owe modele matematyczne nie są najczęściej dedukowane z innych praw fizycznych – stanowią one generalizacje matematyczne danych uzyskiwanych dzięki różnego rodzaju eksperymentom i obserwacjom. Nie należy myśleć tu o eksperymentach z zakresu mechaniki płynów jak o testach teoretycznych hipotez. Aby zrozumieć zachowanie danego ciała, fizycy konstruują różnego rodzaju symulacje. Jednym z podstawowych narzędzi ich pracy jest komora aerodynamiczna, która pozwala uwidocznić przepływ płynu wokół modelu, który może reprezentować na przykład kadłub statku. W tym celu na model puszcza się powietrze ze znaną prędkością. Jednak powietrze jest przezroczyste, dlatego dodaje się do niego różnokolorowy dym. Ka-

mery rejestrujące próby w komorze aerodynamicznej wychwytyują uwidocznione w ten sposób zawirowania. Dopiero odwołując się do zewnętrznych reprezentacji, takich jak filmy czy zdjęcia, fizycy mogą przejść do próby opracowania modeli. Dzięki tunelom i komorom aero- i hydrodynamicznym możemy przetestować projekty różnych urządzeń. Jednocześnie dostarczają nam one różnych zaskakujących informacji – pozwalają zarejestrować, a następnie wykorzystać pomysłne zbiegi okoliczności. To właśnie dzięki takiemu podejściu wiemy, w jaki sposób zachowują się końce łopat helikoptera oraz dłaczego samochody z karoserią ze ściętym tyłem są bardziej aerodynamiczne od opływowych konstrukcji. Dziś oczywiście inżynierowie projektujący różnego rodzaju pojazdy dysponują automatycznymi symulacjami komputerowymi obliczającymi opływ powietrza lub innego płynu wokół konstrukcji, co uwalnia ich od konieczności budowania fizycznych modeli. Jednak stworzenie tego typu czarnych skrzynek nie byłoby możliwe bez wykorzystania fizycznych modeli.

Wróćmy do przykładu z tuńczykiem. Michael i George Triantafyllou nie wydedukowali swojego modelu z teorii. Nie obserwowali również tuńczyka w jego naturalnym środowisku. Wygodniejszym i zdecydowanie tańszym rozwiązaniem było symulowanie sposobu poruszania się tuńczyka w warunkach laboratoryjnych. Nie oznacza to oczywiście, że wykorzystano w swoich pracach eksperymentalnych prawdziwą rybę. W 1993 roku w Department of Ocean Engineering skonstruowali oni pierwszego z całej serii robota o nazwie Robo Tuna, który imitował sposób poruszania się prawdziwego tuńczyka. Pierwszy model nazwano Charlie I, a jego budową zajął się doktorant MIT – David Barrett. Po pierwsze, urządzenie to naśladowało zarejestrowane przez badaczy zachowanie prawdziwych ryb. Po drugie, robotuńczyk został pokryty materiałami o podobnych właściwościach hydrodynamicznych co prawdziwy tuńczyk. Model umieszczono w wielkim, podłużnym, wypełnionym wodą zbiorniku o przezroczystych ścianach. Rejestrując ruch wody za pomocą podobnych technik, jakie wykorzystuje się w komorach aerodynamicznych, badacze mogli zrekonstruować, a następnie wymodelować matematycznie szereg zjawisk fizycznych, jakie wykorzystuje tuńczyk, by się poruszać.

Proponuję tu przywołać jeszcze jeden ciekawy przykład z zakresu mechaniki płynów, który ilustruje nieco bogatszy zestaw heurystyk i reprezentacji stosowanych w procesie badawczym. Dotyczy on próby rozwiązania zagadki lotu owadów.

Zagadka lotu owadów*

Sposób poruszania się takich owadów, jak pszczoła, trzmiel lub mucha stanowił zagadkę, z którą badacze próbowali uporać się przez dziesięciolecia. Wielu dochodziło nawet do wniosku, że fakt, iż pewna część owadów w ogóle unosi się w powietrzu, stoi w sprzeczności z prawami fizyki. Przykładowo, entomolog Antoine Magnan w swojej książce z 1934 roku przytacza obliczenia przeprowadzone przez jego asystenta, inżyniera André Sainte-Laguë. Wynika z nich, że trzmiel nie ma prawa (przynajmniej w świetle teorii) unieść się w powietrze. Wniosek ten wywiódł ze stwierdzenia, że siła nośna pojazdu o skrzydłach tak małych jak trzmiela i latającego tak wolno jak ten owad, jest zdecydowanie mniejsza od jego ciężaru (za: Dickinson 2001: 32). Zdziwienie budził nie tylko stosunek wielkości powierzchni skrzydeł do masy ciała owadów, ale również sama ich konstrukcja – uważano, że są one zbyt kruche, by sprawdzały się w locie. W jeszcze większe zakłopotanie wprowadzał badaczy fakt, że owady nie tylko świetnie latają, wykonując różnego rodzaju gwałtowne zwroty i inne akrobacje, ale wiele z nich jest w stanie unieść ciężar niemal równy swojej wadze.

Wielu badaczy przyjmowało jednak błędny punkt odniesienia, porównując mechanikę lotu owadów do znanych im już mechanizmów. Owady poruszają się w sposób całkowicie odmienny od ptaków lub konstruowanych przez człowieka urządzeń latających – ze względu na swoje niewielkie rozmiary muszą wykorzystywać zupełnie inne właściwości fizyczne powietrza. W przypadku ruchu samolotów znajduje zastosowanie głównie aerodynamika ustalona – opływ powietrza wokół skrzydeł i kadłuba oraz powstające w ten sposób siły są stałe. Zasady te nie znajdują jednak zastosowania w przypadku lotu owadów, które poruszają swoimi skrzydła-

* Rekonstrukcja na podstawie: Dickinson 2001.

mi od 20 do 600 razy na sekundę. Jednocześnie ruch skrzydeł owada jest niezwykle złożony. Koniec każdego skrzydła zatacza wydłużony owal nachylony względem pionu. Jednocześnie każde skrzydło jest odwracane w taki sposób, że ich wierzchnia strona jest górną podczas ruchu w górę, a dolną podczas ruchu w dół. O ile lot samolotu lub szybującego ptaka można opisać, skupiając się na kącie natarcia i podciśnieniu, jakie wytwarza się nad skrzydłem, o tyle zrozumienie lotu muszki owocówki wymaga analizy skomplikowanych wirów, które wytwarzają jej skrzydła, a które unoszą owada. Brak tu miejsca na wyjaśnianie aerodynamiki skrzydeł owadów oraz efektów fizycznych, jakie wykorzystują, by latać. Pragnę skupić się raczej na zabiegach i narzędziach, jakie wykorzystano, by uwidocznić owe procesy i móc je opisać.

Do końca lat 80. usiłowano zrozumieć lot owadów przez analizę sił, jakie działają na skrzydło w poszczególnych etapach jego ruchu. Oczywiście w ten sposób fizycy, badając skrzydła owadów, mogli odwołać się do swoich komór aerodynamicznych i fizycznych modeli. Część środowiska uważała to podejście za wystarczające. Jeszcze w latach 70. spierano się, czy w ten sposób można wyjaśnić lot owadów. Dopiero na początku lat 80. Charles Ellington wykazał jednoznacznie, że tego typu podejście było błędne. Można powiedzieć, że skupiając się na analizie skrzydeł owadów w różnych pozycjach, fizycy zgubili istotny aspekt badanego zjawiska. W tym wypadku okazało się, że badacze byli w stanie rozbić dany proces na łatwe w analizie elementy, podobnie jak to miało miejsce w przypadku badań nad pączkowaniem aksonów. Nie byli jednak w stanie „odzyskać” procesualnego charakteru badanego zjawiska. Pod wpływem ustaleń Ellingtona próby rozwikłania zagadki lotu owadów podjęto ponownie.

Jak twierdzą fizycy, gdybyśmy potrafili rozwiązać równanie Naviera–Stokesa dla poruszających się skrzydeł owada, uzyskalibyśmy pełną charakterystykę aerodynamiczną jego lotu. Niestety, złożoność ruchu skrzydeł owadów sprawia, że zagadnienie to jest zbyt trudne, by uzyskać jego rozwiązanie nawet przy użyciu najpotężniejszych komputerów. Dlatego wiele zespołów starało się zmierzyć siły działające na skrzydła. Część badaczy eksperymentowała z prawdziwymi owadami, opracowując ambitne i pomysłowe eksperymenty.

Jednak małe rozmiary owadów oraz szybki ruch skrzydeł uniemożliwiły dokonanie wystarczająco precyzyjnych pomiarów. Aby pokonać tego typu ograniczenia, sięgnięto do sprawdzonej metody – wykorzystano modele o dopasowanej do potrzeb badawczych skali. Jak pamiętamy, inżynierowie pracują z modelami projektowanych przez siebie pojazdów o zmniejszonej skali. Analogicznie naukowcy badający lot owadów opracowywali powiększone modele skrzydeł. Jednocześnie spowalniali ich ruch.

Zwróćmy jednak uwagę na to, że tego typu translacja, aby pozostała wiarygodna, musi spełniać szereg warunków metodologicznych. Jeden z nich jest związany z wzajemnym stosunkiem wartości dwóch sił działających na ciało w płynie. Pierwszą z owych wartości jest siła bezwładności, czyli siła, która jest potrzebna do przemieszczenia pewnej masy płynu – jej wartość jest tym wyższa, im gęstszy jest płyn. Druga siła dotyczy lepkości płynu, która jest związana z tarcieniem, jakie powstaje podczas ruchu sąsiednich warstw płynu z różną prędkością. Stosunek obu tych sił jest nazywany liczbą Reynoldsa. Właściwości fizyczne modeli i reprezentowanych przez nie obiektów są uznawane za takie same, gdy w obu przypadkach jest zachowany taki sam stosunek siły lepkości i siły bezwładności. Weźmy pod uwagę fakt, że liczba Reynoldsa rośnie ze wzrostem długości i prędkości ciała oraz gęstości płynu, a maleje ze wzrostem jego lepkości. Owady są małe i latają wolno – ich ruchowi odpowiadają niskie liczby Reynoldsa². A więc powiększając skrzydło owada, badacze muszą dobrać do niego odpowiednie medium (odpowiednio bardziej gęste od powietrza), aby zachować prawidłowy stosunek między oboma siłami.

W 1992 roku Michael Dickinson oraz Karl Götz skonstruowali model skrzydła muszki owocowej (*Drosophila melanogaster*) w postaci łopatki o rozmiarach 5 na 20 centymetrów, poruszanej za pomocą kilku silników. Łopatka została zanurzona w zbiorniku z roztworem cukru – duża lepkość tej substancji przy powyższych rozmiarach

² Ruchowi owadów odpowiadają jednostki Reynoldsa między 100 a 1000 (czasami są one nawet niższe). Dla porównania ruch dużego, szybko poruszającego się samolotu odbywa się w warunkach odpowiadających jednostkom Reynoldsa od 1 miliona do 100 milionów.

skrzydła pozwoliła uzyskać identyczne z perspektywy mechaniki warunki jak te, w których porusza się prawdziwa muszka owocowa. Model zaopatrzone w czujniki mierzące siłę nośną i opór powstające podczas ruchu łopatek. Badacze wykorzystali też interesującą sztuczkę stosowaną w wielu innych eksperymentach, która w istotny sposób redukuje złożoność wywoływanych przez model procesów fizycznych. Otóż na końcach łopatki umieścili płytki brzegowe, które uniemożliwiały przepływ płynu wzdłuż skrzydła oraz wokół jego krawędzi. Często postępuje się tak podczas prac z prostymi modelami aerodynamicznymi, gdyż dzięki temu przepływ zmienia się z trójwymiarowego na dwuwymiarowy. Jego analiza staje się łatwiejsza, jednak nie ma gwarancji, że w ten sposób nie są pomijane pewne ważne zjawiska. Zabieg ten przypomina techniki redukcji złożoności przez zmniejszanie liczby wymiarów analizowanych zjawisk, jakie znamy między innymi ze studium dotyczącego pączkowania aksonów. Zastosowane przez Dickinsona i Götza podejście pozwoliło zaobserwować interesujące efekty fizyczne, jakie towarzyszą ruchowi owadzych skrzydeł, w tym efekt opóźnionego oderwania (zob. Dickinson 2001: 34–35).

Kilka lat później Ellington wraz ze swoim zespołem przeprowadził analogiczne eksperymenty, które pozwoliły uogólnić powyższy uproszczony, dwuwymiarowy model na przypadki trójwymiarowe. Tym razem, zamiast muchy, badano dużą ćmę *Manduca sexta*. Zwierzę latało na uwięzi w tunelu aerodynamicznym. Jednocześnie opracowano trójwymiarową ćmę-robota – była to komputerowa symulacja, której zachowanie konfrontowano z wynikami uzyskanymi podczas badania fizycznej, żywej ćmy (zob. Silva 2005). Smugi dymu pozwalały stwierdzić między innymi powstawanie wirów na krawędzi skrzydeł, u dołu. Problem metodologiczny, jaki podnoszono w kontekście badań Ellingtona, był taki, że ćma na uwięzi porusza się inaczej niż swobodnie latające zwierzę. Poza tym wyniki Ellingtona nie tylko nie tłumaczyły wszystkich zawiłości procesów aerodynamicznych, ale również pozostawały sprzeczne w niektórych punktach z eksperymentami innych zespołów.

W 1998 roku Dickinson, między innymi wraz z Fritzem-Olafem Lehmannem i Sanjayem P. Sane'em, skonstruował duży model musz-

ki owocowej poruszający skrzydłami. Urządzenie nazwano Robomuchą (*RoboFly*, właściwa nazwa to: *Dynamically Scaled Flapping Robot*). Skrzydła miały długość 25 centymetrów i poruszały się w zbiorniku zawierającym dwie tony oleju mineralnego. Model był stukrotnie większy od skrzydeł muszki, które mają długość 2,5 milimetra. Robomucha wykonywała ruch skrzydłami w 5 sekund, podczas gdy prawdziwa muszka owocowa porusza swoimi z częstotliwością 200 cykli na sekundę. Badacze chcieli obserwować siłę aerodynamiczną wywieraną na skrzydła i opływ płynu wokół nich. Projekt różnił się od wcześniejszych eksperymentów pod kilkoma istotnymi względami. Po pierwsze, zastosowano tu ciekawą metodę śledzenia zawirowań. Na brzegach skrzydeł umieszczono otworki, które wypuszczały pęcherzyki powietrza. Podobnie jak dym w tunelu aerodynamicznym, pozwalało to śledzić zawirowania płynu. Pęcherzyki, aby bardziej je uwidocznić, podświetlano za pomocą zielonego światła laserowego. Po drugie, choć skrzydła miały reprezentować muszkę owocową, to można je było przeprogramować, by naśladowały lot innych owadów. Po trzecie, w zbiorniku można było eksperymentować z różnymi ruchami skrzydeł. Przykładowo, można było przeprogramowywać system imitujący lot muszki w taki sposób, że ruch był w pewnym momencie przerywany – w ten sposób można było prześledzić, jak zachowały się płyn bez interakcji z kolejnymi fazami ruchu skrzydeł muszki. Pozwalało to badaczom na testowanie różnych hipotez. Na przykład obracano skrzydło w różnych fazach jego ruchu. Prace z tym modelem pozwoliły wychwycić wiele dotąd nieznanych aspektów aerodynamiki lotu owadów. Umożliwiły zrozumienie nie tylko tego, w jaki sposób muszka owocowa oraz inne owady w ogóle się unoszą, ale także tego, na czym polega mechanizm sterowania lotem.

Dzięki pracy wielu zespołów jesteśmy coraz bliżej wypracowania spójnej teorii lotu owadów. Jednak nie możemy zapominać, że istnieje wiele owadów o zróżnicowanych kształtach skrzydeł, różnej ich liczbie i sposobie poruszania, więc trudno stwierdzić, w jakim stopniu model opracowany głównie dla lotu muszki owocowej znajduje zastosowanie w innych przypadkach. Nie jest również zrozumiałe, w jaki sposób owady wykonują ostre zwroty. Dlatego też ba-

dacze budują skrzydła, które poruszałaby się nie w miejscu, lecz po linii prostej i mogły wykonywać skręty.

Odpowiedzi na pytania, których nie potrafimy jeszcze sformułować

Na koniec naszych rozważań dotyczących poznawczych funkcji maszyn i instrumentów naukowych proponuję przytoczyć przykład zaczerpnięty – dla odmiany – z literatury *science fiction*. W opowiadaniu *Piknik na skraju drogi* Arkadij i Borys Strugaccy (1999) przedstawiają historię Strefy – obszaru przypuszczalnego lądowania obcej cywilizacji, domniemanego eksperymentu na ludziach lub ewentualnie miejsca katastrofy pojazdu kosmicznego. W Strefie ma miejsce szereg nienaturalnych zjawisk i anomalii, takich jak obszary natężonej grawitacji lub zaburzenia przestrzenne, które skręcają i rozrywają obiekty znajdujące się w ich zasięgu. Strefa ma również niezwykle wpływ na zdrowie i potomstwo osób do niej się zakradających lub prowadzących w niej badania. Powodem, dla którego ludzie zapuszczają się w głąb strefy są różnego rodzaju artefakty, jakie można tam znaleźć. Są to między innymi czarci pudding, pustaki oraz owaki. Skupmy się na ostatnich. Owaki to obiekty niewiadomego pochodzenia, które znalazły powszechne zastosowanie technologiczne w stworzonym przez Strugackich świecie. Okazały się źródłem niewyczerpanej energii, którą można napędzać między innymi samochody. Były przy tym bezpieczne – można było przenosić je w kieszeni niczym kluczyki samochodowe. Jednocześnie ziemscy naukowcy odkryli, że w odpowiednich warunkach mogą one powielać się niczym żywe organizmy. Nikt jednak nie był zdolny wyjaśnić, jak to się dzieje. Mimo to naukowcy byli w stanie wykorzystać owaki w celach technologicznych, nie wiedząc nawet, czy są to swego rodzaju baterie, czy może obiekty żywe. Jak stwierdza jeden z bohaterów opowiadania, Strefa oferuje ludziom odpowiedzi na pytania, których ci jeszcze nie są nawet w stanie sformułować.

Odnieśmy teraz powyższą fikcyjną sytuację do rzeczywistości badań naukowych. Zastanówmy się, czy zbudowany przez Michaela Fa-

radaya motor elektromagnetyczny nie był takim właśnie owakiem XIX-wiecznej nauki. Nikt nie mógł zaprzeczyć, że motor działa, ale też nikt nie był w stanie powiedzieć z całą pewnością dlaczego. Mimo że zasady działania urządzenia były sporne, badacze mogli, traktując to urządzenie jako pewien wzorzec, reprodukowac ten efekt i wykorzystywać go w bardziej skomplikowanych urządzeniach. Przytoczmy tu inny ciekawy przykład. Dotyczy on skonstruowanej przez Thomasa Davenporta wersji silnika elektrycznego. W 1934 roku podczas publicznej prezentacji zafascynowało go działanie elektromagnesu. W ciągu następnego roku skonstruował oparty na elektromagniesie silnik elektryczny. Artefakt był w stanie poruszać 7-calowe koło z prędkością 30 obrotów na minutę. W owym czasie wielu wynalazców niezależnie opracowało podobne maszyny. Osoba Davenporta zasługuje jednak na szczególną uwagę, bowiem wynalazca ten nie posiadał nawet podstawowej wiedzy z zakresu fizyki – był zwykłym kowalem. Jego wynalazek powstał w całkowitym oderwaniu od propozycjonalnie pojmowanej wiedzy naukowej (zob. Baird 2004: 10). Silnik Davenporta był efektem tradycyjnie rozumianej pracy rzemieślniczej.

Uogólniając, można powiedzieć, że badacze wykorzystują rzeczy reprezentujące podejmowane problemy, by móc rozwiązywać je na drodze manualnego majsterkowania. Jak utrzymuje wielu przywoływanych w pracy autorów, odkrycie lub wynalazek nie biorą się z niczego – abstrakcyjne rozważania naukowe najczęściej są od samego początku zakotwiczone w różnego rodzaju epistemicznych maszynach (por. *epistemic engines*, Carroll-Burke 2001): rozwijanym instrumencie, prototypie urządzenia, ewentualnie laboratoryjnym zestawie generującym określony efekt (fizyczny, chemiczny, biologiczny etc.). Nie twierdzę wcale, że to, co materialne, jest w jakiś sposób uprzywilejowane lub bardziej pierwotne względem tego, co poznawcze lub dyskursywne w nauce. Powinniśmy raczej myśleć o wiedzy jako czymś powiązanim z lub zakorzenionym w artefaktach i praktykach naukowych, nie zaś osobnym wymiarze, który można analizować w oderwaniu od pozostałych kwestii dotyczących procesu badawczego.

Bardzo często jest tak, że naukowcy, aby stworzyć zewnętrzną, materialną reprezentację problemu, muszą już znać lub przy-

najmniej zakładać reguły, zgodnie z którymi mają rozwiązać łami-główkę. Wróćmy na moment do przykładu z podwójną helisą. Crick i Watson, przygotowując elementy, z których mieli złożyć swój model, w pewnym sensie stworzyli analogowy komputer. Przebudowując model, dokonywali manualnie obliczeń matematycznych, które mogliby wykonać w głowach i na kartkach papieru. Jednak aby skompletować taki analogowy komputer, musieli oprzeć się między innymi na ustaleniach chemii i biologii dotyczących wiązań atomowych. Bez tego ich układanka byłaby tylko zwykłą zabawką, a ich wysiłek byłby pozbawiony naukowego znaczenia. Kluczowy jest fakt, że dwaj badacze, zamiast ograniczyć się do rozważań teoretycznych lub zabiegów matematycznych, wbudowali założenia w artefakt, na którym pracowali.

Oczywiście badacze nie zawsze są w równie dogodnej sytuacji. Nader często mają do czynienia ze słabo zdefiniowanymi problemami, a ich pracy nie można ująć w kategoriach rozwiązywania łami-główek. Co pozostaje do zrobienia naukowcom, gdy nie wiedzą, jakie są podstawowe zasady rządzące dziedziną, do której należy problem, którym się zajmują? Co mogą zrobić, kiedy nie wiedzą jeszcze, co jest istotne, o co pytać i jak sformułować pytania? W tym momencie pozostaje próba symulowania zjawiska. Symulacje, które tu omawialiśmy, polegały na zreprodukowaniu pewnego zjawiska w sztucznych, laboratoryjnych warunkach. Relacja między zachowaniem skrzydeł muchy a zachowaniem sztucznych, powiększonych skrzydeł zanurzonych w oleju mineralnym nie polegała wyłącznie na reprezentowaniu. Zjawisko, choć sztucznie wywoływane lub w inny sposób przeniesione do wnętrza laboratorium, wciąż pozostawało tożsame z samym sobą. Innymi słowy, nie mamy tu do czynienia z modelem w ścisłym tego słowa znaczeniu. Do modelu wprowadzamy najczęściej tylko te elementy, o których wiemy. Eksperymentalnie reprodukując zjawisko, mamy szansę uchwycić coś, czego nasza siatka pojęciowa lub model mentalny nie uwzględniały. Oczywiście istnieje również możliwość, że podczas „przenoszenia” zjawiska do laboratorium zgubimy jakąś istotną rzecz. Najprawdopodobniej jednak szybko zorientujemy się, że coś pominęliśmy, ponieważ zamierzony efekt okaże się niemożliwy do odtworzenia w laboratorium. W ta-

kiej sytuacji najczęściej wciąż jest możliwe sprowadzanie do laboratorium kolejnych elementów, aż wreszcie znajdziemy ten, którego brakowało do sprawnego wywołania efektu. Kiedy już laboratoryjnie zreprodukuje się zjawisko w najwygodniejszej dla nas skali, możemy przystąpić do majsterkowania – możemy zacząć „myśleć za pomocą rąk i oczu”. Co jednak najważniejsze, skonstruowana w ten sposób symulacja ma szansę ujawnić nowe, zaskakujące procesy, udzielając tym samym odpowiedzi na pytania, których jeszcze nie zadaliśmy lub nawet nie jesteśmy w stanie sformułować.

Podsumowanie i uwagi końcowe

W niniejszej rozprawie starałem się pokazać, że praca naukowa nie daje się sprowadzić wyłącznie do myślenia, naukowych dyskusji lub sztywnego egzekwowania jakiejś formy logiki naukowej. Ujmując naukę jako pracę teoretyczną, gubimy ważny jej wymiar związany z manualnym majsterkowaniem, kulturą materialną czy wreszcie interakcjami grupowymi. Na poparcie swoich tez przytaczałem liczne przykłady z zakresu kognitywnych i społecznych studiów nad nauką. Na koniec warto przywołać trzy spośród zaprezentowanych przypadków, ilustrujące główne czynniki, którym nauki przyrodnicze zawdzięczają swój wyjątkowy sukces.

Przywykliśmy do myślenia o podmiocie poznania naukowego jako jednostce. Tymczasem, jak pokazuje w swoim studium Karin Knorr Cetina, w fizyce wysokich energii doszło do sytuacji, która jest niemożliwa do wyjaśnienia w kategoriach historii geniuszy. Mowa o instytucjonalnym wymazaniu indywidualnego podmiotu poznania. W ramach fizyki wysokich energii eksperymenty, obliczenia i praca teoretyczna są realizowane w sposób całkowicie kolektywny i rozproszony. Wymazanie podmiotu jednostkowego oraz kolektywny charakter pracy zostały zakorzenione w tej dziedzinie w szeregu instytucji, między innymi w specyficznej konwencji przypisywania zasług i autorstwa. Strukturę społeczną, z którą mamy do czynienia w fizyce wysokich energii, najlepiej określić jako wspólnotę komunitarystyczną. Jak pokazują kognitywne i społeczne studia nad nauką, naukowcy najczęściej nie rozwiązują swoich problemów w samotności, lecz wzajemnie się inspirują i stymulują, wchodzą ze sobą w nieustanne interakcje, wymieniając się doświadczeniami oraz zasobami, wytwarzając w ten sposób efekt poznawczej synergii. Ze zjawiskiem tym mamy do czynienia nie tylko w przypadku ogromnych kolektywów badawczych, *vide* fizyka wysokich energii czy *Human Genome Project*. Z podobną sytuacją zetknęliśmy się w studium dotyczącym poszukiwania przyczyn SARS.

Drugi przypadek, który warto przywołać w tym miejscu, dotyczy wizualnej kultury inżynierów. Jak pokazała Kathryn Henderson, praca inżynierów jest zorganizowana wokół praktyk produkowania, poprawiania, przetwarzania, przekazywania, archiwizowania i reprodukcji różnego rodzaju szkiców, projektów graficznych i schematów. Są one opracowywane bądź to na ekranach komputerów, bądź na kartkach papieru. Tego typu inskrypcje stanowią obiekty graniczne, które stwarzają przestrzeń komunikacji między inżynierami, umożliwiając uzgadnianie wyobrażeń i negocjowanie różnych propozycji rozwiązania problemów. Ponadto stanowią one swego rodzaju „klej społeczny” spajający wspólnotę. Przede wszystkim jednak są to podstawowe narzędzia, za pomocą których inżynierzy „konceptualizują” i rozwiązują problemy. Myślenie, komunikacja i szkicowanie to w przypadku praktyki inżynierskiej trzy nierozzerwalnie powiązane procesy, które czerpią z siebie wzajemnie swoją moc. Musimy jednak pamiętać, że zewnętrzne reprezentacje są obecne nie tylko w dziedzinie badań rozwojowych i inżynierii, ale także w wielu obszarach nauk podstawowych i stosowanych. Inskrypcje, wizualizacje oraz inne zewnętrzne reprezentacje odgrywają istotne role zarówno w tworzeniu, re negocjowaniu i odtwarzaniu wiedzy, jak i projektowaniu oraz wdrażaniu nowych technologii.

Trzeci przykład, który pragnę przywołać, dotyczy historii odkrycia struktury DNA. Unaocznia nam on znaczenie instrumentów i materialnych artefaktów w praktyce badawczej. Crick i Watson, starając się ustalić strukturę molekularną DNA, posłużyli się fizycznym obiektem pełniącym funkcję modelu. Widzieliśmy, jak teoretyczna łąmigłówka została zastąpiona „przedszkolną układanką”, w efekcie czego poznawcza złożoność problemu została zredukowana. Tym samym rozwikłanie abstrakcyjnego problemu wymagającego dużej liczby obliczeń zostało sprowadzone w dużej mierze do manualnych zabiegów przeprowadzanych na „łamigłówce”. Innymi słowy, model kulkowo-patyczkowy pełnił funkcję zewnętrznej reprezentacji, która pozwoliła badaczom „myśleć za pomocą rąk i oczu”. Do podobnych zabiegów uciekają się nie tylko biolodzy modelujący różne struktury molekularne, ale również przedstawiciele innych dyscyplin przyrodniczości.

Podsumowując, trzy powyższe przykłady ilustrują istotną rolę, jaką odgrywają w praktyce badawczej następujące czynniki:

1. Kooperacja i komunikacja badaczy w ramach kultur epistemicznych.

2. Różnorodne inskrypcje (wydruki instrumentów, zestawienia statystyczne, wykresy, etc.), wizualizacje (szkice, schematy, skany fMRI, obrobione zdjęcia mikroskopowe, etc.) oraz innego rodzaju zewnętrzne reprezentacje (trójwymiarowe modele komputerowe, dynamiczne symulacje, etc.).

3. Różnego rodzaju materialne artefakty, takie jak fizyczne modele (model molekularny, tellurium), proste narzędzia laboratoryjne (pipeta, palnik, woltomierz) oraz bardziej skomplikowane instrumenty (komora pęcherzykowa, automatyczny sekwencer DNA, akcelerator cząsteczek).

Oczywiście wspomniane powyżej czynniki nie wyczerpują bogactwa konceptualnego modelu, jaki starałem się zaprezentować w trzeciej części pracy. Próbując zrekonstruować poszczególne ustalenia poczynione w trakcie całego wywodu, musiałbym w dużej mierze go powtórzyć. Dlatego ograniczę się do przywołania najważniejszych koncepcji, licząc że w ten sposób stworzę mapę pojęciową, która pozwoli Czytelnikowi swobodnie poruszać się w zaprezentowanym materiale i – ewentualnie – kontynuować podróż przez naukę i technologię na własną rękę. Takie rozwiązanie wydaje mi się właściwe również z tego względu, że – jak podejrzewam – zgromadzony materiał empiryczny, koncepcje, pomysły, pozwolą Czytelnikowi na nadbudowanie kolejnych warstw idei oraz wyciągnięcie konkluzji, których nie byłem w stanie dostrzec.

Z perspektywy przywoływanych koncepcji instrumenty laboratoryjne, podobnie jak opisywane zewnętrzne reprezentacje, stanowią poznawcze rusztowanie nauki. Właśnie to miała oddawać w swych zamierzeniach przywołana za Clarkiem kategoria funkcjonalnego rozszerzenia umysłu. Nie zapominajmy jednak, że ludzie wykorzystują jako swoje funkcjonalne rozszerzenia również innych ludzi. Korzystają między innymi z kompetencji współpracowników – ich wiedzy, umiejętności. Kategoria rozszerzenia, podobnie jak zakorenowanie, usytuowanie oraz rozproszenie, zmusza nas do ponow-

nego przemyślenia koncepcji podmiotu poznania naukowego. Czy w świetle zaprezentowanych przykładów, chociażby przypadku odkrycia przyczyny SARS, jesteśmy w stanie utrzymać wizję, wedle której podmiotem nauki jest indywidualny badacz, a nie, powiedzmy, zespół lub sieć badaczy? Raczej nie. Nie wydaje się jednak, by uznanie za podmiot całej wspólnoty lub zespołu wydawało się rozwiązaniem satysfakcjonującym, choćby ze względu na silnie utrwalony w filozofii sposób konceptualizowania relacji poznawczej. Być może właściwym rozwiązaniem jest skupienie się nie tyle na odkryciu (przedmiocie) i odkrywającym (podmiocie), ale na samym procesie poznawczym. Antropologia nauki pokazuje, by nigdy nie poprzestawać na poziomie generalizacji i szukać konkretnych posunięć w ramach gry naukowej, konkretnych translacji i konkretnych interwencji. Różnicę między generalnym ujęciem, kiedy dokonujemy arbitralnej atrybucji autorstwa, a ujęciem szczegółowym, kiedy nie jesteśmy w stanie owego autorstwa przypisać jednej osobie, dobrze ilustruje przypadek „odkrycia” wpływu zawartości selenu w wodzie na przebieg testu laboratoryjnego autorstwa Slovika. Cały obraz komplikuje się jeszcze bardziej, gdy oprócz analizowania interakcji między badaczami do opisu praktyki badawczej włączymy czynniki materialne i technologiczne.

Opisując badania w ramach różnych dziedzin nauki, można zastanawiać się, w jakim stopniu są one kierowane przez rozwój wypadków, a w jakim stopniu stanowią efekt postępowania zgodnego z rozpisanim uprzednio planem. Ujmując to inaczej, prowadząc analizę nauki, możemy się zastanawiać, jak dużo w niej improwizacji, a jak dużo postępowania zgodnego ze sztywną metodologią. Jak pokazała Suchman, między działaniem planowanym a improwizowanym zachodzi relacja dialektyczna, którą tak dobrze oddaje zaproponowany przez nią przykład canoe pokonującego kolejne kaskady na rzece. Przywoływane w niniejszej pracy badania i koncepcje sugerują, że w praktyce naukowej zawsze mamy do czynienia z jakąś dozą przypadkowości. Wiele dyscyplin jest systemowo nastawionych na kapitalizowanie anomalii i pomyślnych zbiegów okoliczności. Z taką sytuacją mamy do czynienia między innymi w biologii molekularnej i genetyce, co pokazują w swoich studiach Kevin Dunbar i Karin Knorr Cetina. Na-

leży jednak pamiętać, że wykorzystywanie nadarzających się zbiegów wypadków jest możliwe tylko wtedy, gdy pewne obszary nauki pozostają stabilne. Przykładowo, biolodzy nie byłiby w stanie dostrzec zaskakujących zjawisk, gdyby nie standardowe procedury laboratoryjne i znane im techniki generowania inskrypcji. Podobnie, pozbawieni aparatu pojęciowego nie byłiby w stanie konceptualizować zaobserwowanych zjawisk i zrozumieć ich teoretycznego znaczenia.

W pracy często wykorzystywałem kategorię redukcji złożoności. Odnosi nas ona do tradycji *problem solving*. W szczególności kojarzy się z zaproponowanym przez Herberta A. Simona ujęciem rozwiązywania problemów jako ich upraszczaniem, ewentualnie przekształcaniem metody ich prezentowania w taki sposób, by uczynić rozwiązanie ewidentnym. Zgromadzony w niniejszej pracy materiał pokazuje, że intuicje Simona były nad wyraz trafne. Niemniej jednak musimy pamiętać, że procesy redukcji złożoności w dziedzinie praktyki naukowej dotyczyły często nie tyle sposobu prezentowania problemu, co samego badanego obiektu. Praktyka laboratoryjna odnosi liczne sukcesy, gdyż wprowadza porządek do badanych zagadnień nie tylko na poziomie pojęciowo-teoretycznym, ale również na poziomie samych próbek, efektów i materiałów – badane obiekty są izolowane, modyfikowane, standaryzowane lub upraszczane w taki sposób, aby praca z nimi stała się łatwiejsza. Jest to powszechnie spotykana w nauce forma działania epistemicznego, czyli działania, którego istotą jest wprowadzenie przez podmiot zmian w środowisku, które umożliwiają uproszczenie jego procesu poznawczego.

Być może najważniejsza z perspektywy ogólnej wymowy tej pracy jest koncepcja braku jedności nauki. Posiłkowałem się wieloma przykładami. Jednak bez względu na to, jak liczne i różnorodne, nie są one w stanie oddać bogactwa praktyk naukowych. Nie sugeruję tu wcale, że wszystkie dyscypliny naukowe są zorganizowane podobnie do fizyki wysokich energii. Nie twierdzę, że każdy naukowiec wykorzystuje narzędzia analogiczne do modelu molekularnego Cricka i Watsona. Również nie wszyscy uczeni opierają się w takim stopniu na inskrypcjach i wizualizacjach, jak przywoływani za Henderson inżynierzy. Formułowany w pracy model nie rości sobie prawa do uniwersalności. Dostarczam tu jedynie pewnych pojęć i pokazuję, jak

można przy ich pomocy analizować różne obszary przyrodoznawstwa. Jak wielokrotnie wspominałem, teza o jedności nauki w świetle badań empirycznych okazuje się nie do obronienia. Na takim stanowisku stoją nie tylko przedstawiciele antropologii nauki, ale również badacze zajmujący się ASON. Doszukując się istoty procesu badawczego lub esencji umysłu naukowego, badacze kognitywni pokazali, że w gruncie rzeczy nie ma jednej logiki odkrycia, a heurystyki wykorzystywane przez badaczy są charakterystyczne również dla wielu pozanaukowych praktyk. Jak pisze Michael Lynch:

[N]auka, która istnieje w praktyce, pod żadnym względem nie przypomina nauki, o której czytamy w podręcznikach. Wyraźna granica między zdrowym rozsądkiem a nauką okazuje się nie do utrzymania, gdyż [etnograficzne] studia laboratoryjne wykazały, że projekty naukowe są realizowane przez zdroworozsądkowe podmioty (*common-sense reasoners*) obchodzące się z egzotycznymi materiałami i posługujące się skomplikowanym wyposażeniem. [...] Oglądane z bliska, laboratoria naukowe zaczynają przypominać warsztaty studiowane przez socjologów w tak wielu innych zawodach (Lynch 1985a: xiv).

Czy w świetle powyższych stwierdzeń musimy dojść do wniosku, że w nauce nie ma nic wspaniałego? Czy to, że nie potrafimy oddzielić działalności naukowej od nienaukowej, nie sprawia, że powinniśmy automatycznie porzucić próbę udzielenia odpowiedzi na to pytanie? Cóż jest zatem wspaniałego w nowoczesnym przyrodoznawstwie w świetle zaprezentowanego modelu? Jedną z możliwych odpowiedzi mogłaby brzmieć: dzięki opisywanym czynnikom i technikom badacze sprawnie redukują złożoność stojących przed nimi problemów i są w stanie analizować zjawiska, które pozostają „nieuchwytnie” lub „nieczytelne” na zewnątrz, poza murami laboratoriów. Na stronach niniejszej książki analizowaliśmy wiele fascynujących (a niekiedy zaskakujących) heurystyk i narzędzi, które badacze stosują w swojej praktyce. Być może zamiast udzielać rozbudowanej odpowiedzi na powyższe sformułowane pytanie, warto zastanowić się nad samym kontekstem, w jakim zostało postawione. Musimy sobie uświadomić, że pytanie o wspaniałość nauki w milczący sposób przypisuje nauce lub samemu naukowcowi specyficznie pojętą racjonalność (najczęściej utożsamia-

ną z logicznością). Przyjęta tu perspektywa usytuowanego poznania pokazuje, że źródła efektywności nauki nie powinniśmy doszukiwać się w jakiejś przypisywanej jej przez dziesięciolecia wyższej formie racjonalności. Wart podkreślenia jest fakt, że w ramach współczesnych studiów nad nauką i technologią kategoria racjonalności została niejako odstawiona na bok. Badacze kognitywni, socjologowie i antropolodzy najczęściej nie pytają już o racjonalność badań naukowych, lecz o ich skuteczność, ewentualnie o sprawność, z jaką są rozwiązywane problemy i zadania. Podobnie zresztą w centrum zainteresowań współczesnych badań nad nauką znajduje się nie tyle zagadnienie prawdy, co raczej kwestia niezawodności technologicznej produktów nauki, a także jej skuteczność w dziedzinie realizowanych eksperymentów i formułowanych predykcji.

Proponowany w niniejszej pracy model wykracza poza ramy pojęciowe wyznaczane przez standardowy sposób podejścia do nauki również w wielu innych miejscach. Nie wikła się on w różnego rodzaju kontrowersje, które paraliżowały konstruktywny namysł nad nauką. Przykładowo, zaprezentowanego sposobu wyjaśniania nauki nie daje się wpasować w opozycję między „społecznymi” a „racjonalnymi” rekonstrukcjami wiedzy naukowej. W pracy mieliśmy okazję prześledzić, w jaki sposób stopniowo zacierały się różnice między kognitywnymi a społecznymi wyjaśnieniami poznania (nie tylko naukowego). Wreszcie prezentowane ujęcie nauki nie wpisuje się w spór między obiektywistycznym a konstruktywistycznym modelem poznania (zob. Zybortowicz 1995).

Wracając po raz ostatni do kwestii sukcesu inżynierijno-poznawczego nauki, chciałbym zwrócić uwagę na pewną istotną kwestię. W pracy tej poświęciłem bardzo wiele uwagi rzeczom – papierowym zapiskom, narzędziom służącym generowaniu zewnętrznych reprezentacji, instrumentom naukowym reprodukującym lub wręcz stwarzającym zjawiska oraz innym materialnym artefaktom. Nie oznacza to jednak, że człowiek wraz ze swoją wiedzą i umiejętnościami traci na znaczeniu lub że to w rzeczach tkwi jakieś źródło efektywności nauki. Nikt nie będzie przecież ujmował instrumentu naukowego jako sprawcy, podmiotu lub autora odkrycia. Nie ulega również wątpliwości, że to ludzie konstruują rzeczy. Mimo wszyst-

ko czynniki materialne mają wpływ na badanie w tym sensie, że ich właściwości współdefiniują zachowania i działania ludzi. Pamiętajmy również, że materialne przedmioty niejednokrotnie zaskakują badaczy swoimi właściwościami, co prowadzi często do ważnych odkryć naukowych lub wynalazków. Jako przykład można przywołać prace Linusa Paulinga lub eksperymenty neurobiologów ze szczurami, by zrozumieć, że nie liczy się tylko człowiek albo tylko rzecz, ale to, co zachodzi pomiędzy nimi, czyli umiejętne i zgodne z kulturowo ukonstytuowanymi procedurami, mniej lub bardziej twórcze wykorzystanie artefaktu w praktyce, w ramach szerszych systemów poznawczych. Ujmując to nieco inaczej, możemy wykorzystywać rzeczy na różne sposoby, jednak one wciąż stwarzają ramy ograniczające opcje naszego wyboru, a także współokreślają sposób, w jaki będziemy komunikowali się z innymi członkami wspólnoty.

Możliwe kierunki dalszych dociekań

W rozdziale drugim zostały przytoczone kategoria translacji oraz koncepcja krążącej referencji. Jedną z charakterystycznych cech łańcuchów referencyjnych tworzonych przez badaczy jest to, że najczęściej są one otwarte na obu swych końcach. Dzieje się tak z dwóch powodów. Po pierwsze, naukowcy, tworząc i podtrzymując sekwencje translacji, wykorzystują efekty końcowe prac innych badaczy, traktując je najczęściej jako czarne skrzynki. Po drugie, końcówki tworzonych łańcuchów translacji często same stają się punktem wyjścia do kolejnych przedsięwzięć. Niniejsza praca nie stanowi wyjątku. Przywoływałem liczne ustalenia innych badaczy. Część owych efektów końcowych wykorzystywałem, traktując je niczym czarne skrzynki, część zaś otwierałem i przebudowywałem podług potrzeb wyводу. Jak dotąd nie pokazałem jednak, w jaki sposób wyniki mojej pracy mogą zostać wplecione w dociekania innych badaczy, ewentualnie do rozwoju jakich linii analiz mogą się przyczynić. Wydaje się, że na koniec warto poświęcić nieco uwagi problemom, które można sformułować na marginesie powyższych rozważań, a także możliwym kierunkom dalszych analiz. Ograniczę się do trzech najciekawszych tropów.

Pierwszą z kwestii, którą warto w tym miejscu podnieść, jest zaproponowana w pierwszym rozdziale metafora nauki jako prowizorki. Nawiązując do filozofii Flecka, teorii Luhmanna, a także koncepcji Marcusa, zasugerowałem, że rozwój nauki – podobnie do procesu ewolucji biologicznej – może prowadzić do wykształcenia się rozwiązań prowizorycznych. Jednocześnie sformułowałem hipotezę, że w wyniku organizacji pracy badawczej i mechanizmów dystrybucji zasobów w wielu współczesnych dyscyplinach, badacze częstokroć wolą poprzestawać na rozwiązaniach prowizorycznych, zamiast poświęcić swój czas na wypracowanie bardziej eleganckich rozstrzygnięć teoretycznych problemów lub efektywnych technik badawczych. Co istotne, badacze włączają owe prowizoryczne rozwiązania w swoje praktyki, czyniąc je tym samym trudnymi w rewizji czarnymi skrzynkami. Potwierdzenie hipotezy o prowizoryczności wytworów naukowych wymagałoby głębszych studiów historycznych. Zagadnienie to wydaje się niezwykle interesujące samo w sobie, jednak przede wszystkim jest ono doniosłe z perspektywy rozważań nad kierunkami rozwoju współczesnej nauki oraz ewentualnego kryzysu społecznego zaufania wobec niej. Nie twierdzę, że prowizoryczność wyników naukowych jest sama w sobie czymś niepożądanym. Wszak, jak zauważył Herbert A. Simon, racjonalną strategią działania jest nie tyle dążenie do najlepszych z możliwych rozwiązań, co optymalizowanie procesu dochodzenia do nich i poprzestawanie na rozwiązaniach zadowalających (*satisficing*; Simon 1978). Należałoby się jednak zastanowić nad następującą kwestią: skoro czynniki organizacyjne, w tym system dystrybucji kar, nagród i zasobów niezbędnych do uprawiania nauki (kapitał społeczny i symboliczny naukowców, aparatura i próbki niezbędne do generowania wiarygodnych wyników), decydują o tym, które obszary problemowe zostają eksplorowane, a które zapomniane, to jaki wpływ na badania naukowe ma podporządkowanie ich wielkiemu biznesowi i bieżącym potrzebom rynkowym? Zauważmy, że nie chodzi wyłącznie o kierunki rozwoju nauki, ale także o możliwe konflikty między poznawczymi a pozapoznawczymi interesami badaczy. Nauka dla swojego funkcjonowania i samoodtwarzania wymaga pewnej formy izolacji społecznej od zewnętrznych, ekonomicznych i politycznych interesów

(zob. np. Latour 2009). Jednak obecnie właśnie ta autonomia została zawieszona w wielu dziedzinach. Szczególnie widoczne jest to w biologii molekularnej. Badania biologów zostały podporządkowane interesom aktorów rynkowych, w szczególności wielkich koncernów, takich jak Monsanto, Archer Daniels Midland lub Cargill. Owa kontrola wyników naukowych przez koncerny biotechnologiczne nie jest sprawowana wyłącznie za pośrednictwem dość oczywistych mechanizmów przekierowywania lub obcinania funduszy na badania czy udostępniania rzadkich próbek. Wielkie koncerny kontrolują patenty na różnego rodzaju technologie i geny, które są wykorzystywane w każdym laboratorium genetycznym. Jest to w zupełności wystarczające, by sparaliżować prace niepokornego badacza, który – dla przykładu – uderzałby w interesy koncernu, publikując raporty pokazujące szkodliwość genetycznie modyfikowanych organizmów, wokół których trwają obecnie kontrowersje polityczne i naukowe. Pewne intuicje na temat organizacyjnych mechanizmów ukierunkowywania badań, domykania kontrowersji czy dyscyplinowania niepokornych badaczy są zawarte w pracach socjologów i filozofów nauki. Zagadnieniu temu więcej uwagi poświęcili Stephan Fuchs (1992) oraz Philip Kitcher (1993, 2001). Pragnę w tym miejscu zauważyć, że prezentowany w niniejszej pracy model oparty na koncepcjach rozproszonego i usytuowanego poznania odnosi się do procesu rozwiązywania problemu w nauce. Nie pozwala on wyjaśniać procesów ukierunkowywania rozwoju nauki oraz wyboru między różnymi polami problemowymi. Nie pozwala on również uchwycić kwestii interesów i konfliktów przenoszonych do wnętrza systemu nauki. Wydaje się zatem, że satysfakcjonujące wyjaśnienie nauki wymaga nie tylko opisu w kategoriach nauk kognitywnych, ale także społeczno-ekonomicznego modelu jej rozwoju. Przejdźmy do omówienia drugiego możliwego kierunku dalszych dociekań.

Ujęcie praktyki badawczej w kategoriach usytuowanego i rozproszonego poznania wyraźnie odcina się od tradycji teoriocentrycznej, która pomijała milczeniem rolę majsterkowania, aparatury czy papierowych inskrypcji. Należy w tym miejscu zadać niezwykle ważne pytanie: skoro w świetle najnowszych badań nad nauką instrumenty i materialne artefakty okazują się mieć tak fundamentalne

znaczenie dla praktyki naukowej, to dlaczego przez tyle lat tak wielu naukowców, filozofów, kognitywistów, a także socjologów nauki było tak silnie zapatrzonych w teorię naukową i naukę pojmowaną jako abstrakcyjne rozumowania? Trudno to wyjaśnić zmianami, jakie zaszły w nowoczesnej nauce – wszak materialne rusztowania poznawcze i maszyny towarzyszą nowoczesnej nauce przynajmniej od czasów Roberta Boyle’a, Roberta Hooke’a i ich sławnej pompy powietrznej. Można by również wspomnieć o takich instrumentach astronomicznych, jak teleskopy czy telluria. Oczywiście gwałtowny rozwój instrumentów naukowych przypada na pierwszą połowę XX wieku, czego *nota bene* świadkami byli twórcy neopozytywizmu. Wciąż nie wyjaśnia to zagadkowej fascynacji naukowstwa teorią jako istotą nauki. Proponuję tu zarys jednego z wielu możliwych wyjaśnień powyższego problemu.

Zacznijmy od tego, że w naszej kulturze wiedza abstrakcyjna ma wyróżniony status, podczas gdy wiedza i umiejętności praktyczne są traktowane jako coś o wiele mniej godnego uwagi. Podziału tego w żaden sposób nie można uznać za konsekwencję neopozytywistycznej filozofii nauki. Można zaryzykować stwierdzenie, że centralne tezy i założenia wczesnego neopozytywizmu to w gruncie rzeczy filozoficzne artykulacje milczących przesądzeń i naiwnych elementów światopoglądu samych naukowców. Przekonanie o wyższości wiedzy teoretycznej nie jest ani wynalazkiem neopozytywizmu, ani nawet XX-wiecznych naukowców, lecz jest historycznie zakorzenione w społecznych podziałach klasowych. Już u zarania nowożytnej nauki widoczne jest silnie zinstytucjonalizowane rozróżnienie na naukę polegającą na teoretycznych dywagacjach oraz działalność techniczną polegającą na projektowaniu, budowaniu i obsłudze instrumentów na potrzeby filozofii naturalnej. Działalności teoretycznej, traktowanej jako element kultury wysokiej, oddawali się pierwsi naukowcy wywodzący się z grup uprzywilejowanych – byli to szlachetnie urodzeni i majątni dżentelmeni skupiający się w ramach kół utworzonych na wzór Royal Society. Praca techniczna, traktowana jako działalność „wulgarna”, służebna względem potrzeb oświeconych filozofów, była zarezerwowana wyłącznie dla przedstawicieli klas niższych. Nowożytna działalność techniczna zyskała wyższy status

społeczny dopiero wraz z instytucjonalizacją praktyki inżynierskiej w postaci, w jakiej znamy ją dziś. Inżynierowie sytuowali się pomiędzy pospolitymi mechanikami a oświeconymi dżentelmenami, jednocześnie pośrednicząc między nimi – łączyli koncepcje teoretyczne ze specjalistyczną wiedzą umożliwiającą poskromienie przyrody oraz organizowanie ludzkiej pracy. W pewnym sensie pojawienie się inżynierów, konieczne ze względu na przemiany charakterystyczne dla procesu modernizacji i walkę starych klas wyższych o utrzymanie dominacji, podważyło stary porządek z właściwymi mu podziałami. W XIX wieku zaczęła zacierać się różnica między „czystą nauką” a „zwykłą aplikacją”, zaś sami inżynierowie zaczęli walczyć o podwyższenie społecznego statusu swojej profesji. Właśnie owymi aspiracjami można tłumaczyć skłonność XIX-wiecznych konstruktorów maszyn do przyozdabiania swoich konstrukcji oraz nadawania im wysublimowanych kształtów. Dbając o stronę estetyczną swoich wytworów, inżynierowie usiłowali wprowadzić je w obręb kultury wysokiej, by samemu móc osiągnąć status porównywalny do tego, jakim cieszyli się naukowcy-dżentelmeni (por. Carroll-Burke 2001: 597–598). Jak na ironię, najprawdopodobniej to właśnie pracy anonimowych techników, rzemieślników oraz aspirujących inżynierów nauka zawdzięcza swój spektakularny postęp. Bowiem to oni w swoich pracowniach rozwijali urzeczowioną wiedzę w rozumieniu Davisa Bairda, bez której niemożliwy byłby rozwój jakiegokolwiek dziedziny przyrodoznawstwa. W podobny sposób można myśleć o pracy wielu innych lekceważonych profesji, takich jak metrologowie, higieniści czy statystycy. To właśnie oni rozwijali narzędzia i niewidzialne elementy infrastruktury, w ramach której mogło zafunkcjonować nowoczesne przyrodoznawstwo wraz ze wszystkimi swoimi wytworami. Pierwsza połowa XX wieku jest okresem, kiedy diametralnie wzrosło znaczenie działalności technicznej i inżynierskiej, czego wyrazem może być rewolucja instrumentalna w dziedzinie chemii (zob. Baird 2004: 89–112) czy rozwój wielkiej nauki, z jakim mieliśmy do czynienia w fizyce eksperymentalnej.

Ostatnia kwestia, na jaką chciałbym zwrócić uwagę, jest związana z zakresem stosowalności wyjaśnień nauki w kategoriach usytuowanego i rozproszonego poznania. W niniejszej pracy zajmowali-

śmy się niemal wyłącznie różnymi obszarami nauk przyrodniczych. Wydaje się jednak możliwe rozszerzenie formułowanych tu tez na problematykę nauk społecznych i humanistycznych (zob. np. Afeltowicz, Pietrowicz 2008, 2009) oraz dyscypliny formalne, takie jak logika czy matematyka. We wspomnianych obszarach nauki zdecydowanie rzadziej mamy do czynienia z wykorzystaniem instrumentów i innych poznawczych maszyn. Wciąż jednak badacze wykorzystują w tych obszarach różnego rodzaju wizualizacje oraz zewnętrzne reprezentacje wspomagające ich w rozwiązywaniu problemów. Na rolę różnego rodzaju inskrypcji w rozwiązywaniu zagadnień formalnych zwracali uwagę w swoich pracach David Kirsh, Andy Clark, Bruno Latour oraz Karin Knorr Cetina. Ostatnia z wymienionych opisała na przykład rozwiązywanie problemów z dziedziny astrofizyki przez manipulacje przeprowadzane na zewnętrznych, papierowych reprezentacjach (zob. Merz, Knorr Cetina 1997).

Bliższa analiza heurystyk i narzędzi poznawczych, jakimi posługują się humaniści oraz badacze społeczni, mogłaby okazać się nie mniej fascynująca niż studium pączkowania aksonów lub symulacja lotu owadów. Należy wziąć jednak pod uwagę fakt, że zarówno przedstawiciele STS, jak i kognitywnych studiów zazwyczaj skupiali się na dyscyplinach przyrodniczych. Nauki formalne stanowią w podobnym stopniu zaniedbany obszar współczesnych studiów nad nauką co nauki społeczne i humanistyka. Próba sprawdzenia, w jakim stopniu rozwijany tu model znajduje zastosowanie w odniesieniu do nauk społecznych, humanistyki lub dyscyplin formalnych, wymagałaby systematycznych studiów empirycznych opartych na metodach, takich jak wywiady pogłębione, obserwacja uczestnicząca czy wreszcie eksperymenty¹.

¹ Aneks do niniejszej pracy zawiera pewne uwagi na temat rozproszonego i usytuowanego charakteru pracy badawczej w humanistyce i naukach społecznych. Zasadniczo koncentruję się w nim na czynnościach związanych z przyswajaniem, obróbką i tworzeniem tekstów. Obserwacje na temat praktyki humanistów i badaczy społecznych nie zostały włączone do głównego tekstu, jako że mają one charakter wstępny i nie zostały oparte na systematycznej analizie problematyki.

Laboratorium myśli, czyli kilka uwag na temat technologii pracy umysłowej

Pisząc o nauce z perspektywy usytuowanego i rozproszonego poznania, odnosiłem się niemal wyłącznie do przyrodoznawstwa. Nie oznacza to jednak, że rozwijane w niniejszej książce podejście nie znajduje zastosowania w przypadku nauk społecznych lub szeroko pojmowanej humanistyki. W przypadku wielu obszarów nauk społecznych nietrudno znaleźć przykłady wykorzystania zróżnicowanych zewnętrznych reprezentacji oraz skomplikowanych instrumentów badawczych. Jako ilustrację można przytoczyć chociażby pracę socjologów realizujących badania jakościowe lub ilościowe. Ich warsztat badawczy opiera się na różnego rodzaju zabiegach mających na celu przeformułowanie problemów w taki sposób, aby została obniżona ich poznawcza złożoność. Niemal na każdym kroku mamy tu do czynienia z zabiegami służącymi przekształcaniu zebranego materiału do postaci najbardziej użytecznej z perspektywy badacza. Rozważmy następujące sytuacje.

1. Socjolog realizujący badanie sondażowe wpisuje odpowiedzi z ankiet do bazy danych, co ułatwi mu wyszukiwanie wzorców i korelacji oraz umożliwi zastosowanie programów statystycznych. Ostatecznie pozwala mu to na udzielenie odpowiedzi na postawione uprzednio pytania. Jest to tylko jeden z kroków długiego łańcucha translacji, umożliwiających poznawcze ogarnięcie zjawiska, jakim jest opinia publiczna (zob. Abriszewski 2008: 33–40).

2. Badacz interakcji społecznych lub analityk dyskursu wykorzystuje dogodną dla siebie procedurę transkrypcji zgromadzonego materiału audio lub wideo albo korzysta z programów wspomagających analizę jakościową. Bez zastosowania procedury kodowania ważne zjawiska mogłyby umknąć jego uwadze. Wart odnotowania jest również fakt, że innowacyjne procedury transkrypcji były kon-

stytuowane dla niektórych kierunków, koncepcji lub szkół badawczych, czego najlepszym przykładem jest analiza konwersacyjna (Atkinson, Heritage 1984).

3. Etnograf studiujący interesującą go wspólnotę nieustannie wzbogaca swoje archiwum o najróżniejsze zapiski i materiały; można wśród nich wymienić notatki z wywiadów, zapiski z rozproszonych obserwacji, transkrypcje zarejestrowanych wypowiedzi, jak również zebrane dokumenty i materiały wizualne. Jednocześnie w różny sposób przetwarza on wymienione materiały i zestawia je ze sobą. Zabiegi te umożliwiają mu poznawcze opanowanie materiału oraz kontrolę metodologiczną całego procesu badawczego. Co istotne, archiwum badawcze nie stanowi wyłącznie systemu zewnętrznej pamięci etnografa. Jest ono również (a może przede wszystkim) narzędziem poznawczym: uzewnętrznione i zakodowane w postaci poręcznej reprezentacji informacje o analizowanej wspólnocie stają się podatne na manipulacje, które byłyby niemożliwe do przeprowadzenia w biologicznej pamięci badacza.

4. Badacz specjalizujący się w analizie sieci społecznych konstruuje komputerowy model struktury powiązań, gdyż dzięki niemu będzie mógł wyróżnić charakterystyczne struktury (na przykład „węzły bezskalowe” lub „klastry”; zob. Barabási 2002) oraz obliczyć istotne parametry sieci (na przykład gęstość powiązań lub wzajemny stosunek więzi słabych i silnych). Ze względu na złożoność analizowanych struktur sieciowych, każdy z wymienionych bytów pozostałby poznawczo nieuchwytny bez zastosowania odpowiedniej formy prezentacji danych.

Jeżeli chodzi o zbiorowy charakter badań, to w przypadku dyscyplin społecznych bez trudu odnajdziemy przykłady kolektywnych przedsięwzięć zakładających współpracę i koordynację działań dużych grup badaczy. Oczywisty przykład stanowią projekty, których realizacja wymaga złożonego podziału pracy. Można tu wymienić między innymi zakrojone na szeroką skalę międzynarodowe studia porównawcze (wymagają one znajomości różnicowanych kontekstów kulturowych i specyfiki różnych języków, jak również prowadzenia równoległych badań) lub wieloletnie badania podłużne (wy-

magają wyszkolenia kolejnych pokoleń badaczy zdolnych realizować cykliczne badania).

Przypuszczalnie współpraca między badaczami społecznymi nie wynika wyłącznie z potrzeby rozłożenia wysiłku czy prowadzenia równoczesnych działań w różnych obszarach. Podobnie jak przyrodoznawcy, badacze społeczni często nawiązują współpracę z naukowcami o zbliżonych zainteresowaniach w celu wspólnego opracowania złożonego problemu lub poszukują przedstawicieli innych subdyscyplin dysponujących komplementarnymi umiejętnościami i wiedzą. W efekcie są w stanie rozwiązywać problemy, których nikt nie byłby w stanie podjąć się samodzielnie (zob. np. Leahey, Reikowsky 2008).

Niemniej jednak należy pamiętać, że badacze społeczni zdecydowanie rzadziej podejmują współpracę niż przedstawiciele nauk przyrodniczych. Wskaźnikiem tego może być chociażby mała liczba artykułów mających więcej niż jednego autora. Poświęćmy tej kwestii nieco więcej uwagi. W latach 1930–1980 odnotowano w poszczególnych dekadach stały wzrost odsetka publikowanych artykułów mających więcej niż jednego autora oraz wzrost średniej liczby autorów pojedynczego artykułu. Na początku analizowanego okresu ponad 90% artykułów publikowanych w czołowych periodykach z zakresu chemii, biologii, biochemii czy fizyki miało jednego autora. Dziś mamy do czynienia z odwrotną sytuacją: ponad 95% artykułów ukazujących się we wspomnianych dyscyplinach ma co najmniej dwóch autorów. We wspomnianym okresie nastąpił również wzrost zakresu współpracy między naukowcami w ramach dyscyplin społecznych, niemniej jednak postępował on znacznie wolniej. Najszybszy wzrost spośród wszystkich dyscyplin społecznych odnotowano w przypadku socjologii. W latach 30. i 40. ubiegłego wieku 90% tekstów, które ukazały się na łamach trzech prestiżowych czasopism socjologicznych (*American Journal of Sociology*, *American Sociological Review*, *Social Forces*), miało tylko jednego autora, około 10% stanowiły teksty dwóch autorów i ukazały się tylko pojedyncze publikacje mające trzech lub więcej autorów. W latach 80. publikacje pojedynczego autora stanowiły już tylko połowę tekstów. Ponad

to aż 14% tekstów miało trzech lub więcej autorów (zob. Babchuk, Keith, Peters 1999)¹.

Jak wygląda sytuacja w przypadku nauk humanistycznych? W ramach naukometrii bywa stosowane dychotomiczne rozróżnienie na nauki przyrodnicze i inżynierię (NSE, *Natural Sciences and Engineering*) oraz nauki społeczne i humanistykę (SSH, *Social Sciences and Humanities*). Jednakże, jak pokazuje analiza wzorców współpracy naukowej w Kanadzie, przeprowadzona na podstawie indeksów cytowań z lat 1980–2002, badacze społeczni i humaniści nie stanowią wcale homogenicznej kategorii. Wzorce współpracy charakterystyczne dla badaczy społecznych okazują się pod wieloma względami bliższe naukom przyrodniczym i inżynierii niż humanistyce (Larivière, Gingras, Archambault 2006). Przykładowo, w latach 1998–2002 91,6% tekstów przedstawicieli kanadyjskich nauk przyrodniczych miało co najmniej dwóch autorów. W przypadku nauk społecznych i humanistyki 50% tekstów miało co najmniej dwóch autorów. Jeżeli jednak rozróżnimy dyscypliny społeczne i humanistykę, okazuje się, że w pierwszym przypadku 65% tekstów miało co najmniej dwóch autorów, a w drugim mniej niż 10%. W przypadku psychologii 82,2% tekstów miało charakter współautorski, w przypadku literaturoznawstwa odsetek ten wynosił tylko 4,3%. Jeżeli chodzi o odsetek tekstów współautorskich, wzorce współpracy w Kanadzie różnią się tylko nieznacznie od sytuacji na świecie. Jeżeli chodzi o różnice między naukami społecznymi i humanistyką, to są one jeszcze bardziej widoczne w przypadku międzynarodowej i międzyinstytucjonalnej współpracy kanadyjskich uczonych. Jeżeli chodzi o pierwszy aspekt, to w okresie 1998–2002 38,3% tekstów z zakresu kanadyjskich nauk przyrodniczych i inżynierii powstało we współpracy z zagranicznymi autorami. W przypadku nauk społecznych odsetek prac tego typu wynosił 24,7%. Jeżeli chodzi zaś o humanistykę, to zaledwie 3,6% kanadyjskich artykułów opublikowano we współpracy z zagranicznym autorem (Larivière, Gingras, Archambault 2006: 527). Jeżeli chodzi

¹ Jeżeli chodzi o obecną sytuację, to w roku 2010 w trzech wspomnianych czasopismach ukazało się łącznie 161 artykułów. Tylko 38% spośród nich stanowiły artykuły mające jednego autora. Co czwarty artykuł miał trzech lub więcej autorów.

o drugi aspekt, to w roku 2002 nieco ponad 25% tekstów kanadyjskich badaczy zostało napisanych we współpracy autorów reprezentujących różne instytucje. W przypadku nauk społecznych odsetek ten był nieznacznie niższy – około 22% tekstów. Jeżeli chodzi o humanistykę, wynosił on około 2–3%. Ponadto, w latach 1980–2002 odnotowano w naukach przyrodniczych i społecznych stały wzrost zakresu współpracy między badaczami z różnych instytucji, podczas gdy w humanistyce sytuacja nie uległa zmianie (Larivière, Gingras, Archambault 2006: 528).

W kontekście powyższych analiz należy zwrócić uwagę na jeszcze jedną istotną kwestię. Jak się wydaje, badacze społeczni rozwijający teorię społeczną rzadziej piszą teksty współautorskie niż badacze prowadzący badania empiryczne. Zbliża ich to tym samym do filozofów lub literaturoznawców, wśród których pisanie tekstów współautorskich należy do rzadkości. Formułowane w dalszej części rozdziału uwagi na temat warsztatu humanisty można również odnieść do działalności teoretycznie zorientowanych badaczy społecznych, na przykład teoretyków komunikacji lub badaczy zajmujących się problematyką późnej nowoczesności.

Czy oznacza to, że praca humanisty nie jest społecznie rozproszona w podobnym stopniu, jak ma to miejsce w przypadku innego rodzaju badań? Czy rzeczywiście każdy humanista-teoretyk rozwiązuje stojące przed nim problemy w pojedynkę? Czy humaniści opracowujący nowe lub komentujący stare idee realizują swoje czynności poznawcze „w głowie”, a dopiero później przelewają swe myśli na papier lub artykułują je w inny sposób? Jeżeli tak byłoby w rzeczywistości, oznaczałoby to, że w istocie teoretyczne obszary nauk społecznych i humanistyki diametralnie różnią się od nauk przyrodniczych. Twierdzą jednak, że nawet w tych obszarach mamy do czynienia z rozproszonymi systemami poznawczymi.

Zacznijmy od tego, że w humanistyce i teoretycznych obszarach nauk społecznych wiele idei i koncepcji wyłania się dopiero w wyniku bezpośrednich interakcji między badaczami. Gdzie jednak mają miejsce owe intensywne interakcje? Wróćmy na moment do dyscyplin przyrodniczych. Laboratorium w biologii, fizyce lub chemii nie jest jedynie miejscem nagromadzenia rzadkich próbek, pomy-

słowych reprezentacji czy skomplikowanych instrumentów. Stanowi ono również przestrzeń umożliwiającą badaczom negocjowanie oraz kolektywne rozwiązywanie technicznych, metodologicznych i teoretycznych aspektów badań. Przykłady tego typu laboratoryjnych interakcji zostały zaprezentowane w rozdziale szóstym. Należy jednak zauważyć, że humanistyka jest pozbawiona analogicznych miejsc. Dotyczy to również obszarów badań społecznych o charakterze teoretycznym. Czy istnieje zatem przestrzeń, w której humaniści kolektywnie podejmują problemy, podobnie jak czynili to fizycy w CERN lub biolodzy molekularni? Wydaje się, że przestrzeń tego typu stanowi seminarium naukowe. Oczywiście fizycy, biolodzy i chemicy również organizują seminaria, jednak w przypadku humanistyki pod nieobecność innych przestrzeni umożliwiających intensywne interakcje rola cyklicznych seminariów, a także nieformalnych spotkań towarzyszącym różnego rodzaju wydarzeniom, takim jak konferencje, znacząco rośnie. Przyjrzyjmy się bliżej poznamy funkcjom, jakie może pełnić seminarium w humanistyce.

Przede wszystkim, seminarium umożliwia badaczowi skorzystanie z zasobów kolektywnej pamięci uczestników spotkania. Dzięki temu badacz jest w stanie zapoznać się z przykładami, tekstami i tezami, o których istnieniu mógł w ogóle nie wiedzieć, a które mogą mieć istotne znaczenie dla jego pracy. Nie chodzi tylko i wyłącznie o to, że różni uczestnicy seminarium korzystają z odmiennych źródeł. Często zdarza się, że różni badacze, czytając te same teksty, odmiennie interpretują i filtrują zawarte w nich treści. Po drugie, seminarium stanowi przestrzeń, w której przed badaczem otwierają się lub zamykają różne ścieżki dociekań. W wyniku udziału w seminarium autor może uświadomić sobie istnienie nowych, interesujących kierunków badań albo dojść do wniosku, że problem, którym się zajmował, nie jest wart dalszego badania. Po trzecie, udział w seminarium może pomóc w zdefiniowaniu słabości realizowanego projektu i zaimpregnowaniu go na przyszłą krytykę. Wreszcie, po czwarte, uczestnicy seminarium mogą podjąć próbę wspólnej pracy nad problemem badawczym w trybie dyskusji. W przypadku tego wariantu seminarium nie polega na formułowaniu przez uczestników odosobnionych uwag dotyczących różnych aspektów projektu, lecz na

przeformułowywaniu, uzupełnianiu, uogólnianiu lub uszczegóławianiu wypowiedzi poprzedników. W ten oto sposób, podając przykłady i kontrprzykłady, wskazując anomalie i budując modele, badacze wzajemnie bodźcują swoją pamięć i nakierowują się na nowe, mniej lub bardziej płodne skojarzenia. Oczywiście tego typu kolektywne myślenie nieuchronnie prowadzi do translacji wyjściowej koncepcji. W efekcie początkowy problem może ulec przeformułowaniu – może zostać wyrażony za pomocą innej siatki kategorialnej i osadzony w nowym kontekście literaturowym. Zmianie może również ulec struktura narracji oraz strategia retoryczna.

Nie należy jednak przeceniać poznawczych funkcji seminarium w naukach społecznych i humanistycznych. Przytoczmy trzy następujące wątpliwości. Po pierwsze, modelowy humanista poświęca seminaryjnym negocjacom relatywnie niewielką część swojego czasu. Fizyk lub biolog prowadzący prace eksperymentalne ma zdecydowanie więcej sposobności, by skorzystać z pomocy współbadaczy. Po drugie, wydaje się, że w przypadku humanistyki nawiązanie owocnej dyskusji seminaryjnej (to znaczy takiej, która ma na celu uszczegółowienie, korektę lub twórcze rozwinięcie prezentowanej koncepcji) wymaga zapoznania uczestników ze znacznie większą porcją wiedzy kontekstowej, niż ma to miejsce w dyscyplinach przyrodniczych. Otóż w ramach humanistyki – pod nieobecność efektywnych mechanizmów wzajemnej kontroli, charakterystycznych dla większości dyscyplin przyrodniczych – może funkcjonować wiele równoległych i konkurencyjnych szkół myślenia oraz języków, które nie są sukcesywnie uzgadniane lub eliminowane. W związku z tym dyskusja wokół nowych, obcych dla części uczestników seminarium zagadnień wymaga czasochłonnego definiowania podstawowych pojęć oraz żmudnej rekonstrukcji szerszego kontekstu. Po trzecie, seminaria badawcze w humanistyce można interpretować nie tyle jako przestrzeń dla wypracowywania nowych koncepcji, co jako obszar pojedynków zakładających odpieranie zarzutów wymierzonych w rozwinięte w prywatnych pracowniach koncepcje lub systemy myślowe. W takim ujęciu publiczną debatę lub seminaryjną dyskusję humanistów należałoby interpretować co najwyżej w kategoriach testu wytrzymałości danego stanowiska bądź też okazji do zaharto-

wania koncepcji lub nadania jej ostatecznego szlif. Byłaby zatem bliższa nie negocjacom laboratoryjnym czy laboratoryjnemu majsterkowaniu opisywanemu przez antropologów nauki, lecz eksperymentowi pojmovanemu zgodnie z tradycyjną wykładnią jako środek testowania hipotez. Główną zaś funkcją tak ujętego seminarium byłoby wyznaczanie hierarchii badaczy, nie zaś realizowanie celów poznawczych. W związku z powyższym można przyjąć, że głównym i podstawowym miejscem pracy humanisty lub teoretyka społecznego jest jego gabinet².

Powyzsze wątpliwości dotyczące funkcji i znaczenia seminarium korespondują z rozpowszechnionymi wyobrażeniami na temat pracy humanisty jako działalności indywidualnej i zarazem *stricte* intelektualnej. Ale czy praca poznawcza w humanistyce rzeczywiście rozgrywa się przede wszystkim w głowach pojedynczych uczonych? Postaram się wykazać błędność tego typu wyobrażeń.

Jest to ważne zadanie, gdyż to, co dzieje się w gabinetach „myślicieli” stanowi dla prezentowanego w niniejszej pracy modelu wyjaśniania nauki wyzwanie, podobnie jak dla socjologii wiedzy naukowej wyzwaniem było to, co działo się za zamkniętymi drzwiami laboratoriów. Oczywiście zadanie, jakie postawili przed sobą etnografowie nauki, było zdecydowanie trudniejsze. Po pierwsze, wiedza i praktyki nauk przyrodniczych – ze względu na rozpowszechnione przekonania i wartości – są (a przynajmniej były w drugiej połowie ubiegłego wieku) silniej ufortyfikowane kulturowo. W efekcie wkroczenie antropologów do laboratorium biologicznego zostało potraktowane przez wielu jako złamanie swistego tabu i spotkało się z silnym sprzeciwem. Najlepszym tego przykładem były „wojny naukowe” (*science wars*; zob.: Giere 1999:

² Oczywiście – nawiązując do Flecka – można by uznać, że nawet w swojej prywatnej pracowni humanista nie ukryje się przed przemożnym wpływem stylu myślowego. Niemniej jednak w niniejszej pracy kolektywność praktyk naukowych odnosiła się raczej do szerszego spektrum zjawisk niż transmisji wiedzy milczącej czy wpływu nabytych w drodze wtórnej socjalizacji struktur myślowych decydujących o sposobie konceptualizacji i rozwiązywania problemów. Pisząc o kolektywności badań, odnosiłem się przede wszystkim do interakcji między badaczami, w tym do komunikacji językowej i niewerbalnej.

1–8; Hacking 1999; Latour 1999a: 1–23). Po drugie, w przypadku badania praktyk humanistów nie jest konieczne żmudne negocjowanie dostępu do obszaru badań i organizowanie serii długoterminowych badań etnograficznych – zdecydowana większość z nas ma dostęp do miejsc, gdzie toczy się praca „myślowa” humanisty, i może samodzielnie przeanalizować praktyki poznawcze własne oraz swojego środowiska.

W dalszej części skupiam się na działalności „myślowej”, której oddają się humaniści oraz badacze społeczni w zaciszach swoich gabinetów. Postaram się pokazać, w jaki sposób można ją zinterpretować w kategoriach rzemiosła zakładającego wykorzystanie różnego rodzaju narzędzi poznawczych i zewnętrznych reprezentacji. Jak zobaczymy, humaniści, podobnie do biologów, fizyków i chemików, również „myślą za pomocą rąk i oczu”. Najpierw jednak muszę w odpowiedni sposób zdefiniować sam przedmiot rozważań.

Intertekstualność

W niniejszej pracy skupiałem się nie tyle na determinantach wiedzy naukowej czy strukturze teorii, co na praktyce naukowej rozumianej jako stawianie, przeformułowywanie i rozwiązywanie problemów. W związku z tym należy zapytać, czy w humanistyce mamy do czynienia z analogiczną formą rozwiązywania problemów co w dyscyplinach przyrodniczych i na czym te problemy właściwie polegają.

Humanistyka obfituje w liczne, konkurencyjne wizje tego, czym jest lub powinna być humanistyka. Nieustannym rekonceptualizacjom i rewizjom podstaw dyscyplin humanistycznych zawsze towarzyszyły gorące kontrowersje. Jednak, aby zrozumieć, na czym polega działalność humanisty, nie ma potrzeby ani wikać się w owe spory, ani rekonstruować skomplikowanej autoprezentacji różnych dyscyplin. Wzorem antropologów nauki, zamiast kierować się wyjaśnieniami oferowanymi przez członków badanej wspólnoty, możemy przyjrzeć się temu, co ci właściwie robią. Latour i Woolgar analizowali laboratorium w Instytucie Salka między innymi w kate-

goriach fabryki przetwarzającej jedne materiały (próbki, teksty, instrumenty) na inne (wykresy, kolejne próbki oraz teksty).

Przyjmując analogiczne podejście, możemy stwierdzić, że praca humanisty, jakiej oddaje się on w swoim gabinecie oraz poza nim, ma charakter intertekstualny. Cała wspólnota badawcza humanistyki jest zorganizowana niemal wyłącznie wokół tekstów i praktyk z nimi związanych. Przede wszystkim to za pośrednictwem tekstu następuje komunikacja. Nie chodzi wyłącznie o publikacje na łamach wydawnictw, ale również o robocze wersje tekstów, którymi wymieniają się badacze, prosząc się nawzajem o pomoc, krytykę i wskazówki³. Nawet wypowiedzi ustne badaczy, jeżeli mają odegrać istotną rolę w produkcji naukowej, muszą zostać w jakiś sposób utrwalone w piśmie. Wokół lektury tekstów są organizowane również ważne wydarzenia, takie jak konferencje czy seminaria. Ponadto tekst, a właściwie jego wspólna lektura połączona z dyskusją, ewentualnie praca nad nowym artykułem, stanowią podstawowy środek, za pomocą którego szkoli się kolejne pokolenia badaczy. Możemy zatem stwierdzić, że główne czynności badaczy społecznych i humanistów polegają na przyswajaniu, przetwarzaniu oraz produkowaniu tekstów.

W pewnym sensie rzeczywistość badawcza, w jakiej funkcjonuje humanista, jest uboższa w ontologicznym tego słowa znaczeniu w porównaniu z rzeczywistością dyscyplin przyrodniczych (Abriszewski 2008). Fizyk, biolog i chemik pracują nie tylko z tworami tekstowymi – ich łańcuchy translacji są splecione z bogatszego asortymentu obiektów. Oznacza to między innymi, że humanista nie musi mierzyć się z całą gamą problemów, z jakimi ściera się przyrodznawca. Przykładowo, nie musi ani troszczyć się o niezawodną pracę instrumentów, ani dbać o to, by jego eksperymenty dały się

³ Warto pod tym kątem przyjrzeć się listom osób, do których autorzy książek i artykułów kierują swe podziękowania. W przypadku polskiej tradycji, podziękowania – jeżeli w ogóle obecne – są najczęściej dość krótkie. Tymczasem, gdy czyta się współczesne prace badawcze z zakresu nauk społecznych i humanistyki z kręgu anglosaskiego (wystarczy chociażby przejrzeć prace przywoływane w niniejszej książce), można natknąć się na długie – liczące dziesiątki nazwisk – listy osób, którym autorzy zawdzięczają liczne inspiracje, oraz tych, które czytały robocze wersje danego tekstu.

w możliwie łatwy sposób powielić w innych kontekstach. Nie musi zabiegać o rzadkie próbki będące w posiadaniu jego kolegów czy dostęp do kosztownych instrumentów, co stanowi podstawowy regulator działań w ramach przyrodniczych frontów badawczych (zob.: Fuchs 1992; Collins 1994). Wręcz przeciwnie, swoje badania może realizować przy relatywnie niewielkich nakładach. Z drugiej jednak strony, z uwagi na intertekstualny charakter praktyk, dokonywane przez humanistę translacje okazują się niejednokrotnie łatwiejsze do zdekonstruowania. Przyrodoznawca, argumentując na rzecz swoich tez, może wskazać nie tylko na informacje zawarte w tekstach różnych badaczy, ale również na sprawnie pracujący prototyp lub laboratoryjnie wywołane zjawisko. Humanista najczęściej nie ma takiej możliwości – może odesłać do swojego tekstu, który jest lepiej lub gorzej osadzony w kontekście literatury.

Humanista koncentruje swoją uwagę na problemach związanych z przygotowaniem tekstów. Po pierwsze, stworzony przez niego tekst musi odnosić się w jakiś sposób do tradycji dyscypliny oraz posługiwać się uznanym aparatem pojęciowym, jednak musi mieć również pewną wartość dodaną. Innymi słowy, treść tekstu musi być w jakimś wymiarze nowatorska, jednak pozostawać dopasowana do struktur myślowych recenzentów i adresatów. Po drugie, podobnie jak w przypadku przyrodoznawstwa, narracja musi być poprowadzona w taki sposób, by czytelnik podczas lektury był w stanie prześledzić kolejne kroki rozumowania. W pewnym sensie tekst ma poprowadzić czytelnika przez nieznaną mu obszar, czyniąc to w taki sposób, aby oddający się lekturze wiedział, na jakim etapie wędrówki się znajduje i dokąd wywód go wiedzie, a kończąc ją, miał poczucie, że konkluzje są oczywiste i narzucające się lub przynajmniej sensowne w kontekście całości wywodu. Oczywiście tekst będzie odczytywany w świetle innych publikacji, które mogą prezentować odmienne perspektywy i interpretacje. Dlatego, po trzecie, autor musi przygotować tekst w taki sposób, aby ten wytrzymał krytykę pod nieobecność swojego twórcy – autor jest zobowiązany nadać mu właściwą strukturę i wyposażać go w szereg elementów podwyższających koszty jego dekonstrukcji. Innymi słowy, twórca musi ufortyfikować swój tekst (zob. Latour, Bastide 1986; Latour 1987: 45–50). Do ele-

mentów owych umocnień można zaliczyć chociażby stosowne przypisy przygotowane zgodnie z obowiązującymi standardami, nawiązania do innych, analogicznych prac teoretycznych, dobrze dobraną literaturę, ilustrujące treść przykłady, wszelkiego rodzaju perswazyjne i retoryczne zabiegi, wreszcie argumenty uprzedzające standardowe zarzuty. Wszystko to zakorzenia wywód w różnych kontekstach i podwyższa koszty ewentualnej dyskusji lub krytyki tekstu.

Pisząc o narzędziach poznawczych, jakimi dysponuje humanista, musimy pamiętać zarówno o tekstach przez niego tworzonych, jak i tych, które sam przyswaja. Zacznijmy od analizy strategii czytania czy też szeroko rozumianego wyszukiwania informacji jako czynności, które wydają się bardziej pierwotne.

O różnych strategiach lektury

Pytanie o to, w jaki sposób humaniści czytają, wydaje się banalne. Czy wszyscy ludzie nie czytają w ten sam sposób? Zjawisko czytania zostało dość dobrze przeanalizowane w ramach eksperymentów wykorzystujących *eye tracking* (zob. Hyönä, Radach, Deubel, red., 2003). Chciałbym skupić się tu jednak na innych kwestiach niż te związane z systemem wzrokowym człowieka, ruchami sakadycznymi gałek ocznych czy obszarami skupienia wzroku. Interesuje mnie tu raczej to, jakie rodzaje tekstów, pod kątem jakich informacji i w jakim celu czytają badacze różnych kategorii.

Już wstępne rozpoznanie badawcze wskazuje, że istnieje w tej kwestii duże zróżnicowanie. Oto w jednym instytucie badawczym mogą funkcjonować dwaj badacze reprezentujący skrajnie różny sposób podejścia do lektury tekstów naukowych. Pierwszy z nich potrafi zgłębiać dwie lub trzy klasyczne książki w ciągu roku. W tym samym czasie jego kolega zapoznaje się z setkami nowych pozycji – co tydzień przychodzi do biblioteki i prosi personel o zaprezentowanie najnowszych nabytków z zakresu interesujących go dziedzin. W ciągu godziny przegląda przedłożone mu pozycje; zaczyna od analiz przywoływanej literatury, spisu treści i wprowadzenia do po-

szczególnych prac (najczęściej w tej właśnie kolejności), czasami zapoznając się z wybranymi sekcjami. Dzięki temu jest w stanie określić poziom innowacyjności danej pozycji i stwierdzić, czy jest ona warta głębszej lektury. Przede wszystkim jednak zyskuje w ten sposób ogłęd najnowszych koncepcji i kierunków badań rozwijanych w wybranych dyscyplinach. Oczywiście podejście większości humanistów plasuje się gdzieś pomiędzy dwoma zaprezentowanymi wcześniej strategiami lektury. Część pozycji czytają dogłębnie, inne tylko wertyują lub studiują ich wybrane fragmenty.

Czy można mówić w tym kontekście o jakimś lepszym lub gorszym podejściu? Czy badacz studiujący dogłębnie wyselekcjonowane pozycje może być uznany za bardziej kompetentnego od tego, który je tylko przegląda? Każda ze strategii może okazać się bardziej dopasowana do realizacji określonych celów badawczych. Jednym z takich celów może być uzyskanie orientacji w bieżącym stanie wiedzy i aktualnie realizowanych w danej dziedzinie badań, innym zaś analiza jakiejś wąsko zdefiniowanej dziedziny problemowej. Inaczej będzie planował swoje lektury badacz zainteresowany przygotowaniem podręcznika akademickiego, eseju recenzyjnego lub artykułu sprawozdawczego, a inaczej osoba poszukująca inspiracji u innych badaczy lub badań popierających jej przypuszczenia w celu sformułowania własnej, nowatorskiej tezy.

Istotne jest również to, w jaki sposób humaniści czytają poszczególne teksty. Jedną z powszechnie spotykanych strategii jest czytanie tekstu „od końca”, czyli rozpoczynanie lektury od listy przywoływanej literatury. Oczywiście w przypadku stosowania przypisów dolnych bibliografia nie jest konieczna i często wcale się nie pojawia. Jednak dziś zamieszczanie pełnej listy źródeł staje się ogólnie przyjętym standardem. Przypuszczalnie wielu autorów i redaktorów zdaje sobie sprawę, że to właśnie od niej badacz może zacząć lekturę pracy (niekiedy jeszcze stojąc przy półce w księgarni lub bibliotece). Dlaczego jest to tak powszechna technika? Ponieważ już przejrzenie bibliografii w połączeniu z analizą znaczenia tytułu pozwala szybko stwierdzić, w jakim paradygmacie funkcjonuje i z narzędzi konceptualnych jakich szkół korzysta autor pracy, czy ma orienta-

cję w danym polu badawczym, wreszcie czy znane są mu najnowsze badania.

Studiowanie tekstów naukowych najczęściej nie jest wcale czynnością bierną. Badacz nie tylko chłonie treść, ale także wykonuje na samym tekście różnorodne operacje mające na celu uwypuklenie informacji; czasem w taki sposób organizuje tekst, aby mógł łatwo wrócić do istotnych treści w przyszłości. Najprostszą z technik obróbki tekstu jest podkreślanie, zakreślanie lub inny sposób indeksowania treści. Wielu badaczy ma indywidualne strategie indeksowania czytanych tekstów. Przykładowo, niektórzy stosują różne kolory lub style podkreśleń w celu kodowania interesujących ich fragmentów. Inną formą uwypuklania treści jest umieszczanie komentarzy na marginesach książek lub wklejanie zakładki. Różne może być również zagęszczenie indeksów, symboli i komentarzy nanoszonych na książkę. W skrajnych przypadkach strony są tak gęsto poznaczane, że można uznać, iż badacz próbował napisać swoją własną pracę na marginesie książki (i być może nawet mu się to udało). Indeksowany może być również tekst jako całość. Przykładowo, badacz może umieszczać na pierwszej stronie artykułu oznaczenia mówiące mu, ile razy i pod jakim kątem przeczytał dany tekst, czy odnalazł w nim coś wartego zapamiętania oraz w kontekście którego z realizowanych lub planowanych przez niego projektów wątek ten może odegrać istotną rolę.

W związku z powyższym warto zastanowić się nad tym, jaką rolę w polskiej humanistyce pełniły (i wciąż pełnią) kserokopie. Oczywiście kserokopiarki ułatwiły polskim badaczom dostęp do ważnych, acz trudno dostępnych, prac zagranicznych autorów. Nie na tym chciałbym się jednak skupić. Pragnę zwrócić uwagę na możliwości, jakie stwarza praca z kserokopią dobrej jakości zamiast z drukowaną książką. Otóż zazwyczaj kserokopia ma więcej wolnego miejsca w postaci szerszych marginesów i wolnych stron pozwalających na nanoszenie bardziej szczegółowych komentarzy. Kserokopia ma jednak kilka istotnych wad. Po pierwsze, w porównaniu z książką, szybciej się zużywa. Po drugie, czcionka na kserokopii jest najczęściej mniejsza, co może być uciążliwe nie tylko dla osób z wadą wzroku. Po trzecie, kserokopia jest nieporęczna, co utrudnia korzysta-

nie z niej w podróży. Wreszcie, po czwarte, kserokopia jest trudniejsza w przechowywaniu. Wydaje się, że to właśnie jest jej największą wadą. Otóż kserokopie, w szczególności te zbindowane, bardzo trudno jest równo układać na półkach. Każdy posiadacz licznych kserokopii wie z własnego doświadczenia, że aby odnaleźć konkretną pracę, należy poprzekładać niekiedy dziesiątki nieporęcznych odbitek. Tymczasem poszukując książki, możemy po prostu zdjąć ją z półki, kierując się napisem na grzbiecie. Być może z tego względu badacze – w miarę możliwości – zamieniają zużyte kserokopie na oryginalne, oprawiane w lakierowane lub sztywne okładki książki. Bardzo często jednak, nawet gdy wejdą już w posiadanie drukowanych wersji prac, wciąż wracają do starych, zniszczonych, pokreślonych „kserówek”, jako że stanowią one dla nich istotne systemy zewnętrznej pamięci, w których zdeponowali swoje obserwacje i pomysły.

Warto dodać, że dziś w polskiej nauce funkcje kserokopii przejmują wydruki zeskanowanych wersji zagranicznych książek dostępnych na wybranych witrynach internetowych. Jest to innowacja istotna z jednego przynajmniej powodu – stwarza to możliwość symultanicznego czytania papierowej i elektronicznej wersji pracy. Większość z nas preferuje pracę z papierowym tekstem. Jest to nie tylko kwestia nawyku, ale również funkcjonalności tego medium – obecnie brak wygodnych programów do czytania, pozwalających na wprowadzanie indeksów i komentarzy z równą łatwością, na jaką pozwala praca z papierową wersją. Jednak papierowe medium, nawet opatrzone najlepszym indeksem rzeczowym i indeksem nazwisk, nie umożliwia efektywnego przeszukiwania tekstu pod kątem słów i fraz. Rozwiązaniem tego problemu jest wspomaganie się podczas lektury elektroniczną wersją pracy w celu wyszukiwania konkretnych fragmentów. Jest to szczególnie przydatne, gdy wracamy do dawnych lektur. Co istotne, posługując się elektroniczną wersją, można przejrzeć tekst pod kątem konkretnej kategorii – wystarczy skupić się na akapitach, w których pojawia się konkretne słowo lub fraza. W ten szybki i łatwy sposób można zorientować się, w jakich kontekstach określona kategoria funkcjonuje w danej pracy, redukując tym samym złożoność narracji. Jednak aby zanotować nasze obserwacje, najczęściej wracamy do papierowej wersji tekstu.

Często zdarza się, że podczas studiowania tekstu badacze nie ograniczają się do kreślenia po nim i zagospodarowywania marginesów. Powszechną praktyką jest przygotowywanie wyciągów z tekstów polegające między innymi na przepisywaniu lub kopiowaniu ważnych cytatów na osobne kartki, do zeszytów, skoroszytów lub oddzielnych plików tekstowych. Było to szczególnie powszechne w czasach, gdy badacze mieli utrudniony dostęp do prac. Dziś niejednokrotnie można szybciej znaleźć interesujący cytat, po prostu wchodząc na odpowiednią witrynę w Internecie, ściągając elektroniczną wersję książki i przeszukując ją, niż wstając z za biurka, ściągając papierowy egzemplarz z półki i wertując go. Niemniej jednak wielu badaczy wciąż tworzy zestawienia cytatów w osobnych plikach. Nie należy traktować tej praktyki w kategoriach anachronizmu – tego typu zestawienia mogą pełnić funkcję ważnych narzędzi poznawczych wspomagających procesy twórcze. Gromadząc w jednym pliku lub na jednej kartce zbliżone tematycznie treści, badacz stymuluje samego siebie, by móc łatwiej dostrzec wcześniej umykające mu różnice, podobieństwa i możliwości. Humanisci i badacze społeczni wciąż gromadzą ogromne ilości materiałów drukowanych, tworząc imponujące prywatne archiwa oraz uzupełniając domowe biblioteki, jako że stanowią one ich podstawowe narzędzia poznawcze. Często zdarza się jednak, że nie będąc w stanie zorganizować lub selekcjonować zbieranego materiału, zostają przytłoczeni jego ilością.

Analiza czytanego materiału nie musi sprowadzać się wyłącznie do indeksowania, zbierania czy wypisywania fragmentów. Warto w tym miejscu przywołać ujęcie warsztatu filozofa, które proponuje Krzysztof Abriszewski (2008: 47–51). Jak wiemy, w ramach swoich badań przyrodznawcy dokonują szeregu przekształceń obiektów, przechodząc od wstępnie przetworzonego świata do kolejnych jego reprezentacji, dochodząc na końcu do wynalazku lub odkrycia, z którego zdają sprawozdanie w raporcie naukowym. Filozofowie, podobnie jak wielu innych przedstawicieli humanistyki oraz teoretyków nauk społecznych, studiując tekst, najczęściej przetwarzają go na inne teksty. Owe przejścia nie dokonują się jednak na zasadzie in-

tektualnego olśnienia lub nagłego przeskoku – tu również mamy do czynienia z translacjami i całymi kaskadami reprezentacji.

Praca filozoficzna polega niejednokrotnie na rekonstrukcji, systematyzacji lub dyskusji z poglądami jakiegoś innego myśliciela. Przyjmując niejako podejście etnografa kognitywnego, Abriszewski konceptualizuje tego typu pracę jako próbę „przetworzenia” sterty książek i artykułów źródłowych na zdecydowanie mniejszy objętościowo plik kartek, stanowiący podstawę do przygotowania maszynopisu książki lub serii artykułów. Prześledźmy kolejne kroki składające się na tak pojmowaną analizę filozoficzną.

Krok 1: przygotowanie korpusu tekstów do analizy. Na wstępie konieczne jest zgromadzenie, pogrupowanie i archiwizacja tekstów prezentujących poglądy danego myśliciela, szkoły lub nurtu. Korpus tekstów można uzupełnić o ewentualne recenzje, krytyki i polemiki. W ten sposób powstaje zasób materiałów łatwo dostępnych dla badacza.

Krok 2: wstępna lektura połączona ze sporządzaniem notatek. Pierwsza lektura całości materiału umożliwia zorientowanie się w poglądach danego myśliciela lub szkoły, zidentyfikowanie najczęściej występujących kategorii oraz wyznaczenie głównych pól problemowych. Tak oto powstaje pierwsza mapa konceptualna oraz plik notatek. W ten sposób filozof przetwarza setki lub tysiące drukowanych stron na zaledwie dziesiątki kartek z odręcznymi notatkami. Trudno byłoby jednak na podstawie takich notatek przystąpić od razu do pisania własnego tekstu. Konieczne są kolejne kroki.

Krok 3: tworzenie notatek drugiego rzędu. Badacz usiłuje zmniejszyć złożoność materiału przez tworzenie kolejnych notatek. W tym celu studiuje nie tyle korpus tekstów, co korzysta z własnych zapisków. Innymi słowy, sporządza notatki na podstawie własnych notatek. Postępując w ten sposób, może wypisać na papierze kluczowe pojęcia i twierdzenia, ewentualnie rozpisać w postaci graficznej związki między nimi. Tak oto rekonstruuje rdzeń danej koncepcji lub systemu filozoficznego. Oczywiście, korzystając z notatek pierwszego rzędu, badacz może sięgać do wybranych fragmentów materiału źródłowego, by skontrolować poprawność swojej interpretacji, a także uszczegółowić mapę pojęciową i listę problemów. Jednocze-

śnie badacz zbiera i selekcjonuje potencjalne cytaty, które będzie mógł przytoczyć na poparcie swojej interpretacji. W ten sposób filozof uzyskuje jeszcze cieńszy plik kartek odsyłający go do wcześniejszych obserwacji i wypisów.

Krok 4: analiza i przetwarzanie notatek. Dysponując rozpisany mi na kilku lub kilkunastu kartkach najważniejszymi twierdzeniami oraz słownikiem danego myśliciela lub szkoły, badacz może dokonać szeregu operacji analitycznych. Notatki te stanowią zewnątrzny wobec badacza system odciążający jego procesy pamięciowe. Pracując z wyabstrahowanymi pojęciami i sądami, badacz nie musi za każdym razem ani podkładać pod nie konkretnych treści, ani szukać stosownych cytatów. Praca ta została wykonana już wcześniej. Dzięki temu może spróbować sformalizować analizowane poglądy, odwołując się do narzędzi logicznych. Ewentualnie może zastosować podejście charakterystyczne dla historii idei i umieścić dany system twierdzeń i pojęć w kontekście poglądów innych myślicieli pochodzących z różnych obszarów kulturowych oraz okresów czasowych.

Graficzne reprezentacje relacji conceptualnych, streszczenia najważniejszych twierdzeń czy słowniki kategorii pełnią istotne funkcje poznawcze. Ujawniają one powiązania i konsekwencje teoretyczne danej koncepcji oraz pozwalają pełniej zrozumieć ją jako system powiązanych twierdzeń. W pewnym sensie produkowane w ten sposób reprezentacje działają podobnie do mapy nawigacyjnej – pozwalają ogarnąć analizowaną problematykę jednym spojrzeniem. Oczywiście na każdym etapie pracy badacz może wracać do materiału źródłowego. Ułatwiają mu to przygotowane notatki, które odsyłają go do konkretnych fragmentów lub pojęć. Dopiero na końcu, gdy w wyniku ponownej, celowej lektury uzupełni swoje schematy i mapy pojęciowe, dysponując stosownymi cytatami oraz notatkami (w tym komentarzami naniesionymi na marginesach czytanych tekstów), badacz może przystąpić do prac nad własnym tekstem prezentującym wyniki analizy.

Zapewne nie wszyscy humaniści stosują w trakcie lektury omówione przez Abriszewskiego techniki – niekoniecznie tworzą graficzne reprezentacje lub sieci relacji między twierdzeniami. Najprawdopodobniej jednak mało jest humanistów, którzy dokonują analizy

danej koncepcji „w głowie”, przechodząc od razu do pisania własnego tekstu. Zdecydowana większość badaczy wykorzystuje różnego rodzaju systemy indeksowania, gromadzenia i przetwarzania analizowanych treści. Wszystko to świadczy o tym, że praca konceptualna w humanistyce i naukach społecznych to nie tylko abstrakcyjne myślenie, ale także – a może przede wszystkim – przekształcenia papierowych reprezentacji pozwalających „myśleć za pomocą rąk i oczu”.

Jak dotąd skupiałem się na czynności czytania i analizy tekstów, tak jakby teksty miały jednorodny charakter. Tymczasem istnieje duże zróżnicowanie tekstów, które badacze studiują, mając na uwadze odmienne cele. Niektóre będą zajmować badacza, ponieważ zawierają propozycje rozwiązania jakiegoś interesującego go zagadnienia, inne będzie on wykorzystywał jedynie w celach heurystycznych – pozwoli im, by naprowadzały go na różne skojarzenia lub tropy innych lektur. Wydaje się, że funkcjonuje szereg autorów, których prace rzadko dostarczają dopracowane rozwiązanie jakiegoś problemu, niemniej jednak stanowią bogate źródło inspiracji lub wskazują kierunki dalszych lektur. Do tego typu autorów można zaliczyć Zygmunta Baumana (1998, 2005) oraz Malcolma Gladwella (2009a, 2009b, 2009c, 2009d). Pierwszy z wymienionych ma świetną orientację w najnowszych pracach z obszaru nauk społecznych publikowanych zarówno w kręgu anglosaskim, jak i kontynentalnym. Drugi z wymienionych, choć jest dziennikarzem, jego felietony i książki popularnonaukowe syntetyzujące treści z obszaru psychologii, ekonomii, socjologii oraz różnych obszarów przyrodznawstwa stały się inspiracją dla wielu projektów badawczych, w tym matematycznych analiz sieci społecznych i wybranych modeli zmiany społecznej (zob. np.: Barabási 2002; Watts 2003). Podobne funkcje co teksty wymienionych autorów mogą pełnić prace zbiorowe, które wielokrotnie stanowią tak zwane „syntezy intrologatorskie”. Wszak czytając teksty zebrane, które łączy ze sobą głównie okładka książki, można przypadkowo trafić na kilka nowatorskich tropów lub interesujących ujęć.

W tym kontekście warto wziąć również pod uwagę poznawcze funkcje samych półek z książkami. Weźmy za przykład gabloty w do-

brze zaopatrzonych bibliotekach, które udostępniają zbiory w trybie wolnego dostępu. Zbiory są często organizowane nie alfabetycznie, lecz tematycznie lub zgodnie z dziedzinami. Badacz, chodząc między tak zorganizowanymi półkami w bibliotece, może przypadkowo trafić na pozycję, która akurat była mu potrzebna w jego badaniach, a z istnienia której nie zdawał sobie sprawy. Widać zatem, że półki z książkami w perspektywie usytuowanego poznania, to coś więcej niż systemy zewnętrznej pamięci. Podobne niespodziewane odkrycia są możliwe, gdy korzystamy z internetowych baz danych.

Jak zauważył austriacki filozof, Josef Mitterer, każdy filozof powinien czytać na jedną książkę dobrą jedną złą. Sądzę, że tę uwagę można uogólnić na przedstawicieli nauk społecznych i humanistycznych. Jedną z możliwych interpretacji tej przewrotnej recepty jest taka, że badacze społeczni, filozofowie i humaniści nie powinni ograniczać się do lektury książek, które w świetle ich wiedzy lub opinii ich kolegów-badaczy są solidnie napisane i oferują trafne odpowiedzi na dany problem. Przypuszczalnie, studiując tego typu prace, badacz dowie się niewiele więcej ponad to, co już wie. Dopiero sięgając do książek napisanych z odmiennej perspektywy lub studiując prace „źle napisane” (czyli niezgodnie ze standardami jego dziedziny), może trafić na treści dla niego nowe. Warto dodać, że wielu badaczy, poszukując tego typu inspiracji, sięga nie tylko do książek, ale również do blogów, słowników i encyklopedii internetowych. Posiłkują się również losowym przeczesywaniem Internetu przez wpisywanie różnych haseł do wyszukiwarek internetowych, w tym specjalnych wyszukiwarek naukowych oraz profesjonalnych indeksów cytowań. Najczęściej jednak, ze względu na normy przygotowania tekstów naukowych, ślady tych poszukiwań i innych zabiegów heurystycznych zostają wymazane z końcowego efektu badań, jakim jest tekst naukowy.

Aby podsumować i zorganizować powyższe rozproszone uwagi na temat poznawczych funkcji czynności czytania, warto przywołać badania Davida Ellisa oraz kontynuatorów jego studiów, którzy podjęli próbę wymodelowania zachowań związanych z wyszukiwaniem informacji w różnych dziedzinach badawczych, w tym w naukach spo-

łecznych (zob.: Ellis 1993; Ellis, Cox, Hall 1993; Ellis, Haugan 1997; Meho, Tibbo 2003).

W swoim pierwszym studium dotyczącym badaczy społecznych, Ellis wprowadza szereg kategorii opisujących czynności związane z wyszukiwaniem informacji.

1. Rozpoczynanie – na ten wstępny etap składają się takie działania, jak identyfikacja odniesień bibliograficznych, które mogłyby posłużyć jako punkt wyjścia do dalszych poszukiwań; kandydataми na owe punkty startowe są najczęściej źródła już znane lub takie, których wykorzystanie umożliwiło uzyskanie dostępu do istotnych informacji w przeszłości; zdaniem Ellisa, dla pierwszego etapu jest charakterystyczna lektura prac przeglądowych i recenzji, wypytywanie współbadaczy, przeszukiwanie indeksów, abstraktów oraz katalogów *online*.

2. Podążanie łańcuchami odniesień (*chaining*) – etap polegający na eksploracji nowych źródeł informacji w oparciu o zachęcające odniesienia zidentyfikowane na wcześniejszym etapie; eksplorowane są nie tylko bezpośrednie odwołania, ale także źródła informacji przywoływane w kolejnych pracach; w efekcie są eksplorowane niekiedy bardzo długie łańcuchy odniesień; podążanie łańcuchami odniesień może mieć dwojaki charakter: wyszukuje się prace cytowane w wyjściowym źródle (w efekcie zapoznając się z coraz starszymi badaniami), ewentualnie przeszukuje się nowsze prace cytujące wyjściowy tekst.

3. Przeglądanie (*browsing*) – etap eksploracji polegający na pobieżnej lekturze różnorodnych prac z określonych źródeł, na przykład zamieszczanych na łamach konkretnych czasopism; przeglądane mogą być nie tylko bieżące numery, ale także wcześniejsze wydania; na tym etapie ponownie mogą zostać wykryte interesujące odniesienia, które staną się punktem wyjścia kolejnych łańcuchów cytowań.

4. Rozróżnianie – czynność polegająca na wykorzystaniu znanych i sprawdzonych kryteriów (rozpoznawalność autora, prestiż czasopisma, charakter źródła) w celu odfiltrowania znacznej części materiałów wyszukanych na wcześniejszych etapach; w ten sposób

zostaje wyznaczony wąski zbiór materiałów, które zostaną poddane głębszej analizie.

5. Monitorowanie – czynność polegająca na regularnym śledzeniu nowych materiałów pojawiających się w określonych obszarach (na przykład na łamach ważnych czasopism, podczas cyklicznych konferencji, w pracach zbiorowych i uznanych seriach wydawniczych).

6. Wypisywanie/Ekstrahowanie (*extracting*) – czynność polegająca na studiowaniu wyselekcjonowanych źródeł informacji w celu uzyskania istotnych informacji.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że badania Ellisa zostały zrealizowane w okresie zanim Internet stał się podstawowym narzędziem wyszukiwania informacji. Lokman Meho i Helen Tibbo (2003) powtórzyli badania dotyczące wyszukiwania informacji w dziedzinie nauk społecznych. Zwracają oni uwagę na fakt, że większość wymienionych powyżej praktyk opiera się dziś w dużym stopniu na wykorzystaniu różnego rodzaju wyszukiwarek i internetowych baz danych. Przykładowo, wstępne rozpoznanie pola badawczego zakłada wykorzystanie wyszukiwarek internetowych, a monitoring przyjmuje niejednokrotnie formę subskrypcji czasopism lub wykorzystania czytników RSS. Ponadto Meho i Tibbo uzupełniają zaproponowaną przez Ellisa listę o kolejne kategorie, między innymi uzyskiwanie dostępu oraz weryfikację. Jeżeli chodzi o pierwszą z wymienionych czynności, to musimy pamiętać, że w okresie poprzedzającym upowszechnienie Internetu jako narzędzia pracy naukowej, różnego rodzaju poszukiwania były prowadzone najczęściej na źródłach bezpośrednich, podczas gdy dzisiaj wyszukiwanie jest dokonywane w oparciu o źródła pośrednie – badacz najczęściej przegląda w Internecie abstrakty i opisy tekstów, zamiast samych tekstów. Przykładowo, korzystając z narzędzi Thomsona Reutersa, może podążać po sieciach cytowań bez sięgania do jakiegokolwiek tekstu. Istnieją również systemy zarządzania informacją, takie jak Mendeley, które pozwalają badaczom zarządzać zbiorami artykułów oraz wymieniać się bazami odnośników do tekstów, co niekiedy niemal automatyzuje proces przygotowania przypisów oraz w znaczącym stopniu ułatwia wstępne rozpoznanie pola badawczego. Musimy jednak pamiętać, że często, w celu wypisania jakiejś konkretnej informacji, autor

musi dokonać dodatkowego kroku polegającego na uzyskaniu dostępu do bezpośredniego źródła, co – biorąc pod uwagę zaopatrzenie bibliotek i wysokość budżetów na badania – nie zawsze jest zadaniem łatwym.

Generalnie rzecz ujmując, zaproponowane przez Ellisa kategorie oraz opisywane wcześniej praktyki można przyporządkować do trzech etapów poszukiwania informacji: (1) działań o charakterze przygotowawczym, (2) wstępnego rozpoznania materiału (przegląd źródeł, podążanie łańcuchami odniesień etc.), (3) selekcji i analizy zebranego materiału. Kategorie zaproponowane przez Ellisa i kontynuatorów jego badań mają bardzo ogólny charakter; nie ukazują szczegółów warsztatu badaczy społecznych i humanistów – technik gromadzenia, opisywania, indeksowania, zestawiania i przetwarzania różnorodnych tekstów. Niemniej jednak model Ellisa oraz zaprezentowane tu przykłady uświadamiają nam złożoność działań poznawczych mających na celu wydobycie i analizę różnorodnych inskrypcji i tekstów.

Pisanie jako czynność poznawcza

Omówiwszy techniki lektury tekstów, możemy przejść do zagadnienia związanego z pisaniem. Zacznijmy od przywołania fragmentu tekstu Bruno Latoura pod tytułem „Prolog” (Latour 2007). Artykuł ten stanowi wprowadzenie do teorii aktora-sieci w postaci uwspółcześnionego sokratejskiego dialogu między profesorem nauk społecznych a jednym z jego studentów. Z ust fikcyjnego profesora – który prezentuje poglądy samego Latoura – pada następujące stwierdzenie:

Tekst w naszej dyscyplinie nie jest żadną ładną historyjką, jest funkcjonalnym równoważnikiem laboratorium. Jest to miejsce prób, eksperymentów i symulacji. [...] Nie uczyć doktorantów nauk społecznych, jak się pisze doktorat, to tak samo, jak nie uczyć chemików, jak przeprowadzać eksperymenty laboratoryjne. Dlatego właśnie obecnie nie uczę niczego prócz pisania (Latour 2007: 135).

W świetle dotychczasowych ustaleń możemy stwierdzić, że tekst to nie laboratorium ani nawet instrument naukowy. Nie jest on również funkcjonalnym równoważnikiem obu tych rzeczy, jako że nie pozwala na podobny rodzaj redukcji złożoności problemów czy translacji świata. Niemniej jednak powyższy cytat wyraża ważne intuicje dotyczące miejsca tekstów w warsztacie naukowym humanisty i badacza społecznego – pod nieobecność innych środków tekst stanowi dla nich zasadnicze narzędzie poznawcze.

Proponuję przywołać tu pewien interesujący przykład, który ukazuje szczególną rolę czynności pisania tekstu jako działania poznawczego. Podczas stypendium na prestiżowej zagranicznej uczelni, w jednym budynku została zakwaterowana grupa młodych uczonych z Polski. W grupie tej znalazło się dwóch socjologów, chemik kwantowy oraz matematyk. Wszyscy dysponowali prywatnymi pokojami oraz pokojem wspólnym przeznaczonym do pracy. W pokoju tym znajdowały się między innymi stanowiska komputerowe, fotele i sofa. Stypendyści regularnie spotykali się w pokoju wspólnym, dzięki czemu mieli niepowtarzalną okazję porównać swoje warsztaty pracy. Obserwując się wzajemnie, z czasem zaczęli otwarcie dyskutować na temat roli przygotowywania tekstów naukowych w różnych dyscyplinach. Asumptem do dyskusji było między innymi zaskoczenie obojga socjologów, którzy mieli okazję przyjrzeć się bliżej, w jaki sposób pracują ich koledzy „ścisłowcy”. O ile socjologowie spędzali najwięcej czasu przy stanowiskach komputerowych, pisząc teksty, o tyle chemik i matematyk najczęściej przesiadywali na sofie lub w fotelach. Chemik dużą część czasu spędzał poza pokojem wspólnym – wieczorem wychodził, by „zadaniować” komputer, który pracował przez całą noc, a rano zbierał uzyskane w ten sposób wyniki i interpretował je na miejscu lub przynosił ze sobą do pokoju. Z kolei matematyk wychodził na bardzo krótkie seminaria matematyczne, z których wracał z problemem do rozwiązania. Dla socjologów deprymujący był fakt, że oni „ciężko pracują nad swoimi tekstami”, podczas gdy ich koledzy „przyjmują najdziwniejsze pozy w fotelach”, wpatrując się w pojedyncze kartki papieru. Istotne było również to, że socjolodzy – ku zaskoczeniu dwóch pozostałych stypendystów – reagowali rozdrażnieniem, gdy przerywano im pisa-

nie. Reakcje te były niezrozumiałe dla matematyka i chemika, gdyż ci potrafili na etapie przygotowywania tekstu utrzymać podzielność uwagi. Jednak w fotelach bez reszty koncertowali się na swoich zapiskach i nie tolerowali przerywania im pracy. Dopiero w trakcie długich rozmów na temat różnic w warsztatach pracy badacze przekonali się nawzajem, że socjologowie na stanowiskach komputerowych oraz ich współlokatorzy na fotelach pracują równie ciężko.

Drugi asumpt do dyskusji był taki, że w reakcji na liczne głosy krytyki kierowane pod adresem „niesfornego” edytora tekstu wykorzystywanego przez socjologów, chemik i matematyk postanowili zachęcić swoich kolegów do korzystania z edytora, którego sami używali. Argumentowali, że w ich edytorze nie tylko nie presuwają się przypisy dolne (co stanowiło jeden z głównych problemów dla socjologów), ale można w nim z łatwością pisać wzory matematyczne, pierwiastki etc. Okazało się jednak, że zachwalany edytor nie pracuje w trybie WYSIWYG (*what you see is what you get*). Samo to nie było jeszcze problemem⁴. Problemem było to, że pisanie tekstów za pomocą wspomnianego edytora polegało na tworzeniu gęstego kodu, w który oprócz tekstu należało wpłacać komendy definiujące edycyjne parametry tekstu (wielkość i rodzaj czcionki, wielkość odstępów i wcięć). W efekcie bardzo trudno było śledzić to, co zostało już napisane – na ekranie nie było widać tekstu z podziałem na akapity, cytatów wyrzuconych poza tekst główny, pogrubień ani kursywy. Zamiast tego użytkownik widział ciąg zdań przeplatanych komendami bez odstępów między wierszami. Aby móc swobodnie przeczytać dany fragment, należało go wydrukować. Matematyk i chemik byli zaskoczeni, że ta „drobnotka” stanowi dla socjologów istotny problem – nie rozumieli, że socjolog musi nieustannie wracać do wcześniejszych fragmentów tekstu, by monitorować, co wyłania się z jego pracy.

⁴ Współczesne popularne edytory tekstu posiadają różne wygodne opcje wyświetlania pisanego tekstu, które niekiedy prezentują materiał w formie, w jakiej zostanie on wydrukowany. Jako przykład można wymienić opcję „wersja robocza”, która wyświetla tekst bez podziału na strony, bez marginesów oraz przypisów dolnych. Ta forma prezentacji jest bardziej poręczna w trakcie edycji i przeglądania tekstu niż tryb układu wydruku.

Konkluzja czwórki badaczy była taka, że kiedy fizyk, chemik lub matematyk siadają do pisania tekstu, to istnieje on już w ich głowach w ogólnym zarysie, a najważniejsza praca koncepcyjna nad tematami, które ma prezentować tekst, została już zakończona i nie ma nic więcej do dodania. Tymczasem w przypadku pisania tekstów teoretycznych z zakresu nauk społecznych i humanistycznych praca koncepcyjna nie jest wcale zakończona, gdy badacz zaczyna „przelewać swoje myśli na papier”. *De facto* znaczna część pracy konceptualnej trwa podczas pisania tekstu i zamyka się dopiero wraz z końcem tej czynności. Humanisci bardzo często zaczynają pracę nad problemem od spisania rozproszonych uwag i obserwacji. Sam dobór słów czy sposób formułowania tez ma tu duże znaczenie. Dlatego właśnie socjolog, w przeciwieństwie do matematyka lub chemika, odczuwa silną potrzebę śledzenia na bieżąco tego, co pisze oraz bardziej koncentruje się na etapie „artykulacji” niż fazach poprzedzających pisanie.

Powyższy przykład skłania do stwierdzenia, że pisanie tekstu stanowi dla humanisty etap możliwych zaskoczeń. Tekst może rozwijać się w niespodziewanym kierunku i mogą zostać odkryte nowe możliwości interpretacyjne. To najczęściej dopiero wtedy, gdy badacz rozpoczyna pracę nad tekstem i próbuje wyartykułować swoje pomysły, okazuje się, czy koncepcje, które dotąd wydawały mu się spójne i sensowne, są warte zaprezentowania innym badaczom. Tymczasem gdy przyrodznawca lub matematyk siada do pisania tekstu, już niewiele go może zaskoczyć lub zainspirować. W naukach przyrodniczych źródłem zaskoczenia dla naukowca nie jest obcowanie z tekstem, ale instrumenty generujące ciągi danych, wywołujące eksperymentalnie efekty, ewentualnie inni badacze uczestniczący w projekcie naukowym.

Przez artykulację humanista kształtuje same pomysły, rozwijając je i zmieniając. Dochodzi tu do interesującej interakcji między autorem a jego wytworem. Otóż kiedy mamy już przed sobą pewną wczesną wersję tekstu, jest ona w stanie bodźcować nas samych, wskazując możliwe „pęknięcia” i „mielizny” narracyjne, ale także „niedointerpretowane” lub warte rozwinięcia pomysły. Takie „negocjacje z własnym tekstem” prowadzą niejednokrotnie do perfor-

mułowania nie tylko porządku pracy, ale również głównych tez czy samego tytułu⁵. Słowa, które często nieświadomie dobieramy, przez łańcuch skojarzeń mogą otwierać lub zamykać różne horyzonty poznawcze. Przy takim ujęciu staje się zrozumiałe, dlaczego tak wielu autorów stosuje technikę przepisywania kolejnych wersji tekstu. Z kolei wielu autorów niejednokrotnie zaczyna pisać swoje prace całkowicie od początku, aby dotychczasowe sformułowania nie zepchnęły ich w stare koleiny myślowe. Wreszcie, wielu badaczy po prostu drukuje kolejne robocze wersje artykułu i czyta je na głos samym sobie.

Czynność pisania kolejnych wersji tekstu można uznać za pewną formę działania epistemicznego. Podobnie jak profesjonalni gracze w Tetris manipulują zoidami na ekranie w poszukiwaniu optymalnego rozwiązania, tak też humaniści zestawiają ze sobą różne koncepcje i pomysły na papierze, wspomagając tym samym swoje wewnętrzne procesy myślowe. Przykładowo, posługując się papierowymi notatkami jako reprezentacją swoich wcześniejszych konceptualizacji, badacz nie musi niepotrzebnie obciążać pamięci i nieustannie odtwarzać „w głowie” swoich wcześniejszych pomysłów. Swoją energię może poświęcić na tworzenie kolejnej generacji idei lub uzupełnienie brakujących elementów konceptualnej układanki.

W omawianym powyżej procesie niekoniecznie musi brać udział tylko jeden badacz – nietrudno wyobrazić sobie sytuację, kiedy dwóch lub więcej naukowców wymienia się kolejnymi wersjami tekstu, wprowadzając i rozwijając wątki, ewentualnie ujawniając słabości wcześniejszych wersji. W wyniku kolejnych cykli idee mogą być nie tylko dopracowywane (oznaczałoby to, że końcowy efekt jest już niejako zawarty we wstępnym pomysle), ale również – jak zauważyliśmy już wcześniej – dogłębnie przekształcane.

Warto w tym kontekście rozważyć metodę pracy nad tekstem, która zakłada wykorzystanie dyktafonu. Oto mamy sytuację, kiedy badacz nagrywa swoje słowa, odtwarza, spisuje i analizuje, trak-

⁵ Studenci nauk społecznych i humanistycznych bardzo szybko są uświadamiani przez nauczycieli lub sami dochodzą do wniosku, że zarówno wstęp do tekstu, jak i jego ostateczny tytuł warto napisać dopiero na końcowym etapie pracy nad artykułem.

tując je poniekąd jako wypowiedzi innych, obcych sobie myślowo osób. O tym, że odtworzenie danego ciągu skojarzeń towarzyszących przeszłym wypowiedziom wymaga często wysiłku poznawczego, wie każdy badacz, który regularnie przegląda swoje stare notatki lub poddaje własne wypowiedzi transkrypcji. Jaka jest jednak korzyść poznawcza wynikająca z nagrywania swoich słów, wynagradzająca wysiłek związany z archiwizacją i transkrypcją nagrań? Czy nie łatwiej byłoby od razu je spisywać? Nagrywając swoje słowa, możemy w pełni skupić się na wywodzie, bez konieczności rejestrowania go. Kluczowy jest brak konieczności przełączania się między różnymi rodzajami czynności (myśleniem i rejestrowaniem ustaleń). Jak twierdzi wielu badaczy, swobodne mówienie pozwala im na sformułowanie dłuższych sekwencji pomysłów.

Rozważmy inny, analogiczny pod pewnymi względami model tworzenia tekstu – symultaniczną pracę dwóch badaczy nad wspólnym tekstem, podczas której regularnie zamieniają się miejscami przy klawiaturze. Jak często zdarza nam się wyrazić myśl i nie być w stanie jej precyzyjnie odtworzyć? Jak często mamy uczucie, że przed chwilą udało nam się trafnie wyartykułować ważną tezę, lecz straciliśmy niepowtarzalną okazję, gdyż nie jesteśmy w stanie dokładnie otworzyć własnych słów? Kooperacyjne pisanie tekstów jest jedną z metod, która pozwala tego uniknąć – dzięki temu podejściu jesteśmy w stanie nie tylko utrwalić „myśl”, ale przede wszystkim poddać ją analizie, dzięki czemu możemy ocenić jej trafność, zamiast zdawać się na własną pamięć. Tworząc tekst w trybie kooperacji, nie musimy kodować naszych ustaleń w pamięci długotrwałej, lecz możemy skupić się na swobodnym przepływie skojarzeń oraz samym wnioskowaniu. Osoba zasiadająca przed klawiaturą komputera nie powinna być postrzegana w kategoriach stenotypisty – ludzkiego ekwiwalentu dyktafonu. Osoba ta nie tylko spisuje myśli, automatycznie przekładając język mówiony na pisany. Jest ona również w stanie kontrolować tok myśli współbadacza, natychmiast wskazując ewentualne przeskok myślowe, niejasności lub niespójności. Dzięki temu badacz artykułujący pomysł może na bieżąco wprowadzać poprawki, zamiast próbować po czasie odtworzyć tok myślowy, posiłkując się zapisem i sięgając do swojej biologicznej pamięci

długotrwałej, by skorygować błędy. Pracując wraz z innym badaczem w opisany tu sposób, myśliciel jest w stanie dłużej utrzymać się w „przepływie”, kiedy płynnie rozwija swoją konceptualizację, zamiast nieustannie zatrzymywać się, by zanotować świeże pomysły i ponieść koszt związany z nieustannym wracaniem do urwanego wątku. Co więcej, opisaną tu sytuację współpracy można ująć jako wzajemne poznawcze bodźcowanie się dwóch badaczy. Dokonana konceptualizacja może wywołać u asystującego badacza ciekawe skojarzenie, które ten może zechcieć rozwinąć. W związku z tym dwaj badacze zamienią się rolami. Pracując nad wspólnym tekstem, albo przynajmniej jego zasadniczym rdzeniem, badacze mogą wielokrotnie zmieniać się miejscami i „przepracowywać” tekst do momentu, aż uzyskają satysfakcjonujący ich obu rezultat.

Zapewne większość Czytelników potraktuje powyższy model pracy nad tekstem w kategoriach eksperymentu myślowego. Jest to z wielu względów zrozumiałe. Znaczna część badaczy zwykła pojmować wspólne pisanie tekstu w kategoriach dzielenia się między sobą sekcjami do napisania (co w wielu przypadkach kończy się niepowodzeniem). Niemniej jednak omówiony model pracy, jakkolwiek rzadko spotykany, nie jest czysto hipotetyczną sytuacją.

Jedno nie powinno ulegać wątpliwości – najczęściej napisanie wspólnego tekstu nie jest metodą umożliwiającą obniżenie wysiłku. Konieczność koordynacji pracy i nieustannej komunikacji sprawia, że kooperacyjne tworzenie tekstu nie jest zadaniem łatwym. Wyjątek mogliby stanowić badacze, którzy już wcześniej współpracowali w tym trybie i ponieśli wysoki koszt związany z wypracowaniem odpowiedniego modelu kooperacji. Biorąc pod uwagę ów wysiłek i niezbędny czas, należy zapytać, dlaczego w ogóle warto podejmować tego typu formę współpracy. Pragnę w tym miejscu sformułować przypuszczenie, że na gruncie humanistyki kooperacyjny model pracy nad tekstem pozwala uzyskać lepszy „produkt”. Aby je uprawdopodobnić, proponuję wrócić do wyników eksperymentalnych symulacji przeprowadzonych przez Takesiego Okadę i Herberta A. Simona (1997). Jak pamiętamy, pary szybciej rozwiązywały zadany problem badawczy, popełniając przy tym mniej błędów niż pojedynczy uczestnicy doświadczenia. Przewaga par nie polegała na tym, że w sumie dys-

ponowały one dwa razy większą ilością czasu – dwuosobowe zespoły nie uciekały się do przeszukiwania licznych obszarów przestrzeni problemowej, ale po prostu szybciej trafiały do celu. Oczywiście w przypadku pisania tekstu teoretycznego z zakresu nauk humanistycznych nie mamy do czynienia z jasno zdefiniowanymi problemami, jak miało to miejsce w przypadku symulowanego „laboratorium” projektu Kevina Dunbara. W humanistyce rzadko (jeżeli w ogóle) mamy do czynienia z sytuacjami, kiedy jednoznacznie możemy powiedzieć, że rozwiązanie zostało znalezione bądź też nie. Niemniej jednak można zaryzykować przypuszczenie, że teksty napisane przez dwóch badaczy w opisanym tu kooperacyjnym trybie będą znacznie lepsze – pod względem perswazyjnym, narracyjnym i koncepcyjnym – niż teksty, które pisaliby w pojedynkę, nawet przez dwa razy dłuższy czas.

Wróćmy jednak do pojedynczego badacza i zastanówmy się, jakie procesy poznawcze mają miejsce, gdy tworzy on lub „przepracowuje” własny tekst. Zamiast analizować pracę filozofa lub socjologa korzystającego z nowoczesnego edytora tekstu, cofnijmy się nieco w czasie i zastanówmy, jakiego rodzaju narzędziami dysponował humanista w latach 70. ubiegłego wieku. Pozwoli nam to nie tylko przeanalizować pewne procesy, które zostały dziś częściowo zamknięte w czarnej skrzynce edytora tekstu, ale również pomoże oszacować poziom złożoności pracy.

Podstawowym narzędziem pracy humanisty we wspomnianym okresie była maszyna do pisania. Pozornie urządzenie to łączy wiele ze znaną wszystkim klawiaturą komputera; chociażby układ QWERTY wprowadzony celowo, by spowolnić pracę stenotypistek i zmniejszyć prawdopodobieństwo zacinania się mechanizmu urządzenia. Jednak pisanie tekstu na maszynie i za pomocą cyfrowego edytora tekstu różni się radykalnie. Pomińmy opcje edytorów związane z edycją tekstu (możliwość definiowania czcionek, interlinii i innych odstępów, automatyczne justowanie, korekta błędów etc.) i skupmy się na *stricte* poznawczych funkcjach obu narzędzi. Zacznijmy od tego, że pisząc na maszynie, nie mamy możliwości wprowadzania poprawek i cofania zmian – znaki są wybijane bezpośrednio na kartce papieru i wprowadzenie poprawek oznacza konieczność napisania całej stro-

ny od początku. Tymczasem cyfrowy edytor tekstu nie tylko pozwala na wielokrotne przepisywanie tekstu, ale posiada również opcję zapisu kolejnych wersji tekstu oraz cofania wprowadzonych zmian. Ponadto edytor pozwala przeszukiwać tekst i porównywać jego kolejne wersje (o ile pamiętamy, by dokonywać stosunkowo częstych zapisów). Nie bez znaczenia jest również fizyczny wysiłek niezbędny przy posługiwaniu się maszyną do pisania – różnicę tę odczuł każdy, kto przesiadł się z maszyny analogowej na cyfrową lub bezpośrednio na klawiaturę komputera. Wszystko to sprawia, że maszyny do pisania nie należy traktować jako narzędzia poznawczego, ale raczej jako dość toporny środek służący rejestrowaniu wcześniej poczynionych ustaleń w postaci standardowego maszynopisu.

Jakimi zatem narzędziami poznawczymi posługiwali się w swojej pracy humaniści lat 70.? W tym kontekście warto przywołać pewną metodę przygotowywania tekstów – a zarazem pewne uzewnętrznienie procesów myślowych – dość powszechnie stosowaną przez humanistów, zanim jeszcze rozpowszechniły się elektroniczne edytory tekstu. Polegała ona na spisywaniu różnych pomysłów na kartkach. Notatki te tworzyły poszczególne moduły pracy. Niektóre pomysły zajmowały całe strony, czasami jednak za pomocą nożyczek wycinano poszczególne myśli (zdania lub akapity). Takie skrawki umieszczano na stole lub podłodze, zmieniając ich kolejność, eksperymentując w poszukiwaniu satysfakcjonującej autora konfiguracji. Kiedy wreszcie, po licznych rekonfiguracjach owej „rozsypanki” pomysłów, autor odnalazł satysfakcjonujący go układ, utrzymywał go. Jednak nie odbywało się to „w głowie” autora lub na czystej kartce papieru. Proces utrwalenia miał miejsce ponownie na stole lub podłodze, gdzie za pomocą taśmy, kleju, papieru i nożyczek, elementy były ze sobą łączone (por. Eriksen 2003: 9–10). W ten sposób powstawały niekiedy bardzo obszerne „papierowe kolaże” koncepcji i obserwacji. Tego typu zwoje, na podstawie których pisano książki, liczyły nieraz kilka metrów. Dzięki temu prozaicznemu zabiegowi badacze byli w stanie zredukować złożoność problemu, jakim było przygotowanie długiej, złożonej narracji, którą „w swoich głowach” ogarniali zaledwie w ogólnym zarysie. Nawet jeśli jakiś badacz byłby w stanie objąć ogół zagadnień, do których chciał odnieść się w swojej rozpra-

wie, to zdecydowanie łatwiej było mu operować skrawkami papieru na stole. Kolaż nie tylko pozwalał sprawdzać różne konfiguracje wątków, ale również – przynajmniej w pewnym wymiarze – śledzić wprowadzane zmiany. Umożliwiał także łatwiejsze wychwytywanie powtarzających się wątków. Nie wykorzystując papierowych kolaży lub innych analogicznych technik, autor rozprawy naukowej ryzykował koniecznością wielokrotnego przepisywania tekstu na maszynie do pisania, co było czynnością stosunkowo męczącą.

Wróćmy do czasów współczesnych. Oczywiście dziś funkcje kleju, papieru i nożyczek w dużej mierze przejęły elektroniczne edytory tekstów. Praca w edytorach przypomina pod wieloma względami wcześniejsze rekombinowanie i łączenie ze sobą modułów tekstu. Nie bez znaczenia jest nazewnictwo podstawowych opcji edytorów tekstu („wytnij” oraz „wklej”). Musimy jednak pamiętać, że edytory oferują wiele dodatkowych funkcji, takich jak opcja „kopiuj”, porównywanie fragmentów tekstu, sprawdzanie synonimów, narzędzia recenzji czy możliwość grupowej edycji tekstu za pośrednictwem Internetu.

Należy pamiętać, że edytory tekstu są pozbawione pewnych funkcji, które posiadają papierowe media. Chodzi tu między innymi o omawianą wcześniej możliwość pisania komentarzy na marginesach. Oczywiście edytory oferują funkcję komentarzy, jednak wiele osób i tak preferuje nanoszenie uwag odręcznie, na papierowe wersje tekstu. Nie wydaje się, aby była to kwestia sentymentalizmu i romantycznej tęsknoty za „tradycyjnymi” mediami. Po prostu papierowy zapis ma odrębne afordancje od reprezentacji tekstu na ekranie komputera. Dlatego tak powszechne wśród autorów i redaktorów jest drukowanie tekstów, na których pracują, i studiowanie oraz korygowanie ich w analogowej postaci. Dlatego humaniści korzystają zarówno z komputerowych edytorów, plików tekstowych, jak i ich wydruków, odręcznych notatek i drukowanych książek.

Opisani powyżej humaniści tworzący kolaże – czy to na ekranach komputerów, czy na blatach stołów – przywodzą na myśl biologów obserwowanych przez Michaela Lyncha, którzy również wykorzystywali w swojej pracy nożyczki, papier, flamastry i klej. Podobnie tworzenie przez humanistów tekstów można opisać w kategoriach poznawczego majsterkowania lub „myślenia za pomocą rąk i oczu”.

Zastosowanie znajduje tu również metafora lasu namorzynowego wprowadzona przez Andy'ego Clarka. W przypadku wykorzystania przez humanistów papierowych i cyfrowych mediów w celu tworzenia tekstów proces „myślowy” nie daje się oddzielić od procesu artykulacji. Pracując w edytorze, pisząc, odczytując i redagując, ewentualnie usuwając kolejne zdania i sekcje, *de facto* formułujemy i rozwiązujemy właściwe naszej dziedzinie problemy poznawcze.

Pomyśleć rzeczy nie do pomyślenia

Powyższe analizy warsztatu humanisty i badacza społecznego w kategoriach rozproszonego i usytuowanego poznania należy uznać co najwyżej za bardzo wstępny szkic. Zgodnie z wiedzą autora, brak systematycznych filozoficznych, kognitywistycznych lub socjologicznych studiów dotyczących tego zagadnienia. Właściwa analiza praktyki humanistów i badaczy społecznych w kategoriach usytuowanego i rozproszonego poznania wymagałaby systematycznych studiów empirycznych obejmujących między innymi wywiady z badaczami na temat ich strategii lektury oraz sposobów kategoryzowania tekstów na potrzeby własnych badań, analizę interakcji uczestników wybranych seminariów naukowych, szczegółowe studia dotyczące zaskakujących metod wykorzystania narzędzi służących edycji i archiwizowaniu tekstów, a także obserwacje tego, w jaki sposób badacze konstruują i wykorzystują swoje prywatne zbiory literaturowe i archiwa materiałów.

Celem niniejszej analizy nie była jednak próba zagospodarowania tej problematyki. Intencją niniejszego dodatkowego rozdziału było raczej wskazanie, w jaki sposób koncepcje usytuowanego i rozproszonego poznania mogą pomóc badaczom społecznym i humanistom lepiej zrozumieć ich własny warsztat. Pamiętając o tym, że praca badawcza w humanistyce i naukach społecznych to nie tylko myślenie, ale przede wszystkim majsterkowanie przy różnorodnych tekstach, możemy bliżej przyjrzeć się poszczególnym heurystykom i podjąć próbę ich udoskonalenia.

Jak zauważa David Kirsh, rozwój kolejnych generacji narzędzi i zewnętrznych reprezentacji sprawił, że ludzie mogą dokonywać rzeczy, których wcześniej nie byli w stanie osiągnąć. Dzięki temu jesteśmy również w stanie pomyśleć rzeczy, które były wcześniej nie do pomyślenia. Dotyczy to w równym stopniu humanistyki i nauk społecznych, jak i innych obszarów aktywności społecznej. Nie chodzi tylko o to, że współczesne koncepcje filozoficzne czy socjologiczne byłyby niemożliwe bez wieków nawarstwiania się różnych kategoryzacji, metafor czy całych systemów myślowych, co uświadamiają nam prace z zakresu socjologii wiedzy i historii idei. Chodzi także o mniej oczywiste warunki konieczne narodzin różnego rodzaju konceptualnych wynalazków. Przykładowo, czy filozofia i oddzielające się od niej na przestrzeni wieków dyscypliny byłyby możliwe, gdyby nie wynalazek pisma, który pozwolił „odkleić” język od świata, czyniąc możliwym pojęcia abstrakcyjne oraz formalne operacje na języku? Czy kolejne koncepcje świata lub umysłu byłyby możliwe bez upowszechnienia się takich wynalazków, jak młyny, systemy hydrauliczne, zegary czy komputery, które stanowiły pierwowzory dla różnych modeli mentalnych? Czy współczesna humanistyka i nauki społeczne byłyby możliwe bez edytorów tekstu i wyszukiwarek internetowych?

Na koniec warto zadać sobie jeszcze trzy pytania dotyczące przyszłości nauk humanistycznych i społecznych. Pierwsze z nich dotyczy koncepcji, które będą miały szansę rozwinąć się w wyniku upowszechnienia się kolejnych generacji narzędzi poznawczych i sposobów reprezentowania: czego nie jesteśmy w stanie pomyśleć w ramach aktualnie funkcjonujących rozproszonych systemów poznawczych, a co będzie do pomyślenia w przyszłości? Drugie pytanie dotyczy tego, co można zrobić z warsztatem badawczym humanistyki i nauk społecznych, co umożliwiłoby wprowadzenie tych dyscyplin w nowe obszary problemowe. Trzecie pytanie dotyczy tego, czy humanistyka lub nauki społeczne są w stanie wygenerować tego typu innowacje same z siebie, czy raczej zaadaptują wynalazki przychodzące z zewnątrz, na przykład z informatyki, robotyki lub psychologii. Innymi słowy – czy humaniści lub badacze społeczni są w stanie niczym Baron Münchhausen wywindować się samodzielnie na wyższy poziom?

Bibliografia

- Abriszewski, Krzysztof. 2005. Czy dialog realizmu z konstruktywizmem może być konkluzywny? Analiza dyskusji wokół książki „Propaganda scjentyistyczna”. *Ruch Filozoficzny*, t. 62, nr 2: 337–351.
- Abriszewski, Krzysztof. 2006. „Budowanie sieci” zamiast „wiedzy”. Krótkie wprowadzenie do ANT-ologii. W: Paweł Bytniewski, Mirosława Chałubińska, *Teoretyczne podstawy socjologii wiedzy*. T. 1, Lublin: Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, 271–286.
- Abriszewski, Krzysztof. 2007. W stronę powiązania Teorii Aktora-Sieci i niedualizującego sposobu mówienia Josefa Mitterera. *Ruch Filozoficzny*, t. 64, nr 3: 439–458.
- Abriszewski, Krzysztof. 2008a. *Poznanie, zbiorowość, polityka. Analiza Teorii Aktora-Sieci Bruno Latoura*. Kraków: Universitas.
- Abriszewski, Krzysztof. 2008b. Rzeczy w kontekście teorii aktora-sieci. W: Jacek Kowalewski, W. Piasek, M. Śliwa (red.), *Rzeczy i ludzie. Humanistyka wobec materialności*, seria Colloquia Humaniorum. Wydawnictwo Instytutu Filozofii UWM, Olsztyn, 103–129.
- Abriszewski, Krzysztof, Łukasz Afeltowicz. 2007. Jak gołym okiem zobaczyć rosnące neurony i siłę alergii? Krążąca referencja w nauce i poza nią. *Zagadnienia Naukoznawstwa*, nr 3/4 (173/174): 405–420.
- Abriszewski, Krzysztof, Łukasz Afeltowicz. 2009. Arterioskleroza i jej wersje. Krążąca referencja, perspektywizm i ontologiczna frakcyjność. *Zagadnienia Naukoznawstwa*, nr 3/4 (181/182): 295–313.
- Adams, Fred, Kenneth Aizawa. 2009. Why the Mind is Still in the Head. In: Philip Robbins, Murata Aydede (eds.), *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press, 78–95.
- Afeltowicz, Łukasz. 2007. Czy technika pozbawia nas pracy? Bezrobocie technologiczne w perspektywie Teorii Aktora-Sieci. *Studia Socjologiczne*, nr 1 (184): 107–126.
- Afeltowicz, Łukasz. 2009. Ambient Intelligence i technologie interfejsowe. W: Marek Graszewicz, Jerzy Jastrzębski (red.), *Teorie komunikacji i mediów*, vol. 1, Wrocław: Oficyna Wydawnicza ATUT, 271–292.
- Afeltowicz, Łukasz, Krzysztof Pietrowicz. 2008. Koniec socjologii jaką znamy, czyli o maszynach społecznych i inżynierii socjologicznej. *Studia Socjologiczne*, nr 3 (190): 43–73.

- Afeltowicz, Łukasz, Krzysztof Pietrowicz. 2009. Czy socjologie są w stanie budować maszyny społeczne? Próba rekonceptualizacji różnicy między przyrodoznawstwem a naukami społecznymi. *Kultura i Społeczeństwo*, t. 53, nr 1: 17–44.
- Alač, Morana. 2008. Working with Brain Scans: Digital Images and Gestural Interaction in fMRI Laboratory. *Social Studies of Science*, Vol. 38, No. 4: 483–508.
- Alač, Morana, Edwin Hutchins. 2004. I See What You Are Saying: Action as Cognition in fMRI Brain Mapping Practice. *Journal of Cognition and Culture*, Vol. 4, No. 3/4: 629–661.
- Amann, Klaus, Karin Knorr Cetina. 1990. The Fixation of (Visual) Evidence. In: Michael Lynch, Steve Woolgar (eds.), *Representation in Scientific Practice*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 85–121.
- Anderson, Michael L. 2003. Embodied Cognition: A Field Guide. *Artificial Intelligence*, No. 149: 91–130.
- Anderson, Michael L. 2007. How to Study the Mind: An Introduction to Embodied Cognition. In: Flavia Santoianni, Claudia Sabatano (eds.), *Brain Development in Learning Environments: Embodied and Perceptual Advancements*. New York: Cambridge University Press, 65–82.
- Atkinson, J. Maxwell, John Heritage (eds.). 1984. *Structures of Social Action. Studies in Conversation Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Babchuk, Nicholas, Bruce Keith and George Peters. 2009. Collaboration in Sociology and Other Scientific Disciplines: A Comparative Trend Analysis of Scholarship in the Social, Physical, and Mathematical Sciences. *The American Sociologist*, Vol. 30, No. 3: 5–21.
- Baber, Christopher. 2003. *Cognition and Tool Use. Forms of Engagement in Human and Animal Tool Use*. London: Taylor & Francis.
- Baber, Christopher, Paul Smith, James Cross, John Hunter, Richard McMaster. 2006. Crime Scene Investigation as Distributed Cognition. *Pragmatics & Cognition*, Vol. 14, No. 2: 357–385.
- Baird, Davis. 1993. Analytical Chemistry and the “Big” Scientific Instrumentation Revolution. *Annals of Science*, Vol. 50, No. 3: 267–290.
- Baird, Davis. 2000. Encapsulating Knowledge: The Direct Reading Spectrometer. *Foundations of Chemistry*, Vol. 2, No. 1: 5–46.
- Baird, Davis. 2002. Thing Knowledge – Function and Truth. *Techné*, Vol. 2, No. 6: 13–27.
- Baird, Davis. 2003. Thing Knowledge: Outline of a Materialist Theory of Knowledge. In: Hans Radder (ed.), *The Philosophy of Scientific Experimentation*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press, 39–67.

- Baird, Davis. 2004. *Thing Knowledge. A Philosophy of Scientific Instruments*. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press.
- Baird, Davis, Eric Scerri, Lee McIntyre (eds.). 2006. Philosophy of Chemistry. Synthesis of a New Discipline. *Boston Studies in Philosophy of Science*, Vol. 242, Dordrecht: Springer.
- Baker, Lisa M., Kevin Dunbar. 2000. Experimental Design Heuristics for Scientific Discovery. The Use of Baseline and Known Controls. *International Journal of Human Computer Studies*, Vol. 53, No. 3: 335–349.
- Ballard, Dana. 1991. Animate Vision. *Artificial Intelligence*, Vol. 48, No. 1: 57–86.
- Ballard, Dana, Nathan Sprague. 2007. On the Role of Embodiment in Modeling Natural Behaviors. In: Wayne D. Gray (ed.), *Integrated Models of Cognitive Systems*. Oxford: Oxford University Press, 283–296.
- Barabási, Albert-László. 2002. *Linked: The New Science of Networks*. Cambridge, Mass.: Perseus.
- Barnes, Barry, David Bloor, John Henry. 1996. *Scientific Knowledge: A Sociological Analysis*. Londyn: Athlone.
- Bauman, Zygmunt. 1998. *Prawodawcy i tłumacze*, tłum. Andrzej Ceynowa, Jerzy Giebułtowski; red. nauk. przekł. Marian Kempny, Warszawa: IFiS PAN.
- Bauman, Zygmunt. 2005. *Życie na przemiał*, tłum. Tomasz Kunz. Kraków: Wydawnictwo Literackie.
- Bazerman, Charles. 1988. *Shaping Written Knowledge. The Genre and Activity of the Experimental Article in Science*. Wisconsin: The University of Wisconsin Press.
- Bechara, Antoine, Antonio Damasio. 2005. The Somatic Marker Hypothesis: A Neural Theory of Economic Decision. *Games and Economic Behavior*, Vol. 52, No. 2: 336–372.
- Bechara, Antoine, Hanna Damasio, Daniel Tranel, Antonio Damasio. 1997. Deciding Advantageously Before Knowing the Advantageous Strategy. *Science*, Vol. 275: 1293–1295.
- Becvar, Amaya, James Hollan, Edwin Hutchins. 2007. Representational Gestures as Cognitive Artifacts for Developing Theories in a Scientific Laboratory. In: Mark Ackerman, Christine A. Halverson, Thomas Erickson, Wendy A. Kellogg (eds.), *Resources, Co-Evolution and Artifacts: Theory in CSCW*. New York: Springer, 117–143.
- Berg, Marc. 1997a. *Rationalizing Medical Work. Decision Support Techniques and Medical Practices*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Berg, Marc. 1997b. Formal Tools and Medical Practices: Getting Computer-Based Decision Techniques to Work. In: Geoffrey C. Bowker, Susan

- Leigh Star, William Turner, Les Gasser (eds.), *Social Science, Technical Systems and Cooperative Work. Beyond the Great Divide*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 301–330.
- Berg, Marc. 1998. The Politics of Technology: On Bringing Social Theory into Technological Design. *Science, Technology & Human Values*, Vol. 23, No. 4: 456–490.
- Berg, Marc, Annemarie Mol (eds.). 1998. *Differences in Medicine. Unraveling Practices, Techniques, and Bodies*. Durham: Duke University Press.
- Beunza, Daniel, David Stark. 2003. The Organization of Responsiveness: Innovation and Recovery in a Trading Rooms of Lower Manhattan. *Socio-Economic Review*, Vol. 1, No. 2: 135–164.
- Beunza, Daniel, David Stark. 2004a. Survival and Sensemaking: Organizational Resilience in a Wall Street Trading Room After 9/11. *Universitat Pompeu Fabra Economics and Business Working Paper*, No. 734.
- Beunza, Daniel, David Stark. 2004b. Tools of the Trade: The Socio-technology of Arbitrage in a Wall Street trading Room. *Industrial and Corporate Change*, Vol. 13, No. 2: 369–401.
- Beunza, Daniel, David Stark. 2005. How to Recognize Opportunities: Heterarchical Search in a Trading Room, In: Karin Knorr Cetina, Alex Preda (eds.), *The Sociology of Financial Markets*. Oxford: Oxford University Press, 84–101.
- Bijker, Wiebe E. 1992. The Social Construction of Fluorescent Lighting, or How an Artifact Was Invented in Its Diffusion Stage. In: Wiebe E. Bijker, John Law (eds.), *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 75–102.
- Bijker, Wiebe E. 1995. *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a theory of Sociotechnical Change*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Bijker, Wiebe E. 1997. The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention. In: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, Trevor J. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 159–187.
- Bijker, Wiebe E., John Law (eds.). 1992. *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Bijker, Wiebe E., Thomas P. Hughes, Trevor J. Pinch (eds.). 1997. *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Bloor, David. 1991. *Knowledge and Social Imagery*. Chicago: The University of Chicago Press.

- Bogacz, Sally, J. Gregory Trafton. 2005. Understanding Dynamic and Static Displays: Using Images to Reason Dynamically. *Cognitive Systems Research*, Vol. 6, No. 4: 312–319.
- Bonabeau, Eric, Marco Dorigo, Guy Theraulaz. 1999. *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems* (Santa Fe Institute Studies on the Sciences of Complexity). Oxford: Oxford University Press.
- Boujut, Jean-François, Eric Blanko. 2003. Intermediary Objects as a Means to Foster Co-operation in Engineering Design. *Computer Supported Cooperative Work*, Vol. 12, No. 2: 205–219.
- Bradshaw, Gary. 2005. What's So Hard About Rocket Science? Secrets the Rocket Boys Knew. In: Michael E. Gorman, Ryan D. Tweney, David C. Gooding, Alexandra P. Kincannon (eds.), *Scientific and Technological Thinking*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 259–275.
- Brannigan, Augustine. 1989. Artificial Intelligence and the Attributional Model of Scientific Discovery. *Social Studies of Science*, Vol. 19, No. 4: 601–613.
- Breazeal, Cynthia L. 2002. *Designing Sociable Robots*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Breazeal, Cynthia L., Aaron Edsinger, Paul M. Fitzpatrick, Brian Scasselati, Paulina Varchavskaja. 2000. Social Constraints on Animate Vision. *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 15, No. 4: 32–37.
- Breazeal, Cynthia L., Rosalind Picard. 2007. The Role of Emotion-Inspired Abilities in Relational Robots. In: Raja Parasuraman, Matthew Rizzo (eds.), *Neuroergonomics. The Brain at Work*. Oxford: Oxford University Press, 275–292.
- Brown, John Seely, Allan Collins, Paul Dugid. 1989. Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, Vol. 18, No. 1: 32–42.
- Brown, John Seely, Paul Dugid. 2003. *The Social Life of Information*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
- Bucciarelli, Louis L. 1994. *Designing Engineers*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Buri, Regula Valérie, Joseph Dumit. 2008. Social Studies of Scientific Imaging and Visualization. In: Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch, Lucy Wajcman (eds.). 2008. *The Handbook of Science and Technology Studies*, 3rd edition. Cambridge: Mass.: The MIT Press, 297–317.
- Callon, Michel. 1986a. Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fisherman of St. Brieux Bay. In: John

- Law. Power, Action and Belief. *Sociological Review Monograph*, No. 32: 196–229.
- Callon, Michel. 1986b. The Sociology of an Actor-Network: The Case of the Electric Vehicle. In: Michel Callon, John Law, Arie Rip (eds.), *Mapping the Dynamics of Science and Technology*. The MacMillan Press Ltd., 19–34.
- Callon, Michel. 1991. Techno-economic Networks and Irreversibility. In: John Law (ed.), *A Sociology of Monsters: Essays on Power Technology and Domination*. London: Routledge, 132–161.
- Callon, Michel. 1995. Four Models for the Dynamics of Science. In: Sheila Jasanoff, Gerald E. Markle, James C. Teterson, Trevor J. Pinch (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*. Thousand Oakes, London, New Delhi: Sage Publications, 29–63.
- Callon, Michel. 1997. Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Social Analysis. In: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, Trevor J. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 83–103.
- Callon, Michel (ed.). 1998. *The Laws of the Markets*. Oxford: Blackwell Publishers/The Sociological Review.
- Callon, Michel. 1998. Introduction: The Embeddedness of Economic Markets in Economics. In: Michel Callon (ed.), *The Laws of the Markets*. Oxford: Blackwell Publishers/The Sociological Review, 1–57.
- Callon, Michel. 1999. Actor-Network Theory – the Market Test. In: John Law, John Hassard (eds.), *Actor Network Theory and After*. Oxford: Blackwell Publishers, 181–195.
- Callon, Michel, Yuval Millo, Fabian Muniesa (eds.). 2007. *Market Devices*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Callon, Michel, Bruno Latour. 1981. Unscrewing the Big Leviathan: How Actors Macro-structure Reality and How Sociologists Help Them to Do So. In: Karin Knorr Cetina, Aaron V. Cicourel (eds.), *Advances in Social Theory and Methodology. Toward an Integration of Micro- and Macro-sociologies*. London: Routledge and Kegan Paul, 277–303.
- Callon, Michel, Bruno Latour. 1992. Don't Throw the Baby Out with the Bath School! A Reply to Collins and Yearley. In: Andrew Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture*. Chicago–London: The University of Chicago Press, 343–368.
- Callon, Michel, John Law. 1992. The Life and Death of an Aircraft: A Network Analysis of Technical Change. In: Wiebe E. Bijker, John Law

- (eds.), *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 21–52.
- Calvo, Paco, Antoni Gomila (eds.). 2008. *Handbook of Cognitive Science: An Embodied Approach*. Amsterdam: Elsevier.
- Carlson, Bernard W., Michael E. Gorman. 1990. Understanding Invention as a Cognitive Process: The Case of Thomas Edison and Early Motion Pictures, 1888–1891. *Social Studies of Science*, Vol. 20, No. 3: 387–430.
- Carroll-Burke, Patrick. 2001. Tolls, Instruments and Engines: Getting a Handle on the Specificity of Engine Science. *Social Studies of Science*, Vol. 31, No. 4: 593–625.
- Carraher, Terezinha Nunes, David William Carraher, Analucia Dias Schlie-mann. 1985. Mathematics in the Streets and in the Schools. *British Journal of Developmental Psychology*, Vol. 3, No. 1: 21–29.
- Carruters, Peter, Stephan Stich, Michael Siegel (eds.). 2002. *Cognitive Basis of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chabris, Christopher F., Eliot Hearst. 2003. Visualization, Pattern Recognition, and Forward Search: Effects of Playing Speed and Sight of the Positions on Grandmaster Chess Errors. *Cognitive Science*, Vol. 27, No. 4: 637–648.
- Charness, Neil. 1992. The Impact of Chess Research on Cognitive Science. *Psychological Research*, Vol. 54, No. 1: 4–9.
- Chase, William G., Herbert A. Simon. 1973. Perception in Chess. *Cognitive Psychology*, Vol. 4, No. 1: 55–81.
- Clancey, William J. 1993. Situated Action: A Neuropsychological Interpretation Response to Vera and Simon. *Cognitive Science*, Vol. 17, No. 1: 87–116.
- Clark, Andy. 1997. *Being There. Putting Brian, Body and World Together*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Clark, Andy. 2008. *Supersizing the Mind. Embodiment, Action and Cognitive Extension*. Oxford: Oxford University Press.
- Clark, Andy, David Chalmers. 1998. The Extended Mind. *Analysis*, Vol. 58, No. 1: 7–19.
- Collins, Harry M. 1974. The TEA Set: Tacit Knowledge and Scientific Networks. *Social Studies of Science*, Vol. 4, No. 1: 165–186.
- Collins, Harry M. 1981. Introduction: Stages in the Empirical Programme of Relativism. *Social Studies of Science*, Vol. 11, No. 1: 3–10.
- Collins, Harry M. 1983. An Empirical Relativist Programme in the Sociology of Scientific Knowledge. In: Karin Knorr Cetina, Michael Mul-kay (eds.), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*. London: SAGE Publications, 85–114.

- Collins, Harry M. 1985. *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*. London: SAGE.
- Collins, Harry M. 1989. Computers and the Sociology of Scientific Knowledge. *Social Studies of Science*, Vol. 19, No. 4: 613–624.
- Collins, Harry M. 1991. Simon's Slezak. *Social Studies of Science*, Vol. 21, No. 1: 148–149.
- Collins, Harry M. 2000. Surviving Closure: Post-Rejection Adaptation and Plurality in Science. *American Sociological Review*, Vol. 65, No. 6: 824–845.
- Collins, Harry M., Robert Evans. 2002. The Third Wave of Science Studies: Studies of Expertise and Experience. *Social Studies of Science*, Vol. 32, No. 2: 235–296.
- Collins, Harry M., Robert Evans. 2003. King Canute Meets the Beach Boys: Responses to “The Third Wave”. *Social Studies of Science*, Vol. 33, No. 2: 435–452.
- Collins, Harry M., Trevor Pinch. 1982. *Frames of Meaning: The Social Construction of Extraordinary Science*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Collins, Harry M., Trevor Pinch. 1998a. *Golem, czyli co trzeba wiedzieć o nauce*, tłum. Anna Tanalska-Dulęba. Warszawa: Wydawnictwo CiS.
- Collins, Harry M., Trevor Pinch. 1998b. *The Golem at Large: What You Should Know about Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Collins, Harry M., Trevor Pinch. 2005. *Dr. Golem: How to Think about Medicine*. Chicago: University of Chicago Press.
- Collins, Randall. 1992. The Confusion of Modes of Sociology. In: Steven Seidman, David G. Wagner (eds.), *Postmodernism and Social Theory. The Debate over General Theory*. Cambridge, Massachusetts, Blackwell, 82–92.
- Collins, Randall. 1994. Why the Social Science Won't Become High-Consensus, Rapid Discovery Science. *Sociological Forum*, Vol. 9, No. 2: 155–177.
- Cragin, Mellisa H., Kalpana Shankar. 2006. Scientific Data Collections and Distributed Collective Practice. *Computer Supported Cooperative Work*, Vol. 15, No. 2/3: 185–204.
- Crozier, Michel, Erhard Friedberg. 1982. *Człowiek i system: ograniczenia działania zespołowego*, tłum. Krystyna Bolesta-Kukułka. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Curd, Martin, Jan A. Cover (eds.). 1998. *Philosophy of Science: The Central Issues*. New York: W. W. Norton & Company.
- Damasio, Antonio. 1996. The Somatic Marker Hypothesis and the Possible Functions of the Prefrontal Cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*, No. 351 (1346): 1413–1420.

- Damasio, Antonio. 1999. *Błąd Kartezjusza. Emocje, rozum i ludzki mózg*, tłum. Maciej Karpiński. Poznań: Rebis.
- Davis, Fred. 1973. The Martian and the Convert: Ontological Polarities in Social Research. *Journal of Contemporary Ethnography*, Vol. 2, No. 3: 333–343.
- Dennett, Daniel C. 1991. *Consciousness Explained*. New York: Little, Brown, and Company.
- Derry, Sharon J., Christian Schunn, Morton Ann Gernsbacher (eds.). *Interdisciplinary Collaboration. An Emerging Cognitive Science*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dewey, James. 1938. *Experience & Education*. New York: Simon & Schuster.
- Dickinson, Michael. 2001. Tajemnice lotu owadów. *Świat Nauki*, nr 8: 31–38.
- Dorigo, Marco, Thomas Stützle. 2004. *Ant Colony Optimization*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Dourish, Paul. 2001. *Where the Action Is. The Foundations of Embodied Interaction*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Duchowski, Andrew. 2007. *Eye Tracking Methodology. Theory and Practice*, 2nd Edition. New York: Springer.
- Duhem, Pierre. 1991. Teoria fizyczna a doświadczenie. Problem *experimentum crucis*. W: Krzysztof Szlachcic (wyb.), *Pierre Duhema filozofia nauki*, tłum. Monika Sakowska. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, 103–111.
- Dunbar, Kevin. 1993. Concept Discovery in Scientific Domain. *Cognitive Science*, Vol. 17, No. 3: 397–434.
- Dunbar, Kevin. 1994. How Scientists Really Reason: Scientific Reasoning in Real-World Laboratories. In: Robert J. Sternberg, Janet E. Davidson (eds.), *The Nature of Insight*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 365–395.
- Dunbar, Kevin. 2002. Understanding the Role of Cognition in Science: the Science as Category Framework. In: Peter Carruters, Stephan Stich, Michael Siegel (eds.), *Cognitive Basis of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 154–170.
- Dunbar, Kevin, Isabelle Blanchette. 2001. The *in vivo/in vitro* Approach to Cognition: The Case of Analogy. *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 5, No. 8: 334–339.
- Dunbar, Kevin, Jonathan A. Fugelsang. 2005. Casual Thinking in Science: How Scientists and Students Interpret the Unexpected. In: Michael E. Gorman, Ryan D. Tweney, David C. Gooding, Alexandra P. Kincannon (eds.), *Scientific and Technological Thinking*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 57–79.

- Eckert, Claudia, Jean-François Boujut. 2003. The Role of Objects in Design Co-Operation: Communication through Physical or Virtual Objects. *Computer Supported Cooperative Work*, Vol. 12, No. 2: 145–151.
- Eliasmith, Chris, Paul Thagard. 1997. Waves, Particles, and Explanatory Coherence. *British Journal of Philosophy of Science*, Vol. 48, No. 1: 1–19.
- Ellis, David. 1993. Modeling the Information-Seeking Patterns of Academic Researchers: A Grounded Theory Approach. *The Library Quarterly*, Vol. 63, No. 4: 469–486.
- Ellis, David, Deborah Cox, Katherine Hall. 1993. A Comparison of the Information Seeking Patterns of Researchers in the Physical and Social Sciences. *Journal of Documentation*, Vol. 49, No. 4: 356–369.
- Ellis, David, Merete Haugan. 1997. Modeling the Information Seeking Patterns of Engineers and Research Scientists in an Industrial Environment. *Journal of Documentation*, Vol. 53, No. 4: 384–403.
- Epstein, Steven. 1995. The Construction of Lay Expertise: AIDS Activism and the Forging of Credibility in the Reform of Clinical Trials. *Science, Technology & Human Values*, Vol. 20, No. 4: 408–437.
- Epstein, Steven. 1996. *Impure Science. AIDS, Activism, and the Politics of Knowledge*. Berkeley: University of California Press.
- Epstein, Steven. 1997. Activism, Drug Regulation, and the Politics of Therapeutic Evaluation in the AIDS Era: A Case Study of ddC and the “Surrogate Markers” Debate. *Social Studies of Science*, Vol. 27, No. 5: 691–72.
- Eriksen, Thomas H. 2003. *Tyrania chwili. Szybko i wolno płynący czas w erze informacji*, tłum. Grzegorz Sokół. Warszawa: PIW.
- Farnè, Alessandro, Atsushi Iriki, Elisabetta Làdavas. 2005. Shaping Multi-sensory Action-Space with Tools: Evidence from Patients with Cross-modal Extinction. *Neuropsychologia*, Vol. 43, No. 2: 238–248.
- Feitelson, Jerry, Mark Stefik. 1977. Experimental Reasoning. A Case Study of the Reasoning in Genetics Experiment, Heuristic Programming Project, Working Paper 77–18, http://profiles.nlm.nih.gov/BB/G/G/P/S/_/bbggps.pdf (dostęp: 5.04.2012 r.).
- Feyerabend, Paul K. 1976. On the Critique of Scientific Reasons. In: Robert Cohen, Paul K. Feyerabend, Marx W. Wartofsky (eds.), *Essays in Memory of Imre Lakatos*, *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 39. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 109–143.
- Feyerabend, Paul K. 1996. *Przeciw metodzie*, tłum. Stefan Wiertlewski. Wrocław: Wydawnictwo Siedmioróg.
- Fields, Robert E., Peter Wright, Patrizia Marti, P. Palmonari. 1998. Air Traffic Control as a Distributed Cognitive System: A Study of External Re-

- presentation. In: Thomas R. G. Green, Liam J. Bannon, C. P. Warren, J. Buckley (eds.), *Cognition and Cooperation. Proceedings of 9th Conference of Cognitive Ergonomics*. Limerick, University of Limerick, 85–90.
- Fleck, Ludwik. 1946. Problemy naukoznawstwa. *Życie Nauki*, t. 1, nr 5: 322–336.
- Fleck, Ludwik. 1986. *Powstanie i rozwój faktu naukowego: wprowadzenie do nauki o stylu myślowym i kolektywie myślowym*, tłum. Maria Tuszkiewicz, wstęp do wydania polskiego: Zdzisław Cackowski. Lublin: Wydawnictwo Lubelskie.
- Fleck, Ludwik. 2006. *Psychosocjologia poznania naukowego. Powstanie i rozwój faktu naukowego i inne pisma z filozofii poznania*. Lublin: Wydawnictwo UMCS.
- Fleck, Ludwik. 2007. *Style myślowe i fakty. Artykuły i świadectwa*, red. Sylwia Werner, Claus Zittel, Florian Schmaltz. Warszawa: IFiS PAN.
- Flor, Nick V., Edwin Hutchins. 1991. Analyzing Distributed Cognition in Software Teams: A Case Study of Collaborative Programming During Software Maintenance. In: Jürgen Koenemann-Belliveau, Thomas G. Moher, Scott P. Robertson (eds.), *Empirical Studies of Programmers: Fourth Workshop*. Norwood, New York: Ablex, 36–64.
- Forsythe, Diana E. 1993a. Engineering Knowledge: The Construction of Knowledge in Artificial Intelligence. *Social Studies of Science*, Vol. 23, No. 3: 445–477.
- Forsythe, Diana E. 1993b. The Construction of Work in Artificial Intelligence. *Science, Technology, & Human Values*, Vol. 18, No. 4: 460–479.
- Forsythe, Diana E. 2001. *Studying Those Who Study Us: An Anthropologist in the World of Artificial Intelligence*. Stanford: Stanford University Press.
- Fuchs, Stephan. 1992. *The Professional Quest for Truth: A Social Theory of Science and Knowledge*. Albany: SUNY Press.
- Fuchs, Stephan. 1993. Three Sociological Epistemologies. *Sociological Perspectives*, Vol. 36, No. 1: 23–44.
- Fugelsang, Jonathan A., Kevin N. Dunbar. 2005. Brain-based Mechanisms Underlying Complex Casual Thinking. *Neuropsychologia*, Vol. 43, No. 8: 1204–1213.
- Fugelsang, Jonathan A., Matthew E. Roser, Paul M. Corballis, Michael Gazzaniga, Kevin N. Dunbar. 2005. Brain Mechanisms Underlying Perceptual Causality. *Cognitive Brain Research*, Vol. 24, No. 1: 41–47.
- Fuller, Steve. 1989. Of Conceptual Intersections and Verbal Collisions: Towards the Routing of Slezak. *Social Studies of Science*, Vol. 19, No. 4: 625–638.

- Fuller, Steve. 1991. Simons Says "Put Your Foot in Your Mouth". *Social Studies of Science*, Vol. 21, No. 1: 149–150.
- Fuson, Karen C. 1990. Conceptual Structures for Multiunit Numbers: Implications for Learning and Teaching Multidigit Addition, Subtraction, and Place Value. *Cognition and Instruction*, Vol. 7, No. 4: 343–403.
- Fuson, Karen C., Diana Wearne, James C. Hiebert, Hanlie G. Murray, Pieter G. Human, Alwyn I. Olivier, Thomas P. Carpenter, Elizabeth Fenema. 1997. Children's Conceptual Structures for Multidigit Numbers and Methods of Multidigit Addition and Subtraction. *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 28, No. 2: 130–162.
- Galison, Peter. 1987. *How Experiments End*. Chicago: University Of Chicago Press.
- Galison, Peter, Bruce Hevly (eds.). 1992. *Big Science: The Growth of Large-Scale Research*. Stanford: Stanford University Press.
- Gallagher, Shaun. 2005. *How the Body Shapes the Mind*. Oxford: Oxford University Press.
- Garfinkel, Harold. 2007. *Studia z etnometodologii*, tłum. Alina Szulżycka. Warszawa: PWN.
- Garfinkel, Harold, Michael Lynch, Eric Livingston. 1981. The Work of a Discovering Science Construed with Materials from the Optically Discovered Pulsar. *Philosophy of the Social Sciences*, Vol. 11, No. 2: 131–159.
- Gedenryd, Henrik. 1998. How Designers Work – Making Sense of Authentic Cognitive Activities, PhD Dissertation. Lund University, Sweden.
- Gibson, James J. 1979. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Giere, Ronald N. 1989. Computer Discovery and Human Interest. *Social Studies of Science*, Vol. 19, No. 4: 638–643.
- Giere, Ronald N. 1991. Syntax, Semantics and Human Interests. *Social Studies of Science*, Vol. 21, No. 1: 150–152.
- Giere, Ronald N. 1999. *Science without Laws*. Chicago: Chicago University Press.
- Giere, Ronald N. 2002. Scientific Cognition as Distributed Cognition. In: Peter Carruters, Stephan Stich, Michael Siegel (eds.), *Cognitive Basis of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 285–299.
- Giere, Ronald N. 2004. The Problem of Agency in Scientific Distributed Cognitive Systems. *Journal of Cognition and Culture*, Vol. 4, No. 3/4: 759–774.
- Giere, Ronald N., Barton Moffat. 2003. Distributed Cognition: Where the Cognitive and the Social Merge. *Social Studies of Science*, Vol. 33, No. 2: 1–10.

- Gigerenzer, Gerd. 2007. *Gut Feelings: The Intelligence of the Unconscious*. London: Viking Penguin.
- Gilbert, G. Nigel, Michael Mulkay. 1984. *Opening Pandora's Box. A Sociological Analysis of Scientists' Discourse*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gillies, Donald A. 1992. Comments on "Scientific Discovery as Problem Solving" by Herbert A. Simon. *International Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 6, No. 1: 29–32.
- Giza, Piotr. 2006. *Filozoficzne i metodologiczne aspekty komputerowych systemów odkryć naukowych*. Lublin: Wydawnictwo UMCS.
- Gladwell, Malcolm. 2009a. *Błysk! Potęga przeczucia*, tłum. Anna Skucińska. Kraków: Znak.
- Gladwell, Malcolm. 2009b. *Poza schematem. Sekrety ludzi sukcesu*, tłum. Rafał Śmietana. Kraków: Znak.
- Gladwell, Malcolm. 2009c. *Punkt przełomowy. O małych przyczynach wielkich zmian*, tłum. Grażyna Górka. Kraków: Znak.
- Gooding, David C. 1990. *Experiment and the Making of Meaning. Human Agency in Scientific Observation and Experiment*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gooding, David C. 1992. Putting Agency Back into Experiment. In: Andrew Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture*. Chicago, London: The University of Chicago Press, 65–112.
- Gooding, David C. 2004. Cognition, Construction and Culture: Visual Theories In the Sciences. *Journal of Cognition and Culture*, Vol. 4, No. 3/4: 551–593.
- Gooding, David C. 2005. Seeing the Forest for the Trees: Visualization, Cognition and Scientific Inference. In: Michael E. Gorman, Ryan D. Tweney, David C. Gooding, Alexandra P. Kincannon (eds.). 2005. *Scientific and Technological Thinking*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 173–217.
- Gooding, David C. 2007. Visual Cognition: Where Cognition and Culture Meet. *Philosophy of Science*, Vol. 73, No. 5: 688–698.
- Goodwin, Charles. 1995. Seeing in Depth. *Social Studies of Science*, Vol. 25, No. 2: 237–274.
- Gorman, Michael E. 1989. Beyond Strong Programmes: How Cognitive Approaches Can Complement SSK. *Social Studies of Science*, Vol. 19, No. 4: 643–653.
- Gorman, Michael E. 1991. What Simon Said. *Social Studies of Science*, Vol. 21, No. 1: 153–154.

- Gorman, Michael E. 1992. *Simulating Science. Heuristics, Mental Models and Technoscientific Thinking*. Bloomington: Indiana University Press.
- Gorman, Michael E. 1997. Mind in the World: Cognition and Practice in Invention of the Telephone. *Social Studies of Science*, Vol. 27, No. 4: 583–624.
- Gorman, Michael E., Margaret E. Gorman, R. Michael Latta, Guy Cunningham. 1984. How Disconfirmatory, Confrimatory and Combined Strategies Affect Group Problem Solving. *British Journal of Psychology*, Vol. 75, No. 1: 85–96.
- Gorman, Michael E., Matthew M. Mehalik. 2002. Turning Good into Gold: A Comparative Study of Two Environmental Invention Networks. *Science, Technology & Human Values*, Vol. 27, No. 4: 499–529.
- Gorman, Michael E., Ryan D. Tweney, David C. Gooding, Alexandra P. Kincannon (eds.). 2005. *Scientific and Technological Thinking*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Green, Adam E. Jonathan A. Fugelsang, David J. M. Kraemer, Noah A. Shmosh, Kevin N. Dunbar. 2006. Frontopolar Cortex Mediates Abstract Integration in Analogy. *Brain Research*, Vol. 22, No. 1: 125–137.
- Green, Adam E. Jonathan A. Fugelsang, David J. M. Kraemer, Kevin N. Dunbar. 2007. The Micro-Category Account of Analogy. *Cognition*, Vol. 106, No. 2: 1004–1016.
- Greeno, James G. 1989. Situations, Mental Models and Generative Knowledge. In: David Klahr, Kenneth Kotovsky (eds.). *Complex Information Processing: The Impact of Herbert A. Simon*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 285–318.
- Greeno, James G. 1997. On Claims That Answer the Wrong Question. *Educational Research*, Vol. 26, No. 1: 5–17.
- Greeno, James G. 1998. The Situativity of Knowing, Learning, and Research. *American Psychologist*, Vol. 53, No. 1: 5–26.
- Greeno, James G. 2006. Authoritative, Accountable Positioning and Connected, General Knowing: Progressive Themes in Understanding Transfer. *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 15, No. 4: 539–550.
- Gobet, Fernand, Herbert A. Simon. 1996. Recall of Random and Distorted Chess Positions: Implications for the Theory of Expertise. *Memory & Cognition*, Vol. 24, No. 4: 493–503.
- Hackett, Edward J., Olga Amsterdamska, Michael Lynch, Lucy Wajcman (eds.). 2008. *The Handbook of Science and Technology Studies*, 3rd edition. Cambridge: Mass.: The MIT Press.
- Hacking, Ian. 1983. *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. New York: Cambridge University Press.

- Hacking, Ian. 1992. The Self-Vindication of the Laboratory Sciences. In: Andrew Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture*. Chicago-London: The University of Chicago Press, 29–64.
- Hacking, Ian. 1995/1996. Comments on Zeidler & Sobczyńska's Paper. *Foundations of Science*, Vol. 1, No. 4: 537–542.
- Hacking, Ian. 1999. *The Social Construction of What?* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Hager, Tom. 1998. *Linus Pauling and the Chemistry of Life*. Oxford: Oxford University Press.
- Hall, Edward T. 1997. *Ukryty wymiar*, tłum. Teresa Hołówka. Warszawa: MUZA.
- Halley, Julianne D., David A. Winkler. 2008. Consistent Concepts of Self-Organization and Self-Assembly. *Complexity*, Vol. 14, No. 2: 10–17.
- Halverson, Christine A. 1994. Distributed Cognition as a Theoretical Framework for HCI: Don't Throw the Baby Out with Bathwater – The Importance of Cursor in Air Traffic Control. Report 9403, Department of Cognitive Science, UCSD, La Jolla, California.
- Haraway, Donna. 1991. *Simians, Cyborgs, and Women. The Reinvention of Nature*. New York: Routledge.
- Harmon-Jones, Eddie, Piotr Winkielman (eds.). 2007. *Social Neuroscience: Integrating Biological and Psychological Explanations of Social Behavior*. London: The Guilford Press.
- Harper, Douglas. 1987. *Working Knowledge: Skill and Community in a Small Shop*. Chicago: University of Chicago Press.
- Harwood, Jonathan. 1986. Ludwik Fleck and the Sociology of Knowledge. *Social Studies of Science*, Vol. 16, No. 1: 173–187.
- Hayhoe, Mary, Dana Ballard. 2005. Eye Movements in Natural Behavior. *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 9, No. 4: 188–194.
- Hazlehurst, Brian, Carmit K. McMullen, Paul N. Gorman. 2007. Distributed Cognition in the Heart Room: How Situation Awareness Arises from Coordinated Communications During Cardiac Surgery. *Journal of Biomedical Informatics*, Vol. 40, No. 5: 539–551.
- Heft, Harry. 2001. *Ecological Psychology in Context: James Gibson, Roger Barker, and the Legacy of William James's Radical Empiricism*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hegarty, Mary. 2004. *Mechanical Reasoning by Mental Simulation*. *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 8, No. 6: 280–285.
- Henderson, Kathryn. 1991. Flexible Sketches and Inflexible Data Bases: Visual Communication, Conscripted Devices, and Boundary Objects

- in Design Engineering. *Science, Technology & Human Values*, Vol. 16, No. 4: 448–473.
- Henderson, Kathryn. 1998. The Role of Material Objects in the Design Process: A Comparison of Two Design Cultures and How They Contend With Automation. *Science, Technology & Human Values*, Vol. 23, No. 2: 139–174.
- Henderson, Kathryn. 1999. *On Line and On Paper. Visual Representations, Visual Culture, and Computer Graphics in Design Engineering*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Hendry, Robin Findlay. 2006. Is There Downward Causation in Chemistry? In: Davis Baird, Eric Scerri, Lee McIntyre (eds.), *Philosophy of Chemistry. Synthesis of a New Discipline. Boston Studies in Philosophy of Science*, Vol. 242, Dordrecht: Springer, 173–189.
- Hester, Stephen, David Francis (eds.). 2007. *Orders of Ordinary Action. Respecifying Sociological Knowledge*. Hampshire: Ashgate.
- Hine, Christine. 2006. Databases as Scientific Instruments and Their Role in the Ordering of Scientific Work. *Social Studies of Science*, Vol. 36, No. 2: 269–298.
- Hoffmann, Roald. 2007. What Might Philosophy of Science Look Like If Chemists Built It? *Synthese*, Vol. 155, No. 3: 321–336.
- Hollan, James, Edwin Hutchins, David Kirsh. 2000. Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 7, No. 2: 174–196.
- Holland, John H., Keith J. Holyoak, Richard E. Nisbett, Paul R. Thagard (eds.). 1986. *Induction. Processes of Inference, Learning, and Discovery*, Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Hughes, Thomas P. 1983. *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880–1930*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Hughes, Thomas P. 1997. The Evolution of Large Technological Systems. In: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, Trevor J. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 51–82.
- Hutchins, Edwin. 1995a. *Cognition in the Wild*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Hutchins, Edwin. 1995b. How a Cockpit Remembers Its Speeds. *Cognitive Science*, Vol. 19, No. 3: 265–288.
- Hutchins, Edwin, Tove Klausen. 1996. Distributed Cognition in an Airline Cockpit. In: Y. Yrjö Engerström, David Middleton (eds.), *Cognition and*

- Communication at Work*. Cambridge: Cambridge University Press, 15–34.
- Hyönä, Jukka, Ralph Radach, Heiner Deubel (eds.). 2003. *The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*. Amsterdam: Elsevier.
- Ivins, Jr. William. M. 1953. *Prints and Visual Communication*. Cambridge: Harvard University Press.
- Jacob, François. 1977. Evolution and Tinkering. *Science, New Series*, Vol. 196, No. 4295: 1161–1166.
- Janis, Irving L. 1982. *Groupthink: Psychological Studies of Policy Decisions and Fiascoes*, 2nd edition. Boston: Houghton Mifflin.
- Jasanoff, Sheila. 2003. Breaking the Waves in Science Studies: Comment on H. M. Collins and Robert Evans, “The Third Wave of Science Studies”. *Social Studies of Science*, Vol. 33, No. 2: 389–400.
- Jeannerod, Marc. 2006. *Motor Cognition. What Action tells to the Self*. Oxford: Oxford University Press.
- Kaptelinin, Victor, Bonnie A. Nardi. 2006. *Acting with Technology. Activity Theory and Interaction Design*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Kirlik, Alex (ed.). 2006. *Human-Technology Interaction. Methods and Models for Cognitive Engineering and Human-Computer Interaction*. Oxford: Oxford University Press.
- Kirsh, David. 1995. The Intelligent Use of Space. *Artificial Intelligence*, Vol. 73, No. 1/2: 31–68.
- Kirsh, David. 2001. Context of Work. *Human Computer Interaction*, Vol. 16, No. 1/2: 306–322.
- Kirsh, David. 2004. Metacognition, Distributed Cognition and Visual Design. In: Peter Gärdenfors, Petter Johansson (eds.), *Cognition, Education and Communication Technology*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 147–179.
- Kirsh, David. 2009. Problem Solving and Situated Cognition. In: Philip Robbins, Murata Aydede (eds.), *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press, 264–306.
- Kirsh, David. 2010. Thinking with External Representations. *AI and Society*, Vol. 25, No. 4: 441–454.
- Kirsh, David. 2011. Creative Cognition in Choreography. In: *Proceedings of 2nd International Conference on Computational Creativity*, http://adrenaline.ucsd.edu/kirsh/articles/CreativeChoreography/Creative_Cognition_in_Choreography_Final.pdf (dostep: 5.04.2012 r.).
- Kirsh, David, Dafne Mutanyola, R. Joanne Jao, Amy Lew, Matt Sugihara. 2009. Choreographic Methods for Creating Novel, High Quality Dan-

- ce, <http://adrenaline.ucsd.edu/kirsh/articles/interaction/kirshetal2009.pdf> (dostęp: 5.04.2012 r.).
- Kirsh, David, Paul Maglio. 1992a. Perceptive Actions in Tetris. In: Reid Simmons, *AAAI Symposium on Control of Selective Perception*. Stanford University.
- Kirsh, David, Paul Maglio. 1992b. Reaction and Reflection in Tetris. In: J. Hendler (ed.), *Artificial Intelligence Planning System*. San Francisco, California: Morgan Kaufman, 283–284.
- Kirsh, David, Paul Maglio. 1995. On Distinguishing Epistemic from Pragmatic Actions. *Cognitive Science*, Vol. 18, No. 4: 513–549.
- Kirshner, David, James A. Whitson. 1997. *Situated Cognition: Social, Semiotic, and Psychological Perspectives*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kitcher, Philip. 1993. *The Advancement of Science. Science Without Legend, Objectivity Without Illusion*. Oxford: Oxford University Press.
- Kitcher, Philip. 2001. *Science, Truth, and Democracy*. Oxford: Oxford University Press.
- Klayman, Joshua, Young-Won Ha. 1987. Confirmation, Disconfirmation and Information in Hypothesis Testing. *Psychological Review*, Vol. 94, No. 2: 211–228.
- Klahr, David (with Kevin Dunbar, Anne L. Fay, David Penner, Christian D. Schunn). 2000. *Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Process*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Klahr, David. 2005. A Framework for Cognitive Studies of Science and Technology. In: Michael E. Gorman, Ryan D. Tweney, David C. Gooding, Alexandra P. Kincannon (eds.), *Scientific and Technological Thinking*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 81–95.
- Klahr, David, Kevin Dunbar. 1988. Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, Vol. 12, No. 1: 1–55.
- Klahr, David, Anne L. Fay, Kevin Dunbar. 1993. Heuristics for Scientific Experimentation: A Developmental Study. *Cognitive Psychology*, Vol. 24, No. 1: 111–146.
- Klahr, David, Herbert A. Simon. 1999. Studies of Scientific Discovery: Complementary Approaches and Convergent Findings. *Psychological Bulletin*, No. 125: 524–543.
- Klahr, David, Herbert A. Simon. 2001. What Have Psychologists (And Others) Discovered About Process of Scientific Discovery? *Current Directions in Psychological Science*, Vol. 10, No. 3: 75–79.
- Klein, Gary. 2003. *The Power of Intuition: How to Use Your Gut Feeling to Make Better Decisions at Work*. New York: Currency Books – Doubleday.

- Knoblich, Günther, Jerome Scott Jordan. 2002. The Mirror System and Joint Action. In: Maksim Stamenov, Vittorio Gallese, *Mirror Neurons and the Evolution of Brain and Language*. Amsterdam: John Benjamins Publishing, 115–124.
- Knoblich, Günther, Jerome Scott Jordan. 2003. Action Coordination in Groups and Individuals: Learning Anticipatory Control. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 29, No. 5: 1006–1016.
- Knorr Cetina, Karin. 1981. *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*. Oxford: Pergamon Press.
- Knorr Cetina, Karina. 1983. The Ethnographic Study of Scientific Work: Towards a Constructivist Interpretation of Science. In: Karin Knorr Cetina, Michael Mulkay (eds.), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*. London: SAGE Publications, 115–141.
- Knorr Cetina, Karin. 1999. *Epistemic Cultures. How the Sciences Make Knowledge*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Knorr Cetina, Karin, Klaus Amann. 1990. Image Dissection in Natural Scientific Inquiry. *Science, Technology & Human Values*, Vol. 15, No. 3: 259–283.
- Knorr Cetina, Karin, Alex Preda (eds.). 2005. *The Sociology of Financial Markets*. Oxford: Oxford University Press.
- Knudsen, Eric I., Gary G. Blasdel, Masakazu Konishi. 1979. Sound Localization by the Barn Owl (*Tyto alba*) Measured with Search Coil Technique. *Journal of Comparative Physiology*, Vol. 133, No. 1: 1–11.
- Knudsen, Eric I., Masakazu Konishi. 1979. Mechanisms of Sound Localization in the Barn Owl (*Tyto alba*). *Journal of Comparative Physiology*, Vol. 133, No. 1: 13–21.
- Kulkarni, Deepak, Herbert A. Simon. 1988. The Processes of Scientific Discovery: The Strategy of Experimentation. *Cognitive Science*, Vol. 12, No. 2: 139–175.
- Kuhn, Thomas 1970a. Logic of Discovery or Psychology of Research. In: Imre Lakatos, Alan Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, 1–23.
- Kuhn, Thomas 1970b. Reflections on My Critics. In: Imre Lakatos, Alan Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, 231–278.
- Kuhn, Thomas 2001. *Struktura rewolucji naukowych*, tłum. Helena Ostromecka, Justyna Nowotniak. Warszawa: Aletheia.
- Kurz-Milcke, Elke, Nancy Nersessian, Wendy C. Newstetter. 2004. What Has History to Do with Cognition? Interactive Methods for Studying

- Research Laboratories. *Journal of Cognition and Culture*, Vol 4, No. 3/4: 663–700.
- Langley, Pat, Herbert A. Simon, Gary L. Bradshaw, Jan M. Zytkow. 1987. *Scientific Discovery. Computational Explorations of the Creative Processes*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Lakatos, Imre. 1970. Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes. In: Imre Lakatos, Alan Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, 91–195.
- Lakatos, Imre. 1971. History of Science and Its Rational Reconstructions. *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 8: Proceedings of the Philosophy of Science Association, Biennial Meeting, 91–135.
- Lakatos, Imre, Alan Musgrave (eds.). 1970. *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Larivière, Vincent, Yves Gingras, Éric Archambault. 2006. Canadian Collaboration Networks: A Comparative Analysis of the Natural Sciences, Social Sciences and the Humanities. *Scientometrics*, Vol. 68, No. 3: 519–533.
- Latour, Bruno. 1973. Les idéologies de la compétence en milieu industriel à Abidjan. *Cahiers Orstrom Sciences Humaines*, Vol. 9: 1–174.
- Latour, Bruno. 1986. Visualization and Cognition: Thinking with Eyes and Hands. *Knowledge and Society*, Vol. 6, No. 6: 1–40.
- Latour, Bruno. 1987. *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Latour, Bruno. 1988. *The Pasteurization of France*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Latour, Bruno. 1990. Drawing Things Together. In: Michael Lynch, Steve Woolgar (eds.), *Representation in Scientific Practice*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 19–68.
- Latour, Bruno. 1991. Technology Is Society Made Durable. In: John Law (ed.), *A Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology and Domination*. London-New York: Routledge, 103–131.
- Latour, Bruno. 1992a. Where Are the Missing Masses? Sociology of a Few Mundane Artefacts. In: Wiebe E. Bijker, John Law (eds.), *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge, Mass: The MIT Press, 225–258.
- Latour, Bruno. 1992b. One More Turn after the Social Turn... In: Ernan McMullin (ed.), *The Social Dimensions of Science*. Notre Dame: University of Notre Dame Press, 273–294.
- Latour, Bruno. 1993. *We Have Never Been Modern*. New York: Harvester Wheatsheaf.

- Latour, Bruno. 1995. *Cogito ergo sumus!* Or Psychology Swept Inside Out by the Fresh Air of the Upper Deck: Review of Hutchins' *Cognition in the Wild*. *Mind, Culture and Activity*, Vol. 3, No. 1: 54–63.
- Latour, Bruno. 1996. *Aramis or the Love of Technology*, tłum. Catherine Porter. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Latour, Bruno. 1999a. *Pandora's Hope: Essays on the Reality of Science Studies*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Latour, Bruno. 1999b. For David Bloor... and Beyond: A Reply to David Bloor's "Anti-Latour". *Studies in History and Philosophy of Science*, Vol. 30, No. 1: 113–129.
- Latour, Bruno. 2004. *Politics of Nature. How to Bring the Sciences into Democracy*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Latour, Bruno. 2005. *Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network Theory*. Oxford: Oxford University Press.
- Latour, Bruno. 2007. *Prolog w formie dialogu* pomiędzy studentem i (cokolwiek) sokratycznym Profesorem, tłum. zbior. pod kierunkiem Krzysztofa Abriszewskiego. *Teksty Drugie*, nr 1/2 (103/104): 127–143.
- Latour, Bruno. 2009. Dajcie mi laboratorium a poruszę świat, tłum. Krzysztof Abriszewski, Łukasz Afeltowicz. *Teksty Drugie*, nr 1/2 (115): 163–192.
- Latour, Bruno, Steve Woolgar. 1979. *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*. SAGE Library of Social Research, Vol. 80, Beverly Hills: SAGE Publications.
- Latour, Bruno, Steve Woolgar. 1986. *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*, wydanie drugie. Princeton: Princeton University Press.
- Latour, Bruno, Françoise Bastide. 1986. Writing Science Fact and Fiction: The Analysis of the Process of Reality Construction Through the Application of Socio-Semiotic Methods to Scientific Texts. In: Michel Callon, John Law, Arie Rip (eds.), *Mapping the Dynamics of Science and Technology*. The MacMillan Press Ltd., 51–66.
- Laudan, Larry. 1973. *Progress and its Problems. Toward a Theory of Scientific Growth*. London: Routledge.
- Laughlin, Patrick R. 1988. Collective Induction: Group Performance, Social Combination Processes, and Mutual Majority Influence. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 54, No. 2: 254–267.
- Laughlin, Patrick R. 1991. Collective versus Individual Induction: Recognition of Truth, Rejection of Error, and Collective Information Processing. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 61, No. 1: 50–67.
- Lave, Jean. 1988. *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Lave, Jean, Etienne Wenger. 1991. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Law, John. 1997. Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of Portuguese Expansion. In: Wiebe E. Bijker, Thomas Hughes, Trevor Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 111–134.
- Law, John. 1999. After ANT: complexity, naming and topology. In: John Law, John Hassard (eds.), *Actor Network Theory and After*. Oxford: Blackwell Publishers/The Sociological Review, 1–14.
- Law, John. 2006. Traduction/Trahison – Notes on ANT. *Convergencia*, No. 42: 47–72.
- Law, John, John Hassard (eds.). 1999. *Actor Network Theory and After*. Oxford: Blackwell Publishers/The Sociological Review.
- Leahey, Erin, Ryan Reikowsky. 2008. Research Specialization and Collaboration. *Patterns in Sociology. Social Studies of Science*, Vol. 38, No. 3: 425–440.
- Lee, Sooho, Barry Bozeman. 2005. The Impact of Research Collaboration on Scientific Productivity. *Social Studies of Science*, Vol. 35, No. 5: 673–702.
- Lévi-Strauss, Claude. 1969. *Mysł nieoswojona*, tłum. Andrzej Zajączkowski. Warszawa: PWN.
- Lévi-Strauss, Claude, Didier Eribon. 1994. *Z bliska i z oddali*, tłum. Krzysztof Kocjan. Łódź: Wydawnictwo Opus.
- Lubiszewski, Dawid. 2011. Inteligencja zbiorowa, czyli czego możemy nauczyć się od mrówek? Na styku biologii z innymi dziedzinami nauki. *Przegląd Filozoficzno-Literacki*, nr 2/3 (31): 191–202.
- Luhmann, Niklas. 1990. The Cognitive Program of Constructivism and a Reality that Remains Unknown. In: Wolfgang Krohn, Günter Küppers, Helga Nowotny (eds.), *Selforganization: Portrait of a Scientific Revolution*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 64–85.
- Luhmann, Niklas. 2007. *Systemy społeczne. Zarys ogólnej teorii*, tłum. Michał Kaczmarczyk. Kraków: Nomos.
- Lynch, Michael. 1985a. *Art and Artifact in Laboratory Science. A Study of Shop Work and Shop Talk in a Research Laboratory*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Lynch, Michael. 1985b. Discipline and the Material Form of Images: An Analysis of Scientific Visibility. *Social Studies of Science*, Vol. 15, No. 1: 37–66.

- Lynch, Michael. 1988. Sacrifice and the Transformation of the Animal Body into a Scientific Object: Laboratory Culture and Ritual Practice in the Neurosciences. *Social Studies of Science*, Vol. 18, No. 2: 265–289.
- Lynch, Michael. 1993. *Scientific Practice and Ordinary Action: Ethnomethodology and Social Studies of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lynch, Michael. 2007. Law Courts as Perspicuous Sites for Ethnomethodological Investigation. In: Stephen Hester, David Francis, *Orders of Ordinary Action. Respecifying Sociological Knowledge*. Hampshire: Ashgate: 107–119.
- Lynch, Michael, Eric Livingston, Harold Garfinkel. 1983. Temporal Order in Laboratory Life. In: Karin Knorr Cetina, Michael Mulkay (eds.), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*. London: SAGE Publications, 205–238.
- McGarry, Ben. 2005. *Things to Think With. Understanding Interactions with Artefacts in Engineering Design*. PhD Dissertation. Department of ITEE, University of Queensland, St. Lucia, Brisbane, Australia.
- MacIver, Malcolm A. 2009. Neuroethology. From Morphological Computation to Planning. In: Philip Robbins, Murata Aydede (eds.), *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press, 480–504.
- MacKenzie, Donald. 2006. *An Engine, Not a Camera. How Financial Models Shape Markets*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- MacKenzie, Donald, Graham Spinardi. 1995. Tacit Knowledge, Weapons Design, and the Uninvention of Nuclear Weapons. *The American Journal of Sociology*, Vol. 101, No. 1: 44–99.
- MacKenzie, Donald, Graham Spinardi. 1998. Tacit Knowledge and the Uninvention of Nuclear Weapons. In: Donald MacKenzie, *Knowing Machines. Essays on Technical Change*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 215–260.
- MacKenzie, Donald, Fabian Muniesa, Lucia Siu (eds.). 2007. *Do Economists Make Markets? On the Performativity of Economics*. Princeton: Princeton University Press.
- McLuhan, Marshall. 1975. *Wybór pism*, wyboru dokonał Jacek Fuksiewicz, tłum. Karol Jakubowicz. Warszawa: WAIF.
- McNeill, David, Susan Duncan, Amy Franklin, James Goss, Irene Kimbara, Fey Parrill, Haleema Welji, Lei Chen, Mary Harper, Francis Quek. 2009. Mind-Merging. In: Ezequiel Morsella, *Expressing Oneself/Expressing One's Self. Communication, Cognition, Language, and Identity*. London: Taylor & Francis.

- Maglio, Paul, Teenie Matlock, Dorth Raphaely, Brian Chernicky, David Kirsh. 1999. Interactive Skill in Scrabble. In: Martin Hahn, Scott C. Stoness (eds.), *Proceedings of Twenty-first Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 326–330.
- Magnani, Lorenzo, Nancy Nersessian, (eds.). 1999. *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*. Boston: Springer.
- Magnani, Lorenzo, Nancy Nersessian, Paul Thagard (eds.). 1999. *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*. Boston: Springer.
- Maravita, Angelo, Atsushi Iriki. 2004. Tools for the Body (Schema). *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 8, No. 2: 79–86.
- Marcus, Gary. 2009. *Prowizorka w mózgu. O niedoskonałościach ludzkiego umysłu*, tłum. Agnieszka Nowak. Sopot: Smak Słowa.
- Maturana, Humberto, Francisco Varela. 1980. *Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living*. Boston: Springer.
- Maturana, Humberto, Francisco Varela. 1998. *The Tree of Knowledge. The Biological Roots of Human Understanding*, revised edition, trans. Robert Paolucci. London: Shambhala.
- Meho, Lokman I., Helen R. Tibbo. 2003. Modeling the Information-Seeking Behavior of Social Scientists: Ellis's Study Revisited. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 54, No. 6: 570–587.
- Merton, Robert K. 1968. The Matthew Effect in Science. The Reward and Communication Systems of Science are Considered. *Science*, Vol. 159, No. 3810: 56–63.
- Merton, Robert K. 1973. *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*. Chicago: University of Chicago Press.
- Merton, Robert K. 1988. The Matthew Effect in Science, II: Cumulative Advantage and the Symbolism of Intellectual Property. *ISIS*, Vol. 79, No. 4: 606–623.
- Merz, Martina, Karin Knorr Cetina. 1997. Deconstruction in a “Thinking” Science: Theoretical Physicists at Work. *Social Studies of Science*, Vol. 27, No. 1: 73–111.
- Miettinen, Reijo. 1998. Object Construction and Networks in Research Work: The Case of Research on Cellulose-Degrading Enzymes. *Social Studies of Science*, Vol. 28, No. 3: 423–463.
- Mitterer, Josef. 1996. *Tamta strona filozofii. Przeciwno dualistycznej zasadzie poznania*, tłum. Małgorzata Łukasiewicz. Warszawa: Oficyna Naukowa.
- Mocny program socjologii wiedzy*. 1993. Wybór: Barry Barnes, David Bloor, wstęp do wydania polskiego: Edmund Mokrzycki, tłum. Ziemowit Jan-

- kiewicz, Józef Niżnik, Waleria Szygłowska, Michał Tempczyk. Warszawa: Wydawnictwo IFiS PAN.
- Mody, Cyrus C. M. 2005. The Sounds of Science: Listening to Laboratory Practice. *Science, Technology & Human Values*, Vol. 30, No. 2: 175–198.
- Mokrzycki, Edmund. 1990. *Socjologia w filozoficznym kontekście*. Warszawa: IFiS PAN.
- Mol, Annemarie. 1999. Ontological Politics. A Word and Some Questions. In: John Law, John Hassard (eds.), *Actor Network Theory and After*. Oxford: Blackwell Publishers, 74–89.
- Mol, Annemarie. 2002a. Cutting Surgeons, Walking Patients: Some Complexities Involved in Comparing. In: John Law, Annemarie Mol (eds.), *Complexities. Social Studies of Knowledge Practices*. Durham and London: Duke University Press, 218–257.
- Mol, Annemarie. 2002b. *The Body Multiple: Ontology in Medical Practice*. Durham and London: Duke University Press.
- Mol, Annemarie, John Law. 1994. Regions, Networks and Fluids: Anaemia and Social Topology. *Social Studies of Science*, Vol. 24, No. 4: 641–671.
- Mol, Annemarie, John Law. 2004. Embodied Action, Enacted Bodies: The Example of Hypoglycaemia. *Body & Society*, Vol. 10, No. 2/3: 43–62.
- Myers, Greg. 1989. Postscript: Conversation over Dinner, on the Usefulness of Paradox in Controversies. *Social Studies of Science*, Vol. 19, No. 4: 668–670.
- Myers, Natasha. 2008. Molecular Embodiments and the Body-work of Modeling in Protein Crystallography. *Social Studies of Science*, Vol. 38, No. 2: 163–199.
- Nardi, Bonnie A. (ed.). 1996. *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Nersessian, Nancy J. 2002. Cognitive Basis of Model-Based Reasoning in Science. In: Peter Carrutgers, Stephan Stich, Michael Siegel (eds.), *Cognitive Basis of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 133–153.
- Nersessian, Nancy J. 2005. Interpreting Scientific and Engineer Practices: Integrating the Cognitive, Social and Cultural Dimensions. In: Michael E. Gorman, Ryan D. Tweney, David C. Gooding, Alexandra P. Kincannon (eds.), *Scientific and Technological Thinking*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 17–56.
- Nersessian, Nancy J. 2008. *Creating Scientific Concepts*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Nersessian, Nancy J., Elke Kurz-Milcke, Wendy C. Newstetter, Jim Davies. 2003. Research Laboratories as Evolving Distributed Cognitive Sys-

- tems. In: R. Alterman, David Kirsh (eds.), *Proceedings of Twenty-Fifth Annual Conference of Cognitive Science Society*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 857–862.
- Newell, Allen, Herbert Simon A. 1972. *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Noë, Alva. 2005. *Action in Perception*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Norman, Donald. 1993a. Cognition in the Head and in the World: An Introduction to the Special Issue on Situated Action. *Cognitive Science*, Vol. 17, No. 1: 1–6.
- Norman, Donald A. 1993b. *Things that Make Us Smart. Defending Human Attributes in the Age of the Machine*. New York Adison Wesley.
- Obayashi, Shigeru, Tetsua Suhara, Koichi Kawabe, Takashi Okauchi, Jun Maeda, Yoshihide Akine, Hirotaka Onoe, Atsushi Iriki. 2001. Functional Brain Mapping of Monkey Tool Use. *NeuroImage*, Vol. 14, No. 4: 853–861.
- Obayashi, Shigeru, Tetsua Suhara, Koichi Kawabe, Takashi Okauchi, Jun Maeda, Yuji Nagai, Atsushi Iriki. 2003. Fronto-parieto-cerebellar Interaction Associated with Intermanual Transfer of Monkey Tool-use Learning. *Neuroscience Letters*, Vol. 339, No. 2: 123–126.
- O’Connell, Joseph. 1993. Metrology: Creation of Universality by the Circulation of Particulars. *Social Studies of Science*, Vol. 23, No. 1: 129–173.
- Okada, Takeshi, Herbert A. Simon. 1997. Collaborative Discovery in a Scientific Domain. *Cognitive Science*, Vol. 21, No. 2: 109–146.
- Olson, Gary M., Ann Zimmerman, Nathan Bos (eds.). 2008. *Scientific Collaboration on the Internet*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- O’Regan, J. Kevin, Alva Noë. 2001. A Sensorimotor Account of Vision and Visual Consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 24, No. 5: 939–1031.
- Patterson, Kerry, Joseph Grenny, Ron McMillan, Al Switzler, David Maxfield. 2009. *Sztuka wywierania wpływu: Jak wprowadzić dowolną zmianę*, tłum. Kaja Wacowska. Kraków: Oficyna a Wolters Kluwer business.
- Paul, Chandana. 2004. Morphology and Computation. In: Stefan Schaal, Auke Ijspeert, Aude Billard, Sethu Vijayakumar, John Hallam, Jean-Arcady Meyer (eds.), *From Animals to Animates 8*, Proceedings of the International Conference on the Simulation of Adaptive Behavior. Los Angeles, CA, USA: 33–38.
- Perry, Mark, Duncan Sanderson. 1998. Coordinating Joint Design Work: The Role of Communication and Artefacts. *Design Studies*, Vol. 19, No. 3: 273–288.

- Perutz, Max. 1994. Obituary: Linus Pauling. *Nature: Structural Biology*, Vol. 1, No. 10: 667–671.
- Pfeifer, Rolf, Josh Bongard. 2007. *How the Body Shapes the Way We Think. A New View of Intelligence*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Pickering, Andrew (ed.). 1992. *Science as Practice and Culture*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Pinch, Trevor J., Wiebe E. Bijker. 1997. The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. In: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, Trevor J. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 17–50.
- Poirier, Pierre, Guillaume Chicoisne. 2006. A Framework for Thinking About Distributed Cognition. *Pragmatics & Cognition*, Vol. 14, No. 2: 215–234.
- Polanyi, Michael. 1958. *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Polanyi, Michael. 1967. *The Tacit Dimension*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Popper, Karl Raimund. 1975. Jedność metody w naukach przyrodniczych i społecznych. W: Piotr Sztompka (red.), *Metodologiczne podstawy socjologii*. Kraków: UJ, 143–149.
- Popper, Karl Raimund. 1992. *Wiedza obiektywna: ewolucyjna teoria epistemologiczna*, tłum. Adam Chmielewski. Warszawa: PWN.
- Popper, Karl Raimund. 2002. *Logika odkrycia naukowego*, tłum. Urszula Niklas. Warszawa: Aletheia.
- Preda, Alex. 2008. STS and Social Studies of Finance. In: Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch, Lucy Wajcman (eds.). 2008. *The Handbook of Science and Technology Studies*, 3rd Edition. Cambridge: Mass.: The MIT Press, 901–920.
- Putnam, Robert D. 2008. *Samotna gra w kręgle: upadek i odrodzenie wspólnot lokalnych w Stanach Zjednoczonych*. Warszawa: WAIP.
- Pilyshyn, Zenon W. 1989. Computing in Cognitive Science. In: Michael I. Posner (ed.), *Foundations in Cognitive Science*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 49–91.
- Qin, Yulin, Herbert A. Simon. 1990. Laboratory Replication of Scientific Discovery Processes. *Cognitive Science*, Vol. 14, No. 2: 281–312.
- Quine, Willard Van Orman. 2000. Dwa dogmaty empiryzmu. W: Willard Van Orman Quine, *Z punktu widzenia logiki. Dziesięć esejów logiczno-filozoficznych*, tłum. Barbara Stanosz. Warszawa: Aletheia, 49–75.

- Radder, Hans. 1986. Experiment, Technology and the Intrinsic Connection Between Knowledge and Power. *Social Studies of Science*, Vol. 16, No. 4: 663–683.
- Reichenbach, Hans. 1938. *Experience and Prediction*. Chicago: University of Chicago Press.
- Reingold, Eyal M., Neil Charness, Marc Pomplun, Dave M. Stampe. 2001. Visual Span in Expert Chess Players: Evidence From Eye Movements. *Psychological Science*, Vol. 12, No. 1: 48–55.
- Rip, Arie. 2003. Constructing Expertise: In a Third Wave of Science Studies? *Social Studies of Science*, Vol. 33, No. 2: 419–434.
- Riva, Giuseppe, Francesco Vatalaro, Fabrizio Davide, Mariano Alcañiz (eds.). 2005. *Ambient Intelligence. The Evolution of Technology, Communication and Cognition Towards the Future Human-Computer Interaction*. Amsterdam: IOS Press.
- Rizzo, Matthew, Scott Robinson, Vicki Neale. 2007. Brain in the Wild: Tracking Human Behavior in Natural and Naturalistic Settings. In: Raja Parasuraman, Matthew Rizzo (eds.), *Neuroergonomics. The Brain at Work*. Oxford: Oxford University Press, 113–128.
- Rizzolatti, Giacomo, Corrado Sinigaglia, Frances Anderson. 2008. *Mirrors in the Brain: How Our Minds Share Actions, Emotions, and Experience*. Oxford: Oxford University Press.
- Robbins, Philip, Murata Aydede (eds.). 2009. *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rogoff, Barbara, Jean Lave (eds.). 1984. *Everyday Cognition: Its Development in Social Context*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Roth, Wolff-Michael. 2004. Emergence of Graphing Practices in Scientific Research. *Journal of Cognition and Culture*, Vol. 4, No. 3/4: 595–627.
- Rothkopf, Constantin, Dana Ballard, Mary Hayhoe. 2007. Task and Context Determine Where You Look. *Journal of Vision*, Vol. 7, No. 14: 1–20.
- Sawyer, R. Keith, James G. Greeno. 2009. Situativity and Learning. In: Philip Robbins, Murata Aydede (eds.), *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press, 347–367.
- Scerbo, Mark W. 2007. Adaptive Automation. In: Raja Parasuraman, Matthew Rizzo (eds.), *Neuroergonomics. The Brain at Work*. Oxford: Oxford University Press, 239–252.
- Schraagen, Jan Maarten. 1993. How Experts Solve a Novel Problem in Experimental Design. *Cognitive Science*, Vol. 17, No. 2: 285–309.
- Schummer, Joachim. 2004. Why Do Chemists Perform Experiments? In: Danuta Sobczyńska, Paweł Zeidler, Ewa Zielonacka-Lis (eds.), *Chem-*

- istry in Philosophical Melting Pot*. Frankfurt am Main: Peter Lang Publishing Company, 395–410.
- Schummer, Joachim. 2006. The Philosophy of Chemistry: From Infancy Toward Maturity. In: Davis Baird, Eric Scerri, Lee McIntyre (eds.), *Philosophy of Chemistry. Synthesis of a New Discipline*. *Boston Studies in Philosophy of Science*, Vol. 242, Dordrecht: Springer, 19–39.
- Schummer, Joachim. 2010. Philosophy of Chemistry. In: Fritz Allhoff (ed.), *Philosophies of the Sciences: A Guide*. Oxford: Willey-Blackwell, 163–183.
- Schunn, Christian D., John R. Anderson. 1999. The Generality/Specificity of Expertise in Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, Vol. 23, No. 3: 337–370.
- Scribner, Sylvia. 1984. Studying Working Intelligence. In: Barbara Rogoff, Jean Lave (eds.), *Everyday Cognition: Its Development in Social Context*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 9–40.
- Searl, John R. 1980. Minds, Brains, and Programs. *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 3, No. 3: 417–457.
- Sebanz, Natalie, Harold Bekkering, Günther Knoblich. 2006. Joint Action: Bodies and Minds Moving Together. *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 10, No. 2: 70–76.
- Shapin, Steven. 1993a. Historia nauki i jej socjologiczne rekonstrukcje. W: *Mocny program socjologii wiedzy*, wybór: Barry Barnes, David Bloor, tłum. Ziemowit Jankiewicz, Józef Niżnik, Waleria Szygłowska, Michał Tempczyk. Warszawa: Wydawnictwo IFiS PAN, 372–440.
- Shapin, Steven. 1993b. Pompa i okoliczności: literacka technika Roberta Boyle'a, tłum. Michał Tempczyk. W: *Mocny program socjologii wiedzy*, wybór: Barry Barnes, David Bloor, tłum. Ziemowit Jankiewicz, Józef Niżnik, Waleria Szygłowska, Michał Tempczyk. Warszawa: Wydawnictwo IFiS PAN, 320–371.
- Shapin, Steven. 2000. *Rewolucja naukowa*, tłum. Stefan Amsterdamski. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Shapin, Steven, Simon Schaffer. 1985. *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle and the Experimental Life*. Princeton: Princeton University Press.
- Shrager, Jeff. 2003. *Diary of an Insane Cell Mechanic. A Psychologist's Descent into Molecular Biology*, <http://nostoc.stanford.edu/jeff/personal/diary/diary.html> (dostęp: 5.04.2012 r.).
- Shrager, Jeff. 2005. On Being and Becoming a Molecular Biologist: Notes From the Diary of an Insane Cell Mechanic. In: Michael E. Gorman, Ryan D. Tweney, David C. Gooding, Alexandra P. Kincannon (eds.),

- Scientific and Technological Thinking*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 119–135.
- Shrum, Wesley, Joel Genuth, Ivan Chompalov. 2007. *Structures of Scientific Collaboration*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Silva, Michelle. 2005. The Aerodynamics of Insects: The Role of Models and Matter in Scientific Experimentation. *Social Epistemology*, Vol. 19, No. 4: 325–337.
- Simon, Herbert A. 1966. Scientific Discovery and the Psychology of Problem Solving. In: Robert G. Colodny (ed.), *Mind and Cosmos*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 22–40.
- Simon, Herbert A. 1969. *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Simon, Herbert A. 1977. Models of Discovery and Other Topics in the Methods of Science. *Boston Studies in Philosophy of Science*, Vol. 114, Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- Simon, Herbert A. 1978. Rationality as a Process and Product of Thought. *American Economic Review*, Vol. 68, No. 2: 1–16.
- Simon, Herbert A. 1979. *Models of Thought*, Vol. 1. New Haven, CT: Yale University Press.
- Simon, Herbert A. 1991. Comments on the Symposium on “Computer Discovery and the Sociology of Scientific Knowledge”. *Social Studies of Science*, Vol. 21, No. 1: 143–148.
- Simon, Herbert A. 1992. Scientific Discovery as Problem Solving: Reply to Critics. *International Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 6, No. 1: 1–14.
- Simon, Herbert A., William Chase. 1973. Skill in Chess. *American Scientist*, No. 61: 394–403.
- Simon, Herbert A., Pat W. Langley, Gary L. Bradshaw. 1981. Scientific Discovery as Problem Solving. *Synthese*, Vol. 47, No. 1: 1–27.
- Slezak, Peter. 1989a. Scientific Discovery by Computer as Empirical Refutation of the Strong Programme. *Social Studies of Science*, Vol. 19, No. 4: 563–600.
- Slezak, Peter. 1989b. Computers, Contents and Causes: Replies to My Respondents. *Social Studies of Science*, Vol. 19, No. 4: 671–695.
- Slezak, Peter. 1991. How Strong is “Strong Programme”. *Social Studies of Science*, Vol. 21, No. 4: 154–156.
- Smith, Eliot R., Frederica R. Conrey. 2009. The Social Context of Cognition. In: Philip Robbins, Murata Aydede (eds.), *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press, 454–466.

- Sneed, Joseph Donald. 1979. *The Logical Structure of Mathematical Physics*. Dordrecht, London: D. Reidel.
- Snyder, James B., Mark E. Nelson, Joel W. Burdick, Malcolm A. MacIver. 2007. Omnidirectional Sensory and Motor Volumes in an Electric Fish. *PLoS Biology*, Vol. 11, No. 5: 301.
- Sobczyńska, Danuta, Paweł Zeidler (red.). 1994. *Nowy eksperymentalizm. Teoretycyzm. Reprezentacja*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM.
- Sobczyńska, Danuta, Paweł Zeidler (red.). 1999. *Chemia: Laboratorium myśli i działań*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM.
- Sojak, Radosław. 2001. Czy myśl Flecka urzeka? *Przegląd Filozoficzny*, Nowa Seria, nr 3 (39): 365–373.
- Sojak, Radosław. 2004. *Paradoks antropologiczny. Socjologia wiedzy jako perspektywa ogólnej teorii społeczeństwa*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego.
- de Solla Price, Derek J. 1984. Of Sealing Wax and Strings. *Natural History*, Vol. 93, No. 1: 48–56.
- de Solla Price, Derek J., Donald Beaver. 1966. Collaboration in an Invisible College. *American Psychologist*, Vol. 21, No. 11: 1011–1018.
- Sprague, Nathan, Dana Ballard, Al Robinson. 2007. Modeling Embodied Visual Behaviors. *ACM Transactions on Applied Perception*, Vol. 4, No. 2: 1–26.
- Stacey, Martin, Claudia Eckert. 2003. Against Ambiguity. *Computer Supported Cooperative Work*, Vol. 12, No. 2: 153–183.
- Star, Susan Leigh. 1989. The Structure of Ill-Structured Solutions: Heterogeneous Problem-Solving, Boundary Objects and Distributed Artificial Intelligence. In: Michael Huhns, Les Gasser (eds.), *Distributed Artificial Intelligence 2*. Menlo Park, CA: Morgan Kaufman.
- Star, Susan Leigh, James R. Griesemer. 1989. Institutional Ecology; “Translations” and Coherence: Amateurs and Professionals in Berkeley’s Museum of Vertebrate Zoology, 1907–1939. *Social Studies of Science*, Vol. 19, No. 3: 420–487.
- Strugacki, Arkadij, Strugacki Borys. 1999. *Piknik na skraju drogi*, tłum. Irena Lewandowska. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Subrahmanian, Eswaran, Ira Monarch, Suresh Konda, Helen Granger, Russ Milliken, Arthur Westerberg, The N-DIM Group. 2003. Boundary Objects and Prototypes at the Interfaces of Engineering Design. *Computer Supported Cooperative Work*, Vol. 12, No. 2: 185–203.
- Suchman, Lucy. 1987. *Plans and Situated Actions. The Problem of Human-Machine Communication*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Suchman, Lucy. 1993. Response to Vera and Simon's Situated Action: A Symbolic Interpretation. *Cognitive Science*, Vol. 17, No. 1: 71–75.
- Suchman, Lucy. 2007. *Human-Machine Reconfigurations. Plans and Situated Actions*, 2nd Edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Surowiecki, James. 2010. *Mądrość tłumy: większość ma rację w ekonomii, biznesie i polityce*, tłum. Katarzyna Rojek. Gliwice: Wydawnictwo Helion.
- Szahaj, Andrzej. 1995. O tak zwanym mocnym programie socjologii wiedzy szkoły edynburskiej. *Kultura Współczesna*, nr 1/2: 51–67.
- Szahaj, Andrzej. 2000. Jednostka czy wspólnota? Spór liberałów z komunitarystami a „sprawa polska”. Warszawa: Aletheia.
- Thagard, Paul. 1989. Welcome to the Cognitive Revolution. *Social Studies of Science*, Vol. 19, No. 4: 653–657.
- Thagard, Paul. 1992. *Conceptual Revolutions*. Princeton: Princeton University Press.
- Thagard, Paul. 1995. *The Dinosaur Debate: Explanatory Coherence and the Problem of Competing Hypotheses*. In: Robert Cummins, John Pollock, *Philosophy and AI: Essays at the Interface*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 279–300.
- Thagard, Paul. 1997. Collaborative Knowledge. *Noûs*, Vol. 31, No. 2: 242–261.
- Thagard, Paul. 2002. The Passionate Scientist: Emotion in Scientific Cognition. In: Peter Carrutgers, Stephan Stich, Michael Siegel (eds.), *Cognitive Basis of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 235–250.
- Thagard, Paul. 2005. How to Be a Successful Scientist. In: Michael E. Gorman, Ryan D. Tweney, David C. Gooding, Alexandra P. Kincannon (eds.), *Scientific and Technological Thinking*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 159–171.
- Tomlin, Russell, Linda Forest, Ming Ming Pu, Myung Hee Kim. 2001. Semantyka dyskursu. W: Teun A. van Dijk, *Dyskurs jako struktura i proces*, tłum. Grzegorz Grochowski. Warszawa: PWN, 45–101.
- Triesch, Jochen, Dana Ballard, Mary Hayhoe, Brian Sullivan. 2003. What You See is What You Need. *Journal of Vision*, Vol. 3, No. 1: 86–94.
- Trickett, Susan Bell, Christian D. Schunn, Gregory Trafton. 2005. Puzzles and Peculiarities: How Scientists Attend to and Process Anomalies During Data Analysis. In: Michael E. Gorman, Ryan D. Tweney, David C. Gooding, Alexandra P. Kincannon (eds.), *Scientific and Technological Thinking*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 97–118.
- Turner, William, Geoffrey Bowker, Les Gasser, Manuel Zackland. 2006. Information Infrastructure for Distributed Collective Practices. *Computer Supported Cooperative Work*, Vol. 15, No. 2/3: 93–110.

- Tweney, Ryan D. 2004. Replication and Experimental Ethnography of Science. *Journal of Cognition and Culture*, Vol. 4, No. 3/4: 731–758.
- Tweney, Ryan D., Ryan P. Mears, Christiane Spitzmüller. 2005. Replicating the Practices of Discovery: Michael Faraday and the Interaction of Gold and Light. In: Michael E. Gorman, Ryan D. Tweney, David C. Gooding, Alexandra P. Kincannon (eds.), *Scientific and Technological Thinking*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 137–158.
- Tweney, Ryan D., Michael E. Doherty. 1983. Rationality and the Psychology of Inference. *Synthese*, Vol. 57, No. 2: 139–162.
- Varela, Francisco, Evan T. Thompson, Eleanor Rosch. 1991. *The Embodied Mind. Cognitive Science and Human Experience*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Vera, Alonso H., Herbert A. Simon. 1993a. Situated Action: A Symbolic Interpretation. *Cognitive Science*, Vol. 17, No. 1: 7–48.
- Vera, Alonso H., Herbert A. Simon. 1993b. Situated Action: Reply to Reviewers. *Cognitive Science*, Vol. 17, No. 1: 77–86.
- Vincenti, Walter. 1990. *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Vincenti, Walter. 1995. The Technical Shaping of Technology: Real-World Constraints and Technical Logic in Edison's Electric Lighting System. *Social Studies of Science*, Vol. 25, No. 3: 553–574.
- Von Uexküll, Jakob J. 1957. A Stroll Through the Worlds on Animals and Men. In: Claire H. Schiller (ed.), *Instinctive Behavior: The Development of a Modern Concept*. International Universities Press, Inc.
- Watson, James D. 1981. *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*. New York: W. W. Norton & Company.
- Watts, Duncan J. 2003. *Six Degrees. The Science of a Connected Age*. New York: Norton.
- Weisberg, Michael. 2006. Water is not H₂O. In: Davis Baird, Eric Scerri, Lee McIntyre (eds.), *Philosophy of Chemistry. Synthesis of a New Discipline*. *Boston Studies in Philosophy of Science*, Vol. 242, Dordrecht: Springer, 337–345.
- Weiser, Mark. 1993. Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. *Communications of the ACM*, Vol. 36, No. 7: 75–84.
- Weiser, Mark, John Seely Brown. 1995. Designing Calm Technology, <http://www.ubiq.com/weiser/calmtech/calmtech.htm> (dostęp: 5.04.2012 r.)
- Wilson, Margaret. 2002. Six Views of Embodied Cognition. *Psychonomic Bulletin and Review*, Vol. 9, No. 4: 625–636.

- Wilson, Robert A., Andy Clark. 2009. How to Situate Cognition: Letting Nature Take Its Course. In: Philip Robinson, Murata Aydede (eds.), *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press, 55–77.
- Winkielman, Piotr. 2008. Psychologia społeczna a neuronauki: dominacja, separacja, czy satysfakcjonujący związek? *Psychologia Społeczna*, t. 3, nr 1: 11–22.
- Wooding, David. 2002. Eye Movements of Large Populations: II. Deriving Regions of Interest, Coverage, and Similarity Using Fixation Maps. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, Vol. 34, No. 4: 518–528.
- Wooding, David S., Mark D. Mugglestone, Kevin J. Purdy, Alastair G. Gale. 2002. Eye Movements of Large Populations: I. Implementation and Performance of an Autonomous Public Eyetracker. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, Vol. 34, No. 4: 509–517.
- Woods, David D. 2003. Discovering How Distributed Cognitive Systems Work. In: Erik Hollnagel (ed.), *Handbook of Cognitive Task Design*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 37–53.
- Woolgar, Steve. 1989. A Coffeehouse Conversation on the Possibility of Mechanizing Discovery and its Sociological Analysis (with some thoughts on “decisive refutations”, “adequate rebuttals”, and the prospect for transcending the kinds of debate about the sociology of science of which this Symposium is an example). *Social Studies of Science*, Vol. 19, No. 4: 658–668.
- Woolgar, Steve. 1997. Reconstructing Man and Machine: A Note on Sociological Critique of Cognitivism. In: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, Trevor J. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 311–328.
- Wygotski, Lew. 1989. *Myślenie i mowa*, tłum. Edda Flesznerowa, Józef Fleszner. Warszawa: PWN.
- Wynne, Brian. 2003. Seasick on the Third Wave? Subverting the Hegemony of Propositionalism: Response to Collins & Evans (2002). *Social Studies of Science*, Vol. 33, No. 2: 401–417.
- Zeidler, Paweł. 1994. Nowy eksperymentalizm a teoretycyzm. Spór o przedmiot i sposób uprawiania filozofii nauki. W: Danuta Sobczyńska, Paweł Zeidler (red.), *Nowy eksperymentalizm. Teoretycyzm. Reprezentacja*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM, 87–108.

- Zeidler, Paweł, Danuta Sobczyńska. 1995/1996. The Idea of Realism in the New Experimentalism and the problem of the Existence of Theoretical Entities in Chemistry. *Foundations of Science*, Vol. 1, No. 4: 517–535.
- Zhang, Jiajie. 1997. The Nature of External Representations in Problem Solving. *Cognitive Science*, Vol. 21, No. 2: 179–217.
- Zhang, Jiajie, Donald A. Norman. 1994. Representations in Distributed Cognitive Tasks. *Cognitive Science*, Vol. 18, No. 1: 87–122.
- Ziemke, Tom. 2002. What's That Thing Called Embodiment? *Proceedings of the 25th Annual Meeting of the Cognitive Science Society: 1305–1310*, <http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/proceedings/2003/pdfs/244.pdf> (dostęp: 5.04.2012 r.).
- Zuboff, Shoshana. 1988. *In the Age of the Smart Machine*. New York: Basic Books.
- Zuckerman, Harriet. 1967. Nobel Laureates in Science: Patterns of Productivity, Collaboration, and Authorship. *American Sociological Review*, Vol. 32, No. 3: 391–403.
- Zuckerman, Harriet. 1968. Patterns of Name Ordering Among Authors of Scientific Papers: A Study of Social Symbolism and Its Ambiguity. *The American Journal of Sociology*, Vol. 74, No. 3: 276–291.
- Zuckerman, Harriet. 1984. Norms and Deviant Behavior in Science. *Science, Technology, & Human Values*, Vol. 9, No. 1: 7–13.
- Zybertowicz, Andrzej. 1995. *Przemoc i poznanie. Studium z nie-klasycznej socjologii wiedzy*. Toruń: UMK.

Summary

The standard explanations of the cognitive and the engineering successes of natural sciences typically refer to a specific, scientific method or the contribution of outstanding individuals. The issue is treated differently by the science and technology studies that have developed over the last thirty years. These approaches do not restrict themselves to the analysis of formal, officially declared methodological procedures. They devote equal attention to both outstanding and poor science. One finds this kind of approach in the ethnography of laboratory and the anthropology of science, as well as in cognitive studies of science and technology. The representatives of these research fields are convinced that research laboratories are peopled by common-sense reasoners who deal with exotic materials and specialized equipment; the agents who use methods of problem solving similar to those used in many other fields of human activity. Generally speaking, contemporary science studies reveal the image of a scientific practice based on reduction of complexity of the world under study. This reduction is achieved by the collective efforts of researchers and the use of various specialized techniques, as well as a number of material artifacts.

The conceptual framework used here to systematize the findings of the contemporary science and technology studies rests upon two interrelated concepts from the field of cognitive science. These are: 'distributed cognition' and 'situated cognition.' These concepts represent cognition and knowledge as irreducible to the processes taking place in the mind of an individual. As a result we are inclined to think of people as agents both embodied and embedded in their physical and social environment. This explains how a human, despite his/her limited acuity of perception, memory capacity and attention span, as well as the finite 'computational power' of his/her mind, is able to solve the problems which exceed the capabilities of his/her biological equipment. The humans use elements of their environment as 'extensions' of their cognitive systems, as well as the tools of convenient data representation in order to cope with various cognitive and practical tasks.

The analysis of the research processes in terms of situated and distributed cognition focuses our attention on two aspects. The first concerns the level of communication and interaction between researchers. The second is related to what might be called the material and 'artifactual' level of scientific

culture. Analyzing the material dimension of the research practices one should focus on: (1) the cognitive function of the various types of external representations used in scientific work, (2) visualizing and making the studied phenomena 'readable' by scientific instruments, (3) the role of the experimental apparatus used to simulate 'natural' phenomena. It is worth emphasizing that both aspects of the scientific practice – the social and material ones – are complementary and cannot be considered separately.

Contrary to the well-established historical image of the contemplative and solitary scientist, the research within the natural sciences for decades has been a collective work. Obviously, there are many examples of research collaboration. However, why do scientists cooperate at all? It is puzzling, since modern science has always been founded as an institutionalized practice of competition for recognition and credit. As observational and experimental studies have shown, the readiness to share the credit for discovery does not solely come from the necessary division of the cognitive labor, but from the fact that group work allows to reduce probable error rate, helps to cope with larger, more complex problems, and to deal with pattern-recognition more successfully. The scientists inspire each other, come together in continuous interaction, and exchange experiences and resources, generating cognitive synergy as an outcome. One of the most striking examples of scientific collaboration is high energy physics. This research field is characterized by almost complete erasure of the individual researcher as an epistemic subject. These interactions are not to be understood merely as the exchange of pre-established, ready-made ideas and solutions. Instead, they ought to be grasped as collective mechanisms of the creation of new ideas and solutions.

It should be emphasized that the research collectives are not purely social systems. Very often, research instruments function as the focal points around which scientific communities 'crystallize', and interactions flourish. The primary function of instruments, apparatus, and other research devices is, however, cognitive – they are the main tools of the problem simplification. The following typology helps grasping the variety of cognitive functions of research instruments: (1) data generation and external representation of studied phenomena tools (this category includes, among others, observation instruments and inscription devices); (2) the experimental apparatus (this category includes tools, devices and all their sets, which generate phenomena (reproduce or create) in the controlled conditions and allow intervention); (3) equipment supporting the conceptual work and cognitive processes of scientists (this includes various types of instruments functioning as external models).

Contemporary studies of science and technology suggest that researchers 'think with their eyes and hands.' This is manifested, *inter alia*, by the fact that they generate and convert various types of external representations in order to simplify the problems. For example, they seek to represent various phenomena and problems as the 'readable' inscriptions or external, physical models that encode only relevant properties of the world. Working with such devices opens space for simple perceptual judgment as a problem solving method. This allows the world under study – too untamed and chaotic – to be grasped with relative ease.

Laboratory instruments, physical models and external representations function as the cognitive 'scaffoldings' of science. They enable scientists to translate complex phenomena into a form in which patterns can be easily *grasped*. We should not forget, however, that people use other people as their functional 'extensions'. They take advantage of their colleagues' competence – their experience, memories and knowledge. Laboratory practice studied through the lens of situated and distributed cognition is starting to resemble other areas of practice. Taking this into account we should reconsider preconceived ideas of the essence of science, boundaries of science and demarcation criteria, and the unity of science concept. At the same time, the concepts of distributed cognition and the 'extended' mind force us to rethink the concept of agency in scientific practice.

translated by Łukasz Afeltowicz

Indeks osobowy

A

Abriszewski Krzysztof 36, 75, 82–
–84, 94, 327, 417, 426, 432–434
Adams Fred 25
Afeltowicz Łukasz 83–84, 94, 211,
327, 415
Aizawa Kenneth 25
Alač Morana 189, 339–341
Alvarez Luis W. 287–288, 321
Amann Klaus 93
Anderson Frances 315
Anderson John R. 113, 127
Anderson Michael L. 243
Archambault Éric 420–421
Asimov Isaac 244
Atkinson J. Maxwell 418
Aydede Murata 25, 243

B

Babchuk Nicholas 420
Baber Christopher 189, 241, 254
Bacon Roger 229
Baird Davis 16, 30–31, 53, 86, 92,
285, 339, 353–361, 364, 371,
373, 391, 400, 414
Baker Lisa M. 118, 127
Ballard Dana 255, 258, 317
Barabási Albert-László 418, 435
Barnes Barry 75
Barrett David 393
Bastide Françoise 427
Bauman Zygmunt 435
Bayes Thomas 12
Bazerman Charles 274

Beaver Donald 275, 279
Bechara Antoine 388–389
Becvar Amaya 386
Bekkering Harold 315
Bell Graham 127
Berg Marc 83, 261
Beunza Daniel 189, 199–201
Bijker Wiebe E. 28, 84
Blanchette Isabelle 114
Blanko Eric 341
Blasdel Gary G. 194
Bloor David 75
Błaszak Maciej 36
Bogacz Sally 93
Bohr Niels 15
Bonabeau Eric 61, 65, 248
Bongard Josh 31, 139, 241, 244–
–245, 247–248
Bos Nathan 275
Boujut Jean-François 341
Boyle Robert 142, 273, 359, 362, 413
Bozeman Barry 275
Brad Jim 378
Bradshaw Gary 24, 113, 132, 141
Bragg William 368, 370
Brannigan Augustine 145–146,
149, 151
Branson Herman 367, 369
Breazeal Cynthia L. 139, 255
Brown John Seely 209, 211, 265,
350–351
Bucciarelli Louis L. 18, 28
Buri Regula Valérie 93
Butts Alfred 224

C

Callon Michel 84–85, 94, 96
 Calvo Paco 24, 31
 Carlson Bernard W. 127–128
 Carraher David William 218
 Carraher Terezinha Nunes 218
 Carroll-Burke Patrick 28, 357, 361–
 –362, 400, 411
 Carruters Peter 113
 Chabris Christopher F. 134
 Chalmers David 25, 240
 Charness Neil 134
 Chase William G. 134, 171
 Chicoisne Guillaume 161
 Chompalov Ivan 275
 Clancey William J. 216
 Clark Andy 25, 159, 163, 174, 225,
 235, 237–241, 244–245, 254–
 –255, 259, 263–267, 304–305,
 405, 415, 449
 Collins Allan 209
 Collins Harry M. 29, 76–77, 83–84,
 87, 144, 146, 149, 151
 Collins Randall 92–93, 98, 101,
 104, 427
 Conrey Frederica R. 161
 Corey Robert 368–369
 Coulomb Charles 143
 Cover Jan A. 18
 Cox Deborah 437
 Cragin Mellisa H. 93
 Craven John 11–12
 Crick Francis 96, 129, 281, 371–
 –377, 380, 401, 404, 407
 Crozier Michel 297
 Curd Martin 18

D

Damasio Antonio 388–389
 Davenport Thomas 400

Davis Fred 116
 Dennett Daniel C. 205
 Derry Sharon J. 275
 Deubel Heiner 428
 Dewey James 209
 Dias Analucia 218
 Dickinson Michael 394, 396–397
 Doherty Michael E. 125
 Dorigo Marco 61, 65, 248
 Dourish Paul 211, 261
 Duchowski Andrew 255, 258, 316
 Dugid Paul 209, 211, 265, 350–351
 Duhem Pierre 76
 Dumit Joseph 93
 Dunbar Kevin 113–116, 118–119,
 122–123, 125, 127, 130, 137,
 147, 155, 206–207, 213, 300–
 –303, 312, 318, 406, 446

E

Eckert Claudia 341
 Edelfsen N. E. 285
 Edison Thomas A. 127, 129
 Einstein Albert 14–15
 Eliasmith Chris 132
 Ellington Charles 395, 397
 Ellis David 436–439
 Epstein Steven 83–84
 Eribon Didier 86
 Eriksen Thomas H. 447
 Evans Robert 83
 Faraday Michael 15, 92, 128–129,
 131, 354–356, 359
 Farnè Alessandro 252
 Fay Anne L. 118
 Feitelson Jerry 338
 Feyerabend Paul K. 41, 43
 Feynman Richard 366
 Fields Robert E. 189, 196

- Fleck Ludwik 22, 39, 45–51, 57–60,
65–69, 71, 86, 103, 145, 203,
261, 294–295, 317–318, 349,
411, 424
Flor Nick V. 189
Forsythe Diana E. 82
Francis David 79, 150
Friedberg Erhardt 297
Fuchs Stephan 81, 104, 145, 412, 427
Fugelsang Jonathan A. 114–116,
130–131, 300
Fuller Steve 151, 154
Fuson Karen C. 233
- G**
Galileusz 14–15, 142
Galison Peter 282, 286, 289
Gallagher Shaun 241, 244
Galton Francis 9–10
Garfinkel Harold 79–80, 212, 262
Gedenryd Henrik 189
Genuth Joel 275
Gernsbacher Morton Ann 275
Gibson James J. 209, 221, 251
Giere Ronald N. 19, 112, 145, 151,
189, 261, 424
Gigerenzer Gerd 255, 388
Gilbert Nigel G. 77–78, 147
Gillies Donald A. 145
Gingras Yves 420–421
Giza Piotr 132, 128, 142, 145–146
Gladwell Malcolm 234, 387, 435
Glaser Donald 287–288, 321
Głowacki Paweł 36
Gobet Fernand 134, 171
Goldsmith Cynthia 277
Gomila Antoni 24, 31
Gooding David C. 88, 91, 93, 112–
113, 128, 261
Goodwin Charles 82
Gorman Michael E. 16, 113, 126–
128, 149, 151, 189, 261, 275
Götz Karl 396–397
Green Adam E. 131
Greeno James G. 209, 218
Griesemer James R. 341
Griffin Diane 385
Guillemin Roger Charles 80–81, 262
- H**
Ha Young-Won 122
Hackett Edward J. 16, 73
Hacking Ian 16, 19, 57, 91–93, 104,
110, 359, 425
Hager Tom 365–366, 370
Hall Edwin H. 92
Hall Edward T. 201
Hall Katherine 437
Halley Julianne D. 64
Halverson Christine A. 189
Haraway Donna 84
Harmon-Jones Eddie 242, 315
Harper Douglas 29
Harwood Jonathan 46
Hassard John 84
Haugan Merete 437
Hayhoe Mary 255, 317
Hazlehurst Brian 189
Hearst Eliot S. 134
Heft Harry 161
Hegarty Mary 227
Henderson Kathryn 28–29, 31, 82,
104, 115, 189, 261, 341–344,
346–347, 404, 407
Hendry Robin Findlay 108
Henry John 75
Heritage John 418
Hester Stephen 79, 150
Hevly Bruce 286
Hine Christine 93

Hoffmann Roald 110
 Hollan James 161, 386
 Holland John H. 132
 Holyoak Keith J. 132
 Hooke Robert 273, 413
 Hughes Thomas P. 19, 84
 Hutchins Edwin 25, 33, 153, 159,
 161–168, 170, 174, 178, 182–
 –190, 203–207, 209, 212, 216,
 220, 230, 235, 238, 248, 260–
 –261, 263–264, 339, 341, 370,
 374, 377–378, 386
 Hyönä Jukka 428

I

Iriki Atsushi 252
 Ivins William Mills Jr. 30

J

Jacob François 55, 123, 147–148,
 247, 281
 Janis Irving L. 280
 Jasanoff Sheila 83
 Jeannerod Marc 247
 Jezus Christus 358
 Jordan Jerome Scott 315
 Josephson Brian David 92

K

Kaptelinin Victor 210, 261
 Keith Bruce 420
 Kepler Johannes 15, 142–143
 Kincannon Alexandra P. 113
 Kirlik Alex 210
 Kirsh David 25, 159, 161, 189, 209–
 –210, 218, 221–222, 224, 226,
 228, 230–231, 235–236, 243,
 265, 344, 370, 415, 450
 Kirshner David 209
 Kitcher Philip 412

Klahr David 24, 112–114, 118–
 –122, 125, 131, 137, 140, 155,
 207, 213
 Klausen Tove 161, 189
 Klayman Joshua 122
 Klein Gary 388
 Knoblich Günther 315
 Knorr Cetina Karin 16, 26, 34, 52,
 79, 82, 85–86, 90–91, 93, 102–
 –105, 115, 154, 262, 281–282,
 284, 291, 293–294, 296–297,
 299–300, 318, 403, 406, 415
 Knudsen Eric I. 194
 Koch Robert 277
 Konishi Masakazu 194
 Kopernik Mikołaj 14–15
 Kuhn Thomas 39, 41–47, 58–59,
 69, 71, 73, 203, 300–301
 Kulkarni Deepak 113
 Kurz-Milcke Elke 189

L

Làdavas Elisabetta 252
 Lakatos Imre 41–42, 69
 Langley Pat W. 24, 113, 132, 139–
 –140, 144, 146, 154, 207, 234–
 –235
 Larivière Vincent 420–421
 Latour Bruno 16, 19, 26, 31, 46,
 75, 78, 80–84, 86–91, 93–101,
 114–115, 128, 149–151, 153–
 –155, 170, 182, 203, 216, 225,
 239, 243, 260–263, 301, 308–
 –311, 324–325, 341, 350, 353,
 363, 412, 415, 425, 427, 439
 Laudan Larry 42–43
 Laughlin Patrick R. 126, 275
 Lave Jean 25, 153, 159, 162, 209–
 –210, 217–218, 230, 243, 263
 Law John 83–84, 94, 96

- Lawrence Edward O. 285–288, 291
 Leahey Erin 419
 Lee Sooho 275
 Lehmann Fritz-Olaf 397
 Lévi-Strauss Claude 55, 86
 Livingston Eric 79–80
 Livingston M. S. 285
 Lubiszewski Dawid 61
 Luhmann Niklas 49–50, 411
 Lynch Michael 15, 19, 52, 56, 79–
 –80, 93, 116, 146–147, 149,
 260, 262, 324–329, 331–333,
 335–340, 349, 408, 448
- M**
- MacIver Malcolm 194, 244, 247–
 –249, 251
 MacKenzie Donald 29, 85
 Maglio Paul 224, 226, 236, 344, 370
 Magnan Antoine 394
 Magnani Lorenzo 113
 Mannheim Karl 42
 Maravita Angelo 252
 Marcus Gary 53–55, 305–306, 411
 Mateusz Ewangelista św. 74
 Maturana Humberto 31, 49
 Maxwell James Clerk 128
 McGarry Ben 189, 345–348
 McIntyre Lee 16
 McLuhan Marshall 239
 McMullen Carmit K. 189
 McNeill David 313
 Mears Ryan P. 129, 131
 Mehalik Matthew M. 261
 Meho Lokman I. 437–438
 Merkator Gerard 170
 Merton Robert K. 74
 Merz Martina 415
 Miettinen Reijo 95
 Millo Yuval 85
- Mitterer Josef 69, 436
 Mody Cyrus C. M. 362
 Moffat Barton 189, 261
 Mokrzycki Edmund 44–45
 Mol Annemarie 83
 Monod Jacques 123, 147–148, 281
 Mulkay Michael 77–78, 147
 Muniesa Fabian 85
 Musgrave Alan 42
 Myers Natasha 82, 115, 151, 365,
 378–383, 385–386, 390
- N**
- Nardi Bonnie A. 210, 261
 Navier Claude-Louis 395
 Neale Vicki 130, 316
 Nersessian Nancy 19, 113–115,
 128, 131, 189, 362
 Newell Allen 24, 133–137, 139, 213,
 216, 230–231, 235, 281
 Newstetter Wendy C. 189
 Newton Izaak 15, 141
 Nisbett Richard E. 132
 Noë Alva 242, 258
 Norman Donald 161, 174, 216
- O**
- O'Connell Joseph 57, 99–100
 O'Regan J. Kevin 242, 258
 Obayashi Shigeru 252
 Ohm Georg Simon 99, 142–143
 Okada Takesi 113, 125–126, 144,
 280–281, 314, 445
 Oldenburg Henry 273–274
 Olson Gary M. 275
- P**
- Pasteur Ludwik 14, 76, 89
 Patterson Kerry 229
 Paul Chandana 244

- Pauling Linus 365–371, 375, 383, 410
 Pażytnow Aleksiej 224
 Perl Martin 288
 Perry Mark 189
 Perutz Max 365–366, 369–370,
 378–379
 Peters George 420
 Pfeifer Rolf 31, 139, 241, 244–245,
 247–248
 Picard Rosalind 139
 Pickering Andrew 17, 286
 Pietrowicz Krzysztof 36, 415
 Pinch Trevor J. 28, 76–77, 84, 146,
 151
 Planck Max 140–141
 Podgórski Jacek S. 36
 Poirier Pierre 161
 Polanyi Michael 29, 68
 Popper Karl Raimund 13, 15, 102,
 137, 353
 Pouchet Félix 76
 Preda Alex 85
 Pullum Geoffrey K. 306
 Putnam Robert D. 291
 Pylyshyn Zenon W. 205
- Q**
 Qin Yulin 113
 Quine Willard Van Orman 76
- R**
 Radach Ralph 428
 Radder Hans 357
 Reichenbach Hans 15
 Reikowsky Ryan 419
 Reingold Eyal M. 134, 171
 Reuters Thomson 438
 Reynolds Osborne 396
 Rip Arie 83
 Riva Giuseppe 211
 Rizzo Matthew 130, 316
 Rizzolatti Giacomo 315
 Robbins Philip 25, 243
 Robinson Al 255
 Robinson Scott 130, 316
 Rogoff Barbara 209
 Rosch Eleanor 24, 31, 153, 242
 Roth Wolff-Michael 93
 Rothkopf Constantin 255
- S**
 Sainte-Laguë André 394
 Sanderson Duncan 189
 Sane Sanjay P. 397
 Sara, studentka Slovika 310
 Sawyer R. Keith 209
 Scerbo Mark W. 349
 Scerri Eric 16
 Schaffer Simon 19, 273
 Schraagen Jan Maarten 113, 127
 Schummer Joachim 16, 106–109
 Schunn Christian D. 113, 115, 127,
 275, 301
 Scribner Sylvia 218–219
 Searl John R. 204–205
 Sebanz Natalie 315
 Shaffer Simon 19, 359
 Shankar Kalpana 93
 Shapin Steven 19, 41, 273, 359
 Sharon, pracownica
 przedsiębiorstwa 344
 Shrager Jeff 117–118
 Shrum Wesley 275
 Siegel Michael 113
 Silva Michelle 397
 Simon Herbert A. 15, 24, 112–114,
 118, 125–126, 131–141, 144–
 146, 148, 151–152, 154–155,
 171, 206–207, 213, 216, 230–

- 235, 247, 280-281, 314, 324,
 333, 377, 407, 411, 445
 Sinigaglia Corrado 315
 Siu Lucia 85
 Slezak Peter 75, 111, 133, 151-152
 Slovik, naukowiec 309-311, 406
 Smith Paul 161
 Sneed Joseph Donald 13
 Snyder James B. 251
 Sobczyńska Danuta 16, 93, 109-110
 Sojak Radosław 36, 46, 75, 78, 84,
 95, 98
 de Solla Price Derek J. 279, 357
 Soros George 387
 Southern John 357
 Spinardi Graham 29
 Spitzmüller Christiane 129, 131
 Sprague Nathan 255, 328
 Stacey Martin 341
 Star Leigh Susan 341
 Stark David 189, 199-201
 Stefik Mark 338
 Stich Stephan 113
 Stokes George Gabriel 395
 Strugacki Arkadij 399
 Strugacki Borys 399
 Stützele Thomas 61
 Subrahmanian Eswaran 341
 Suchman Lucy 25, 153, 159, 210-
 -213, 216-217, 230, 243, 261,
 263, 338, 406
 Surowiecki James 10-13, 15, 20-21,
 34, 67, 203, 275, 277-279
 Szahaj Andrzej 35, 75, 291
- T**
- Tempczyk Michał 35
 Thagard Paul R. 113, 129, 132, 151,
 275, 279-281, 319
 Theraulaz Guy 61, 65, 248
- Thompson Evan T. 24, 31, 153, 242
 Tibbo Helen R. 437-438
 Tomlin Russell 305
 Trafton Gregory 93, 115, 301
 Triantafyllou George 237, 391, 393
 Triantafyllou Michael 237, 391, 393
 Trickett Susan Bell 115, 301
 Triesch Jochen 255
 Turing Alan 24, 132, 163, 204-206,
 247
 Turner William 341
 Tweney Ryan D. 113, 125, 129, 131
 Tyndall John 129, 131
- U**
- Uexküll Jakob Johann von 252
- V**
- Varela Francisco 24, 31, 49, 153, 242
 Vera Alonso H. 216
 Vincenti Walter 18, 28
- W**
- Wassermann August von 58-59,
 66, 68, 86, 294
 Watson James D. 96, 129, 280, 371-
 -377, 380, 401, 404, 407
 Watt James 357
 Watts Duncan J. 435
 Weber Joseph 76
 Weisberg Michael 107
 Weiser Mark 211
 Wenger Etienne 25, 153, 209
 Whitson James A. 209
 Wideröe Rolf 285
 Wilson Charles 287
 Wilson Margaret 243
 Wilson Robert A. 25, 174, 240
 Winkielman Piotr 242, 315
 Winkler David A. 64

Wooding David S. 317
Woods David D. 161
Woolgar Steve 16, 80–82, 87–90,
93, 115, 150–151, 153, 262,
308–311, 324–325, 353, 363,
425
Wygotski Lew S. 210
Wynne Brian 83

Z

Zeidler Paweł 14, 16, 35, 93, 109–
–110

Zhang Jiajie 161, 171–172
Ziemke Tom 243
Zimmerman Ann 275
Zuboff Shoshana 29
Zuckerman Harriet 74, 275, 279
Zybertowicz Andrzej 49, 75, 409

Ż

Żytkow Jan M. 132, 377

Indeks rzeczowy

A

adenozynotrifosforan (ATP) 77

Advanced Step in Innovative

MOBility zob. ASIMO

affordance zob. afordancja

afordancja (*affordance*) 221, 235–
–236, 251, 448

akcelerator cząsteczek 93, 282–285,
288–290, 323, 362, 405

akson 326–327, 329, 330–335, 339–
–340, 350, 395, 397, 415

alfa-helisa 365–369, 378, 383

algorytm mrówkowy 61

alidada 168, 178

analiza elementów skończonych
(*Finite Element Analysis*, FEA)
347

analiza konwersacyjna 78, 114, 313,
325, 418

analiza sieci społecznych 418

analogowy komputer 170, 178,
182–184, 186, 235, 358, 377–
–378, 401

animate vision zob. ożywiona wizja

anomalia 51, 148, 300–303, 318, 332,
337–338, 350, 399, 406, 423

AOP (*arc of position*, łuk
pozycyjny) 167, 178–179, 370,
377

Apteronotus albifrons zob. duch
brazylijski

arc of position zob. AOP

artefakt 17, 21–22, 29, 34, 87, 95,
107, 131, 146, 165, 169, 182,

184–188, 216, 226, 241, 261,
265, 272, 331, 337–338, 340,
355, 364, 372–374, 377–378,
399–401, 404–405, 409–410,
412

arystokracja 273–275

ASIMO (*Advanced Step in Innova-
tive MOBility*) 244–246

ASON (automatyczne systemy od-
kryć naukowych) 132–133,
137–138, 140–149, 151–153,
155, 206, 213, 232, 234–235,
377, 408

astrolabium 183–184, 358, 378

astronomia 93, 104, 358, 413

ATLAS 283, 290, 294, 296, 303

ATP zob. adenozynotrifosforan
automatyczne systemy odkryć na-
ukowych zob. ASON

B

BACON, programy 132–133, 142–
–143, 146

biologia molekularna 13, 52, 86, 91,
102–104, 115, 117, 264, 275,
282, 293, 300, 302, 354, 364–
–365, 369, 373, 376, 378, 380,
406, 412, 422

bioreaktor 363

black ghost knifefish zob. duch
brazylijski

Boeing 777 347

broker 189, 199–203, 265, 298, 320,
388

Brookhaven National
Laboratory 290

C

CAD (*Computer Assisted Drafting, Computer Assisted Design*)
341–342, 346, 347

CAM (*Computer Aided Manufacturing*) 347

canoe 213–215, 338, 406

CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) 276, 277

Centers for Disease Control and Prevention zob. CDC

centra kalkulacji 85, 97, 154, 182, 298–299, 319

CERN 102, 282–284, 289–290, 299, 319, 337, 422

CFD (*Computational Fluid Dynamics*) 347

chiński pokój 203–206, 276, 376

ciągły zamiar, procedura nawigacyjna 179, 182

CNC (*Computerized Numerical Control*) 347

Computational Fluid Dynamics zob. CFD

Computer Aided Manufacturing zob. CAM

Computer Assisted Design zob. CAD

Computer Assisted Drafting zob. CAD

Computerized Numerical Control zob. CNC

cyklotron 284–286

czarna skrzynka 85, 94–97, 101, 109, 183, 188, 274, 311–312, 317, 334, 339–340, 348, 393, 410–411, 446

D

DALTON, program 132

delfin 237, 254, 260, 263–264, 391

detektor 103, 282–284, 287, 289, 323

DNA 96, 319, 360, 371–373, 376–378, 380, 404, 405

Drosophila melanogaster

zob. muszka owocowa

duch amazoński zob. duch brazylijski

duch brazylijski (duch

amazoński, *Aptereronotus*

albifrons, black ghost knifefish)

249–251

dynamika płynów 237, 354, 390–392

E

echolokacja 194

ekspert 9–12, 15, 29, 83, 136, 171–72, 188, 203, 221, 223, 225, 236, 285, 368, 390

Empirical Programme of Relativism zob. EPOR

empiryczny program relatywizmu zob. EPOR

enaktywizm 242–243, 254, 259–260, 262

encapsulating knowledge 358–359

EPOR (*Empirical Programme of Relativism*, empiryczny program relatywizmu) 76–77, 84

Escherichia coli (pałeczka

okrężnicy) 123, 134, 302

etnografia laboratorium

(etnografia nauki) 16, 24, 46,

73, 79–80, 82–83, 85, 102, 106,

116–117, 261, 271, 282, 299,

349, 386, 408

etnografia nauki zob. etnografia
laboratorium
etnometodologia 15, 79–80, 116,
147, 149–150, 212, 217, 261–
–262, 306, 312
ETR zob. *eye tracking*
ex vivo 114, 126–127
eye tracking (ETR, okulografia) 171,
316–317, 428

F

FARENHEIT, program 132
Fermi National Accelerator
Laboratory (Fermilab) 290
Fermilab zob. Fermi National
Accelerator Laboratory
feromon 63–65
filozofia chemii 16, 36, 93, 106–110
Finite Element Analysis zob. analiza
elementów skończonych
fizyka wysokich energii 93, 102–
–103, 282–284, 289–290, 292–
–297, 299–300, 303, 318–320,
323, 403, 407
FEA zob. analiza elementów skoń-
czonych
FL (*flight level*, poziom lotu) 191–195
flight level zob. FL
fMRI (*functional magnetic
resonance imaging*,
funkcjonalny rezonans
magnetyczny) 130, 405
*functional magnetic resonance
imaging* zob. fMRI
funkcjonalny rezonans
magnetyczny zob. fMRI

H

Hanoi wieża (problem wieży
Hanoi) 134–135, 213, 230–231

heurystyka 64, 66, 70, 129, 131,
136–137, 139–143, 148–149,
154, 205, 209, 220, 222, 230–
–232, 255, 260, 265, 349, 358,
394, 408, 415, 435–436, 449
hoey 167
Human Genome Project 319, 403

I

immutable mobile 97
in historico 114, 127, 128, 140
in magnetico 114, 130
in silico 114, 131–132, 139, 146
in vitro 114, 118, 123, 125–126,
137, 146–148, 153, 325
in vivo 114–117, 125–126, 128, 301,
312, 325
inskrypcja 35, 82, 85, 87–89, 92–
–93, 96–97, 101, 128, 150, 272,
323–325, 341, 344, 349, 353,
364, 381, 390, 404–405, 407,
412, 415, 439
Instytut Salka 80, 115, 425

K

KEKADA, program 132
kognitywne studia nad nauką i
technologią 16–17, 19–20, 26–
–27, 33, 39, 111–115, 126,
130–131, 133, 137, 149–154,
159, 271, 275, 281, 309, 323,
353, 371, 403, 415
kolektyw (kolektywność) 12, 17,
20–23, 34, 41, 46–49, 51, 57–
–61, 65–68, 116, 144, 165, 198,
202–203, 220, 236, 239, 253,
261–262, 272–273, 275, 282,
291–295, 299, 303–304, 311–
–312, 314, 316–320, 343, 403,
418, 420, 423–424

- kolektywność zob. kolektyw
 komora chmurowa 362
 komora pęcherzykowa 287, 289,
 321, 362, 405
 komora przepływowa 363
 komunitaryzm 290–292, 295–296,
 303, 403
 konstrukcja oka muchy zob. oko
 muchy
 konstruktywizm 49, 82, 262, 409
 kontrola ruchu lotniczego 17, 36,
 159, 189–198
 krążąca referencja 93–94, 327, 410
 krystalografia białek 354, 364–365,
 380–383, 385–386, 390
- L**
 laboratoryzacja 97–100, 102
Large Hadron Collider zob. LHC
 laser 29, 87, 92, 398
 LHC (*Large Hadron Collider*) 283–
 –284, 290
line of position zob. LOP
 linia pozycyjna zob. LOP
 LOP (*line of position*, linia
 pozycyjna) 167, 178, 370, 377
- Ł**
 łuk pozycyjny zob. AOP
- M**
 magnetyczna stymulacja
 śródczaszkowa zob. TMS
 majsterkowanie 17, 32, 52–53, 55,
 85–86, 92, 98, 102–103, 128,
 262, 338, 350, 356–357, 369,
 372, 376–377, 379, 391, 400,
 402–403, 412, 424, 448–449
 makak 252
 makieta 29, 228, 345–347
- mapa nawigacyjna 163, 166–167,
 169–170, 178–179, 181–183,
 185–188, 203, 220, 340, 370,
 374, 377–378, 434
 mądrość tłumu 10–12, 34, 67, 203,
 275, 278
 meteorologia 13
 metodologia syntetyczna 137–139,
 244
 metrologia 57, 99–100, 108, 154, 414
 mikroskop (mikroskopia, mikro-
 skopowanie) 67, 325–326,
 329–330, 332, 334–335, 361–
 –362, 364, 382, 405
 mikroskopia zob. mikroskop
 mikroskopowanie zob. mikroskop
 model molekularny zob. model
 strukturalny
 model strukturalny (model mole-
 kularny, model struktury mole-
 kularej cząsteczki) 354,
 364–365, 369–374, 377, 379–
 –381, 404–405, 407
 model struktury molekularnej czą-
 steczki zob. model strukturalny
morphological computation zob.
 morfologiczne obliczanie
 morfologiczne obliczanie
 (*morphological computation*)
 244, 246–247, 259
 muszka owocowa (*Drosophila*
melanogaster) 134, 395–398
 myśleć za pomocą rąk i oczu 88,
 117, 170, 225, 236, 238, 260,
 263, 349, 354, 364, 378, 402,
 404, 425, 435, 448
- N**
 namorzyny 237, 239, 304, 449
 naukometria 104, 106, 420

nawigacja morska 11, 17, 33, 161–170, 178–179, 182–188, 203, 220, 261, 265, 340, 374
 neurobiologia 52, 242, 281, 324, 327, 331, 336, 339–341, 348, 410
 neuroendokrynologia 80, 341
 neuroetologia 248–251
 nietoperz 194, 246, 251, 254, 260
 nowy eksperymentalizm 16

O

oko muchy (konstrukcja oka muchy) 246
 okulografia zob. *eye tracking*
 ożywiona wizja (*animate vision*) 255

P

pałeczka okrężnicy zob. *Escherichia coli*
 paradoks eksperymentalny (regres eksperymentalny) 76, 146
passive dynamic walker 245
 pączkowanie aksonów 327, 331, 339–340, 395, 397, 415
 pelorus (tarcza namiernicza) 165, 167–168, 178–179, 181, 187–188
 ploter 181
 podwójna helisa 401
 pompa powietrzna 273, 359–360, 362, 413
 powtórzenie eksperymentu zob. replikacja eksperymentu
 poziom lotu zob. FL
problem solving, nurt badań 24, 133, 135–136, 139–140, 146, 149, 153–154, 210, 213, 216, 229–232, 235, 247, 267, 314, 407
 problem wieży Hanoi zob. Hanoi wieża

pro wizorka (pro wizoryczność) 52–57, 70, 87, 232, 247, 305, 345, 369, 411
 pro wizoryczność zob. pro wizorka

R

radar 168, 193–194, 196–198
rapid discovery science zob. RDS
 RDS (*rapid-discovery science*) 101, 105
 redukcja złożoności 11, 17, 23, 28, 35, 50, 88, 90, 94, 101, 104–105, 107, 150, 184, 191, 193, 196–197, 201, 222, 259–260, 333–335, 337, 350, 371–372, 391, 397, 407, 440
 regres eksperymentalny zob. paradoks eksperymentalny
 replikacja eksperymentu (powtórzenie eksperymentu) 87, 129, 146–147, 337
 Robo Tuna 393
 robot typu *sprawł* zob. *sprawł*
 rotor elektromagnetyczny Faradaya zob. silnik elektromagnetyczny Faradaya
 Royal Society 273, 413
 rozproszone poznanie 25–26, 33, 35, 58, 60, 153, 159, 161–164, 171, 181, 185–187, 189–190, 199, 202–204, 207, 209, 229, 235–236, 241–242, 250, 258, 260–262, 264–265, 271, 298–300, 311, 320, 323, 327, 348, 403, 405, 412, 414–415, 417–418, 421, 436, 442, 449–450
 rozszerzenie (rozszerzony umysł) 25–26, 153, 174, 229, 242, 252–253, 259, 308, 405
 rozszerzony umysł zob. rozszerzenie

rusztowanie poznawcze 171, 174,
234, 237–238, 240–241, 252,
259, 265, 272, 345, 348, 378,
405, 413
rzemieślnik (rzemiosło) 30, 85,
400, 414, 425
rzemiosło zob. rzemieślnik

S

SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*, Zespół Ostrej Nie-wydolności Oddechowej) 276–
–278, 281, 403, 406

satisficing 232, 411

Science and Technology Studies zob.
STS

SCOTS (*Social Construction of Technology*, społeczne konstruowanie systemów technologicznych) 84

Scrabble 224, 226, 236

Severe Acute Respiratory Syndrome zob. SARS

silnik elektromagnetyczny Faradaya (rotor elektromagnetyczny Faradaya) 354, 359, 400

silnik parowy 357, 362

Social Construction of Technology zob. SCOTS

socjologia wiedzy naukowej zob. SSK

Sociology of Scientific Knowledge zob. SSK

społeczne konstruowanie systemów technologicznych zob. SCOTS

społeczne studia nad nauką i technologią zob. STS

sprawl (robot typu *sprawl*) 245

squawk 193

SSK (*Sociology of Scientific Knowledge*, socjologia wiedzy naukowej) 42, 75–76, 133

STS (*Science and Technology Studies*, społeczne studia nad nauką i technologią) 16–
–19, 27, 30, 32–33, 39, 46, 71,
73–80, 82–85, 91, 106–107,
110–115, 128, 133, 135, 141,
148–153, 159, 260–262, 271,
309, 312, 323, 325, 353, 355,
371, 403, 415

stygmurgia (stygmurgiczna komunikacja) 61, 64, 66

stygmurgiczna komunikacja zob. stygmurgia

SSC (*Superconducting Super Collider*) 290

Superconducting Super Collider zob. SSC

suwak logarytmiczny 185

system ekspercki zob. system ekspertowy

system ekspertowy (system ekspercki) 132, 134, 137–138, 225

szachy 134–135, 137, 140, 171–173, 227, 230, 236, 425

szkic (szkicowanie) 19, 29, 47, 88, 93, 97, 228, 330, 332–335, 342–347, 353, 367, 404–405, 449

szkicowanie zob. szkic

szkoła edynburska 41, 75, 133

szkoła z Bath 76–77, 151, 296

Ś

Światowa Organizacja Zdrowia zob. WHO

T

tarcza namiernicza zob. pelorus
technonauka 27–28
teleskop 93, 168, 245, 361, 364, 413
tellurium 358, 405, 413
teoretycyzm (teoriocentryzm) 14,
68, 70–71, 73, 110, 336, 412
teoriocentryzm zob. teoretycyzm
teza Duhema-Quine'a 76
TMS (*transcranial magnetic stimulation*, magnetyczna stymulacja
śródczaszkowa) 130
tokamak 362
transcranial magnetic stimulation
zob. TMS
translacja 85, 93–94, 104–105, 107,
114, 148, 152, 154–155, 170,
182, 194, 324, 331, 334, 337,
339, 348, 361
transponder 193–194
TWOD (*Truth Will Out Device*) 78
Truth Will Out Device zob. TWOD
trzymiel 394
tuńczyk 237, 254, 391–393
tyreoliberyna 80

U

UA2 290, 294, 296
ucieleśnienie (ucieleśnione pozna-
nie, ucieleśniony umysł) 24–
25, 30, 34, 153, 163, 202, 206,
213, 241–244, 246–248, 250–
251, 258–259, 261, 263, 266,
334, 340, 355, 373, 385, 390
ucieleśnione poznanie zob.
ucieleśnienie

ucieleśniony umysł zob. ucieleśnie-
nie

Umwelt 252

urządzenia inskrypcyjne 82, 85,
87–88, 282, 350, 353, 363–364
USS Palau 161, 169, 179, 183, 185,
189

USS Scorpion 11–12

usytuowanie (usytuowany) 20, 25–
26, 33–35, 131, 153, 155, 159,
179, 209–210, 212, 215–217,
220, 225, 229–231, 235, 237,
240, 242–243, 248, 250, 252,
258–267, 271, 299, 312, 323,
327, 337–338, 349, 372, 391,
405, 409, 412, 414–415, 417,
436, 449

usytuowany zob. usytuowanie

W

WHO (Światowa Organizacja
Zdrowia) 276, 277, 278
working knowledge 356, 358–359

Z

zakorzenie 153, 161, 209, 241–
243, 248, 250–251, 254, 259,
266, 273, 400, 403, 405

Zespół Ostrej Niewydolności
Oddechowej zob. SARS

Ż

żyrokompas 168

PROGRAM MONOGRAFIE FUNDACJI NA RZECZ NAUKI POLSKIEJ

W 1994 roku Fundacja na rzecz Nauki Polskiej zainaugurowała publikację serii Monografie FNP, obejmującej swoim zakresem nauki humanistyczne i społeczne.

W serii są wydawane niepublikowane wcześniej prace polskich naukowców, wyłaniane w drodze konkursu.

Nadsyłane na konkurs prace powinny charakteryzować się:

- * wysokim poziomem naukowym,
- * odkrywczością założeń i wagą wyników,
- * oryginalnością ujęcia,
- * integralnością tematyki i formy,
- * interesującym przedstawieniem tematu, dostępnym dla szerszego grona czytelników.

Fundacja zapewnia Laureatom pokrycie kosztów wydania książki w serii Monografie FNP oraz honorarium.

Konkurs odbywa się w trybie ciągłym. Prace należy składać w Fundacji w dwóch egzemplarzach (wydruk oraz wersja elektroniczna), wraz z wypełnionym wnioskiem.

Od 2011 roku wydawcą serii Monografie FNP jest Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Oprócz wersji papierowych książki będą dostępne również w formie e-book. Ponadto tytuły wydane w poprzednich latach będą zamieszczane na stronie internetowej www.fnp.org.pl/monografie w formule Open Access.

Dodatkowe informacje znajdują Państwo na stronach

**www.fnp.org.pl
www.fnp.org.pl/monografie**



**DOTYCHCZAS W SERII
MONOGRAFIE FNP
UKAZAŁY SIĘ NASTĘPUJĄCE TYTUŁY**

1995

- Jerzy Michalski**, *Sarmacki republikanizm w oczach Francuza.
Mabły i konfederaci barscy*
- Magdalena Micińska**, *Między Królem Duchem a mieszczaninem.
Obraz bohatera narodowego w piśmiennictwie polskim przełomu
XIX i XX wieku (1890–1914)*
- Dariusz Słapek**, *Gladiatorzy i polityka.
Igrzyska w okresie późnej Republiki Rzymskiej*
- Maciej Soin**, *Filozofia Stanisława Ignacego Witkiewicza*
- Wojciech Wrzosek**, *Historia – Kultura – Metafora.
Powstanie nieklasycznej historiografii*

1996

- Jerzy Bobryk**, *Akty świadomości i procesy poznawcze*
- Teresa Kostkiewiczowa**, *Oda w poezji polskiej. Dzieje gatunku*
- Józef Maciuszek**, *Obraz człowieka w dziele Kępińskiego*
- Janusz Ruszkowski**, *Adam Mickiewicz i ostatnia krucjata.
Studium romantycznego millenaryzmu*
- Teresa Rysiewska**, *Struktura rodowa w społecznościach
pradziejowych*
- Katarzyna Stemplewska-Żakowicz**, *Osobiste doświadczenie a
przekaz społeczny. O dwóch czynnikach rozwoju poznawczego*
- Andrzej Szahaj**, *Ironia i miłość. Neopragmatyzm Richarda
Rorty'ego w kontekście sporu o postmodernizm*

1997

Zbigniew Bokszański, *Stereotypy a kultura*

Andrzej Dziubiński, *Na szlakach Orientu. Handel między Polską a Imperium Osmańskim w XVI–XVIII wieku*

Jan Hartman, *Heurystyka filozoficzna*

Jacek Leociak, *Tekst wobec Zagłady*
(*O relacjach z getta warszawskiego*)

Sławomir Mazurek, *Wątki katastroficzne w myśli rosyjskiej i polskiej 1917–1950*

Jacek Migasiński, *W stronę metafizyki. Nowe tendencje metafizyczne w filozofii francuskiej połowy XX wieku*

Tomasz Mikocki, *Zgodna, pobożna, płodna, skromna, piękna...
Propaganda cnót żeńskich w sztuce rzymskiej*

Ryszard Nycz, *Język modernizmu.*
Prolegomena historycznoliterackie

Łucja Okulicz-Kozaryn, *Dzieje Prusów*

Józef Piórczyński, *Mistrz Eckhart. Mistyka jako filozofia*

Lucylla Pszczołowska, *Wiersz polski. Zarys historyczny*

Joanna Tokarska-Bakir, *Wyzwolenie przez zmysły.*
Tybetańskie koncepcje soteriologiczne

Szymon Wróbel, *Odkrycie nieświadomości. Czy destrukcja kartezyjańskiego pojęcia podmiotu poznającego?*

1998

Jacek Banaszekiewicz, *Polskie dzieje bajeczne*
Mistrza Wincentego Kadłubka

Jan Doktor, *Śladami Mesjasza-Apostaty*

Alina Motycka, *Nauka a nieświadomość.*
Filozofia nauki wobec kontekstu tworzenia



Cezary Wodziński, *Światłocienie zła*

Ryszard Zajączkowski, „*Głos prawdy i sumienie*”. *Kościół w pismach Cypriana Norwida*

Piotr Żbikowski, „...*bólem śmiertelnym ściśnione mam serce...*”
Rozpacz oświeconych u źródeł przełomu w poezji polskiej w latach 1793–1805

1999

Łukasz Chimiak, *Gubernatorzy rosyjscy w Królestwie Polskim 1863–1915. Szkic do portretu zbiorowego*

Henryk Domański, *Prestiż*

Marcin Kula, *Anatomia rewolucji narodowej (Boliwia w XX wieku)*

Wojciech Tomasiak, „*Inżynieria dusz*”. *Literatura realizmu socjalistycznego w planie „propagandy monumentalnej”*

Michał Tymowski, *Państwa Afryki przedkolonialnej*

Andrzej Wierzbicki, *Historiografia polska doby romantyzmu*

Grzegorz Wołowicz, *Nowocześni w PRL. Przyboś i Sandauer*

2000

Hanna Bojar, *Mniejszości społeczne w państwie i społeczeństwie III Rzeczypospolitej Polskiej*

Bogusława Budrowska, *Macierzyństwo jako punkt zwrotny w życiu kobiety*

Katarzyna Cieślak, *Między Rzymem, Wittenbergą a Genewą. Sztuka Gdańska jako miasta podzielonego wyznaniowo*

Anna Engelking, *Klątwa. Rzecz o ludowej magii słowa*

Agnieszka Fulińska, *Naśladowanie i twórczość. Renesansowe teorie imitacji, emulacji i przekładu*



Grzegorz Grochowski, *Tekstowe hybrydy*
Andrzej Hejmej, *Muzyczność dzieła literackiego*

Gerard Labuda, *Święty Wojciech.*
Biskup-męczennik, patron Polski, Czech i Węgier

Lech Leciejewicz, *Nowa postać świata.*
Narodziny średniowiecznej cywilizacji europejskiej

Paweł Rodak, *Wizje kultury pokolenia wojennego*

Wojciech Sady, *Spór o racjonalność naukową.*
Od Poincarégo do Laudana

Danuta Sosnowska, *Seweryn Goszczyński: biografia duchowa*

Tomasz Stryjek, *Ukraińska idea narodowa*
okresu międzywojennego

Przemysław Urbańczyk, *Władza i polityka*
we wczesnym średniowieczu

Magdalena Zowczak, *Biblia ludowa.*
Interpretacje wątków biblijnych w kulturze ludowej

2001

Andrzej Dąbrówka, *Teatr i sacrum w średniowieczu*

Iwona Massaka, *Eurazjatyzm. Z dziejów rosyjskiego misjonizmu*

Maciej Sojn, *Gramatyka i metafizyka. Problem Wittgensteina*

Wojciech Szczerba, *Koncepcja wiecznego powrotu w myśli*
wczesnochrześcijańskiej

2002

Henryk Domański, *Polska klasa średnia*

Magdalena Heydel, *Obecność T.S. Eliota w literaturze polskiej*

Kazimierz Kondrat, *Racjonalność i konflikt wierzeń religijnych*

Teresa Kostkiewiczowa, *Polski wiek światel. Obszary swoistości*
Krzysztof Lewalski, *Kościół chrześcijański w Królestwie Polskim*
wobec Żydów w latach 1855–1915

Stanisław Łojek, *Hegel i Nietzsche wobec problemu polityczności*

Tomasz Małyшек, *Romans Freuda i Gradivy. Rozważania*
o psychoanalizie

Marek Nalepa, „*Takie życie dziś nasze, gdy Polska ustaje...*”
Pisarze stanisławowscy a upadek Rzeczypospolitej

Zbigniew Nerczuk, *Sztuka a prawda.*
Problem sztuki w dyskusji między Gorgiaszem a Platonem

Ewa Nowak-Juchacz, *Autonomia jako zasada etyczności.*
Kant, Fichte, Hegel

Wawrzyniec Rymkiewicz, *Ktoś i Nikt.*
Wprowadzenie do lektury Heideggera

Barbara Szmigielska, *Marzenia senne dzieci*

2003

Wojciech Brojer, *Diabeł w wyobraźni średniowiecznej.*
Trzynastowieczne exempla kaznodziejskie

Małgorzata Czarnocka, *Podmiot poznania a nauka*

Adam Fitas, *Głos z labiryntu.*
O pismach Karola Ludwika Konińskiego

Maciej Gołąb, *Spór o granice poznania dzieła muzycznego*

Jan Krasicki, *Bóg, człowiek i zło.*
Studium filozofii Włodzimierza Sołowjowa

Antoni Mączak, *Nierówna przyjaźń.*
Układy klientalne w perspektywie historycznej

2004

Jan Doktor, *Początki chasydyzmu polskiego*

Przemysław Gut, *Leibniz. Myśl filozoficzna w XVII wieku*

Alicja Jarzębska, *Spór o piękno muzyki.*

Wprowadzenie do kultury muzycznej XX wieku

Agnieszka Kluba, *Autoteliczność – referencyjność – niewyraźność. O nowoczesnej poezji polskiej (1918–1939)*

Katarzyna Kuczyńska-Koschany, *Rilke poetów polskich*

Franciszek Longchamps de Bérier, *Nadużycie prawa w świetle rzymskiego prawa prywatnego*

Maciej Mycielski, *Miasto ma mieszkańców, wieś obywateli”.*

Kajetana Koźmiana koncepcje wspólnoty politycznej

Krzysztof Nawotka, *Aleksander Wielki*

Dorota Pietrzyk-Reeves, *Idea społeczeństwa obywatelskiego.*

Współczesna debata i jej źródła

Jan Pisuliński, *Nie tylko Petlura. Kwestia ukraińska w polskiej polityce zagranicznej w latach 1918–1923*

Radosław Sojak, *Paradoks antropologiczny.*

Socjologia wiedzy jako perspektywa ogólnej teorii społeczeństwa

Tomasz Szlendak, *Supermarketyzacja.*

Religia i obyczaje seksualne młodzieży w kulturze konsumpcyjnej

Przemysław Urbańczyk, *Zdobywcy północnego Atlantyku*

2005

Andrzej Dziubiński, *Stosunki dyplomatyczne polsko-tureckie w latach 1500–1572 w kontekście międzynarodowym*

Magdalena Górska, *Polonia – Respublica – Patria.*

Personifikacja Polski w sztuce XVI–XVIII wieku



Roman Michałowski, *Zjazd gnieźnieński. Religijne przesłanki powstania arcybiskupstwa gnieźnieńskiego*

Jerzy Rohoziński, *Święci, biczownicy i czerwoni chanowie. Przemiany religijności muzułmańskiej w radzieckim i poradzieckim Azerbejdżanie*

Krzysztof Skwierczyński, *Recepcja idei gregoriańskich w Polsce do początku XIII wieku*

2006

Nikodem Bończa Tomaszewski, *Źródła narodowości. Powstanie i rozwój polskiej świadomości w II połowie XIX i na początku XX wieku*

Sławomir Buryła, *Opisać Zagładę. Holocaust w twórczości Henryka Grynberga*

Zbigniew Kloch, *Odmiany dyskursu. Semiotyka życia publicznego w Polsce po 1989 roku*

Sebastian Tomasz Kołodziejczyk, *Granice pojęciowe metafizyki*

Rafał Koschany, *Przypadek. Kategoria egzystencjalna i artystyczna w literaturze i filmie*

Józef Piórczyński, *Pierwszy egzystencjalista. Filozofia absolutnej skończoności Fryderyka Jacobiego*

Maciej Płaza, *O poznaniu w twórczości Stanisława Lema*

Małgorzata Puchalska-Wasył, *Nasze wewnętrzne dialogi. O dialogowości jako sposobie funkcjonowania człowieka*

Justyna Straczuk, *Cmentarz i stół. Pogranicze prawosławno-katolickie w Polsce i na Białorusi*

Stanisław Zapaśnik, *„Walczący islam” w Azji Centralnej. Problem społecznej genezy zjawiska*

2007

Katarzyna Filutowska, *System i opowieść. Filozofia narracyjna w myśli F. W. J. Schellinga w latach 1800–1811*

Jakub Kloc-Konkołowicz, *Rozum praktyczny w filozofii Kanta i Fichtego. Prymat praktyczności w klasycznej myśli niemieckiej*

Barbara Krawcovicz, *William James. Pragmatyzm i religia*

Paweł Majewski, *Między zwierzęciem a maszyną. Utopia technologiczna Stanisława Lema*

Teresa Michałowska, *Średniowieczna teoria literatury w Polsce. Rekonesans*

Małgorzata Mikołajczak, *Pomiędzy końcem i apokalipsą. O wyobraźni poetyckiej Zbigniewa Herberta*

Aneta Pieniądz, *Tradycja i władza. Królestwo Włoch pod panowaniem Karolingów, 774–875*

Wojciech Tomasik, *Ikona nowoczesności. Kolej w literaturze polskiej*

Piotr Żbikowski, *W pierwszych latach narodowej niewoli. Schyłek polskiego Oświecenia i zwiastuny romantyzmu*

2008

Grażyna Jurkowlaniec, *Epoka nowożytna wobec średniowiecza. Pamiątki przeszłości, cudowne wizerunki, dzieła sztuki*

Halina Manikowska, *Jerozolima – Rzym – Compostela. Wielkie pielgrzymowanie u schyłku średniowiecza*

Maciej Potz, *Granice wolności religijnej w państwie demokratycznym. Kwestie wolności sumienia i wyznania oraz stosunek państwa do religii w Stanach Zjednoczonych Ameryki w latach 90. XX wieku*

Beata Śniecikowska, *„Nuż w uhu”? Koncepcje dźwięku w poezji polskiego futuryzmu*



Przemysław Urbańczyk, *Trudne początki Polski*

2009

Weronika Chańska, *Nieszczęsny dar życia.*

Filozofia i etyka jakości życia w medycynie współczesnej

Jacek Gądecki, *Za murami.*

Krytyczna analiza dyskursu na temat osiedli grodzonych w Polsce

Maciej Gorczyński, *Prace u podstaw.*

Polska teoria literatury w latach 1913–1939

Krzysztof Jaskułowski, *Nacjonalizm bez narodów.*

Nacjonalizm w koncepcjach anglosaskich nauk społecznych

Justyna Kowalska-Leder, *Doświadczenie Zagłady z perspektywy
dziecka w polskiej literaturze dokumentu osobistego*

Stanisław Łojek, *Megalopsychokracja. O cnocie w polityce
i polityce cnoty (Od Homera do Arendt i Straussa)*

Grzegorz Myśliwski, *Wrocław w przestrzeni gospodarczej Europy
(XIII–XV wiek). Centrum czy peryferie?*

Robert Poczobut, *Między redukcją a emergencją.*

Spór o miejsce umysłu w świecie fizycznym

Artur Przybysławski, *Buddyjska filozofia pustki*

Tadeusz Szubka, *Filozofia analityczna.*

Koncepcje, metody, ograniczenia

Tomasz Tiuryn, *Boecjusz i problem uniwersaliów*

Marcin Trzęsiok, *Pieśni drzemią w każdej rzeczy.*

Muzyka i estetyka wczesnego romantyzmu niemieckiego

Adam Workowski, *Ontologiczne podstawy posiadania*

Paweł Żmudzi, *Władca i wojownicy.*

*Narracje o wodzach, drużynach i wojnach w najdawniejszej
historiografii Polski i Rusi*

2010

Piotr Celiński, *Interfejsy. Cyfrowe technologie w komunikowaniu*

Anna Dziedzic, *Antropologia filozoficzna*
Edwarda Abramowskiego

Piotr Filipkowski, *Historia mówiona i wojna. Doświadczenie*
obozu koncentracyjnego w perspektywie narracji biograficznych

Krzysztof Hubaczek, *Bóg a zło. Problematyka teodycealna*
w filozofii analitycznej

Monika Małek, *Liberalizm etyczny Johna Stuarta Milla.*
Współczesne ujęcia u Johna Graya i Petera Singera

Ireneusz Piekarski, *Z ciemności.*
O twórczości Juliana Strykowskiego

Marek Słoń, *Miasta podwójne i wielokrotne*
w średniowiecznej Europie

Jan Wasiewicz, *Oblicza nicości.*
Z dziejów nihilizmu europejskiego w XIX wieku

2011

Wojciech Bałus, *Gotyk bez Boga?*
W kręgu znaczeń symbolicznych architektury sakralnej XIX wieku

Natalia Bloch, *Urodzeni uchodźcy.*
Tożsamość diasporyczna pokolenia młodych Tybetańczyków
w Indiach

Mirosława Buchholtz, *Henry James i sztuka auto/biografii*

Paweł Gancarczyk, *Muzyka wobec rewolucji druku.*
Przemiany w kulturze muzycznej XVI wieku

Bartosz Kuźniarz, *Goodbye Mr. Postmodernism.*
Teorie społeczne myślicieli późnej lewicy

Monika Murawska, *Filozofowanie z zamkniętymi oczami.*
Fenomenologia ciała Michela Henry'ego



Roman Murawski, *Filozofia matematyki i logiki
w Polsce międzywojennej*

Andrzej Wypustek, *Bogowie, herosi i wybrańcy:
studia nad wizerunkiem zmarłych w greckich epigramatach
nagrobnych w epoce hellenistycznej i grecko-rzymskiej*

Radosław Zenderowski, *Religia a tożsamość narodowa
i nacjonalizm w Europie Środkowo-Wschodniej.
Między etnicyzacją religii a sakralizacją etnosu (narodu)*

Dorota Zygmuntowicz, *Praktyka polityczna.
Od „Państwa” do „Praw” Platona*

2012

Tamara Brzostowska-Tereszkiewicz, *Ewolucje teorii.
Biologizm w modernistycznym literaturoznawstwie rosyjskim*

Anna Markowska, *Dwa przełomy.
Sztuka polska po 1955 i 1989 roku*

Magdalena Rembowska-Pluciennik, *Poetyka intersubiektywności.
Kognitywistyczna teoria narracji a proza XX wieku*

Tadeusz Szubka, *Neopragmatyzm*

Paweł Załęski, *Neoliberalizm i społeczeństwo obywatelskie*

Krzysztof Wójtowicz, *O pojęciu dowodu w matematyce*

W PRZYGOTOWANIU

Anna Engelking, *Kołchoźnicy. Antropologiczne studium
tożsamości wsi białoruskiej przełomu XX i XXI wieku*

Janusz Grygień, *Wola powszechna w nowożytnej i współczesnej
filozofii politycznej*



- Iwona Krupecka**, *Filozoficzny kichotyzm Pokolenia '98. O idei podmiotu w myśli hiszpańskiej przełomu XIX i XX wieku*
- Michał Łuczewski**, *Odwieczny naród. Polak i Katolik w Żmiącej*
- Łukasz Niesiołowski-Spanò**, *Dziedzictwo Goliata. Filistyni i Hebrajczycy oraz ich wzajemne relacje*
- Grzegorz Pac**, *Rola społeczna żon i córek w dynastii piastowskiej do połowy XII wieku. Studium porównawcze*