

ŁUKASZ AFELTOWICZ

Od eksperymentów psychologicznych do komputerowych symulacji odkryć naukowych: wprowadzenie do kognitywnych studiów nad nauką i technologią

Głównym celem tekstu jest rekonstrukcja kognitywnych studiów nad nauką i technologią – nurtu badań rozwijającego się w ramach nauk kognitywnych od ponad piętnastu lat, którego korzenie sięgają do lat sześćdziesiątych. Podobnie jak same nauki kognitywne, nurt ten jest niezwykle zróżnicowany zarówno pod względem stosowanych metod, przyjmowanych perspektyw, jak i założeń na temat natury procesów poznawczych. W kognitywne studia nad nauką zaangażowani są zarówno kognitywiści przyjmujący tradycyjne ujęcie poznania jako przetwarzania informacji i operacji na symbolach, jak i przedstawiciele nowszych ujęć badawczych, w tym poznania usytuowanego. Jednocześnie przedstawiciele kognitywnych studiów nad nauką wywodzą się z różnych dyscyplin: filozofii i historii nauki, psychologii poznawczej, informatyki i badań nad sztuczną inteligencją, antropologii kognitywnej. Mimo to będę starał się zaprezentować możliwie spójny i kompleksowy obraz tego pola badawczego. W swej rekonstrukcji skupiam się zasadniczo na wykorzystywanych w ramach omawianego nurtu metodach badawczych.

Omawiając podejście kognitywnych studiów nad nauką i technologią, będę starał się skonfrontować je z badaniami z zakresu społecznych studiów nad nauką i technologią (*science and technology studies*, STS), w szczególności z socjologią wiedzy naukowej i antropologią nauki. Wy-

korzystanie STS jako punktu odniesienia dla prezentacji kognitywnych studiów nad nauką jest uzasadnione z przynajmniej trzech powodów. Po pierwsze, w przeciwieństwie do kognitywnych ujęć nauki, STS były szeroko dyskutowane w rodzimej literaturze z zakresu socjologii i filozofii – ich historia, metody, główne nurty i najważniejsze ustalenia zostały zaprezentowane w szeregu artykułów i książek (zob. np.: Abriszewski, 2006, 2008; Afeltowicz, 2011; Sojak, 2004; Zybortowicz, 1995). Zestawienie to pozwoli nam ocenić poziom instytucjonalizacji i dynamikę nurtu badawczego. Po drugie, istnieje szereg związków pomiędzy oboma nurtami. Część badaczy kognitywnych analizujących naukę stosuje analogiczne modele i podejścia co przedstawiciele STS, dochodząc do zbieżnych wniosków na temat funkcjonowania nauki i inżynierii. Niemniej jednak istnieją obszary gorących kontrowersji. Spory te omówię na przykładzie debaty wokół komputerowych symulacji odkryć naukowych. Po trzecie, ustalenia społecznych i kognitywnych studiów nad nauką są nie tylko w wielu punktach zbieżne, ale oba nurty są względem siebie komplementarne – uzupełniają się, ukazując nam pełniejszy obraz współczesnej praktyki naukowej. Ostatecznie będę zmierzał do wskazania pewnego wspólnego gruntu, na którym spotykają się kognitywne i społeczne rekonstrukcje praktyki naukowej.

Charakterystyka pola badawczego

Prezentację organizacyjnej i instytucjonalnej charakterystyki kognitywnych studiów nad nauką warto zacząć od porównania ich z STS. Socjologia nauki, jeszcze na długo przed mocnym programem, stanowiła silnie zinstytucjonalizowane pole badawcze o bogatej tradycji. W ramach STS wykształciło się kilka wpływowych szkół oraz rozwojowych programów badawczych. Istnieje szereg prestiżowych periodyków naukowych i serii wydawniczych poświęconych tej tematyce. Wydziały i katedry STS istnieją na wielu czołowych uczelniach, a cykliczne konferencje międzynarodowe (organizowane między innymi przez takie organizacje zrzeszające badaczy, jak EASST oraz 4S) gromadzą setki badaczy. Co ważne,

silna instytucjonalizacja nie doprowadziła w tym przypadku do skostnienia. Przedstawiciele STS nie ograniczyli się do reprodukcji myśli klasyków: aplikują w twórczy sposób funkcjonujące już koncepcje i narzędzia, rozwijają je, a niejednokrotnie proponują nowe ujęcia.

Przyjawszy powyższy punkt odniesienia, musimy stwierdzić, że kognitywne studia nad nauką i technologią są na wczesnym etapie procesu instytucjonalizacji. Zgodnie z wiedzą autora, jak dotąd nie pojawiły się czasopisma naukowe poświęcone wyłącznie tej tematyce. Wśród przedstawicieli tej dyscypliny nie brak jednak rozpoznawalnych badaczy; zaliczyć można do niej między innymi Davida Goodinga, Ronalda Giere'a oraz Davida Klahra. Z kognitywnymi studiami nad nauką wiąże się również osobę nieżyjącego już Herberta A. Simona. Wśród jego licznych dokonań wskazać należy prace z zakresu komputerowego modelowania procesów odkrycia naukowego [Langley et al., 1987; Simon, 1977; Simon, Langley, Bradshaw, 1981].

Zaznaczmy, że w ramach kognitywnych studiów nad nauką funkcjonują przedstawiciele różnych podejść teoretycznych i metodologicznych. Nie wykształcił się tu jeden główny 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 uzasadnione jest posługiwanie się określeniem „kognitywne studia nad nauką i technologią”, wskazać można między innymi znaczącą liczbę artykułów naukowych poświęconych tematyce praktyki badawczej i odkryć naukowych publikowanych na łamach czasopism kognitywistycznych [zob. np.: Dunbar, 1993; Klahr, Dunbar, 1988; Kulkarni, Simon, 1988; Okada, Simon, 1997; Qin, Simon, 1990; Schraagen, 1993; Schunn, Anderson, 1999]. Wspomnieć należy również o szeregu antologii prezentujących ustalenia realizowanych w tym nurcie badań [zob. Carruters, Stich, Siegela (red.), 2002; Magnani, Nersessian (red.), 2002; Magnani, Nersessian, Thagard (red.), 1999]. Szczególnie ważną okazuje się praca zbiorowa *Scientific and Technological Thinking* pod redakcją Michaela Gormana, Ryana Tweneya, Davida Goodinga i Alexandry Kincannon [2005]. 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.

Część reprezentujących ten nurt badaczy jest silnie związana z STS. Kognitywne studia nad nauką wielokrotnie nawiązują do ustaleń badaczy społecznych. Jednak pola kognitywnych studiów nad nauką nie można utożsamiać z badaniami socjologów i etnografów nauki. STS skupia się na szerokim spektrum problemów: poza aspektami poznawczymi badacze społeczni analizowali wymiar kulturowy, dyskursywny i polityczny nauki. Tymczasem kognitywiści badają naukę głównie jako rozwiązywanie problemów. Ujmując to innymi słowy, badacze społeczni są zainteresowani procesami negocjacji wyników i uzgadniania różnych wersji wiedzy, mechanizmami wymuszającymi koordynację wysiłków badawczych i uspołecznienie metodologii, wreszcie przebiegiem dyfuzji produktów laboratoriów i ich wpływem na szersze procesy społeczne, tymczasem kognitywiści analizują różne strategie, heurystyki i narzędzia stosowane przez indywidualnych badaczy i całe zespoły w celu rozwiązywania problemów poznawczych i technicznych¹.

Kognitywnych studiów nie można traktować jako subdyscypliny STS: nurt ten czerpie z o wiele szerszego spektrum tradycji. Choć w ramach STS istnieje wiele perspektyw, to większość z nich związana jest w istotny sposób z naukami społecznymi, ewentualnie historią lub filozofią nauki. Kognitywne studia nad nauką oprócz wiedzy socjologicznej i historycznej, wykorzystują również koncepcje z zakresu psychologii i neuro nauk.

Interdyscyplinarność kognitywnych studiów nad nauką uwidacznia się najpełniej w warstwie stosowanego instrumentarium. STS bazowało na skrupulatnych rekonstrukcjach historycznych, wywiadach, obserwacjach uczestniczących prowadzonych w miejscach pracy naukowców, wreszcie odwoływało się do analizy konwersacyjnej oraz analizy dyskursu. Wszystkie te metody zostały z powodzeniem przeniesione na grunt kognitywnych studiów nad nauką. Ponadto kognitywiści badający naukę wyko-

¹ Nie można jednak zapominać, że w praktyce wielu przedstawicieli STS formułowało istotne obserwacje dotyczące kognitywnego aspektu nauki przy okazji badań kulturowych [zob. np. Lynch, 1995; Latour, 2012].

rzystują szeroki wachlarz metod wywodzących się spoza nauk społecznych [zob. np.: Klahr, 2005; Klahr, Simon, 1999, 2001; 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]. Przyjrzyjmy się bliżej poszczególnym kategoriom.

In vivo

Metody *in vivo* polegają na próbie uchwycenia tego, co naukowcy robią, jak rozumują i jak działają w swoim naturalnym otoczeniu, czyli na przykład w laboratorium lub podczas seminarium badawczego [Dunbar, Blanchette, 2001; Dunbar, Fugelsang, 2005]. Chodzi o analizę nauki w działaniu, nie zaś wstecznie zracjonalizowane sprawozdania badaczy z realizowanych przez nich czynności [por. Latour 1987]. Przykładem zastosowania metod *in vivo* są oczywiście klasyczne badania prowadzone w ramach antropologii laboratoriów [Knorr, Cetina, 1981; Latour, Woolgar, 1979]. Do metody tej sięgali z powodzeniem również przedstawiciele kognitywnych studiów nad nauką.

Wspomnieć warto między innymi badania etnograficzne realizowane przez Kevina Dunbara [1994]. 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: cyklicznych seminariach, odczytach, jak i improwizowanych spotkaniach. Dzięki temu był w stanie ustalić podstawowe metody radzenia sobie z nieoczekiwanymi rezultatami eksperymentalnymi.

W ciągu rocznego badania Dunbar zapoznał się z szeregiem podań o granty oraz licznymi, wstępnymi wersjami artykułów naukowych. Poddał 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 nakłady czasu i pracy oraz poziom zaangażowania, jaki wiąże się ze

zbieraniem i obróbką danych w toku badań *in vivo*. Jednocześnie wykorzystanie tej grupy metod wymaga od badacza dużych zasobów wiedzy milczącej i doświadczenia, gdyż analizy etnograficzne zasadzają się w dużej mierze na świadomej refleksji i nieustannym problematyzowaniu samego procesu badawczego.

Jak stwierdzają Kevin Dunbar i Jonathan Fugelsang [2005, s. 59], metody *in vivo* nie dają dostępu do niezwerbalizowanych procesów poznawczych, czyli tego, co dzieje się „w głowach” badanych naukowców. Nie zmienia to jednak faktu, że dzięki temu podejściu wciąż możemy badać szereg czynności i procesów, które mają charakter zabiegów poznawczych lub „obliczeniowych” przebiegające w ramach interakcji między badaczami, ewentualnie w interakcji naukowców z materialnymi elementami ich otoczenia. Co istotne, tego typu czynności poznawcze nie zawsze mają zwerbalizowany charakter. Możemy śledzić nie tylko rozumowania członków wspólnoty lub zespołu, ich komunikację, ale także te czynności, które zakładają wykorzystanie różnego rodzaju narzędzi lub zewnętrznych reprezentacji problemów. Pozwala to zrozumieć rolę, jaką odgrywają w procesach poznawczych narzędzia oraz różnego rodzaju materialne elementy.

Na tych właśnie czynnikach skupiła się w swoich obserwacjach Nancy Nersessian, która wraz ze swoim zespołem przeprowadziła obserwacje uczestniczące w laboratoriach zajmujących się inżynierią biomedyczną [zob.: Nersessian, 2002, 2005; Nersessian et al., 2003]. W jednym z badanych laboratoriów realizowano prace nad sztucznymi naczyniami krwionośnymi, 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 posługiwali się obserwowani badacze. Wyróżniali oni trzy główne kategorie: (1) wyposażenie laboratoryjne; (2) instrumenty pomiarowe; (3) urządzenia.

Funkcja pierwszych z wymienionych polegała na tym, że – jak ujmovali to sami badani – „asystowały” one w wykonywanej przez nich manualnej lub konceptualnej pracy. Do kategorii tej zaliczano pipety, wagi, próbówki, lodówki oraz urządzenia obliczeniowe. Narzędziom tym przy-

pisywano najmniejsze znaczenie, jako że w odczuciu badaczy jedynie ułatwiały one wykonywanie czynności badawczych: teoretycznie można by realizować badania, 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. Tę kategorię narzędzi badawczych można utożsamić z urządzeniami inskrypcyjnymi w rozumieniu Bruna Latoura i Steve'a Woolgara. 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, s. 51; por. Latour, 2009]. Obaj socjologowie pokazują w swoim studium, że znaczna część wysiłków analizowanych przez nich badaczy polegała na obsłudze tych maszyn, czytaniu, przepisywaniu, kodowaniu i analizowaniu ich wydruków, wreszcie zestawianiu inskrypcji z innymi „tekstami” – wydrukami pochodzącymi z innych maszyn oraz danymi prezentowanymi w artykułach i raportach naukowych [Latour, Woolgar, 1979, s. 49]. Ich wniosek był następujący: inskrypcje ułatwiają lub wręcz umożliwiają, takie procesy poznawcze, jak wychwytywanie wzorców, cech wspólnych jak i indywidualnych, a także porównywanie, zestawianie i generalizowanie. Naukowcy, dzięki urządzeniom inskrypcyjnym, sprowadziwszy świat do postaci kartki papieru, mogą „myśleć za pomocą oczu” [Latour, 2012]. Analogicznie, Nancy Nersessian wskazuje, że instrumenty pomiarowe i dostarczane przez nie reprezentacje stanowiły z jednej strony podstawowe środki umożliwiające dostęp do badanej rzeczywistości, z drugiej zaś efektywne narzędzie redukcji złożoności problemów poznawczych. Podobne wnioski formułuje David Gooding [2004, 2005].

Nersessian pokazuje, że dla praktyki laboratoryjnej najistotniejsza była trzecia kategoria narzędzi, czyli 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. Konieczne było laboratoryjne odtworzenie 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 (nazywa również pętlą przepływową), a także wykorzystywane w badaniach bioreaktory. Urządzenia te pozwalały przebadać, jak sztuczne naczynia będą sobie radziły ze zmianami ciśnienia panującego w układzie krwionośnym oraz czy będą sprzyjać infekcjom bakteryjnym. Innymi słowy, obszary symulacji pozwalały odtworzyć zjawiska w taki sposób, aby dostosowane były do percepcyjnych i technicznych kompetencji badaczy.

Omawiając metody *in vivo*, wspomnieć należy również o unikalnym pod wieloma względami studium autorstwa Jeffa Shragera [2003, 2005]. Badania etnograficzne i obserwacje uczestniczące pokazują, w jaki sposób tworzy się nową wiedzę i technologie, najczęściej nie ukazują jednak procesów socjalizacji i akulturacji, w wyniku których młodzi adepci opanowują techniki manipulacji, prezentacji i komunikacji właściwe poszczególnym wspólnotom naukowym. W 1996 roku Shrager, sam będąc informatykiem i psychologiem poznawczym, podjął starania, by stać się biologiem molekularnym specjalizującym się w badaniach nad fitoplanktonem. Jego znajomość chemii, fizyki i biologii ograniczała się do wiedzy wyniesionej z kilku podstawowych kursów. W 1999 roku został pracownikiem laboratorium biologii roślin na Stanford University. Począwszy od 2000 roku, kiedy to zaczął pracować w laboratorium w pełnym wymiarze godzin, 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 nieobciążonego błędem wstecznej racjonalizacji. Jak zauważa Shrager, wykorzystana przez niego metoda może znaleźć zastosowanie w badaniach na szeroką skalę: w tym celu należałoby wyłonić spośród mło-

dych studentów, którzy po przeszkoleniu w zakresie metod obserwacji uczestniczącej i motywowani symbolicznymi stypendiami prowadziliby pamiętniki, w których odnotowywaliby swoje bieżące obserwacje i doświadczenia [Shrager, 2005, s. 134].

In vitro

Metody *in vitro* polegają na systematycznym badaniu sposobów, w jaki nienaukowcy radzą sobie z problemami naukowymi w warunkach laboratorium psychologicznego. Badania tego typu prowadzone są z udziałem laików, co wymaga od eksperymentatorów dokonywania szeregu uproszczeń. Uczestnikom symulacji można przekazać jedynie niewielką ilość wiedzy związanej z domeną. Nie można również wymagać od nich znajomości umiejętności technicznych potrzebnych w pracy laboratoryjnej. Również zadania, jakie mają wykonać w ramach doświadczenia, muszą być relatywnie proste. Eksperymenty *in vitro* zakładają niekiedy rozwiązywanie problemów charakteryzujących się jedynie podobną strukturą do problemów naukowych. Często symulowane są tylko wybrane czynności badawcze, takie jak stawianie i sprawdzanie hipotez, wyciąganie wniosków czy projektowanie eksperymentów. Szereg symulacji tego typu zaprojektowali i przeprowadzili: David Klahr, Kevin Dunbar, Anne L. Fay i Herbert A. Simon [Baker, Dunbar, 2000; Dunbar, 1993, 1994; Klahr, 2000; Klahr, Dunbar, 1988; Klahr, Fay, Dunbar, 1993; Simon, 1992].

Chcąc zrozumieć specyfikę metod *in vitro*, warto przyjrzeć się bliżej przykładowej próbie odtworzenia procesu badawczego w warunkach laboratoryjnych. Proponuję przeanalizować eksperyment autorstwa Kevina Dunbara [1993, 1994] będący symulacją procesu odkrycia mechanizmu kontroli genetycznej. 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 przez pałeczkę okrężnicy (*E. coli*)². Uczestnicy eksperymentu nie powtarzali czynności laboratoryj-

² *E. coli* potrzebuje do życia glukozy. Najpowszechniejszym źródłem glukozy w jej środowisku jest laktoza. Kiedy laktoza jest obecna, bakteria wydziela beta-galaktozydazę –

nych, których realizacja jest czasochłonna i wymaga lat wprawy oraz posiadania bogatych zasobów wiedzy milczącej. Na potrzeby eksperymentu prawdziwe laboratorium zastąpił program komputerowy, dzięki któremu badani mogli wprowadzać różnego rodzaju propozycje testów i obserwować ich wyniki. Innymi słowy, wymiar praktyki laboratoryjnej został pominięty, a praca naukowa została wymodelowana jako stawianie i sprawdzanie hipotez.

W ramach dwóch studiów Dunbar prosił 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. 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 formułować 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 ekspe-

enzymy, które rozkładają laktozę na glukozę. Enzym wydzielany jest tylko wtedy, gdy obecna jest laktoza. Jacob i Monod odkryli, że zestaw genów regulujących inhibituje geny odpowiedzialne za produkcję enzymu do czasu, aż jest on potrzebny. Mechanizm polega na tym, że w obecności laktozy inhibitor przyczepia się właśnie do cząsteczek laktozy, pozwalając działać genom odpowiedzialnym z 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 *E. coli* okazał się być generalnym mechanizmem regulacji genetycznej [zob. Dunbar, 1994, s. 365–366].

rymentu 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 go, będą poszukiwali wyjaśnienia dla zaskakujących rezultatów, które uzyskali. Wtedy byliby w stanie sformułować hipotezę inhibicyjną. Tak właśnie się stało. W studium tym dwa razy więcej badanych zaproponowało hipotezę inhibicyjną niż poprzednim eksperymentem i więcej doszło do poprawnych konkluzji. Zaobserwowany w drugim studium wzorec 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 [Klahr, 2000; Tweney, Doherty, 1993]. Wyniki doświadczeń Dunbara potwierdzają przypuszczenie, wedle którego cele ustalane przez podmiot określają, kiedy oraz w jaki sposób wykorzysta on zaskakujące wyniki niezgodne z jego hipotezami. Innymi słowy, cele ustalane przez badanych były kluczowe dla procesu odkrycia. Jedynie poszukiwanie przyczyn zaskakujących ustaleń w połączeniu ze zmianą celów umożliwiło odkrycie.

Wyniki eksperymentów Dunbara pozwalają sądzić, że możliwe jest zrozumienie istotnych aspektów rozumowania naukowego poprzez reprodukcję (ewentualnie „symulowanie”) procesu odkrycia w laboratoriach psychologicznych w ramach eksperymentów z udziałem laików. W przeciwieństwie do metod *in vivo* symulacje eksperymentalne nie wydają się najwłaściwszym podejściem, jeżeli chodzi o ustalenie roli materialnego kontekstu i interakcji społecznych w procesie odkrycia naukowego. Nie oznacza to jednak, że metody *in vitro* w ogóle nie pozwalają uchwycić wspomnianych wymiarów procesu badawczego. Przywołać warto tu eksperyment Takesiego Okady i Herberta A. Simona [1997], którzy usiłowali zrekonstruować proces grupowego odkrycia naukowego. Powtórzyli eksperyment Dunbara, porównując sposób rozwiązywania problemu przez jednostki z tym, jak z zadaniem radziły sobie pary. Okazało się, że dwuosobowe zespoły radziły sobie zdecydowanie lepiej. Okada i Simon wyjaśniają, że lepsze wyniki par nie stanowiły konsekwencji tego, że dysponowały one większą ilością czasu: pary nie proponowały wcale

więcej hipotez ani nie przeprowadzały więcej eksperymentów niż pojedynczy badani. Pary sprawniej dochodziły do właściwego rozwiązania bez konieczności eksperymentowania lub snucia hipotez „na ślepo”. Ich przewaga polegała na tym, że częściej od indywidualnych badanych 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. Niejednokrotnie 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 STS, jak i badań kognitywnych, są stosunkowo nieliczne [zob. np.: Gorman et al., 1984; Laughlin, 1988, 1991].

Ex vivo

Kolejną kategorię stanowią metody *ex vivo*. W biologii określenie to stosuje się w odniesieniu do procedur, 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 zazwyczaj 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 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 metoda ta narażona jest na wypaczenia związane z tym, że naukowcy mogą pomijać pewne aspekty, sądząc, że są one nieinteresujące dla prowadzącego wywiad socjologa lub kognitywisty. Co więcej, respondent może mieć problem z wyartykułowaniem wiedzy milczącej, stanowiącej podstawę jego warsztatu. Przede wszystkim jednak istnieje ryzyko, że wypowiedzi naukowców wyjaśniających swoje działania obarczone będą wsteczną racjonalizacją. Innymi słowy, naukowcy bardzo często, zamiast zdać szczegółową relację ze swoich prac, odwołują się do kulturowo zinstytucjonalizowanych, stereotypowych wyjaśnień procesu badawczego.

Metody należące do grupy *ex vivo* nie ograniczają się wyłącznie do wyrwania badacza z właściwego mu kontekstu. Zaliczyć można tu 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 należą między innym skrupulatne rekonstrukcje historyczne powszechnie prowadzone w ramach STS. Badania te są często oparte na analizie prywatnych notatek sławnych uczonych lub protokołów laboratoryjnych, pochodzących z ich pracowni. Źródła tego typu ukazują nam najczęściej obraz odmienny od rozpowszechnionego oblicza nauki. Poszukując korzeni naukowej kreatywności, nie można poprzestać na oficjalnej prezentacji pracy badaczy. Jak argumentuje wielu kognitywistów i badaczy społecznych, 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 rekonstruować 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 podejść praktyki wynalazców i naukowców nie są analizowane wyłącznie jako procesy myślowe, ale również jako manipulacje laboratoryjne i majsterkowanie.

Do badań historycznych można zaliczyć również analizy Paula Thagarda [2002, 2005], w których skupił się on na biografiiach i autobiografiach dwudziestowiecznych 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.

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* zmuszony jest ograniczyć się do istniejących źródeł.

Kognitywni badacze nauki nie ograniczają się jednak do rekonstrukcji procesu myślowego sławnych wynalazców i odkrywców. Przykładowo, Ryan Tweney, Ryan Mears i Christine Spitzmüller [2005; zob. również Tweney, 2004] fizycznie odtworzyli warunki, 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 przedmioty. W związku z tym skupili swoją uwagę nie tylko na dokumentach historycznych, ale także na urządzeniach eksperymentalnych, z których korzystał sławny uczyony. Należy podkre-

ślić, że badacze nie tyle wywołali za pomocą nowoczesnej aparatury efekty fizyczne odkryte przez Faradaya, ile wykorzystali do próby powielenia kolejnych kroków Faradaya wierne repliki jego aparatury, zbliżone techniki i identyczne próbki. Podejście takie nie tylko pozwala pokazać, w jaki sposób dokonały się pewne przeskoki między modelami mentalnymi i ich realizacją w ramach eksperymentu, ale przede wszystkim daje nam lepszy wgląd w dynamiczne interakcje badaczy z narzędziami i 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, badania za pomocą elektroencefalografii oraz spektroskopii podczerwonej, a także eksperymenty wykorzystujące magnetyczną stymulację śródczaszkową. 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 w całości znajduje się w skanerze, można przekazywać polecenia eksperymentalne najczęściej za pomocą głosu, co utrudnia komunikację.

Teoretycznie metody *in magnetico* mają pomóc odpowiedzieć nam na pytanie, co naprawdę dzieje się w mózgu człowieka, gdy realizuje on czynności kojarzone z pracą naukową. Badacze zastanawiają się również,

jakie obszary mózgu lub szlaki przetwarzania informacji neuronalnej związane są z rozumowaniami naukowymi, ewentualnie czym różni się rozwiązywanie problemów naukowych od nienaukowych na poziomie aktywności mózgu.

Metody z omawianej grupy z uwagi na wysoki koszt aparatury są rzadko stosowane. Wymienić można nieliczne studia [zob. Fugelsang, Dunbar, 2005]. Głównym obszarem badań *in magnetico* są: rozumowania analogiczne, relacje przyczynowe, wychwytywanie błędów i różnic, rozwiązywanie skomplikowanych problemów poznawczych oraz radzenie sobie z nieoczekiwanymi rezultatami [Fugelsang et al., 2005; Green et al., 2006; Green et al., 2007].

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 programów 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 (ASON). Pierwsze programy tego typu tworzone już w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Ich działanie polegało na śledzeniu zależności w sztucznie spreparowanych danych empirycznych. 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*, wymienić można wyznaczanie praw ze zbiorów danych (programy BACON.1-BACON.5), określanie zakresu stosowalności 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 pamiętać należy, że ASON okazały się stanowić narzędzie wspomagające prace prawdziwych naukowców.

Pionierami prac nad ASON byli Simon oraz zgromadzeni wokół jego osoby badacze, między innymi Pat Langley, Gary Bradshaw oraz Jan Żytkow [zob. Langley et al., 1987]. Dwie inne ważne tradycje, które się ukształtowały, to tradycja Alana Turinga oraz program badawczy rozwijany przez Johna H. Hollanda, Keitha J. Holyoaka, Richarda E. Nisbetta i Paula R. Thagarda [zob. Holland et al., 1986]. Choć radziły sobie one znacznie lepiej z zarzutami kierowanymi pod adresem ASON, jednak w swojej rekonstrukcji metod *in silico* skupię się na badaniach grupy Simona. Po pierwsze, grupa ta sformułowała program, który w wielu miejscach odnosi się do współczesnych im badań nad nauką; badacze ci byli głęboko zainteresowani problematyką filozofii nauki, a programy swojego autorstwa traktowali nie tylko jako modele ludzkiego poznania, ale również jako konstruktywne dowody na istnienie logiki odkrycia naukowego. Po drugie, prace zespołu Simona były najszerzej omawiane, a oni sami zaangażowali się w spór z socjologami, który rozgorzał pod wpływem tekstu Petera Slezaka [1989a]. Główna teza wspomnianego artykułu głosiła, że możliwość skonstruowania programów dokonujących odkryć naukowych obala mocny program szkoły edynburskiej. Kontrowersja ta jest istotna w kontekście wzajemnych relacji między STS a kognitywnymi studiami nad nauką. Zanim jednak przejdziemy do tej i innych kontrowersji wokół ASON, warto zrekonstruować tradycję kognitywistyczną, z której wyrósł program badawczy kierowany przez Simona. Mowa o nurcie badań nad procesami poznawczymi konceptualizowanymi jako rozwiązywanie problemów.

Nurt problem solving

Kognitywne studia nad rozwiązywaniem problemów zapoczątkował Simon we współpracy z Allenem Newellem [Newell, Simon 1972; Simon

1969, 1977, 1979]. Przyjęli oni, że ludzki mózg stanowi system przetwarzania informacji uzyskiwanych z zewnątrz dzięki zmysłom i kodujący je w postaci symbolicznej. Procesy myślowe utożsamiono z procesem kopiowania, reorganizowania i porównywania ciągów symboli, które przebiegało w różnych systemach pamięci. *Problem solving* to paradygmatyczny przykład tradycyjnego ujęcia kognitywistycznego silnie nawiązującego do metafory komputerowej, czyli tak zwanego komputacjonizmu.

W ramach swoich badań Simon i Newell wprowadzili istotne rozróżnienie na problemy precyzyjnie zdefiniowane/ustrukturyzowane oraz problemy słabo zdefiniowane/ustrukturyzowane [Simon, 1977, s. 304–325]. 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, przejść będą mogli do opisu metod służących do radzenia sobie z o wiele szerszą klasą problemów zdefiniowanych nieprecyzyjnie. Punktem wyjścia były rozwiązania lub zbiory możliwych rozwiązań dla szeregu łamigłówek i gier o prostych regułach, takich jak wieża Hanoi, go czy szachy. Ostatniej z wymienionych gier poświęcono szczególną uwagę w kognitywistyce [zob.: Charness, 1992; Chase, Simon, 1973]. 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. 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.

Newell i Simon stwierdzają, że każdy dobrze zdefiniowany problem można zaprezentować w postaci abstrakcyjnego środowiska problemowego (*task environment*), które koresponduje z jego strukturą. Często reprezentowane było ono jako graf, którego węzły oddawały stany problemu, a powiązania między węzłami reprezentowały możliwe działania. Przykładowo, dla problemu wieży Hanoi środowisko problemowe przyjmowało postać drzewa, które powstawało w wyniku szczegółowego rozrysowa-

nia efektów wszystkich możliwych wyborów, jakie mogła podjąć osoba układająca łamigłówkę. Jak zauważają Simon i Newell, wiele gier, pozornie różnych, jest izomorficznych w warstwie abstrakcyjnej struktury. W ramach ich ujęcia wszystkie różnice biorące się z aktualnej, fizycznej realizacji środowiska problemowego w postaci łamigłówki oraz czynniki kontekstowe uznawane były za poboczne i nieinteresujące.

Kolejną wprowadzoną przez Newella i Simona kategorią jest przestrzeń problemowa (*problem space*). Pojmowana była ona 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 skomplikowanych problemów odbywa się najczęściej na zasadzie ich dekompozycji do postaci prostszych zadań. Jednocześnie, jak ujmuje to Simon, rozwiązanie problemu polegać może na takim reformułowaniu go lub zaprezentowaniu, aby rozwiązanie stało się ewidentne. Przeszukiwanie możliwych stanów środowiska problemowego, mentalnie rekonstruowanych w postaci przestrzeni problemowych nie odbywa się w sposób przypadkowy, lecz oparte jest o wykorzystanie różnorodnych heurystyk. Ludzie przeszukują przestrzeń w sposób selektywny i często są w stanie znaleźć rozwiązanie bez konieczności wykonywania niepotrzebnych rozumowań.

Simon i Newell wyróżniają „słabe” i „silne” heurystyki. Rozwiązując problemy, ludzie często posługują się strategiami charakterystycznymi dla danej dziedziny problemowej, czyli właśnie heurystykami „mocnymi”. 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, które mają bardzo szeroki zakres zastosowania. Eksperci charakteryzują się tym, że we właściwych sobie dziedzinach problemowych są w stanie efektywnie rozpoznawać różne

go 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 charakterystykę procesu rozwiązywania problemów, byli w stanie konstruować systemy sztucznej inteligencji zdolne do rozwiązywania skomplikowanych problemów. Nie dotyczy to tylko maszyn zdolnych do rozwiązywania łamigłówek logicznych lub gry w szachy, ale także komputerowych systemów eksperckich. 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.

Badania Simona i Newella znalazły zastosowanie w szeregu prac z zakresu psychologii poznawczej i nauk kognitywnych. Do tej perspektywy właśnie odwoływali się David Klahr oraz Kevin Dunbar.

Odkrycie naukowe jako rozwiązywanie problemów

Według grupy badawczej Simona mechanizmy odkrycia naukowego nie mają specyficznego, unikalnego dla tej działalności charakteru, lecz stanowią szczególny przypadek ogólnych mechanizmów rozwiązywania problemów [Langley et al., 1987, s. 5]. Innymi słowy, odmawiają oni działalności naukowej wyróżnionego statusu poznawczego, rozważając ją w tych samych kategoriach, w jakich Newell i Simon analizowali rozwiązywanie „łamigłówek” [Simon, 1966, 1992]. W przypadku pracy naukowej również mamy do czynienia z dekompozycją problemów oraz zastosowaniem znanych z *problem solving* heurystyk. Wbrew pozorom naukowcy w dużej mierze bazują 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 – miały 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, czyli losowego przeszukiwania całej przestrzeni problemowej w poszukiwaniu rozwiązania. Gdyby szachista postępował w ten sposób, grając w szachy, nie byłby w stanie w ciągu jednego życia przeanalizować wszystkich możliwych kombinacji ruchów. Podobnie naukowcy nie wysuwają swoich hipotez, propozycji eksperymentów i interpretacji wniosków w sposób przypadkowy ani nie rozważają wszystkich dostępnych możliwości. Jeżeli system miał zachowywać się podobnie do człowieka, musiał on (1) działać w sposób nieprzypadkowy i (2) znajdować rozwiązanie przy możliwie małej liczbie dodatkowych obliczeń związanych z przeszukiwaniem przestrzeni problemowej.

Próbując wykazać podobieństwo między ASON a działaniem prawdziwych badaczy, ich twórcy odwoływali się do metod *in historico*. Replikując sławne odkrycia naukowe, wprowadzali do swoich programów informacje, jakimi dysponowali pierwotni odkrywcy. Ponadto, uzupełniali swoje symulacje o opisowe rekonstrukcje historycznych odkryć, ujmując je w kategoriach *problem solving*. Przykładowo, dokonali analizy odkrycia przez Maxa Plancka prawa promieniowania ciała doskonale czarnego [Langley et al., 1987: 47–54] oraz sformułowania przez Izaaka Newton prawa powszechnego ciężenia [Langley et al., 1987, s. 54–57]. W pierwszym studium autorzy przekonują, że problemy, z którymi musiał uporać się Planck, można było rozwiązać, odwołując się do metod z zakresu termodynamiki. Istniało jednak prostsze rozwiązanie oparte na pewnej generalnej 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 [2005] pokazuje, w jaki sposób w latach pięćdziesiątych 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.

Krytyka ASON i symulacji *in vitro* jako modeli praktyki naukowej

Pomimo dokonywanych przez zespół Simona rekonstrukcji oraz wskazywania podobieństw między zaimplementowanymi heurystykami a tymi, które obserwujemy w laboratoriach psychologicznych, podnoszone były głosy krytyki mówiące, że ASON nie stanowią adekwatnej 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 rzeczywistych badań: miały stanowić normatywne modele odkrycia naukowego, czyli mówić nam, jak w optymalny sposób realizować badania.

Członkowie zespołu Simona sami wskazywali ograniczenia ASON jako modeli poznania naukowego. Zauważają między innymi, że przedsięwzięcia naukowe są realizowane nie przez jednostki, lecz całe zespoły [Langley et al., 1987, s. 6]. Konstatacja ta nie miała jednak wpływu na sposób ujmowania przez nich procesu odkrycia – w ramach zaproponowanego przez nich ujęcia społeczny wymiar pracy naukowej zostaje pominięty. W przypadku ASON zbiorowe rozwiązywanie problemów zdaje się polegać dokładnie na tym samym, co rozwiązywanie ich w pojedynkę – mamy do czynienia co najwyżej z rozłożonym w czasie działaniem mechanicznego podziału pracy. Tymczasem badania Nersessian, Dunbara, a także eksperymenty Okady i Simona sugerują, że interakcje społeczne stanowią istotny element praktyki badawczej.

Członkowie grupy Simona sami zwracają uwagę na różnice między problemami naukowymi a nienaukowymi. W nauce mamy najczęściej do czynienia ze słabo zdefiniowanymi zagadnieniami. Rozwiązywanie problemów badawczych wymaga wyższego poziomu precyzji, niż rozwiązywanie problemów nienaukowych. Poziom precyzji określenia punktu docelowego w przypadku prac nowatorskich jest bardzo niski, przynajmniej na początkowym etapie badań. Samo określenie punktu docelowego staje się problematyczne – badacze często sami nie wiedzą, czego tak właściwie szukają, ewentualnie nie zawsze zdają sobie sprawę z faktu odnalezienia rozwiązania, kiedy na nie natrafiają [Langley et al., 1987, s. 6–7].

Krytycy ASON wskazywali na wiele innych ograniczeń podejścia stosowanego przez zespół Simona, twierdząc, że tworzone przez nich symulacje nie oddają istoty procesu odkrycia. Donald A. Gillies [1992] 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. 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 [por. Brannigan, 1989, s. 605; Giere, 1989, s. 640]. Sytuacja ta przywodzi na myśl omawiany przez Flecka [1986, s. 121] przykład, w którym badacz klasyfikuje widoczne na płytce agarowej kolonie bakterii – ma on już z góry zakreślone pole swoich poszukiwań i posługuje się ustalonym aparatem pojęciowym. Zauważmy jednak, że podobna sytuacja ma miejsce nie tylko w przypadku ASON, ale także podczas symulacji odkryć naukowych realizowanych w laboratoriach psychologicznych. Uczestnicy doświadczeń również mają najtrudniejsze elementy rozwiązania dane z góry. Tymczasem pierwotni odkrywcy funkcjonują najczęściej w warunkach wysokiej niepewności: nie wiedzą jeszcze, co jest ważne,

a co nie, a często nie są nawet w stanie określić, czego dokładnie szukają. Pierwsi odkrywcy zwykle nie wiedzą również, czy zadają właściwe pytania. Najczęściej mają oni do czynienia z problemami słabo zdefiniowanymi. Ustrukturyzowanie problemu sprawia, że nawet niezwykle złożone zadanie sprowadzone zostaje do łamigłówki, a badacz nie jest zmuszony przeszukiwać bardzo szerokiego spektrum możliwych hipotez, pytań, metod. Zarówno uczestnicy eksperymentów psychologicznych, jak i same programy dostają do rozwiązania właśnie tego typu dobrze zdefiniowane zadania. W efekcie symulacje *in silico* i *in vitro* okazują się mieć więcej wspólnego z transmisją wiedzy w ramach szkolnych eksperymentów niż z autentycznym, pierwotnym odkryciem. Wszak uczniowie spodziewają się, jakie wyniki mają uzyskać, a także mają wyznaczone z góry jasne ramy działania [por. Giza, 2006, s. 79–81].

Dodatkowym czynnikiem, który komplikuje obraz, jest kwestia niejednoznaczności wyników eksperymentów, na którą zwracają uwagę socjologowie i antropologowie nauki. Jak twierdzi Simon i jego współpracownicy, opracowywane przez nich ASON były w stanie radzić sobie z pewną dozą „szumu” informacyjnego, który wynikał z braku precyzji dostarczanych programowi danych. Przykładowo, BACON mógł ignorować pewne drobne odchylenia od postulowanego przez niego praw [Langley et al., 1987, s. 69]. Problem polega jednak na tym, że brak jednoznaczności w interpretacji eksperymentu nie sprowadza się wyłącznie do kwestii precyzji pomiarów i radzenia sobie z „szumem”. Podczas nowatorskich badań laboratoryjnych często mamy do czynienia z sytuacją, gdy nie jesteśmy pewni, czy uzyskany wynik stanowi efekt działania jakiegoś naturalnego procesu, czy artefakt procedury laboratoryjnej lub rezultat błędu badacza [zob. Collins, Pinch, 1998, s. 149–151]: to nie to samo, co stwierdzenie, że uzyskane wyniki są nieprecyzyjne. Potwierdzenie wyników eksperymentalnych innego laboratorium lub powielenie niestandardowego urządzenia nie jest czynnością trywialną, gdyż wymaga wprawy i wiedzy milczącej. Replikacja niejednokrotnie wymusza na badaczach powtórzenie niemal całego procesu poznawczego. Co więcej, 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, s. 67–68]. Podobne problemy laboratoryjne generuje zastosowanie instrumentów produkowanych przez różne firmy lub próbek pochodzących z różnych źródeł. Michael Mulkey i Nigel Gilbert przytaczają w swoim studium następującą wypowiedź biologa:

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, Mulkey, 1984, s. 53]

Powyższe ujęcie praktyki naukowej podważa wiarygodność ASON i eksperymentów *in vitro* jako adekwatnych reprezentacji praktyki badawczej. Przykładowo, Dunbar dostarczył uczestnikom eksperymentu informacje na temat dziedziny problemowej podobne do tych, jakimi dysponowali pierwotni odkrywcy. Wszak nie można oczekiwać, że badani opanują na potrzeby eksperymentu umiejętności laboratoryjne oraz posiadają wiedzę milczącą, jaką dysponowali prawdziwi biolodzy. Uczestnicy testowali swoje hipotezy, korzystając z symulowanego „laboratorium”, czyli programu komputerowego, który pozwalał im projektować „eksperymenty” i generował ich wyniki. Istotne jest, że algorytm programu sformułowany został na bazie ustaleń Monoda i Jacoba: generował wyniki, posługując się końcowymi ustaleniami francuskich biologów, a tym samym najprawdopodobniej pomijał wszelkie anomalie, z którymi ci faktycznie mieli do czynienia i pozwalał 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 jako reprezentację praktyki naukowej rozwiązywanie spreparowanych,

precyzyjnie zdefiniowanych problemów. Trzeba pamiętać, że antropologia nauki pokazuje, jak wiele skomplikowanych przekształceń lub inaczej translacji potrzeba, by badacze mogli w ogóle zacząć stosować narzędzia matematyczne, trałować dane lub wykorzystywać optymalne pod względem ilości obliczeń heurystyki [zob. Abriszewski, Afeltowicz, 2007, 2009]. Innymi słowy, zanim ASON będą mogły przystąpić do rozwiązywania problemów, świat musi zostać „zdyscyplinowany”, zestandaryzowany i uczyniony „czytelny”, a badacze muszą 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, dające się rozwiązywać za pomocą heurystyk opisywanych 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, 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, s. 609; Gorman, 1989, 1992, s. 164–191; Collins, 1989, s. 619–621]? Dodajmy, że wielu współczesnych kognitywistów odchodzi od wizji procesów poznawczych jako przetwarzania mentalnych reprezentacji i operacji na symbolach. Coraz częściej porzuca się tradycję komputacjonistyczną na rzecz podejść, które w wyjaśnieniu poznania biorą pod uwagę rolę otoczenia, ciała i narzędzi, czyli tych elementów, które *problem solving* i program Simona pomijają już w swoich założeniach programowych.

Poza opozycję kognitywne vs społeczne

Według badań antropologów i socjologów specyfika nauki nie bierze się z jej kognitywnego, społecznego czy psychologicznego charakteru. Jak

twierdzi Bruno Latour [2009], w laboratoriach nie dzieje się nic nadzwyczajnego, a sposób rozumowania naukowców lub normy społeczne, jakimi się kierują, nie odbiegają w znaczący sposób od tego, co znamy z innych obszarów praktyk społecznych. 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 wspomnianą redukcję złożoności, można badać, wykorzystując metody obserwacji uczestniczącej i narracje antropologiczne.

Dlatego też Latour i Woolgar w posłowniu do drugiego wydania *Laboratory Life* rzucili wyzwanie kognitywistycznym wyjaśnieniom, które usiłują tłumaczyć efektywności nauki, odwołując się do kategorii odcieleśnionego, wyabstrahowanego ze środowiska fizycznego 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, s. 280]³

Jednym z istotnych obszarów kontrowersji między społecznymi a kognitywnymi studiami nad nauką były ASON. W roku 1989 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 eksperckiego

³ W wydanej w następnym roku pracy *Science in Action* Latour sformułował powyższą propozycję już w postaci postulatów metodologicznych. Formuluje 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, s. 246–247].

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; Collins 1989, 1991; Fuller, 1989, 1991; Giere, 1989, 1991; Gorman, 1989, 1991, 1992: 164–191; Myers, 1989; Simon, 1991; Slezak, 1989b, 1991; Thagard, 1989; Woolgar, 1989, 1997]. Wśród zarzutów skierowanych pod adresem też Slezaka pojawiła się większość zarzutów dotyczących ASON, które przywołałimy, rekonstruując prace zespołu Simona. Przedstawiciele STS argumentowali, że ASON nie są wcale wolne od uwarunkowań społecznych, jako że autorzy programów wbudowują do swoich twórców 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. W gruncie rzeczy żadna ze stron nie ma możliwości narzucenia przeciwnikom własnej definicji sytuacji. Co więcej, brak jest przestrzeni dyskusyjnej, na gruncie której można by usiłować wypracować konsensus.

Wynikać by mogło z tego, że kognitywne studia nad nauką stanowiły alternatywny, niewspółmierny nurt badań rozwijający się w całkowitym niemal oderwaniu od STS. W świetle powyższych kontrowersji powiązanie społecznych i kognitywnych podejść wydać musiałoby się mało prawdopodobne. Relacja między kognitywnymi a społecznymi studiami nad nauką jest jednak bardziej skomplikowana. Rzeczywiście, jeszcze pod koniec lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku istniał silny antagonizm między socjologami i antropologami nauki a kognitywnymi badaczami nauki wychodzącymi od tradycji komputacjonistycznej. Sytuacja zaczęła

się jednak zmieniać w latach dziewięćdziesiątych wraz z gwałtownym rozwojem ujęć, które zrywały z wizją umysłu jako maszyny obliczeniowej. Co istotne, ustalenia tych podejść były w wielu punktach zbieżne ze sposobem, w jaki antropologia nauki ujmuje poznanie. Mowa o dwóch nurtach badawczych – poznaniu usytuowanym oraz poznaniu rozproszonym. Warto odnotować, że wiele prac rozwijających alternatywne ujęcie pojawiło się w pierwszych latach „dziesięcioletniego moratorium” ogłoszonego przez Latoura i Woolgara. Wspomnieć warto między innymi o książce *Plans and Situated Actions* autorstwa Lucy Suchman [1987], analizach usytuowanego uczenia się przeprowadzonych przez Jean Lave [1988], pracy *The Embodied Mind* Francisca Vareli, Evana Thompsona i Eleanor Roch [1991], czy wreszcie *Cognition in the Wild* Edwina Hutchinsa [1995]. Prace te miały istotny wpływ na różne obszary kognitywistyki. Przyczyniły się do uwzględnienia w analizach kulturowego i materialnego usytuowania podmiotu jako czynników istotnych 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 badaczy kognitywnych zajmujących się nauką *explicite* odwołuje się do perspektywy poznania usytuowanego bądź też nurtu studiów nad poznaniem rozproszonym. Podobnie czyni wielu współczesnych przedstawicieli STS. Dodać warto, że ustalenia takich badaczy jak Dunbar, Nersessian, czy Shrager są zbieżne z wynikami badań socjologów i antropologów nauki. Można zatem powiedzieć, że zasadnicze kwestie sporne między kognitywnymi a społecznymi studiami nad nauką zostały nie tyle rozstrzygnięte, co unieważnione w wyniku rozwoju nauk kognitywnych.

Pamiętać jednak należy, że znaczna część współcześnie prowadzonych badań w ramach kognitywnych studiów nad nauką wciąż silnie nawiązuje do ujęcia tradycyjnego, czego przykładem są badania *in silico* i *in vitro*. Jednak nawet w ich przypadku, pomijając wcześniej omówione kontrowersje, wskazać można pewne istotne punkty zbieżne z STS. Po pierwsze, badacze społeczni i kognitywni zgadzają się co do tego, że naukowej analizie 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 i kognitywnych badaczy nauki wydaje się zgadzać co do tego, że nie ma nic nadzwyczajnego lub nadmiernie skomplikowanego w rozumowaniu naukowym [por. Fuller, 1989, s. 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, s. 5]. Stwierdza, że w gruncie rzeczy nie ma czegoś takiego jak jedna „logika odkrycia” – nie istnieje właściwy tylko działalności naukowej zespół heurystyk rozwiązywania problemów. Poszczególne obszary badawcze posiadają swoje własne „logiki”, a wiele spośród swoich heurystyk dzieli one z poznanukowymi formami rozwiązywania problemów. Poglądy Simona są pod pewnym względem zbieżne z podejściem Karin Knorr Cetiny [1999], która odrzuca zasadę jedności nauki, wskazując na mnogość i różnorodność kultur epistemicznych. Po czwarte, zarówno kognitywni badacze nauki, jak i antropologowie nauki pokazują, w jaki sposób problemy badawcze są upraszczane, jednak wskazują oni tutaj na odmienne zestawy praktyk i heurystyk.

W tym kontekście warto przywołać sformułowanie Simona, wedle którego rozwiązywanie problemów polega na takim ich ujęciu, by rozwiązanie stało się oczywiste. Jak przekonuje Simon, wszelka matematyka w swych konkluzjach wyjawia tylko to, co jest zawarte domyślnie w jej przesłankach. Wszelkie matematyczne wyprowadzanie można pojmować po prostu jako zmianę w sposobie reprezentacji, czyniącą ewidentnym to, co wcześniej było prawdziwe, lecz ukryte. Prowadzi go to do stwierdzenia, że „rozwiązać problem oznacza zaprezentować go w taki sposób, by rozwiązanie stało się oczywiste (*transparent*)” [Simon, 1969, s. 132]. Pamiętać jednak musimy, że czynienie rozwiązania widocznym nie musi się sprowadzać wyłącznie do manipulacji w abstrakcyjnej przestrzeni problemowej, któremu to aspektowi zespół Simona oraz badacze wykorzystujący metody *in vitro* poświęcili najwięcej uwagi. Wszak rozwiązywanie problemów może przyjąć postać manipulacji na reprezentacjach zewnętrznych i zakładać wykorzystanie różnego rodzaju artefaktów.

W tym kierunku wydawały się podążać wcześniejsze analizy Simona zaprezentowane w *The Sciences of the Artificial* [Simon, 1969], nie udało się jednak zaimplementować tego podejścia w ASON. Dopiero badacze przyjmujący perspektywę poznania usytuowanego podjęli się systematycznej analizie reprezentacji zewnętrznych, w tym różnego rodzaju wizualizacji problemów.

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 uzgadnianie stałych fizycznych i podstawowych parametrów, standaryzacja eksperymentów, ujednolicanie zasobów wiedzy milczącej. Wszystkie te zabiegi są potrzebne, aby możliwa była komunikacja i koordynacja badań. Antropolodzy śledzą jednocześnie to wszystko, co poprzedza pracę naukową pojmowaną jako rozwiązywanie problemów. Najczęściej dopiero długie sekwencje translacji czyniących świat „czytelny” oraz zgromadzenie dużych ilości odpowiednio ustrukturyzowanych danych w centrach badawczych pozwala naukowcom przystąpić do rozwiązywania problemów w takim trybie, jak opisują to Simon, Dunbar czy Klahr. Matematyka w praktyce 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.

Bibliografia

- Abriszewski K., (2006), „‘Budowanie sieci’ zamiast ‘wiedzy’. Krótkie wprowadzenie do ANT-ologii”, [w:] P. Bytniewski, M. Chałubińska, *Teoretyczne podstawy socjologii wiedzy*, t. I, Lublin, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, s. 271–286.
- Abriszewski K., (2008), *Poznanie, zbiorowość, polityka. Analiza teorii Aktora-Sieci Bruno Latoura*, Kraków, Universitas.
- Abriszewski K., Afeltowicz Ł., (2007), „Jak gołym okiem zobaczyć rosnące neurony i siłę alergii? Krążąca referencja w nauce i poza nią”, *Zagadnienia Naukoznawstwa* nr 3–4 (173–174), s. 405–420.

- Abriszewski K., Afeltowicz Ł., (2009), „Arterioskleroza i jej wersje. Krążąca referencja, perspektywizm i ontologiczna frakcyjność”, *Zagadnienia Naukoznawstwa* nr 3–4 (181–182), s. 295–313.
- Afeltowicz Ł., (2011), *Laboratoria w działaniu. Innowacja technologiczna w świetle antropologii nauki*, Warszawa, Oficyna Naukowa.
- Baker L.M., Dunbar K., (2000), „Experimental Design Heuristics for Scientific Discovery. The Use of Baseline and Known Controls”, *International Journal of Human Computer Studies* vol. 53, nr 3, s. 335–349.
- Bradshaw G., (2005), „What’s So Hard About Rocket Science? Secrets the Rocket Boys Knew”, [w:] *Scientific and Technological Thinking*, [eds] M.E. Gorman, R.D. Tweney, D.C. Gooding, A.P. Kincannon, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, s. 259–275.
- Brannigan A., (1989), „Artificial Intelligence and the Attributional Model of Scientific Discovery”, *Social Studies of Science* vol. 19, nr 4, s. 601–613.
- Carlson B.W., Gorman M.E., (1990), „Understanding Invention as a Cognitive Process: The Case of Thomas Edison and Early Motion Pictures, 1888–1891”, *Social Studies of Science* vol. 20, nr 3, s. 387–430.
- Charness N., (1992), „The Impact of Chess Research on Cognitive Science”, *Psychological Research* vol. 54, nr 1, s. 4–9.
- Chase W.G., Simon H.A., (1973), „Perception in Chess”, *Cognitive Psychology* vol. 4, nr 1, s. 55–81.
- Cognitive Basis of Science*, (2002), [eds.] P. Carruthers, S. Stich, M. Siegel, Cambridge, Cambridge University Press.
- Collins H.M., (1989), „Computers and the Sociology of Scientific Knowledge”, *Social Studies of Science*, vol. 19, nr 4, s. 613–624.
- Collins H.M., (1991), „Simon’s Slezak”, *Social Studies of Science* vol. 21, nr 1, s. 148–149.
- Collins H.M., Pinch T., (1998), *Golem, czyli co trzeba wiedzieć o nauce*. tłum. A. Tanalska-Dulęba, Warszawa, CiS.
- Dunbar K., (1993), „Concept Discovery in Scientific Domain”, *Cognitive Science* vol. 17, nr 3, s. 397–434.
- Dunbar K., (1994), „How Scientists Really Reason: Scientific Reasoning in Real-World Laboratories”, [w:] *The Nature of Insight*, [eds.] R.J. Sternberg, J.E. Davidson, Cambridge, Mass., The MIT Press, s. 365–395.
- Dunbar K., Blanchette I., (2001), „The *in vivo/in vitro* Approach to Cognition: The Case of Analogy”, *Trends in Cognitive Science* vol. 5, nr 8, s. 334–339.
- Dunbar K., Fugelsang J.A., (2005), „Casual Thinking in Science: How Scientists and Students Interpret the Unexpected”, [w:] *Scientific and Technological Thinking*, [eds.] M.E. Gorman, R.D. Tweney, D.C. Gooding, A.P. Kincannon, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, s. 57–79.
- Eliasmith Ch., Thagard P., (1997), „Waves, Particles, and Explanatory Coherence”, *British Journal of Philosophy of Science* vol. 48, nr 1, s. 1–19.
- Fleck L., (1986), *Powstanie i rozwój faktu naukowego: wprowadzenie do nauki o stylu myślowym i kolektywie myślowym*. tłum. M. Tuszkievicz, wstęp do wydania polskiego Z. Cackowski, Lublin, Wydawnictwo Lubelskie.

- Fugelsang J.A., Dunbar K.N., (2005), „Brain-based Mechanisms Underlying Complex Casual Thinkings”, *Neuropsychologia* vol. 43, nr 8, s. 1204–1213.
- Fugelsang J.A., Roser M.E., Corballis P.M., Gazzaniga M.S., Dunbar K.N., (2005), „Brain Mechanisms Underlying Perceptual Causality”, *Cognitive Brain Research* vol. 24, nr 1, s. 41–47.
- Fuller S., (1989), „Of Conceptual Intersections and Verbal Collisions: Towards the Routing of Slezak”, *Social Studies of Science* vol. 19, nr 4, s. 625–638.
- Fuller S., (1991), „Simons Says ‘Put Your Foot in Your Mouth’”, *Social Studies of Science* vol. 21, nr 1, s. 149–150.
- Giere R.N., (1989), „Computer Discovery and Human Interest”, *Social Studies of Science*, vol. 19, nr 4, s. 638–643.
- Giere R.N., (1991), „Syntax, Semantics and Human Interests”, *Social Studies of Science*, vol. 21, nr 1, s. 150–152.
- Gilbert G.N., Mulkay M., (1984), *Opening Pandora’s Box. A Sociological Analysis of Scientists’ Discourse*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Gillies D.A. (1992), „Comments on *Scientific Discovery as Problem Solving* by Herbert A. Simon”, *International Studies in the Philosophy of Science* vol. 6, nr 1, s. 29–32.
- Giza P., (2006), *Filozoficzne i metodologiczne aspekty komputerowych systemów odkryć naukowych*, Lublin, Wydawnictwo UMCS.
- Gooding D.C., (1990), *Experiment and the Making of Meaning. Human Agency in Scientific Observation and Experiment*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Gooding D.C., (2004), „Cognition, Construction and Culture: Visual Theories In the Sciences”, *Journal of Cognition and Culture* vol. 4, nr 3–4, s. 551–593.
- Gooding D.C., (2005), „Seeing the Forest for the Trees: Visualization, Cognition and Scientific Inference”, [w:] *Scientific and Technological Thinking*, [eds.]. M.E. Gorman, R.D. Tweney, D.C. Gooding, A.P. Kincannon, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, s. 173–217.
- Gorman M.E., (1989), „Beyond Strong Programmes: How Cognitive Approaches Can Complement SSK”, *Social Studies of Science*, vol. 19, nr 4, s. 643–653.
- Gorman M.E., (1991), „What Simon Said”, *Social Studies of Science*, vol. 21, nr 1, s. 153–154.
- Gorman M.E., (1992), *Simulating Science. Heuristics, Mental Models and Techno-scientific Thinking*, Bloomington, Indiana University Press.
- Gorman M.E., (1997), „Mind in the World: Cognition and Practice in Invention of the Telephone”, *Social Studies of Science* vol. 27, nr 4, s. 583–624.
- Gorman M.E., Latta R.M., Cunningham G., (1984), „How Disconfirmatory, Confrimatory and Combined Strategies Affect Group Problem Solving”, *British Journal of Psychology* vol. 75, nr 1, s. 85–96.
- Gorman M.E., Tweney R.D., Gooding D.C., Kincannon A.P. [eds.], (2005), *Scientific and Technological Thinking*, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- Green A.E., Fugelsang J.A., Kraemer D.J.M., Shamosh N.A., Dunbar K.N., (2006), „Frontopolar Cortex Mediates Abstract Integration in Analogy”, *Brain Research* vol. 22, nr 1, s. 125–137.

- Green, A.E., Fugelsang J.A., Kraemer D.J.M., Dunbar K.N., (2007), „The Micro-Category Account of Analogy”, *Cognition* vol. 106, nr 2, s. 1004–1016.
- Holland J.H., Holyoak K.J., Nisbett R.E., Thagard P.R., (1986), *Induction: Processes of Inference, Learning, and Discovery*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Hutchins E., (1995), *Cognition in the Wild*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Klahr D., Dunbar K., Fay A.L., Penner D., Schunn Ch.D., (2000), *Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Process*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Klahr D., (2005), „A Framework for Cognitive Studies of Science and Technology”, [w:] *Scientific and Technological Thinking*, [eds.] M.E. Gorman, R.D. Tweney, D.C. Gooding, A.P. Kincannon, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, s. 81–95.
- Klahr D., Dunbar K., (1988), „Dual Space Search During Scientific Reasoning”, *Cognitive Science* vol. 12, nr 1, s. 1–55.
- Klahr D., Fay A.L., Dunbar K., (1993), „Heuristics for Scientific Experimentation: A Developmental Study”, *Cognitive Psychology* vol. 24, nr 1, s. 111–146.
- Klahr D., Simon H.A., (1999), „Studies of Scientific Discovery: Complementary Approaches and Convergent Findings”, *Psychological Bulletin* nr 125, s. 524–543.
- Klahr D., Simon H.A., (2001), „What Have Psychologists (And Others) Discovered About Process of Scientific Discovery?”, *Current Directions in Psychological Science* vol. 10, nr 3, s. 75–79.
- Knorr C.K., (1981), *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*. Oxford, Pergamon Press.
- Knorr C.K., (1999), *Epistemic Cultures. How the Sciences Make Knowledge*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Kulkarni D., Simon H.A., (1988), „The Processes of Scientific Discovery: The Strategy of Experimentation”, *Cognitive Science* vol. 12, nr 2, s. 139–175.
- Langley P., Simon H.A., Bradshaw G.L., Żytkow J.M., (1987), *Scientific Discovery. Computational Explorations of the Creative Processes*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Latour B., (1987), *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Latour B., (2009), „Dajcie mi laboratorium, a poruszę świat”, tłum. K. Abriszewski, Ł. Afeltowicz, *Teksty Drugie* nr 1–2 (115), s. 163–192.
- Latour B., (2012), „Wizualizacja i poznanie: zrysowywanie rzeczy razem”, *AVANT* vol. III, nr T/2012, <http://avant.edu.pl/wp-content/uploads/T2012-wizualizacja+poznanie.pdf>
- Latour B., Woolgar S., (1979), *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*, SAGE Library of Social Research, vol. 80, Beverly Hills, SAGE Publications.
- Latour B., Woolgar S., (1986), *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*, 2nd ed., Princeton, Princeton University Press.
- Laughlin P.R., (1988), „Collective Induction: Group Performance, Social Combination Processes, and Mutual Majority Influence”, *Journal of Personality and Social Psychology* vol. 54, nr 2, s. 254–267.

- Laughlin P.R., (1991), „Collective versus Individual Induction: Recognition of Truth, Rejection of Error, and Collective Information Processing”, *Journal of Personality and Social Psychology* vol. 61, nr 1, s. 50–67.
- Lave J., (1988), *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Lynch M., (1985), *Art and Artifact in Laboratory Science. A Study of Shop Work and Shop Talk in a Research Laboratory*, London, Routledge & Kegan Paul.
- Magnani L., Nersessian N.J. [eds.], (1999), *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*, Boston, Springer.
- Magnani L., Nersessian N.J., Thagard P. [eds.], (1999), *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, Boston, Springer.
- Myers G., (1989), „Postscript: Conversation over Dinner, on the Usefulness of Paradox in Controversies”, *Social Studies of Science*, vol. 19, nr 4, s. 668–670.
- Nersessian N.J., 2002. „Cognitive Basis of Model-Based Reasoning in Science”, [w:] *Cognitive Basis of Science*, [eds.] P. Carruters, S. Stich, M. Siegel, Cambridge, Cambridge University Press, s. 133–153.
- Nersessian N.J., (2005), „Interpreting Scientific and Engineer Practices: Integrating the Cognitive, Social and Cultural Dimensions”, [w:] *Scientific and Technological Thinking*, [eds.] M.E. Gorman, R.D. Tweney, D.C. Gooding, A.P. Kincannon, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, s. 17–56.
- Nersessian N.J., (2008), *Creating Scientific Concepts*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Nersessian N.J., Kurz-Milcke E., Newsteter W.C., Davies J., (2003), „Research Laboratories as Evolving Distributed Cognitive Systems”, [w:] *Proceedings of Twenty-Fifth Annual Conference of Cognitive Science Society*, [eds.] R. Alterman, D. Kirsh, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, s. 857–862.
- Newell A., Simon A.H., (1972), *Human Problem Solving*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
- Okada T., Simon H.A., (1997), „Collaborative Discovery in a Scientific Domain”, *Cognitive Science* vol. 21, nr 2, s. 109–146.
- Qin Y., Simon H.A., (1990), „Laboratory Replication of Scientific Discovery Processes”, *Cognitive Science* vol. 14, nr 2, s. 281–312.
- Rizzo M., Robinson S., Neale V., (2007), „Brain in the Wild: Tracking Human Behavior in Natural and Naturalistic Settings”, [w:] *Neuroergonomics. The Brain at Work*, [eds.] R. Parasuraman, M. Rizzo., Oxford, Oxford University Press, s. 113–128.
- Schraagen J.M., (1993), „How Experts Solve a Novel Problem in Experimental Design”, *Cognitive Science* vol. 17, nr 2, s. 285–309.
- Schunn ChD., Anderson J.R., (1999), „The Generality/Specificity of Expertise in Scientific Reasoning”, *Cognitive Science* vol. 23, nr 3, s. 337–370.
- Shrager J., (2003), *Diary of an Insane Cell Mechanic. A Psychologist's Descent into Molecular Biology*, <http://nostoc.stanford.edu/jeff/personal/diary/diary.html>
- Shrager J., (2005), „On Being and Becoming a Molecular Biologists: Notes From the Diary of an Insane Cell Mechanic”, [w:] *Scientific and Technological Thinking*,

- [eds.] M.E. Gorman, R.D. Tweney, D.C. Gooding, A.P. Kincannon, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, s. 119–135.
- Simon H.A., (1966), „Scientific Discovery and the Psychology of Problem Solving”, [w:] *Mind and Cosmos*, [ed.] R.G. Colodny, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, s. 22–40.
- Simon H.A., (1969), *The Sciences of the Artificial*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Simon H.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 H.A., (1979), *Models of Thought*, vol. 1, New Haven, CT, Yale University Press.
- Simon H.A., (1991), „Comments on the Symposium on ‘Computer Discovery and the Sociology of Scientific Knowledge’”, *Social Studies of Science*, vol. 21, nr 1, s. 143–148.
- Simon H.A., (1992), „Scientific Discovery as Problem Solving: Reply to Critics”, *International Studies in the Philosophy of Science* vol. 6, nr 1, s. 1–14.
- Simon H.A., Chase W., (1973), „Skill in Chess”, *American Scientist* 61, s. 394–403.
- Simon H.A., Langley P.W., Bradshaw G.L., (1981), „Scientific Discovery as Problem Solving”, *Synthese* vol. 47, nr 1, s. 1–27.
- Slezak P., (1989a), „Scientific Discovery by Computer as Empirical Refutation of the Strong Programme”, *Social Studies of Science*, vol. 19, nr 4, s. 563–600.
- Slezak P., (1989b), „Computers, Contents and Causes: Replies to My Respondents”, *Social Studies of Science*, vol. 19, nr 4, s. 671–695.
- Slezak P., (1991), „How Strong is ‘Strong Programme’”, *Social Studies of Science*, vol. 21, nr 4, s. 154–156.
- Sojak R., (2004), *Paradoks antropologiczny. Socjologia wiedzy jako perspektywa ogólnej teorii społeczeństwa*. Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Suchman L., (1987), *Plans and Situated Actions. The Problem of Human-Machine Communication*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Thagard P., (1989), “Welcome to the Cognitive Revolution”, *Social Studies of Science*, vol. 19, nr 4, s. 653–657.
- Thagard P., (1992), *Conceptual Revolutions*, Princeton, Princeton University Press.
- Thagard P., (1995), *The Dinosaur Debate: Explanatory Coherence and the Problem of Competing Hypotheses*, [w:] *Philosophy and AI: Essays at the Interface*, [eds.] R. Cummins, J. Pollock, Cambridge, Mass., The MIT Press, s. 279–300.
- Thagard P., (2002), „The Passionate Scientist: Emotion in Scientific Cognition”, [w:] *Cognitive Basis of Science*, [eds.] P. Carrubers, S. Stich, M. Siegel, Cambridge, Cambridge University Press, s. 235–250.
- Thagard P., (2005), „How to Be a Successful Scientist”, [w:] *Scientific and Technological Thinking*, [eds.] M.E. Gorman, R.D. Tweney, D.C. Gooding, A.P. Kincannon, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, s. 159–171.
- Tweney R.D., (2004), „Replication and Experimental Ethnography of Science”, *Journal of Cognition and Culture*, vol. 4, nr 3–4, s. 731–758.

- Tweney R.D., Mears R.P., Spitzmüller Ch., (2005), „Replicating the Practices of Discovery: Michael Faraday and the Interaction of Gold and Light”, [w:] *Scientific and Technological Thinking*, [eds.] M.E. Gorman, R.D. Tweney, D.C. Gooding, A.P. Kincannon, Mahwah, NJ., Lawrence Erlbaum Associates, s. 137–158.
- Tweney R.D., Doherty M.E., (1983), „Rationality and the Psychology of Inference”, *Synthese* vol. 57, nr 2, s. 139–162.
- Varela F., Thompson E.T., Rosch E., (1991), *The Embodied Mind. Cognitive Science and Human Experience*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Woolgar S., (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, nr 4, s. 658–668.
- Woolgar S., (1997). “Reconstructing Man and Machine: A Note on Sociological Critique of Cognitivism”, [w:] *The Social Construction of Technological Systems. New directions in the Sociology and History of Technology*, [ed.] W.E. Bijker, Th.P. Hughes, T.J. Pinch, Cambridge, Mass., The MIT Press, s. 311–328.
- Zybertowicz A., (1995), *Przemoc i poznanie. Studium z nie-klasycznej socjologii wiedzy*. Toruń, UMK.

From a Psychological Experiment to Computer Simulations of Scientific Discoveries: an Introduction to Cognitive Studies of Science and Technology

ABSTRACT. This paper is a presentation of a research field which is known as cognitive studies of science and technology. It discusses the main methods that are used in this field of science (the *in vivo*, *in vitro*, *ex vivo*, *in historio*, *in magnetico*, and *in silico* approaches) and presents example research results. This paper especially focuses on computer simulations of scientific discoveries as models of research practices. Cognitive studies of science and technology are compared with social studies of science and technology which represent a similar but older and more institutionalized research field that was developed by sociologists of scientific knowledge and anthropologists of science. In conclusion, the text focuses on convergence and synergy between social and cognitive studies of science and technology.

KEY WORDS: automated systems of scientific discovery, cognitive science, cognitive studies of science and technology, methodology, social studies of science and technology

Łukasz Afeltowicz, Instytut Socjologii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, ul. Fosa Staromiejska 1a, 87-100 Toruń, afeltowicz@gmail.com