



Wstęp

Pierwszymi urządzeniami liczącymi były palce u rąk, kamienie, muszelki lub figury zapisane na piasku. Później zaczęto używać liczydeł, suwaków algorytmicznych, mechanicznych kalkulatorów oraz arytmometrów. Wszystkie te narzędzia były mechaniczne. Dopiero pod koniec XIX wieku zaczęto używać elektryczności dostarczającej napędu do elektromechanicznych urządzeń liczących. Jednakże maszyny wykorzystujące mechaniczne zasady pracy, udoskonalane przez dwieście lat, stopniowo wyczerpywały dalsze możliwości rozwoju¹.

Ograniczenia mechanicznych urządzeń liczących, rozwój nauki, gospodarki i techniki spowodowały konieczność poszukiwania nowych, doskonalszych urządzeń liczących, umożliwiających badania numeryczne złożonych zjawisk, opisywanych np. nieliniowymi równaniami różniczkowymi. W latach dwudziestych ubiegłego wieku rozpoczął się okres budowy i eksploatacji elektronicznych maszyn analogowych, trwający niemalże pięćdziesiąt lat – do czasu, gdy komputery elektroniczne (zwane początkowo elektronicznymi maszynami cyfrowymi) nie przejęły zadań maszyn analogowych, wykonując je szybciej i efektywniej².

W latach trzydziestych i czterdziestych XX wieku podejmowano udane próby skonstruowania doskonalszych urządzeń liczących z zastosowaniem układów elektromechanicznych (była to tzw. zerowa generacja komputerów). Powszechnie uważa się, że pierwszą elektroniczną maszyną liczącą zbudowaną z lamp był komputer ENIAC, uruchomiony w 1945 roku. Zapoczątkował on pierwszą generację komputerów lampowych. Istotnym mankamentem

¹ Por. J. Papińska-Kacperk (red.), *Spółeczeństwo informacyjne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, s. 49–51.

² Por. tamże, s. 51–52.

tego typu komputerów była jednak wysoka awaryjność lamp zużywających ogromną ilość energii elektrycznej i zajmujących bardzo dużo miejsca. Dlatego wynalezienie w 1947 roku tranzystora, półprzewodnikowego elementu zastępującego lampy elektronowe, i uruchomienie w 1951 roku pierwszego komputera tranzystorowego wyeliminowało wady komputerów lampowych. W ten sposób powstała druga generacja komputerów tranzystorowych.

Zmniejszenie odległości między częściami składowymi komputera spowodowało zwiększenie szybkości działania układu. Nadal pozostała jednak istotna niewygodą związana z koniecznością prowadzenia tysięcy połączeń między tranzystorami i innymi elementami komputera. Badania prowadzone w różnych zespołach nad umieszczeniem wielu elementów na jednej płycie półprzewodnika doprowadziły w 1958 roku do wykonania układu scalonego. W roku 1971 skonstruowano pierwszy na świecie mikroprocesor (Intel 4004), co zapoczątkowało pojawienie się trzeciej generacji komputerów skonstruowanych na bazie układów scalonych.

Zastosowanie układów scalonych zaowocowało rozwojem architektury komputerów w dwóch kierunkach: budowy dużych komputerów (superkomputerów – pierwszy był Cray-1 z 1976 roku) oraz komputerów osobistych PC (*Personal Computer*). Zainicjowanie rozwoju tych ostatnich wiąże się z rozpoczęciem w 1975 roku sprzedaży zestawów dla majsterkowiczów, umożliwiających samodzielne złożenie komputera (Altair 8800). W roku 1977 trafił do sprzedaży komputer Apple II, będący pierwszym powszechnie dostępnym komputerem osobistym. Reakcją firmy IBM było wyprodukowanie IBM PC 5150. W 1984 roku rozpoczęto sprzedaż Apple Macintosh – pierwszego łatwo dostępnego komercyjnie komputera stosującego graficzny interfejs użytkownika (pulpit z ikonami oraz oknami), sterowanego za pomocą myszy.

Rozwój komputerów, oprogramowania i urządzeń peryferyjnych umożliwił wykonywanie w coraz efektywniejszy sposób funkcji obliczeniowych, kontrolnych, doradczych, diagnostycznych, monitorujących, pomiarowych, sterujących i innych; spowodował ich zastosowanie w niemalże wszystkich obszarach ludzkiej działalności. Pojawienie się komputerów umożliwiło także rozwój samej informatyki, będącej zespołem dziedzin teoretycznych (metod matematycznych, logiki, teorii automatów, teorii algorytmów, lingwistyki matematycznej), technicznych (budowy sprzętu, tworzenia oprogramowania komputerowego) i aplikacyjnych (zastosowań w różnych dziedzinach). Jednym z bardzo ważnych ich zastosowań jest wspomaganie prac badawczych w naukach empirycznych. Komputery używane były w takich celach od lat czterdziestych XX wieku, początkowo z przewagą zastosowań militarnych. Stopniowo badania naukowe wspomagane komputerowo przestawały być wyłącznie badaniami zlecanymi przez wojsko, a stawały się coraz bardziej badaniami bez konotacji typowo militarnych.

W latach osiemdziesiątych XX wieku wspomaganie komputerowe badań eksperymentalnych stało się standardem podczas prac badawczych prowadzonych w większości dobrych laboratoriów naukowych. Niestety, nie znalazło to odzwierciedlenia w profesjonalnej literaturze przedmiotu z zakresu filozofii i metodologii nauki. Niniejsza monografia jest uzupełnieniem tej luki. Głównym jej celem są metodologiczne i filozoficzne analizy praktyki eksperymentalnej wspomaganej komputerowo oraz wykazanie, że zastosowanie komputera w sposób rewolucyjny zmieniło tę praktykę. Współcześnie możemy bowiem mówić o komputerowym stylu badań naukowych, a tego typu praca badawcza jest jakościowo inna od wcześniejszej, nieskomputeryzowanej, analogowej pracy eksperymentalnej. Komputer nie jest wszakże tylko urządzeniem przyspieszającym obliczenia, choć od lat czterdziestych XX wieku do tego celu był głównie używany.

Komputery stosowane do różnorodnych obliczeń przyspieszały pracę teoretyków, ułatwiając znajdowanie numerycznych wyników prowadzonych przez nich badań. W literaturze przedmiotu pojawiają się metodologiczne i filozoficzne opracowania dotyczące zmian zachodzących w pracy naukowej, a będących konsekwencją zastosowania wspomaganie komputerowego obliczeń numerycznych. Przykładem może być artykuł Petera Galisona *Computer Simulations and the Trading Zone*, w którym omawia on sposoby używania komputera w latach czterdziestych i pięćdziesiątych XX wieku. Prowadzone wtedy symulacje komputerowe z pewnością zmieniły jakościowo pracę naukowców opracowujących dane pomocne podczas budowy bomby atomowej. Jednakże brakuje, nawet w rozważaniach z zakresu filozofii eksperymentu, analiz roli komputerów w badaniach eksperymentalnych. Komputery zmieniły bowiem nie tylko prace teoretyków, ale także pracę eksperymentalną. Fakt ten nie został jednak należycie odnotowany w literaturze z zakresu metodologii i filozofii nauki. To, że nowy eksperymentalizm, jako kierunek zaproponowany po to, aby dokonać adekwatnego opisu praktyki laboratoryjnej, pomija rolę komputera w badaniach eksperymentalnych, jest – moim zdaniem – największym przeoczeniem filozofów nauki będących jego twórcami. Niniejsza monografia stanowi próbę uzupełnienia tego istotnego braku nowego eksperymentalizmu. Jej głównym celem jest metodologiczna i filozoficzna analiza praktyki eksperymentalnej wspomaganej komputerowo.

Rozważania dotyczące wyżej wspomnianego zagadnienia są prowadzone w kontekście ustaleń tych metodologów i filozofów nauki, którzy w swoich dotychczasowych badaniach zajmowali się analizą praktyki eksperymentalnej nauk przyrodniczych, czemu poświęcony jest drugi podrozdział pierwszego rozdziału książki. Punkt odniesienia tej części monografii stanowi filozofia nowego eksperymentalizmu Iana Hackinga, zaprezentowana w jego głównej pracy z tego zakresu *Representing and Intervening*. Rozważania te są poprzedzo-

ne omówieniem dychotomii teoretycyzm–eksperymentalizm, co umożliwia zestawienie tradycji filozofii eksperymentu z najważniejszymi ustaleniami filozoficznymi odnoszącymi się do wytworów pracy naukowej (teorii). Temu zagadnieniu poświęcony jest pierwszy podrozdział pierwszego rozdziału książki. Część ostatnia tegoż rozdziału zawiera taksonomię prac eksperymentalnych Hackinga, opisaną w artykule *The Self-Vindication of the Laboratory Science*. Odwołuję się do niej podczas omawiania elementów współczesnych układów eksperymentalnych wspomaganym komputerowo oraz podczas udzielania odpowiedzi na główne pytania stawiane w książce.

Współcześnie komputer w naukach empirycznych spełnia wiele różnych zadań, które można podzielić na trzy główne grupy: analityczne (on-line), syntetyczne (off-line) i prezentacyjne (on-line i off-line). W pierwszej z nich komputer połączony jest bezpośrednio z przyrządem pomiarowym (składającym się z urządzenia pomiarowego, przetworników analogowo-cyfrowych i interfejsu) i służy głównie do gromadzenia i analizy danych empirycznych napływających z układu eksperymentalnego (stąd jego rola analityczna on-line). W drugiej grupie zastosowań komputer nie jest już bezpośrednio podłączony do zestawu eksperymentalnego, ale służy głównie do opracowywania zgromadzonych wcześniej danych empirycznych (stąd jego rola syntetyczna off-line). Ważną klasą zastosowań komputerów jest także prezentacja przetwarzanych danych empirycznych (z grupy pierwszej) i otrzymanych wyników analiz numerycznych (z grupy drugiej). Różnego rodzaju wizualizacje komputerowe mogą być tworzone w trakcie eksperymentu (w trybie on-line) oraz po skończonym eksperymencie, podczas opracowywania zgromadzonych danych empirycznych (off-line).

Zadania wykonywane przez komputer, które zaliczyłem do pierwszej grupy, opisane są w rozdziale drugim – i to właśnie treści w nim zawarte stanowią punkt wyjścia do dalszych metodologicznych i filozoficznych analiz. Wprowadzenie cyfrowych elementów do układów eksperymentalnych zasadniczo zmieniło tę praktykę. Szczególnie ważne w tej zmianie są przetworniki analogowo-cyfrowe, komputer oraz oprogramowanie i dlatego tym cyfrowym elementom współczesnych układów eksperymentalnych poświęcam więcej miejsca. We wstępie do rozdziału drugiego szczegółowo omawiam także pozostałe zadania komputera w naukach empirycznych, gdyż są one przywoływane w rozdziale trzecim i czwartym jako przykłady, na bazie których uzasadniam stawiane przez siebie tezy o charakterze metodologicznym i filozoficznym.

Ważnym zagadnieniem poruszonym w rozdziale trzecim jest to, czy zastosowanie komputerowego (cyfrowego) wspomaganie badań eksperymentalnych wprowadza do pracy badawczej tylko niepodlegające dyskusji zmiany ilościowe, czy mamy w tym przypadku do czynienia także ze zmia-

nami jakościowymi. Czy dzięki zastosowaniu przetworników analogowo-cyfrowych oraz interfejsów zmienia się „odległość” pomiędzy podmiotem a przedmiotem eksperymentu? Czy interpretacja wyników eksperymentów przeprowadzanych z udziałem wspomaganie komputerowego różni się od interpretacji wyników klasycznych badań empirycznych? Czy zastosowanie symulacji komputerowych, tj. cyfrowych metod numerycznych, wprowadza inny rodzaj uzasadniania hipotez naukowych – uzasadnianie numeryczne? Czy zatem status eksperymentatora w naukach empirycznych zmienia się w sposób jakościowy w przypadku, gdy badania naukowe wspomagane są przez komputery i inne cyfrowe elementy współczesnych układów eksperymentalnych? Udzielając odpowiedzi na powyższe pytania, odwołuję się do ustaleń z rozdziału drugiego oraz do podstawowej wiedzy z zakresu symulacji komputerowych oraz komputerowych systemów odkryć naukowych, którą w skrócie przywołuję na podstawie dostępnej literatury przedmiotu.

Kluczowy dla książki jest rozdział czwarty, w ramach którego bronię wysuwanych przez siebie tez dotyczących nowego stylu badań eksperymentalnych, nowego stylu badań naukowych oraz cyfrowej rewolucji, jaka dokonała się w naukach empirycznych. Zaskakujące jest to, że w literaturze przedmiotu nie stawiano tego typu tez i nie próbowano ich uzasadniać. Była co prawda odnotowywana rewolucyjna zmiana w rozwoju cywilizacji spowodowana komputeryzacją wielu sfer życia społecznego. Jednakże tego typu tezy pojawiały się niejednokrotnie bez należytego uzasadnienia, głównie w literaturze popularnonaukowej oraz tej z zakresu historii i socjologii nauki. Teza o rewolucji informatycznej w szeroko rozumianej kulturze jest często formułowana³, ale nie znalazła odzwierciedlenia w profesjonalnych publikacjach z zakresu filozofii nauki i metodologii. Koncepcje rewolucji naukowych, do których odwołuję się w książce, nie były dotychczas przywoływane w celu uzasadniania tezy o cyfrowej rewolucji w badaniach eksperymentalnych. Podobnie koncepcje stylu myślowego oraz stylu badań naukowych nie służyły do wykazywania, że cyfryzacja badań empirycznych i, szerzej, naukowych pociąga za sobą pojawienie się nowego stylu badań eksperymentalnych oraz nowego stylu badań naukowych.

Głównym celem mojej książki jest udzielenie odpowiedzi na dwa fundamentalne pytania z zakresu filozoficznej refleksji nad nauką i jej rozwojem. Po pierwsze, czy zastosowanie komputera w naukach empirycznych wyznacza nowy, komputerowy styl badań naukowych? Po drugie, czy komputer zrewolucjonizował badania eksperymentalne? Udzielając na nie odpowiedzi, odwołuję się do znanych koncepcji stylu myślowego Ludwika Flecka, stylu

³ Por. P. Gawrysiak, *Cyfrowa rewolucja. Rozwój cywilizacji informacyjnej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.

badań naukowych Alistaira Camerona Crombiego i jego późniejszych modyfikacji oraz kilku koncepcji rewolucji naukowych (Thomasa Samuela Kuhna, Bernarda Cohena, Iana Hackinga i Stevena Shapina). Ponieważ koncepcje te były wielokrotnie przedstawiane i dyskutowane – również w polskiej literaturze przedmiotu, dlatego nie omawiam ich szczegółowo. Swoje rozważania zaczynam od wykazania, że filozofia nowego eksperymentalizmu nie dostarcza aparatu pojęciowego, który umożliwiłby adekwatną analizę pracy eksperymentalnej wspomaganą komputerowo. Na podstawie najnowszych badań z zakresu fizyki cząstek elementarnych, prowadzonych w największym i najbardziej skomputeryzowanym laboratorium na świecie – CERN, wykazuję, że współcześnie nie można uzyskać doniosłych poznawczo wyników, gdy pracuje się bez wspomaganie komputerowego. Ten sam materiał fakualny pozwala uzasadnić tezę dotyczącą komputerowego stylu badań naukowych.

Odpowiedź na najważniejsze pytanie stawiane przeze mnie w książce: czy mamy do czynienia z cyfrową rewolucją w badaniach eksperymentalnych, staje się możliwa, gdy kryteria rewolucji naukowych zaproponowane przez czterech wspomnianych autorów odniesie się do zmiany spowodowanej przejściem od analogowego do cyfrowego sposobu eksperymentowania. W podrozdziale zamykającym książkę odnoszę się także do taksonomii prac eksperymentalnych Hackinga, pokazując, że niemalże wszystkie elementy prac eksperymentalnych wyróżnione przez autora *The Self-Vindication of the Laboratory Science* są współcześnie wspomagane komputerowo. Wzmocni to tezę o rewolucji, która dokonała się w badaniach eksperymentalnych za sprawą włączenia cyfrowych elementów do układu eksperymentalnego.

Książkę zamyka spojrzenie w przyszłość, w ramach którego zarysowuję pojawiające się możliwości zastosowania komputerów kwantowych w badaniach naukowych. W pracy wykorzystuję swoje wcześniejsze ustalenia opublikowane w kilku artykułach, co każdorazowo odnotowuję w formie przypisów. Nie analizuję natomiast rozważanych zagadnień z perspektywy socjologii wiedzy. Wiele bowiem o komputerach obecnych w przestrzeni społecznej już powiedziano. Analizowano także tzw. społeczeństwo sieci w kontekstach socjologicznych. Kluczowe dla niego, jak powszechnie wiadomo, jest użycie urządzeń cyfrowych do wspomaganie procesów komunikacji. Większość z nich zaś wiąże się z globalnym narzędziem komunikacyjnym, jakim jest Internet. O jego roli w tego rodzaju procesach napisano już tak wiele, że tym zagadnieniem również nie będę zajmował się w niniejszej monografii.

Ważną kwestią jest nie tylko komunikacja interpersonalna wspomaganą przez Internet. Istnieje także literatura poświęcona optymalizacji procesów komunikacji: człowiek – maszyna cyfrowa (komputer). To istotne zagadnienie stanowi przedmiot badań wielu inżynierów, programistów, filozofów,

kognitywistów oraz specjalistów w zakresie sztucznej inteligencji. Jednakże w sposób znaczący nie wiąże się ono z zasadniczą problematyką mojej książki.

W pracy nie pokusiłem się także o próbę odpowiedzi na pytanie, czy cyfrowa rewolucja w badaniach naukowych może być porównywana do tej, która doprowadziła do powstania nowożytnej nauki. Taka próba wymagałaby sięgnięcia do prac historyków nauki zajmujących się problematyką powstania nowożytnej nauki, np. Herberta Butterfielda, Alistaira Camerona Crombiego, Alfreda Ruperta Halla, Aleksandra Koyrégo. Ci autorzy stosowali inne i mniej sprecyzowane kryteria rewolucji naukowej niż przywoływani przeze mnie filozofowie nauki. Dlatego dokonanie porównania obu rewolucji wymagałoby odrębnego, obszernego studium. Należy również zauważyć, że rewolucja komputerowa w nauce ciągle się dokonuje i trudno powiedzieć, do jakich zmian, w praktyce eksperymentalnej i teoretycznej nauki, doprowadzi.

* * *

Początki mojego zainteresowania problematyką komputerowego wspomaganie badań doświadczalnych związane były z lekturą trzech inspirujących książek, z którymi zapoznałem się w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Pierwszą z nich była *Sztuka badań eksperymentalnych* Danuty Sobczyńskiej⁴, otwierająca przede mną problematykę filozofii eksperymentu. Drugą była praca zbiorowa pod redakcją Danuty Sobczyńskiej i Pawła Zeidlera *Nowy eksperymentalizm – teoretycyzm – reprezentacja*⁵, dzięki której odkryłem dla siebie nowy eksperymentalizm. Trzecią natomiast – książka Juliusza Lecha Kulikowskiego *Komputery w badaniach doświadczalnych*⁶, w której autor przekonał mnie, że komputery już pod koniec XX wieku były niezbędną częścią aparatury eksperymentalnej.

Jestem także niezmiernie wdzięczny wszystkim tym osobom, dzięki którym niniejsza książka ukazuje się w obecnej formie. Pierwotną wersję tekstu zechcieli przeczytać profesor Paweł Zeidler i doktor Mariusz Szynkiewicz. Ich ważne i cenne uwagi przyczyniły się do poprawienia wielu merytorycznie ważnych niejednoznaczności. Te same podziękowania kieruję do recenzenta wydawniczego profesora Marka Sikory – jego rzetelność pomogła mi usunąć wiele błędów, których sam nie byłem w stanie dostrzec. Wiele inspirujących uwag usłyszałem także od uczestników Seminarium Zakładu Logiki i Metodologii Nauk Instytutu Filozofii UAM (szczególnie doktorów

⁴ D. Sobczyńska, *Sztuka badań eksperymentalnych*, Wydawnictwo Naukowe IF UAM, Poznań 1993.

⁵ D. Sobczyńska, P. Zeidler (red.), *Nowy eksperymentalizm – teoretycyzm – reprezentacja*, Wydawnictwo Naukowe IF UAM, Poznań 1994.

⁶ J.L. Kulikowski, *Komputery w badaniach doświadczalnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993.

Radosława Kazibuta i Jarosława Boruszewskiego). Były one pomocne podczas redagowania niniejszej książki, a wiele z nich z pewnością wykorzystam także w przyszłości podczas rozwijania swojej koncepcji.

Osobne podziękowania kieruję do wszystkich osób, które – w ten czy inny sposób – wspierały mnie podczas pisania książki. Szczególnie wdzięczny jestem żonie Emilii, która cierpliwie znosiła moje wielogodzinne ślęczenie przed komputerem. Dziękuję także za wsparcie duchowe wszystkich pozostałych życzliwych mi osób, szczególnie przyjaciół z *Koinonia Giovanni Battista*.