

Klaus Mainzer, *Poznanie złożoności. Obliczeniowa dynamika materii umysłu i ludzkości*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 2007, ss. 532

Kognitywistyka jako nauka o poznawaniu wytworzyła intelektualną przestrzeń do interdyscyplinarnych rozważań i wzajemnej wymiany myśli nauk ścisłych i nauk humanistycznych. Wiele osób różnych profesji: fizyków, matematyków, lingwistów, filozofów jak również dziennikarzy¹, krytyków, inżynierów i pisarzy zrobiło wiele dla realizacji idei *trzeciej kultury*, której celem jest zbliżenie stanowisk poprzez popularyzację i ułatwienie zrozumienia osiągnięć nauk ścisłych przez humanistów i lepszego zrozumienia humanistycznych idei przez twórców w dyscyplinach ścisłych². Dla wielu ludzi oczywistością jest konieczność poznania podstaw nauk humanistycznych przez ludzi techniki i przedstawicieli nauk ścisłych, jednocześnie wielu humanistów nie posiada dostatecznej znajomości techniki i podstaw nauk ścisłych.

Kognitywistyka zajmuje się zjawiskami dotyczącymi umysłu, szczególnie zagadnieniami dotyczącymi sposobu postrzegania bodźców i interakcji umysłu ze światem i innymi umysłami³. Zwykle wymienia się pięć nauk o podstawowym znaczeniu dla zrozumienia umysłu: są to pewne działy psychologii, sztucznej inteligencji, psycholingwistyki, neuronauk oraz filozofii poznania i filozofii umysłu. Można do nich dodać matematykę, antropologię, psychofizykę, językoznawstwo i lingwistykę komputerową, sztuczne życie, sieci neuronowe, algorytmy ewolucyjne, komputerowe widzenie. W pedagogice i badaniach edukacyjnych perspektywa poznawcza i kognitywne podstawy stanowią podstawę rozważań i rozwiązywania problemów.

Profesor informatyki i filozof z Uniwersytetu w Augsburgu Klaus Mainzer⁴, podobnie jak Roger Penrose⁵ czy Steven Pinker⁶ reprezentujący nurt kognity-

¹ A. Toffler, *Trzecia fala*, PIW, Warszawa 1996.

² J. Brockmann, *Trzecia kultura*, CIS, Warszawa 1996.

³ H. Kardela, Z. Muszyński, M. Rejewski (red.), *Kognitywistyka. Problemy i perspektywy*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 2005.

⁴ K. Mainzer (ur. 1947) studiował matematykę, fizykę i filozofię, uzyskał stopień doktora w 1973 r. i habilitował się w 1979 r. na Uniwersytecie w Münster. Był profesorem Fundacji Historii Nauk Ścisłych (1981–1988), vice prezydentem Uniwersytetu w Konstancji (1985–1988). Od 1988 r. jest profesorem filozofii nauki, a od 1989 dyrektorem *Instytutu Filozofii i Interdyscyplinarnego Instytutu Informatyki* Uniwersytetu w Augsburgu. Jest członkiem Europejskiej Akademii Nauk i instytucji interdyscyplinarnych (np. Leibniz Association). Od 1996 r. jest prezydentem *German Society of Complex Systems and Nonlinear Dynamics*. Napisał kilkanaście książek o tematyce kognitywnej.

⁵ R. Penrose, *Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness*, Oxford University Press, 1994 (wyd. pol. *Cienie umysłu*, Zysk i S-ka, Poznań).

⁶ S. Pinker, *Jak działa umysł*, Książka i Wiedza, Warszawa 2002, s. 656.

wistyczny, podejmuje próby wyjaśnienia funkcjonowania ludzkiego umysłu na gruncie nauk ścisłych. W wydanej w serii *Umysł. Prace z filozofii i kognitywistyki* książce *Poznawanie złożoności* K. Mainzer poddał szczegółowej analizie problem złożoności i funkcjonowania różnego rodzaju złożonych systemów⁷. Łączy on teorie fizyki oraz idee filozofii materii i oddziaływań społeczno-komunikacyjnych. Dostrzega znaczenie znajomości struktur inżynierskich w procesie analizowania złożoności. Problem złożoności jest jednym z podstawowych problemów sztucznej inteligencji, która zajmuje się m.in. złożonymi systemami: budową materii, funkcjonowaniem mózgu, systemami genetycznymi, chemicznymi i biotechnologicznymi, systemami komunikacji, produkcji, komputerami, robotami itd. Rozwój nauki, techniki i stosunków społecznych wytwarza dużą liczbę obiektów, procesów i systemów. Naturalnym problemem rozwoju jest stały wzrost ich złożoności. Mimo szybkiego rozwoju techniki (szczególnie techniki komputerowej) nie udało się dotychczas rozwiązać wielu problemów obliczeniowych, które wymagają dużej mocy obliczeniowych komputerów. K. Mainzer omawia najważniejsze problemy związane z maszynami Turinga, obliczalnością i równoległym przetwarzaniem informacji. Przedstawia też zagadnienia dotyczące hierarchii wielomianowej, zliczania i obliczeń z ograniczoną pamięcią.

Sposób myślenia jest w jakimś stopniu zależny od złożoności systemu. W analizie złożoności systemów nie wystarcza myślenie liniowe. Rzeczywistość fizyczna, społeczna i umysłowa jest zwykle złożona i ma charakter nieliniowy. Systemy mogą mieć budowę kaskadową (są sekwencją połączonych podsystemów), mogą mieć budowę warstwową lub też mogą być grupą (siecią) dowolnie połączonych podsystemów. Większa złożoność systemów implikuje myślenie nieliniowe. W sieci Internet takim nieliniowym tworem jest hipertekst, na którym oparte są serwisy internetowe www. Łączy on za pomocą odsyłaczy (adresów internetowych – hiperłączy) dowolnego typu dokumenty (tekstowe, graficzne, dźwiękowe, filmowe, programy komputerowe itp.) rozmieszczone w komputerach znajdujących się w różnych miejscach na świecie.

Fizyka i filozofia przyrody pokazują zasady ewolucji materii. Mainzer analizuje złożone układy i modele budowy materii wychodząc od filozofii Talesa, Platona, rozważań o materii Anaksymandera, modelu kosmosu Arystotelesa i logos Heraklita. Anaksagoras w swojej nauce starał się znaleźć kompromis między poglądami Heraklita i eleatów. Usiłował zjawiska przyrodnicze wyjaśniać naukowo, gdy współcześni sprowadzali je wyłącznie do sprawstwa bogów. Mainzer komentuje naukę Kopernika i Galileusza, model wszechświata

⁷ Na podstawie czwartego wydania *Thinking in Complexity* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2003.

Newtona i Einsteina oraz teorie Laplace'a, analizuje również układy Hamiltona, chaos nieba i świat kwantowy oraz układy zachowawcze i dyssypatywne. „Matematyczna teoria struktur dyssypatywnych, ujmująca ewolucję w równaniach nieliniowych, zdaje się tworzyć ramy pojęciowe dla modelowania arystotelesowskiego ... świata rozwijającej się i umierającej przyrody” (s. 129). Mainzer docieka, jak to się dzieje, że z chaosu wyłania się porządek. Znany fizyk amerykański R. Feynman zapoczątkował rozwój nanonauk. Rozwijają się technologie na poziomie atomowym – nanotechnologie. Do systemów złożonych zalicza się nanostruktury. Przedmiotem intensywnych badań są złożone systemy nanoświata i samotworzące się (inteligentne) materiały o dużym znaczeniu dla medycyny, biotechnologii, fizyki atomowej. Często są to materiały o specyficznych właściwościach do osiągnięcia za pomocą innych technologii. Rozwinięte zostały nowe techniki programowania komputerów. Mainzer uważa, że to inżynieria genetyczna i programowanie komputerów doprowadziło do wytworzenia nowych materiałów. „Badania nanoświata i zastosowania nanotechnologii są uwarunkowane możliwościami wykorzystania precyzyjnych narzędzi obserwacji i pomiarów”. Poszukuje się nowych zastosowań nanotechnologicznych w medycynie i robotyce. Podejmowane są próby budowy nanorobotów. Istotnym problemem jest tu wykrywanie i identyfikacja złożonych danych, które wymagają złożonych obliczeń i analiz. Stosowane są tu wielowymiarowe metody statystyki: analiza czynnikowa, analiza skupień i analiza szeregów czasowych oraz zaawansowane metody optymalizacyjne.

Organizm człowieka również składa się ze złożonych systemów i zachodzą w nim złożone procesy. Autor prezentuje teorie Talesa i Darwina oraz zagadnienie termodynamiki Boltzmana i ewolucji życia. Analizując systemy złożone Mainzer próbuje wyjaśnić problemy ewolucji organizmów i ekologii populacji. Celem nauk poznawczych jest zrozumienie procesów poznawania, mechanizmów rozumowania i tworzenia wewnętrznych modeli świata, podstaw neurobiologicznych tych mechanizmów, sposobów modelowania matematycznego i symulacji komputerowej. Od lat 60. XX wieku obserwujemy wzrost dynamiki badań nad mózgiem. Przeprowadzono szereg badań eksperymentalnych i wyjaśniono rolę wielu neurotransmiterów. Podjęto prace nad symulacją funkcjonowania mózgu. W 1943 roku McCulloch i Pitts opracowali model sztucznego neuronu jako analog neuronu biologicznego, co pozwoliło na budowanie i stosowanie sztucznych sieci neuronalnych. Posiadają one zdolność uczenia się na zasadzie treningu wykonywanego np. na określonym zbiorze wzorców. Sieci neuronowe wykorzystywane są do rozwiązywania takich problemów jak: interpretacja, ocena, diagnoza, rozpoznawanie, prognozowanie, optymalizacja itp. Wszystkie te problemy mają istotne znaczenie również w naukach humanistycznych i społecznych. W Japonii

podjęto prace nad budową sztucznego mózgu⁸. Złożoność mózgu sięga setek miliardów komórek nerwowych. Kolejnym problemem jest szukanie odpowiedzi na pytanie: czym jest świadomość? Rozwój technologii komputerowych umożliwił budowę systemów złożonych i rozwój algorytmów i języków programowania, a w konsekwencji zwiększenie złożoności obliczeń. Mainzer omawia zagadnienia obliczalności i złożoności algorytmicznej. Rozwinięto badania nad umysłem i świadomością człowieka. Samo pojęcie świadomości jest wieloznaczne i tkwi w nim ciągle wiele tajemnic. Mainzer omawia koncepcję „człowieka maszyny” la Mettrie’ego oraz problem emergencji świadomości i intencjonalności. Problematykę świadomości w interesujący sposób rozwinął Robert Piłat⁹.

Chaotyczne struktury złożonych systemów wymagają ciągłego porządkowania. Złożoność algorytmów sortowania jest określana jako liczba wykonywanych porównań i zamian elementów, wyrażona w zależności od liczby porządkowanych elementów. Rzeczywisty czas działania algorytmu może być podany dopiero dla konkretnych danych i konkretnego komputera. Inną miarą jakości algorytmu jest jego efektywność określana na podstawie testowania szybkości jego działania na wzorcowych danych. Złożoność i efektywność można również zdefiniować dla programów komputerowych. Złożoność obliczeniowa jest jednym z najważniejszych parametrów charakteryzujących algorytm. Decyduje on o efektywności całego programu. Podstawowymi zasobami systemowymi uwzględnianymi w analizie algorytmów są: czas działania i obszar zajmowanej pamięci. Na złożoność czasową składają się dwie wartości: *pesymistyczna*, która charakteryzuje najgorszy przypadek działania oraz *oczekiwana*. Szacowanie (analiza) złożoności obliczeniowej przeprowadzana jest dla najgorszego przypadku.

Istotną dla sztucznej inteligencji rolę pełni filozofia umysłu i filozofia analityczna. Problem ciała i umysłu analizuje relacje materii do świata ducha. Zagadnienie to postawione zostało z całą ostrością przez Kartezjusza. Z punktu widzenia kognitywistyki jego naturalnym rozwiązaniem jest stwierdzenie: umysł jest funkcją mózgu, ma więc inny status ontologiczny niż przedmioty materialne, chociaż jest wytworem skomplikowanej organizacji materii. Istnieje teoria uznająca umysł za funkcję mózgu. Jednak w jaki sposób symbole, idee, znaczenia, cały świat umysłu wyłonić się może z procesów obliczeniowych wykonywanych przez mózg? Problem jest nabieranie znaczenia przez symbole w systemach formalnych. Jedne symbole definiowane są przez inne, skąd więc w komputerach mogłoby powstać „prawdziwe rozumienie”?

⁸ A. Buller, *Sztuczny mózg, to już nie fantazja*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1998.

⁹ R. Piłat, *Umysł jako model świata*, Wydawnictwo IFiS PAN, Warszawa 1999, s. 207.

K. Mainzer podejmuje problemy przetwarzania informacji, tworzenia baz wiedzy i przetwarzania wiedzy. Informacja jest jednym z podstawowych pojęć teorii informacji. Claude E. Shannon określił podstawy teorii informacji. Z logicznego punktu widzenia wiedza jest zbiorem reguł i faktów, a język stanowi pewne uporządkowane wyobrażenie o pewnej klasie obiektów wyrażone za pomocą wyrażań, formuł i reguł. Baza wiedzy stanowi główny element systemu ekspertowego, tzn. programu lub systemu programów komputerowych wspomagającego korzystanie z wiedzy i ułatwiającego podejmowanie decyzji. System ekspertowy (doradczy) jako komputerowy program konsultacyjny, wspomaga decyzje zastępując eksperta w danej dziedzinie, np. w diagnostyce medycznej. Systemy ekspertowe mogą wspomagać bądź zastępować ekspertów-ludzi w wąskich dziedzinach, mogą dostarczać rad, zaleceń, ocen i diagnoz dotyczących problemów tej dziedziny. Jednym z pierwszych stosowanych systemów ekspertowych jest stworzony przez E. H. Shortliffe'a w latach siedemdziesiątych na Uniwersytecie Stanforda system MYCIN – jako diagnostyczny regułowy system ekspertowy w medycynie¹⁰. Mainzer porusza zagadnienia automatów komórkowych i teorii chaosu. Wiele problemów ma charakter probabilistyczny, co zwiększa złożoność systemów i utrudnia podejmowanie decyzji.

Trudności techniczne w budowaniu modeli umysłu: symboliczne modele rozumowania, użyteczne w sztucznej inteligencji, nie mają nic wspólnego z neurobiologią i nie nadają się do rozpoznawania struktur (np. rozpoznawania obrazów), swobodnego kojarzenia i generalizacji wiedzy. Sieci neuronowe trudno zmusić do logicznego działania i wyjścia poza proste skojarzenia. W mózgu nie udało się znaleźć określonego miejsca, które można uznać za siedlisko umysłu. Różne sygnały zmysłowe przetwarzane są przez różne, fizycznie odrębne, struktury mózgu, świadoma percepcja jest jednak spójna. Problem ma charakter techniczny i symulacja niewielkich sieci neuronów dostarcza nam coraz więcej przykładów pokazujących, w jaki sposób różne struktury mózgu synchronizują się osiągając wspólny dynamiczny stan globalny.

Człowiek podejmuje prace nad rozwojem sztucznego życia i wytworzeniem sztucznej inteligencji. Budowane są sieci neuronowe i komputery synergetyczne, komórkowe sieci neuronowe i analogowe komputery neuronowe, realizowane są uniwersalne komórkowe sieci neuronowe i algorytmy genetyczne. Rozwija się intensywnie bionika jako interdyscyplinarna nauka badająca budowę i zasady działania organizmów żywych oraz ich adaptowanie w technice. Neurobionika i robotyka wspomagają ludzi niepełnosprawnych. Ogromny postęp neurobioniki doprowadził do opracowania bionicznej ręki sterowanej myślą, implantów słu-

¹⁰ J. J. Mulawka, *Systemy ekspertowe*, WNT, Warszawa 1995.

chu i wzroku pozwalających samodzielnie funkcjonować osobom niewidomym, niesłyszącym i niesprawnym ruchowo.

K. Mainzer analizuje ewolucję ludzkiego społeczeństwa, która wytworzyła złożone systemy społeczne. Przechodzi przez różne fazy rozwojowe od arystotelesowskiej *polis* do hobbesowskiego *Leviatana*¹¹. Analizuje problemy ekonomii Smitha i równowagi rynkowej, prezentuje złożone systemy ekonomiczne i systemy samoorganizujące się. Omawia złożone systemy społeczne i kulturowe, złożone systemy komunikacyjne i metody wyszukiwania informacji. Omawia złożone sieci mobilne i problem powszechnie dostępnych obliczeń. Zastanawia się, jaka jest przyszłość nauki i podejmuje problemy etyczne rozwoju nauki i techniki, takie jak: wolność prowadzenia badań i eksperymentów i odpowiedzialność w prowadzeniu badań. Ze złożonością mamy do czynienia także w procesach prognozowania. Problemy przewidywania wymagają tworzenia dużych złożonych modeli i dużych mocy obliczeniowych. Nauka i technika wytwarza systemy o dużej złożoności: przyrządy pomiarowe, aparatura badawcza, reaktory, akceleratory, systemy sterowania, systemy informatyczne.

K. Mainzer traktuje proces poznawania jako proces ciągły, niczego nie kończy, o niczym nie przesądza, pozostawia problemy jako otwarte, podlegające doskonaleniu i zmianom. Stara się jednak procesy zrozumieć i wyjaśniać na tyle, na ile to jest możliwe w określonych warunkach. Sztuczna inteligencja staje się dziedziną opartą na złożoności, analizującą złożoność i wytwarzającą złożone systemy. Jednocześnie Mainzer kładzie nacisk na procesy i systemy dynamiczne, w których zachodzą zmiany w czasie, co wywołuje konsekwencje epistemologiczne i skutki społeczne. Uzasadnia również sytuację ponowoczesnego świata i konieczność funkcjonowania w nim człowieka w sytuacji tymczasowości, zmienności, fragmentaryzacji, relatywizmu i rozczłonkowanej odpowiedzialności nawet w sferze etyki.

K. Mainzer daje obszerne opracowanie problemów kognitywistyki. Nie jest to tylko przedstawienie koncepcji, prezentuje elementy wiedzy znane z zakresu nauk ścisłych i choć niektóre fragmenty może zbyt odwołują się do terminologii fizyki czy informatyki, to jednak całość napisana jest rzeczowo i wyjaśnia wiele problemów sztucznej inteligencji, a nawet prezentuje przykłady zastosowań. *Poznanie złożoności* zawiera też szereg aspektów, opisów i odnośników znanych i wykorzystywanych w naukach humanistycznych i społecznych. Jednocześnie książka wpisuje się w nurt realizacji idei *trzeciej kultury*¹². Nawet trudne problemy przedstawione zostały w sposób klarowny i przejrzysty. Dlatego powinna

¹¹ T. Hobbes, *Leviatan*, Aletheia, Warszawa 2006, s. 840.

¹² J. Brockmann, dz. cyt., s. 534.

ułatwić zrozumienie wielu wyników badań prowadzonych w naukach ścisłych oraz ułatwić przełożenie ich na grunt nauk humanistycznych i społecznych. Warunkiem jednak, aby to się mogło dokonać, jest nie tylko jej uważne przeczytanie, ale przede wszystkim jej przemyślenie i przedyskutowanie z osobami zainteresowanymi tymi problemami. Istotnym krokiem byłoby też sięgnięcie do bogatej literatury z tego obszaru w celu rozwinięcia uzyskanej wiedzy i jeszcze szerszego wyjaśnienia problemów. Dla pedagogów książka Mainzera znacznie rozszerza zakres dotychczasowych rozważań kognitywnych, a jednocześnie aktualizuje wiedzę kognitywną. Mainzer konfrontuje tu niektóre elementy filozofii Kartezjusza i Leibniza z filozofią starożytną. Szczególnie cenna jest książka Mainzera dla studentów specjalności *pedagogika – technologia informacyjna w edukacji* i pracowników naukowych zajmujących się edukacją medialną. Na tej specjalności realizowany jest wykład *Wprowadzenie do sztucznej inteligencji*. Książka ta poszerza wykaz lektur do tego przedmiotu. Może stanowić lekturę uzupełniającą dla kilku innych wykładów zarówno na kierunku pedagogika jak i psychologia, filozofia i socjologia. Książka daje także szeroki wachlarz problemów badawczych, które mogą być inspiracją dla pedagogów dla podejmowania badań. Wiele badań pedagogicznych zawiera bowiem wątki kognitywne.

Kazimierz Wieczorkowski
Wydział Nauk Pedagogicznych UMK