

Tytuł: **Zastosowanie kuhnowskiego pojęcia paradygmatu w analizie badań nad sztuczną inteligencją***

Autor: Piotr Kołodziejczyk / pkolodziejczyk@interia.pl

Źródło: <http://www.kognitywistyka.net> / mjkasperski@kognitywistyka.net

Data publikacji: 16 VIII 2004

1. Uwagi wstępne

Uzasadniając wagę problematyki podjętej w tym tekście odwołam się do następującej wypowiedzi Kazimierza Jodkowskiego:

Pierwsze wydanie słynnej książki Kuhna wywołało wielkie poruszenie wśród filozofów, historyków nauki, a także wśród samych uczonych. (...) Przyczyną tego było zarówno nowatorskie ujęcie rozwoju nauki, jak też wiele kontrowersyjnych tez. Paradygmat stał się pojęciem popularnym, choć nie zawsze poprawnie używanym.¹

Mimo, że intencją Kuhna było uzasadnienie paradygmatycznego charakteru teorii naukowych głównie na podstawie historii nauk przyrodniczych, to wydaje się, że pojęcie paradygmatu stosuje się także do opisu rozwoju nauk społecznych, formalnych i być może humanistycznych². Na przykład, w historii matematyki łatwo wyróżnić okres obowiązywania paradygmatu geometrii euklidesowej, kryzys tego podejścia oraz rewolucję wiążącą się z pojawieniem się systemów Łobaczewskiego i Riemanna. Kwestia zastosowania kuhnowskiego pojęcia paradygmatu do zagadnienia rozwoju danej dyscypliny naukowej komplikuje się, gdy pod uwagę bierze się tak zwane nauki interdyscyplinarne. Dziedziny wiedzy tego rodzaju łącząc ustalenia wielu typów nauk narażone są na zarzut niedojrzałości metodologicznej. Zarzut ten podnosi się często przeciwko kognitywistyce pojmowanej jako nauka o procesach poznawczych. Wielu autorów³ twierdzi, że kognitywistyka stanowiąc zlepek danych wywodzących się z różnych dyscyplin naukowych nie charakteryzuje się ani jasno określoną metodologią badań, ani jednomyślnością uczonych, co do rezultatów dokonywanych przez nich analiz teoretycznych.

* Treść niniejszego artykułu została zaprezentowana na III Ogólnopolskim Forum Filozoficznym Młodych w Lublinie.

¹ K. Jodkowski, *Wspólnoty uczonych, paradygmaty i rewolucje naukowe*, Lublin, 1990, ss. 133-134.

² Por. Z. Muszyński, *Niewspółmierność, ekwiwokacja i problemy znaczenia*, ss. 173-222, w: tenże, *Z badań nad prawdą, nauką i poznaniem*, Lublin, 1998, ss. 174-176, oraz K. Jodkowski, *Niewspółmierność. Studium przypadku: kontrowersja ewolucjonizm – kreacjonizm*, ss. 127-172, w: Z. Muszyński, *Z badań...*, s. 128.

³ Zob. np. R. Penrose, *Cienie umysłu*, tłum. P. Amsterdamski, Poznań, 2000, ss. 25-26; J. Searle, *Świadomość, inwersja wyjaśnień i nauki kognitywne*, tłum. E. Hunca, ss. 144-177, w: *Modele umysłu*, red. Z. Chlewiński, Warszawa, 1999, ss. 164-167; oraz G. M. Edelman, *Przenikliwe powietrze, jasny ogień. O materii umysłu*, tłum. J. Rączaszek, Warszawa, 1998, ss. 297-312.

W przeciwieństwie do zaprezentowanej oceny metodologicznego statusu kognitywistyki, w pracy tej będę starał się argumentować, że nauki kognitywne (a w szczególności ich najprężniej rozwijająca się dziedzina – teoria i praktyka sztucznej inteligencji) stanowi metodologicznie dojrzałą dyscyplinę wiedzy. Tłem dla tego rodzaju podejścia są rozważania Marka Hetmańskiego⁴, w których pokazuje on, że kognitywistyka jest dziedziną rozwijającą się w zgodzie z kuhnowskimi wyznacznikami rozwoju nauki. Na podstawie tezy Hetmańskiego w poniższych rozważaniach postaram się omówić dwie rewolucje mające miejsce w obrębie badań nad AI, paradygmatyczny charakter samych tych badań oraz zasygnalizować problem niewspółmierności zachodzącej pomiędzy podejściami typu GOFAI i koneksjonistycznego.

2. Paradygmatyczny charakter badań nad sztuczną

Czyniąc pojęcie paradygmatu kluczowym dla analiz prowadzonych w tym tekście, w pierwszej kolejności należy określić zasięg stosowalności tego terminu w odniesieniu do badań nad sztuczną inteligencją. Określenie to wydaje się ważne, ponieważ w pracach samego Kuhna pojęcie paradygmatu nie jest jednoznaczne. Termin ten odnosi się zarówno do powszechnie uznawanych osiągnięć naukowych, zespołu charakterystycznych przekonań i uprzedzeń oraz zespołu instrumentalnych, teoretycznych i metafizycznych przekonań podzielanych przez grupę uczonych⁵. Z powodu tego rodzaju wieloznaczności, termin paradygmat rozumiem będę w sensie globalnym, czyli jako zinternalizowane przekonania przedstawicieli danej dyscypliny naukowej. Na zbiór tych przekonań składają się zarówno przekonania instrumentalne, teoretyczne oraz metafizyczne. Innymi słowy, pojęcie paradygmatu obejmuje

(...) pewne akceptowane wzory faktycznej praktyki naukowej – wzory obejmujące równocześnie prawa, teorie, zastosowania i wyposażenie techniczne – tworzą model, z którego wyłania się jakaś szczególna, zwarta tradycja badań naukowych.⁶

Krótko mówiąc – paradygmat stanowi wzorzec uprawiania badań w obrębie danej dyscypliny naukowej.

Paradygmat charakterystyczny dla badań nad AI można nazwać obliczeniowym. Jego sedno można wysłowić w postaci twierdzenia, że procesy poznawcze dokonywane przez podmioty kognitywne mają charakter procesów obliczalnych w sensie matematycznej teorii rekursji⁷. Twierdzenie to, będące konsekwencją analiz Alana Turinga⁸ prowadzi do założenia, że sztuczne systemy poznawcze o stanach nieciągłych posiadają zdolności poznawcze jakościowo identyczne ze zdolnościami podmiotów naturalnych. Ujmując tą kwestię w perspektywie epistemologicznej można powiedzieć, że procesy poznawcze są charakteryzowane wyłącznie w sposób syntaktyczny. Zatem, każdy z tych procesów jest wyrażalny za pomocą zbioru procedur formalnych skonstruowanych na podstawie

⁴ Zob. M. Hetmański, *Umysł a maszyny. Krytyka obliczeniowej teorii umysłu*, Lublin, 2000, s. 34. Trzeba w tym miejscu podkreślić, że Hetmański sygnalizuje tylko tą kwestię i nie poświęca jej szczegółowej uwagi w prowadzonych przez siebie analizach.

⁵ Por. T. S. Kuhn, *Raz jeszcze o paradygmatach*, ss. 406-439, w: tenże, *Dwa bieguny. Tradycja i nowatorstwo w badaniach naukowych*, tłum. S. Amsterdamski, Warszawa, 1985, s. 407.

⁶ T. S. Kuhn, *Struktura rewolucji naukowych*, tłum. H. Ostromecka, Warszawa, 2001, s. 34.

⁷ Por. W. Marciszewski, *Sztuczna inteligencja*, Kraków 1998, s. 16.

⁸ Zob. A. Turing, *Maszyny liczące a inteligencja*, tłum. B. Chwedeńczuk, ss. 271-300, w: *Fragmenty filozofii analitycznej. Filozofia umysłu*, wybór: B. Chwedeńczuk, Warszawa, 1995.

algorytmów zaimplementowanych w strukturze systemu przetwarzającego informacje⁹. Podejście to prowadzi do akceptacji zespołu przekonań, które za Włodzisławem Duchem można przedstawić następująco:

Algorytmy manipulowania symbolami powinny więc pozwolić na odtworzenie nieskończenie złożonego zachowania za pomocą mechanicznie wykonywanych mikroprocesów. Wynika stąd, że systemy przetwarzające informacje, takie jak ludzkie umysły, powinny dać się zrozumieć dzięki badaniu algorytmów oraz badaniu sposobu wewnętrznej reprezentacji pojęć, czyli związków symboli z tym, co one reprezentują.¹⁰

W świetle przytoczonej wypowiedzi widać, że sztuczne i naturalne systemy poznawcze można traktować jako modele finitystyczne. Przez analogię do idei finityzmu w filozofii matematyki o systemach tych można stwierdzić, że:

1. ich składową, i zarazem przedmiotem badań są skończenie syntaktycznie dane struktury.

Poza takimi strukturami – pisze Herbert Simon – system zawiera także zbiór procedur przeprowadzających operacje na wyrażeniach, aby wytworzyć inne wyrażenia (...). Fizyczny system symboli jest w związku z tym maszyną generującą ewoluujące zbiory struktur symbolicznych¹¹,

2. operacje na tych strukturach mają charakter kombinatoryczny, czyli efektywny w rozumieniu matematycznej metody efektywnej,
3. pojęcia abstrakcyjne, takie jak np. dowolna jednostka syntaktyczna, czy nieskończony zbiór symboli nie są ani przedmiotem badań, ani elementem tych modeli.

Przywołane stwierdzenia można ujmować jako elementy teoretycznego zbioru przekonań składających się na paradygmat obliczeniowy. Przekonania teoretyczne korespondują z ontologicznym zapleczem tego paradygmatu, które stanowi (wywodzące się z analiz Hilarego Putnama¹²) stanowisko funkcjonalistyczne. Skoro procesy poznawcze traktuje się w sposób obliczeniowy, to (zgodnie z funkcjonalizmem) procesy te mogą być realizowane przez różne systemy fizyczne wyposażone w układy wejścia, analizy i przetwarzania danych oraz wyjścia¹³. W związku z tym można wnosić, że suma przekonań ontologicznych i teoretycznych sformułowanych w ramach paradygmatu obliczeniowego spowodowała, jak pisze Hanard, że

(...) komputacjoniści uznali się za psychologów (i spowodowało, że psychologzy stali się komputacjonistami (...)). Wynikło to z założenia, że przyczynowe i funkcjonalne wyjaśnienie systemu fizycznego jest równie kompatybilne z mentalną, jak i niematerialną interpretacją. Interpretacja mentalna wydaje się zawsze w jakiś sposób

⁹ Zob. P. Kołodziejczyk, *Funkcjonalizm jako ontologia sztucznej inteligencji*, s. 457, w: *Byt i jego pojęcie*, red. A. L. Zachariasz, Rzeszów 2003, ss. 454-466.

¹⁰ W. Duch, *Czym jest kognitywistyka?*, ss. 9-49, "Kognitywistyka i Media w Edukacji", Nr 1/1998, s. 25.

¹¹ H. Simon, *Cognitive Science: The Newest Science of the Artificial*, ss. 33-46, "Cognitive Science", Nr 4/1980, s. 40.

¹² Zob. H. Putnam, *Mind and Machines*, ss. 138-164, w: *Dimensions of Mind. A Symposium*, red. S. Hook, New York, 1961.

¹³ Hetmański pisze w tej kwestii: „Jeśli uniwersalna maszyna Turinga jest w stanie symulować (modelować) działanie każdej cyfrowej maszyny, to może się tak dziać właśnie ze względu na niezależność działania takiej maszyny na poziomie logicznym (obliczeniowym) od działania na poziomie fizycznym”. M. Hetmański, *Umysł...*, s. 71.

niezależna od fizycznej mimo, że są one w sposób oczywisty wzajemnie skorelowane. Jest tak, ponieważ funkcjonalność systemu sprawia wrażenie całkowicie zdolnej do wyjaśniania [natury procesów poznawczych, przyp. P. K.] (...) równie zadowalająco za pomocą pojęcia umysłowości, jak i bez uwzględnienia tego terminu.¹⁴

Dlatego też funkcjonalistyczne podejście do badania umysłu ujawnia, jak się wydaje, instrumentalistyczne aspekty paradygmatu obliczeniowego. Oznacza to, że zastosowanie pojęcia (bądź matematycznie rozumianej teorii) obliczalności umożliwia potraktowanie paradygmatu obliczeniowego jako modelu wyjaśniającego interakcje pomiędzy syntaktycznym poziomem analizy danych dostarczanych do systemów kognitywnych oraz referentami elementów syntaktycznych zaimplementowanymi w tym systemie (poziomem analizy semantycznej). Zatem, jak postuluje Valerie Hardcastle, paradygmat obliczeniowy stanowi model eksplanacyjny w tym sensie, że w sposób jednoznaczny opisuje (w terminach procedur obliczeniowych) relacje zachodzące pomiędzy symbolami i reprezentacjami mentalnymi¹⁵. Poprzez eliminację słownika terminów charakterystycznych dla psychologii potocznej, obliczeniowe i zarazem funkcjonalistyczne podejście do badania natury procesów poznawczych unika więc (zdaniem zwolenników paradygmatu obliczeniowego) trudności związanych z ustaleniem relacji zachodzącej między treścią pojęć mentalnych i fizykalnych¹⁶.

Zgodnie z metodologicznymi ustaleniami Kuhna, pojęcie paradygmatu pozostaje w ścisłym związku eksplanacyjnym z terminem 'nauka normalna'. W *Strukturze...* czytamy na ten temat:

Termin nauka normalna oznacza (...) badania wyrastające z jednego lub wielu osiągnięć naukowych przeszłości, które dana społeczność uczonych aktualnie akceptuje i traktuje jako fundament swej dalszej praktyki.¹⁷

Badania prowadzone w ramach nauki normalnej polegają na uszczegółowieniu zjawisk i teorii, których dostarcza paradygmat¹⁸. Od nich więc w głównej mierze zależy sukces lub porażka danego paradygmatu. Jak pisze Kuhn:

Sukces paradygmatu (...) – to początkowo przede wszystkim obietnica sukcesu, na jaki liczy się, mając do dyspozycji tylko wybrane i niepełne przykłady. Nauka normalna urzeczywistnia tę obietnicę, rozszerzając wiedzę o faktach, które dany paradygmat ukazuje jako szczególnie ważne, poszerzając zakres zgodności między tymi faktami a formułowanymi na gruncie paradygmatu przewidywaniami oraz uściślając sam paradygmat.¹⁹

Na gruncie badań nad sztuczną inteligencją związek pojęć paradygmatu i nauki normalnej najbardziej wyraźnie ujawnia się podczas analizy sposobu rozwiązywania szczegółowych problemów na drodze do skonstruowania sztucznych podmiotów poznawczych. Obliczeniowe rozumienie natury procesów poznawczych determinuje bowiem charakter działań dokonywanych przez teoretyków AI. Zależność tą widać przy stosowaniu języków

¹⁴ S. Hanard, *Computation Is Just Interpretable Symbol Manipulation; Cognition Isn't*, ss. 379-390, w: "Minds and Machines", Nr 4/1995, s. 384.

¹⁵ Por. V. Hardcastle, *Computationalism*, ss. 310-311, w: "Cognition", Nr 3/1195, ss. 303-317.

¹⁶ Problem ten dyskutuje np. Urszula Żegleń rozważając ujęcie treści stanów mentalnych w ramach behawioryzmu semantycznego oraz identycznościowych i komputacyjnych teorii umysłu. Zob. U. Żegleń, *Wprowadzenie do problematyki filozofii umysłu*, ss. 111-129, w: "Kognitywistyka i Media w Edukacji", Nr 1/1998, ss. 116-121.

¹⁷ T. S. Kuhn, *Struktura...*, s. 33.

¹⁸ Zob. tamże, s. 55.

¹⁹ Tamże, s. 54.

programowania wysokiego poziomu (np. LISP-a) do konstruowania tak różnorodnych systemów inteligentnych jak: napisanego przez Thomasa Evansa programu rozpoznawania analogii między figurami geometrycznymi²⁰, skonstruowanego przez Terrego Winograda systemu rozumienia języka naturalnego SHRDLU²¹, czy też systemów ekspertowych, jak np. MATHLAB-u i DENDRAL-a. używając terminologii Kuhna można powiedzieć, że rozwiązywanie łamigłówek²² w oparciu o paradygmat obliczeniowy wynika z faktu, że , jak pisze David J. Chalmers,

(...) prawie każda przyczynowa organizacja, jaką możemy sobie wyobrazić może być ujęta jako opis obliczeniowy. Tak długo, jak przyczynowa organizacja systemu może być analizowana w skończonej liczbie działających na siebie części (...), to organizacja ta może zostać wyabstrahowana w opisie automatów złożonych, bądź w ramach jakiegoś innego formalizmu obliczeniowego.²³

Problematyczny pozostaje tu jednak sposób pojmowania terminu ‘obliczanie’, ponieważ jego wielorakie ujęcie doprowadziło do rewolucyjnych zmian w obrębie paradygmatu obliczeniowego. O zmianach tych traktuje poniższa część tej pracy.

3. Rewolucje, niewspółmierność badania nad AI

Przyczyną rewolucji w dowolnej dyscyplinie naukowej jest, jak wskazuje Kuhn, pojawianie się nieusuwalnych anomalii w ramach danej teorii. Anomalii tych nie można, rzecz jasna, wytłumaczyć za pomocą aparatury teoretycznej dostarczanej przez tą właśnie teorię. Inaczej mówiąc, pojawienie się anomalii jest zapowiedzią kryzysu i upadku danego paradygmatu. Jak pisze Kuhn:

Kiedy (...) anomalia zaczyna być postrzegana jako coś więcej niż po prostu kolejna łamigłówka nauki normalnej, znak to, że nauka wchodzi w falę kryzysu. Wśród wielu uczonych danej specjalności rozpowszechnia się świadomość, że rzeczywiście jest to anomalia. Coraz większa liczba najwybitniejszych specjalistów poświęca jej coraz więcej uwagi. Jeśli opiera się ona nadal wszelkim próbom jej usunięcia (...), wielu uczonych zaczyna ją traktować jako główny przedmiot badań ich dyscypliny.²⁴

W ramach badań nad sztuczną inteligencją pojawianie się anomalii i kryzys obowiązujących paradygmatów można ukazać na podstawie ewolucji reprezentacji wiedzy o świecie wyrażalnej w języku naturalnym. Obowiązujące początkowo podejście oparte na logice kwantyfikatorów I-go rzędu zostało wyparte ponieważ w jego ramach nie można było wyjaśnić anomalii eksplozji kombinatorycznej. Mimo łatwości mechanizacji wnioskowań okazało się (na przykład na podstawie analizy systemów QA3 i STRIPS), że ten sposób reprezentacji wiedzy nie pozwalał na rewizję przekonań systemu, często prowadził do sprzeczności oraz powodował, że na podstawie niewielkiej bazy danych lawinowo rosła liczba wnioskowań, które okazywały się nieużyteczne w procesie reprezentowania wiedzy²⁵. Ten sposób podejścia do problemu reprezentacji został wyparty przez formalizm systemów

²⁰ Opis działania tego programu zawiera artykuł: M. Minsky, *Sztuczna inteligencja*, tłum. D. Gajkovicz, ss. 290-308, w: *Dziś i jutro maszyn cyfrowych*, Warszawa, 1969, ss. 294-302.

²¹ Zob. T. Winograd, *Understanding Natural Language*, New York, 1972.

²² Na temat pojęcia łamigłówki zob. T. S. Kuhn, *Struktura...*, ss. 73-86.

²³ D. J. Chalmers, *On implementing a computations*, ss. 391-402, w: "Minds and Machines", Nr 4/1995, s. 397.

²⁴ T. S. Kuhn, *Struktura...*, s. 152.

²⁵ Por. P. Konderak, *Obliczeniowe modele rozumienia języka naturalnego*, ss. 7-24, w: "Philosophon Agora", Nr 1/1999, s. 16.

produkcji, który wprowadził pozwalał na somomodyfikację systemów, ale nie umożliwił wyjaśnienia warunków kontekstowych, będących przecież podstawą komunikowania się w języku naturalnym. Właśnie to zjawisko można potraktować jako niewyjaśnialną anomalię i główny powód przejścia do techniki sieci semantycznych stanowiącej obecnie najbardziej obiecujący formalizm reprezentacji wiedzy.

W świetle powyższych rozważań rysuje się antykumulatywny charakter rozwoju badań nad sztuczną inteligencją. Mówiąc inaczej, rozwój badań nad AI ma charakter rewolucyjny. Mówiąc słowami Kuhna, rewolucja jest to przejście do nowego paradygmatu²⁶. W przypadku badań nad sztuczną inteligencją rewolucja polegała na przejściu od paradygmatu, który Duch nazywa klasycznym²⁷ do wzorca koneksjonistycznego. Jako, że szeregowe podejście do programowania systemów inteligentnych nie przyniosło oczekiwanych efektów, na początku lat osiemdziesiątych XX wieku podjęto próbę modelowania i obliczeniowego wyjaśniania zjawisk mentalnych w oparciu o badania neurofizjologiczne. Nadzieje związane z tym nowym paradygmatem trafnie ujął David E. Rumelhart pisząc:

Dlaczego akurat komputer wzorowany na pracy mózgu miałby być szczególnie interesującym źródłem inspiracji? U podstaw przyjęcia metafory komputerowej leży ukryte założenie co do najważniejszego dla nauki o poznawaniu poziomu wyjaśniania. (...) Postulowane przez nasze [koneksjonistyczne, przyp. P. K.] modele operacje najtrafniej dałoby się nazwać inspirowanymi neuronalnie. (...) Zamiast angażować w proces przetwarzania olbrzymią liczbę kroków uporządkowanych szeregowo (...) mózg działa szerokim frontem, angażując jednocześnie bardzo wiele elementów przetwarzania, współpracujących ze sobą równolegle dla wykonania zadania. Jestem przekonany, że m. in. z tych właśnie powodów przetwarzanie informacji rządzi się zupełnie innymi prawami ogólnymi niż te, do których zdążyliśmy już przywyknąć.²⁸

Dlatego też można wnosić, że paradygmat związany z komputerową metaforą umysłu i poznania został zastąpiony paradygmatem mózgowym, który swoje główne założenia czerpał z superparadygmatu obliczeniowego. Podobnie, jak w przypadku metafory komputerowej, również badacze akceptujący metaforę mózgową twierdzą, że podejście obliczeniowe jest centralne w studiach nad umysłem i naturą procesów poznawczych. Różnice wynikają natomiast z lingwistycznej niewspółmierności pojęć bazowych dla obydwu z tych podejść. Mówiąc o zagadnieniu niewspółmierności za Muszyńskim²⁹ neguję możliwość, że sama teza o niewspółmierności jest fałszywa i zamiast niej mówić należy o błędzie ekwiwokacji dla tych samych terminów występujących w różnych teoriach. Jak zauważa Muszyński, aby mówić o ekwiwokatywności tych samych terminów występujących w różnych teoriach należy mieć teoretyczne narzędzie umożliwiające odróżnienie płaszczyzny znaczeniowej od semantycznej. Ponadto, należałoby zanegować istnienie warunków stałości znaczenia terminów oraz ich referencji. Negacja ta jest o tyle trudna, że w samej praktyce badawczej uczonych można odnaleźć przywiązanie do stałości znaczenia danych terminów³⁰. Mówiąc o lingwistycznej niewspółmierności zachodzącej pomiędzy konkurencyjnymi podejściami w ramach badań nad AI mam na myśli fakt, że pewne terminy teoretyczne w obrębie różnych teorii mają różne znaczenie, a co za tym idzie – również różną referencję. Istnienie niewspółmierności łatwo wykazać zestawiając pojęcie systemu kognitywnego w świetle

²⁶ Zob. T. S. Kuhn, *Struktura...*, s. 164.

²⁷ Por. W. Duch, *Czym...*, s. 26.

²⁸ D. E. Rumelhart, *Architektura umysłu. Podejście koneksyjne*, tłum. H. Grzegołowska-Klarkowska, ss. 240-272, w: *Modele...*, red. Z. Chlewiński, ss.: 241, 242, 243.

²⁹ Zob. Z. Muszyński, *Niewspółmierność...*, s. 173.

³⁰ Por. tamże, s. 174.

metafory komputerowej i mózgowej. W ramach metafory komputerowej system kognitywny jest maszyną Turinga lub automatem skończonym stanowo³¹. Z kolei zdaniem zwolenników metafory mózgowej system kognitywny jest układem złożonym z zespołu procesorów, którymi kieruje procesor nadrzędny istniejący w pewnym środowisku³². Ta fundamentalna różnica prowadzi do lingwistycznej niewspółmierności innych kluczowych dla badań nad AI pojęć. Pomijając w tym miejscu przykłady można stwierdzić, że omawiane niewspółmierne podejścia dają biegunową wizję rozwoju teorii i praktyki sztucznej inteligencji. Analiza efektów badań prowadzonych w zgodzie z metaforą komputerową i mózgową pozwala przypuszczać, że druga spośród wymienionych zdaje się posiadać większą moc eksplanacyjną. Jest tak, ponieważ dzięki uwzględnieniu zagadnienia interakcji systemów kognitywnych ze środowiskiem zewnętrznym, kwestii ograniczeń poznawczych oraz oparciu automatyzacji wnioskowań na zasadzie rachunku prawdopodobieństwa (nie zaś teorii rekursji) podejście konekcyjne obejmuje filozoficznie doniosły problem intencjonalności systemu będący warunkiem wygłaszania sądów o izomorficzności zachodzącej pomiędzy naturalnymi i sztucznymi podmiotami poznawczymi.

4. Uwagi końcowe

Poprzez zastosowanie kuhnowskiej metodologii do analizy wyników badań nad sztuczną inteligencją starałem się wykazać, że badania te są prowadzone w ramach dyscypliny dojrzałej metodologicznie. Trzeba jednak podkreślić, że prowadzone rozważania mogą być traktowane wyłącznie jako wstęp do gruntownego przebadania tematu. Aby jednoznacznie określić czy teoria sztucznej inteligencji jest dyscypliną naukową w sensie podejścia Kuhna należałoby dokładnie przeanalizować problem zmiany paradygmatu, skutki tego rodzaju zmiany oraz poddać dyskusji szereg problemów związanych z zagadnieniem ontologicznej niewspółmierności istniejących paradygmatów. Z racji, że ontologiczny status komputerów i systemów AI wydaje się niejasny potrzeba współpracy filozofów, kognitywistów, logików i psychologów, aby podjąć próbę odpowiedzi na postawione kwestie.

³¹ Por. S. Bringsjord, M. Zenzen, *Cognition is not computation: the argument from irreversibility*, ss. 285-320, "Synhese", Nr 113, 1997, s. 286.

³² Por. D. E. Rumerhart, *Architektura...*, s. 245.