

<http://dx.doi.org/10.16926/fil.2015.12.06>

Dariusz DĄBEK

Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

Podstawowe problemy klasycznej sztucznej inteligencji – problem ramy, problem uziemienia symbolu, braku ucieleśnienia i usytuowania. Część II

Streszczenie

Tekst artykułu jest rozwinięciem tematu podstawowych ograniczeń stojących przed badaczami i twórcami sztucznej inteligencji. Opisane i wytłumaczone zostają więc takie zagadnienia, jak: problem ramy, problem uziemienia, ucieleśnienia i inne. Wiele przykładów pomaga nawet nieznajomionym z tematem czytelnikom poznać i zrozumieć wyzwania stojące przed naukowcami pracującymi ze sztucznymi systemami i wirtualnymi światami.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, nauki kognitywne, inteligentny agent, problem ramy, problem ucieleśnienia, światy wirtualne.

Wstęp

W części pierwszej zostały opisane główne problemy związane z rozumieniem obszaru zagadnień sztucznej inteligencji (AI), problemy związane z samym jej rozumieniem oraz zagadnienie jej interdyscyplinarnego charakteru. Podano kilka różniących się od siebie określeń definicyjnych AI, ale także jej przedmiot i metodologię. Zwrócono także uwagę na kłopoty terminologiczne omawianego zagadnienia, wynikające zarówno ze struktury prowadzonych badań (inaczej np. w informatyce, a inaczej w psychologii poznawczej), jak i samych problemów translatorskich czy też wynikających z kontekstów czysto historycznych. Inna kwestia podniesiona w części pierwszej to problem ścisłych i jednoznacznych pojęć w naukach kognitywnych. Nie ma np. jednej precyzyjnej definicji **agenta** wykorzystywanej powszechnie w określaniu zachowań syste-

mów sztucznej inteligencji, a różnica pomiędzy agentem a obiektem lub programem komputerowym jest nieprecyzyjna.

Próbowano również na kilku przykładach określić (choć pobieżnie) naturę inteligencji i omówić wstępnie paradygmat kognitywistyczny. Zanedbuje on fakt, iż inteligentni agenci, czyli ludzie, zwierzęta, roboty, są ucieleśnieni i funkcjonują w rzeczywistym świecie fizycznym, co prowadzi do istotnych braków przy próbie zrozumienia i wytłumaczenia zjawiska inteligencji. Odniesiono się w ten sposób do klasycznych modeli, które rozwinęły się w myśl wspomnianego paradygmatu kognitywistycznego i skupiają się na modelowaniu zaawansowanych procesów, takich jak rozwiązywanie praktycznych problemów, rozumowanie czy formułowanie wniosków (zilustrowanych kilkoma przykładami).

W części pierwszej zwrócono również uwagę na kilka dobrze znanych problemów z klasycznymi systemami, gdzie w sporej części społeczności naukowców zajmujących się AI panuje zgodne przekonanie o tym, że klasycznym systemom brakuje niezawodności, trwałości i możliwości uogólnienia, których nie da się rozwijać w czasie rzeczywistym. Inne problemy to zarzuty pod adresem klasycznych systemów i ich zorientowanie na cel, hierarchiczne zorganizowanie, oraz centralne przetwarzanie informacji.

Konieczne wydaje się zatem omówienie w tej części tak zwanego **problemu ramy** (*frame problem*), **uziemienia** oraz braku **wcielenia** i **umieszczenia**. Ma to związek z tym, że maszyny nie mają na razie szans na samoświadomość, tzn. nie zdają sobie sprawy z faktu własnego istnienia, a co za tym idzie, nie potrafią prawidłowo odnieść się do własnej pozycji w otoczeniu. Zagadnienia te w interesujący sposób opisuje zespół badawczy pod kierownictwem Rolfa Pfeifera i Christiana Scheiera w książce *Understanding Intelligence* (Pfeifer, Scheier 1999), skąd zaczerpnięto obszernie przykłady. Ciekawe przykłady przytoczone poniżej pochodzą z pracy D.C. Dennetta pod tytułem *Brainchildren essays on designing minds* (Dennett 1998, 183). Obszerna krytyka problematyki modeli AI jest dobrze znana i poparta wieloma przykładami, dlatego ograniczymy się tylko do kilku reprezentatywnych.

W dalszej części staramy się wykazać i zilustrować przykładami, iż jednym z problemów z klasyczną AI jest to, że nie poświęca się w nich dostatecznej uwagi rzeczywistemu światu. Właściwie wszystkie podstawowe problemy klasycznego AI dotyczą relacji agenta z realnym światem, a w szczególności – jego interakcji z nim.

Jakie zatem istnieją systematyczne sposoby radzenia sobie z tymi interakcjami? Należy bardziej szczegółowo przyjrzeć się tym, wspomnianym powyżej, specyficznym zagadnieniom: **problem ramy**, **problem uzziemienia symbolu**, **braku ucieleśnienia i usytuowania**. Wspomnieć należy również przy tym temacie o problemie **homunkulusa** i problemie **podłoża inteligencji**.

Problem ramy

Jak podaje Rolf Pfeifer i Christian Scheier w książce *Understanding Intelligence*, tak zwany **problem ramy** pierwotnie został wskazany przez McCarthy'ego i Hayesę w 1969 r., i w swoim czasie wzbudził większe zainteresowanie (por. Pulyshyn 1987). Występuje on w kilku wariantach i nie ma jednej nadrzędnej interpretacji (por. Haselager 1997). Centralne zagadnienie dotyczy tego, jak stworzyć model zmian (por. Janlert 1987). W jaki sposób model środowiska zmieniającego się w sposób ciągły może pozostawać w zgodzie ze światem rzeczywistym? Zakładając, że model składa się ze zbioru logicznych propozycji (które w istocie odnoszą się do każdej reprezentacji), jakaś propozycja może zmienić się w jakimś punkcie w dowolnym czasie (por. Fodor 1983, Pylyshyn 1996).

Bardzo interesująco przedstawia się popularny problem ramy użyty w przykładzie Daniela Dennetta w książce *Brainchildren essays on designing minds*, autora, który zajmuje się filozofią umysłu od wielu lat. Początkową sytuację opisaną w przykładzie Dennetta można zilustrować jako robota o określonej reprezentacji. Składa się ze zbioru różnych propozycji, jak określona przestrzeń i przedmioty (R1 – robot, pokój), R1¹ i przedmioty (wózek, baterie), i tak dalej. Trafne wydaje się przytoczenie eksperymentu, aby zobrazować najistotniejsze zagadnienia z nim związane. Dennett przedstawił doświadczenie w formie następującej opowieści:²

Pewnego razu był robot, nazwany przez swoich twórców R1. Jego jedynym zadaniem było znaleźć rozwiązanie problemu. Pewnego dnia jego projektanci zaplanowali nauczyc go, że jego zapasowa bateria (jego cenna dostawa energii) została zamknięta w pokoju z bombą mającą wkrótce wybuchnąć. R1 zlokalizował pokój i klucz do drzwi i sformułował plan, by uratować swoją baterię. W pokoju był wózek, na którym znajdowała się bateria. R1 założył hipotetycznie, że pewne działanie, które nazwano WYCOFANIE WÓZKA Z POKOJU, doprowadzi do usunięcia baterii z niebezpiecznego pokoju. Niezwłocznie zadziałał i udało mu się usunąć baterię z pokoju, zanim wybuchła bomba, niestety, owa bomba również była na wózku. R1 wiedział, że bomba jest na wózku, ale nie rozumiał, że ciągnąc wózek, wyciąga bombę wraz z baterią. Biedny R1 nie zauważył tej oczywistej implikacji swojego zaplanowanego działania (Dennett 1998, 183).

Podejście drugie. Zdaniem projektantów „rozwiązanie jest oczywiste”, „nasz następny robot musi zostać zmuszony, by rozpoznać nie tylko zamierzone implikacje swoich czynów, ale również implikacje ich efektów ubocznych, przez dedukowanie tych implikacji z opisów, których używa w formułowaniu swych planów”. Swojego następnego robota nazwano deducer R1D1. Umieszczono R1D1 w prawie takiej samej sytuacji, jak R1, i gdy robot wpadł na pomysł WYCOFANIE WÓZKA Z POKOJU, zaczął zgodnie z tym, jak go zaprojektowano, rozważać implikacje takiego kursu działania. Gdy tylko skończył dedukować, że wyciągnięcie wózka z pokoju nie zmieni koloru ścian w tymże pokoju,

¹ Oznaczenia R1D1, R2D2 są żartobliwą aluzją do samodzielnie myślących robotów występujących w sadze filmowej *Gwiezdne Wojny* (ang. *Star Wars*) w reżyserii G. Lucasa.

² Przytaczane fragmenty opowieści angielskojęzycznej występują w dość swobodnym tłumaczeniu własnym.

zaczął dedukować dalsze implikacje dotyczące tego, że wyciąganie wózka spowoduje więcej obrotów kół, niż jest kół na wózku, i kolejne, kiedy bomba eksplodowała (por. Dennett 1998, 183–184).

Podjęcie trzecie. Programiści doszli do wniosku, że należy „nauczyć tego robota różnic między implikacjami istotnymi i nieistotnymi” i „nauczyć go ignorować te nieistotne”. Opracowali więc metodę oznaczania implikacji jako istotnych, bądź nieistotnych dla aktualnego projektu i na krótko zainstalowali tę metodę w ich następnym modelu, robocie deducer, R2D1. Kiedy poddano R2D1 testowi, który tak jednoznacznie unicestwił jego poprzedników, byli zaskoczeni, widząc, jak robot siedzi zupełnie spokojnie, nie poruszając się na zewnątrz pokoju, w którym jest bomba, i rozważa rodzaj płótna, ojczystą barwę i następne implikacje. Na ponaglenia ze strony projektantów oraz pytania, robot odpowiedział „pracowicie ignoruję jakieś tysiące implikacji, zdecydowałem się być nieistotny. Gdy tylko znajduję nieistotną implikację, umieszczam ją na wykazie tych, które muszą zignorować i ...” bomba wybuchła po raz trzeci (por. Dennett 1998, 184).

Komentarze i próby rozwiązania problemu ramy

Idąc za przykładem R. Pfeifera i C. Scheiera w książce *Understanding Intelligence*, interesująca w podanym wyżej przykładzie jest nie sama opowieść, lecz intrygujące spostrzeżenia, które można sformułować w kilku punktach (Pfeifer, Scheier 1999).

1. W pierwszym przypadku rozważamy zachowanie R1, gdzie materiał zgromadzony we wspomnieniu robota ma tak zwany **problem ramy**, podobnie jak robot R1D1 i R2D1 (musi określić, co ma do dyspozycji: że wewnątrz pokoju znajduje się wózek, bateria, bomba itd., że są ściany o wybranym kolorze (w podanym przykładzie jest to kolor niebieski), musi określić położenie poszczególnych elementów i ich ułożenie względem siebie, itd.). Wszystkie roboty R1, R1D1 i R2D1 używają symbolicznej reprezentacji sytuacji, by nakreślić wnioski i kierować zachowaniem. W tej szczególnej sytuacji przesuwanie wózka ma skutek uboczny, gdyż bomba również się przesuwa. Niestety, robot nie wie, że ma to ze sobą ważny związek. To, co dla człowieka, który obserwuje sytuację, jest oczywiste, robotowi musi być wytłumaczone.
2. W drugim przypadku R1D1 próbuje brać pod uwagę ogromną liczbę potencjalnych skutków ubocznych. Ocenianie wszystkich tych skutków, w większości nieistotnych, zabiera mu bardzo wiele czasu. Interesującym efektem jest fakt, że przesuwanie wozu nie zmienia koloru pokoju, co jest całkowicie nieistotne w aktualnej sytuacji.
3. Natomiast R2D1 próbuje odróżniać konsekwencje istotne od nieistotnych. Ale musi rozważyć wszystkie, jakiegokolwiek by one nie były, co nie daje mu nad poprzednikiem żadnej znaczącej przewagi.

Znalazło się kilka propozycji rozwiązania problemu ramy (por. Winston, McGraw-Hill 1975, Collins, Smith 1992). Jedną z nich jest strategia **śpiącego**

psa (terminologia angielskojęzyczna: *sleeping dog strategy*), w której robot jest zaprogramowany, by założyć, że jeżeli coś jawnie nie jest zmienione, to nie zmieniło się w ogóle. Fizyczne przedmioty zwykle nie przestają istnieć, jeżeli nic się z nimi nie dzieje, nie zaczynają bez przyczyny latać ani nie zmieniają koloru w jednej chwili, chyba że zostałyby pomalowane, i tak dalej. Robot wówczas polega na tym założeniu podczas planowania swojego kursu działania. (Jakkolwiek kostki lodu mogą stopić się, to znaczy, mogą przestać istnieć bez wyraźnej przy nich manipulacji). Bomba na wózku zmienia swoje położenie, jeżeli wózek zmienia swoje położenie. Ten jeden fakt musi być wyraźnie reprezentowany, co oznaczałoby, że istnieje bardzo wiele relacji tego rodzaju, wymagających znacznych przestrzeni pamięci, łącznie do ich reprezentacji, lub robot musi wnioskować, że bomba również się przemieści. Jak widać, jest bardzo wiele możliwych wniosków, które mogą zostać sformułowane, a określanie ich znaczenia nie pomaga (jak odkrył deducer R2D1). Choć strategia **śpiącego psa** jest często przydatna, to nie rozwiązuje problemu śpiącego psa w zupełności. Dla przykładu, to nie rozwiązuje problemu znajdowania przez robota sposobu, by określić związek relacji, nie sprawdzając wszystkich wniosków po kolei. Jak widać z powyższych spostrzeżeń, zakres potencjalnych problemów jest przeogromny (por. Scheier 1999).

W literaturze przedmiotu wielokrotnie próbowano rozwiązać i przeanalizować cytowany wcześniej przykład (por. Minsky 1974). Schank (por. Schank, Colby 1973; Schank 1972) i Abelson (por. Abelson 1973) sugerowali, że uwaga robota powinna być skupiona na mających związek wnioskach, określonych wcześniej przez ramy (lub scenariusze). Zaproponowano i podawano podobny przykład scenariusza, który skupia uwagę na rzeczach zdarzających się w restauracjach (por. Newell 1973). McCarthy (por. Brown 1987; McCarthy 1980) sugerował opis, który jest również sposobem ograniczenia liczby wniosków. Wszyscy oni przedstawiali sytuację, gdzie R1, R1D1 i R2D1 stoją przed stołem. Zainicjowano tym samym kolejny problem, zwany do dzisiaj **problemem ramy i umiejscowienia**.

Dla dowolnego robota – spośród wymienionych powyżej – z jego aktualnej perspektywy, filiżanka jest za piłką i ta relacja znajduje odzwierciedlenie w symbolicznym opisie używanym do reprezentowania jego środowiska. Jeżeli zatem R1, R1D1 i R2D1 przesuwa się od innej strony stołu, symboliczny opis musi być zaktualizowany, z perspektywy robota, piłka jest teraz za filiżanką. Jeżeli robot ma duży zbiór takich opisów (dużo, ale nie wszystkie), może będzie musiał zostać zaktualizowany podczas okrążania stołu. Znalezienie zatem właściwego opisu stanowi duży problem. Na przykład, jeżeli R1, R1D1 i R2D1 zmieniają pozycję względem stołu, relatywne pozycje piłki i filiżanki względem siebie się zmieniają, ale piłka i filiżanka są nadal dokładnie w tych samych miejscach. W symbolicznym podejściu musi zostać znaleziona droga, w celu odzwierciedlenia zmian w położeniu obiektów w stosunku do robota, ale bez

zmiany reprezentacji ich absolutnej pozycji. Usytuowany agent może jedynie przypatrywać się sytuacji (por. Pfeifer, Scheier 1999).

Istnieją próby rozwiązania problemu na poziomie logicznym, w pewnym sensie od wewnątrz. Problem, jakkolwiek jest prawdziwy, dotyczy interakcji systemu ze środowiskiem: jak modele zmieniającego się środowiska mogą zostać utrzymane w zgodzie ze środowiskiem? To nie jest problem logiki, a raczej modelowania świata.

Inny problem powstaje przy modelowaniu prawdziwego świata i jest związany z problemem ramy. Jeżeli RID1 porusza się dookoła stołu, dużo reprezentacji modelu RID1 musi zostać uaktualnionych, chociaż tylko pozycja RID1 się zmienia. W prawdziwym świecie nie jest dla nas konieczne, byśmy budowaliśmy reprezentację sytuacji. Po pierwsze: możemy po prostu popatrzeć na sytuację, co zwalnia nas z konieczności uciążliwego procesu aktualizacji. Ponadto możemy wskazać stan aktualny (ułożenie, stan rzeczy), rozmawiając o nim. Jako robot RID1 mógłby również skorzystać z tych możliwości, gdyby był właściwie zaprojektowany (por. Pfeifer, Scheier 1999).

Zgodnie z propozycjami zawartymi w rozważaniach Janlert, problem ramy ma dwa aspekty (por. Janlert 1987). Nasze roboty R1, RID1 i R2D1 zawodziły z jednego powodu: jest to problem przewidywania, z którym mamy do czynienia przy określaniu, co jest istotne. Inny problem, nazwany problemem kwalifikacji, jest jednak bardziej skomplikowany i trudny do rozwiązania. Polega on na określaniu warunków, w jakich dane działanie może być zastosowane. Na przykład, jeżeli próbujemy dostać się do samochodu, musimy założyć, że nie ma żadnej bomby w samochodzie, że nikt nie wrzucił cukru do zbiornika na paliwo, że nikt nie wyjął silnika, że żaden szkodnik nie jest w samochodzie, że żadne niebezpieczne zwierzę nie jest w samochodzie, że sprzęgło jest nadal w tym samym miejscu, i tak dalej, w nieskończoność.

Inny przykład: siadając na krześle, jawnie nie zakładamy, że ono się nie złamie. Nie musimy tego robić, ponieważ możemy być pewni, że jeżeli byłby problem, rozpoznalibyśmy go (dodajmy, że ta strategia może czasami zawieść i zdarza się przecież, że krzesło się załamało, a my lądujemy na podłodze). Ludzie z pewnością jawnie nie zakładają, że te warunki wstępne są dane. Ponieważ „jesteśmy zakorzenieni” (problem usytuowania lub problem uziemienia symbolu) w naszym środowisku, znamy rzeczy, które musimy sprawdzić. By właściwie funkcjonować w zmieniającym się środowisku, robot musi jakoś zostać wyposażony w takie same umiejętności (por. Pfeifer, Scheier 1999).

Problem ramy wydaje się problemem podstawowym i jest zawsze głównym i charakterystycznym dla każdego podejścia do modelowania świata. Każdy model zmieniającego się środowiska przedstawia sobą problem ramy. Im bardziej wyszukany i złożony model, tym więcej problemów ramy ukazuje. W ten sposób widzimy, że problem ramy egzystuje nie tylko dla tradycyjnych modeli AI, ale dla wszystkich modeli generalnie. Ważnym celem inteligentnego projek-

towania systemów jest pomniejszenie implikacji wynikających z problemu ramy. Podejście ucieleśnionych nauk kognitywistycznych ma w pierwszej kolejności pomniejszyć ilość problemów wynikających z modelowania świata.

Problem uziemienia symbolu nawiązuje do sposobu, gdzie symbole odnoszą się do realnego świata. Po raz pierwszy został omówiony przez Stevena Harnada (por. Harnad 1990, 335–346). Na przykład w sytuacji, gdy naukowiec patrzy na obraz filiżanki na monitorze komputera, mamy do czynienia z problemem uziemienia symbolu. Naukowiec nie ma żadnej trudności z łączeniem filiżanki w prawdziwym świecie z symbolem **filiżanka** na ekranie komputera. Ale jeżeli robot jest zaprogramowany z symbolami reprezentującymi przedmioty i musi samodzielnie współdziałać ze środowiskiem, to musi być w stanie sporządzić mapę sensorycznej symulacji (od samej filiżanki) w swojej wewnętrznej symbolicznej reprezentacji (słowa **filiżanka**). Problem ten wydaje się niezwykle skomplikowany zarówno dla maszyny, jak i budowy modelu takiej symbolicznej reprezentacji. Dla ludzi nie przedstawia on żadnego kłopotu.

W tradycyjnej AI symbole są zazwyczaj określone w sposób czysto syntaktyczny, i to w taki sposób, w jaki odnoszą się do innych symboli, jak są przetworzone przez jakiegoś interpretatora (por. Nevell, Simon 1976). Relacja symboli do zewnętrznego świata rzadko jest wyraźnie omawiana. Innymi słowy, zajmujemy się zamkniętymi systemami, nie tylko w AI, ale w informatyce ogólnie. Z wyjątkiem aplikacji czasu rzeczywistego. Relacja symboli (np. w aplikacjach bazy danych) do zewnętrznego świata nigdy nie jest dyskutowana, przyjmujemy takie założenie z góry jako coś, co jest nam dane bez weryfikacji (por. Nevell, Simon 1976). Zakładamy, że tak projektanci, jak i potencjalni użytkownicy wiedzą, co symbole oznaczają (np. własność, liczba sztuk, cena produktu).

Ten pomysł dominujący jest również w lingwistyce, gdzie taką korelację przyjmuje się za pewnik. To znaczy, że symbole lub zdania w pewien sposób korespondują ze światem zewnętrznym. Badanie znaczeń odnosi się wtedy do tłumaczenia zdań do pewnego rodzaju reprezentacji opartej na logice, w której i semantyka jest wyraźnie zdefiniowana (por. Winogrady, Flores 1986, 18).

Natomiast używanie symboli w systemie komputerowym nie jest żadnym problemem, o ile uczestniczy w tym ludzki interpretator, od którego oczekuje się, że będzie zdolny do tworzenia odpowiednich relacji z zewnętrznymi światami. Relację taką zwykło się nazywać mapowaniem i opiera się ją na doświadczeniu w interakcjach z prawdziwym światem. Jakkolwiek, gdy tylko odsuwamy ludzkiego interpretatora od pętli, jak w przypadku autonomicznych agentów, musimy wziąć pod uwagę, że system musi współdziałać ze środowiskiem samodzielnie. W ten sposób, znaczenie symboli musi być opierane na własnej interakcji systemu z prawdziwym światem.

Symboliczne systemy, takie jak programy komputerowe (w których symbole odnoszą się tylko do innych symboli), nie są uziemione, ponieważ nie łączą symboli, których używają względem zewnętrznego świata. Symbole te mają

znaczenie tylko dla projektanta lub użytkownika, nie dla samego systemu. Robot/komputer (autonomiczne oprogramowanie) ma problem, ponieważ próbuje sporządzać mapę czuciowego pobudzenia przedmiotu (np. filiżanki) i przełożyć go na wewnętrzny symbol – słowo **filiżanka**. Zapewnienie robotowi tej umiejętności jest wyjątkowo trudne, nawet w prostych przypadkach, a co dopiero dla struktur bardziej złożonych (por. Pfeifer, Scheier 1999).

Mapowanie to zawsze będzie miało miejsce, jeżeli w systemie będą obecne symbole. Należałoby szerzej pokazać, że problem uziemienia symbolu jest w rzeczywistości artefaktem symbolicznych systemów i **znika**, jeżeli zastosuje się inne podejście. Szczególnie, jak **pojęcia** mogą rozwinąć się w interakcji autonomicznego agenta z jego środowiskiem, bez potrzeby wprowadzania symboli jakiegось rodzaju w agencie. Słowo **pojęcie**, zamieszczone w tej części, ujęto w cudzysłów, by wskazać, że nie chodzi o symboliczne pojęcia lub koncepcje. Przez długi czas problem uziemienia symboli przyciągał niewiele uwagi w AI lub naukach kognitywnych, nigdy nie był też zbytnim problemem w informatyce ogólnie. Podejście to zmieniło się w wyniku ponownego zainteresowania się autonomicznymi robotami.

Problem wcielenia i umiejscowienia

Podążając śladami rozważań autorów Rolfa Pfeifera i Christiana Scheiera w książce *Understanding Intelligence*, zauważymy, że problem wcielenia odnosi się do faktu, że abstrakcyjne algorytmy nie współdziałają z prawdziwym światem. Podaje się, że Rodney Brooks swego czasu siłą przeforsował pogląd, że inteligencja wymaga ciała (Brooks 1991, 569–595). Twierdzi on, że tylko jeżeli system jest ucieleśniony, możemy wiedzieć na pewno, że jest on w stanie współgrać z prawdziwym światem. Ponadto systemy, które nie są ucieleśnione, stwarzają problem uziemienia symbolu. Ich połączenie z zewnętrznym światem wymaga ludzkiego interpretatora zorganizowanego w działającej pętli (por. Pfeifer, Scheier 1999).

Wielu naukowców pracujących nad AI rozpoznało ten problem i pracowało nad jego rozwiązaniem. Dla przykładu, Margaret Boden zauważyła, w pracy pod tytułem *Artificial Intelligence and Natural Man*,

W codziennym życiu zwykle masz świadomość swojego „miejsca” głównie dlatego, że zewnętrzny świat jest po to, by przypomnieć ci, co masz zrobić lub czego nie zrobić. Na przykład możesz sprawdzić, czy już dodałeś esencję waniliową, wachając lub próbując mikstury, lub przez sprawdzenie przepisu, który przygotowałeś w takim właśnie celu. System obliczeniowy, który rozwiązuje problemy „wewnątrz swojej głowy”, będzie poprawnie postrzegać i działać w prawdziwym świecie, ale musi mieć dostępne wszystkie potrzebne narzędzia, by dokonać właściwej interpretacji (Boden 1977, 373).

W tym czasie znaczenie interakcji prawdziwego świata w kontrolowaniu zachowania było w pełni rozpoznane i uznane, jakkolwiek implikacje – przez

wcielenie – nie zostały opracowane, rozumiano to dopiero, gdy ludzie zaczęli używać robotów do badania natury inteligencji.

Jako ucieleśnione systemy, roboty mają potencjał, by **rozwiązać** problem uziemienia symbolu (przypisania go właściwej sytuacji), ale to z kolei wymusza od nich **umiejscowienia** (*situatedness*). Agent jest umiejscowiony, jeżeli może pozyskać informacje o aktualnym stanie rzeczy za pomocą sensorów, podczas interakcji z otoczeniem. Umiejscowiony agent współdziała ze światem samodzielnie, bez interweniującego człowieka. Aby zilustrować ten punkt widzenia, weźmy pod uwagę system całkowicie pozbawiony umiejscowienia.

Wystarczy wyobrazić sobie zdalnie sterowane urządzenie, takie jak samochód, ale bez czujników czy sensorów. Samochód-zabawka jest kontrolowany tylko dzięki informacjom od operatora konsoli. Nie posiada żadnych informacji o aktualnej sytuacji ze swojej własnej perspektywy. Umiejscowiony agent ma potencjał, by nabyć swoją własną historię, jeżeli jest zaopatrzony w odpowiednie mechanizmy. Aby zrozumieć umiejscowienie (umieszczenie, osadzenie) i aby móc zaprojektować umiejscowionych agentów, musimy przyjąć perspektywę agenta, nie obserwatora. Przy tworzeniu „rozumowania” umiejscowionych agentów (np. zwierząt), ważne jest, by uświadomić sobie, że świat wygląda zupełnie inaczej z perspektywy zwierzęcia niż z naszej własnej. Mrówki czy pszczoły, na przykład, mają zupełnie inne oczy tak więc to, co one widzą, nie jest tym, co widzimy my (por. Pfeifer, Scheier 1999).

Przy projektowaniu umiejscowionych agentów, zaadaptowanie perspektywy agenta jest niezwykle ważne, ponieważ programy, które kontrolują działania agenta, są oparte na danych sensorycznych, które robot (autonomiczny program, maszyna) zbiera. Relacje między obserwatorem i agentem mają fundamentalne znaczenie. Okazuje się, że umiejscowieni agenci, agenci mający możliwość osadzenia (umiejscowienia), dużo lepiej działają w czasie rzeczywistym, ponieważ wykorzystują interakcje z otoczeniem i dlatego pomniejszają ilość wymagającego modelowania świata (zob. Pfeifer, Scheier 1999).

Na uwagę zasługuje fakt, że wcielenie automatycznie nie sugeruje umiejscowienia. Agenci mogą zostać zaopatrzeni w szczegółowe modele otoczenia do wykorzystania w procesach planowania. Jeżeli te plany będą znacząco wykorzystywane w procesie kontrolowania agenta, to będzie to znaczyło, że nie jest on umiejscowiony. Co więcej, systemy zorientowane na cel, oparte na planowaniu, szybko wpadają na kombinatoryczne problemy (por. Chapman 1987, 333–378). Jeżeli prawdziwy świat ciągle się zmienia, jednym z głównych problemów jest utrzymywanie modeli w zgodzie ze środowiskiem.

Zbadanie problemu zachowywania się w prawdziwym świecie pokazuje, iż nie jest ani konieczne, ani pożądane opracowanie bardzo obszernych i szczegółowych modeli (por. Brooks 1991, 569–595; Suchman, 1987; Winograd, Flores 1986). Im bardziej wszechstronne i bardziej szczegółowe modele, tym silniej agent będzie dotknięty przez problem ramy. Najczęściej tylko mała część śro-

dowiska agenta ma związek z jego zachowaniem. Ponadto, zamiast wykonywania rozległych operacji wnioskowania na modelach lub reprezentacjach usytuowany agent może wchodzić w interakcje z aktualną sytuacją. Prawdziwy świat jest, w pewnym sensie, częścią **wiedzy** (sygnujemy inaczej słowo wiedza, aby zaznaczyć, że w AI użycie pojęcia wiedzy stosowane jest w sposób niestandardowy. Standardowy sposób odnosi się do struktur wiedzy, które są reprezentowane wewnętrznie) w której agent musi zachować się właściwie. W pewnym sensie świat jest jego najlepszym modelem.

Koncepcja usytuowania (umiejscowienia) przyciąga w ostatnich czasach wielu badaczy z różnych dyscyplin i jest źródłem dużego zainteresowania. Pomysły te prowadzą do gorących dyskusji o naturze inteligencji i generują powstawanie szeregu ciekawych rozwiązań. Obszerne omówienie wspomnianego zagadnienia można znaleźć w piśmie „Cognitive Science” (1993) – w całości zostało poświęcone roli umiejscowienia w naukach kognitywnych (por. Clancey 1997).

Inne podstawowe problemy

Na tym tle rozważań istnieją jeszcze inne dość ważne kwestie dotyczące sztucznej inteligencji. Kilka innych problemów na temat klasycznych systemów można znaleźć w obszernej literaturze, a mianowicie wspomniany wcześniej problemem **homunculusa** i **problemem bazowego podłoża**. **Homunculus** dosłownie znaczy **mały człowiek**, tutaj używa się tego pojęcia w znaczeniu **mały człowiek w głowie**. **Problem homunculusa** lub **błąd homunculusa** odnosi się do **kołowych procesów psychologicznych**. Procesy te są kołowe, ponieważ przypisują jakiemuś wewnętrznemu mechanizmowi (homunculusowi) badanie i śledzenie w pierwszej kolejności psychologicznych właściwości (por. Pfeifer, Scheier 1999). Na przykład **teoria wizji** (*theory of vision*) postuluje, że jest w mózgu mechanizm, który skanuje, obserwuje, bada obrazy na siatkówce oka. Taka teoria byłaby bezsensowna, jakkolwiek skanowanie, obserwacja i badanie są przykładami wizualnych procesów, które ta teoria ma naświetlić w pierwszej kolejności (zob. Gregory 1987, 313; Gregory 1998). Innymi słowy, teoria zakłada pewien stan rzeczy i określa jego wyjaśnienie. Używany, by skrytykować systemy AI, termin **homunculus** wyznacza podsystem, który wykonuje czynności określone w kategoriach czysto formalnych (jak w paradygmacie kognitywistycznym). W pewnym sensie, **homunculus** jest konieczny do uzasadnienia, że system formalny jest przeznaczony do wyjaśniania.

Powracając do przytoczonego wcześniej przykładu, można dostrzec, że robot R2D1 nie umiał określić implikacji mających związek z problemem. W odniesieniu do problemu **homunculusa** prawdziwy problem jest taki, że nie jest możliwe ustalenie znaczenia wnioskowania na podstawie czysto formalnej (tzn., badając tylko bazę danych symbolicznych reprezentacji i nakreślając tylko na tej

podstawie wnioski). Połączenie ze środowiskiem jest wymagane dla znaczenia reprezentacji. Innymi słowy, **problem homunkulusa** i **problem uziemienia symbolu** są ze sobą blisko związane. System zawierający nieuziemione symbole zawsze będzie wymagać **homunculusa** nadającego im sens (zob. Searle 1992; Dennett 1991; Edelman 1992).

Jest jeszcze jedna bardzo ważna kwestia, nad którą należy się zastanowić, aby doprowadzić naszą dyskusję nad fundamentalnymi problemami do końca. Pozostał jeszcze, nadal dosyć znaczący, **problem podlegającego podłoża** (*problem of the underlying substrate*). Istnieje pogląd, że prawdziwa inteligencja wymaga biologicznego podłoża jako podstawy. Tylko naturalne umysły mogą, według tego poglądu, wytworzyć **prawdziwą inteligencję**. Zauważyć należy, że to zagadnienie nie odnosi się tylko do klasycznego AI, ale dotyczy wszelkich starań zmierzających do tworzenia inteligentnych systemów. Na tyle, na ile możemy powiedzieć, nie ma w zasadzie do tej pory dowodów na niemożność posiadania inteligencji przez podłoża (obiekty) inne niż naturalne mózgi. Ale nawet jeśli to okazałoby się prawdą, że biologiczne podłoże jest niezbędne, możemy nadal używać komputerów i robotów do budowania modeli.

Spostrzeżenia i inne zagadnienia

Pojawia się uzasadnione pytanie o konkretne rozwiązania zaistniałych problemów i alternatywne drogi rozwoju w badaniach nad sztuczną inteligencją. Chyba nie da się jednoznacznie i w sposób kompletny odpowiedzieć na te pytania. Badania nad różnymi rozwiązaniami nadal trwają i pojawiają się obszerne omówienia i analizy poszczególnych zagadnień AI. Liczne prace z tego zakresu dotyczą sposobów istnienia i działania sztucznych agentów. Doczekały się wielu interesujących interpretacji, a jedną z nich, jako przykład problemów, z jakimi trzeba się zmierzyć, przytoczymy poniżej. Ciekawie ilustrują takie możliwe działania sztucznych agentów poszczególne działania z codziennego życia, jak np. banalna dla człowieka czynność spożywania napojów.

Reprezentatywny i interesujący jest pod tym względem przykład **picia** zaproponowany przez Rolfę Pfeifera i Christiana Scheiera w książce *Understanding Intelligence*.

[...] W analizie przytoczonego przykładu chodzi o uświadomienie sobie podstawowych działań związanych z czynnością picia jakiegoś napoju. Wysoce interesujący i zaskakujący jest fakt, jak ściśle pojęcia związane z ciałem oparte są na doświadczeniach czuciowo-ruchowych. Picie odnosi się do płynów, płyny są przechowywane w domu, w specjalnych pojemnikach, jak filiżanki, kubki czy szklanki, mogą być gorące lub zimne. Jeżeli są gorące, można się poparzyć. Gdy podnosimy filiżankę kawy, unosimy ją powoli do ust. Dlaczego? Ponieważ wiemy, że płyny wylewają się, kiedy podniesimy filiżankę zbyt szybko. Przesuwamy filiżankę, dopóki nie dotknie ust i dopóki nie poczujemy tego zarówno na ustach, jak i w mięśniach ręki i ramienia. Następnie przechylamy filiżankę

i dostosowujemy ruchy ust tak, by płyn mógł wpłynąć do ust. Stosujemy przy tym fizyczne prawo, że powierzchnia płynu pozostaje w poziomie w miarę ruchów pojemnika. Wtedy wyczuwamy płyn i jego temperaturę w ustach, i prawdopodobnie w gardle i żołądku. Jesteśmy w stanie również rozpoznawać poszczególne rodzaje cieczy na podstawie ich specyficznych cech, gęstości, lepkości itd. Wtedy mamy do czynienia z czymś, co nazywamy ugruntowaniem czuciowo-ruchowym³ (zob. Pfeifer, Scheier 1999).

Powyższy przykład tylko fragmentarycznie opisuje szereg problemów, z jakimi musi uporać się taki sztuczny agent, aby dokonać (wydawałoby się) tak prostej czynności. Każda czynność będzie mieć inny charakter i inną określającą ją specyfikę, a zatem będzie uwzględniać inny rodzaj podejścia. Istnieje wręcz nieograniczony zbiór działań (codziennego życia) i pewnie nieograniczony zbiór sztucznych agentów, aby je uwzględnić w stosunku do działań. Należy pamiętać, że można zbudować wielu różnych sztucznych agentów do wykonania (czy działania) jednej tylko czynności.

Powyższy przykład ukazuje jedynie pewien zbiór problemów związanych tylko z zagadnieniem sztucznych agentów, a zagadnienia sztucznej AI zasygnalizowane w tym artykule obejmują ich cały szereg. Każdy z nich domaga się odrębnego i indywidualnego traktowania i zamiast wyjaśniać, generuje kolejne problemy, z którymi należy się zmierzyć.

Podsumowanie

Uwzględniwszy wszystkie wspomniane wcześniej spostrzeżenia dotyczące zagadnień sztucznej inteligencji, można je poddać pewnej systematycznej krytyce:

- klasyczne systemy AI zostały skrytykowane na różnych płaszczyznach z powodu braku trwałości, niemożności uogólniania i działania w czasie rzeczywistym. Ponadto są sekwencyjne i działają na kolejnych urządzeniach. Dodatkowymi powodami krytyki są ich hierarchiczne zorganizowanie i zorientowanie na cel;
- prawdziwe światy różnią się znacząco od wirtualnych. Światy wirtualne mają sformułowane stany, istnieje możliwość zebrania kompletnej informacji, możliwi są działający operatorzy, a światy są statyczne. Prawdziwy świat jest całkiem inny. W szczególności posiada swoją własną dynamikę i zmusza agentów do działania w czasie rzeczywistym;
- problem ramy dotyczy tego, jak modele części prawdziwego świata mogą pozostawać w zgodzie z prawdziwym światem, który cały czas się zmienia. Szczególnie trudne jest określenie zmian, które są charakterystyczne dla danej sytuacji, bez konieczności badania wszystkich możliwych zmian. Problem ramy ma dwa aspekty – **problem przewidywania** i **problem zakwalifikowania**;

³ Dość swobodne własne tłumaczenie fragmentu anglojęzycznego.

- problem umiejscowienia symbolu dotyczy tego, jak symbole odnoszą się do prawdziwego świata. Problem ten staje się oczywisty, gdy ludzki obserwator zostaje usunięty z pętli i system musi samodzielnie współgrać z otoczeniem. Jest to charakterystyczne zagadnienie podejścia symbolicznego – niesymboliczne podejścia nie borykają się z problemem umiejscowienia symbolu;
- agent jest umiejscowiony, usytuowany, jeżeli zdobywa informacje o środowisku, w którym funkcjonuje, tylko za pomocą swoich sensorów w trakcie interakcji ze środowiskiem. Umiejscowiony agent współdziała ze światem samodzielnie, bez interweniującego człowieka. Ma potencjał, by zdobyć swoją własną historię, wiedzę, jeżeli jest zaopatrzone w odpowiednie mechanizmy;
- chociaż pojawiło się wiele sugestii – możliwych rozwiązań problemów – dotyczących klasycznych systemów, wydaje się, że rozwiązanie może zostać osiągnięte tylko za pomocą zupełnie nowego podejścia, które skupi się głównie na interakcji agenta ze środowiskiem. To jest główny cel badań i zainteresowania (ucieleśnionych) nauk kognitywnych.

Tematykę sztucznej inteligencji można traktować różnie i mieć do niej bardziej lub mniej poważny stosunek. Wielu naukowców zagadnienia sztucznej inteligencji traktuje w kategoriach hipotez, ale są i tacy, którzy od lat starają się zaadaptować elementy sztucznej inteligencji w codziennym życiu. Wyraźnie daje się zatem zaobserwować kilka postaw w podejściu do zagadnień AI i można pokusić się, aby scharakteryzować pewną typologię stanowisk. Z biegiem czasu uzyskały one specyficzne nazewnictwo i znane są obecnie jako postawy pesymisty, tradycjonalisty, pragmatyka i optymisty.

P e s y m i s t a: **To osoba, która daje za wygraną.** Pesymista zna podstawowe problemy tradycyjnych podejść do AI, wierzy, że ta krytyka jest powszechnie uznana i silnie wątpi, że istnieją jakieś możliwe alternatywy. Dla niego jedynym rozwiązaniem jest rezygnacja z budowy inteligentnych systemów. Przykładem takiego stanowiska są prace omawiające różne widoczne implikacje (zob. Winogrady, Flores 1986), które reprezentują krytykę tradycyjnego AI i tradycyjnego rozumienia inteligencji, w szczególności w języku naturalnym. Ich sugestia jest taka, by zbudować systemy komputerowe, które wspierałyby działania człowieka, aby poprzeć i ulepszyć ludzką inteligencję, bardziej niż próbować budować inteligentne systemy, co jest według nich daremnym wysiłkiem. Taka opinia jest dosyć silna wśród inżynierów oprogramowania, którzy skupiają się na **projektowaniu dla ludzi** (tworząc intuicyjne systemy obsługi oprogramowania).

T r a d y c j o n a l i s t a: **To osoba, która chce ulepszać klasyczne metody.** Wielu naukowców z kręgu klasycznej AI i psychologii natknęło się na problemy z klasycznymi podejściami. Oczywiście, jest wiele miejsca dla takich badań i uzasadnień. Tacy naukowcy realizują rozwiązania przeznaczone do radzenia sobie z problemami z klasycznym podejściem. Problemy z uogólnianiem

i trwałością, ich zdaniem, mogą być na przykład pokonane głównie za pomocą sieci neuronowych. Sieci neuronowe są również masywnie równoległe, toteż nie poddają się krytyce sekwencyjności. Istnieje duży obszar zajmujący się planowaniem sytuacyjnym, gdzie plany na wyższym poziomie są używane, ale nie kontrolują już w tak silny sposób zachowań. Traktowane są jak zasoby dostępne na żądanie. Metody podejścia obliczeniowego również zostały znacząco ulepszone. Procesory stały się tak szybkie, że zagadnienie czasu rzeczywistego staje się coraz mniej problematyczne. Ta lista mogłaby być jeszcze bardziej wydłużona.

P r a g m a t y k: **To osoba pracująca dla praktycznych zastosowań.** Pragmatyk nie przejmuje się założeniami. Jego celem jest zapewnienie sobie potrzebnych rzeczy do pracy. Najlepszym sprawdzianem dla jego rozwiązań jest to, czy mogą one zostać wdrożone i rutynowo stosowane w codziennym życiu. To, czy program jest nazwany **systemem ekspertowym, systemem wspomagającym podejmowanie decyzji** czy **inteligentnym agentem** jest dla pragmatyka całkowicie nieistotne, w przeciwieństwie do tego, czy wspomaga sprzedaż. Pragmatyk jest również wolny od tego, by tworzyć kombinacje różnych technik i podejść. Na przykład sieci neuronowe mają wspaniałe własności – mogą się uczyć i przystosowywać. Są one idealne do dbania o kontrolę czuciowo-ruchową na niskim poziomie. Oparte na zasadzie reguł systemy mają tę zaletę, że mogą być szybko zbudowane i są łatwe do zrozumienia. Co więcej, mogą być łączone z systemami symbolicznego planowania, w myśl pomysłu, że sieci neuronowe łączą układy czuciowo-ruchowe niskiego poziomu z zaawansowanymi warstwami symbolicznymi. Obecność symbolicznej warstwy ma zaletę ułatwiania komunikacji między człowiekiem i robotem. Pytaniem pragmatyka jest: czy to działa? Czy ludzie uważają, że jest to warte ich pieniędzy?

O p t y m i s t a: **To osoba wierząca w ucieleśnioną kognitywną naukę.** Pomimo ulepszeń osiągniętych przez tradycjonalistę, potrzebne jest radykalnie inne podejście. W dotychczasowym podejściu do podstawowych problemów klasycznego AI (krótko wspomniano jedynie o tak zwanym **problemie podlegającego podłoża**) pogląd ten generalnie zakłada, że biologiczne podłoże jest warunkiem wstępnym dla istnienia inteligencji. Kształtuje się zatem dość konkretny i prosty wniosek, że w zasadzie nie ma prawa istnieć żaden sztuczny system mogący wytworzyć inteligencję. Tworzy się jednak w naukach kognitywnych, z dość dużym powodzeniem, różnych syntetycznych agentów. Łączy się nawet układy logiczne z systemem nerwowym (np. lecząc choroby lub naprawiając słuch lub wzrok), gdzie otrzymuje się coś pośredniego między czymś sztucznym a naturalnym (biologicznym). Zastanawiające jest również zasadnicze pytanie o możliwość istnienia inteligencji bez biologicznej podstawy. A pytając bardziej kategorycznie: czy faktycznie biologiczny mózg i ciało są potrzebne dla zaistnienia inteligentnego zachowania? Czy jesteśmy skłonni, by przypisać inteligencję do sztucznych agentów? W tym drugim przypadku, co agenci musieliby umieć robić, by być uznanymi za inteligentnych?

Bibliografia

- Abelson R.P. (1973), *The structure of belief systems*, [w:] R.C. Schank, K.M. Colby (eds.), *Computer models of thought and language*, Freeman, San Francisco, 287–339
- Boden M. (1977), *Artificial Intelligence and Natural Man*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Brooks R.A. (1991), *Intelligence without reason*, [w:] *Proceedings of the 12th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann, San Francisco, 569–595.
- Brown F.M. (1987), *The Frame Problem in Artificial Intelligence: Proceedings of the 1987 Workshop*, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., Kansas.
- Chapman D. (1987), *Planning for conjunctive goals. Artificial Intelligence Laboratory*, MIT Press, Cambridge.
- Clancey W.J. (1997), *Situated cognition: On human knowledge and computer representations*, Cambridge University Press, New York.
- Dennett D.C. (1991), *Consciousness Explained*, The Penguin Press, Boston – New York – London.
- Dennett D.C. (1998), *Brainchildren essays on designing minds*, MIT Press, Cambridge – Massachusetts – London.
- Edelman G.M. (1992), *Bright Air, Brilliant Fire: On the Matter of the Mind*, Basic Books, New York.
- Fodor J.A. (1983), *The Modularity Of Mind*, MIT Press, Cambridge.
- Ford K.M., Pylyshyn Z.W. (1996), *The Robot's Dilemma Revisited: The Frame Problem In Artificial Intelligence*, Ablex Pub, Norwood, New Jersey.
- Gregory R. (ed. with P. Marstrand) (1987), *Creative Intelligences*, Frances Pinter, London.
- Gregory R. (1987), *Oxford Companion to the Mind*, OUP, Oxford.
- Harnad S. (1990), *The symbol grounding problem. Encyclopedia of Cognitive Science. Nature*, Publishing Group/Macmillan, Princeton.
- Haselager W.F.G. (1997), *Cognitive Science and Folk Psychology, The Roght Frame of Mind*, SAGE Publications, London.
- Haugeland J. (1981), *Cognitive Science*, [w:] J. Haugeland, *Mind Design*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Janlert L.-E. (1987), *Modeling change – The frame problem*, [w:] Z.W. Pylyshyn (ed.), *The Robot's Dilemma*, Ablex Publishing, Norwood, New Jersey.
- Minsky M. (1974), *A Framework for Representing Knowledge*, MIT, Cambridge, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4832-1446-7.50018-2>.
- McCarthy J. (1980), *Circumscription – A form of nonmonotonic reasoning, Artificial Intelligence*, North-Holland Publishing Company, Stanford.
- Newell A., Simon H.A. (1976), *Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search. Comm. AMC*, MIT Press, Cambridge.

- Newell A. (1973), *Artificial Intelligence and the Concept of Mind*, [w:] R.C. Schank, K.M. Colby (ed.) (1973), *Computer Models of Thought and Language*, W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Pfeifer R., Scheier Ch. (1999), *Understanding Intelligence*, MIT Press, Cambridge – Massachusetts – London.
- Pulyshyn, Z.W. (1987), *The Robot's dilemma: The frame problem in artificial intelligence*, Ablex Pub., Norwood, New Jersey.
- Quillian M.R. (1968), *Semantic memory*, [w:] M. Minsky, *Semantic information processing*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Schank R. and Colby K.M. (1973), *Computer Models of Thought and Language*, W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Schank R. (1972), *Conceptual Dependency: A Theory of Natural Language Understanding*, „Cognitive Psychology” 1972. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285\(72\)90022-9](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285(72)90022-9).
- Searle J.R. (1992), *The Rediscovery of the Mind*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Suchman L.A. (1987), *Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication*, Cambridge Press, Cambridge.
- Winograd T. and Flores, F. (1986), *Understanding computers and cognition*, Reading Addison-Wesley, Massachusetts.
- Winston P. (ed.), (1975), *The Psychology of Computer Vision*, McGraw-Hill, New York.

Basic Problems of the Classical Concept of Artificial Intelligence – the Frame Problem, the Grounding Problem, the Problem of Lack of Embodiment and Situating. Part 2

Summary

The article develops the issue of basic problems that appears to the scholars and creators of Artificial Intelligence. It describes and explains for example: the frame problem, the grounding problem, the embodiment etc. Due to the many pictorial examples even unfamiliar to this field of science readers will know and understand the challenge of working with artificial systems.

Keywords: artificial intelligence, cognitive science, intelligent agent, frame problem, embodiment problem, virtual worlds.