

*Dr Władysława Jastrzębska*

Katedra Teorii Ekonomii i Stosunków Międzynarodowych  
Uniwersytet Rzeszowski

*Agnieszka Jastrzębska, BSc*

## **Metody sztucznej inteligencji w rozwiązywaniu problemów mikro- i makroekonomicznych**

### WPROWADZENIE

Ludzki umysł – najbardziej złożony przedmiot ze wszystkich przedmiotów we wszechświecie jest jego częścią i podlega tym samym co on prawom [Dennet, 1991]. Należy więc przyjąć, że możliwe jest poznanie umysłu i skonstruowanie go jako artefaktu. Wielu filozofów, począwszy od Kartezjusza próbuje odpowiedzieć na pytanie, jaki jest związek między fizyczną a mentalną częścią człowieka. Zrozumienie tych zagadnień jest podstawą niezbędną do stworzenia wiernego obrazu ludzkiego umysłu.

Funkcjonalisci i materialisci uznają istnienie tylko jednej substancji, której jakość określa się przez spełnianie przez nią funkcje. Niewątpliwie ułatwia to teoretyczną realizację mózgu – ograniczonego funkcjonalnie organu o limitowanej możliwości obliczeniowej. W przestrzeni neuronów nie ma miejsca na przekonania, intuicję, kreatywność, czy intencje.

Większość myślicieli dopuszcza jednak istnienie dwóch pierwiastków – duchowego i materialnego. Dualizm kartezjański dowodzi, że istnieje komunikacja pomiędzy umysłem i ciałem. Ośrodek, w którym oba elementy się spotykają, to tak zwany teatr kartezjański. Widz, czyli człowiek zasiada w fotelu i śledzi odebrane bodźce. Dualizm zakłada, że podejmowane przez widza decyzje są świadome. Nauka bezlitośnie obaliła tę teorię. W mózgu nie ma ekranów, siedzeń, miejsc skrzyżowania wszystkich receptorów ani ośrodka decyzyjnego. Neurobiologia ukazuje, że mózg w zależności od odbieranego bodźca znajduje się w różnych stanach. Aktywne bioelektrycznie stają się pewne obszary. Według Denneta fakt, że człowiek postrzega odbierane wrażenia za jedyne w swoim rodzaju, czyli subiektywne to „niewinne złudzenie użytkownika” danego mózgu [Dennet, 1991].

Kognitywiści argumentują, że tak jak „mokrość” wody nie wpływa na jej stan chemiczny, tak samoświadomość oraz przekonanie o wolnej woli nie zmienia biegu naszego życia, bowiem są to mimowolne czynności mózgu. Założenie,

że zjawiska mentalne: ból, świadomość, intuicja są epifenomenalne pomaga naukowcom pracującym nad sztucznym mózgiem. Nawet jeśli istnieją te zjawiska, to mają one charakter fenomenu wtórnego, który tak naprawdę nie wpływa na zjawisko podstawowe – na reakcję na bodziec.

Dyskusja na temat istnienia emocji, wolnej woli, świadomości i innych pierwiastków przypisywanych ludziom nabiera szczególnego znaczenia, gdy chodzi o sztuczną inteligencję. Dopóki naukowcy zgodnie nie dowiodą tego, czy istnieje, jak wygląda i gdzie „siedzi” niematerialny pierwiastek istnienia (a póki co nie zanoszą się na to), nie ma szans na wynalezienie sztucznej inteligencji, która wydedukowałaby w swoim algorytmicznym rozumowaniu, jak naprawdę działa umysł człowieka.

Naukowcy zafascynowani zdolnościami ludzkiego umysłu od lat próbowali zmusić komputerowe programy do działania analogicznego do mózgu. „Nauka i inżynieria tworzenia inteligentnych maszyn”, jak pisze John McCarthy, zrewolucjonizowała wiele dyscyplin nauki. Porównując nieporadne próby pierwszych mistrzów tej dyscypliny do imponujących robotów, nad którymi pracuje się obecnie, widzimy olbrzymi postęp. Prawo Moore’a mówiące, że moc obliczeniowa komputerów podwaja się co 24 miesiące, pokazuje, jak szybki jest postęp technologiczny. Raymond Kurzweil, amerykański naukowiec, stosując prawo Moore’a obliczył, że w 2029 r. komputery osiągną tę samą moc przetwarzania co ludzki mózg. Jeśli epifenomenalizm jest teorią prawdziwą, to znacznie prostsze stałoby się zaprojektowanie kopii mózgu człowieka, gdyż cała trudność polegałaby na właściwym doborze sensorów i nośników sygnału, które przekazywałyby impuls we właściwą część głowy i stymulowały ją do działania.

Gdybyśmy przyjęli, że człowiek jest zaledwie cybernetycznym wzorcem i podlega bardzo wolnemu procesowi ewolucji, to na dłuższą metę trudno byłoby nam konkurować z sztuczną inteligencją – nowoczesną technologią, która rozwija się w tempie wykładniczym.

## CEL

Artykuł ma na celu przybliżenie istoty sztucznej inteligencji, a w szczególności ukazanie różnorodności metod tej dyscypliny. Zaprezentowane zostaną, między innymi, teoria logiki rozmytej, systemy eksperckie i sieci neuronowe. Przedstawione będzie zastosowanie wymienionych metod w ekonomii.

## DEFINICJA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

Sztuczną inteligencją określa się naukę i praktykę projektowania inteligentnych agentów – systemów, które są w stanie odbierać bodźce z otoczenia oraz

podejmują odpowiednie czynności, aby zmaksymalizować szanse pomyślnego wykonania powierzonego zadania. Rozwój tej dziedziny, uznawanej wpięrcz za kontrowersyjną i niewiarygodną, zaowocował wieloma wynalazkami. Naukowcy, zadając sobie pytanie, co jeszcze maszyna może zrobić za człowieka, opracowywali zaawansowane algorytmy działania, matematyczne teorie, skomplikowane programy komputerowe oraz urządzenia. Metody sztucznej inteligencji znalazły zastosowanie w wielu dziedzinach, a szczególnie w systemach wspomagania decyzji, rozpoznawaniu mowy i pisma, grach komputerowych, kryminalistyce, bankowości, giełdzie oraz w innych gałęziach nauk.

## EWOLUCJA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

Sztuczna inteligencja, jako dziedzina nauki zaczęła się rozwijać po zakończeniu II wojny światowej. Prawdopodobnie angielski matematyk, Alan Turing, był pierwszym, który już w roku 1947 zaprezentował ideę inteligentnych maszyn. Kilka lat później świat nauki dobrze znał tę teorię. Twórcą terminu „sztuczna inteligencja” oraz jednym z jej ojców jest John McCarthy, emerytowany obecnie profesor Uniwersytetu w Stanford. Popularność nowej nauki przyczyniła się do rozwoju wielu dziedzin z nią związanych, a przede wszystkim inżynierii komputerowej, programowania, algorytmiki, cybernetyki, matematyki, logiki i filozofii.

Pomimo iż próby wykorzystania możliwości sztucznej inteligencji nastąpiły dopiero w drugiej połowie XX wieku, człowiek od zawsze marzył o rozumnym robocie. Począwszy od starożytnych Greków i Egipcjan, ludzie marzyli o inteligentnych maszynach zdolnych do działań i emocji. Wizerunki i dzieła rozumnych robotów, takich jak Talos, były czczone i opisywane w mitologii i poezji [McCorduck, 2004].

Rozwój sztucznej inteligencji cechuje się okresami wzlotów i upadków. Rozkwit, który przypadał na lata 1956–1974 był wynikiem zafascynowania nowymi możliwościami, jakie oferowała nowa dziedzina. Intrygujące założenia, że możliwe jest stworzenie inteligentnych maszyn, które zastąpiłyby człowieka fascynowały świat nauki. Różne organizacje, a przede wszystkim rząd USA, finansowały niezwykle kosztowne badania. Naukowcy, w tym Marvin Minsky, H.A. Salmon i A. Newell przewidywali, że pod koniec lat 80. XX w. „powstanie maszyna z ogólną inteligencją na poziomie przeciętnego człowieka” [McCorduck, 2004].

Pierwsze „chude” lata sztucznej inteligencji przypadają na okres od 1974 roku do roku 1980. Entuzjizm obserwowany kilka lat wcześniej prawie znikł. Naukowcy borykali się z ograniczonymi możliwościami komputerów, ogromem informacji, które rozumna maszyna musi przetwarzać, brakiem pieniędzy, kry-

tyką ze strony etyków i filozofów oraz wieloma innymi problemami, które spowodowały, że badania zostały ograniczone, a ich efekty były znikome.

Lata 1980–1987 przywróciły zainteresowanie sztuczną inteligencją. Mobilizując działając przede wszystkim fakt stworzenia pierwszych systemów eksperckich. Zostaną one przedstawione w dalszej części artykułu. Sukces naukowców został szczerze wynagrodzony, gdyż rządy Japonii, Wielkiej Brytanii i Stanów Zjednoczonych, widząc innowacyjność nowych technologii, przeznaczały ogromne pieniądze na dalsze badania. Powstały znane projekty budowy komputera piątej generacji, z którym możliwe byłoby komunikowanie się poprzez mowę w wielu językach, czy poprzez pokazywanie obrazów.

Zafascynowanie nowymi technologiami, głównie systemami eksperckimi stopniowo wygasło. Druga tak zwana „zima sztucznej inteligencji”, czyli okres bardzo ograniczonych nakładów pieniężnych i bezowocnych wysiłków naukowców, przypadła na lata 1987–1993. Klęskę przypieczętował fakt, że dynamiczny rozwój konwencjonalnych komputerów firm Apple i IBM spowodował, że były one wydajniejsze i o wiele tańsze od maszyn Lisp, na których opierały się programy sztucznej inteligencji. W efekcie zanikł popyt na maszyny Lisp i wiele firm zbankrutowało.

## STAN OBECNY PRAC NAD SZTUCZNĄ INTELIGENCJĄ

Począwszy od roku 1993 różne dyscypliny sztucznej inteligencji odradzały się. Najważniejszym sukcesem naukowców odniesionym w minionej dekadzie jest zdobycie umiejętności praktycznego zastosowania wynalezionych metod. Nie można jednak mówić o oszałamiającym sukcesie. Obecne badania nad sztuczną inteligencją stawiają duży nacisk na eksploatację poznanych wcześniej metod. Udoskonalane są istniejące już algorytmy, zmieniają się metody programistyczne służące do ich implementacji, znajdują się nowe zastosowania. Rozwiązania niegdyś stosowane wyłącznie w sztucznej inteligencji przenoszone zostają do innych dziedzin informatyki. Najpopularniejsze mariaże tych metod znajdują się między innymi w bazach danych, systemach wspomagania decyzji, eksploracji danych, czy robotyce. Znalezienie wykorzystania tych narzędzi udowodniło, że prace nad sztuczną inteligencją to nie sztuka dla sztuki, lecz postęp i korzyść w postaci optymalnego zastosowania w praktyce.

Nie można jednak postawić hipotezy, że nowe produkty, które wykorzystują pewne idee sztucznej inteligencji, są sztuczną inteligencją. Sami autorzy celowo unikają używania tego terminu w odniesieniu do swych prac. Zamiast tego mówi się często o obliczeniach inteligentnych, maszynowym tłumaczeniu tekstów, czy o uczeniu maszynowym. Jedną z przyczyn zmiany terminologii jest fakt, że trudno obecnie jednostce badawczej zajmującej się rozwojem sztucznej inteligencji uzyskać fundusze z zewnątrz. Autor artykułu o przyszłości nowych tech-

nologii z czasopisma „The Economist” ukazuje, że informatycy i inżynierowie unikają nazwy „sztuczna inteligencja”, gdyż boją się być postrzegani za „marzycieli z dzikim błyskiem w oku” [*Are You Talking to Me?*, ([http](http://))].

## NARZĘDZIA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

Sztuczna inteligencja, pomimo kontrowersyjnych dyskusji filozoficznych, dała światu wiele przydatnych narzędzi. Lata badań przyniosły sukces, kiedy zaawansowane koncepcje znalazły praktyczne zastosowanie. Sztuczna inteligencja wykorzystywała zarówno znane wcześniej już narzędzia, które dopasowywała do swoich potrzeb, jak i nowe idee. W tej dziedzinie łączą się niżej wymienione i pokrótce opisane gałęzie wiedzy:

### **1. Algorytmy poszukiwania i optymalizacji. Obliczenia ewolucyjne**

Sztuczna inteligencja bardzo często posługuje się algorytmami poszukiwania, czyli algorytmami, które z danego zbioru wszystkich możliwych rozwiązań wybierają rozwiązanie określonego problemu. Programiści opracowali wiele technik przeszukiwania zbiorów danych. Najpopularniejsze metody to: przeszukiwanie listy, przeszukiwanie drzewa, przeszukiwanie grafu, przymusowe szukanie itd. Każda z tych metod jest podparta matematycznymi podstawami.

Algorytmy optymalizacji służą do wyboru najlepszego rozwiązania z dostępnego zestawu rozwiązań. Podobnie jak algorytmy przeszukiwania i ta dziedzina jest mocno podparta matematyką. Komputerowe metody optymalizacji mają bardzo szerokie możliwości. Dostępne są programy, takie jak Mathematica, Merlin, COMET i inne, które umożliwiają programowanie problemów matematycznych i rozwiązywanie ich z doбором najbardziej optymalnego wyniku.

Obliczenia ewolucyjne związane są z optymalizacją kombinatoryczną. Ich powstanie było spowodowane fascynacją prawidłowością w mechanizmie biologicznej ewolucji zanotowanej przez Darwina. Obliczenia ewolucyjne wykorzystują iteracyjny postęp, taki jak wzrost lub rozwój populacji. Następnie wykonywane jest losowe przeszukiwanie przy użyciu równoległego przetwarzania, aby dotrzeć do określonego końca. Obliczenia te wspomagane są poprzez programowanie ewolucyjne, którego pierwsze zasady sformułował Lawrence J. Fogel. Techniki ewolucyjne korzystają w dużej części z:

- algorytmów ewolucyjnych, które obejmują algorytmy genetyczne, programowanie ewolucyjne, strategię ewolucyjną, programowanie genetyczne oraz system uczenia klasyfikatorami,
- zagadnień tzw. inteligencji roju, które obejmują optymalizację kolonii oraz cząstkową optymalizację roju.

Techniki ewolucyjne używają również, choć w mniejszej części:

- techniki samoorganizacji molekularnej (między innymi sieci Kohonena, czy konkurencyjne uczenie),

- ewolucję zróżnicowaną, która jest matematyczną metodą optymalizacji wielowymiarowych funkcji,
- metody wykorzystywane w dziedzinie Sztuczne Życie, czyli symulacje ewolucji, tworzenie modeli życia, badanie i symulację układów niebiologicznych, zachowujących się tak samo jak biologiczne,
- algorytm kulturowy,
- algorytm poszukiwania harmonii,
- sztuczne systemy odporności.

## **2. Logika**

Logika, sztuka i nauka wnioskowania, rozwijała się począwszy od czasów Arystotelesa, który ugruntował jej pozycję w filozofii. Wkrótce stała się ona integralną częścią innych dyscyplin: matematyki, informatyki i lingwistyki. To fundamentalna część klasycznej edukacji. Naukowcy badający sztuczną inteligencję docenili szerokie zastosowanie logiki. W latach 50. i 60. XX wieku powszechne było przekonanie, że wiedza człowieka może zostać wyrażona przy pomocy logiki oraz notacji matematycznej. Bazując na tym założeniu, stworzenie sztucznej inteligencji polegałoby na zaimplementowaniu tych zasad w maszynie. W rzeczywistości realizacja tego projektu okazała się o wiele trudniejsza. Największym problemem okazała się złożoność ludzkiego wnioskowania, trudna do opisanego wzorem matematycznym.

Metody logiki zostały wprowadzone do sztucznej inteligencji przez Johna McCarthy'ego w roku 1958. Zaproponował on model wykorzystania zapisu wiedzy posiadanej przez sztuczną inteligencję. Automatyczne wnioskowanie, czyli studium różnych aspektów ludzkiego wnioskowania w celu wykonania jak najbardziej wiernej jego kopii w sztucznej inteligencji jest obecnie jednym z ważniejszych narzędzi tej dziedziny.

Logika jednak jest używana nie tylko do prezentacji wiedzy, ale również do rozwiązywania problemów. Naukowcy stworzyli nowy typ programowania – tak zwane programowanie logiczne, którego najbardziej znanym językiem jest Prolog. Wśród różnych rodzajów logiki stosowanej w sztucznej inteligencji wymienić można: logikę zdań, logikę rozmytą, rachunek predykatów pierwszego rzędu, logikę niemonotoniczną oraz inne.

## **3. Probabilistyczne metody niepewnego wnioskowania**

Wiele problemów w sztucznej inteligencji, włączając wnioskowanie, planowanie, uczenie, percepcję i robotykę, wymaga operacji na niepełnym lub niepewnym zbiorze informacji. Począwszy od lat 80. XX wieku Judea Pearl i jego współpracownicy zaczęli stosować różne metody wywodzące się z probabilistyki oraz ekonometrii, w celu wynalezienia odpowiednich narzędzi do rozwiązania tych problemów. Wśród najbardziej znanych metod probabilistycznych zaadaptowanych do tej dziedziny wiedzy są:

- Sieci bayesowskie, które służą do opisywania zależności między zdarzeniami opierając się na rachunku prawdopodobieństwa. Matematyczne rozwiązanie problemu rozpisanego w sieć Bayesa to przeszukiwanie grafu acyklicznego, którego wierzchołki opisują zdarzenia, a łączenia między wierzchołkami to łuki związkowe. Sieci bayesowskie wykorzystywane są jako elementy systemów w bioinformatyce, medycynie, przetwarzaniu obrazów, systemach wspomagania decyzji, programowaniu gier.
- Ukryty model Marova, który jest statystycznym modelem, gdzie zakłada się, że system jest procesem Markova w nieokreślonym stanie. Ukryty model Markova to ukazany na dyskretnej przestrzeni stanów ciąg zdarzeń, w którym prawdopodobieństwo każdego zdarzenia zależy jedynie od wyniku poprzedniego. Typowy przykład wykorzystania modelowania procesów Markova to systemy rozpoznające pismo, mowę, obraz, kryptografia oraz badania genów.
- Filtr Kalmana to algorytm rekurencyjny, który służy do wyznaczania minimalno – wariancyjnej estymaty wektora stanu modelu liniowego dyskretnego układu dynamicznego na podstawie pomiarów wyjścia tego układu. Zarówno pomiar, jak i proces przetwarzania jest obarczany błędem o charakterystyce rozkładu Gaussa. Filtr Kalmana jest stosowany w systemach autopilota samolotów, symulatorów lokalizacji i mapowania, śledzenia obiektów przy pomocy radarów.
- Teoria decyzji biorąca się z matematyki i statystyki, zajmująca się identyfikacją różnych wielkości jak wartość, czy niepewność, które mają wpływ na decyzję. Celem podejmowanych decyzji jest znalezienie optymalnego wyboru. Teoria decyzji zwana jest również teorią gier.
- Ekonomiczna użyteczność, czyli zdolność dobra do zaspokojenia potrzeb. W sztucznej inteligencji rozważana jest w jak ważna dla sztucznej inteligencji jest dana rzecz lub bodziec. Analiza użyteczności danego dobra z punktu widzenia maszyny jest implementowana poprzez matematyczne równania, na przykład wykorzystując omawiany wcześniej proces Markova, teorię gier, czy dynamiczne sieci decyzyjne.

#### **4. Klasyfikatory i statystyczne metody uczenia**

W najprostszym modelu sztucznej inteligencji można wyróżnić dwie główne części: klasyfikującą oraz wykonującą. Aby część aktywna podjęła odpowiednie działanie, to potrzebne jest ocenienie warunków i wyciągnięcie wniosku, jaka akcja ma zostać podjęta. Klasyfikowanie bodźców i informacji to podstawowy element, od którego poprawności zależy prawidłowe działanie całego układu.

Sztuczna inteligencja jest uczona jak klasyfikować sygnał. Implementowane są w tym celu sieci neuronowe, drzewa decyzyjne, algorytmy wyboru, np. *k*-najbliższy sąsiad itd. W zależności od rodzaju systemu pewne sposoby uczenia są bardziej efektywne, a inne mniej. Również jakość działania klasyfikatorów jest uzależniona od rodzaju danych, jakie maszyna dostaje do przeanalizowania.

## 5. Sieci neuronowe

Praca nad sztucznymi sieciami neuronowymi rozpoczęła się niemal dekadę wcześniej niż odnotowano pierwsze wzmianki o sztucznej inteligencji. Ojcami tej dziedziny są Walter Pitts i Warren McCulloch. Sztuczne sieci neuronowe to struktura zbudowana na wzór biologicznych komórek znajdujących się w mózgu człowieka – neuronów. Naukowcy próbując symulować zjawiska przewodzenia informacji w mózgu stworzyli strukturę sztucznej sieci neuronów. Układ ten jest rozpisywany matematycznie i posiada wiele wersji, implementowanych również programowo. Sztuczna sieć neuronów to zespół przetwarzających obiektów, które zmieniają swą strukturę w zależności od zewnętrznej lub wewnętrznej informacji, która jest przetwarzana w procesie uczenia sieci.

Sieci neuronowe służą do nieliniowego modelowania danych. Potrafią analizować złożone związki między wejściem i wyjściem oraz odnajdywać wzorce w danych. Są stosowane przede wszystkim do zaokrąglania funkcji, czy analizy regresji, świetnie radzą sobie z klasyfikacją bodźców w systemach sztucznej inteligencji oraz sprawdzają się w przetwarzaniu dużej ilości danych, między innymi w szukaniu informacji w bazach danych.

## 6. Teoria sterowania

Inteligentne sterowanie, jedna z dziedzin teorii sterowania, specjalizuje się w wykorzystaniu pozostałych narzędzi sztucznej inteligencji, takich jak sieci neuronowe, funkcje Bayesa, uczenie maszynowe, ewolucyjne obliczenia i genetyczne algorytmy do sterowania nimi w czasie realnym.

## 7. Różne języki programowania

Naukowcy dziedziny sztuczna inteligencja stworzyli szereg języków programowania, które wspomagały programowanie rozumnych maszyn i programów. Najbardziej znane są:

- IPL,
- Lisp,
- Prolog,
- STRIPS,
- Planner.

Poza specjalnymi językami, programiści zajmujący się sztuczną inteligencją używali innych, tradycyjnych języków, jak C++ oraz dodatków zawartych w programach matematycznych, np. w Matlab, czy Lush.

## WYKORZYSTANIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W EKONOMII

Jak wcześniej pokazano, sztuczna inteligencja znalazła zastosowanie w wielu dziedzinach, w tym w medycynie, ekonomii, informatyce, prawie, badaniach naukowych, w wojsku oraz produkcji zabawek. Nick Bostrom, obecny prezes



Instytutu Przyszłości Ludzkości na Uniwersytecie w Oxford, założyciel Instytutu Etyki i Nowoczesnych Technologii, dowodzi, że „bardzo wiele niepowtarzalnych narzędzi sztucznej inteligencji znalazło zastosowanie w dziedzinach powszednich, na ogół bez wspomnienia, że jest to sztuczna inteligencja. Kiedy dany przedmiot staje się użyteczny oraz powszedni, odchodzi się od nazwy sztuczna inteligencja” [AI set to exceed..., (http)]. Prawidłowość tę nazywa się „efektem sztucznej inteligencji” (AI effect).

Różne dziedziny ekonomii wykorzystują wiele osiągnięć sztucznej inteligencji w do badań oraz obsługi systemów komputerowych. Techniki te użyteczne są szczególnie w następujących dziedzinach:

### **1. Prognozowanie**

Makroekonomiczne prognozowanie jest bardzo trudnym zadaniem, ze względu na brak dokładnego i przekonującego modelu ekonomii. Przykładem jest próba dokładnej estymacji cyklu gospodarczego danego kraju. Czynniki, które kształtują gospodarkę danego kraju mają bardzo różny charakter. Części takie jak zyski przedsiębiorstw, poziom bezrobocia, popyt, inwestycje w rozwój i badania, stopy procentowe nie tylko same stanowią ważny element tej gry, ale również wpływają pośrednio na inne wielkości kształtujące ekonomię, czyli na przykład zyski przedsiębiorstw wpływają na ceny na giełdzie. Poza tym niezliczona jest ilość czynników losowych, których wpływ może mieć niejednoznaczny efekt na społeczeństwo i na zachowanie konsumentów. Takimi czynnikami są przykładowo wybory prezydenckie bądź nastrojów społeczeństwa. Dane, które muszą zostać przetworzone są zaszumione, często sprzeczne oraz powiązane między sobą.

Do rozwiązywania tego typu problemów zastosowanie znalazły sztuczne sieci neuronowe. Dzięki możliwości adaptacji, w zależności od procesu uczenia oraz innym swoim zaletom, takim jak możliwość rozwinięcia wielu warstw neuronów, które równolegle przetwarzają dane, wykonane może zostać trudne modelowanie. Sieci neuronowe modelują zjawiska nieliniowe, symulują szereg liczbowy w odniesieniu do czasu i wyciągają wnioski, wynajdują zależności cykliczne, dokonują analizy regresji, aproksymują nawet bardzo skomplikowane funkcje.

Innym narzędziem sztucznej inteligencji wykorzystywanym do rozwiązywania trudnych zadań oraz modelowania skomplikowanych zjawisk są algorytmy genetyczne. Wykorzystywane są one w szczególności w problemach n-zupełnych, które często występują w ekonomii i zarządzaniu. Algorytmy genetyczne znacznie przyspieszają czas rozwiązania danego zadania, które trwałoby bardzo długo, gdyby rozwiązywać je tradycyjną metodą.

### **2. Systemy eksperckie**

Są to systemy sztucznej inteligencji, które na podstawie zgromadzonej wiedzy szukają rozwiązania do zadanego problemu. Systemy eksperckie są używane w księgowości, kontroli procesów w przedsiębiorstwie, zarządzaniu zasobami ludzkimi, zarządzaniu procesem produkcji, grach na giełdzie, w systemach bankowych i innych.

Przykładowo, systemy eksperckie mogą zostać zaimplementowane w banku, który udziela kredytu na dom. Wgrywana baza wiedzy dotyczy różnych walo-rów domu oraz kredytobiorcy. System musi wiedzieć jaka jest relacja ceny i odsetek naliczanych klientowi do wartości posesji. Analizowanych jest wiele czynni-ków, które wpływają na wartość domu czy mieszkania, między innymi: lokalizacja, wielkość pomieszczeń, liczba łazienek, kuchni, liczba garaży, wielkość działki, wiek posiadłości, stan techniczny instalacji itd. Oceniana jest więc automa-tycznie wartość nieruchomości, a następnie wypłacalność klienta. Liczone jest między innymi prawdopodobieństwo utraty przez niego zdrowia, pracy i wiele innych wskaźników. Na tej podstawie podejmowana jest decyzja, czy danej osobie należy udzielić kredytu, czy nie.

Użycie systemów eksperckich do podejmowania decyzji w przedsiębiorstwie może zredukować koszty personelu i usprawnić działanie jednostki.

### **3. Teoria gier**

Naukowcy wykorzystując metody probabilistyki oraz wnioskowania opracowali szereg omawianych wcześniej funkcji, jak funkcja Bayesa, model Mar-kova czy filtr Kalmana. Są to narzędzia sztucznej inteligencji służące do roz-wiązywania między innymi zagadnień teorii gier.

Zjawiska, którymi interesują się ekonomiści, takie jak analiza zachowań klienta, oligopole, sieci społeczne, czy sprawiedliwy podział kierują się zasada-mi, które mogą zostać rozpisane na poszczególne strategie. Wspomniane wcześ-niej metody probabilistyczne i sposoby wnioskowania oparte na sztucznej inte-ligencji służą naukowcom do rozwiązywania tych problemów.

### **4. Systemy hybrydowe**

Systemy hybrydowe – służą do rozwiązywania zadań przy użyciu dwóch lub więcej różnych metod sztucznej inteligencji, na przykład algorytmów gene-tycznych, czy sieci neuronowych w połączeniu z systemem eksperckim.

### **5. Pozostałe użycia**

Sztuczna inteligencja znajduje użycie w wielu innych obszarach pośrednio związanych z działaniem przedsiębiorstw i banków, przykładowo:

- w rozpoznawaniu mowy, pisma i obrazu,
- w przeszukiwaniu baz danych, eksploracji danych,
- w separowaniu spamu od zwykłych e-maili,
- w rozpoznawaniu sfalszowanych kart kredytowych,
- w sądownictwie – w analizie dowodów i innych zastosowaniach,
- w bezpieczeństwie wewnętrznym oraz w walce z terroryzmem.

## **PODSUMOWANIE**

Sztuczna inteligencja to wyjątkowo ciekawa i szeroka dziedzina wiedzy. Lata badań i trud naukowców zaowocowały szeroką gamą narzędzi wykorzy-

stywanych w wielu dziedzinach nauki i techniki. Szeroki zakres aplikacji tych technologii wróży dobrze na przyszłość. Dalszy rozwój tej dziedziny może przynieść wiele innych przydatnych systemów.

Sztuczną inteligencję należy postrzegać jako pewnego rodzaju modę w informatyce. Jednak informatycy w USA czy w Wielkiej Brytanii krytycznie podchodzą do wielu założeń sztucznej inteligencji. Nie istnieje taka metoda informatyczna, która byłaby uniwersalnie idealna dla każdego problemu. Pomimo że sztuczna inteligencja doskonale sprawdza się na przykład w rozpoznawaniu pisma i mowy, to przeszukiwanie baz danych może zostać wykonane szeregiem innych metod, które są tańsze i często bardziej efektywne. Należy przeanalizować czy kosztowne i skomplikowane do nauczenia się przez informatyków systemy opierające się na sztucznej inteligencji nie powinny zostać zastąpione tańszymi instrumentami. Entuzjastyczne prognozy, dotyczące szybkiego rozwoju techniki powodują pewien niepokój. J. Lanier dowodzi, że rozwój hardware jest niewspółmiernie szybki do rozwoju pozostałych dziedzin informatyki, a w szczególności algorytmiki. Nie powinno się liczyć na to, że niechlujstwo programistyczne i brak nowych koncepcji zostaną zatuszowane dynamicznym rozwojem sprzętu. Inwestycje i trud powinny zostać włożone w rozwój myśli: programowanie, algorytmikę, opracowywanie struktur danych, optymalizację i inne dziedziny, które wymagają błyskotliwych umysłów. Sztuczna inteligencja jest również w pewnej części tą dziedziną, która zależy od koncepcji, a nie tylko maszyny.

Zastosowanie sztucznej inteligencji w ekonomii wymaga podejścia interdyscyplinarnego do problemów badawczych. Sam informatyk, nieposiadający wiedzy ekonomicznej nie byłby w stanie wykorzystać programowanych przez siebie narzędzi, zaś ekonomista pozbawiony byłby maszyn obliczających skomplikowane wzory i zależności do wyjaśnienia wielowymiarowych zjawisk ekonomicznych.

## LITERATURA

- CNN, 2006, *AI set to exceed human brain power*, CNN.com, <http://www.cnn.com/2006/TECH/science/07/24/ai.bostrom/> (stan na dzień 23.09.2009).
- Dennett D.C., 1991, *Consciousness explained.*, Penguin Books.
- Herbrich R., Keilbach M., Graepel T., Bollmann-Sdorra P., Obermayer K., 2002, *Neural networks in economics. Background, applications and new developments.*, The University of Pennsylvania Publications.
- McCarthy J., 2009, *What is Artificial Intelligence?* <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/> (stan na dzień 23.09.2009).
- McCorduck P., 2004, *Machines Who Think (druga edycja.)*, A.K. Peters, Ltd.
- Moody J., 1995, *Economic Forecasting: Challenges and Neural Network Solution*, University of Portland publication.

- Shachmurove Y., 2002, *Applying Artificial Neural Networks to Business, Economics and Finance*, The University of Pennsylvania Publications.
- The Economist, 2007, *Are You Talking to Me?*, [http://www.economist.com/science/tq/displaystory.cfm?story\\_id=9249338](http://www.economist.com/science/tq/displaystory.cfm?story_id=9249338) (stan na dzień 23.09.2009).
- Wired, 2000, Jaron Lanier, *One and a half of manifesto*, <http://www.wired.com/wired/archive/8.12/lanier.html> (stan na dzień 23.09.2009).

### *Streszczenie*

Artykuł porusza popularny w ostatnich czasach temat praktycznego zastosowania sztucznej inteligencji w ekonomii.

Sztuczna inteligencja jest dziedziną wiedzy budzącą wiele moralnych wątpliwości. Wstęp do artykułu obejmuje niektóre aspekty filozofii poznania i umysłu, które rozważają możliwości stworzenia maszyny wiernie naśladowującej procesy myślenia.

Właściwa część artykułu przedstawia historię dokonań najwybitniejszych naukowców dziedziny sztucznej inteligencji. Zaprezentowano takie narzędzia, jak algorytmy optymalizacji, klasyfikatory i różne metody uczenia maszynowego, algorytmy wyboru strategii, sieci neuronowe, logika, teoria sterowania inteligentnego, różne języki programowania, które są zaimplementowane w inteligentnych maszynach. Omówiona jest istota tych metod oraz sposób ich wykorzystania. Ukazano zastosowanie opisanych narzędzi w różnych dziedzinach ekonomii: w prognozowaniu, grach na rynku, w rozwiązywaniu problemów ekonomicznych opartych na teorii gier, w systemach eksperckich działających w bankach i innych instytucjach, w organizacjach zapewniających bezpieczeństwo i innych.

W podsumowaniu rozważań podkreślono, jak ważna dla rozwoju człowieka jest interdyscyplinarność. Połączenie myśli ekonomicznej z najnowszymi technologiami informatycznymi umożliwia szybsze i dokładniejsze wykonywanie badań i analiz ekonomicznych.

## **Applying Artificial Intelligence for Solving Problems in Micro and Macroeconomics**

### *Summary*

Artificial Intelligence has developed an impressive set of algorithms and systems, which could be adapted to various uses, for example in micro and macroeconomics.

The article presents the diversity and importance of the applications of AI to problem solving in economics. Among discussed techniques, which have proven to be successful are fuzzy logic, genetic algorithms, artificial neural networks, machine learning and hybrid systems.

Highlighted is that besides hardware development, it is crucial to focus on new concepts, like new programming models, new algorithms, more efficient approximation and optimization, etc. Artificial Intelligence is based on innovative ideas and applying it in multidisciplinary systems brings benefits.