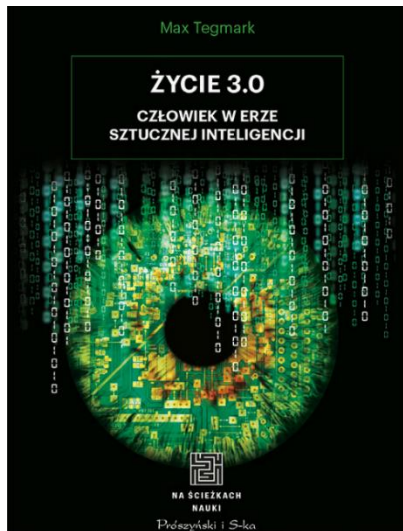




# **SZTUCZNA INTELIGENCJA WPROWADZENIE**

**Tomasz Strek**  
**Institute of Applied Mechanics,**  
**Poznan University of Technology**

DATE: 2020.04



## LITERATURA

**Max Tegmark**

**Życie 3.0. Człowiek w erze sztucznej inteligencji**

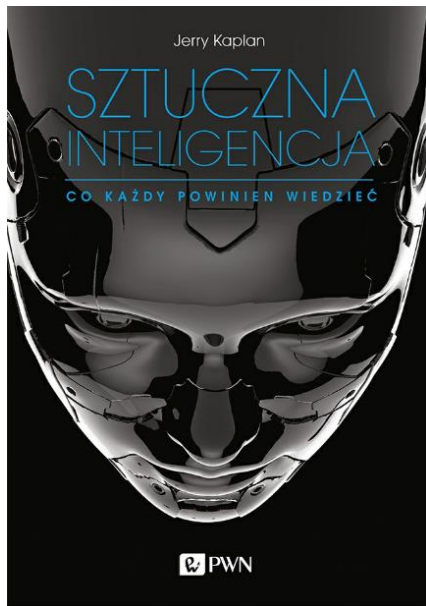
**Tytuł oryginału:** Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence

**Tłumaczenie:** Tomasz Krzysztoń

Jak sztuczna inteligencja wpłynie na świat - wojny, prawo, zatrudnienie, przestępczość, relacje społeczne i nasze własne poczucie człowieczeństwa? Czy powinniśmy się obawiać wyścigu zbrojeń w zakresie broni autonomicznych, a może tego że maszyny całkiem nas zastąpią na rynku pracy? Powstanie sztucznej inteligencji ma większy potencjał do przekształcenia naszej przyszłości niż jakakolwiek inna technologia - i nie ma nikogo o większych kwalifikacjach do zbadania tej przyszłości niż Max Tegmark, profesor w MIT.

A jakiej przyszłości Ty chcesz? Ta książka zachęci Cię do przyłączenia się do dyskusji, która może okazać się najważniejszą w naszych czasach. Reprezentowane są w niej najrozmaitsze punkty widzenia i przedstawiane najbardziej kontrowersyjne zagadnienia - od superinteligencji aż do świadomości.

*Max Tegmark jest profesorem fizyki w MIT i autorem bestsellerowego "Naszego matematycznego Wszechświata". Napisał ponad dwieście prac naukowych, obejmujących tematy od kosmologii po sztuczną inteligencję.*



**Sztuczna inteligencja**  
**Co każdy powinien wiedzieć**

Wydanie: Warszawa, 1, 2019

Autor: Jerry Kaplan

Tłumacz: Sebastian Szymański

Wydawca: Wydawnictwo Naukowe PWN

Sztuczna inteligencja

W książce Sztuczna inteligencja. Co każdy powinien wiedzieć Jerry Kaplan analizuje złożone problemy dotyczące sztucznej inteligencji jasnym, nietechnicznym językiem.

- Czy maszyny naprawdę mogą przewyższyć ludzką inteligencję?
- Jak sztuczna inteligencja wpłynie na nasze miejsca pracy i dochody?
- Czy robot może świadomie popełnić przestępstwo?
- Czy maszyna może być świadoma albo posiadać wolną wolę?

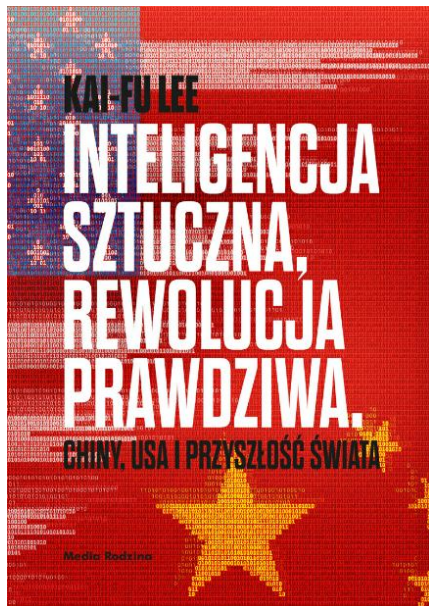
Wiele systemów sztucznej inteligencji uczy się teraz z doświadczenia i podejmuje działania wykraczające poza zakres tego, do czego zostały pierwotnie zaprogramowane. W związku z tym rodzą one kłopotliwe pytania, na które społeczeństwo musi znaleźć odpowiedź.

Czy naszemu osobistemu robotowi należy pozwolić stać za nas w kolejce albo zmusić go do zeznawania przeciwko nam w sądzie?

Czy tylko my ponosimy wyłączną odpowiedzialność za wszystkie jego działania?

Jeśli załadowanie umysłu do maszyny okaże się możliwe, czy to nadal będziemy my?

Odpowiedzi Autora mogą zaskakiwać.



**Inteligencja sztuczna, rewolucja prawdziwa. Chiny, USA i przyszłość świata**

Autor: Lee Kai-Fu

Liczba stron: 400

Data premiery: 16-10-2019

Wydawca: Media Rodzina

Czy maszyny rzeczywiście niedługo zastąpią ludzi? Jaki to będzie miało wpływ na nasze życie i kto najbardziej na tym

skorzysta? Kai-Fu Lee, ekspert w dziedzinie sztucznej inteligencji (SI) opisuje fascynującą rywalizację pomiędzy Chinami a Stanami Zjednoczonymi w dziedzinie nowych technologii i wpływ tego współzawodnictwa na resztę świata.

Lee, były szef Google na Chiny, obecnie pracujący dla chińskich firm, opisuje nowy porządek i rozkład sił pomiędzy Państwem Środka a Doliną Krzemową, w którym przewaga Amerykanów wcale nie jest oczywista. Zwraca też uwagę, że ogromne zmiany i rozwój technologii oznaczają nie tylko stały postęp i dobrobyt ludzkości, ale również dylematy etyczne czy zagrożenia miejsc pracy, a co za tym idzie pogłębienie nierówności społecznych. Autor proponuje rozwiązania, które moglibyśmy zastosować, by stawić czoła nadchodzącym zmianom być może najbardziej dramatycznym w historii człowieka.







**Sztuczna Inteligencja.  
Nieludzka, arcyłudzka  
Aleksandra Przegalińska,  
Paweł Oksanowicz**

Wydanie: pierwsze  
ISBN: 978-83-240-6050-4  
EAN: 9788324060504  
Liczba stron: 320  
Wydawnictwo: Znak  
Format: 144x205mm  
Rok wydania: 2020

## **Jak sztuczna inteligencja zmienia nasze życie**

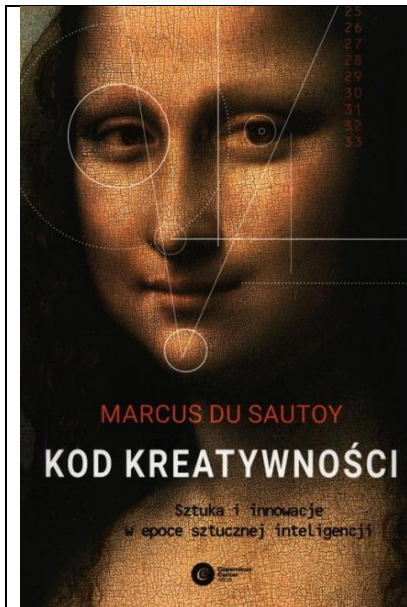
Kto już wkrótce zastąpi nas w biurze i fabryce? Czy algorytm może mieć emocje? Czy roboty mają świadomość? Kto steruje dzisiejszą polityką z tylnego fotela? Czy zbliżamy się do momentu, w którym będziemy musieli oddać koronę władców Ziemi? Sztuczna Inteligencja staje się rzeczywistością.

Przyjmujemy wobec niej skrajne stanowiska: od wielkiego technooptymizmu z Doliny Krzemowej do ogromnego lęku, który inspirowała scenariusze rodem z Matrixa i Terminatora. Jak działa? Po co ją stworzono? Jak zmienia nasze życie?

**Aleksandra Przegalińska**, najbardziej znana w świecie nowych technologii Polka prowadząca badania na MIT, tworzy pasjonującą **biografię Sztucznej Inteligencji**. Przytacza sylwetki jej twórców i anegdoty związane z jej początkami, które sięgają drugiej wojny światowej. Wyjaśnia zawiłości technologiczne i odpowiada na trudne etyczne pytania. I odważnie podejmuje dyskusję ze specjalistami i teoretykami przyszłości takimi jak [Yuval Harari](#).

Aleksandra Przegalińska – doktoryzowała się w dziedzinie filozofii sztucznej inteligencji w Zakładzie Filozofii Kultury Instytutu Filozofii UW, obecnie jest adiunktem w Katedrze Management in Digital and Networked Societies w Akademii Leona Koźminkiego. Do niedawna prowadziła badania w Massachusetts Institute of Technology w Bostonie. Interesuje się rozwojem nowych technologii, przetwarzaniem języka naturalnego, postępami w zakresie humanoidalnej sztucznej inteligencji, robotów społecznych i technologii ubieralnych.

Paweł Oksanowicz – autor książek, dziennikarz radiowy i telewizyjny. Ma ponaddwudziestoletnie doświadczenie pracy w mediach. Zajmuje się etyką biznesu, jego relacjami ze społeczeństwem, innowacjami i ludzką stroną technologii.



**Copernicus Center Press**

**Kod kreatywności Sztuka i  
innowacja w epoce sztucznej  
inteligencji  
du Sautoy Marcus**

Wydanie: pierwsze

ISBN: 978-83-788-6485-1

EAN: 9788378864851

Tytuł oryginalny: The Creativity  
Code

Liczba stron: 352

Format: 140x215mm Tłumaczenie:

Tadeusz Chawziuk

**W Kodzie kreatywności** Marcus du Sautoy bada naturę kreatywności, a także dostarcza niezbędnego przewodnika po algorytmach oraz rządzących nimi matematycznych regułach. Zadaje pytanie o to, jaka część naszej emocjonalnej reakcji na sztukę jest efektem oddziaływania struktury i regularności na nasze mózgi, oraz co właściwie oznacza kreatywność w matematyce, sztukach plastycznych, języku i muzyce.

„Du Sautoy jest nauczycielem, który objaśnia nie tylko dokonania programistów i twórców, ale także matematykę chaosu leżącą u podstaw sztuki i naszej emocjonalnej reakcji na nią” - Hans Ulrich Obrist – szwajcarski historyk i krytyk sztuki.

Książka fascynująca... Jeżeli doświadczenia, nadzieje, marzenia, wizje, żądze, miłości i odrazy kształtujące ludzką wyobraźnię nie są niczym więcej niż »kodem«», to wcześniej lub później maszyna go złamie. Co więcej, du Sautoy prezentuje eklektyczny wybór świadectw dowodzących, że to dzieje się już teraz. - The Times.

**30 SEKUND  
O SZTUCZNEJ  
INTELIGENCJI  
I ROBOTYCE**

50 kluczowych pojęć, postaci i wydarzeń  
dotyczących sztucznej inteligencji  
przedstawionych w pół minuty



Opracowanie:  
Luís de Miranda

**30 sekund O sztucznej  
inteligencji i robotyce**

**Autor: praca zbiorowa**

Kategorie: Książki / literatura  
popularnonaukowa

Typ okładki: okładka twarda

Wydawca: Olesiejuk

Wymiary: 18.5x23.5 cm

EAN: 9788327482099

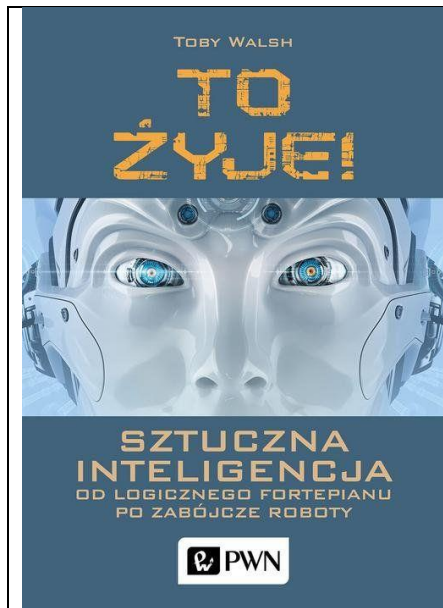
Ilość stron: 160

Data wydania: 2019-01-29

Cóż takiego głębokiego jest w „głębokim uczeniu”? Czy sztuczna inteligencja rzeczywiście potrafi myśleć? Jak będą wyglądały roboty w najbliższej przyszłości? Czy zrodził się nowy podział społeczny na tych, którzy rozumieją technologię, i tych, którzy się jej obawiają?

Czy ludzie i inteligentne maszyny kiedykolwiek się połączą, tworząc nowy gatunek?

**30 sekund o sztucznej inteligencji i robotyce** przynosi jasne i zwięzłe odpowiedzi na te pytania w 50 odsłonach, przedstawiając najważniejsze zagadnienia i doniosłe wydarzenia z historii robotyki i sztucznej inteligencji.



**To żyje! Sztuczna  
inteligencja(Miękka)**

**Od logicznego fortepianu po  
zabójcze roboty**

**Autor: Toby Walsh**

Wydanie: 1, 2018

Wydawca: Wydawnictwo  
Naukowe PWN

Typ oprawy: miękka

Data premiery: 04.04.2018

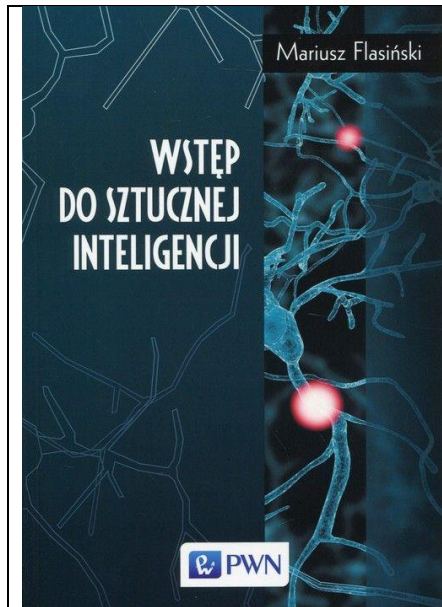


*Istnieje niewiele innych wynalazków człowieka, które mogą mieć tak wielki wpływ na nasze życie, jak maszyny, które potrafią myśleć ... Maszyna parowa wyzwoliła nasze mięśnie; komputery są gotowe do uwolnienia naszych umysłów.*

Rozwój sztucznej inteligencji ([SI](#)) to dla człowieka przygoda tak odważna i ambitna jak żadna inna. I prawdą jest, że myślące maszyny są już teraz nieusuwalną częścią naszego życia. Bez nich Google nie mógłby odpowiedzieć na nasze pytanie w ułamku sekundy. Autonomiczne samochody istniałyby tylko w powieściach *science fiction*. A nasz smartfon byłby... tylko telefonem. SI kształtuje nasz świat i zmienia jego kształt.

Ale dokąd technologie SI zaprowadzą nas w przyszłości? Czy myślące maszyny zniszczą nasze miejsca pracy? Czy rozwój SI zagrozi samej egzystencji ludzi?

Toby [Walsh](#) zabiera nas w zaskakującą i inspirującą podróż przez historię sztucznej inteligencji i pokazuje, jak już zmieniła nasze społeczeństwo, naszą gospodarkę i nas samych. W swojej książce prezentuje dziesięć fascynujących przepowiedni dotyczących osiągnięć SI w 2050 roku.



**Wstęp do sztucznej inteligencji**  
**Autor: Mariusz Flasiński**

**Wydanie: 1, 2020**  
**Copyright: 2011**

**Wydawca: Wydawnictwo**  
**Naukowe PWN**  
**Typ oprawy: miękka**

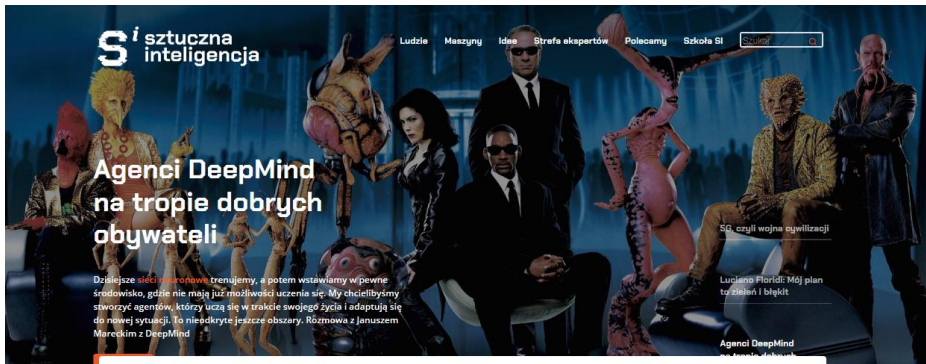
Podręcznik prezentujący współczesne podejście do dynamicznie rozwijającej się dziedziny wiedzy, jaką stanowią systemy sztucznej inteligencji.

Książkę rozpoczyna błyskotliwie opisany przegląd dyskusji i historia badań w tej dziedzinie. Autor stawia trudne pytania, na które odpowiedzi Czytelnik znajdzie w kolejnych rozdziałach, zawierających:

- podstawowe koncepcje sztucznej inteligencji w ujęciu symbolicznym i subsymbolicznym,
- metody sztucznej inteligencji,
- wybrane obszary zastosowań,
- modele formalne dla przedstawionych metod.

Książka jest adresowana zarówno do słuchaczy kierunków technicznych i matematycznych, jak i dla czytelników kierunków humanistycznych i przyrodniczych. Zasadnicza część monografii, obejmująca przegląd metod, nie zawiera formalizacji matematycznej, a wprowadzone pojęcia przedstawione są w sposób intuicyjny wykorzystujący liczne przykłady. Bliźniaczy rozdział zawiera zaś definicje, twierdzenia i modele formalne dla omówionych metod, które usatysfakcjonują czytelników o ugruntowanej wiedzy matematycznej.

<https://www.sztucznainteligencja.org.pl/>



**S<sup>i</sup> sztuczna inteligencja**

Ludzie Maszyny Idea Strafa ekspertów Polecamy Szkoła SI

## Agenci DeepMind na tropie dobrych obywateli

Dzisiejsze sieci neuronowe trenujemy, a potem wstawiamy w pewne środowisko, gdzie nie mają już możliwości uczenia się. My chcielibyśmy stworzyć agentów, którzy uczą się w trakcie swojego życia i adaptują się do nowej sytuacji. To niedkryte jeszcze obszary. Rozmowa z Januszem Moreckim z DeepMind

5G, czyli wojna cywilizacji

Luciano Floridi: Mój plan to zieleni i błękit

Agenci DeepMind

27 marca 2020

W kwietniu będą dostępne szybkie testy na COVID-19

<https://www.sztucznainteligencja.org.pl/w-kwietniu-beda-dostepne-szybkie-testy-na-covid-19/>

Powstało urządzenie, które pozwala jednocześnie zdiagnozować dziesięć patogenów układu oddechowego, w tym koronawirusa, i spełnia wymagania Światowej Organizacji Zdrowia – informuje niemiecki koncern Bosch

29 listopada 2019

Mistrz go: rezygnuję. Powód? Istota nie do pokonania

Lee Sedol, południowokoreański mistrz go, który przegrał ze sztuczną inteligencją, odchodzi na wcześniejszą emeryturę.

29 listopada 2019

Antyplagiator: narzędzie, nie wyrocznia

Dzięki JSA uwidaczniają się problemy nieznane, gdy tego systemu nie było. Dzisiaj wielu z nas zastanawia się, skąd tyle podobieństw w pracach dyplomowych. A odpowiedź jest prosta: one tam zawsze były, tylko nie były widoczne. Rozmowa dr. Andrzejem Sobeckim z Politechniki Gdańskiej

28 listopada 2019

W robocie chętniej z robotem

65 procent pracowników jest dobrze nastawionych do współpracy ze sztuczną inteligencją.

27 listopada 2019

SI jak Singapur. Strategia dla Smart Nation

Singapur ogłosił swoją strategię rozwoju sztucznej inteligencji. Ma określić, w których obszarach SI metropolia może stać się światowym liderem i jak wprowadzać tę technologię ku pożytkowi obywateli. Za wizją idą duże pieniądze.

Od szachów do AlphaGo, Jacek Mańdziuk, |19 kwietnia 2019

|Prof. Jacek Mańdziuk: Choć bardzo skuteczna i przewyższająca najlepszych graczy ludzkich, sztuczna inteligencja grająca w go nie jest ostatecznym osiągnięciem w dziedzinie gier umysłowych.

Dynamiczny rozwój sztucznej inteligencji nie ominął gier. Kanonicznym przykładem postępu w zastosowaniu SI do gier są dokonania firmy Google DeepMind w grze go, która przez dziesięciolecia stanowiła bastion supremacji ludzi nad maszynami w dziedzinie klasycznych gier umysłowych.

O ile wcześniejsze osiągnięcie firmy IBM (maszyna Deep Blue) stanowiło przełom tylko w sensie psychologicznym (to fenomenalne



rozwiązanie inżynierskie nie oferowało przełomowych rozwiązań, jeśli chodzi o metody sztucznej inteligencji), o tyle system AlphaGo firmy Google DeepMind, a w jeszcze większym stopniu AlphaGo Zero są dowodem potencjalnie ogromnych możliwości wykorzystania metod SI (uczenia głębokiego, uczenia ze wzmocnieniem oraz symulacji Monte Carlo) do rozwiązywania zagadnień, które dotychczas były poza zasięgiem sztucznych systemów inteligentnych.

Choć bardzo skuteczna i przewyższająca najlepszych graczy ludzkich, sztuczna inteligencja grająca w go nie jest ostatecznym osiągnięciem w dziedzinie gier umysłowych. Stanowi bazę do dalszych rozważań na temat wykorzystania metod SI i uczenia maszynowego w zagadnieniach o bardziej uniwersalnym charakterze.



<https://openai.com/>

RESEARCH SYSTEMS



## Research

OpenAI conducts fundamental, long-term research toward the creation of safe AGI.

[RELEASES](#) | [PUBLICATIONS](#) | [REQUESTS FOR RESEARCH](#) ↗

↔ TOOLS

## Tools for Research

We build and open-source AI algorithm implementations, tools for managing research infrastructure, and software libraries for training and analyzing models.

PYTHON

### Roboschool

Open-source software for robot simulation, integrated with OpenAI Gym.



PYTHON

### Universe

Turn any application into a Gym environment.

<https://www.faception.com/>



FACEPTION IS A FACIAL PERSONALITY ANALYTICS TECHNOLOGY COMPANY

## LITERATURA

Paweł Wawrzyński, Przyszłość sztucznej inteligencji, Delta, 2018, 8.  
(Afiliacja: Instytut Informatyki, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Politechnika Warszawska).

Andrzej Dąbrowski, Sztuczna inteligencja, Delta, 2018, 5  
(Afiliacja: Instytut Matematyczny, Uniwersytet Wrocławski).

Paweł Góra, Głębokie uczenie maszyn, Delta, 2018, 1.  
(Afiliacja: Instytut Informatyki, Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego).

Wojciech Czerwiński, Wiem, że coś wiesz, Delta, 2016, 2.  
(Afiliacja: doktorant, Instytut Informatyki, Uniwersytet Warszawski).

Krzysztof Rózanowski, Sztuczna inteligencja: rozwój, szanse i zagrożenia, Zeszyty Naukowe Warszawskiej Wyższej Szkoły Informatyki, 2007, nr 2, 109-135  
<http://zeszyty-naukowe.wysi.edu.pl/>

## CZĘŚĆ 1 – PRZYSZŁOŚĆ SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

W 1970 roku jeden z pionierów sztucznej inteligencji, Marvin Minsky, napisał na łamach *Life Magazine*, że w ciągu 8 lat pojawią się maszyny o inteligencji porównywalnej z ludzką lub ją przewyższające.



**Jednak takie maszyny nie pojawiły się ani do roku 1978, ani przez kolejne 40 lat. A jednak w ciągu ostatnich lat można zobaczyć znaczne przyspieszenie w dziedzinie sztucznej inteligencji: autonomiczne samochody, programy wygrywające z ludzkimi arcymistrzami w Go – ostatnią grę, w którą człowiek dotychczas był lepszy, czy roboty humanoidalne śmiało przemierzające gruzowiska. Być może prognoza Minskiego, choć znacznie opóźniona, ziści się na naszych oczach?**

## Czego potrzebujemy, aby komputer przejawiał inteligencję porównywalną z ludzką?

Wydawać by się mogło, że w pierwszej kolejności potrzebujemy do tego logiki. Tak wydawało się pionierom w tej dziedzinie. W 1955 roku Allen Newell i Herbert Simon przedstawili program *Logic Theory Machine*, który był w stanie udowodnić 38 z pierwszych 52 twierdzeń zawartych w klasycznym traktacie Bertranda Russella i Alfreda Whiteheada *Principia Mathematica*.

Okazało się jednak, że logika formalna może być co najwyżej pobocznym narzędziem do budowy sztucznej inteligencji. Na inteligencję bowiem składają się także przewidywanie, planowanie, adaptacja, klasyfikacja, pozyskiwanie wiedzy na podstawie obserwacji i doświadczenia. Umiejętności daje się sprowadzić do operacji logicznych, ale to tak, jakby ktoś chciał budować dom, klejąc ziarenka piasku – da się, ale są lepsze sposoby.

Front rozwoju sztucznej inteligencji jest obecnie zlokalizowany na zagadnieniach rozpoznawania i klasyfikacji obrazów i ludzkiej mowy. Jest to związane nawet nie tyle z pojawieniem się nowych koncepcji, co raczej pojawieniem się kart graficznych setki razy zwiększających dostępną moc obliczeniową oraz internetu udostępniającego ogromne ilości obrazów i dźwięku. W rezultacie wcześniej skonstruowane, a teraz odpowiednio dopracowane algorytmy rozpoznawania i klasyfikacji mogą być wytrenowane właśnie do rozpoznawania obrazu i

dźwięku, co kapitalnie przybliżyła sztuczną inteligencję do aktywności do tej pory zarezerwowanych dla ludzi.

Konsekwencje tego przełomu będziemy niebawem oglądać na każdym kroku. Przedsmakiem tego są rozwijane właśnie przez Googla i Teslę samochody autonomiczne.

Dobrze demonstrują one istotę przełomu, który właśnie się dokonuje. Sterownik autonomicznego samochodu musi w pierwszej kolejności "rozumieć", co się wokół niego dzieje. Do tego potrzebuje kamer i sztucznych sieci neuronowych,

które rozpoznają sens obrazów, jakie te kamery rejestrują. Te sieci neuronowe zaś muszą być wyuczone na podstawie ogromnej ilości wcześniej zarejestrowanych nagrań.

Rozpowszechnienie się autonomicznych samochodów wydaje się wyłącznie kwestią czasu. Kolejnym krokiem będzie pojawienie się robotów mobilnych wykonujących w otoczeniu człowieka rozmaite proste do zautomatyzowania czynności, jak sprzątanie podłóg i ulic.



Kolejny przełom dokonujący się na naszych oczach dotyczy rozpoznawania ludzkiej mowy i przetwarzania tekstu. Każdy, kto ma telefon komórkowy z systemem operacyjnym Android, MacOS lub Windows Phone, może ze swoim telefonem porozmawiać.

Nie jest to specjalnie wyrafinowana rozmowa: właściciel powie swojemu telefonowi frazę, która albo należy do listy takich, które telefon zrozumie jako komendę i wykona, albo telefon jej nie zrozumie i uruchomi wyszukiwarkę, która poszuka stron zawierających tę frazę.



Na coraz wyższym poziomie stoi przetwarzanie tekstu pisanego. Jeśli piszemy mail do korporacji, np. do naszego banku, to mamy dużą szansę na to, że zostanie on zakwalifikowany do odpowiedniej tematyki przez program, który w pewnym zakresie "zrozumie", o co nam chodzi.

Rozwijającą się technologią są chat-boty. Jeśli firma prowadzi obsługę klienta on-line w okienku przeglądarki internetowej, to zgłaszający się tą drogą do niej klient trafia niekiedy na chat-bota, który rozpoczyna konwersację z nim i dopiero kiedy ta konwersacja ewidentnie go przerasta (co obecnie dzieje się dosyć szybko), włącza się człowiek.

Jakie narzędzia stoją za przetwarzaniem tekstu, zarówno mówionego, jak i pisanego? Są to sztuczne sieci neuronowe. Całkiem podobne do tych, które przetwarzają obrazy. Różnica polega na tym, że z obrazami radzą sobie sieci bez połączeń zwrotnych. Obraz jest statyczny i dlatego interpretująca go sieć neuronowa nie musi mieć własnej dynamiki. Tymczasem mowa jest procesem dynamicznym i rozumiejąca go sieć neuronowa także musi mieć dynamikę, czyli musi mieć połączenia zwrotne, zatem musi być siecią rekurencyjną.

W ciągu najbliższych lat sterowanie różnymi urządzeniami elektronicznymi przy użyciu komend głosowych będzie stawało się coraz powszechniejsze. Automaty będą witać nas, gdy będziemy dzwonić do infolinii, czytać i odpowiadać na nasze maile. Technologia prowadzenia rozmowy z człowiekiem dotyczącej ograniczonej tematyki jest bowiem opanowana. Jak szybko jednak te ograniczenia na tematykę rozmowy będą się poszerzać?

Na razie nic nie wskazuje na to, abyśmy w najbliższej przyszłości mogli pogadać sobie z jakimś urządzeniem na dowolny temat, który nas akurat interesuje. Prowadzenie takiej konwersacji, podobnie jak np. tłumaczenie tekstu na inny język, jest bowiem problemem AI-trudnym.

Problem ma taki charakter, kiedy do jego rozwiązania potrzebna jest ogólna wiedza zbliżona do tej, jaką musi dysponować człowiek do odnajdowania się w swoim świecie (być może "ogarniania się" byłoby nawet trafniejszym określeniem niż "odnajdowania się").

Rzecz jednak w tym, że jest to przeogromna wiedza, dotycząca różnych aspektów funkcjonowania świata. Współcześnie nie mamy nawet wyobrażenia, jak miałyby funkcjonować sztuczny rezerwuar takiej wiedzy i jego sprzężenie z narzędziami, które już mamy opanowane, a które służą np. do rozpoznawania obrazów i mowy.

Poszczególne predyspozycje, które składają się na ludzką inteligencję, na przykład, to:

- rozwiązywanie problemów,
- planowanie,
- rozumienie mechanizmów rządzących obserwowanymi zdarzeniami,
- ich selektywne zapamiętywanie, aby przywołać je, kiedy to będzie potrzebne do rozwiązywania problemów czy podejmowania decyzji.

Jeśli przyjrzymy się metodom sztucznej inteligencji, czy szerzej – informatyki – to okaże się, że każdy z tych składników inteligencji jest lepiej czy gorzej opanowany.

Nie ma natomiast architektur, które przejawiałyby kilka z takich predyspozycji jednocześnie. Dzieje się tak dlatego, że metody te są niekompatybilne.





Ludzki mózg potrafi demonstrować różne przejawy inteligencji, ponieważ są one realizowane przez tę samą strukturę, którą jest dynamiczna sieć neuronowa.

**Dalszy rozwój sztucznej inteligencji będzie zapewne polegał na projektowaniu architektur, które łączą różne przejawy inteligencji, przy czym wspólnym mianownikiem dla tych architektur będzie pewnie to, że będą one sztucznymi sieciami neuronowymi.**

Miarą tego, ile jest do zrobienia w dziedzinie sztucznej inteligencji, jest nasza mizerna wiedza na temat mechanizmów działających w ludzkim umyśle.

Weźmy taką predyspozycję jak świadomość (rozumianą tu raczej jako pamięć krótkookresową tego, co się dzieje, a niekoniecznie jako samoświadomość). Na czym to polega, że piszący te słowa jest świadom, iż przed chwilą za oknem po jego prawej stronie przeszedł człowiek z labradorem?

Prawie na pewno (w tej dziedzinie trudno o całkowitą pewność) informacja ta nie została zapisana w anatomii mózgu.

Prawie na pewno też nie ma takiego charakteru jak pamięć komputera, tzn. stabilnego stanu pewnych komórek. Wszystko wskazuje na to, że ma postać cyrkulacji elektrycznej, tzn. pewna grupa neuronów realizując swoją zwykłą aktywność polegającą na ładowaniu się potencjałem elektrycznym i jego szybkim wyładowywaniu, kryje w dynamice tego cyklu informację o człowieku z labradorem.

Ale koncepcja labradora kryje się w anatomii mojego mózgu, prawdopodobnie w wagach pewnych połączeń synaptycznych.

Całkowite zresetowanie aktywności elektrycznej mózgu (następujące np. przy atakach epilepsji) resetuje także pamięć krótkookresową, ale nie pozbawia ludzi ogólnej wiedzy o świecie, którego częścią są labradory. A zatem świadomość (czy pamięć krótkookresowa) ma w ludzkim mózgu postać cyrkulacji elektrycznej w jakiś sposób

opartej o pamiętane na stałe, mające odwzorowanie w anatomii, elementy wiedzy o świecie.

**Na czym to polega, że cyrkulacja elektryczna jest nośnikiem informacji?**

Nie wiemy tego. Nie ma dobrych modeli opisujących, jak informacja mogłaby być przechowywana w dynamice procesu, np. we wzorcu wyładowań elektrycznych grupy neuronów. Znane w sztucznej inteligencji modele, które w jakimś stopniu opisują takie zjawiska, to rekurencyjne sieci

neuronowe. Nie wiadomo jednak, na czym miałyby polegać to, że pamięć krótkookresowa rekurencyjnej sieci neuronowej odwołuje się do jakiegoś rezerwuaru ogólnej wiedzy.

Do zrobienia zostało zatem ogromnie dużo. Naukowcy w dziedzinie sztucznych sieci neuronowych będą mieli pełne ręce roboty jeszcze przez długie dekady, zanim będziemy mogli pogawędzić ze sztuczną inteligencją zbliżoną do ludzkiej.

## CZĘŚĆ 2 – SZTUCZNA INTELIGENCJA

- Raj na Ziemi jednak istnieje. Znalazła go sztuczna inteligencja.
- Sztuczna inteligencja pomoże w walce z bioterroryzmem. Nauczyła się rozpoznawać bakterie wąglika.
- Potężna kasta zawodowa może zniknąć bez śladu. Sztuczna inteligencja bez trudu pokonała setkę ekspertów.
- Zaleje nas spam. Sztuczna inteligencja złamała system weryfikacji CAPTCHA.



Takie i podobne tytuły pojawiają się codziennie. A to nie wszystko...

Po wpisaniu przez nas hasła w wyszukiwarce internetowej sztuczna inteligencja nie tylko wybierze najbardziej pasujące linki, ale i okrasza je odpowiednimi reklamami.

Czytając e-mail, można nie zauważyć większości spamu – to też efekt działania sztucznej inteligencji. W wielu miejscach sztuczna inteligencja działa niewidzialnie dla nas. Nie wiadomo, które wiadomości czy artykuły na stronach sportowych czy ekonomicznych redaguje dziennikarz, a które sztuczna inteligencja.

Przytłoczeni przez hasła **sztuczna inteligencja, uczenie maszynowe, głębokie sieci neuronowe** nie wiemy, czy to tylko atrakcyjne hasła, czy też kryją się za tym rzeczywiste dokonania. Prawda jest taka, że za tymi hasłami kryje się rewolucja nie tylko technologiczna. Zmienia się sposób, w jaki uprawia się naukę, diagnozuje choroby, a nawet tworzy dzieła sztuki. Pesymiści przewidują intelektualną dominację sztucznej inteligencji nad człowiekiem, przywołując pokonanie arcymistrzów gry w szachy i go.

Komputery zawsze uważane były za narzędzia użyteczne, wykonujące prace obliczeniowe i księgowo. Nazwa *mózgi elektroniczne*, która była powszechnie używana w czasach, kiedy zaczynałem studia, dość szybko znikła, bo, jak się okazało, była zdecydowanie na wyrost.

Teraz ta nazwa byłaby już bliższa prawdy.

Tradycyjnie, aby sprawić, by komputer coś zrobił, należało napisać program, szczegółowo opisujący wszystkie kroki, które ma wykonać. **W uczeniu maszynowym, dziale sztucznej inteligencji, to komputer sam buduje swój program działania, ucząc się na podstawie dostępnych mu danych (im więcej danych, tym lepiej – stąd *big data*) – wydobywa z nich wiedzę, proponując najbardziej prawdopodobny wynik.**

Tak więc uczenie maszynowe jest operacją odwrotną do programowania. Inną różnicą jest, że w tradycyjnym podejściu wyniki pracy komputera są przewidywalne (deterministyczne), a w uczeniu maszynowym losowe, a ich przypadkowość zmniejsza się wraz ze wzrostem liczby danych.

Celem uczenia maszynowego jest wytrenowanie komputerów tak, aby były w stanie podejmować optymalne decyzje. Co jest zadziwiające, najróżnorodniejsze zastosowania uczenia maszynowego są efektem

Praktycznie takiego samego algorytmu uczącego – o wiele prostszego niż algorytmy używane w tradycyjnych programach komputerowych.

## Co może sztuczna inteligencja?

W powszechnej opinii sztuczna inteligencja kojarzy się z sieciami neuronowymi, a ostatnio z głębokimi sieciami neuronowymi. Jednak zajmuje ona znacznie bardziej rozległy obszar aktywności. Oto kilka z nich.

1.

**Reprezentacja wiedzy.** Wykorzystuje się gigantyczne bazy wiedzy w celu zbudowania systemów eksperckich. Przykładem zastosowania tej dziedziny sztucznej inteligencji są system GIDEON (*Global Infectious Disease & Epidemiology Network*), zautomatyzowany wywiad lekarski, który ma pomóc w diagnozowaniu chorób zakaźnych i tropikalnych oraz system *Citizenship Application* służący do oceny, czy dana osoba kwalifikuje się do ubiegania o obywatelstwo USA.





2.

**Planowanie automatyczne.** System służący planowaniu i podejmowaniu decyzji, szczególnie przy wykonywaniu operacji przez inteligentnych agentów, roboty autonomiczne i samochody autonomiczne.

3.

**Przetwarzanie języka naturalnego.** Zespół procedur zajmujących się automatyzacją analizy, rozumienia, tłumaczenia i generowania języka naturalnego przez komputer.

4.

**Wizja komputerowa.** Zajmuje się rozpoznawaniem obrazów. Ma liczne zastosowania w kontroli produkcji żywności i środków farmaceutycznych. Rozpoznawanie węglika, o którym była mowa na początku artykułu, związane jest z wizją komputerową.

**5. Robotyka.** Technologia służąca wytwarzaniu automatów zastępujących człowieka. Działanie robotów oparte jest na zastosowaniu różnych metod sztucznej inteligencji: wizja komputerowa, planowanie automatyczne, sieci neuronowe.

**6.**

**Silna sztuczna inteligencja.** Projekty stworzenia wirtualnego mózgu są dopiero w powijkach. W ramach projektu Blue Brain Project, rozpoczętego w 2005 roku przez Politechnikę Federalną w Lozannie, stworzono w 2011 roku symulację, odpowiadającą skali mózgu pszczoły

(około miliona neuronów i miliarda połączeń nerwowych). W 2015 roku Japończycy użyli ówczynie czwartego najszybszego komputera na świecie (komputer K ma 705 tys. rdzeni i 1,4 mln GB pamięci RAM) do symulacji jednej sekundy aktywności 1% mózgu ludzkiego. Komputer potrzebował 40 minut, aby wykonać to zadanie. Kora ludzkiego mózgu, odpowiedzialna za wyższe procesy poznawcze, zawiera 15–33 miliardów neuronów, z których każdy może mieć do 10 tysięcy połączeń synaptycznych. Szacuje się ilość informacji, potrzebnych do odtworzenia jej funkcjonalności, na 500 petabajtów. Przewiduje się, że

superkomputery o wystarczającej mocy obliczeniowej, aby przetworzyć taką ilość danych, powstaną około 2020 roku.

Pierwszym zwiastunem silnej sztucznej inteligencji jest program **AlphaGoZero**, który bez pomocy człowieka nauczył się grać w go. Mistrzowie tej gry zauważyli że sztuczna inteligencja odkryła zupełnie nowe strategie gry, nieznane człowiekowi.

Podobnie, **Google Translator**, program do automatycznego tłumaczenia, sam wytworzył sztuczny język, pozwalający

tłumaczyć pary języków, które nigdy nie były wcześniej trenowane w procesie uczenia.

## Uczenie maszynowe

Szczególnie interesującą dziedziną sztucznej inteligencji jest uczenie maszynowe. Uczenie maszynowe wykorzystuje dostarczane mu dane, stosując w trakcie treningu metody statystyczne. Uczenie maszynowe jest *czarną skrzynką*

(czyli układem, o którego budowie wewnętrznej nic nie wiadomo) z danymi na wejściu i wynikami na wyjściu.



Uczenie, określające związek między wejściem a wyjściem, oparte jest na trzech schematach: uczenie nienadzorowane, uczenie nadzorowane i uczenie przez wzmocnienie.

**Uczenie nadzorowane** zakłada obecność ludzkiego nadzoru przy ocenie wyników, uzyskanych w każdym przebiegu algorytmu dla danych na wejściu. Taki sposób treningu jest wykorzystywany przy klasyfikacji z zadanymi wzorcami (rozpoznawanie pisma, diagnostyka medyczna).

**W uczeniu przez wzmocnienie** program uzyskuje sygnał w postaci nagrody czy kary w zależności od stopnia zgodności wyniku z projektowanym celem (tak były uczone komputery do gry w szachy i w go).

**Uczenie nienadzorowane** zakłada brak udziału człowieka oraz systemu nagród i kar w procesie nauczania:  
grupowanie (*klasteryzacja*) danych, segmentacja obrazu.

W bestselerowej książce o algorytmach uczenia *Naczelny algorytm* scharakteryzowano różne podejścia do modelowania relacji między wejściem a wyjściem.

- **Symboliści.** Zakłada się, że inteligencja sprowadza się do manipulacji symbolami. Algorytm uczenia, którym posługują się symboliści, to odwrotna dedukcja: analizowana jest część założeń i wynikających z nich wniosków i dopasowywane są te dodatkowe założenia, przy których wnioski są najbardziej prawdopodobne.

- **Koneksjoniści.** Zakładają, że mózg składa się z różnych prostych elementów tego samego typu (neuronów). O jego działaniu decyduje siła połączeń między tymi elementami. Podstawowym algorytmem uczenia jest propagacja wsteczna. Polega ona na korekcji wag połączeń między neuronami po konfrontacji obliczonego wyniku z rzeczywistym.
- **Ewolucjoniści.** Zakładają, że podstawą sposobów nauczania (a raczej dopasowania) jest selekcja naturalna. Metoda uczenia polega na użyciu algorytmów genetycznych.

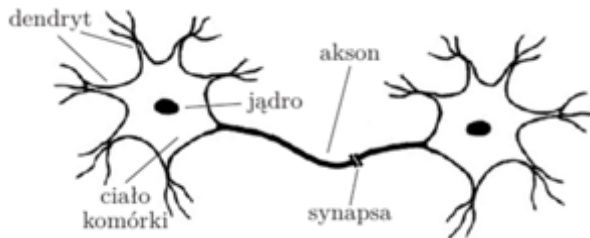
- **Bayesiści.** Zakładają, że wiedza polega na ocenie wiarygodności wyników. Metoda uczenia polega na użyciu twierdzenia Bayesa i twierdzeń z niego wynikających. (Twierdzenie Bayesa pozwala obliczyć prawdopodobieństwo przyczyny, gdy znany jest jej skutek.)
- **Analogiści.** Zakładają, że podobne rodzi podobne. To często używane podejście przy klasyfikacji z zadanymi wzorcami. Algorytm uczenia to maszyny wektorów wspierających (SVM – *Support Vector*

*Machine*). Metoda ta polega na szukaniu najbardziej "wyrazistych" granic między obszarami danych.

## Sieci neuronowe

Spośród wymienionych powyżej metod najczęściej opisywane są sieci neuronowe. Łatwo przypisać do nich etykietę mózgu elektronowego, obrazowo opisać sposób trenowania sieci i przedstawić naprawdę bogate zastosowania. Dla matematyka sieci neuronowe mają urok

eleganckiej konstrukcji z ciekawie zarysowanym problemem związanym z klasycznymi problemami matematycznymi.



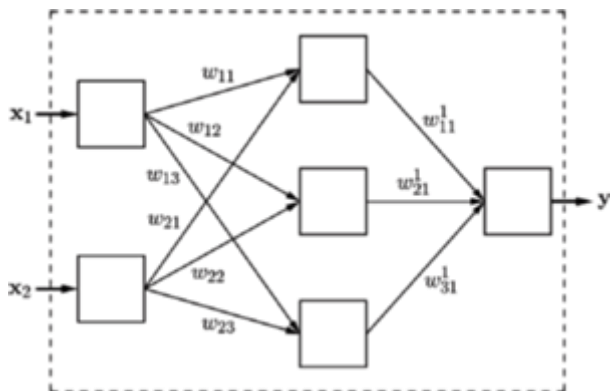
Naturalne jest poszukiwanie źródeł sieci neuronowych w budowie mózgu. Sygnały w mózgu przekazywane są za pomocą sieci neuronów.



Neuron jest zbudowany z ciała komórki oraz odchodzących od niego wypustek: aksonu i dendrytów. Informacje w postaci sygnałów elektrycznych przekazywane są do następnych neuronów przez akson, który przewodzi pobudzenie z udziałem synapsy do dendrytów, należących do kolejnego neuronu.

Różne obszary mózgu są odpowiedzialne za poszczególne funkcje: widzenie, słuch, kontrola ruchu, myślenie abstrakcyjne i inne. Wydawałoby się naturalne, że neurony powinny wyspecjalizować się w obsłudze poszczególnych funkcji. W kwietniu 2000 roku zespół neurobiologów z MIT opublikował w czasopiśmie *Nature* wyniki nadzwyczajnego eksperymentu. Zmieniłi oni układ połączeń w mózgu fretki, zamieniając połączenia nerwowe oczu z częścią kory mózgowej odpowiedzialnej za słuch, a połączenia nerwowe wychodzące z uszu do części kory odpowiedzialnej za widzenie. Mózg fretki szybko

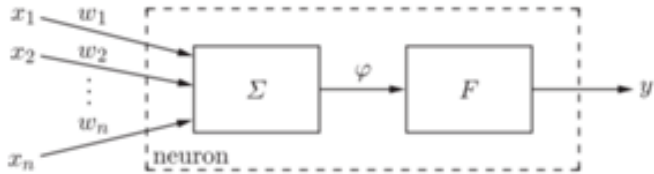
przystosował się do nowej sytuacji – nie zauważono żadnej straty zarówno w odczuciu bodźców wzrokowych, jak i słuchowych. Wynika z tego, że wszystkie neurony działają tak samo, a połączenia w sieci neuronowej dopasowują się do funkcji, które mają obsługiwać. Jest to wskazówka, że modele mózgu można budować z tych samych elementów, a trening służy do ustanowienia połączeń, zależnych od modelowanej funkcji. Można postawić pytanie: jaki powinien być najprostszy model sieci neuronów i połączeń między nimi, aby mógł służyć do zbudowania relacji między danymi i wynikami danego typu?



Pełniejszy opis można znaleźć w artykule K. Ambroch *Sztuczne sieci neuronowe*, MSN, Nr 32 (2004)

[www.smp.uph.edu.pl/msn/32/ambroch.pdf](http://www.smp.uph.edu.pl/msn/32/ambroch.pdf). Wykresy pochodzą z tej samej publikacji.

Model sieci neuronowych, przedstawiony znacznie wcześniej od propozycji neurobiologów z MIT (Model Hebba zaproponowany był w latach 40. XX wieku, model perceptronu w latach 60.), zakłada, że neurony działają tak samo, a zróżnicowanie działalności sieci jest określone przez połączenia między neuronami. Sieci neuronowe składają się z neuronów w warstwie wejściowej, warstwach pośrednich i warstwie wyjściowej.



Pojedynczy neuron przetwarza wektor sygnałów wejściowych  $x$  wymiaru  $n$  na sygnał wyjściowy  $y$  ( $n$  jest liczbą neuronów w warstwie wcześniejszej). Na podstawie danych  $x$  w bloku sumowania  $\Sigma$  obliczana jest wartość  $\varphi = w^T x = \sum_i w_i x_i$ , a następnie sygnał ten jest przetwarzany

przez funkcję aktywacji  $F$ . Wielkości  $w_{ij}$  nazywane są wagami połączeń.

Funkcja aktywacji w zasadzie powinna mieć postać funkcji progowej  $F(\varphi) = 1_{[\varphi > \varphi_0]}$ . Zazwyczaj jest zastępowana przez różniczkowalne sigmoidalne funkcje rosnące o asymptotach poziomych 1 i 0 (odpowiednio w  $\infty$  i  $-\infty$ ). Przyjmuje się, że w sieci występuje jeden rodzaj funkcji aktywacji. Czy tak ubogie sieci mogą być uniwersalne?

## Uniwersalne twierdzenie aproksymacyjne

Sieci o jednym wyjściu modelują obliczanie wartości funkcji, a neurony reprezentują funkcje aproksymujące. W problemie aproksymacji chcemy jak najbogatszą rodzinę funkcji przybliżyć za pomocą jak najprostszej, łatwo zdefiniowanej rodziny funkcji. W 1885 roku Karl Weierstrass udowodnił twierdzenie, że każda ciągła funkcja z domkniętego odcinka jest jednostajną granicą ciągu wielomianów. Twierdzenie to było uogólniane na wiele sposobów, dobierano różne rodziny funkcji, aby



przyspieszyć zbieżność czy powiększyć rodzinę funkcji aproksymowanych. We wszystkich tych przypadkach rodzina funkcji aproksymujących była nieskończona.

Spośród 23 problemów, które David Hilbert przedstawił na II Międzynarodowym Kongresie Matematyków w 1900 roku w Paryżu, 13. problem dotyczy istnienia rozwiązań wielomianów stopnia 7. będących algebraiczną (wariant: ciągłą) funkcją dwóch zmiennych. Pytanie to można (w nieoczywisty sposób!) uogólnić: *Czy każda ciągła funkcja*

*trzech zmiennych jest złożeniem skończonej liczby ciągłych funkcji dwóch zmiennych?*

W 1957 roku 19-letni uczeń, Władimir Arnold, korzystając z pięknego twierdzenia Kołmogorowa (*każda ciągła funkcja wielu zmiennych jest złożeniem skończonej liczby funkcji trzech zmiennych*), odpowiedział twierdząco na to pytanie.

Później Kołmogorow wykazał, że ciągła funkcja wielu zmiennych może być przedstawiona za pomocą operacji złożenia i dodawania funkcji tylko jednej zmiennej.



Z twierdzeń tych wynika, że w problemie aproksymacji można użyć skończonej liczby funkcji. Dopiero twierdzenie Cybenki (nazywane uniwersalnym twierdzeniem aproksymacyjnym) z roku 1989 pokazało, jak uniwersalne są sieci neuronowe.

**TWIERDZENIE (CYBENKO).** Niech  $F$  będzie ciągłą funkcją sigmoidalną. Skończone sumy postaci  $G(x) = \sum_{j=1}^N \alpha_j F(w_j^T x + \theta_j)$  są gęste w przestrzeni funkcji ciągłych  $n$ -zmiennych na kostce jednostkowej.

Powyższe twierdzenie pokazuje, że sieć z jedną warstwą wewnętrzną, z dowolną ciągłą funkcją aktywacji, może z zadaną dokładnością aproksymować funkcję ciągłą. W tej samej pracy Cybenko wykazał, że twierdzenie to jest również prawdziwe, gdy mamy do czynienia z zagadnieniem klasyfikacji (a więc: gdy funkcja celu jest stała na podzbiorach stanowiących skończony podział kostki w  $\mathbb{R}^n$ ).

W praktyce używane są **głębokie sieci neuronowe** składające się z wielu warstw. Pozwala to na szybszą optymalizację sieci, szczególnie gdy warstwa wyjściowa składa się z wielu neuronów. Ostatnio nawet Google zamienił swój algorytm oceny wyników przeszukiwania sieci *PageRank* na wersję *RankBrain*, opartą na głębokich sieciach neuronowych.

## Uczenie sieci

O potęgze sieci neuronowych decyduje uczenie sieci. Po wprowadzeniu danych  $x$  na wejście sieci z zadany układem wag oblicza się wyjście  $y$ . Wartość wyjścia jest oceniana w zależności od metody uczenia. Tak otrzymany błąd wyniku  $y$  jest podstawą do korekty wag. Ta korekta jest tym, co określamy uczeniem sieci.

Podstawowym algorytmem korekty wag jest **propagacja wsteczna**. Model sieci neuronowej da się opisać przez funkcję wielu zmiennych mierzącą dopasowanie sieci. Na przykład w uczeniu nadzorowanym funkcja ta mierzy różnicę między wynikiem, otrzymanym z sieci, a wzorcem. Tymi zmiennymi są wagi połączeń między neuronami.



Dobra sieć to taka, w której funkcja dopasowania osiąga wartość bliską optymalnej. Propagacja wsteczna w klasycznej postaci to nic innego jak metoda najszybszego spadku. Wagi połączeń korygują się w kierunku gradientu funkcji dopasowania, obliczonego dla ostatnio zadanego zestawu danych  $X$ .

Dysponując dużą liczbą dobrze dobranych zestawów, wagi połączeń zbliżają się do swoich wartości optymalnych, a więc sieć staje się coraz bardziej dopasowana do zestawu danych uczących.

Postęp w budowaniu sieci neuronowych polega na eksperymentowaniu z różnymi funkcjami aktywacji, zmianą algorytmu optymalizacji w propagacji wstecznej (np. stochastyczna metoda najszybszego spadku czy metoda dropout), wreszcie dopasowywaniem architektury sieci. Ostatnio do tego celu używa się algorytmów genetycznych (*neuroevolution*), gdzie w jednym przebiegu poprawia się nie tylko wagi połączeń, ale i architekturę sieci metodami algorytmów genetycznych.

## Wady sztucznej inteligencji

W chórze zachwyków nad osiągnięciami sztucznej inteligencji nie powinno zabraknąć refleksji nad błędami spowodowanymi niewłaściwą konstrukcją algorytmu sztucznej inteligencji, jak i jego niewłaściwym wykorzystaniem.

**Przeuczenie.** Zjawisko to występuje wtedy, gdy zbiór danych treningowych jest zbyt mało zróżnicowany. Model

jest wtedy zbyt dopasowany do specyficznych danych i staje się mało elastyczny.

Firma Microsoft umieściła w sieci *czatbota* Tay, mającego wygląd kilkunastoletniej dziewczyny, który brał udział w dyskusjach młodych ludzi w wieku 15–24 lat na Tweeterze. Jednak w ciągu doby został "zdeprawowany" przez uczestników, nauczony terminologii rasistowskiej i seksistowskiej. Nie minęła doba, a Microsoft musiał usuwać rasistowskie tweety, wreszcie zamknąć działanie czatbota,

wysyłając rozpaczliwy tweet o treści: *c u soon humans need sleep now so many conversations today thx.*

Program *Compas*, używany przez sądy amerykańskie, pomagający wydawać wyroki, sugerował wyższe wyroki dla Afroamerykanów. Jego trening został oparty na analizie rozpatrywanych spraw, gdzie dominowały sprawy Afroamerykanów z udziałem dużej liczby recydywistów.

**Problemy prawne.** Korzystanie ze sztucznej inteligencji przysparza nowych problemów prawnych. Oto kilka przykładów:

- Lekarz wydaje diagnozę w oparciu o system ekspercki. Kto ponosi odpowiedzialność, gdy system się pomyli?
- Jeżeli system ekspercki jest uznany za bardziej wiarygodny od człowieka, czy lekarz jest zobowiązany do uwzględnienia wskazań systemu?

- Jeżeli transakcja została wykonana w czyimś imieniu przez wirtualnego agenta, to kto jest odpowiedzialny w przypadku straty?
- Czy jest możliwe, aby inteligentny agent był posiadaczem akcji i mógł przeprowadzać transakcje w swoim imieniu?
- Kto odpowiada za wypadki samochodów autonomicznych: właściciel, twórca oprogramowania, producent?



**Technologiczna osobliwość.** Jest to moment stworzenia silnych sztucznych inteligencji, które mogłyby opracowywać jeszcze wydajniejsze sztuczne inteligencje, wywołując [lawinowe zmiany w technologii i społeczeństwie](#).

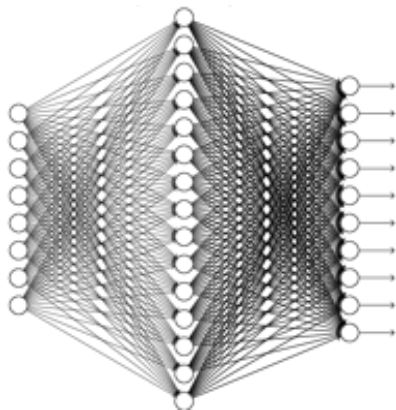
Na konferencji sztucznej inteligencji w Puerto Rico (2015) zadano pytanie ekspertom: kiedy, z prawdopodobieństwem 50%, sztuczna inteligencja osiągnie ludzki poziom? Połowa ekspertów odpowiedziała, że najwcześniej w 2045 roku, ale niektórzy z nich twierdzili, że trzeba będzie czekać na to więcej niż 100 lat.

Twórca terminu **sztuczna inteligencja**, John McCarthy, wraz z bardzo utytułowanymi kolegami (Marvin Minsky, Nathaniel Rochester i Claude Shannon) twierdzili (w roku 1956, w epoce komputerów epoki kamiennej):

W ciągu dwóch miesięcy zespół 10 ludzi może znaleźć rozwiązanie takich problemów jak maszynowe tłumaczenie, automatyczne tworzenie pojęć abstrakcyjnych i rozwiązywanie niektórych problemów zarezerwowanych dla ludzi.

Ta krzepiąca przepowiednia pozwala mi sądzić, że jeszcze długo czekać będziemy na moment technologicznej osobliwości w wydaniu sztucznej inteligencji.

## CZEŚĆ 3 - GŁĘBOKIE UCZENIE MASZYN



Czy zastanawialiście się kiedyś nad tym, czym jest inteligencja? Większość definicji zakłada posiadanie zdolności do rozumowania, uczenia się, adaptacji do zmieniającego się otoczenia. Najczęściej mówi się o inteligencji ludzi i zwierząt – organizmów mających mózg, a więc organ biologiczny. Czy inteligencja musi być jednak domeną jedynie istot, które uważamy obecnie za żywe? Wielu Czytelników słyszało zapewne również o inteligencji "sztucznej", określanej tak dlatego, że nie występuje ona w sposób naturalny w przyrodzie, ale w emergentny sposób

pojawia się w maszynach i algorytmach tworzonych dzięki innej inteligencji, np. człowieka.

W ostatnich latach nastąpił rozkwit fascynującej dziedziny nauki, jaką jest sztuczna inteligencja. Coraz częściej słyszymy o tym, że programy komputerowe wygrywają z ludźmi (i to mistrzami świata!) w gry, które wymagają dużego wysiłku intelektualnego (np. szachy, Go). Programy potrafią już rozpoznawać obiekty na zdjęciach i jeździć

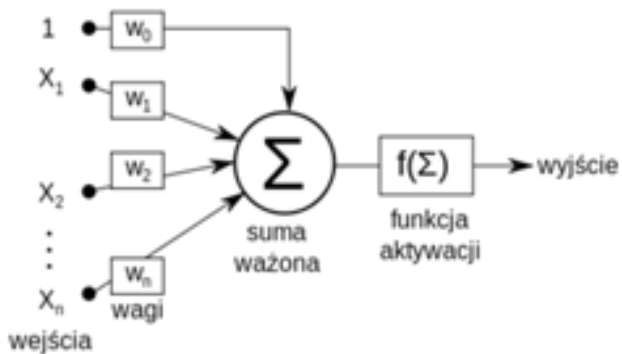
samochodem lepiej niż większość ludzi, rozpoznają mowę i tłumaczą tekst z jednego języka na drugi, wykazują się też kreatywnością i tworzą nowe dzieła na podstawie widzianych wcześniej obrazów lub tekstów.

Jeden z przełomów w dziedzinie uczenia maszyn i nadawania im (sztucznej) inteligencji związany jest w ostatnich latach z głębokimi sieciami neuronowymi. Słowo "neuronowymi" już powinno dać pewne skojarzenia z umysłem, w końcu nasz mózg składa się właśnie z dużej liczby neuronów, szacowanej na 100 miliardów.

Faktycznie, budowa i działanie sztucznych sieci neuronowych zainspirowane zostały badaniami nad ludzkim mózgiem. W pewnym sensie sieci neuronowe zrodziły się właśnie z motywacji, aby maszyny mogły działać jak mózgi. Ich podstawowym budulcem są sztuczne neurony, które otrzymują na wejściu pewne dane i przetwarzają je w określony sposób, przekazując na wyjściu wynik (**Rys. 1**).

Neurony mogą być połączone tak, że wynik obliczeń jednego z nich może stanowić sygnał wejściowy do innego.





**Rys. 1** Neuron McCullocha–Pittsa – podstawowy budulec sieci neuronowej. Źródło: wikipedia

W ten sposób może współdziałać wiele warstw neuronów, przetwarzając dane otrzymane na wejściu aż do obliczenia wyniku zgodnie z określonymi regułami (funkcjami aktywacji) w neuronach oraz wartościami parametrów ich połączeń.

Zakładając, że neuron otrzymuje na wejściu dane  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , które przekazywane są przez połączenia wejściowe z przypisanymi do nich wagami  $w_1, w_2, \dots, w_n$ , wyjście obliczane jest za pomocą reguły:

$$y = f\left(w_0 + \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i\right),$$

gdzie  $f$  jest właśnie funkcją aktywacji, a  $w_0$  jest dodatkowym parametrem neuronu ułatwiającym proces uczenia. Często

jako funkcję aktywacji stosuje się funkcję sigmoidalną  $\frac{1}{1+e^{-x}}$  oraz funkcję ReLU, czyli  $\max(0, x)$ .

Dane zazwyczaj przetwarzane są w jednym kierunku: od danych wejściowych (warstwa wejściowa), przez warstwy ukryte, aż do obliczenia wyniku (warstwa wyjściowa).

Możliwe są również inne konfiguracje, jak np. w rekurencyjnych sieciach neuronowych, które znajdują zastosowania np. do analizy szeregów czasowych, rozpoznawania mowy i tłumaczeń tekstów. W takich

sieciach połączenia pomiędzy neuronami z różnych warstw mogą tworzyć cykle.

Uczenie to taki proces dostrajania wag połączeń między neuronami, który daje najlepsze wyniki. W jaki sposób uczą się sieci neuronowe? Algorytmy uczenia (nie tylko sieci neuronowych) można podzielić na 3 grupy:

- uczenie z nadzorem (*supervised learning*),
- uczenie bez nadzoru (*unsupervised learning*),
- uczenie ze wzmocnieniem (*reinforcement learning*).

Największe sukcesy przez wiele lat święciło uczenie z nadzorem. W metodzie tej dany jest zbiór par *wejście-wynik* i celem jest znalezienie funkcji obliczanej przez sieć neuronową, która dla danych wejściowych dawałaby na wyjściu wyniki minimalizujące pewną funkcję kosztu (*loss function*). Funkcja kosztu powinna uwzględniać wyniki obliczane przez sieć neuronową oraz prawidłowe wyniki dla danych wejściowych, może być nią np. błąd średniokwadratowy, w praktyce odpowiednie dobranie funkcji kosztu wpływa istotnie na proces uczenia sieci. Sieć trenowana jest na pewnym podzbiorze par wejście-wynik –

*zbiornym treningowym*, ale skuteczność sieci i algorytmu uczenia testowane są już na osobnym podzbiornym, *zbiornym testowym*, aby sprawdzić, jak dobrze sieć radzi sobie na nowych danych, na których nie była wcześniej trenowana (od algorytmów określanych jako *inteligentne* oczekiwaliśmy właśnie, aby potrafiły radzić sobie z nieznanymi wcześniej danymi i sytuacjami!). Często bierze się pod uwagę jeszcze dodatkowy podzbiór, rozłączny z treningowym i testowym – *zbiór walidacyjny*, który ma pomóc w wyborze najlepszej architektury sieci oraz



najlepszych algorytmów i wartości parametrów odpowiedzialnych za jej uczenie (tzw. *hiperparametrów*).

Samo trenowanie sieci neuronowej realizuje się najczęściej za pomocą *spadku gradientowego* i algorytmu *propagacji wstecznej* – wagi połączeń pomiędzy neuronami są modyfikowane tak, aby zmniejszać popełniany przez sieć błąd, czyli minimalizować funkcję kosztu, z tego powodu funkcja ta powinna być różniczkowalna względem wag połączeń. Jest to typowy schemat algorytmów uczenia (nie tylko sieci neuronowych), poszczególne algorytmy mogą

się różnić pewnymi szczegółami, ale w większości z nich występuje pewien zbiór treningowy, dla którego algorytm dobiera ustawienia minimalizujące pewną funkcję kosztu.

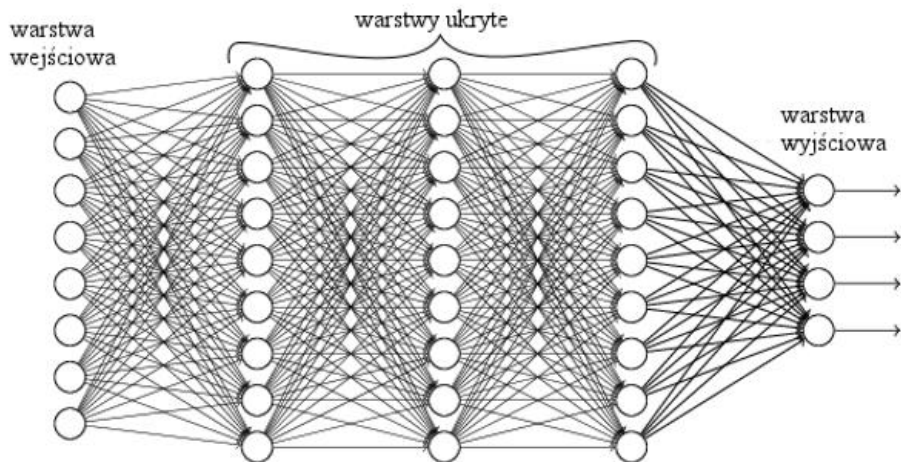
Trochę inaczej sytuacja wygląda w przypadku **uczenia bez nadzoru** – dla danych wejściowych w zbiorze treningowym może bowiem nie być prawidłowego wyniku. Mimo to okazuje się, że odpowiednio konstruując sieci neuronowe, można nauczyć je wykrywania w danych pewnych wzorców

(aby nazwać te wzorce, może być potrzebna ingerencja człowieka lub nieduży zbiór danych z wynikami – tak jak przy uczeniu z nadzorem). Typowym przykładem uczenia bez nadzoru jest analiza skupień – grupowanie danych w rozłączne podzbiory. W przypadku uczenia z nadzorem sieć neuronowa otrzymując na wejściu zbiór, w którym są zdjęcia pieszych i rowerzystów, dla każdego zdjęcia będzie w stanie powiedzieć, czy jest na nim pieszy czy rowerzysta. W przypadku uczenia bez nadzoru sieć neuronowa po przeanalizowaniu całego zbioru danych może powiedzieć: na zdjęciach mamy dwie grupy obiektów, obiekty z danej

grupy są do siebie bardzo podobne, ale istotnie różnią się od obiektów z drugiej grupy.

Uczenie bez nadzoru można więc porównać z sytuacją, gdy małe dziecko obserwuje otaczający je świat, nie ma nauczyciela, który by mu ten świat tłumaczył (lub nie jest w stanie tego nauczyciela zrozumieć), a mimo to jest w stanie wykryć pewne wzorce i prawa występujące w świecie, rozpoznać rodziców, jedzenie, zrozumieć grawitację, nauczyć się chodzić. Uczenie z nadzorem można z kolei porównać do sytuacji, w której jest nauczyciel, który pokazuje uczniowi gotowe materiały, pytania i odpowiedzi, zadania i gotowe rozwiązania, a potem oczekuje, że uczeń będzie potrafił rozwiązać

zadania trochę inne, do pewnego stopnia podobne do tych przykładowych, ale jednak niespotkane wcześniej. Tak jak w przypadku małych dzieci uczenie bez nadzoru jest typowe dla wieku przedszkolnego, a uczenie z nadzorem jest już typowe dla wieku szkolnego (a więc późniejszego), tak i w przypadku uczenia maszyn czasami stosuje się najpierw uczenie bez nadzoru, aby sieci neuronowe nauczyły się same wykrywać pewne wzorce, których znajomość może potem ułatwić uczenie z nadzorem (jest to przykład *semi-supervised learning* stanowiącego połączenie dwóch wspomnianych podejść).



**Rys. 2** Wielowarstwowa sieć neuronowa. Źródło: [neuralnetworksanddeeplearning.com](http://neuralnetworksanddeeplearning.com)

Trzeci rodzaj uczenia maszyn to tzw. **uczenie ze wzmocnieniem**. W tym przypadku zbiór treningowy nie jest od razu dostępny w całości. Zamiast tego algorytm może być w interakcji ze środowiskiem, w którym się znajduje, wykonując określone akcje na podstawie swoich obserwacji. Każda akcja powoduje przejście do innego stanu i otrzymanie informacji o nagrodzie związanej z wykonaną akcją. Celem algorytmu jest wykonywanie akcji,



które spowodują otrzymanie najwyższej nagrody, np. wygranie w grze. Sieci neuronowe mogą być w tym przypadku uczone, jakie akcje wykonywać w danej sytuacji, aby zmaksymalizować swoją nagrodę (takie podejście stosowano m.in. w programie AlphaGo, który w 2016 wygrał w Go z jednym z najlepszych ludzi w tej grze – Lee Sedolem. Pisaliśmy o tym w artykule *Idus Martiae Anno Domini 2016*). Tego typu metodę nauczania można z kolei porównać do nauczyciela, który pozwala uczniowi od początku samodzielnie wykonywać działania i podejmować

decyzje, dając mu za każdym razem informację zwrotną na temat podejmowanych działań.

Wspomniałem o tym, że sieci neuronowe mogą mieć wiele warstw. Mogą być zorganizowane w sposób hierarchiczny tak, że w kolejnych warstwach następuje przetwarzanie danych z niższego poziomu i wyniki przekazywane są do następnej warstwy (**Rys. 2**). W ten sposób od danych wejściowych, niskopoziomowych, relatywnie prostych, można stopniowo otrzymywać coraz bardziej złożone, wysokopoziomowe informacje. Okazuje się, że w trakcie procesu trenowania sieć neuronowa może nauczyć się pewnych złożonych własności występujących w danych wejściowych, np. pewne neurony aktywują się (tj. funkcja

aktywacji przyjmuje wartości dużo większe od zera), gdy w danych występują pewne określone wzorce. Tego typu metody uczenia nazywane są *deep learningiem*, czyli **głębokim uczeniem** – głębokim, bo uczone są sieci mające wiele warstw, a elementy w poszczególnych warstwach uczą się wykrywania i reprezentowania pewnych nieoczywistych (*głębokich*), złożonych własności danych, które zostały użyte w procesie uczenia, w kolejnych warstwach składając w pewnym sensie te złożone własności z elementów prostszych. Jest to jedna z najważniejszych własności decydujących o sukcesie deep

learningu – w większości innych metod sztucznej inteligencji potrzebna jest często dość duża wiedza dziedzinowa; to człowiek–naukowiec jest odpowiedzialny za właściwe dobranie atrybutów obiektów występujących w danych, aby metoda dobrze działała.

Algorytmy deep learningu mogą same nauczyć się najważniejszych złożonych cech, znacznie przyspieszając pracę naukowców – *nauczycieli maszyn*, oszczędzając ich czas, redukując szanse na popełnienie błędu (poprawiając też w ten sposób skuteczność!), umożliwiając stosowanie

tych rozwiązań do wielu rzeczywistych problemów. Dzięki temu algorytmy sztucznej inteligencji do pewnego stopnia zaczynają zastępować człowieka w...projektowaniu algorytmów sztucznej inteligencji! Często potrzeba jednak znacznie więcej danych, aby sieć neuronowa mogła się wystarczająco dobrze potrzebnych cech nauczyć, potrzebna jest również większa moc obliczeniowa, dlatego obliczenia w sieciach neuronowych przyspieszane są obecnie za pomocą kart graficznych lub klastrów wielu maszyn.

Warto wspomnieć o tym, że w metodach deep learningu elementy w poszczególnych warstwach nie muszą być sztucznymi neuronami, mogą być to również inne transformacje liniowe lub nieliniowe. Głębokie sieci neuronowe nie są więc jedyną realizacją deep learningu i strategii poszukiwania istotnych cech, ale w ostatnich latach okazały się niezwykle skuteczne i znalazły zastosowanie w wielu problemach związanych z rozpoznawaniem złożonych struktur. Na przykład, istnieją już sieci neuronowe potrafiące rozpoznawać obiekty na zdjęciach z większą skutecznością, niż robią to obecnie

ludzie (takie metody stosowane są, na przykład, w sensorach pojazdów autonomicznych). Neurony w kolejnych warstwach sieci w procesie trenowania na rzeczywistych obrazach uczą się reprezentowania pewnych cech występujących w tych obrazach. Najniższe warstwy otrzymują na wejściu zwykłe piksele, a kolejne warstwy przetwarzają je do postaci linii, łuków, a potem coraz bardziej skomplikowanych struktur. Z podejściem tym może być jednak pewien problem – w przypadku rozpoznawania złożonych struktur (np. twarzy) na zdjęciach o dużej rozdzielczości potrzebna sieć neuronowa



musiałyby mieć wiele warstw i neuronów, a jej trenowanie byłoby bardzo czasochłonnym procesem. Pojawiły się jednak pomysły na specjalne architektury sieci neuronowych, które mogą się sprawdzać bardzo dobrze w takich przypadkach, są to tzw. konwolucyjne (splotowe) sieci neuronowe, w których układ połączeń pomiędzy neuronami inspirowany jest budową narządu wzroku u ludzi i zwierząt. Neurony tworzą wiele warstw, z których każda ma pewne specyficzne zastosowanie. Neurony w warstwie wejściowej grupowane są w obszary o takim samym rozmiarze (np.  $5 \times 5$  pikseli), neurony z tego samego

obszaru połączone są z neuronem z warstwy wyższej, tworząc tzw. filtr, który w trakcie uczenia sieci odpowiada za wykrywanie pewnej cechy obrazu, np. występowanie kreski lub łuku. Ponieważ dana cecha może wystąpić w dowolnym obszarze obrazka i w każdym obszarze chcielibyśmy ją wykrywać w taki sam sposób, więc filtr o takiej samej strukturze połączeń i z takimi samymi wagami powinien występować dla każdego możliwego obszaru. Jeśli mielibyśmy obrazek o wymiarach  $m \times n$ , a chcielibyśmy skonstruować filtr obejmujący obszar o rozmiarze  $k \times l$  (dla  $k < m$ ,  $l < n$ ), to potrzebowalibyśmy co najmniej

$(m - k + 1) \times (n - l + 1)$  neuronów filtrujących daną cechę (czasami rozszerza się obrazek o piksele zerowe na brzegach, np. aby zachować taką samą liczbę neuronów z warstwy wejściowej i neuronów filtrujących). Neurony w danym filtrze współdzielą odpowiadające sobie wagi (chcemy w końcu, aby każdy neuron z filtra działał tak samo), co ułatwia znacznie proces trenowania sieci. Filtrów wykrywających pewne niskopoziomowe cechy obrazka może być dużo, wszystkie one tworzą tzw. **warstwę konwolucyjną**. Neurony z warstwy konwolucyjnej połączone są następnie z neuronami z funkcją aktywacji

ReLU (warstwa ReLU), które ułatwiają trenowanie sieci, a neurony z warstwy ReLU połączone są z neuronami z warstwy *pooling*, które pomagają wydobyć najważniejsze cechy z wcześniejszych warstw (np. poprzez wyliczanie maksymalnej lub średniej wartości z grupy sąsiednich neuronów z wcześniejszej warstwy). Warstwy konwolucyjna, ReLU i pooling mogą służyć do wykrycia złożonych wzorców, a do wsparcia ostatecznej klasyfikacji obiektu stosuje się tzw. **warstwę gęstą** (ang. *dense layer* lub *fully connected layer*), w której wszystkie neurony z warstwy wcześniejszej są połączone ze wszystkimi

neuronami z warstwy kolejnej. Warstwy te (oraz ewentualnie inne, przystosowane do konkretnego zagadnienia) mogą występować w sieci wielokrotnie, na różnych poziomach, z różnymi konfiguracjami. Zaprojektowanie dobrej sieci neuronowej jest kluczowym czynnikiem decydującym o jej skuteczności i szybkości trenowania i działania.

Obecnie następuje stopniowe przejście informatyki z etapu, w którym komputery są programowane przez człowieka, do etapu, w którym maszyny są przez człowieka uczone. Wszystko wskazuje na to, że jesteśmy na początku wielkiej rewolucji związanej z pojawieniem się na skalę masową sztucznej inteligencji, rozwiązywaniem przez nią coraz bardziej skomplikowanych problemów lepiej niż ludzie i w związku z tym – ze wspomaganiem lub stopniowym wyręczaniem ludzi w wielu wykonywanych przez nich pracach.



## CZĘŚĆ 4 – WIEM, ŻE COŚ WIESZ

Pojawia się ona w wielu wariantach, poniżej zagadka w wersji „błotnej”.

**ZADANIE.** W kałuży bawi się  $n$  dzieci. W pewnym momencie przychodzi tata–matematyk, i mówi: "Widzę, że co najmniej jedno z Was jest umazane błotem na twarzy". Nie trzeba dodawać, że zarówno tata, jak przystało na matematyka, a także wszystkie dzieci są niesłychanie bystre. Nie



popęłniają błędów i umieją wydedukować wszystko, co się da.

**Po tej wypowiedzi tata pyta:** "To z Was, które wie, czy jest umazane na twarzy, niech podniesie rękę do góry". Dzieci, które wiedzą, istotnie podnoszą ręce. **Tata jednak jest uparty i znowu zadaje to samo pytanie.** Dzieci znowu podnoszą ręce i historia się powtarza do momentu, gdy wszystkie dzieci będą wiedziały, czy są brudne, czy nie. **Pytanie brzmi: jak rozwinie się sytuacja?** W szczególności, czy może się zdarzyć, że dzieci, razem z tatą, będą

siedziały w błocie przez całą wieczność, a przynajmniej do czasu, aż im się nie znudzi?

**Zachęcam bardzo wszystkich do próby  
rozwiązania zagadki przed przeczytaniem  
dalszej części tekstu!**

Zanim dojdziemy do rozwiązania, spróbujmy zastosować typową taktykę: rozważmy małe przypadki. Co się więc stanie, gdy dokładnie jedno dziecko – Adaś – będzie umazane błotem? Adaś zorientuje się natychmiast, że to o niego chodzi, bo wszyscy inni mają czyste twarze. Natomiast jego rodzeństwo, widząc umazanego Adasia, nie będzie wiedziało, czy oni są czyści, czy brudni. A więc na pierwsze pytanie taty rękę podniesie tylko Adaś. Po tym, gdy pozostałe dzieci zobaczą, że Adaś podniósł rękę, zorientują się, że tylko on jest umazany. W przeciwnym

bowiem przypadku nie mógłby się zorientować, że tak jest. Zatem na drugie pytanie taty już wszyscy podniosą ręce.

No dobrze, a co będzie, gdy brudni będą zarówno Adaś, jak i Basia, a pozostali będą czyści? Przy pierwszym pytaniu taty nikt nie podniesie ręki, bo każde z dzieci będzie widziało kogoś umazanego: Adaś i Basia siebie nawzajem, a pozostałe dzieci ich oboje. Potem zdarzy się jednak coś ciekawego. Basia pomyśli w następujący sposób: "Gdybym ja była czysta, to Adaś widziałby same czyste twarze i zorientował się, że w związku z tym musi być brudny. I

wtedy podniósłby rękę przy pierwszym pytaniu. Nie zrobił tego jednak, więc moja twarz musi być umazana". Basia w związku z tym podniesie rękę przy drugim pytaniu taty, oczywiście analogicznie pomyśli i zrobi Adaś. Pozostałe dzieci będą widziały dwójkę brudnego rodzeństwa, więc nie będą miały powodu, żeby po pierwszym głosowaniu pomyśleć tak jak Adaś i Basia. Nie będą też miały żadnych przesłanek (do chwili drugiego pytania), że one są czyste, więc przy drugim pytaniu nie podniosą rąk. Po nim jednak natychmiast zorientują się, że Adaś i Basia mogli przeprowadzić swoje rozumowanie i zrozumieć, że mają

umazane twarze, tylko o ile jedynie oni byli brudni – czyli wszyscy pozostali są czyści. A więc przy trzecim pytaniu taty podniosą ręce wszystkie dzieci.

A jak będzie w przypadku ogólnym...?

Przyjrzyjmy się jednak sytuacji, gdy brudnych jest trójka dzieci: Adaś, Basia i Czarek. Czarek widzi, że (oprócz, być może, niego) brudni są tylko Adaś i Basia. Po drugim

pytaniu taty widzi jednak, że nie podnieśli oni rąk, czyli nie są jedynymi z umazaną twarzą. Nie można już mieć dłużej wątpliwości: on też należy do tych ubrudzonych. A zatem Czarek, a także Adaś i Basia, podniosą ręce przy trzecim pytaniu taty. Pozostałe dzieci zorientują się dopiero potem, że ich twarze są czyste i zgłoszą to przy czwartym pytaniu.

Nietrudno zauważyć, że powyższe rozumowanie można prowadzić dalej. Przy dokładnie  $k$  brudnych dzieciach podniosą one ręce przy  $k$ -tym pytaniu, a te czyste przy pytaniu  $(k+1)$ -szym. Ale czy to rozwiązuje sprawę? Wielu

Czytelników zapewne zgodzi się, że tak konkretnie to ciężko się przyczepić do jakiegoś argumentu, ale nadal problem wydaje się skrywać jakieś tajemnice.

Można przykładowo mieć następującą wątpliwość. Przypuśćmy, że liczba ubrudzonych dzieci jest większa niż jeden, wtedy każdy wie, że ktoś jest umazany błotem, bo po prostu go widzi. Wydaje się więc, że tata – przychodząc i informując o tym – nie odkrywa Ameryki, mówi coś, o czym wie każdy, więc nie wnosi żadnej nowej informacji. Czy mógłby zatem ominąć początkowe stwierdzenie i



zacząć od zadawania pytań, kto wie, czy jest brudny?  
Chwila zastanowienia prowadzi do konkluzji, że nie, samo zadawanie pytań o stan czystości do niczego nie doprowadzi. Dzieci, razem zresztą ze zbyt optymalizującym tatą, spędziłyby całe popołudnie na monotonnej grze w niepodnoszenie rąk. Cóż więc wniosło powiedzenie faktu, który znał każdy?

Okazuje się, że jednak coś istotnego wniosło. Wyjaśnijmy to najpierw dla dwójki brudnych dzieci. Owszem, każdy wiedział, że ktoś jest brudny. Nie każdy jednak wiedział,

czy każdy wie, że ktoś jest brudny. Przykładowo Adaś nie wiedział, czy Basia wie, że ktoś jest brudny. No bo gdyby Adaś nie był brudny, to Basia nie widziała by nikogo brudnego. A co dla trójki brudnych dzieci: Adasia, Basi i Czarka? Wówczas każdy wie, że każdy wie, że ktoś jest brudny. Ale nie każdy wie, czy każdy wie, czy każdy wie, że ktoś jest brudny! Przykładowo Adaś nie wie, czy Basia wie, czy Czarek wie, że jest ktoś brudny. Bo gdyby Adaś był czysty, to jedynie Basia i Czarek byłiby brudni i wtedy Basia nie wiedziała by, czy Czarek widzi kogokolwiek brudnego. Uogólniając te spostrzeżenia, widzimy więc, że to, co tata

wniósł do sprawy to fakt, że każdy wie, że każdy wie, że każdy wie... i tak powtórzone dowolnie wiele razy, że ktoś jest brudny!

Nasze rozważania przydają się nie tylko do tego, żeby na imprezie u znajomych zabłysnąć nieoczywistą zagadką. W roku 1997 Joseph Halpern i Yoram Moses otrzymali prestiżową [Nagrodę Gödla](#) za pracę nad wiedzą, a w szczególności wiedzą powszechną (ang. *common knowledge*) i zastosowaniem swojej teorii do dziedziny systemów rozproszonych. Możemy zamienić dzieci z

zagadki na komputery, które razem wykonują pewne obliczenia i komunikują się przez sieć. Nie zawsze "wiedzą" one, co "wiedzą" inne komputery, mogą się dowiedzieć jedynie, jeśli dostaną jakiś komunikat. W analizie programów, które są wykonywane przez sieć komputerową (tzn. przeznaczonych do obliczeń rozproszonych), zasadniczą rolę odgrywa właśnie pojęcie wiedzy. Kluczowym spostrzeżeniem autorów artykułu była obserwacja, że nieformalne pojęcie wiedzy da się ująć w precyzyjne matematyczne ramy. W szczególności wiedza powszechna została doprecyzowana właśnie jako sytuacja,

gdy dla dowolnego  $k$  zachodzi: "każdy wie" powtórzone  $k$  razy o pewnym interesującym nas fakcie. Wcześniej, oczywiście, trzeba było zdefiniować formalnie, co to znaczy, że komputer coś wie, ale w to nie będziemy się teraz wgłębiać.

Praca Halperna i Mosesa miała wielki wpływ na dziedzinę obliczeń rozproszonych. Zainspirowała także nowe badania w kryptografii i sztucznej inteligencji. Może czeka nas w przyszłości jeszcze więcej ważnych odkryć, których

podstawą są fenomeny możliwe do dostrzeżenia bez  
żadnego zaawansowanego aparatu matematycznego.

# **CZĘŚĆ 5**

## **SZTUCZNA INTELIGENCJA:**

## **ROZWÓJ, SZANSE I ZAGROŻENIA**

# 1. WPROWADZENIE

Pojęcie „sztucznej inteligencji”, mimo powszechności używania tego terminu, nie jest łatwe do zdefiniowania. Wynika to przede wszystkim z braku jasnej i *precyzyjnej* definicji samej inteligencji. Występuje cały szereg różnych prób jej zdefiniowania. Według Stern'a inteligencja to ogólna zdolność do adaptacji do nowych warunków i wykonywania nowych zadań. Spearman uważał, iż inteligencja to pewna umiejętność dostrzegania zależności i relacji, Ferguson zaś, iż jest to zdolność uczenia się. Inteligencja jest zdolnością do przetwarzania informacji na poziomie koncepcji mających znamiona abstrakcji. Jest pewną



zdolnością do twórczego przetwarzania informacji, nie tylko mechanicznym jej przetwarzaniem. Pod koniec ubiegłego stulecia pojęcie to sprowadzano jedynie do posiadania zdolności intelektualnych.

Współczesne postrzeganie inteligencji rozumiane jest jako zdolność do współdziałania ze zdolnościami kreowanymi w sferze emocjonalnej, motywacyjnej, czy też interpersonalnej ludzkiej psychiki [1].

Po raz pierwszy termin „sztuczna inteligencja” został zaproponowany i zdefiniowany w roku 1955 przez Johna McCarthy’ego.

Dziś można znaleźć cały szereg różnych jej definicji:

*Sztuczna Inteligencja to dziedzina nauki, zajmująca się rozwiązywaniem problemów efektywnie niealgorytmizowalnych, w oparciu o modele wiedzy [2].*

*Termin Artificial Intelligence, w skrócie AI, odnosi się do komputerów, które naśladują aspekty ludzkiego myślenia. Prosty kalkulator elektroniczny nie ma statusu AI. Ale maszyna, która może uczyć się na swych błędach, albo to może popisać się rozumowaniem, ma status AI. Między tymi skrajnościami, nie ma żadnej dokładnej linii podziału [3].*

*To ekscytujące próby stworzenia myślących komputerów (...) maszyn z umysłami w pełnym tego słowa znaczeniu [4].*

*Sztuczna Inteligencja to dziedzina badań, które to badania usiłują naśladować ludzką inteligencję w maszynie. Obszar AI zawiera systemy z bazą wiedzy, systemy ekspertowe, rozpoznawanie obrazów, automatyczną naukę, rozumienie języka naturalnego, robotykę i inne [5].*

*Jest to nauka o czynnościach, które miałyby spowodować, że maszyny będą wykonywać funkcje, które aktualnie lepiej wykonuje człowiek [6].*

*Dziedzina nauki próbująca wyjaśnić i emulować inteligentne zachowania za pomocą metod obliczeniowych [7].*

*Prace nad metodami obliczeniowymi, które umożliwiałyby [maszynom] postrzeganie, wnioskowanie, działanie [8].*

Ogólnie rzecz ujmując, sztuczna inteligencja (ang. artificial intelligence, AI), to dział informatyki zajmujący się konstruowaniem maszyn i algorytmów, których działanie posiada znamiona inteligencji. Rozumie się przez to zdolność do samorzutnego przystosowywania się do zmiennych warunków, podejmowania skomplikowanych decyzji, uczenia się, rozumowania abstrakcyjnego, itp [9].

Przedmiotem sztucznej inteligencji jest badanie i określanie reguł rządzących inteligentnymi zachowaniami człowieka i wykorzystanie ich w algorytmach i programach komputerowych potrafiących te zasady wykorzystywać.

Przykładem takich rozwiązań są dość powszechnie stosowane programy do rozpoznawania tekstów, obrazów, dźwięków, translatory, dowodzenie twierdzeń logiki i matematyki, uczenie maszyn, gry symulacyjne [10].

Obecnie istnieją dwa podejścia do zagadnień sztucznej inteligencji.

Podejście pierwsze, tzw. silna Sztuczna Inteligencja (strong AI) oraz podejście drugie – słaba Sztuczna Inteligencja (weak AI).

Zwolennicy weak AI głoszą pogląd, „iż komputer pozwala formułować i sprawdzać hipotezy dotyczące mózgu. Mózg dokonuje wielu obliczeń i sposób, w jaki wrażenia zmysłowe są przetwarzane zanim nie powstanie w naszym umyśle wrażenie, jest do pewnego stopnia zrozumiały.

Potrafimy nawet zaprojektować trójwymiarowe obrazki, pozornie składające się z chaotycznych kropek, wiedząc, jakie obliczenia wykonywane są przez układ wzrokowy.” [2]

Daje to w efekcie możliwość tworzenia całościowych modeli matematycznych analizowanych problemów i implementowanie ich w formie programów komputerowych, mających realizować konkretne cele.

Zdecydowanie śmielsze twierdzenia dotyczą strong AI, gdzie odpowiednio zaprogramowany komputer byłby w istotny sposób równoważny mózgowi, a więc posiadałby elementy ludzkiej inteligencji. Możliwe jest, zatem tworzenie struktur i programów „samouczących się”, takich jak modele sieci neuronowych oraz opracowywania procedur rozwiązywania

problemów poprzez „uczenie” takich programów, a następnie uzyskiwanie od nich odpowiedzi na „pytania”.

Obecnie czołowymi ośrodkami, które biorą udział w badaniach nad Sztuczną Inteligencją są:

- Massachusetts Institute of Technology (MIT),
- Carnegie Mellon University (CMU),
- International Business Machines (IBM),
- Advanced Telecommunications Research (ATR),
- Institute for New Generation Computer Technology (ICOT – projekt komputerów piątej generacji),
- Prywatne ośrodki: Fujitsu, Hitachi, NEC, Mitsubishi, Oki, Toshiba, Sony, Honda,
- Ośrodek Starlab z siedzibą w Brukseli (ośrodek zamknięty) [11].



Zainteresowanie zagadnieniami AI wielu różnych ośrodków na świecie przyniosło konkretne rezultaty, które znalazły już praktyczne i powszechne zastosowania.

**Rozwiązania te dotyczą:**

- Technologii opartych na logice rozmytej – powszechnie stosowanych do np. sterowania przebiegiem procesów technologicznych w fabrykach w warunkach „braku wszystkich danych”.
- Systemów ekspertowych, czyli rozbudowanych baz danych z wszczepioną „sztuczną inteligencją” umożliwiającą zadawanie im pytań w języku naturalnym i uzyskiwanie w tym samym języku

odpowiedzi. Systemy takie stosowane są już w farmacji i medycynie.

- Maszynowego tłumaczenia tekstów – system SYSTRANS [12].
- Sieci neuronowych – stosowana w aproksymacji i interpolacji, rozpoznawaniu i klasyfikacji wzorców, kompresji, predykcji, identyfikacji i sterowaniu oraz asocjacji.

Eksploracji danych - omawia obszary, powiązanie z potrzebami informacyjnymi, pozyskiwaniem wiedzy, stosowane techniki analizy, oczekiwane rezultaty.

- Rozpoznawania optycznego – stosowane są już programy rozpoznające osoby na podstawie zdjęcia twarzy lub rozpoznające automatycznie zadane obiekty na zdjęciach satelitarnych.
- Rozpoznawania mowy – jako identyfikacja treści wypowiedzi i rozpoznawanie mówców, identyfikacja osób – stosowane już powszechnie na skalę komercyjną.
- Rozpoznawania ręcznego pisma – stosowane już masowo np. do automatycznego sortowania listów, oraz w elektronicznych notatnikach.

- Sztucznej twórczość – istnieją programy automatycznie generujące krótkie formy poetyckie, komponujące, aranżujące i interpretujące utwory muzyczne, które są w stanie skutecznie „zmylić” nawet profesjonalnych artystów, w sensie, że nie rozpoznają oni tych utworów jako sztucznie wygenerowanych.
- Ekonomii - powszechnie stosuje się systemy automatycznie oceniające m.in. zdolność kredytową, profil najlepszych klientów, czy planujące kampanie medialne.

Systemy te poddawane są wcześniej automatycznemu uczeniu na podstawie posiadanych danych (np. klientów banku, którzy regularnie spłacali kredyt i klientów, którzy mieli z tym problemy).

Mimo olbrzymiego zainteresowania problematyką AI i angażowania olbrzymich środków na badania nadal istnieje bardzo duży obszar zamierzeń nie zrealizowanych. Nie udało się dotąd osiągnąć, mimo wielu wysiłków:

- Programu, który skutecznie potrafiłby naśladować ludzką konwersację. „Są programy udające” konwersowanie tzw. chatterbot’y, ale niemal każdy człowiek po kilku-kilkunastu minutach takiej konwersacji jest w stanie zorientować się, że rozmawia z maszyną, a nie z człowiekiem. Najślynniejszym tego rodzaju programem jest ELIZA, a obecnie najskuteczniejszy program w teście Turinga, który jest cały czas rozwijany na zasadach Open Sources - projekt ALICE.

Nie zdołał on jeszcze całkowicie spełnić testu Turinga, ale corocznie wygrywa oparte na tym teście zawody o nagrodę Loebnera.

- Programu, który potrafiłby skutecznie generować zysk, grając na giełdzie. Problemem jest ilość informacji, którą taki program musiałby przetworzyć i sposób jej kodowania przy wprowadzaniu do komputera. Mimo wielu prób podejmowanych w tym kierunku (zarówno w Polsce jak i na całym świecie), z użyciem sztucznej inteligencji nie da się nawet odpowiedzieć na pytanie, czy jest możliwe zarabianie na giełdzie (bez podawania samego przepisu jak to zrobić).

Prawdziwym problemem w tym przypadku może być fakt, że nie istnieje żadna zależność między danymi historycznymi, a przyszłymi cenami na giełdzie. Taką tezę stawia Hipoteza Rynku Efektywnego.

Gdyby hipoteza ta była prawdziwa, wtedy nawet najlepiej przetworzone dane wejściowe nie byłyby w stanie wygenerować skutecznych i powtarzalnych zysków.

- Programu skutecznie tłumaczącego teksty literackie i mowę potoczną. Istnieją programy do automatycznego tłumaczenia, ale sprawdzają się one tylko w bardzo ograniczonym stopniu. Podstawową trudnością jest tu złożoność i niejasność języków naturalnych, a w szczególności brak zrozumienia przez program znaczenia tekstu.
- Do niedawna programów skutecznie wygrywających w niektórych grach. Jak dotąd nie ma programów skutecznie



wygrywających w brydża sportowego i polskie warcaby, mimo że podejmowano próby ich pisania.

Inaczej wygląda sytuacja

z grą w szachy, w które zainwestowano jak dotąd najwięcej wysiłku i czasu spośród wszystkich tego rodzaju programów.

17 lutego 1996 Garry Kasparow ograł w szachy „Deep Blue”, superkomputer IBM budowany przez pięć lat i kosztujący \$ 2 500 000.

Był on wówczas w stanie przeprowadzić analizę wszystkich konfiguracji na osiem ruchów naprzód, co oznacza 50 miliardów pozycji. Niespełna rok później, w maju 1997 roku, Deep Blue jako pierwszy wygrał mecz przeciwko szachowemu mistrzowi świata, Garriemu Kasparowowi.

Deep Blue używa 32-węzłowego klastra IBM RS/6000 SP, po 8 wyspecjalizowanych procesorów szachowych na każdym węźle. Umożliwia to ocenę około 200 milionów pozycji na sekundę.

„Sztuczna inteligencja” w ostatnich latach staje się coraz bardziej popularna i częściej stosowana przez przedsiębiorców. Szybki rozwój elektroniki oraz informatyki sprzyja rozwojowi tej dziedziny nauki. „Inteligentne maszyny” są potrzebne człowiekowi do tworzenia i odkrywania nowych zależności w świecie, więc AI zaczyna docierać w inne obszary nauki takie jak medycyna, ekonomia czy zarządzanie.

Sztuczna inteligencja jest jednym z bardziej interesujących kierunków rozwoju informatyki, która pochłania olbrzymią ilość ludzkiego zapału oraz najnowocześniejszych osiągnięć techniki komputerowej. Przed stworzeniem pierwszych „inteligentnych” maszyn idea tego osiągnięcia trwała w umysłach wielu ludzi. Filmy i książki science fiction przedstawiały przyszłość, w której człowiek był zastępowany maszyną a fenomenem tej rzeczywistości były roboty. Dziś dla człowieka współczesnego nie jest zaskoczeniem robot czy „inteligentny” program komputerowy. Dzięki szybkiemu rozwojowi elektroniki oraz informatyki jesteśmy w stanie stworzyć to, co kiedyś było jedynie tematem fantastyki [13].

## **2. ZAKRES SZTUCZNEJ INTELIGENCJI**

W zakres sztucznej inteligencji wchodzi algorytmy ewolucyjne, heurystyka, algorytmy genetyczne, systemy ekspertowe, sztuczne sieci neuronowe oraz logika rozmyta.

### **Algorytmy ewolucyjne**

Algorytmy ewolucyjne (ang. Evolutionary Algorithms - EA) są techniką przeszukiwania i optymalizacji, opartą na zasadach przejętych z teorii ewolucji. Naturalność oraz prostota działania sprawiły, że są one chętnie wykorzystywane w naukach zarządzania do rozwiązywania problemów optymalizacji kombinatorycznej, a w szczególności - do szeroko rozumianych problemów alokacji zasobów.

## **Systemy ekspertowe**

Pierwszą definicję systemu ekspertowego podał w 1977 roku Edward Feigenbaum z Uniwersytetu Stanford. Według niego system ekspertowy to inteligentny program komputerowy używający wiedzy oraz procedur wnioskowania do rozwiązywania problemów o wysokim stopniu złożoności, wskazującym na niezbędność eksperta danej dziedziny do jego rozwiązania.

Systemy eksperckie są programami komputerowymi, zaprojektowanymi w celu podejmowania decyzji oraz dostarczenia użytkownikowi oczekiwanej przez niego informacji [14].

System ten modeluje wiedzę człowieka – ekspert w pewnej ograniczonej dziedzinie nauk. Zadanie, które podaje się do wykonania, powinno przez system być rozwiązane tak dobrze, jak by to robił człowiek będący ekspertem w tej określonej dziedzinie.

System ten naśladowując rozumowanie człowieka, potrafi równie dobrze jak on, na podstawie posiadanej wiedzy, wyciągać wnioski, a także służyć jako narzędzie wspomagające decyzje „ludzkich” ekspertów, przez podpowiadanie im ewentualnych rozwiązań.

Idea systemu ekspertowego, polega na uzyskaniu wiedzy, którą posiada ekspert i przeniesieniu jej do programu komputerowego, wyposażonego w bazę wiedzy, określone reguły wnioskowania, a także interfejs graficzny lub inne narzędzie, które pozwoli komunikować się z użytkownikiem.

Systemy ekspertowe można podzielić według wielu kryteriów.

Jeden z podziałów systemów ekspertowych przedstawiony został w tabeli 1

### **Tabela 1. Rodzaje systemów ekspertowych**

*(Źródło: Mulawka J. J. Systemy ekspertowe, WNT Warszawa 1996)*

<b>Kategoria</b>	<b>Zadania realizowane przez systemy ekspertowe (przykłady)</b>
Interpretacyjne	Rozpoznawanie mowy, obrazów, struktur danych
Predykcyjne	Prognoza
Diagnostyczne	Medycyna, elektronika, mechanika
Kompletowania	Konfiguracja systemu komputerowego
Planowania	Ruchy robota
Monitorowania	Elektrownie atomowe, medycyna, ruch uliczny
Sterowania	Kierowanie zachowaniem systemu
Poprawiania	Podają sposób postępowania w przypadku złego funkcjonowania



Naprawy	Harmonogram czynności w przypadku naprawy
Instruowania	Systemy doskonalenia zawodowego studentów

## **Sztuczne sieci neuronowe**

Sztuczne sieci neuronowe (SNN) są jedną z dziedzin informatyki, rozwijających się bardzo intensywnie i mającą zastosowanie w wielu obszarach nauki.

Najczęściej spotykanymi obszarami zastosowań technicznych w dziedzinie sztucznych sieci neuronowych są zagadnienia rozpoznawania zwłaszcza kontekstowego i inwariantnego oraz w zadaniach klasyfikacji, analizy obrazów i ich przetwarzania.

Dominującym tematem prac o sztucznych sieciach neuronowych, są zagadnienia dotyczące kompresji obrazów, problemów odtwarzania oraz identyfikacji obrazów.

W zastosowaniach gospodarczych sieci były badane głównie pod względem weryfikacji podpisów, badań uziarnienia surowców mineralnych czy rozpoznawania ręcznie pisanych znaków.

Zagadnienia związane z analizą i rozpoznawaniem innych sygnałów także znajdują tu swoje miejsce np. rozpoznawanie mowy i innych sygnałów dźwiękowych oraz analizy tekstów pisanych w języku naturalnym. Sieć neuronowa jest również przedmiotem zastosowań w diagnostyce medycznej, w analizach sił w elemencie chwytym robota, sygnałach sonaru i radaru, sygnałach dotykowych i innych typach sygnałów i informacji.

W literaturze pojawia się coraz więcej prac, które opisują wykorzystanie sieci neuronowych przy zagadnieniach przetwarzania sygnałów takich jak konwersje, filtracje i aproksymacje.

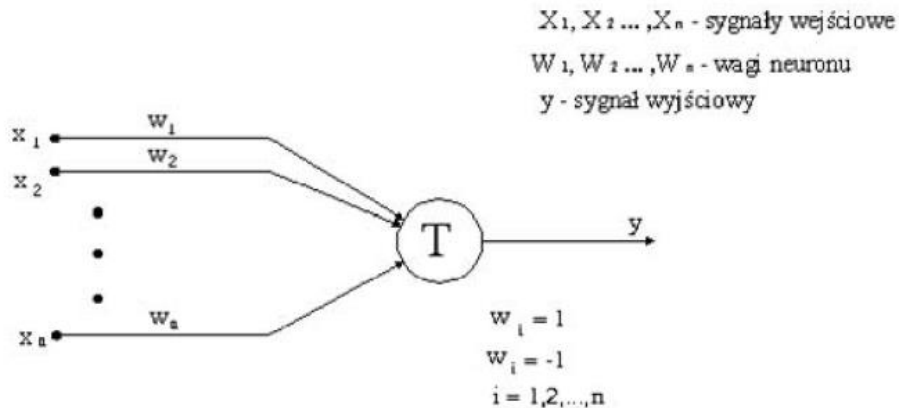
Bardzo często możemy również spotkać sieci neuronowe w zastosowaniach dotyczących robotyki, automatyki (identyfikacji sygnałów dynamicznych, sterowania ruchem pojedynczego obiektu, w metrologii – do oceny błędów sensorów), teorii sterowania (zwłaszcza sterowania adaptacyjnego w układach samouczących się) oraz zagadnieniach optymalizacji i telekomunikacji. W znacznym stopniu przyczynić się one mogą do zbudowania pamięci asocjacyjnej oraz wnieść wiele wartościowych przyczynków do tematyki pamięci rozproszonej.

Do tradycji weszły już związki łączące problematykę sieci neuronowych z dziedziną sztucznej inteligencji, a zwłaszcza systemów ekspertowych.

Szczególne znaczenie historyczne na drodze do stworzenia sztucznych sieci neuronowych jest podana przez McCullocha i Pittsa w roku 1943, definicja modelu sztucznego neuronu.

Budowa i zasada działania tego modelu została oparta na swoim biologicznym odpowiedniku. Założeniem było tu zastąpienie neuronu jednostką binarną.

Model, który został przez nich zaproponowany wyglądał następująco:



Rys. 2. Model sztucznego neuronu McCullocha-Pittsa [1]

Sygnal wejściowy w punkcie  $x_1, x_2 \dots x_n$  ma wartość binarną: 0 lub 1. Jeśli w chwili  $k$  pojawi się impuls, punkt przyjmuje wartość 1, jeśli nie, przyjmuje wartość 0. Za sygnał wyjściowy przyjmujemy wartość  $y$ .

Reguła aktywacji neuronu przyjmuje postać (1):

$$y^{k+1} = \begin{cases} 1, & \text{gdy } \sum_{i=1}^n w_i x_i^k \geq T, \\ 0, & \text{gdy } \sum_{i=1}^n w_i x_i^k < T, \end{cases}$$

gdzie  $k = 0, 1, 2 \dots$  są kolejnymi momentami czasu.

W okresie  $k$  oraz  $k+1$  upływa jednostkowy czas opóźnienia,  $w_i$  jest multiplikatywną wagą przypisaną połączeniu wejścia  $i$  z błoną neuron.

Dla synaps pobudzających  $w_i = +1$ , dla synaps hamujących  $w_i = -1$ . Poniżej wartości progowej  $T$  neuron nie działa.

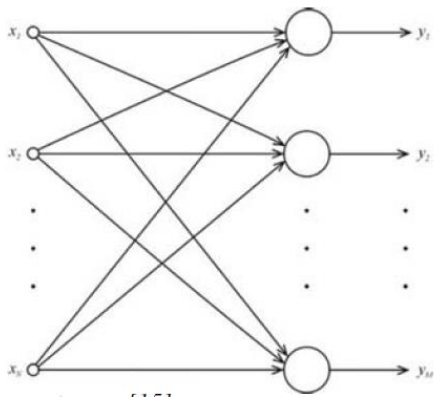
Możliwości i właściwości sieci są wynikiem wspólnego działania bardzo wielu połączonych ze sobą elementów w tym pojedynczych neuronów. Wzajemna współpraca oraz sposób połączenia neuronów między sobą spowodował powstanie różnych typów sieci. Każdy typ sieci jest z kolei powiązany z odpowiednią metodą doboru wag (uczenia).



## **Do najczęściej stosowanych typów sieci należą [15]:**

- Sieci jednokierunkowe jednowarstwowe – w sieciach tego typu neurony ułożone są w jednej warstwie, która jest zasilana z węzłów wejściowych. Przepływ sygnału w tego typu sieciach przebiega zawsze w ściśle określonym kierunku: od warstwy wejściowej do warstwy wyjściowej. Na węzłach wchodzących nie znajdują się warstwy neuronów, gdyż nie zachodzi w nich żaden proces obliczeniowy.

Dobór wag następuje tu w procesie uczenia sieci, czyli dopasowania sygnałów wyjściowych  $y_i$  do wartości, której oczekujemy  $d_i$ .

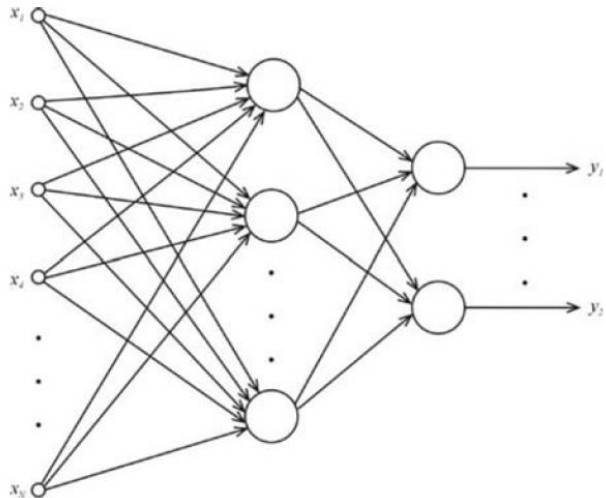


Rys. 3 Sieć jednokierunkowa jednowarstwowa [15]

Sieci jednokierunkowe wielowarstwowe – cechą wyróżniającą te sieci od pozostałych jest występowanie oprócz warstwy wejściowej i wyjściowej, co najmniej jednej warstwy ukrytych neuronów.

Sygnały wejściowe są podawane na pierwszą warstwę ukrytą neuronów, a te z kolei stanowią sygnały źródłowe dla kolejnej warstwy. Na wartość sygnału wejściowego mają wpływ wagi obu warstw, podczas gdy sygnały wytwarzane w warstwie ukrytej nie zależą od wag warstwy wyjściowej. Uczenie sieci wielowarstwowej odbywa się zwykle z nauczycielem.

Uczenie odbywa się w celu określenia wag na wszystkich warstwach sieci, tak, aby przy zadanej wartości  $x$  uzyskać na wyjściu wartość  $y_i$ , która będzie odpowiadała z dużą dokładnością wartości żądanej  $d_i$ .

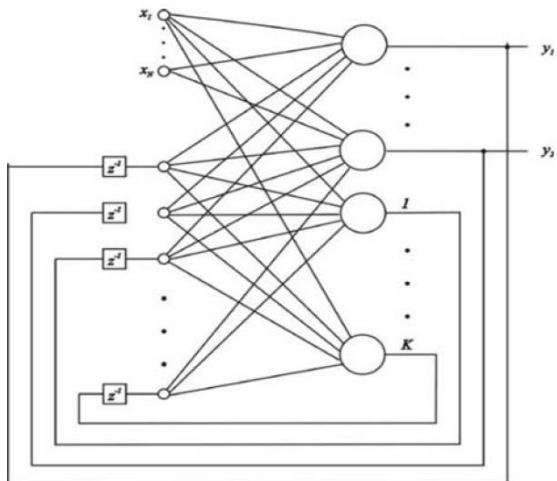


Rys. 4. Sieć jednokierunkowa wielowarstwowa [15]

- Sieci rekurencyjne – Możemy tu wyróżnić sieci rekurencyjne jednowarstwowe mające jedną warstwę neuronów wyjściowych oraz sieci rekurencyjne wielowarstwowe, które posiadają dodatkową warstwę ukrytą.

Od sieci jednokierunkowych różni je występowanie sprzężenia zwrotnego między warstwami wyjściowymi i wejściowymi.

Sprzężenie zwrotne polega tu na przekazywaniu sygnałów z warstwy wyjściowej bądź ukrytej do warstwy wejściowej. Zmiana stanu jakiegokolwiek neuronu na skutek sprzężenia zwrotnego zostaje przeniesiona na całą sieć, wywołując przy tym stan przejściowy, kończący się określonym stanem, który został uprzednio ustalony, ogólnie innym, niż wcześniejszy.



Rys. 5. Sieć rekurencyjna wielowarstwowa. [15]

Ustalenie struktury sieci neuronowej nie jest rzeczą najważniejszą w projektowanej sieci. Nawet, gdy nie posiada ona optymalnej struktury, może poprzez nauczanie dobrze rozwiązywać postawione przed nią zadanie. Pod pojęciem uczynienia sieci należy, więc rozumieć wymuszenie na niej określonej reakcji na uprzednio zadane sygnały wejściowe. Istotnym elementem w procesie uczynienia sieci są wagi wejść poszczególnych neuronów. Sygnał, który zostaje wprowadzony do neuronu, napotyka na wagę, gdzie odbywa się proces mnożenia, a następnie jest zsumowany z innymi sygnałami. Jeśli zmienimy wartość wag sieci, neuron przyjmie inną funkcję i zacznie działać inaczej niż uprzednio, zmieni się wynik końcowy na wyjściu.

Uczenie sieci polega, więc, na automatycznym dobraniu takich wartości wag, aby każdy neuron wykonał dokładnie takie czynności, które pozwolą sieci, możliwie jak najdokładniej rozwiązać dane zadanie. Istotnym czynnikiem przy uczeniu sieci jest dobór odpowiedniej metody uczenia.

Podobnie jak człowiek, sieć może zdobywać wiedzę samodzielnie lub z pomocą. I tak wyróżnić możemy dwa podstawowe warianty procesu uczenia: uczenie z nauczycielem i uczenie bez nauczyciela.

Ważną cechą SNN jest również jej zdolność do uczenia się i generalizacji nabytej wiedzy. Poprawnie wytrenowana sieć potrafi kojarzyć nabytą wiedzę i wykazać oczekiwane działania na danych nie wykorzystywanych w procesie uczenia.



Najważniejszą cechą sieci neuronowych jest równoległe przetwarzanie informacji przez wszystkie neurony. Pozwala to na uzyskanie znacznego przyspieszenia procesu przetwarzania i staje się możliwe przetwarzanie sygnałów w czasie rzeczywistym [16].

## **Logika rozmyta**

Logika rozmyta (ang. *fuzzy logic*) została zaproponowana przez Lotfi Zadeha w 1965 roku. W logice rozmytej między stanem opisującym stany nieprawdziwe i prawdziwe istnieje szereg wartości pośrednich, nie jednoznacznie sklasyfikowanych. W opisie pewnych zdarzeń posługujemy się często pojęciami mało precyzyjnymi, np. zdecydowanie więcej, prawie, znacznie, powyżej, którym nie można przypisać konkretnych wartości, jak również zaklasyfikować jednoznacznie do konkretnego podzbioru cech. Zaproponowany opis zbioru rozmytego jest odpowiedzią na problemy wynikające z budowy i implementacji algorytmów wykorzystujących tak sformułowaną wiedzę.

Logika rozmyta okazała się bardzo przydatna w zastosowaniach inżynierskich, czyli tam, gdzie klasyczna logika klasyfikująca jedynie według kryterium prawda/fałsz nie potrafi skutecznie poradzić sobie z wieloma niejednoznacznościami i sprzecznościami.

Znajduje wiele zastosowań, między innymi w elektronicznych systemach sterowania (maszynami, pojazdami i automatami), zadaniach eksploracji danych czy też w budowie systemów ekspertowych [1].

Pojęcie zbioru rozmytego jest uogólnieniem definicji zbioru ostrego, gdzie dopuszcza się, aby funkcja charakterystyczna zbioru przyjmowała obok stanów krańcowych 0 i 1 również wartości pośrednie. W efekcie daje to możliwość dokładniejszego odwzorowania modelowanych i opisywanych zjawisk.

## **Wybrane narzędzia do budowy sztucznych sieci neuronowych**

Matlab – jest środowiskiem interaktywnym, w którym wykonuje się obliczenia inżynierskie. Wyposażony jest we własny język programowania, który umożliwia pisanie w pełni funkcjonalnych programów. Pod względem grafiki istnieje możliwość rysowania dwu – trzywymiarowych wykresów, a także wizualizacji obliczonych wyników pod postacią rysunków statycznych oraz wyświetlenia jej animacji. Dane pomiarowe mogą być pobierane do poddania ich obróbce z urządzenia zewnętrznego przez porty. Funkcje specjalistyczne (tzw. toolbox), w które wyposażony jest Matlab zostały wykonane z myślą o: obliczeniach macierzowych,

sieciach neuronowych, przetwarzaniu obrazów, przetwarzaniu sygnałów, logice rozmytej, statystyce, transformacji zafalowaniowej, identyfikacji systemów, optymalizacji, obliczeniach stałoprzecinkowych, analizie finansowej, akwizycji danych. Do tworzenia sieci neuronowej w Matlabie wykorzystuje się funkcję biblioteki Neural Network Toolbox oraz Fuzzy Logic Toolbox.

**Biblioteka Neural Network Toolbox** dysponuje m-plikami, które dzielą się na dwie grupy:

- Katalog NNET – wyposażony jest w pliki funkcyjne umożliwiające projektowanie, uczenie, a także symulacje działań sztucznych sieci neuronowych,
- Katalog NNDEMOS – zawiera m-pliki skryptowe demonstracyjne, w których występuje wiele przykładów praktycznych zastosowań sztucznych sieci neuronowych wykorzystujących funkcje, które znajdują się w bibliotece. Dodatkowo w bibliotece graficznej w pakiecie Matlab znajdują się bloki, które reprezentują określone warstwy sieci neuronowych.

**Biblioteka Fuzzy Logic Toolbox** – stanowi łatwe do użycia środowisko do modelowania w dziedzinie zbiorów rozmytych.

Wyposażona jest ona w narzędzia do projektowania tzw. inteligentnych systemów sterowania. W skład biblioteki wchodzi pliki, które są pogrupowane w dwa katalogi:

- Katalog FUZZY – wyposażony jest w pliki funkcyjne, które umożliwiają projektowanie, analizę oraz symulację działań systemów rozmytych,
- Katalog FUZDEMOS - który wyposażony jest w wiele praktycznych przykładów dotyczących zastosowania logiki rozmytej.

W bibliotece dodatkowo możliwe jest projektowanie i wykonanie analizy systemów rozmytych w interfejsie graficznym GUI, który ułatwia cały proces projektowania.



**Statistica Neural Networks** – wśród narzędzi, które są dostępne do projektowania i symulacji sieci neuronowych, jest to program najbardziej zaawansowany technologicznie. Unikalne cechy, które są charakterystyczne dla tego programu to, duża sprawność w działaniu oraz dostępność wielu rzadko spotykanych narzędzi. Także dla użytkownika, który nie zajmuje się profesjonalnie projektowaniem sieci budowa i obsługa programu nie jest trudna. Dla mniej doświadczonych użytkowników dostępny jest, bowiem kreator, tzw. „Automatyczny projektant”, który służy użytkownikowi pomocą na każdym etapie budowy sieci neuronowej. Profesjoniści znajdą tu duży zestaw typów sieci neuronowych oraz algorytmów uczących te sieci.

Do najważniejszych cech programu Statistica należą:

- Procedury do przetwarzania danych na wejściu i wyjściu oraz przetwarzania wyników, kodowania zmiennych nominalnych, uzupełnianie braków danych. Wymienione opcje są przystosowane do problemów dotyczących klasyfikacji, regresji oraz predykcji szeregów czasowych.
- Łatwa obsługa interfejsu połączona z dużą mocą analityczną: „Automatyczny projektant sieci” może prowadzić niedoświadczonego użytkownika małymi krokami przez proces projektowania, wyboru optymalnej architektury oraz uczenia sieci neuronowej.
- Mocne techniki analityczne oraz eksploracyjne, takie jak algorytm doboru cech.

- Wysoce zoptymalizowane, najnowocześniejsze algorytmy uczące, możliwość pełnej kontroli nad parametrami, które wpływają na jakość sieci.
- Konstruowanie sieci połączonych o różnych architekturach, o nieograniczonych wielkościach.
- Szczegółowe informacje o uczeniu sieci, wyświetlane w postaci graficznej oraz w postaci różnych statystyk.
- Raporty, wyniki lub wykresy, które są wyświetlane mogą być dzięki integracji z systemem Statistica, przetwarzane za pomocą narzędzi graficznych i analitycznych do dalszych konkretnych potrzeb.
- API (Application Programming Interface) pozwala na włączanie sieci do własnych programów pisanych w C, C++, Delphi, itp [17].

## Wybrane projekty AI

### **Projekt CAM-Brain (CAM – ang. Cellular Automata Machine)**

Celem tego projektu było opracowanie sztucznego mózgu składającego się z miliarda neuronów, czyli osiągnięcie inteligencji małego kotka jako punkt wyjścia do budowy sztucznego mózgu o inteligencji ludzkiej.

Ten ambitny projekt rozpoczął się w roku 1993, kiedy to zawiązana została grupa BBG (ang. Brain Building Group) na czele, której stanął znany już wówczas specjalista AI, Hugo de Garis. Jednym z inicjatorów przedsięwzięcia był również przedstawiciel gdańskiej grupy badawczej GABRI (ang. Gdańsk Artificial Brain Research Initiative) – A. Buller. Grupa BBG działała pod patronatem firmy ATR (ang. Advanced

Telecommunications Research). Efektem tego projektu było skonstruowanie pierwszego neurokomputera CAM8, który po części realizuje ideę Turinga [18].

## **Projekt CYC (encyclopedia) [19]**

Projekt rozpoczęty został w roku 1984 i był finansowany przez MCC (Microelectronic and Computer Technology Corporation – Austin Texas). Projekt ten związany jest z budową systemu doradczego opartego na regułach zawartych w bazie wiedzy, znanego pod akronimem **CYC** (nazwa jest fragmentem słowa enCYClopedia).

Celem jest stworzenie oprogramowania posiadającego tak szeroką wiedzę, by można ją uznać za „zdrowy rozsądek”. Douglas Lenat, kierownik tego projektu, ocenia liczbę potrzebnych reguł w takim systemie na około 100 milionów! Według niego w programach AI brakuje przede wszystkim

dostatecznie szerokiej bazy wiedzy. Systemy doradcze pokazały, że nawet niewielka baza wiedzy, rzędu 100-1000 reguł w jakiejś wąskiej dziedzinie, prowadzi do interesujących rezultatów. Jednak programy takie są mało odporne nawet na niewielkie odstępstwa od ścisłości sformułowań przy zadawaniu pytań. Należy sądzić, że system CYC stanie się podstawą inteligentnych systemów doradczych przyszłości.

## **Projekt Soar [20]**

Projekt rozwijany przez Allana Newella oparty jest na stworzonej przez niego teorii działania umysłu i możliwości uczenia się, tworząc w czasie rozwiązywania problemu reguły działania wyższego rzędu. Stosowano go między innymi do tworzenia „agentów” uczących obsługi skomplikowanych urządzeń technicznych w środowisku wirtualnym.

Soar jest architekturą wykorzystywaną do eksploracji systemów wykazujących sztuczną inteligencję. Prowadzone na całym świecie prace zarówno w obszarach AI, jak i nauk poznawczych wykorzystują Soar. Architektura rozwijana od roku 1983.



W pracach nad tym projektem zmierza się do opracowania pełnego zakresu metod do rozwiązywania zadań, jakie stoją przed inteligentnymi agentami, począwszy od tych najprostszych, a kończąc na ekstremalnie trudnych, niealgorytmizowanych. Włączenia właściwych form wiedzy, zastosowania odpowiednich metod rozwiązywania problemów oraz komunikowania się z otaczającym światem. Celem jest, zatem znalezienie wszelkich rozwiązań niezbędnych w tworzeniu inteligentnych agentów.

## **Projekt Act\* [21]**

Projekt prowadzony w roku 1983 przez John'a Andersona. Ten projekt oraz Act-R miały za zadanie doprowadzić do budowy organizacji umysłowo-podobnej. Act\* znalazł zastosowanie przy badaniach nad wyjaśnianiem własności pamięci, kolejności odpowiedzi i przypominania, uczenia się nowych słów, uczenia się elementów programowania i rozumowania geometrycznego w czasie dowodzenia twierdzeń [11].

## **Projekt CCortex [22]**

Projekt prowadzony w Artificial Development (AD) jest największą symulacją sieci neuronowej imitującą zachowania ludzkiej kory mózgowej. Składa się ona z  $20 \times 10^9$  neuronów oraz  $10^{12}$  połączeń osiągając w ten sposób poziom złożoności porównywalny z mózgiem ssaka. Jest to największa sieć i najbardziej zbliżona pod względem budowy do ludzkiego mózgu, jaką do tej pory zbudowano. Jest ona blisko 10 000 razy większa od poprzednich prób budowy symulatora ludzkiej inteligencji. CCortex pracuje na wysokowydajnych komputerach połączonych w klaster składający się z 500 węzłów, 1000 procesorów i wykorzystujący 1 TB pamięci RAM.

W systemie zastosowano 200 TB przestrzeń dyskową pamięci. Dane wykorzystywane w symulacjach systemu CCortex są syntezą projektów prowadzonych w AD, np. Cortical DB czy też NanoAtlas.

## **Projekt HYDRA [23]**

Projekt HYDRA poświęcony jest modularnym robotom, zdolnym modyfikować swój kształt w trakcie wykonywania operacji.

Projekt HYDRA nadzorowany jest przez konsorcjum, w skład którego wchodzi: Instytut Maersk (Dania), LEGO, Uniwersytet w Zurychu i Uniwersytet w Edynburgu. Jądro projektu stanowią klasy modułów, które są zdolne do wykonywania autonomicznych operacji, komunikowania się między sobą, oraz samokonfiguracji do praktycznie dowolnego kształtu lub funkcji. Klasa modułów HYDRON dedykowana jest pracy w środowiskach płynnych, podczas gdy jednostki oparte na modułach ATRON (rys. 1) mogą pracować na powierzchni.

Projekt tego typu maszyn bazuje na obserwacjach zaczerpniętych z biologii. Sposób, w jaki funkcjonują roboty w technologii HYDRA przypomina interakcje pomiędzy komórkami biologicznymi, przemieszczanie się komórek oraz ich zdolność do samorekonstrukcji. Swoim kształtem, roboty składające się z wielu elementarnych sferycznych jednostek, przypominają łańcuchy atomów lub komórek. Typowa jednostka ATRON składa się z dwóch półkul, północnej i południowej, które mogą obracać się wokół osi - równika. Każda półsfera jest wyposażona w zestaw spolaryzowanych łączników (tzw. końcówki męskie i żeńskie), umożliwiających modułom wzajemne łączenie się i działanie jako jeden „organizm”.

Dodatkowo, dzięki wbudowanym czujnikom podczerwieni, moduły są zdolne do postrzegania obecności innych modułów. Tą samą drogą, pomiędzy modułami, przekazywane są rozkazy sterujące, czego efektem jest komunikacja. Operacje autonomiczne nadzoruje pokładowy komputer wieloprocesorowy, natomiast dodatkowe czujniki monitorują ruch, prędkość obrotową i kąty nachylenia. Zastosowanie robotów ATRON w krótko-terminowym horyzoncie czasowym, możliwe jest w przemyśle rozrywkowym oraz innych gałęziach technologicznych. Bardziej złożone zastosowania, wymagające dodatkowych badań, mogą obejmować takie dziedziny, jak: operacje medyczne w nanoskali, eksplorację przestrzeni kosmicznej oraz inspekcje niebezpiecznego środowiska [23].

## **Projekty komercyjne Qrio**

Projekt Qrio jest komercyjnym projektem firmy Sony. Udało się opracować homoidalnego robota, następcę SDR. Firma reklamuje go jako pierwszego robota, w którym zastosowano dynamiczny chód. Nauczenie robota biegania ma stanowić przełom w robotyce. Robot, ważący około 7 kg, pokonuje dystans 14 m w ciągu jednej minuty. Najważniejszą techniczną innowacją jest to, iż Qrio w trakcie „biegu” traci kontakt z podłożem. Mimo, iż jest to jedynie wartość około 40 ms (lekkoatleci  $<1s$ ), żaden poprzedni mechanizm tego nie potrafił. Dodatkowo dzięki zwiększeniu czułości palców robota, możliwe jest obracanie w dłoni piłeczki baseballowej, rzucanie lekkich przedmiotów na odległość do 40 cm, czy trzymanie partnerów w tańcu. Robot ten



ma już również „doświadczenie” w prowadzeniu Tokijskiej Orkiestry Symfonicznej wykonującą Piątą Symfonię Beethovena. Występ wzbudził entuzjazm nie tylko publiczności, ale też specjalistów z dziedziny robotyki. Precyzja i szybkość ruchów QRIO stawiają go, bowiem na szczycie dotychczasowych osiągnięć w dziedzinie budowy humanoidalnych robotów. Zadowoleni byli również japońscy muzycy, którzy obawiali się występu pod batutą robota. Nie chodzi tu o żadne uprzedzenia – po prostu muzycy z reguły kontrolują tempo gry obserwując szybkość oddechu dyrygenta, co tym razem z oczywistych względów nie było możliwe. Wystarczyło jednak zaufać ruchom QRIO, które – jak przystało na maszynę – były perfekcyjnie zgrane w czasie.

## **Aibo [26]**

Aibo jest jednym z pierwszych komercyjnych projektów robota autonomicznego (w miarę autonomicznego). Aibo jest nowym rodzajem robota: autonomiczny, odczuwający swoje środowisko, oraz będący w stanie uczyć się podobnie jak dojrzewający pies. Dla każdego Aibo doświadczanie przez niego świata przebiega inaczej, każdy odkrywa swoją własną niepowtarzalną quasi-osobowość – inną od każdego kolejnego Aibo na świecie!

Aibo posiada 20 interaktywnych obszarów, umożliwiających mu poruszanie się. Posiada kilka sensorycznych zmysłów: dotyk (przez jego głowę, podbródek i plecy), słuch (stereo mikrofony), wzrok (kamera w jego głowie), oraz zmysł równowagi.

Ponadto, dzięki sensorowi na podczerwień, dysponuje możliwością określania dystansu, regulacji szybkości poruszania się (np. bieg/chód) i zmysł odpowiedzialny za temperaturę. Cała ta aparatura pozwala zaadoptować się do otoczenia oraz nabywać nowe, wygenerowane w interakcji ze środowiskiem, psie zachowanie!

Modele Aibo są trzykrotnymi mistrzami świata w robocich zawodach gry w piłki nożną, zwanymi RoboCup.

### **P3, Asimo projekt Honda**

Model prototypowy **P3** jest to humanoidalny robot stworzony we wrześniu 1997 przez japońską firmę Honda. Zasilany bateriami Ni-ZN 138V 6Ah może funkcjonować efektywnie przez 25 minut. Maksymalna prędkość, jaką może osiągnąć wynosi 2 km/h. Przy rozmiarach (160x55.5x60)cm waży 130 kg. Asimo jest kolejnym modelem dwunożnego robota. Uważany jest za jeden z najbardziej rozwiniętych technicznie, chodzących robotów na świecie. Jest następcą następujących wersji robotów:

- 1986: E0
- 1987 - 1991: E1, E2, E2
- 1991 - 1993: E4, E5, E6
- 1994 - 1997: P1, P2, P3

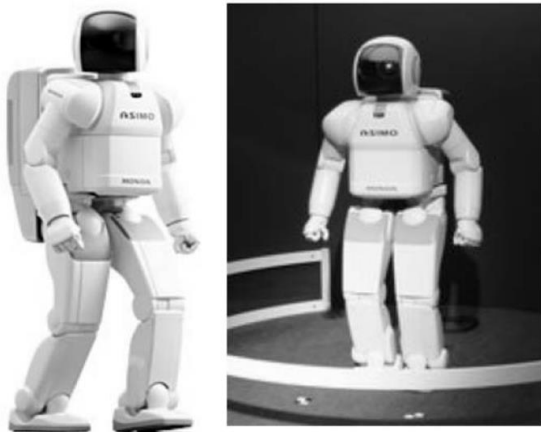
W porównaniu do poprzedniego modelu P3, Asimo jest poszerzony o możliwość skrętu bioder, zginania karku, nadgarstków i palców. Rozpoznaje poruszających się ludzi oraz ich twarze. Może podążać za ich ruchem. Przychodzi także na zawołanie i potrafi rozpoznać 50 japońskich zwrotów. Asimo najwierniej z dotychczas stworzonych robotów odtwarza ruchy, jakie wykonują ludzie przy chodzeniu. ASIMO bierze udział m.in. w corocznym turnieju RoboCup – mistrzostwach świata robotów w piłce nożnej. Projektem dość poważnie zainteresowana jest NASA. Agencja upatruje w tym robocie dobrego kandydata do lotów kosmicznych na Marsa.

Jednak wpieryw producent będzie musiał zmierzyć się z problemem, jakim jest niska wytrzymałość akumulatorów zapewniająca energię na zaledwie 25-30 minutowy spacer.

15 grudnia 2004 roku Honda przedstawiła nową generację ASIMO. Prędkość chodu zwiększono z 1,6 km/h do 2,5 km/h. Dodano także możliwość biegania z prędkością 3 km/h (robot utrzymuje się w powietrzu przez 0,05 s). Żywotność akumulatorów zwiększono do 1 godziny. Zmianie uległa jego waga oraz wysokość.

13 grudnia 2005 roku ASIMO przeszedł kolejną modyfikację. Największą zmianą w stosunku do poprzednika jest zwiększenie prędkości biegu z 3 km/h do 6 km/h (teraz robot w powietrzu utrzymuje się przez 0,08 s). Robot może także biegać

po okręgu o średnicy 2,5 metra z prędkością 5 km/h. Zwiększono także prędkość chodu z 2,5 km/h do 2,7 km/h. Kiedy ASIMO przenosi przedmiot o wadze do 1 kg, prędkość jest automatycznie obniżona do 1,6 km/h. Zaimplementowana została również możliwość spaceru za rękę z osobą towarzyszącą.



*Rys. 11. M Humanoidalny robot wyprodukowany przez firmę Honda – model ASIMO [1]*



## Inne

Android antropomorficzny płci żeńskiej o nazwie „replice Q1” został stworzony przez japońskich naukowców pracujących na uniwersytecie w Osace. Skóra robota została wykonana z niezwykle plastycznego silikonu, bardzo przypominającego właściwościami ludzką skórę. Robot może poruszać rękoma, a nawet, zupełnie jak człowiek, mrugać oczami. Specjalne sensory powodują, że android „wydaje się oddychać”. Profesor Hiroshi Ishiguro z uniwersytetu w Osace twierdzi, że pewnego dnia roboty będą tak doskonałe, że nietrudno będzie je wziąć za człowieka z krwi i kości.

„Skonstruowałem wiele robotów, ale szybko doszedłem do wniosku, że bardzo ważny jest ich wygląd. Fakt, iż robot wygląda jak człowiek daje wrażenie, że naprawdę jest obecny”.  
Jest on również pomysłodawcą innego robota, który ma wygląd pięcioletniej dziewczynki. Android ten został nazwany repliee R1. Robot ten był w stanie poruszać głową w dziewięciu kierunkach i poruszać rękoma. Nowy robot repliee Q1 jest udoskonalony.

Repliee Q1 może wchodzić w interakcje z ludźmi. Reaguje na dotyk człowieka.

## **Zagrożenia stosowania sztucznej inteligencji**

Zanim poważnie będzie się mówić o realnych zagrożeniach płynących ze stosowania sztucznej inteligencji, trzeba odpowiedzieć sobie na pytanie - kiedy prawdziwie inteligentne maszyny uda się stworzyć? Istnieje wiele wyobrażeń o robotach przyszłości, które będą się zachowywać jak ludzie i będą się z nimi komunikować w naturalny dla człowieka sposób. Te wyobrażenia biorą się przede wszystkim z wizji autorów filmów i książek fantastyczno-naukowych. Pomimo prowadzonych na świecie wielu projektów nad budową robotów humanoidalnych, wydaje się, iż w przyszłości inteligentne maszyny nie będą chodzącymi i mówiącymi robotami.

Ewolucja wytworzyła system pamięci, który przy wykorzystaniu narządów zmysłów potrafi stworzyć model świata i przewidywać przyszłe zdarzenia. Ta sama zasada powinna zostać wykorzystana przy budowie IM. Maszyny powinny posługiwać się zestawem zmysłów, ale innym niż te, które wykorzystuje człowiek, gdyż dotyczą one funkcjonowania maszyn w zupełnie innym niż człowiek świecie.

Wraz z rozwojem nauki inteligencja maszyny powinna przejawiać się w tworzeniu własnego modelu świata z jego poznaniem poprzez obserwację i wskazówki nauczyciela. Fizyczne inteligentne maszyny mogą być wbudowane w samoloty, samochody lub dowolne miejsce nie związane z zestawem zmysłów, których lokalizacja jest dowolna i zależna jedynie od przeznaczenia samej maszyny. Wygląd inteligentnych maszyn

może przybierać różne formy. Nie ma jednak żadnego uzasadnienia, dla którego miałyby one wyglądać i funkcjonować w sposób podobny do ludzi.

*Inteligencja to właściwość związana z przewidywaniem opartym na hierarchicznym systemie pamięci, a nie zachowaniem podobnym do ludzkiego [27]*

Największym wyzwaniem dla rozwoju IM jest zbudowanie właściwego systemu pamięci. System ten musi być tak pojemny jak kora mózgowa człowieka. Podstawowe trudności z jej realizacją to pojemność i sieć połączeń pomiędzy komórkami

pamięci. Jest to możliwe do realizacji, choć przy obecnym rozwoju technologicznym, nie pozwala osiągnąć miniaturyzacji pozwalającej mieścić ją, np. w kieszeni.

Drugi problem związany jest z systemem połączeń. W prawdziwym mózgu pod warstwą kory znajduje się tzw. tkanka biała, która składa się z milionów aksonów biegnących w różnych kierunkach i łączących ze sobą poszczególne obszary kory. Pojedyncza komórka nerwowa może być połączona z wieloma tysiącami innych neuronów. Taki układ połączeń trudno jest zrealizować na bazie układów krzemowych.

Jednak nie jest to problem, którego obecnie już nie dałoby się rozwiązać. Ponieważ przewodzenie elektryczne z wykorzystaniem metalowych nośników energii jest zdecydowanie szybsze niż przewodzenie sygnałów między neuronami, istnieje możliwość wykorzystania w sztucznych strukturach pamięci pojedynczych połączeń do przekazywania sygnałów pochodzących od kilku tysięcy różnych komórek pamięci.

Znalezienie rozwiązań dla wspomnianych problemów technicznych pozwoli na konstruowanie prawdziwych maszyn inteligentnych.

Perspektywa powstania IM mogących samodzielnie myśleć i podejmować decyzje, wprowadza niepokój wśród ludzi. Rodzą się wątpliwości i obawy związane z brakiem przydatności człowieka do większości prac, wykorzystywaniem ludzkich ciał, czy też ignorowaniem wartości ludzkiego życia. Wydaje się, iż obawy te są bezpodstawne i dopóki nie będzie jakichkolwiek przesłanek, iż ludzie będą kiedykolwiek w stanie stworzyć nie tylko maszynę inteligentną, ale również posiadającą świadomość i własną osobowość - nieuzasadnione. Podobne obawy pojawiają się zawsze, gdy zaczynamy mieć do czynienia z zupełnie nową technologią.

Domowy komputer lub Internet ma takie same szanse na uzyskanie świadomości, co sklepowa kasa fiskalna [26].



Oczywiście nie da się wykluczyć niebezpiecznego wykorzystania tej technologii mogącej prowadzić do katastrofy, tak jak ma to miejsce w przypadku energii atomowej.

Wiele mówi się o zagrożeniach płynących z zastosowania AI, ale rozważanie te, choć przytaczane przy okazji zagadnień sztucznej inteligencji, nie zawsze jej dotyczą.

Przykładem może być tutaj podnoszenie problemu zagwarantowania prywatności, szpiegostwa przemysłowego i sabotażu komputerowego [13]. Inną alarmującą perspektywą, choć nie dotyczy ona bezpośrednio AI, jest możliwość wyprodukowania fałszywego obrazu danej osoby, który następnie może pojawić się na ekranie telewizora i wyrazić poglądy sprzeczne z poglądami prawdziwej osoby.

Nieco inny problem stanowią powstające systemy ekspertowe, które umożliwiają sformułowanie doświadczenia i wiedzy nielicznych ekspertów w postaci odpowiedniego programu komputerowego, który można następnie powszechnie stosować.

Czy jednak systemy te mogą w jakikolwiek sposób zaszkodzić grupom specjalistów z branż, w których takie systemy powstały i funkcjonują?

Analizując zalety ekspertyz systemów ekspertowych, obecność systemów jest jak najbardziej uzasadniona [28]. Powinny one jednak służyć pomocą lokalnym ekspertom, tak aby dzięki nim

znacznie więcej osób mogło skorzystać z doświadczenia i wiedzy wybitnych specjalistów.

## Literatura

1. <http://pl.wikipedia.org>
2. W. Duch, Fascynujący świat komputerów, Wyd. Nakom, 1997.
3. The McGraw-Hill Illustrated Encyclopedia of Robotics & Artificial Intelligence, red. S. Gibilisco, 1994.
4. J. Haugeland, Artificial Intelligence, The MIT Press, 1985.
5. R. Kurzweil, The Age of Spiritual Machines, Books Penguin, 1999.
6. E. Rich, K. Knight, Artificial Intelligence, McGraw-Hill Science, 1990.
7. R. J. Schalkoff, Artificial Intelligence: An Engineering Approach, McGraw-Hill College, 1990.
8. P. H. Winston, Artificial Intelligence, Addison-Wesley Pub Co, 1992.
9. <http://portalwiedzy.onet.pl/> - hasło 'sztuczna inteligencja'
10. [http://encyklopedia.pwn.pl/30489\\_1.html](http://encyklopedia.pwn.pl/30489_1.html)

11. M. J. Kasperski, Sztuczna Inteligencja, Helion, 2003.
12. <http://www.systransoft.com/>
13. <http://www.cyberforum.edu.pl/> - tekst P. Filipkowski, A. Błachnio
14. J. Mulawka Systemy ekspertowe, Warszawa 1997, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne
15. S. Osowski, Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym, Warszawa 1996, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne
16. S. Osowski, Sieci neuronowe do przetwarzania informacji, Warszawa 2000, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
17. [http://www.statsoft.pl/stat\\_nn.html](http://www.statsoft.pl/stat_nn.html)
18. <http://www.cs.usu.edu/~degaris/cam/>
19. <http://www.cyc.com/>
20. <http://www.soartech.com/home.php>
21. <http://act-r.psy.cmu.edu/about/>

22. <http://www.ad.com/projects.asp>
23. <http://hydra.mip.sdu.dk/>
24. [http://www.gazeta-it.pl/rozmaitosci/git30/roboty\\_do\\_druku.html](http://www.gazeta-it.pl/rozmaitosci/git30/roboty_do_druku.html)
25. <http://www.sony.net>
26. <http://www.kognitywistyka.net/si/aibo.htm>
27. J. Hawkins, Istota inteligencji, Helion, 2006
28. [http://datamining.home.pl/\\_DSS/historia.html#6](http://datamining.home.pl/_DSS/historia.html#6)
29. M. Białko, Podstawowe właściwości sieci neuronowych i hybrydowych systemów ekspertowych, 2000.
30. A. Buller, Sztuczny mózg. To już nie fantazje, Prószyński i S-ka, Warszawa 1998.
31. J. Chromiec, E. Strzemieczna, Sztuczna inteligencja. Podstawowe metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1994.

32. J. Cytowski, Metody i algorytmy sztucznej inteligencji w cyfrowym przetwarzaniu sygnałów, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1999.
33. W. Duch, J. Korbicz, L. Rutkowski, R. Tadeusiewicz (red.), Sieci neuronowe, Exit, 2000.
34. W. Duch, J. Korbicz, L. Rutkowski, R. Tadeusiewicz, Biocybernetyka 2000: Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2000.
35. G. B. Dyson, Darwin wśród maszyn. Rzecz o ewolucji inteligencji, tłum. R. Piotrowski, Prószyński i S-ka, Warszawa 2005.
36. J. Hawkins, S. Blakeslee, Istota inteligencji, tłum. T. Walczak, Onepress, Gliwice 2006.
37. J. Hertz, A. Krogh, R. G. Palmer, Wstęp do teorii obliczeń neuronowych, tłum. S. Jankowski, WNT, Warszawa
38. J. Kloch, Świadomość komputerów: argument Chińskiego Pokoju w krytyce sztucznej inteligencji według Johna Searle'a, Wyd. Biblos, Tarnów 1996.

39. J. Korbicz, A. Obuchowicz, D. Uciński, Sztuczne sieci neuronowe. Podstawy i zastosowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza, 1994.
40. W. Marciszewski, Sztuczna inteligencja, Znak, Kraków 1998.
41. M. Mazur, Cybernetyka i charakter, Wyd. Aula, Wyd. II 1996; Wyd. III 1999. Wyd. Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania, Warszawa 1999.
42. P. Menzel, F. D'Aluisio, Robo Sapiens. Czy roboty mogą myśleć?, tłum. K. Tchoń, Wyd. G + J Gruner + Jahr Polska, 2002.
43. D. Rutkowska, Inteligentne systemy obliczeniowe. Algorytmy i sieci neuronowe w systemach rozmytych, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1997.
44. D. Rutkowska, Inteligentne systemy obliczeniowe, 1997.
45. D. Rutkowska, M. Piliński, L. Rutkowski, Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1997.
46. L. Rutkowski, Sieci neuronowe i neurokomputery, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1998.



47. Scott, Schody do umysłu. Nowa kontrowersyjna wiedza o świadomości, tłum. H. Barańska, WNT, Warszawa 1999.
48. J. R. Searle, Umysł, mózg i nauka, PWN, Warszawa 1995.
49. W. Słuckin, Mózg i maszyny, Wiedza Powszechna, Warszawa 1957.
50. B. Stefanowicz, Metody sztucznej inteligencji i systemy ekspertowe, Wyd. Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa 1993; Wyd. II Wyd. Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania, Warszawa 2000; Wyd. III Warszawa 2001.
51. Szałas, Zarys dedukcyjnych metod automatycznego wnioskowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1992.
52. E. Szumakowicz (red.), Granice sztucznej inteligencji. Eseje i studia, Wydawnictwo Naukowe DWN, Kraków 2000.
53. R. Tadeusiewicz (red.), Wprowadzenie do sieci neuronowych, Wyd. StatSoft, Kraków 1998.
54. R. Tadeusiewicz, Sygnał mowy, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1988.

55. R. Tadeusiewicz, Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Wyd. II 1993.
56. D. H. Wilson, Jak przetrwać bunt robotów? Czyli jak bronić się przed nadchodzącą rebelią, tłum. M. Kowasz, Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa 2006.
57. J. Woźnicki, Podstawowe techniki przetwarzania obrazu, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1996.
58. J. Zieliński (red.), Inteligentne systemy w zarządzaniu, PWN, Warszawa 2000.
59. J. Żurada, M. Barski, W. Jędruch, Sztuczne sieci neuronowe, PWN, Warszawa 1996.