



**POLITECHNIKA WARSZAWSKA**  
**WYDZIAŁ MECHANICZNY ENERGETYKI I LOTNICTWA**



# ***WPROWADZENIE*** ***DO SZTUCZNEJ INTELIGENCJI***

***NS 586***

***Dr inż. Franciszek Dul***

# ***1. SZTUCZNA INTELIGENCJA JAKO DZIEDZINA WIEDZY***

# Sztuczna inteligencja jako dziedzina wiedzy

Przedstawimy różne spojrzenia na sztuczną inteligencję, w tym takie, które określa ją jako działanie racjonalne inteligentnych agentów.

# 1.1 Czym jest sztuczna inteligencja?

## Czym jest inteligencja?

Człowiek – *homo sapiens* – jest jedyną istotą myślącą. Inteligencję przypisuje się człowiekowi oraz zwierzętom. Wybrane definicje inteligencji: „Inteligencja to...

- to, co mierzą testy inteligencji (*Boring*)
- zdolność rozwiązywania problemów (*Piaget*)
- dostrzeganie zależności, relacji (*Spearman*)
- zdolność uczenia się (*Ferguson*)
- ogólna zdolność adaptacji do nowych warunków i wykonywania nowych zadań (*Stern*)
- konstrukt teoretyczny odnoszący się do względnie stałych warunków wewnętrznych **człowieka**, determinujących efektywność działań wymagających procesów poznawczych. Warunki te kształtują się w wyniku interakcji genotypu, środowiska i własnej aktywności człowieka. (*Strelau*)
- ...

Inteligencja nie jest więc pojęciem jednoznacznym.

## 1.1. Czym jest sztuczna inteligencja?

Niektóre poglądy na istotę inteligencji są wręcz sprzeczne:

- Inteligencja to **zdolność do twórczego, a nie tylko mechanicznego przetwarzania informacji**, czyli tworzenia zupełnie nowych pojęć i ich nieoczekiwanych połączeń.  
**Tę umiejętność wykorzystują, a być może posiadają tylko niektórzy ludzie.**
- Inteligencja to **zdolność do przetwarzania informacji na poziomie abstrakcyjnych idei** (np. umiejętność dokonywania obliczeń matematycznych lub gry w szachy).  
**Taką inteligencję posiadają również komputery (sztuczna inteligencja).**

Na szczęście rozwijanie sztucznej inteligencji (przynajmniej od strony praktycznej) nie wymaga jednoznacznego zdefiniowania pojęcia inteligencji.

## 1.1. Czym jest sztuczna inteligencja?

# Sztuczna inteligencja - Artificial Intelligence - AI

Istnieje wiele definicji sztucznej inteligencji uzależnionych od sposobu jej postrzegania;

Najogólniejsze definicje AI odwołują się do jej aspektów poznawczych lub filozoficznych...

### Definicja poznawcza - filozoficzna

Sztuczna inteligencja to **twórcza kontynuacja filozofii** w kierunku zrozumienia i budowy bytów inteligentnych.

### Definicja poznawcza - konstruktywna

Sztuczna inteligencja to dziedzina zajmująca się **analizą możliwości kreacji sztucznych bytów posiadających cechy inteligentne.**

## 1.1. Czym jest sztuczna inteligencja?

Istnieją też definicje bardziej praktyczne, traktujące AI jako dziedzinę techniczną...

### Definicja praktyczno - poznawcza

Sztuczna inteligencja jest to **dział informatyki** zajmujący się badaniami nad systemami inteligentnymi, ich modelowaniem, konstrukcją oraz wykorzystaniem do wspomagania i substytucji pracy umysłowej człowieka oraz do głębszego zrozumienia ludzkiego sposobu rozumowania.

### Definicja praktyczna - inżynierska

Sztuczna inteligencja to **teoria i praktyka budowy maszyn inteligentnych.**

## 1.1. Czym jest sztuczna inteligencja?

### Różne punkty spojrzenia na sztuczną inteligencję:

- AI jako kontynuacja filozofii;
- AI jako nauka biologiczno-medyczna;
- AI jako dział informatyki;
- AI jako dziedzina inżynierii;

### Kiedy zatem nam, technikom, AI może być pomocna?

- Większość zadań technicznych można rozwiązać metodami klasycznymi: analizą, poprzez symulacje, za pomocą teorii sterowania;
- Istnieją jednak zadania, które AI rozwiązuje lepiej, np. analiza mowy, analiza obrazu, gry strategiczne;
- Metody AI są niezastąpione w sytuacji, gdy brak jest pełnej informacji o środowisku, gdy system jest autonomiczny, a zwłaszcza wtedy, gdy powinien się uczyć.



### 1.1. Czym jest sztuczna inteligencja?

Postrzeganie sztucznej inteligencji poprzez **naturę** lub poprzez **kryteria oceny zachowań**:

- AI traktowana jako **proces myślowy** (wnioskowanie) lub jako **zachowanie** (działanie);
- AI oceniana według **standardów zachowań ludzkich** albo według **inteligencji idealnej** (racjonalność)

Kombinacje powyższych kryteriów prowadzą do czterech punktów spojrzenia na sztuczną inteligencję:

**Myślenie „ludzkie”**

**Myślenie racjonalne**

**Działanie „ludzkie”**

**Działanie racjonalne**

W niniejszym kursie sztuczna inteligencja będzie rozpatrywana jako **działanie racjonalne**.

## AI jako „myślenie ludzkie”

**Kognitywistyka** - nauka o działaniu umysłu.

- ”Rewolucja kognitywna” lat sześćdziesiątych: psychologia oparta na przetwarzaniu informacji;
- Kognitywistyka oparta jest na teoriach naukowych opisujących wewnętrzną aktywność mózgu;
- Dwa podejścia kognitywistyczne:
  - przewidywanie i testowanie zachowania się istot ludzkich - *Cognitive Science* - (top-down)
  - identyfikacja czynności umysłowych na podstawie danych neurologicznych - *Cognitive Neuroscience* - (bottom-up)
- Oba podejścia stanowią obecnie odrębne dziedziny i nie są zaliczane do głównego nurtu AI.
- Żadna istniejąca teoria kognitywistyczna **nie zbliża się nawet** do wyjaśnienia inteligencji ludzkiej.

## AI jako „myślenie racjonalne”

### Poszukiwanie „praw myślenia”.

Arystoteles: czym są argumenty logiczne oraz procesy myślowe?

Greckie szkoły filozoficzne rozwinęły różne formy **logiki**:  
wprowadziły *notacje logiczne*, *zasady wnioskowania*;

Od logiki, poprzez matematykę i filozofię, wiedzie  
bezpośrednia droga do współczesnej AI.

Kierunek logiczny w AI zmierza do budowy inteligentnych  
systemów na bazie programowania logicznego.

Podstawowy problem podejścia logicznego:  
nie każde zachowanie inteligentne jest wynikiem  
rozważań logicznych;

## AI jako „działanie ludzkie”

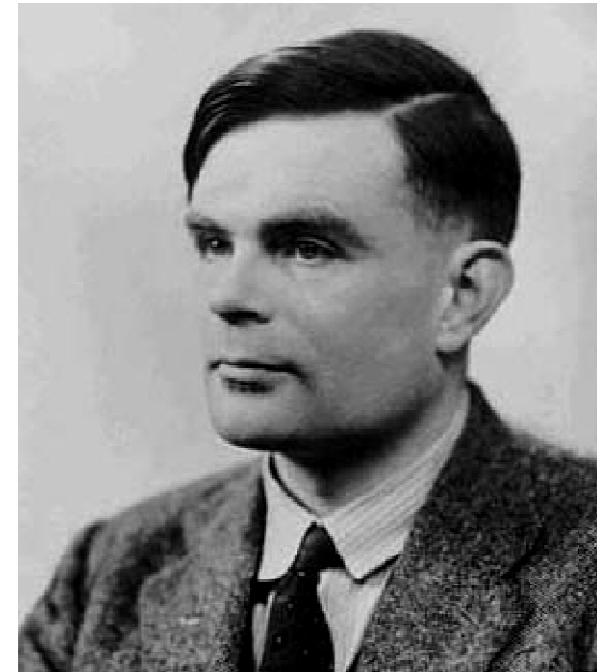
**Kiedy maszyna zachowuje się w sposób inteligentny?**

**Alan M. Turing (1912-1954)**

Prekursor sztucznej inteligencji,  
Matematyk, twórca informatyki,  
kryptolog (złamanie „Enigmy”\*)

Pionierska praca Turinga o sztucznej  
inteligencji

*Computing Machinery and Intelligence*  
(1950), *Mind*, **59**, pp.433-460.



Czy maszyna może **myśleć**?



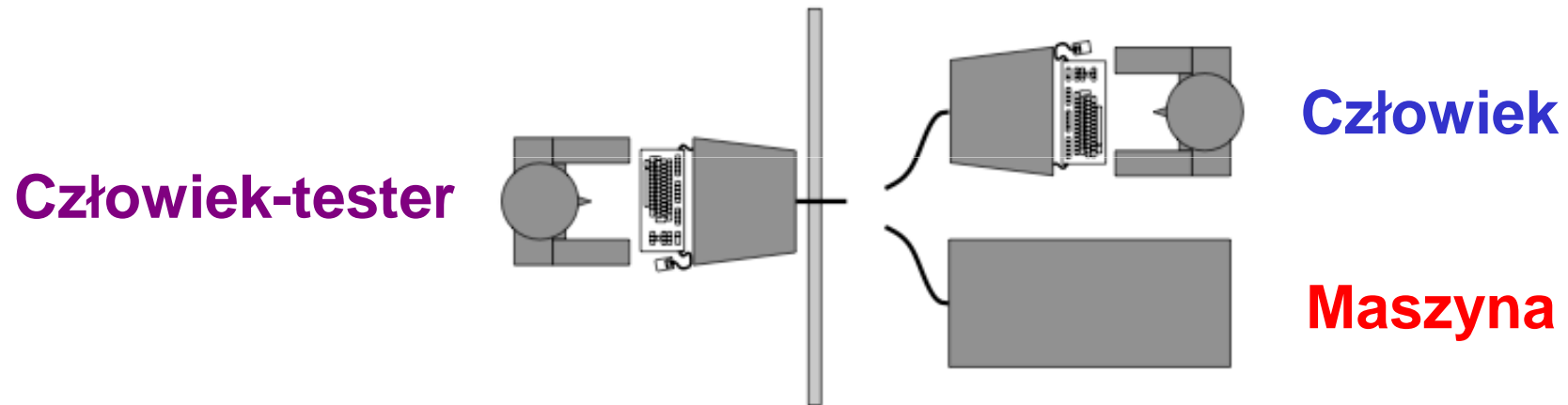
Czy maszyna może **zachowywać się** inteligentnie?

\*) z udziałem Polaków: Mariana Rejewskiego, Jerzego Różyckiego i Henryka Zygalskiego.

## AI jako „działanie ludzkie”

Kiedy maszyna zachowuje się w sposób inteligentny?

Test praktyczny inteligencji - *”gra w imitację”* - **test Turinga**



Według Turinga maszynę można uznać za inteligentną gdy człowiek-tester nie jest w stanie odróżnić odpowiedzi maszyny od odpowiedzi człowieka.

## AI jako „działanie ludzkie”

Koncepcja Turinga spowodowała przełom w podejściu do badania sztucznej inteligencji.

Pytanie o *istotę inteligencji* zostało zastąpione oceną zachowania - sprawdzaniem **skutków bycia inteligentnym**.

Takie podejście, pozostawiające dylematy filozoficzne naukom filozoficznym i psychologicznym, ułatwiło rozwój kierunku „technicznego” sztucznej inteligencji.

Test Turinga jest jednak nieformalizowalny matematycznie, niekonstruktywny i niepowtarzalny.

Dlatego Test Turinga nie stanowi obecnie narzędzia praktycznego sztucznej inteligencji.

Jak dotąd **żadna** maszyna nie zaliczyła testu Turinga...

## AI jako „działanie ludzkie”

Znaczenie koncepcji Turinga polega na zmianie sposobu podejścia do sztucznej inteligencji.

Test Turinga odwołuje się do najważniejszych elementów sztucznej inteligencji „praktycznej”:

- baz wiedzy,
- wnioskowania automatycznego,
- rozumienia języka naturalnego,
- uczenia się,

a także:

- wizualizacji komputerowej,
- robotyki.

## AI jako „działanie racjonalne”

**Działanie racjonalne - „robienie czegoś dobrze”.**

**„Zrobić coś dobrze”** - na podstawie posiadanych informacji zrobić to tak, aby osiągnąć zamierzony cel.

Działanie racjonalne **nie musi** bazować na myśleniu - może być np. oparte na refleksie.

Najlepszą podstawę działania racjonalnego stanowi jednak **myślenie**.

Działanie racjonalne ma dwie przewagi nad pozostałymi trzema formami AI:

- jest bardziej ogólne niż myślenie racjonalne,
- jest łatwiejsze do sformalizowania.

Podmiotem działania racjonalnego jest **agent racjonalny** zwany też **agentem inteligentnym**.



## 1.1. Czym jest sztuczna inteligencja?

# Sztuczna inteligencja jako działanie racjonalne

Sztuczna inteligencja jako działanie racjonalne skupia się na analizie **agenta racjonalnego** (inteligentnego).

Pojęcie agenta inteligentnego jest bardzo szerokie; może to być pralka, robot przemysłowy, łązik marsjański, jak i program komputerowy czy baza wiedzy.

Agent racjonalny wykonuje 'inteligentnie' powierzone mu zadanie obserwując środowisko i przeprowadzając w nim odpowiednie działania - realizuje **funkcję agenta**.

Agenci racjonalni dzielą się na klasy w zależności od metod użytych do realizacji funkcji agenta:

- agent „z refleksem”,
- agent celowy,
- agent logiczny,
- agent planujący,
- agent uczący się.

## Sztuczna inteligencja jako działanie agenturalne(!)

W ujęciu technicznym sztucznej inteligencji podstawową rolę pełni agent postaci

**agent = architektura + program**

Architektura jest rozumiana jako układ fizyczny złożony z wielu urządzeń, w którym główną rolę pełni **komputer**.

„Inteligencja” jest implementowana w postaci programów tworzonych dla agenta.

Dlatego w ujęciu ”agentowym” **sztuczna inteligencja wygląda jak informatyka**.

## 1.2 Fundamenty sztucznej inteligencji

Sztuczna inteligencja opiera się na dorobku wielu dziedzin nauki i techniki.

Największy wpływ na rozwój Sztucznej Inteligencji wywarły:

- Filozofia,
- Matematyka,
- Ekonomia,
- Neurobiologia,
- Psychologia,
- Inżynieria Komputerowa i Informatyka,
- Teoria Sterowania i Cybernetyka,
- Lingwistyka.

Sztuczna inteligencja czerpała (i nadal czerpie) z powyższych dziedzin odpowiedzi na podstawowe pytania jej dotyczące.

## 1.2. Fundamenty sztucznej inteligencji

### Wkład poszczególnych dziedzin do sztucznej inteligencji:

- **Filozofia** logika, metody wnioskowania, rozum jako układ fizyczny, podstawy uczenia, język, racjonalność;
- **Matematyka** reprezentacja formalna i dowodzenie algorytmów, rozstrzygalność i dostępność algorytmiczna, prawdopodobieństwo;
- **Ekonomia** użyteczność, teoria podejmowania decyzji;
- **Neurobiologia** czynniki fizyczne aktywności umysłowej;
- **Psychologia** zjawiska postrzegania i własności motoryczne, techniki eksperymentalne;
- **Informatyka** budowa szybkich komputerów;
- **Teoria sterowania** układy maksymalizujące wskaźnik jakości
- **Lingwistyka** reprezentacja wiedzy, gramatyka;

## Filozofia (428 p.n.e. – )

- **Czy wnioskowanie może być oparte na zasadach formalnych?**
- **W jaki sposób umysł wynika z fizycznego mózgu?**
- **Skąd bierze się wiedza?**
- **W jaki sposób wiedza prowadzi do działania?**

Wielki Arystoteles stworzył **system sylogizmów** umożliwiający wnioskowanie automatyczne na podstawie reguł i założeń wstępnych (*Jeżeli każdy M jest P oraz każdy P jest S, to każdy M jest S*).

**Zasada indukcji** – wyprowadzanie zasad ze złożenia elementów.

**Dualizm** – materialne ciało i niematerialna dusza.

**Materializm** – nie ma duszy, wszystko jest materialne.

**Empiryzm** – cała wiedza pochodzi z doświadczenia.

**Pozytywizm logiczny** – cała wiedza jest logiką powiązaną z obserwowanymi sentencjami.

**Teoria konfirmacji** – pierwsza teoria umysłu jako procesu obliczeniowego.

## Matematyka (800 – )

- **Jakie są formalne zasady wnioskowania?**
- **Co może być obliczone?**
- **Jak wnioskować przy niepewnej informacji?**

Matematyka umożliwiła sformalizowanie idei filozoficznych.

**Logika** wywodzi się od starożytnych Greków, ale jej formalizacja nastąpiła dopiero w XIX wieku (Boole, Frege, Tarski).

**Algorytmy** również wywodzą się od starożytnych Greków, ale ich właściwy rozwój nastąpił dopiero w wieku XX.

**Teoria prawdopodobieństwa** umożliwia formalizację problemów losowych opisanych niepełnymi modelami teoretycznymi, z niepewnymi pomiarami, itp.

Jednak matematyka nie jest wszechmocna...

Kurt Gödel udowadniając twierdzenie o niekompletności wykazał, że **istnieją funkcje których nie można obliczyć**.

Niektóre funkcje obliczalne mogą być **zbyt złożone aby można je było obliczyć w rozsądnym czasie** (*NP-complete problems*).

## Ekonomia (1776 – )

- **Jak podejmować decyzje maksymalizujące wyniki działań?**
- **Jak to zrobić, gdy inni w tym nie pomagają?**
- **Jak to zrobić, jeżeli wyniki pojawią się w dalszej przyszłości?**

**Ekonomia** studiuje problem podejmowania decyzji w oparciu o pojęcie użyteczności działań.

**Teoria podejmowania decyzji** łączy probabilistykę oraz użyteczność w celu formalizacji procesu podejmowania właściwych decyzji w warunkach niepewności.

**Teoria gier** formalizuje podejmowanie decyzji w warunkach konkurencji - innych agentów, których interesy są odmienne.

**Badania operacyjne** rozważają problem podejmowania decyzji sekwencyjnych których skutki są odsunięte w czasie.

**Teoria decyzji zadowalających** określa najbardziej prawdopodobne zachowania ludzkie.

## Neurobiologia (1861 – )

- **W jaki sposób mózg przetwarza informacje?**

Neurobiologia zajmuje się poznaniem mechanizmów fizycznych związanych z działaniem mózgu.

Nie ma obecnie wątpliwości, że mózg jest siedliskiem świadomości i myślenia – wiadomo np., że mowa generowana jest w lewej półkuli mózgowej.

Pomiar czynności mózgu jest możliwy za pomocą elektroencefalografu (EEG) lub funkcjonalnego obrazowania rezonansu magnetycznego (fMRI).

Istnieją mapy obrazujące wpływ poszczególnych obszarów mózgu na sterowanie różnymi częściami ciała.

**Jednak nie wiadomo, gdzie mózg przechowuje informacje!**

Największą zagadką jest to, w jaki sposób zbiór komórek (neuronów) może mieć świadomość i generować myślenie?

⇒ **Mózg jest przyczyną myślenia** (Sears, 1992).



## Neurobiologia (1861 – )

- **W jaki sposób mózg przetwarza informacje?**

Porównanie mózgu i komputera (w roku 2009)

	Komputer	Mózg
Jednostki obliczeniowe	1 CPU, $10^{10}$ bramek	$10^{11}$ neuronów
Jednostki pamięci	RAM $10^{10}$ bitów Dysk $10^{12}$ bitów	$10^{11}$ neuronów $10^{14}$ synaps
Cykl czasowy	$10^{-9}$ s	$10^{-3}$ s
Pasmo	$10^{10}$ bitów/s	$10^{14}$ bitów/s
Odświeżenia pamięci/s	$10^9$	$10^{14}$

Ok. roku 2020 pojemność pamięci oraz liczba jednostek obliczeniowych komputera dorównają mózgowi.

Równoległość przetwarzania informacji przez mózg jest jednak nieporównanie większa, co czyni go znacznie ( $\sim 100,000$  razy) sprawniejszym od komputera.

Dzieje się tak mimo znacznie wolniejszego przetwarzania informacji przez mózg.

## Psychologia (1879 – )

- **W jaki sposób człowiek i zwierzęta myślą i działają?**

**Psychologia naukowa**, stworzona przez Hermanna Helmholtza i Wilhelma Wundta (1879) zajmuje się badaniem myślenia i zachowań człowieka metodami eksperymentalnymi i teoretycznymi.

**Behawioryzm** (Watson) odrzuca istnienie procesów myślowych (wiedzy, przekonań, celowości czy wnioskowania) i bada zachowania istot żywych jako reakcji na bodźce.

Behawioryzm nie jest jednak w stanie wyjaśnić zachowań człowieka.

**Psychologia kognitywna** (James, Bartlett, Craik)

**Mózg jako urządzenie przetwarzające informacje.**

Psychologia kognitywna zakłada istnienie i obiektywność procesów myślowych.

Przekonanie czy celowość są uważane za równie obiektywne cechy myślenia człowieka (stan?) jak temperatura czy ciśnienie będące własnościami zbioru cząstek.

## Psychologia (1879 – )

- **W jaki sposób człowiek i zwierzęta myślą i działają?**

W ramach psychologii kognitywnej Craik (1943) sformułował trzy cechy agenta inteligentnego:

1. **Bodźce zewnętrzne** muszą być przekształcone do postaci wewnętrznej.
2. **Reprezentacja wewnętrzna** jest przetwarzana poprzez procesy poznawcze do innej postaci wewnętrznej.
3. Nowa reprezentacja jest przekształcana na **działania**.

Craik określił też podstawową cechę agenta inteligentnego, jaką jest **optymalność** działania zmierzającego do osiągnięcia celu przy wykorzystaniu posiadanej wiedzy.

**Nauki kognitywne** zajmują się opracowaniem i badaniem modeli obliczeniowych psychologii pamięci, języka czy też myślenia.

Panuje nawet (kontrowersyjny) pogląd, że teoria kognitywna może (i powinna) być programem komputerowym opisującym mechanizm procesu myślowego (Anderson, 1980).

## Inżynieria komputerowa i Informatyka (1940 – )

- **W jaki sposób zbudować wydajne komputery?**

Sztuczna inteligencja wymaga „inteligencji” i „maszyny” – maszyną taką jest niewątpliwie **komputer**.

Maszyny obliczające powstały już w XVI wieku: Pascal, Leibniz; programowane od XVII wieku: Jacquard, Babbage.

**Wątek arystokratyczno-romantyczny:**

Ada Augusta Byron hrabina Lovelace (córka poety lorda Byrona) jest uważana za pierwszą programistkę (maszyny Babbage'a).

Nowoczesne komputery zostały wynalezione w latach 40. XX wieku (Robinson, Zuse, Turing, Atanasoff, Mauchly i inni).

Sztuczna inteligencja nie tylko korzysta z komputerów jako mediów, ale także zasila informatykę ideami, takimi jak np:

- podział czasu,
- główne koncepcje języków obiektowych.



## Teoria Sterowania i Cybernetyka (1948 – )

- **W jaki sposób sztuczny byt może działać i sterować sobą?**

Skonstruowanie przez Ktesibiosa (250 pne.) pierwszego **automatu** – zegara wodnego – pokazało, że nie tylko istoty żywe mogą zmieniać swoje zachowanie w reakcji na zmiany zachodzące w środowisku.

Zachowanie celowe tłumaczone może być jako mechanizm minimalizujący błąd pomiędzy stanem aktualnym a stanem pożądanym.

**Cybernetyka** (Wiener) formalizuje zagadnienia sterowania dla układów różnego rodzaju: mechanicznych, elektrycznych, biologicznych a nawet psychologicznych.

**Teoria sterowania** (stochastycznego) ma na celu budowę układów maksymalizujących wskaźnik jakości.

Optymalność jest charakterystyczna również dla sztucznej inteligencji: **maszyna inteligentna powinna działać optymalnie.**

Teoria sterowania próbuje także badać związki pomiędzy sterowaniem a świadomością (Wiener, Russel, Craik).

## Lingwistyka (1957 – )

- **Jak się ma język do myślenia?**

Lingwistyka analizuje język dwojako:

- od strony zachowań językowych (Skinner),
- jako **struktury syntaktyczne** (Chomsky).

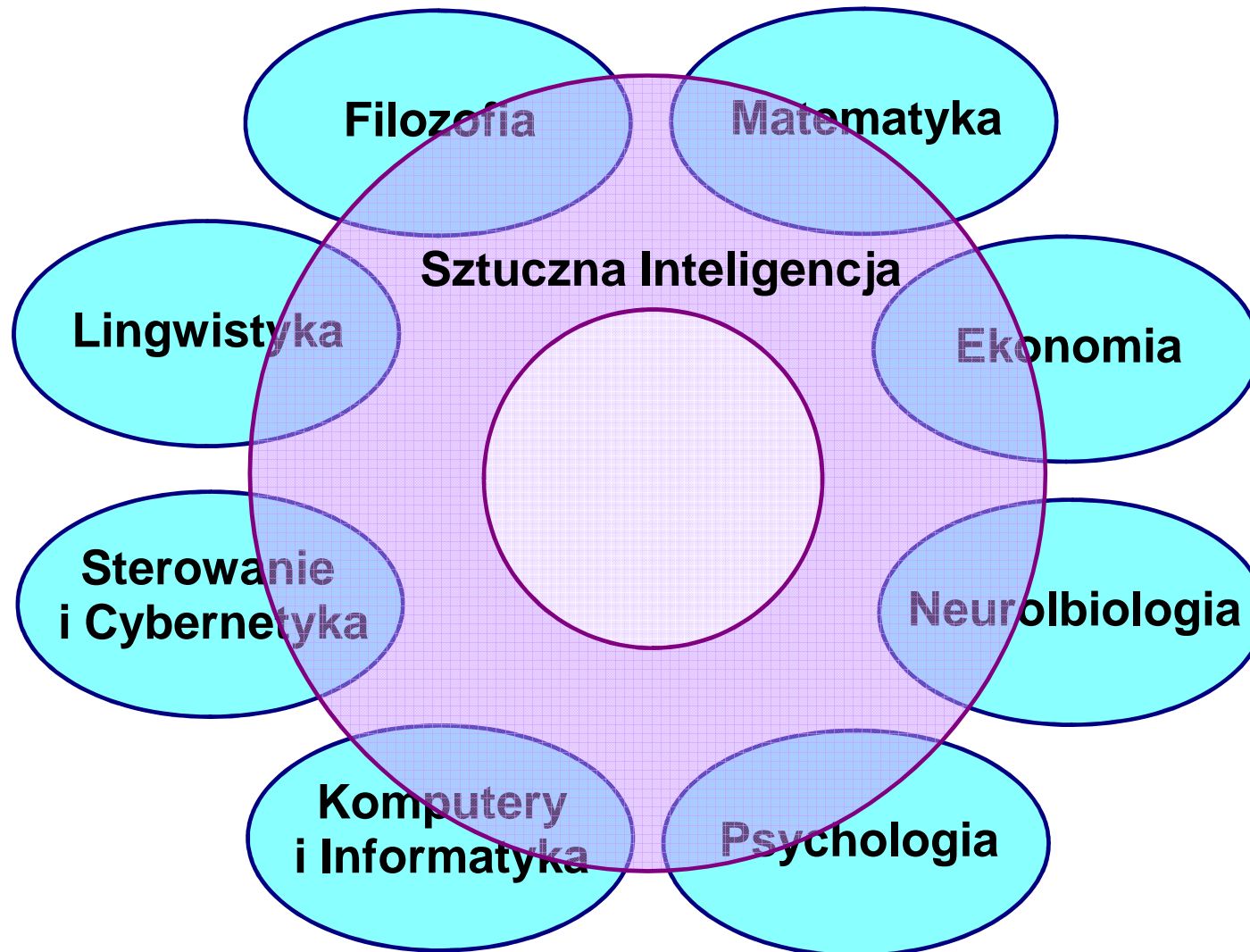
**Podejście syntaktyczne**, bardziej analityczne, pozwala na sformalizowanie języka - umożliwia to programowanie struktur językowych.

**Przetwarzanie języka naturalnego** jest niezbędne w sztucznej inteligencji do komunikowania się inteligentnej maszyny z otoczeniem.

**Reprezentacja wiedzy** w postaci możliwej do przetworzenia przez komputery jest również domeną lingwistyki.

Ważnym obszarem zastosowania lingwistyki w ramach sztucznej inteligencji jest **automatyczne tłumaczenie tekstów**.

## Sztuczna inteligencja jako połączenie wielu dziedzin nauki i techniki



## 1.2. Fundamenty sztucznej inteligencji

Komponenty sztucznej inteligencji: logika, teoria sterowania, teoria podejmowania decyzji, informatyka, badania operacyjne są samodzielnymi dyscyplinami.

Czy zatem uznanie sztucznej inteligencji za nową dyscyplinę jest uzasadnione?

*„Sztuczna inteligencja uwzględnia **zdolności ludzkie**: samodoskonalenie, kreatywność, zdolność uczenia się czy używanie języka do komunikowania się, których poszczególne dyscypliny nie mają”. (Russel & Norvig)*

Sztuczna inteligencja jako działanie racjonalne może być uważana za naukę informatyczną.

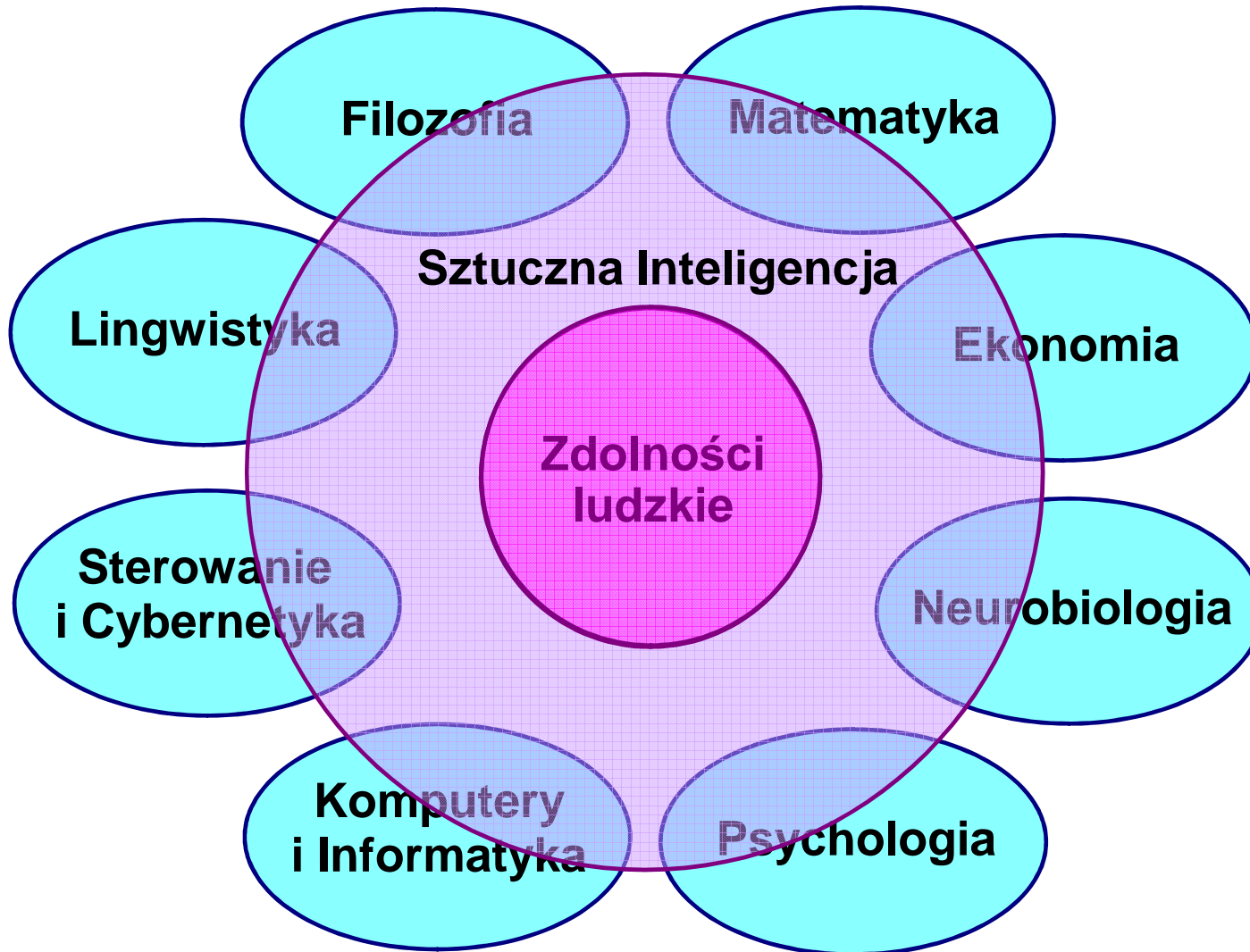
Dlaczego zatem sztuczna inteligencja nie jest po prostu działem matematyki stosowanej?

*„Sztuczna inteligencja wykracza poza informatykę i matematykę, gdyż ma na celu **budowę maszyn inteligentnych** mogących działać w złożonym, zmiennym środowisku.”*



1.2. Fundamenty sztucznej inteligencji

Sztuczna inteligencja jako połączenie wielu dziedzin nauki i techniki z adaptacją zdolności ludzkich.



## Poziomy sztucznej inteligencji



**Sztuczna świadomość ?**

**Uczenie się**

**Podjęmowanie decyzji**

**Planowanie**

**Niepewność**

**Logika relacyjna**

**Logika**

**Rozwiązywanie problemów**

# 1.3 Historia Sztucznej Inteligencji

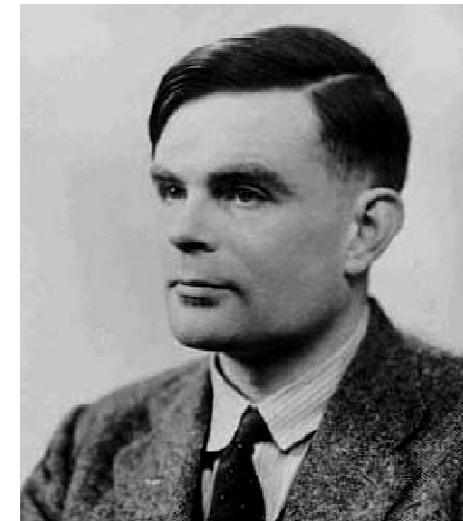
## Prehistoria Sztucznej Inteligencji

- p.n.e. Starożytni: czy człowiek jest zdolny skonstruować maszynę na wzór i podobieństwo swoje?  
Mit o Pigmalionie;
- p.n.e. Arystoteles; definicja człowieka: zwierzę wyposażone w *logos* - *myślenie, pojmowanie*;
- 1630 Kartezjusz - dualizm ciała („res extensa”) i umysłu („res cogitas”) - umysł bez ciała, ciało bez umysłu;
- XVII w. Thomas Hobbes - „... każda wiedza jest obliczaniem”
- 1710 Mechanicyzm de La Mettriego - „człowiek-maszyna”; dusza nie istnieje; człowiek jest tylko mechanizmem;
- 1650 Maszyna Pascala - sumator mechaniczny.
- 1690 G.W. Leibniz - język oparty na zasadach arytmetyki, maszyna arytmetyczna (używana do lat 80. XX w!), gramatyka uniwersalna; semantyczne dowodzenie zdań, ***maszyna myśląca w sensie Leibniza***.
- 1822 Maszyna Babbage’a - użycie kart z programem;
- 1835 Lady Ada Augusta Byron hrabina Lovelace - „...*maszyna nigdy nie wyjdzie poza program*”

## Sztucznej Inteligencji historia współczesna

### Dojrzewanie sztucznej inteligencji

- 1943 McCulloch i Pitts: obwodowy model boolowski mózgu; Sugestia możliwości uczenia neuronów.
- 1950 Minsky i Edmonds: pierwsza sieć neuronowa – 40 neuronów wykonanych z 3000 lamp próżniowych i ... celownika bombowego z samolotu B-24.
- 1950 Artykuł Alana Turinga "*Computing Machinery and Intelligence*"; Test Turinga, uczenie maszyn, algorytmy genetyczne.



## Sztucznej Inteligencji historia współczesna

### Narodziny sztucznej inteligencji

- 1956 Workshop w Dartmouth College (USA);  
Narodziny Sztucznej Inteligencji jako dyscypliny;

Uczestnicy:

John McCarthy (Princeton)

Nathaniel Rochester, Trenchard Moore,

Arthur Samuel (IBM)

Ray Solomonoff, Oliver Selfridge (MIT)

Claude Shannon,

Allen Newell, Herbert Simon (*Nobel'78 z ekonomii*),

Marvin Minsky

Sformułowali oni kluczową do dziś dla AI hipotezę:

„Każdy aspekt uczenia się, jak również każda inna własność inteligencji mogą być w zasadzie opisane tak precyzyjnie, że można będzie zbudować maszynę zdolną do ich symulacji...”

John McCarthy zaproponował dla dyscypliny termin **"Artificial Intelligence"**.

## Sztucznej Inteligencji historia współczesna

### Entuzjazm i wielkie oczekiwania

- 1952 – 69 Pojawiają się pierwsze roboty;
- 1957 Herbert Simon: „... zbudujemy w ciągu dziesięciu lat maszyny wnioskujące i myślące...”
- 1950 – 60 Pierwsze programy sztucznej inteligencji: szachowy Samuela, *Logic Theorist* Newella i Simona, *Geometry Engine* Gelerntera;
- 1965 Algorytm Robinsona do wnioskowania logicznego: dowiódł twierdzenia którego nie potrafili udowodnić matematycy;
- 1950 – 67 Znaczny postęp badań nad sieciami neuronowymi.

## Sztucznej Inteligencji historia współczesna

### Otrzeźwienie, pesymizm i realizm

- 1966 – 73 Sztuczna inteligencja napotyka barierę złożoności obliczeniowej;
- 1966 Pesymizm w sprawie automatycznego tłumaczenia tekstów:

*Biblia, Matthew 26:41*

„The spirit is willing but the flesh is weak”

English ⇒ Русский ⇒ English

"дух охотно готов но плоть будет неделей."

„The vodka is good but the meat is rotten”;

“The whiskey is all right but the meat has gone bad”;

“The ghost is willing but the meat is feeble”

- 1969 Badania nad sieciami neuronowymi prawie zamierają;
- 1973 Pesymistyczny raport Lighthilla (UK) na temat możliwości rozwoju AI powoduje wstrzymanie finansowania badań w Wielkiej Brytanii.

## Sztucznej Inteligencji historia współczesna

### Wyjście z zastoju i rozwój

- 1969 – 79 Pojawiają się pierwsze bazy wiedzy: DENDRAL (chemia), MYCIN (medycyna), SHRDLU (lingwistyka); Opracowywane są systemy ekspertowe.
- 1980 – Sztuczna inteligencja wkracza do przemysłu; Systemy ekspertowe w firmach DEC, DuPont; Projekt Piątej Generacji (Japonia) – niepowodzenie;
- 1981 Wznowienie finansowania badań AI w Wielkiej Brytanii.
- 1986 – Renesans sieci neuronowych – **konekcjonizm** jako alternatywa dla podejścia symbolicznego w AI.
- 1987 – Sztuczna inteligencja staje się nauką; formalizacja metod i teorii AI; zmniejszenie roli intuicji; Wzrost znaczenia podejścia probabilistycznego.
- 1995 – Pojawiają się inteligentni agenci; SOAR – pierwszy agent naśladowujący myślenie ludzkie. „Boty” internetowe – poszukujące, konwersujące,...



## 1.4 Sztuczna Inteligencja - stan aktualny

- **Planowanie autonomiczne i szeregowanie**

Opracowany przez NASA dla sondy Deep Space One autonomiczny program REMOTE AGENT pozwala planować zadania oraz korygować błędy.

Innym przykładem jest oprogramowanie łazika marsjańskiego.

- **Gra w szachy**

W roku 1997 komputer „Deep Blue” pokonał arcymistrza szachowego Gari Kasparowa 3,5:2,5.

W roku 2006 program „Deep Fritz” zainstalowany na laptopie pokonał arcymistrza Vladimira Krammnika.

- **Autonomiczne sterowanie pojazdami**

System wizyjny neuronowy ALVINN umożliwił po treningu autonomiczny przejazd sterowanego komputerem samochodu NAVLAB przez całe USA (Pittsburgh - San Diego) (2850 mil, 98% trasy).

2014 - dopuszczenie do ruchu pojazdów autonomicznych w Kalifornii. Kolejne stany deklarują podobne akty prawne.

#### 1.4. Sztuczna inteligencja - stan aktualny

- **Diagnostyka medyczna**

Probabilistyczne programy diagnostyki medycznej są w stanie diagnozować wiele chorób na poziomie lekarza specjalisty.

Zdarzało się, że programy takie diagnozowały lepiej od ekspertów, gdyż potrafiły uwzględnić wiele subtelnych oddziaływań różnych czynników.

- **Wielkoskalowe planowanie logistyczne**

W czasie wojny w Zatoce (1991) wojska USA używały oprogramowania DART pozwalającego planować rozmieszczenie wojsk, pojazdów i zaopatrzenia dla ~50,000 obiektów.

Planowanie trwało kilka godzin a nie miesiące, zaś w ocenie DARPA to jedno zastosowanie zwróciło z nawiązką nakłady poniesione na rozwijanie AI w okresie trzydziestu lat.

- **Dowodzenie twierdzeń**

Metodami sztucznej inteligencji dowiedziono twierdzenia Robbinsa (dotyczącego teorii grafów), które opierało się próbom klasycznego udowodnienia przez wiele dziesiątków lat.

#### 1.4. Sztuczna inteligencja - stan aktualny

- **Robotyka**

Powszechne użycie robotów w przemyśle samochodowym. Roboty inteligentne są coraz częściej używane w mikrochirurgii. System HIPNAV umożliwia stworzenie trójwymiarowego obrazu ciała pacjenta na podstawie którego robot precyzyjnie wstawia protezę biodra.

- **Rozumienie języka i rozwiązywanie problemów**

Program PROVERB gra w puzzle słowne lepiej niż większość ludzi. Osiąga to poprzez użycie słowników, baz słów, filmów, książek, oraz innych źródeł informacji pozwalających zrozumieć kontekst słów w zdaniach.

- **Systemy ekspertowe**

Istnieje wiele systemów ekspertowych wspomagających człowieka w nauce, technice i medycynie, np.:

DENDRAL - do wyznaczania struktur molekuł na podstawie spektrogramów masowych;

MYCIN - do diagnozowania zakażeń;

PROSPECTOR - do poszukiwań geologicznych.

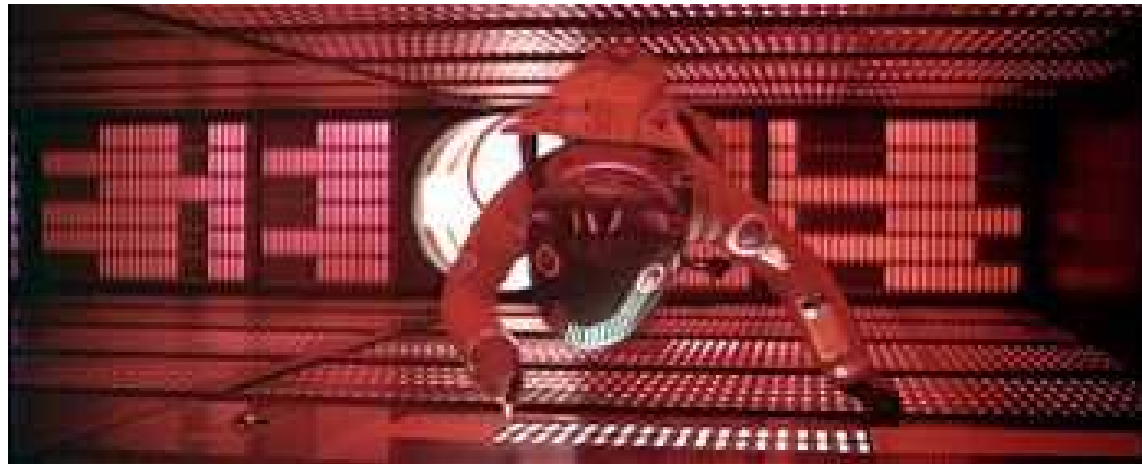
## 1.5 Sztuczna Inteligencja – dylematy poznawcze i etyczne

- Czym jest inteligencja?
- Co odróżnia byt myślący od maszyny?
- Czy maszyna może być inteligentna?
- Czy maszyna myśląca może być tego świadoma?
- Jeżeli każdy człowiek posiada inteligencję a komputer pokonał arcymistrza, to czy komputer ma inteligencję?
- Czy inteligentne maszyny będą mogły podejmować działania wbrew człowiekowi - dla jego dobra?
- Czy w stosunku do maszyn myślących powinna obowiązywać etyka lub moralność?
- Czy myślącym maszynom powinny przysługiwać prawa?
- Czy roboty mogą się zbuntować?
- Czy roboty mogą zażądać praw pracowniczych, np. urlopów?

1.5. Sztuczna inteligencja - dylematy poznawcze i etyczne

... i w końcu: czy maszyna inteligentna może mieć duszę?

Komputer **HAL 9000** z kultowego filmu s-f Stanleya Kubricka „2001: Odyseja kosmiczna” (1968).

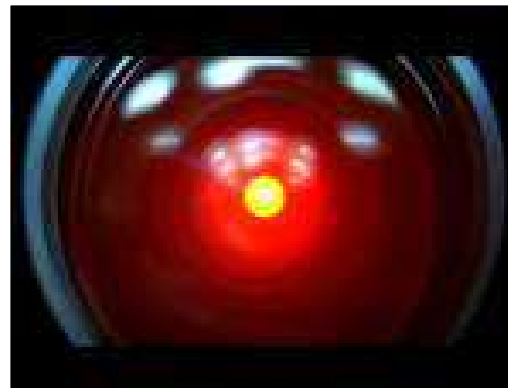


*... Dave ...*

*... my mind is going ...*

*... I can feel it ...*

*... I can feel it ...*



## Sztuczna Inteligencja – podsumowanie ewolucji

Na początku (lata 40. XX w.) były wielkie oczekiwania i marzenia:

- poznamy istotę inteligencji,
- dowiemy się, jak działa inteligencja ludzka,

a wtedy:

**„W ciągu dziesięciu lat powstaną myślące maszyny oparte na sformalizowanej psychologii myślenia!”**

(Herbert Simon, noblista, 1957)”

Zabrano się więc do prac nad rozszyfrowaniem istoty inteligencji...

Gdzie jest „siedziba” inteligencji ludzkiej? Jaka jest jej natura?

**Dylemat Kartezjusza: materialne ciało i niematerialny umysł**

- byty uważane przez niego za rozłączne.

Czy inteligencja, jako byt niematerialny, podlega badaniom empirycznym?

Na początku rozwoju AI **przyjęto, że, być może, tak!**

## 1.6. Sztuczna inteligencja – podsumowanie ewolucji

„Zbadajmy zatem jak działa mózg i na tej podstawie skonstruujemy maszyny inteligentne” – pomyśleli pionierzy AI.

**Ale... Nie udało się! Nie wiemy do dziś, jak działa mózg!**

Ważnym efektem tego podejścia jest jednak rozwój i zastosowanie **sieci neuronowych**.

Spróbowano zatem z innej strony.

**Może istnieją „prawa myślenia”?**

Znając je, mimo nieznaności mechanizmów działania mózgu, można będzie zbudować maszyny inteligentne wykorzystujące takie prawa – ucieszyli się pionierzy AI.

Uczestnicy Darmouth Workshop doszli do wniosku, że:

**„...myślenie da się sformalizować...”.**

**Częściowo się udało** – logika jest zbiorem praw myślenia (choć niepełnym...)

## 1.6. Sztuczna inteligencja – podsumowanie ewolucji

Wkrótce jednak okazało się, że:

- logika to za mało – niektóre zachowania inteligentne nie są logiczne;
- świat nie jest ściśle określony (może być opisany tylko stochastycznie) lub nawet nie jest przewidywalny (niedeterminizm),
- istnieją ograniczenia natury matematycznej uniemożliwiające praktyczną realizację logicznej AI (twierdzenie Gödla, algorytmy NP.), zatem...
- **formalizacja inteligencji jest mrzonką...**



## 1.6. Sztuczna inteligencja – podsumowanie ewolucji

Przypomniano sobie zatem o Turingu i jego pomyśle, aby

**zamiast pytać o myślenie maszyn inteligentnych,  
badać ich „zachowania inteligentne”.**

Było to poważne zawężenie podejścia do sztucznej inteligencji, ale za to:

- pozwoliło na zdefiniowanie jej podstawowych elementów,
- umożliwiło rozwój AI w tak określonym zakresie.

Ale i to podejście szybko napotkało na podstawowy problem:

**Co to znaczy, że jakieś zachowanie jest inteligentne?**

Spory na ten temat trwają wśród filozofów AI do dziś.

Wobec tego dokonano jeszcze jednego zawężenia pojęcia inteligencji:

### **Sztuczna inteligencja jako działanie racjonalne.**

Takie podejście otworzyło drogę do budowy bytów inteligentnych pełną parą: można bowiem zdefiniować ściśle pojęcie

**działania racjonalnego jako takiego, które maksymalizuje „użyteczność”** (co by to nie znaczyło).

A takie zagadnienia były już znane od dawna – rachunek wariacyjny i teoria sterowania operowały pojęciem

### **funkcjonału i jego maksymalizacji**

pod kątem wyznaczenia optymalnej z pewnego punktu widzenia funkcji, na przykład najlepszego sterowania.

Takie podejście spowodowało lawinowy rozwój sztucznej inteligencji „technicznej”.

## 1.6. Sztuczna inteligencja – podsumowanie ewolucji

Po sześćdziesięciu latach okazało się więc, że racjonalna sztuczna inteligencja odnosi kolejne tryumfy:

robotyka, przetwarzanie obrazów, analiza mowy, inteligentne pojazdy, domy, systemy eksperckie, ...

ale jednocześnie...

*„Artificial Intelligence is dead... There are absolutely no progress in understanding the nature of human intelligence...”*

(Marvin Minsky, 2006 , jeden z pionierów z Darmouth).

