



AGH

Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Elektrotechniki, Automatyki,
Informatyki i Inżynierii Biomedycznej



Adrian Horzyk

**METODY ROZWIĄZYWANIA PROBLEMÓW
ORAZ MODELOWANIE WIEDZY
I INTELIGENCJI W INFORMATYCE**





METODY ROZWIĄZYWANIA PROBLEMÓW



1. **Metoda prób i błędów** – badając różne przypadki z możliwością wycofywania się i badania innych ścieżek z przestrzeni rozwiązań.
2. **Kombinatoryczne** – poprzez przeszukiwanie całej przestrzeni potencjalnych rozwiązań, tzn. zbadanie i ewaluacja wszystkich możliwych kombinacji, permutacji lub wariacji danych (**problem eksplozji kombinatorycznej**) – złożoność $O(n!)$.
3. **Przeszukiwanie kierowane informacją** (*informed search / heuristic search*) – wykorzystujące dodatkowe informacje umożliwiające kierowanie procesem wyszukiwania w najbardziej obiecujących kierunkach, zawężając w taki sposób przestrzeń poszukiwań:
 - A. **Heurystyki** – metody poszukiwania rozwiązań na podstawie przypuszczeń co do kierunków ich poszukiwania bez gwarancji ich odnalezienia. W Odysei kosmicznej 2001, nazwa inteligentnego komputera **HAL** pochodziła od *Heuristically programmed **AL**gorithmic computer*.
 - B. **Metody stosujące funkcję kosztu**, wyróżniając sytuację początkową i końcową oraz stany przejściowe, dopuszczalne czynności/akcje, zwane operatorami, np. genetycznymi. **Funkcja kosztu** służy do ewaluacji jakości osiągniętych stanów oraz wyznaczania dalszych kierunków poszukiwań.



METODY ROZWIĄZYWANIA PROBLEMÓW



- 4. Metoda poprawiania rozwiązania** – polega na losowym ustawieniu sytuacji wyjściowej oraz próbie poprawienia rozwiązania poprzez wprowadzanie drobnych zmian, a następnie ocenianie wyników takich działań na podstawie **funkcji dopasowania**.
Problemy: minima lokalne, równiny (*plateaux*), grzebienie (*ridges*).
Rozwiązania:
- A) **wielokrotny restart** z różnych losowych punktów startowych,
 - B) **symulowane wyżarzanie** (*simulated annealing*),
 - C) **algorytmy genetyczne i metody ewolucyjne**,
 - D) **metody Monte Carlo** wykorzystujące elementy losowe,
 - E) **metoda A*** umożliwiająca poprawianie rozwiązania,
 - F) **przeszukiwanie on-line** związane ze stopniowym dostarczaniem danych (podobnie jak w przyrodzie), co umożliwia zmiany kierunków poszukiwań, gdy dostarczamy kolejne, nowe dane.
- 5. Regułowe i logiczne** – z wykorzystaniem reguł, logiki formalnej, aksjomatów, dowodzenia.
- 6. Metody wykorzystujące wcześniej zdobytą wiedzę o danych i ich relacjach** na podstawie przykładowych danych zwanych zbiorami wzorców uczących, np. metody neuronowe, asocjacyjne.

SZTUCZNA INTELIGENCJA DZISIAJ



To przede wszystkim różne metody
inteligentnego przetwarzania
danych, klasyfikacji, klasteryzacji,
przewidywania oraz wspomaganie
podejmowania decyzji...

SZTUCZNA INTELIGENCJA



ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Let the games begin..

motifake.com

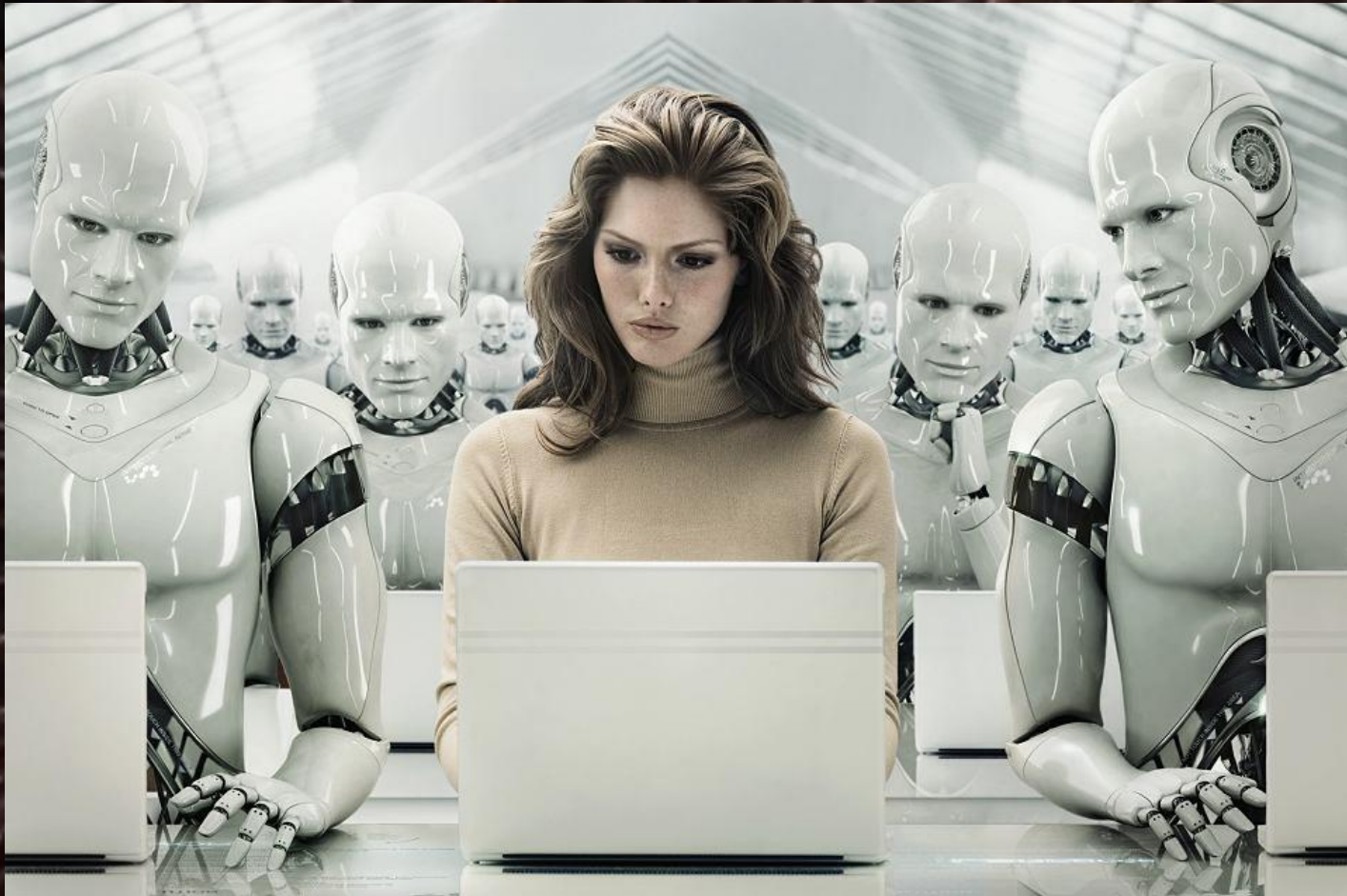
W GRACH LOGICZNYCH: WARCABY, SZACHY, GO!

SZTUCZNA INTELIGENCJA



Deep Blue pierwszy raz pokonał arcymistrza szachowego Garry'ego Kasparowa 13.05.1997!

SZTUCZNA INTELIGENCJA



Fot. Getty Images

Czy tylko korzystające z inteligencji ludzkiej sprytne aplikacje komputerowe wykorzystujące dużą moc obliczeniową oraz ogromne zbiory danych?

SZTUCZNA INTELIGENCJA



Fot. Getty Images

**Czy komputery i inteligentne roboty
pokonają nas pod kątem wiedzy i inteligencji?**

SZTUCZNA INTELIGENCJA



Po ponad pół wieku zmagania nad zdefiniowaniem i urealnieniem sztucznej inteligencji jeden z jej inicjatorów oraz pierwszych jej badaczy Marvin Minsky



stwierdził, iż

„Prawdziwa sztuczna inteligencja czeka dopiero na swojego odkrywcę!”

SZTUCZNA INTELIGENCJA

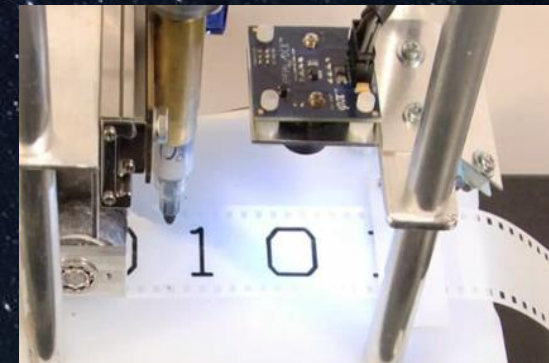
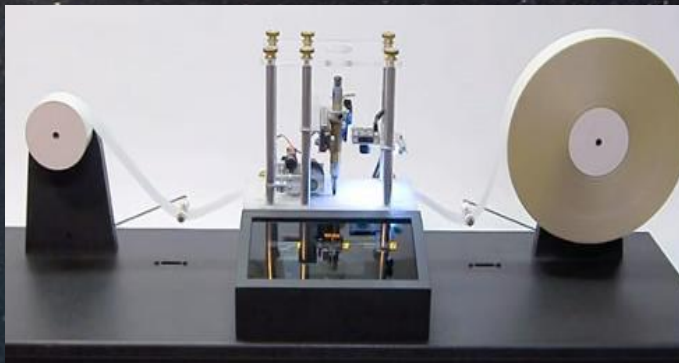


Na jakich założeniach bazują współczesne komputery i dlaczego tak trudno stworzyć sztuczną inteligencję?



Współczesne komputery jako model obliczeniowy wykorzystują tzw. Maszynę Turinga

której stan jest deterministycznie wyznaczony na podstawie wcześniejszego oraz przetwarzanego symbolu na przewijanej taśmie.



Czym jest inteligencja?



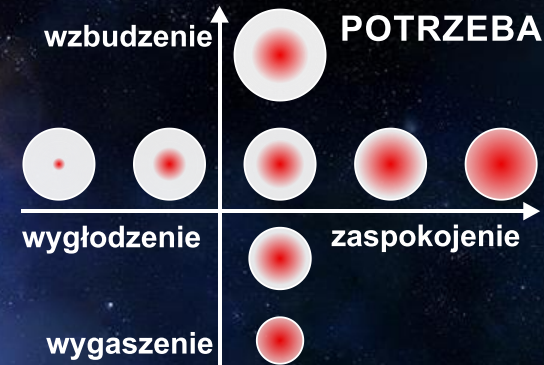
Jakie procesy biocybernetyczne sekrety skrywa w sobie inteligentny mózg?



INTELIGENCJA



1. Jest stymulowana poprzez potrzeby.
2. Dąży do efektywnego ich zaspokajania.
3. Tworzy cele dla ich zaspokojenia.
4. Korzysta z wiedzy i dąży do jej formowania.
5. Wykorzystuje wcześniejsze doświadczenia.
6. Kojarzy ze sobą fakty i reguły w kontekście celu.
7. Pozwala na przenoszenie cech poprzez podobieństwo.
8. Uogólnia, kategoryzuje, grupuje i podsumowuje.
9. Potrzebuje swobody i możliwości adaptacyjnych.
10. Wymaga szybkiego i kontekstowego dostępu do danych.





DEFINICJE INTELIGENCJI



Inteligencja - rozumiana jako sprawność umysłowa ma wiele odcieni znaczeniowych i co za tym idzie ma wiele różnych definicji:

Inteligencja to 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 to ogólna zdolność adaptacji do nowych warunków i wykonywania nowych zadań (Stern)

Inteligencja to właściwość psychiczna, która przejawia się we względnie stałej, charakterystycznej dla jednostki efektywności wykonywania zadań (Tieplow)

Inteligencja to zdolność rozwiązywania problemów (Piaget)

Inteligencja to dostrzeganie zależności, relacji (Spearman)

Inteligencja to zdolność uczenia się (G. Ferguson)

Inteligencja to zdolność do aktywnego przetwarzania informacji, przekształcania ich z jednej formy w inną poprzez operacje logiczne - w tym sensie inteligentne są komputery, a nawet zwykłe kalkulatory.

Inteligencja to zespół zdolności umysłowych umożliwiających jednostce sprawne korzystanie z nabytej wiedzy oraz skuteczne zachowanie się wobec nowych zadań i sytuacji.



DEFINICJE INTELIGENCJI



Inteligencja to zdolność do aktywnego przetwarzania informacji w celu lepszego przystosowywania się do zmiennego środowiska. Tak rozumianej inteligencji nie posiadają komputery (bo nie przetwarzają informacji na własne potrzeby) ale posiadają ją zwierzęta, np. owady. Taką inteligencją wykazywałaby się maszyna, która np. w lesie albo na ulicy potrafiłaby samodzielnie przetrwać i zdobywać źródła energii.

Inteligencja to zdolność do przetwarzania informacji na poziomie abstrakcyjnych idei (np. umiejętność dokonywania obliczeń matematycznych lub gry w szachy). Taką inteligencję również posiadają komputery (sztuczna inteligencja).

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 sprawność umysłu pozwalająca na budowanie i weryfikowanie modelu świata poprzez dostrzeganie, rozróżnianie i rozpoznawanie zależności (relacji) pomiędzy obiektami i działaniami oraz wnioskowanie i wykorzystywanie tak skonstruowanej wiedzy do uczenia się i poprawiania interakcji oraz dopasowywania zależności pomiędzy różnymi obiektami poprzez podnoszenie efektywności działań oraz osiągania celów wynikających z potrzeb.



DEFINICJE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI



Sztuczna inteligencja to badania prowadzone w kierunku stworzenia komputerów, które myślą, czyli maszyn posiadających umysł. (Haugeland)

Sztuczna inteligencja to sztuka tworzenia maszyn zdolnych do wykonywania działań, wymagających od człowieka zaangażowania inteligencji. (Kurzweil)

Sztuczna inteligencja to badania mające na celu stworzenie komputerów posiadających umiejętności, w których człowiek jest obecnie lepszy. (Rich i Knight)

Sztuczna inteligencja to badanie zdolności umysłowych za pomocą modeli obliczeniowych. (Charniak i McDermott)

Sztuczna inteligencja to studia nad modelami obliczeniowymi, które to umożliwiają percepcję, wnioskowanie i działanie. (Winston)

Sztuczna inteligencja to badania mające na celu opis i symulację inteligentnego zachowania w kategoriach procesów obliczeniowych. (Schalkoff)

Sztuczna inteligencja jest gałęzią informatyki, zajmującą się automatyzacją inteligentnego zachowania. (Luger i Stubblefield)



DEFINICJE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

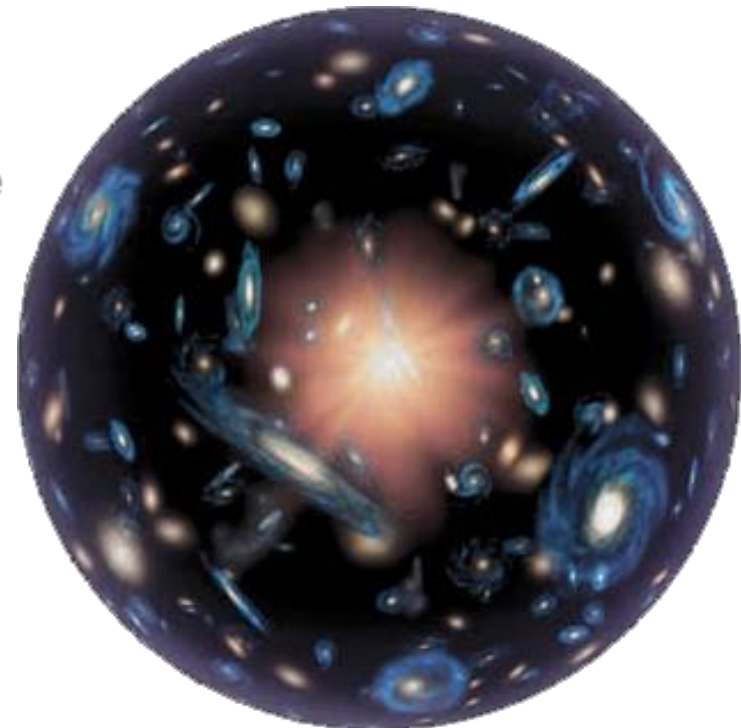


Sztuczna inteligencja – to dział informatyki zajmujący się modelowaniem inteligencji oraz tworzeniem modeli inteligentnych zachowań realizowanych w postaci programów komputerowych.

Sztuczna inteligencja – to sprawność maszyny liczącej zdolnej odwzorować i imitować inteligentne zachowania możliwie dużej ilości inteligentnych osobników, współpracować z nimi, uczyć się oraz szukać zależności pomiędzy danymi.

Sztuczna inteligencja musi być zdolna do:

- formowania wiedzy w procesie uczenia się
- tworzenia modelu świata
- rozpoznawania i klasyfikacji
- kojarzenia, wnioskowania i oceny
- uogólniania i interpretacji
- tworzenia strategii działania



MÓZG – OŚRODEK NASZEJ INTELIGENCJI



ARCHITEKTURA

NEURONY

ZMYSŁY

POŁĄCZENIA

RECEPTORY



SYNAPSY

KOMÓRKI
GLEJOWE

PŁYN MÓZGOWO-RDZENIOWY
ZWIĄZKI PRZESTRZENNE I CZASOWE



SIECI NEURONÓW

są w stanie błyskawicznie rozwiązać
obliczeniowo bardzo skomplikowane zadania.





Mózg – dynamicznie zmienna struktura biocybernetyczna



Mózg – to nietypowa maszyna obliczeniowa, gdyż w wyniku interakcji z danymi docierającymi do niego w postaci różnych bodźców dochodzi w nim do zmian:

- w jego funkcjonowaniu,
- w sposobie przetwarzania kolejnych danych,
- w jego strukturze i właściwościach połączeń,
- w parametrach budowy i funkcjonowania neuronów,
- w zapamiętanych wcześniej faktach, regułach,
- w reprezentacji różnych obiektów, akcji i zjawisk,
- w sposobie kojarzenia i przypominania sobie skojarzonych faktów.



Każde zdarzenie i doznanie z naszego życia w pewnym stopniu zmienia nasz mózg, sposób jego działania oraz wpływa na przyszłe skojarzenia i podejmowane akcje!

Dynamiczna biocybernetyka naszego mózgu nie ma na razie sensownego odpowiednika w cybernetycznych rozwiązaniach naszej cywilizacji mimo wielu podejmowanych prób w tym zakresie!



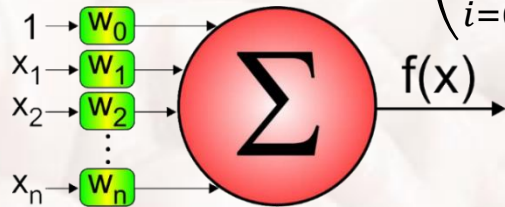
SZTUCZNE SIECI NEURONOWE

Artificial Neural Networks - ANN



Sztuczne sieci neuronowe – to nazwa przypisywana matematycznym modelom biologicznych sieci neuronowych opierających się na idei **sztucznego neuronu** McCullocha-Pittsa oraz jego wariacjom bazującym na różnych:

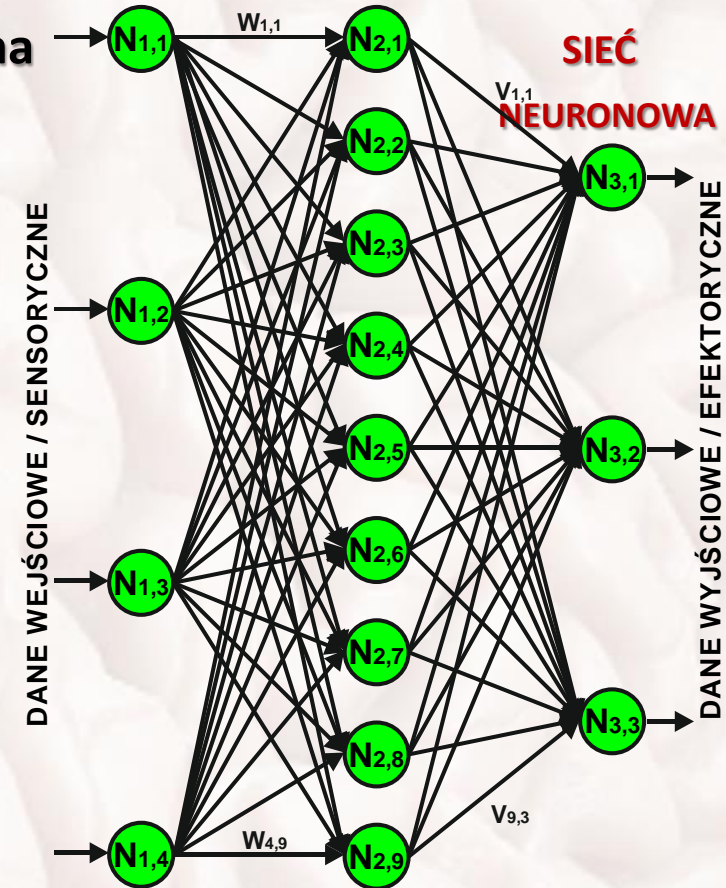
- metodach budowy, uczenia i adaptacji
- funkcjach aktywacji,
- strukturach połączeń.



$$y_k = f \left(\sum_{i=0}^n w_{ik} x_i \right)$$

Sieć neuronowa jest **grafem**, w którego węzłach są neurony, a krawędzie reprezentują ważne połączenia pomiędzy nimi.

W **sztucznych sieciach neuronowych** traktuje się **sztuczny neuron** jako jednostkę obliczeniową, która na podstawie określonej **funkcji aktywacji** oblicza na wyjściu pewną wartość na podstawie sumy ważonych danych wejściowych.

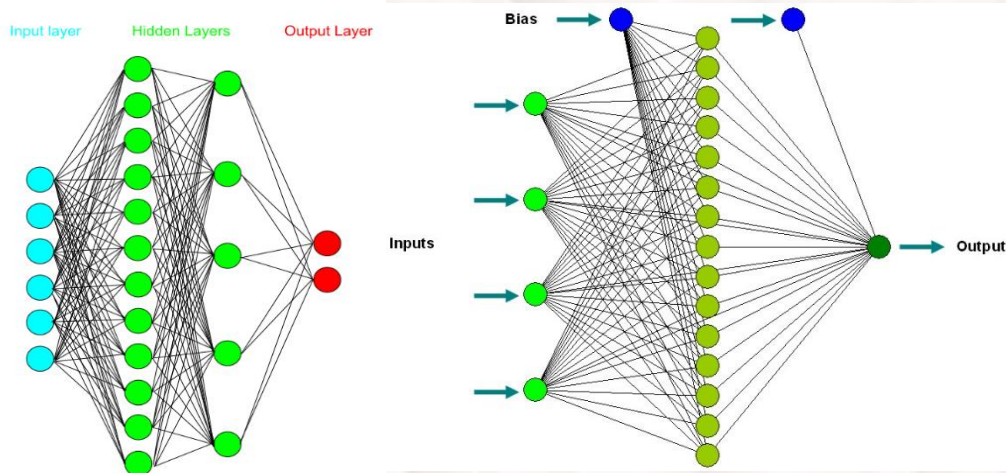




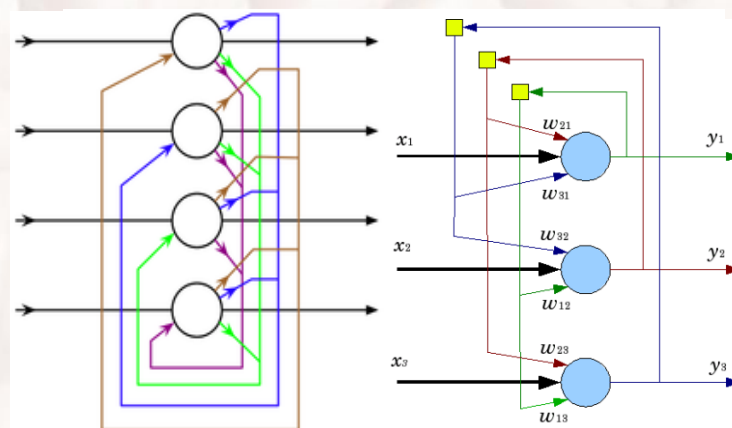
RODZAJE SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH



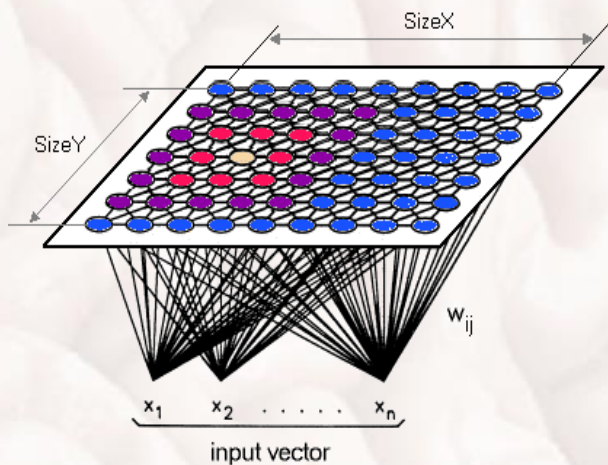
WIELOWARSTWOWE SIECI PERCEPTRONOWE



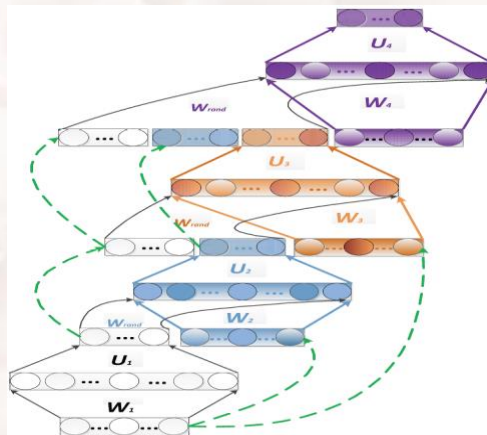
SIECI REKURENCYJNE



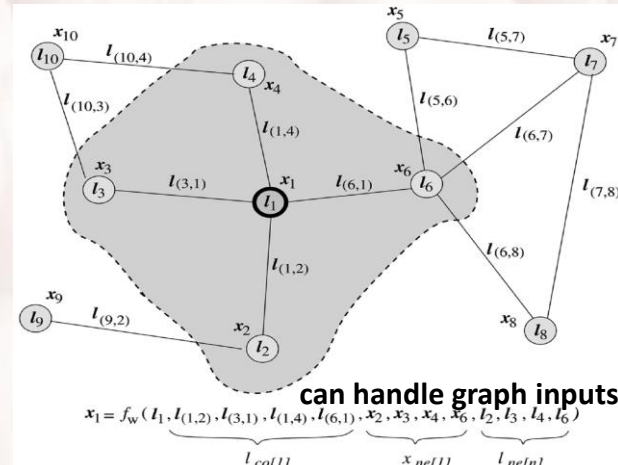
SAMOORGANIZUJĄCE MAPY



SIECI GŁĘBOKIE



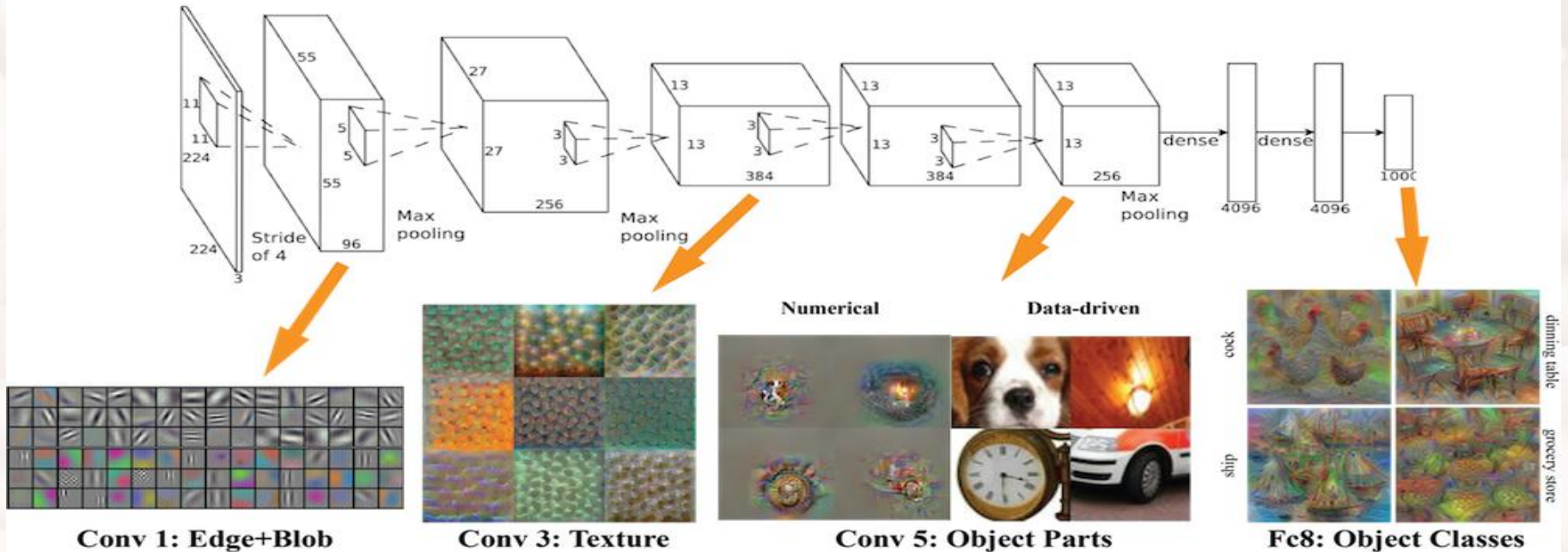
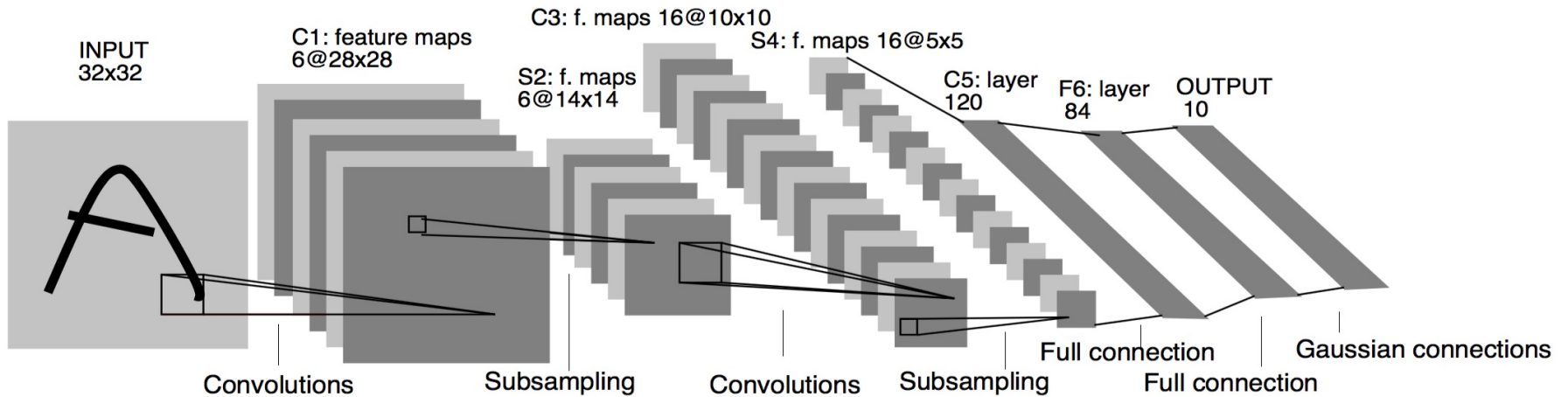
SIECI GRAFOWE



KONWOLUCYJNE SIECI NEURONOWE (CNN)

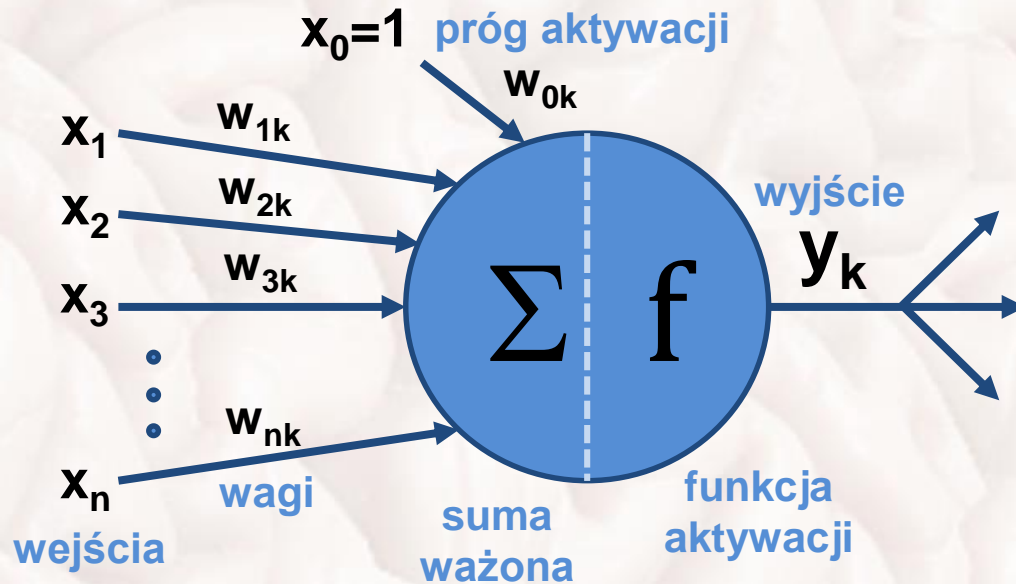


GŁĘBOKIE KONWOLUCYJNE SIECI NEURONOWE DO KLASYFIKACJI OBRAZÓW





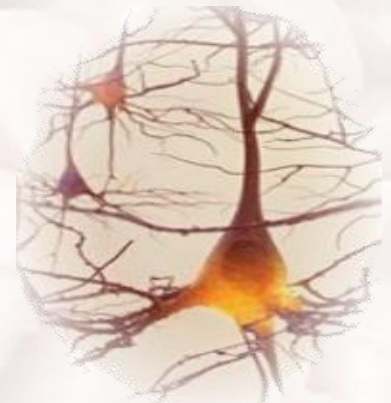
Najczęściej stosowany model SZTUCZNEGO NEURONU



$$y_k = f \left(\sum_{i=0}^n w_{ik} x_i \right)$$

Sztuczne neurony zwykle w ograniczonym stopniu modelują neurony biologiczne:

- Dane z wszystkich wejść $x_1 \dots x_n$ równocześnie oddziałują na sztuczny neuron.
- Poprzednie stany sztucznego neuronu nie mają żadnego wpływu na jego aktualny stan, liczy się tylko aktualne pobudzenie oraz wagi $w_{0k}, w_{1k} \dots w_{nk}$.
- Nie istnieją żadne zależności czasowe pomiędzy jego stanami.
- Reakcja sztucznego neuronu następuje natychmiast i powoduje obliczenie wartości wyjściowej ewaluując wybraną **funkcję aktywacji** sztucznego neuronu **f**, której wartość zależna jest od **sumy ważonej wejść** oraz aktualnych wartości wag $w_{0k}, w_{1k} \dots w_{nk}$.

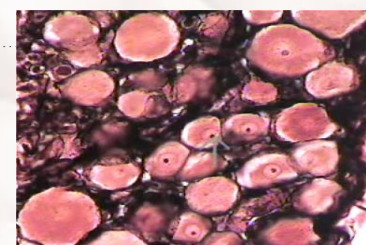
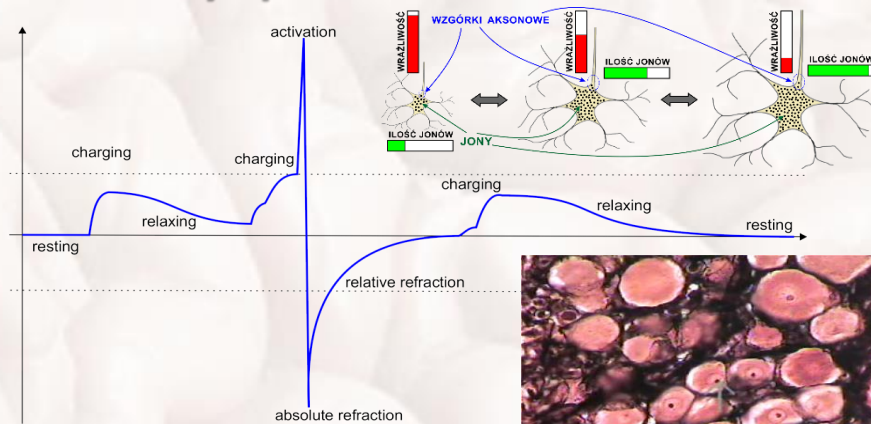
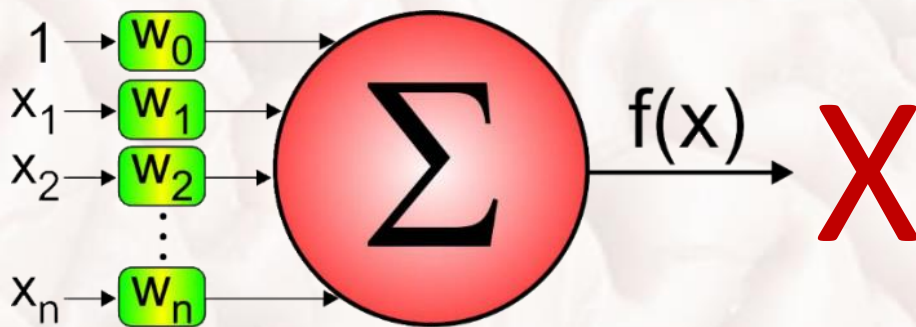




BIOLOGICZNY I SZTUCZNY NEURON



Sztuczne neurony stosowane współcześnie w inteligencji obliczeniowej są bardzo ubogimi modelami **neuronów biologicznych**, wypaczającymi w sposobie swojego działania lub metodzie uczenia (adaptacji) prawdziwy sposób działania neuronów:



Sztuczne neurony:

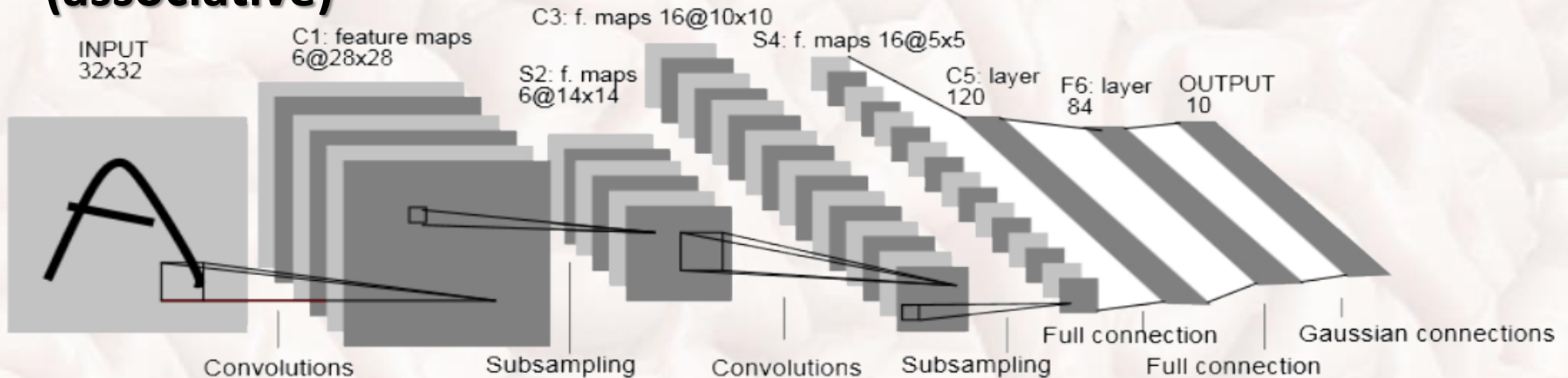
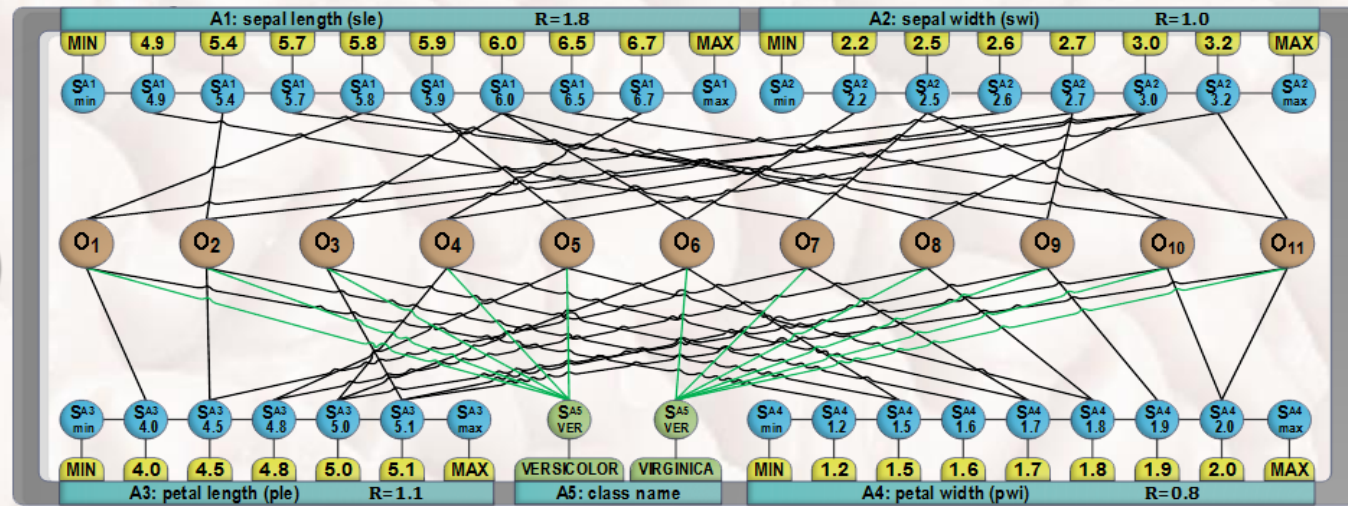
1. Zaniedbują, nie definiują ani nie wykorzystują swoje **położenie** w strukturze sieci.
2. Bagatelizują znaczenie **progu aktywacji** sprowadzając go do kolejnej wagi o stałym pobudzeniu.
3. Zmieniają naturalną zdolność większości neuronów do aktywacji na **ciągłe i różniczkowalne funkcje aktywacji f**.
4. Nie biorą pod uwagę **różnej i zmiennej wielkości neuronów** wpływające na jego **wrażliwość** i specjalizację.
5. **Funkcje synaps** sprowadzają do adaptowalnej wagi, która może wzmacniać wielokrotnie sygnały wejściowe.
6. Sumują ważone sygnały wejściowe nie uwzględniając faktu **automatycznego powracania** niewystarczająco pobudzonych neuronów **do stanu równowagi w czasie** ani **procesu refrakcji**, jakby nie był wcale istotny.
7. Nie biorą pod uwagę **czas różnych procesów** zachodzących w biologicznych neuronach.
8. Są rozważane **w oderwaniu od reszty elementów**: receptorów, płynu mózgowo-rdzeniowego i komórek glejowych.
9. Najczęściej są **łączone na zasadzie każdy-z-każdym**, co wprowadza niepotrzebne interferencje do procesu przetwarzania danych wejściowych i **uniemożliwia im specjalizację** dla wybranej grupy danych wejściowych.
10. Nie dokonują **żadnej plastyczności połączeniowej ani funkcjonalnej**, sprowadzając je do funkcji nieliniowych.



METODY I STRATEGIE UCZENIA



- Nadzorowane (*supervised*), tzw. z nauczycielem
- Nienadzorowane (*unsupervised*), tzw. bez nauczyciela
- Ze wzmacnianiem / z krytykiem (*reinforcement*)
- Konwolucyjne (convolutional)
- Hebbowskie
- Głębokie (deep)
- Motywowane
- Skojarzeniowe (associative)

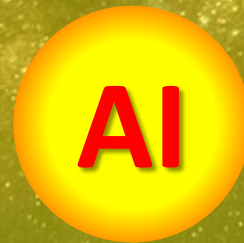


SZTUCZNA INTELIGENCJA



SIECI
NEURONOWE

METODY LOGIKI
ROZMYTEJ



ALGORYTMY GENETYCZNE
I STRATEGIE EWOLUCYJNE

INGELIGENCJA OBLICZENIOWA



SZTUCZNE SIECI NEURONOWE

OBLICZENIA EWOLUCYJNE i ALGORYTMY GENETYCZNE

TEORIA ZBIORÓW ROZMYTYCH i PRZYBLIŻONYCH

WNIOSKOWANIE PROBABILISTYCZNE I SIECI BAYESA

ROZPOZNAWANIE i KLASYFIKACJA WZORCÓW, ANALIZA SKUPISK

METODY POPULACYJNE, ROJU oraz INTELIGENCJI STADNEJ

LOGIKA oraz REGUŁOWE SYSTEMY WNIOSKOWANIA

LINGWISTYKA MATEMATYCZNA i KOGNITYWNA

TEORIA GRAMATYK GENERATYWNYCH

SYSTEMY AGENTOWE i WIELOAGENTOWE

MODELE REPREZENTACJI WIEDZY (regułowe, strukturalne, asocjacyjne)

MODELE ASOCJACYJNE, KONEKCJONISTYCZNE i KOGNITYWNE

Na czym opiera się INTELIGENCJA?

WIEDZA

KOJARZENIE

NAUKA

ADAPTACJA

POTRZEBY

ŚRODOWISKO

Skąd bierze się WIEDZA?

AKTYWNA NAUKA

DOŚWIADCZANIE

INTROSPEKCJA

INTUICJA

Wiedza i jej uogólnienie

Wiedza przekazywana jest poprzez informacje w formie opisu obiektów, faktów lub reguł, które stają się **danymi uczącymi (*training data*)** np. dla metod inteligencji obliczeniowej. Czasami również istotna jest kolejność tych obiektów, więc jest odwzorowana w modelu obliczeniowym.

Zebrane dane uczące tworzą **zbiory danych uczących (*training data sets*)**, które są wykorzystywane w procesach budowy, uczenia i adaptacji modeli inteligencji obliczeniowej.

Modele obliczeniowe mają za zadanie odwzorować dane i relacje pomiędzy nimi w taki sposób, żeby były zdolne **uogólniać** je na przypadki spoza wejściowego zbioru danych uczących.

Dane i relacje pomiędzy nimi możemy przechowywać i wyszukiwać w **bazach danych** o różnej strukturze i sposobach dostępu do danych.

Zdolność do uogólniania jest jedną z podstawowych cech inteligencji naturalnej o dużym znaczeniu praktycznym. W **inteligencji obliczeniowej** dążymy do osiągnięcia możliwie **jak najlepszego uogólnienia (generalizacji)**!

Czym jest baza danych?

Baza danych – to zbiór odpowiednio zorganizowanych danych zgodnie z określonymi regułami.

Każda baza danych posiada pewną **strukturę powiązań danych**, które przechowuje.

Bazy danych są zarządzane (obsługiwane) przez specjalne systemy, zwane **systemami zarządzania bazami danych** (*DBMS – database management systems*), czyli tzw. **silnikami bazodanowymi**.

W 1970 r. E. F. Codd zaproponował **relacyjny model danych**, który do dzisiaj jest popularny i powszechnie stosowany.

Istnieją też bazy: obiektowe, relacyjno-obiektowe, temporalne, strumieniowe, kartotekowe, hierarchiczne i nierelacyjne (NoSQL).

TABELE BAZODANOWE

KLUCZ GŁÓWNY

KOLUMNA

KATEGORIA

ATRYBUT

POLE

TABELA

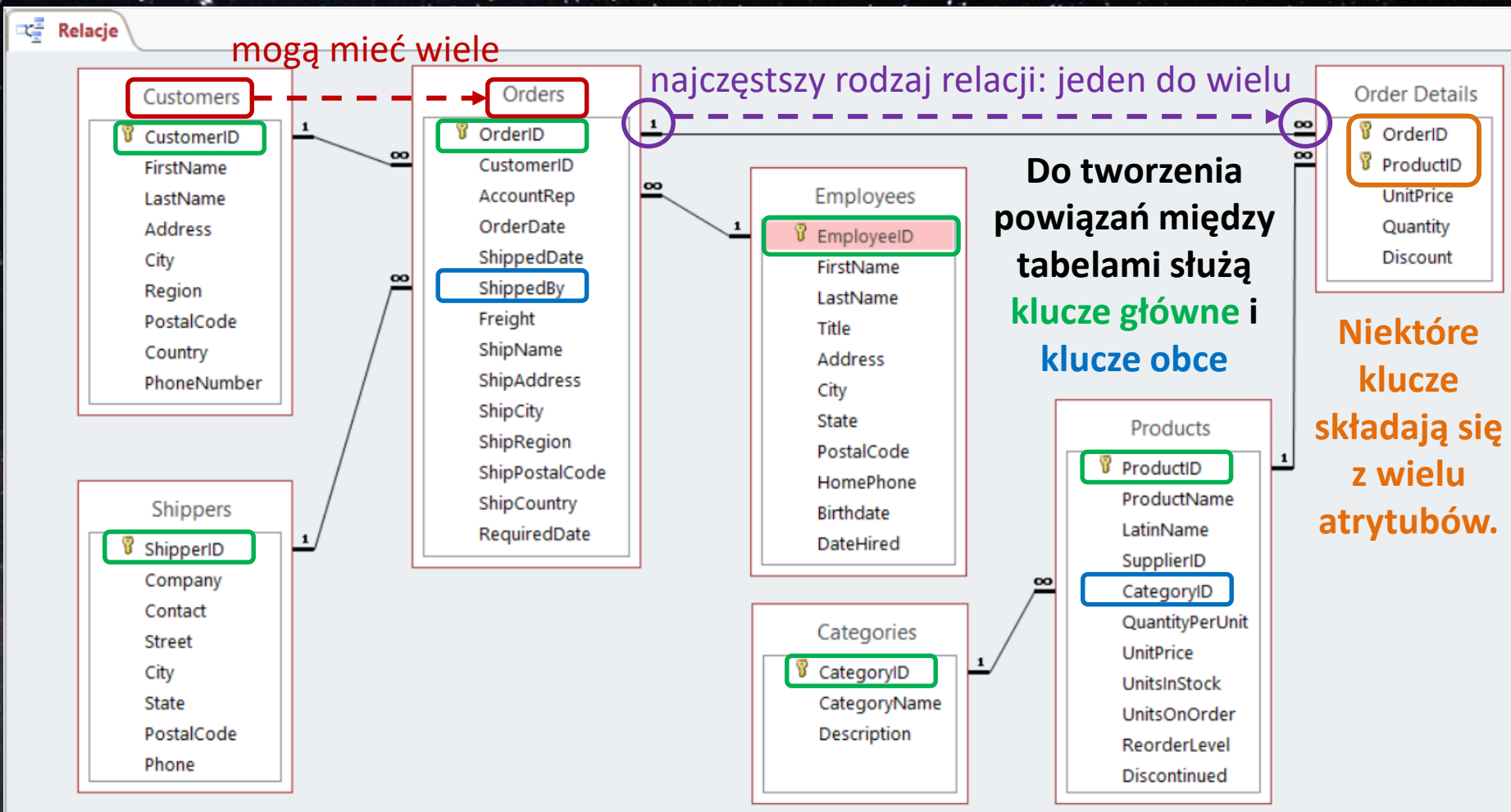
CustomerID	FirstName	LastName	Address	City	Region	PostalCode	Country	PhoneNumbr
ACKPI	Pilar	Ackerman	8808 Backbay S	Bellevue	WA	88004	USA	(425) 555-0194
ADATE	Terry	Adams	1932 52nd Ave.	Vancouver	BC	V4T 1Y9	Canada	(604) 555-0193
ALLMI	Michael	Allen	130 17th St.	Vancouver	BC	V4T 1Y9	Canada	(604) 555-0192
ASHCH	Chris	Ashton	89 Cedar Way	Redmond	WA	88052	USA	(425) 555-0191
BANMA	Martin	Bankov	78 Riverside Dr.	Woodinville	WA	88072	USA	(425) 555-0190
BENPA	Paula	Bento	6778 Cypress Pl	Oak Harbor	WA	88277	USA	(360) 555-0189
BERJO	Jo	Berry	407 Sunny Way	Kirkland	WA	88053	USA	(425) 555-0187
BERKA	Karen	Berg	PO Box 69	Yakima	WA	88902	USA	(509) 555-0188
BOSRA	Randall	Boseman	55 Grizzly Peak	Butte	MT	49707	USA	(406) 555-0186
BRETE	Ted	Bremer	311 87th Pl.	Beaverton	OR	87008	USA	(503) 555-0185
BROKE	Kevin F.	Browne	666 Fords Land	Seattle	WA	88121	USA	(206) 555-0184
CAMDA	David	Campbell	22 Market St.	San Francisco	CA	84112	USA	(415) 555-0183
CANCH	Chris	Cannon	89 W. Hilltop Dr	Palo Alto	CA	84306	USA	(415) 555-0182
CHANE	Neil	Charney	1842 10th Aven	Sidney	BC	V7L 1L3	Canada	(604) 555-0181
CLAMO	Molly	Clark	785 Beale St.	Sidney	BC	V7L 5A6	Canada	(604) 555-0180
COLPA	Pat	Coleman	876 Western Av	Seattle	WA	88119	USA	(206) 555-0179
CORCE	Cecilia	Cornejo	778 Ancient Rd.	Bellevue	WA	88007	USA	(425) 555-0178
COXBR	Brian	Cox	14 S. Elm Dr.	Moscow	ID	73844	USA	(208) 555-0177
CULSC	Scott	Culp	14 E. University	Seattle	WA	88115	USA	(206) 555-0176
DANMI	Mike	Danseglio	55 Newton	Seattle	WA	88102	USA	(206) 555-0174
DANRY	Ryan	Danner	33 Neptune Cir	Langley	WA	88260	USA	(360) 555-0175
DOYPA	Patricia	Doyle	1630 Hillcrest V	Carmel Valley	CA	83924	USA	(408) 555-0173
ERIGA	Gail A.	Erickson	908 W. Capital	Tacoma	WA	88405	USA	(253) 555-0172
ESTMO	Modesto	Estrada	511 Lincoln Ave	Burns	OR	87710	USA	(503) 555-0171
FENHA	Hanying	Feng	537 Orchard Av	Victoria	BC	V8C 3Z1	Canada	(604) 555-0170

WIERSZ

REKORD

KROTKA

RELACYJNE POWIĄZANIA DANYCH W TABELACH



Relacje wiążą ze sobą dane zapisane w tabelach – odwzorowując zależności pomiędzy nimi.

ZALETY RELACYJNYCH BAZ DANYCH

Pozwalają **unikać** wprowadzania zduplikowanych danych.

Pozwalają **zapobiegać** pomyłkom dzięki wbudowanym mechanizmom kontroli wprowadzanych danych.

Pozwalają na **grupowanie, zestawianie i manipulację** danymi oraz ich przeglądanie na wiele różnych sposobów.

Pozwalają **chronić** dane przed niepowołanym dostępem poprzez określanie ról i nadawanie praw dostępu.

Pozwalają **przechowywać** dane na zdalnych serwerach i **umożliwiać dostęp** do danych z wielu miejsc.

Umożliwiają wygodną i szybką **prezentację** danych w postaci raportów zawierających wykresy i podsumowania.



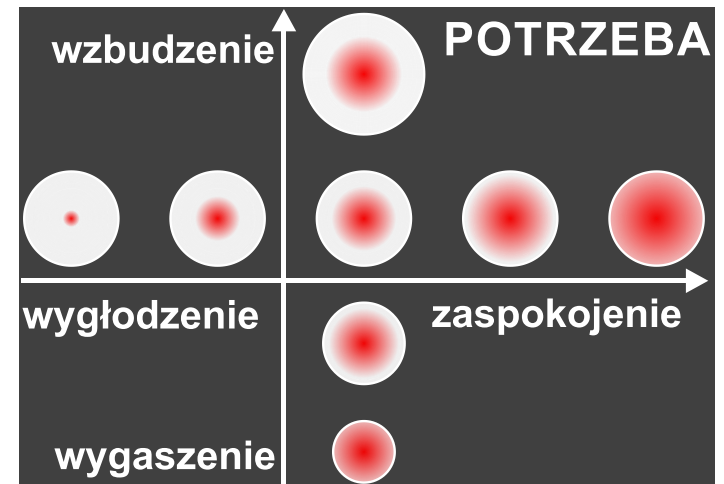
WAŻNE KOMPONENTY INTELIGENCJI



Oprócz **wiedzy o problemie** przekazanej w formie zbioru obiektów, faktów lub reguł zbioru danych uczących potrzebujemy jeszcze określić cele na podstawie zdefiniowanego **systemu motywacji** (potrzeb) systemu.

Niezbędny jest też **autonomiczny system zdolny do kojarzenia** obiektów, faktów i reguł, ich grupowej reprezentacji w postaci pewnych **klas i sekwencji** oraz automatycznego reagowania na nie w zależności od ich **istotności** i wpływie na **zaspokojenie potrzeb** (osiągnięcie celów) systemu sztucznej inteligencji.

W otaczającym świecie **istotne** i **zapamiętywane** jest to, co **często się powtarza**, **zaspokaja nasze potrzeby**, **powoduje ich pogłębienie/wysycenie** lub jest **unikalne!**





PODSTAWOWE GRUPY ZAGADNIEŃ SI



Rozpoznawanie – to proces dopasowywania i sprawdzania, czy rozpoznawany obiekt lub działanie już istnieje w bazie znanych i zapamiętanych obiektów. **Obiekty** są zwykle modelowane, tzn. reprezentowane na podstawie ich **wybranych cech/attributów**. Rozpoznawanie jest łatwiejsze **im bardziej różnią** się od siebie zapamiętane obiekty (są mniej skorelowane).

Identyfikacja – to proces mający na celu potwierdzenie zadeklarowanej tożsamości obiektu na podstawie jego wybranych cech/attributów. **Proces identyfikacji** uważamy za pomyślny, jeśli w tym procesie uzyskano pewność powyższej pewnego ustalonego **poziomu pewności (progu ufności)**.

Klasyfikacja – to proces przyporządkowywania obiektów lub działań do określonych grup nazywanych klasami na podstawie wybranych cech (attributów) tych obiektów lub działań, które są dla nich wspólne lub podobne.

Klasteryzacja – to proces grupowania obiektów na podstawie ich podobnych cech/attributów.



ZMYŚŁY I RECEPTORY



- Dostarczają do układu nerwowego niezbędnych bodźców dla jego funkcjonowania, rozwoju, uczenia się i adaptacji.
- Pobudzają neurony stymulując utrwalanie się w nich pewnych kombinacji bodźców reprezentujących doznania.

- Bez zmysłów i ich receptorów mózg nie byłby w stanie się rozwijać.
- **Bodźce** dochodzące z **receptorów** tworzą pewne **kombinacje bodźców**.
- **Kombinacje bodźców** są ze sobą kojarzone i zapamiętywane.
- Skojarzenia tworzą kontekst dla przyszłych rozważań.

PRZYKŁAD TWORZENIA ASOCJACJI:

Jeśli przemarzliśmy w pewnej sytuacji, o czym poinformowały nas receptory temperatury naszego ciała, nasz mózg taką sytuację skojarzył ze stanem przemarznięcia po to, żeby jej unikać w przyszłości.

Jeśli potem siedząc przy rozgrzanym kominku szybko zagrzailiśmy się, unikając choroby, wtedy znowu nasz umysł zapamiętał i skojarzył rozgrzanie się przemarzniętego organizmu z rozgrzanym kominkiem, więc w podobnej sytuacji możemy poszukiwać w przyszłości tego lub innego rozgrzanego kominka.



NEURONOWE STRUKTURY SKOJARZENIOWE



- **Neuronowe struktury skojarzeniowe** tworzymy poprzez odpowiednie powiązanie neuronów i receptorów tak, aby móc odzwierciedlić i zapamiętać powtarzające się kombinacje bodźców i ew. innych danych.
- **Skojarzenia** reprezentowane są poprzez związki pomiędzy neuronami oraz receptorami i mogą być ponownie wywoływane, powodując aktywacje powiązanych neuronów, przypominających o skojarzonych kwestiach.
- **Skojarzenia** umożliwiają uczyć nam się rozpoznawać i klasyfikować obiekty, zdarzenia, reguły oraz kontekstowo składać je ze sobą.
- **Procesy myślowe** ludzkiego umysłu oparte są o skojarzeniowy model reprezentacji i przetwarzania danych.

PRZYKŁAD:

Umiejętność liczenia jest umiejętnością nabytą na skutek zapamiętania różnych relacji pomiędzy liczbami oraz sposobów ich przekształcania.

Ile to $8 * 9$?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	18	27	36	45	54	63	72	81

1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
2	4	6	8	A	C	E	10	12	14	16	18	1A	1C	1E
3	6	9	C	F	12	15	18	1B	1E	21	24	27	2A	2D
4	8	C	10	14	18	1C	20	24	28	2C	30	34	38	3C
5	A	F	14	19	1E	23	28	2D	32	37	3C	41	46	4B
6	C	12	18	1E	24	2A	30	36	3C	42	48	4E	54	5A
7	E	15	1C	23	2A	31	38	3F	46	4D	54	5B	62	69
8	10	18	20	28	30	38	40	48	50	58	60	68	70	78
9	12	1B	24	2D	36	3F	48	51	5A	63	6C	75	7E	87
A	14	1E	28	32	3C	46	50	5A	64	6E	78	82	8C	96
B	16	21	2C	37	42	4D	58	63	6E	79	84	8F	9A	A5
C	18	24	30	3C	48	54	60	6C	78	84	90	9C	A8	B4
D	1A	27	34	41	4E	5B	68	75	82	8F	9C	A9	B6	C3
E	1C	2A	38	46	54	62	70	7E	8C	9A	A8	B6	C4	D2
F	1E	2D	3C	4B	5A	69	78	87	96	A5	B4	C3	D2	E1



SKOJARZENIA I KREATYWNOŚĆ



Układ nerwowy – to biologiczny system skojarzeniowy, pozwalający nam:

- ✓ **zapamiętywać** i **uczyć się** nowych **skojarzeń** pomiędzy różnymi obiektami, ich cechami, czynnościami, regułami itd.;
- ✓ **grupować** i **klasyfikować**, łącząc obiekty dzięki wspólnym grupom podobnych cech;
- ✓ **rozpoznawać** z łatwością podobieństwa, a dzięki nim również różnice;
- ✓ **uogólniać** i **przenosić właściwości** pomiędzy obiektami dzięki tym uogólnieniom;
- ✓ **być kreatywnym** na skutek stosowania skojarzeń w nowych lub wzbogaconych kontekstach myślowych, umożliwiając nam tworzenie nowych i ciekawych myśli, wynalazków, sposobów postępowania itp.





BUDOWANIE NEURONOWEJ PAMIĘCI SKOJARZENIOWEJ



Pamięć skojarzeniową – można modelować przy pomocy specjalnych sieci neuronowych z wbudowanymi procesami plastycznymi pozwalającymi odwzorować podobieństwo, równoczesność i następstwo bodźców czasie podobnie jak w mózgu.

Zbiór sekwencji uczących:

- I have a monkey.
- My monkey is very small.
- It is very lovely.
- It likes to sit on my head.
- It can jump very quickly.
- It is also very clever.
- It learns quickly.
- My monkey is lovely.
- My son has a small dog.
- His dog is white and sweet.
- My daughter has a black cat.
- Her cat is small and clever.

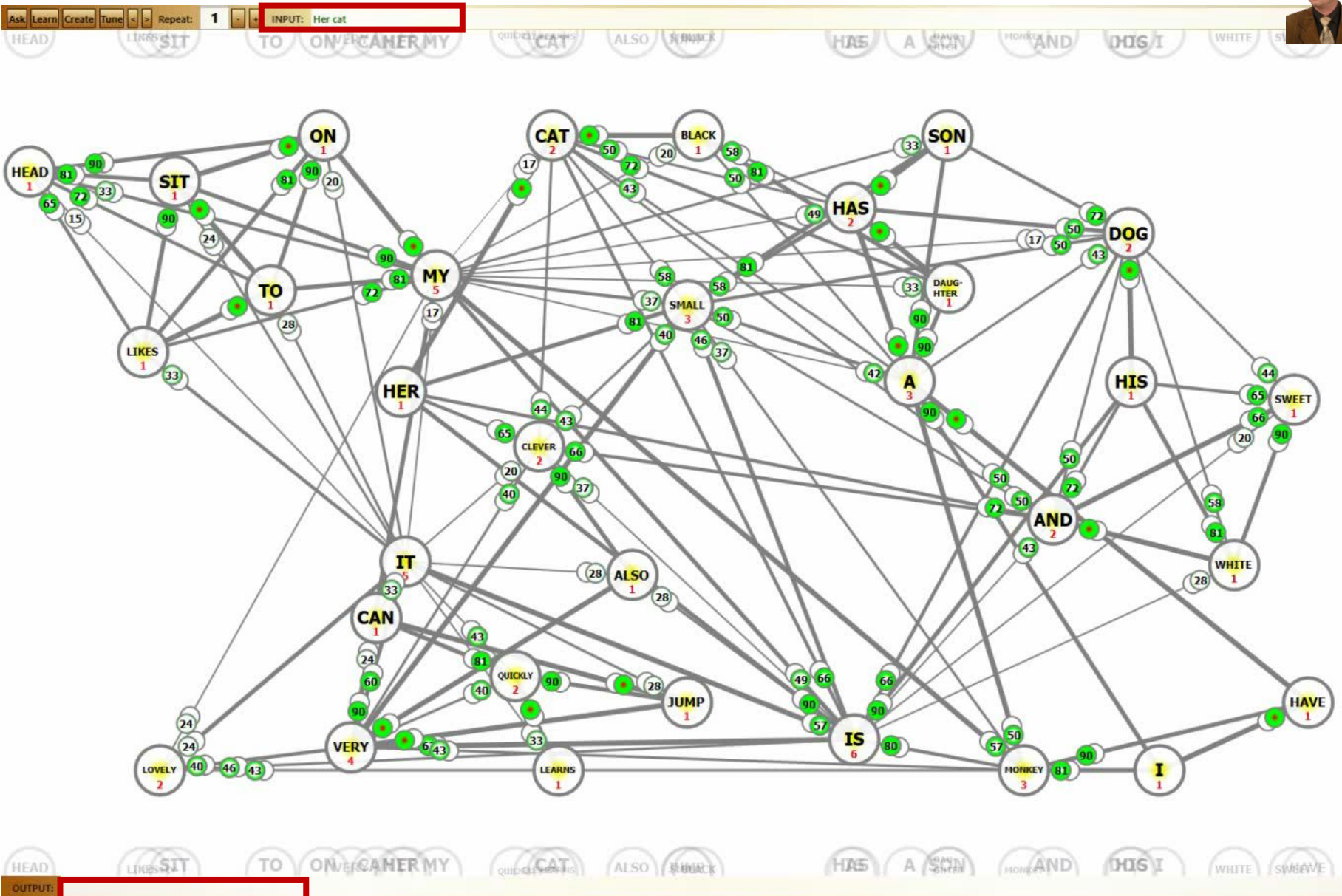


BUDOWA NEURONOWEJ PAMIĘCI SKOKOJARZENIOWEJ



Następstwo aktywacji neuronów jest czynnikiem uruchamiający plastyczność neuronów, umożliwiającą utrwalanie się skojarzeń pomiędzy obiektami reprezentowanymi przez neurony!

WYWOŁYWANIE WSPOMNIENIŃ Z PAMIĘCI SKOJARZENIOWEJ



Aktywność neuronów w czasie generuje odpowiedzi podobnie jak ludzki umysł:

Her cat → Her cat is small and clever.

I → I have a monkey.

OGRANICZENIA WSPÓŁCZESNYCH OBLICZEŃ BAZUJĄCYCH NA MASZYNIE TURINGA



Współczesna informatyka opiera się na deterministycznym modelu obliczeniowym, tzw. Maszynie Turinga (MT), który formalnie zdefiniowany jest jako krotka:

$$MT = \langle Q, \Sigma, \delta, \Gamma, q_0, B, F \rangle$$

gdzie:

Q – skończony zbiór stanów, q_0 – stan początkowy, $q_0 \in Q$

F – zbiór stanów końcowych

Γ – skończony zbiór dopuszczalnych symboli

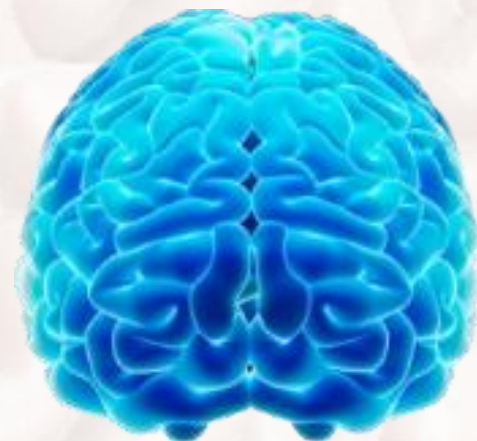
B – symbol pusty, $B \in \Gamma$

Σ – zbiór symboli wejściowych, taki że: $B \notin \Sigma \subseteq \Gamma$

$\delta: \Gamma \times Q \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, P, -\}$ – funkcja opisująca przejście od stanu $q_1 \in Q$ pod wpływem symbolu wejściowego ze zbioru Γ w kolejny stan ze zbioru Q zwracający symbol ze zbioru Γ oraz przesunięcie głowicy w lewo (L), prawo (P) lub nie dokonując bez przesunięcia (-).

Model MT skupia się na przetwarzaniu skończonego zbioru symboli, operuje na językach i gramatykach formalnych oraz jest podstawą działania współczesnych komputerów.

Maszyna ta ma jednak istotne ograniczenia, np. w stosunku do architektury i sposobu działania ludzkiego umysłu – mózgu oraz biologicznych sieci neuronowych, które z natury są w stanie przetwarzać różne dane, mimo iż nie są maszynami Turinga!





PORÓWNANIE MODELI OBLICZENIOWYCH



MASZYNA TURINGA

- Nie zmienia stanów pod wpływem upływu czasu.
- Nie zmienia sposobu swojego działania, symboli, danych ani funkcji przejścia pod wpływem upływu czasu ani przetwarzanych danych.
- Nie formuje wiedzę o danych, lecz tylko może je zapamiętać oraz przetwarzać, a sposób ich przetwarzania jest zasadniczo liniowy, również w wersji zrównoleglonej.
- Przetwarza dane deterministycznie według określonych algorytmów
- Oddziela dane od algorytmów, gdzie dane mogą zostać zmodyfikowane tylko na skutek działania algorytmów, które muszą zostać zewnątrz zdefiniowane oraz podane Maszynie Turinga.
- Większość czasu pracy procesora (zwykle od 60% do 99%) tracą na wyszukiwanie danych i relacji pomiędzy nimi oraz przenoszenie danych pomiędzy pamięcią i rejestrami procesora!
- Model więc zorientowany jest bardziej na dane niż na relacje pomiędzy danymi.
- Ma wiele ograniczeń związanych ze złożonością obliczeniową (np. problemy NP-Trudne) na skutek konieczności przeszukiwania danych.

MODEL ASOCJACYJNY

- ✓ Automatycznie zmienia swoje stany pod wpływem upływu czasu, może np. zerować „słabe” dane.
- ✓ Automatycznie zmienia sposób swojego działania pod wpływem formującej się wiedzy i na skutek przetwarzanych danych.
- ✓ Automatycznie formuje wiedzę o danych w postaci skojarzeń (asocjacji), które dynamicznie zmieniają związki (relacje) pomiędzy danymi.
- ✓ Potrafi zmieniać sposób swojego działania na skutek procesów refrakcji („odpoczywania”) i zmęczenia neuronów, co automatycznie wprowadza w życie alternatywy.
- ✓ Dane formują algorytmy ich kojarzenia a następnie przetwarzania w przyszłości, więc powstają samoistnie na skutek działania tego modelu.
- ✓ Dane pozostające ze sobą w pewnej relacji są ze sobą skojarzone, a ich reprezentacje neuronalne kontekstowo powiązane, dzięki czemu zwykle bardzo uproszczony jest proces szukania, osiągając często stałą złożoność obliczeniową, więc mózg może zająć się przetwarzaniem danych.
- ✓ Dane są częścią mechanizmów ich przetwarzania.



PORÓWNANIE MODELI OBLICZENIOWYCH



MASZYNA TURINGA

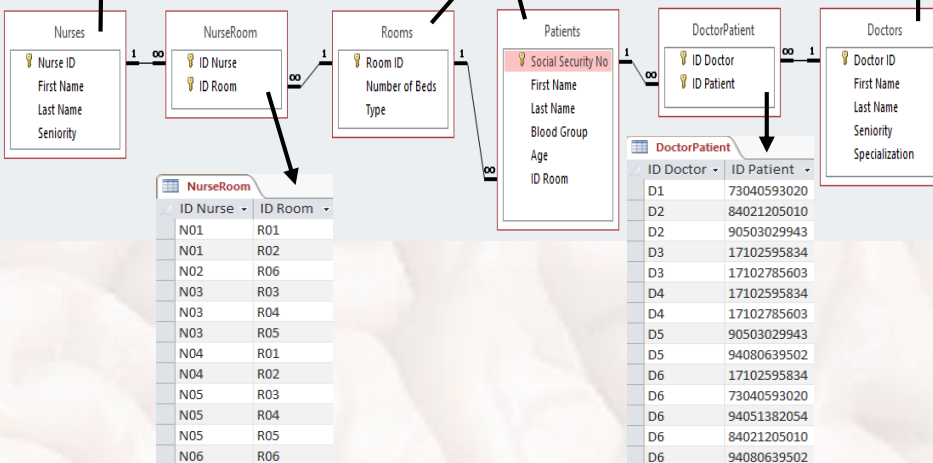
- Zaniedbuje relacje pomiędzy danymi, nawet w relacyjnych bazach danych:
- Musi sortować, żeby wyszukiwać efektywniej, lecz tabele są toporne!

Doctor ID	First Name	Last Name	Seniority	Specialization
D1	Tom	Hanks	18	orthopedics
D2	Jack	Brown	15	surgery
D3	Lisa	Ford	23	pediatrician
D4	Tom	Trump	35	pediatrician
D5	Kate	Smith	7	surgery
D6	Amy	Hanks	12	surgery

Social Security No	First Name	Last Name	Blood Group	Age	ID Room
17102595834	Jack	Hanks	0	0	R6
17102785603	Nina	Rock	AB	0	R6
73040593020	Tom	Kite	A	44	R4
84021205010	Tom	Ford	AB	33	R1
90503029943	Emy	Cruise	A	27	R2
94051382054	Lisa	White	B	23	R3
94080639502	Paula	Smith	B	23	R2

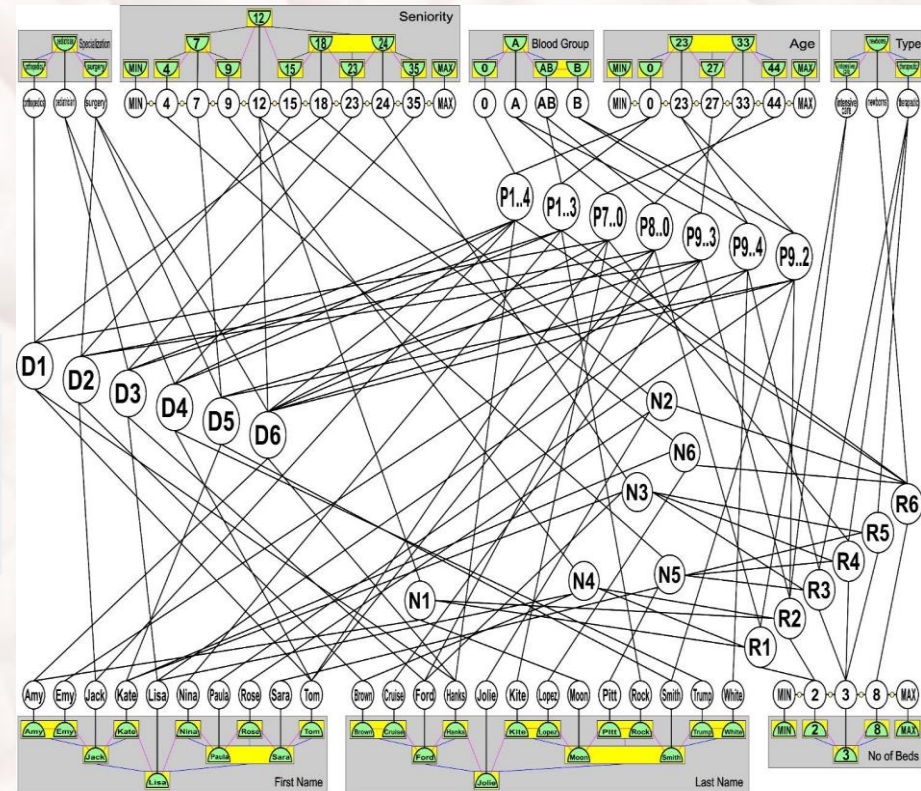
Nurse ID	First Name	Last Name	Seniority
N1	Amy	Moon	12
N2	Rose	Jolie	18
N3	Kate	Ford	24
N4	Lisa	Brown	9
N5	Sara	Pitt	4
N6	Kate	Lopez	12

Room ID	Number of Beds	Type
R1	2	intensive care
R2	2	intensive care
R3	3	therapeutic
R4	3	therapeutic
R5	3	therapeutic
R6	8	newborns



MODEL ASOCJACYJNY

- ✓ Agregacja danych i ich podobieństwa oraz utrwalanie i wartościowanie relacji pomiędzy danymi są podstawą asocjacji, formowania wiedzy i inteligentnego kontekstowego ich przetwarzania.
- ✓ Wszystko się samo sortuje dzięki podobieństwu i w takiej postaci jest przechowywane, więc nie wymaga sortowania, indeksowania i wyszukiwania



BIBLIOGRAFIA

1. **Mariusz Flasiński**, Wstęp do sztucznej inteligencji, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2011.
2. **Daniel T. Larose**, Odkrywanie wiedzy z danych, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2006.
3. **Andrzej Łachwa**, Rozmyty świat zbiorów, liczb, relacji, faktów, reguł i decyzji, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2001.
4. **Ryszard Tadeusiewicz**, Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami, w serii Problemy Współczesnej Nauki, Informatyka, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa, 1998.
5. **Ryszard Tadeusiewicz, Józef Korbicz, Leszek Rutkowski, Włodzisław Duch**, Sieci neuronowe w inżynierii biomedycznej, 9. tom serii Inżynieria biomedyczna. Podstawy i zastosowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2013.
6. **R. Tadeusiewicz, M. Szaleniec**, Leksykon sieci neuronowych, Wrocław, 2015
7. **Horzyk, A.**, *How Does Generalization and Creativity Come into Being in Neural Associative Systems and How Does It Form Human-Like Knowledge?*, **Neurocomputing**, 2014.
8. **Horzyk, A.**, *J. A. Starzyk, J. Graham, Integration of Semantic and Episodic Memories*, *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, Vol. 28, Issue 12, Dec. 2017, pp. 3084 - 3095, DOI: 10.1109/TNNLS.2017.2728203.
9. **A. Horzyk**, Neurons Can Sort Data Efficiently, In: Rutkowski L., Korytkowski M., Scherer R., Tadeusiewicz R., Zadeh L., Zurada J. (eds), Artificial Intelligence and Soft Computing, Proc. of ICAISC 2017, Springer-Verlag, LNCS, Vol. 10245, pp. 64-74, 2017, DOI: 10.1007/978-3-319-59063-9_6 - ICAISC BEST PAPER AWARD 2017.
10. **A. Horzyk**, Deep Associative Semantic Neural Graphs for Knowledge Representation and Fast Data Exploration, Proc. of KEOD 2017, SCITEPRESS Digital Library, 2017, pp. 67-79.
11. **Horzyk, A.**, *Human-Like Knowledge Engineering, Generalization and Creativity in Artificial Neural Associative Systems*, Springer, AISC 11156, 2014.
12. **Horzyk, A.**, *Human-Like Knowledge Engineering, Generalization and Creativity in Artificial Neural Associative Systems*, Springer Verlag, AISC 11156, ISSN 2194-5357, 2015.
13. **Horzyk, A.**, Innovative Types and Abilities of Neural Networks Based on Associative Mechanisms and a New Associative Model of Neurons - referat na zaproszenie na międzynarodowej konferencji ICAISC 2015, Springer Verlag, LNAI, 2015.
14. **Horzyk, A.**, *Sztuczne systemy skojarzeniowe i asocjacyjna sztuczna inteligencja*, EXIT, Warszawa, 2013.
15. **Tadeusiewicz, R., Horzyk, A.**, *Man-Machine Interaction Improvement by Means of Automatic Human Personality Identification*, Gerhard Goos, Juris Hartmanis, and Jan van Leeuwen (Eds.), Springer, LNCS 8104, 2013.
16. **Horzyk, A.**, Gadamer, M., *Associative Text Representation and Correction*, Springer Verlag Berlin Heidelberg, LNAI 7894, 2013, pp. 76-87.
17. **Horzyk, A.**, *Information Freedom and Associative Artificial Intelligence*, Springer Verlag Berlin Heidelberg, LNAI 7267, 2012, pp. 81-89.
18. **Horzyk, A.**, *Self-Optimizing Neural Network 3*, L. Franco, D. Elizondo, J.M. Jerez (eds.), Constructive Neural Networks, Springer, Series: Studies in Computational Intelligence, Vol. 258, 2009, pp. 83-101.



horzyk@agh.edu.pl

Google: Horzyk

INFORMATYKA

Adrian Horzyk

Sztuczne systemy skojarzeniowe
i asocjacyjna sztuczna inteligencja



Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT
Warszawa 2013