

Matematyka w mózгах

Włodzisław Duch

Laboratorium Neurokognitywne, ICNT UMK
Katedra Informatyki Stosowanej UMK

Google: W. Duch



REGIONAL PROGRAMME
NATIONAL COHESION STRATEGY



KUJAWSKO-POMORSKIE
VOIVODESHIP

EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND



My region in Europe



ICNT

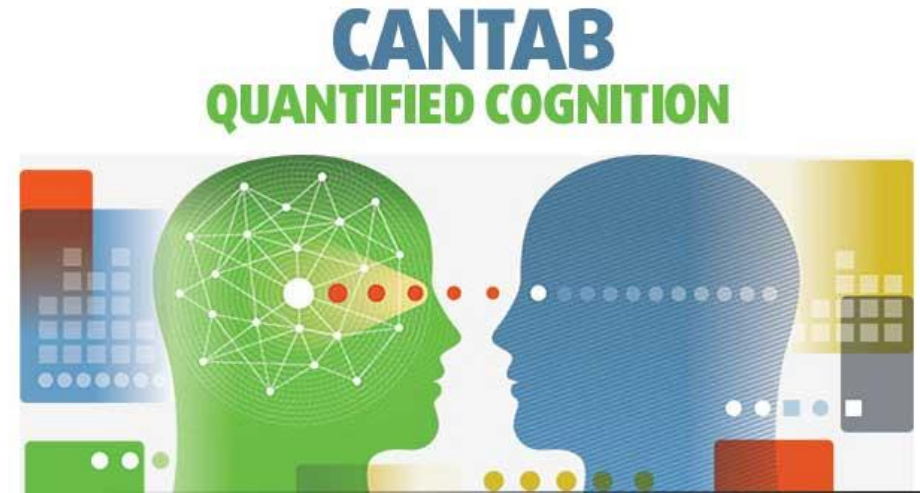


Laboratorium Neurokognitywne
Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Grupa entuzjastów ...



Nasze zabawki



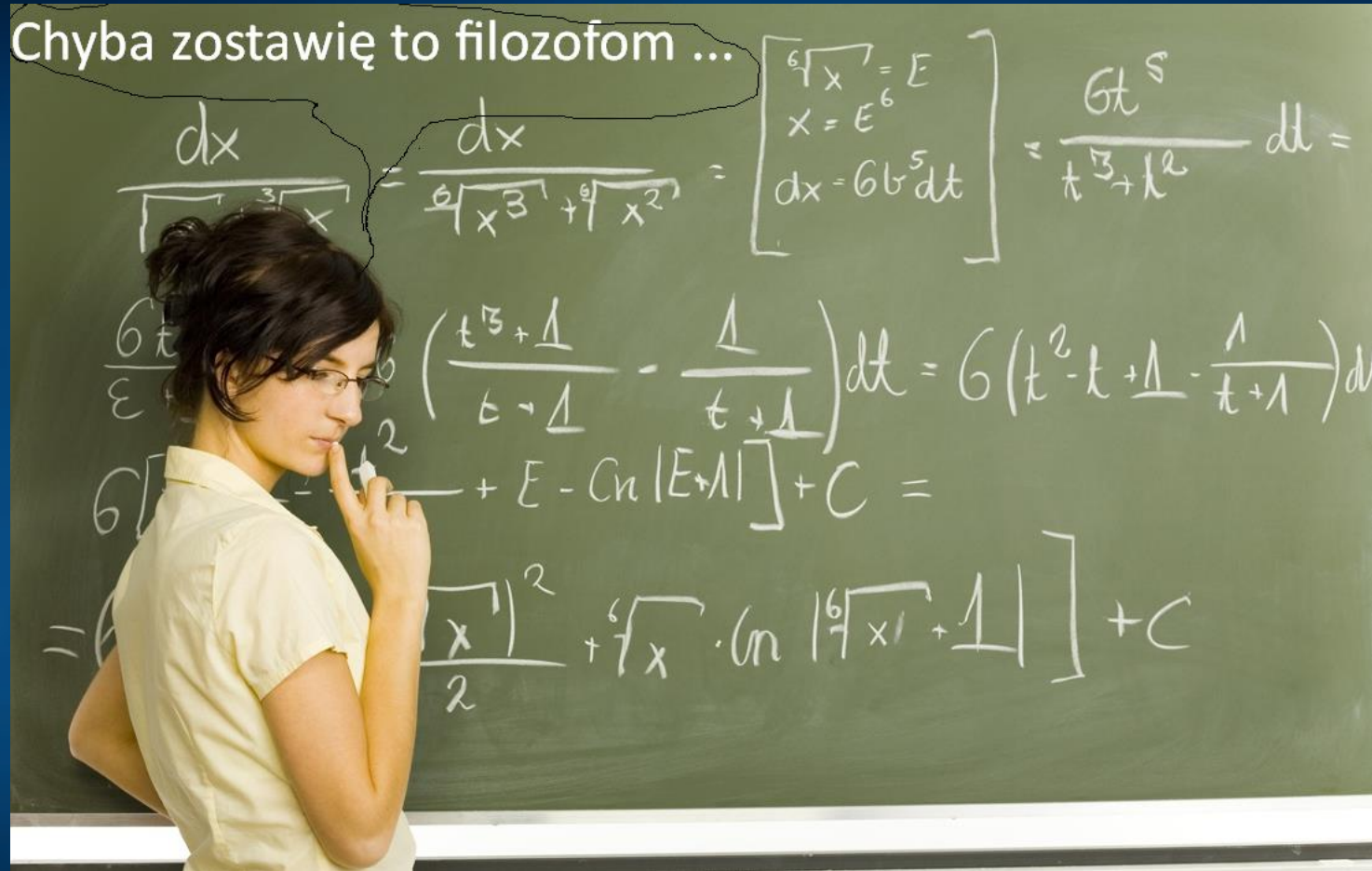


- Filozofia matematyki.
- Matematyka kognitywna.
- Percepcja i iluzje.
- Tożsamość Eulera i reprezentacja pojęć w mózgach.
- Kognitywistyka i dyskalkulia.
- Sztuczna inteligencja i mózgi.



Filozofia matematyki

Chyba zostawię to filozofom ...



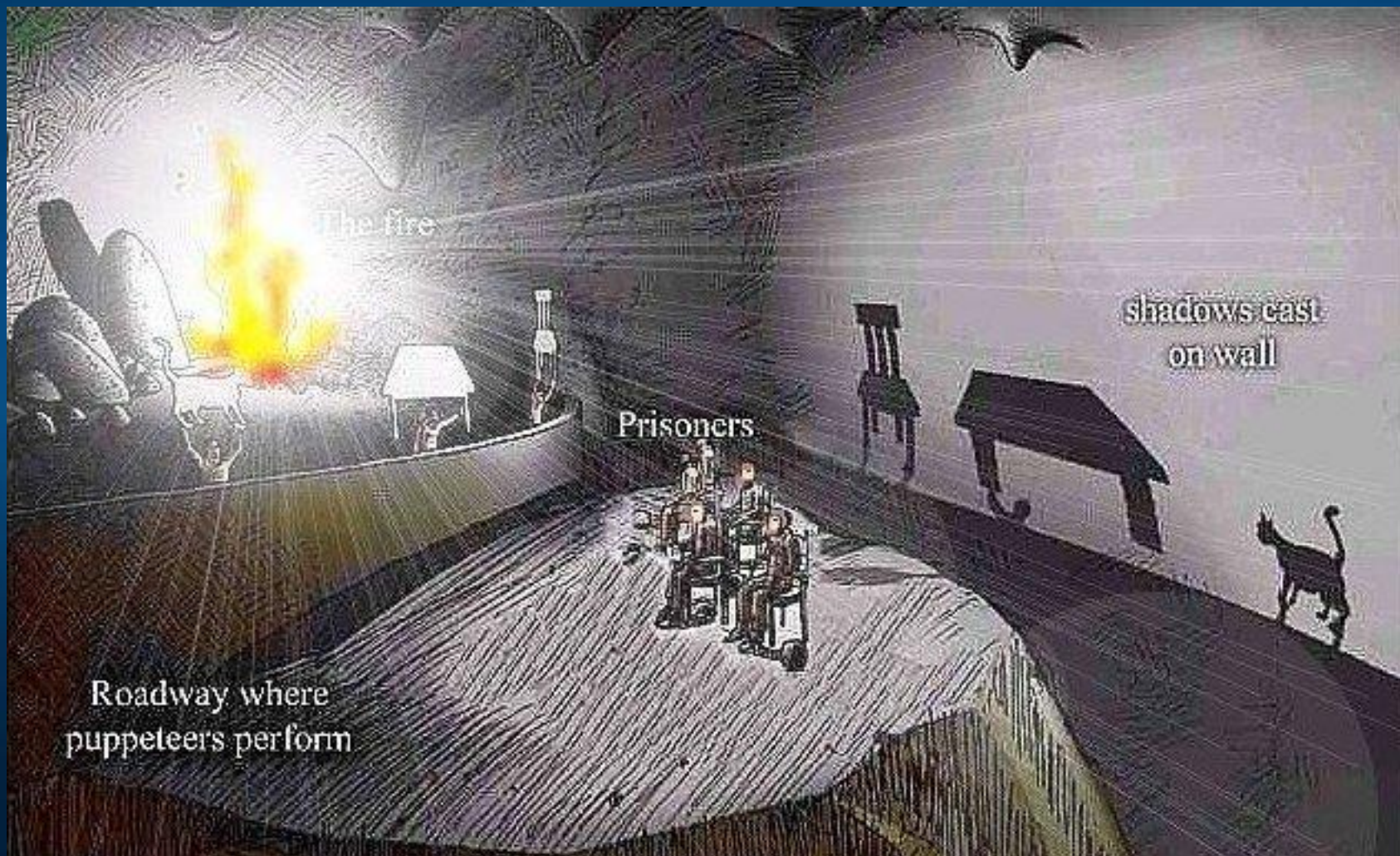
Filozofia matematyki

- Filozofia matematyki: czy matematyka jest konstruowana czy odkrywana?
- Bardziej ogólnie: czy prawdy naukowe są odkrywane, czy wymyślane?
- **Platonicy**: istnieje niezależny od nas świat abstrakcyjnych idei, matematyka jest więc odkrywana.

Alegoria jaskini Platona.

Matematyka bada świat idealny, fizyka świat cieni.

Wszystko, czego możemy doświadczyć, to cienie
rzeczywistości tworzone przez nasze mózgi.
Widzę tylko zmiany w swoim mózgu.



Filozofia matematyki

- **Platonicy**: istnieje niezależny od nas świat abstrakcyjnych idei, matematyka jest więc odkrywana.
- **Konstruktywiści** (empirycy): wszystko to konstrukcje umysłowe specyficzne dla naszego typu myślenia. Są kultury nie znające pojęcia liczb.
- Pierwsi mówią o **świecie potencjalnym**, drudzy o **aktualnym**. W świecie potencjalnym istnieje nieskończenie wiele algebraicznych struktur.
- Świadomość to percepcja stanów własnego umysłu (John Locke, 1689), w tym wyobrażeń matematycznych struktur. Tylko nieliczne – w jakiś sposób „intersujące” - zostaną rozpoznane przez matematyków.
- Odkrywanie własności obiektów matematycznych, tworzenie teorii, dostrzeganie sensu na bardziej ogólnym poziomie opisu (abstrahowanie), tworzenie nowych kategorii, to percepcja stanów własnego umysłu.

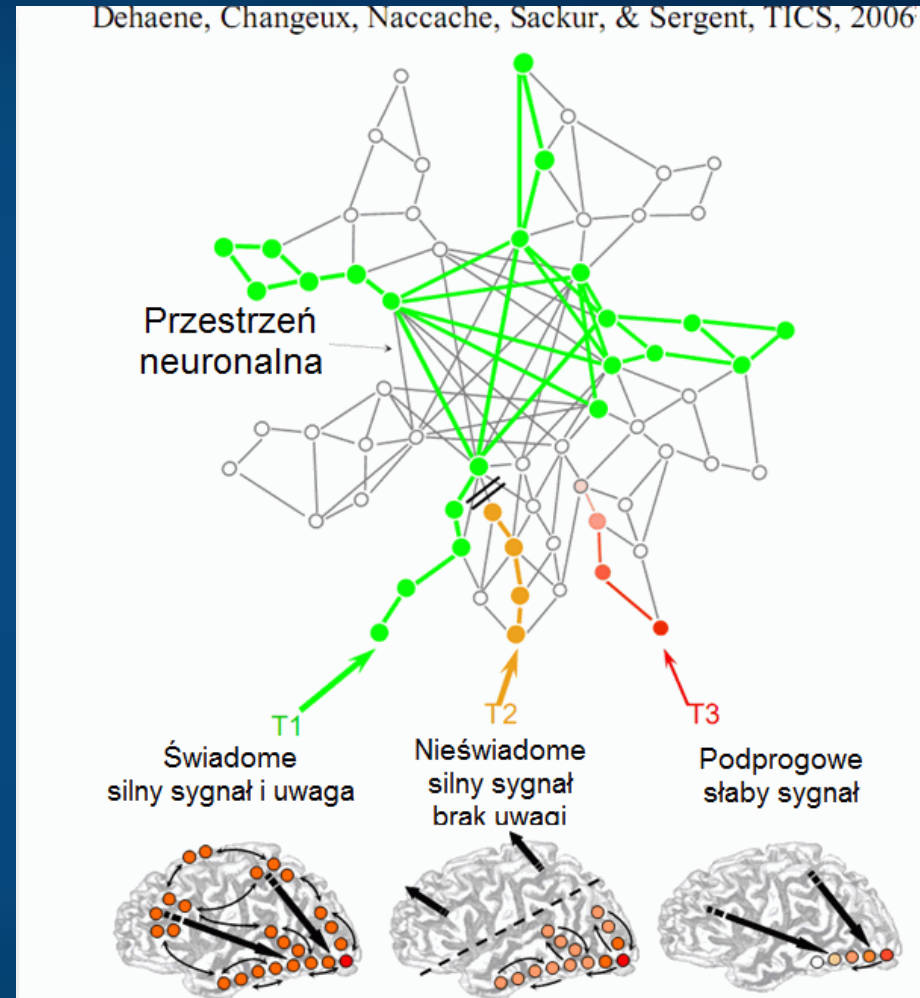
Przestrzeń neuronalna

Aktywacja kory zmysłowej i skojarzeniowej pozwala na powstawanie wrażeń, a ośrodków mowy myśli.

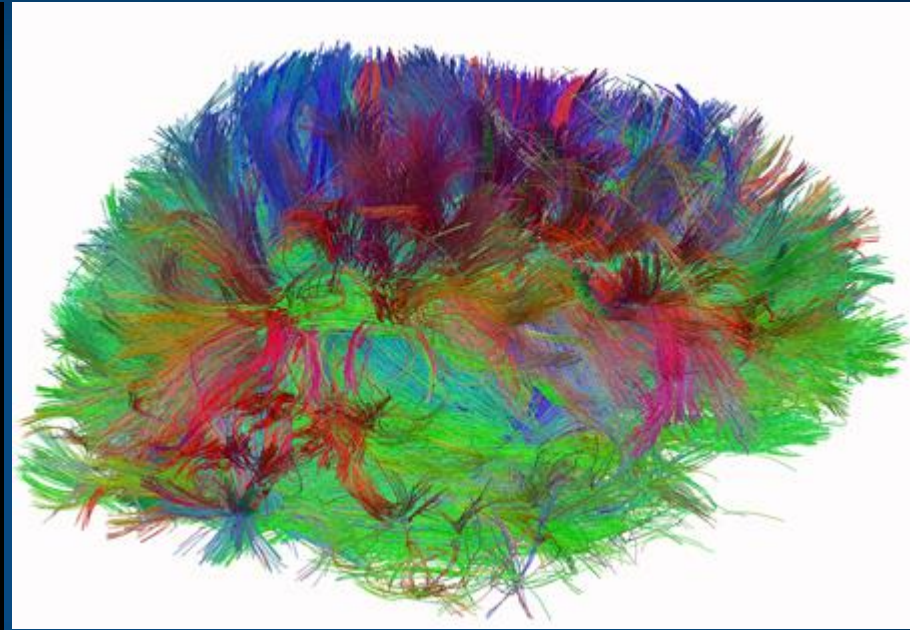
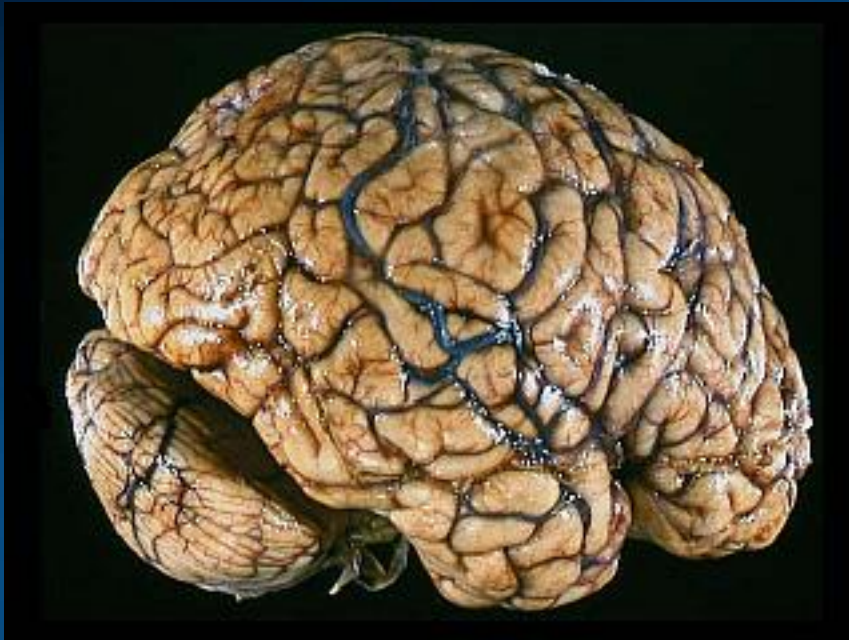
Świadoma percepcja dotyczy procesów w przestrzeni neuronalnej, powstających w wyniku aktywności zmysłów lub abstrakcyjnych wyobrażeń.

Neurodynamice odpowiadają procesy mentalne.

Nowe konfiguracje pobudzeń powstają tak, jak nowe kanały tworzy rzeka w czasie powodzi.



Neuronalny determinizm



Ogranicza nas genetyczny i neuronalny determinizm.

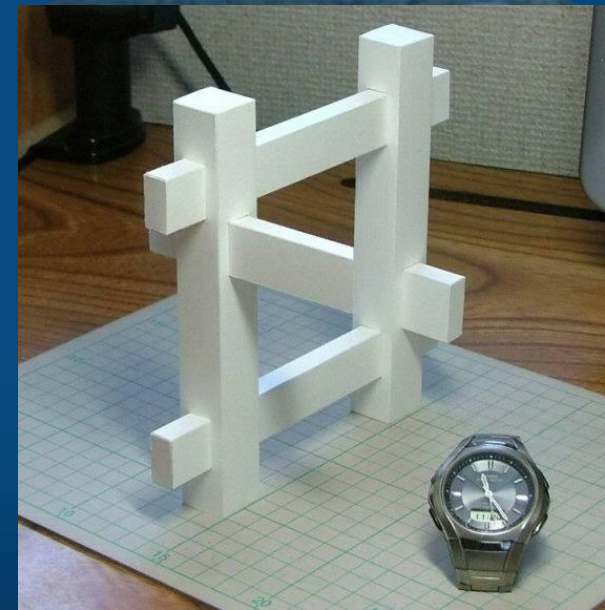
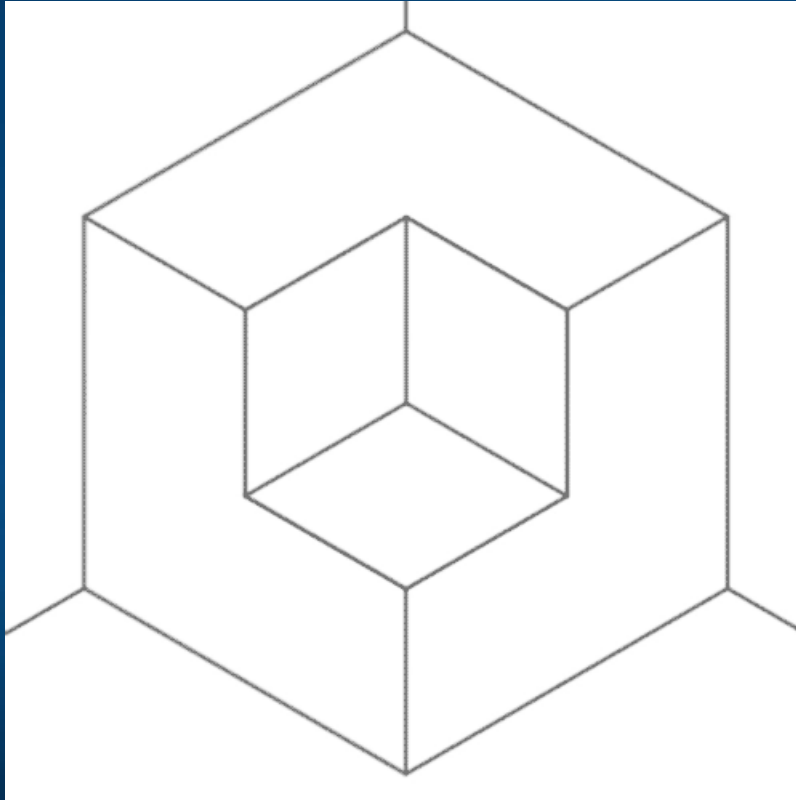
Genetyczny determinizm stwarza ogólne ograniczenia wynikające z ewolucji, neuronalny jest odbiciem środowiska i uwarunkowań społecznych.

„Przychodzi mi do głowy” to wynik aktywności neuronalnej, neurodynamiki.

Neuronalny determinizm: wynik doświadczeń życiowych, wychowania, kształtowania się mózgu w procesach rozwojowych.

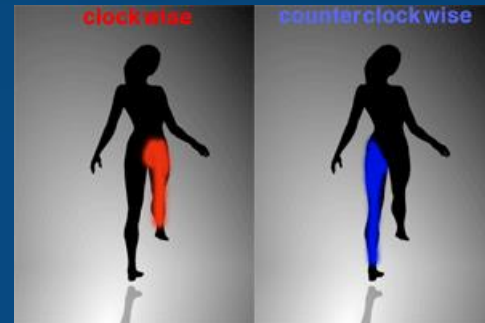
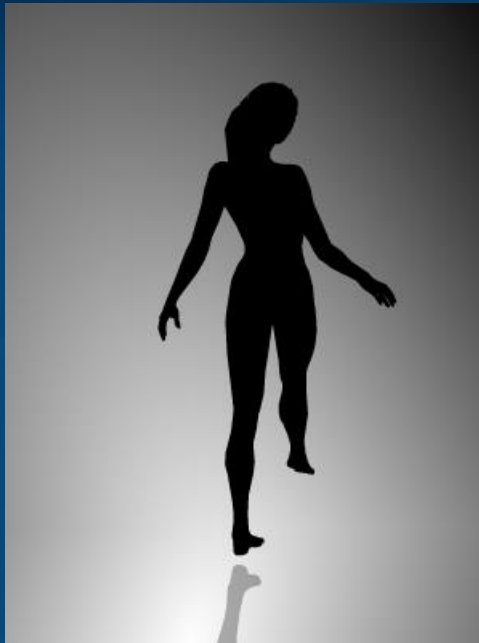
Percepcja

- To nie oko, ale mózg widzi ...



Korelacja aktywności siatkówki i kory wzrokowej jest zaledwie $\sim 10\%$.

Świat to twór naszej wyobraźni ...



To tylko Wasz umysł się porusza ... każdemu nieco inaczej.
Nasze przeżycia osobiste nie są świadectwem obiektywnej prawdy.

Chociaż część tego, co postrzegamy dochodzi przez zmysły od obiektów znajdujących się przed nami, inna część (a może to być większa część) zawsze pochodzi z naszej własnej głowy.

William James, *The Principles of Psychology*, 1890

Przestrzeń neuronalna

Aktywność kory zmysłowej \Leftrightarrow wrażenia, myśli,
ale dopiero po głębokiej analizie pierwotnych sygnałów.



Strumienie informacji

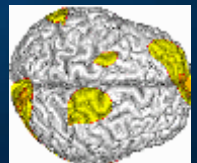
kora zmysłowa \Leftrightarrow skojarzeniowa

tworzą na tyle stabilne stany w mózgu, że można je odróżnić od szumu,
procesów przypadkowych.

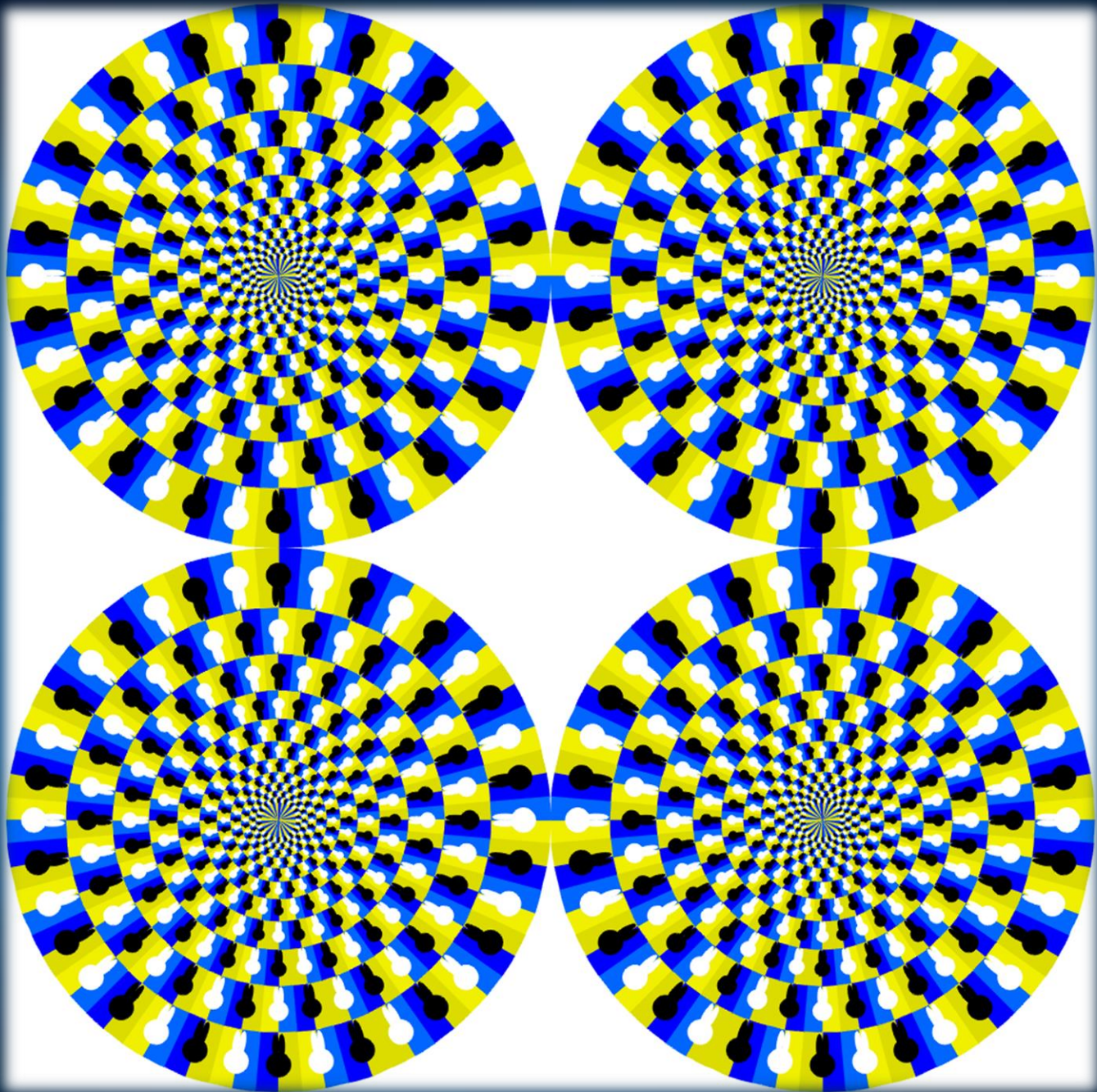
Korelacja aktywności neuronów w korze V1 z obrazem padającym na siatkówkę
jest słaba ($\sim 10\%$), o zmroku jeszcze mniej ...

Większość aktywacji to pobudzenia wewnętrzne, dlatego:

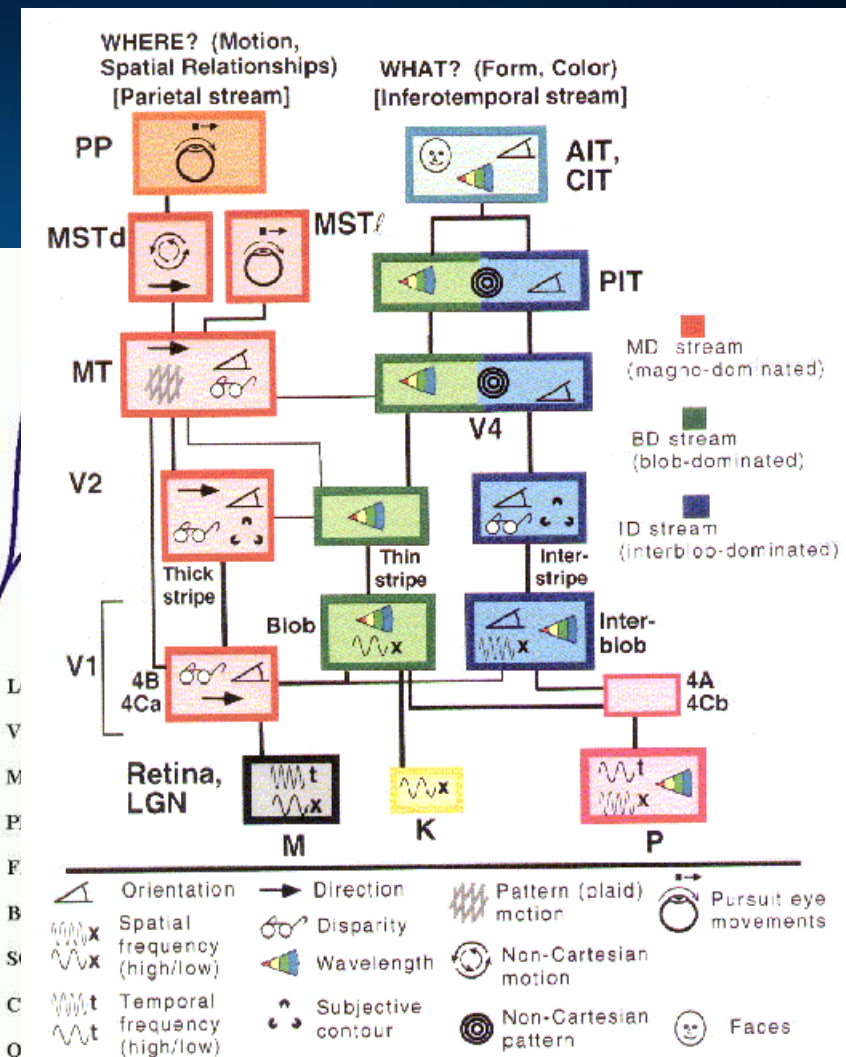
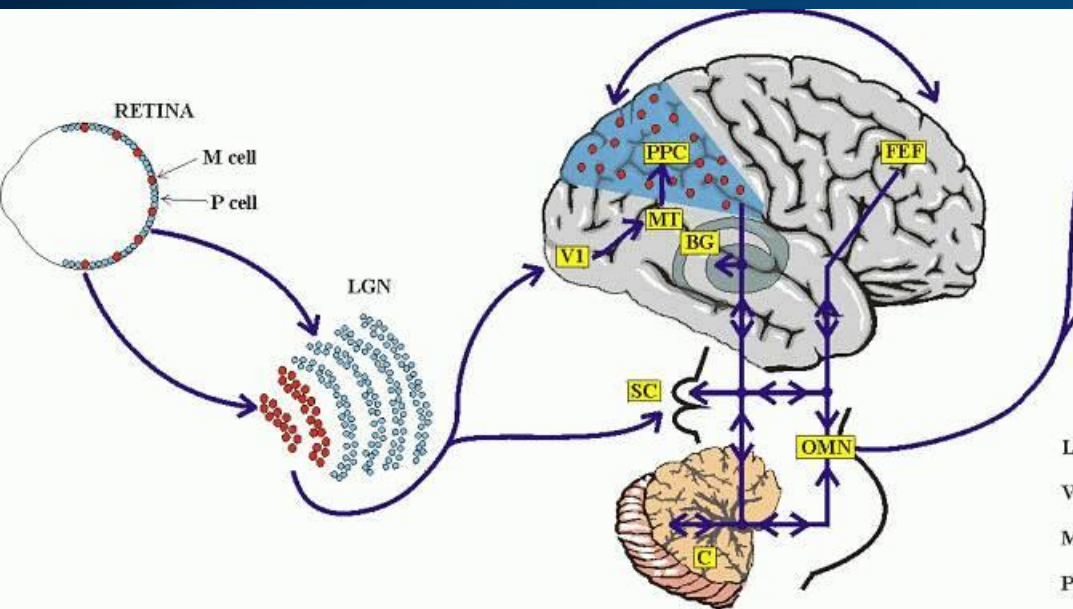
Wiesz co widzisz, widzisz co wiesz (góralka z Zakopanego).



A duchy widać tylko w ciemności ...



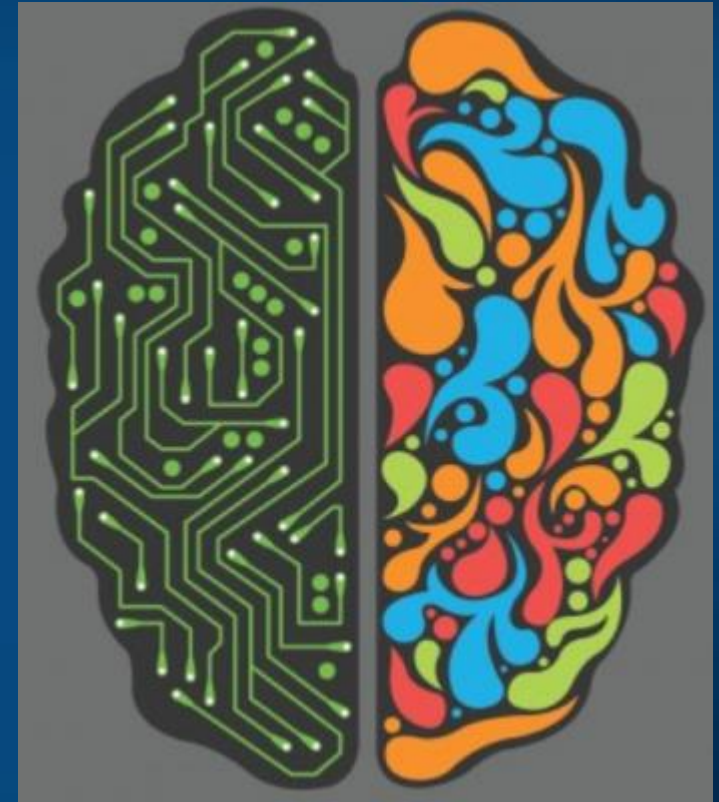
Wzrok



Zmysły nie dostarczają dostatecznie szczegółowych informacji.
 Oczekiwanie (aktywacje centralne kory zmysłowej) są konieczne.

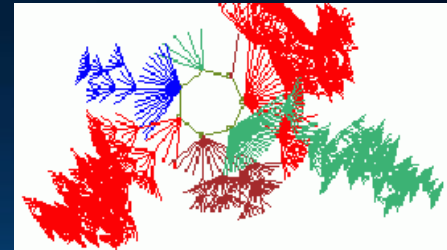
Platonizm-konstruktywizm

- Świat abstrakcyjnych teorii dla umysłu jest równie rzeczywisty (lub złudny) co świat stworzony dzięki percepcji. **Reprezentacja wszystkich pojęć w mózgu jest podobna.**
- Definicje pozwalają skonstruować obiekty matematyczne (geometryczne, algebraiczne) i ich własności oraz relacje między nimi. Obiekty te istnieją potencjalnie, ale stają się aktualne gdy ktoś je zacznie postrzegać.
- Dowodzenie i wymyślanie twierdzeń to rozpoznawanie relacji w przestrzeni abstrakcyjnych obiektów i konstrukcja nowych obiektów.



Aktualizacja wiedzy potencjalnej w konkretnym umyśle wymaga stabilnych stanów umysłu o własnościach relacyjnych odpowiadających relacjom pomiędzy postrzeganymi obiektami.

Atraktory



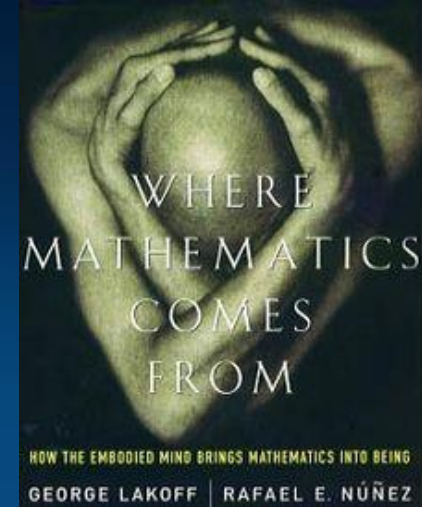
Tworzenie nowych konfiguracji (stanów atraktorowych) w mózgu wymaga energii i czasu, a proces ten przypomina bardziej konstruowanie niż postrzeganie. Można w tym widzieć postrzeganie lub konstruowanie.

Zwykle konstruowanie przebiega w sposób utajony, nieświadomie, w oparciu o uogólnianie przykładów, można nagle dostrzec powstałą konstrukcję. Konstruowanie może też przebiegać świadomie na podstawie analizy wcześniejszej wiedzy lub w procesie indukcji.

Prawdopodobnie po „zagnieżdzeniu się” abstrakcyjnych obiektów w pamięci:

- Postrzeganie wyobrażeń wykorzystuje korę zmysłową do „odkrywania” relacji pomiędzy reprezentacjami abstrakcyjnych obiektów.
- Konstruowanie wykorzystuje korę ruchową, tworzy połączenia przez aktywne transformacje obiektów.
- Jeśli nie zadajemy właściwych pytań spory nie dają się rozstrzygnąć. Niewłaściwe pytanie jest jak słup, do którego przywiązać można osły na parę tysięcy lat (chińskie przysłowie).

Matematyka kognitywna.



Trzecia droga, matematyka kognitywna, zadaje odmienne pytania: w jaki sposób koncepcje matematyczne wyłoniły się z „metafizyki dnia powszedniego”, naszego „bycia w świecie”?

Tożsamość Leonharda Eulera: $e^{\pi i} + 1 = 0$

Najpiękniejszy wzór, 5 stałych : 0, 1, π , e , i , 4 działania +, *, potęgowanie, =.

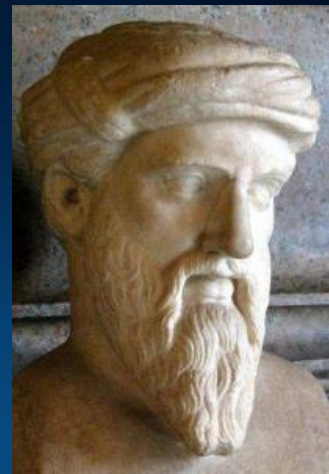
To szczególny przypadek: $e^{\alpha i} = \cos(\alpha) + i \sin(\alpha)$

Benjamin Peirce (19 wiek, Harvard):

„To jest absolutnie paradoksalne: nie możemy tego zrozumieć, nie wiemy co to znaczy, ale ponieważ to udowodniliśmy wiemy, że musi być prawdą.”

G. Lakoff, R. Nunez, Where Mathematics Comes From: How the Embodied Mind Brings Mathematics into Being, rozpoczęła kognitywną filozofię matematyki. Skąd się bierze rozumienie i sens pojęć matematycznych?

Sens symboli

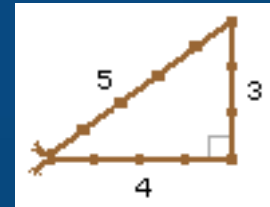


The symbol grounding problem (Harnad 1994):

- Jaki jest sens symboli, w tym pojęć matematycznych?
- Jak mózgi je reprezentują i dlaczego je rozumiemy?

Pitagorejczycy (-6 wiek): twierdzenie Pitagorasa pokazuje, że niektóre liczby, reprezentujące długość boków trójkąta, są niewymierne.

Dowód dla $\sqrt{2}$ podał Arystoteles (-4 wiek), dla innych pierwiastków prawdopodobnie Hippasus.



Legenda: Hippasusa utopiono za dowód istnienia liczb niewymiernych.

Problem Leibniza (300 lat temu):

jak większa liczba dzielona przez mniejszą,
może dać to samo co mniejsza przez większą?

Np. $-1/+1 = +1/-1$. Liczby ujemne to jakieś bzdury!

Dlaczego Leibniz tego nie mógł zrozumieć?



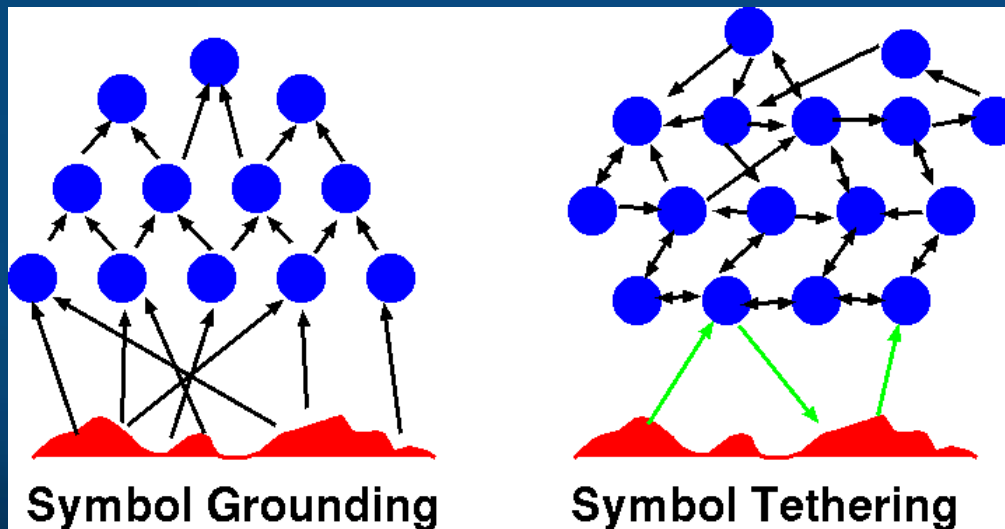
Sens pojęć

The symbol grounding problem (Harnad 1994):

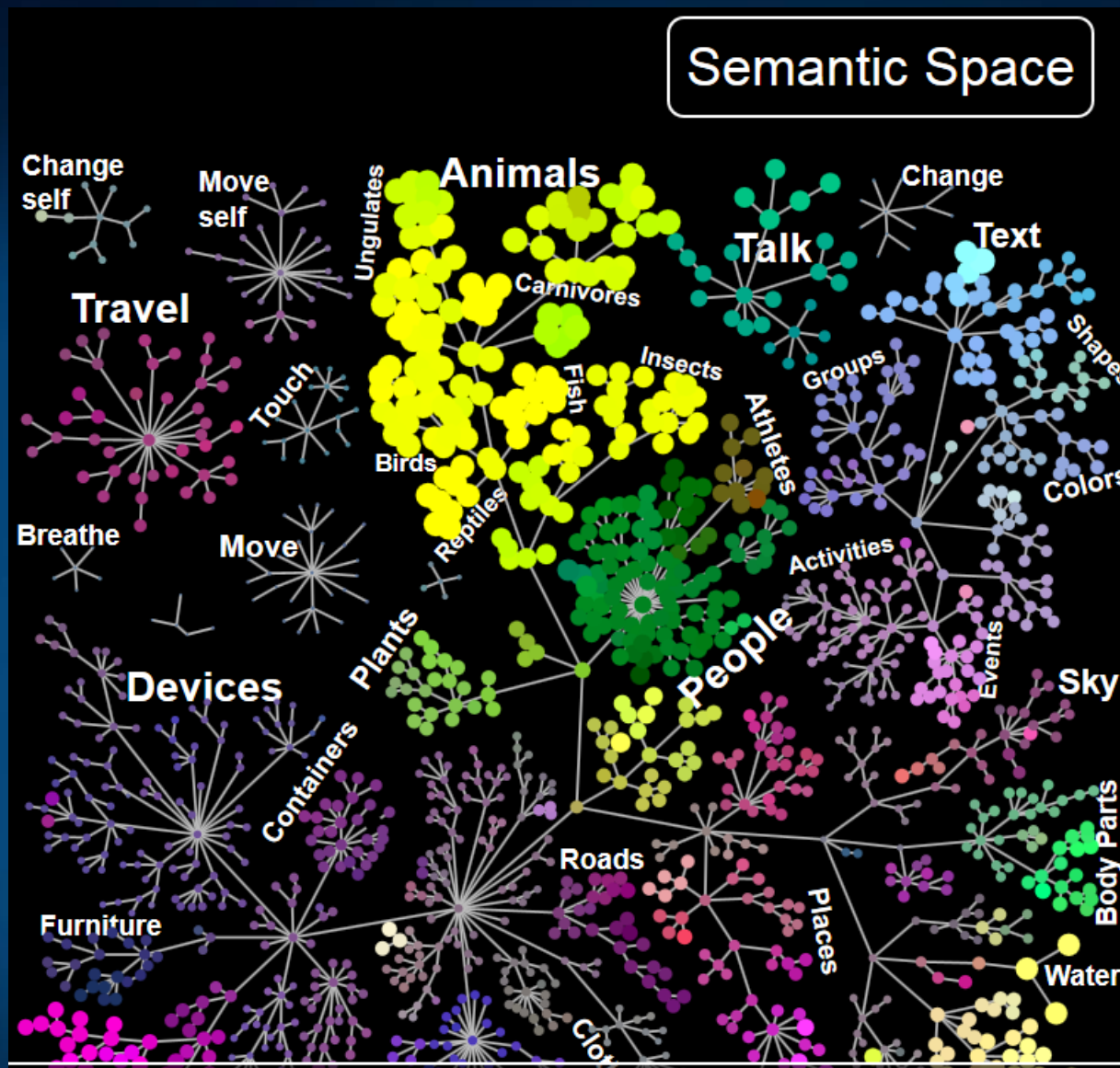
Jak w systemach formalnych (programach, robotach) możemy nadać symbolom sens, tak jak robią to mózgi?

Czy roboty mogą rozumieć świat podobnie jak ludzie?

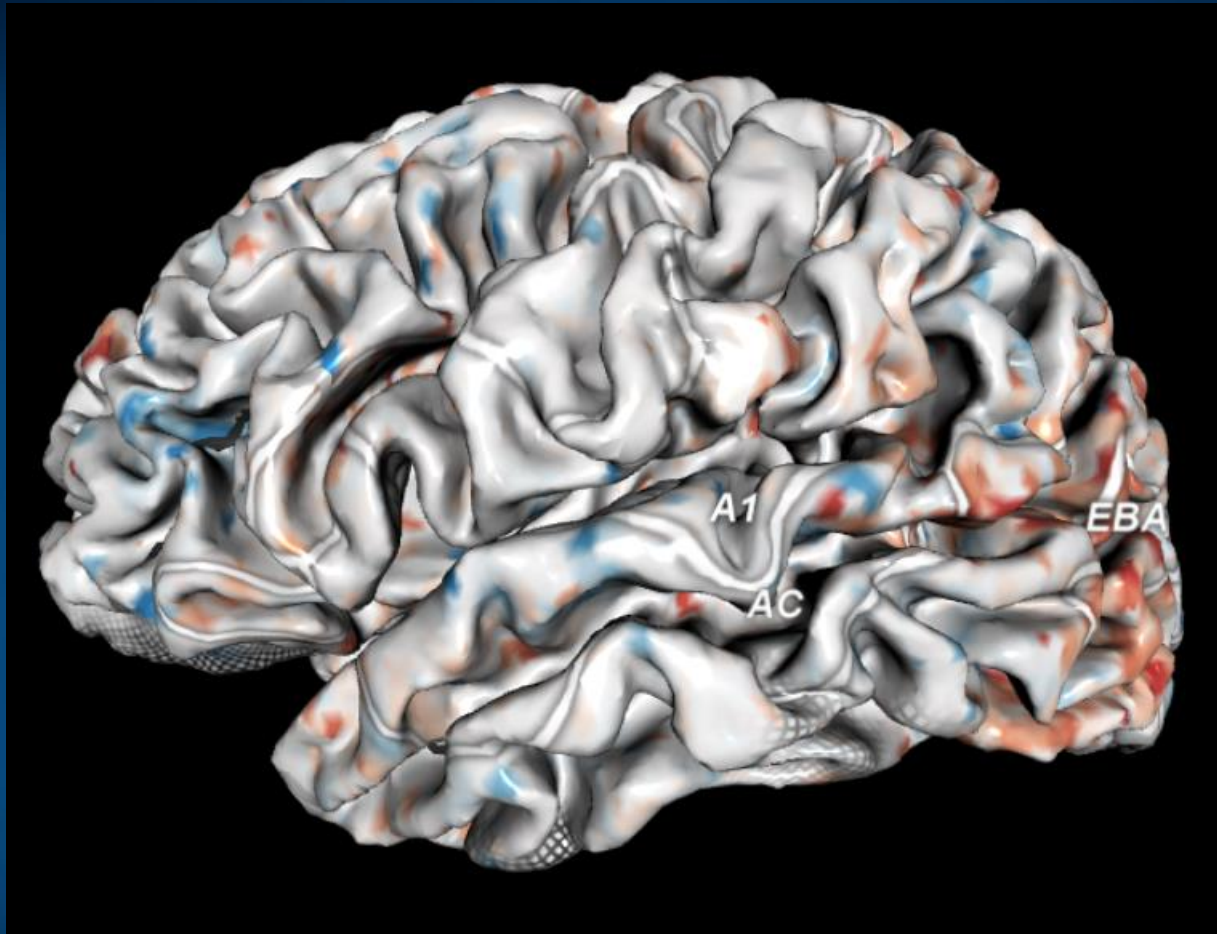
- Brak reprezentacji \Leftrightarrow jedynie reakcje sensomotoryczne?
- Czy wszystkie pojęcia są ucieleśnione, czy tylko niektóre?



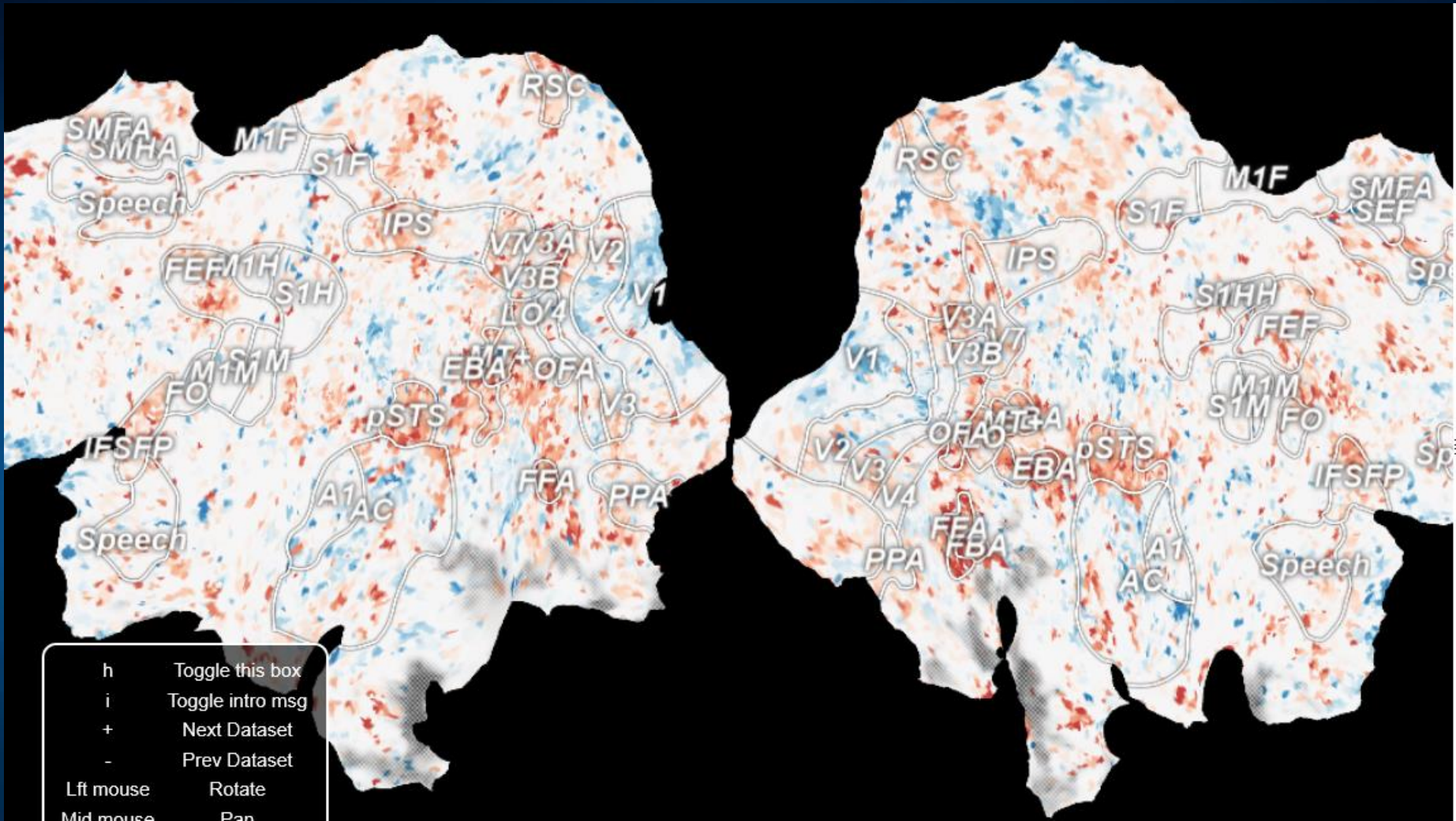
Konkluzja: proste pojęcia wywodzą się z doświadczenia, inne są wymyślane, złożone, symbole abstrakcyjne są oparte na pojęciach prostych.



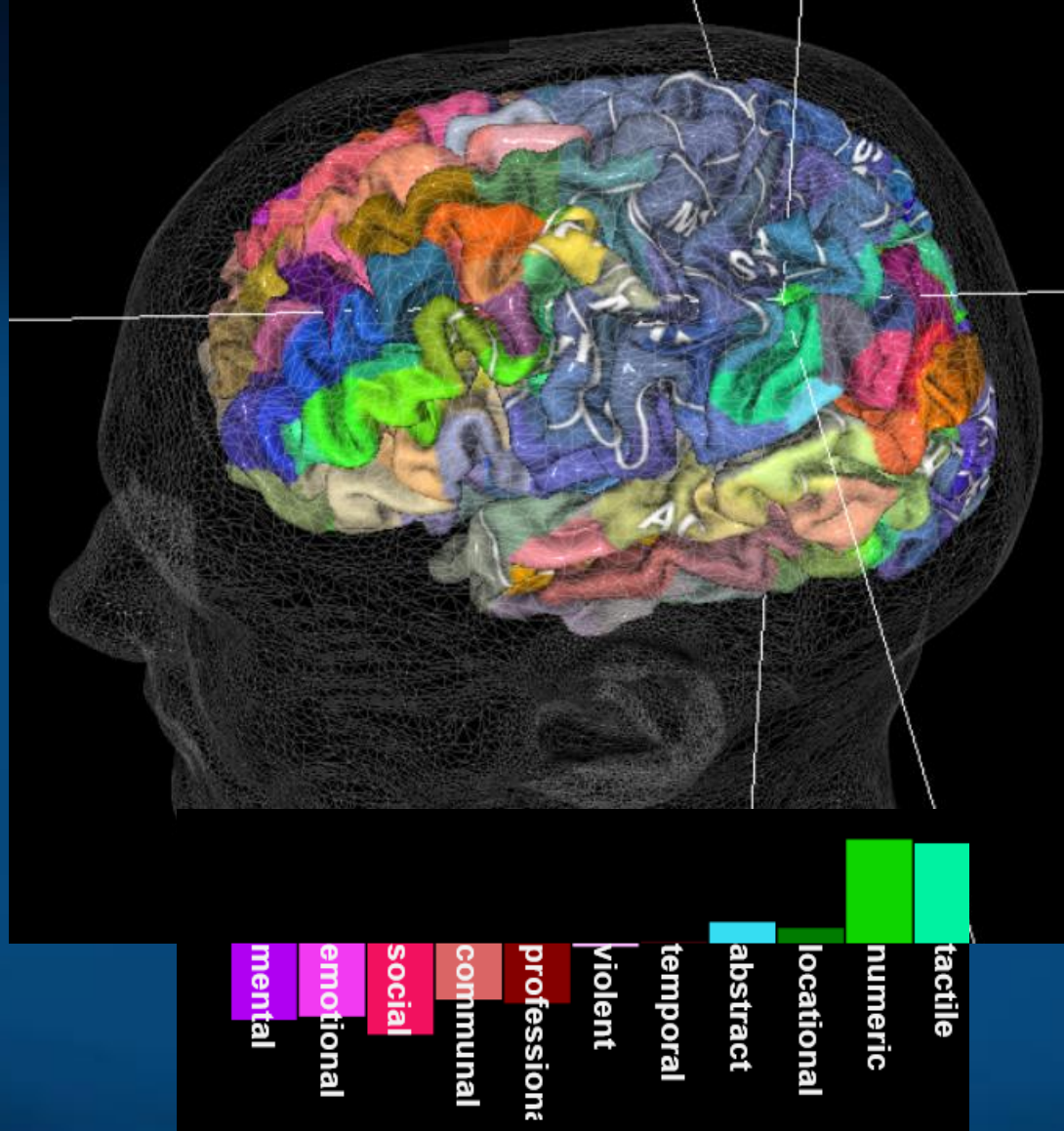
Aktywacja pojęć prowadzi do aktywacji określonych struktur mózgu. Każda ze struktur uczestniczy w semantycznej interpretacji wielu pojęć.



Aktywacja pojęć prowadzi do pobudzenia określonych obszarów mózgu. Każdy z tych obszarów uczestniczy w semantycznej interpretacji wielu pojęć.



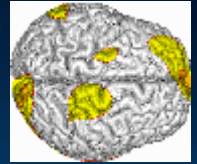
Aktywacja pojęć prowadzi do aktywacji określonych struktur mózgu.
 Każda ze struktur uczestniczy w semantycznej interpretacji wielu pojęć.
<http://gallantlab.org/brainviewer/huthetal2012/>



HIPS (horyzontalna bruzda śródcieniowa) zawiera woksele silnie reagujące na pojęcia numeryczne i abstrakcyjne. Uszkodzenia HIPS => dyskalkuli.

<http://gallantlab.org/>

Mózg jako substrat myśli



Mózg jest substratem, w którym może powstać świat umysłu, labirynt wzajemnych aktywacji dostatecznie silnych, by na tle innych procesów można je było rozpoznać i odróżnić od innych, skojarzyć z fonologicznymi reprezentacjami.

Fonologia \Leftrightarrow Semantyka pomaga konkretyzować **myśli**, bez fonologicznych etykiet aktywacji mózgu byłyby rozmyte, płynne, myślenie symboliczne nie byłoby możliwe, generalizacja byłaby zbyt szeroka, logika całkiem rozmyta.

L. Wittgenstein (Tractatus 1922):

Język przestania myśl.

Myśli wskazują na obrazy tego jak wyglądają rzeczy w świecie, myśleć to mówić do siebie samego, zdania wskazują na obrazy.

„Obrazy” = wzorce aktywacji sieci neuronalnych, pojęcia to elementarne wzorce związane z symbolami.



Triada: uczenie się

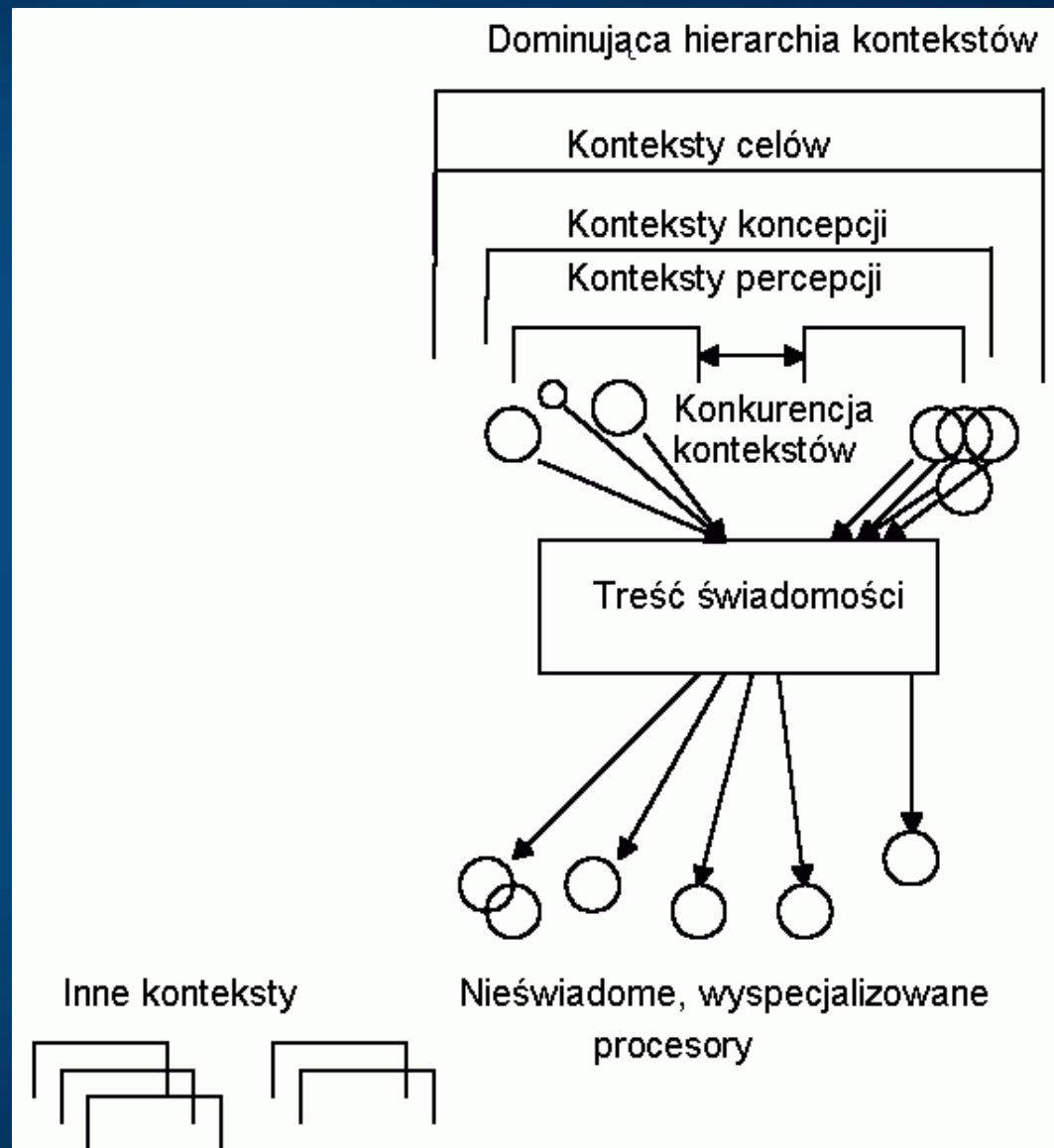
Specjalizowane „procesory” kodują elementarne pojęcia.

Informacje są sekwencyjnie rozsyłane w mózgu.

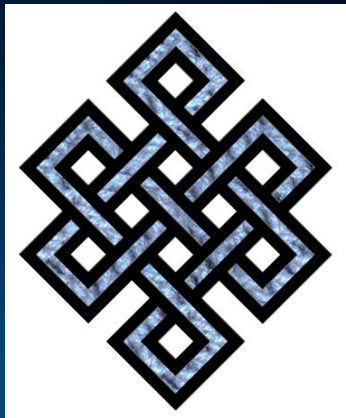
Kontekst problemu pomaga w utworzeniu skojarzeń bieżącej informacji z potencjalnie przydatną.

Selekcja skojarzeń zależy od oceny ich informacyjnej wartości na podstawie redukcji niepewności.

Wartość informacji \Leftrightarrow zmiany aktualnego modelu.



3 kroki



Jeśli dobrze rozumiemy elementy, podstawowe transformacje, sens symboli, to do rozwiązywanie problemu wystarczą 3 kroki:

- świadome postawienie zadania (aktywizacja wyuczonych elementów);
- nieświadome wykonanie obliczeń (skojarzenia z potencjalnie przydatną zapamiętaną wiedzą);
- świadome przedstawienie rozwiązania (selekcja powstałych skojarzeń).

Nie musimy się szczególnie wysilać przy rozwiązywaniu problemów!

Wystarczy **się skupić i mózg znajdzie** rozwiązanie. Tak jest przy:

- rozwiązywaniu problemów, spontanicznym, twórczym działaniu;
- kontrolowaniu prostych akcji (ruch: intencja, nieświadome wykonanie i wynik); planowaniu;
- działaniu pamięci (za chwilę przyjdzie nam do głowy);
- percepcji niejednoznacznych rysunków itd. ...

Tożsamość Eulera

$$e^{\pi i} + 1 = 0$$

5 stałych :

1, odróżnienie wielkości 1, 2, 3 jest wrodzone, zarówno u zwierząt (ptaki, ssaki) jak i niemowlaków, umożliwia porównanie zbiorów, $>3 =$ dużo.

0, trudne pojęcie, przez 1500 lat Babilońska arytmetyka nie miała symbolu.

e, samoregulacja, bo pochodna funkcji $(e^x)' = (e^x)$

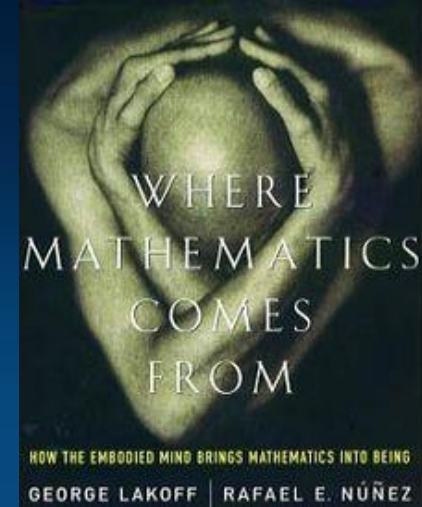
π , okręgi, obroty

i, jednostka urojona, pozwala umieścić liczby na płaszczyźnie.

4 działania: $=, +, *, e^x$.

Transformacje wektora jednostkowego na płaszczyźnie.

Pełne wyjaśnienie wymaga przeczytania 50 stron rozdziału z książki Lakoffa i Nuneza.



Kognitywistyka



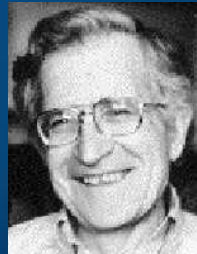
Kognitywistyka (nauki kognitywne, cognitive sciences).

Liczne metody ale wspólny cel:
zrozumienie umysłu w jak najszerszym zakresie.

Narodziny: konferencja Dartmouth, dzień 2, 11.09.1956. Chomsky, Shannon, Newell, Simon ... a nawet symulacje reguły Hebb'a łączenia się neuronów. Zrozumienie, że rozwiązanie problemów dyscypliny X zależy od rozwiązania problemów przypisywanych tradycyjnie do innych dyscyplin.

N. Chomsky, Syntactic Structures 1957

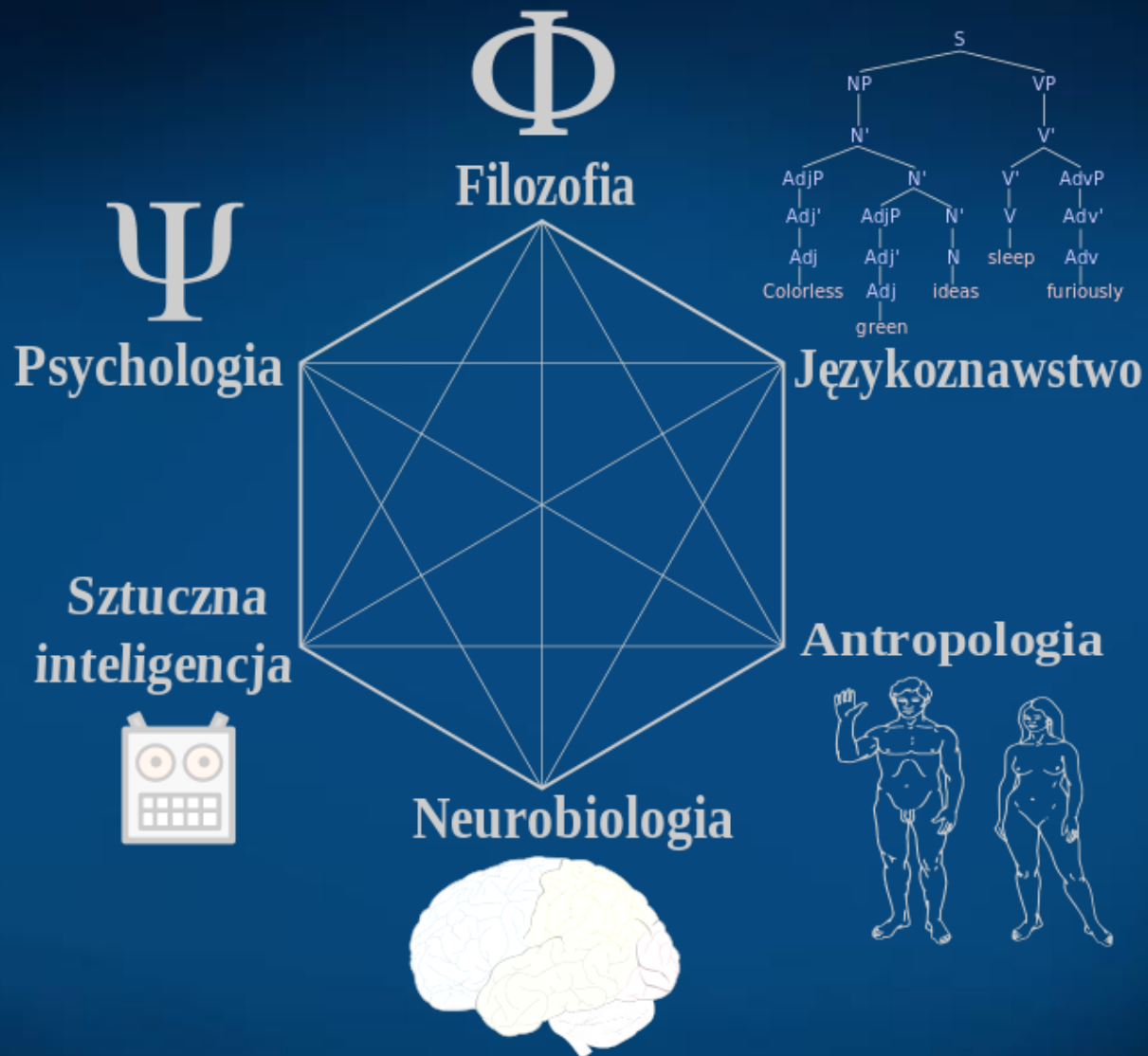
A Newell, H.A. Simon: Computer science as empirical inquiry: symbols and search. Communications of the ACM, 1967 - AI + psychologia.



Czasopismo „Cognitive Science” założono w 1976 roku.

Raport Sloan Foundation (1978) zawierał słynny diagram z 6 podstawowymi dyscyplinami naukowymi, które wspólnie tworzą kognitywistykę.

WD, Czym jest kognitywistyka? Kognitywistyka i Media w Edukacji (1998)



Początkowo interakcja tylko tam gdzie są grubsze linie ... teraz pełna ++
inne dziedziny. Rys. z raportu Sloan Foundation 1978 (G.A. Miller).

Kognitywistyka w Polsce



- 1994 Konwersatoria kognitywne na UMK
- 1995 Wykład: „Mózg, umysł i sieci neuronowe”
- 1996 Sympozjum Kognitywne „Świadomość a percepcja”, Poznań
- 1998 Czasopismo „Kognitywistyka i media w edukacji”
- 1999 UJ, Studia Doktoranckie
- 2000 Sympozjum Kognitywne „Subiektywność a świadomość”, Obrzycko
- 2001 PTK, czyli Polskie Towarzystwo Kognitywistyczne.
- 2002 I Zjazd PTK, pierwsze 4 były w Toruniu, kolejne 4 w Poznaniu, potem Lublin, Szczecin i Białystok.

Środowisko rośnie, ale nadal daleko nam do tradycyjnych dyscyplin.

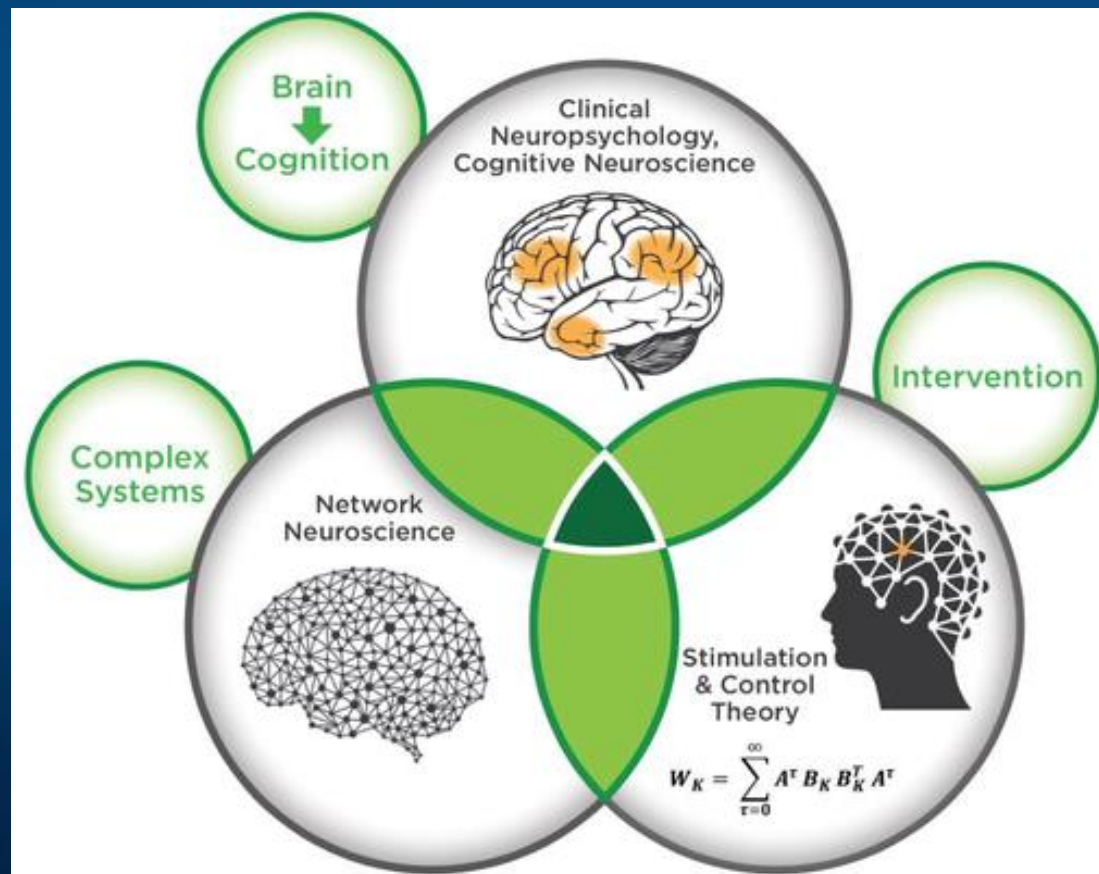
Zrozumieć = zbudować

Rozumienie inżyniera/matematyka.

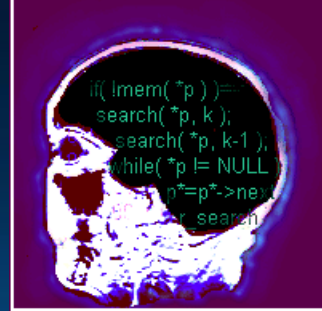
Wyróżnić elementy,

określić ich oddziaływania,

stworzyć strukturę zachowującą istotne funkcje.



Dyskalkulia



Dyskalkulia: brak wyczucia wielkości liczbowych (*number sense*), intuicyjnego rozumienia liczb, liczby obiektów, operacji na liczbach.

Dwa rodzaje poczucia liczby:

- **szacowanie** (ang. *aproximate number sense*, **ANS**), percepcja i kontekst
- **wartości konkretne** (ang. *exact number sense*, **ENS**), zliczanie i obliczenia

Pracownia Gier Terapeutycznych i Badania Procesów Poznawczych (**GameLab**) w Laboratorium Neurokognitywnym ICNT UMK, Toruń.

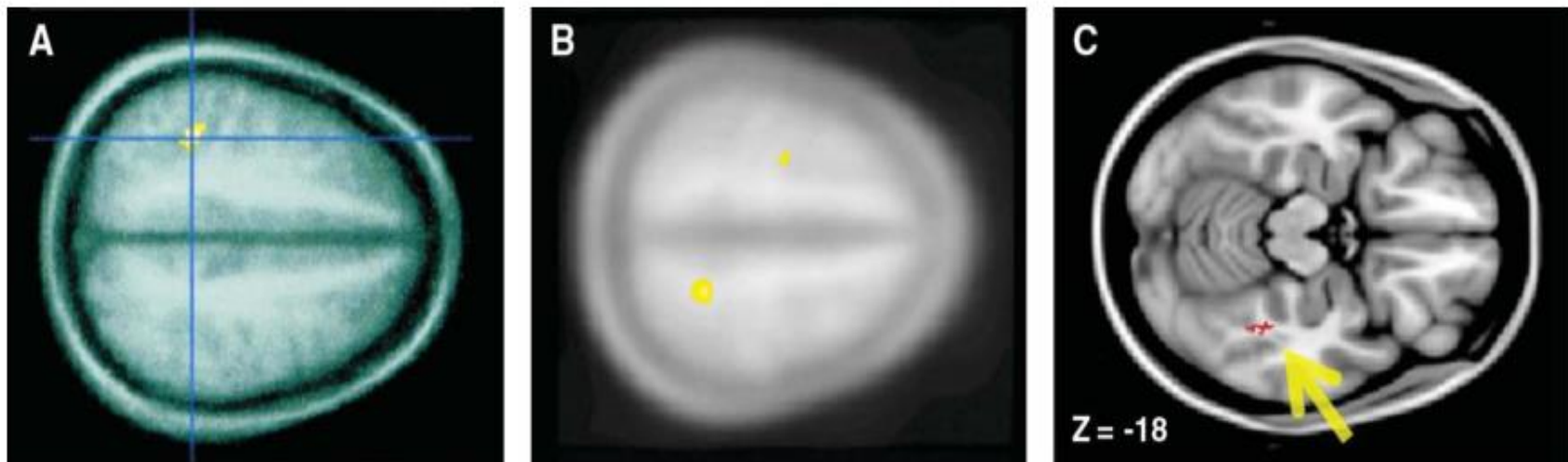
Zadania:

- stworzyć komputerowy test przesiewowy ryzyka dyskalkulii (TPRD);
- stworzyć krótki i intensywny trening poznawczy mentalnej osi liczbowej dla dzieci w wieku od 6 do 9 lat (Kalkulilo).

Dr hab. Jacek Matulewski (fizyk/informatyk); psychologowie : Bibianna Bałaj, Małgorzata Gut, Joanna Dreszer, Magdalena Jawor; kognitywiści (doktoranci): Łukasz Goraczewski, Karolina Finc, Natalia Pawlaczyk.

Dyskalkulia

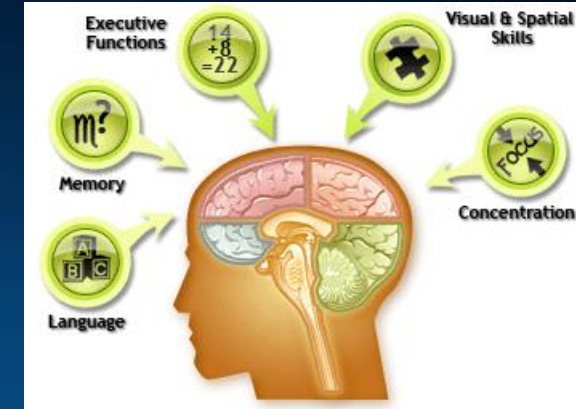
U niektórych dzieci nie dochodzi do wytworzenia mentalnej osi liczbowej. To prowadzi do **dyskalkulii** tj. zaburzenia nabywania podstawowych umiejętności matematycznych nie wynikające z obniżonej inteligencji.



Zmiany w strukturze mózgu u młodych osób dotkniętych dyskalkulią sugerują krytyczną rolę HIPS.
(Butterworth et. al, 2011).

Cięższe uszkodzenia płatów ciemieniowych prowadzą do **akalkulii**.

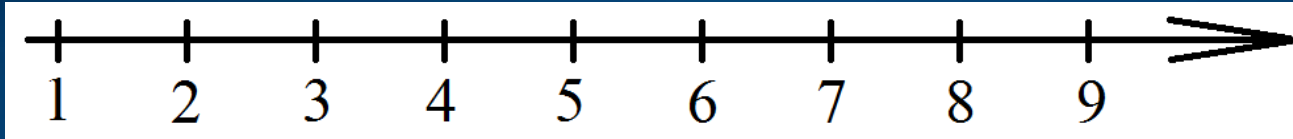
Dyskalkulia ogólnie



- Definicja:
Dyskalkulia rozwojowa to zaburzenie dziedziczne powodujące trudności w nabywaniu umiejętności arytmetycznych.
- Przyczyna (hipoteza):
Osoby z dyskalkulią nie rozwinęły typowej reprezentacji mentalnej osi liczbowej (Butterworth 2005, Dehaene 1997)
- Występowanie:
3-10% (pokazane w wielu eksperymentach)
u 30% z nich – dyskalkulia czysta, reszta – współwystępująca
- Diagnoza:
inteligencja (w normie lub powyżej),
porządkowanie (nie tylko liczb),
„poczucie liczby” (number sense, ENS i ANS),
proste operacje arytmetyczne (abstrakcyjne i na konkretach)

Związek liczb i przestrzeni

Liczby przedstawiamy często na **osi liczbowej**.



Osie liczbowe pokazują **porządek** zawarty w liczbach.

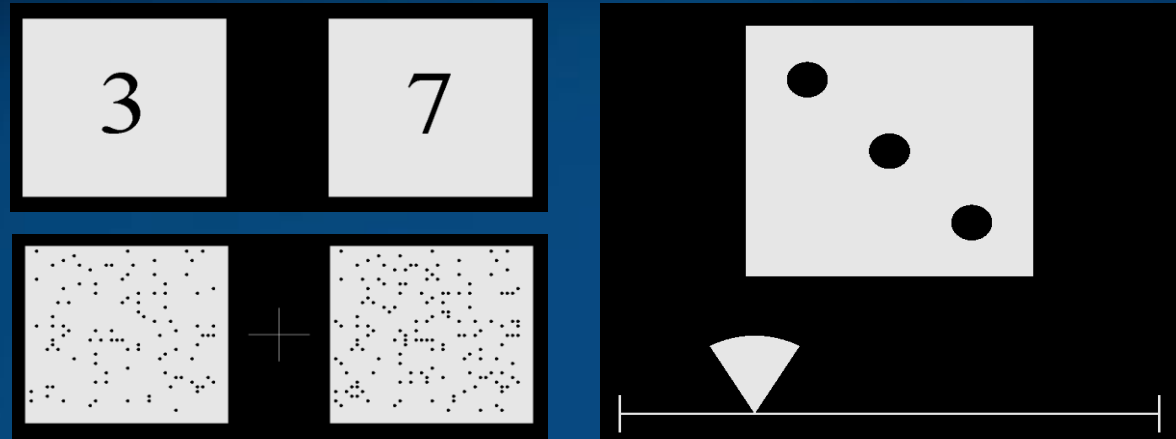
„Porządek” to fundamentalna idea matematyki.

Zdolność do porządkowania jest też niezbędna, aby dziecko rozwinęło umiejętności porównywania wartości, czy prostych operacji arytmetycznych.

Idea osi liczbowej (związku przestrzenno-liczbowego) ma reprezentację w postaci **mentalnej osi liczbowej** (*mental number line*, MNL).

Pokazuje to efekt **SNARC** (*Spatial-Numerical Association of Response Codes*): reakcja na mniejsze liczby lewą dłonią/nogą jest szybsza, a na większe – prawą dłonią/nogą (także po ich skrzyżowaniu).

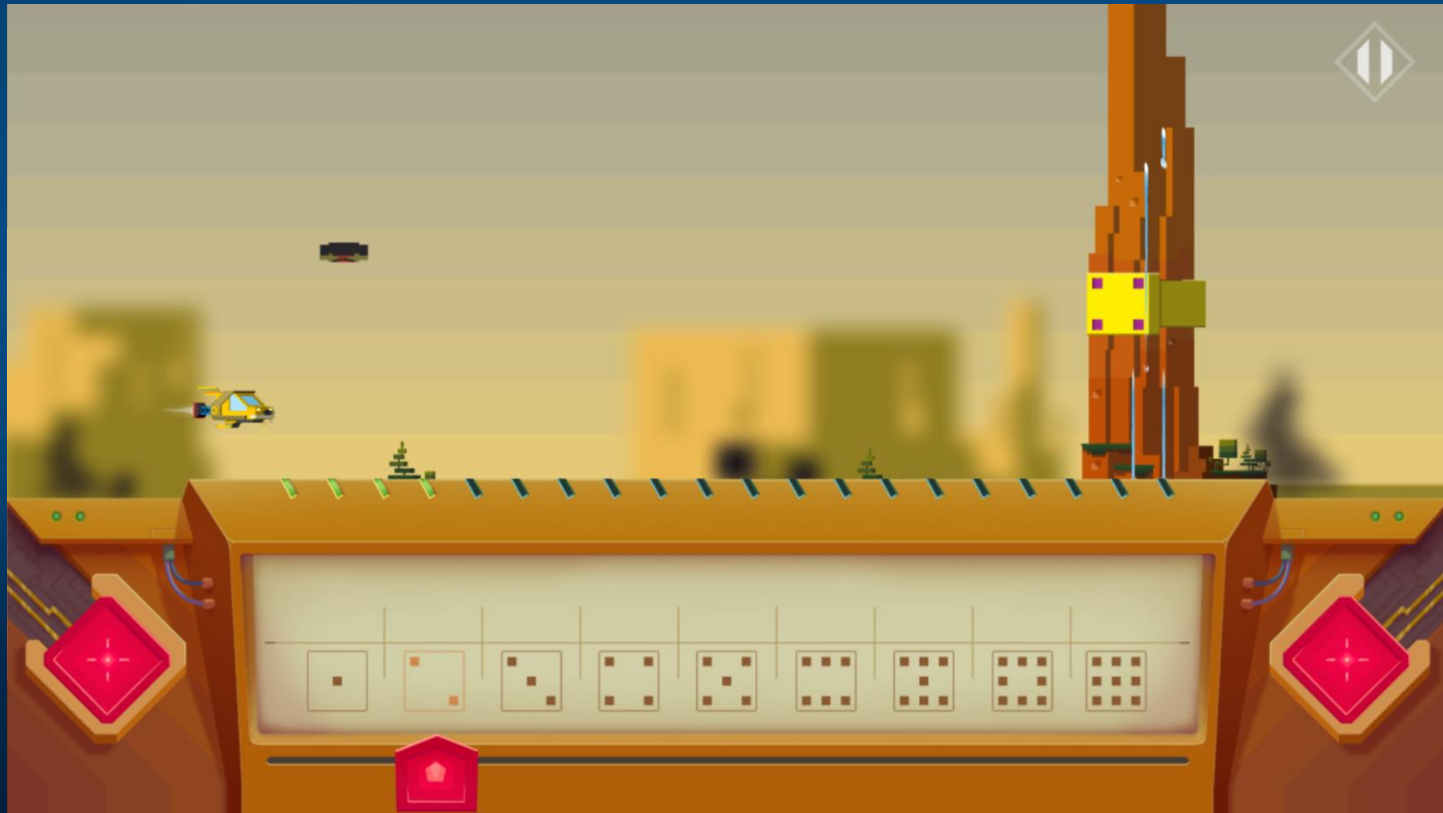
Test Przesiewowy Ryzyka Dyskalkulii



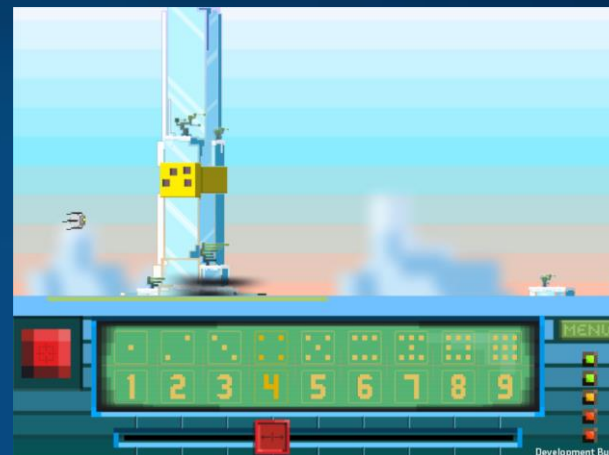
- Test TPRD składa się z 7 zadań (kilkaset prób).
Korzysta z klawiatury i myszy, zajmuje około 45 min.
Różne formaty: cyfry, uporządkowane i losowo ułożone kropki.
- Program może działać z okulografem (firmy SMI).
Śledzenie ścieżek spojrzenia, np. podczas liczenia kropek, może być ważną informacją diagnostyczną (pozwala ustalić np. strategie liczenia).
- Test jest na razie zbyt długi i nudny – potrzebna jest grywalizacja.

Trening poznawczy – gra „Kalkulilo”

- Głównym celem gry jest stymulacja mózgu sprzyjająca rozwinięciu u dzieci mentalnej osi liczbowej – podstawy porządkowania, liczenia i operacji arytmetycznych.
- Inne podobne: The Number Race i The Number Catcher (grupa Dehaene’a)



Trening poznawczy – gra „Kalkulilo”



Kluczowe cechy / czynniki terapeutyczne:

- oś pozioma (sterowanie) i oś pionowa (efekt)
- opóźnienie między akcją a efektem
- „oś” dźwiękowa (efekt SMARC) – tony – orientacja pozioma
- **akcja, atrakcyjność i grywalizacja**
- sterowanie wzrokiem (problemy!)
i sterowanie ciałem (Kinect)
- PC, tablety (iOS), telefony komórkowe

Badania prowadzimy w szkołach podstawowych,
Koordynator: Dr M. Gut (psycholog)



GCAF/GIML



Gaze Controlled Application Framework (**GCAF**)
platforma służąca do łatwego przygotowywania
spersonalizowanych aplikacji obsługiwanych wzrokiem
(badania kognitywne niemowląt i osoby niepełnosprawne)

- można przygotować aplikację sterowaną wzrokiem (gry) lub interaktywny film z wieloma scenami, obszarami aktywnymi i różnymi scenariuszami zmian scen
- każdy region może być w trzech stanach (normalny, aktywowany (spojrzenie) i reakcji (dłuższe spojrzenie) z ustalaniem progami czasowymi
- każdy stan obszaru może mieć przypisany osobny obraz, dźwięk, film, animację i zmianę pozycji
- można wyczernić scenę poza obszarem w stanie reakcji (sterowanie uwagą)
- opis sceny za pomocą języka GIML (oparty na XML)

Zespół: Jacek Matulewski, Rafał Linowiecki, Bianka Bałaj

GCAF/GIML



Gaze Controlled Application Framework (GCAF)
platforma służąca do łatwego przygotowywania
spersonalizowanych aplikacji obsługiwanych wzrokiem
(badania kogntywne niemowląt i osoby niepełnosprawne)



GCAF/GIML



Gaze Controlled Application Framework (**GCAF**)
platforma służąca do łatwego przygotowywania
spersonalizowanych aplikacji obsługiwanych wzrokiem
(badania kognitywne niemowląt i osoby niepełnosprawne)



General Problem Solver (GPS) czyli Ogólny Rozwiązywacz Problemów

Newell, J.C. Shaw, H.A. Simon, rozwijany od 1957 roku.

Dwa cele:

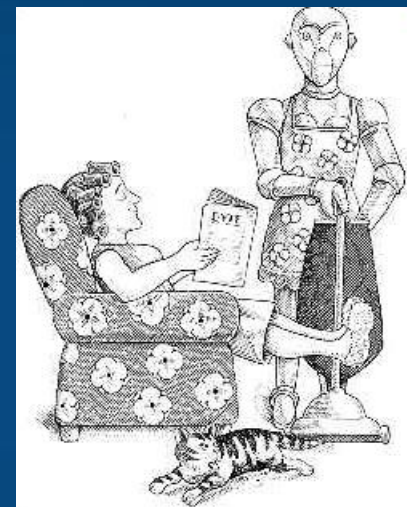
- Rozwiązywanie problemów wymagających inteligencji.
- Stworzenie teorii rozwiązywania problemów przez ludzi.

GPS składał się z:

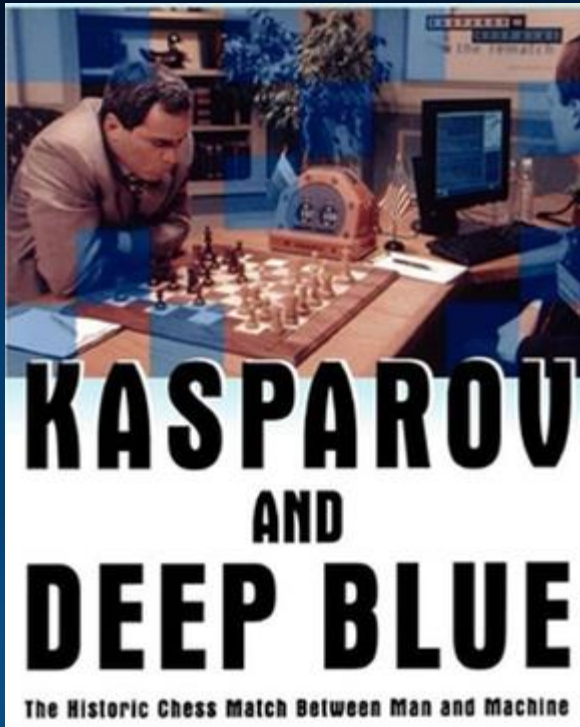
- abstrakcyjnego rozwiązywacza problemów;
- wiedzy o zadaniu, zawartej w strukturach danych, tworzących „środowisko problemu”.

Znaczenie GPS polegało na zrozumieniu trudności AI, w połowie lat 1960 program zakończył się fiaskiem, nie znaleziono „algorytmu inteligencji”.

Gdzie jesteśmy teraz?



Postępy AI



1995 – warcaby, program Chinook wygrywa z mistrzem świata, dr Tinsleyem.

1997 – szachy, Deep Blue wygrywa z Kasparowem.

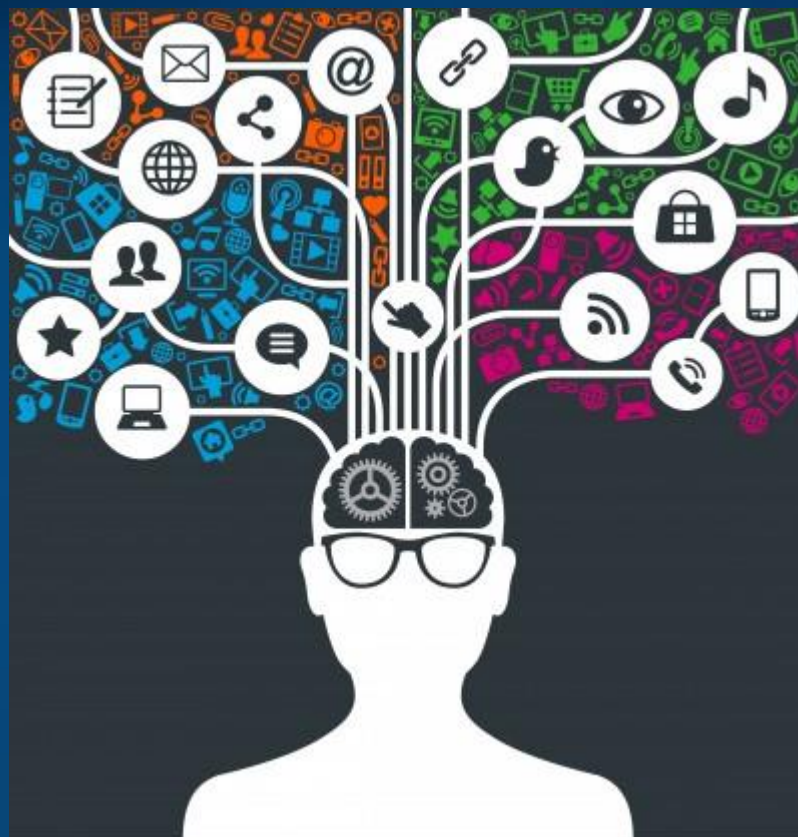
2011 – IBM Watson wygrywa z dwoma mistrzami teleturnieju Jeopardy (Va Banque)

2015 – zrobotyzowane laboratorium + AI odkrywa ścieżki genetyczne/sygnałowe regeneracji płazińców

2016 – Google **AlphaGo** wygrywa z Lee Sedolem
DeepChess: End-to-End Deep Neural Network for Automatic Learning in Chess. ICANN (2) 2016: 88-96



Sterowani przez algorytmy



Na nasze zachowanie wpływa wszystko, z czym mamy do czynienia. Automatyczne filtrowanie informacji robi Google, Amazon, Netflix, banki, giełda, sieci społecznościowe, rządy autorytarne ... Piękny sposób niemal niezauważalnej manipulacji.

Informatyka kognitywna

Od wygranej Watsona w Jeopardy IBM przestawił się na informatykę kognitywną: od medycyny do kognitywnych ubrań (IBM+Marchesa) ...

Olli, autonomiczny pojazd z którym można porozmawiać, testowany w Waszyngtonie, Połączenie pojazdu bez kierowcy (głębokie sieci neuronowe) + **IBM Watson** + **Internet of Things**.

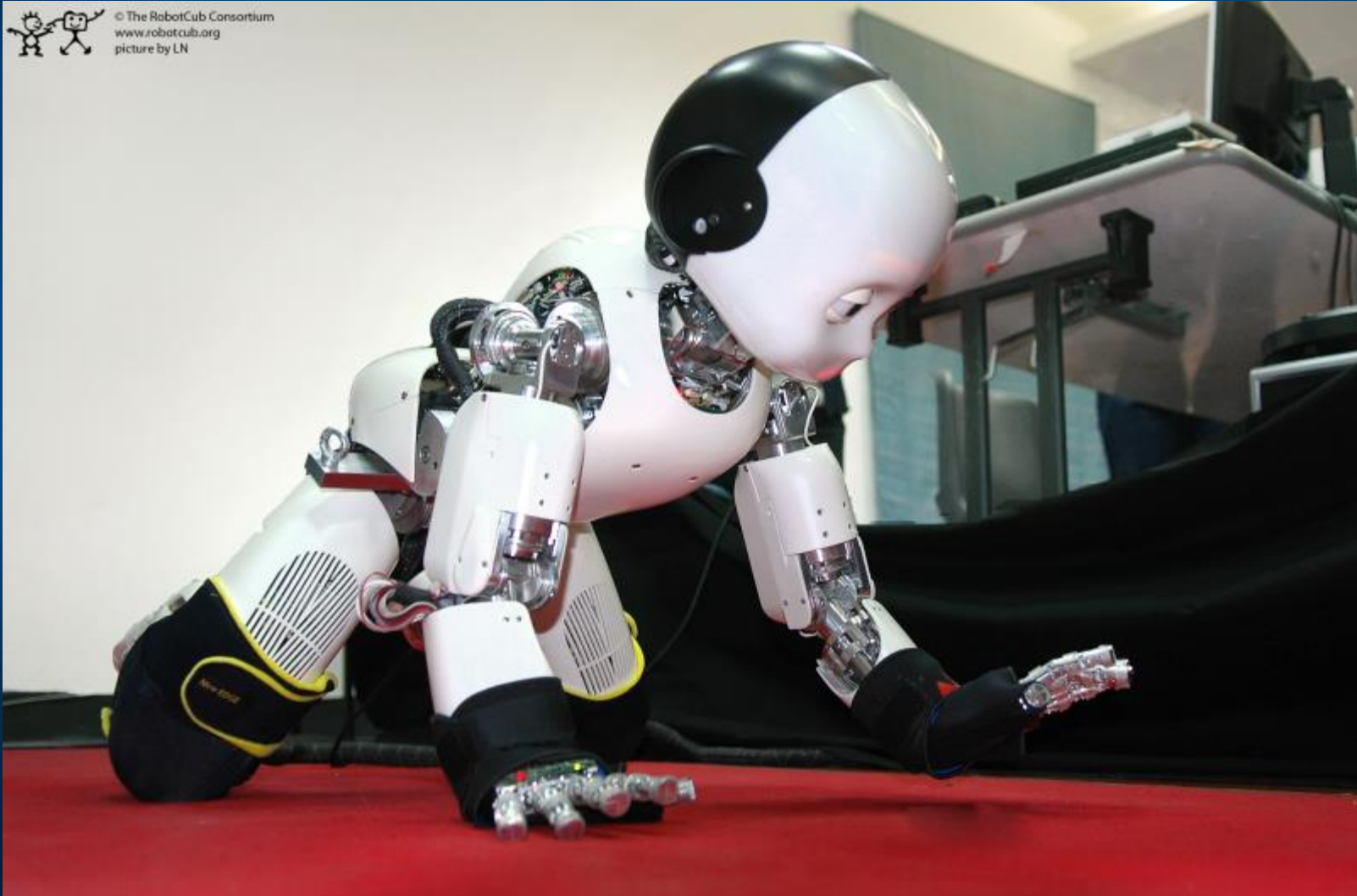
Watson - kluczowe API: Speech to Text & Text to Speech, Natural Language Classifier, Entity Extraction.



Duch W, Neurocognitive Informatics Manifesto. In: Series of Information and Management Sciences, California Polytechnic State University 264-282 (2009)

Roboty

- iCUB raczkuje ... open source, uczący się przez interakcję z światem.



Osobowość Robota

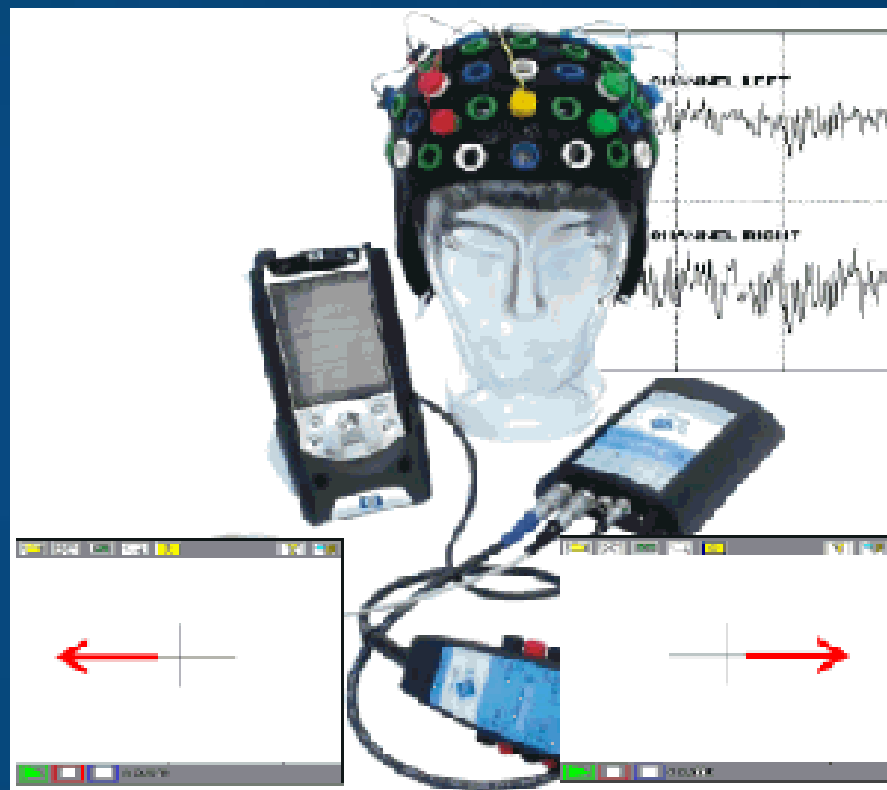
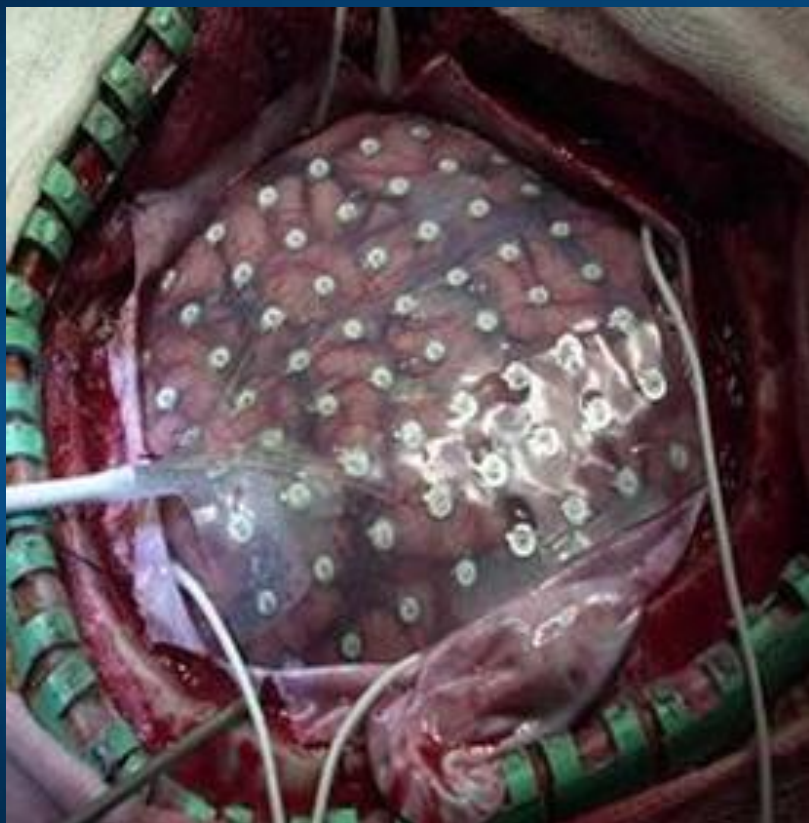
Google otrzymał w 2015 roku **US Patent 8,996,429**:
„Methods and systems for robot personality development”.



Wyzwanie: zwyciężyć w ping-ponga, przetrwanie autonomicznego robota we wrogim środowisku (np. sztuczny szczur), zrobić drużynę piłki nożnej. Test Turinga – wymaga szerokiej wiedzy, wyobraźni, ucieleśnienia inteligencji?



Interfejsy mózg-komputer



Osoby cierpiące na chorobę Parkinsona lub zaburzenia kompulsywno-obsesyjne, które mają wszczepione stymulatory w mózgu, mogą regulować swoje zachowanie za pomocą zewnętrznego kontrolera.

Trenowanie mózgu

Engagement Skills Trainer (EST) to procedury treningu amerykańskich żołnierzy.

Intific Neuro-EST to technologia wykorzystująca analizę EEG i wielokanałowy stymulator przezczaszkowy (MtCS) do transferu umiejętności pomiędzy mistrzem i uczniem.

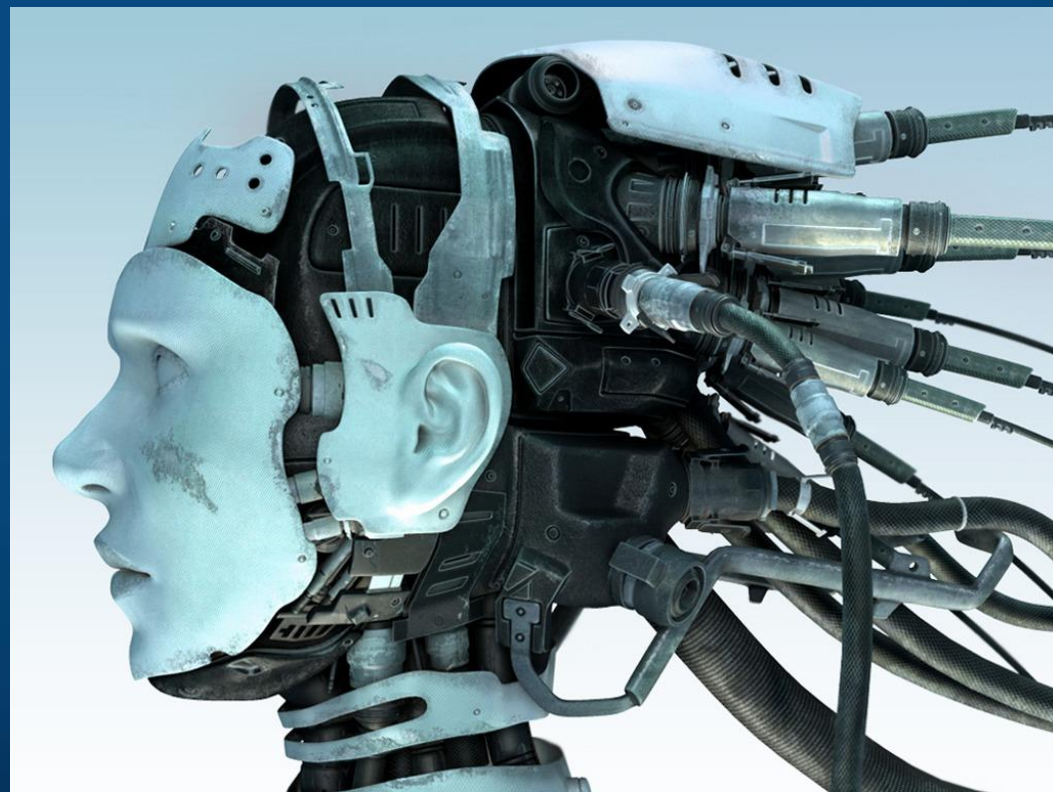


Homo Sapiens Digital – transhuman?

Czy powstanie nowy gatunek **Homo Sapiens Digital** (HSD), cyfrowy transhumanoid? Dla HSD cyfrowe wzmocnienie zmysłów i funkcji mózgu stanie się częścią naturalnego środowiska.

Mądrość to nie spryt, cyfrowe wzmocnienie powinno dopełniać wrodzone zdolności i pomagać w mądrym podejmowaniu decyzji korzystnych w dłuższym okresie czasu.

Stany umysłu zależą nie tylko od samego mózgu, ale i otoczenia, w którym działa: urządzeń mobilnych wspomagających pamięć i dostęp do informacji, implantów słuchu, wzroku i innych zmysłów, interfejsów BCI i stymulatorów mózgu.



Neuromorficzne komputery

Projekt SyNAPSE 2015: IBM TrueNorth chip

1 chip ~1 mln neuronów i 1/4 mld synaps (5.4 mld tranzystorów),

1 moduł=16 chipów ~16 mln neuronów, 4 mld synaps, moc 1.1 wata!

Skalowanie: 256 modułów ~4 mld neuronów, 1T = 10^{12} synaps, < 300 W.

IBM Neuromorphic System osiąga złożoność \approx ludzkiego mózgu.

Ale neurony są typu integrate & fire, programowanie nie będzie łatwe.

IBM Research założył SyNAPSE University.

Samsung Dynamic Vision Sensor (DVS) jest z TN.
HBP?



Soul or brain: what makes us human?
Interdisciplinary Workshop,
Toruń 19-21.10.2016

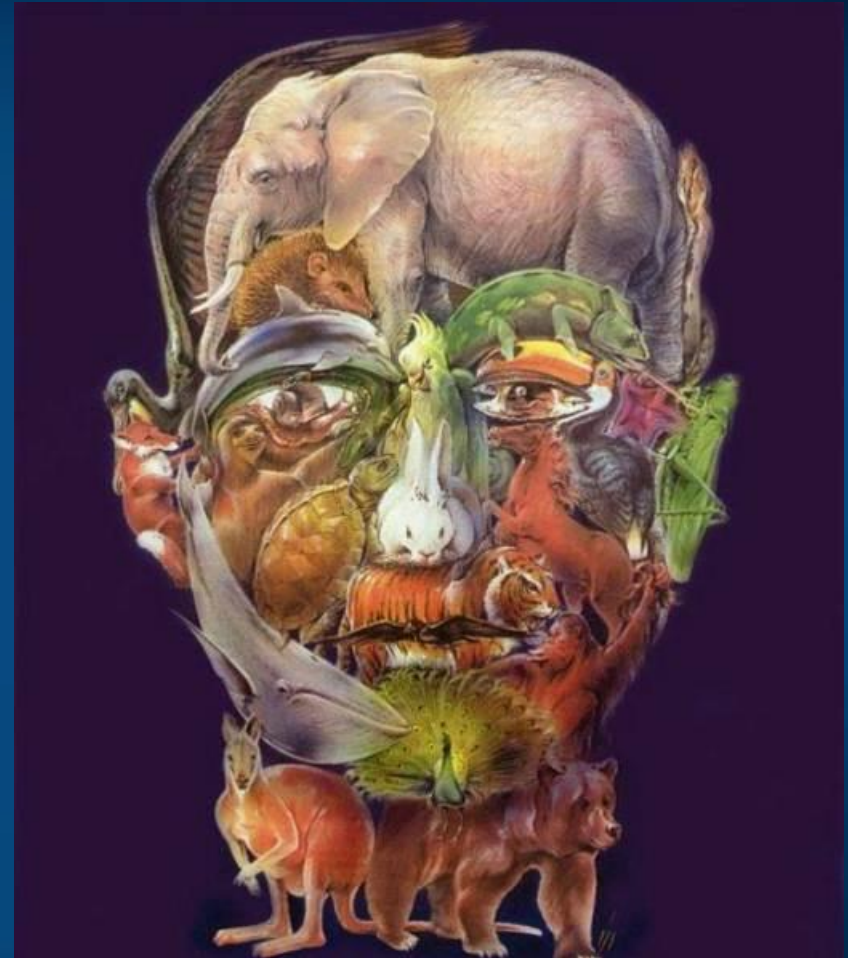
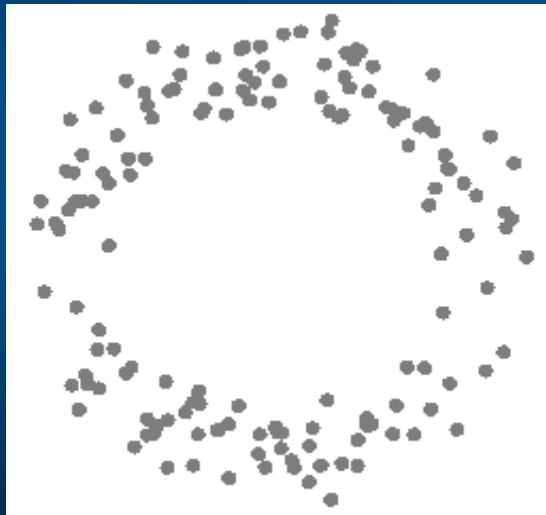


Infants, learning,
and cognitive
development.
4-5.11.2016

Interdoctor: Disorders
of consciousness .
19-21.10.2016



Dziękuję za
synchronizację
neuronów!



Google: W. Duch
=> referaty, prace, wykłady ...

