



Mózg człowieka i sztuczna inteligencja

Włodzisław Duch

Laboratorium Neurokognitywne,
Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii UMK
Katedra Informatyki Stosowanej UMK

Google: W. Duch

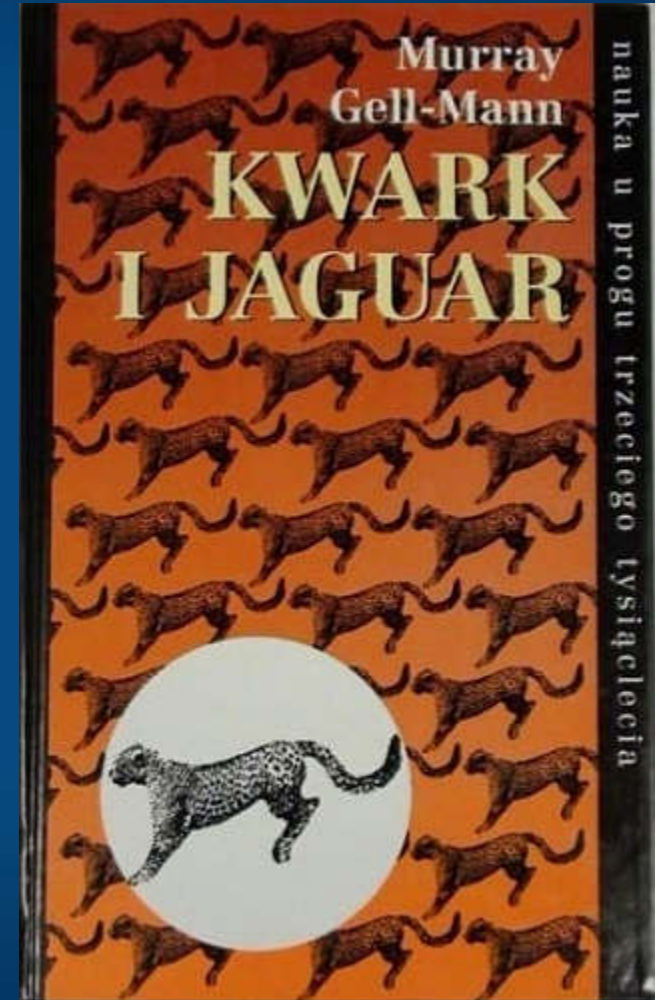
Fundacja Dzieło Nowego Tysiąclecia, 23.07.19

Mózg, ulubiony organ Ducha!



O czym to będzie

- Mózg jest najbardziej skomplikowanym obiektem w znanym nam wszechświecie.
- Badanie mózgu.
- Odczytywanie stanów mózgu.
- Doskonalenie mózgu.
- Naprawianie mózgu.
- Sztuczna inteligencja i mózgi.



Wszechświat ...

Starożytne wyobrażenia o świecie zastąpione zostały przez współczesną astronomię, znacznie bardziej interesujące.



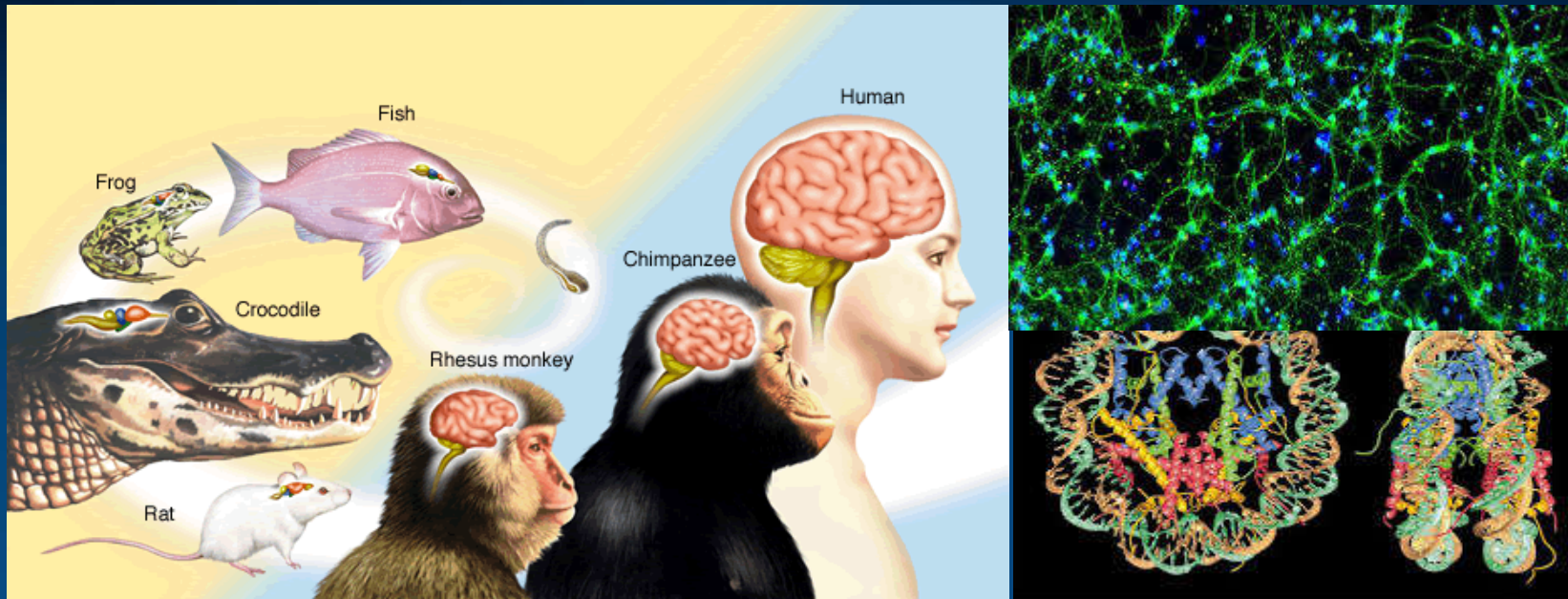
Nic nie jest naprawdę takie, jakim nam się wydaje!

Wszechświat: 2000 miliardów galaktyk (2×10^{12}),

w każdej >100 mld gwiazd = > 10^{23} gwiazd,

może być nawet 10^{22} planet. **Niewyobrażalnie wiele.**

Jak złożone są mózgi?

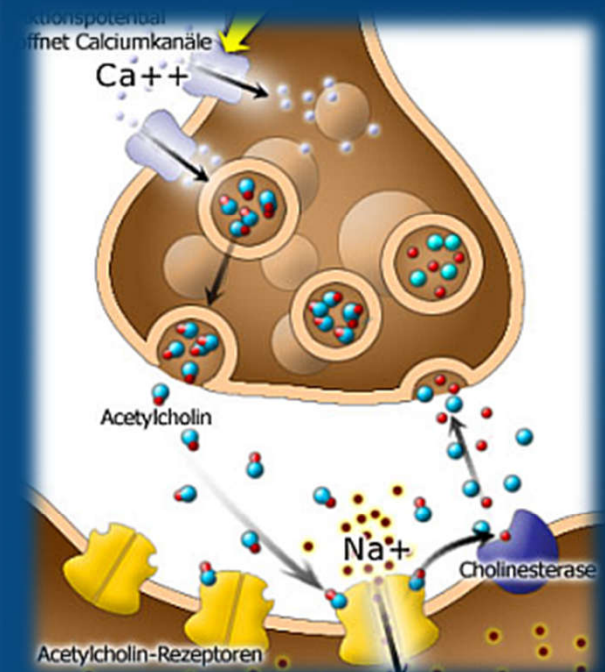
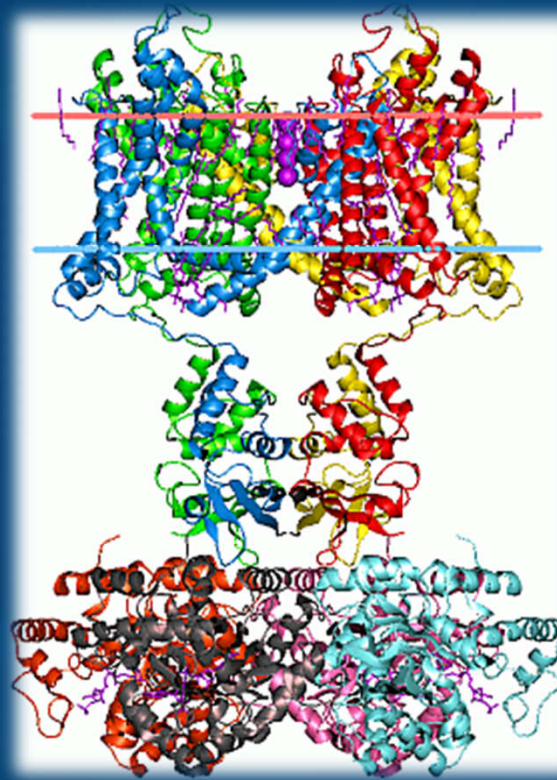
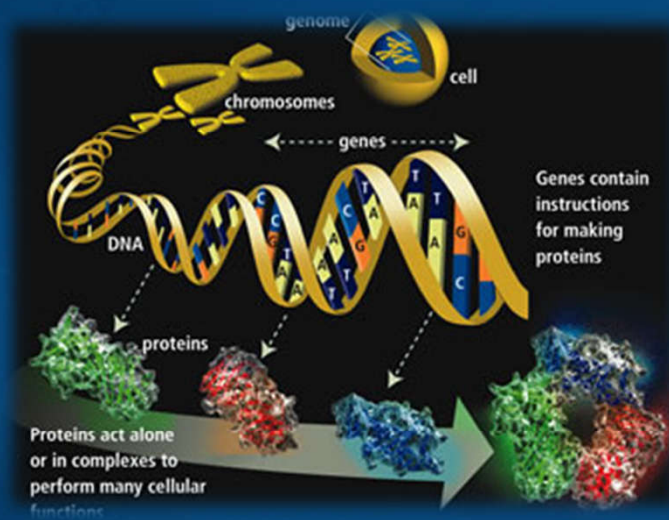


- Mózg człowieka: masa ~1.4 kg, 130 g białek, 100 g tłuszczu, reszta to woda!
- Ok. 20.000 genów kodujących białka, 50 bln komórek ciała, 2m DNA w komórce, więc długość DNA ~100 mld km=666 x odległość do Słońca.
- 2% masy ciała, zużywa 20% tlenu i 25% glukozy, około 20-25 Watów mocy.
- 86 ± 8 mld neuronów (69 ± 7 mld w mózdzku), ok. $\sim 10^{14}$ (100 bln) synaps.
- Naiwne oceny: pamięć 100 bln * 10 bit/synapsę = 1 Petabit (10^{15}).
- Szybkość: $< 100 \text{ Hz} * 100\text{T} = 10 \text{ Pflops}$; zwykle 1% g-aktywnych neuronów.

To nie kwestia rozmiaru!

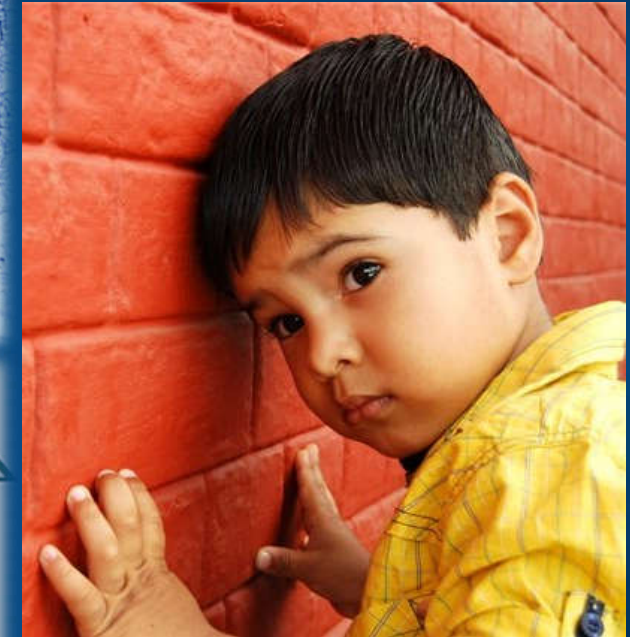
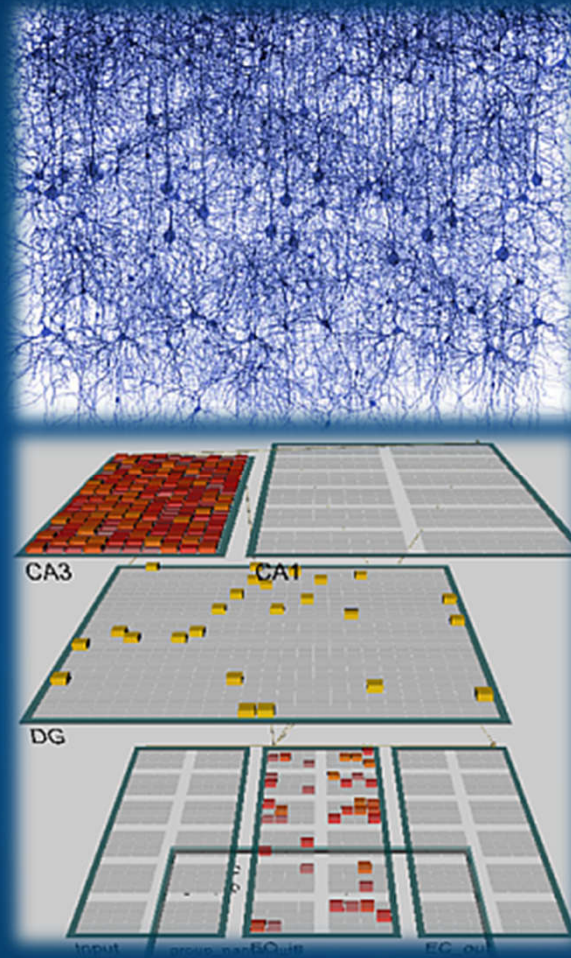
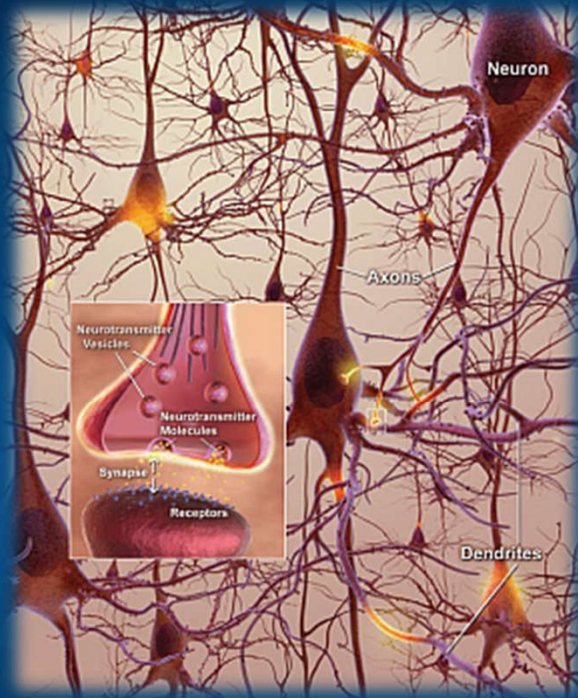


Od genów do neuronów



Geny => Białka => Receptory, kanały jonowe, synapsy
=> **własności neuronów, własności sieci** =>
neurodynamika => fenotyp kognytywny, zaburzenia zachowania!

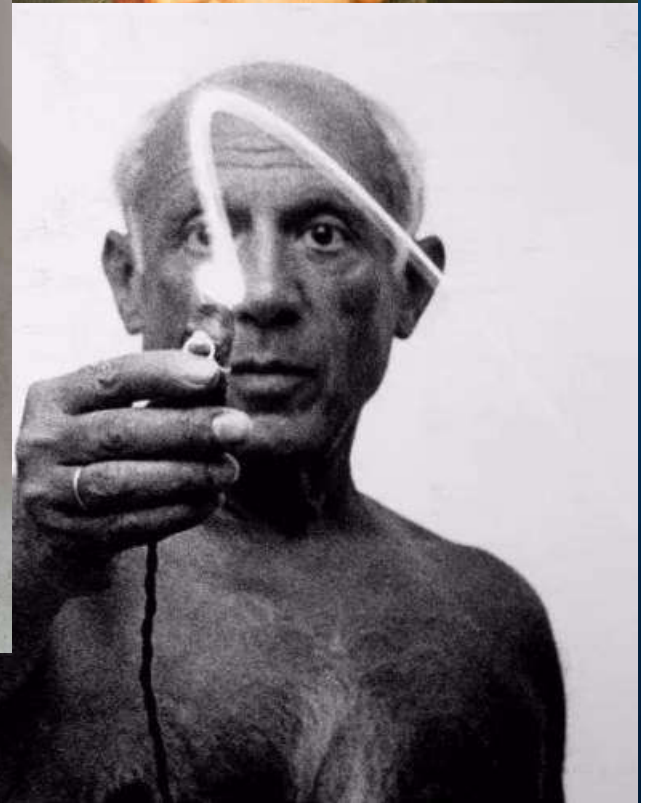
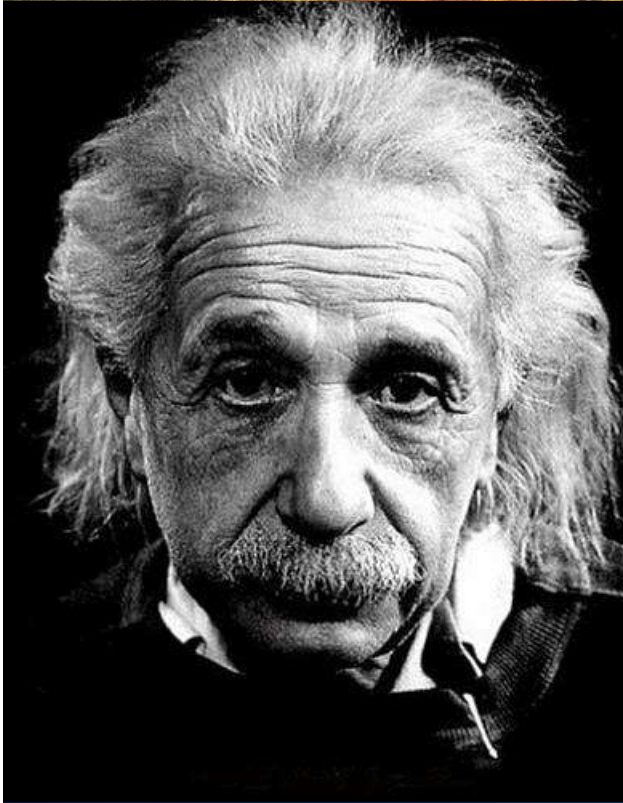
Od neuronów do zachowania



Geny => Białka => receptory, kanały jonowe, synapsy
=> własności neuronów, sieci neuronów, neurodynamika
=> fenotypy kognitywne, zaburzenia zachowania, choroby psychiczne.

Jak w pełni rozwinąć
potencjał człowieka?

Czy wszyscy czują, że osiągnęli swoje maksymalne możliwości?



Używamy 100% swojego mózgu,
ale to nie znaczy, że mózg nie może się
bardziej rozwinąć.

W danej chwili silnie aktywnych jest tylko
1% wszystkich neuronów, ok. 20 W!
100% ⇔ 2000 W, ugotowany mózg!



REGIONAL PROGRAMME
NATIONAL COHESION STRATEGY



KUJAWSKO-POMORSKIE
VOIVODESHIP

EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND



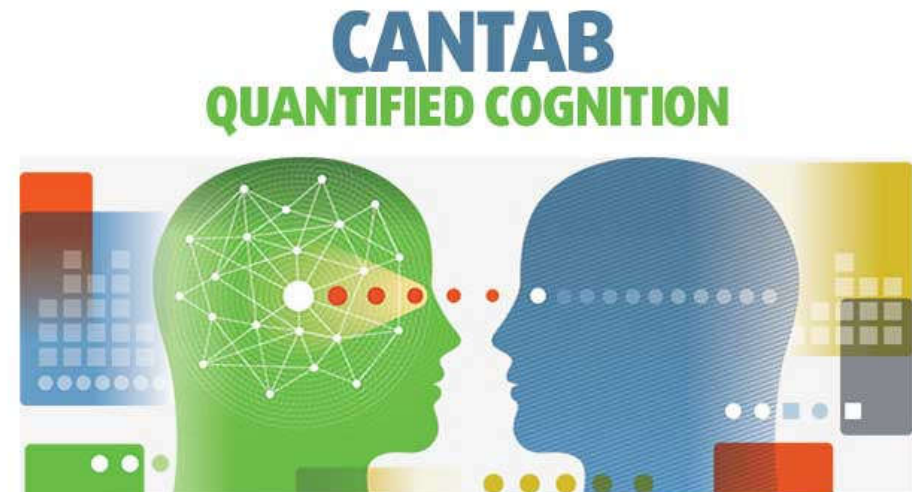
My region in Europe



Laboratorium Neurokognitywne Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii UMK

Misja: lepsze zrozumienie procesów rozwojowych, biologicznych podstaw zachowania i specyficznych umiejętności, związków pomiędzy działaniem mózgow i umysłów, wdrażanie innowacji społecznych wspomagających rozwijanie pełnego potencjału człowieka w ciągu całego życia.

Nasze zabawki



Pomieszczenie przeznaczone do badań EEG oraz ET



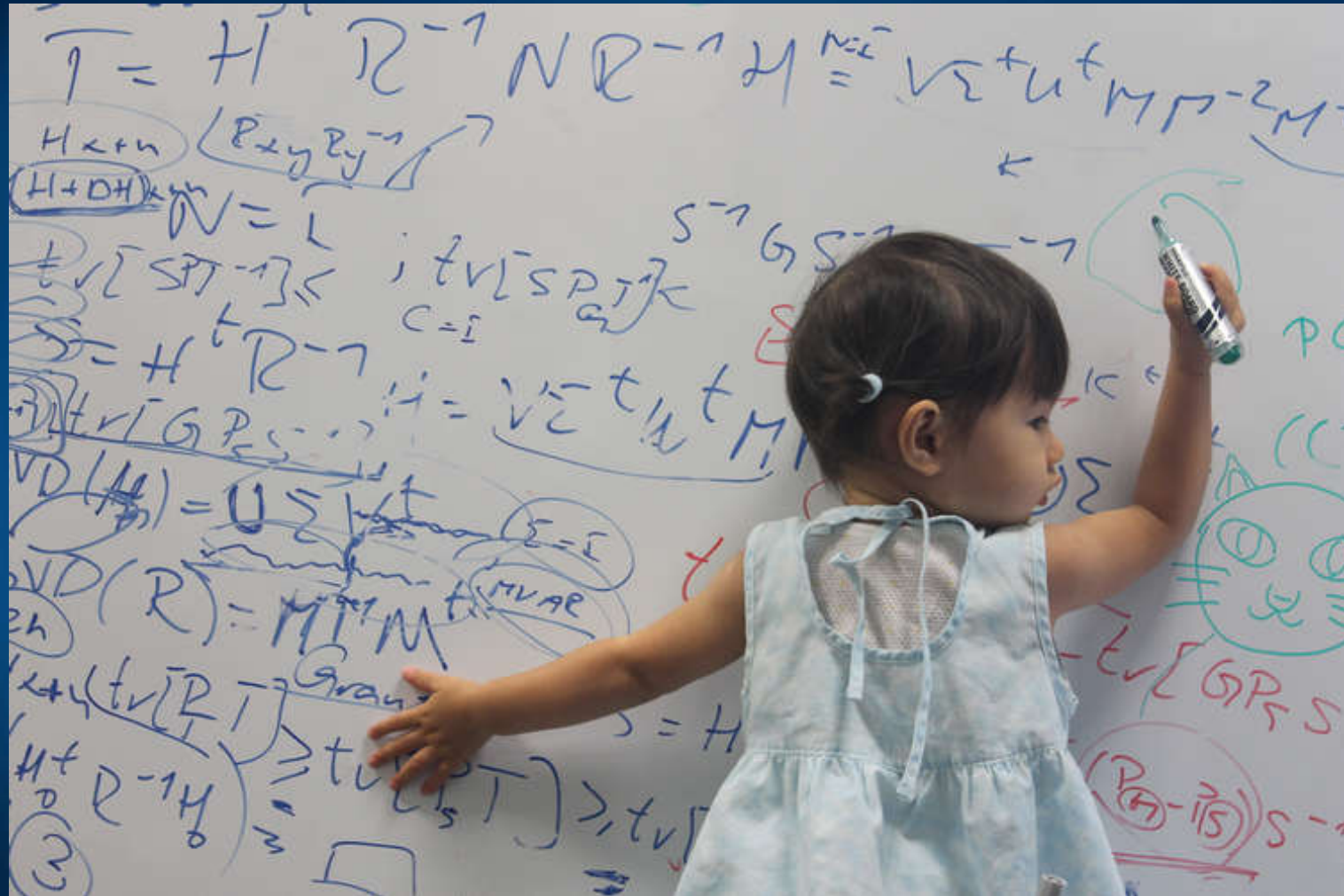
Pomieszczenie przeznaczone do treningu



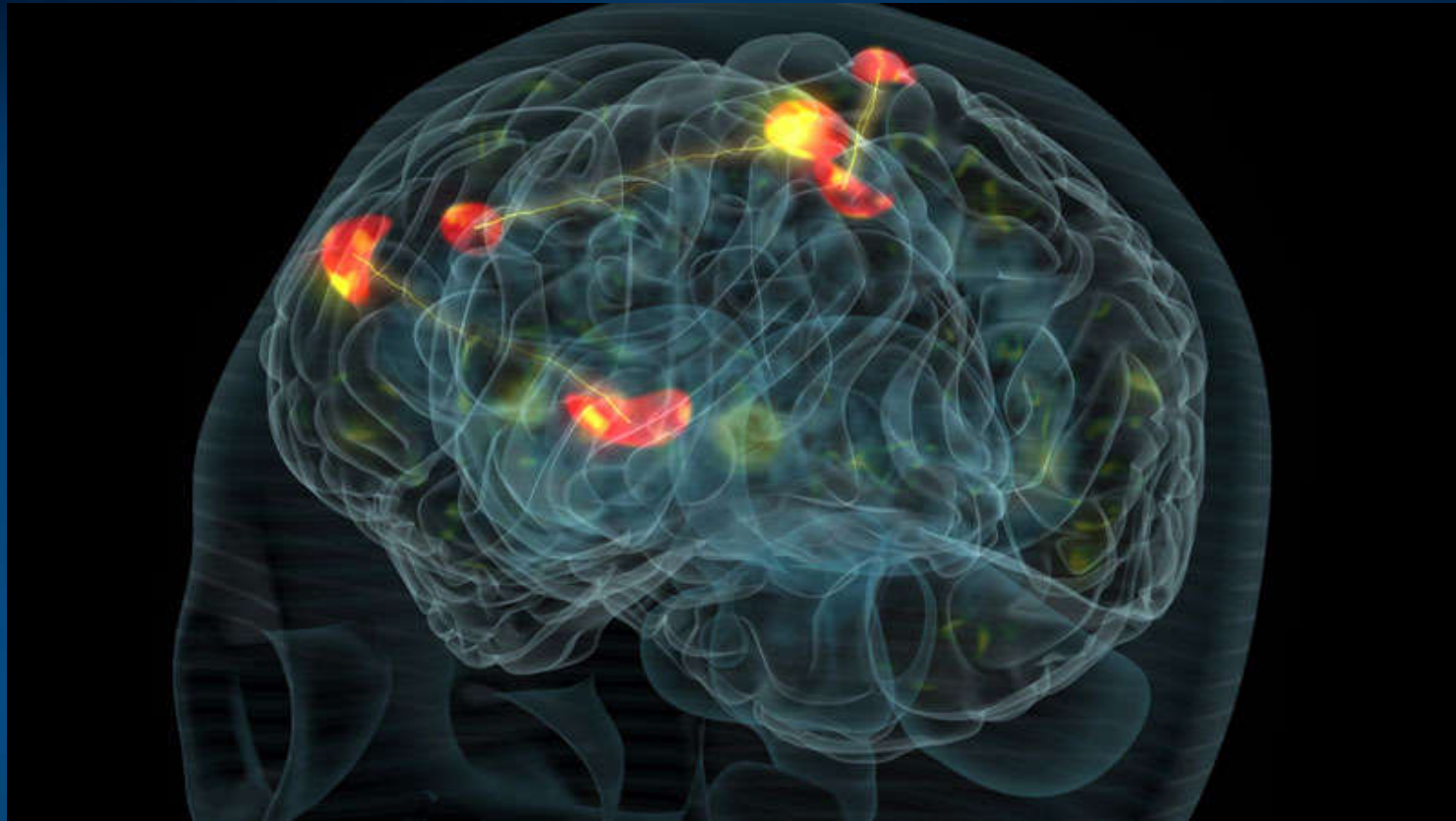
Pomieszczenie przygotowawcze



W naszym BabyLabie ...



Myśl: silna, spójna aktywacja

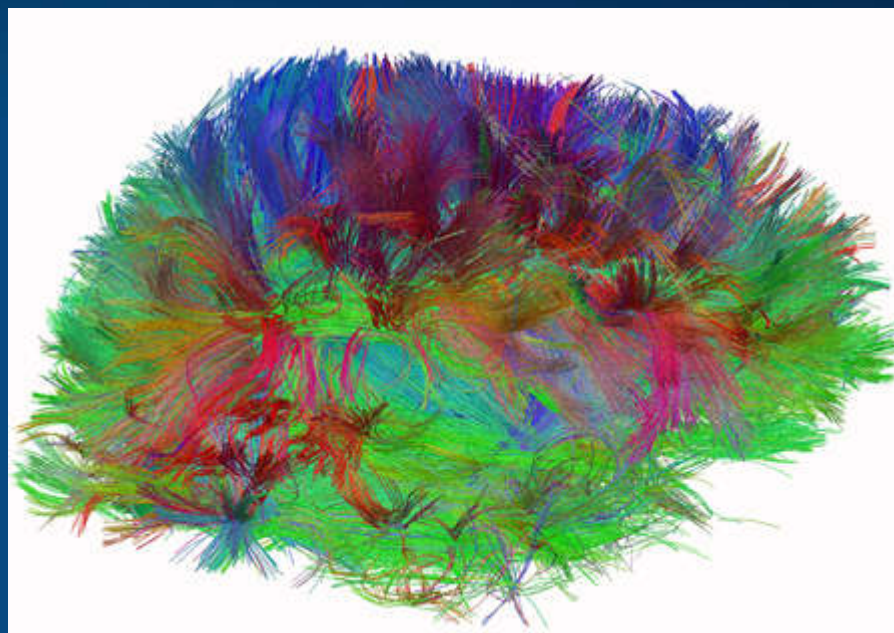
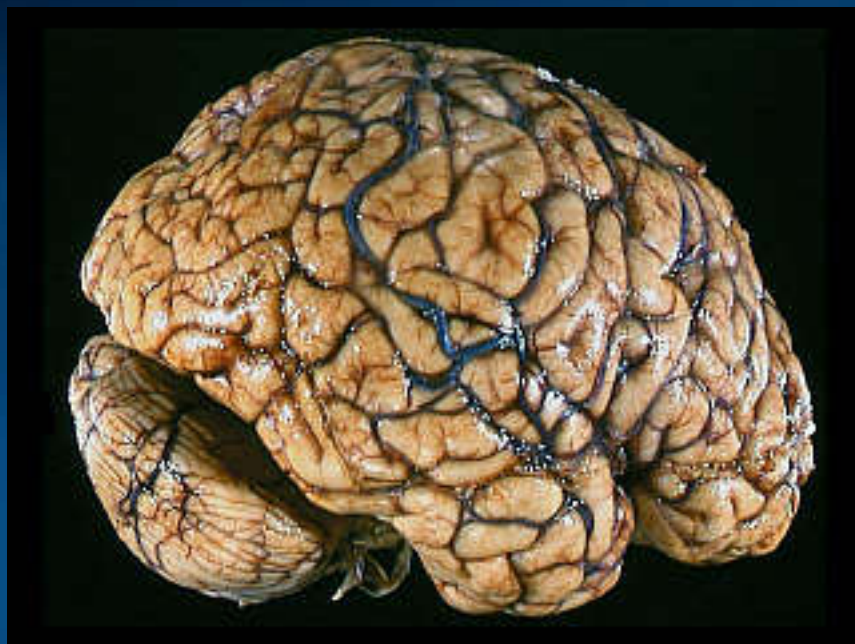


Odpowiednio silna spójna aktywacja może być jednoznacznie rozpoznana, skojarzona z gestami i słowami, wskazującymi na stany mózgu.

Zmysły tylko podsuwają wzorce aktywacji, ale widzi, słyszy i czuje mózg.

Zadbood et al. (2017). How We Transmit Memories to Other Brains.
Cerebral Cortex, 27(10), 4988–5000.

Genetyczny i neuronalny determinizm



Genetyczny determinizm narzuca ogólne ograniczenia. Tylko ~ 20.000 genów.

Neuronalny determinizm: > 100.000 mld połączeń!

Konektom = wynik doświadczeń życiowych, wychowania, prania mózgu, determinuje szczegółowo formę skojarzeń, myśli, odczuć, w kontekście kulturowym. Nie możemy myśleć inaczej, niż pozwala na to aktywność neuronalna – konfabulujemy, ale prawdziwa przyczyna to neurodynamika.

Jak naprawić/usprawnić/zoptymalizować działanie mózgu?

Świat to konstrukcja umysłu

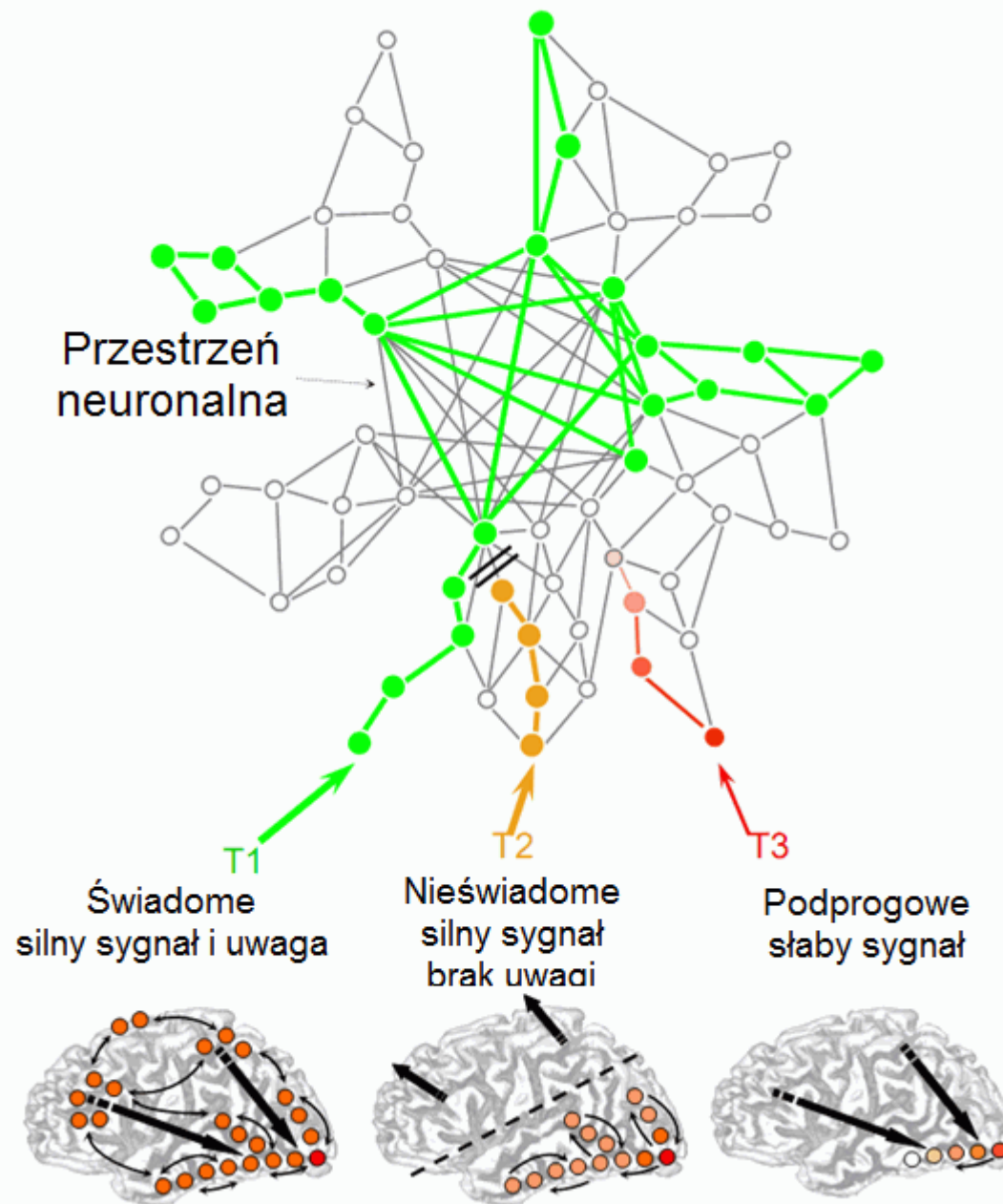
Co trzeba wyjaśnić?

- Nauka ma systematycznie weryfikować hipotezy.
- Badamy różnice działań które są świadome i nieświadome, związane z nimi stany mózgu.
- Świadoma percepcja – nieświadoma recepcja bodźców.
- Świadome uczenie się – uczenie się utajone (implicit learning).
- Świadome przypominanie – utajone (implicit memory).
- Kontrola i wnioskowanie świadome lub automatyczne.
- Procesy wymagające umysłowego wysiłku lub spontaniczne.
- Neuronowe korelaty świadomości (Crick, Koch), czyli jak aktywacja mózgu tworzy subiektywne wrażenie umysłu.
- Wiele rodzajów pamięci: krótko/długoterminowa; epizodyczna – semantyczna. deklaratywna – proceduralna.

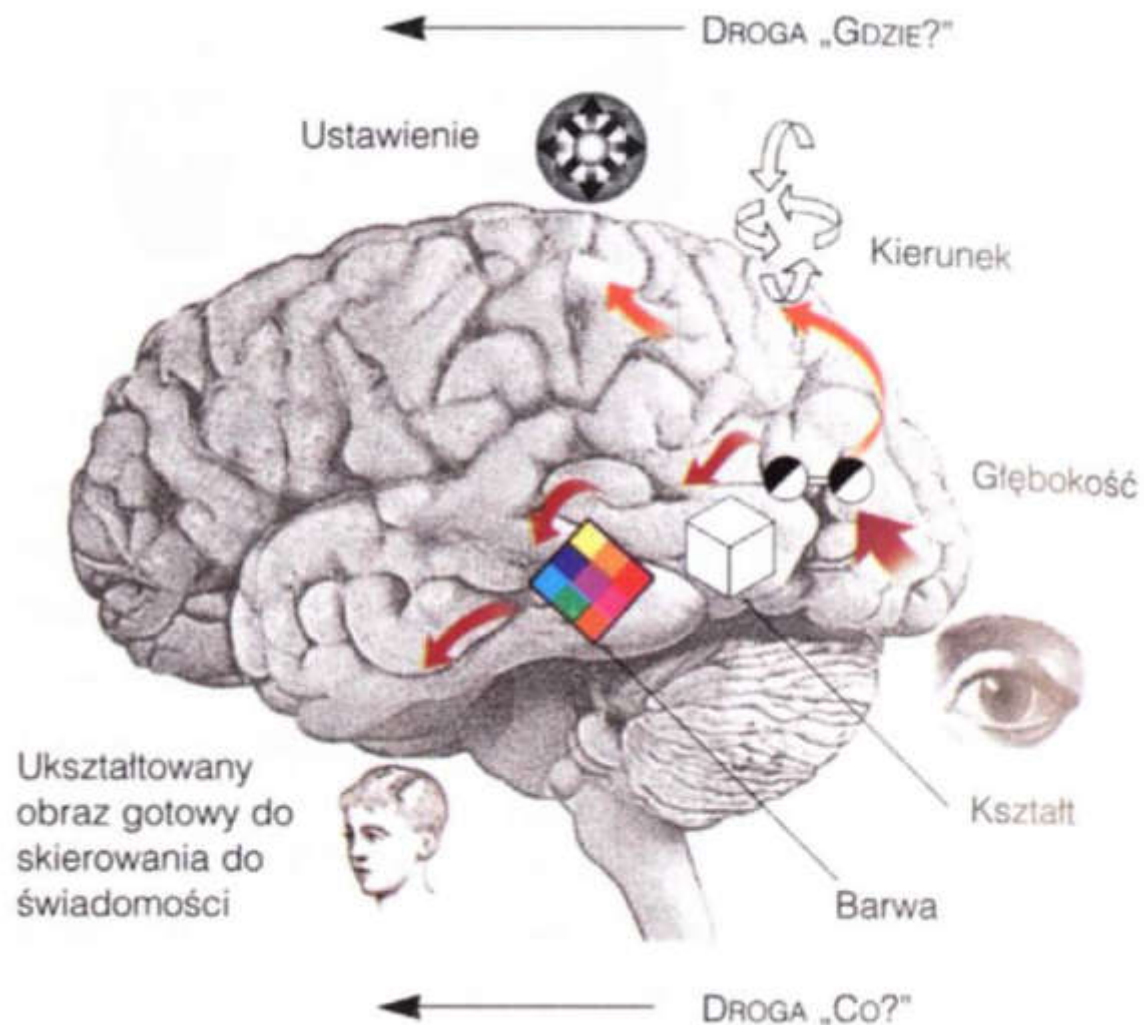


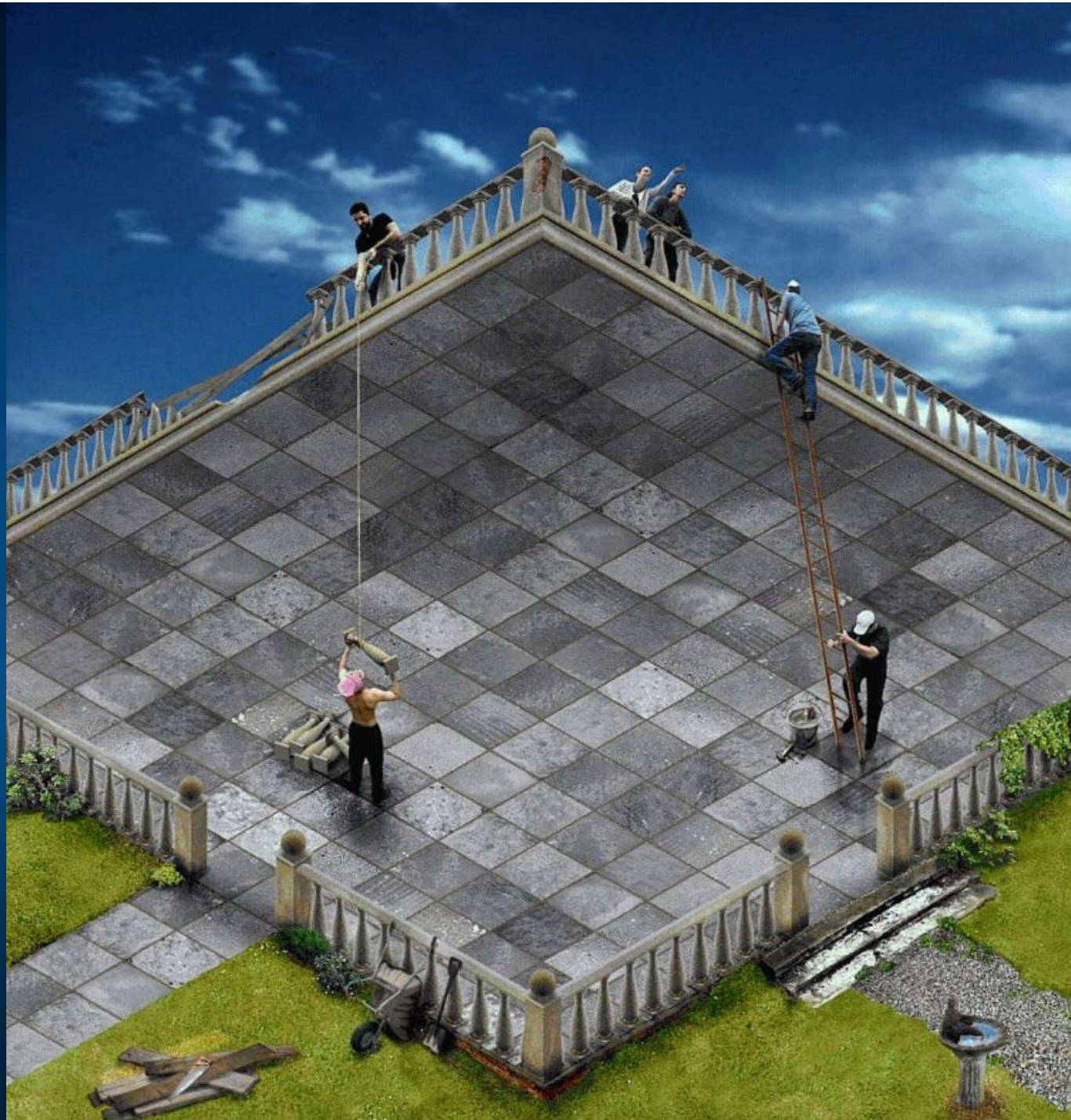
Kiedy bodźce
mogą stać się
świadome?

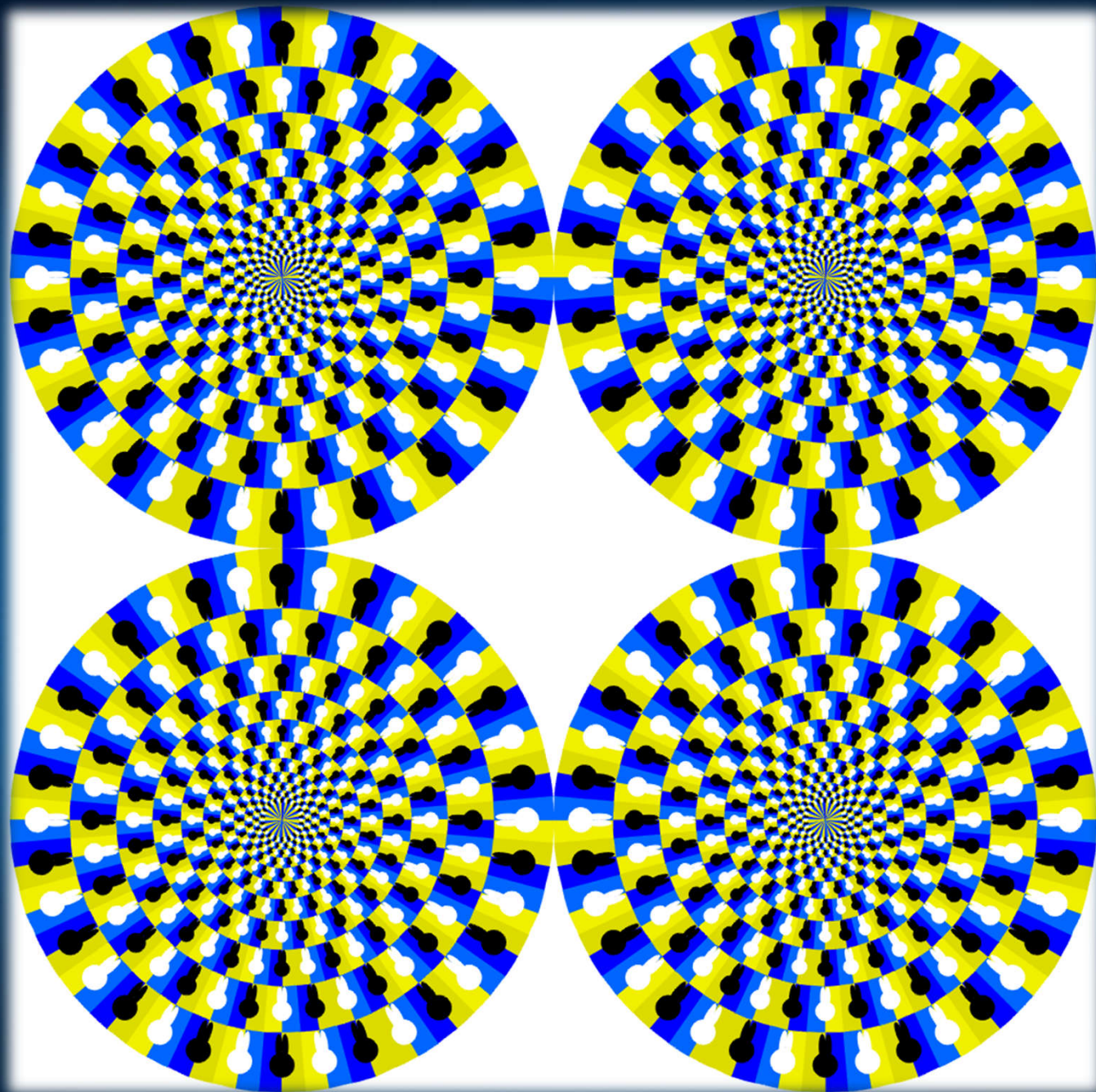
Dehaene, Changeux, Naccache, Sackur, & Sergent, TICS, 2006



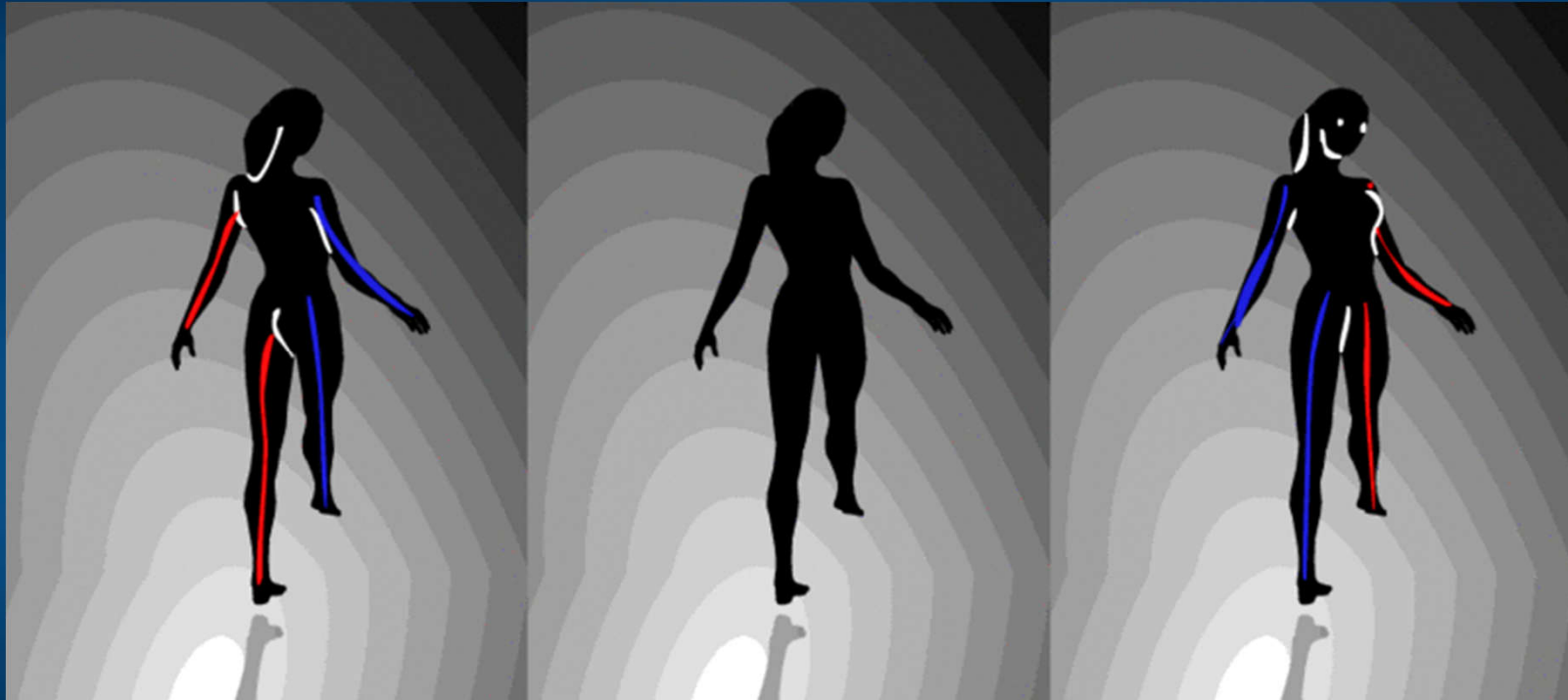
Normalne
świadome
doświadczenie
wzrokowe
wymaga
aktywacji
wszystkich
obszarów







Świat to twór naszej wyobraźni ...



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



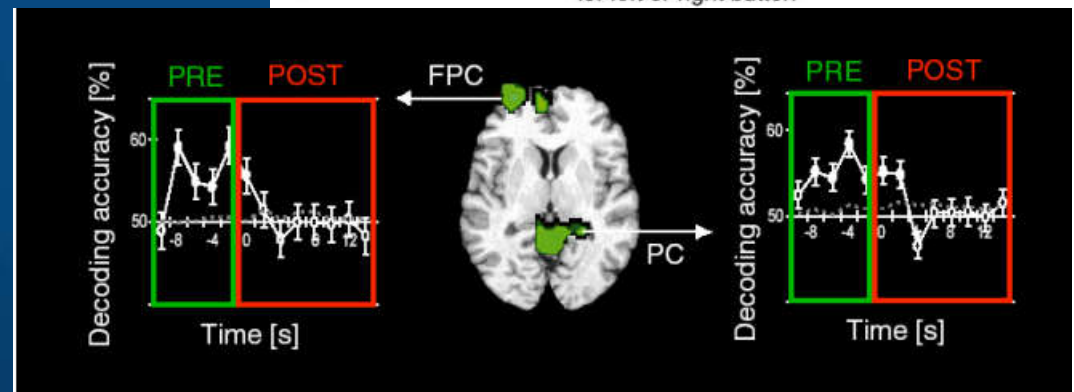
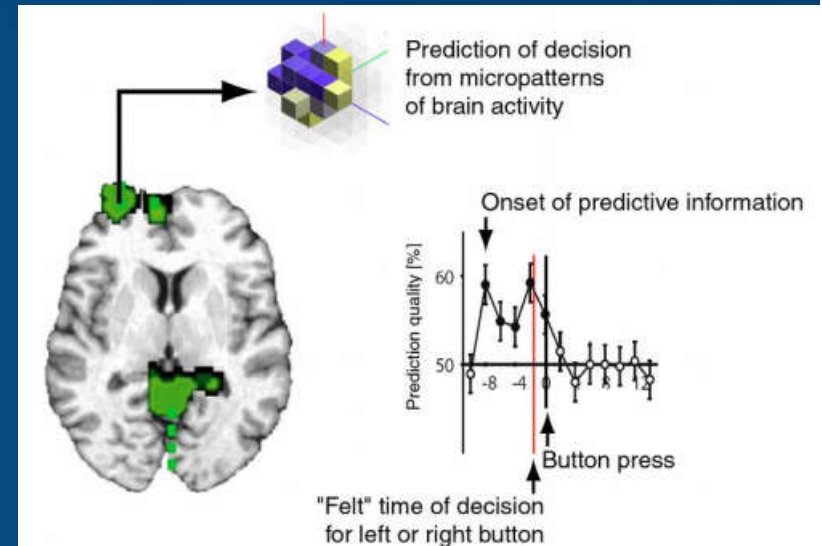
Wiem co zrobisz 10 sekund przed Tobą!

C.S. Soon, M. Brass, H-J. Heinze & J-D. Haynes,
Nature Neuroscience 2008.

Mózg musi przewidywać i robić plany działania. **Ja = mózg, cały organizm.**

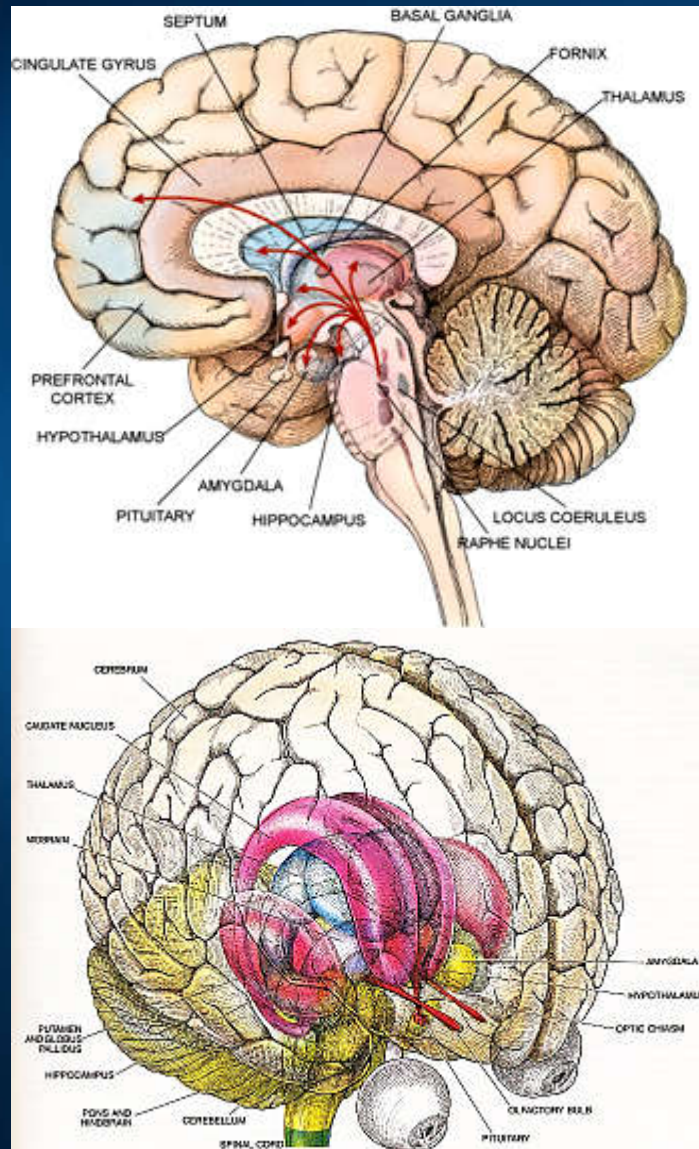
Można dostrzec narastającą aktywność w korze przedczołowej i ciemieniowej nawet na 10 sekund wcześniej zanim „ja” sobie ją uświadomię.

Wiem co zrobisz zanim sam będziesz to wiedział ...
Ale tylko na 10 sekund,
a nie 8 minut jak w filmie „Raport mniejszości”.

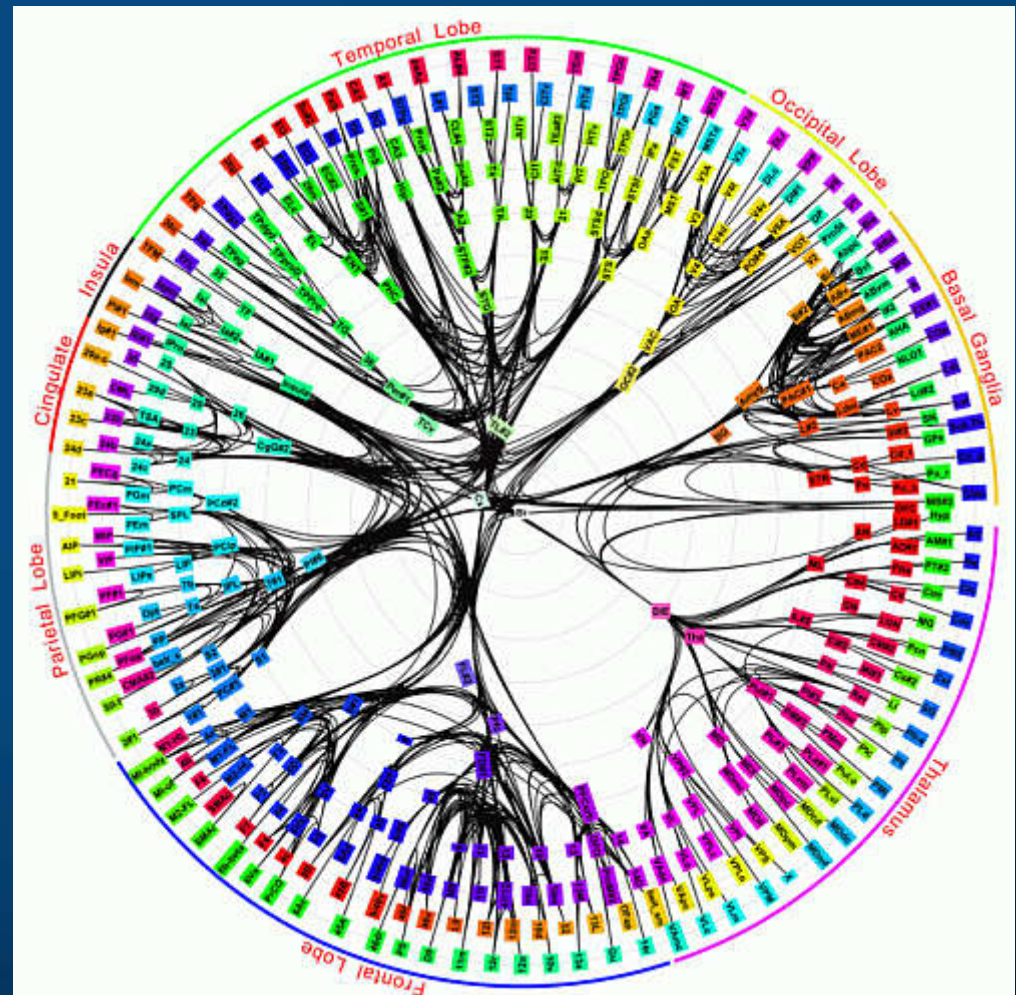


Badanie mózgu

Moduły: struktura mózgu



Połączenia 383 regionów mózgu makaka;
[Modha & Singh, PNAS 2010.](#)

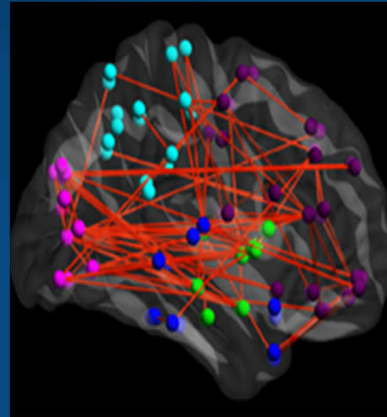
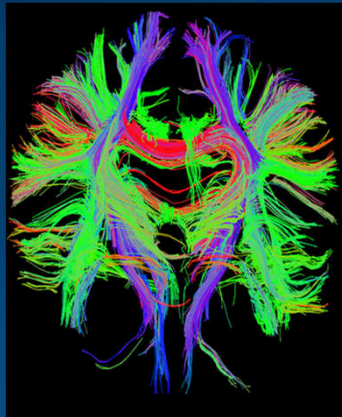


ICNT: skaner GE Discovery MR750 3T

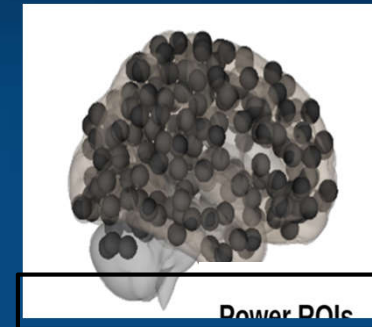


Konektom z MRI/fMRI

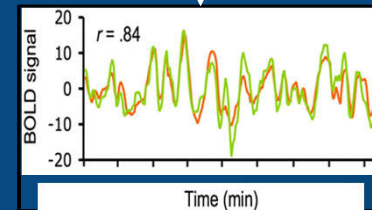
Structural connectivity Functional connectivity



Node definition (parcellation)



Signal extraction

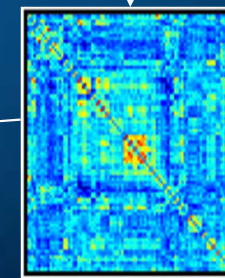


Correlation calculation

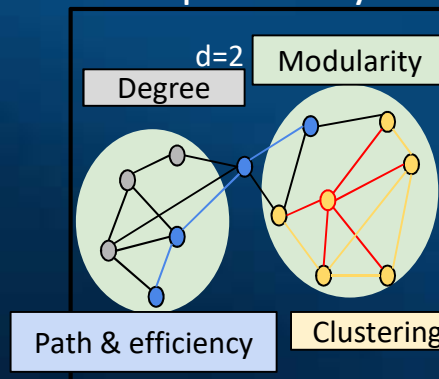
Binary matrix



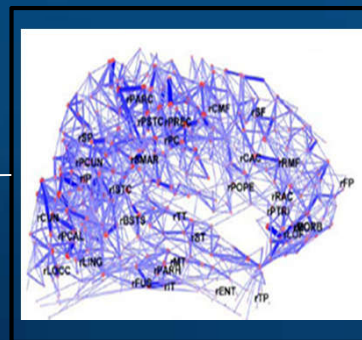
Correlation matrix



Graph theory



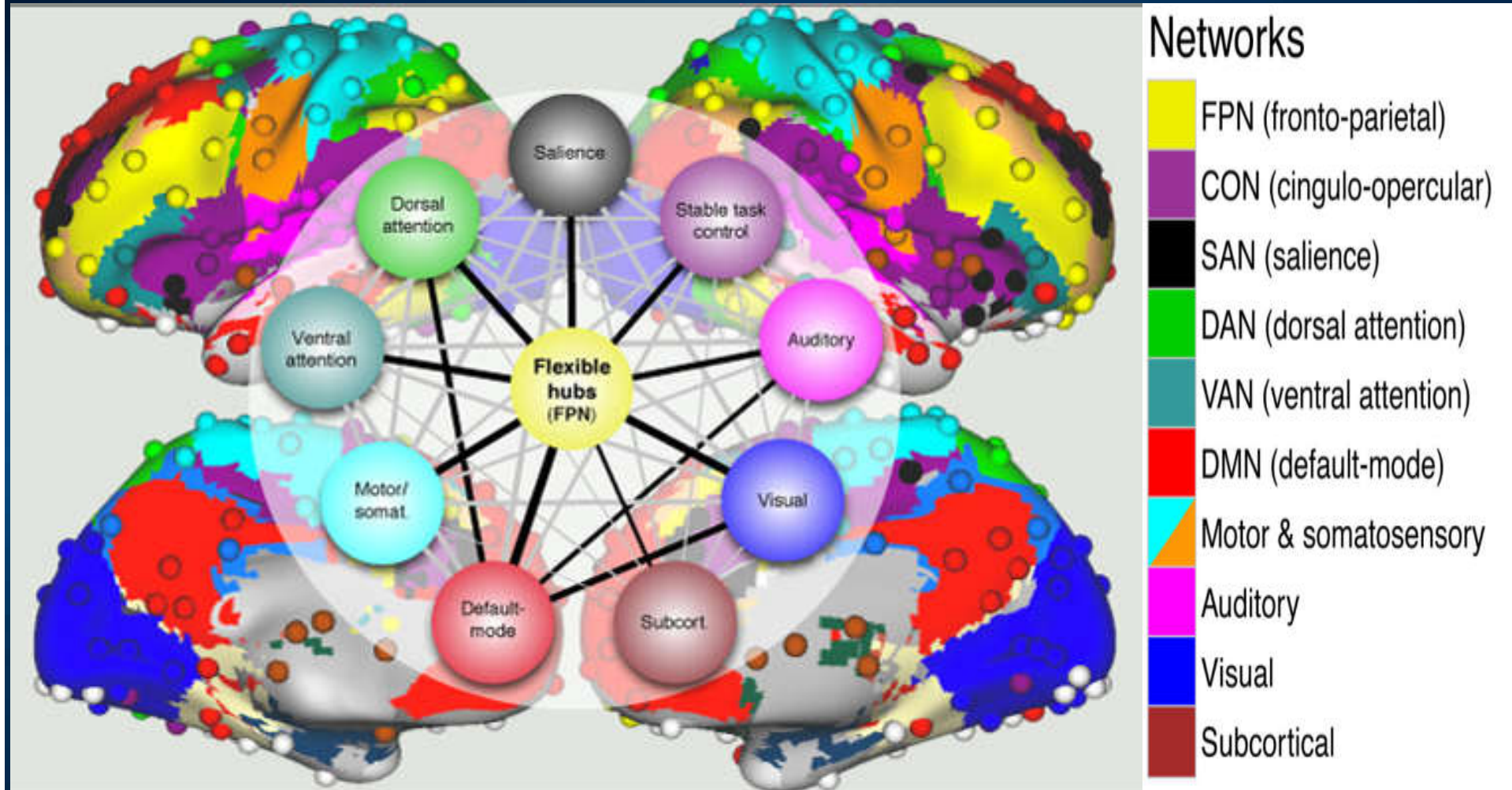
Whole-brain graph



Many toolboxes available for such analysis.

Bullmore & Sporns (2009)

Rozległe sieci



Sprawne działanie i myślenie wymaga aktywacji podsieci związanych ze zmysłami (wzrok, słuch, dotyk, równowaga), ruchem, uwagą, decyzjami, emocjami itd., wymagającymi współpracy wielu obszarów mózgu.

Modularność i procesy poznawcze

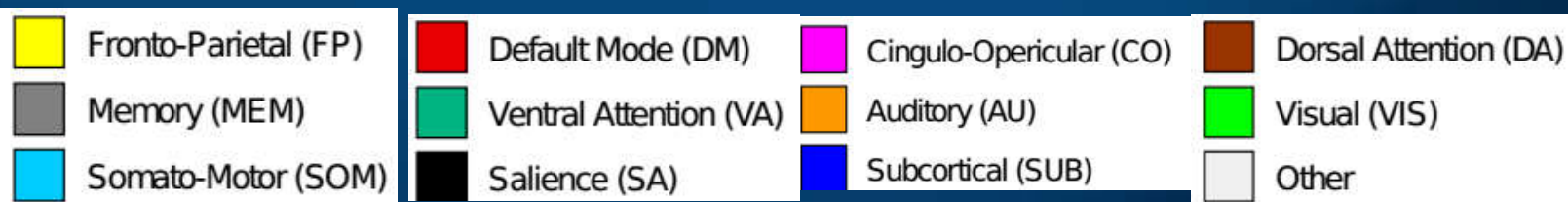
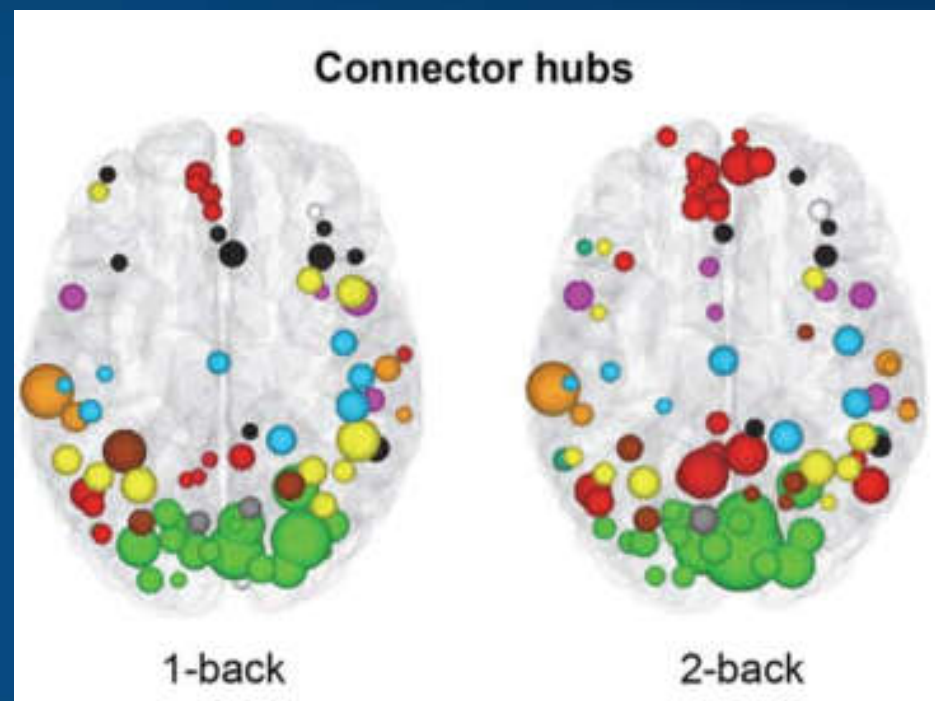
Proste i trudniejsze zadanie pokazuje jak zachodzi reorganizacja sieci całego mózgu, globalnych hubów.

Lewa: 1-back, łatwe zadanie

Prawa: 2-back, trudniejsze zadanie

Średnia dla 35 badanych.

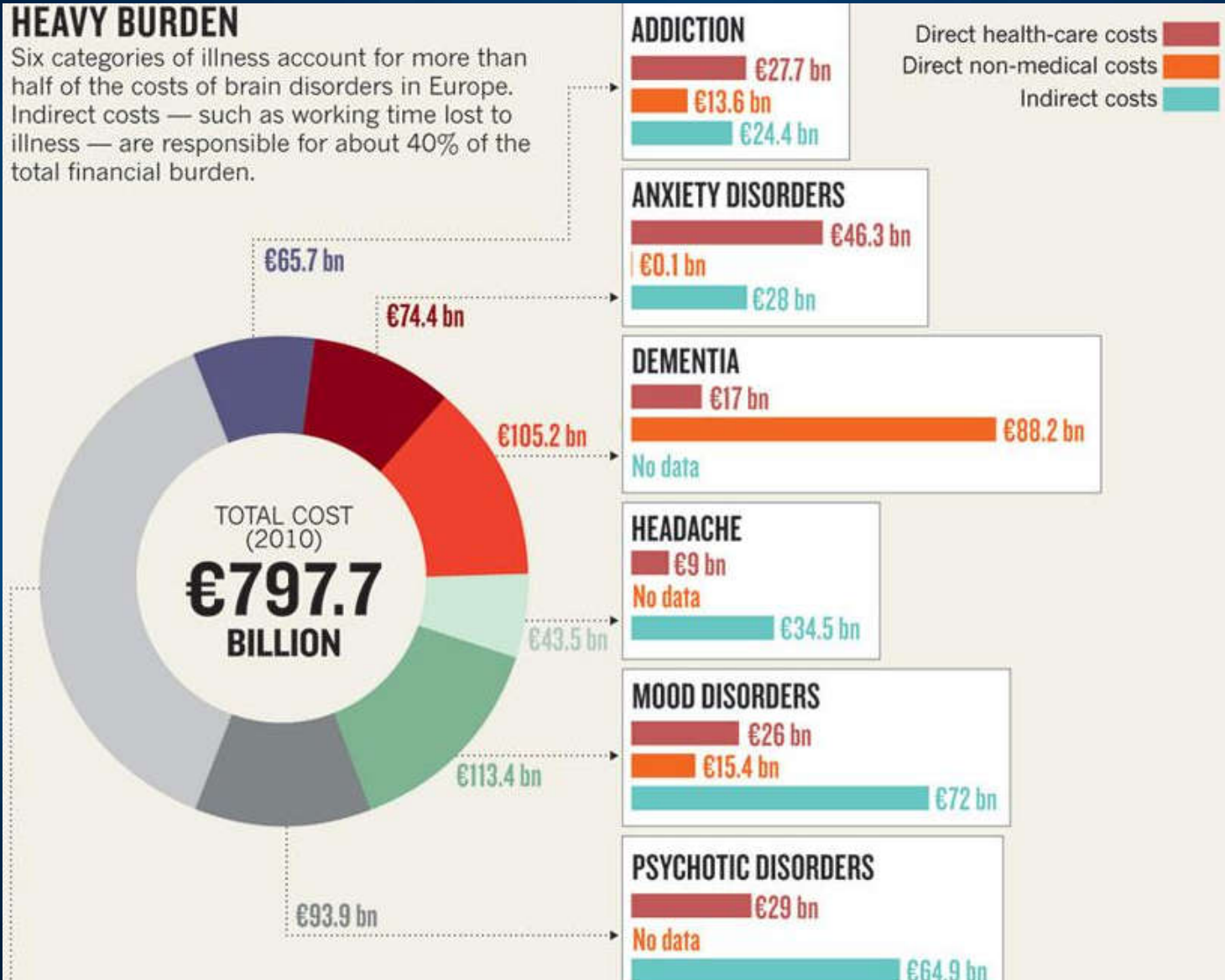
Globalne huby w DMN i PFC stają się bardziej aktywne gdy zadanie robi się trudne, część neuronów w tych obszarach tworzy nowe rozległe podsieci integrujące pracę mózgu.



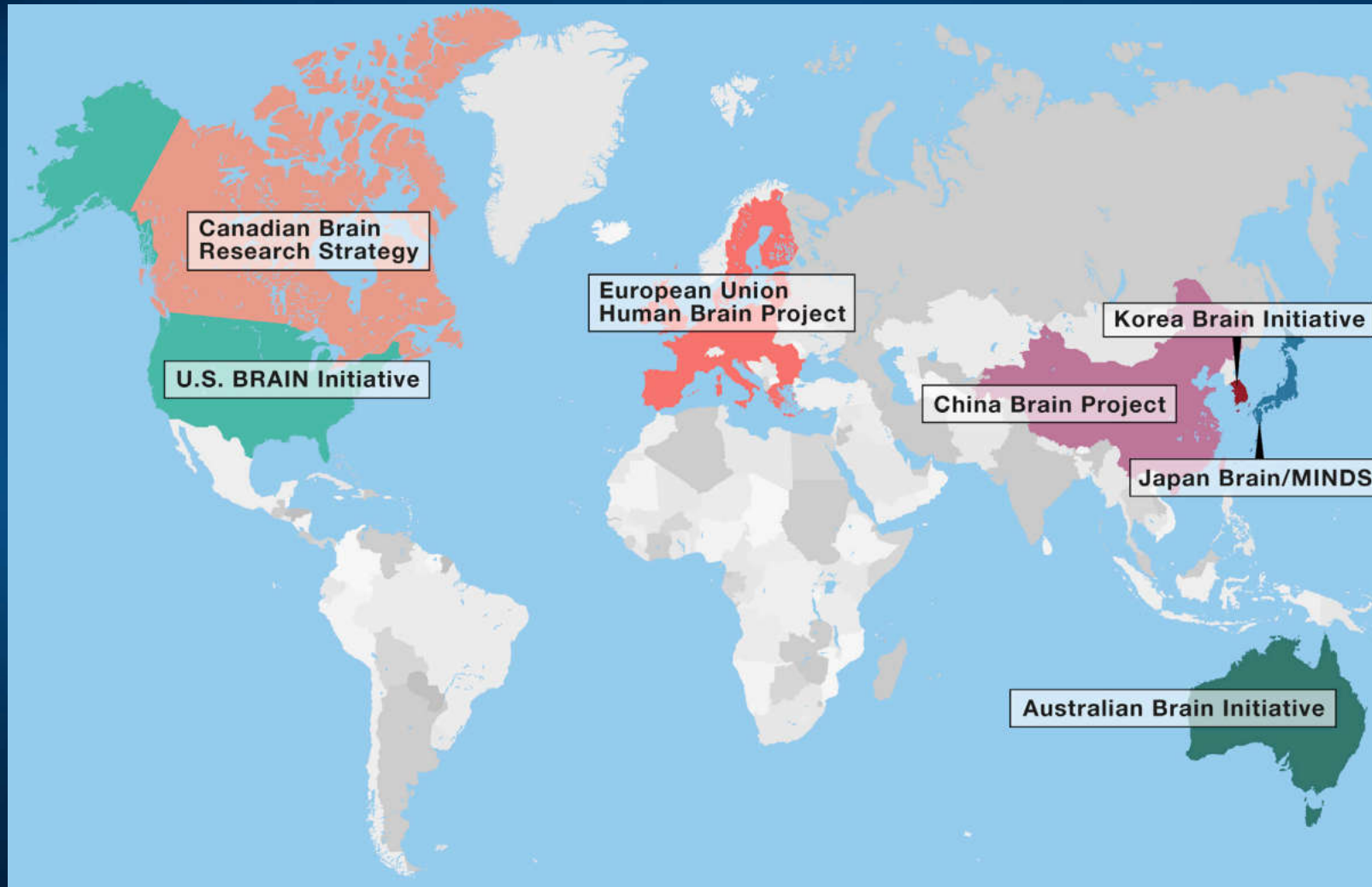
Mózg to nasz najbardziej złożony organ, więc często się psuje.

Prawie nigdy nie osiąga kresu swoich możliwości.

Więc się często psują ...



Międzynarodowe Inicjatywy

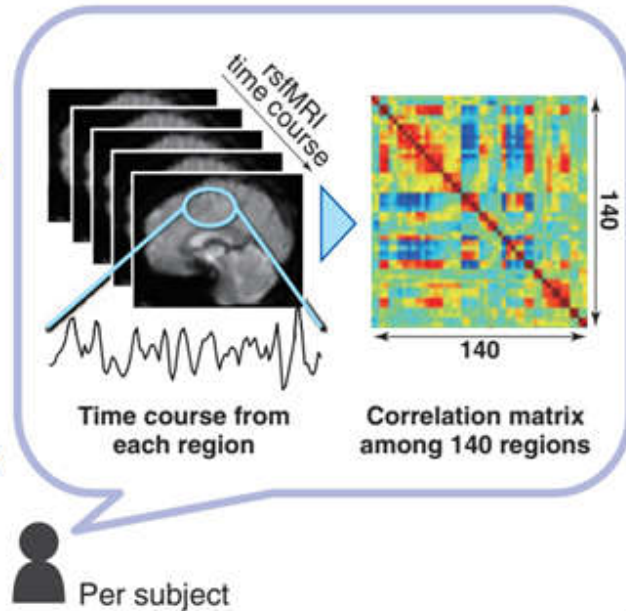


Diagnoza oparta na fMRI

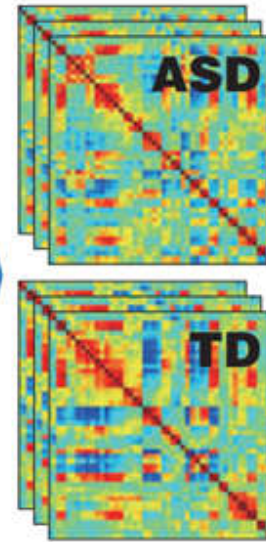
Data Acquisition
(three sites in Japan)



Image Preprocessing



Feature Selection



181 matrices with diagnostic labels

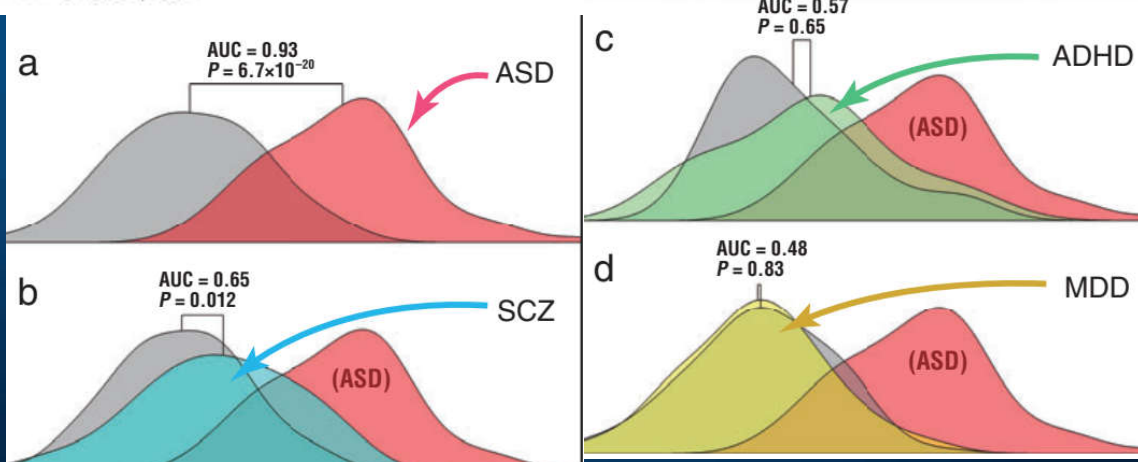
Model for ASD

L1-SCCA SLR

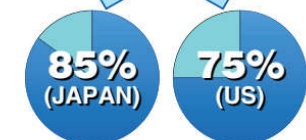
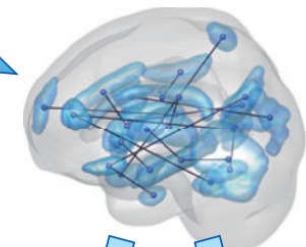
Models for other covariates

Demographic properties

Medication status

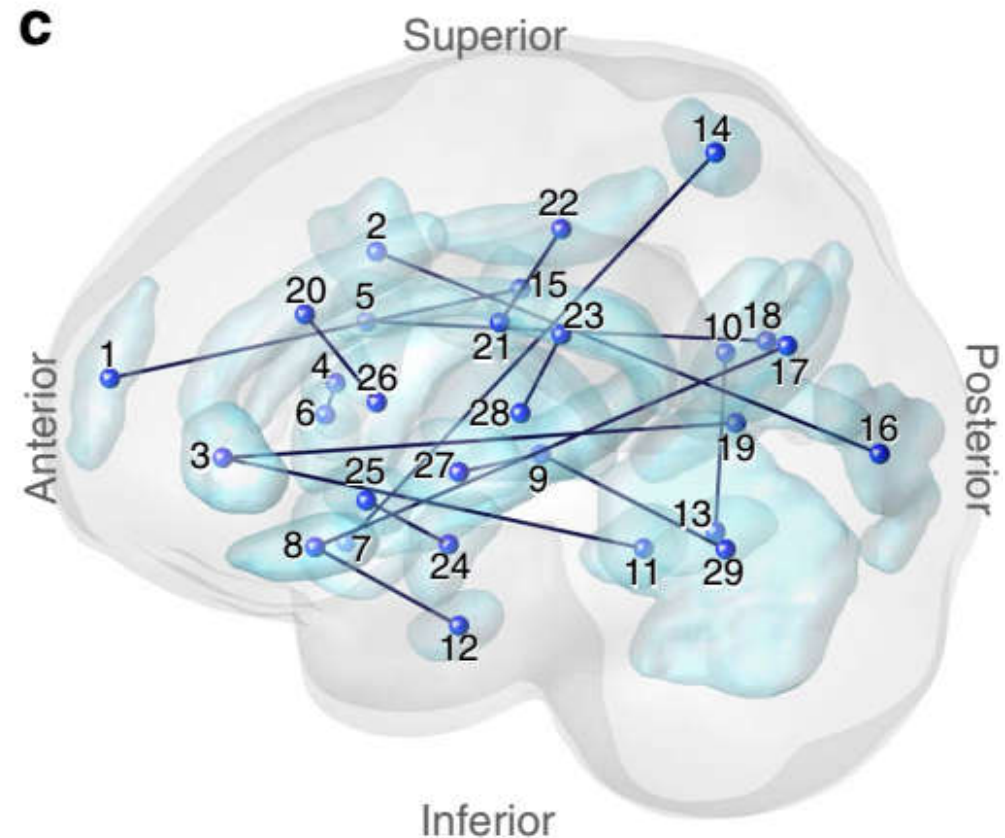
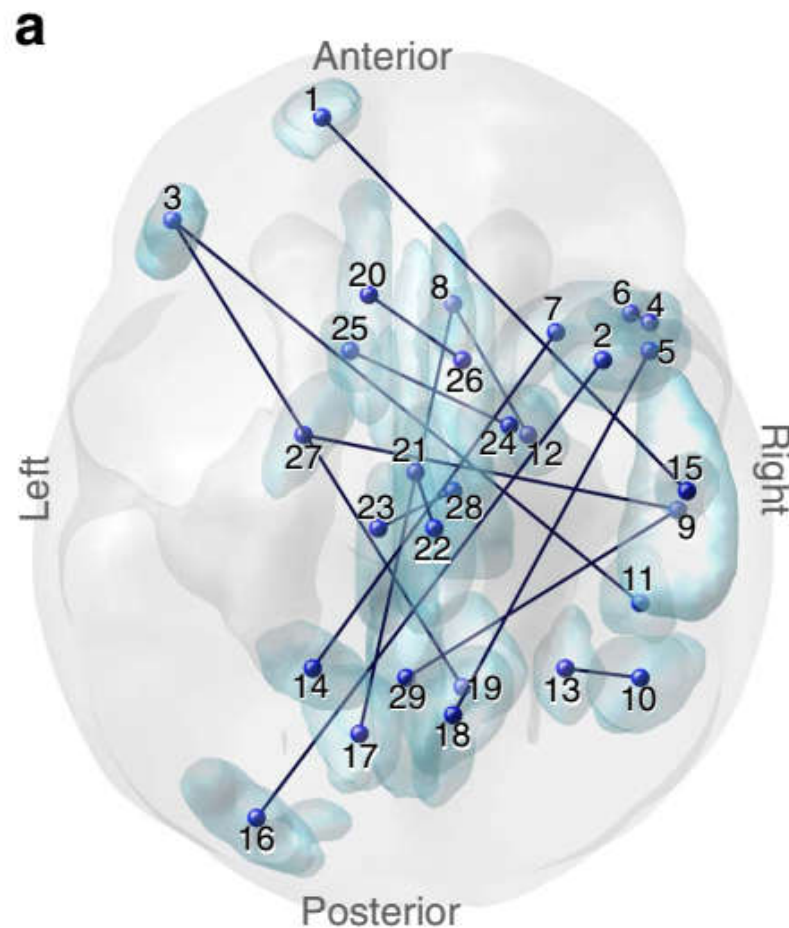


Classification



Accuracy

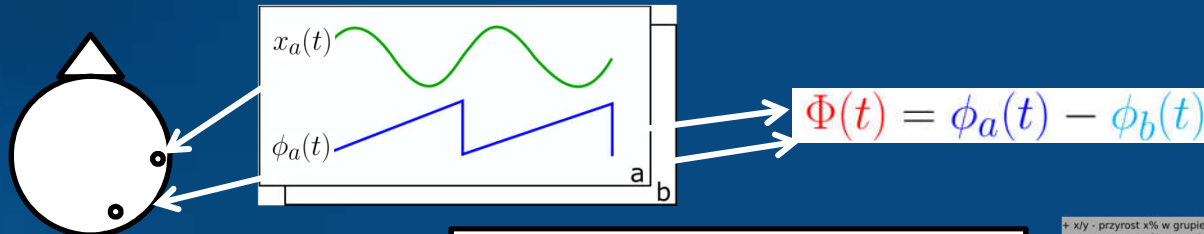
Wybieramy najsilniejsze połączenia



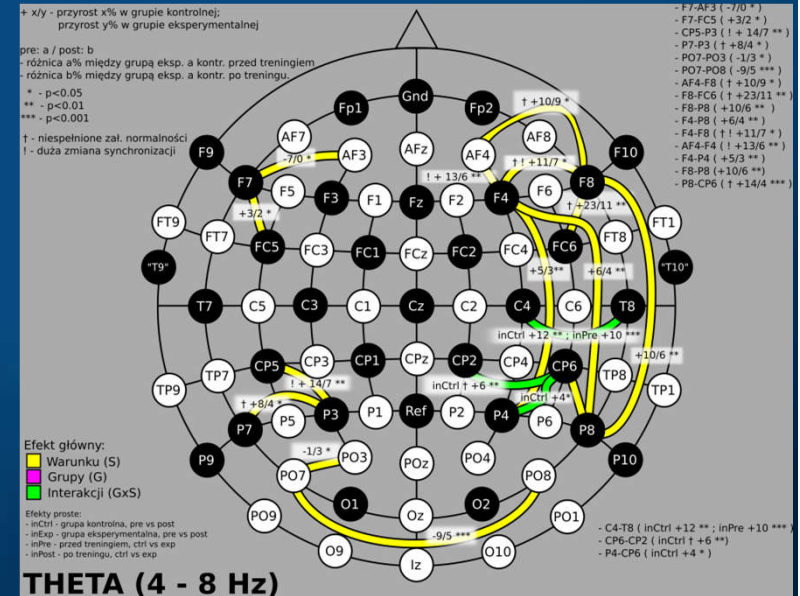
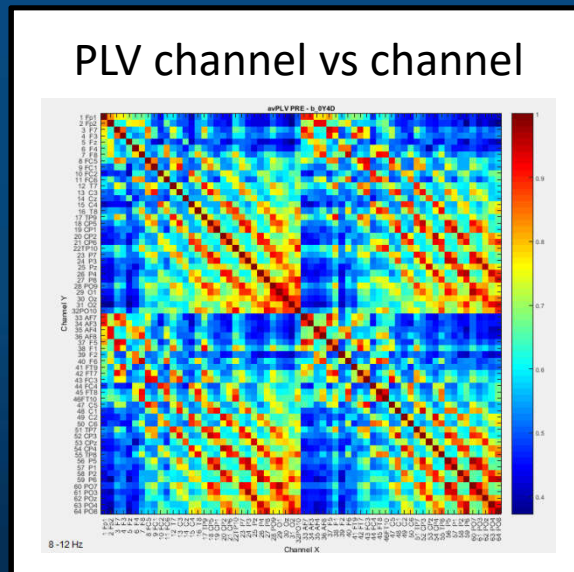
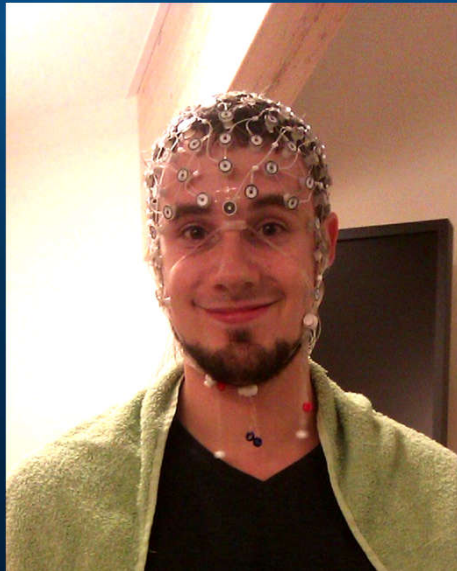
N. Yahata et al (2016): 29 wybranych regionów (ROI) i 16 połączeń wystarczy by rozpoznać ASD z dokładnością 85% dla 74 japońskich dorosłych pacjentów i 107 ludzi z grupy kontrolnej; ten sam model bez douczania ma dokładność 75% w USA.

Zmiany połączeń funkcjonalnych

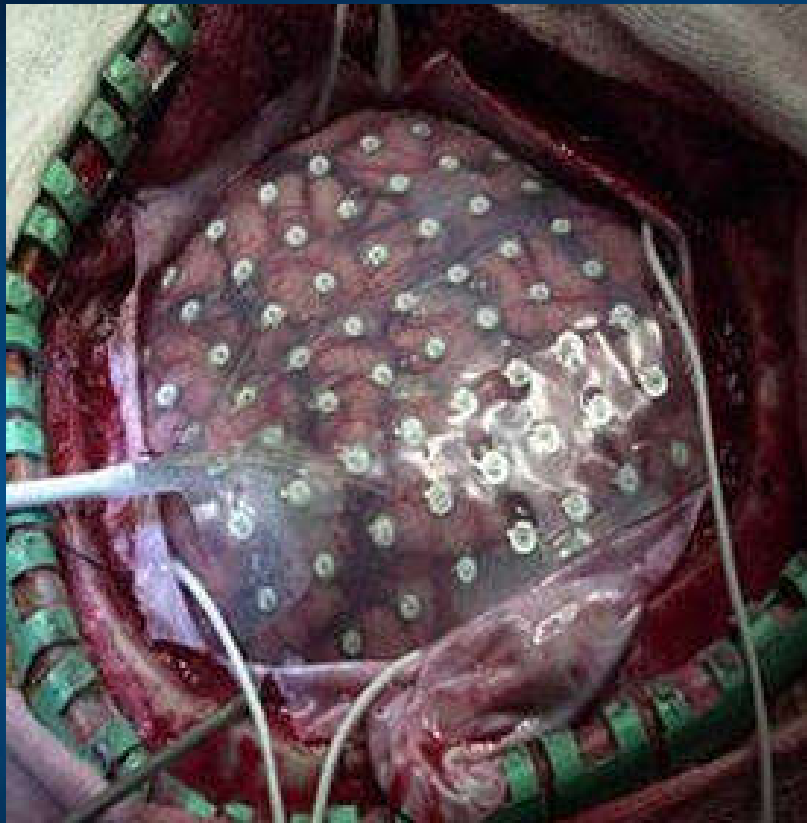
Wpływ gier komputerowych na pracę mózgu: jak wygląda synchronizacja procesów w mózgu mierzona za pomocą EEG?
 Indeks PLV pokazuje zgodność mierzonych oscylacji ~ przepływ informacji.



$$PLV(a, b) = \frac{1}{T} \left| \sum_t e^{i\Phi(t)} \right|$$



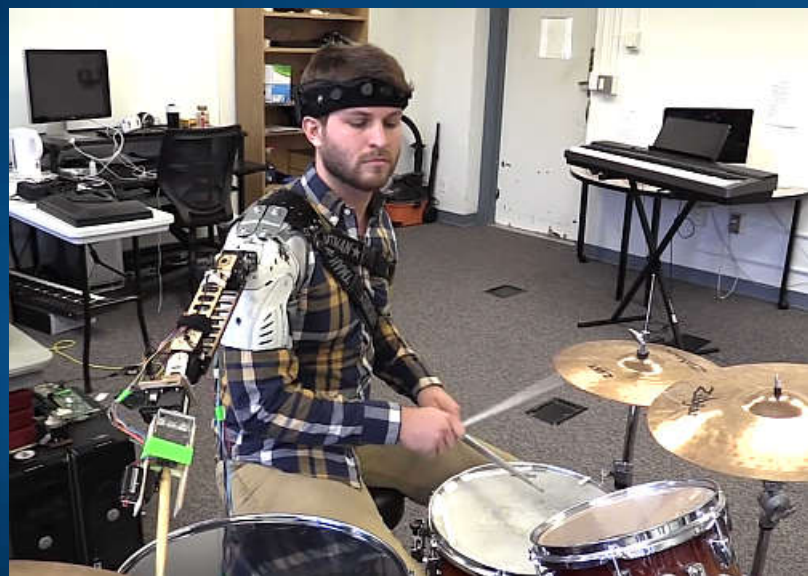
Interfejsy mózg-komputer



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

Co tu zrobić z dodatkową ręką?

Bodyhacking. Gdybym był ośmiornicą ... to bym grał na perkusji!

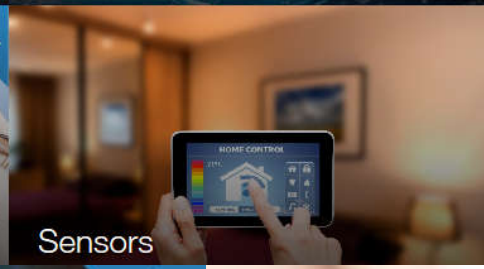
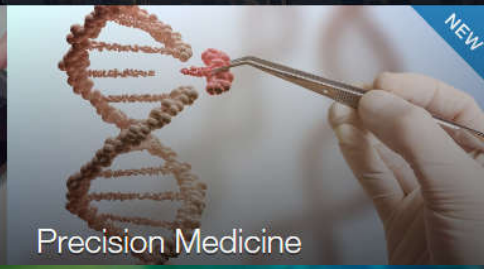


A gdybym był robotem to bym dopiero zagrał ...

Grupa robotów Compressorhead jeździ na tournée po świecie.

Technologie

Globalna Transformacja, 4 Rewolucja Przemysłowa



World Economic Forum





Kogni Nauki kognitywne

Biohybrydy

Bio
Lab
neuro-
kognitywne

Nano
Fizyka
Kwantowa

Info

Informatyka, inteligencja obliczeniowa/sztuczna,
uczenie maszynowe, sieci neuronowe



AI/DNN wszystko zmienia

1997 – szachy, Deep Blue wygrywa z Kasparowem.

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

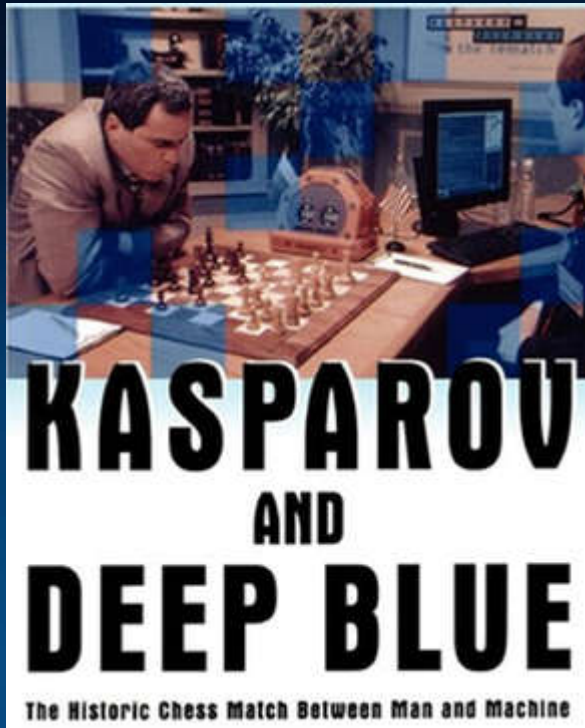
2015 – zrobotyzowane laboratorium + AI odkrywa ścieżki genetyczne/sygnalowe regeneracji płazińców

2016 – Google AlphaGo wygrywa z Lee Sedolem

2017 – Libratus (CM) wygrywa z ludźmi w pokera
OpenAI wygrywa w Dota 2 z profesjonalistą.

2018 – Watson Debater wygrywa z filozofami.

2019 – Dota2 drużynowa, Starcraft II ... co zostało?



Potęga imitacji bez zrozumienia



Rzeczywistość:



Sterowani przez algorytmy

Wszystko wpływa na nasze zachowanie, a nasz „cyfrowy ślad” pozwala dowiedzieć się bardzo wiele o człowieku ([myPersonality](#)) i nim sterować. Filtrowanie i manipulację przekazywanych informacji robi Google, Amazon, Netflix, banki, giełda, sieci społecznościowe, media, **politycy** ...



Jak algorytmy rządzą naszym życiem.

Planete+
Reżyser:
[David Briggs](#)
Dokument,
Wielka Brytania,
2015, 60 min.

Tradycyjnie: edukacja

Pedagogika działała metodą prób i błędów, obserwacje prowadzą do różnych teorii.

Edukacja to rzeźbienie mózgu! Uczenie zmienia fizyczne połączenia, procesy w mózgu przebiegają drogami wyłobionymi przez nauczyciela.

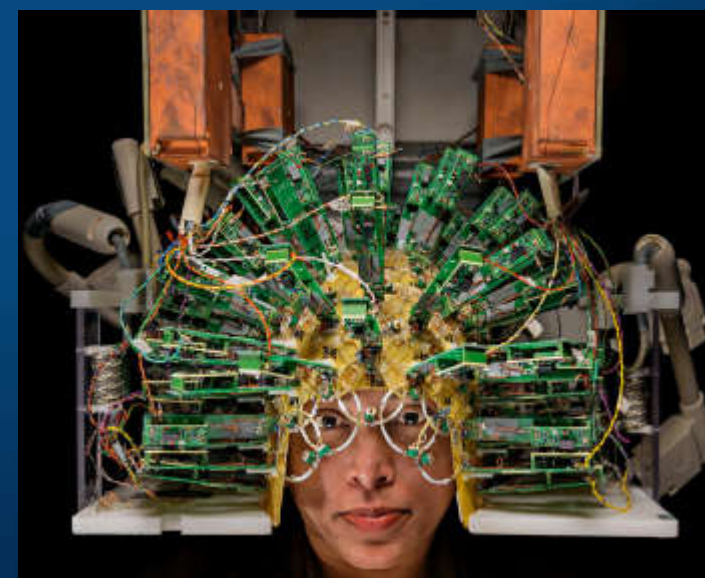
Neuroedukacja: połączenie neuronauk, psychologii i pedagogiki w celu opracowania efektywnych metod nauczania, na razie w powijakach.

Skąd i co mogę o sobie wiedzieć?

Uczę się interpretować stany mózgu i ich relacje do możliwości moich interakcji ze światem.

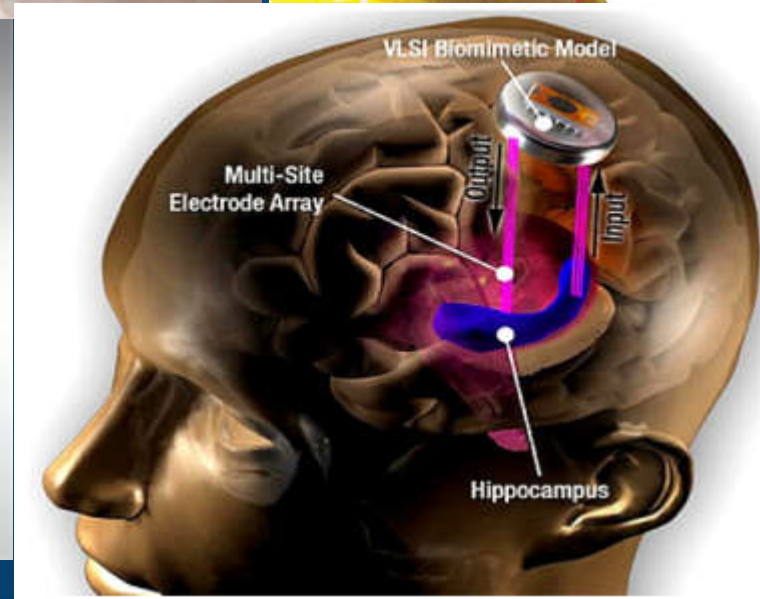
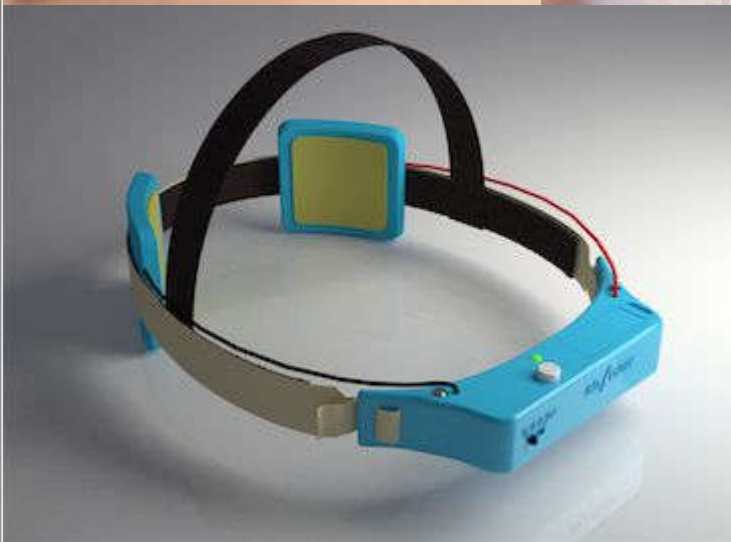
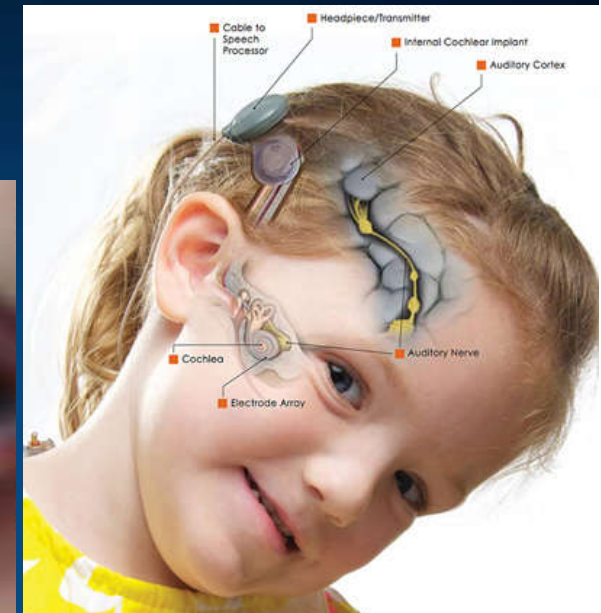
Cudowna pigułka na inteligencję?

A może da się połączenia w mózgu „wyrzeźbić” w sposób nie wymagający wysiłku?



Doskonalenie mózgu

Wzmocnienie



Poszerzenie zmysłów: wzroku, słuchu, dotyku, pamięci, uwagi ...
Udoskonalanie mózgow przez dodawanie nowych zmysłów?

Wearables i Hearables



Hearables

A New Era of
Hearing Devices

 BRAGI

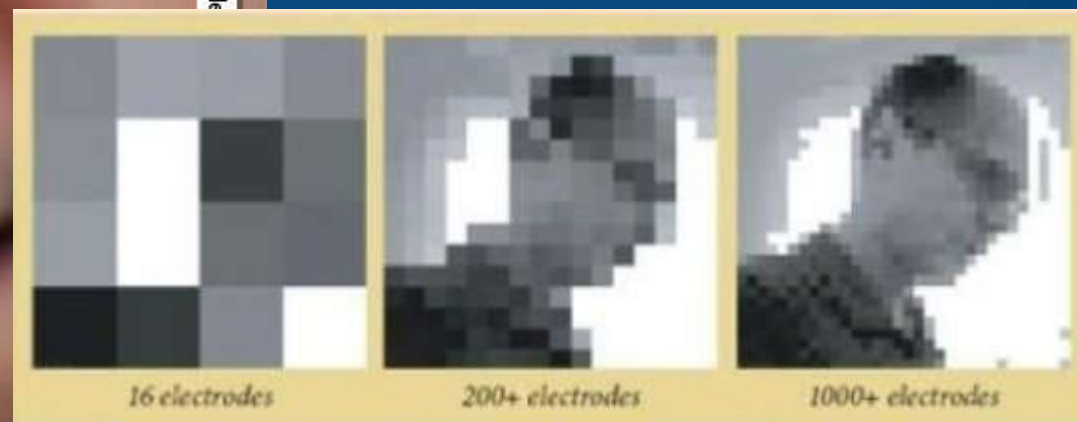
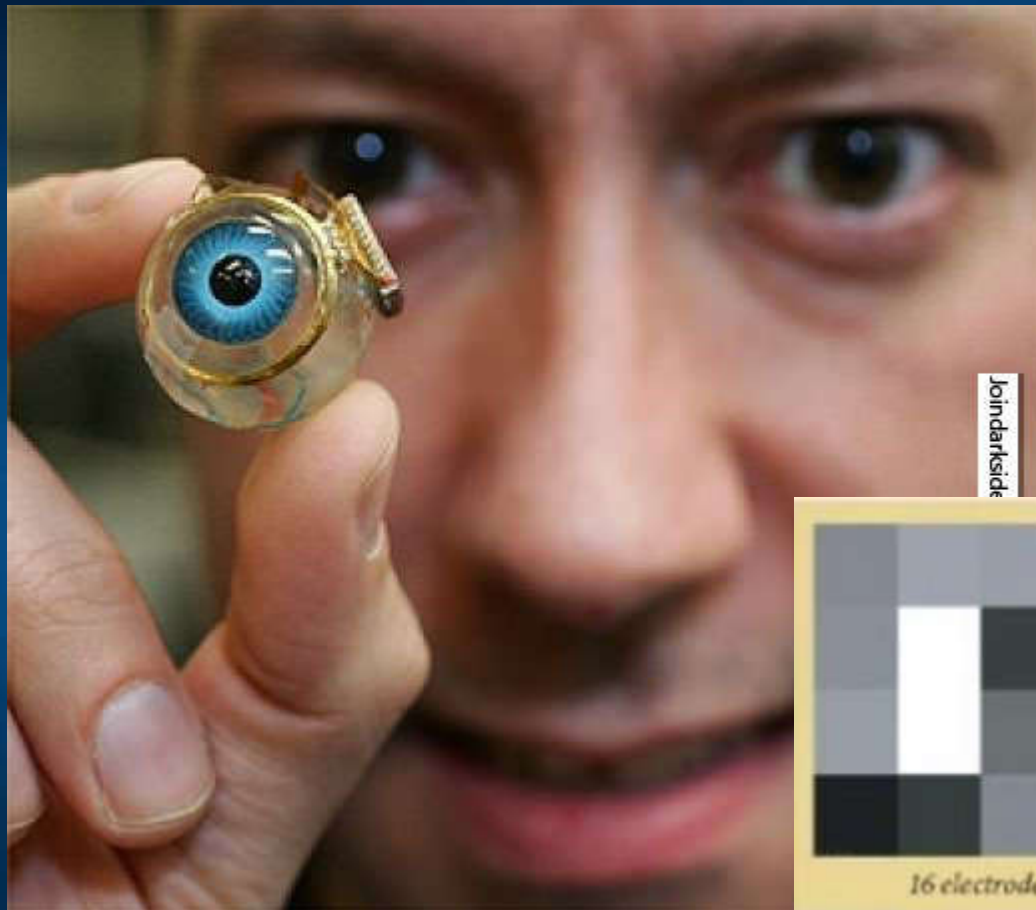


The Dash



Halo 2

Sztuczne oczy ...



Sztuczne oczy są na razie bardzo niedoskonałe, ale to się zmieni ...
Zobaczymy bakterie w UV, przyda się dobry zoom.

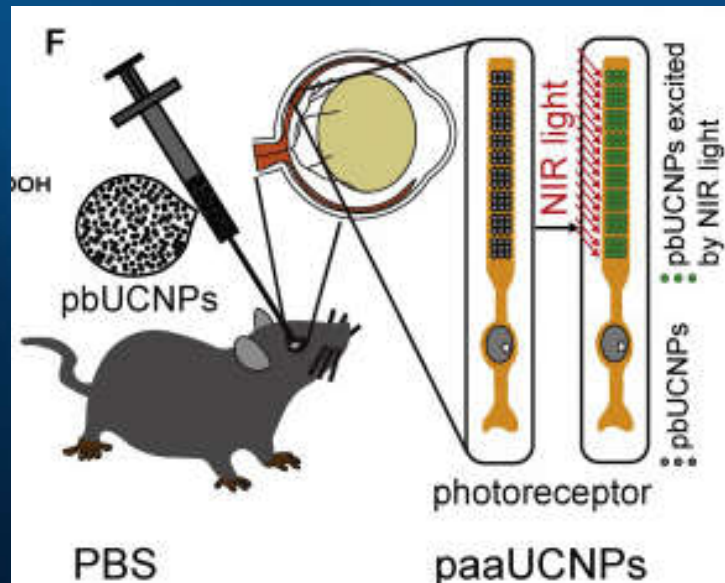
Widzenie

Co możemy dodatkowo zobaczyć? Podczerwień i nadfiolet. Ale nie rentgena.

<http://cyborgproject.com>

<https://www.cyborgarts.com>

Nanocząsteczki w oku!



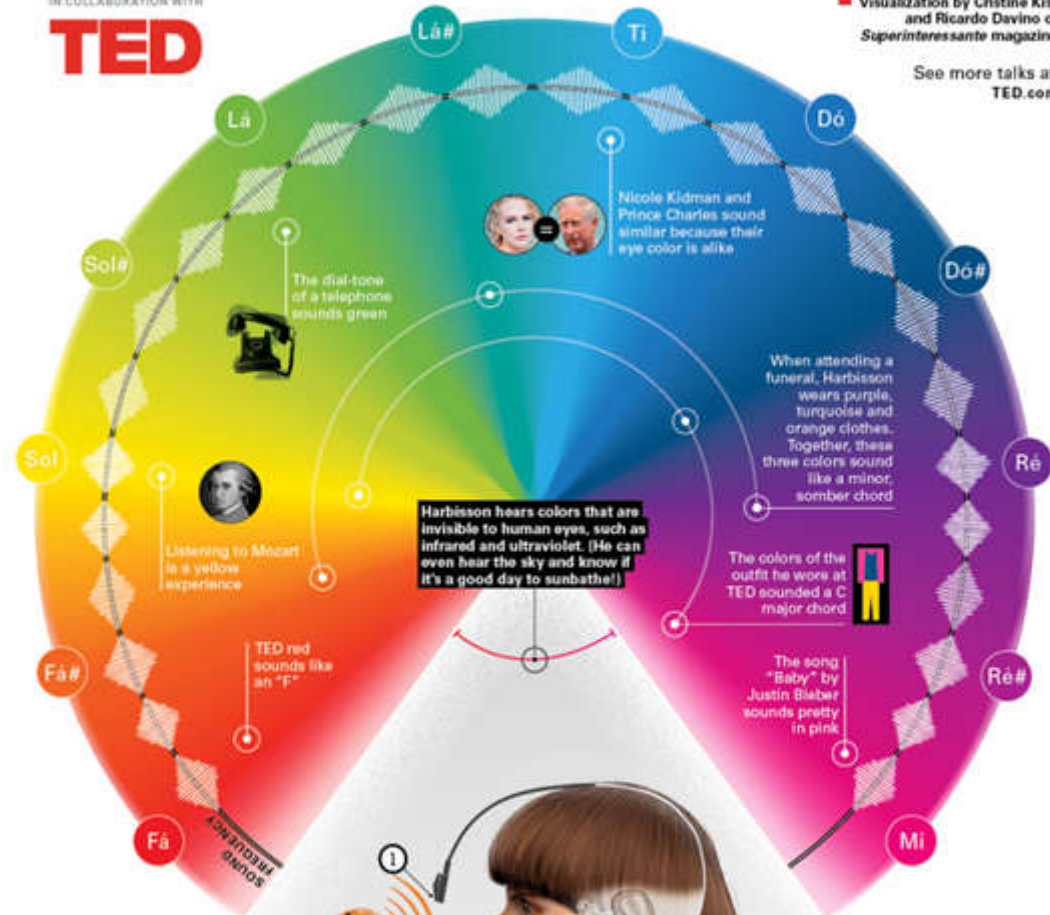
{ IDEA } The sound of colors

IN COLLABORATION WITH TED

In his talk at TEDGlobal 2012, colorblind artist Neil Harbisson delighted the audience with his brightly colored outfit, his quirky personality, and his eyeborg — a device implanted in Harbisson's head that lets him hear a rainbow of color. Instead of seeing a world in grayscale, he can listen to the audible frequencies transmitted by the colors in faces, paintings, even the weather. Step inside the mind of Neil's symphony of color.

Visualization by Cristine Kist and Ricardo Davino of Superinteressante magazine

See more talks at: TED.com



THE EYEBORG

Understand how the device implanted in Neil's head transforms color into sound.

1 A sensor detects the frequency of the color in front of Harbisson and transmits it through a chip installed on the back of his head.

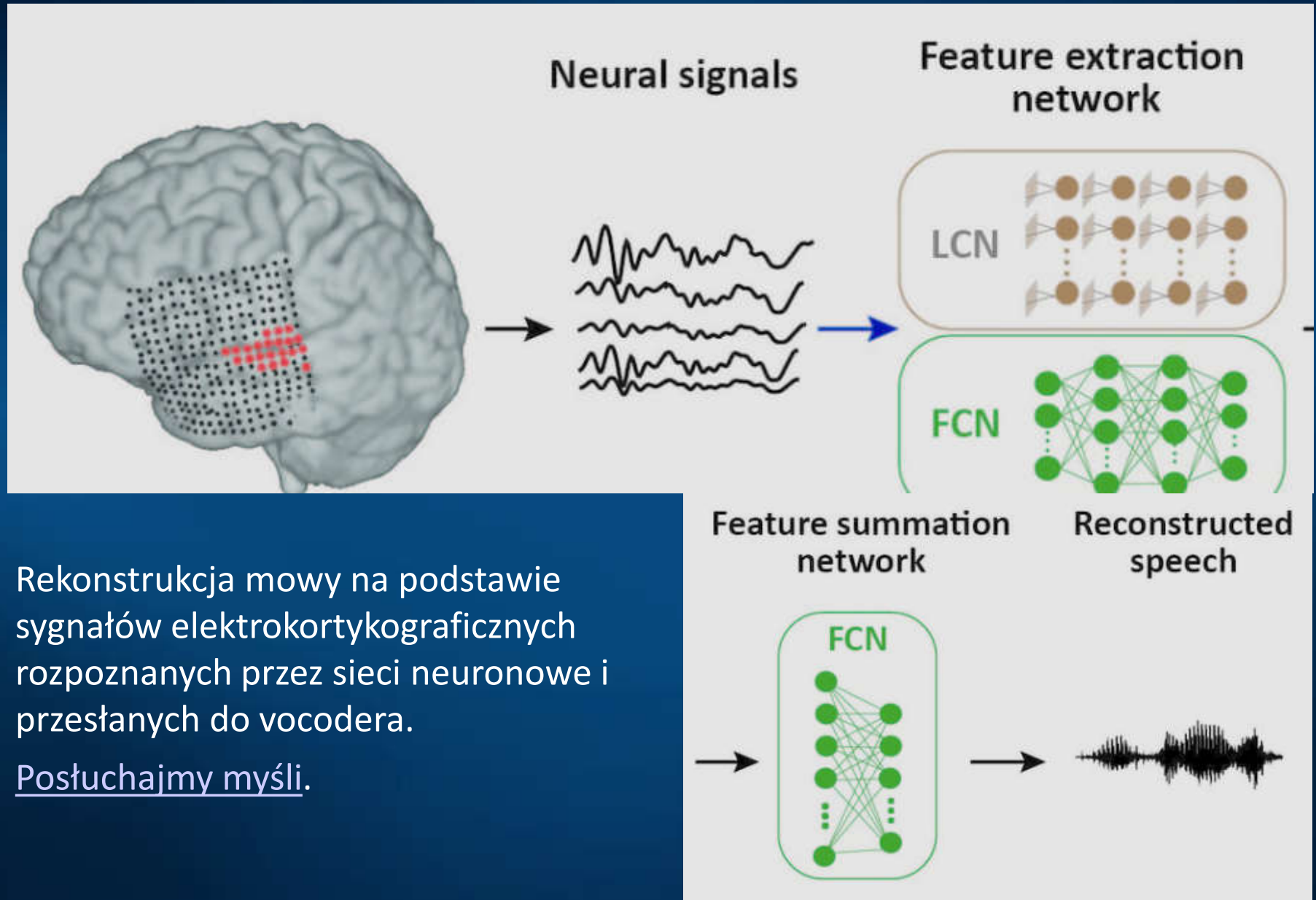
2 The chip converts the colors into sound waves. Each color corresponds to a musical note.

3 These sound waves travel through the skull using bone conduction and arrive at Harbisson's auditory system.



Odczytywanie stanów mózgu

To mówi Twój mózg ...

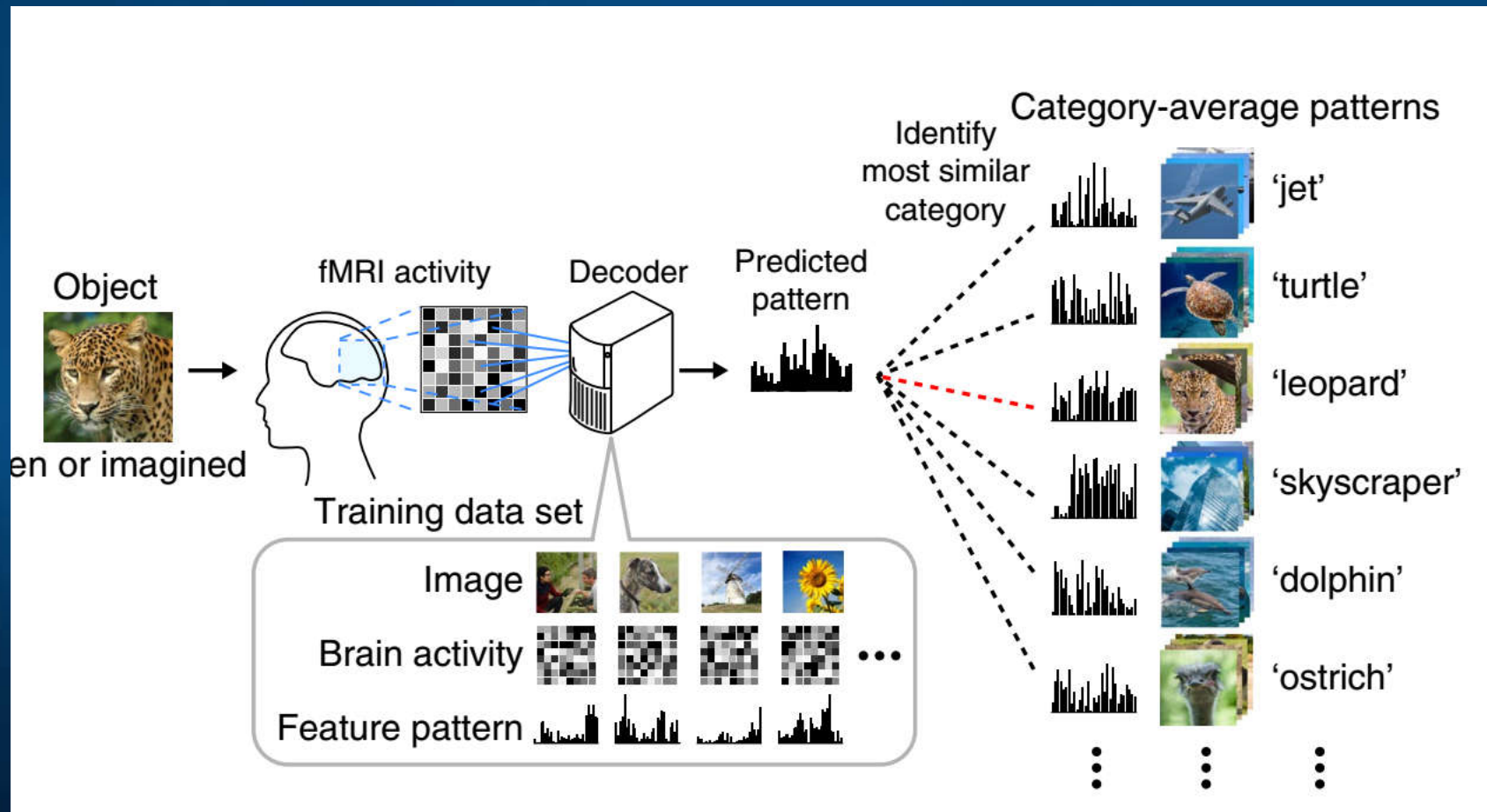


Rekonstrukcja mowy na podstawie sygnałów elektrokortykograficznych rozpoznanych przez sieci neuronowe i przesłanych do vocodera.

Posłuchajmy myśli.

fMRI CNN

Aktywność różnych obszarów mierzona za pomocą fMRI została skorelowana z aktywnością warstw sieci CNN (Horikawa, Kamitani, 2017).



Świadome sny

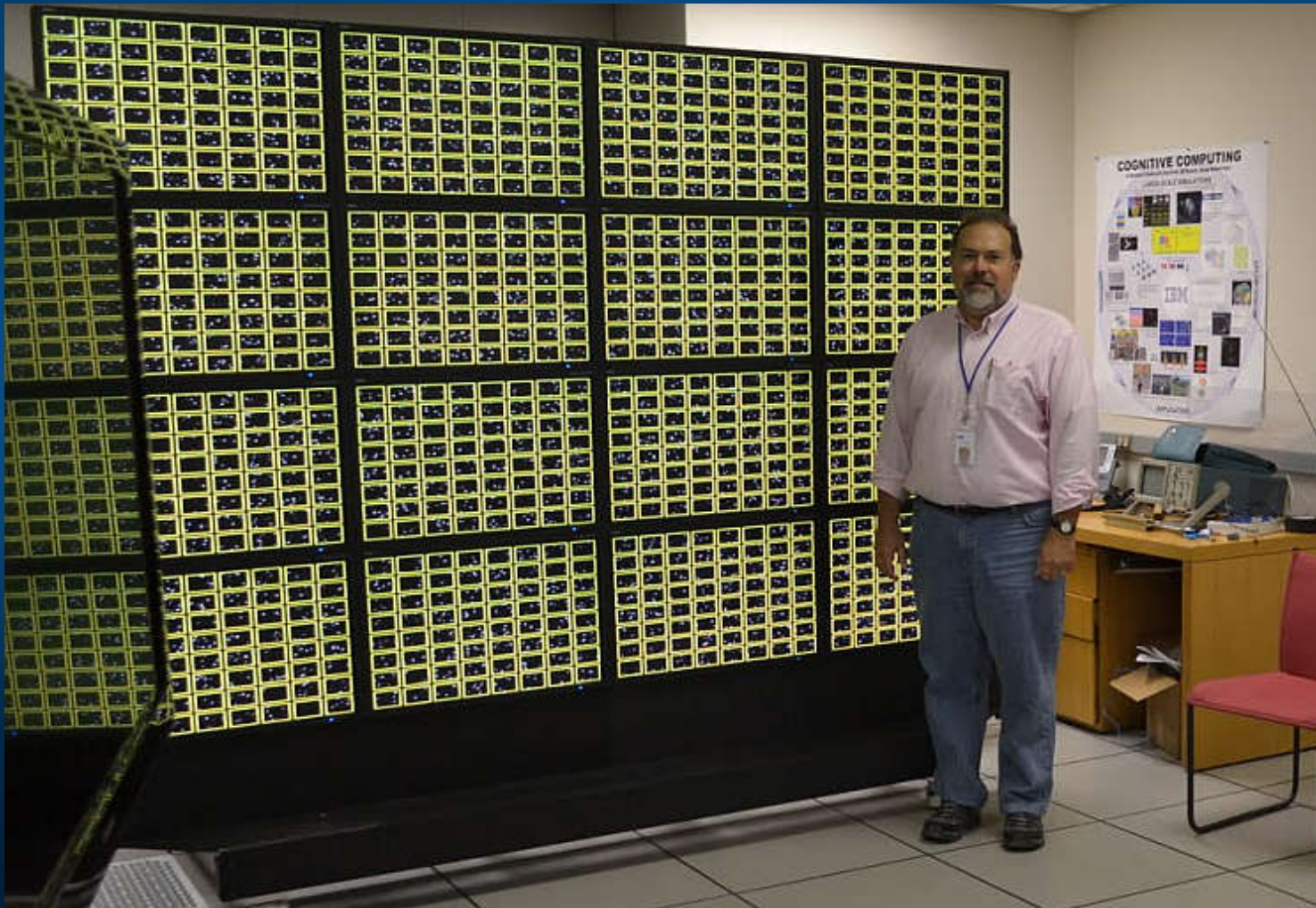


Decoding Dreams, ATR Kyoto, Kamitani Lab. Analiza obrazów fMRI w czasie zasypiania lub fazy REM pozwala zgadnąć o czym ludzie śnią.

Sny, ukryte myśli ... czy można ukryć, że się coś widziało?

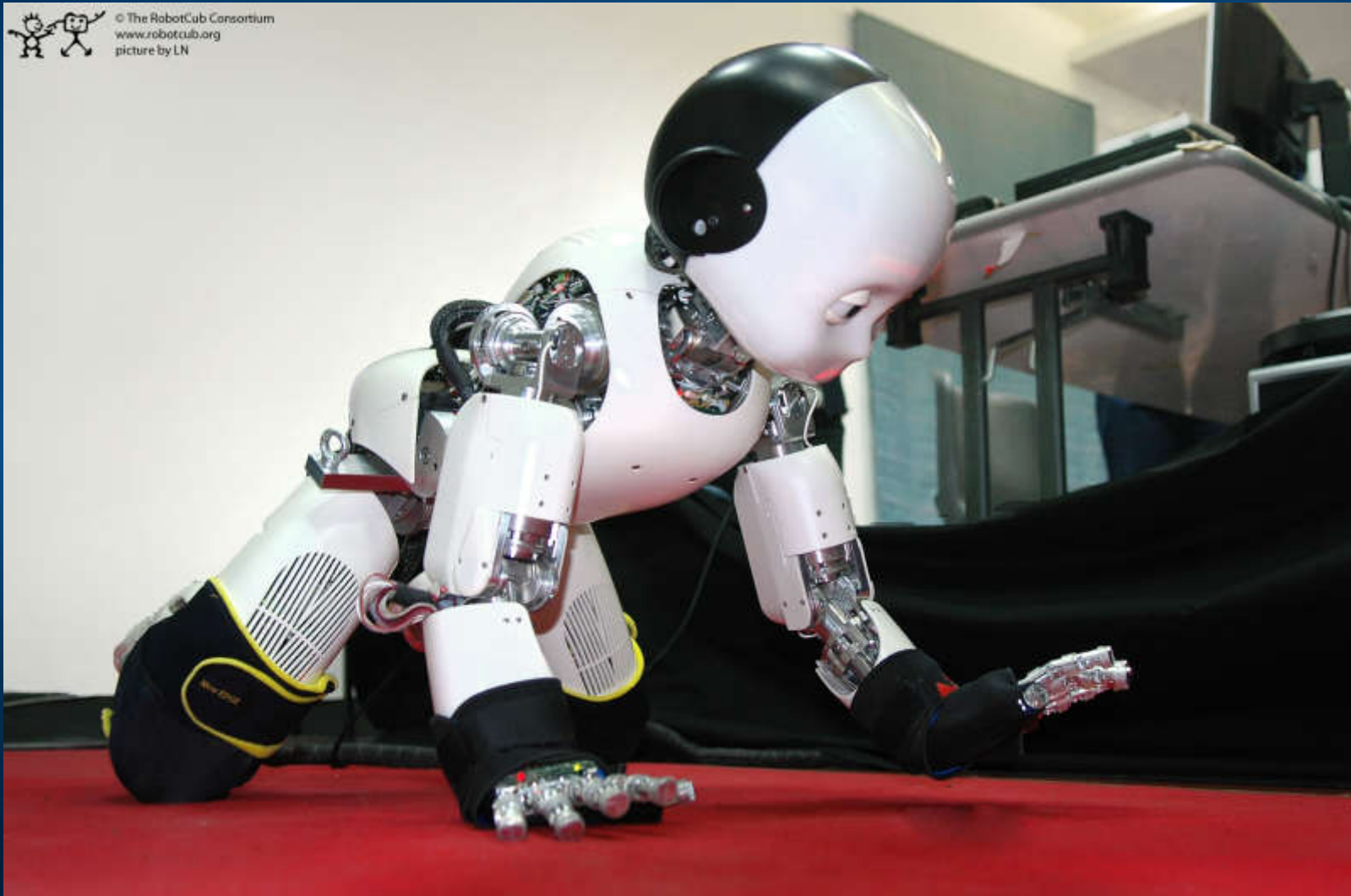
Neuromorficzna przyszłość

Ściana mieści 1024 chipy TN, czyli 1 mld neuronów i 256 mld synaps.
System ma podobną złożoność co mózg konia, 1/4 goryla, 1/6 szympansa.



Roboty

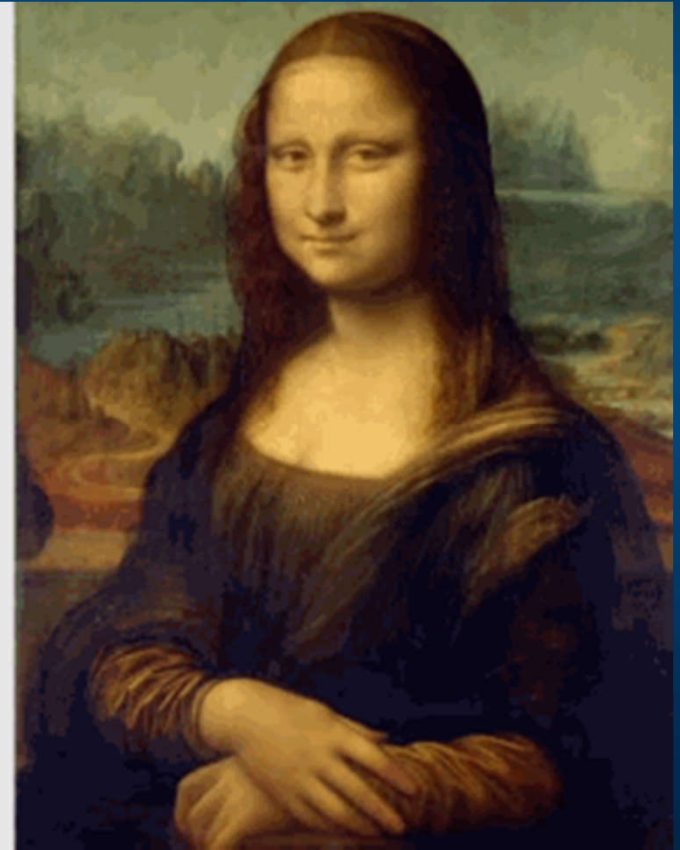
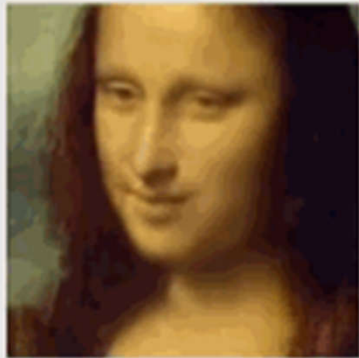
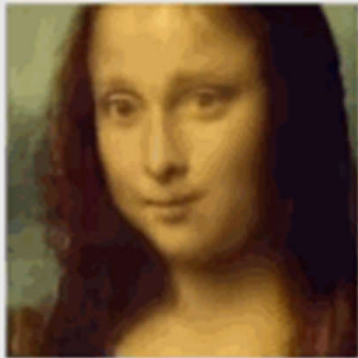
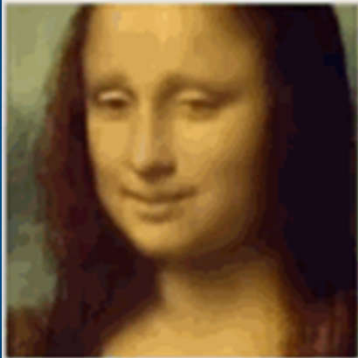
- iCUB raczkuje ... open source, uczący się przez interakcję z światem.



Bina48 i Projekt LifeNaut



Rekonstrukcja umysłu z informacji w mindfiles, tworzenie mindclones: samoświadomych istot cyfrowych, pamiętających, myślących, czujących.



Emocje

Emocje wydają się niedostępne robotom bo sami nie potrafimy ich opisać i nie uczymy się analizy i kontroli emocji, ale mają je nawet prymitywne zwierzęta.

Od pierwszych prób z analizą i ekspresją emocji w robocie Kismet (2000) rozwinęła się informatyka afektywna.

Emocje są znacznie prostsze niż język naturalny.

Przykłady emocjonalnych zachowań robotów:

Kismet, Thespian

Grające roboty Toyoty.



Moralność robotów?

Autonomiczne uczące się roboty będą nieprzewidywalne, powinny więc być odpowiedzialne za swoje działanie.

Producenci oprogramowania nie odpowiadają za szkody ...

Jakie decyzje powinny podejmować roboty samodzielnie?

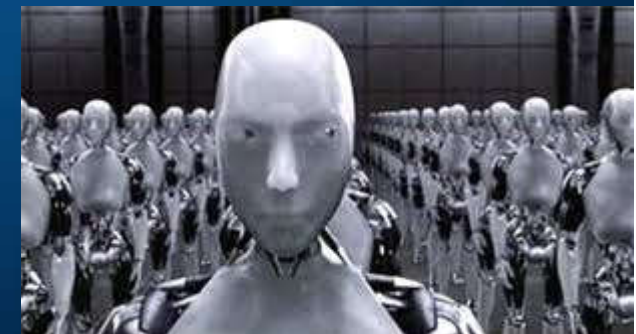
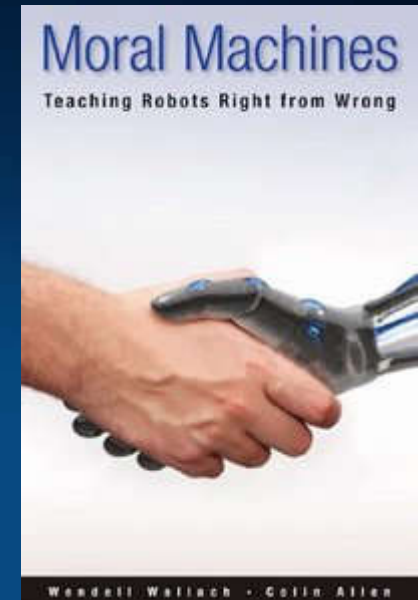
Są już programy wspomagające etyczne decyzje w medycynie, np. MedEthEx z Drexel University, USA.

Czy są uniwersalne reguły moralne akceptowalne przez różne kultury? Biologiczne podstawy moralności są podobne ale modyfikacje kulturowe są silne.

Co z robotami wojskowymi?

Predatory i inne drony już są częściowo autonomiczne.

W. Wallach, C. Allen, Moral Machines Teaching Robots Right from Wrong. Oxford University Press, 2009.



Aaron – komputerowy malarz



Meeting On Gauguin's Beach,
1988



Aaron, with Decorative Panel, Olej,
Olej 1992

Podstawowe zasady kompozycji + randomizacja.

Ai-Da robot-artystka



Deep Art



<https://depart.io/latest/> Deep Neural Networks, Deep Dream, LA Gatys, AS Ecker, M Bethge, A Neural Algorithm of Artistic Style (2015)

Naprawianie mózgu

Inżynieria mózgu?



Dobry Bóg już zrobił co mógł, teraz trzeba zawołać fachowca ...
Doskonalenie mózgów to wielkie wyzwanie
dla nauki i techniki!

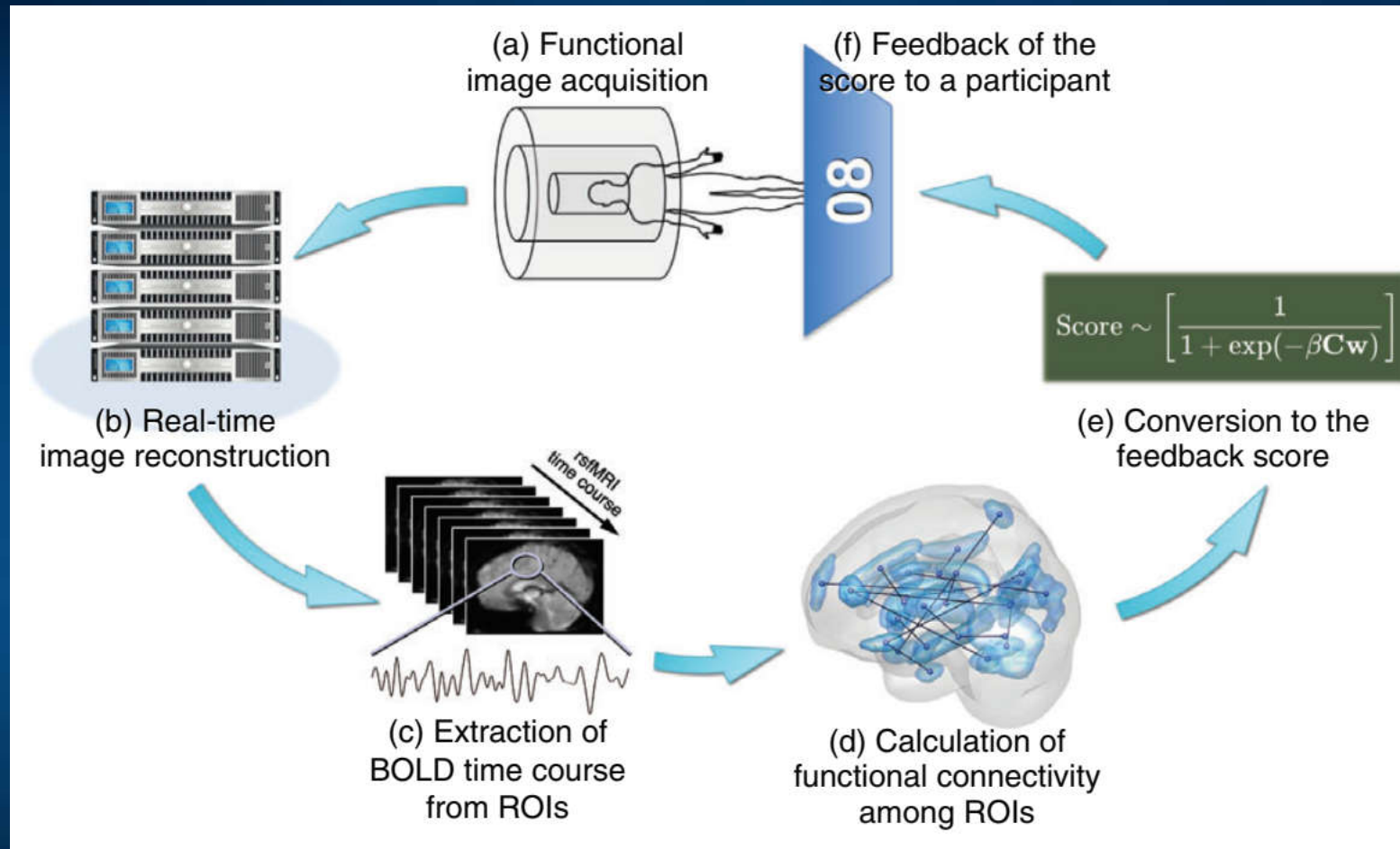
Wyzwanie: zapobieganie zaburzeniom,
optymalizacja normalnego rozwoju.

Ogólna zasada: dorastanie to specjalizacja
= zmniejszają się możliwości, zmniejsza się neuroplastyczność.

Design yourself - zaprojektuj siebie!

<http://www.cyborgfoundation.com/>

Neurofeedback naprawi?



Megumi F, Yamashita A, Kawato M, Imamizu H. Functional MRI neurofeedback training on connectivity between two regions induces long-lasting changes in intrinsic functional network. *Front. Hum. Neurosci.* 2015; **9**: 160.

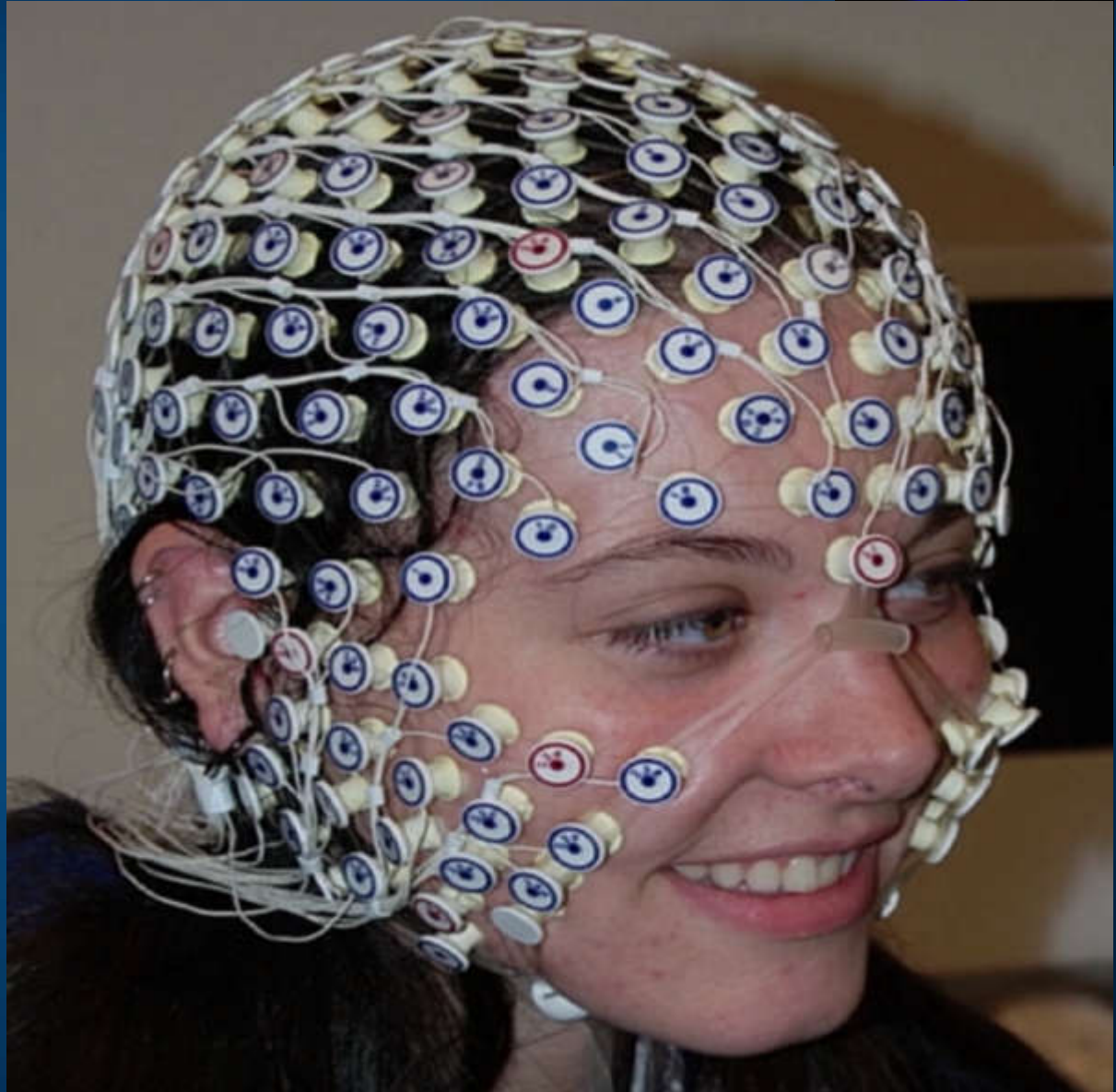
HD EEG/DCS?



EEG + DCS
wielokanałowe.

Dzięki temu można
będzie analizować
aktywność mózgu i go
stymulować indukując
zmiany neuroplastyczne.

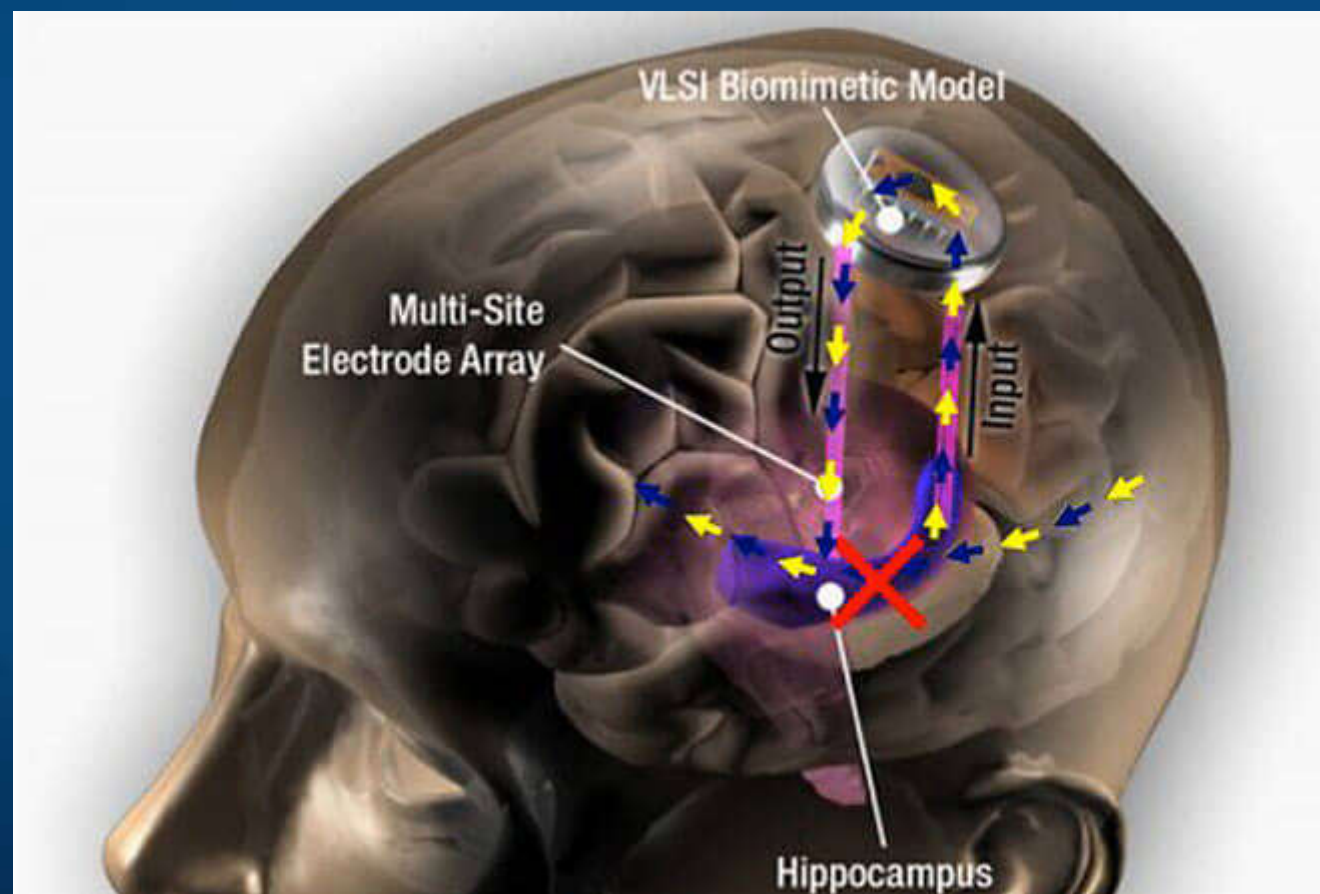
Możliwa będzie terapia
chronicznego bólu,
psychosomatycznych
zaburzeń, pamięci,
poprawa sprawności
działania mózgu.



Implanty pamięci

Testy na szczurach, małpach, w 2017 roku na 20 ludziach dały poprawę pamięci o 30%. T. Berger: Są dobre przesłanki by wierzyć, że integracja pamięci z elektroniką jest możliwa.

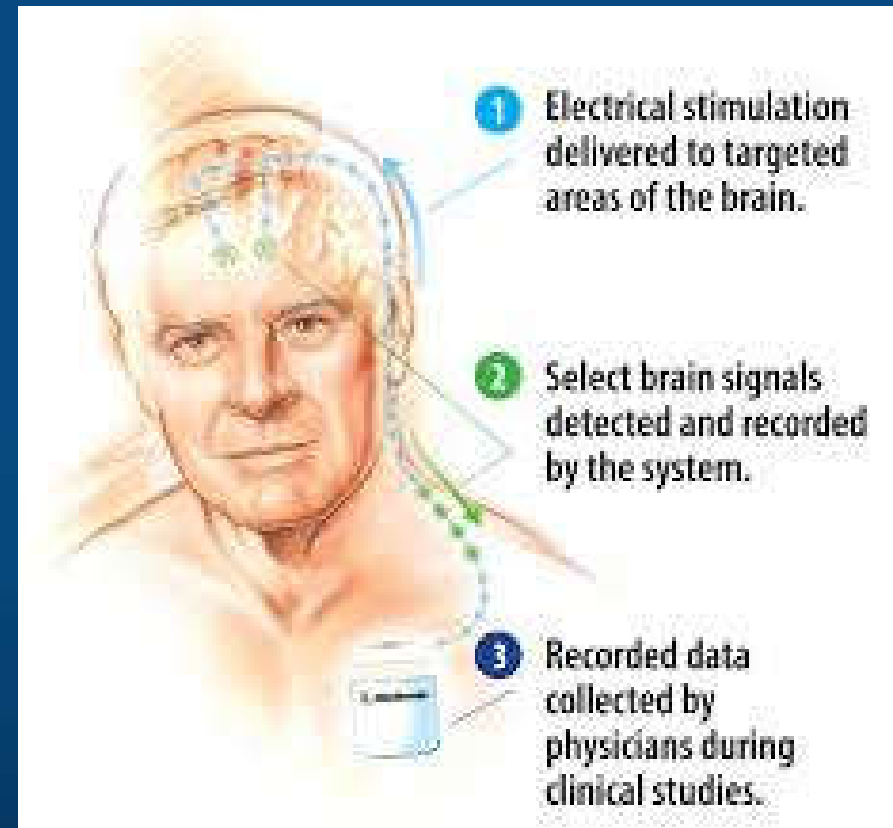
DARPA: program Restoring Active Memory (RAM), dla osób z uszkodzonym mózgiem (TBI), ma być nieinwazyjny.
Neurofeedback + neurostimulacja w zamkniętej pętli.



Głęboka stymulacja mózgu

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

Podkręćmy sobie mózg ... czy będzie można siebie zaprogramować?



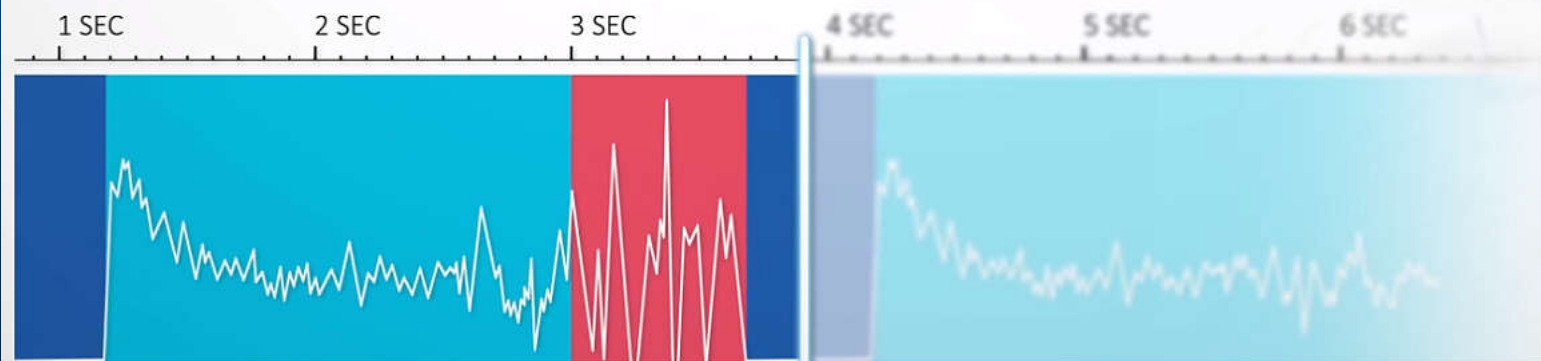
Padaczka

The RNS[®] System

Monitors brainwaves

Detects unusual activity

Responds in real time



Neurostimulator i detektor powstrzymuje ataki padaczki lekoopornej zanim pojawią się skurcze. Około 1% ludzi na świecie ma padaczkę.

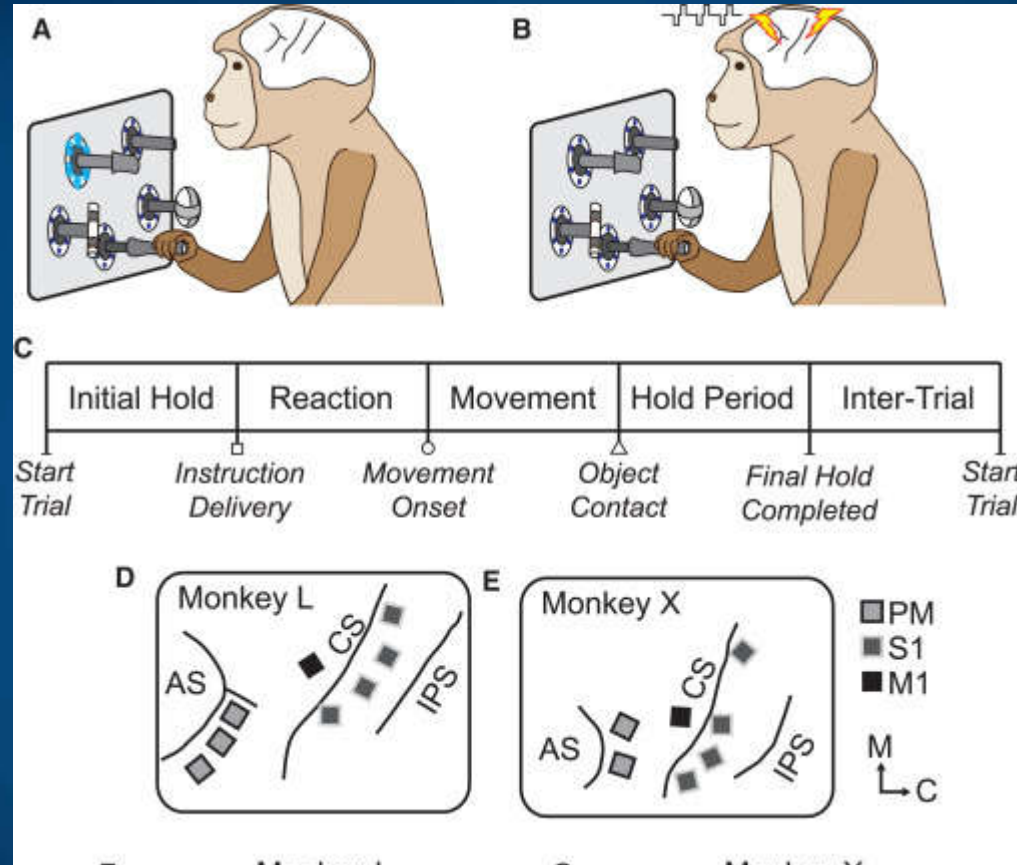
Trenowanie mózgu

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.



Mikrostymulacje



Instrukcje działania można też „wstrzykiwać” za pomocą impulsów elektrycznych prosto do kory przedruchowej, tak słabych, że nie są odczuwane. Skojarzenia różnych ruchów i miejsca stymulacji w korze PM można się nauczyć.

Kontrowersje

Homo Sapiens Digital – transhuman?

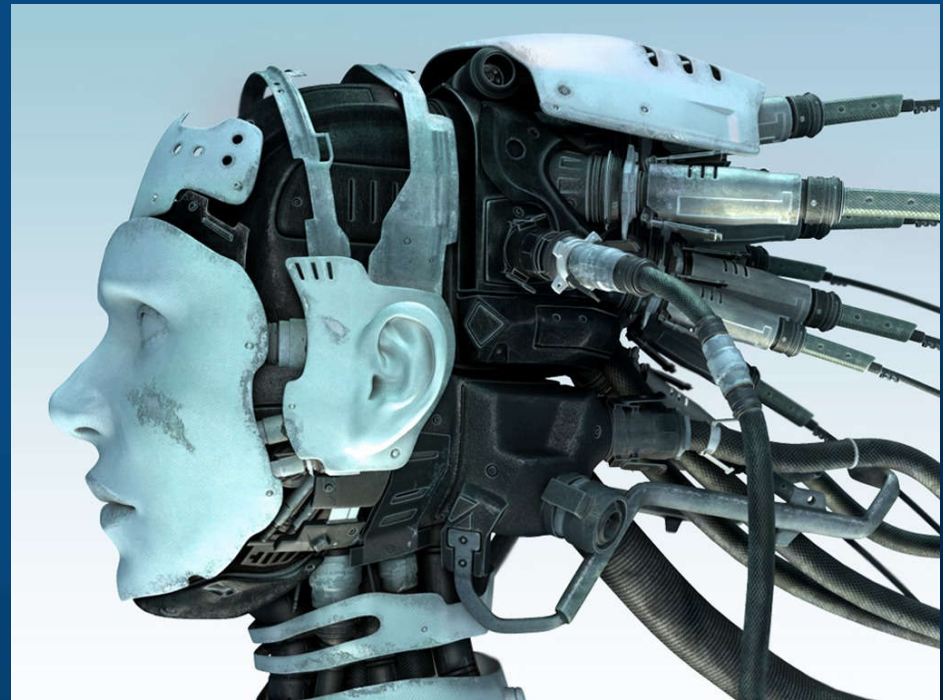
Czy powstanie nowy gatunek **Homo Sapiens Digital** (HSD), cyfrowy transhuman? Dla HSD cyfrowe wzmocnienie zmysłów i funkcji mózgu stanie się częścią naturalnego środowiska.

W dalszej przyszłości pełne sprzężenie z robotami-surogatkami ludzi?

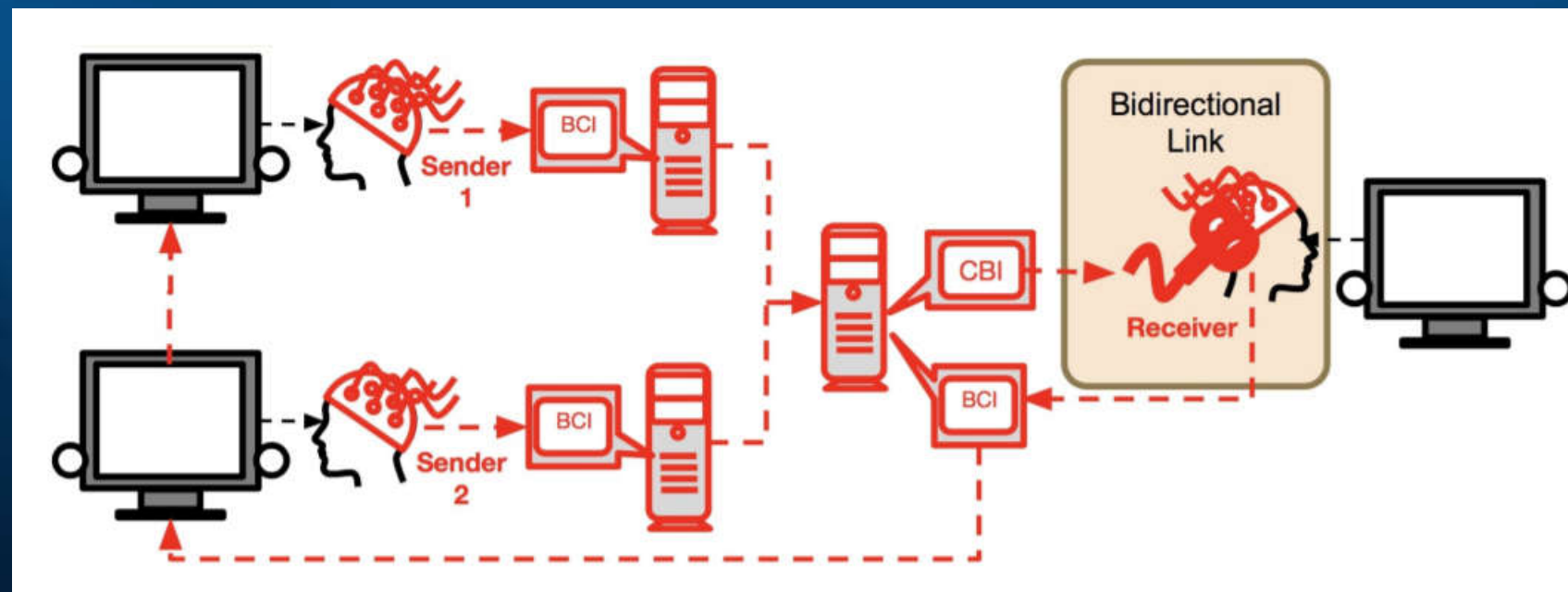
Mądrość to nie spryt, cyfrowe wzmocnienie powinno dopełniać wrodzone zdolności i pomagać w mądrym podejmowaniu decyzji korzystnych dla człowieka w dłuższym okresie czasu, pomimo braku natychmiastowej gratyfikacji.

Ale czy to się uda?

We want the world and we want it
Now! (The Doors, 1967)




Przekazywanie myśli?



Transfer umysł => Awatar?

2045 AVATAR PROJECT MILESTONES
STRATEGIC SOCIAL INITIATIVE




Avatar D 2040 - 2045
A hologram-like avatar

Avatar C 2030 - 2035
An Avatar with an artificial brain in which a human personality is transferred at the end of one's life

Avatar B 2020 - 2025
An Avatar in which a human brain is transplanted at the end of one's life

Avatar A 2015 - 2020
A robotic copy of a human body remotely controlled via BCI

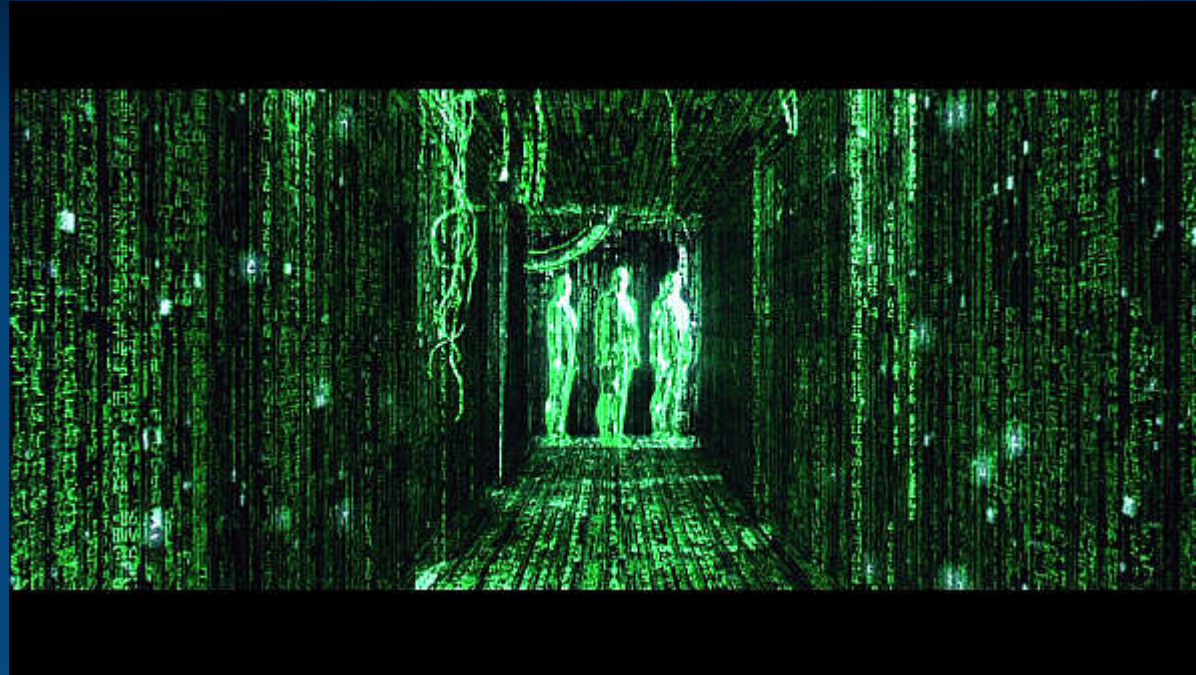
2045.COM



Immortality Button
Click this button to start the development of your personalized immortal avatar

Projekt 2045 D. Itskova (ros. miliarder) zamierza dokonać transferu umysłu z mózgu do neurokomputera około 2045 roku, oraz rozwijać *The Electronic Immortality Corporation*, rodzaj sieci społecznościowych.

Matrix



Czy lepsze zrozumienie działania mózgu spowoduje,
że przeniesiemy się do matrixa?

Technicznie taka symbioza może się stać możliwa.

Roboty nie staną się ludźmi, ale co istotnego zostanie dla ludzi do zrobienia?

Niech moc będzie z Wami!



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



Seminaria
neurorozwojowe
co miesiąc 2016/2017

Interdoctor: Disorders
of consciousness.
2016/2017



BRAIN AWARENESS WEEK

GET CONNECTED!



Brain Awareness Week

Organizacja non-profit

Lubię to!

Wiadomość

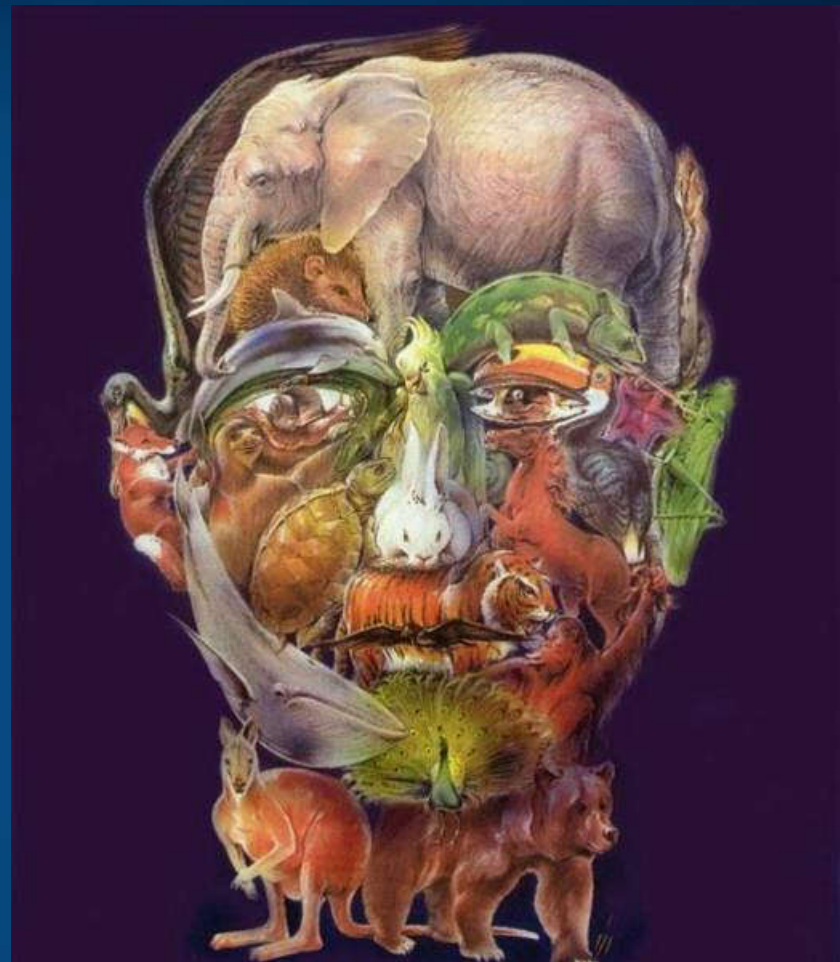
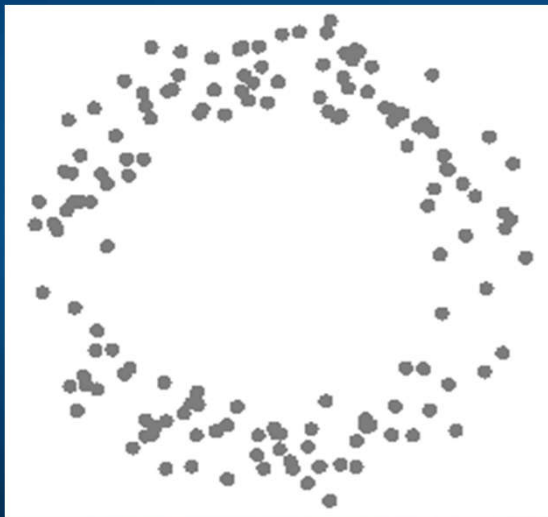
...

Od 1995 roku lat w marcu organizowany jest **Tydzień Mózgu**, czyli **Brain Awareness Week (BAW)**. Głównymi organizatorami jest [Society for Neuroscience](#) oraz [Dana Alliance for Brain Brain Initiatives](#).

W 2019 roku ok. 900 wydarzeń w 50 krajach.

Celem jest uświadomienie globalnej opinii publicznej postępów i korzyści z badań nad mózgiem.

Dziękuję za
synchronizację
neuronów!



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