



Fenomika neuropsychiatryczna

Włodzisław Duch

Lab. Neurokognitywne, Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii

Centrum Doskonałości „Neuroinformatyka i Sztuczna Inteligencja”,

Katedra Informatyki Stosowanej, INT WFAIS,

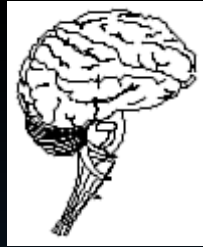
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Google: Wlodzislaw Duch

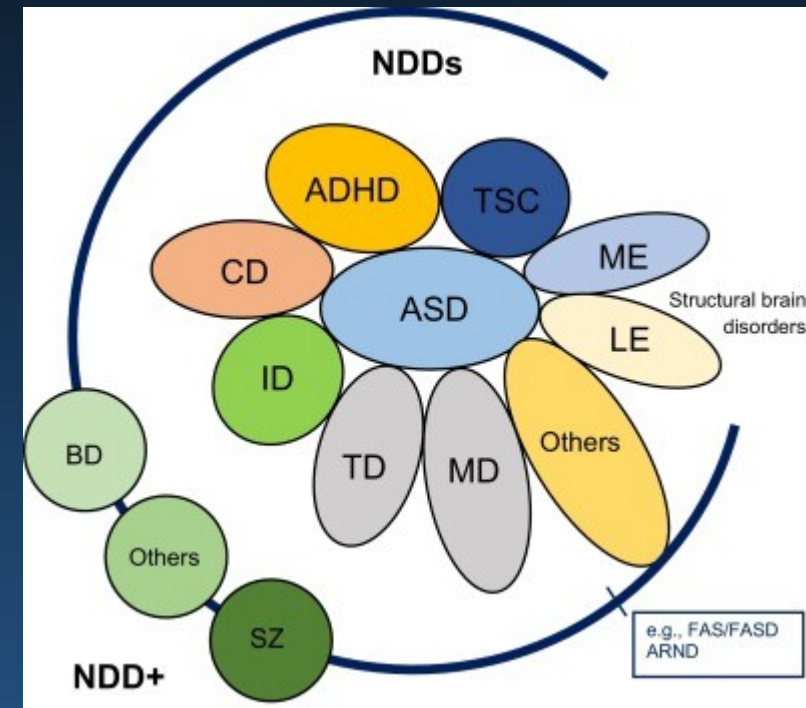
XXXIX Szkoła Zimowa IF PAN

Dysfunkcje metaboliczne a choroby ośrodkowego układu nerwowego, 2-4.03.2022

O czym opowiem



- Psychika i fizyka, mind – body, są ze sobą ściśle związane.
- Struktura \Leftrightarrow funkcja \Leftrightarrow neurodynamika \Leftrightarrow psychodynamika.
- Działanie OUN zależy od procesów na wielu poziomach: potrzebna jest fenomenika wielopoziomowa.
- Fenomenika neuropsychiatryczna: od genów przez ścieżki sygnałowe, neurony, sieci, do zachowania.
- Wiele poziomów opisu, różne skale czasowe i przestrzenne.
- Zaburzenia psychiatryczne (schizofrenia, depresja, choroba dwubiegunowa), a także autyzm, ADHD ... wiążą się z licznymi zaburzeniami metabolizmu.
- Podejrzewa się, że leki antypsychotyczne mają wpływ na dysfunkcje metaboliczne.

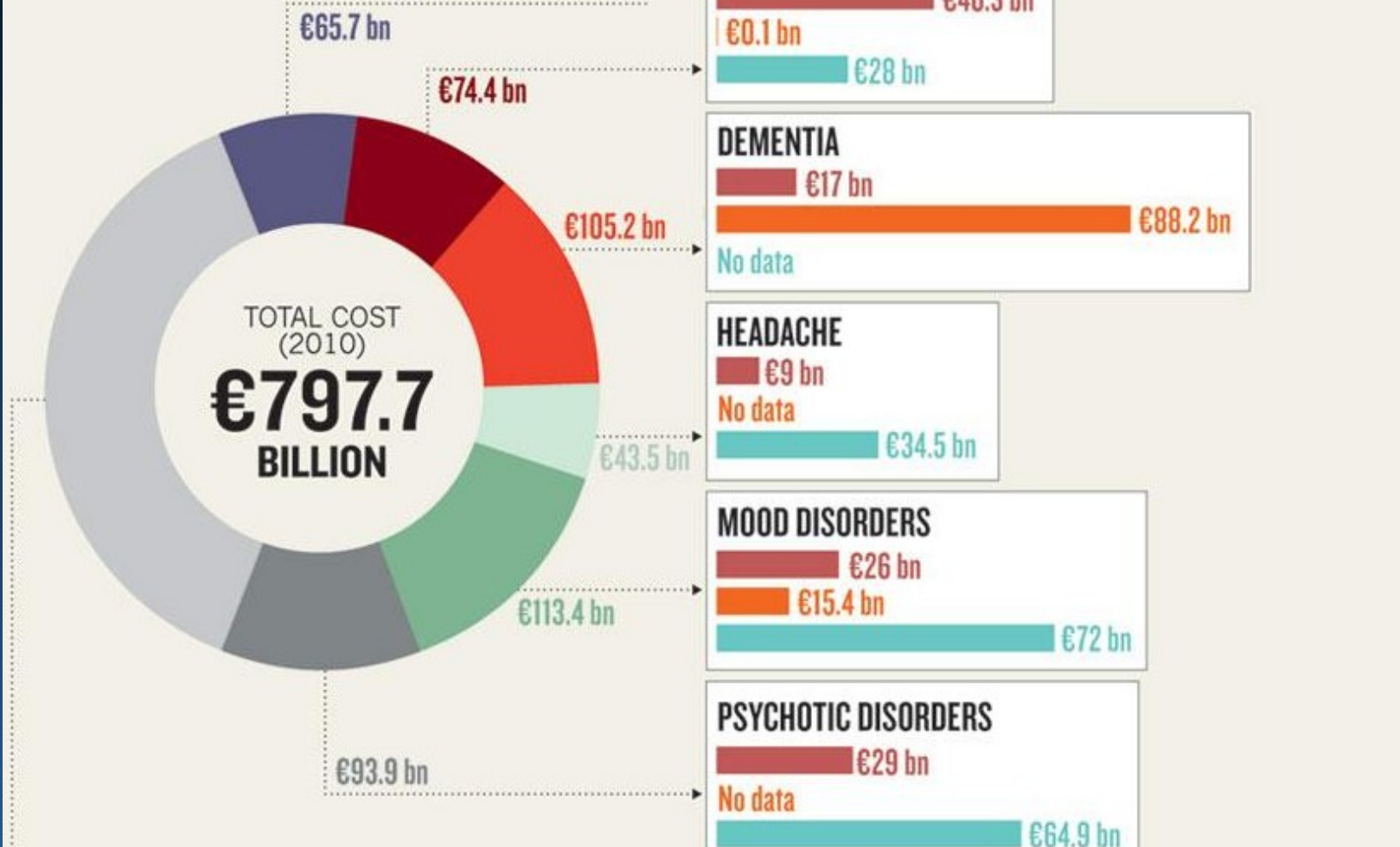


Homber et al. Brain Research Bulletin
125, 79-91, 2016.

Mózgi często się psują ...

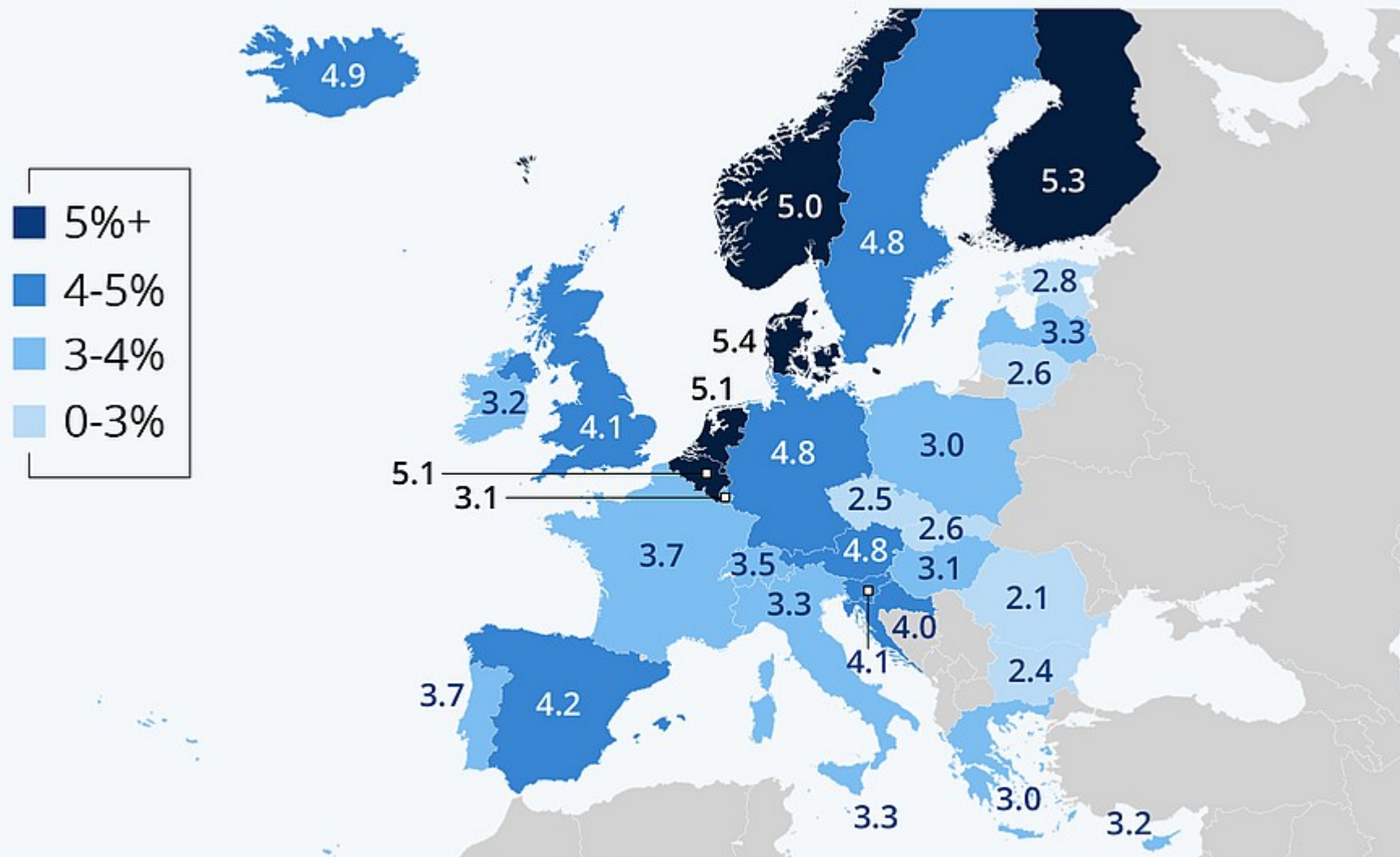
HEAVY BURDEN

Six categories of illness account for more than half of the costs of brain disorders in Europe. Indirect costs — such as working time lost to illness — are responsible for about 40% of the total financial burden.



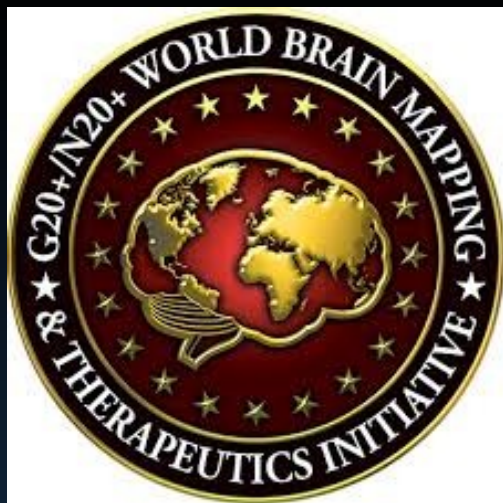
Koszty braku zdrowia psychicznego

Cost of mental health as a percentage of GDP in Europe*



* Includes mental health and social spending plus indirect costs linked to lower employment and lost productivity (2015)

Source: OECD



Misją IEEE Brain jest wspomaganie kros-dyscyplinarnej współpracy i koordynacja zaawansowanych badań, standaryzacja i rozwój technologii neurokognitywnych w celu poprawy dobrostanu ludzkości.

W IEEE Brain zaangażowało się 20 IEEE Towarzystw, w tym:

IEEE Computational Intelligence Society; Computer Society;
Consumer Electronics Society; Digital Senses Initiative;
Robotics and Automation Society; Sensors Council; Signal Processing Society;
Society on Social Implications of Technology;
Systems, Man, and Cybernetics Society, International Neuroethics Society,
and a few other societies.

On the threshold of a dream ...

Cel: optymalizacja procesów mózgu!

Mało kto zbliża się do wykorzystania pełnego potencjału mózgu, który można rozwinąć dzięki neuroplastyczności. Naprawa mózgów chorych i optymalizacja zdrowych wymaga zrozumienia procesów przetwarzania informacji

- Szukamy źródeł (fingerprintów) specyficznej aktywności regionów i podsięci mózgu analizując dane z neuroobrazowania lub dane elektrofizjologiczne.
- Budowę architektury systemów kognitywnych, które pomagają zrozumieć jak pracuje mózg.
- Wykorzystanie procedur neurofeedback opartych o dekodowanie i zmiany siły połączeń w systemach stymulacji mózgu.
- Powinno to umożliwić opracowanie nowych diagnostycznych i terapeutycznych procedur.



G-tec wireless NIRS/EEG on my head.

Duch W, Neurocognitive Informatics Manifesto.2009.



Neuro Informatics 2019

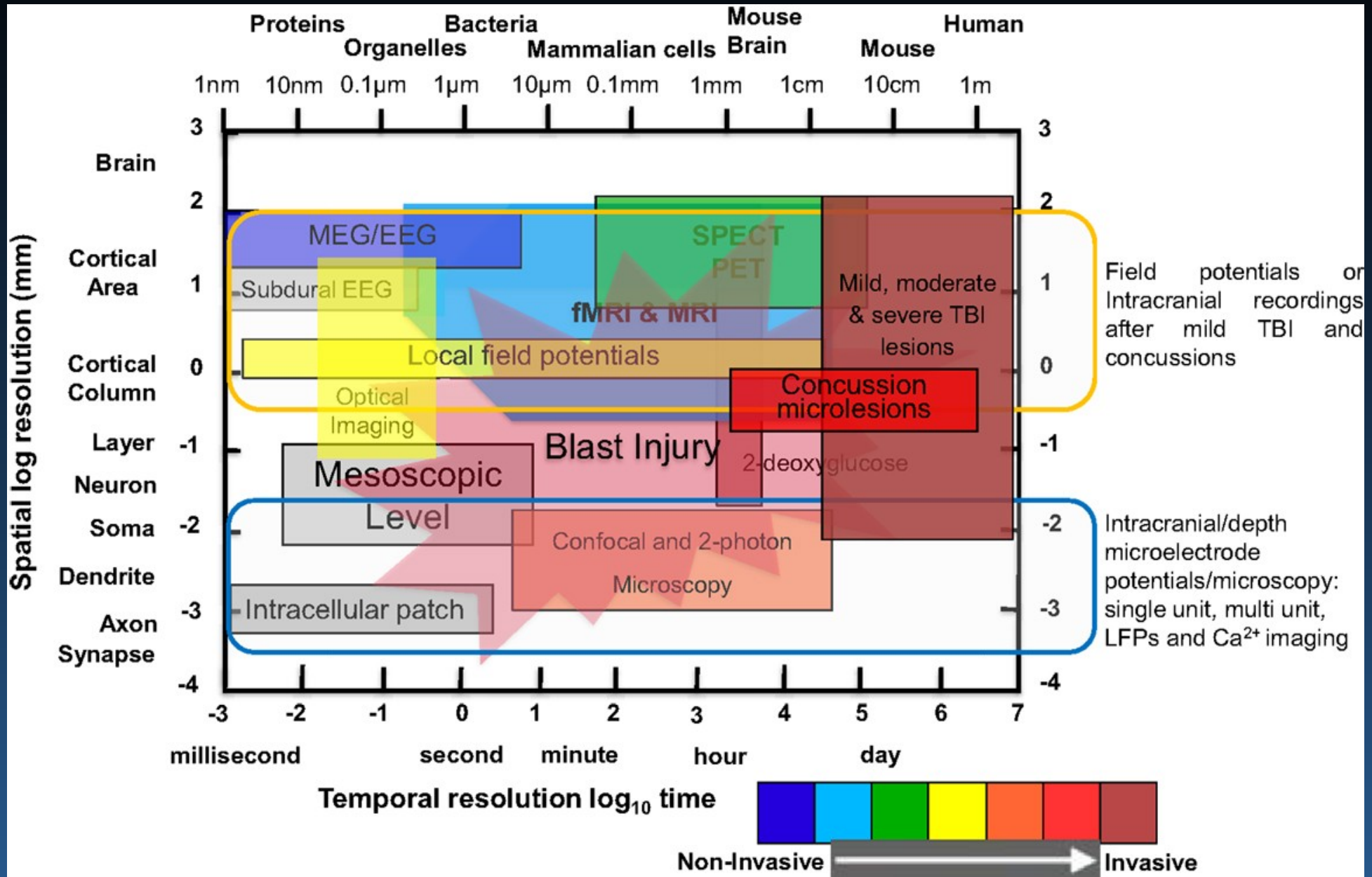
International Neuroinformatics Coordination Facility (INCF), globalna organizacja krajów OECD. Celem jest integracja i analiza danych z różnych technik pomiarowych, rozwój tych technik, zrozumienie mózgu i wpływ na zdrowie i dobrostan społeczeństw.

12th INCF Congress on Neuroinformatics oraz INCF Assembly, Warszawa 9/2019.

Węzeł Polski mamy w naszym laboratorium (**dr hab. Tomasz Piotrowski**).

Polish Brain Council (Polska Rada Mózgu) istnieje formalnie od 2013 roku, miała stworzyć strategię na rzecz profilaktyki i zwalczania chorób mózgu, ale nie widać możliwości finansowania i strategia nie powstała.

Techniki badań mózgu

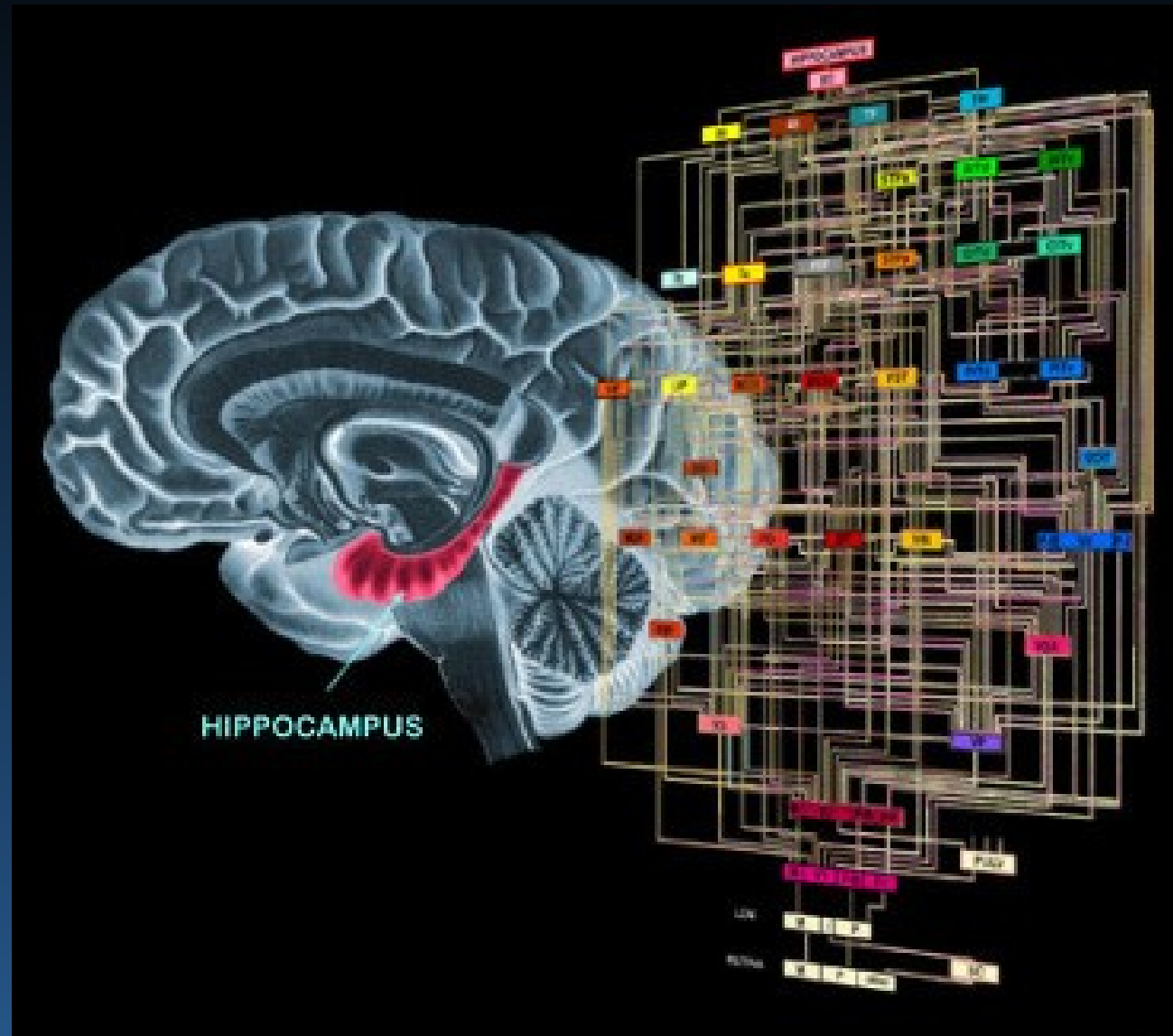


BICA, Brain-Inspired Cognitive Architecture

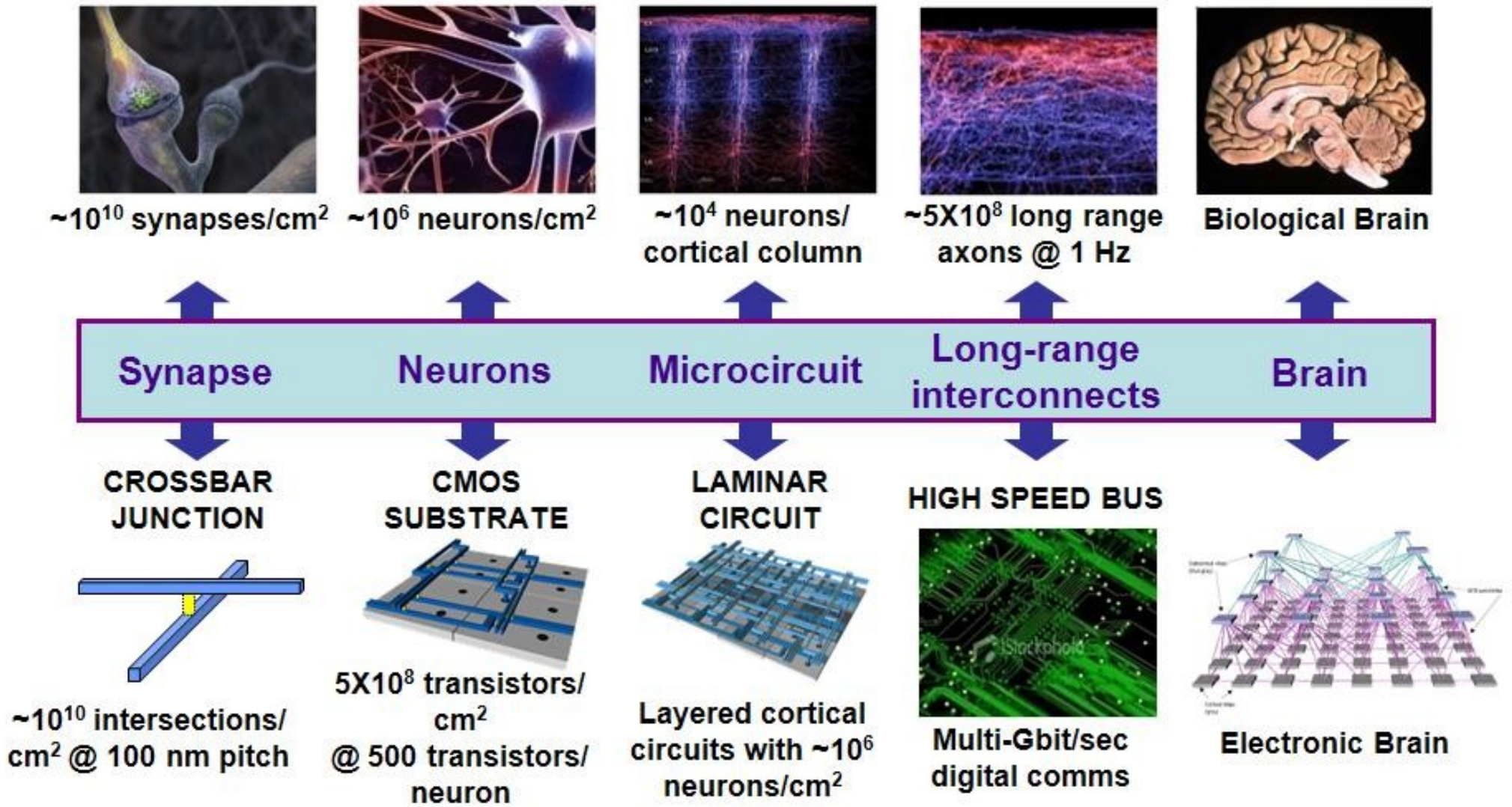
Mózgo-podobne architektury przetwarzania informacji.

Do zrozumienia potrzebny jest model odtwarzający funkcje, przeniesienie naszej wiedzy do neuronowego symulatora.

Dzięki modelom komputerowym możemy obecnie przewidywać jak będzie się zmieniać aktywność indywidualnego mózgu, przewidywać zachowanie człowieka.

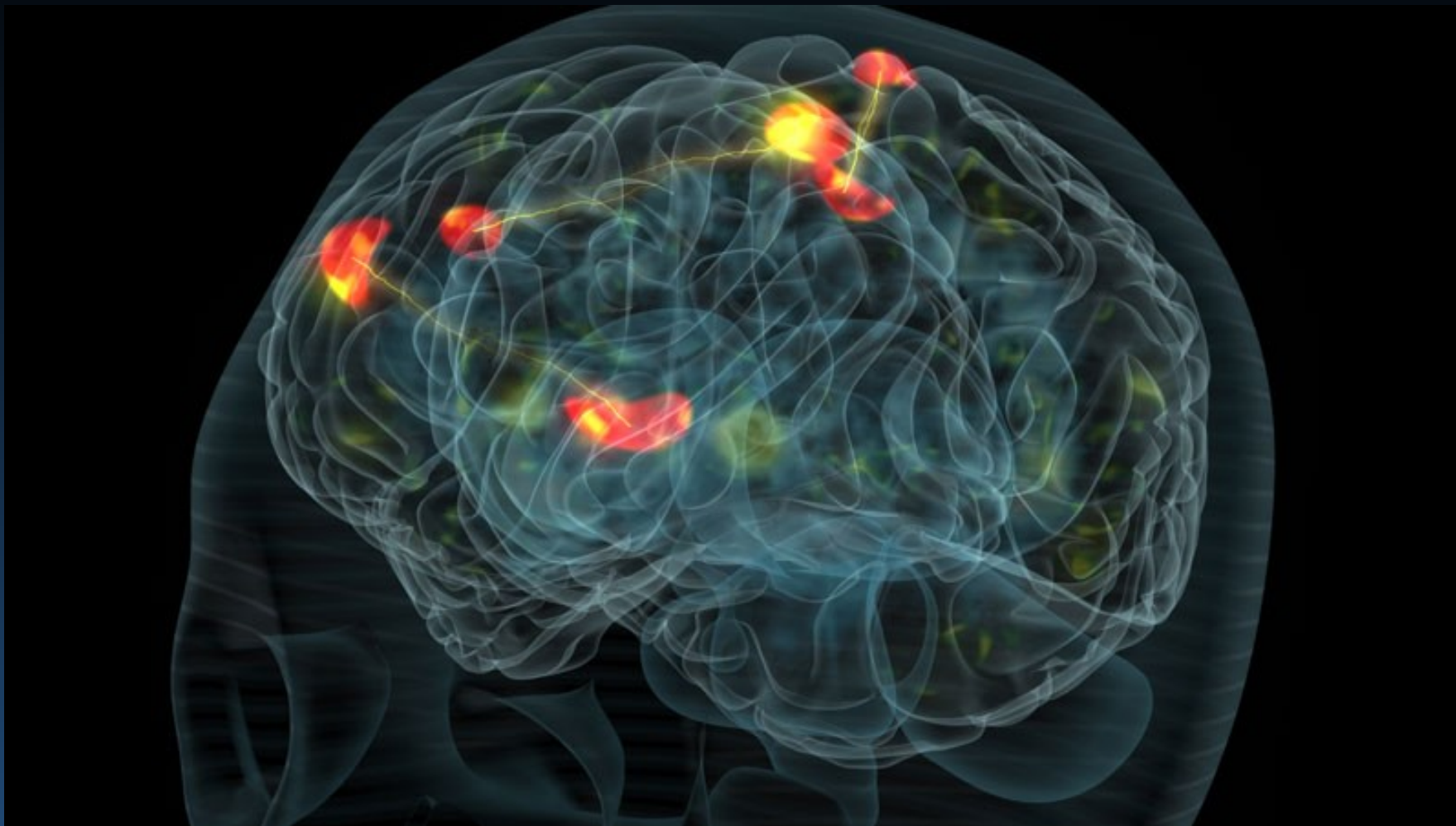


Komputery neuromorficzne



DARPA Synapse project 2008-14, neurochipy na memristorach.
 Wiele innych projektów i zastosowania w smartfonach.

Stany mentalne: silne, spójne aktywacje



W mózgu bez przerwy toczy się bardzo wiele procesów.

Liczne sieci neuronalne wzbudzają się i konkurują ze sobą. Jeśli da się wyraźnie odróżnić od szumu zgodnie z **teorią detekcji sygnałów**, wyrazi się przez ruch, myśl, lub wrażenie? Świadomość to percepcja tego, co dzieje się we własnym umyśle (J. Locke, 1689).

Co wpływa na nasze działania?



Fenomika kognitywna: od neurodynamiki, przez hormony, kulturę, procesy rozwojowe, aż po ewolucję.

Fenomika neuropsychiatryczna

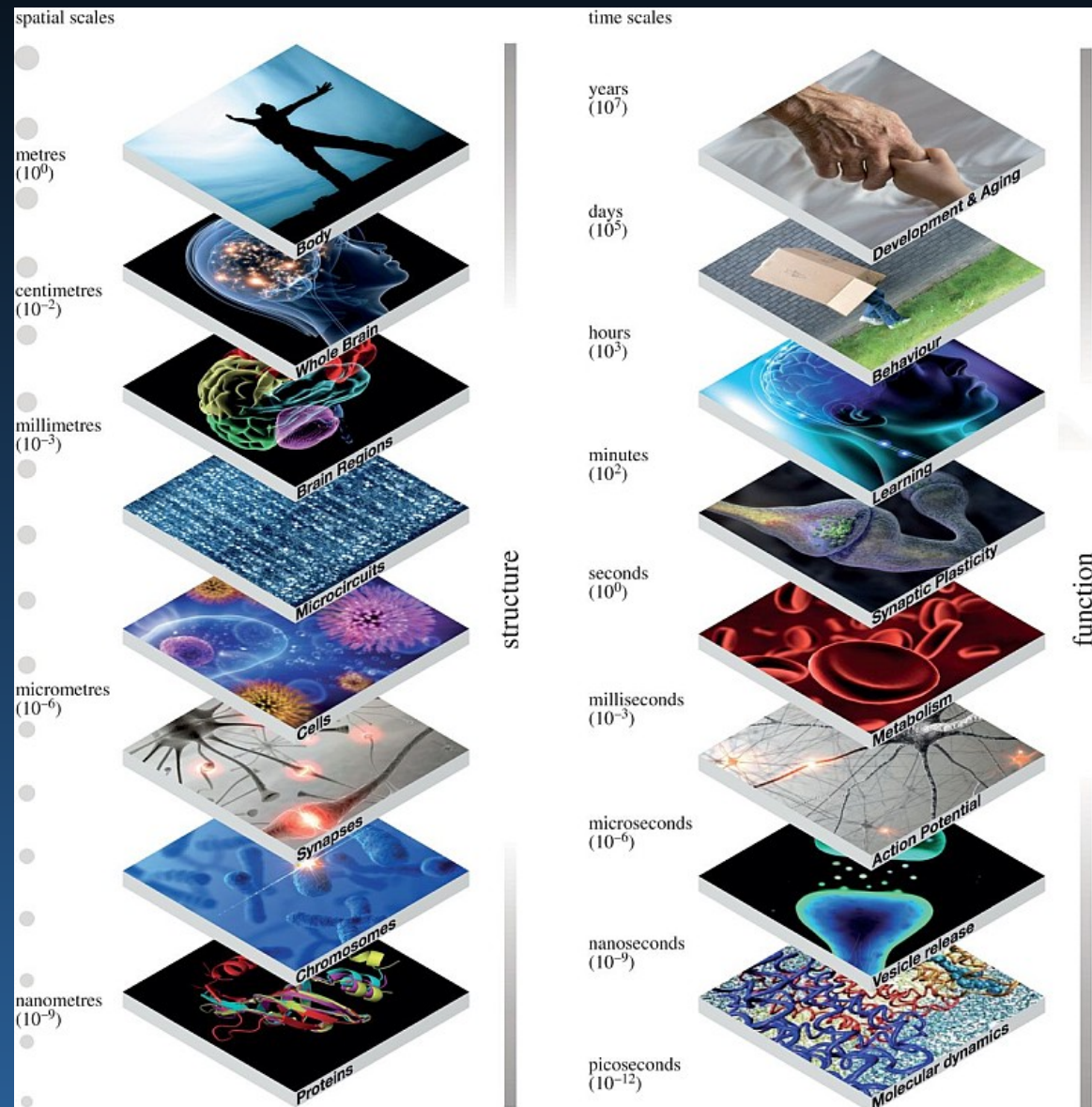
2008: The Consortium for Neuropsychiatric Phenomics

Od genów do sieci neuronów do mechanizmów poznawczych i do ich zaburzeń.

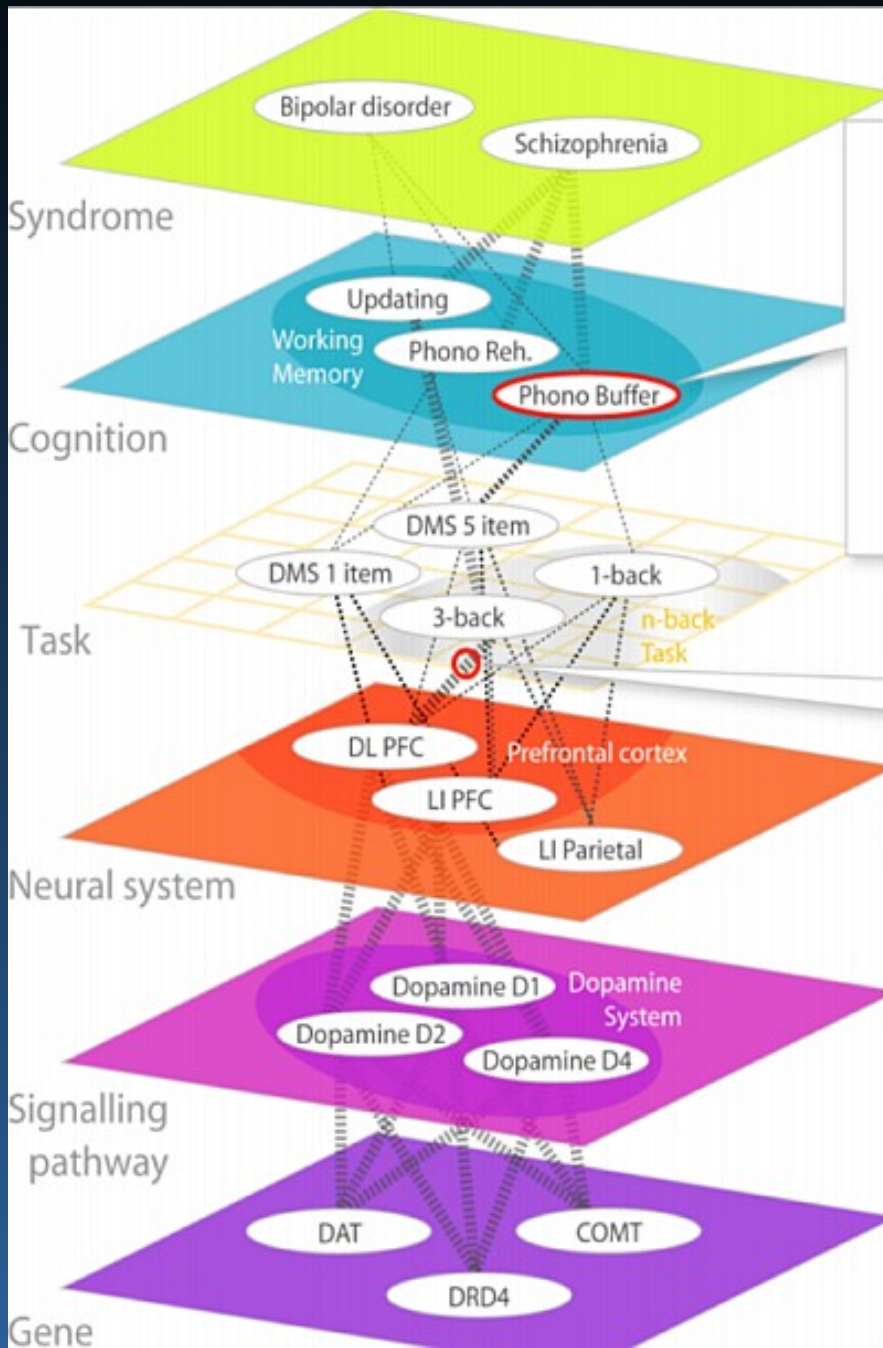
Wyjaśnienia na wielu poziomach, skale czasowe od pikosekund do lat, rozmiary od nanometrów do metra – RDOC NIMH.

Neurodynamika, sieci neuronowe są na środkowym poziomie, można badać ich aktywność metodami neuroobrazowania jak i za pomocą komputerowych symulacji.

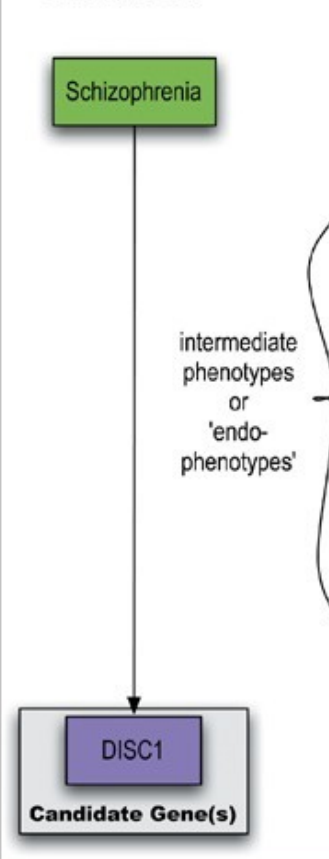
Zewnętrzne wpływy: epigenetyka, procesy rozwojowe, środowisko, leki ...



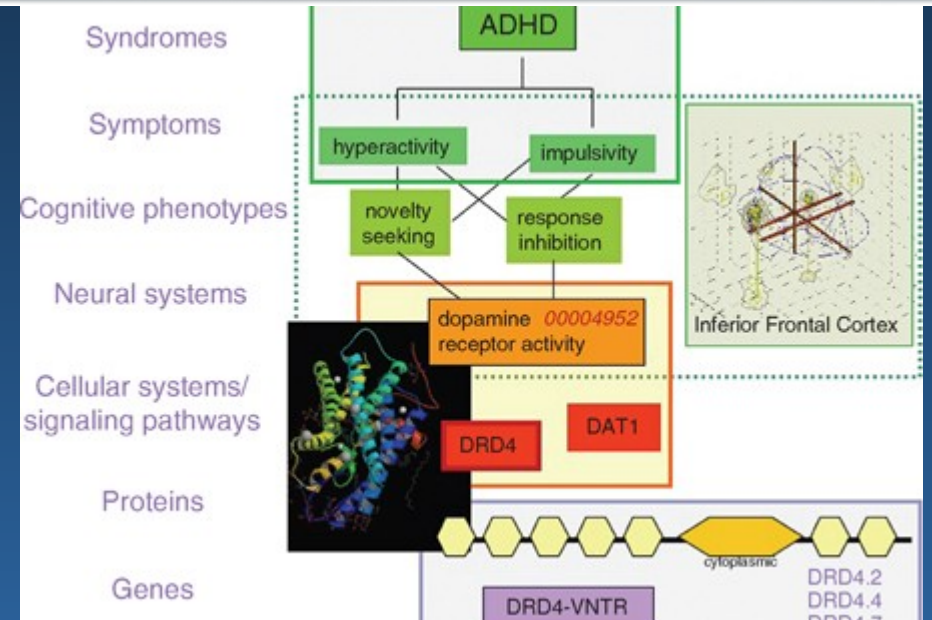
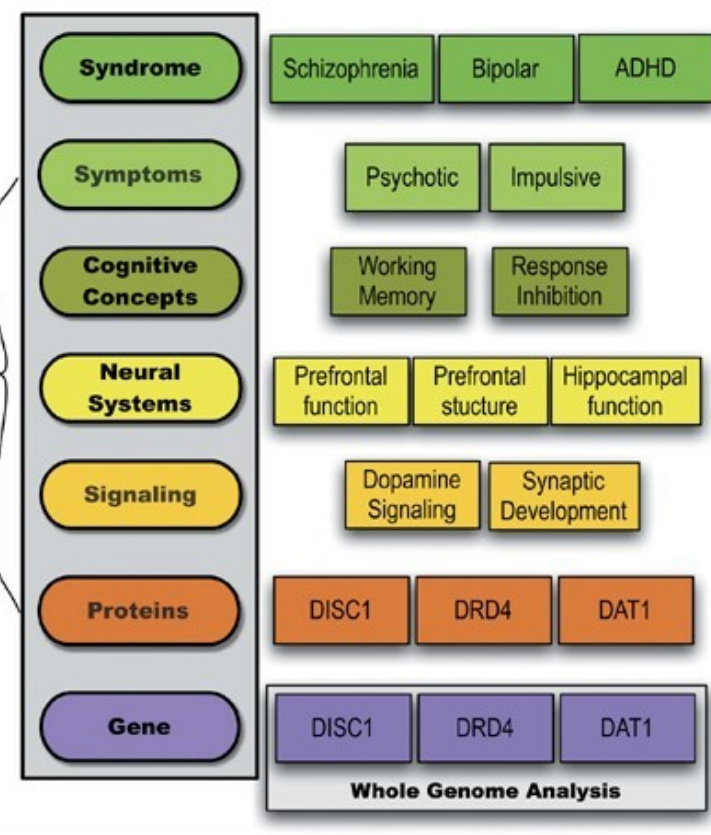
Poziomy



TRADITIONAL STRATEGY



NEUROPSYCHIATRIC PHENOMICS STRATEGY



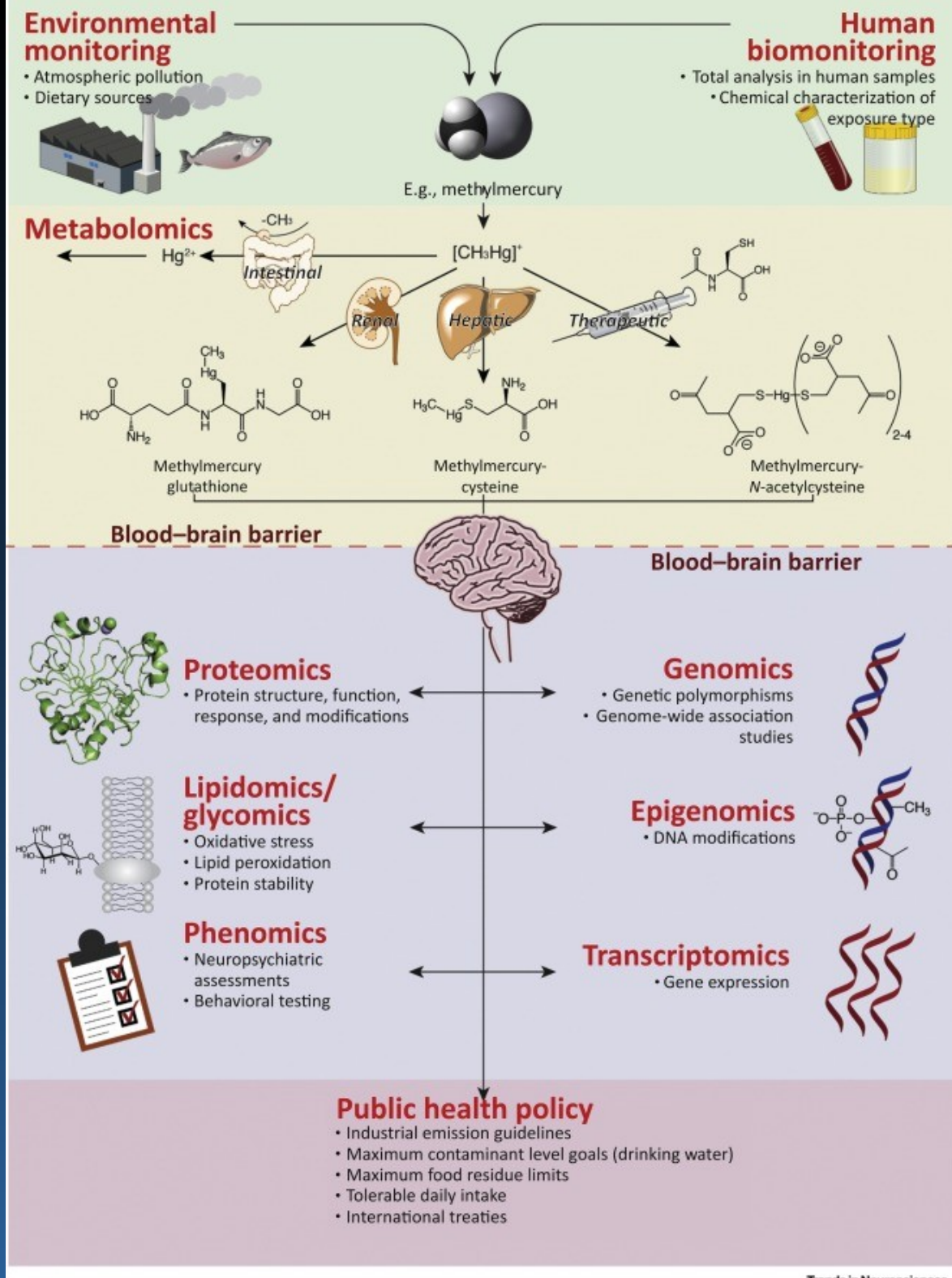
Neuroexposome

Heffernan, A. L., & Hare, D. J. (2018). Tracing Environmental Exposure from Neurodevelopment to Neurodegeneration. *Trends in Neurosciences*, 41(8), 496–501.

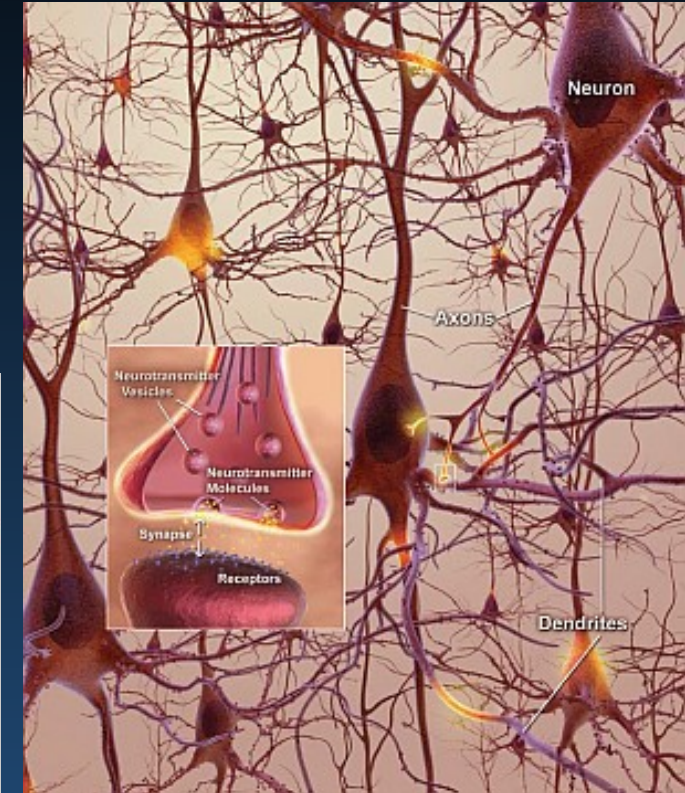
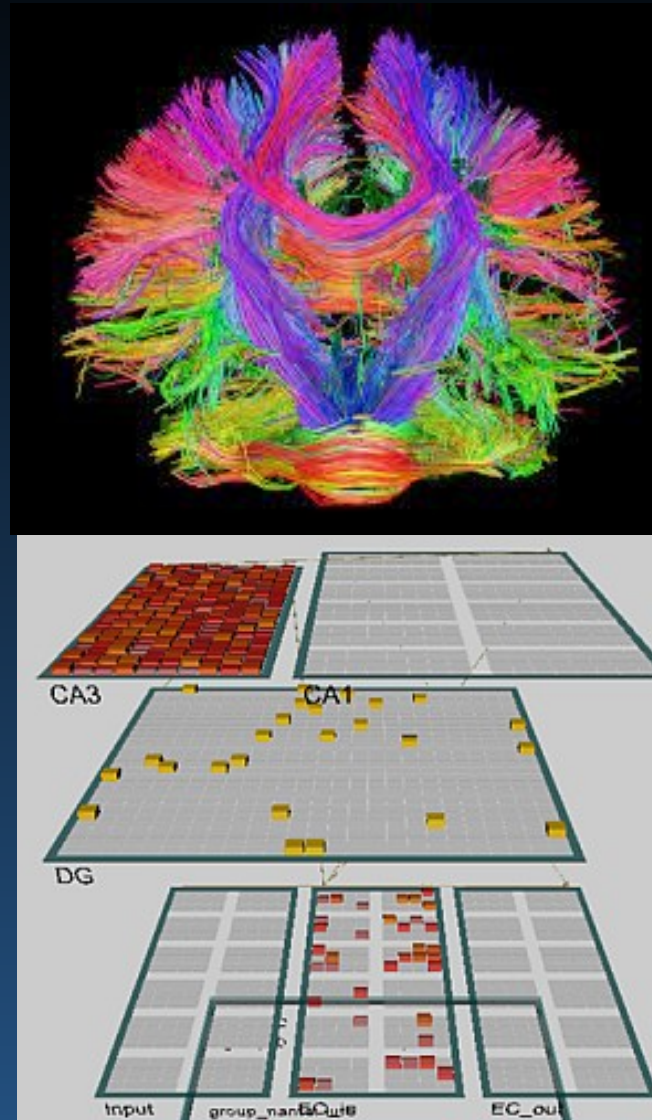
We present the concept of the 'neuroexposome', emphasizing the brain's distinctive response to environmental exposure.

Current 'omics' sciences can inform on both disease pathogenesis and future public health policies.

Phenomics is shown here as a tool for neuropsychiatric assessment.

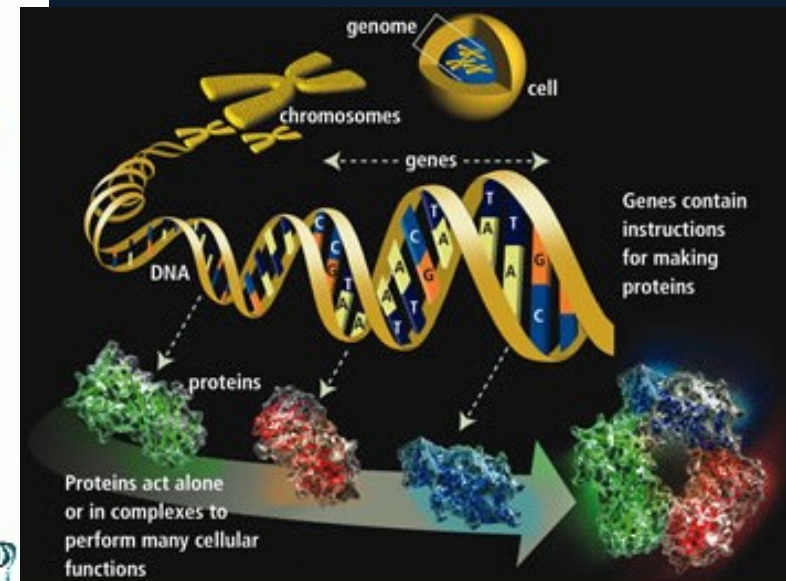
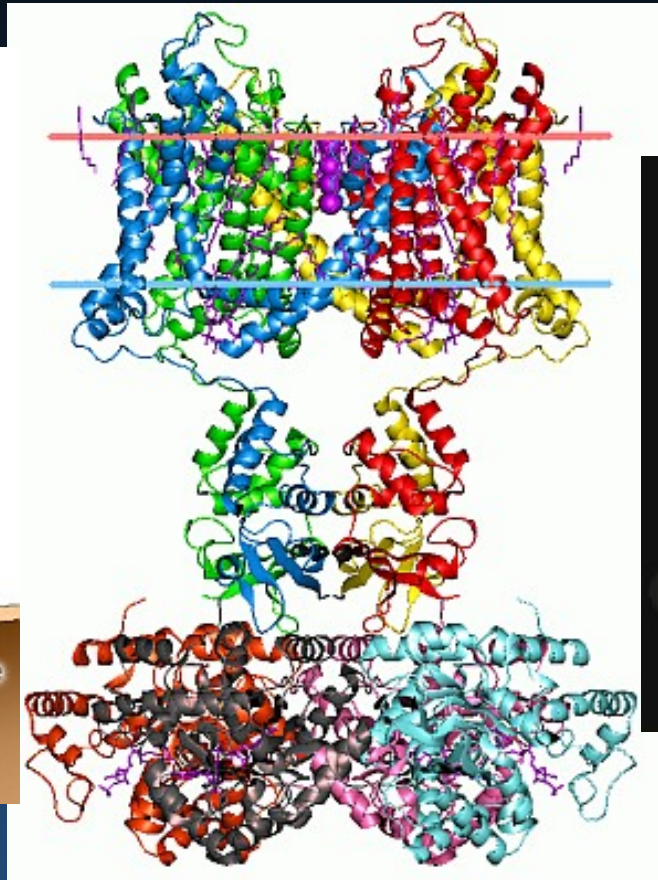
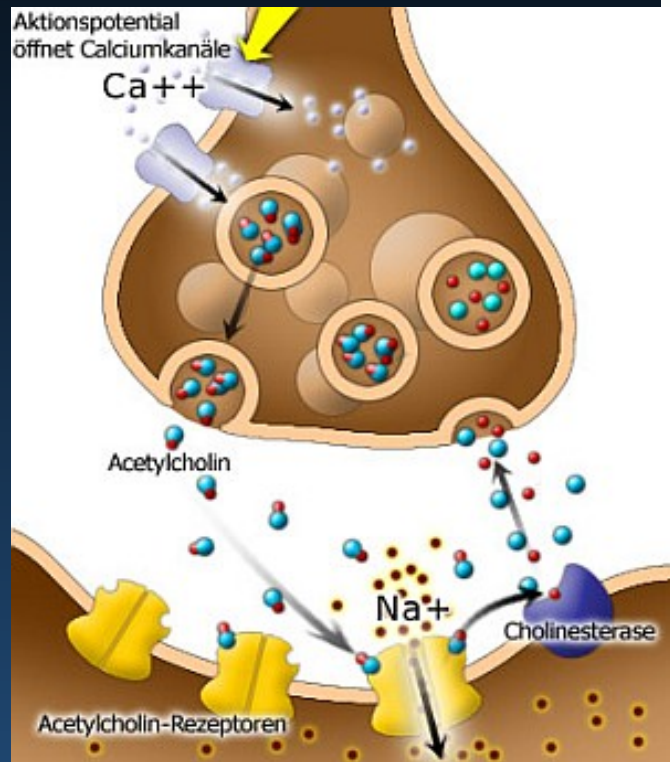


Od zaburzeń zachowania do neuronów



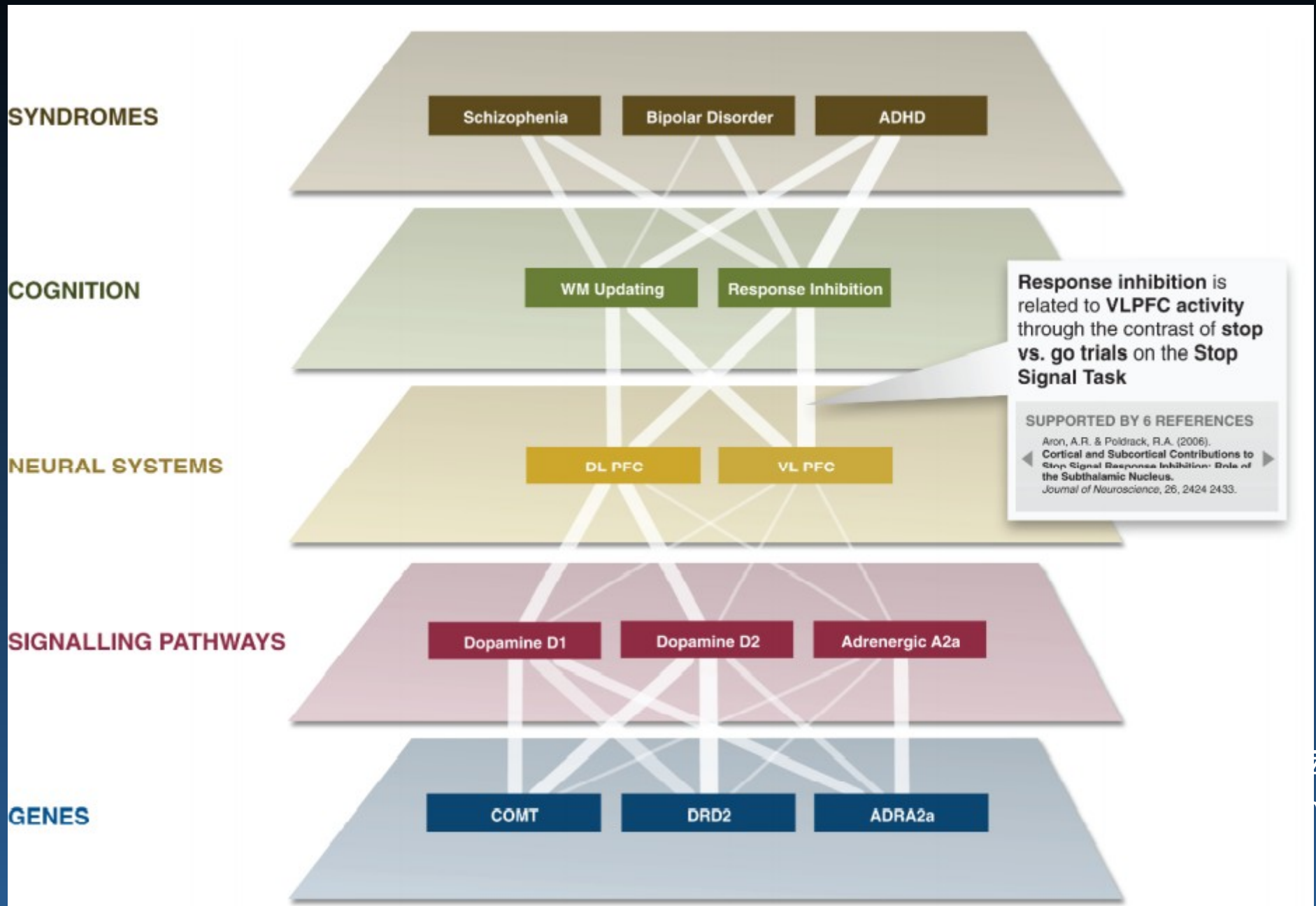
Zespoły psychiatryczne ↔ zaburzenia zachowania ↔ fenotypy kognitywne
↔ neurodynamika ↔ własności neuronów, konektomy ↔
↔ białka, biochemia ↔ metabolizm, epigenetyka, genetyka ↔ środowisko

Od neuronów do genów



↔ białka, kanały jonowe, synapsy, receptory, biochemia ↔ metabolizm, epigenetyka, genetyka ↔ środowisko

Atlas Kognitywny



żnić
nie?

Atlas Kognitywny

Welcome to Cognitive Atlas

The Cognitive Atlas is a collaborative knowledge building project that aims to develop a knowledge base (or ontology) that characterizes the state of current thought in cognitive science. The project is led by Russell Poldrack, Professor of Psychology at Stanford University. Development of the project was supported by grant RO1MH082795 from the National Institute of Mental Health.

Contributor Login

Sign up not necessary to view site.
Registered users may edit and contribute to the Cognitive Atlas.

Email

Password

LOG IN

SIGN UP

Recently updated mental **CONCEPTS**

- *abductive reasoning*
- *abstract analogy*
- *abstract knowledge*
- *acoustic coding*
- *acoustic encoding*
- *acoustic phonetic processing*
- *acoustic processing*
- *action*
- *activation*
- *activation level*

BROWSE ALL 880 CONCEPTS

Recently updated experimental **TASKS**

- *delayed memory task*
- *regulated heat stimulation*
- *2-stage decision task*
- *backward masking*
- *size match task*
- *adaptive n-back task*
- *object decision task*
- *incentive modulated antisaccade task*
- *overlapping figures task*
- *meditation task*

BROWSE ALL 783 TASKS

Recently updated **DISORDERS**

- *Asperger syndrome*
- *trichotillomania*
- *advanced sleep phase syndrome*
- *fetal alcohol syndrome*
- *partial fetal alcohol syndrome*
- *alcohol-related neurodevelopmental disorder*
- *alcohol-related birth defect*
- *fetal alcohol spectrum disorder*
- *alcohol dependence*
- *nicotine dependence*

BROWSE ALL 221 DISORDERS

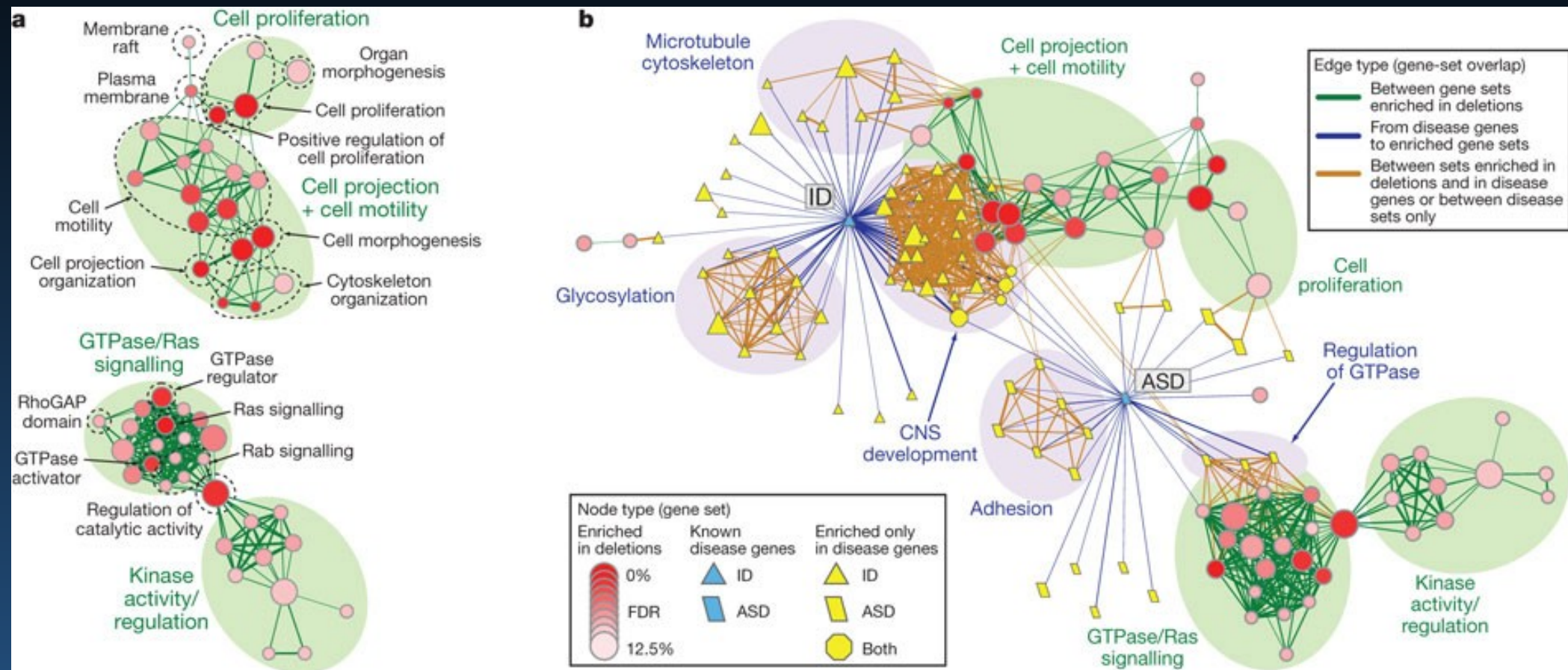
Recently updated **THEORIES**

- *Baddeley's model of working memory*
- *RDoC Working Memory Matrix*
- *RDoc Negative Valence Systems Matrix*
- *RDoc Positive Valence Systems Matrix*
- *RDoc Cognitive Systems Matrix*
- *RDoc Social Processes Matrix*
- *RDoC Arousal and Regulatory Systems Matrix*

BROWSE ALL THEORIES

Geny i diagnostyka

Pinto, D. + 180 coauthors ... (2010). Functional impact of global rare copy number variation in autism spectrum disorders. *Nature* 466, 368–372 (2010)



Dziedzicność ASD >50%, SFARI Human Gene Module database w 9/2021 zawierała 1028 genów związanych z ASD, występujących w około 10-20% przypadków, każdy < 1%.

Warianty genetyczne ⇔ poziom wykształcenia: 126,559 osób, 180 autorów, korelacja wszystkich genów na poziomie 2% a najwyższa dla wariantu SNP 0.02%.

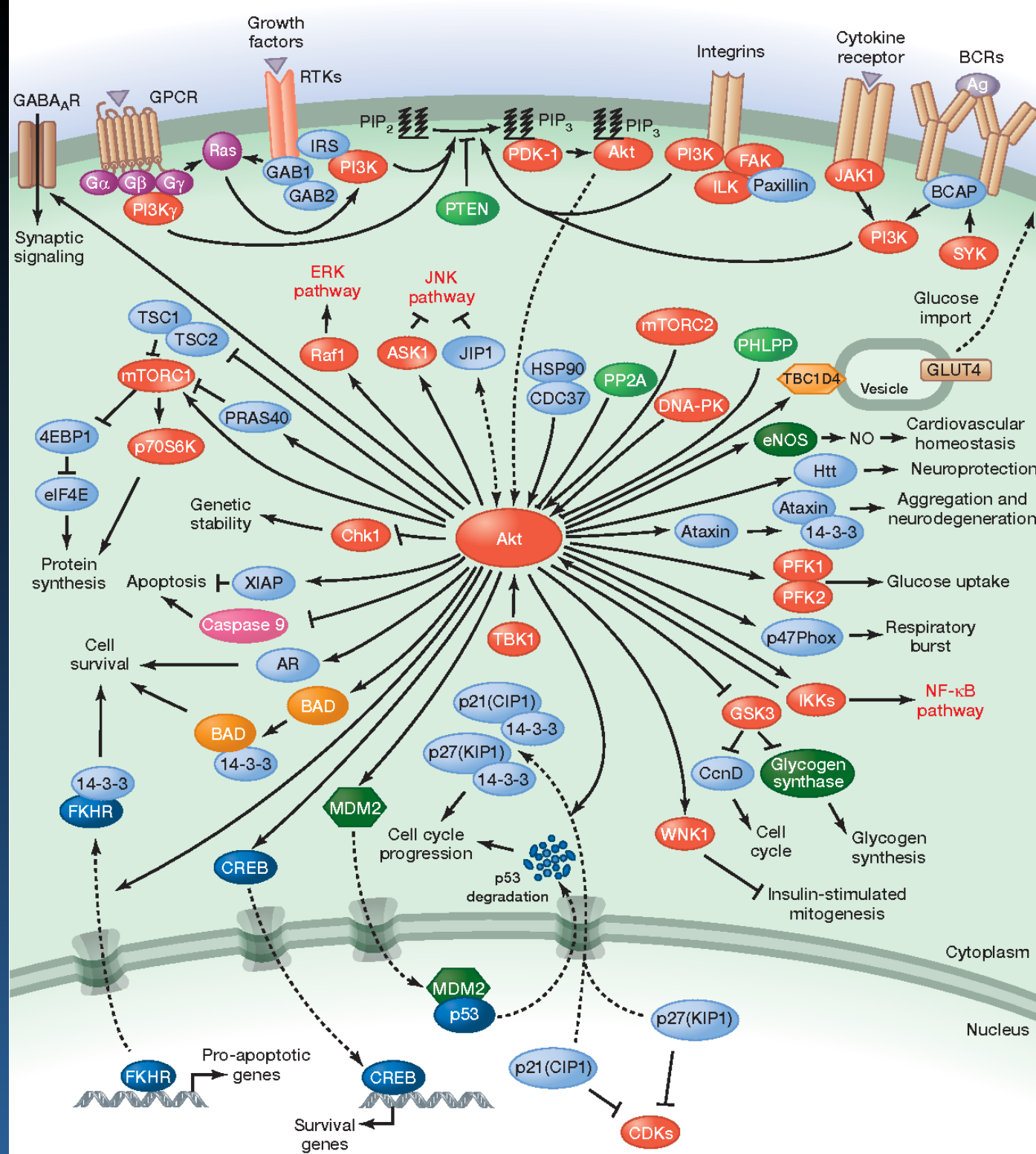
Geny/molekuły

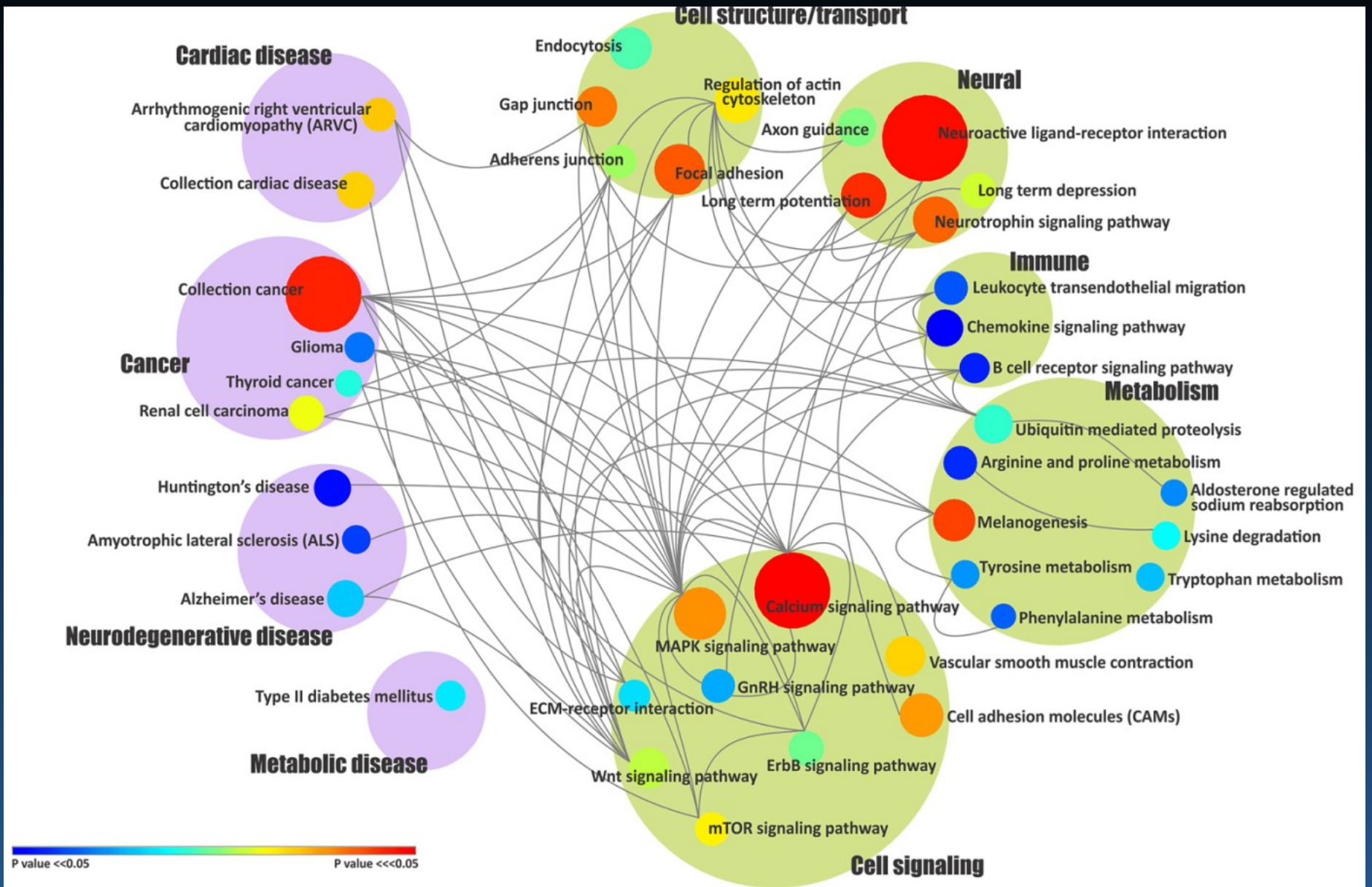
Skala nano/mili:
niewiarygodna złożoność!

Gen Dscam => 38 000
variantów białek!

Całkowita długość naszego
DNA w 50 trylionach
komórek ciała wynosi 100
miliardów kilometrów,
około 666 razy więcej
niż odległość do Słońca!

100 mln jonów/sek w
pojedynczym kanale
jonowym. Neuron ma
10 000 kanałów jonowych,
w każdej sekundzie
przeptywają miliardy jonów.
Nawet proste pętle =>
nieskończona złożoność
(np. Fraktale).





ASD i metabolity

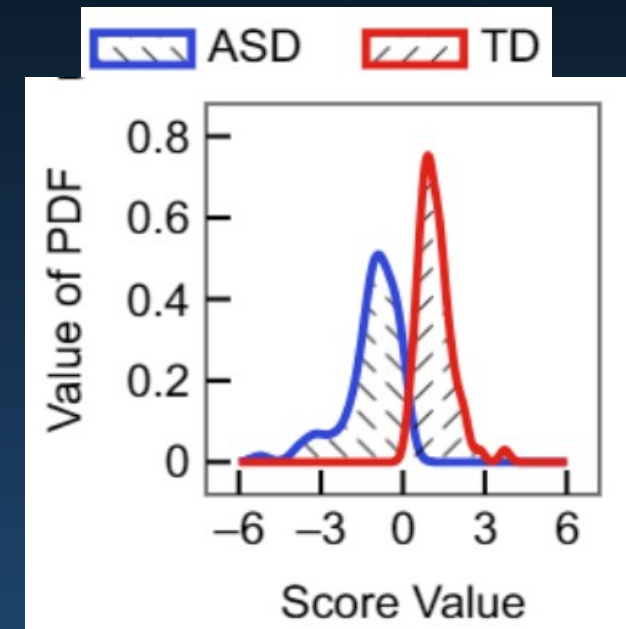
Diagnoza ASD w oparciu o metabolity z krwi: 88% dokładności.

D.P. Howsmon et al. Multivariate techniques enable a biochemical classification of children with ASD versus typically-developing peers: A comparison and validation study. Bioengineering & Translational Medicine 2018.

Metabolity FOCM/TS (folate-dependent one-carbon metabolism/transsulfuration) dla 154 osób (76% to chłopcy) z ASD, średni wiek 8.8 lat (2–17 lat).

Liniowa kombinacja poziomu 5 metabolitów posłużyła za indeks, na rysunku widać znacznie wyższe wartości dla dzieci z ASD.

Jeszcze niewiele badań, mało cytowań, chociaż potencjalnie to ważna metoda diagnostyczna.



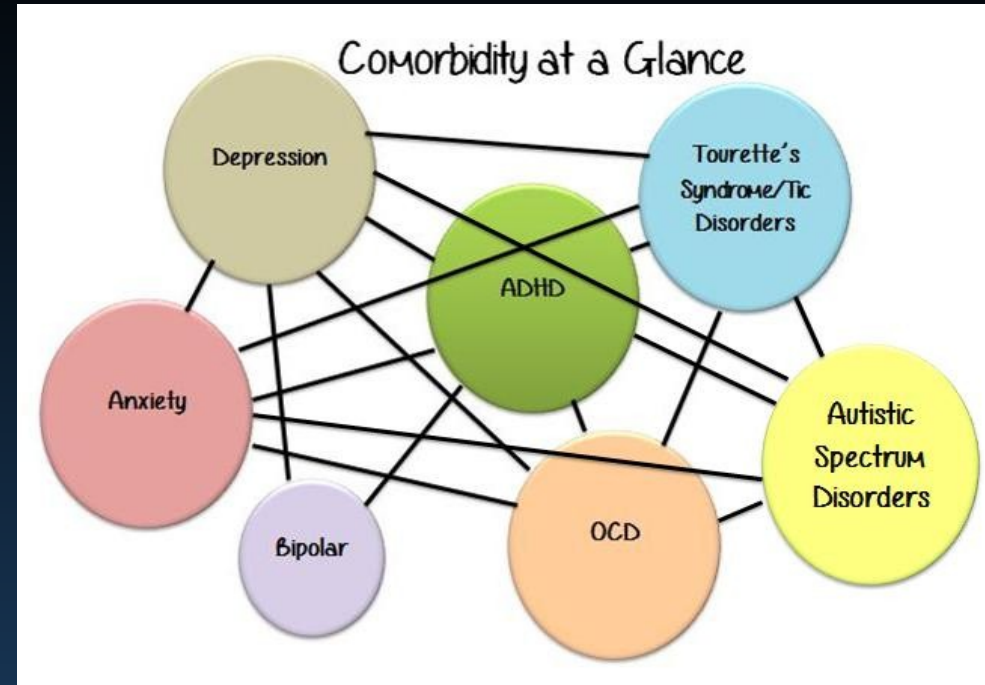
Vargason, T., Roth, E., Grivas, G., Ferina, J., Frye, R. E., & Hahn, J. (2020). Classification of autism spectrum disorder from blood metabolites: Robustness to the presence of co-occurring conditions. Research in Autism Spectrum Disorders, 77, 101644.

Liczne choroby i zaburzenia są ze sobą powiązane.

Najczęstsze zaburzenia współistniejące z ASD:

- Problemy ze słuchem
- Migreny, padaczka
- Problemy psychiczne
- Zaburzenia metaboliczne, kataboliczne.
- Liczne alergie: pokarmowe, skórne, astma.
- ADHD

Jeśli niewłaściwie działają procesy na poziomie komórkowym, to również mamy dysfunkcyjne neurony.



NIMH RDoC Matrix: regulacja 6 systemów

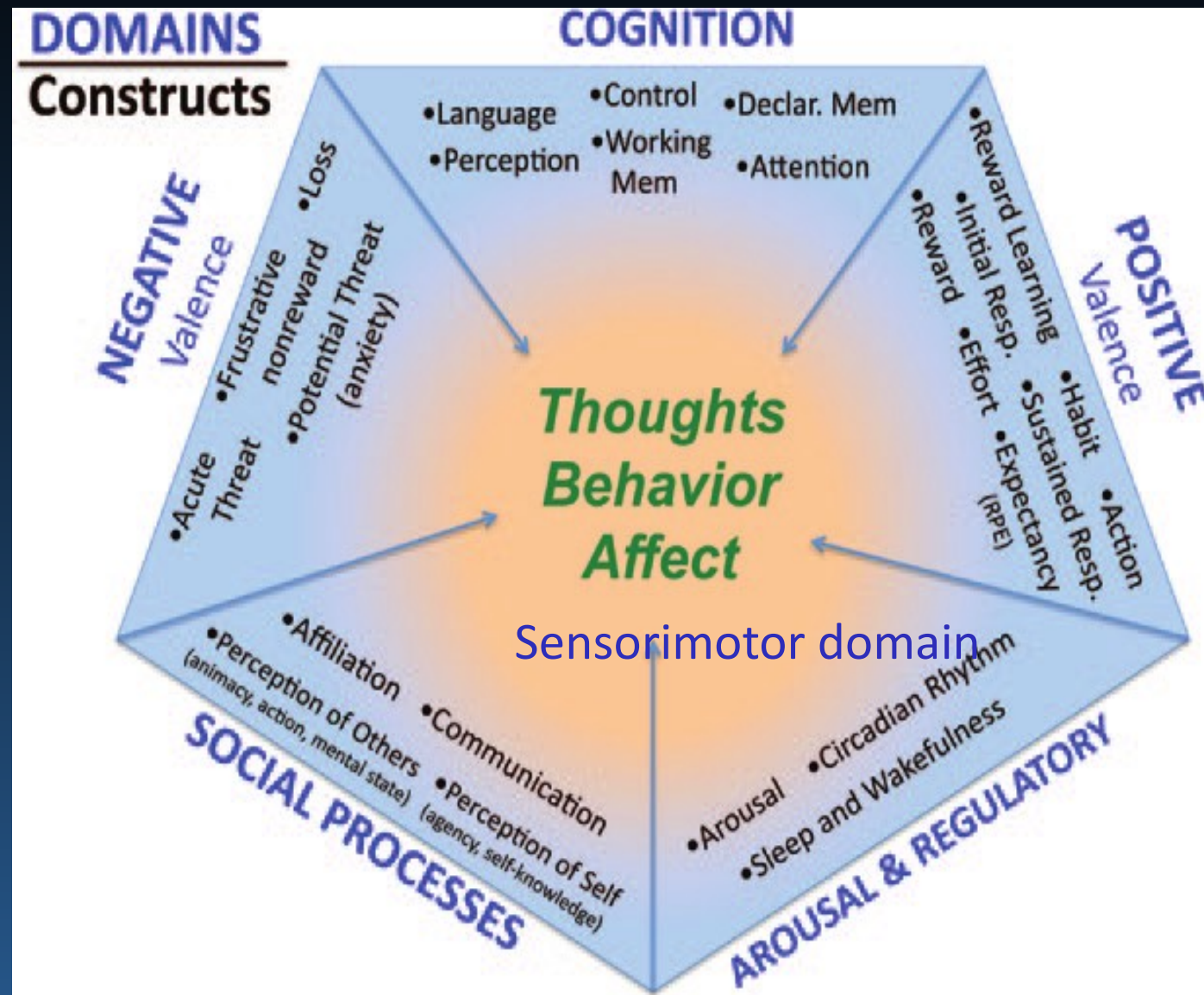


Psychologiczne konstrukty to metafory używane do werbalnego opisu stanów mentalnych.

6 domen - różne typy procesów, które realizowane są przez rozległe sieci mózgu.

Dokładniejszy opis mechanizmów niż tylko oparty na symptomach, ale nadal na poziomie werbalnym.

Jak działają te systemy?



Konstrukty psychologiczne

Konstrukty psychologiczne, takie jak pamięć czy uwaga, próbują pogrupować ciągłe procesy zachodzące w mózgu według wspólnych schematów, dodając bardziej szczegółowe konstrukty.

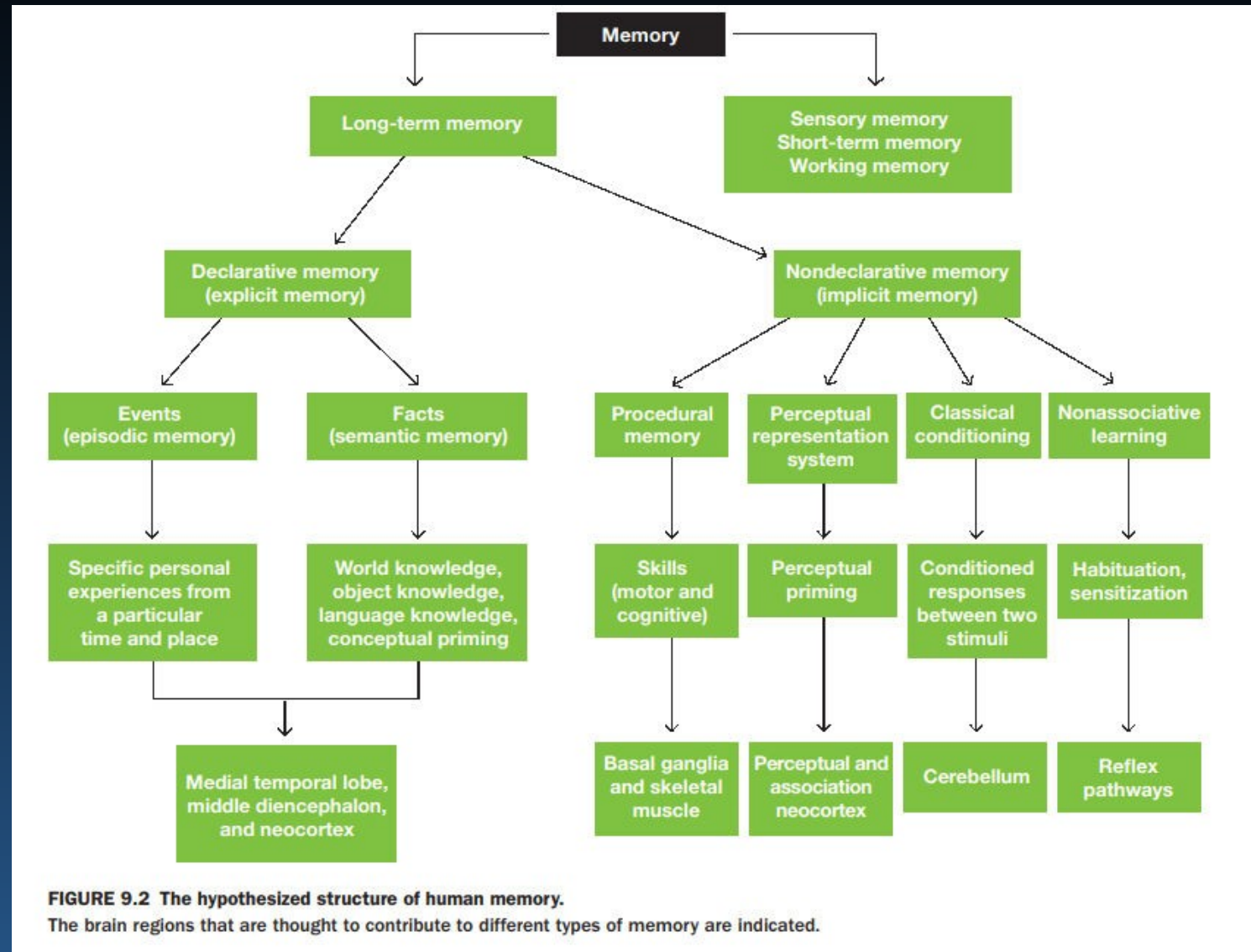
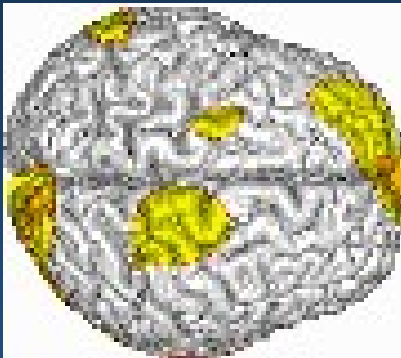


Fig. Cognitive Neuroscience. The Biology of the Mind 5th ed, M Gazzaniga, 2019
Duch W. (2018), Kurt Lewin, psychological constructs and sources of brain cognitive activity.

Macierz RDoC dla „domeny kognitywnej”

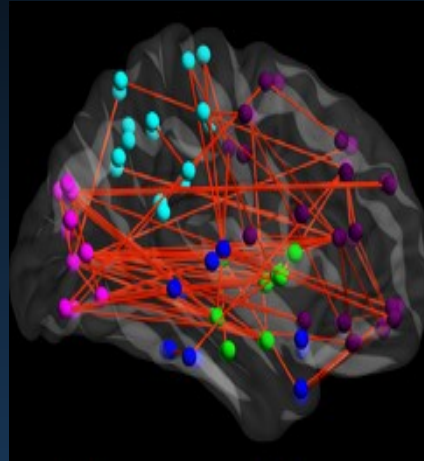
Construct/Subconstruct		Genes	Molecules	Cells	Circuits	Physiology	Behavior	Self-Report	Paradigms
Perception	Attention	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements		Elements
	Visual Perception	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements
	Auditory Perception	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements
	Olfactory/Somatosensory/Multimodal/Perception								Elements
Declarative Memory		Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements
Language		Elements			Elements	Elements	Elements	Elements	Elements
Cognitive Control	Goal Selection; Updating, Representation, and Maintenance ⇒ Focus 1 of 2 ⇒ Goal Selection				Elements			Elements	Elements
	Goal Selection; Updating, Representation, and Maintenance ⇒ Focus 2 of 2 ⇒ Updating, Representation, and Maintenance	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements
	Response Selection; Inhibition/Suppression ⇒ Focus 1 of 2 ⇒ Response Selection	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements
	Response Selection; Inhibition/Suppression ⇒ Focus 2 of 2 ⇒ Inhibition/Suppression	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements
	Performance Monitoring	Elements	Elements		Elements	Elements	Elements	Elements	Elements
Working Memory	Active Maintenance	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements			Elements
	Flexible Updating	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements			Elements
	Limited Capacity	Elements	Elements		Elements	Elements			Elements
	Interference Control	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements			Elements

Konektom z MRI/fMRI

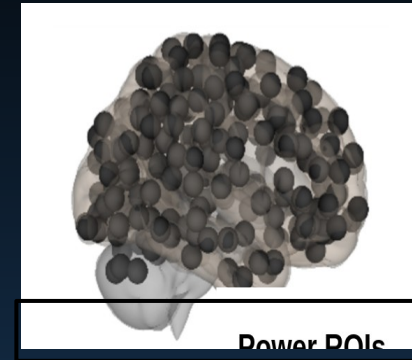
Structural connectivity



Functional connectivity

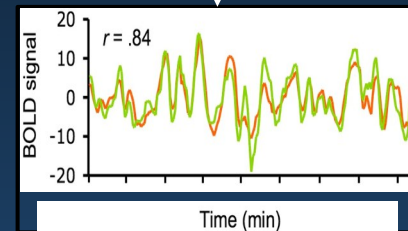


Node definition (parcelation)



Power ROIs

Signal extraction

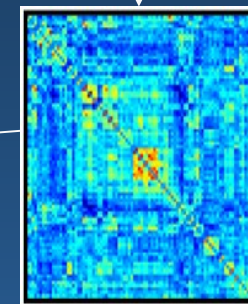


Correlation calculation

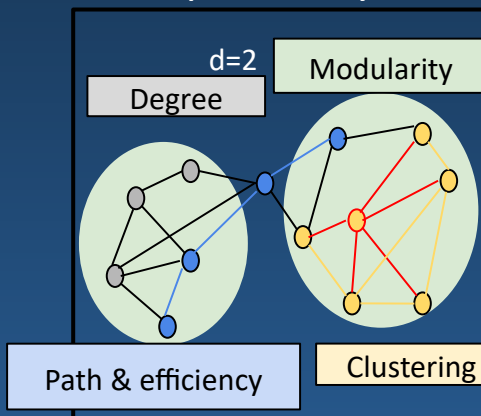
Binary matrix



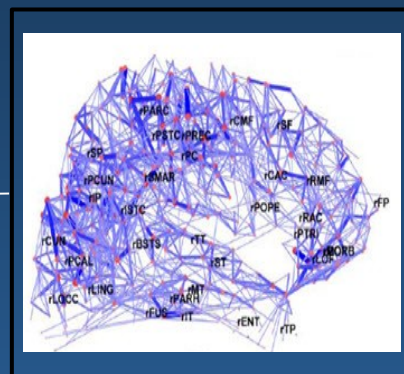
Correlation matrix



Graph theory



Whole-brain graph



Many toolboxes available for such analysis.

Bullmore & Sporns (2009)

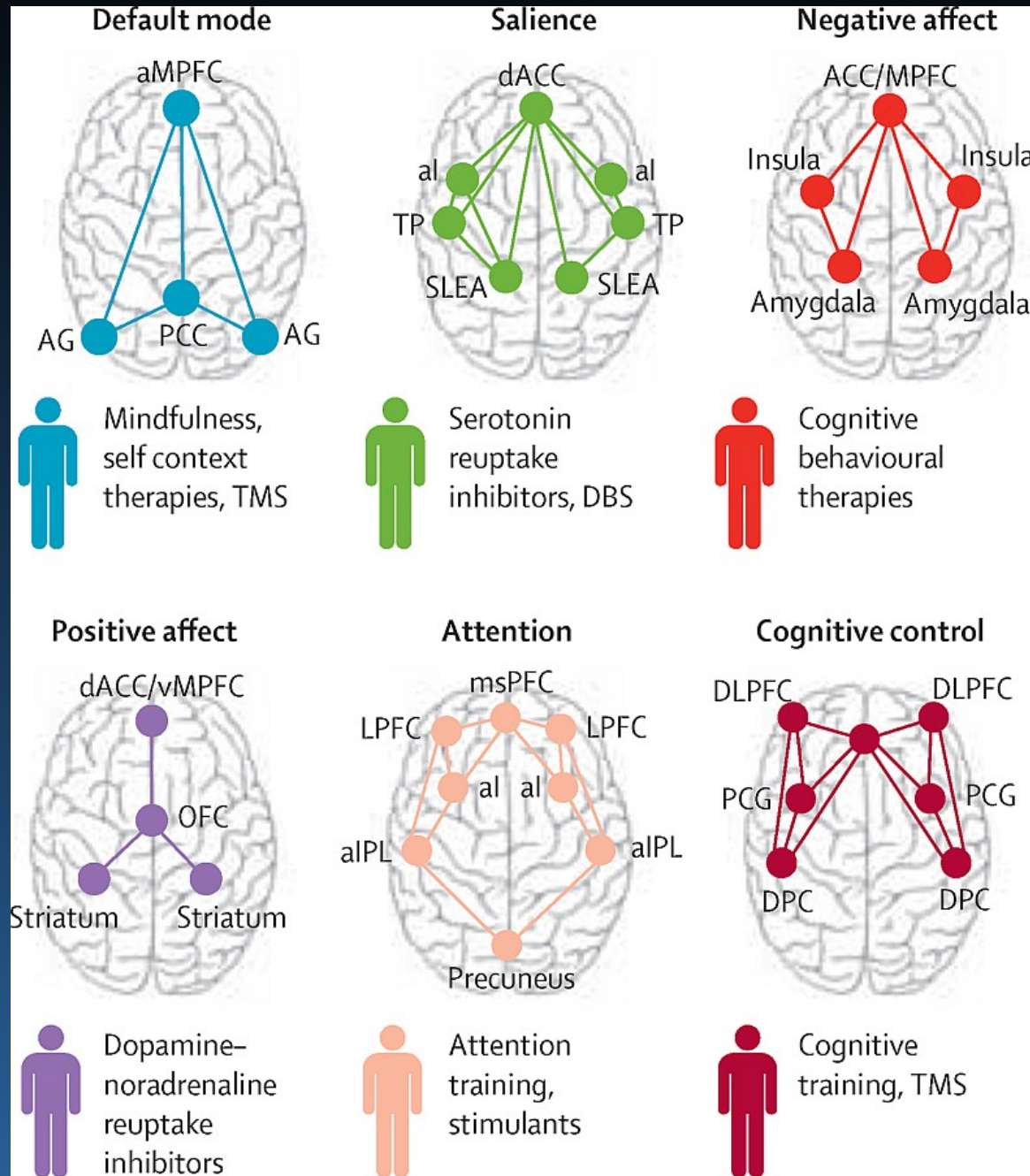
Fenomika - makropoziom

Na jakim poziomie najlepiej opisać deregulację 6 systemów RdoC?

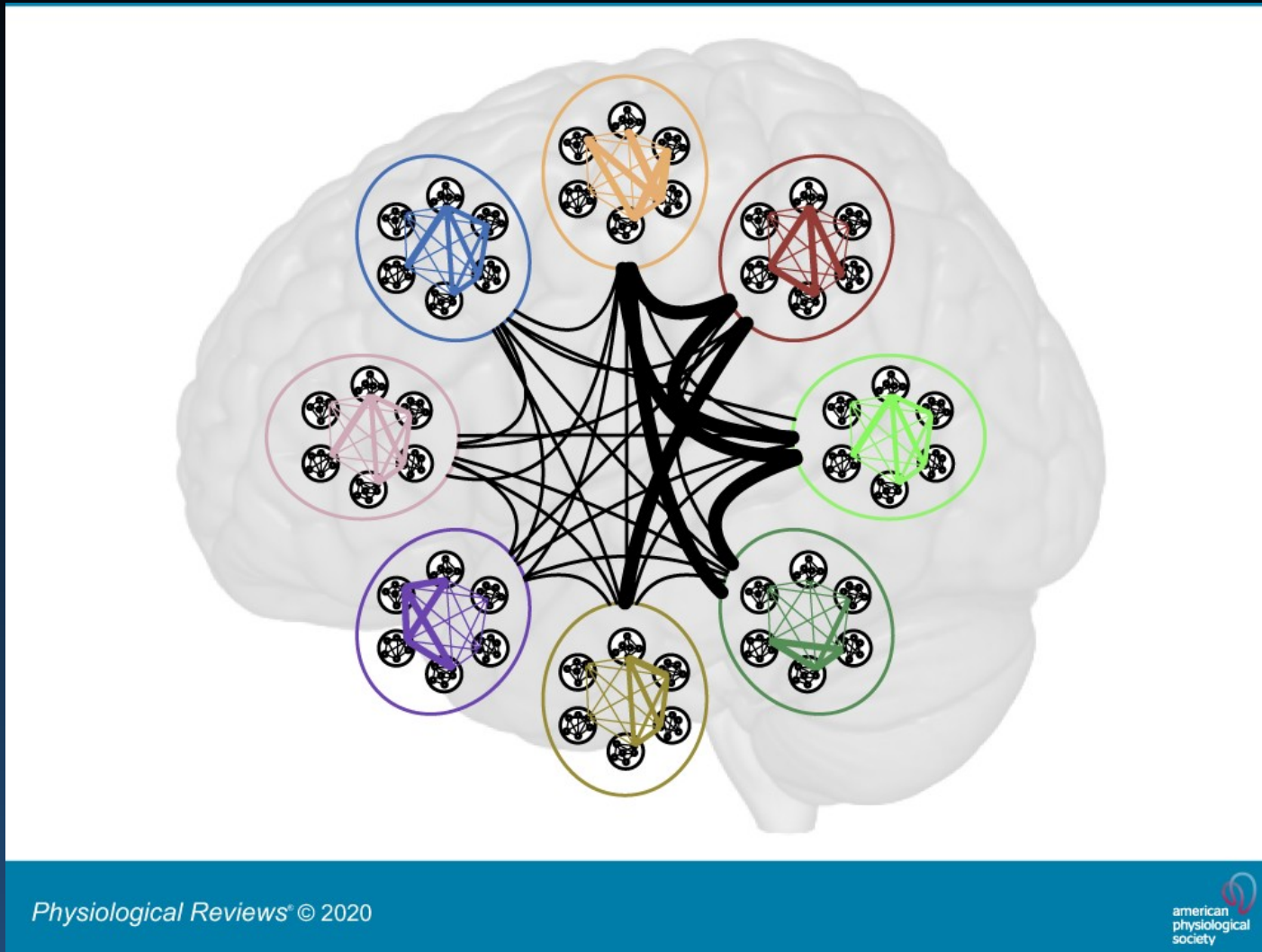
1. **Negatywnej walencji**
2. **Pozytywnej walencji**
3. **Funkcji poznawczych**
4. **Procesów społecznych**
5. **Pobudzenia/regulacji**
6. **Działań senso-motorycznych**

Potrzebujemy wszystkich, ale na poziomie makroskopowym możemy zidentyfikować rozległe sieci, przepływ informacji między obszarami mózgu.

Ile jest rozległych sieci?
7, 17 czy może 128?



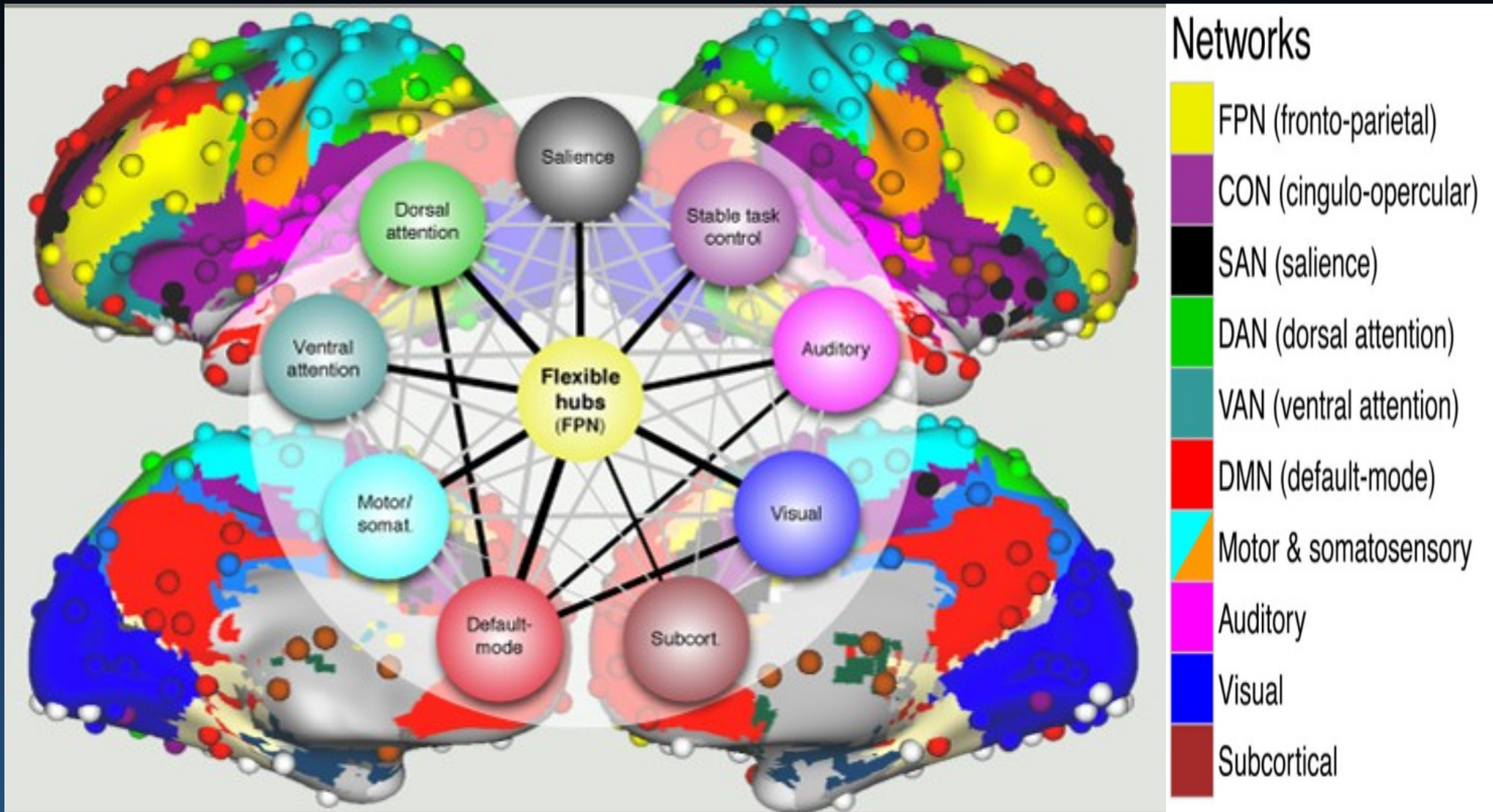
~ Architektura małych światów



Złożone funkcje wymagają współpracy wielu wyspecjalizowanych obszarów mózgu, z których każdy dostarcza częściowych informacji. Pamięć, osobowość, tożsamość czy świadomość to procesy składające się z wielu elementów, podobnie jak modele wieloagentowe w “społeczeństwie umysłu” Minsky’ego.

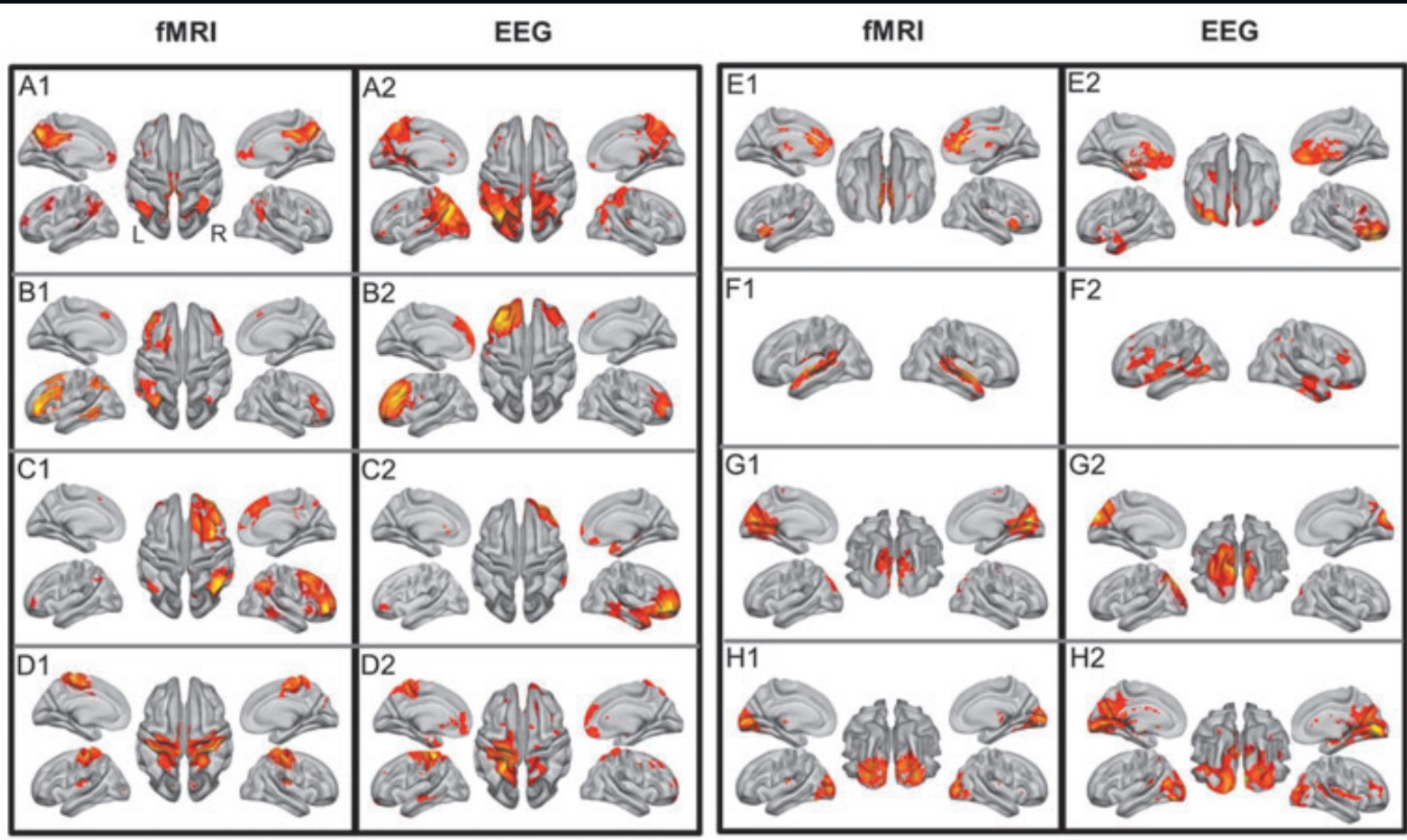
Konstrukty psychologiczne nie oddają specyfiki procesów neurodynamicznych.

Centrum zarządzające

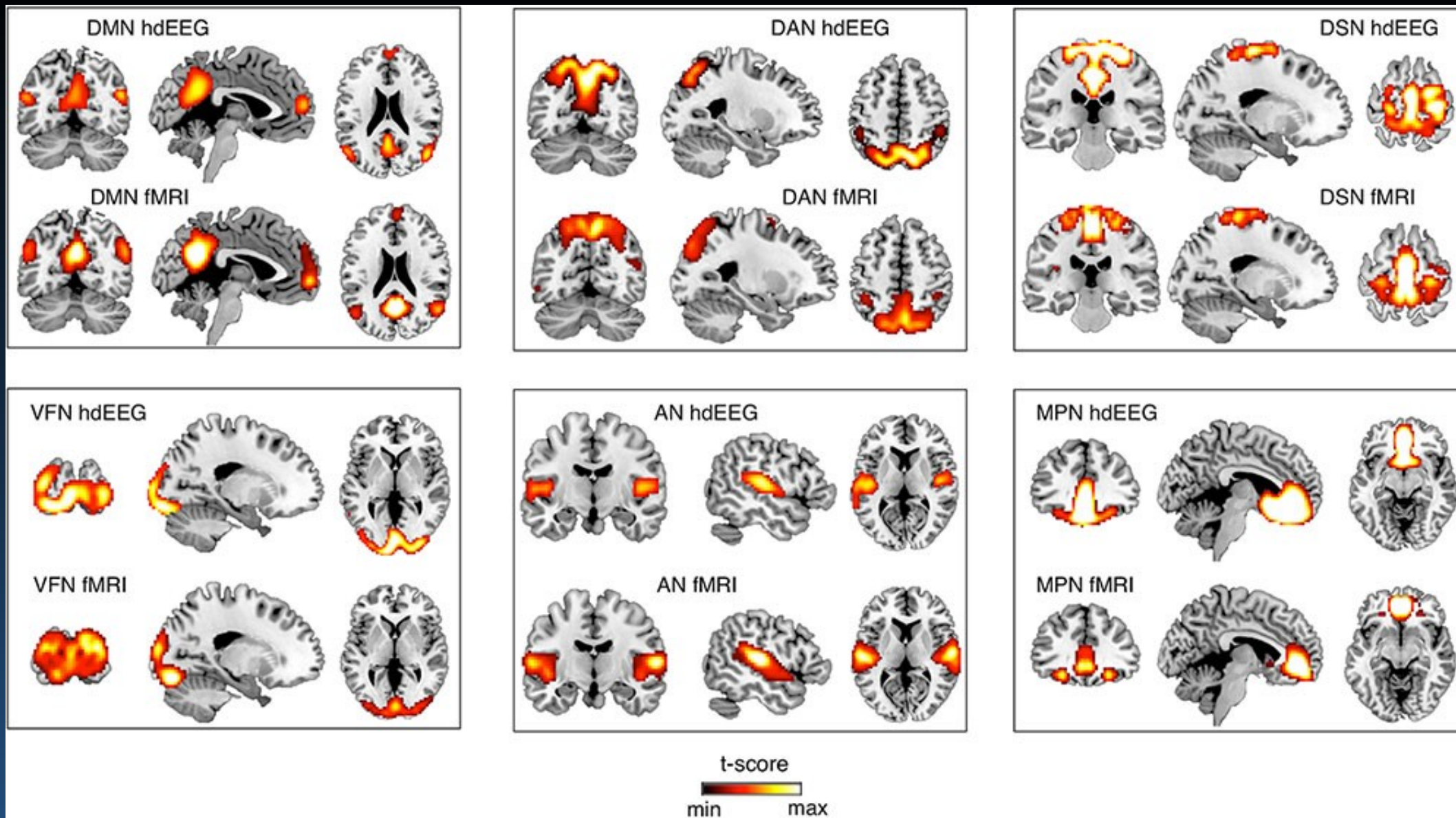


Centralna rola sieci czołowo-ciemiennych (FPN) pozwala na kontrolę przepływu informacji pomiędzy sieciami odpowiedzialnymi za różne funkcje. Czarne linie pokazują silne korelacje, większość przechodzi przez FPN. (Cole et al. 2013).

8 rozległych sieci z BOLD-EEG

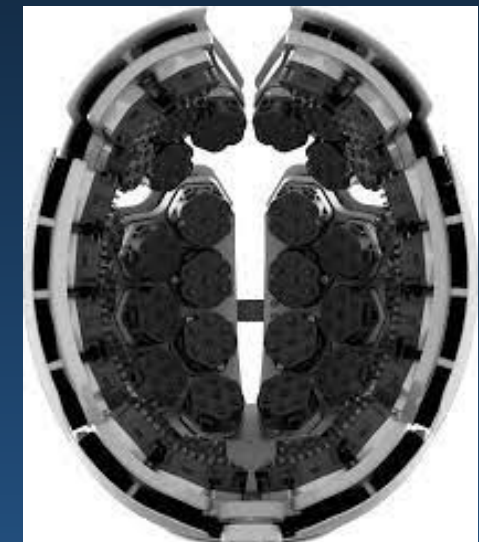
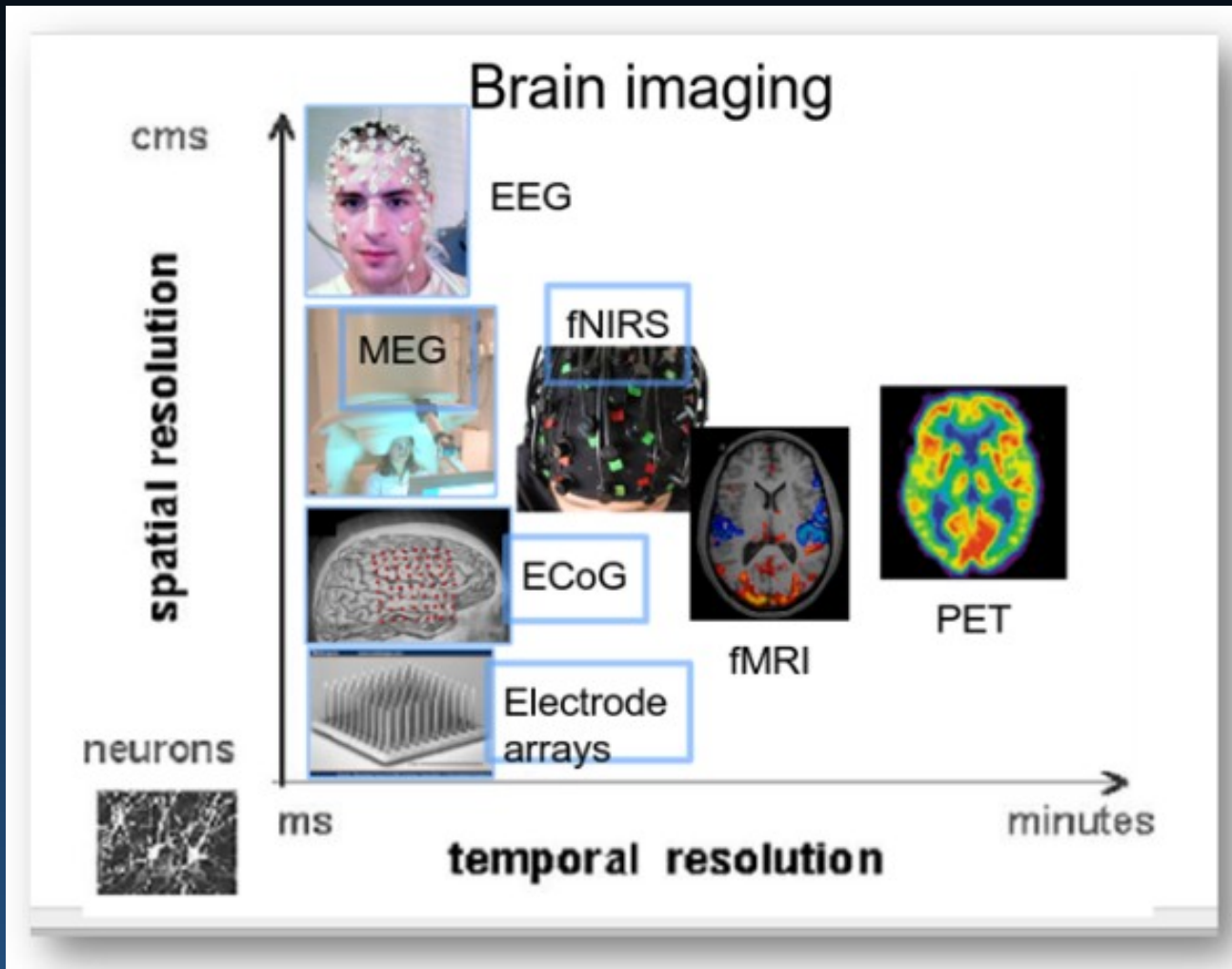


DMN, FP (frontoparietal)-left, right, sensorimotor, ex, control, auditory, visual (medial), (H) visual (lateral). Yuan ... Bodurka (2015)

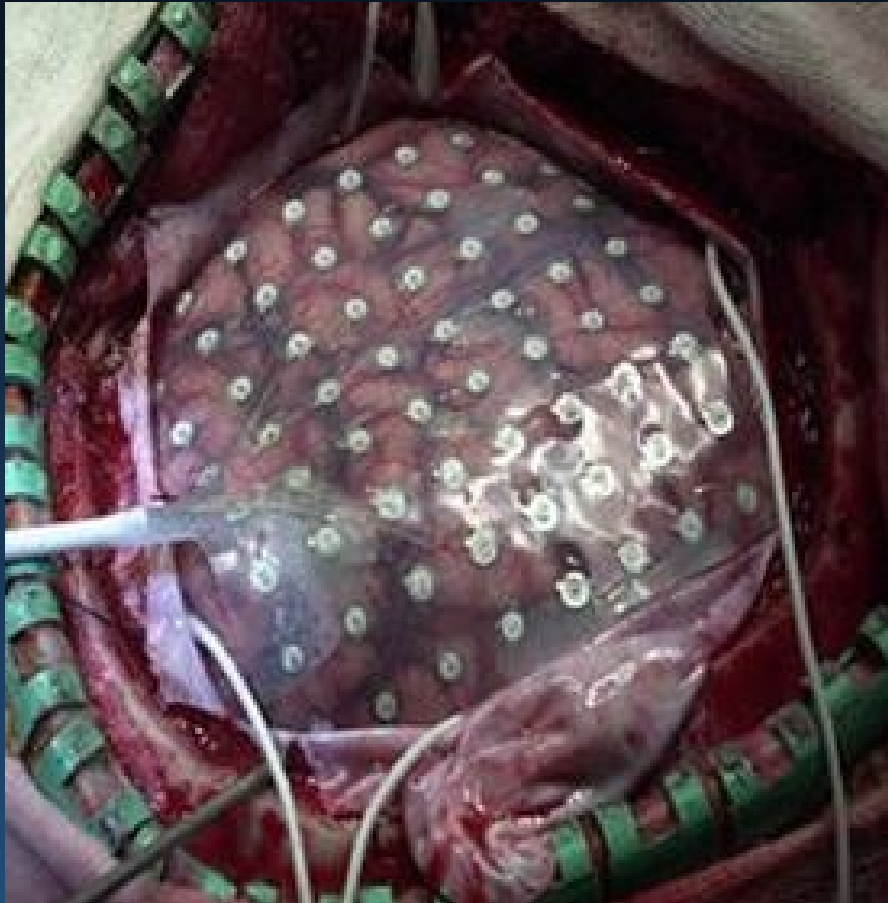
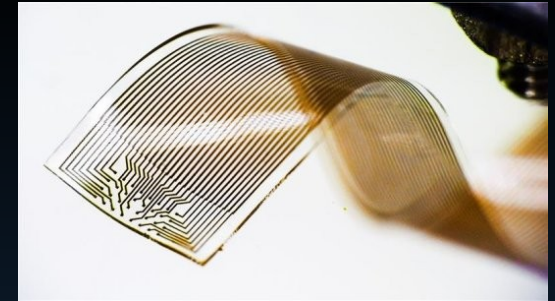


sICA on 10-min fMRI data ($N = 24$, threshold: $p < 0.01$, TFCE corrected). DMN, default mode network; DAN, dorsal attention network; DSN, dorsal somatomotor network; VFN, visual foveal network; AN, auditory network; MPN, medial prefrontal network.

Źródła sygnałów

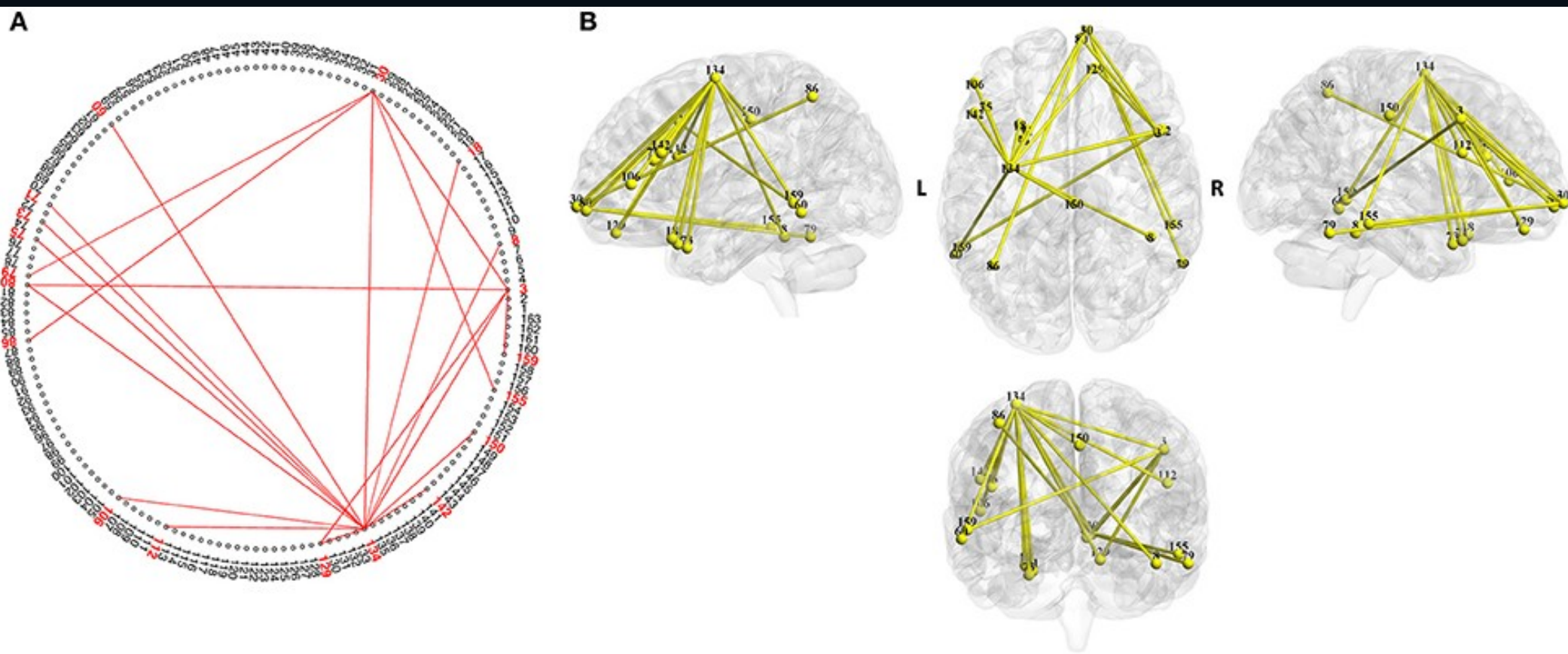


Interfejsy częściowo inwazyjne



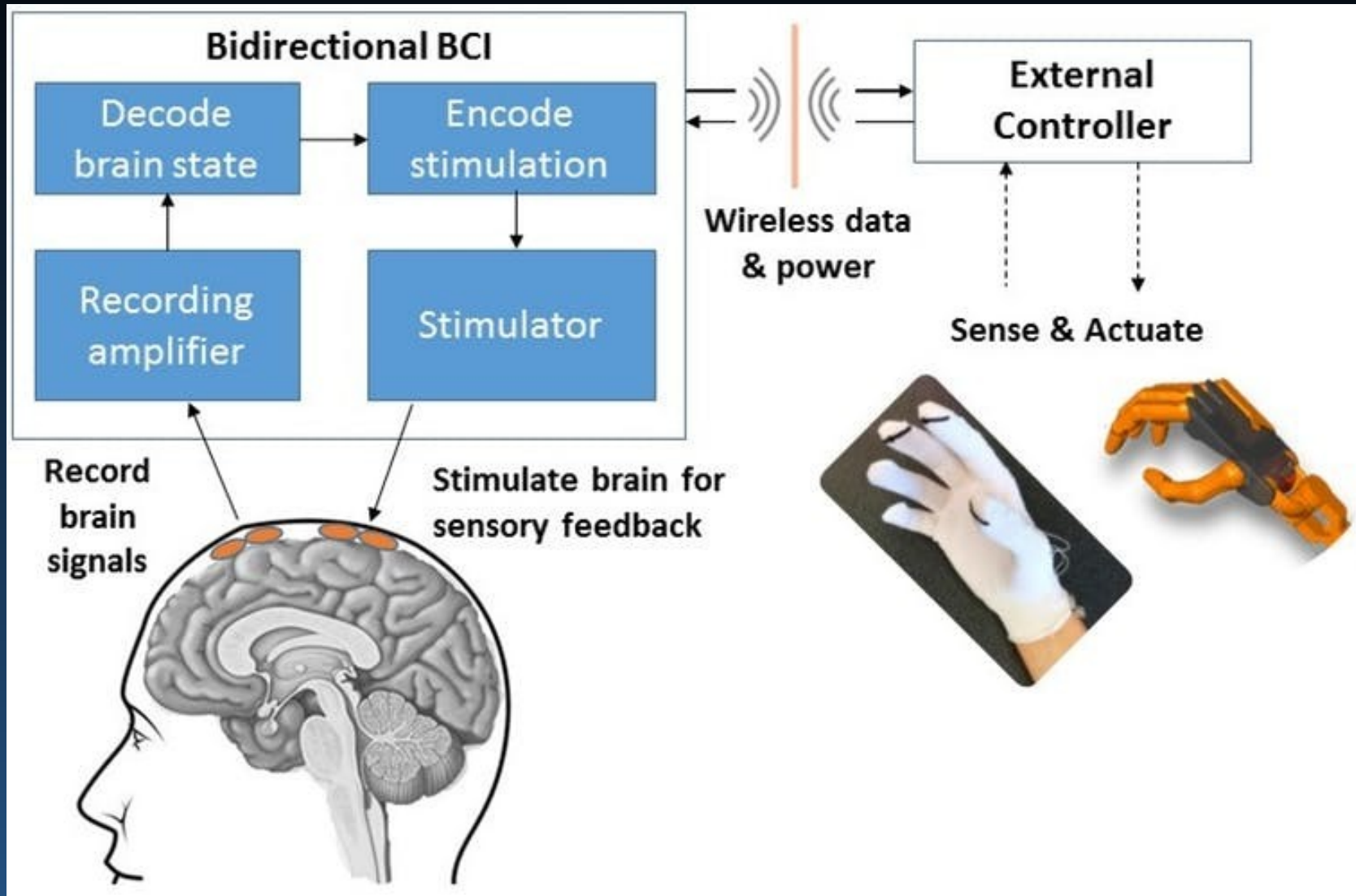
Padaczka, zaburzenia obsesyjno-kompulsywne, fobie ... jeśli wiesz, jak przepuścić przez mózg prąd elektryczny, możesz świadomie kontrolować swoje stany psychiczne. Komercyjny system RSN dla padaczki.

Iloraz inteligencji werbalnej



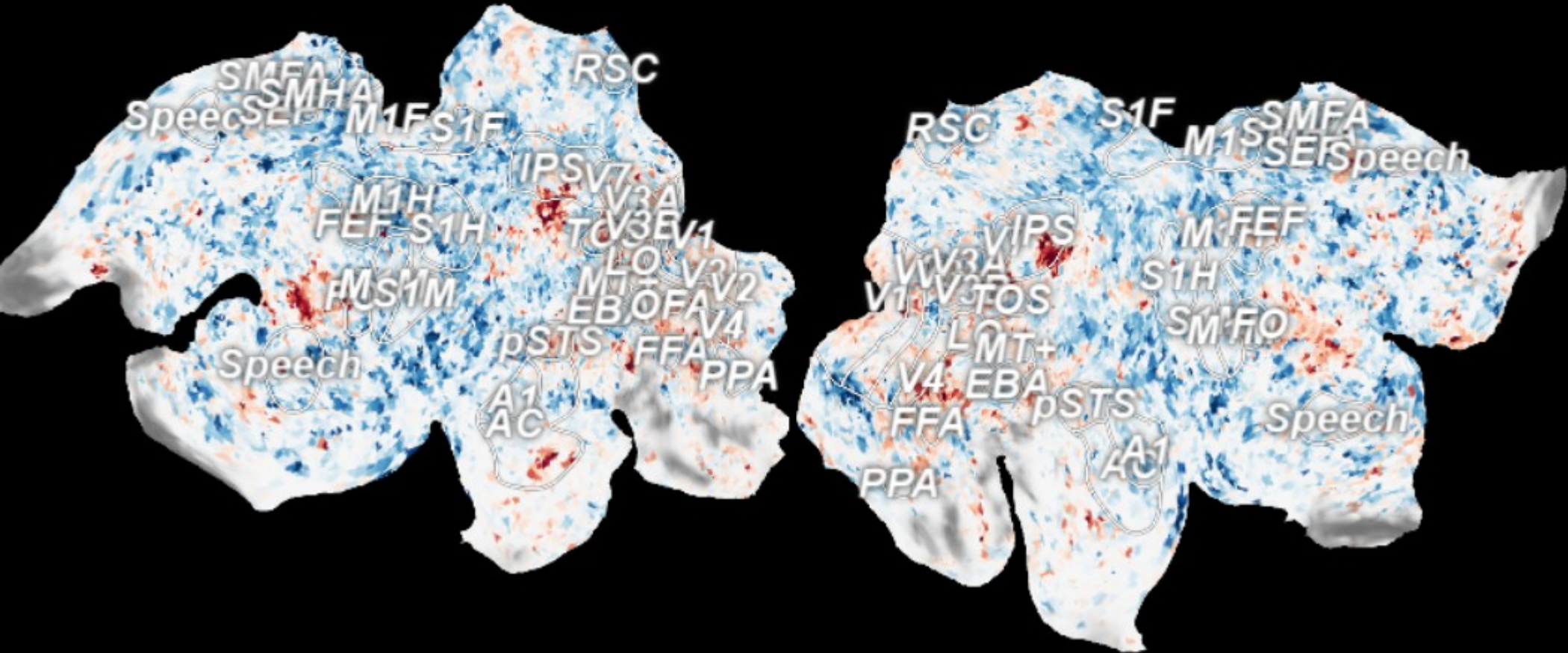
Mózgowa mapa sieci funkcjonalnej dla parametru psychometrycznego "słowny iloraz inteligencji (VIQ)". Szerokość linii wskazuje na siłę korelacji. Przybliża to niektóre mechanizmy stojące za złożonymi funkcjami poznawczymi. Sung et al. (2018). A Set of Functional Brain Networks for the Comprehensive Evaluation of Human Characteristics. *Frontiers in Neuroscience*, 12.

Brain-Computer-Brain Interfaces



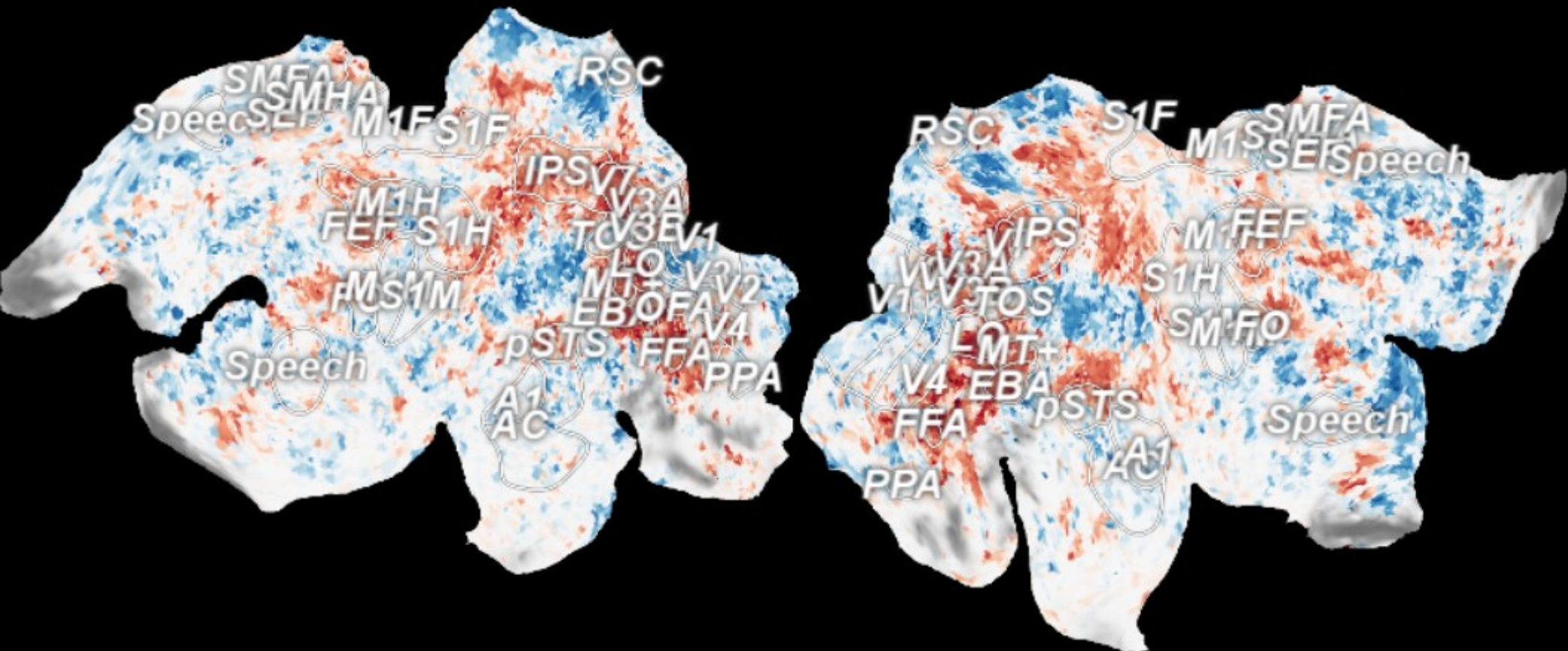
Closed loop system, czyli systemy zamkniętej pętli, mogą wzmocnić lub osłabić komunikację pomiędzy wybranymi regionami mózgu, wpływając na stany lękowe, bóle psychosomatyczne, stany poznawcze.

Category traffic light: Passive Viewing

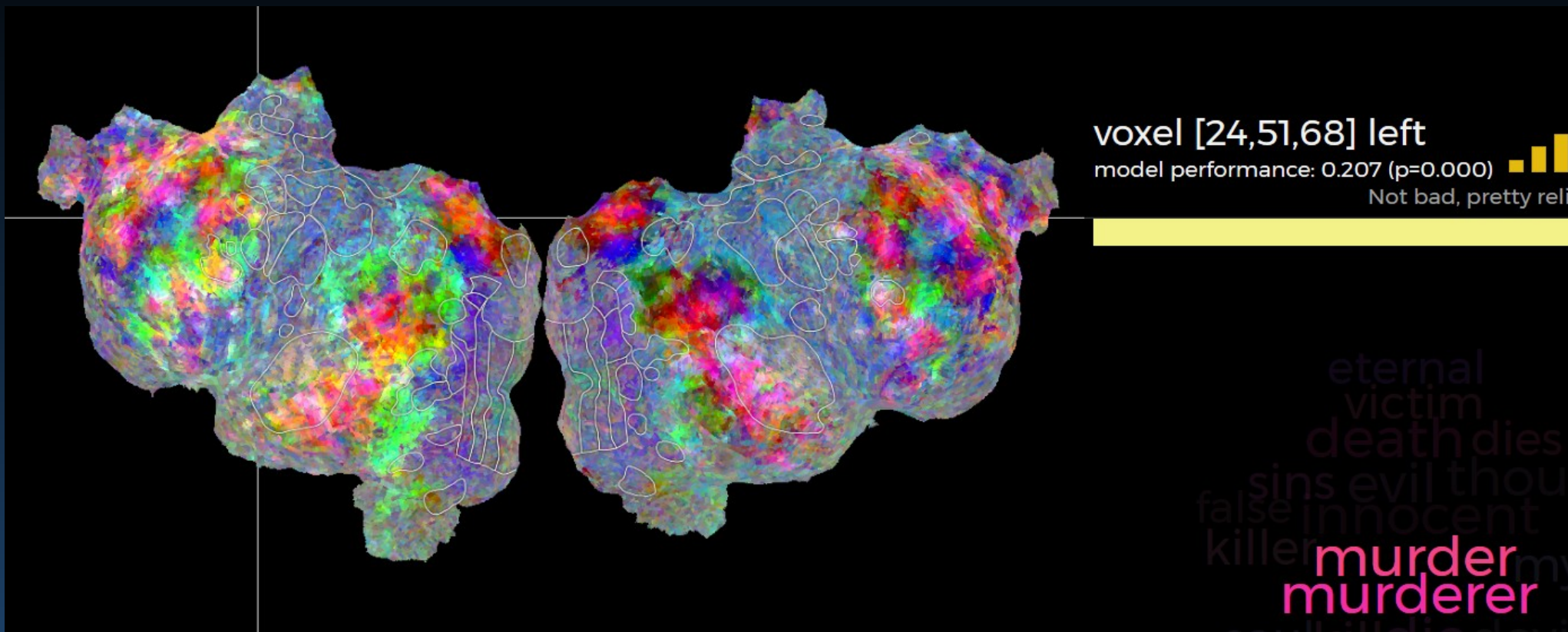




Category zebra: Passive Viewing



Jak wyglądają pojęcia w mózgu?

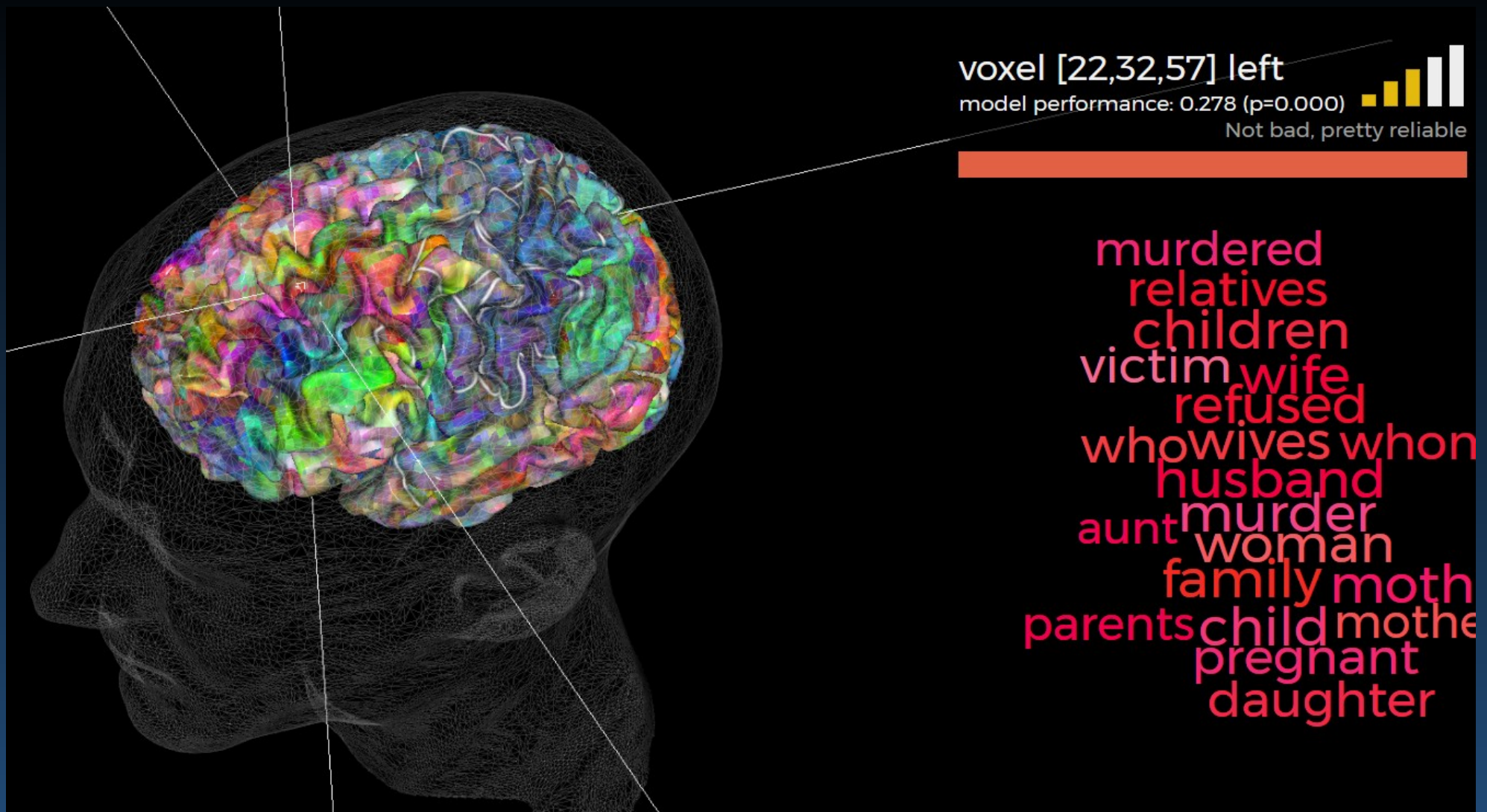


Z każdym pojęciem związany jest rozkład aktywacji wielu struktur mózgu uczestniczących w semantycznej interpretacji pojęć, odwołujący się do percepcji (kora zmysłowa), emocji, ruchu, form działania.

<http://gallantlab.org/huth2016/>

[krótki film](#)

Zrozumienie wymaga szybkiej synchronizacji odległych obszarów, mikrostanu.
Próby zdefiniowania semantyki pojęć

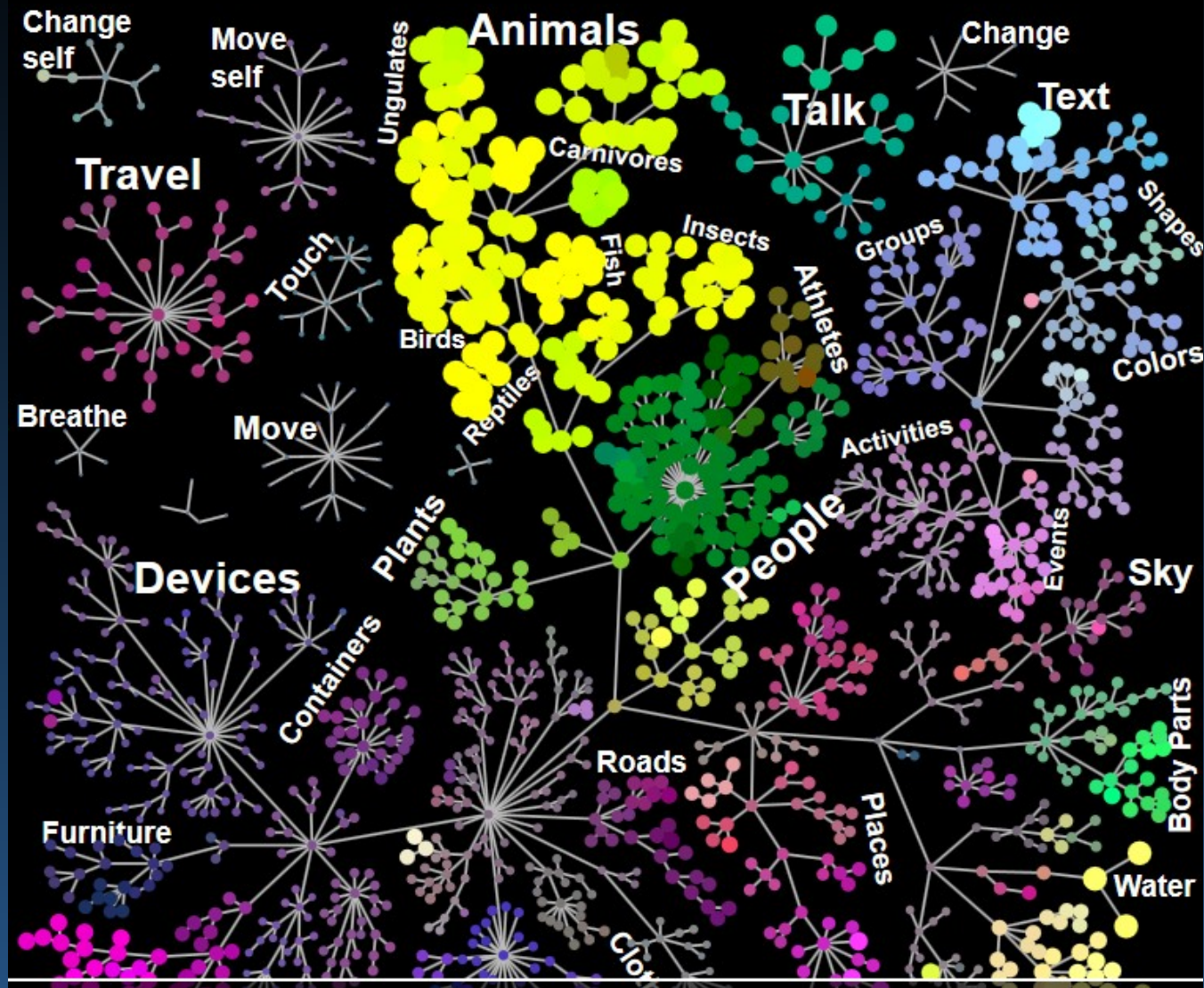


Each voxel responds usually to many related words, whole categories.

<http://gallantlab.org/huth2016/>

Huth et al. (2016). Decoding the Semantic Content of Natural Movies from Human Brain Activity. *Frontiers in Systems Neuroscience* 10, pp. 81

Semantic Space



Atlas semantyczny powstał w lab. Jacka Gallanta na podstawie uśrednionej aktywności mózgow w skanerze fMRI (60K wokseli) w czasie oglądania wideo. Wyodrębniono ponad 1700 pojęć. <http://gallantlab.org/>

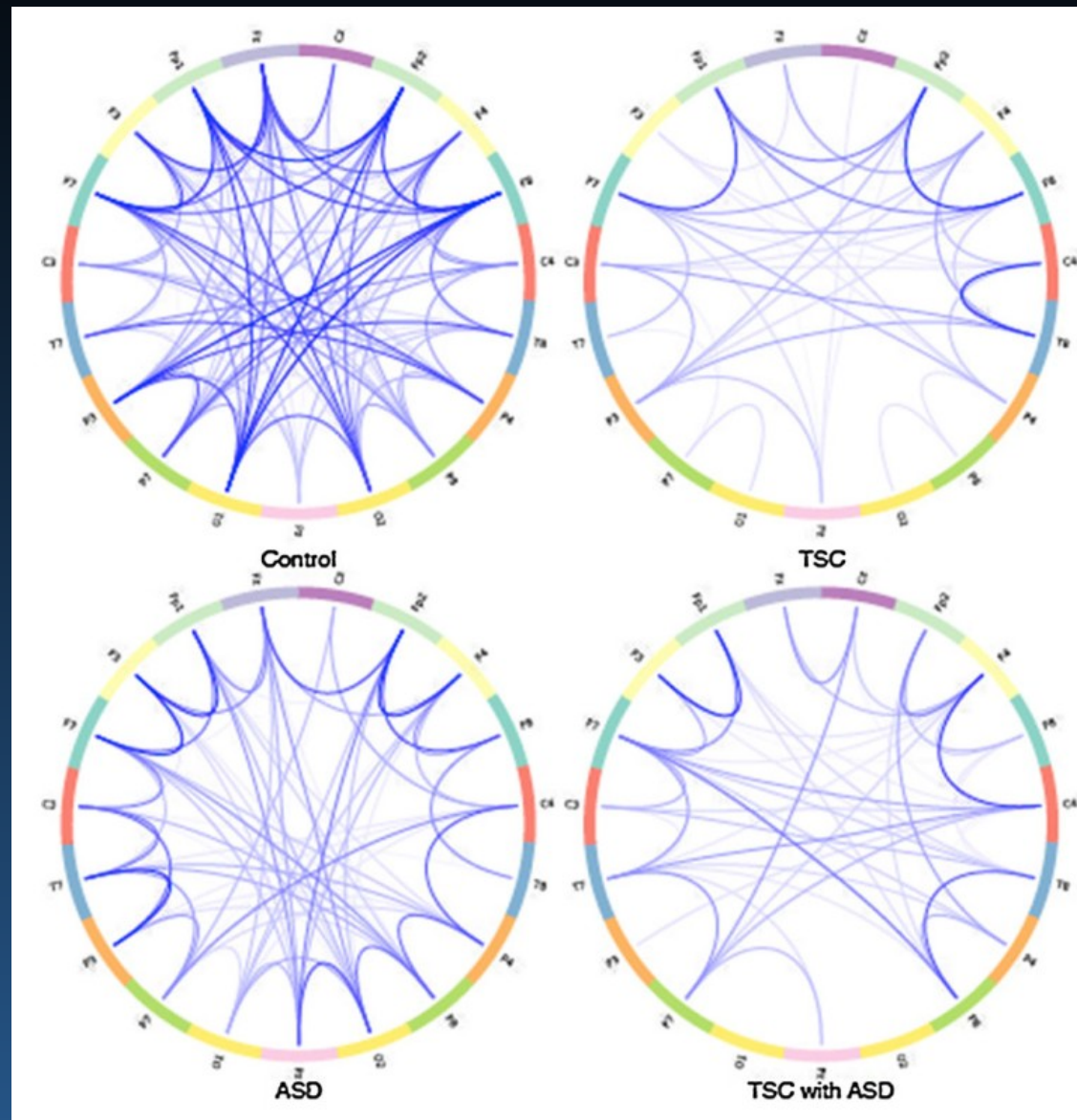
ASD: patologie połączeń

Porównanie połączeń wybranych obszarów mózgu u pacjenta z ASD, TSC (stwardnienie guzowate, rzadka choroba genetyczna), i ASD+TSC.

Widać słabe lub całkiem brakujące połączenia pomiędzy odległymi od siebie obszarami.

Takie połączenia konieczne są do realizacji złożonych funkcji.

J.F. Glazebrook, R. Wallace, Pathologies in functional connectivity, feedback control and robustness. Cogn Process (2015) 16:1–16

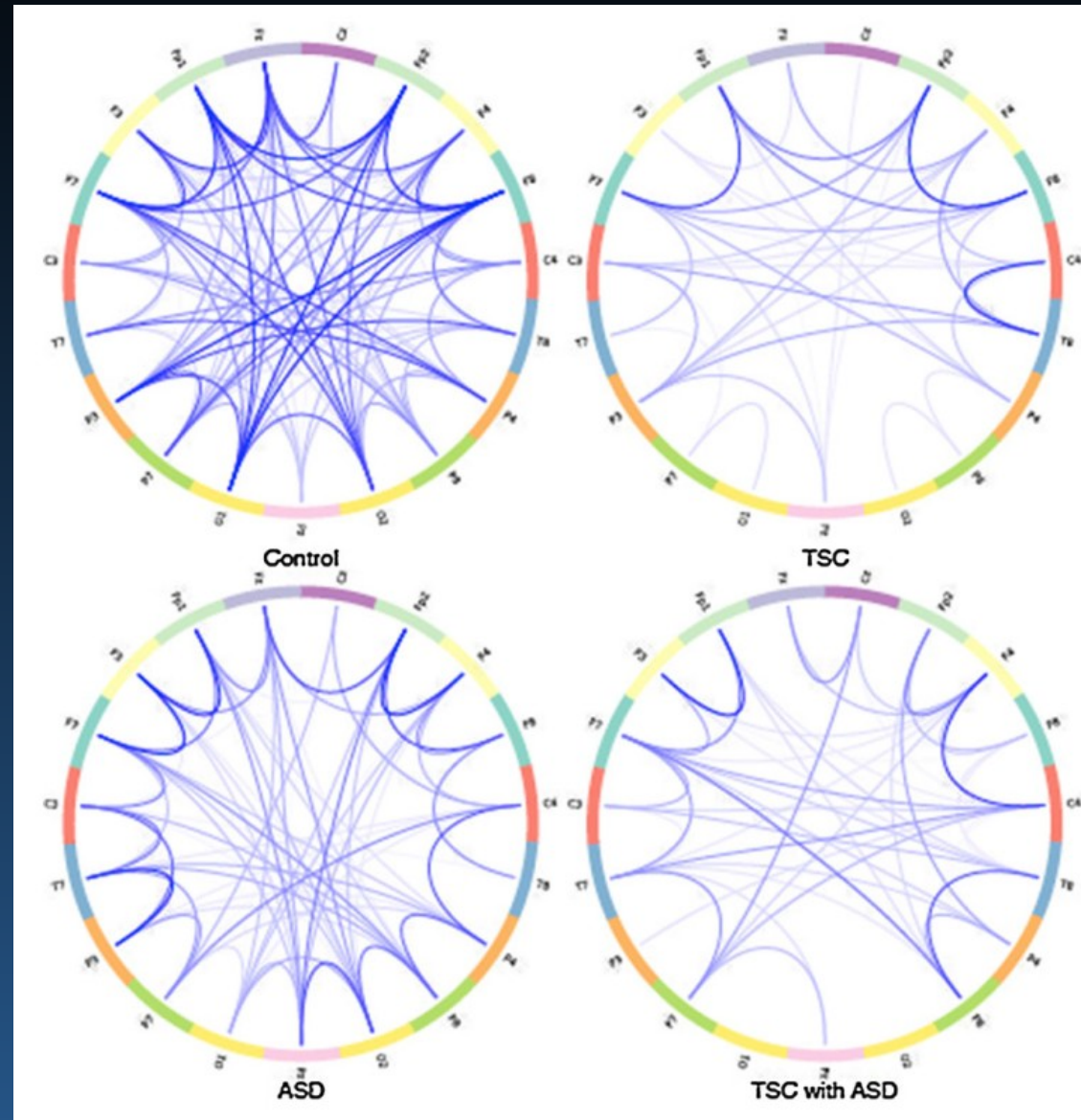


ASD: patologie połączeń

Porównanie połączeń wybranych obszarów mózgu u pacjenta z ASD, TSC (stwardnienie guzowate, rzadka choroba genetyczna), i ASD+TSC.

Widać słabe lub całkiem brakujące połączenia pomiędzy odległymi od siebie obszarami.

Takie połączenia konieczne są do realizacji złożonych funkcji.



J.F. Glazebrook, R. Wallace, Pathologies in functional connectivity, feedback control and robustness. Cogn Process (2015) 16:1–16

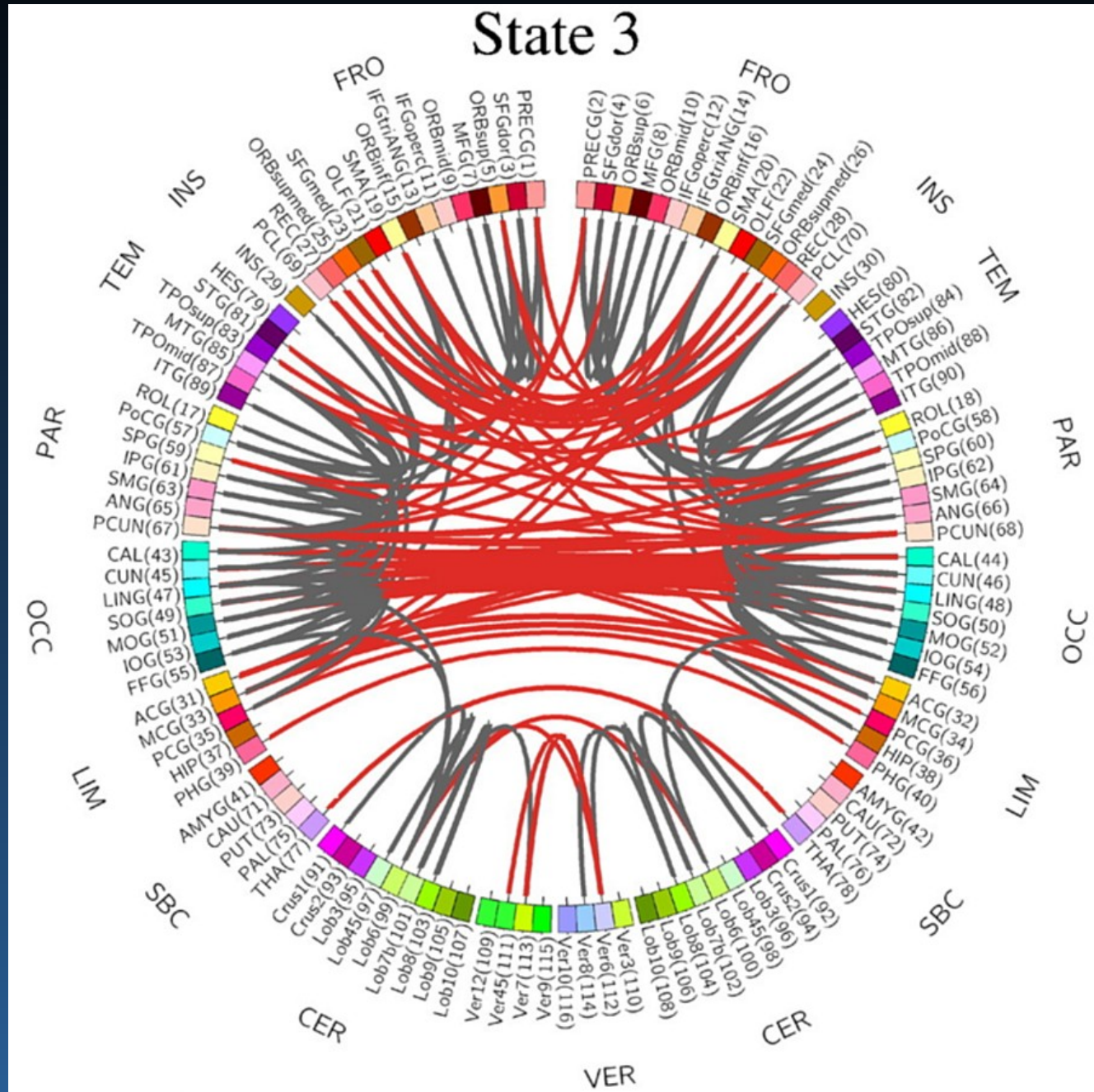
Połączenia funkcjonalne u zdrowych

Analiza stanów mózgu za pomocą metod uczenia maszynowego, u ludzi zdrowych wyróżniono 5 stanów, połączenia pozytywnie i negatywnie skorelowane.

Modele Deep Auto-Encoder (DAE) + HMM.

Siła połączeń $|W| > 0.65$.

Suk et al. Neuroimage (2016)



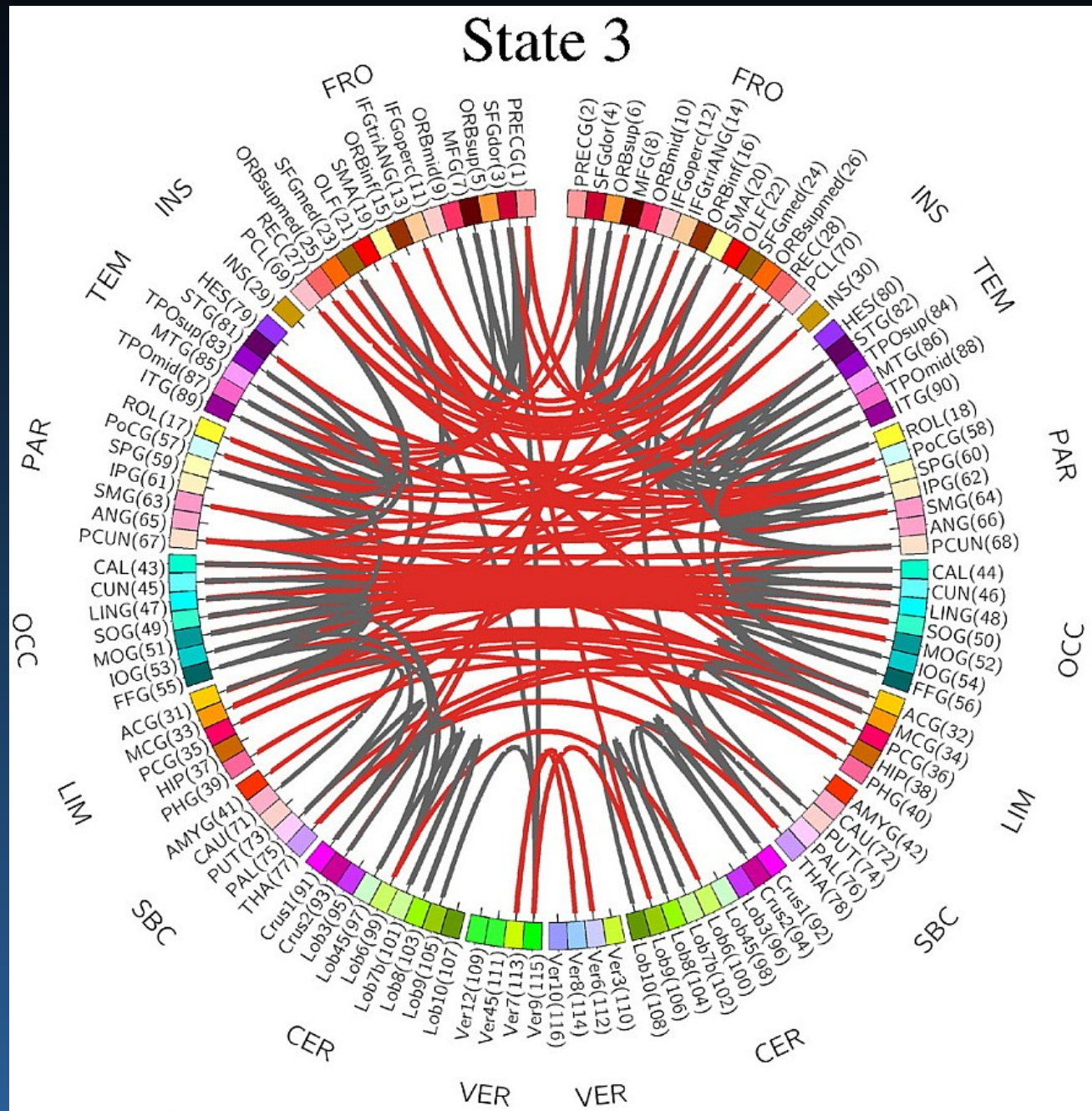
Połączenia u osób z MCI

Analiza stanów mózgu za pomocą metod uczenia maszynowego, pacjenci z łagodnym otępieniem, wyróżniono 5 stanów, połączenia pozytywnie i negatywnie skorelowane.

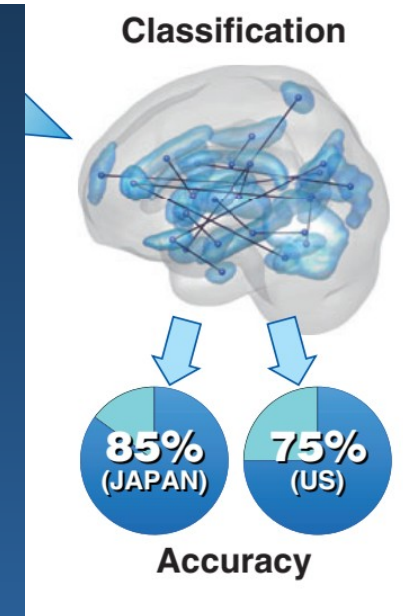
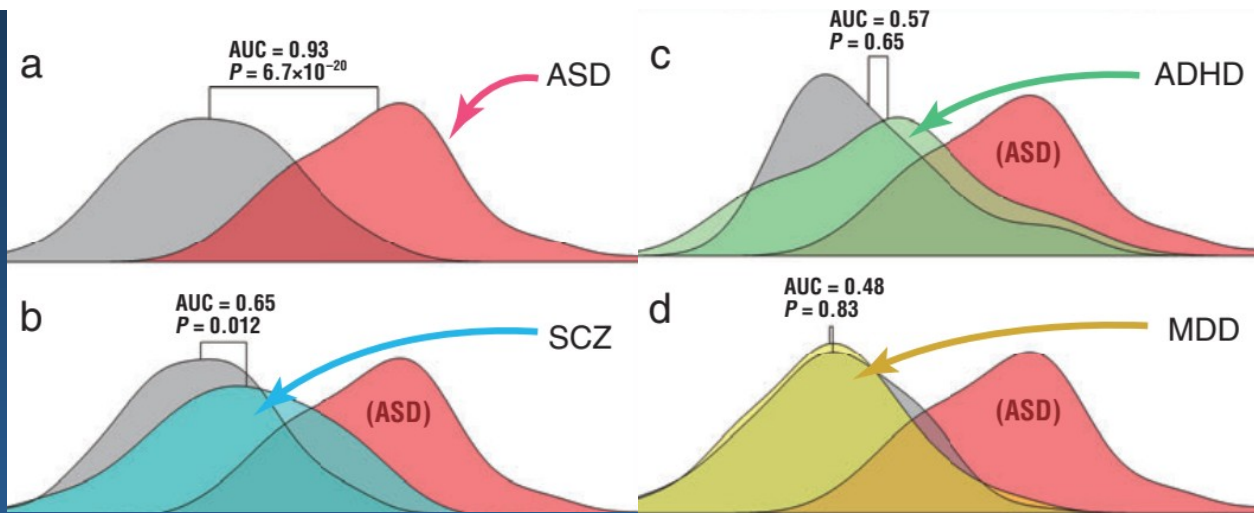
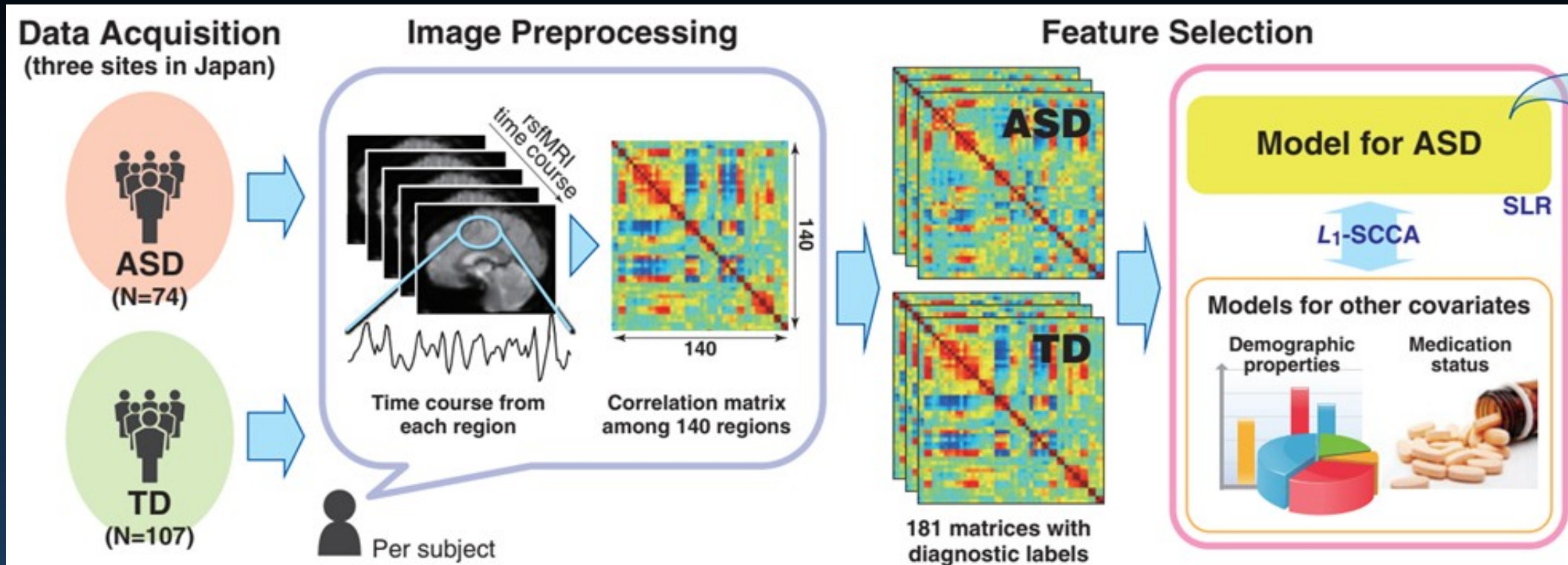
Modele Deep Auto-Encoder (DAE) + HMM.

Siła połączeń $|W| > 0.65$.
Czemu jest więcej połączeń niż u zdrowych?

Suk et al. Neuroimage (2016)

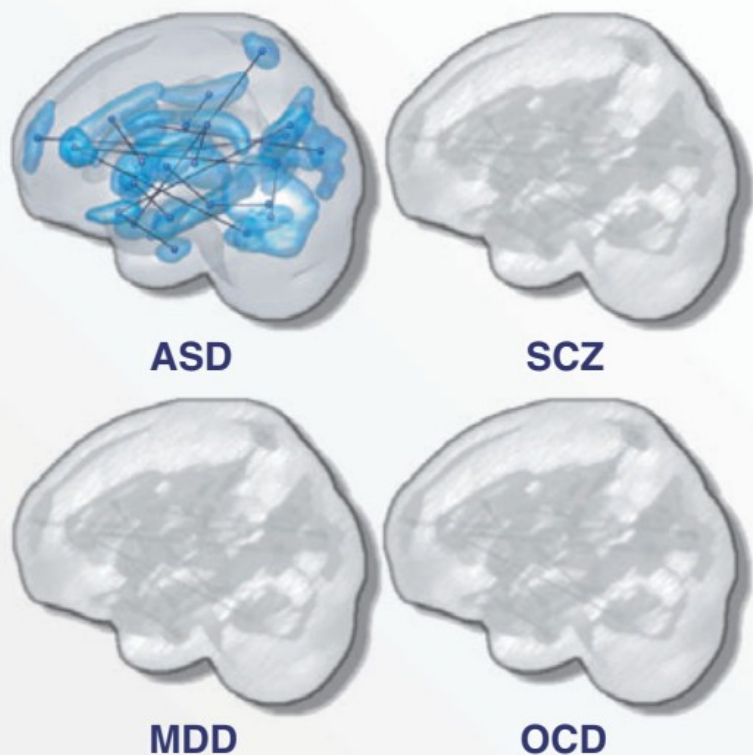


Biomarkery z neuroobrazowania

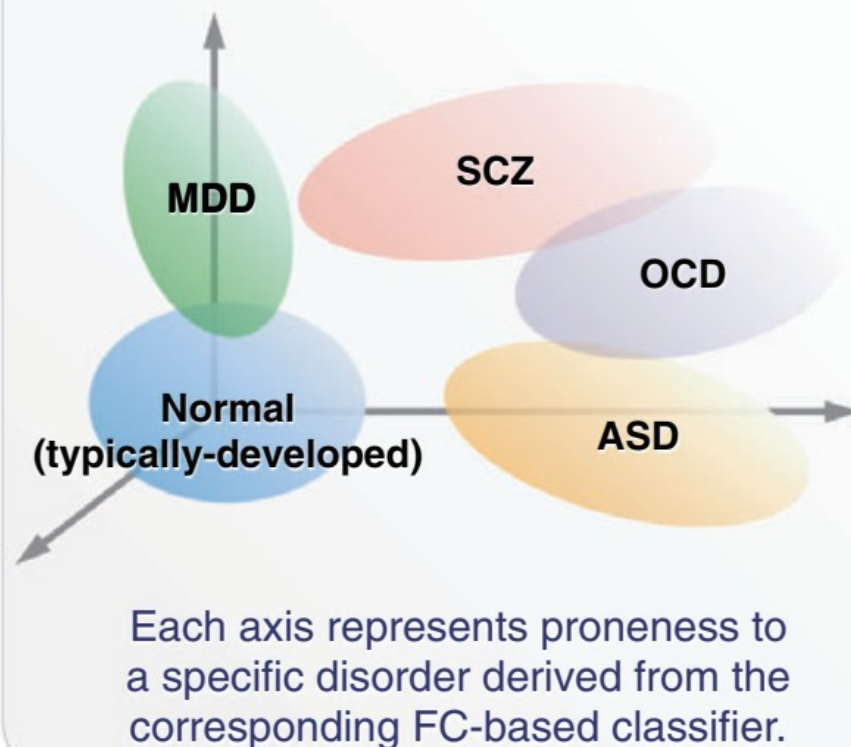


Przestrzeń chorób psychicznych

Functional connectivity-based classifiers for mental disorders



Recasting current nosology in more biologically meaningful dimensions



N. Yahata et al, *Psychiatry & Clinical Neurosciences* 2017; **71**: 215–237

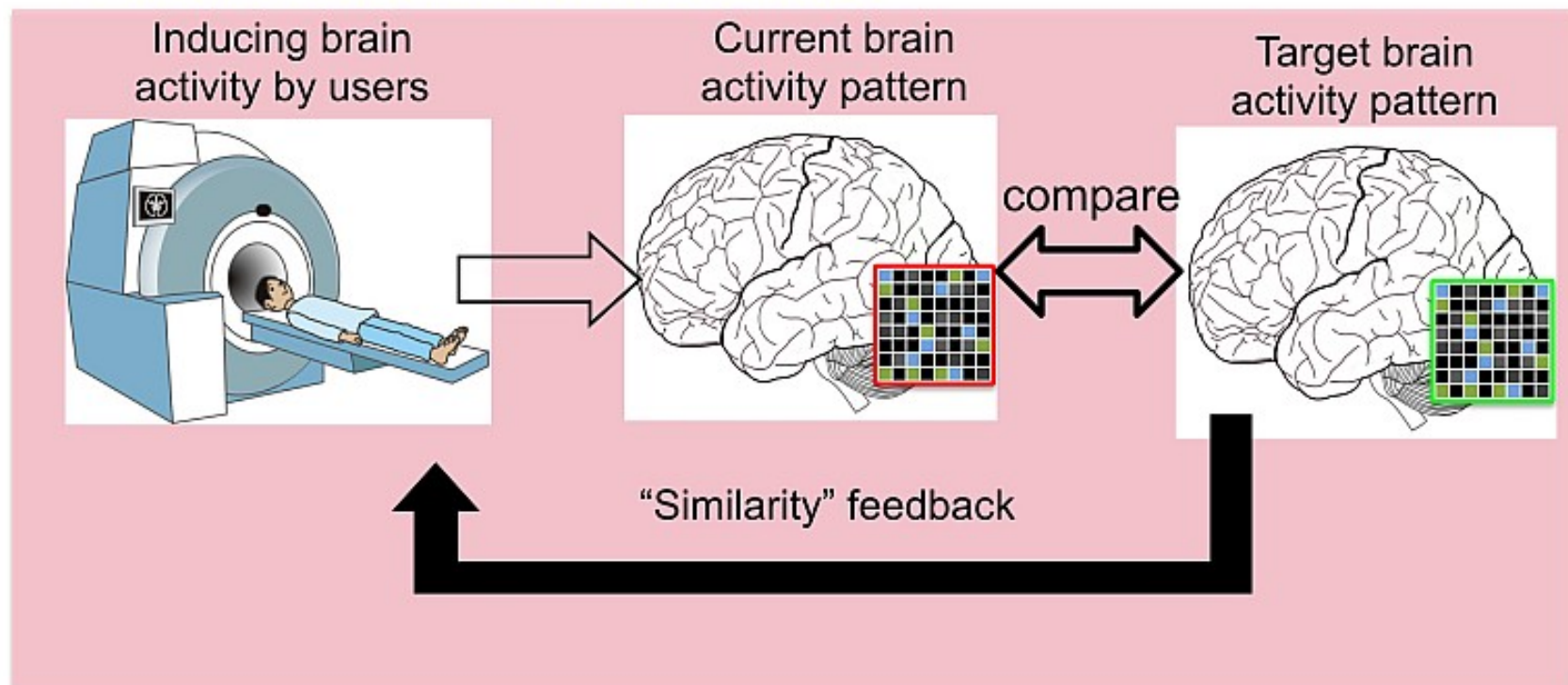
MDD, głęboka depresja, SCZ, schizofrenia, OCD, zaburzenie obsesyjno-kompulsywne, ASD - spektrum zaburzeń autystycznych.

Biomarkery fMRI umożliwiają obiektywną diagnozę i real-time fMRI neurofeedback – BRAINTRAIN. Lepiej by było zrobić to z EEG.

Real-time fMRI neurofeedback

DecNef: OCD, Pain

; needs a decoder for each patient and its application is currently limited to OCD and pain. In cases of high decoding performance, the success rate is 10/10. The long-term effect depends on the situation; from three to five months in 2/3 studies.



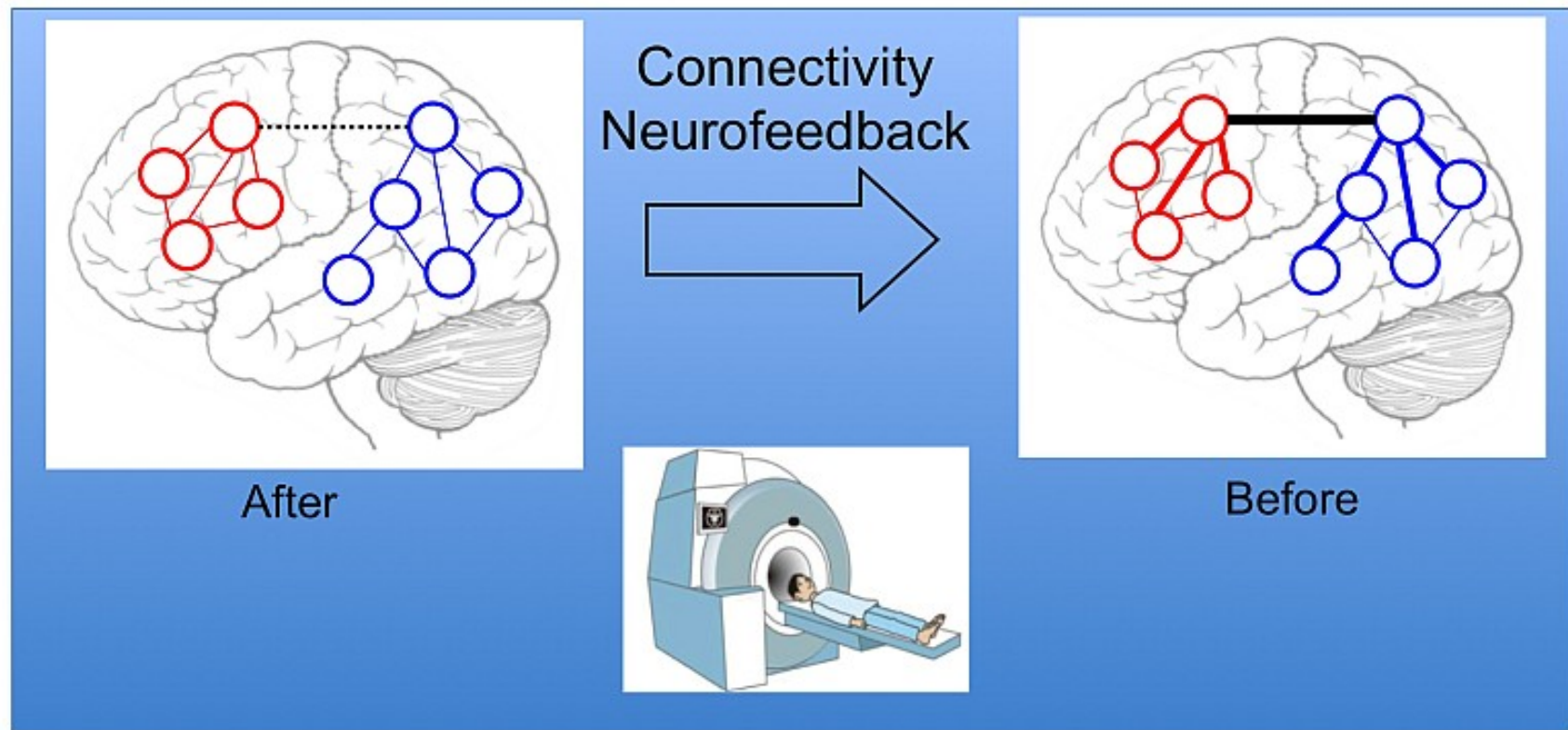
Shibata K, Watanabe T, Sasaki Y, Kawato M: Perceptual learning incepted by decoded fMRI neurofeedback without stimulus presentation. *Science*, 334(6061), 1413-1415 (2011)

Real-time fMRI neurofeedback

Connectivity Neurofeedback: FCNef

ASD, Depression, Schizophrenia

Ready-made treatment based on an across-patient functional-connectivity biomarker. NF training for four days has long-term effect at least two months.



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. *Frontiers in Human Neuroscience*, **9(160)**, doi: 10.3389/fnhum.2015.00160 (2015)

Modularność i procesy poznawcze

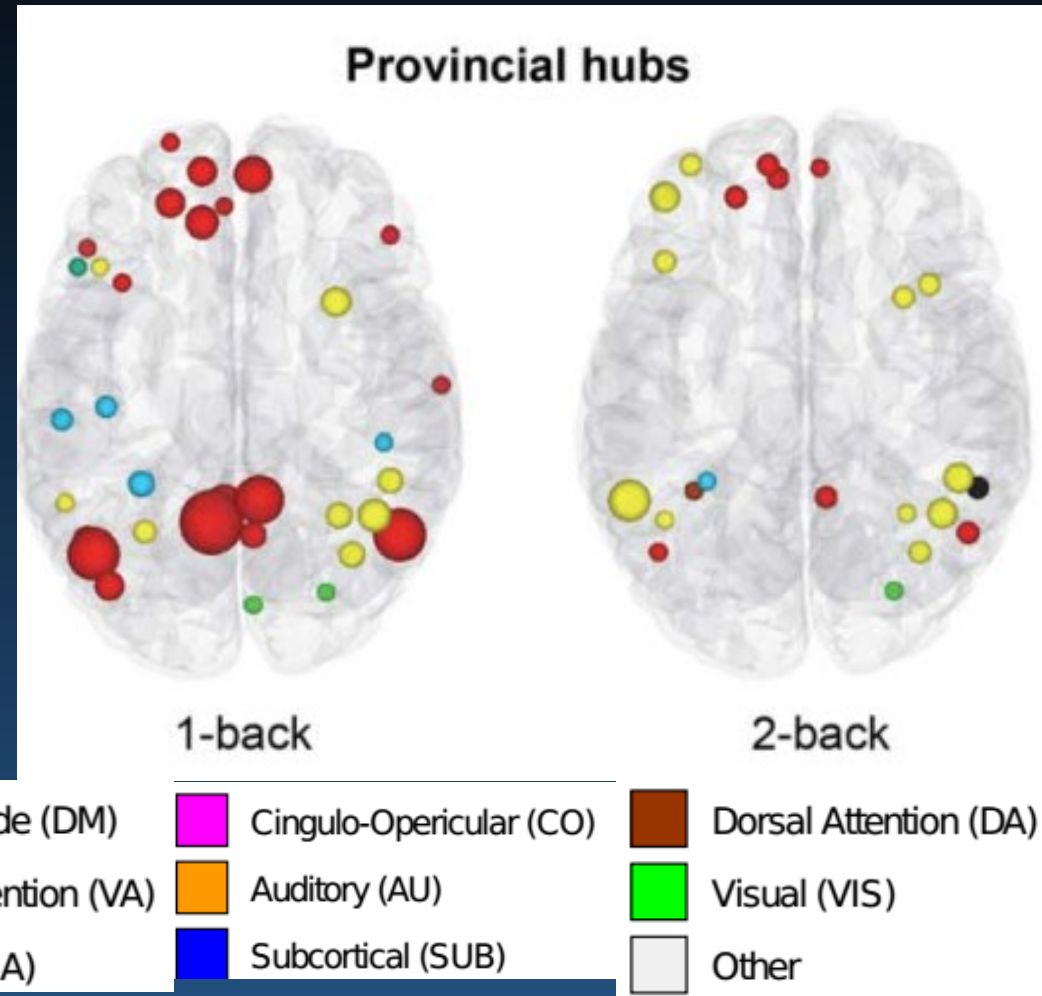
Proste i trudniejsze zadanie pokazuje jak zachodzi reorganizacja sieci całego mózgu, lokalnych hubów.

Lewa: 1-back, łatwe zadanie

Prawa: 2-back, trudniejsze zadanie

Średnia dla 35 badanych.

Lokalne huby zanikają jeśli zadanie robi się trudne, dostępne baseny atrakcji zależą od obciążenia poznawczego, zanikają w DMN i PFC.



Finc K, Bonna K. et al. (2017) Transition of the functional brain network related to increasing cognitive demands. *Human Brain Mapping* 38(7), 3659–3674

Modularność i procesy poznawcze

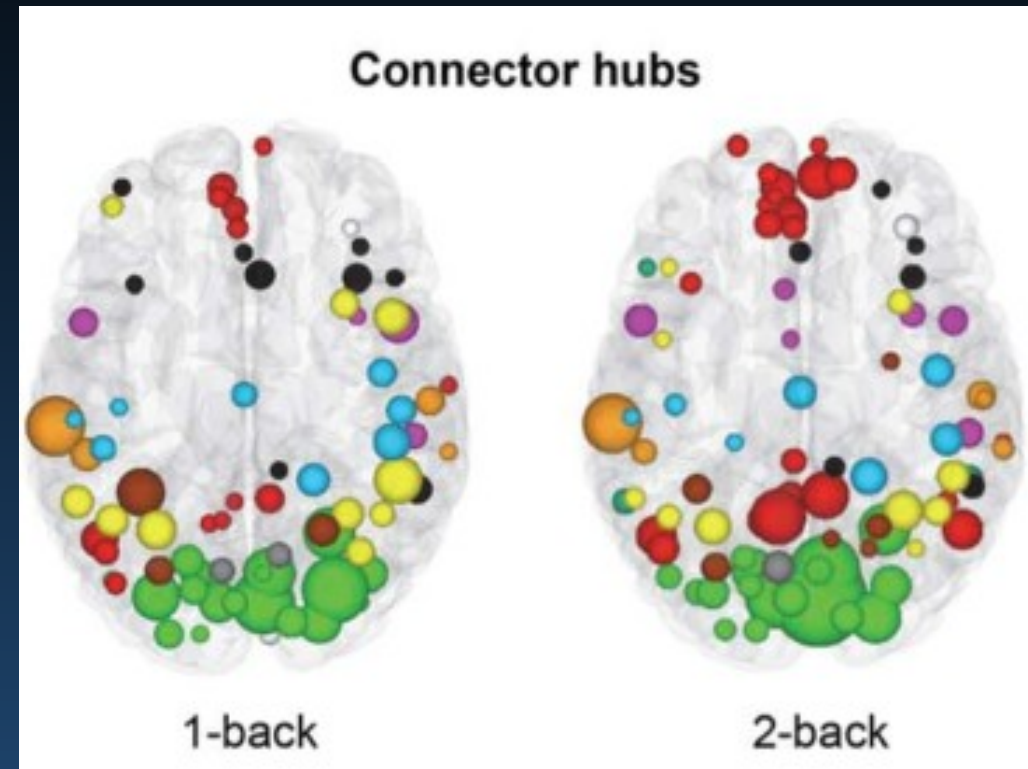
Proste i trudniejsze zadanie pokazuje jak zachodzi reorganizacja sieci całego mózgu, globalnych hubów.

Lewa: 1-back, łatwe zadanie

Prawa: 2-back, trudniejsze zadanie

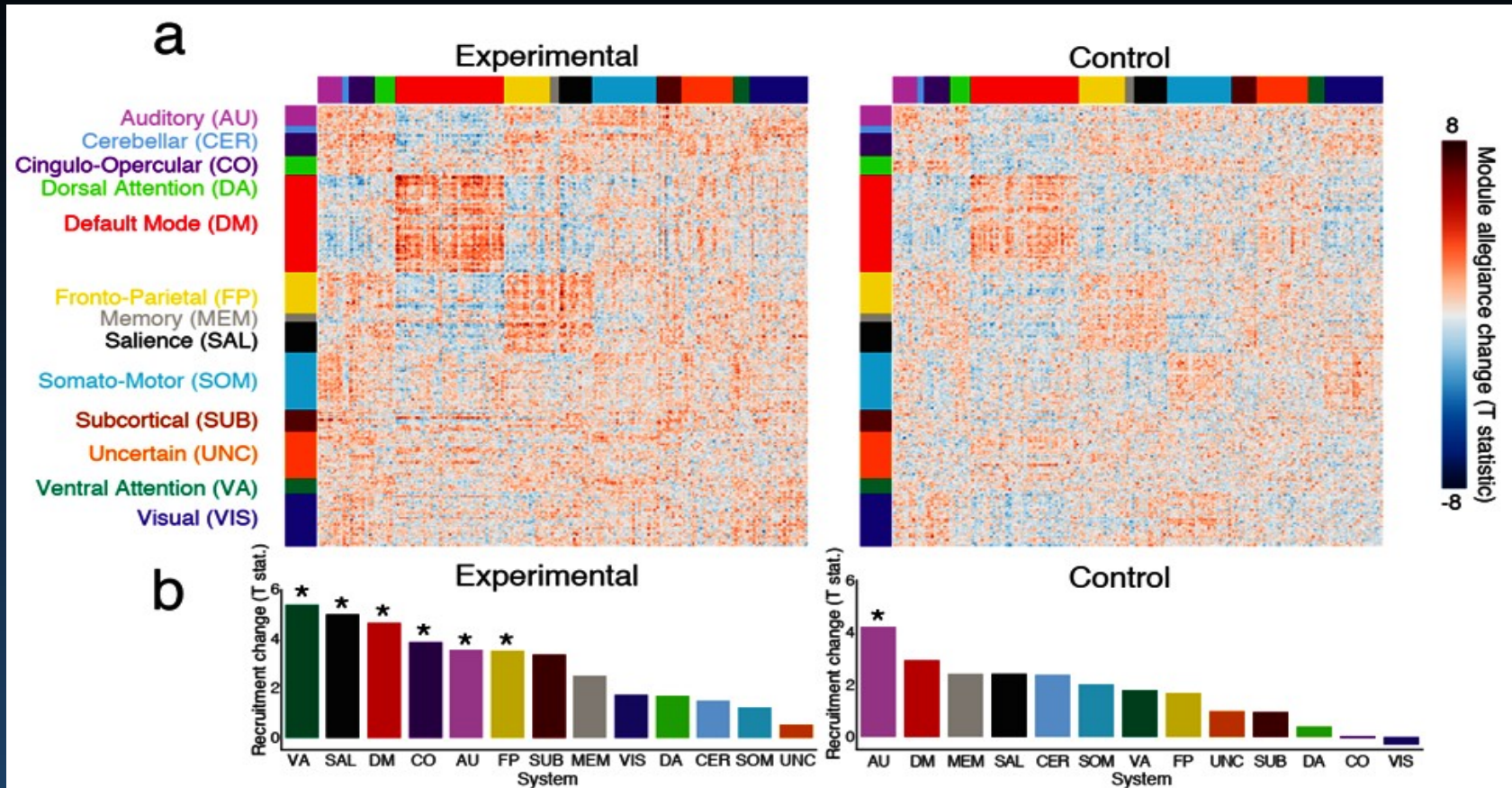
Średnia dla 35 badanych.

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.



Finc K, Bonna K. et al. (2017) Transition of the functional brain network related to increasing cognitive demands. *Human Brain Mapping* 38(7), 3659–3674

Trening pamięci roboczej



Zmiany w wyniku 6 tygodni treningu pamięci roboczej, stopień przypisania do danego modułu (module allegiance).

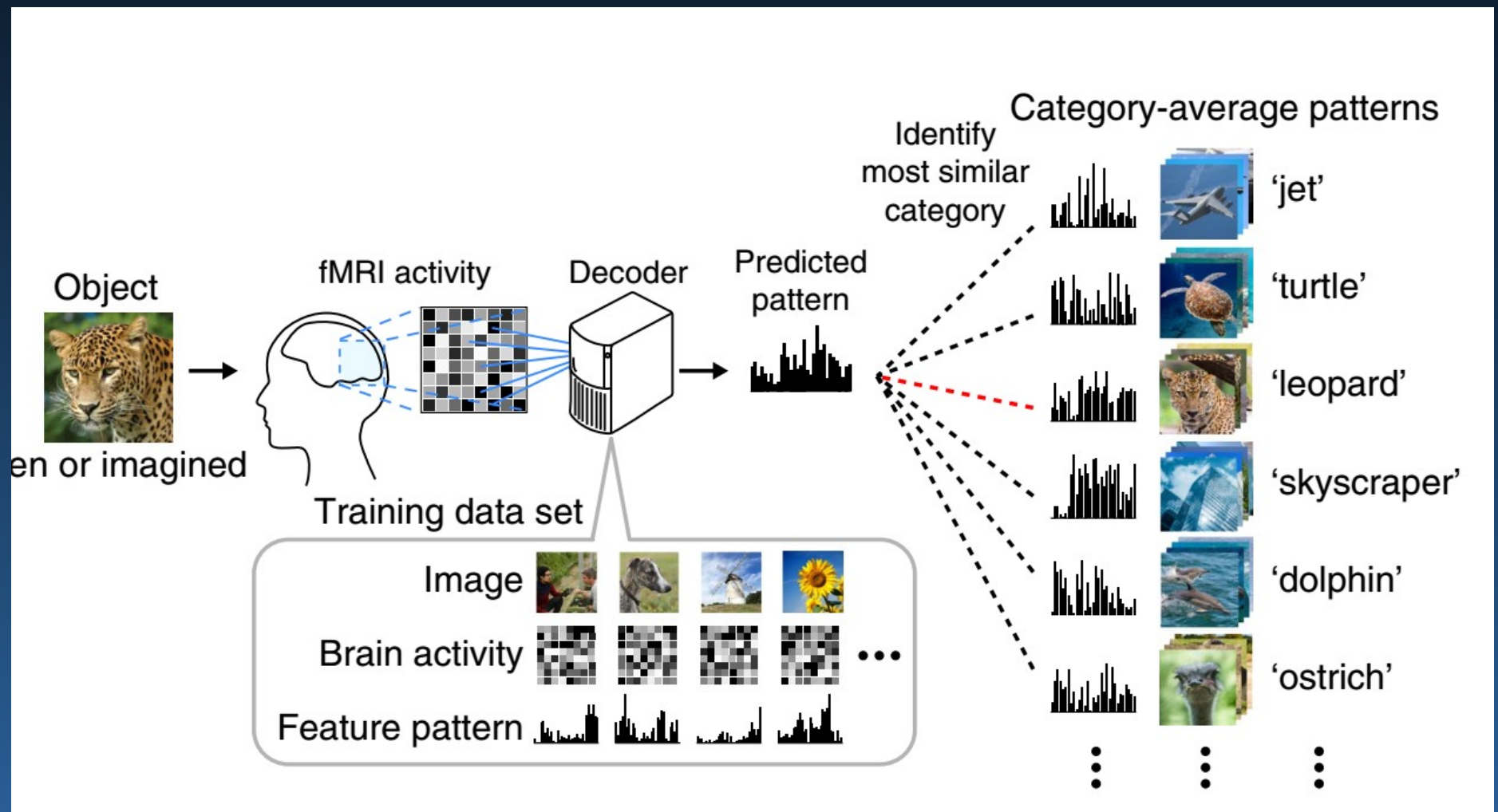
(a) Changes in node allegiance as reflected in the two-tailed *t*-test.

(b) Significant increase * in the ventral attention VA, salience SAL, default mode DM, cingulo-Opercular CO, auditory systems AU and fronto-parietal network recruitment.

Finc, Bonna, He, Lydon-Staley, Kühn, Duch, Bassett, Nature Communications 11 (2020).

Aktywność mózgu ↔ Obrazy mentalne

Aktywność fMRI może być skorelowana z cechami głębokiej sieci CNN; przy użyciu tych cech wybierany jest najbliższy obraz z dużej bazy danych. Horikawa, Kamitani, Generic decoding of seen and imagined objects using hierarchical visual features. Nature Comm. 2017.



Kategoryzacja snów



Decoding Dreams, ATR Kyoto, Kamitani Lab. Obrazy fMRI analizowane w fazie REM lub podczas zasypiania pozwalają na kategoryzację snów (~20 kategorii).

Sny, myśli... czy można ukryć to, co się widziało i przeżyło?
Następca Pegasus już na to nie pozwoli.

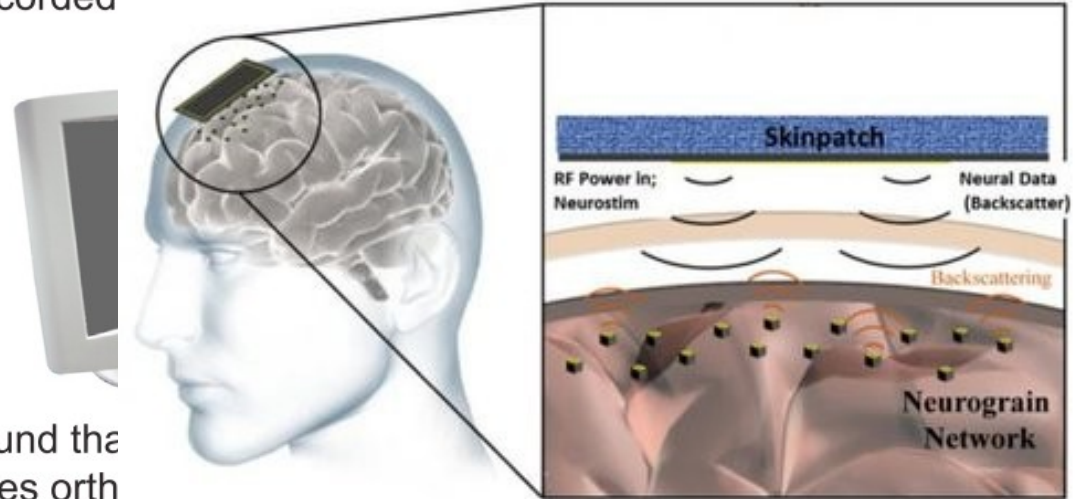
Ekran neuronalny

Cechy są odkrywane, a ich kombinacja zapamiętywana reprezentując twarz. Szczegółowe rozpoznawanie wymaga dokładnego zapisu aktywacji neuronów - wykorzystano zaledwie 205 neuronów w różnych obszarach wzrokowych.

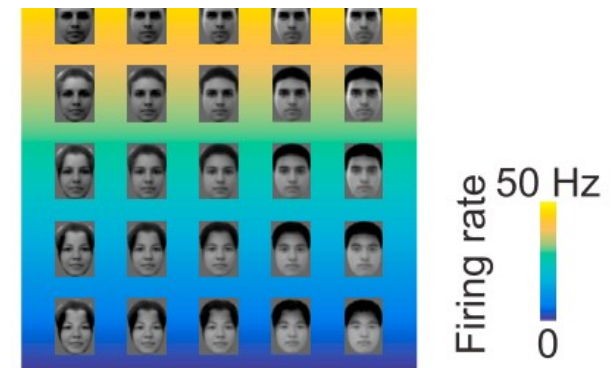
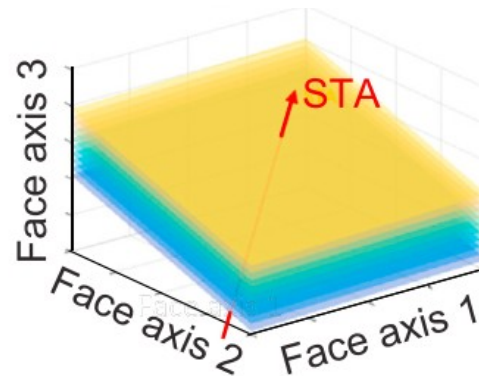
L. Chang and D.Y. Tsao, "The code for facial identity in the primate brain," *Cell* 2017

Jak dokładnie daje się to zrobić?

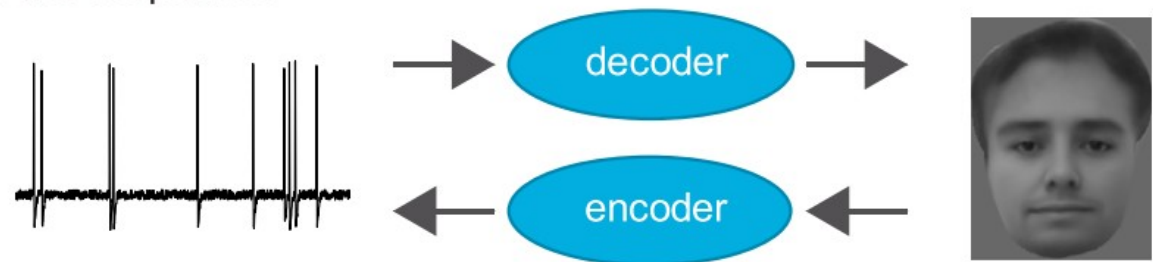
1. We recorded patches



2. We found the to changes orth

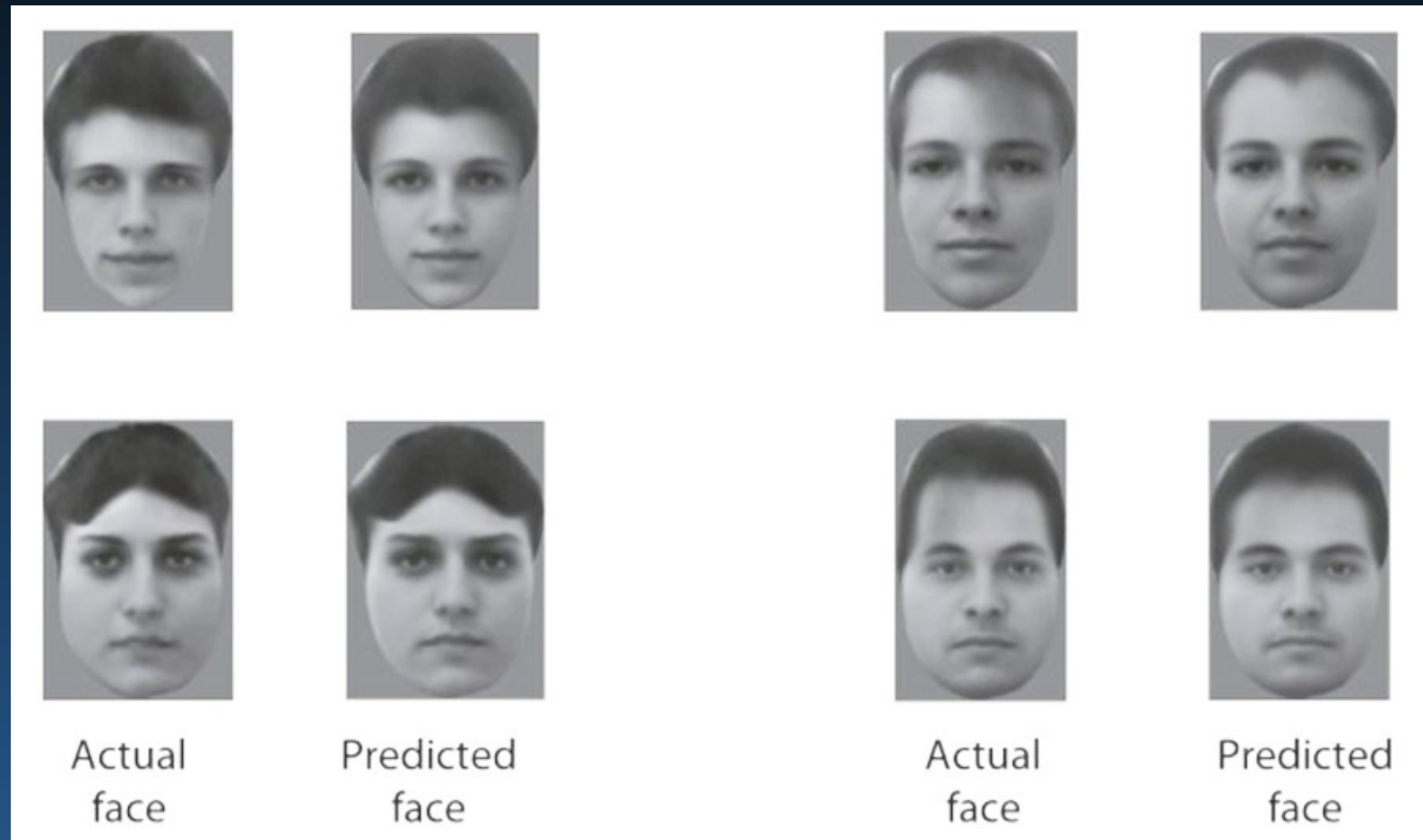


3. We found that an axis model allows precise encoding and decoding of neural responses



Odkodowane twarze

Twarze są zakodowane za pomocą kodu neuronalnego, który opiera się na zdolności neuronów do rozróżniania kombinacji cech wzdłuż określonych osi w przestrzeni twarzy.



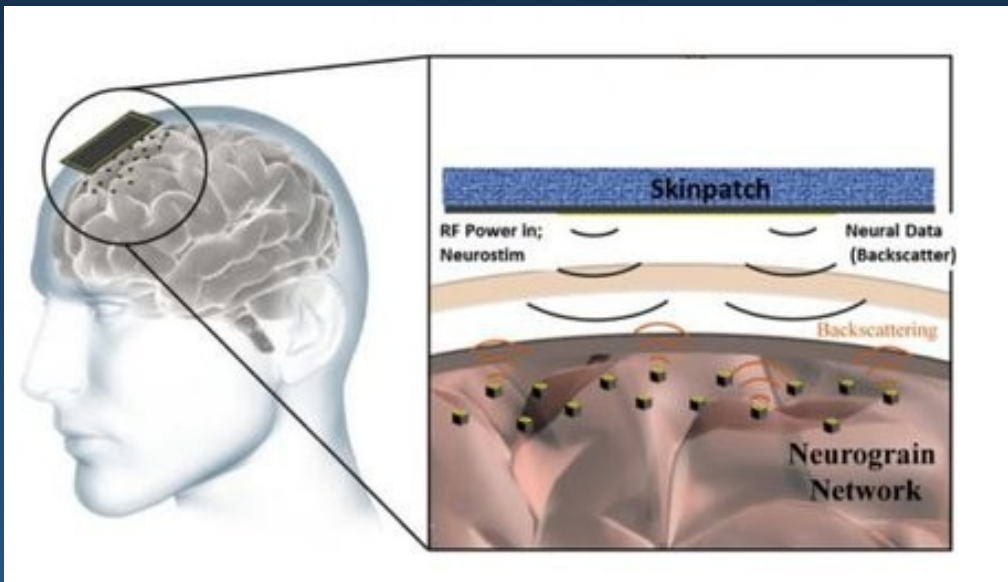
Milion elektrod w mózgu?

DARPA (2016): **Neural Engineering System Design (NESD)**

Interfejs odczytujący impulsy 10^6 neuronów, pobudzający 10^5 neurons, jednocześnie czytający i pobudzający 10^3 neuronów.

DARPA przyznała granty 7 grupom badawczym na projekty w ramach programu Electrical Prescriptions (ElectRx), którego celem jest rozwój systemów BCBI modulujących aktywność nerwów peryferyjnych w celach terapeutycznych.

Neural lace i neural dust. Już mamy setki nanodrutów w mózgu osób z padaczką.



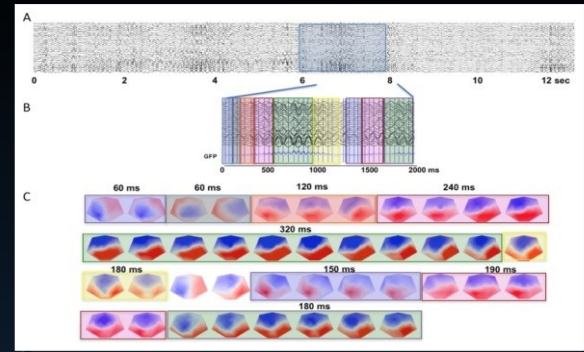
neural
lace
*ultra-thin
mesh*



Brain Fingerprinting

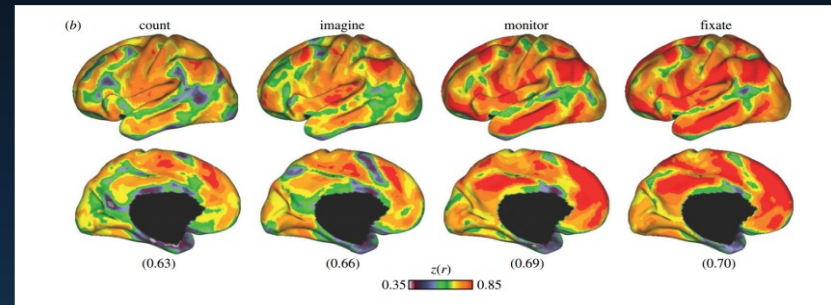
Znajdź unikalne wzorce aktywności mózgu które powinny pomóc w identyfikacji: regionów zainteresowania mózgu (ROI) aktywnych sieci neuronowych stanów mentalnych, zadań.

1



Kilka podejść:

2

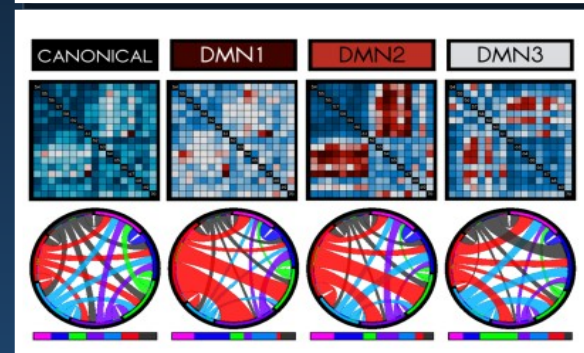


1) Microstates and their transitions. (Michel & Koenig 2018)

2) Reconfigurable task-dependent modes (Krienen et al. 2014)

3) Contextual Connectivity (Ciric et al. 2018)

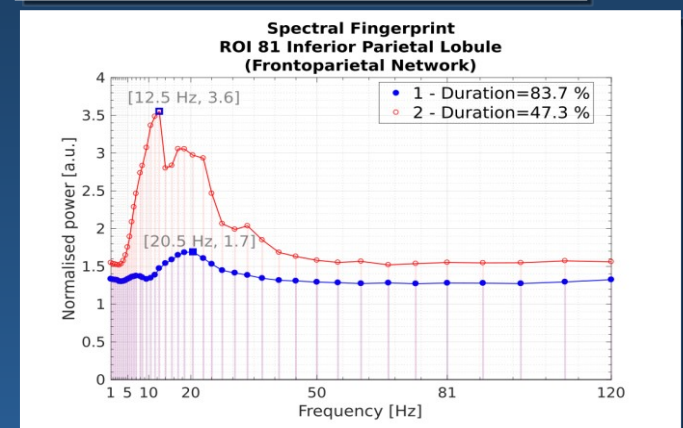
3



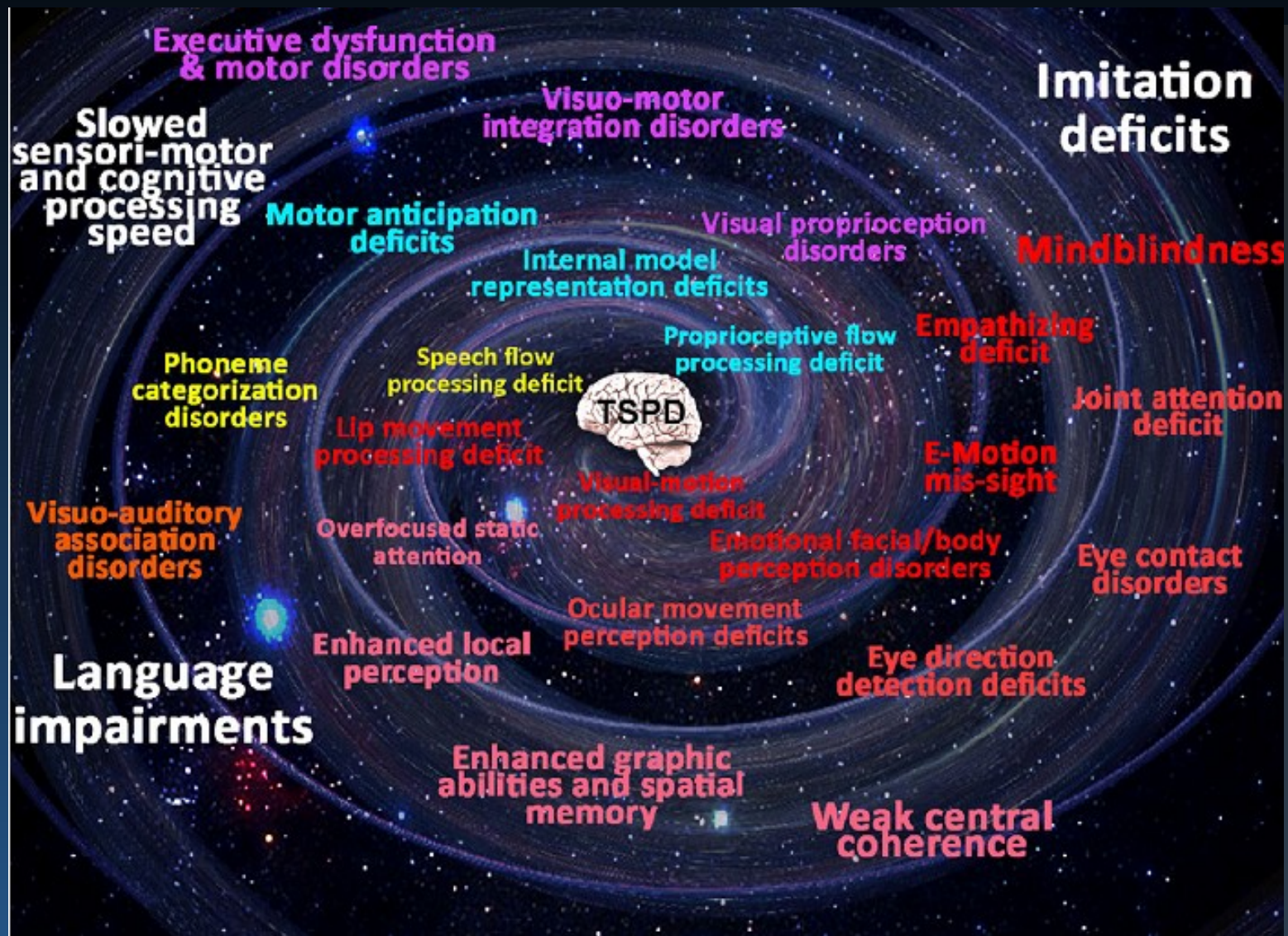
4) Spectral Fingerprints (Keitel & Gross 2016)

4

5) Analiza rekurencji i jeszcze parę innych ...



Temporo-spatial processing disorders



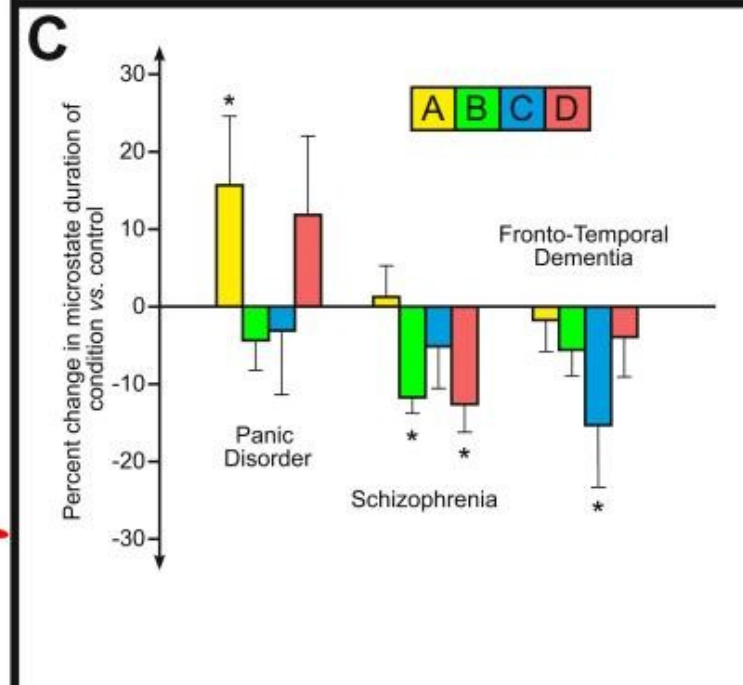
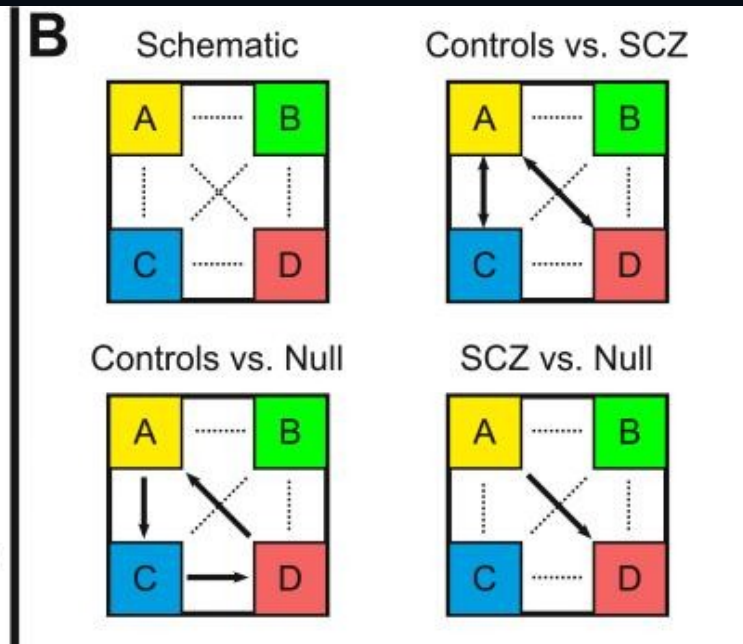
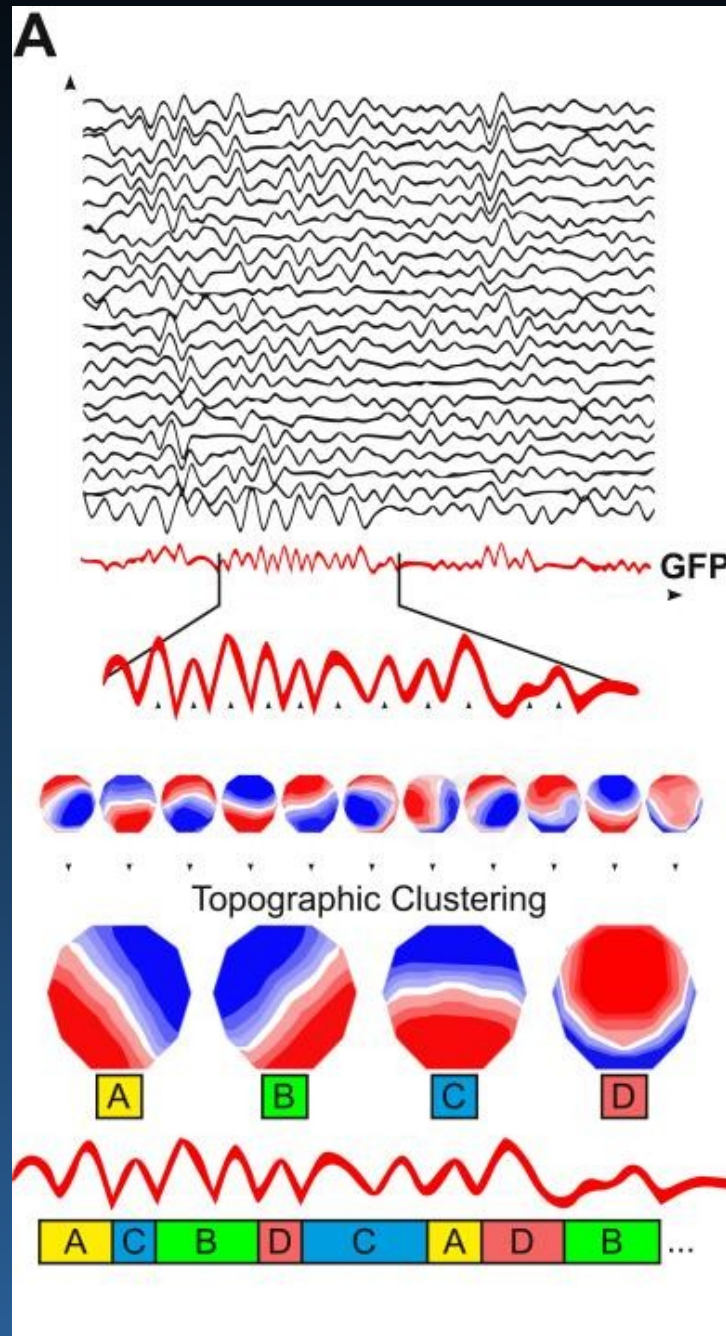
B. Gepner, F. Feron, Autism: A world changing too fast for a mis-wired brain? Neuroscience and Biobehavioral Reviews (2009).

Mikrostany z EEG

Lehmann et al.
 Mikrostan EEG u osób
 cierpiących na różne
 zaburzenia psychiczne.
 Psychiatry Research
 Neuroimaging, 2005

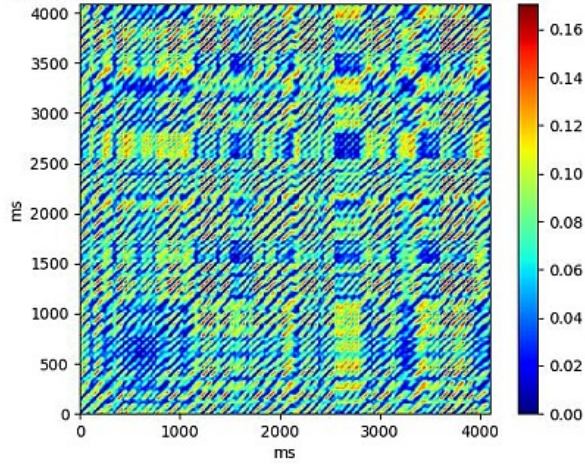
Khanna et al.
 Microstates in Resting-
 State EEG: Current
 Status and Future
 Directions.
*Neuroscience and
 Biobehavioral Reviews*,
 2015

Symboliczna dynamika.
 Fuzzy Symbolic
 Dynamics (WD+KD,
 2010)

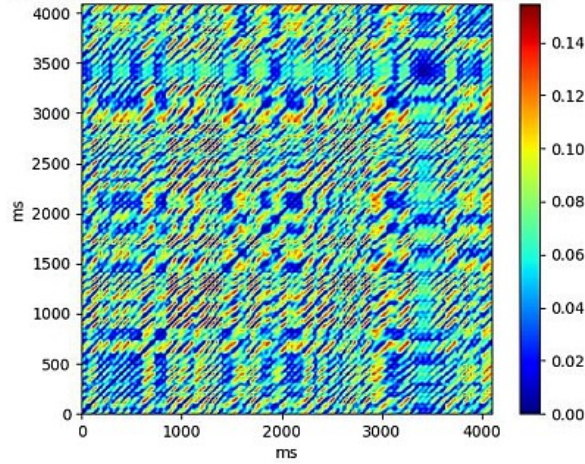


Wykresy rekurencji z EEG

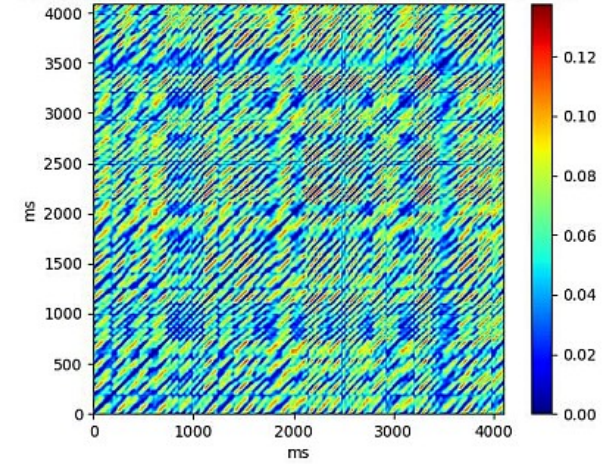
Electrode: F5, theta band, embedding = 4, time delay = 25



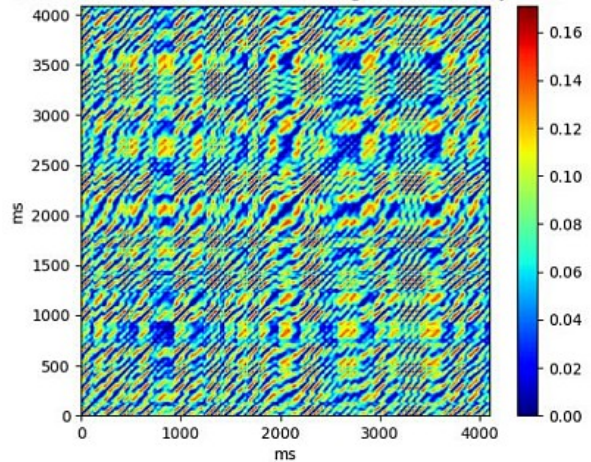
Electrode: F6, theta band, embedding = 4, time delay = 25



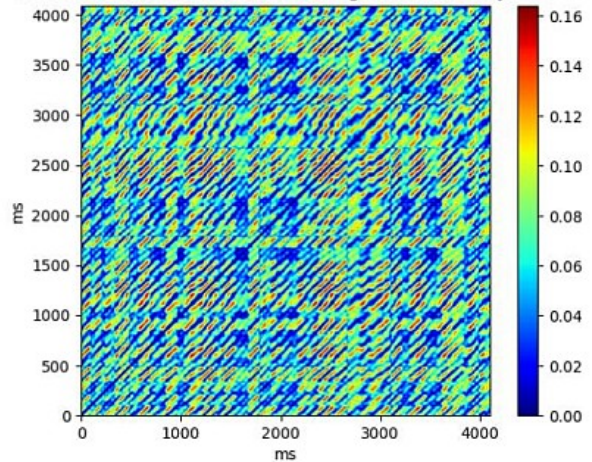
Electrode: C6, theta band, embedding = 5, time delay = 25



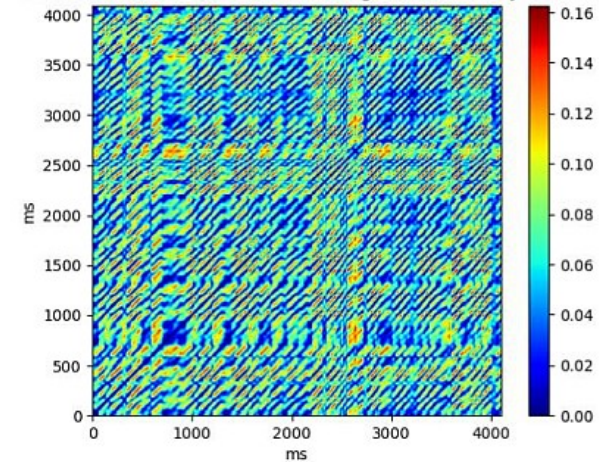
Electrode: C5, theta band, embedding = 4, time delay = 24



Electrode: Fz, theta band, embedding = 4, time delay = 25



Electrode: Cz, theta band, embedding = 4, time delay = 24

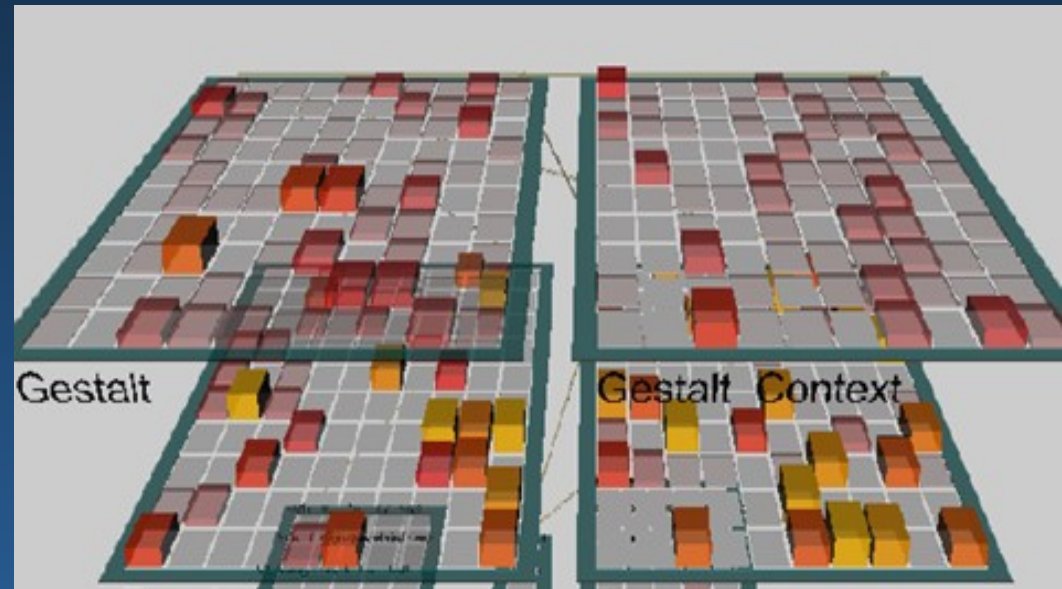
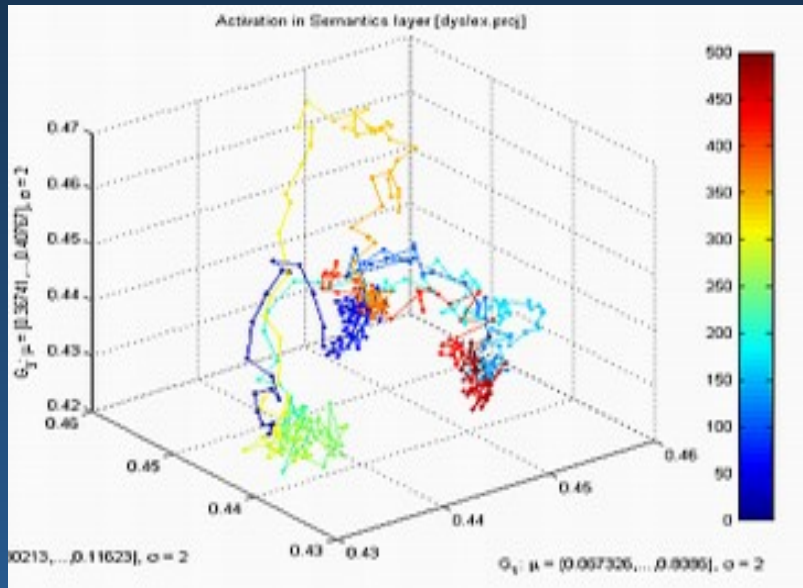


Dane z EEG, 6 kanałów, pasmo theta, rekonstrukcja atraktorów przez embedding:
 $[y(t), y(t-\tau), y(t-2\tau), \dots, y(t-n\tau)]$

Symulacje neurodynamiki

Mózg jako substrat

- Mózg jest substratem, w którym może powstać świat umysłu, labirynt wzajemnych aktywacji. Świadome wrażenia to cień neurodynamiki.
- Czy da się opisać werbalnie stany mózgu z subiektywnego punktu widzenia?
- Filozofia i psychologia opisuje naiwne wyobrażenia oparte na pojęciach nie przystających do obiektywnie mierzalnych procesów w mózgu.
- 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.



Modele komputerowe

Modele proste i bardziej złożone.

- Minimalny model wymaga 3 typów kanałów jonowych, e, i, l.

Model przenoszenia uwagi:

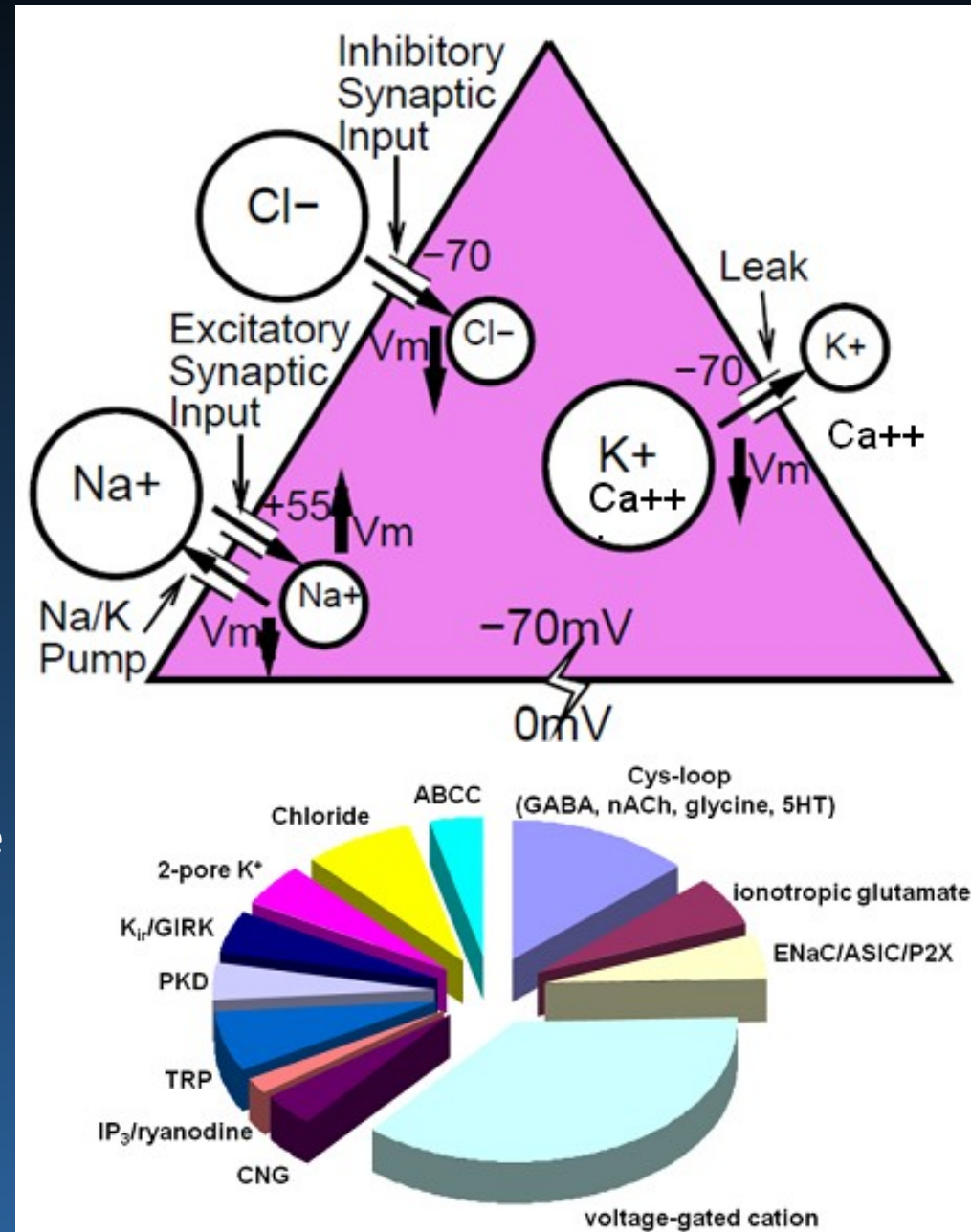
- Model Posner uwagi przestrzennej.
- Model przenoszenia uwagi wzrokowej pomiędzy dwoma obiektami.

Model skojarzeń pojęciowych:

- Sekwencje spontanicznych myśli.

Kontrola przepływu jonów wapnia w komórkach, gromadzącego się powoli w czasie ich aktywacji.

Rola kanałów upływu, np. 2-pore K^+ , relacje z białkami/genami.



Model czytania i dysleksji

Minimalny system pozwalający na eksperymenty na wysokim poziomie:

Aisa, B., Mingus, B., and O'Reilly, R. **The Emergent neural modeling system.**

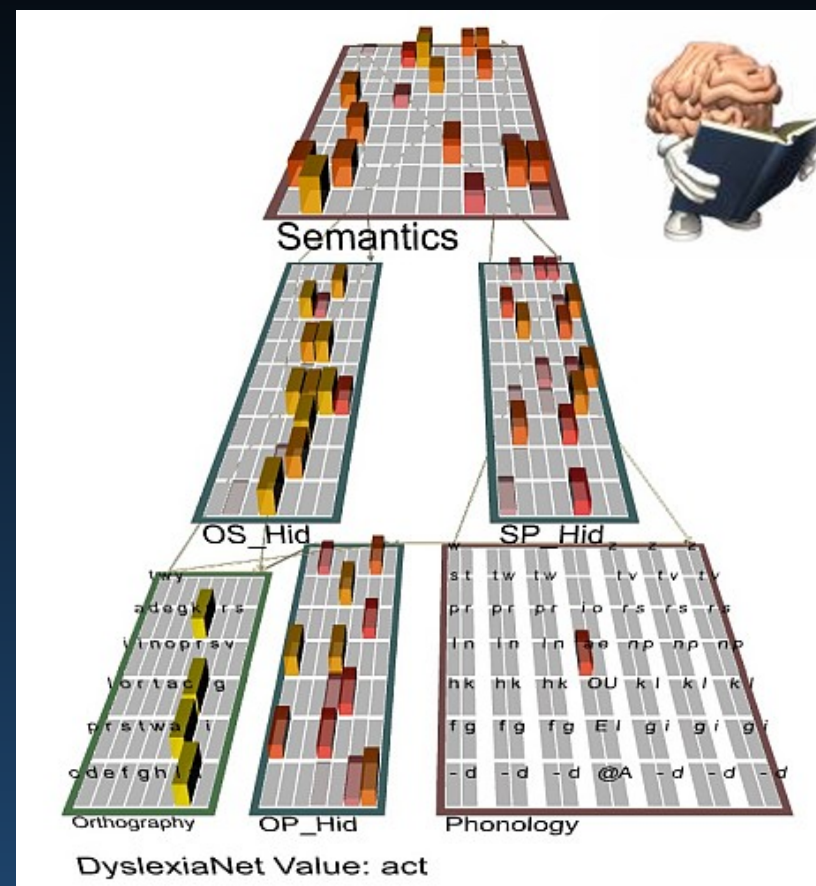
Neural Networks, 21, 1045, 2008

Model czytania uwzględnia ortografię, fonologię i semantykę, warstwę 140 el. Reprezentujących mikrocechy, której pobudzenia identyfikują jednoznacznie sens.

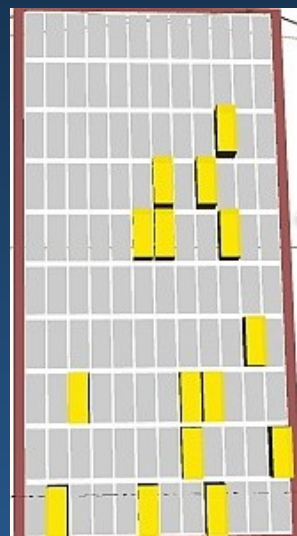
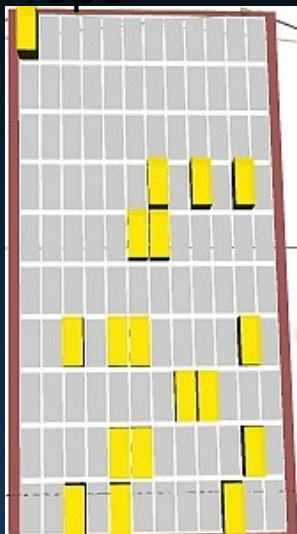
Uczenie korelacyjne i konkurencyjne.

Uczenie: przypadkowy wybór jednej z 3 warstw (ortografia, fonologia, semantyka) jako wejścia, a pozostałych dwóch jako wyjścia, czyli mapowanie jednego aspektu na dwa inne. Semantyka opisana jest przez mikrocechy (aktywację jednego z neuronów warstwy semantycznej).

W mózgu mikrocechy to raczej podsięci a nie lokalne regiony.

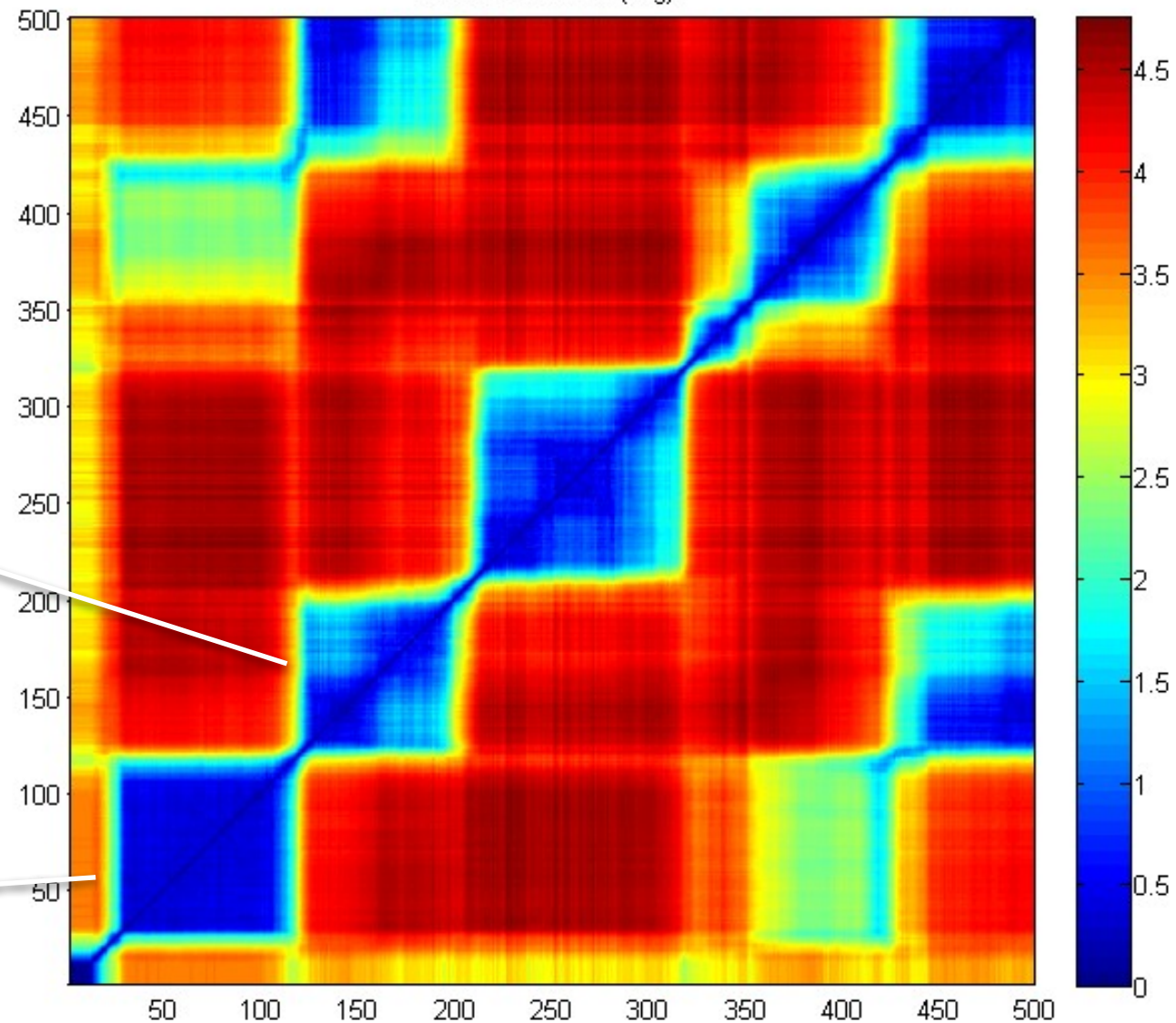


rope

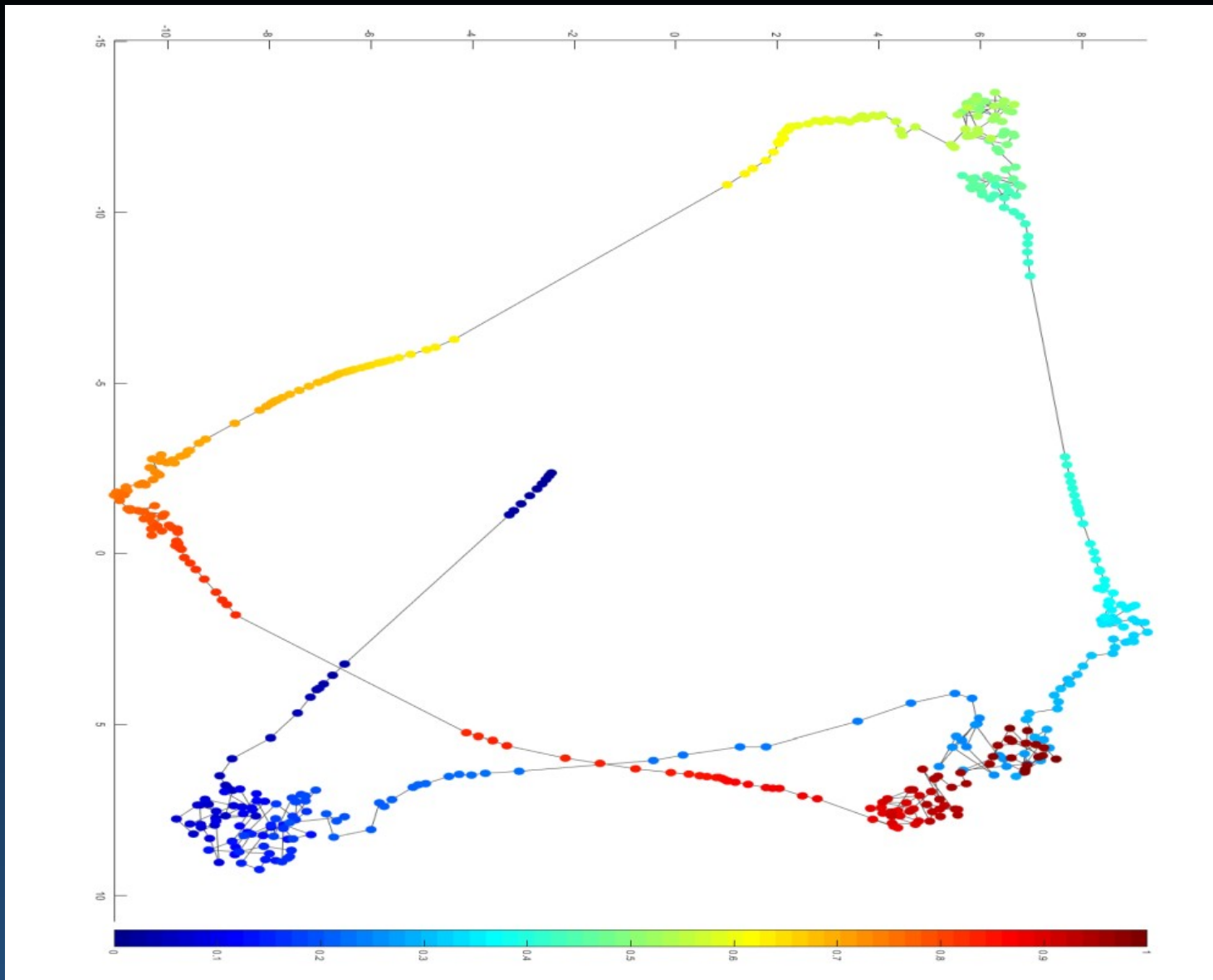


flag

Recurrence Plot (flag)

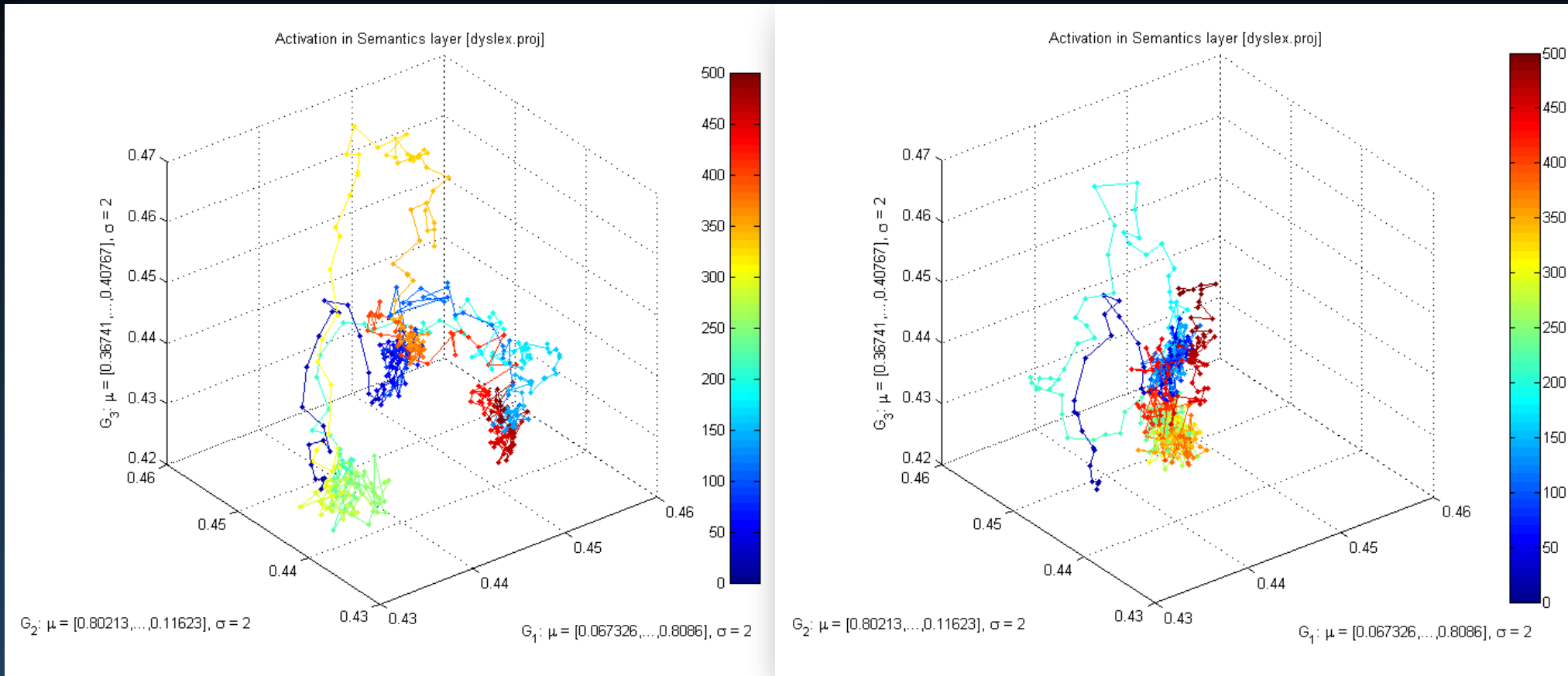


Mikrostany (~100 ms) i szybkie przejścia dzięki mechanizmowi WTA, pomiędzy stanami o nakrywających się aktywacjach.



Wizualizacja za pomocą Stochastic Neighbor Embedding (tSNE). Sieć wędruje od słowa do słowa – “myśli do myśli”.

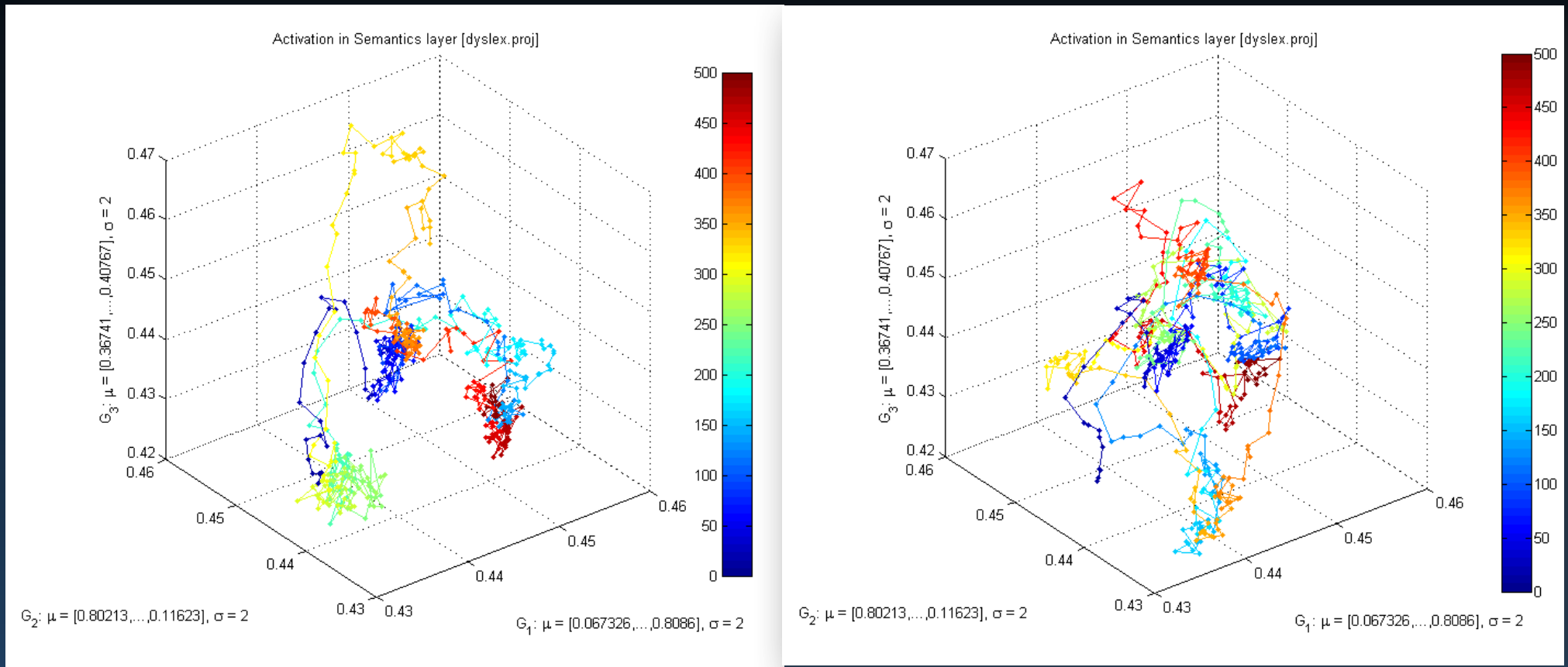
Norma-Autyzm



Trajektoria warstwy semantycznej (140 wym) dla słowa „flag”, różne wartości parametru kontrolującego kanały upływu (zmęczenie neuronów).

Tu neurony wolno się męczą i pozostają na długo zsynchronizowane: rezultat to ubóstwo myśli, problemy z przenoszeniem uwagi, koncentracja na prostych bodźcach, nawrót tej samej myśli, echolalia (powtarzanie bez zrozumienia).

Norma - ADHD



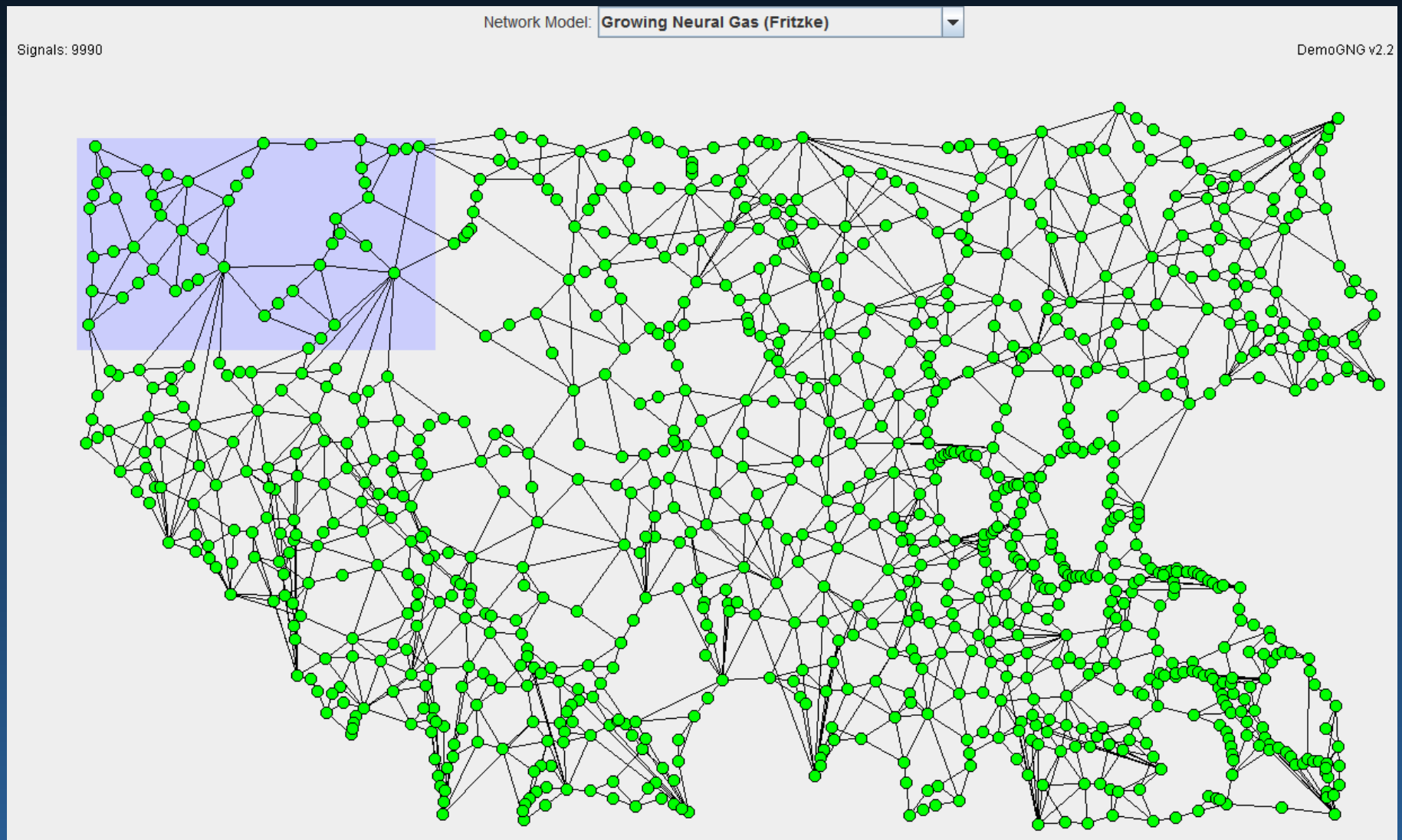
ADHD: dużo więcej i krócej trwających aktywacji wzorców, „ulotne” stany.

ADHD: kanały upływu zbyt otwarte, szybka depolaryzacja neuronów, krótki czas kwazistabilnych stanów atraktorowych.

ASD: kanały upływu zbyt zamknięte, wolna depolaryzacja neuronów, długi czas kwazistabilnych stanów atraktorowych.

Neuroplastyczność

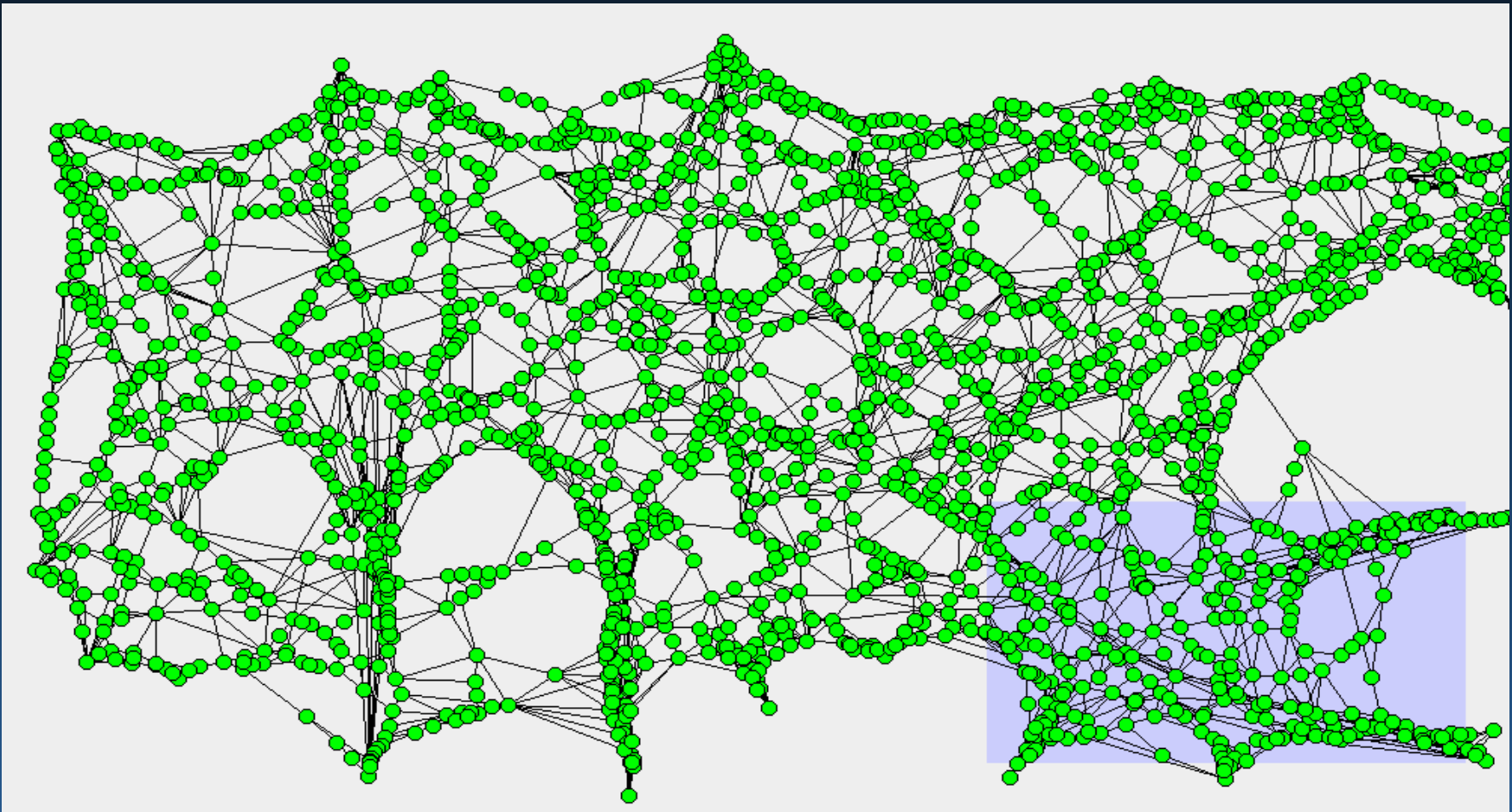
Tworzy się siatka pojęciowa, każdy węzeł = stan metastabilny, pomiędzy nimi są szybkie przejścia, niektóre stany związane są z pobudzeniami ośrodków ruchu i mowy. Siatka pojęciowa nie odwzorowuje obiektywnie stanów środowiska. Model GNG.



Konspiracje i polityczne podziały

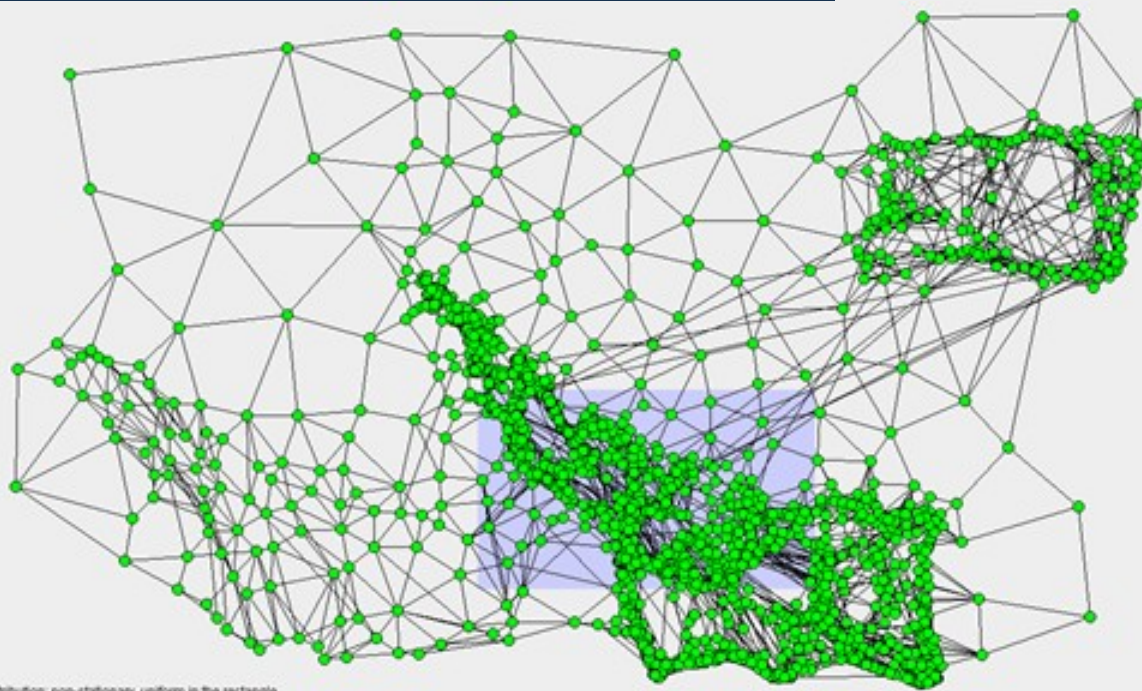
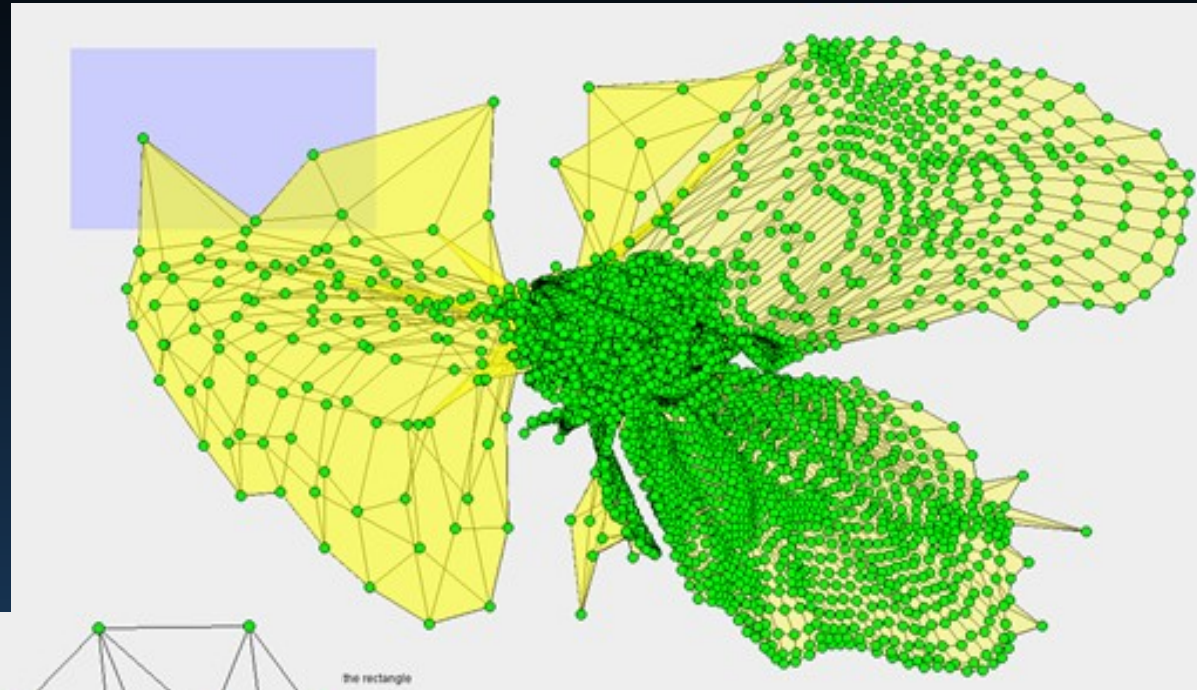
Zbyt szybkie uczenie się bez integracji z podstawowymi wiadomościami prowadzi do wypaczenia poglądów i niewłaściwych skojarzeń. Proste wyjaśnienia oszczędzają energię umysłową, tworząc "pochłaniacze", które przyciągają wiele niepowiązanych ze sobą stanów pamięci epizodycznej.

Punkt = aktywacja mózgu, obszar niebieski – dostępne percepty, połączenia = relacje.



Memoidy ...

Czas poświęcić się Wielkiej Sprawie.
Powstały nie tylko teorie spiskowe,
ale całkowicie zniekształcony obraz
świata wynikający z prania mózgu.
Model GNG.



WD: Memetics and Neural
Models of Conspiracy Theories
[Patterns \(Cell Press\), 2021](#)

Wnioski



- Potrzebujemy wielopoziomowej fenomiki, neuropsychiatria się na tym obecnie opiera, powinna też kognitywistyka, edukacja, psychologia.
- Korelacja obserwacji na mikropoziomie (genetyka, metabolity) z zachowaniem nie pozwala w pełni zrozumieć mechanizmów odpowiedzialnych za choroby i zaburzenia psychiczne.
- Kluczem jest badanie neurodynamiki sieci funkcjonalnych na konektomach strukturalnych, biologicznie poprawne modele sieci neuronów i fenomika neurokognitywna na wielu poziomach.
- Werbalny opis stanu mózgu za pomocą konstruktów psychologicznych powinien odzwierciedlać zachodzące w mózgu procesy, ale do niektórych nie mamy świadomego dostępu i nie będzie łatwo je zwerbalizować.
- Emergencja przyczynowości (emergence of causality) pokazuje, że na wyższym poziomie opisu można przekazać więcej informacji niż na mikropoziomie.
- Strategia zrozumienia procesów mentalnych, $S(B) \Leftrightarrow S(M)$:
Neuroobrazowanie \Leftrightarrow modele całego mózgu \Leftrightarrow grafy sieciowe \Leftrightarrow modele mentalne \Leftrightarrow subiektywne stany umysłu.

W poszukiwaniu źródeł aktywności poznawczej mózgu

Projekt „Symfonia”, 2016-21



VIRTUAL BR41N.IO HACKATHON

April 17-18, 2021

during the
Spring School 2021*



*BR41N.IO and Spring School 2021 are part of g.tec's Teaching Plan 2021 with more than 140 hours of online courses and lectures.



1. PLACE WINNER

"NeuroBeat"

BCI application

Team members: Alicja Wicher, Joanna Maria Zalewska, Weronika Sójka, Ivo John Krystian Derezinski, Krzysztof Tołpa, Lukasz Furman, Slawomir Duda

IMPROVING HUMAN DAILY LIFE FUNCTIONING

NEUROHACKATOR 2021

21. - 23.
MAY 2021 //
ONLINE

SATURDAY

Project
development
in groups



STARTS
10 a.m.

SUNDAY

Evaluation



ENDS
10 a.m.

←----- working 24h -----→

FRIDAY

Organisers
presentation



workshops
with Judges

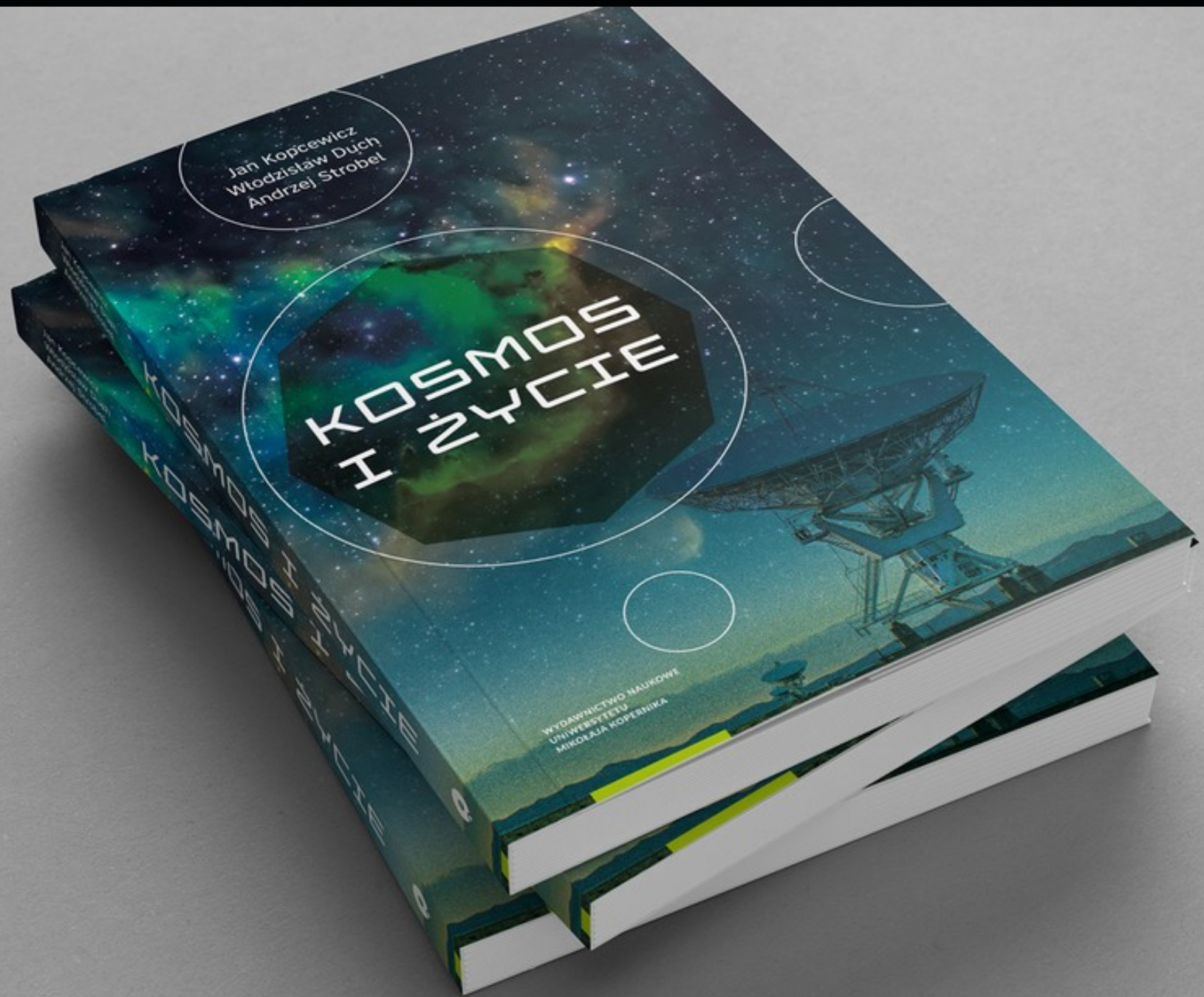
REQUIREMENTS:

1. Create a team consisting of **3-5 people**.
2. Fill in the Registration Form (available on Facebook event).

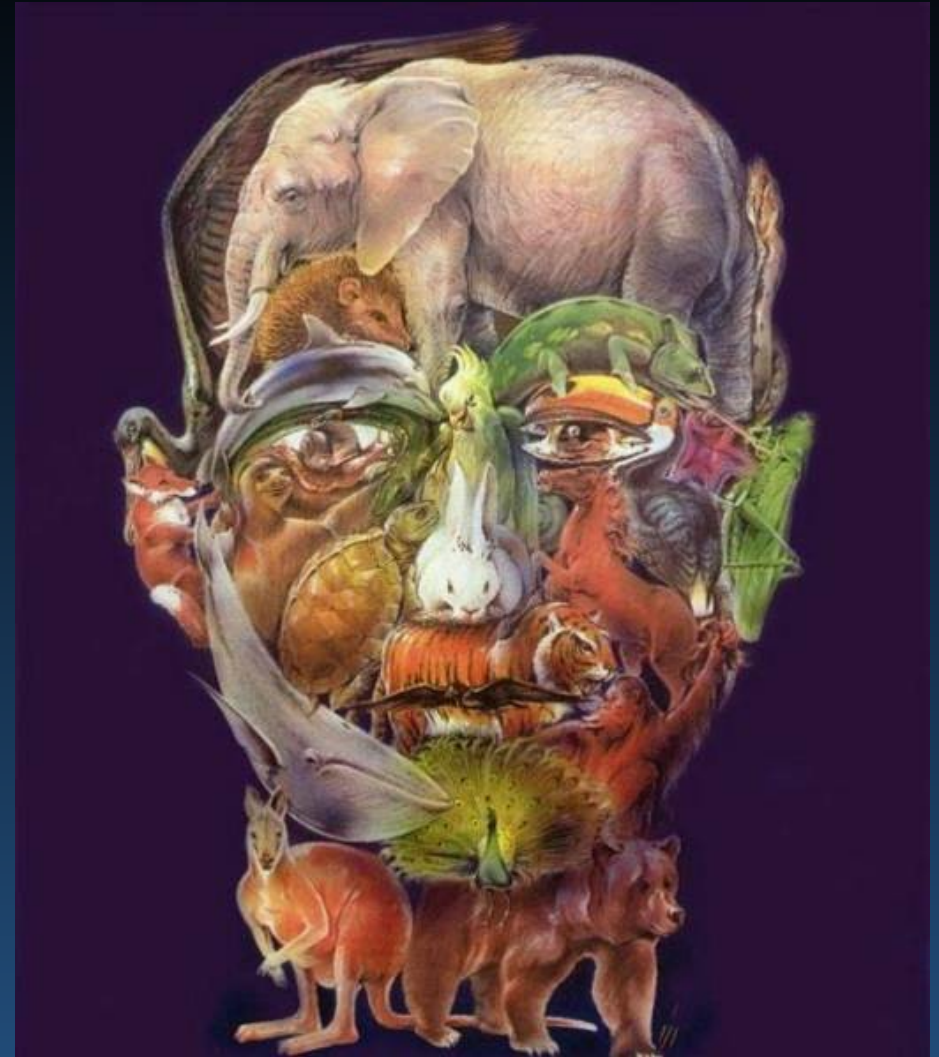
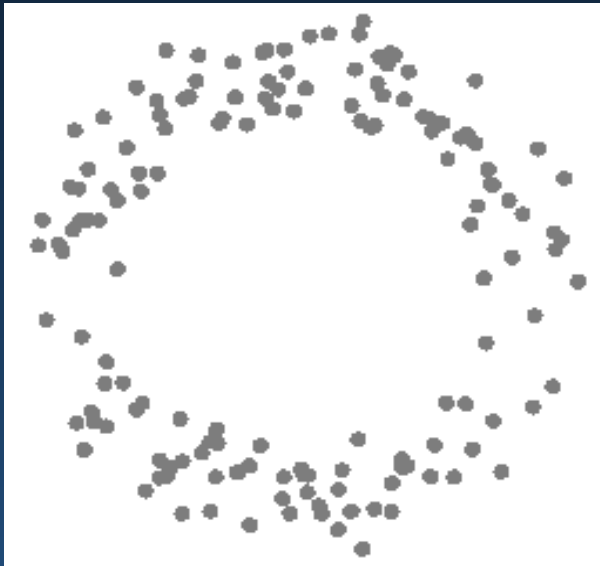
DO YOU HAVE ANY QUESTIONS?

Write an e-mail:
NEUROTECTOR@GMAIL.COM

Neurotechnology Scientific Club
Center for Modern Interdisciplinary Technologies
at Nicolaus Copernicus University in Toruń
Wileńska 4 Street



Dziękuję za
synchronizację
neuronów



Google: Włodzisław Duch
=> referaty, publikacje, wykłady, Flipboard ...