



# Neurokognikacja. Neurodynamika stanów poznawczych i komunikacji

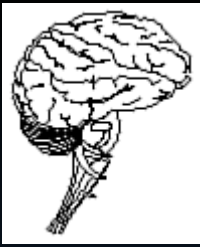
Włodzisław Duch

LNK, Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii  
Centrum Doskonałości „Neuroinformatyka i Sztuczna Inteligencja”,  
Katedra Informatyki Stosowanej, INT WFAIS,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Google: Wlodzislaw Duch

2021.05.22: Kognikacja

# Duch i materia



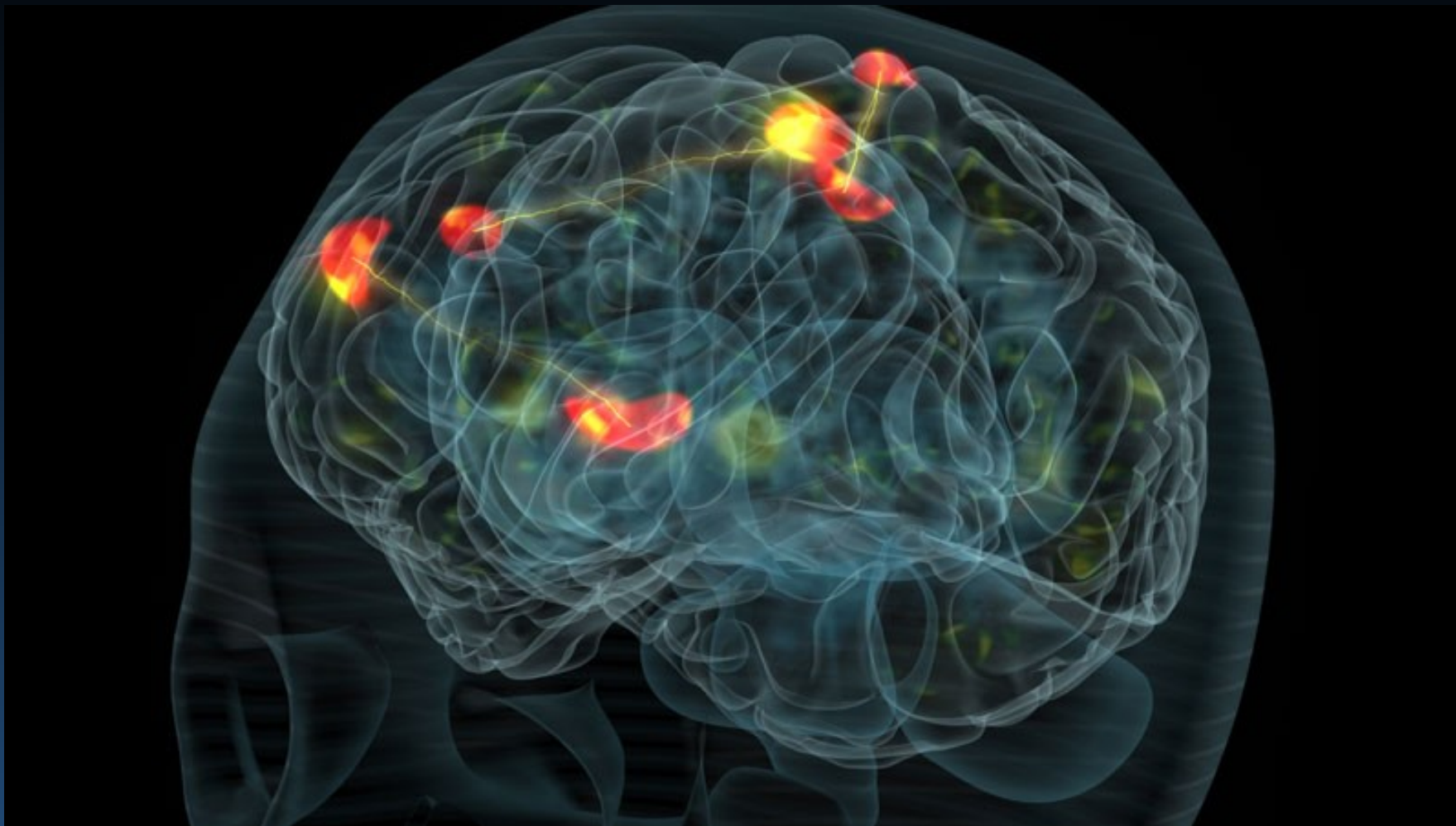
- 1) Jak opisać stany poznawcze, jakie konstrukty psychologiczne?
  - 2) Jak dochodzi do wewnętrznego i zewnętrznego przekazu informacji?
  - 3) Jak reprezentowane są pojęcia w mózgu?
- Gdzie szukać umysłu? Pamięć, neurodynamika i psychodynamika.
  - Mind reading, czyli co nam może pokazać neuroobrazowanie?
  - Neurodynamika, neuroplastyczność i cienie umysłu w aktywności mózgu.
  - Symulacje komputerowe sieci atraktorowych => psychologiczne konstrukty.
  - Jak neurodynamika pomaga zrozumieć złożone funkcje poznawcze: komunikację, preferencje uczenia, tworzenie siatek pojęciowych, teorie spiskowe.

Moje publikacje [brain functions](#), [psychology/consciousness](#).

Duch. W. (2019) Mind as a shadow of neurodynamics. [Physics of Life Reviews](#).

Duch. W. (2020) [Experiential Learning Styles and Neurocognitive Phenomics](#). PsyArXiv.

# Stany mentalne: silne, spójne aktywacje

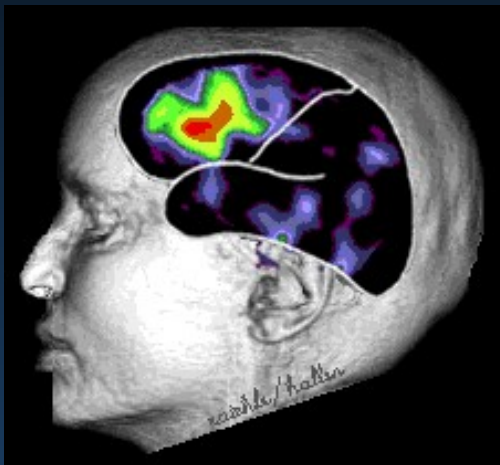


W mózgu bez przerwy toczy się bardzo wiele procesów.

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).

# Stany mózgu ↔ zdarzenia mentalne

Chcemy powiązać konstrukty psychologiczne i subiektywne wrażenia z tym co obiektywne i mierzalne. Potrzebna jest emergencja kontekstowa, czyli analiza fizycznych procesów w kontekście zdarzeń mentalnych.



Stan(Mózg) ↔ Stan(Umysł)

Neurodynamika ↔ Psychodynamika

Brain-Computer Interface



- Metafora: **umysł to cień neurodynamiki. Forma dynamiczna.**  
Wewnętrzny przekaz informacji: pamięć robocza i pamięć długotrwała.
- Jak przejść od stanów mentalnych do neuroobrazowania? BCI jako przykład.

Aktywność neuronalna ↔ trajektorie w przestrzeniach psychologicznych.

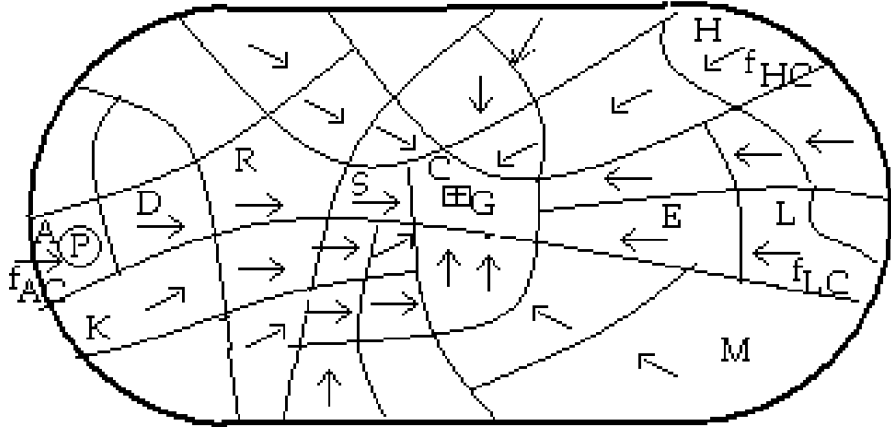
Problem: **nie mamy dobrej fenomenologii stanów umysłu, opisu taki przestrzeni.**

R.T. Hurlburt & E. Schwitzgabel, *Describing Inner Experience?* MIT Press 2007.

E. Schwitzgabel, *Perplexities of consciousness*. MIT Press 2011.

# Siły psychologiczne Kurta Lewina

Fig. 5. "Positive central force field corresponding to a positive valence ( $V_a > 0$ )" (Lewin, fig. 33)



"G, region of a positive valence ( $V_a(G) > 0$ ), located in C; P, person; the forces  $f_{A,C}$ ,  $f_{H,C}$ , or  $f_{L,C}$  correspond to  $V_a(G)$  in case P is located at A, H, or L, respectively;  $f_{X,Y} = f_{X,G}$ ."

Kurt Lewin, ojciec psychologii społecznej, analizował interakcje pomiędzy ludźmi i ich środowiskiem, zainspirowany teorią pola.

Przejścia pomiędzy stanami mentalnymi to wynik działania sił psychologicznych.

Rejony pozytywnej walencji to baseny atrakcji neurodynamiki.

Książki K. Lewina: *Principles of Topological Psychology* (1936);

*Conceptual Representation & Measurement of Psychological Forces* (1938);

*Field Theory in Social Science* (1951).

# Przestrzeń pojęciowa



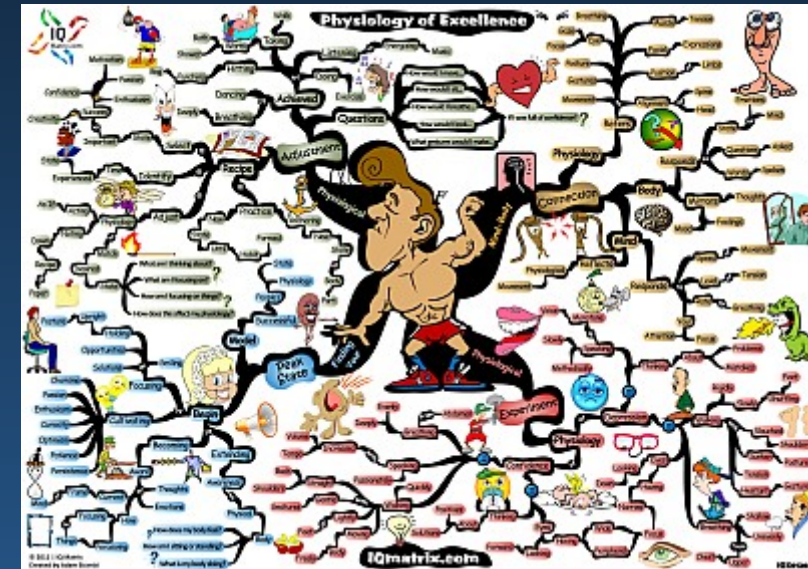
Wspólna przestrzeń pojęciowa jest konieczna do komunikacji, do zrozumienia, do czytania i pisanie ze zrozumieniem.

Od 1986 roku w USA i w Wielkiej Brytanii działa **Core Knowledge Foundation** próbując zdefiniować ten wspólny kod kulturowy, od przedszkola do końca szkoły podstawowej.

Przestrzeń komunikacyjna: jak rozumiemy dane pojęcie, jakie mamy skojarzenia, jaki łańcuch skojarzeń, jaki oddźwięk to wywołuje w innym mózgu? Jaką mamy siatkę pojęciową?

**Modele języka naturalnego**, takie jak OpenAI GPT-3, czy Google Switch Transformer (1600 mld parametrów, w 2048 domenach) trenowane są na ogólnej wiedzy, trylionach słów, potem znacznie łatwiej jest stworzyć model w specjalistycznej domenie.

Słowa, pojęcia aktywujące mózg umożliwiają segmentację doświadczenia, bez nich byłby ciągły przepływ stanów, bardzo ograniczone możliwości planowania, uboga przestrzeń neuronalna, w której zachodzą procesy skojarzeniowe.



Siatka pojęciowa (conceptual framework), „mind space” (WD, 1994).  
[IQmatrix.pl](http://IQmatrix.pl) i mapy umysłu.

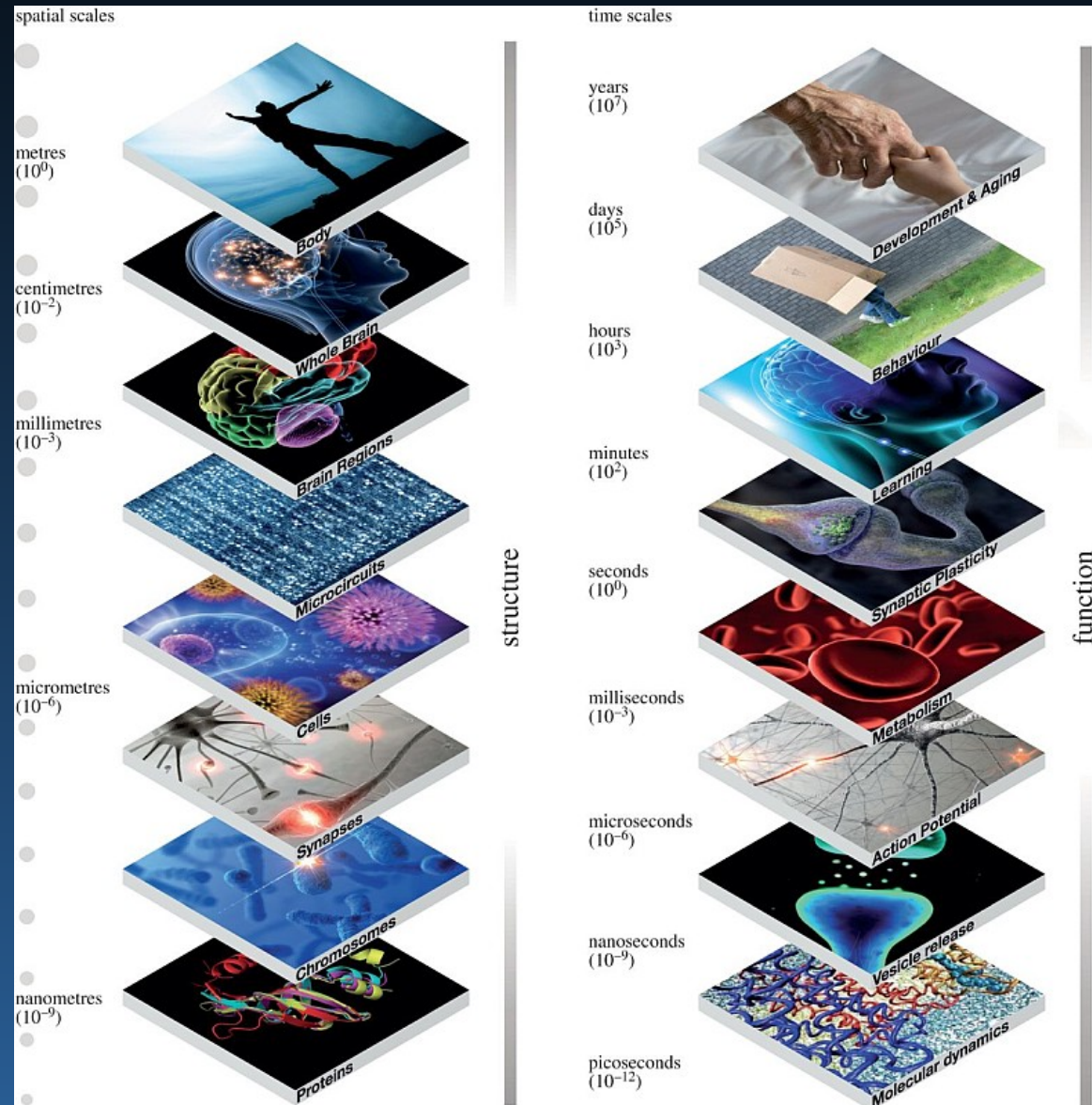
# Fenomika neuropsychiatryczna

2008: The Consortium for Neuropsychiatric Phenomics

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

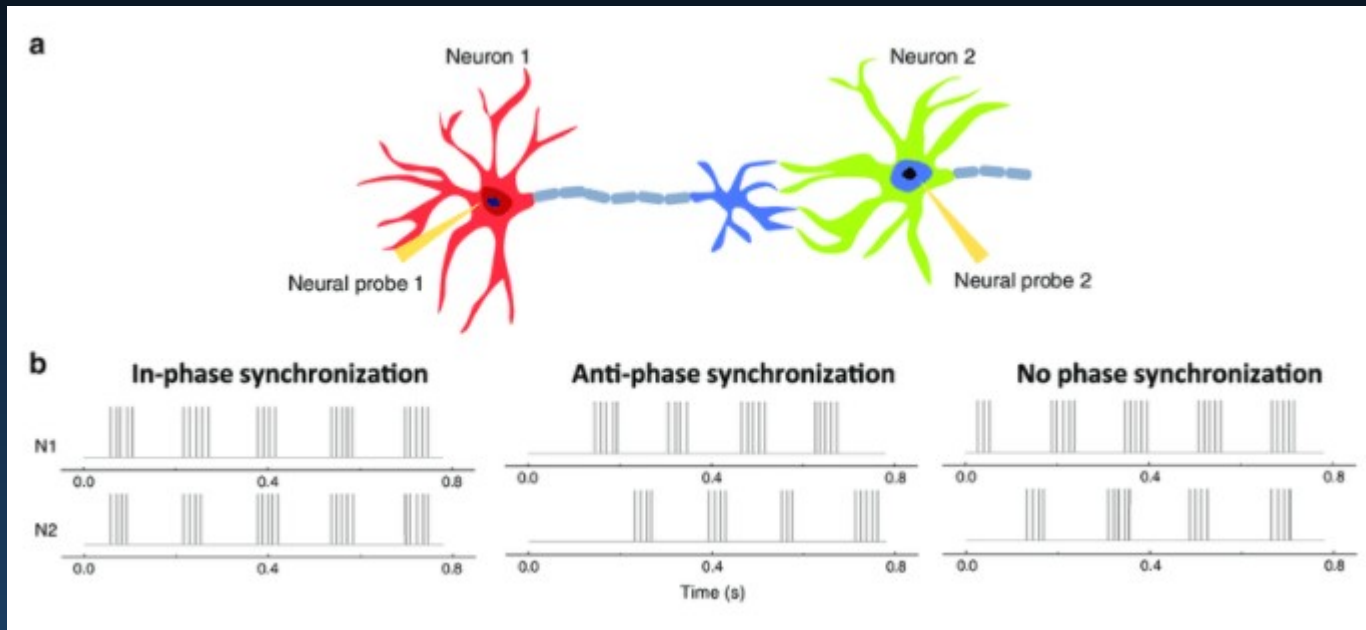
Wyjaśnienia na wielu poziomach, skale czasowe od pikosekund do lat, rozmiary od nanometrów do metra – RDOC NIMH.

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



# Komunikacja neuronów

Synchronizacja potencjałów czynnościowych, zmiana siły połączeń synaptycznych (powolna, LTP, LTD) ale również progów pobudliwości neuronów (szybka).



Transmisja informacji na poziomie makro jest większa niż mikro!

Na poziomie mikro nie da się połączyć różnych typów informacji ze sobą, redukcja do poziomu mikro jest więc utratą informacji. Słowa lepsze niż potencjały.

Hoel, E. P. (2017). When the Map Is Better Than the Territory. *Entropy*, 19(5), 188.

Varley, T., & Hoel, E. (2021). Emergence as the conversion of information: A unifying theory. [ArXiv:2104.13368](https://arxiv.org/abs/2104.13368);

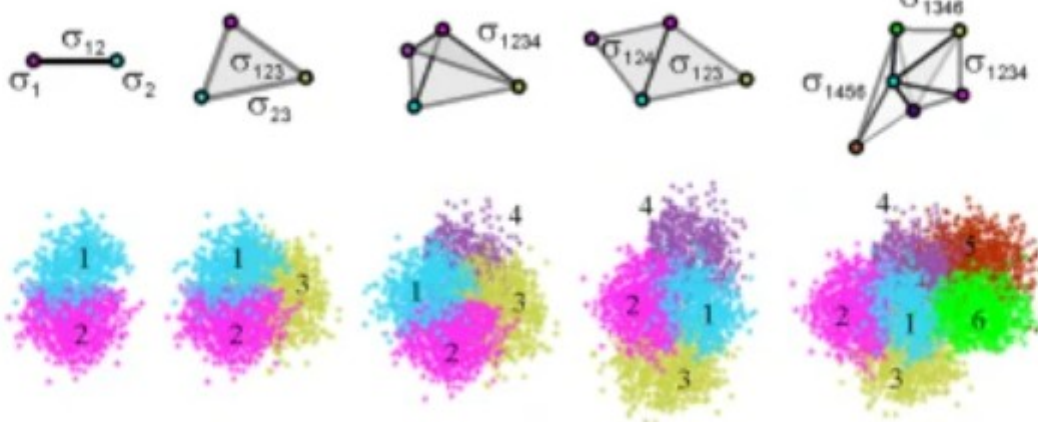


# Neuronalne kompleksy

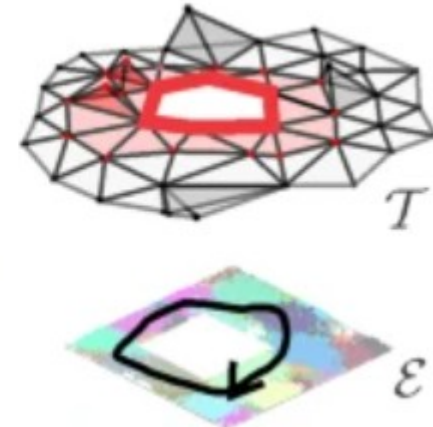
A.



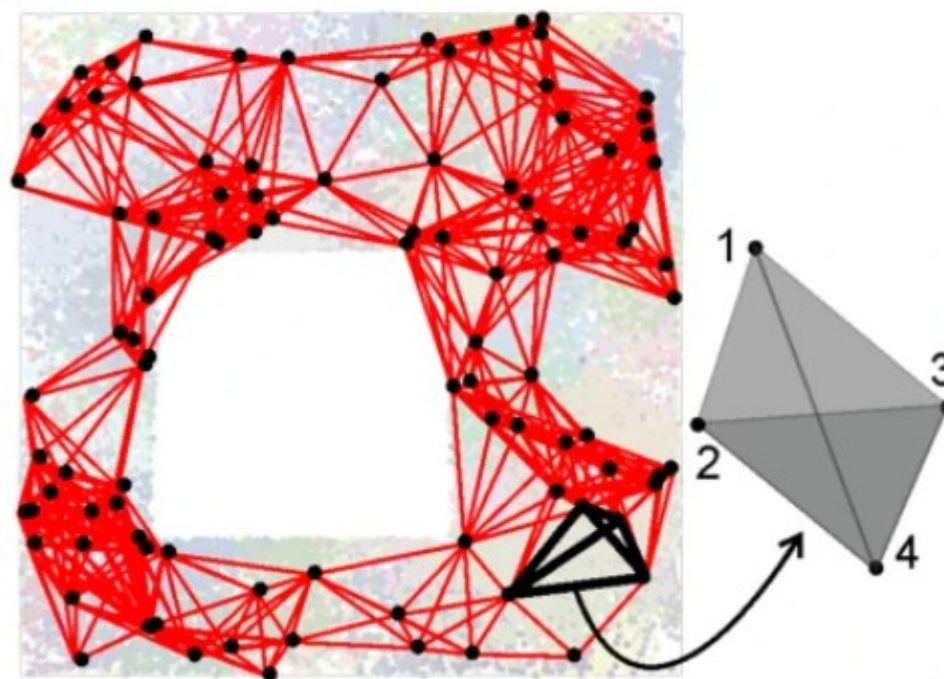
B.



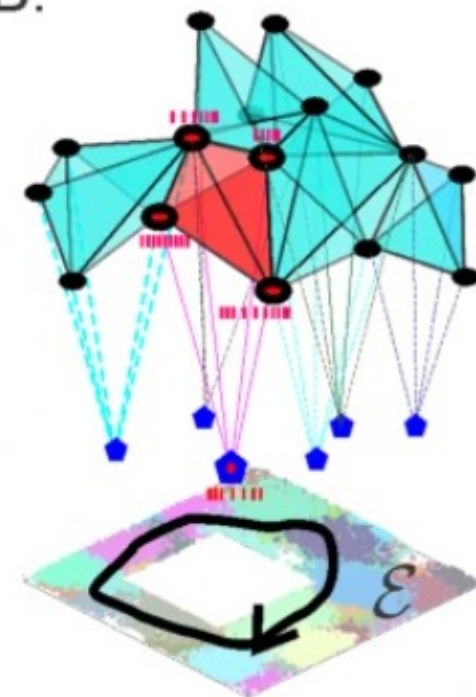
C.



A.



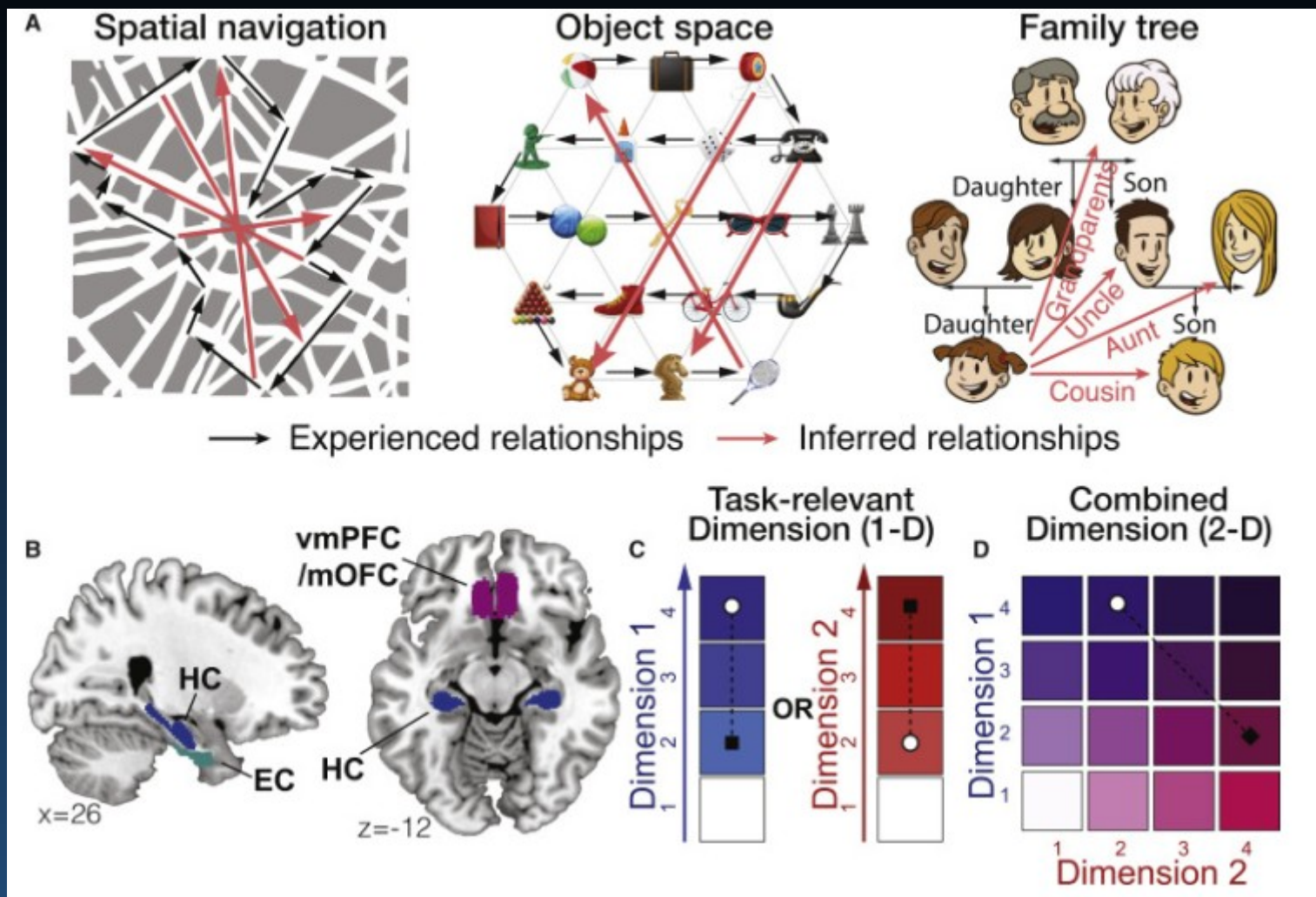
B.



Komórki miejsca w czasie wędrówki tworzą struktury o topologii odpowiadającej ścieżkom ruchu.

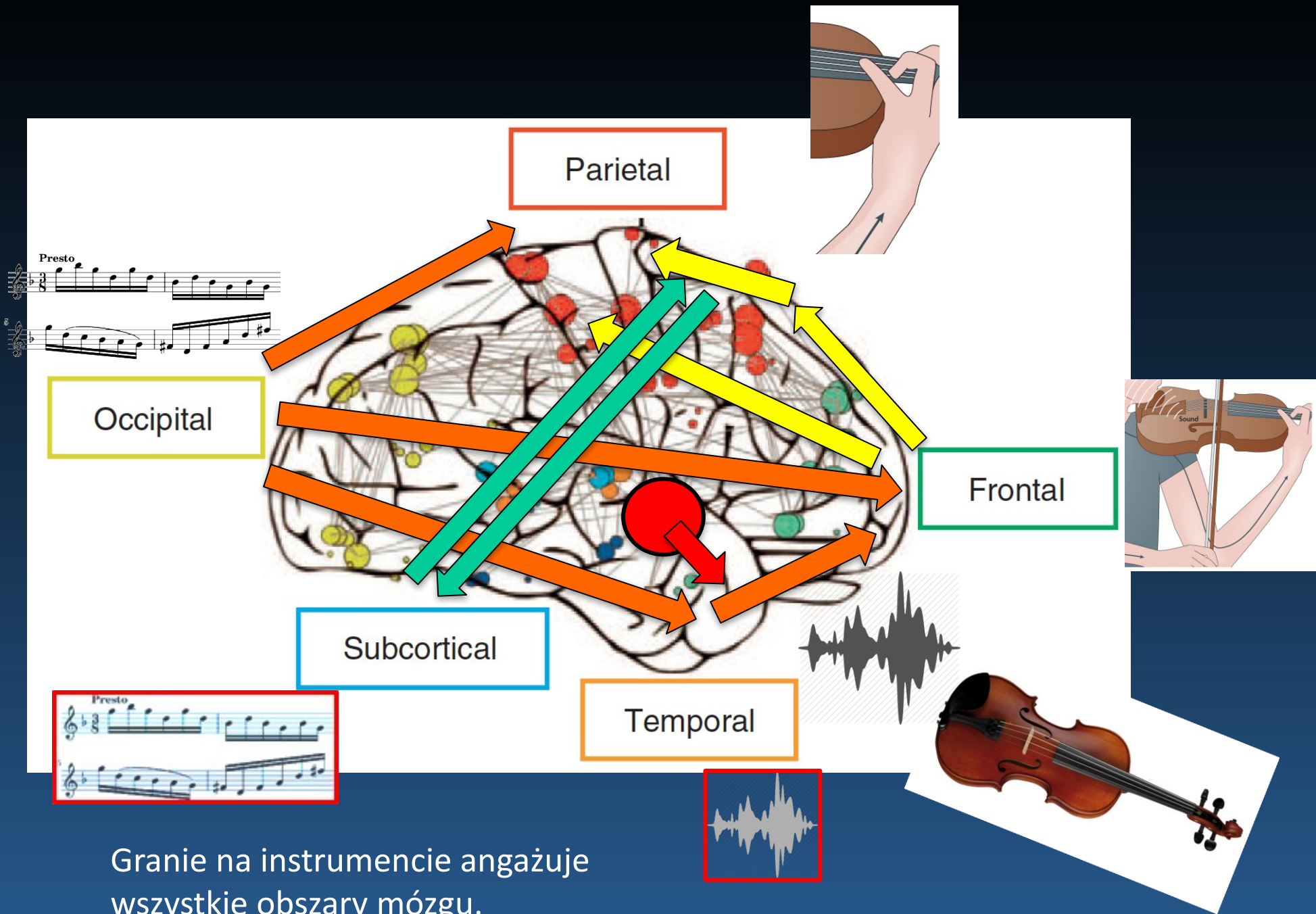
Kompleksy neuronalne ulegają uproszczeniu.

# Abstrakcyjne mapy kognitywne



Od nawigacji przestrzennej do abstrakcyjnych map pojęć (cognitive maps), pozwalających na wnioskowanie. Drzewo: czarne linie – poznane, czerwone wnioskowane.

Park, S. A. et al. (2020). Map Making: Constructing, Combining, and Inferring on Abstract Cognitive Maps. *Neuron*, 107(6), 1226-1238.e8; Morton, N. W., & Preston, A. R. (2021). Concept formation as a computational cognitive process. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 38, 83–89.



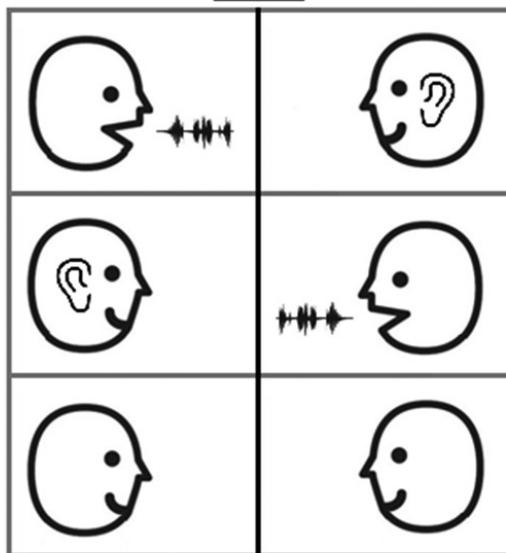
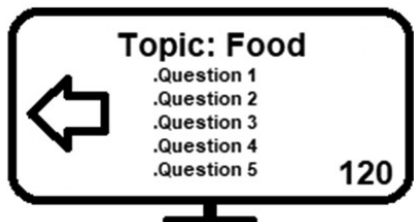
Granie na instrumencie angażuje wszystkie obszary mózgu.

# Komunikacja interpersonalna

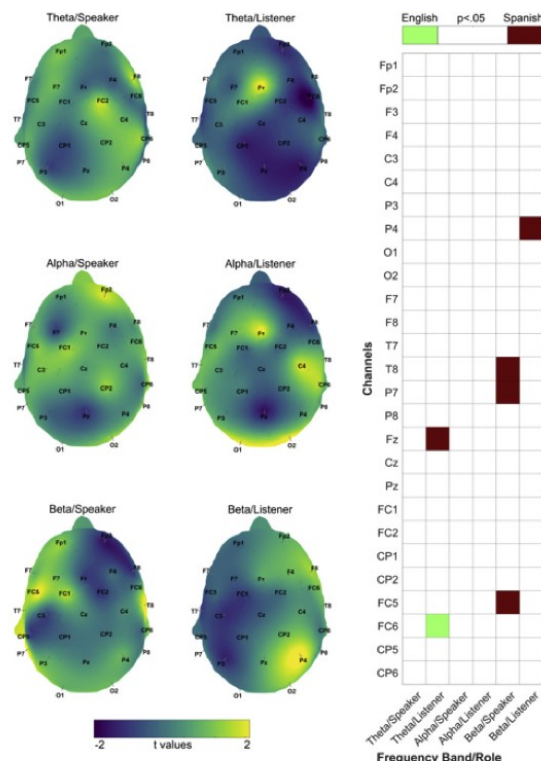
Interpersonalna synchronizacja neuronalna (INS) badana jest metodami hiperskanowania EEG/fNIRS, np. obserwując synchronizację liderów i ich zwolenników. Synchronizacja mózgow hiszpanów mówiących po angielsku (zielone) lub hiszpańsku.

Pérez A, Dumas G, Karadag M, & Duñabeitia J A (2019). Differential brain-to-brain entrainment while speaking and listening in native and foreign languages. Cortex 111.

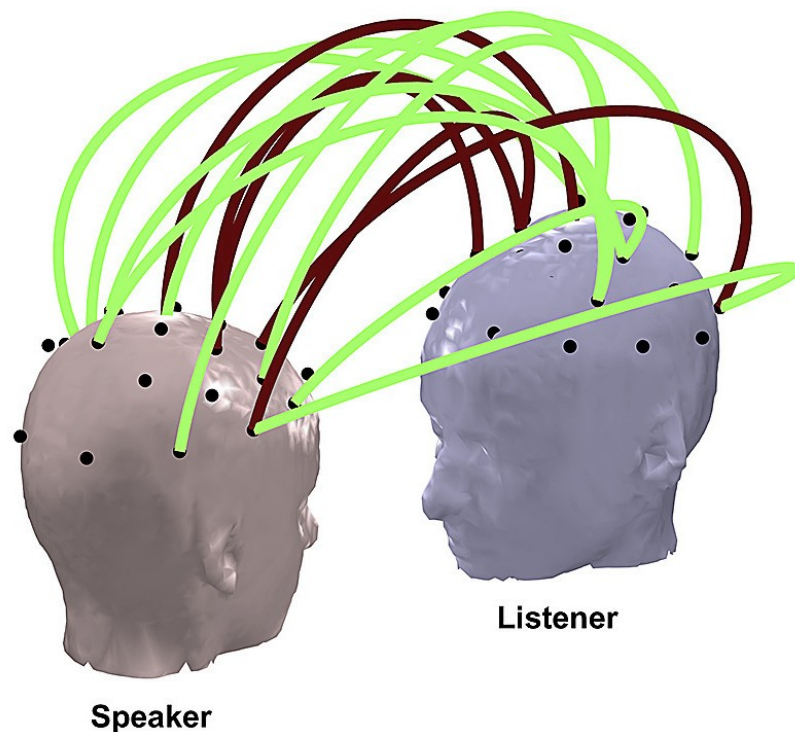
## Experimental design (topic based dialogs)



## Brain entrainment to the speech envelope



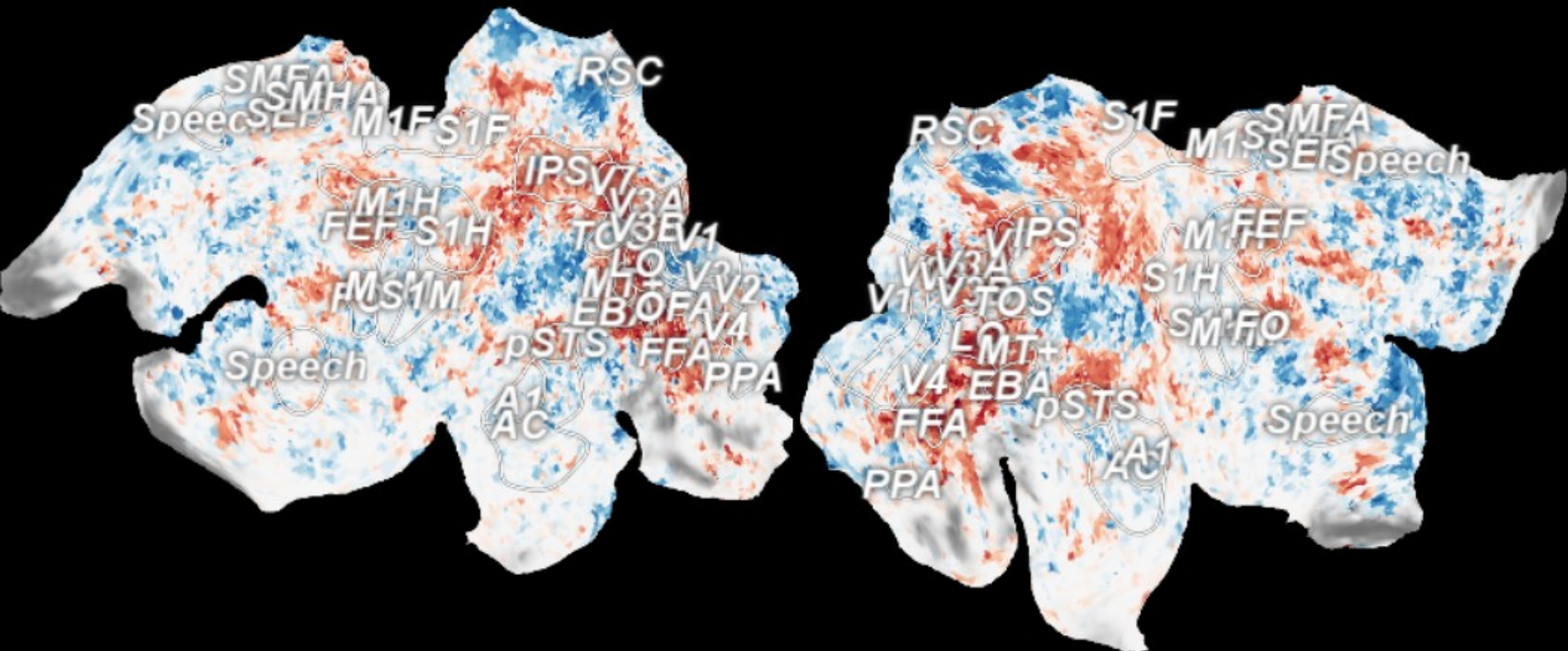
## Brain-to-brain synchronization Foreign vs Native language (alpha)



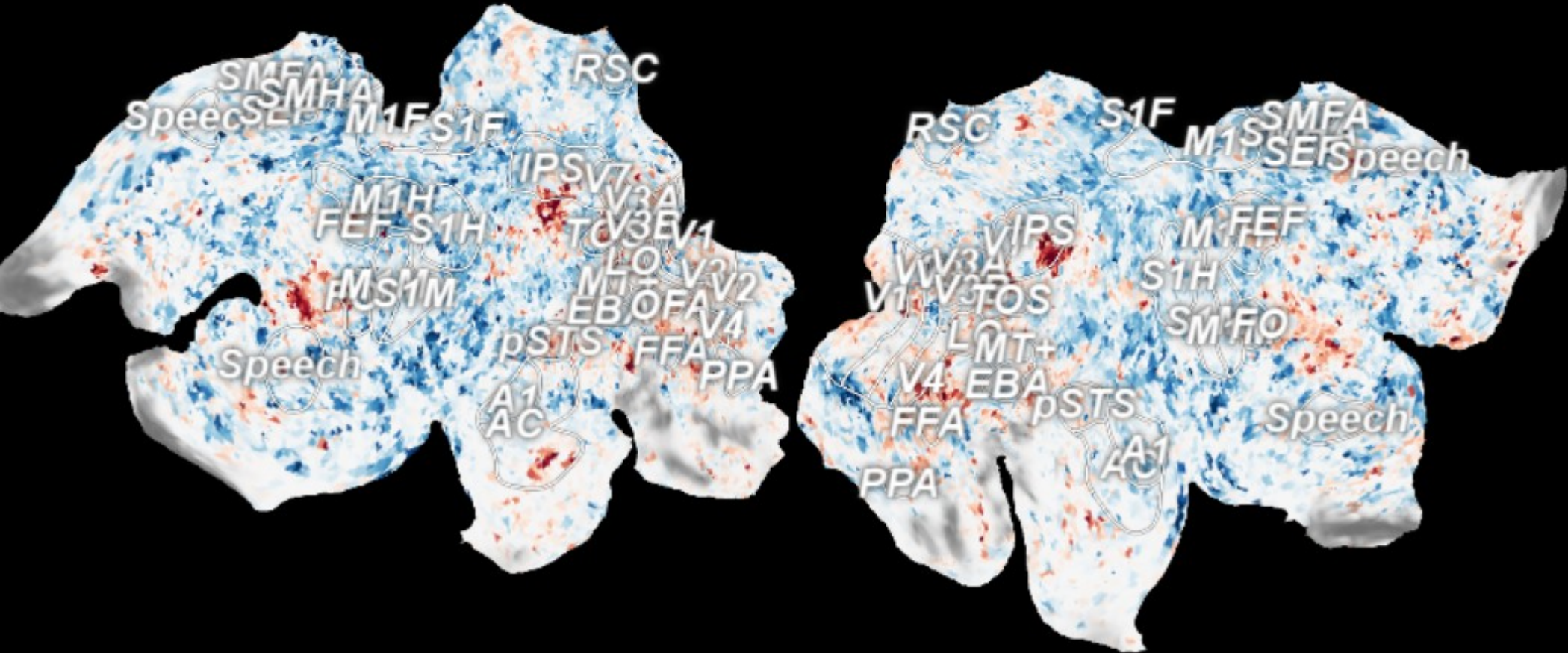




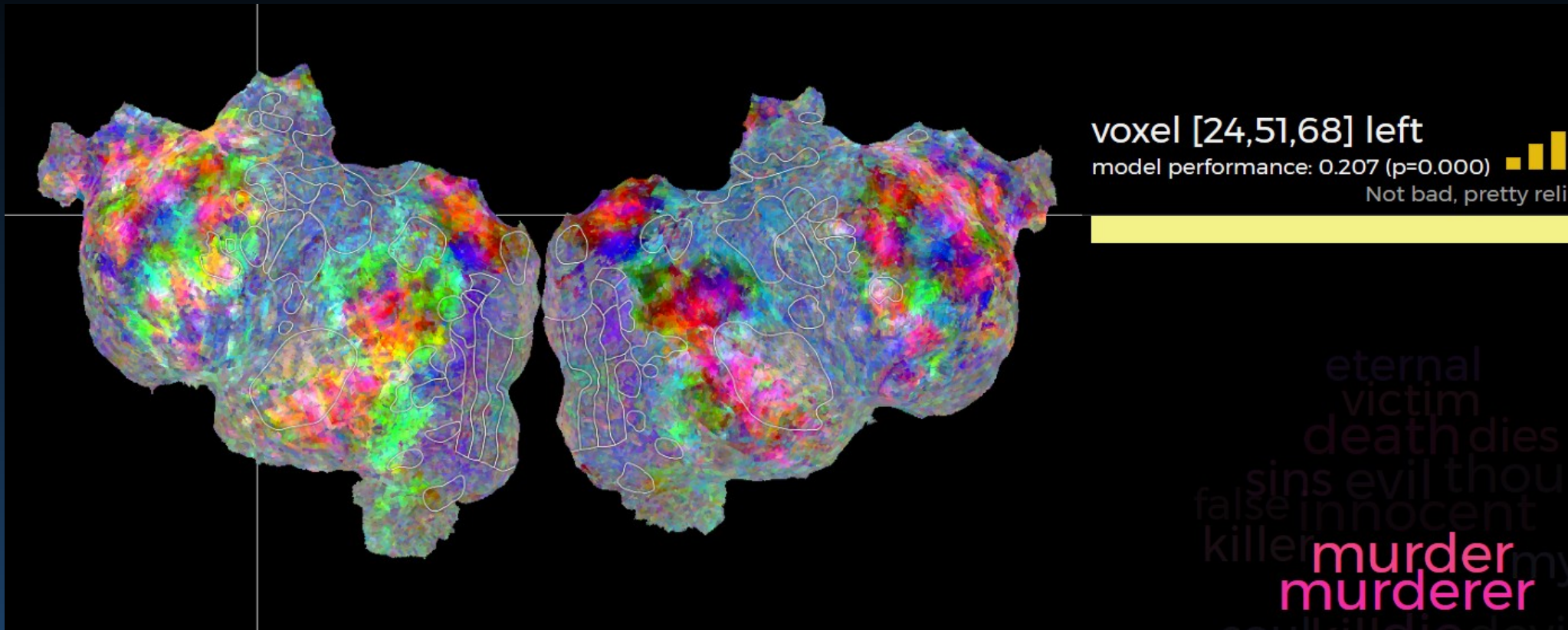
Category zebra: Passive Viewing



Category traffic light: 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



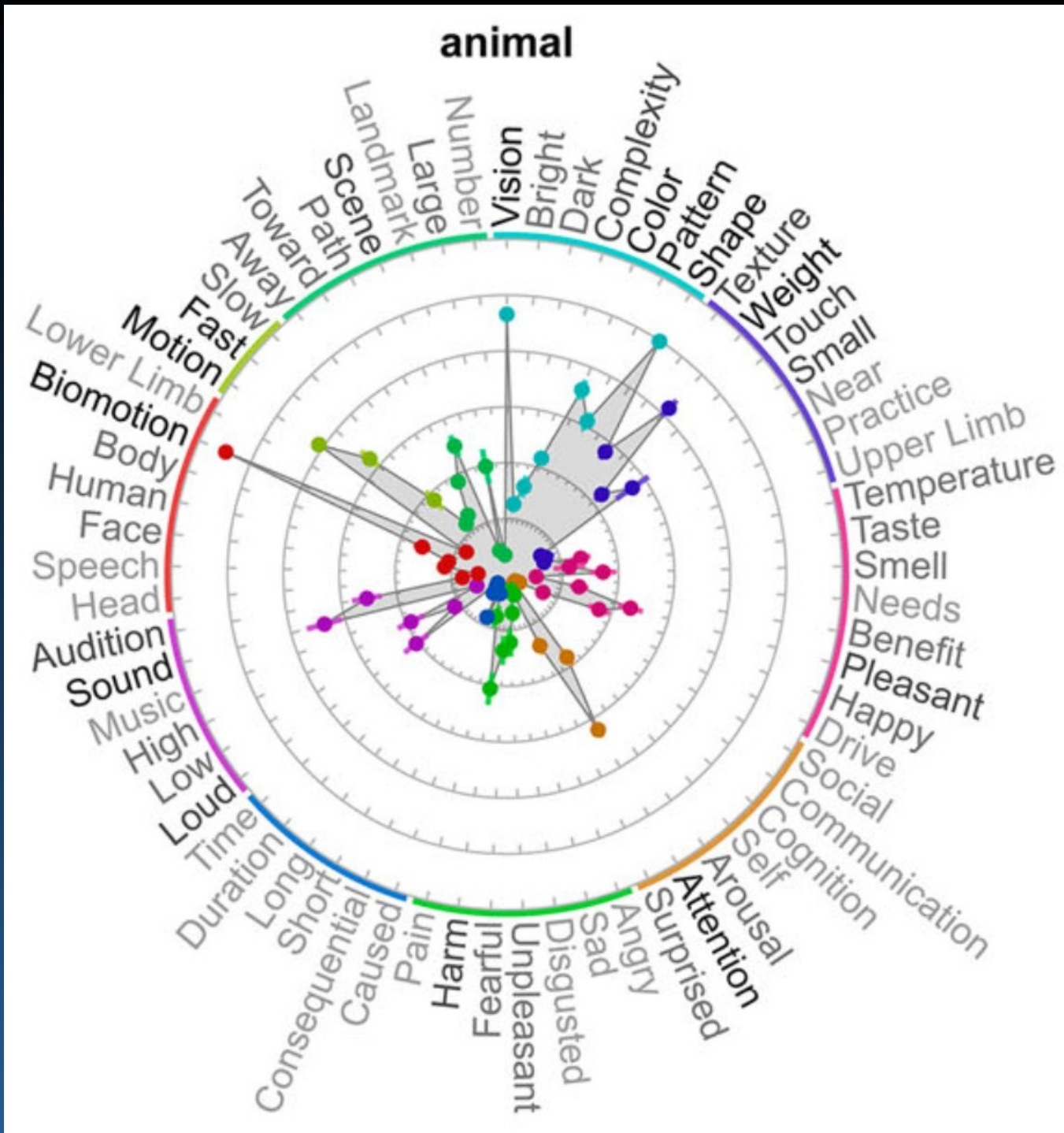
Semantyka oparta na naturalnych cechach, na które reagują mózgi.

J.R. Binder et al.  
Toward a Brain-Based Componential Semantic Representation, 2016

65 cech/własności związanych z percepcją, emocjami, neuronalnymi funkcjami.

Kolory na okręgu: ogólne kategorie.

Nie tylko obiekty dające się zobaczyć, inne pojęcia również!



# Geometryczny model mózg-umysł

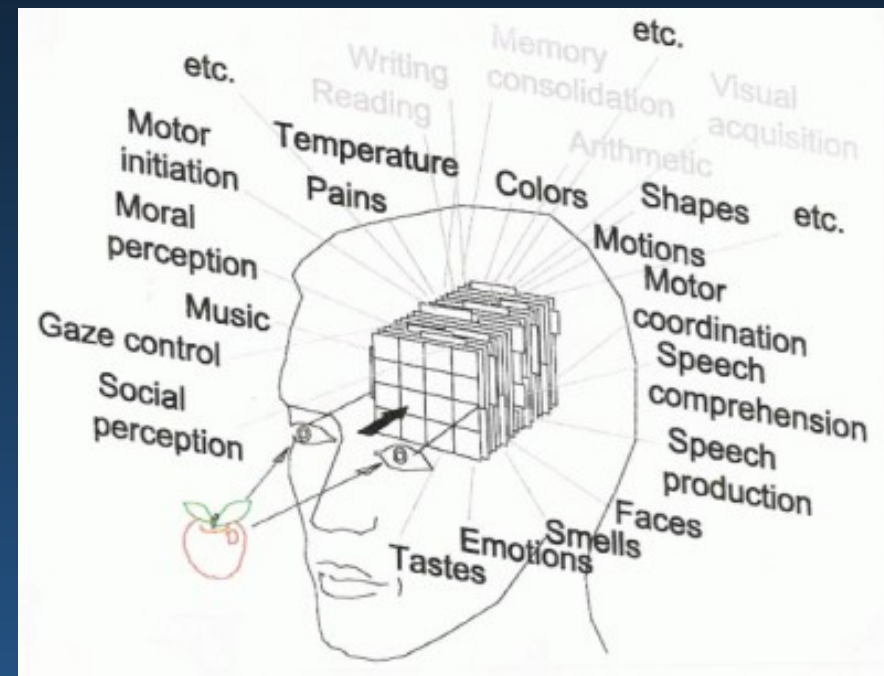
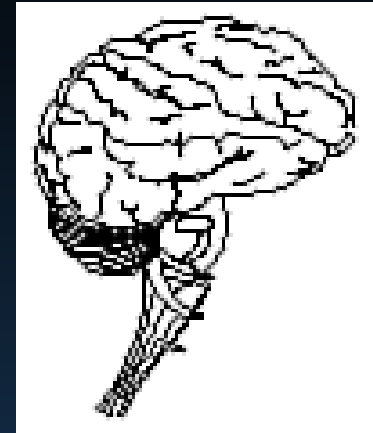
Neurodynamika: aktywność neuronalna mózgu mierzona za pomocą EEG, MEG, NIRS-OT, PET, fMRI i innych technik.

Mapowanie  $S(M) \leftrightarrow S(U)$ .

Jak opisać stan umysłu, psychodynamikę?

Nie wystarczy opis werbalny, potrzebna jest przestrzeń, której wymiary odpowiadają subiektywnemu doświadczeniu określanego za pomocą intencji, percepcji własności obiektów i interakcji, ruchu, emocji.

Zdarzenia mentalne, ruch myśli  $\leftrightarrow$  trajektorie w przestrzeniach psychologicznych.



Duch. W. (2019) Mind as a shadow of neurodynamics. [Physics of Life Reviews](#)

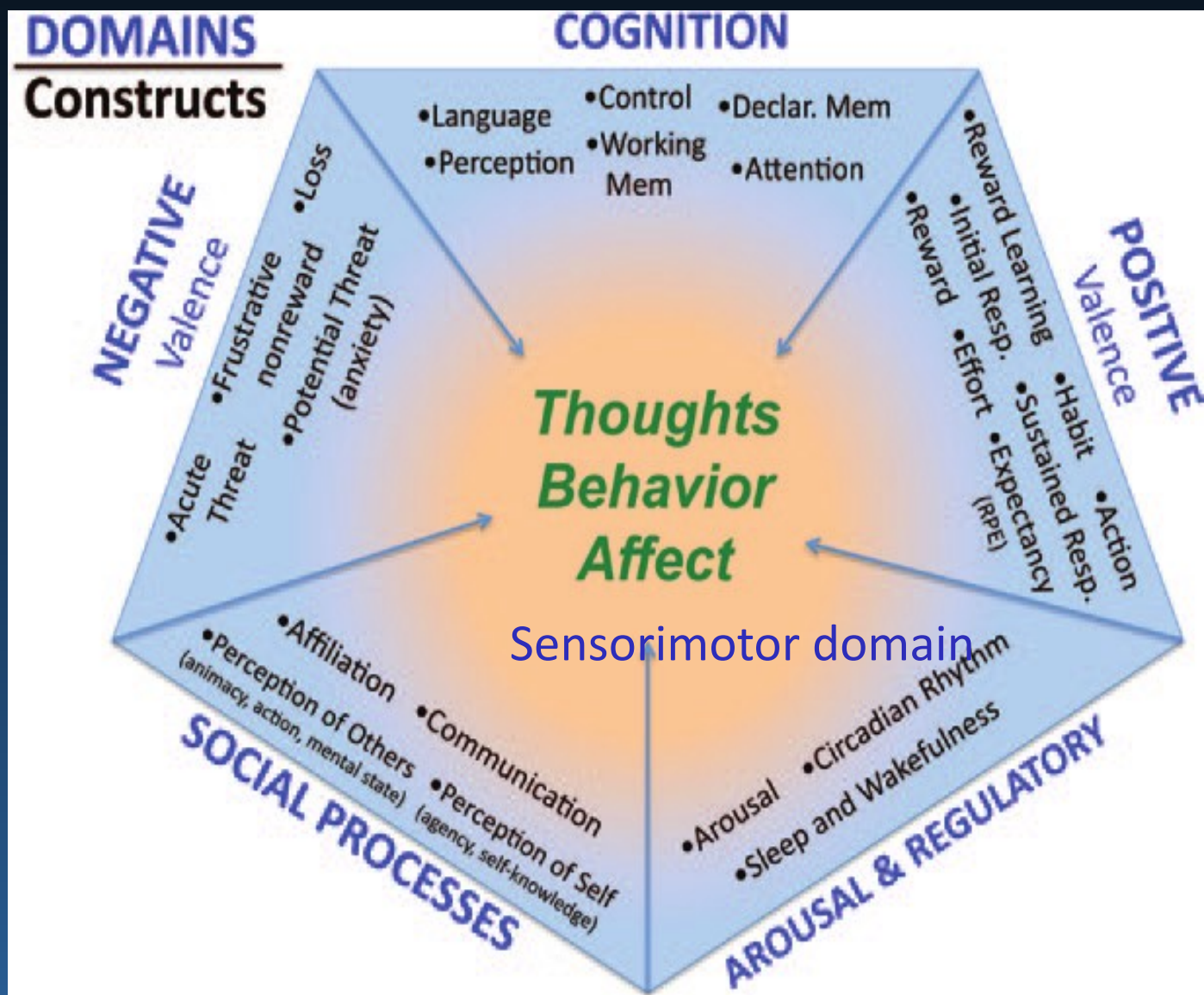
Duch W (1996) Computational physics of the mind. Computer Physics Communication 97

## NIMH RDoC Matrix: regulacja 6 dużych systemów.

Psychologiczne konstrukty to metafory używane do werbalnego opisu stanów mentalnych.

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

W jaki sposób mózg je realizuje?



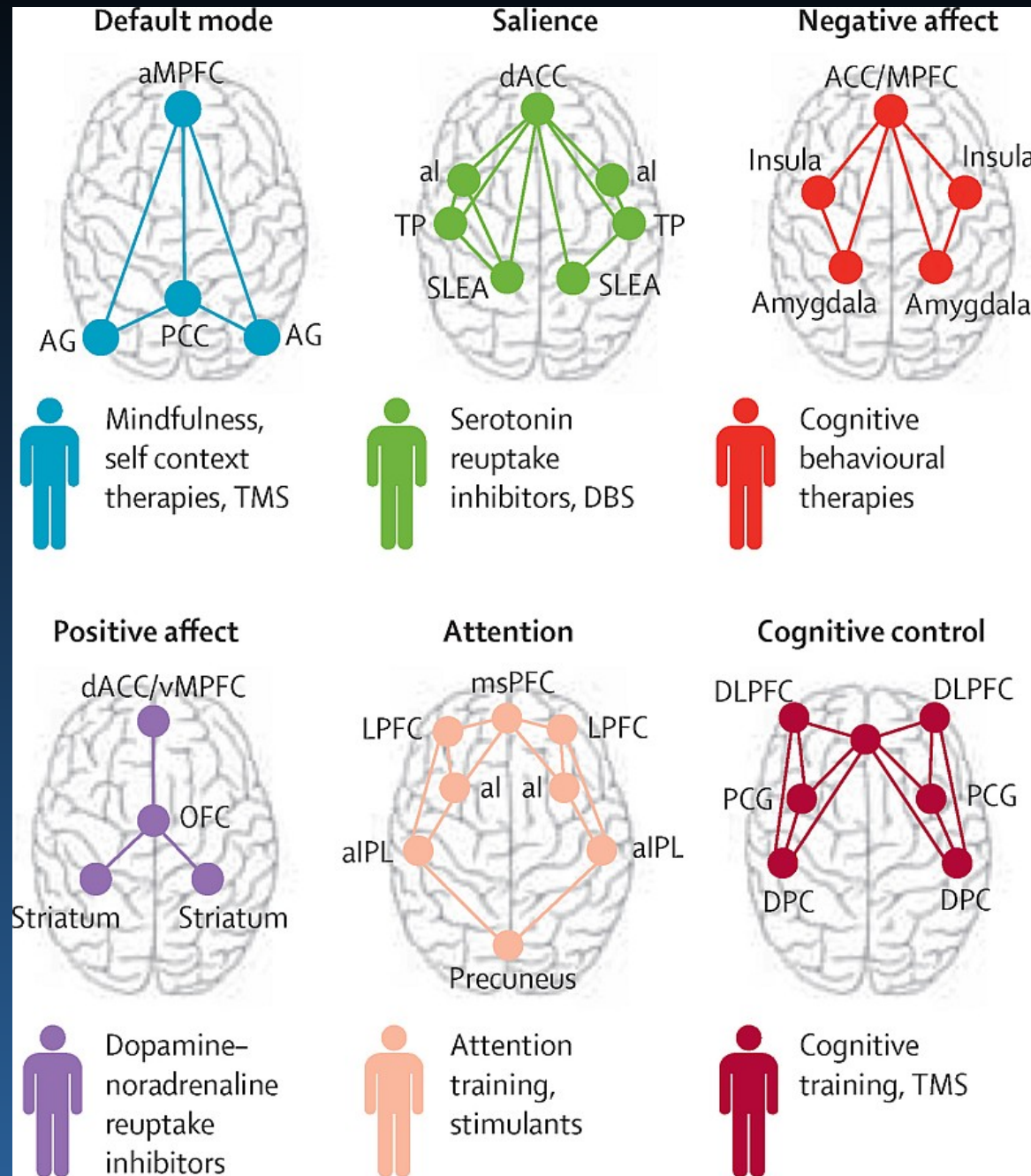
# Fenomika wielopoziomowa

Zamiast klasyfikacji zaburzeń psychicznych za pomocą symptomów NIMH proponuje **Research Domain Criteria (RDoC)**, macierz wielopoziomowej fenomiki neuropsychiatrycznej, opisującą deregulację 6 dużych systemów.

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

Od genów, białek i innych molekuł, komórek, **mikroobwodów**, fizjologii do reakcji organizmu i odczuć subiektywnych.

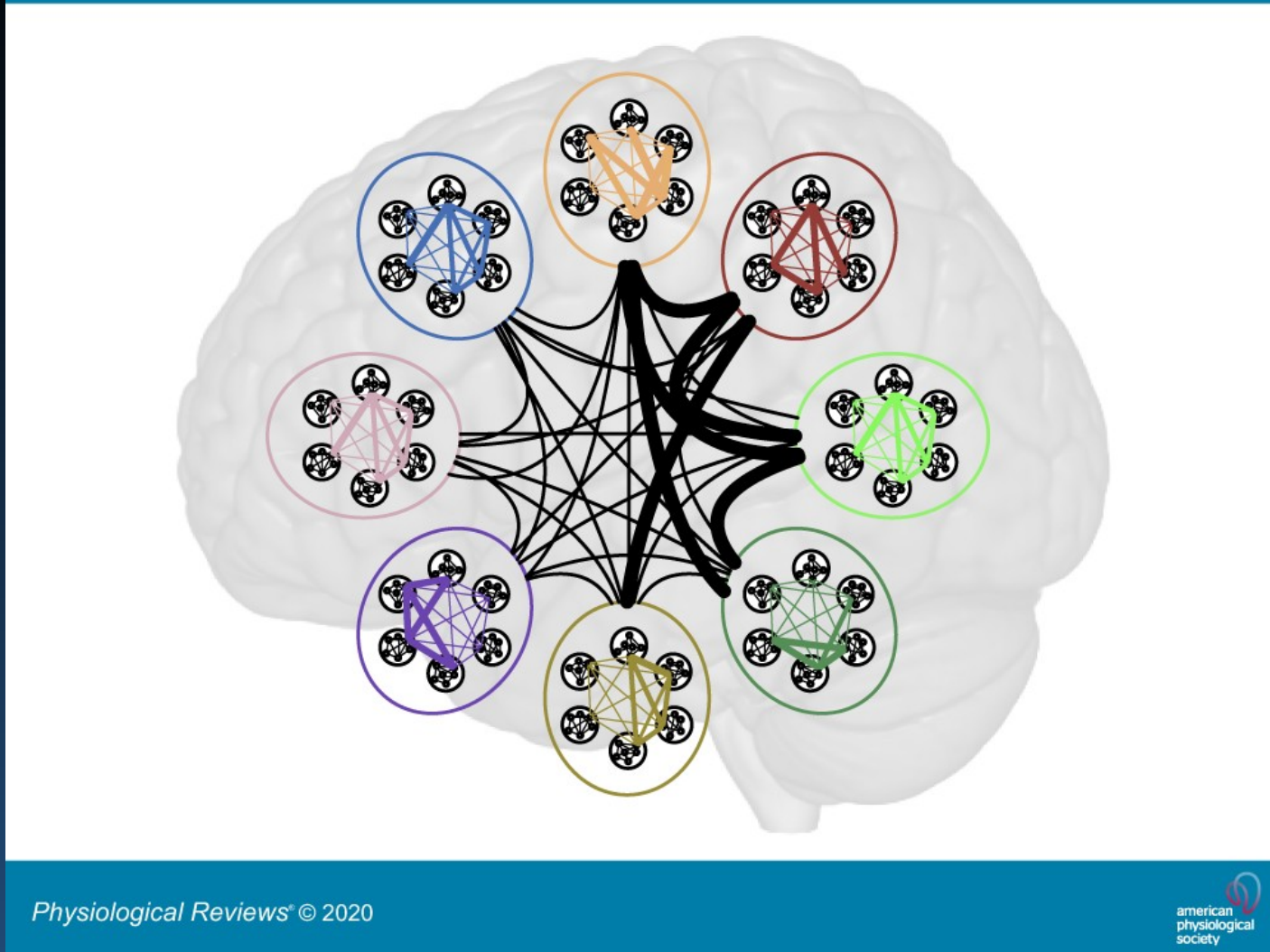
Ile rozległych sieci? 7-17 czy 128?



# Macierz RDoC dla „domeny kognitywnej”

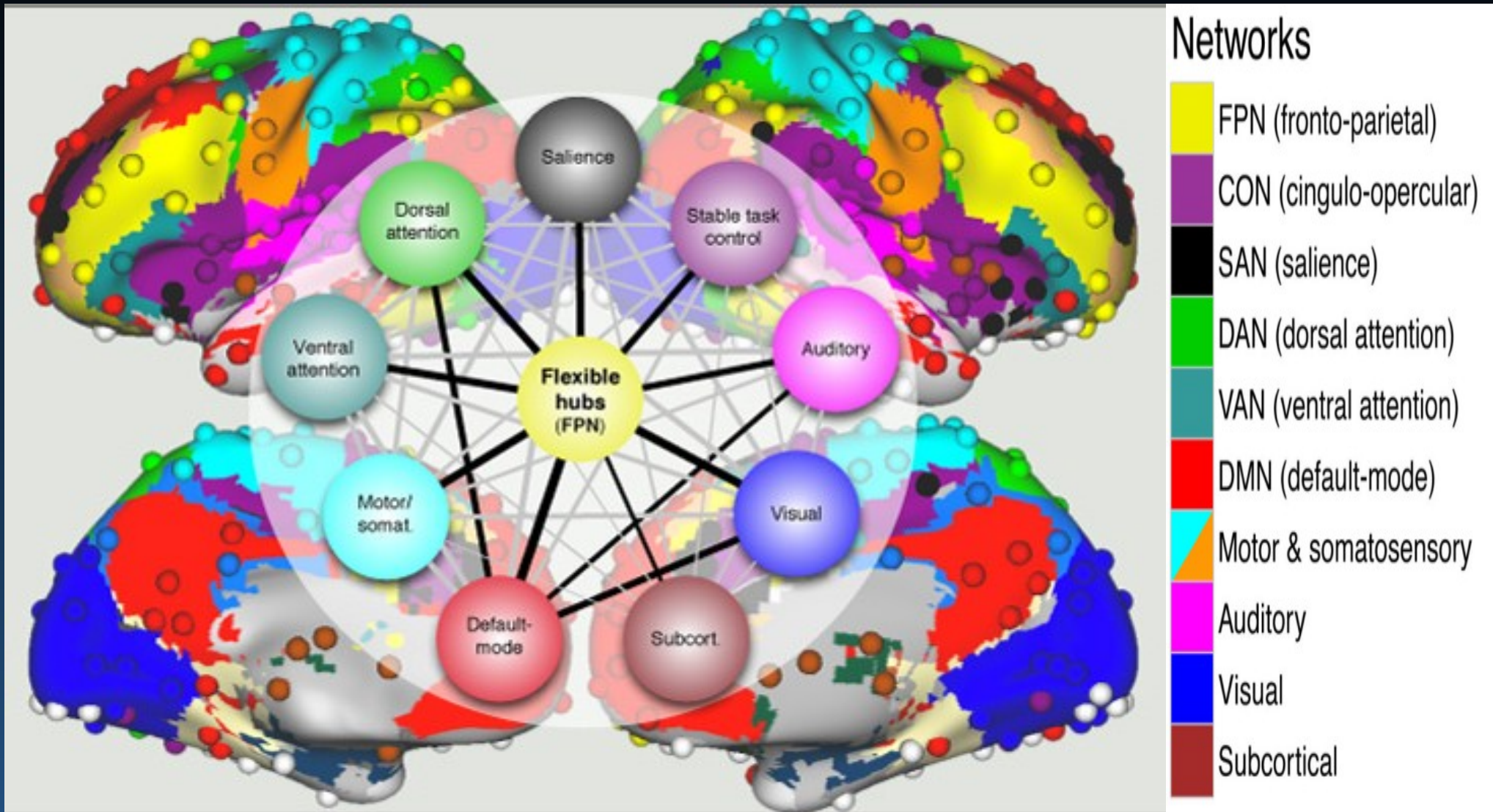
Construct/Subconstruct		Genes	Molecules	Cells	Circuits	Physiology	Behavior	Self-Report	Paradigms
Perception	Attention	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements		Elements
	Visual Perception	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements	Elements
	Auditory Perception	Elements	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

# ~ 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



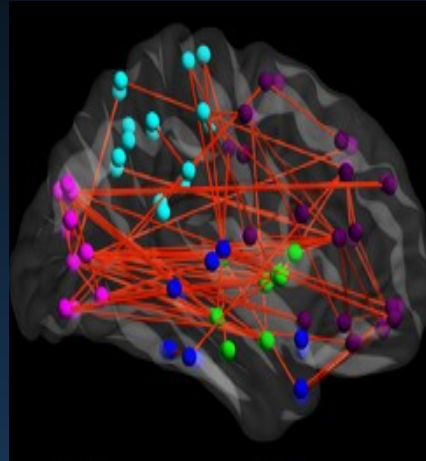
Centralna rola sieci czołowo-ciemiennych (FPN) pozwala na kontrolę przepływu informacji pomiędzy sieciami odpowiedzialnymi za różne funkcje. Czarne linie pokazują silne korelacje, większość przechodzi przez FPN. (Cole et al. 2013).

# Konektom z MRI/fMRI

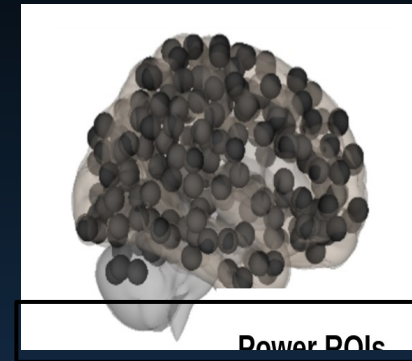
Structural connectivity



Functional connectivity

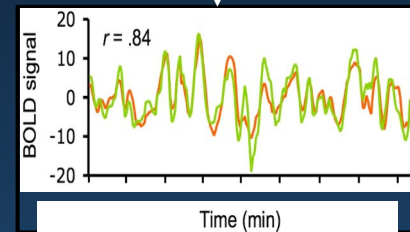


Node definition (parcelation)



Power ROIs

Signal extraction

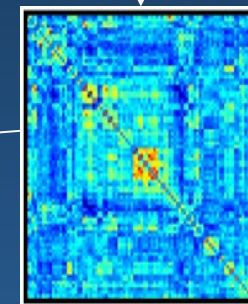


Correlation calculation

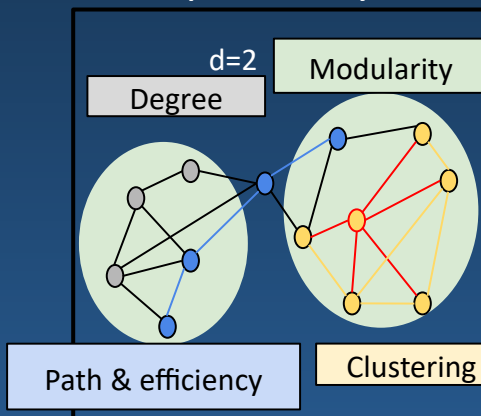
Binary matrix



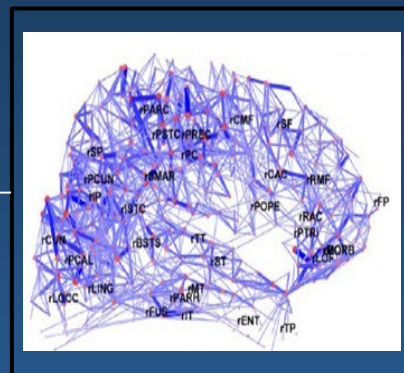
Correlation matrix



Graph theory



Whole-brain graph

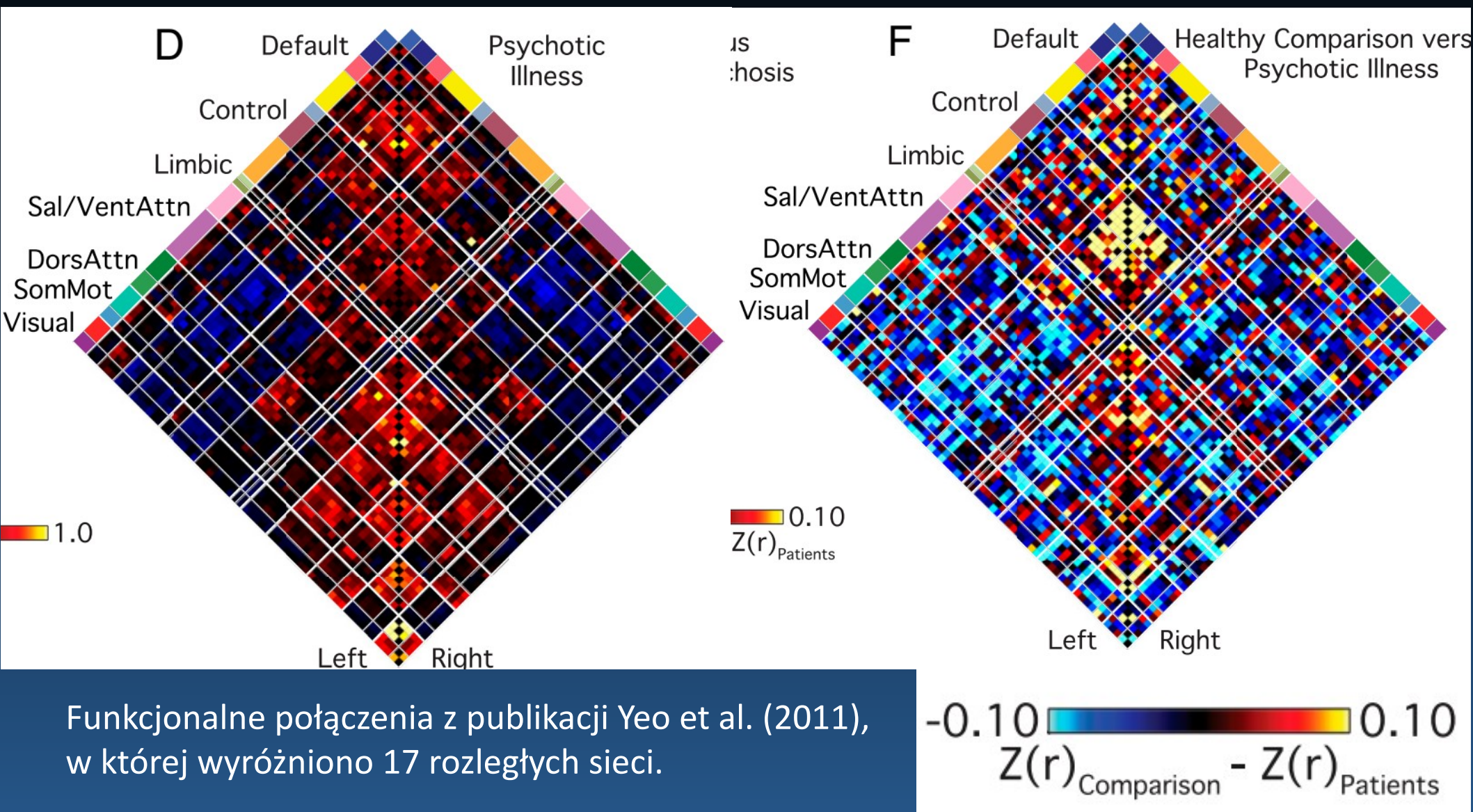


Many toolboxes available for such analysis.

Bullmore & Sporns (2009)



# Komunikacja w mózgu



Funkcjonalne połączenia z publikacji Yeo et al. (2011), w której wyróżniono 17 rozległych sieci.

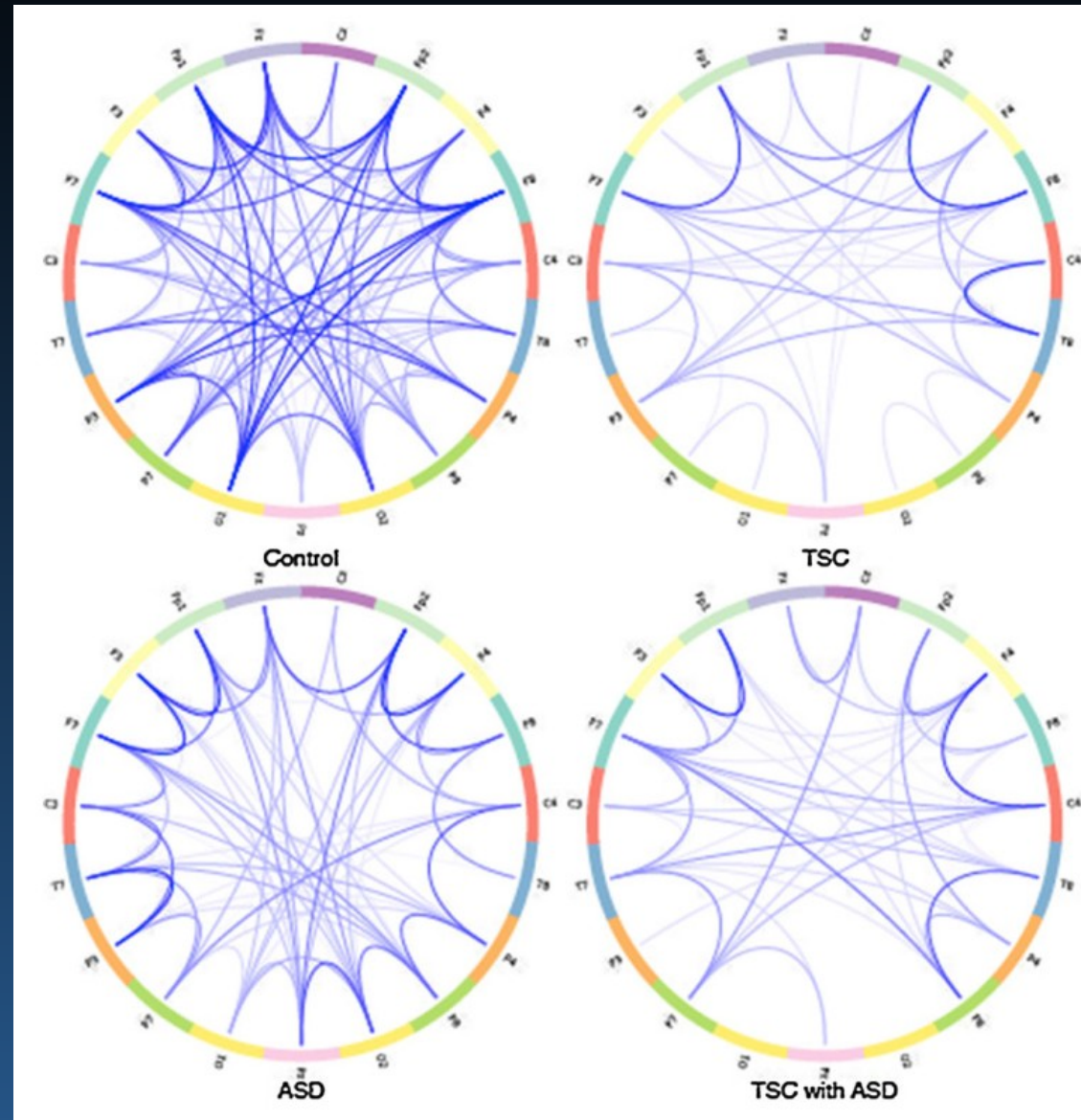
Widać znaczne różnice osób cierpiących na psychozy.

# 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

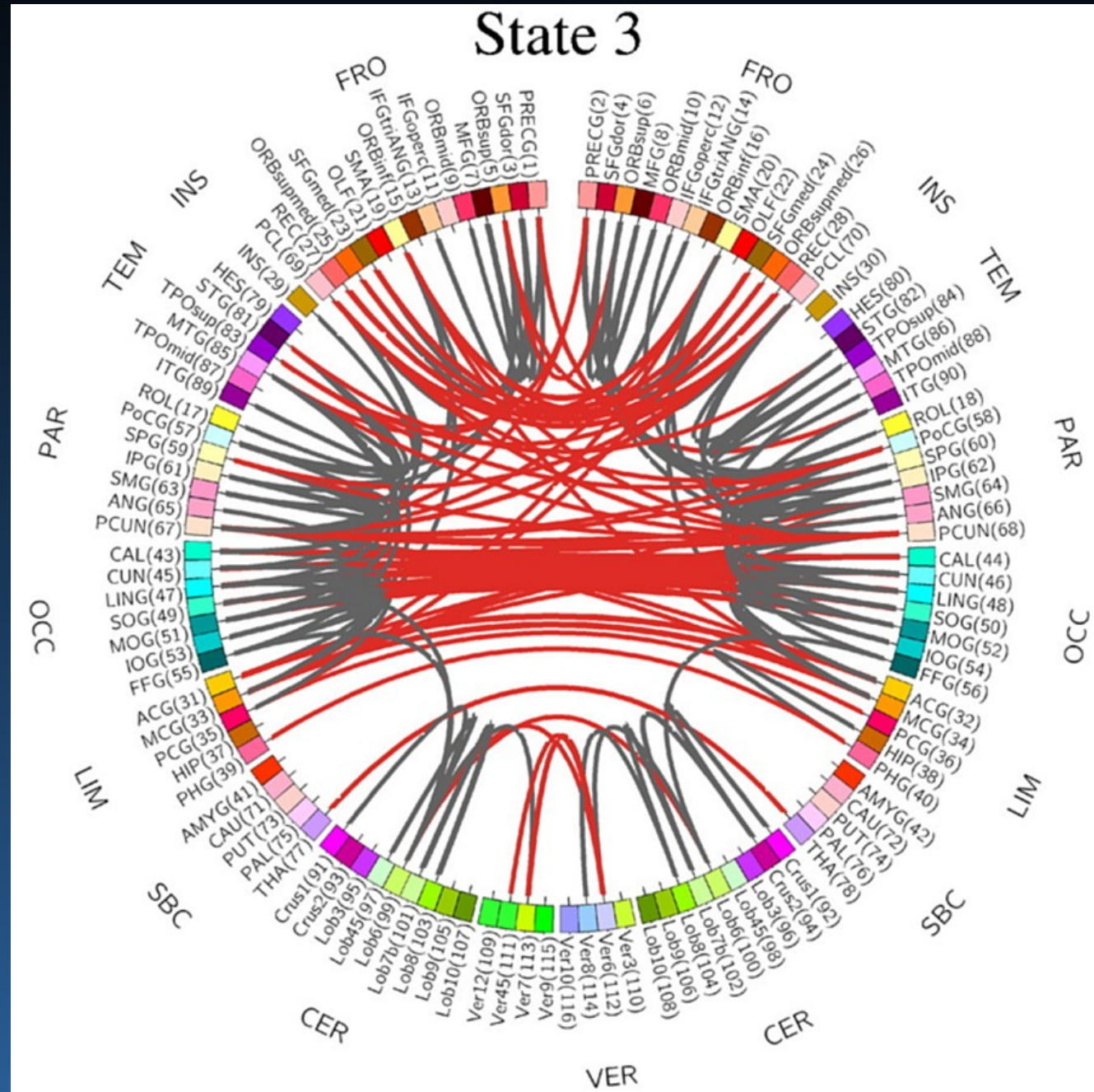
# Połączenia funkcjonalne u zdrowych

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)



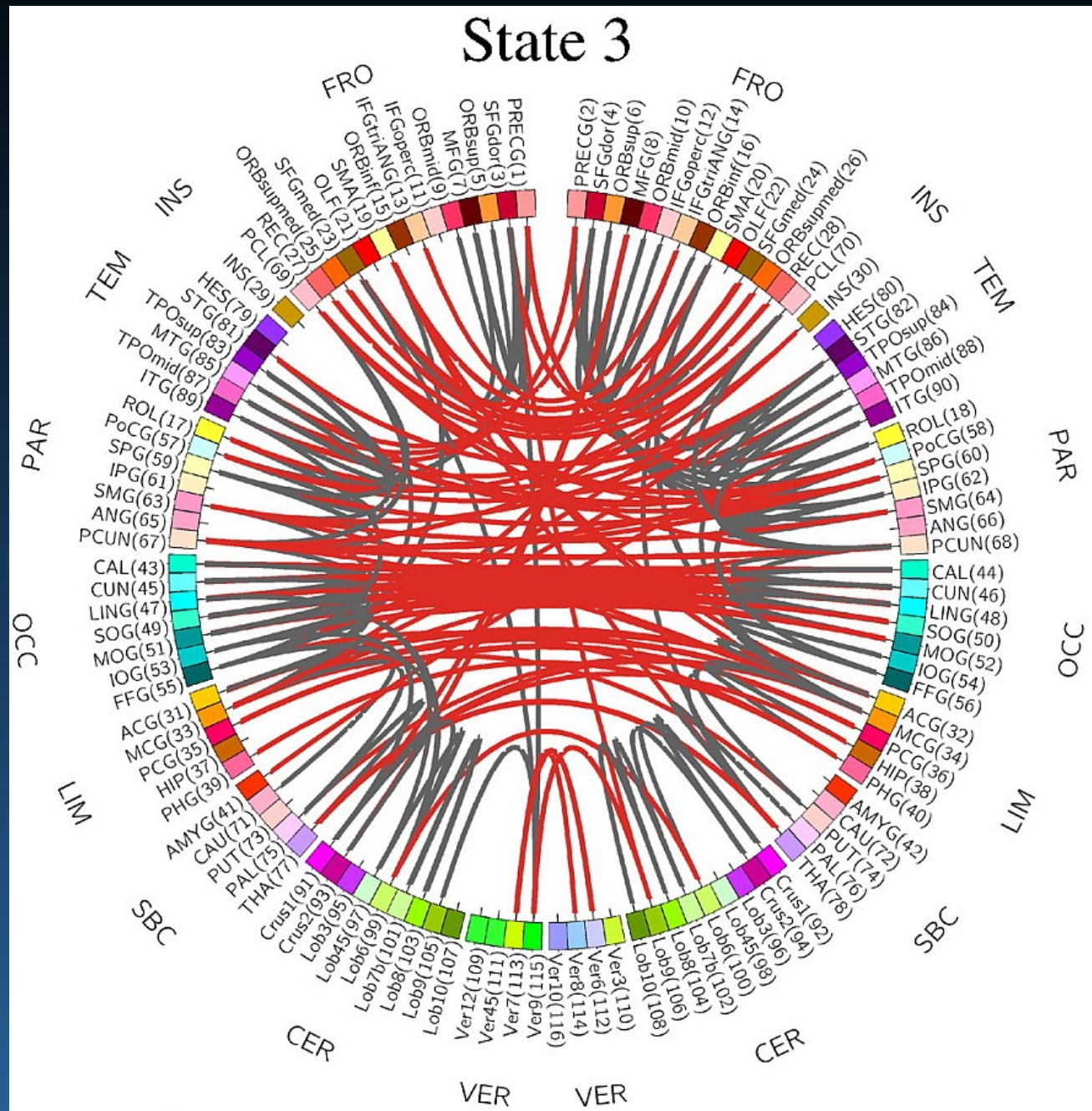
# Połączenia u osób z MCI

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)



# Preferencje uczenia się i konektom

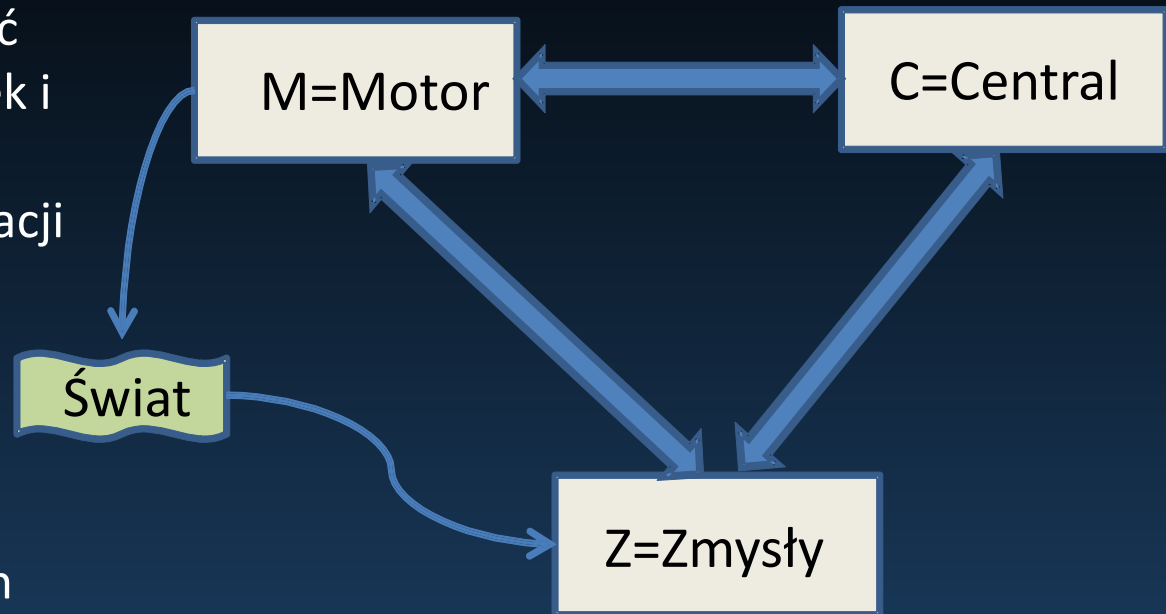
Preferencje uczenia się może wyjaśnić prosty model uwzględniający kierunek i siłę wzajemnego wpływu obszarów związanych z przetwarzaniem informacji z 3 obszarów.

Zmysłów Z (kora potyliczna, STS skroniowa, somatosensoryczna);  
Centralnych C (kora ciemieniowa, skroniowa, przedczołowa) kodujących pojęcia abstrakcyjne.

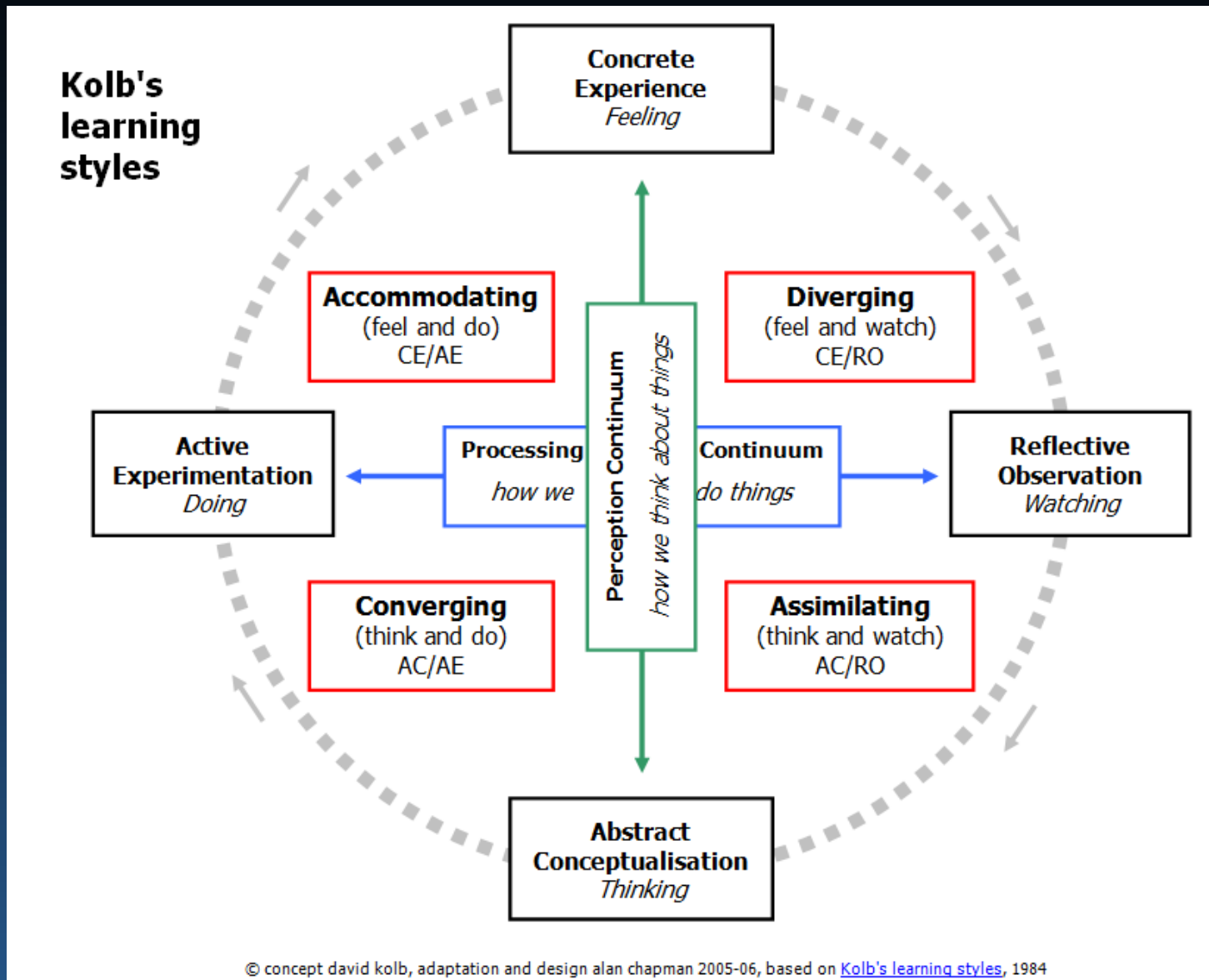
Motorycznych M (kora ruchowa, czołowa i jądra podstawy),  
wyobraźnia ruchowa i działanie fizyczne.

Nawet bez uwzględnienia emocji i układu nagrody taki prosty schemat może wyjaśnić preferencje do różnych stylów uczenia się opisanych w Learning Styles Inventory D. Kolba. Preferencje to nie to samo co style uczenia się, które są często krytykowane w literaturze.

*Duch W, Brains and Education: Towards Neurocognitive Phenomics (2013/2020).*



# Style uczenia się

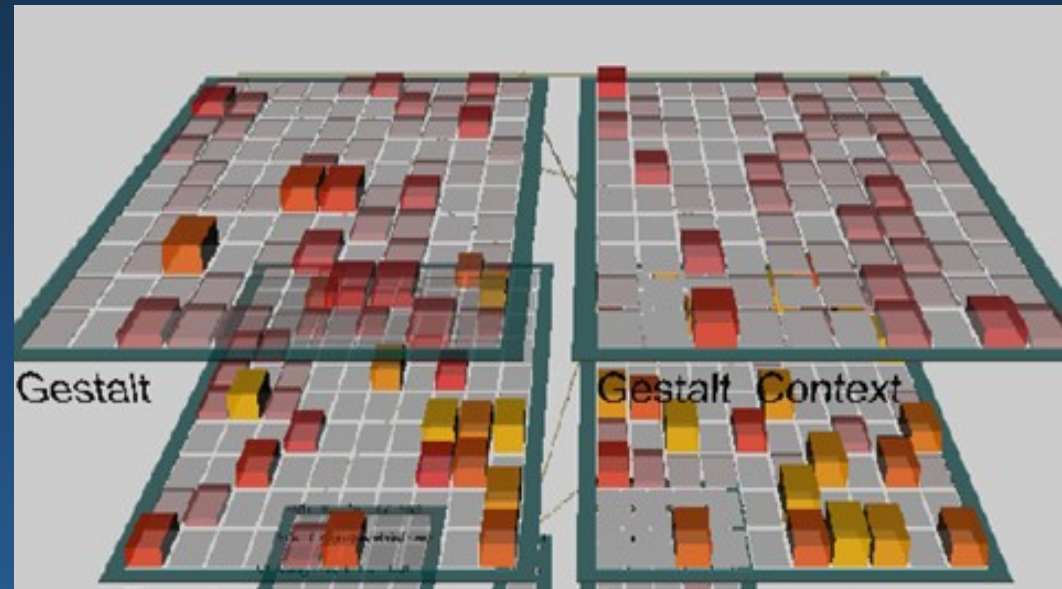
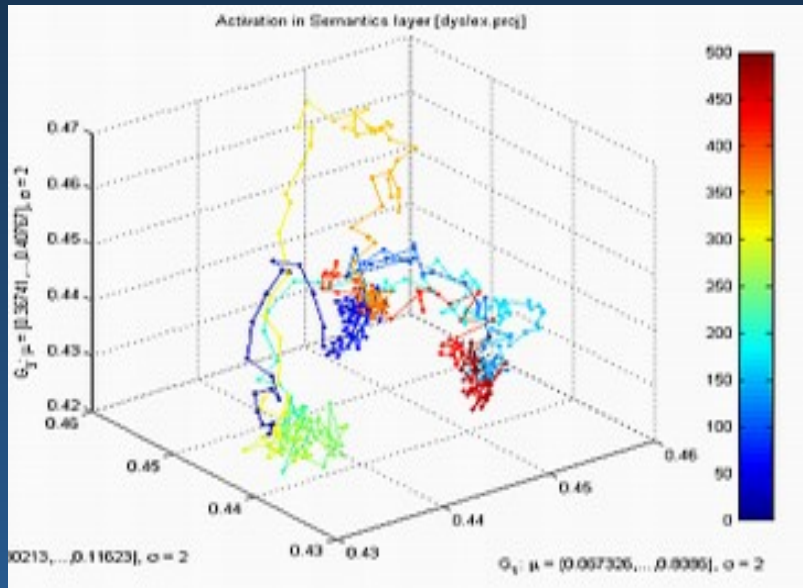


David Kolb, *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (1984), and *Learning Styles Inventory*.

# 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.



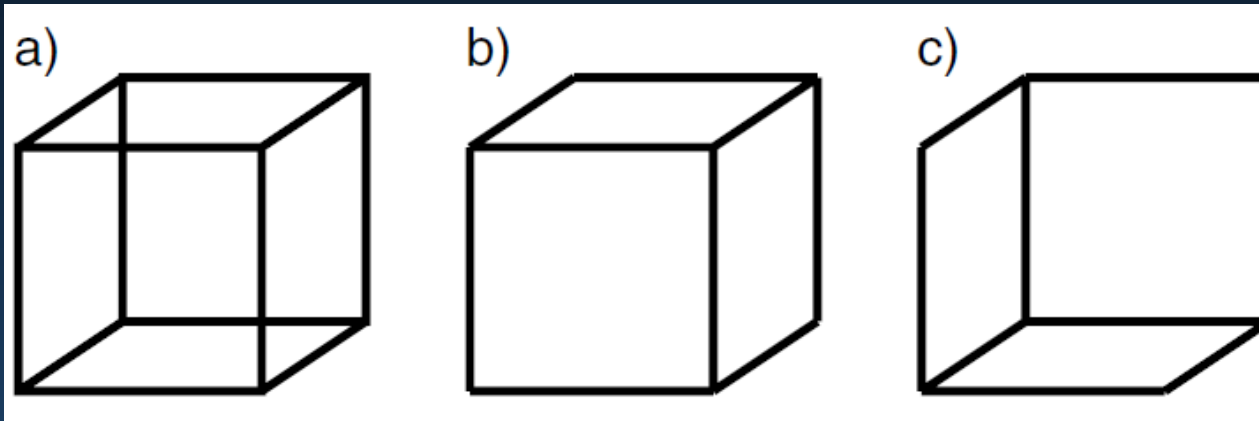


# Sześcian Neckera

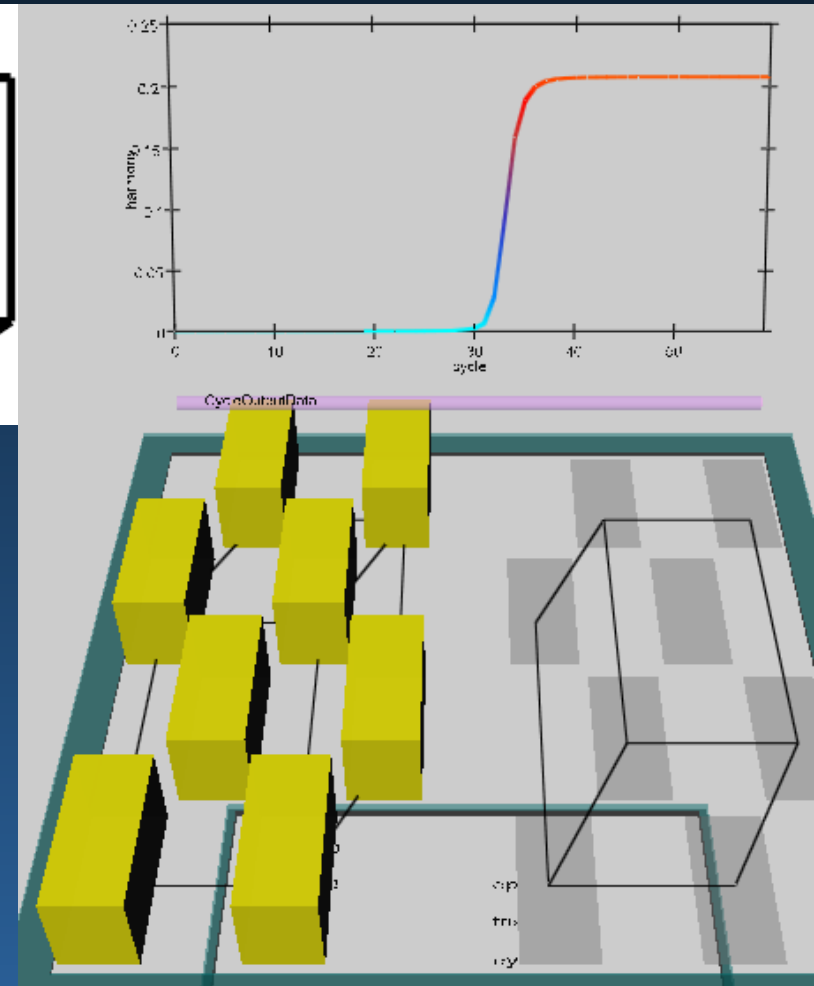
Emergent - Projekt Ch3 necker\_cube.proj, bistabilność percepcji (SWPS 2007).

Sześcian Neckera można widzieć albo bliższa ścianą w lewo albo w prawo.

Tancerka kręci się w lewo lub w prawo ... trudniejsze?



Procesy bistabilne można symulować uwzględniając szum i akomodację neuronów, wtedy uwaga przesuwa się z jednej interpretacji na drugą.



# Modele komputerowe

Modele proste i bardziej złożone.

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

Model przenoszenia uwagi:

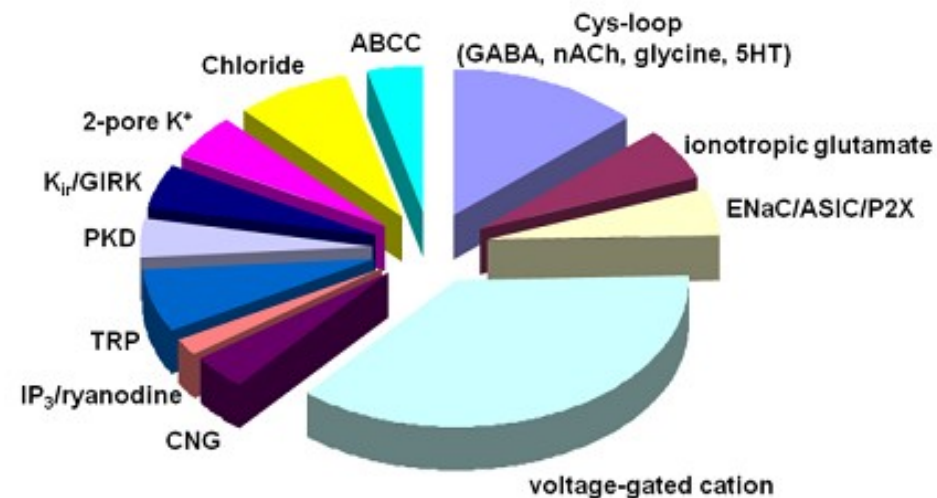
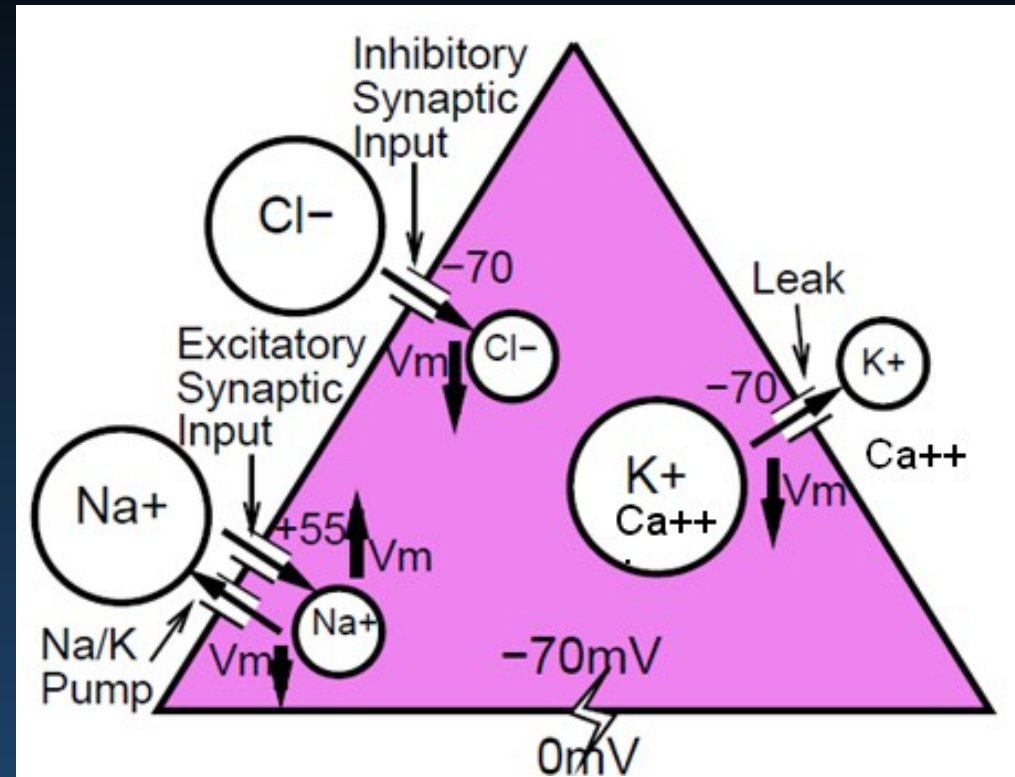
- Model Posner uwagi przestrzennej.
- Model przenoszenia uwagi wzrokowej pomiędzy dwoma obiektami.

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.**

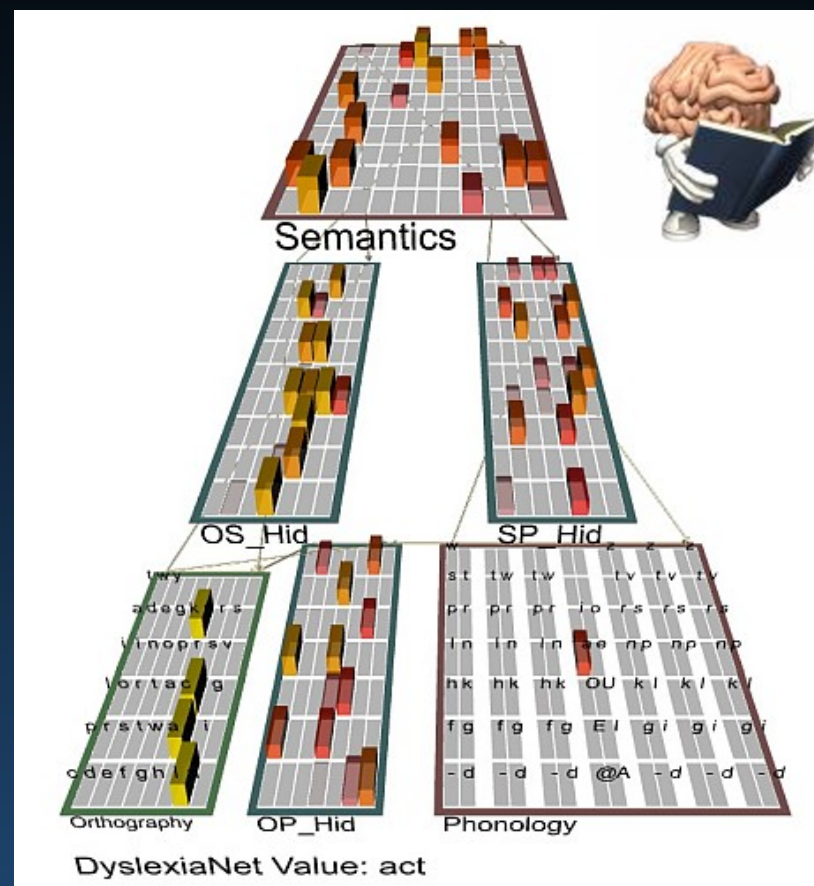
Neural Networks, 21, 1045, 2008

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.

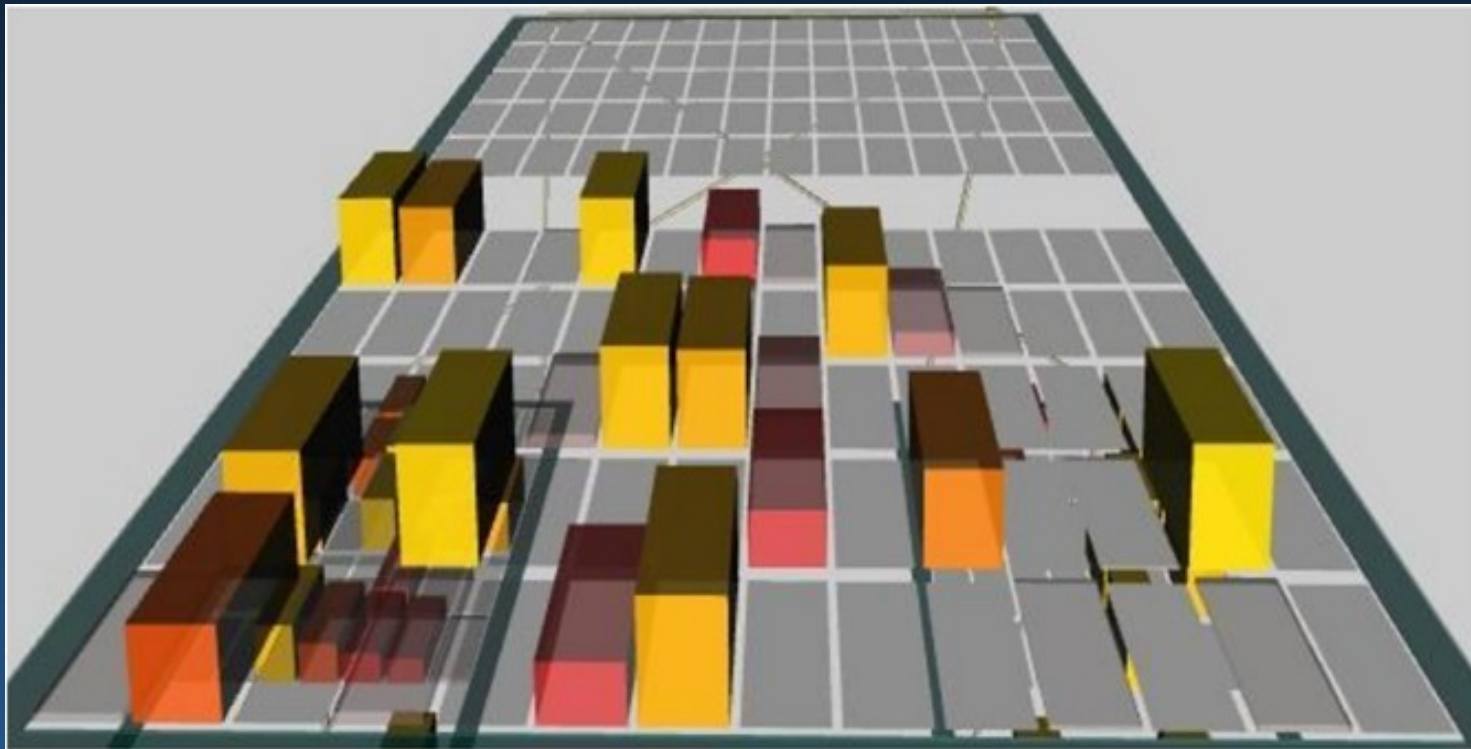


# Warstwa semantyczna

W naszych symulacjach mamy 140 jednostek, każda reprezentuje jakąś cechę.  
Np. dla słowa “case” widać obecność pewnych cech i brak innych. Reprezentacja jest rzadka, niewiele jednostek jest silnie pobudzonych.

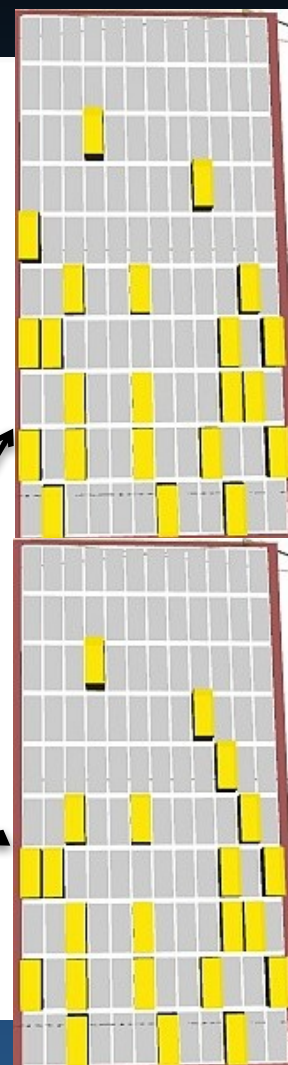
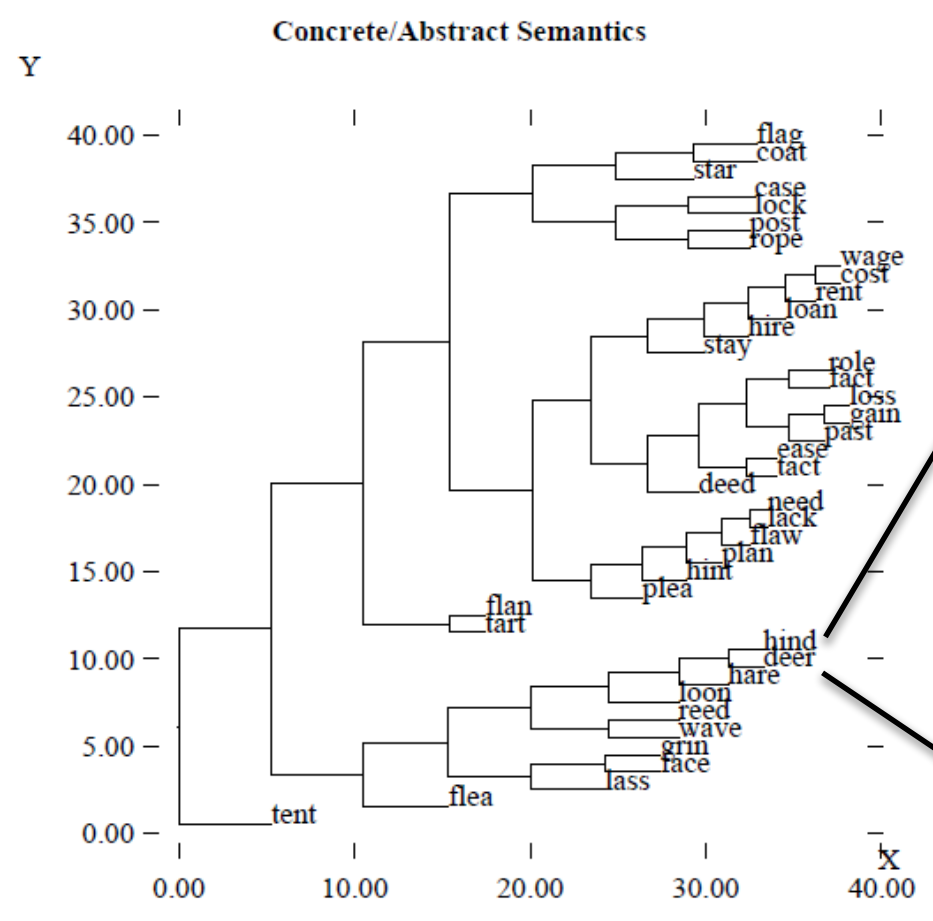
Pojęcia/słowa są wzorcami aktywnych cech.

Skojarzenia = przejścia pomiędzy wzorcami, zwykle mają wspólne cechy.



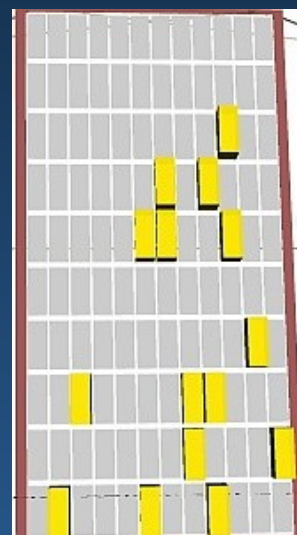
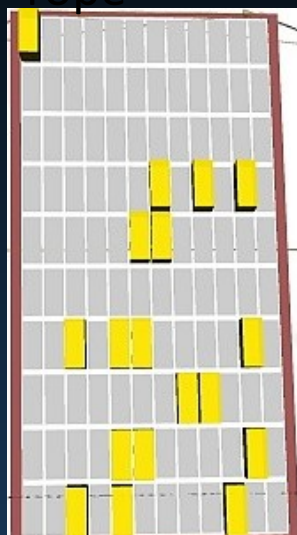
# Sieć czyta słowa

Conc	Phon	Abst	Phon
tart	tttartt	tact	ttt@ktt
tent	tttentt	rent	rrrentt
face	fffAsss	fact	fff@ktt
deer	dddErrr	deed	dddEddd
coat	kkkOttt	cost	kkkostt
grin	grrinnn	gain	gggAnnn
lock	lllakkk	lack	lll@kkk
rope	rrrOppp	role	rrrOlll
hare	hhhArrr	hire	hhhIrrr
lass	lll@sss	loss	lllosss
flan	fllonnn	plan	pll@nnn
hind	hhhIndd	hint	hhhhintt
wave	wwwAvvv	wage	wwwAjjj
flea	flle---	plea	plle---
star	sttarr	stay	sttA---
reed	rrrEddd	need	nnnEddd
loon	lllUnnn	loan	lllOnnn
case	kkkAsss	ease	---Ezzz
flag	fl@ggg	flaw	fllo---
post	pppOstt	past	ppp@stt



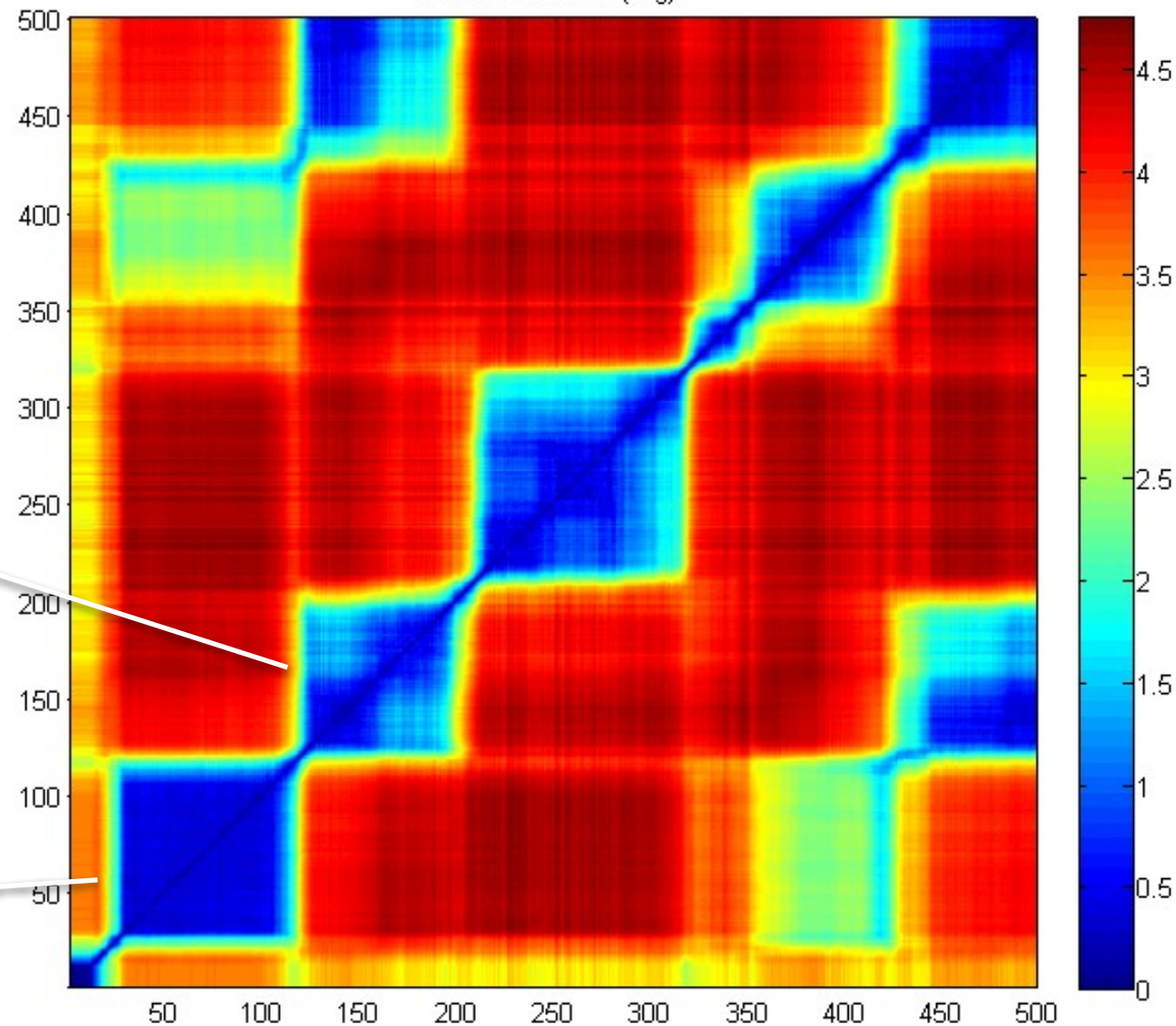
40 słów, 20 abstrakcyjnych i 20 konkretnych; dendrogram pokazuje podobieństwa warstwy semantycznej po treningu.

rope



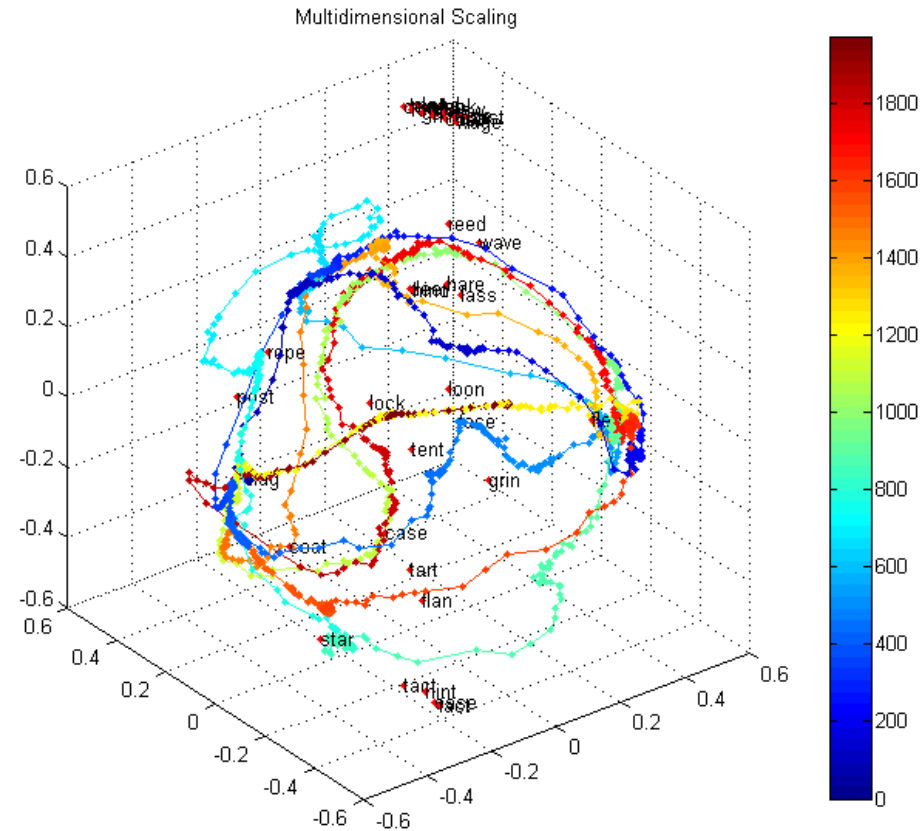
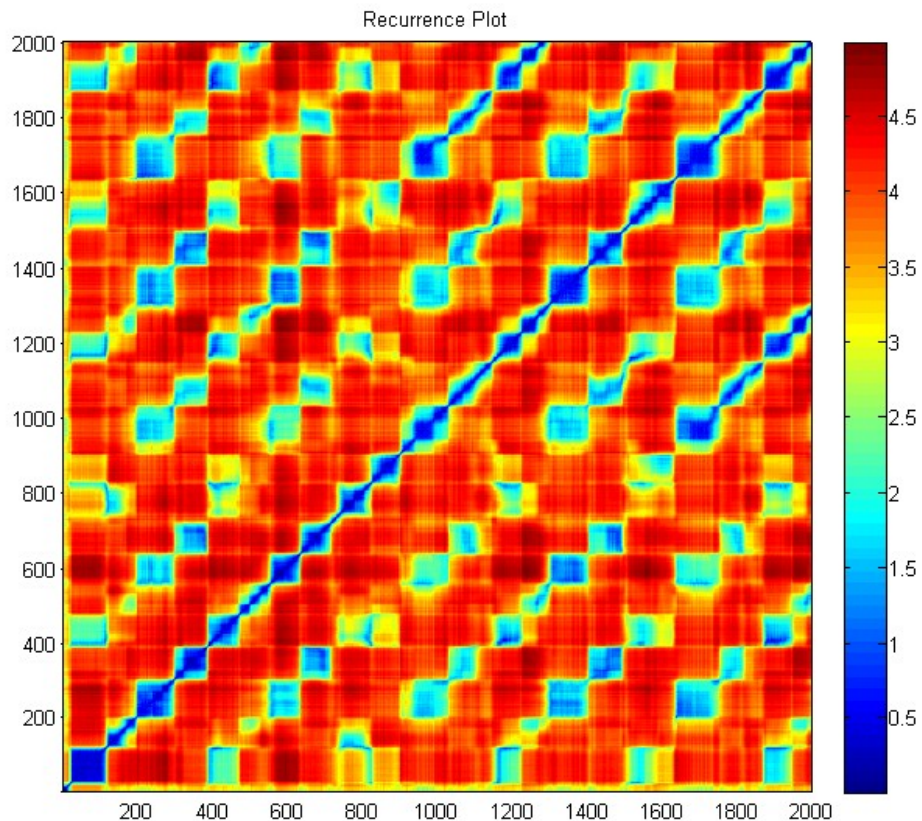
flag

Recurrence Plot (flag)



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

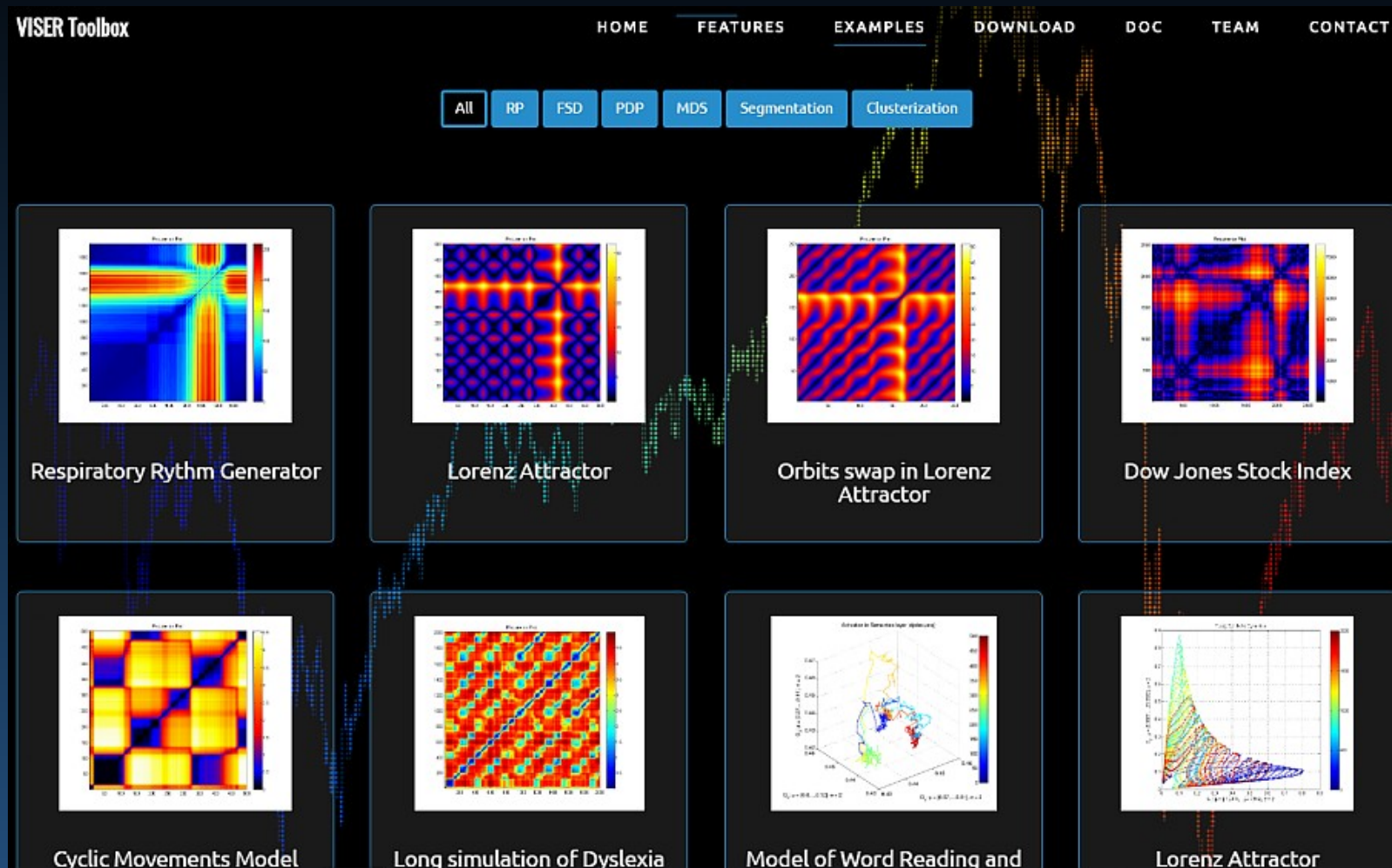
# Wizualizacja trajektorii



Wykresy rekurencji i wizualizacja MDS/FSD/tSNE trajektorii aktywności mózgu. Dane z 140-wymiarowej aktywności warstwy semantycznej w czasie spontanicznej asocjacji w domenie 40-słów, zaczynając od “flag”.

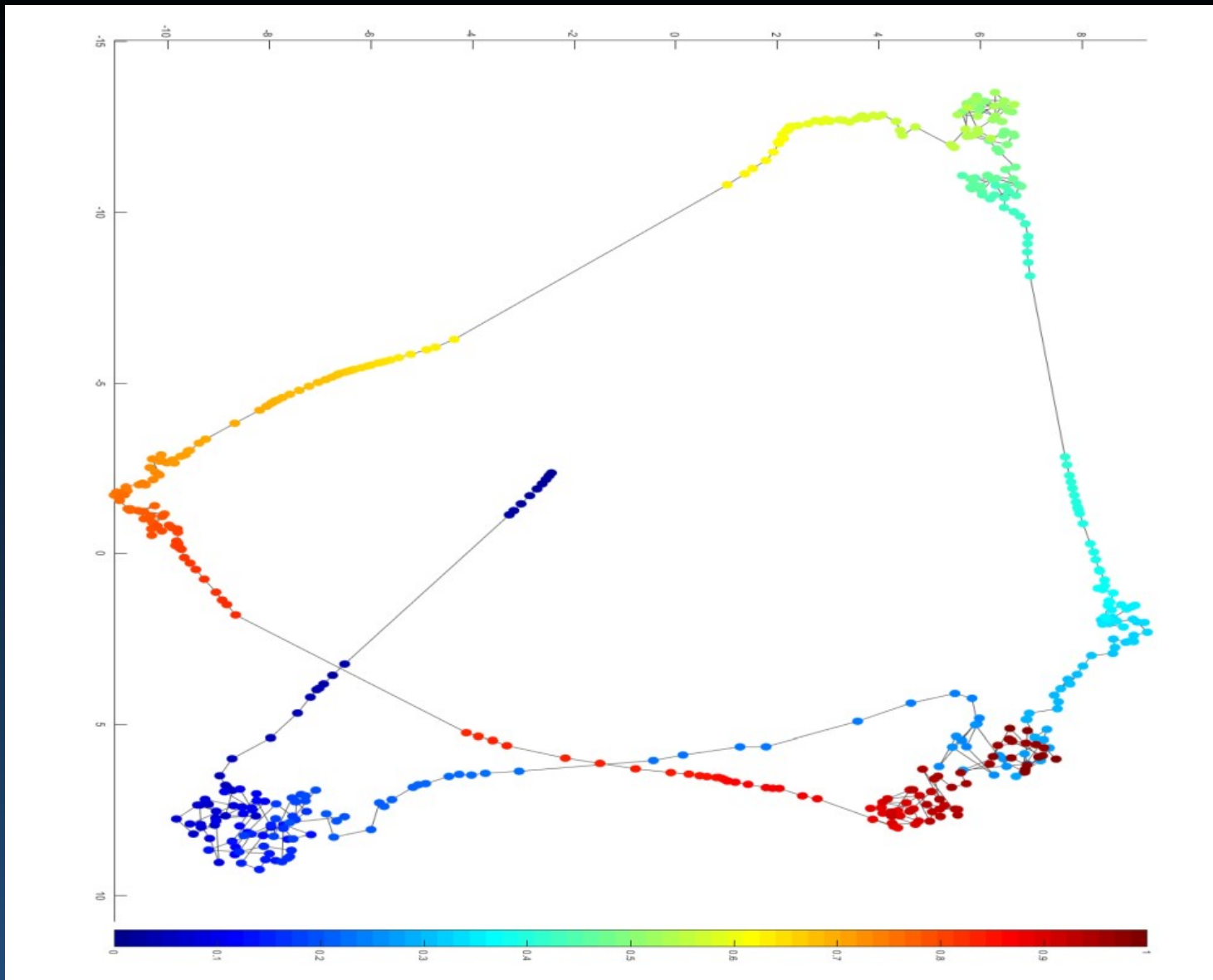
Nasz toolbox (K. Dobosz): <http://fizyka.umk.pl/~kdobosz/visertoolbox/>

# Viser toolbox

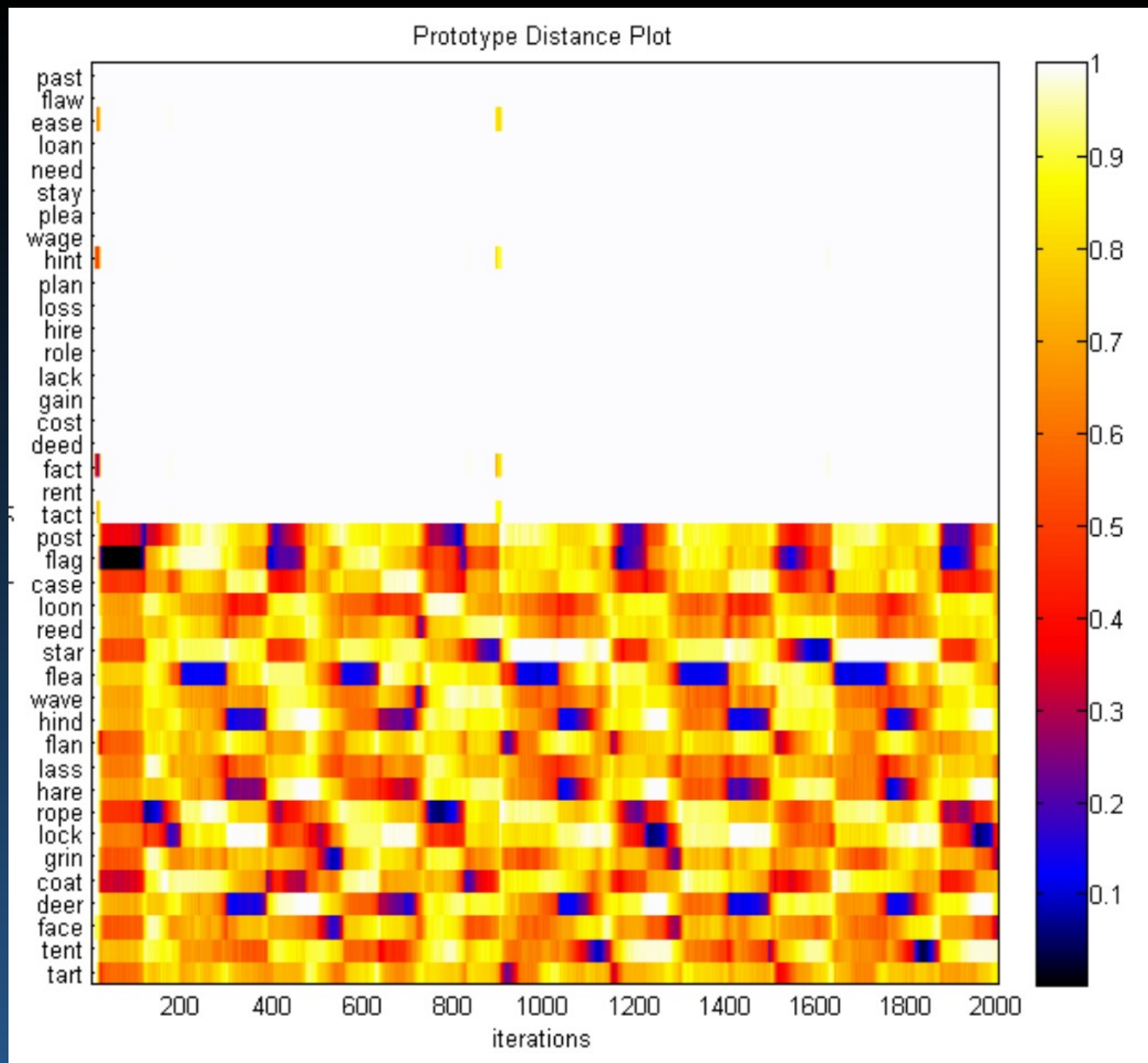


Nasz [Viser toolbox](#) (Dobosz, Duch) do wizualizacji szeregów czasowych w wielu wymiarach różnymi technikami.





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

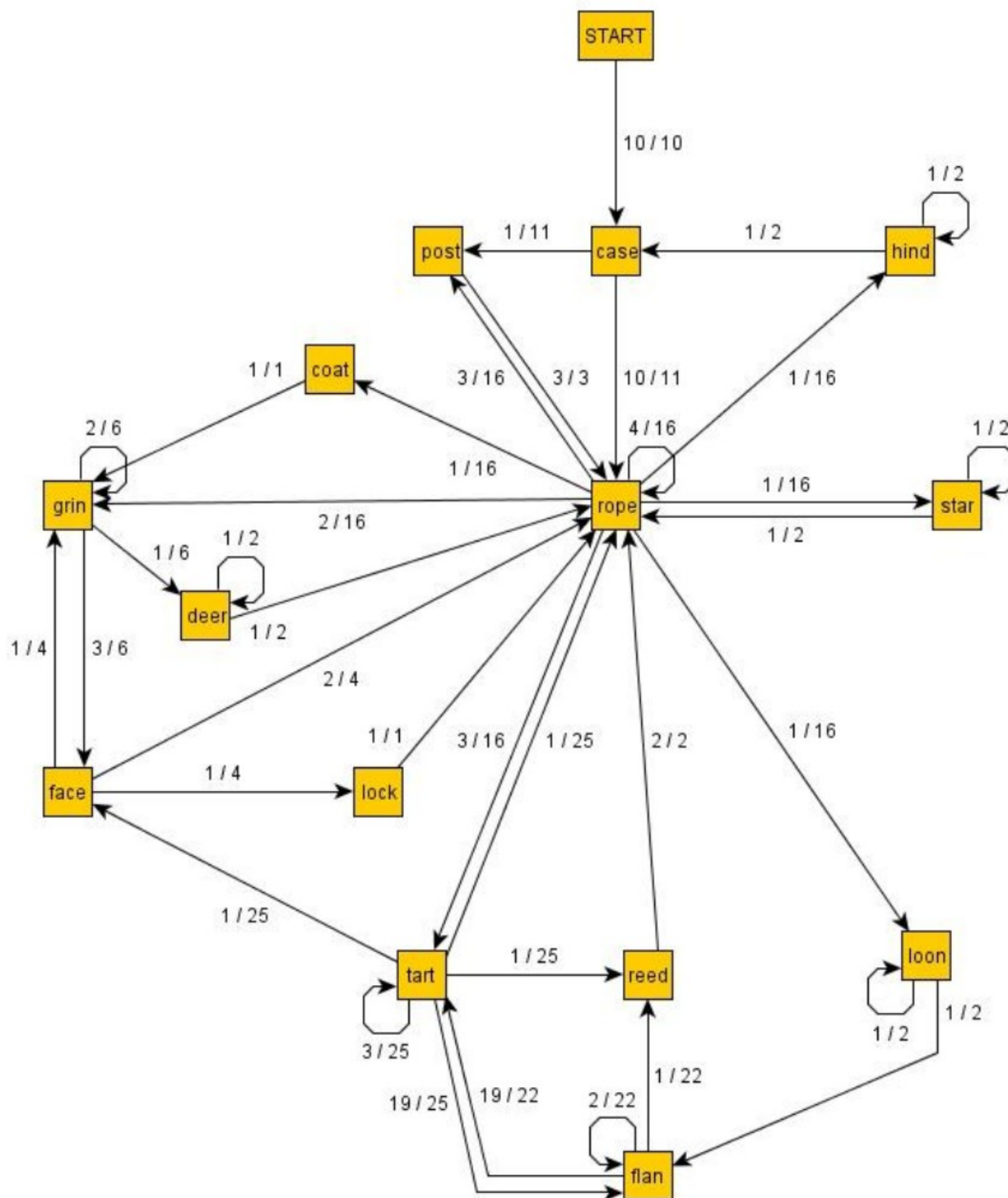


PDP (prototype distance plots) pokazuje jak daleko dany stan sieci jest od basenu atrakcji, czyli typowego wzorca aktywacji dla różnych słów.

Po uśrednieniu 10 przebiegów sieci można ocenić prawdopodobieństwa przejść pomiędzy różnymi stanami.

Dlaczego mamy takie przejścia?

Połączone wzorce mają wspólne cechy.



# Grafy przejść

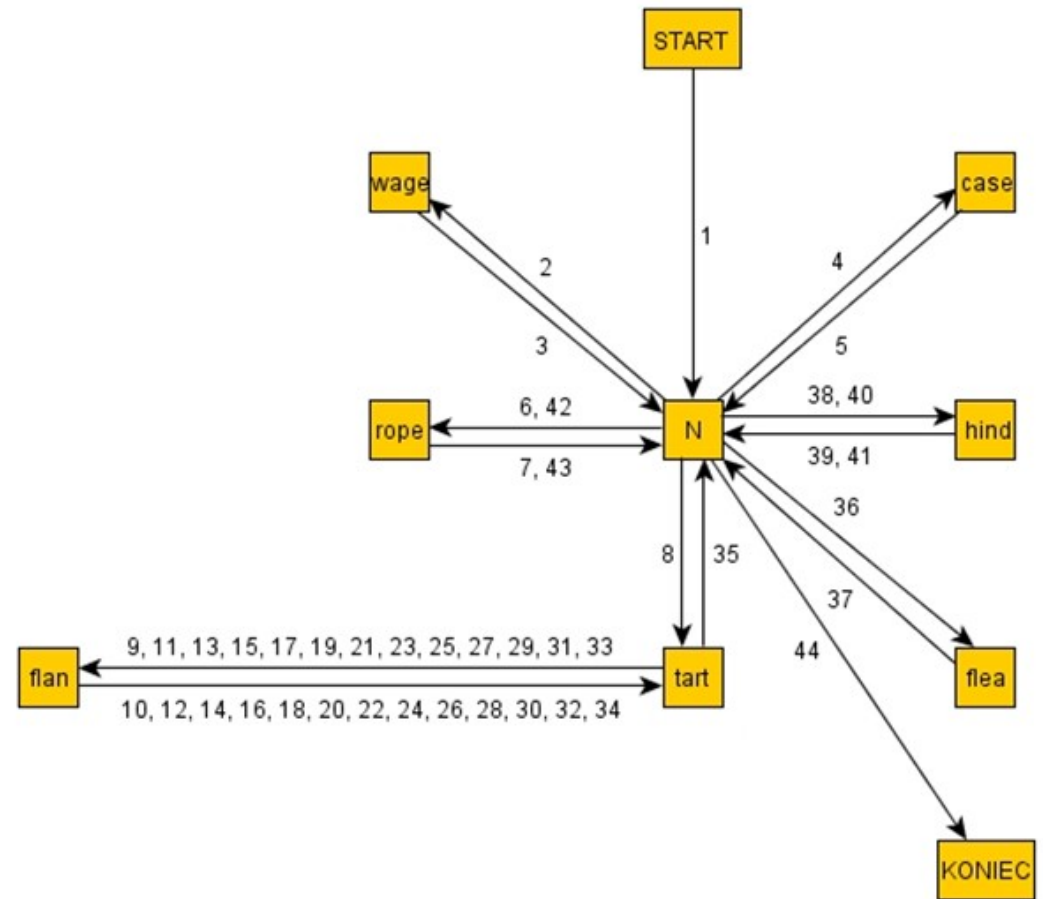
Określenie prawdopodobieństw wymaga wielu powtórzeń, inicjalizacji sieci, przejścia mogą być w różnym kierunku bo aktywacja w 140 wymiarach może przejść w różny sposób do innych. Decyduje o tym stan sieci, inicjalizowany przypadkowo, szum w sieci i priming, czyli przeszła historia.

Czasami widać obsesyjne oscylacje między dwoma pojęciami. Wtedy można wejść dwa razy do tej samej rzeki ... ale to wyjątki.

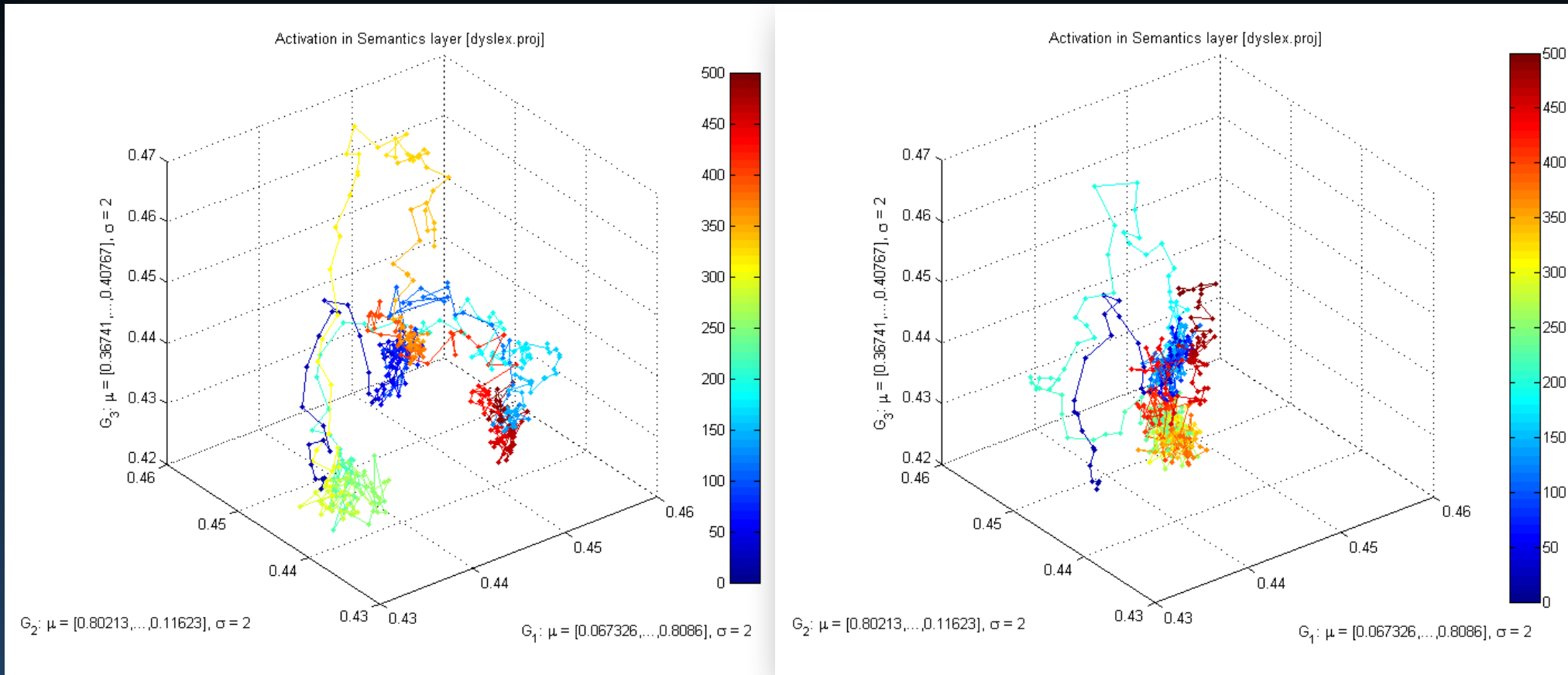
Transmisja informacji na poziomie

makro jest większa niż mikro! Na poziomie mikro nie da się jej can convert information from one type to another. In such cases, reduction to a microscale means the loss of this type of information.

Varley, T., & Hoel, E. (2021). Emergence as the conversion of information: A unifying theory. ArXiv:2104.13368; Hoel, E. P. (2017). When the Map Is Better Than the Territory. Entropy, 19(5), 188.



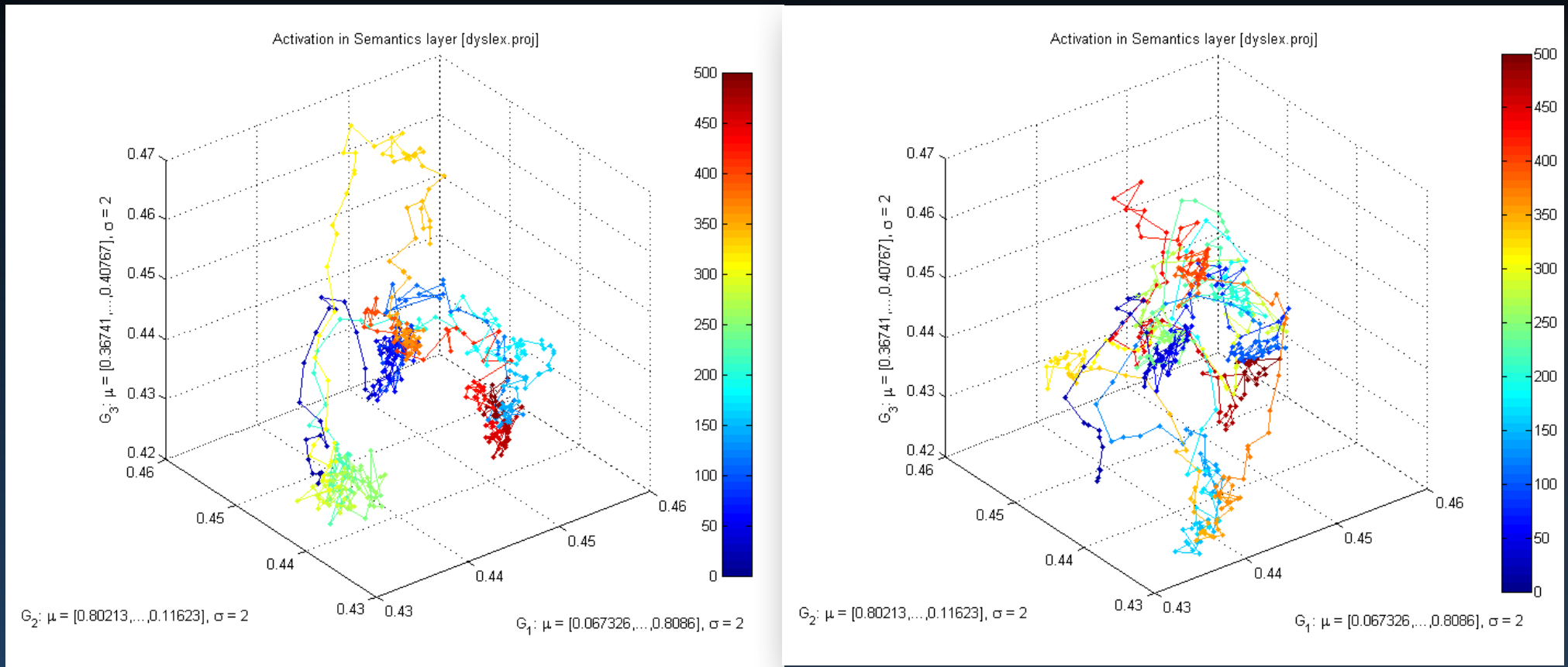
# Norma-Autyzm



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

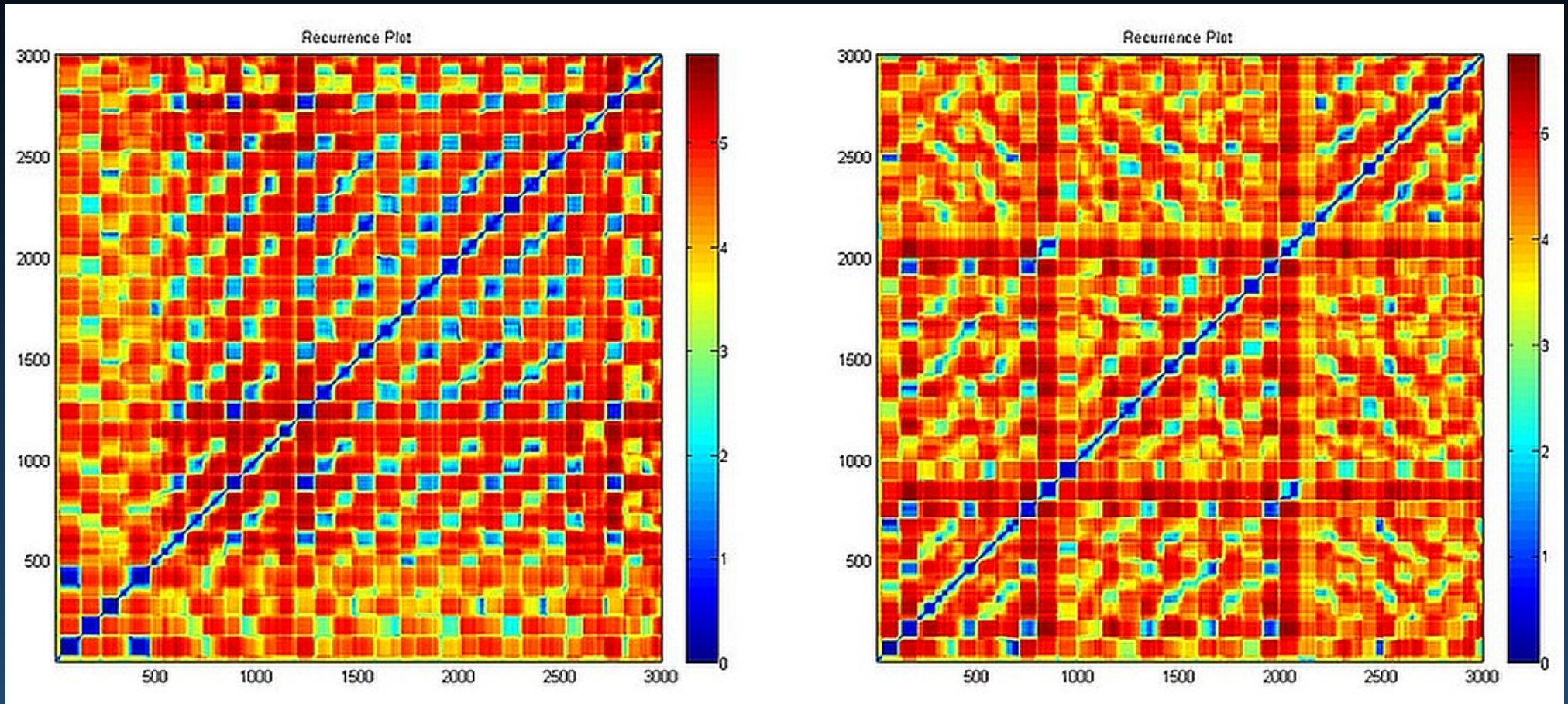


ADHD: dużo więcej i krócej trwających aktywacji wzorców, „ulotne” stany.

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.

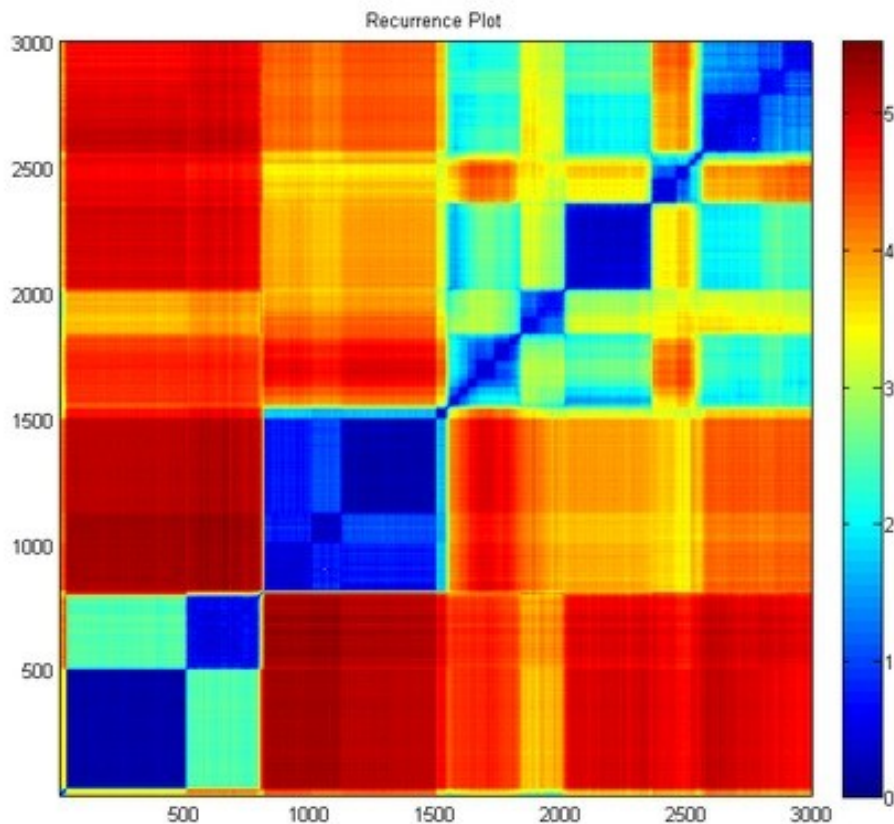
# RSVP: normalne mózgi



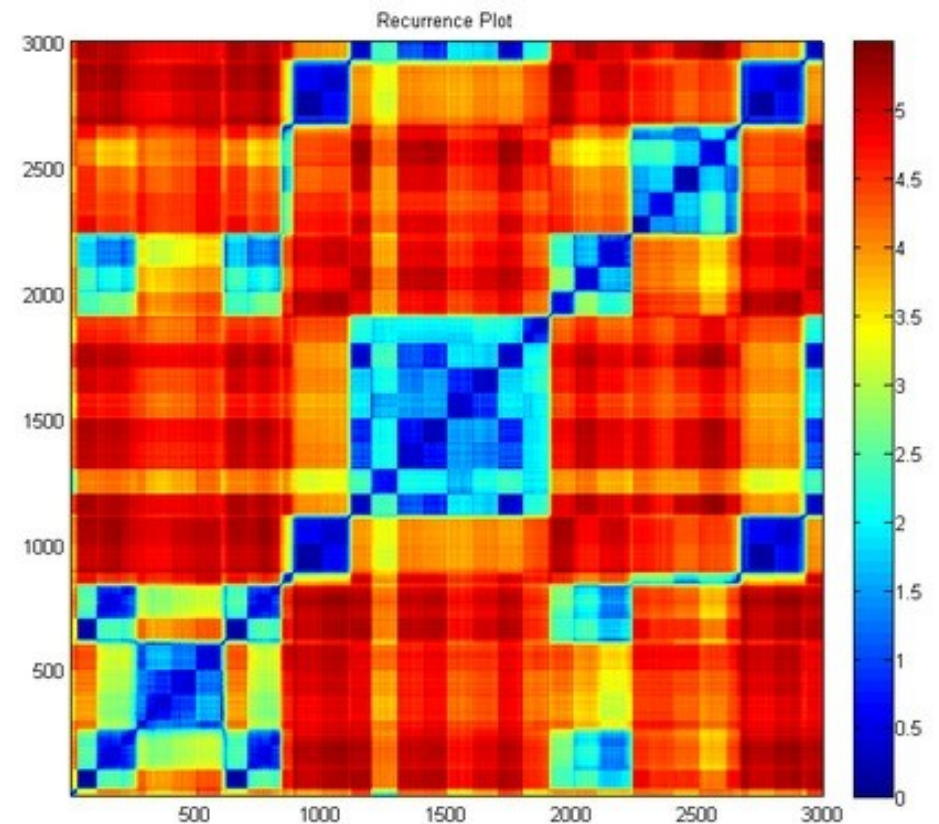
Normalna szybkość skojarzenia, kontekst= rozumienie pojęcia nie ma czasu na skojarzenia.

5x szybsza prezentacja mikrostanów nie są już tak podobne niewiele pamiętamy, brak kontekstu.

# RSVP i symulację głębokiego autyzmu



Normalna szybkość  
niewiele skojarzeń,  
długi czas skupienia

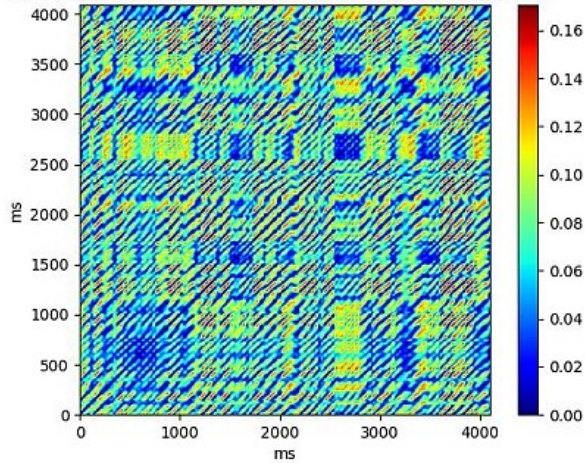


szybkie prezentacje  
bardziej zróżnicowane stany wewnętrzne  
pojawiają się skojarzenia.

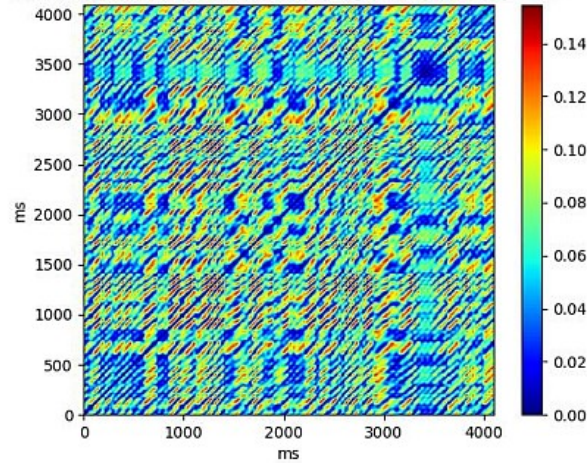


# Rzeczywiste sygnały EEG

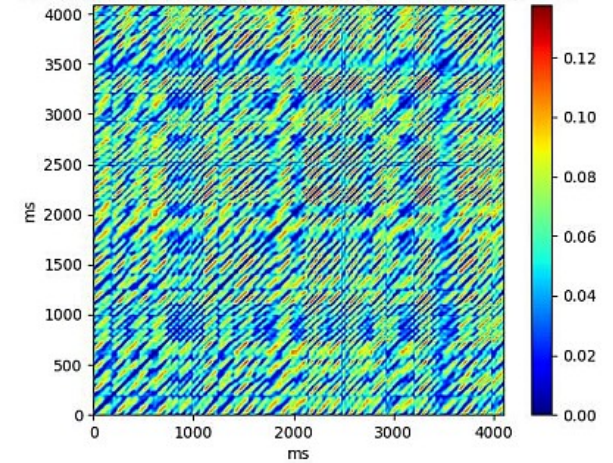
Electrode: F5, theta band, embedding = 4, time delay = 25



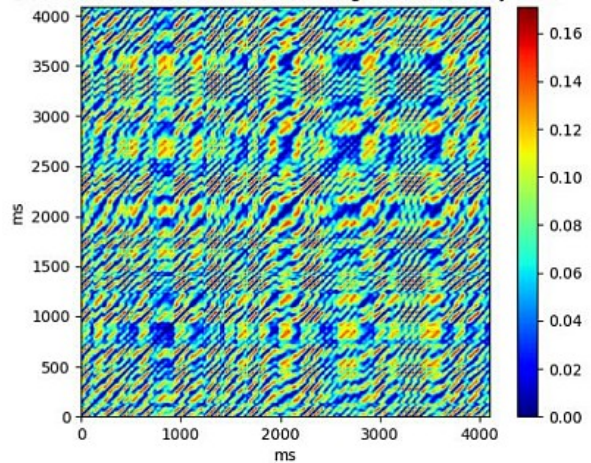
Electrode: F6, theta band, embedding = 4, time delay = 25



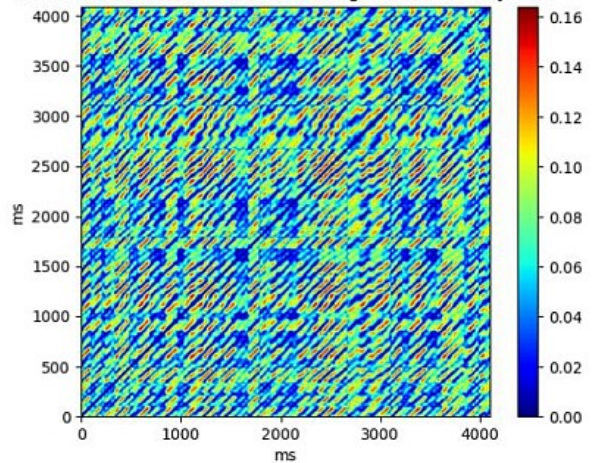
Electrode: C6, theta band, embedding = 5, time delay = 25



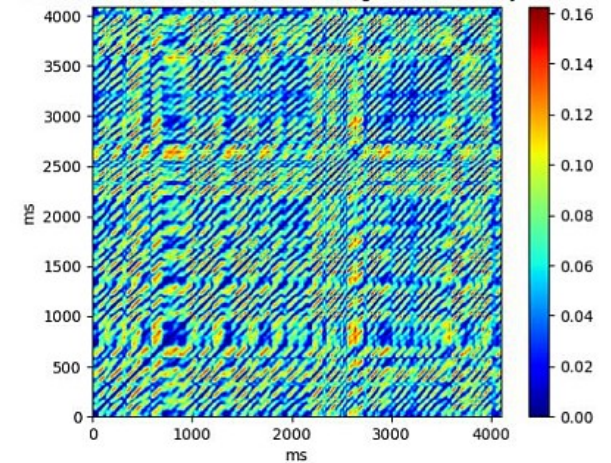
Electrode: C5, theta band, embedding = 4, time delay = 24



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



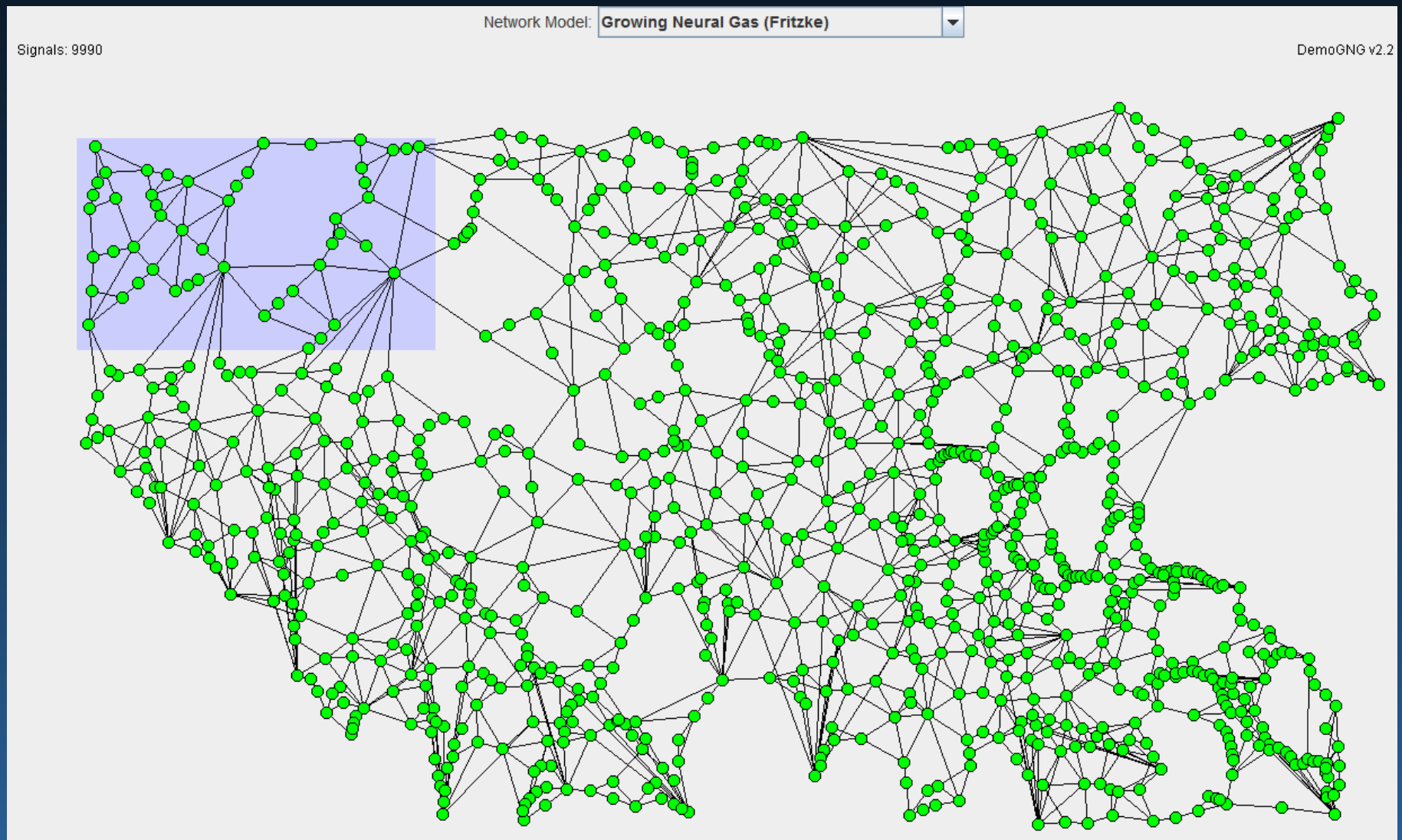
Electrode: Cz, theta band, embedding = 4, time delay = 24



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

# Neuroplastyczność

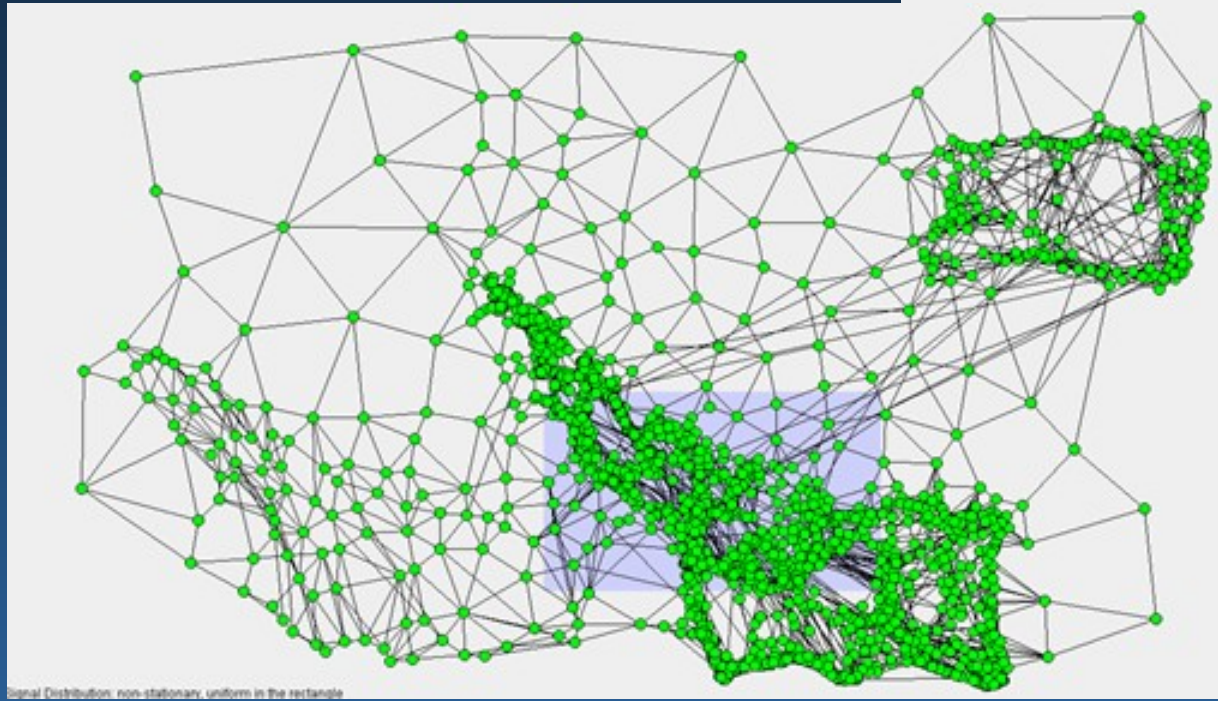
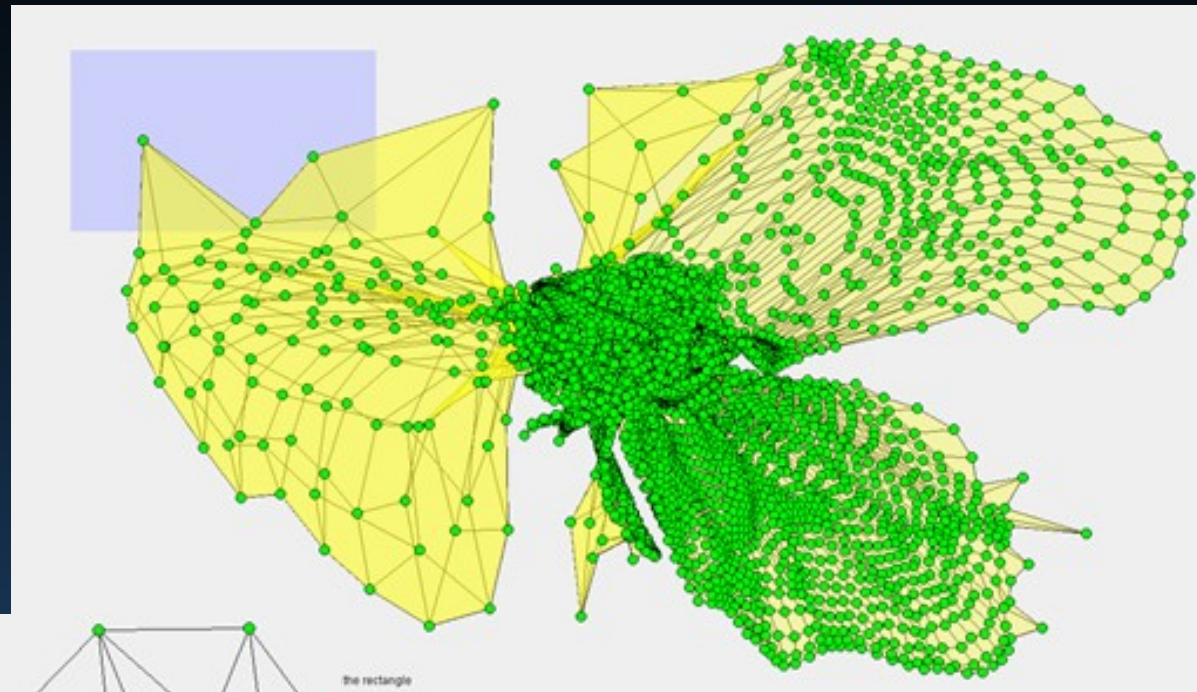
Tworzy się siatka pojęciowa, każdy węzeł = stan metastabilny, pomiędzy nimi są szybkie przejścia, niektóre stany związane są z pobudzeniami ośrodków ruchu i mowy. Siatka pojęciowa nie odwzorowuje obiektywnie stanów środowiska. Model GNG.



# Memoidy ...

Czas poświęcić się Wielkiej Sprawie. Nie tylko teorie spiskowe ale też całkowicie zniekształcony obraz świata wynikający z prania mózgu.

Model GNG.



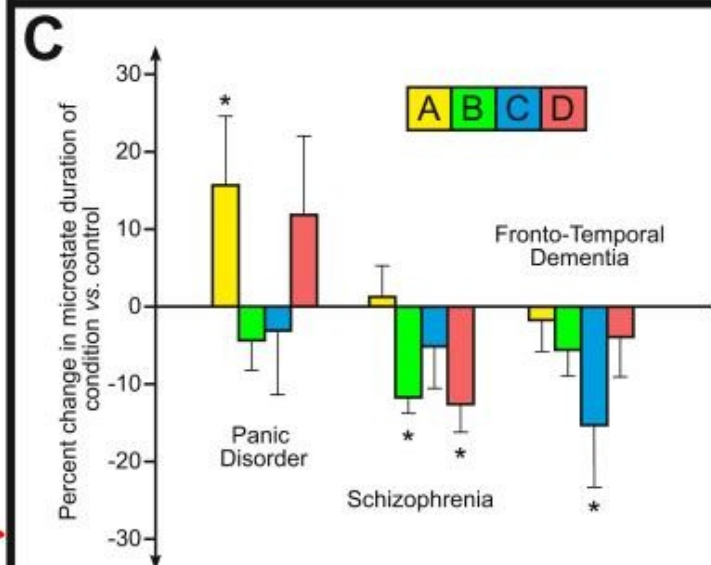
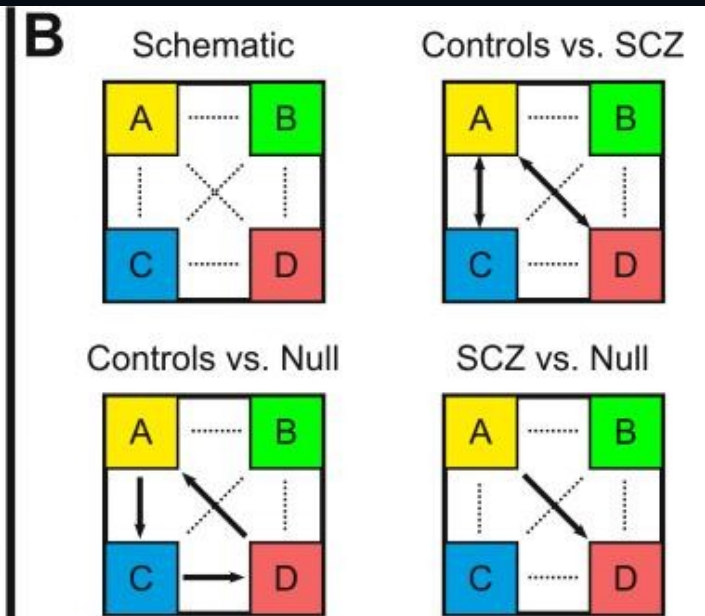
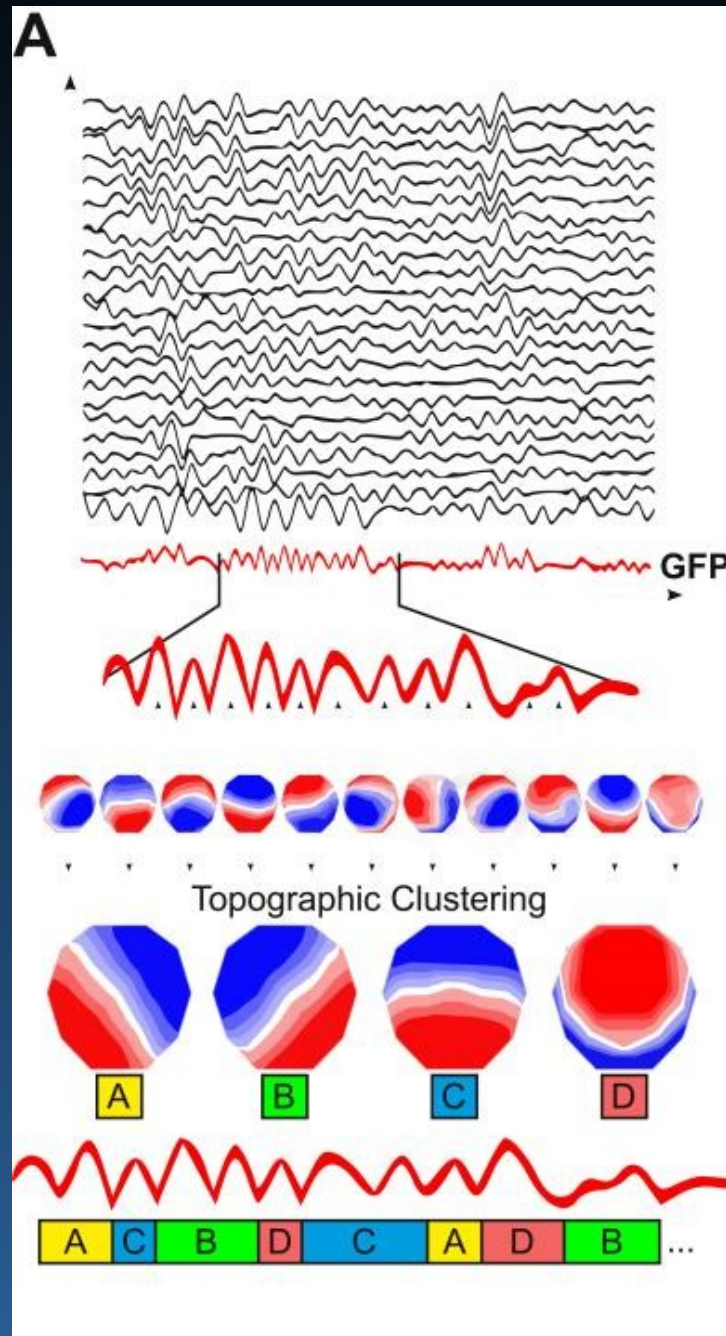
WD: Memetics and Neural Models of Conspiracy Theories  
[arXiv:1508.04561](https://arxiv.org/abs/1508.04561)

# Mikrostany z EEG

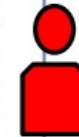
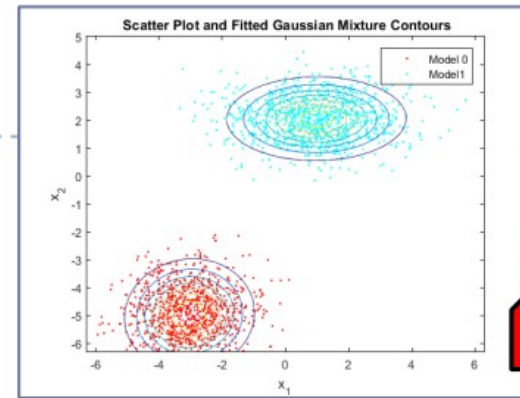
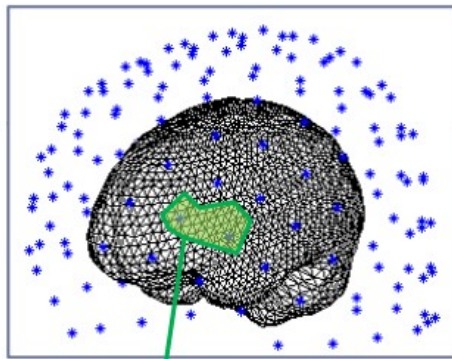
Lehmann et al.  
Mikrostany EEG u osób  
cierpiących na różne  
zaburzenia psychiczne.  
Psychiatry Research  
Neuroimaging, 2005

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

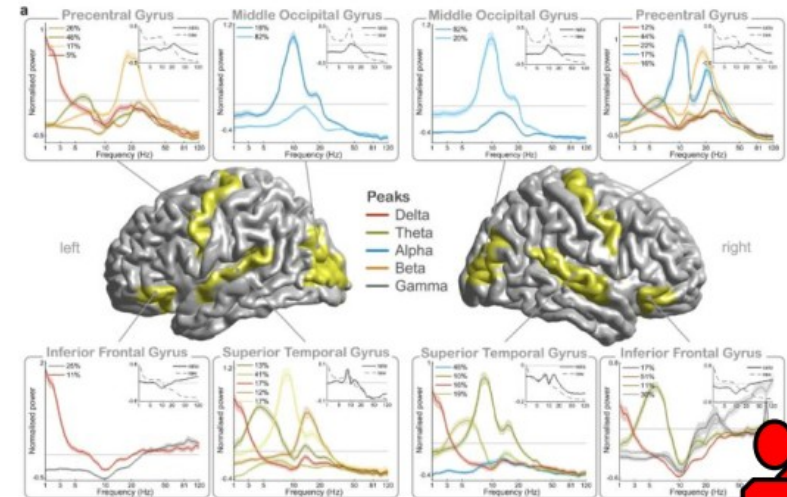
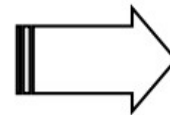
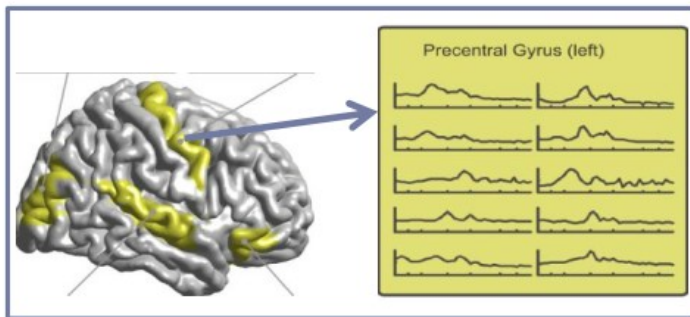
Symboliczna dynamika.  
Fuzzy Symbolic  
Dynamics (WD+KD,  
2010)



# Spectralne fingerprinty

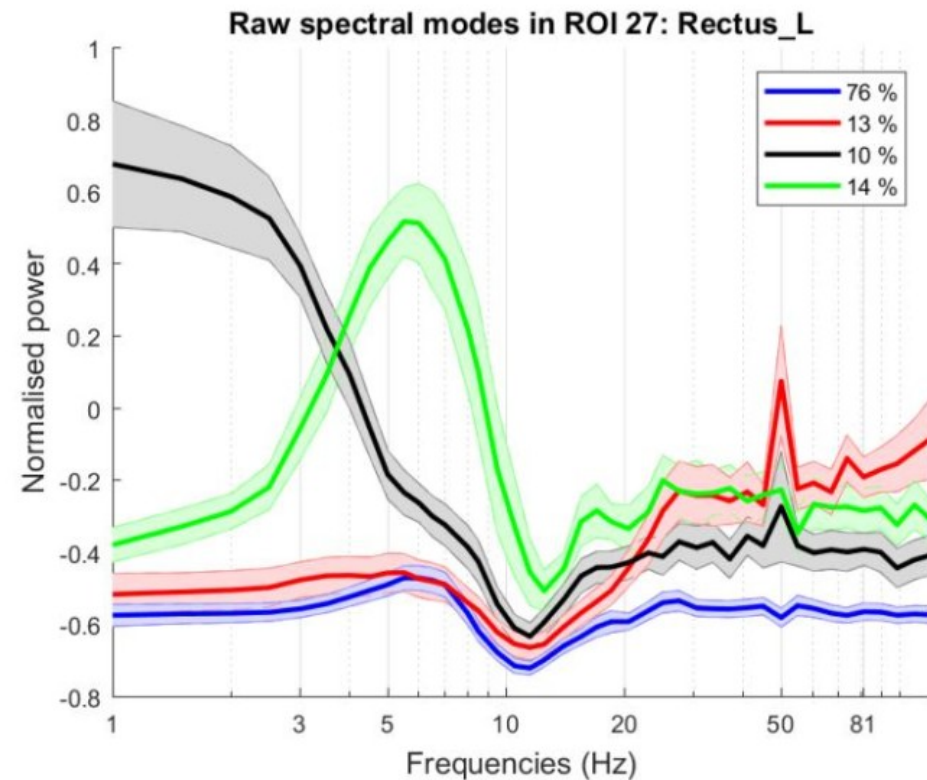
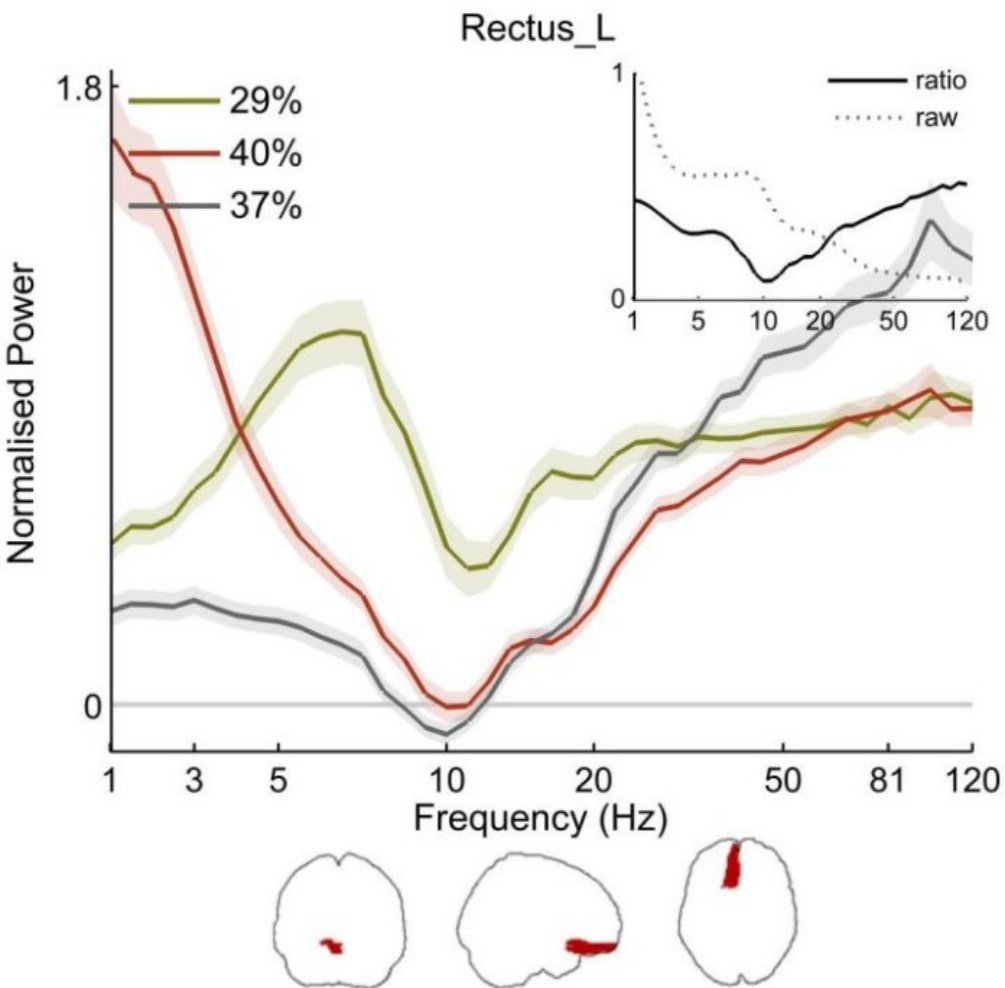


Single subject

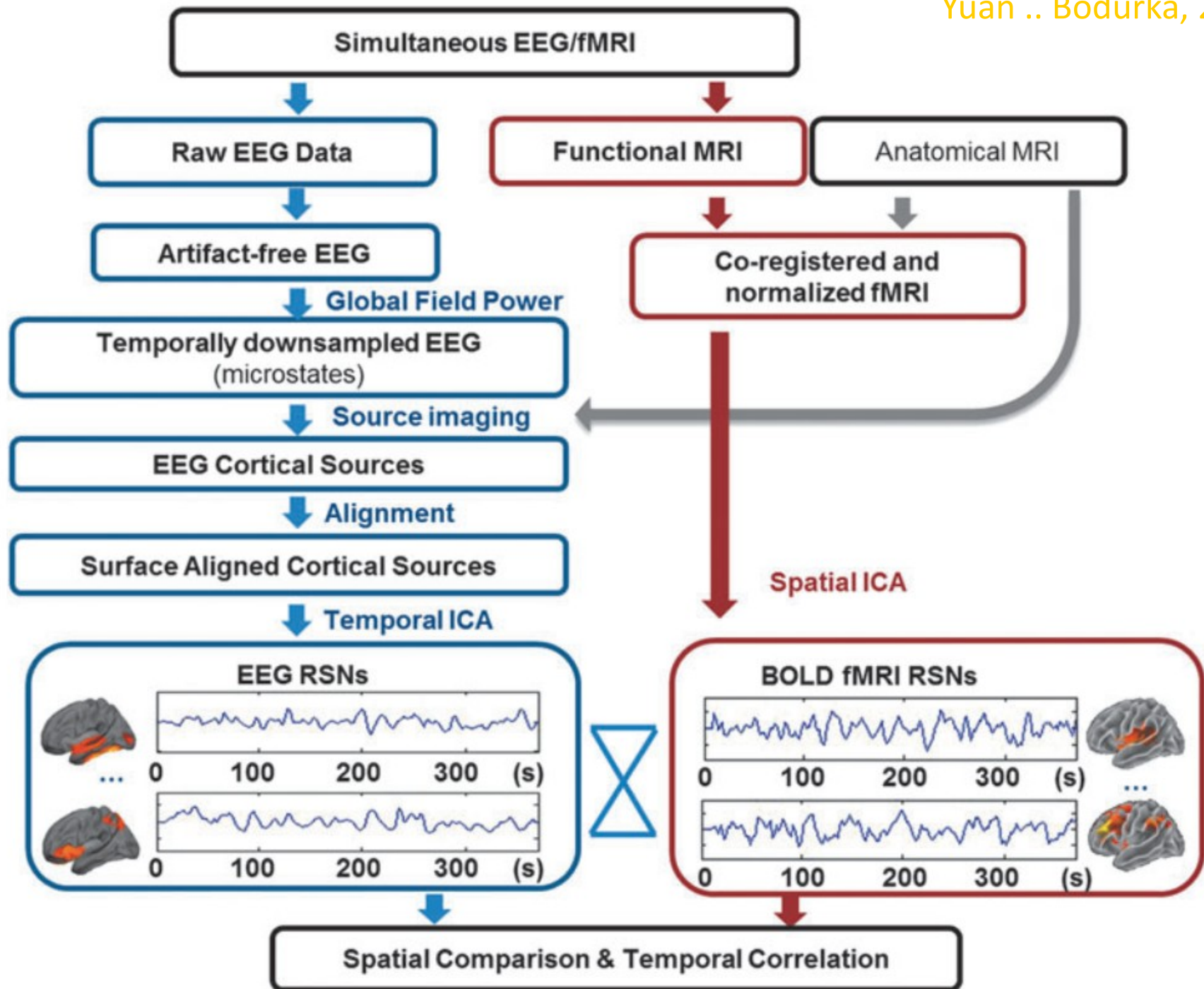


Group model

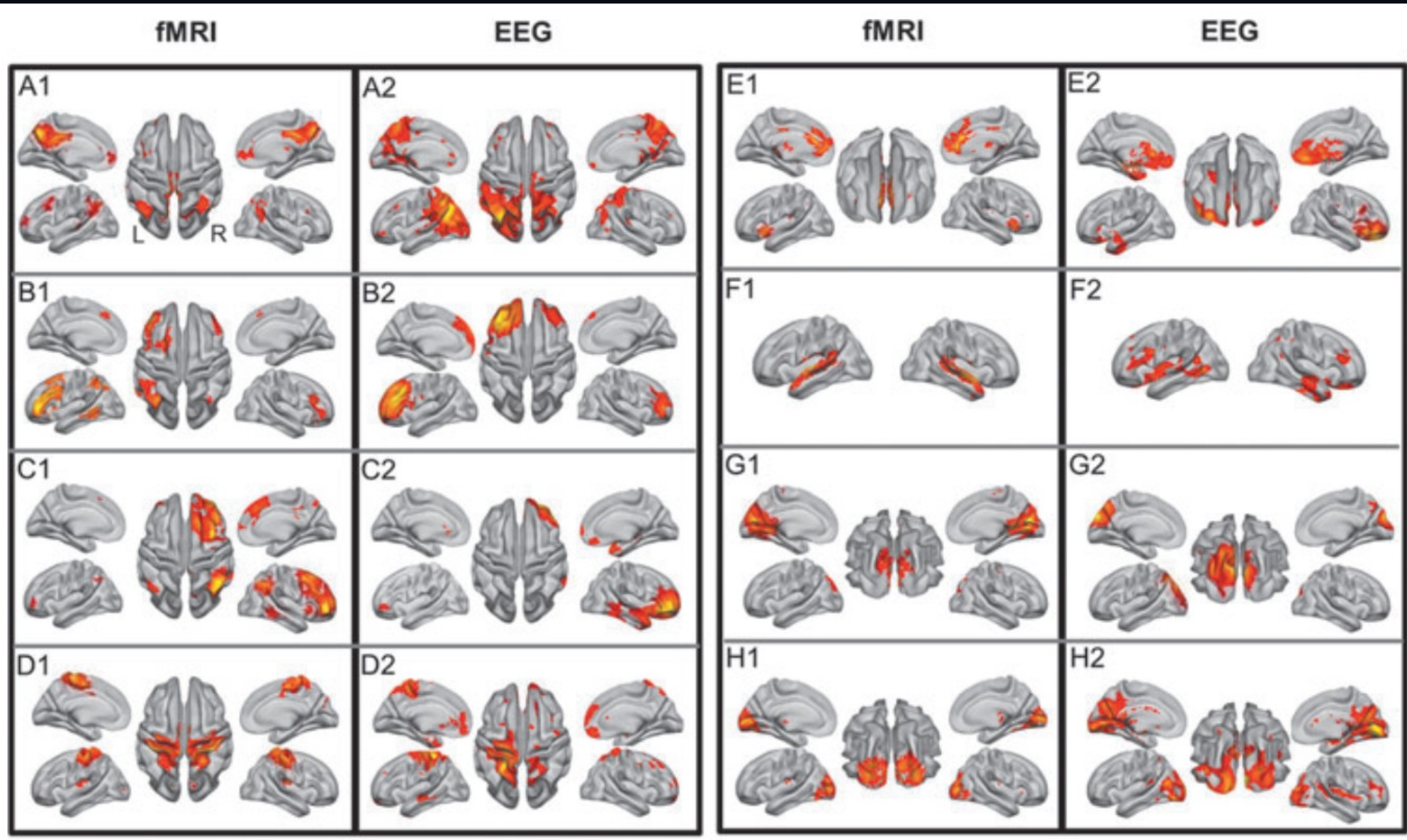
# Przykłady widm



A. Keitel i J. Gross, „Individual human brain areas can be identified from their characteristic spectral activation fingerprints”, *PLoS Biol* 14, e1002498, 2016

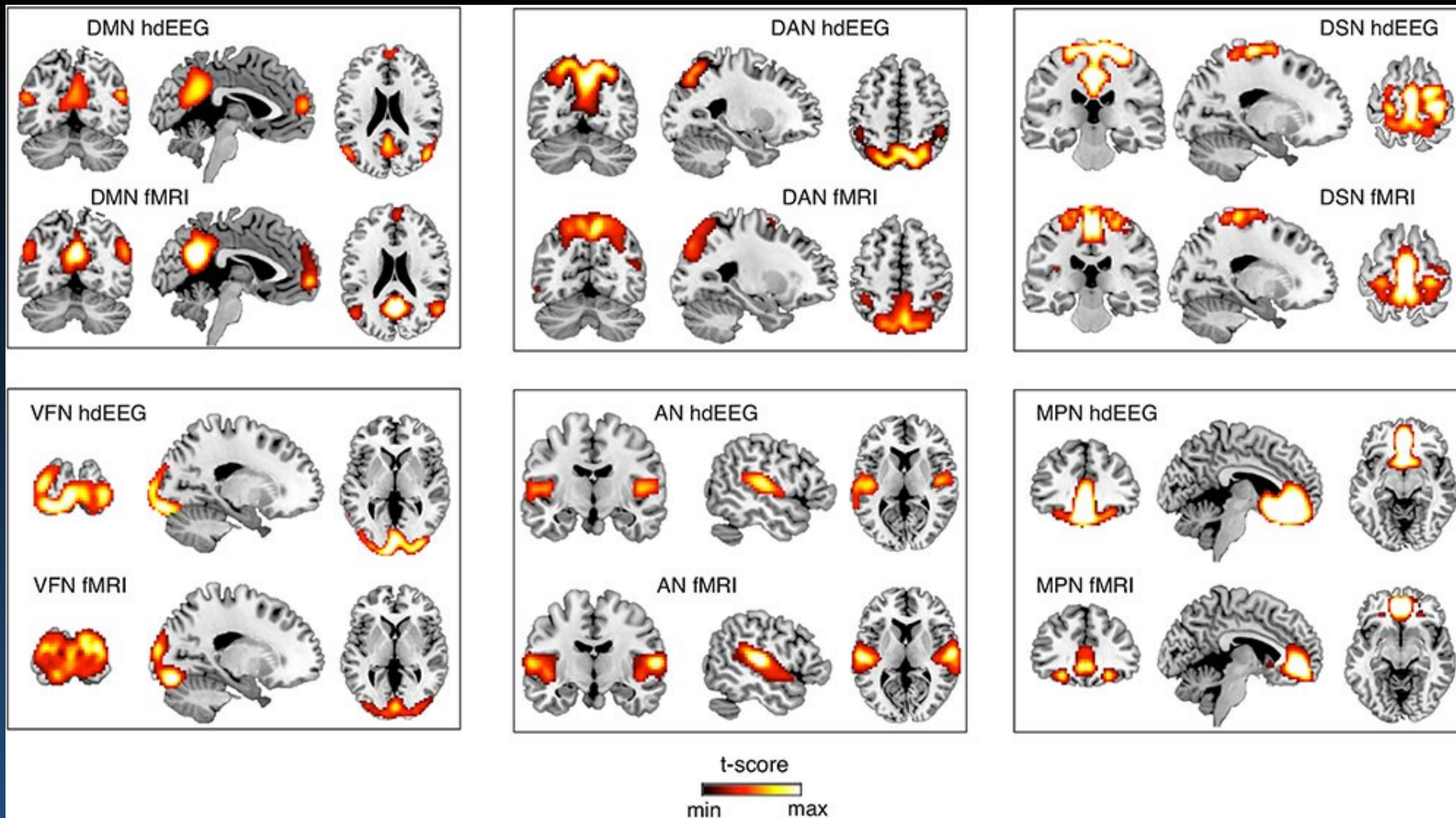


# 8 rozległych sieci z BOLD-EEG



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

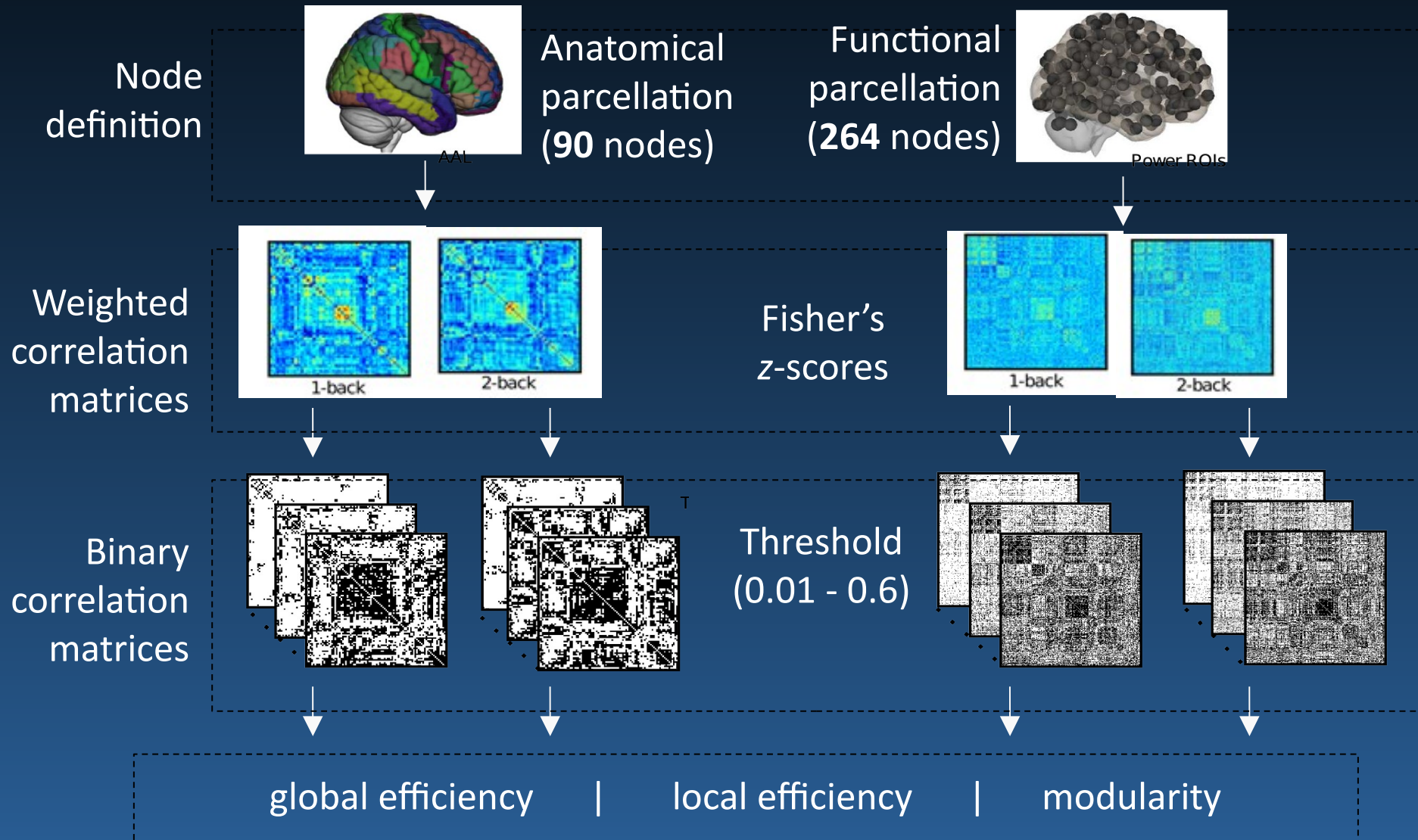




sICA on 10-min fMRI data ( $N = 24$ , threshold:  $p < 0.01$ , TFCE corrected). DMN, default mode network; DAN, dorsal attention network; DSN, dorsal somatomotor network; VFN, visual foveal network; AN, auditory network; MPN, medial prefrontal network.

# Wpływ obciążenia poznawczego

Two experimental conditions: 1-back, 2-back



# Procesy kogntywne i moduły w mózgu

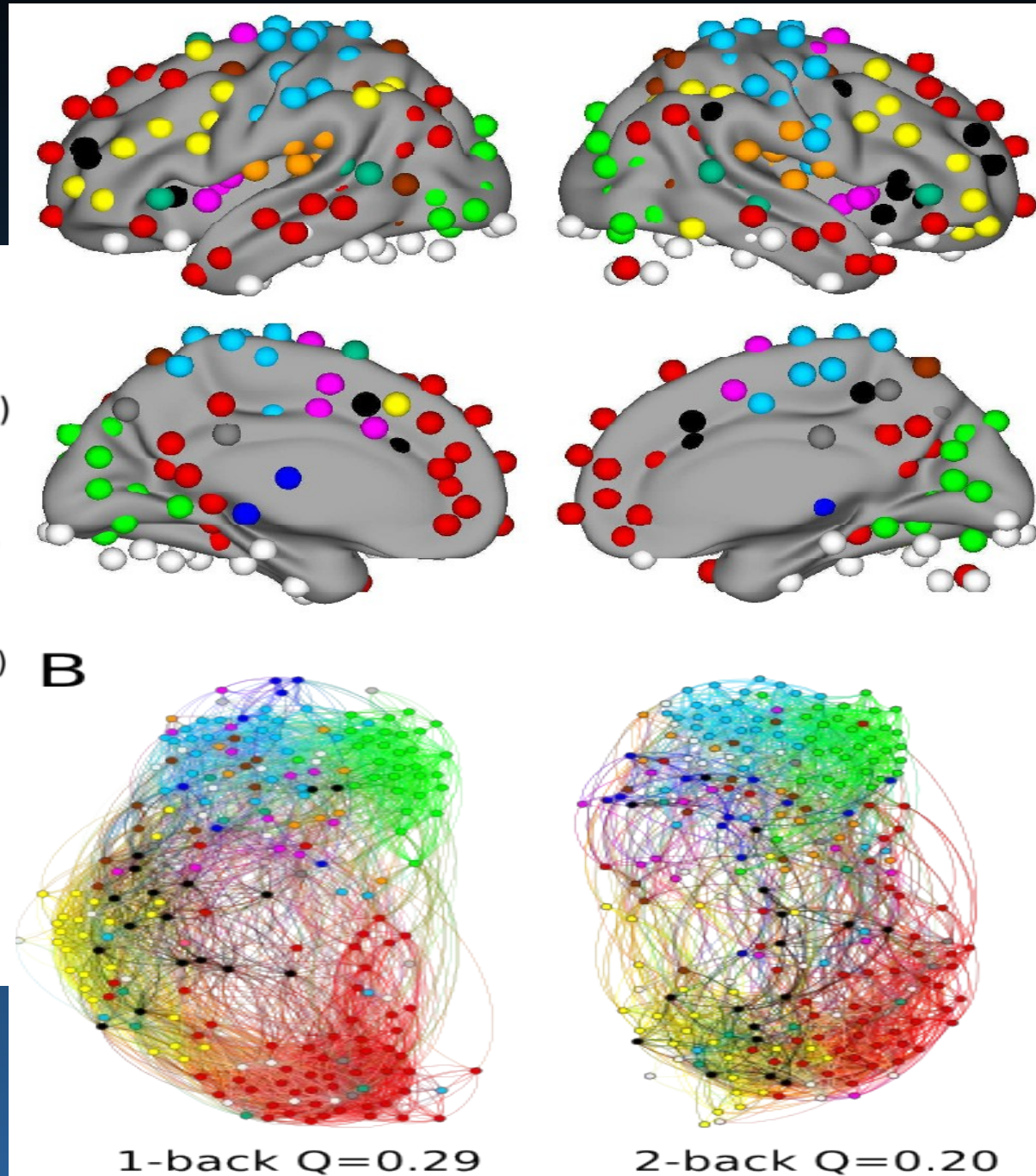
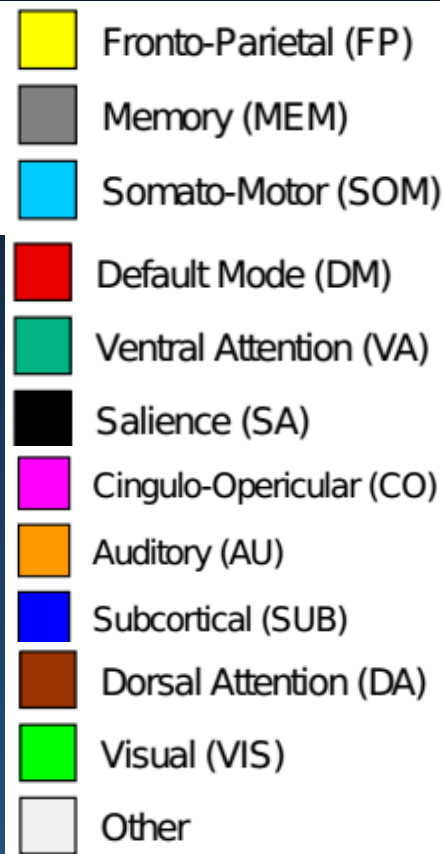
Simple and more difficult tasks,  
requiring the whole-brain  
network reorganization.

Left: 1-back

Right: 2-back

Average over 35  
participants.

Left and midline  
sections.



K. Finc et al, HBM (2017).

# Modularność i procesy poznawcze

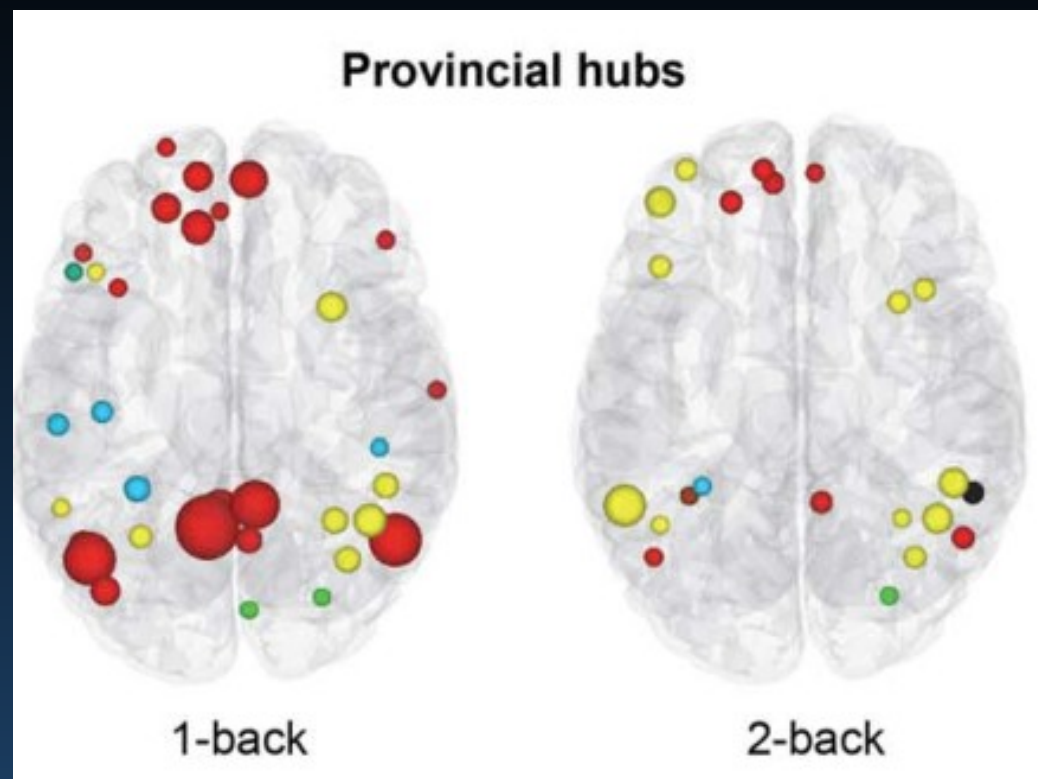
Proste i trudniejsze zadanie pokazuje jak zachodzi reorganizacja sieci całego mózgu, globalnych hubów.

Lewa: 1-back, łatwe zadanie

Prawa: 2-back, trudniejsze zadanie

Średnia dla 35 badanych.

Lokalne 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, Lewandowska M, Wolak T, Nikadon J, Dreszer J, Duch W, Kühn S. (2017) Transition of the functional brain network related to increasing cognitive demands. Human Brain Mapping 38(7), 3659–3674

# Modularność i procesy poznawcze

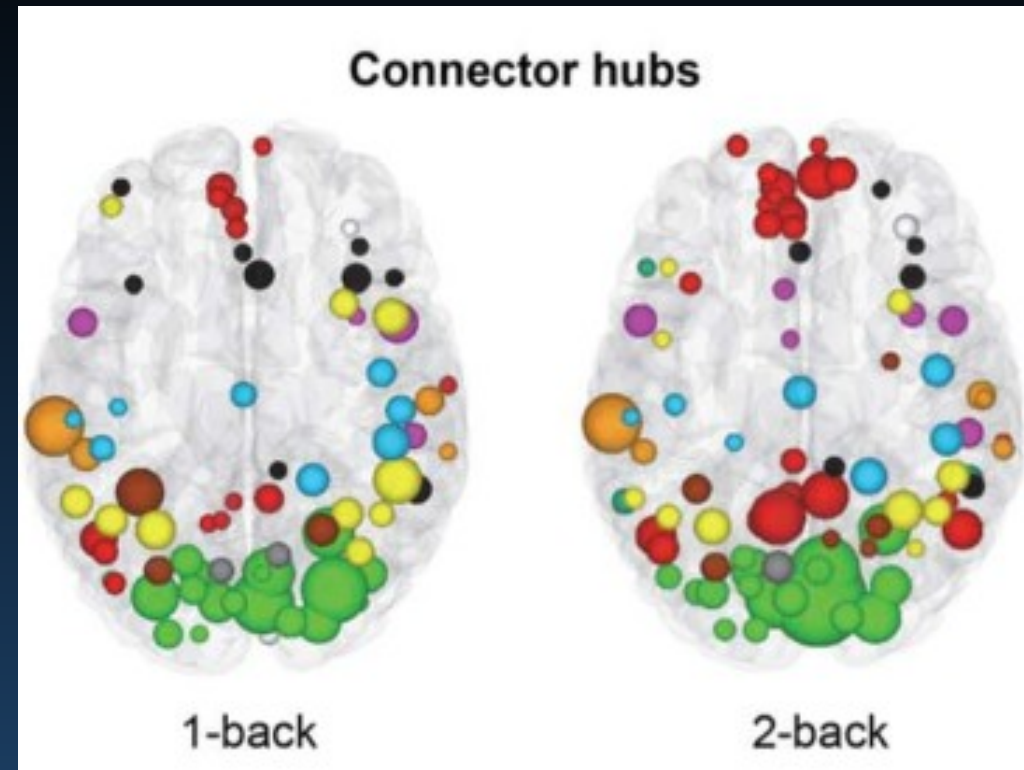
Proste i trudniejsze zadanie pokazuje jak zachodzi reorganizacja sieci całego mózgu, globalnych hubów.

Lewa: 1-back, łatwe zadanie

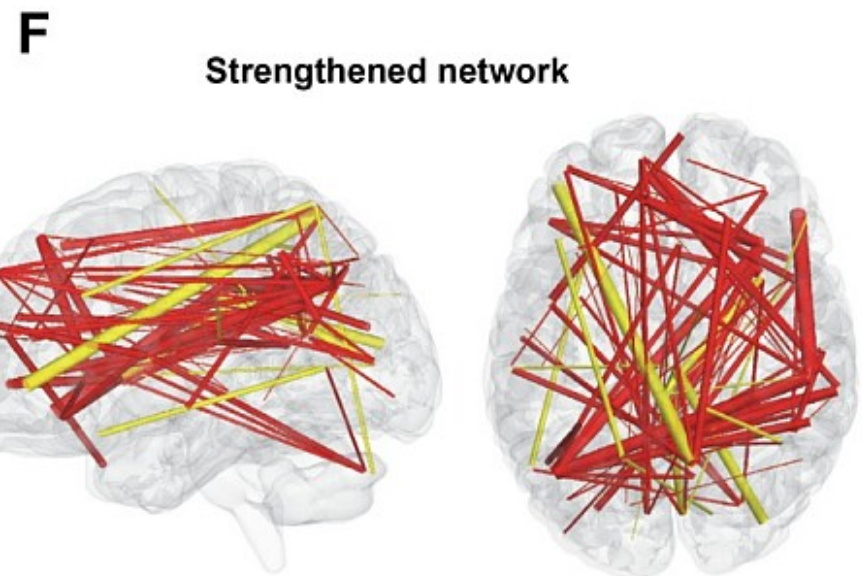
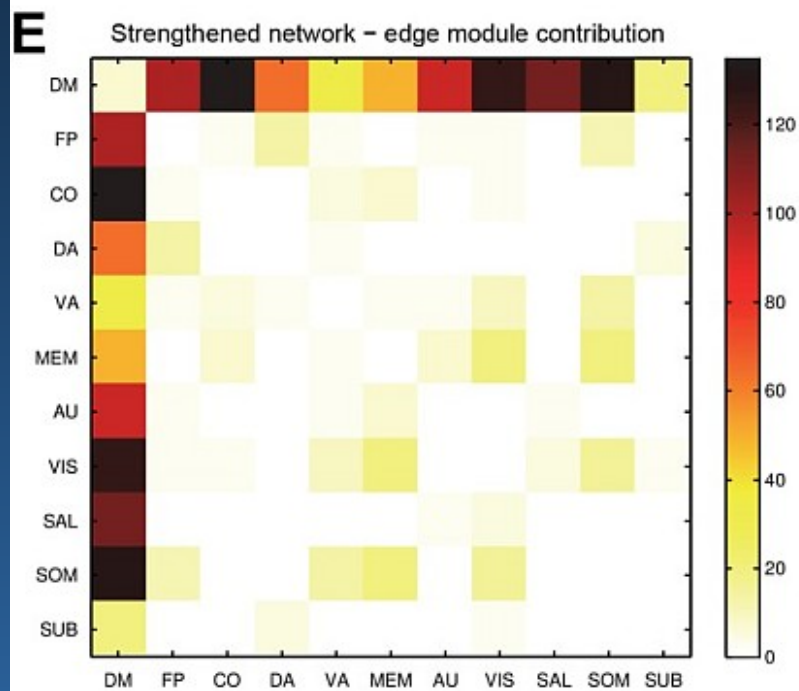
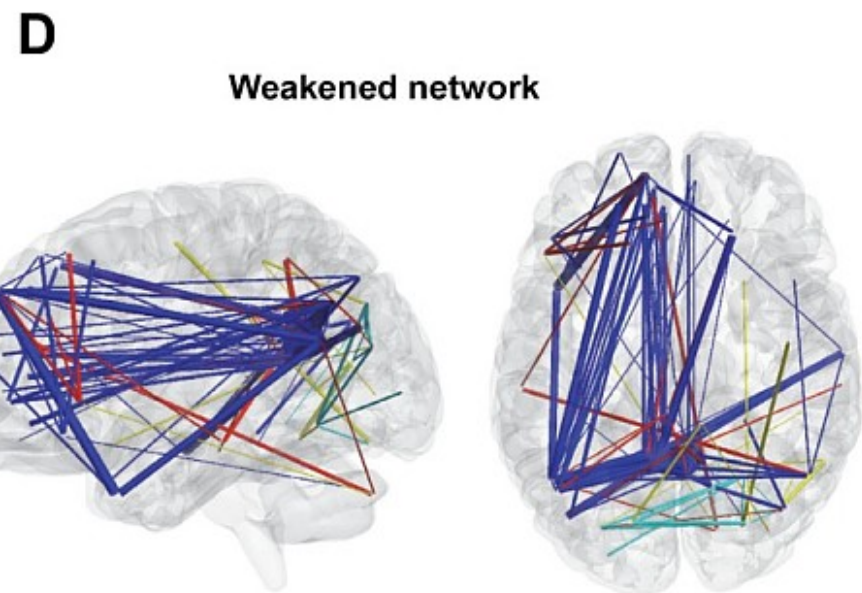
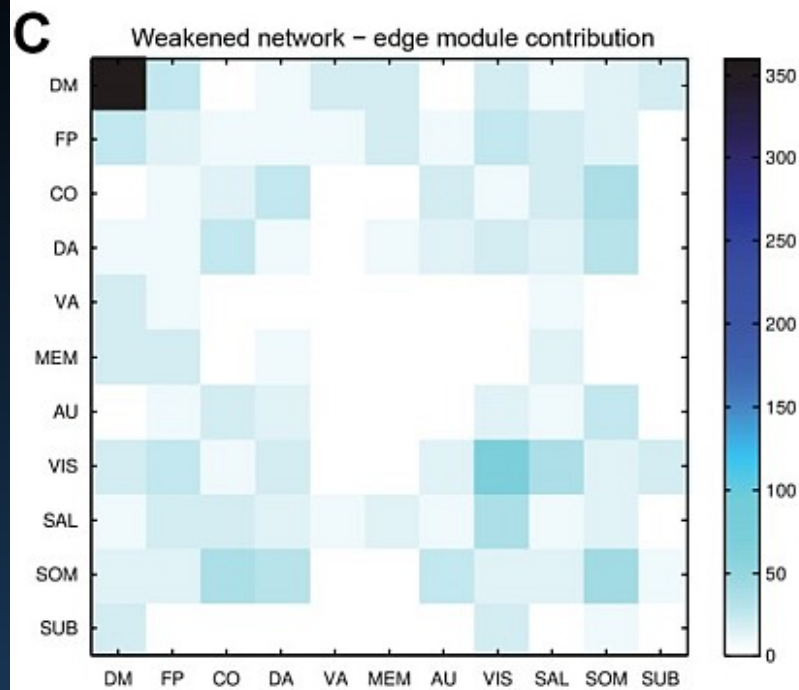
Prawa: 2-back, trudniejsze zadanie

Średnia dla 35 badanych.

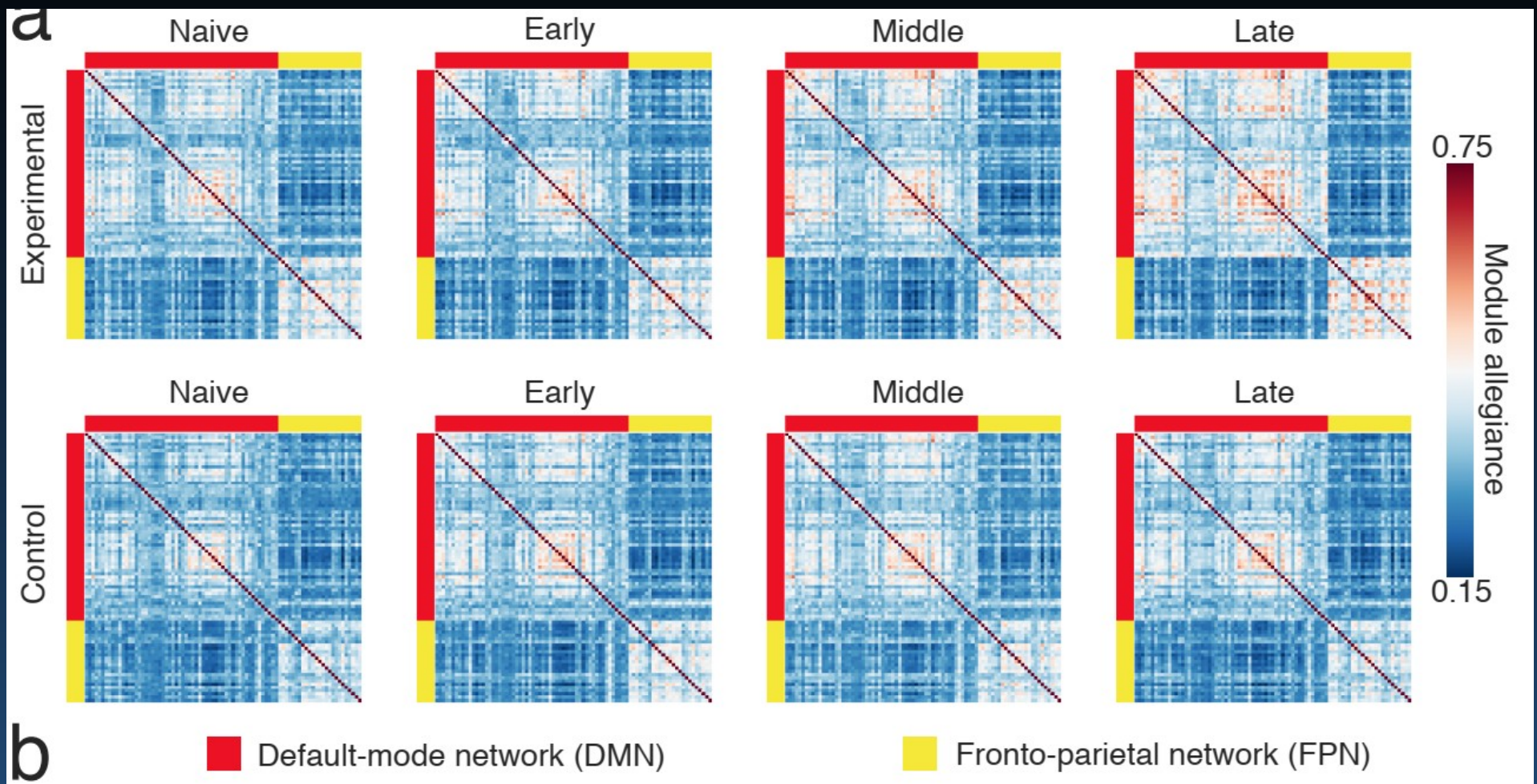
Globalne huby w DMN i PFC stają się bardziej aktywne gdy zadanie robi się trudne, część neuronów w tych obszarach tworzy nowe rozległe podsieci integrujące pracę odległych obszarów mózgu.



# Zmiany FC dla trudniejszego zadania



# Trening pamięci roboczej

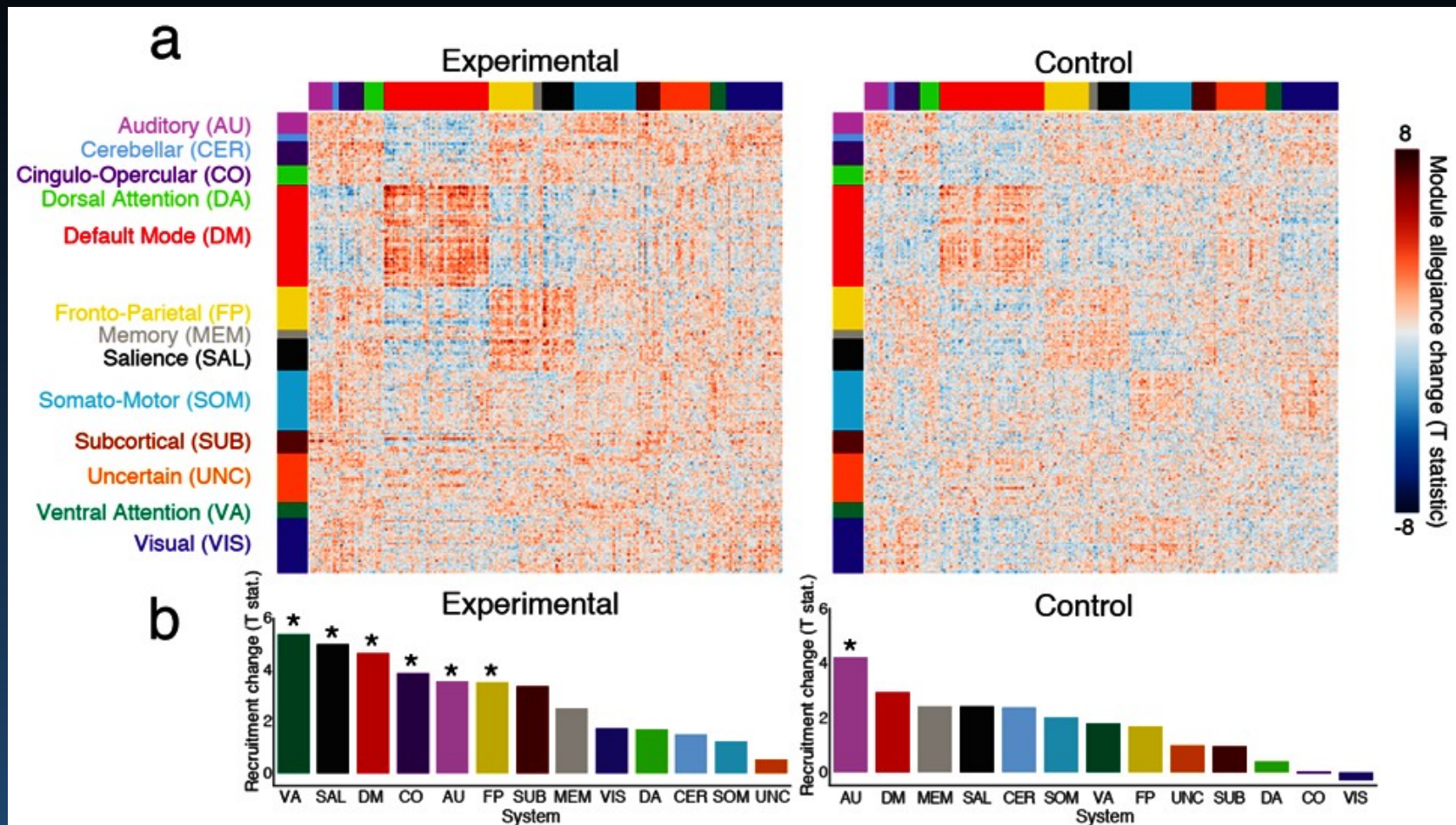


Trening trwał 6 tygodni, podwójne zadanie n-back, na wykresach zmiany współczynnika przypisania do sieci FP i DMN, czyli prawdopodobieństwa, że para ROI (atlas POWERa, 264 ROI) zostanie przypisana do tej samej sieci.

Automatyzacja od świadomej do automatycznie wykonywanej czynności.

Finc et al. Nature Com 11, 2435, 2020

# Wpływ treningu na cały mózg



Zmiana rekrutacji ROI wewnątrz sieci i pomiędzy różnymi sieciami.

Istotny wzrost rekrutacji modułów \* widać w sieciach DMN, FP, orientacji VA, istotności SAL, sieci obręczowo-wieczkowej (cingulo-opercular, CO) i sieci słuchowej AU.

K. Finc, K. Bonna, X. He, D. Lydon-Staley, S. Kühn, W. Duch & D.S. Bassett,  
Nature Communication 11, 2435, 2020



# Wnioski



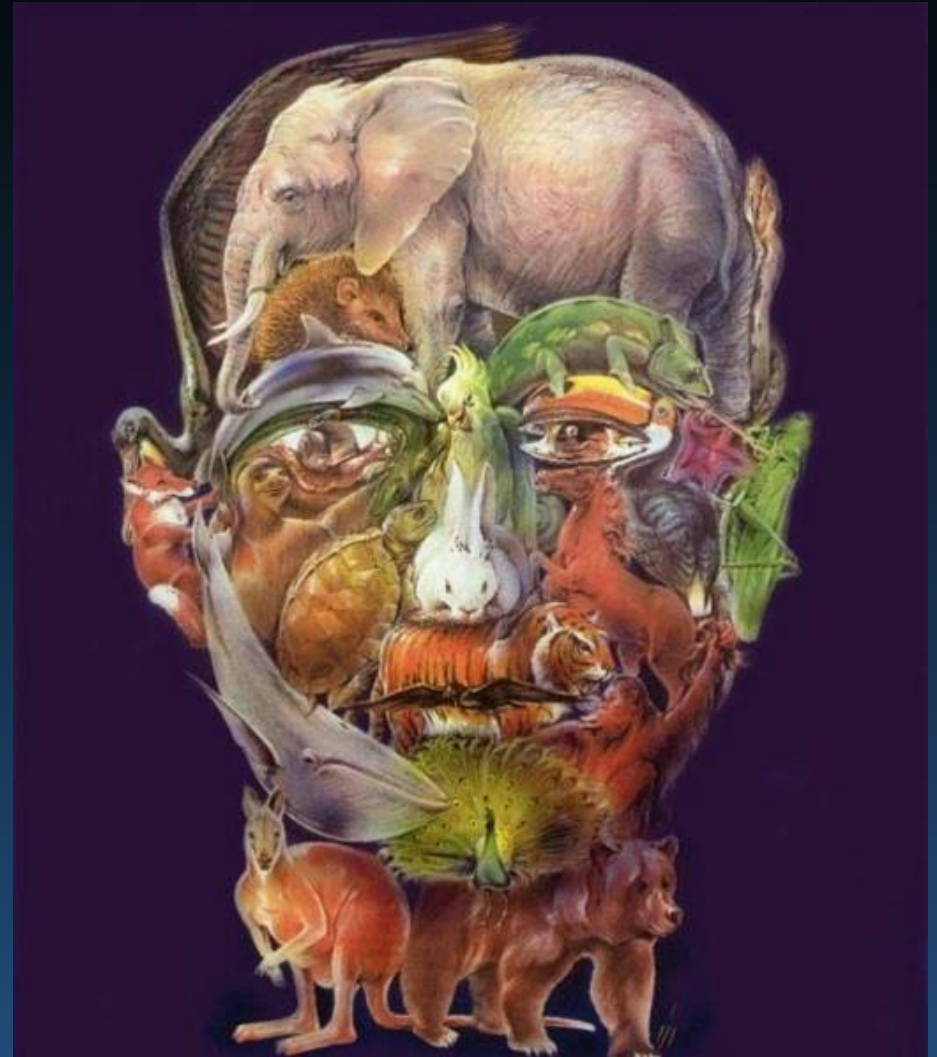
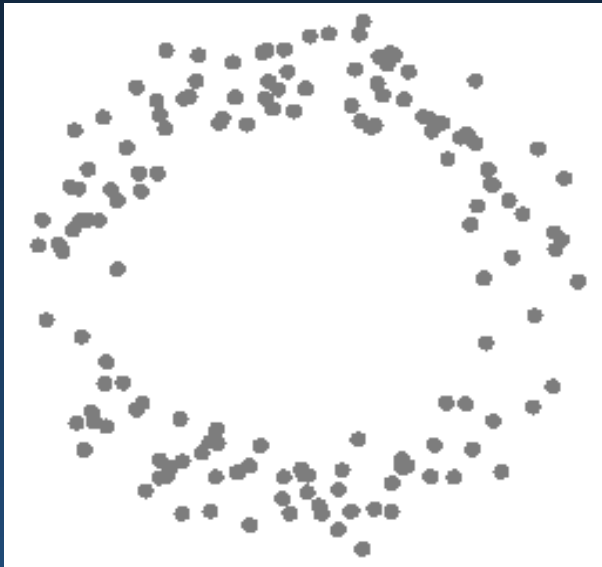
- Umysł jest cieniem neurodynamiki, zrozumieć siebie = zrozumieć procesy zachodzące w mózgu, sprzężenie ze środowiskiem, pamięć.
- Część z tego co o sobie wiemy to wewnętrzny przepływ informacji, pomiędzy neuronami, tworzenie map kognitywnych, tworzenie wewnętrznych reprezentacji nadających sens percepcji i pamięci.
- Ważna jest lokalna komunikacja między neuronami i globalna dynamiczna pamięć, przestrzeń robocza: paczki impulsów gamma, biegnące przez drogi utorowane oscylacjami theta. Taki mechanizm oszczędza energię i zwiększa stabilność.
- Werbalny opis za pomocą konstruktów psychologicznych powinien odzwierciedlać zachodzące w mózgu procesy, ale do niektórych nie mamy świadomego dostępu i nie da się ich zwerbalizować. Potrzebujemy fenomeniki, tak jak neuropsychiatria.
- Kluczem jest badanie neurodynamiki sieci funkcjonalnych na konektomach strukturalnych, biologicznie poprawne modele sieci neuronów i fenomenika neurokognitywna na wielu poziomach, ale to złożone ciągłe procesy.
- Neuroobrazowanie  $\Leftrightarrow$  modele całego mózgu  $\Leftrightarrow$  grafy sieciowe  $\Leftrightarrow$  modele mentalne, do pewnego stopnia pokażą jak powiązać stany mózgu i umysłu,  $S(B) \Leftrightarrow S(M)$ .

# W poszukiwaniu źródeł aktywności poznawczej mózgu

Projekt „Symfonia”, 2016-21



Thank you for  
synchronization  
of your neurons



Google: Wlodziław Duch  
=> talks, papers, lectures, Flipboard ...