

Fizyka i Metafizyka Świadomości



W³odzis³aw Duch



**Katedra Metod Komputerowych
Uniwersytet Miko³aja Kopernika,
ul. Grudzi¹dzka 5, 87-100 Toruń, Poland.
duch @ phys.uni.torun.pl**

Strona www <http://class1.phys.uni.torun.pl>

Archiwum FTP:

class1.phys.uni.torun.pl/pub/papers/kmk

Plan

1. Nauki o poznaniu - czy można zrozumieć umys³?
2. Badania nad świadomości¹. Czym jest świadomość?
3. Mózg dla modelarzy.
4. Percepcja i recepcja.
5. Empiryczna teoria świadomości.
6. Implikacje filozoficzne.

1. Nauki o poznaniu:

czy można zrozumieć umysł?

Nauki kognitywne lub nauki o poznaniu (cognitive sciences):

filozofia kognitywna (filozofia umysłu), neuronauki kognitywne, psychologia poznawcza, psycholingwistyka, lingwistyka komputerowa, sztuczna inteligencja, sztuczne życie, sieci neuronowe, komputerowa analiza obrazu, algorytmy ewolucyjne ...

Problemy leżące u podstaw **nauk kognitywnych**:

1. Problem ciała i umysłu: jaki jest stosunek materii do świata ducha?
2. Centralny Paradoks Poznania: w jaki sposób symbole, idee, znaczenie, cały świat umysłu wyonąć się może z procesów obliczeniowych wykonywanych przez mózg?
3. Problem „jakości” wrażenia: kolor czerwony i zielony są czymś innym, nie tylko innymi długościami fali świetlnej.
4. Problem nabierania znaczenia przez symbole w systemach formalnych: symbole definiowane są przez inne symbole, skąd się bierze prawdziwe rozumienie?
5. Czym jest świadomość? Jak ją zdefiniować?
6. W mózgu nie ma określonego miejsca, które można uznać za siedzisko umysłu, świadoma percepcja jest jednak spójna (the binding problem).
7. Trudności techniczne: klasyczne modele rozumowania w sztucznej inteligencji operują symbolami, nie mają nic wspólnego z neurobiologią i nie nadają się do rozpoznawania wzorców (np. obrazów), asocjacji, generalizacji wiedzy. Sieci neuronowe trudno natomiast zmusić do logicznego działania.

Czy teoria umysłu jest możliwa?

Empiryczna Teoria Umys³u powinna wyjaœniaæ:

- Fakty dotycz¹ce **percepcji**, np. widzenie stereoskopowe, zale¿noœci psychofizyczne; **dynamiczne z³udzenia optyczne**: maskowanie bod¹yców, metakontrast, interferencjê Stroop'a ...
- Tysi¹ce obserwacji z **psychologii poznawczej**, np. dotycz¹cych pisanania na maszynie czy praw uczenia siê.
- Ró¿ne rodzaje **pamiêci**: krótkotrwa³1, semantyczn¹, epizodyczn¹ ...
- **Stadia rozwoju**, od niemowlêcego do doros³ego: nauka chodzenia, podstawowych kategorii i struktur wiedzy.
- **Stany ewidomoeci**: sen, marzenia na jawie, stan hipnotyczny i inne stany umys³u
- **Postrzeganie œwiadome i nieœwiadoma recepcja**, ewolucyjne zalety œwiadomego postrzegania, jak siê to wi¹¿e z procesami w mózgu; znaczenie symboli, jakoœæ wra¿eñ, subiektywnoœæ ewidomoeci.
- **Powstanie ego**, osobowoœci, rozczepienie jaŸni.
- **Intuicja** i zachowania impulsywne.
- **Zdolnoœci lingwistyczne**, myœlenie i rozumowanie.
- Czym jest **humor**?
- **Zjawiska psychiatryczne**: od dysleksji, stanów lêkowych, œlepoty historycznej, do schizofrenii.
- Zagadnienie „**wolnej woli**”, **percepcji estetycznej** muzyki i sztuki.
- **Wyj¹tkowe zdolnoœci**, np: „idiot savants”; zdolnoœci parapsychiczne ?

Niewiele by³o dotyczczas ambitnych projektów

A. Newell - zunifikowana teoria poznania (SOAR)

G. Edelman - Teoria Selekcji Grup Neuronalnych (TNGS)

2. Badania nad świadomości¹.

Interdyscyplinarna konferencja w Tucson (Az), 4/94

"Toward A Scientific Basis for Consciousness"

Academy of Consciousness, Princeton (6-7/94)

World Congress on Neural Networks, San Diego (6/94)

"Mind, Brain and Consciousness"

Crick, F. & Koch, C. Towards a neurobiological theory of consciousness. Seminars in the Neurosciences, 2 (1991) 263-275.

Daniel Dennett, Consciousness Explained. (Little Brown, Boston 1991)

Owen Flanagan, Consciousness Reconsidered. (Cambridge, MIT Press 1992)

Francis Crick, The Astonishing Hypothesis (C. Scribner's Sons, NY 1994)

Seria ksi¹ek "Advances in Consciousness Research" (John Benjamins)

Pisma: Psyche, Psychology, Consciousness And Cognition, Journal Of Consciousness Studies, Behavioral And Brain Sciences ...

Czym jest świadomość?

- **Kiedy mamy poczucie, że rozumiemy?**

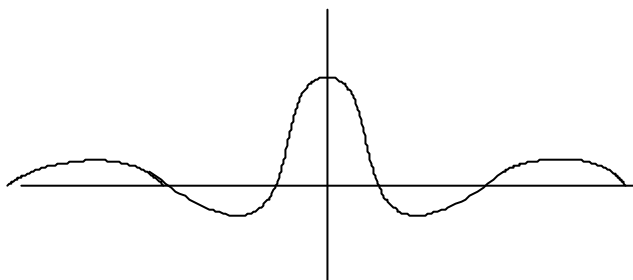
Fizyka klasyczna - tak. Pojęcia czasu, przestrzeni, cz¹stki, masy, si³y.

Fizyka kwantowa - nie. Pojęcia funkcji falowej, amplitudy prawdopodob, pozwala na przewidywania, ale nie daje poczucia zrozumienia.

Umys³, świadomość refleksyjna: zewnętrzny opis nie wystarczy.

Równanie świadomości niczego nam nie wyjaśni. Poczucie zrozumienia wymaga osobistego doświadczenia.

- **Świadomość = doświadczenie, stan cia³a i umys³u.**



3. Mózg dla modelarzy

**Computation is the essence of brain function.
(Knudsen et.al, Ann. Rev. of Neuroscience 1987)**

- **Skala:** od molekularnej $\sim 10^{-10}$ m do makroskopowej ~ 1 m
- **Złożoność:** 10^{10} - 10^{11} neuronów, 10^{14} - 10^{15} synaps, $\sim 10^3$ - 10^5 Tflops
- **Struktury:** kilkaset anatomicznie odróżnialnych struktur
- **Mapy topograficzne:** tonotopiczne, wizualne, motoryczne ...
- **Połączenia** zwykle dwukierunkowe, pętle sprzężenia zwrotnego.
- Brak **centralnej kontroli** ale są neurony integrujące różne wrażenia zmysłowe
- Aktywacja neuronów: lokalnie pobudzająca, dalej hamująca, jeszcze dalej pobudzająca.
- **Grupy neuronów** (NCA), wprowadzone przez D. Hebb'a (1949), transkoryne TNCA
- **Szerokość warstw kory mózgu** 2-4 mm grubości.
- **Mikrokolumny:** około 0.1-1 mm², 10^3 - 10^5 neuronów, kilka % połączeń, komunikacja pomiędzy kolumnami ~ 8 mm
- **Oscylacje** ~ 2 -40 Hz widoczne w EEG, synchronizacja NCA prowadzi do połączenia grup neuronów w „supergrupy” TNCA.
- **Techniki eksperymentalne** badania TNCA: korelacje zapisu EEG w żywych mózgach i wycinkach tkanki mózgowej, zapis sygnałów z pojedynczych neuronów lub z kilku jednocześnie.

• 4. Percepcja i recepcja.

Przetwarzanie sygnałów sensorycznych: mapy topograficzne

Wizualne: orientacja linii, oko lewe-prawe, kierunek ruchu, kolor

Słuchowe: względne opóźnienie, różnica intensywności, widmo częstotliwości i amplitudy.

Motoryczne: kierunek ruchu oczu, głowy, ciała

Somatotopowe: skóra ciała.

Struktura map topograficznych: częściowo uwarunkowana genetycznie

- Pamięć krótkotrwała: około 7 sekund, zawartość do 7 ± 2 jednostek.
- Percepcja jest procesem dynamicznym - globalne struktury wzbudzeń transkorynych grup neuronów (TNCAs) można modelować jako atraktory w układach dynamicznych.

Od mózgu do umysłu

Procesy w mózgu - modelowane przy pomocy układów dynamicznych.

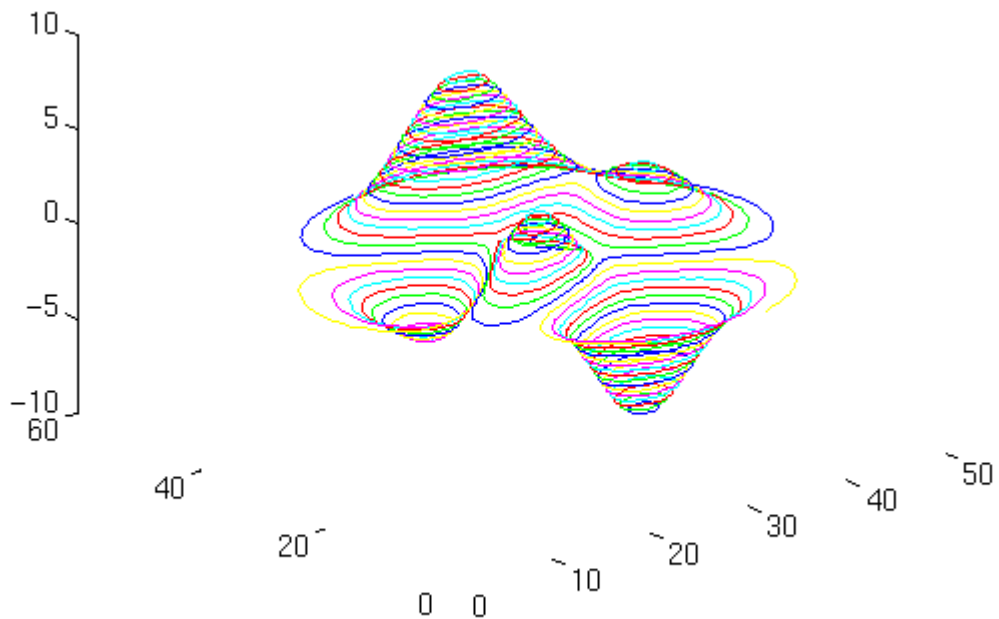
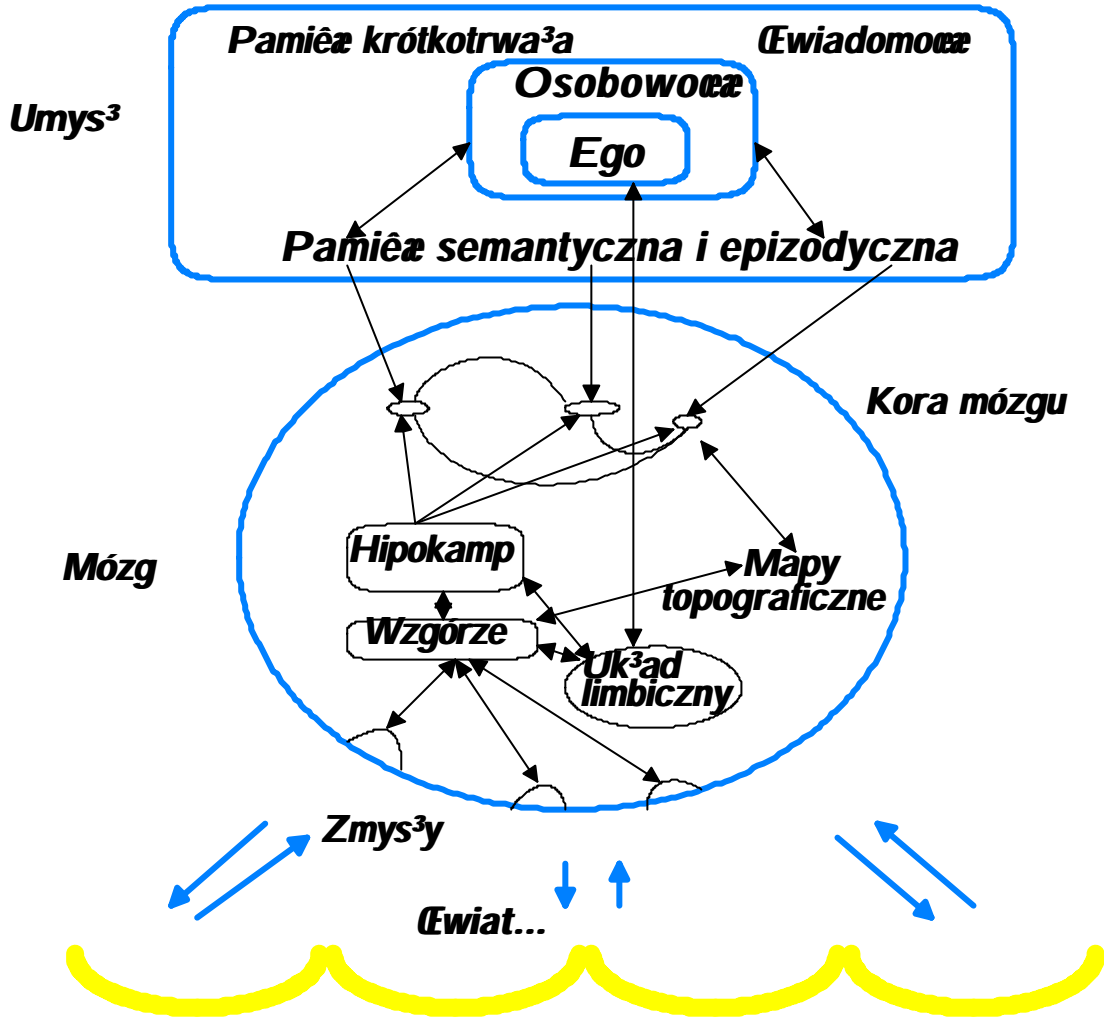
Uproszczony opis układów dynamicznych - **symboliczny** (np. HMM).

Zamiast dynamiki TNCA w przestrzeni fazowej o wielkiej liczbie wymiarów atraktory (stabilne stany) tej dynamiki reprezentowane są w przestrzeni cech reprezentacji (przestrzeni umysłu).

Formalizm matematyczny do modelowania umysłu - **przestrzenie umysłu (mind spaces)**.

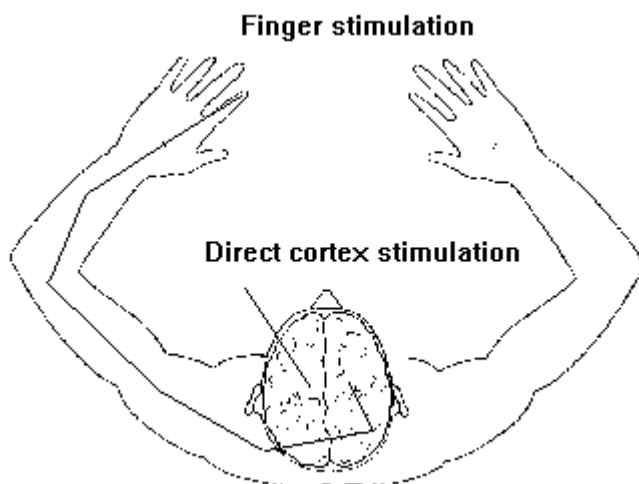
5. Empiryczna teoria świadomości.

- **Umysł** nie jest redukowalny do pracy mózgu lecz jest odbiciem świata. Na początku umysłu było słowo, czyli dyskretna kategoria, obiekt w przestrzeni umysłu. Umysł kontroluje ciało.
- **Intuicja** opiera się na topografii przestrzeni umysłu.
- **Pamięć** długotrwała pozwala odtworzyć stany mózgu i umysłu, jest „zamrożoną rzeczywistością”.
- **Świadomość** nie jest rzeczą lecz doświadczeniem.
- **Doświadczenie** jest określonym stanem umysłu/mózgu/ciała.
- Subtelność reakcji organizmu wzrasta w procesie **ewolucji** wraz ze wzrostem stopnia komplikacji mózgow stwarzając większe możliwości adaptacji.
- Procesy świadome wymagają **globalnej metastabilnej dynamiki** mózgu (TNCA) i silnej pamięci krótkotrwałej, wszystkie pozostałe procesy są nieświadome.
- **Samoświadomość** - wymaga złożonego mózgu zdolnego do reprezentacji „ja”, z którymi związane są silne wrażenia emocjonalne.
- Przetwarzanie informacji nie zachodzi w sposób świadomy, decyzje podjęte przez mózg prowadzą do reakcji organizmu określanej jako świadoma. Czas potrzebny na wywołanie tej reakcji wynosi 0.5 sek.
- **Jakości wrażeń**: wyobraźmy sobie szczura, którego nauczono kojarzenia koloru czerwonego z bólem a zielonego z przyjemnością. Stabilne stany dynamiki jego mózgu w układzie (ból-przyjemność, kolor, inne parametry) przedstawia można na rysunku. Wartości na osi ból-przyjemność zdefiniowane są przez średnie pobudzenia struktur układu limbicznego. Jakość wrażeń koloru jest wyraźnie widoczna a jej przejawem jest silna reakcja emocjonalna. U człowieka przy naturalnej dynamice mózgu jakości wrażeń zależą od przeżytych doświadczeń i skojarzeń.



Eksperymenty neurofizjologiczne B. Libet'a

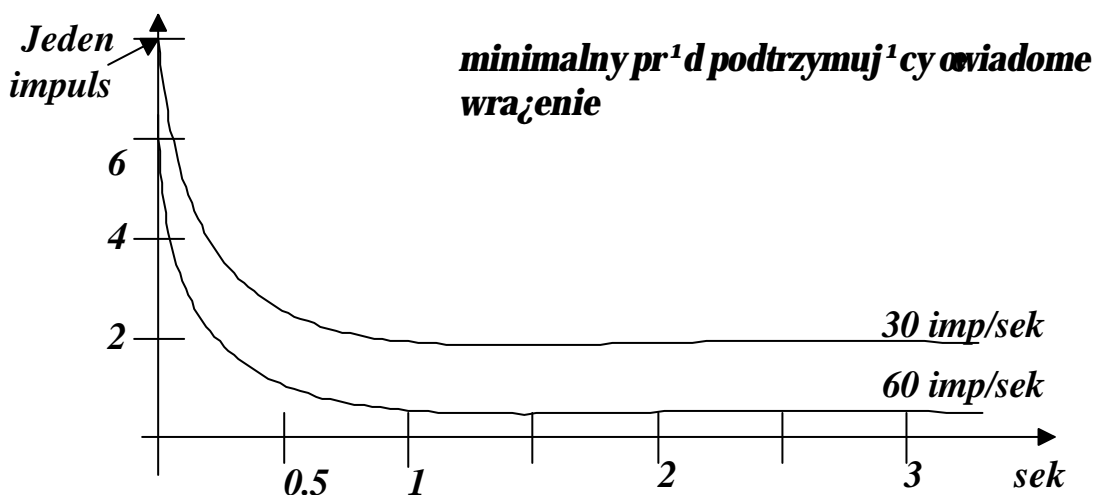
Stymulacja skóry rêki wymaga 0.2 sec by sygna³ dotar³ do kory mózgu. Jednoczesna bezpoœrednia stymulacja kory sensorycznej impulsem elektrycznym do 0.5 sek. **wywo³uje œwiadome wraŹenie** subiektywnie odbierane jako pœœnieszne!

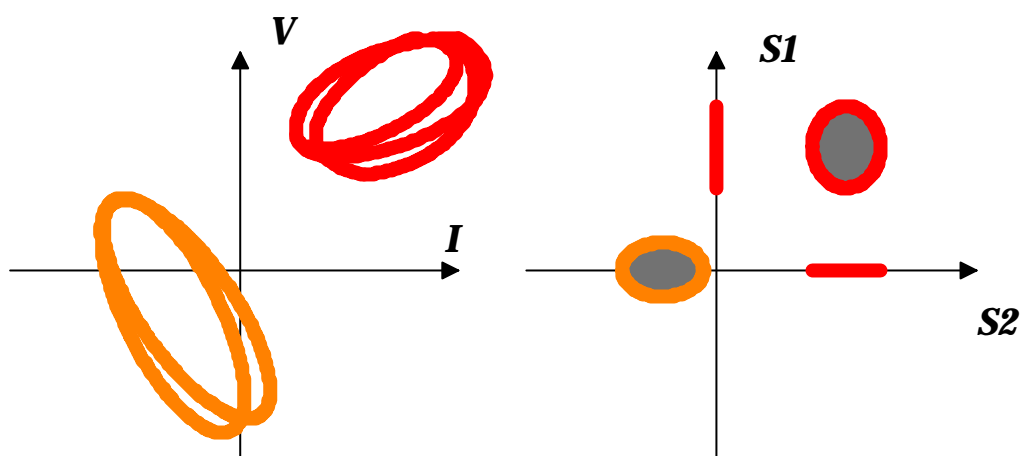


Elektryczne impulsy 0.2 msec. o czêstoœci $\nu=8$ do 240 Hz, do 60 impulsów w ci¹gu sekundy, w obszarze kory sensorycznej, Minimalny pr¹d zauwaŹalny jako wraŹenie dotykowe $I \sim 1/\sqrt{\nu}$; $I^2 \nu \sim \text{moc} = \text{const}$

œwiadome wraŹenie wymaga **dostatecznej energii** by wzbudziæ grupê neuronów (TNCA) i dostatecznej energii by podtrzymaæ jej dzia³anie.

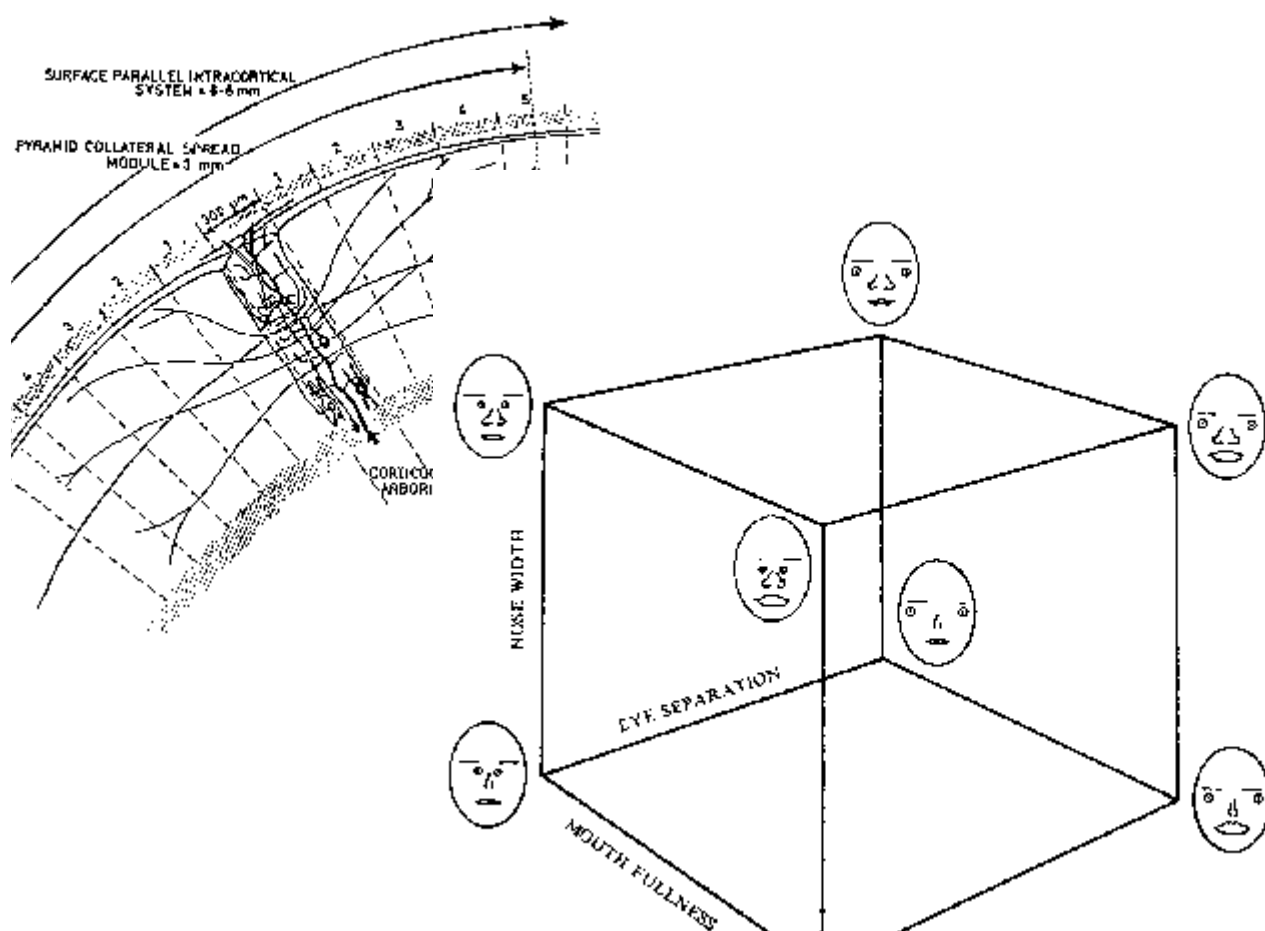
Czas potrzebny na wzbudzenie TNCA - zaleŹny od struktury wzbudzeñ sygna³u; naturalne sygna³y - krœtki czas, sztuczne - d³ugi.





Przestrzeń psychologiczna, obiekty umys³u dla dwóch cech.

Dynamika TNCA - atraktory w $S1, S2$ - średnie sygna³y dochodz¹ce do grupy neuronów wzbudzaj¹ce j¹ w sposób opisywany przez trajektorie w przestrzeni fazowej. p-ni fazowej $\sim 10^4$ wymiarów.



6. Implikacje Filozoficzne

- D. Hume (1740): umys³ to nic innego jak różne percepcje zwi¹zane z sob¹ przez pewne relacje. Umys³ to system kontroli, materialny aspekt jest tu wtórny, najważniejsza jest informacja i relacje. Dużo wcześniej - Abhidharma, szko³y Mahajany w Indiach i Chinach.
- **Naturalna realizacja umys³u = modułarne sieci neuronowe.**
- **Problem cia³a i umys³u** powstaje wtedy, gdy obiekty umys³u rozbija się sztucznie na nazwy i inne cechy.
- **Stany umys³u** prowadz¹ do intencjonalnych dział³ań ponieważ obiekty umys³u s¹ ze sob¹ powi¹zane (**entrainment**).
- **Znaczenie:** stany umys³u nabieraj¹ znaczeń poprzez sensoro-motoryczne schematy dział³ań. Umys³ zwi¹zany jest z cia³em i w sposób twórczy reprezentuje rzeczywistość mu dostępn¹.
- **Doświadczenia subiektywne:** stany umys³u s¹ zwi¹zane z odczuciami rzeczywistości, gdyż obiekty umys³u s¹ pewn¹ ca³ośći¹ z³o¹on¹ z wielu cech reprezentacji wewnętrznych.
- **Obiekty umys³u** można zaktywizować podaj¹c kilka cech charakterystycznych. **Jakości wrzęń** maj¹ **obserwowalne** konsekwencje gdyż prawdopodobieństwo kolejnych zdarzeń zależy od tych jakości.
- **S³owa** s¹ szczególnie efektywne przy aktywizacji obiektów umys³u gdyż definiuj¹ je zwykle jednoznacznie.
- **Umys³** rozwija się w wyniku kontaktów z otoczeniem, jego **nie-algorytmiczna** natura jest odbiciem natury środowiska.

Sztuczna inteligencja jest jedynie cieniem sztucznego umys³u.