

Predictive processing

Układanka

- Ewolucjonizm
- 3E Cognition
- Allostaza i procesy fizjologiczne
- Inferencja Bayesowska
- Przetwarzanie predykcyjne

3E Cognition

- Embodied
- Enactive
- Extended

Embodied cognition (ucieleśnione poznanie)

- Człowiek poznaje świat całym ciałem, nie tylko układem nerwowym
- Praca układu nerwowego jest nierozzerwalnie złączona z ciałem
- Mózg jest zamknięty w czarnej skrzynce, jego interakcje ze światem zależne są od ciała

Enactive cognition (enaktywne poznanie)

- Działanie jest nierozzerwalnie związane z poznaniem
- Podmiot poznający zawsze działa, porusza się w świecie, aktywnie pozyskując informacje
- Percepcja jest w dużej mierze zależna od ciała i jego ruchu
- Postrzegamy obiekty w kategoriach działań, które możemy na nich wykonać (affordances, Gibson)
- Pojęcia powstają w kontekście działania

Extended cognition (rozszerzone poznanie)

- Andy Clark i David Chalmers (1998)
- Jakaś część naszego systemu poznawczego jest całkowicie poza naszym ciałem
- Książki, notesy, komputery, smartfony
- Wikipedia?
- Być może poznanie jest "partnerstwem" pomiędzy mózgiem i światem zewnętrznym?

Homeostaza i allostaza

Homeostaza

- Claude Bernard, Walter Cannon, przełom XIX i XX w.
- Celem fizjologii jest utrzymywanie stałych warunków wewnątrz organizmu
- Optymalna temperatura, ciśnienie krwi, stężenie glukozy, gospodarka sodowo-potasowa itd.
- Zachwianie homeostazy powoduje uruchomienie sprzężeń zwrotnych

Problem z homeostazą

Ciśnienie krwi

- 110/70 to nie poziom optymalny tylko **średni**
- Odzwierciedla poziom najczęstszy ale nie najbardziej optymalny
- Większe zapotrzebowanie na tlen (np. z powodu wysiłku) wymaga wyższego ciśnienia

Allostaza

- Celem fizjologii nie jest zachowanie stałych parametrów tylko zwiększenie szansy na sukces reprodukcyjny
- Parametry fizjologiczne fluktuują, ale nie z powodu zachwiania homeostazy
- Fluktuacje służą optymalizacji
- Allostaza: **coordinated variation to optimize performance at the least cost** (Sterling, 2004)

Zasady allostazy

1. Organizmy są wydajne
2. Wydajność wymaga wzajemnych "poświęceń" (*reciprocal trade-offs*)
3. Wydajność wymaga przewidywania potrzeb
4. Przewidywanie wymaga dostrojenia sensorów do spodziewanych bodźców
5. Przewidywanie wymaga dostrojenia efektorów do spodziewanego zapotrzebowania
6. Regulacja predyktywna zależy od zachowania, które również podlega adaptacji

Allostaza wymaga przewidywania potrzeb

- Reagowanie na zachwiania równowagi jest niewystarczające i zbyt kosztowne
- Optymalnie jest **przewidywać** potrzeby i reagować na nie
- Osoba z cukrzycą zrobi sobie zastrzyk z insuliny **przed** posiłkiem
- Naczelną funkcją mózgu jest **przewidywanie przyszłych stanów** w celu optymalizacji metabolicznej

Inferencja Bayesowska

Posterior \sim Prior * Likelihood

Inferencja Bayesowska

Bayesian Brain Hypothesis

- W wielu zadaniach ludzki system poznawczy zachowuje się bayesowsko
- Być może inferencja bayesowska jest implementowana w układzie nerwowym
- *Free energy principle - every living organism aims to maximize the bayesian model evidence* (Friston)

PP

- Predictive processing (przetwarzanie predykcyjne)
- Predictive coding (kodowanie predykcyjne)
- Active inference (aktywne wnioskowanie)
- Free energy principle
-

Herman von Helmholtz (1821 - 1894)



Karl Friston



PP - o co chodzi?

Percepcja jest kombinacją:

- **Predykcji** opartych na wiedzy (modelu generatywnym)
- Danych sensorycznych potwierdzających (lub nie) te predykcje

PP - o co chodzi?

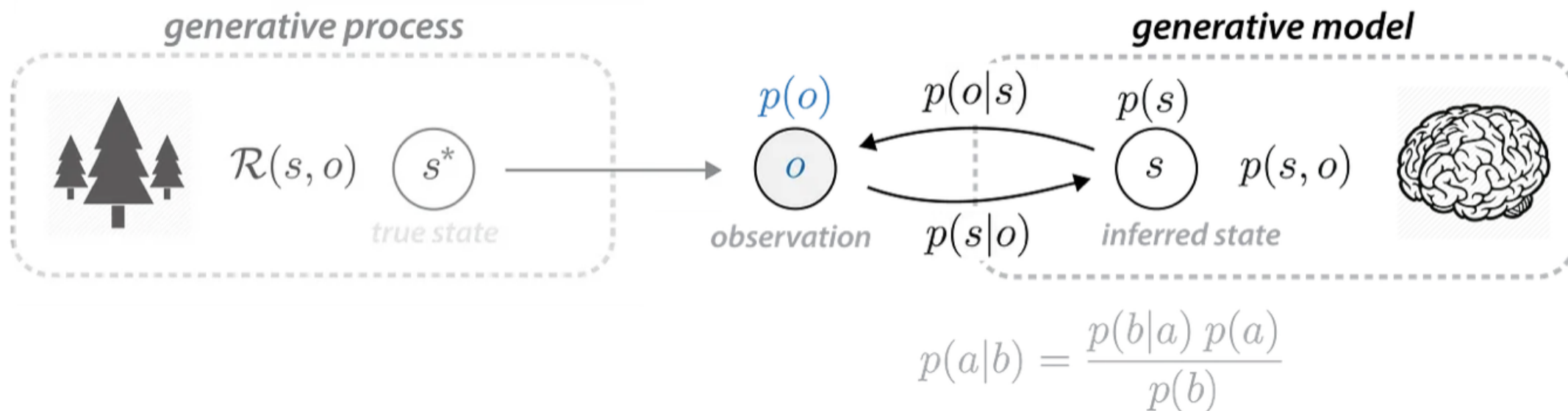
Percepcja jest kombinacją:

- procesów **zstępujących** (top-down)
- procesów **wstępujących** (bottom-up)

Modele generatywne

- Wykorzystujemy probabilistyczną wiedzę, żeby tworzyć **generatywny model świata**
- Model ten wykorzystujemy do **konstruowania** doświadczeń percepcyjnych
- Model generatywny to probabilistyczna reprezentacja tego, jak nieobserwowalne przyczyny w świecie prowadzą do obserwowalnych konsekwencji - naszych doświadczeń

Modele generatywne



Mózg jako maszyna do tworzenia predykcji

- Mózg nie jest pasywnym "odbieraczem i analizatorem bodźców"
- Mózg to wielowarstwowe, wielośrodkowe, hierarchiczne urządzenie, które non-stop zajmuje się **przewidywaniem własnych stanów sensorycznych** (eksterocepcji i interocepcji)
- **Hierarchiczne**, ponieważ wyższe struktury cały czas starają się przewidzieć stany *niższych* struktur

Błędy predykcji (prediction errors)

- Jeśli stany sensoryczne zgodne są z modelem/przewidywaniami: wszystko jest ok
- Jeśli nie: powstają błędy predykcji, które uaktualniają model tak, by lepiej przewidywał stany
- To jest **uczenie się**

Precyzja

- *Self-estimated sensory uncertainty - precision*
- Błędy predykcji mogą wynikać z różnych przyczyn
- W nocy widzimy mniej niż w dzień
- Mózg zdaje sobie sprawę z niepewności związanej z błędami predykcji
- Im większa niepewność/mniejsza precyzja, tym błędy mają mniejszą szansę wpłynąć na model generatywny

Precyzja a uwaga

- W PP ten mechanizm utożsamiany jest z **uwagą**
- Jeśli kierujemy na coś uwagę, zwiększamy precyzję błędów predykcji
- Zwiększając precyzję, zwiększamy szansę na zmianę modelu świata

PP to nie tylko percepcja

- PP sugeruje, że tworzenie modeli jest naczelną zasadą organizującą systemy biologiczne!
- W tym sensie aplikowane jest do wszystkich obszarów funkcjonowania umysłu

PP to przede wszystkim teoria neurobiologiczna

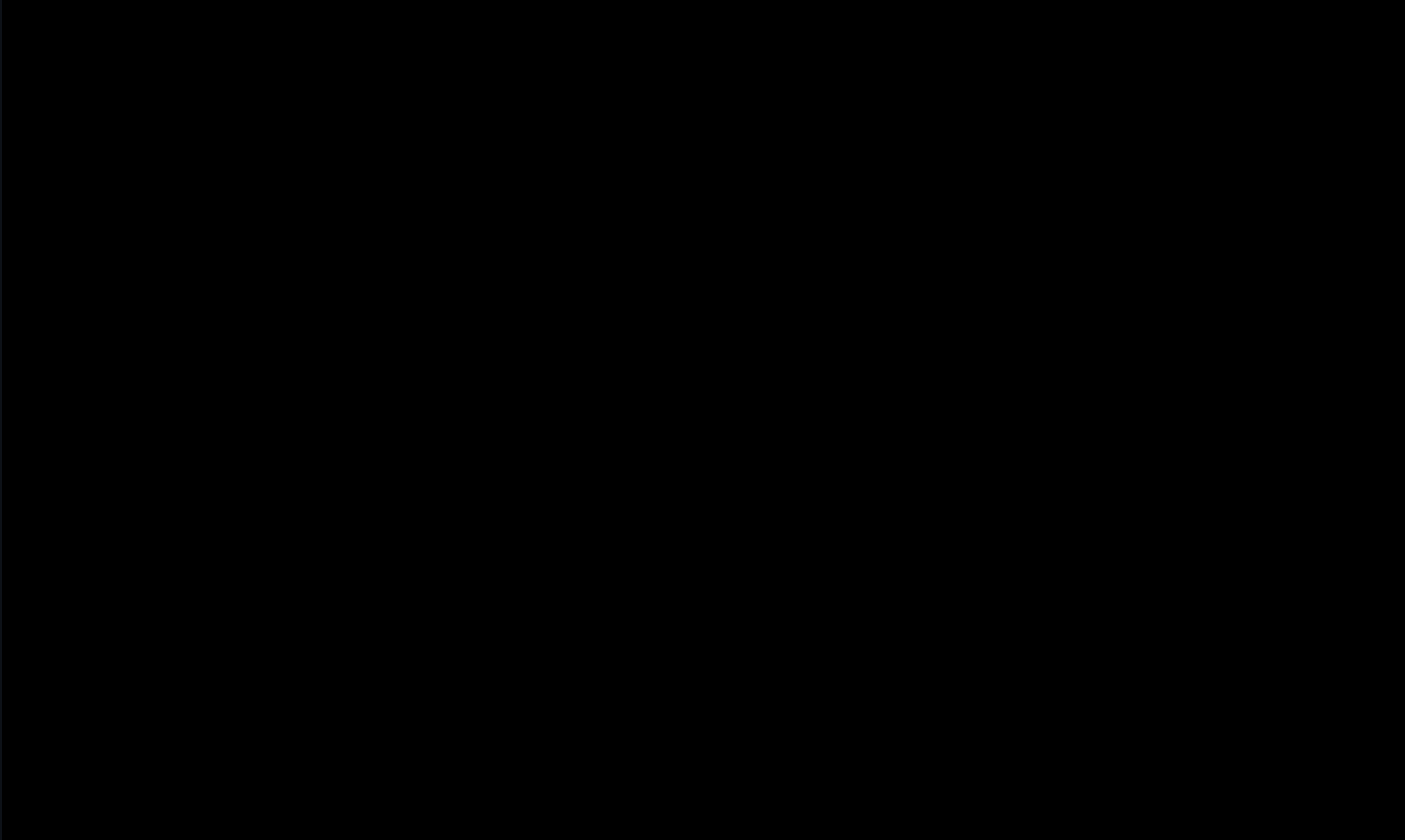
- PP mówi o zasadach, wg. których konstruowane są układy nerwowe!
- Mózgi ssaków mają architekturę, która pozwala na PP (mają?)

Pretykcyje w życiu



200km/h!

Proste przykłady



Proste przykłady

<https://michaelbach.de/ot/mot-flashLag/index.html>

Active inference

Gdy model się nie zgadza z danymi sensorycznymi, można:

- Zmienić model, by pasował do świata
- Zmienić świat, by pasował do modelu

Active inference a poruszanie się (motor control)

- Gdy chce się poruszyć, wytwarzam model świata, w którym już się poruszyłem
- Model odbiega od rzeczywistości (błędy predykcji!)
- Ruszam się, żeby dopasować model (zmniejszyć błąd)
- (można tak programować roboty!)

Ale po co w ogóle się ruszać?

- PP zakłada hierarchiczność systemu
- Pragnienia "długoterminowe" (motywacje?) są wynikami długoterminowych, wysokopoziomowych predykcji na temat własnego stanu w przyszłości

Przykład (A.Clark)

- *Przewiduję, że spotkamy się o 19:00 w kinie, więc...*
- *Przewiduję, że wsiadę do autobusu o 18:30, więc...*
- *Przewiduję, że poruszę moimi kończynami, żeby dojść na przystanek, itd.*

Od PP do free energy principle



Problemy z PP

- Teoria wszystkiego?
- Falsyfikowalność?
- Czy PP to wszystko, czy jest coś jeszcze?
- Czy PP tłumaczy celowość, moralność, inne ludzkie przywary?
- Czy free energy principle się zgadza?

Jeśli kogoś to zainteresowało...

Anil Seth: Your brain hallucinates your conscious reality

Andy Clark: Happily Entangled: Emotions Cognition and the Predictive Mind

Mind, Brain, and Behavior

$$\begin{aligned} D_{\text{KL}}[Q(x) \parallel P(x|y)] - \ln P(y) &= F[Q, y] = -\mathbb{E}_{Q(x)}[\ln P(y, x)] - H[Q(x)] \\ D_{\text{KL}}[Q(x) \parallel P(x)] - \mathbb{E}_{Q(x)}[\ln P(y|x)] &= D_{\text{KL}}[Q(x) \parallel P(x)] - H[Q(x)] \end{aligned}$$

Książki o PP

Jakob Hohwy, The Predictive Mind (2014), Oxford University Press

Copyrighted Material

SURFING UNCERTAINTY

PREDICTION, ACTION,
AND THE
EMBODIED MIND

ANDY CLARK