

Bayesowskie mózgi i przetwarzanie predykcyjne

Zagadka

- Spotykasz studenta na kampusie, zaczynacie rozmawiać
- Okazuje się, że nazywa się Tomek i jest bardzo nieśmiały
- Co robi Tomek?
- Studiuje prawo?
- Robi dr z matematyki?

Zagadka

- Ile jest **w ogóle** studentów prawa na kampusie?
- Ile jest **w ogóle** ludzi robiących phd z matmy na kampusie?

Inferencja Bayesowska

$$P(A \mid B) = \frac{P(B \mid A) P(A)}{P(B)}$$

Inferencja Bayesowska

Yanagisawa et al.

Mathematical Emotion Model of Novelty

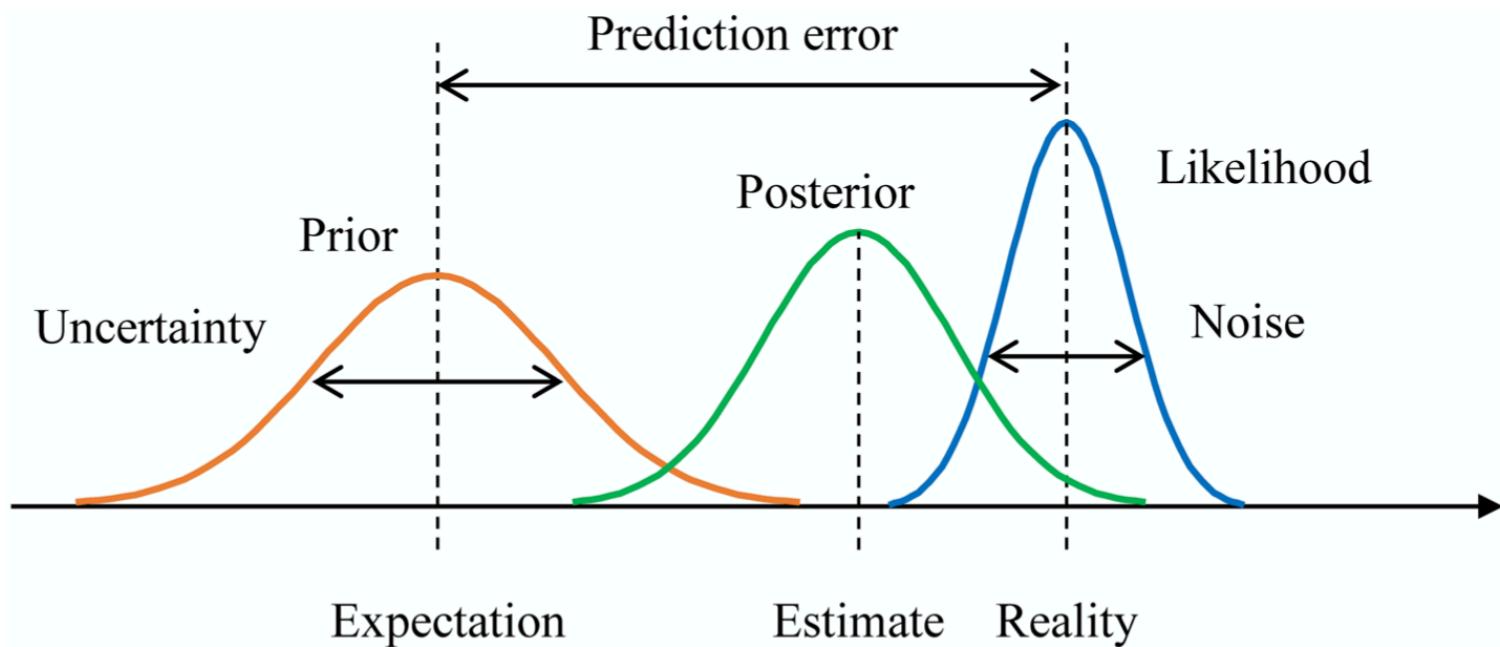


FIGURE 1 | Example of Bayesian inference with a prior distribution, a posterior distribution, and a likelihood function. The prediction error is the difference between the prior expectation and the peak of the likelihood function (i.e., reality). Uncertainty is the variance of the prior. Noise is the variance of the likelihood function.

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)

Herman von Helmholtz (1821 - 1894)



Rao & Ballard, 1999, Nat Neurosci

Predictive coding in the visual cortex: a functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects

Rajesh P. N. Rao¹ and Dana H. Ballard²

¹ The Salk Institute, Sloan Center for Theoretical Neurobiology and Computational Neurobiology Laboratory, 10010 N. Torrey Pines Road, La Jolla, California 92037, USA

² Department of Computer Science, University of Rochester, Rochester, New York 14627-0226, USA

Correspondence should be addressed to R.P.N.R. (rao@salk.edu)

We describe a model of visual processing in which feedback connections from a higher- to a lower-order visual cortical area carry predictions of lower-level neural activities, whereas the feedforward connections carry the residual errors between the predictions and the actual lower-level activities. When exposed to natural images, a hierarchical network of model neurons implementing such a model developed simple-cell-like receptive fields. A subset of neurons responsible for carrying the residual errors showed endstopping and other extra-classical receptive-field effects. These results suggest that rather than being exclusively feedforward phenomena, nonclassical surround effects in the visual cortex may also result from cortico-cortical feedback as a consequence of the visual system

Karl Friston



PP - o co chodzi?

Percepcja jest kombinacją:

- **Predykcji** opartych na wiedzy (*prior*)
- Danych sensorycznych potwierdzających (lub nie) te predykcje (*likelihood*)

PP - o co chodzi?

Percepcja jest kombinacją:

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

Percepcja to kontrolowana halucynacja

- Wykorzystujemy probabilistyczną wiedzę, żeby tworzyć **generatywny model świata**
- Model ten wykorzystujemy do **konstruowania** doświadczeń percepcyjnych

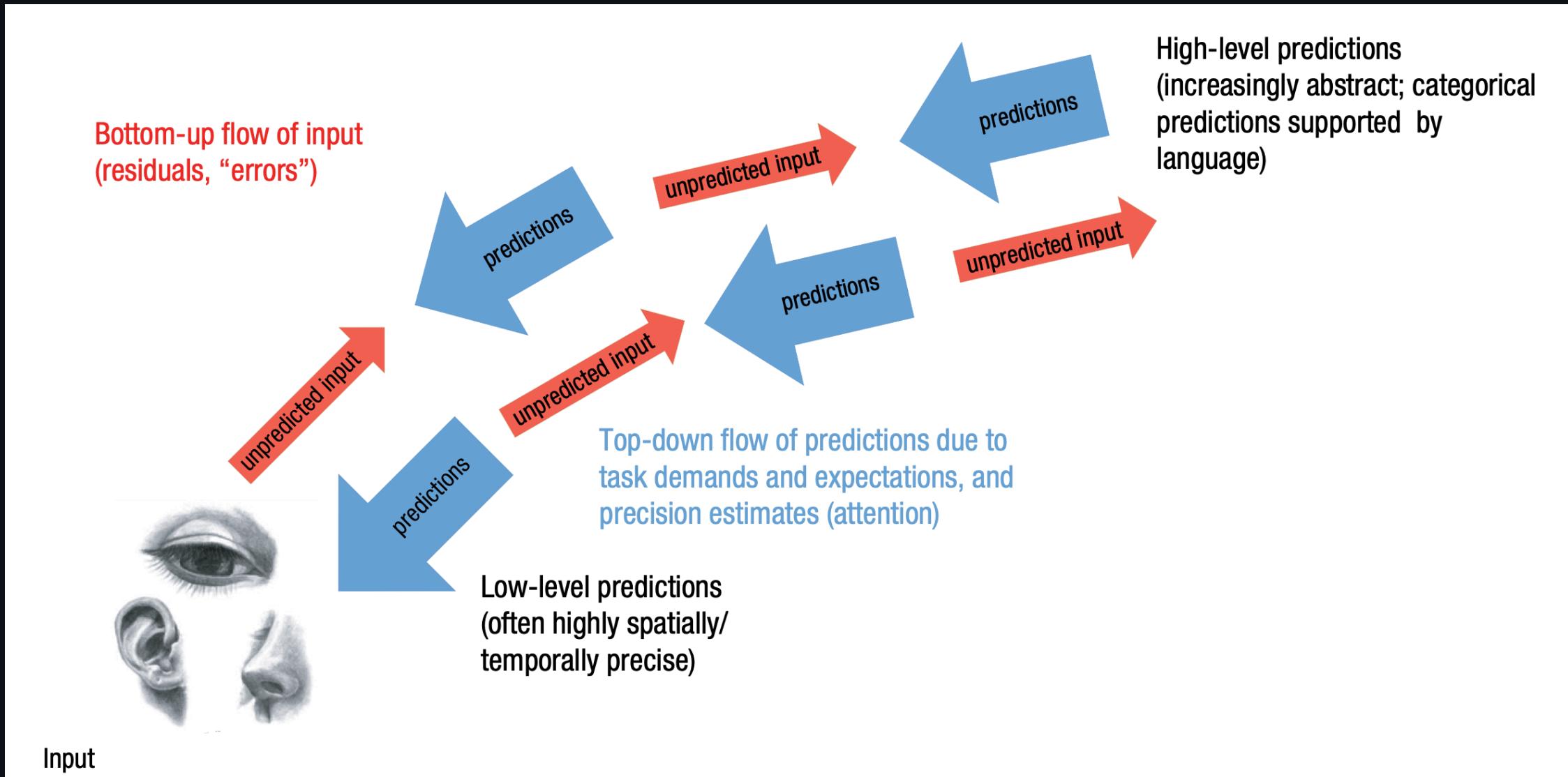
Mózg jako maszyna do tworzenia predykcji

- Mózg (UN) to wielowarstwowe, wielośrodковne, hierarchiczne urządzenie, które non-stop zajmuje się **przewidywaniem własnych stanów sensorycznych** (eksterocepcji, interocepcji, propriocepcji)
- To co widzimy w danym momencie to **najbardziej prawdopodobna predykcja na temat najbliższej przyszłości**

Hierarchiczność w PP

- Wyższe struktury cały czas starają się przewidzieć stany *nizszych* struktur
- Najniższe poziomy hierarchii: neurony narządach sensorycznych, drogi sensoryczne
- Wyższe poziomy: percepcja obiektów, kategorie pojęciowe, stany motywacyjne, etc

Hierarchiczność (Lupyan & Clark, 2015)



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 wpływać na model generatywny

Przykład (LFB)

- Jesteś policjantem, idziesz ciemną ulicą w kiepskiej dzielnicy
- Widzisz człowieka wyjmującego komórkę z kieszeni
- PP tworzy model biorąc pod uwagę: bycie policjantem, ciemność, kiepska dzielnica, ktoś sięga do kieszeni...
- W tej sytuacji może stworzyć się **wyraźny percept broni (shooter bias)**

Precyza a uwaga

- W PP ten mechanizm utożsamiany jest z **uwagą**
- Jeśli kierujemy na coś uwagę, zwiększymy precyzję błędów predykcji
- Zwiększając precyzję, zwiększymy 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 nie tylko teoria!

- PP to zasada, wg. której skonstruowane są układy nerwowe!
- Mózgi ssaków mają architekturę, która pozwala na PP (mają?)

Preidykcje w życiu



200km/h!

Proste przykłady



Proste przykłady

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

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

Książki o PP

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

Książki o PP

