

# Modele kodowania informacji w układzie nerwowym przy ograniczeniach energetycznych.

Opiekunowie naukowci:

- **Dr hab. Jan Karbowski**, Instytut Matematyki Stosowanej i Mechaniki, Uniwersytet Warszawski, kontakt: jkarbowski@duch.mimuw.edu.pl
- **Prof dr hab. Janusz Szczepański**, Instytut Podstawowych Problemów Techniki, Polska Akademia Nauk, kontakt: januszczepe@gmail.com

Informacja sensoryczna napływająca do mózgu jest kodowana albo w impulsach elektrycznych neuronów (informacja krótkotrwała) lub w strukturze synaps (informacja długofalowa). W obu przypadkach istnieje pewna korelacja między tym co się dzieje na zewnątrz mózgu (“input”) a tym co jest kodowane w mózgu. Ta zależność jest opisana matematycznie przez tzw. informację wzajemną, która jest jedną z podstawowych koncepcji w teorii informacji. Z drugiej strony wiadomo, że przepływ lub przechowywanie informacji jest związane z poborem energii, tzn. informacja nie jest abstrakcyjną wielkością, ale ściśle stowarzyszoną z procesami fizycznymi, które wymagają energii. W mózgu energia (metaboliczna) dostarczana jest przez przepływ krwi, który jest generalnie ograniczony z góry przez różne czynniki fizjologiczne i geometryczne. Tak więc ilość kodowanej informacji w realistycznych sieciach neuronowych powinna być także ograniczona przez energetykę tych sieci.

Celem projektu jest analiza matematyczna zależności między kodowaną informacją w neuronach i synapsach, oraz jej dokładnością, a poziomem energii metabolicznej w mózgu. W szczególności badane będzie jak ta zależność jest modulowana przez strukturalną dynamikę synaps zwaną plastycznością. Wiadomo, że plastyczność synaps umożliwia zapisywanie informacji długotrwałej w sieciach neuronowych, i stąd powinna mieć istotne znaczenie dla przetwarzania i przechowywania informacji. Ponadto, istnieje hipoteza w środowisku

neurobiologii teoretycznej, że informacja w układzie nerwowym jest prawdopodobnie optymalizowana przy danych ograniczeniach energetyczno-fizjologicznych. Ta domniemana optymalność układu nerwowego będzie testowana w oparciu o dostępne dane neuroanatomiczne.

Warto też zaznaczyć, że przepływ krwi w mózgu i jego stopień utlenienia (czyli zużytkowana energia metaboliczna) są ważnymi parametrami określającymi aktywność danej części mózgu, co jest używane w tzw. magnetycznym rezonansie (fMRI), czyli w praktyce klinicznej.

Ten interdyscyplinarny projekt łączy w sobie elementy z trzech różnych dziedzin: neurobiologii, fizyki, i teorii informacji. Idealny kandydat powinien mieć pewną elementarną wiedzę z tych dziedzin. W szerszym kontekście, projekt jest częścią promowania w Polsce stosunkowo młodej, interdyscyplinarnej dziedziny, zwanej na świecie “Computational Neuroscience” (w Polsce Neuroinformatyka). Dziedzina ta jest szeroko propagowana i finansowana w krajach wysoko rozwiniętych takich jak USA, Niemcy, W. Brytania, Francja, Japonia, itp.

W ramach projektu istnieje możliwość częściowego dofinansowania w ramach grantu OPUS pt. “Ograniczenia energetyczne na przechowywanie i przetwarzanie informacji w układzie nerwowym” (kierownik: J. Karbowski), który został przyjęty do realizacji przez Narodowe Centrum Nauki od 2016 roku.

#### **Literatura:**

- 1) Dayan P, Abbott LF - *Theoretical Neuroscience*. MIT Press (2001).
- 2) Rieke F, et al - *Spikes: exploring the neural code*. MIT Press (1997).
- 3) Cover TM, Thomas JA - *Elements of Information Theory*. Wiley (1991).
- 4) Laughlin SB et al - *Nature Neurosci.* 1: 36-41 (1998).
- 5) Landauer R - *Science* 272: 1914-1918 (1996).
- 6) Brunel N, Nadal JP - *Neural Comput.* 10: 1731-1757 (1998).
- 7) Amigo JM, Szczepanski J, et al - *Neural Comput.* 16: 717-736 (2004).
- 8) Szczepanski J, et al - *Biological Cyber.* 104: 161-174 (2011).

- 9) Karbowski J - *PLoS One* 7: e33425 (2012).
- 10) Karbowski J - *Phys. Rev. E* 61: 4235-4252 (2000).
- 11) Bell AJ, Sejnowski TJ - *Neural Comput.* 7: 1129-1159 (1995).
- 12) Chechik G (2003) - *Neural Comput.* 15: 1481-1510 (2003).
- 13) Lan G et al - *Nature Physics* 8: 422-428 (2012).