

# Najtrudniejszy pierwszy krok

Nowatorskie metody i modele przepustką do zrozumienia mózgu. **ANDRZEJ BIELECKI**

## ➔ NEUROCYBERNETYKA TEORETYCZNA

Redakcja naukowa Ryszard Tadeusiewicz  
Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego  
Warszawa 2009



**Cybernetyka**, czyli nauka o przetwarzaniu informacji w systemach, głównie w kontekście sterowania, jest dziedziną stosunkowo młodą. Jej powstanie datuje się na rok 1948, kiedy to Norbert Wiener napisał książkę *Cybernetyka, czyli sterowanie i komunikacja w zwierzęciu i maszynie* (pod tym tytułem wydano ją w 1971 roku w języku polskim). Od tego momentu losy tej dziedziny układały się dość ciekawie. Najpierw, w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych, dynamicznie się rozwijała, aby potem podzielić się na dyscypliny co prawda wzajemnie ze sobą spokrewnione, ale jednak traktowane jako oddzielne gałęzie nauki, takie jak sztuczna inteligencja, sterowanie, informatyka czy teoria gier.

Dzisiaj status cybernetyki jest nieco dwuznaczny. Z jednej strony rzadko postrzega się ją jako spójną naukę pokroju matematyki czy fizyki. Z drugiej jednak strony, istnieją czasopisma naukowe, również bardzo prestiżowe, wydawane przez największe na świecie oficyny naukowe, wyłącznie jej poświęcone. Pojęcie systemu – podstawowego obiektu będącego przedmiotem badań cybernetyki – jest niezwykle uniwersalne i dlatego może być ona wykorzystywana do analizy wielu aspektów rzeczywistości. Tak więc, ze względu na obszar zastosowań, wyróżniamy cybernetykę techniczną, biocybernetykę, cybernetykę ekonomiczną czy też socjologiczną. Jedną z podstawowych gałęzi biocybernetyki jest neurocybernetyka, czyli cybernetyka układu nerwowego.

*Neurocybernetyka teoretyczna* to monografia złożona z prac wielu autorów, której redaktorem naukowym jest profesor Ryszard Tadeusiewicz, wybitny polski cybernetyk, autor wielu artykułów naukowych, w tym również publikowanych w prestiżowych czasopismach za-

granicznych, członek PAN i PAU, doktor honoris causa polskich i zagranicznych uczelni. Poszczególne rozdziały – jest ich 14 – traktują o różnych aspektach neurocybernetyki, ujmując zagadnienie w bardzo szerokim kontekście.

Mamy więc omówienia budowy układu nerwowego zwierząt i ludzi, ze szczególnym uwzględnieniem mózgu, przekazywania i przetwarzania sygnałów w systemie nerwowym oraz biochemii mózgu w schorzeniach neurologicznych i psychicznych (rozdziały 1, 2 i 13 oraz, częściowo, rozdział 11). Druga grupa tematyczna to eksperymentalne metody analizy układu nerwowego – radiologiczne badania mózgu (rozdział 10), molekularne mechanizmy jego działania (rozdział 11) oraz elektroencefalografia (rozdział 12). Najwięcej miejsca poświęcono modelowaniu aspektów strukturalnych i funkcjonalnych układu nerwowego na różnych poziomach ogólności. Poruszone są tu takie problemy, jak modelowanie pojedynczych neuronów (rozdziały 4 i 5) oraz pewnych struktur układu nerwowego (rozdziały 5 i 6).

Kolejna klasa modeli to te, które nie są wzorowane na strukturze połączeń nerwowych, ale wykazują pewne własności większych struktur neuronalnych w aspekcie dynamicznego przetwarzania sygnałów. Opisano więc sieć pulsującą (rozdział 7), modele populacyjne (rozdział 8) i tzw. obliczenia płynowe (rozdział 9). Na zakończenie przedstawiono przegląd modeli najwyższych funkcji psychicznych badanych w ramach kognitywistyki – przedmiotem dyskusji są ich różne klasy, możliwości i próby implementacji, a także otwierające się przed nimi perspektywy i dotychczasowe osiągnięcia.

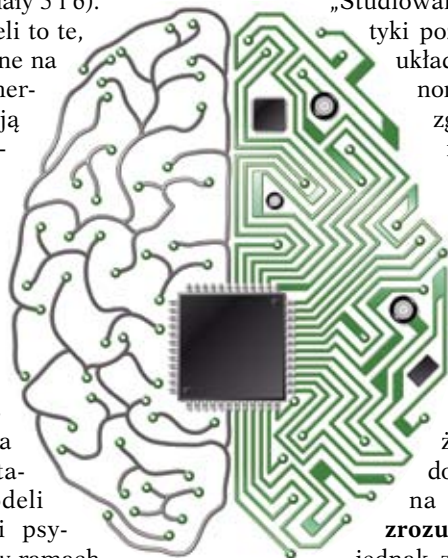
Książka jest rekomendowana jako podręcznik dla studentów i doktoran-

tów wielu kierunków studiów (wymienia się medycynę, biologię, biofizykę, biochemię, farmakologię, psychologię, filozofię, biocybernetykę, kognitywistykę, inżynierię biomedyczną, informatykę, automatykę, robotykę, mechatronikę i bionikę, a dodać by można jeszcze kilka innych, np. matematykę stosowaną), jednak niewątpliwie ta publikacja to coś znacznie więcej niż kolejny podręcznik akademicki – zalicza się do monografii naukowych traktujących o skomplikowanych, bo interdyscyplinarnych zagadnieniach. Jej dodatkowy atut polega na tym, że chociaż pewne tradycje uprawiania cybernetyki w Polsce istnieją, a uzyskiwane przez naszych naukowców wyniki w tej dziedzinie byłyby znaczące, to jednak nigdy krajowe środowisko cybernetyczne nie było liczne ani silnie reprezentowane w strukturach akademickich.

Tym większy szacunek budzi podjęcie takiego przedsięwzięcia edytorskiego. A jaki cel przyświecał napisaniu tej książki? Oddajmy głos jej Redaktorowi:

„Studiowanie neurocybernetyki pozwala spojrzeć na układ nerwowy i na fenomen ludzkiego mózgu z bardzo specjalnej perspektywy. Dzięki neuroanatomii można mózg zwiedzić, dzięki neurofizjologii – poznać jego działanie, natomiast neurocybernetyka daje tę unikatową możliwość, że dzięki jej metodom i modelom można spróbować mózg zrozumieć.[...] Widząc

jednak zalety neurocybernetyki i jej szerokie możliwości, autorzy tej książki stoją na stanowisku, że w przyszłości właśnie ta dyscyplina będzie odgrywała istotną rolę w kompleksie nauk o biologii układu nerwowego, w modelowaniu procesów kognitywnych, w systemowych analizach mózgu



oraz w tworzeniu zrębów sztucznej inteligencji”.

Ta wypowiedź skłania do głębszej refleksji. Otóż każda nauka przyrodnicza ma pewną bazę teoretyczną oraz gromadzi fakty, które interpretuje w ramach istniejących teorii. Takie podejście pozwala na dogłębne zrozumienie istoty badanych zjawisk, które następnie staje się punktem wyjścia ich praktycznego wykorzystania. Bez dobrej teorii można co najwyżej zarejestrować dany fakt.

Sztandarowym przykładem jest tu fizyka. Już w starożytności zauważono, że potarty bursztyn przyciąga skrawki papieru. Ale dopiero rozwój elektrodynamiki jako teorii fizycznej pozwolił na skonstruowanie silnika elektrycznego, żarówki i poprowadzenie linii energetycznych. Powstanie elektroniki półprzewodnikowej, optoelektroniki i laserów umożliwiła natomiast fizyka kwantowa. Wielkimi teoriami biologicznymi są genetyka, komórkowa teoria budowy organizmów żywych i teoria ewolucji. Każda z nich wnosi pewien wkład do zrozumienia działania układu nerwowego, ale żadna nie jest w stanie w pełni wyjaśnić jego funkcjonalności.

Badania neurocybernetyczne są próbą stworzenia adekwatnej teorii w celu

pełnego zrozumienia układu nerwowego. Oczywiście do sukcesu jest niezmiernie daleko, nie wiadomo nawet, czy jest on osiągalny. Dobrze jednak, że polskie środowisko naukowe postanowiło aktywnie włączyć się w tę fascynująca przygodę intelektualną.

W „Przewodniku po treści książki” profesor Tadeusiewicz zachęca do dyskusji nad jej treścią i zawartością. Poszczególne rozdziały zostały napisane przez bardzo dobrych specjalistów, co znajduje odzwierciedlenie w wysokim poziomie merytorycznym. Warto jednak porozmawiać o tym, czego w książce zabrakło. Otóż we współczesnej cybernetyce nastąpiło wyraźne ożywienie badań nad jej teoretycznymi podstawami. Przedmiotem analizy są trzy główne tematy: systemy samotworzące się (tzw. systemy autopoetyczne), problemy związane ze złożonością systemów (complexity) oraz samoorganizacja w systemach.

Książka jednak do tych teorii w żaden sposób się nie odnosi. Matematyka jest w niej obecna tylko w kontekście wykorzystania równań różniczkowych w modelowaniu dynamiki sygnałów, metod falkowych w przetwarzaniu obrazów oraz metod numerycznych. Szkoda, że w publikacji nic nie wspomniano

o MR-systemach (metabolic repairing systems) – wartościowej i bardzo zaawansowanej matematycznie teorii systemów samonaprawiających się, stworzonej i rozwijanej od kilkudziesięciu lat przez Roberta Rosena.

Przydałby się też rozdział o elektrodynamicznym modelowaniu struktur nerwowych. Z zagadnień bardziej szczegółowych – o sygnałowych aspektach komórek glejowych w mózgu zaledwie wspomniano w jednym miejscu, a o wolnym transporcie neuropeptydów nie napisano nic. Chyba warto byłoby te zagadnienia poruszyć w kolejnym, rozszerzonym wydaniu tej niezwykle wartościowej i unikatowej na polskim rynku pozycji, co, mam nadzieję, nastąpi za kilka lat, choćby z konieczności uaktualnienia zawartej w niej wiedzy.

Poszczególne rozdziały mogą być czytane osobno, gdyż każdy stanowi spójną całość, a zarazem układają się one w logiczny ciąg. Książka jest warta polecenia nie tylko specjalistom. Każdy czytelnik, zainteresowany zjawiskami związanymi z układem nerwowym, znajdzie w niej coś dla siebie. Trzeba jednak uczciwie przyznać, że nie jest to lektura łatwa, choć niewątpliwie bardzo ciekawie napisana. ■

## Zrozumieć Kopernika

Kluczem do dawnej astronomii jest matematyka, ale i coś więcej. **JAROSŁAW WŁODARCZYK**

### ➔ SELECTED PAPERS ON MEDIEVAL AND RENAISSANCE ASTRONOMY

Jerzy Dobrzycki

(Studia Copernicana, t. XLIII)

Institut Historii Nauki PAN/Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych  
Warszawa 2010



Wyobraźmy sobie, że leżą przed nami skany pierwszych stron dwóch egzemplarzy *De revolutionibus* Mikołaja Kopernika. Na stronie tytułowej jednej z książek widnieje podpis wielkiego renesansowego matematyka i astronoma Johannes Regiomontanus. Natomiast w drugim tomie znajduje się odręcznie

wpisany grecki poemat, sygnowany inicjałami jota i kappa. Poemat ten ewidentnie stanowi podstawę wiersza łacińskiego, który – wiemy o tym od dawna – zanotował w swoim egzemplarzu dzieła astronoma z Fromborka wielki Johannes Kepler, oznaczając tę łacińską wersję inicjałami I.K. Jakie zagadki kryją te karty dwóch woluminów pierwszego wydania *O obrotach* (Norymberga, 1543)?

Zacznijmy od drugiego egzemplarza. Przede wszystkim wreszcie wyjaśniła się kwestia autorstwa poematu: to nie Kepler – uczony był tylko tłumaczem. Dlaczego jednak sygnował przekład własnymi inicjałami? Bo uwielbiał zagadki i gry słowne – informował o tym czytelnika wprost w swoich pracach; w tym wypadku nie mógł się zapewne

powstrzymać od przełożenia zapisanych greką inicjałów autora wiersza, które w alfabecie łacińskim pokrywały się z jego własnymi. Ale jaki autor, podpisujący się jotą i kappą, mógł stworzyć greckie strofy sławiące Kopernika? Tutaj znajomość środowisk intelektualnych z pierwszej połowy XVI wieku, żywo interesujących się odkryciem polskiego uczonego, pozwala wskazać na Joachima Cameraiusa, greccystę i uniwersyteckiego kolegę Jerzego Joachima Retyka, jedynego ucznia astronoma z Fromborka.

Z *De revolutionibus* podpisanym przez Regiomontanus sprawa okaże się prostsza, gdy tylko przypomnimy sobie, że zmarł on, kiedy przyszedł twórca heliocentrycznego modelu świata miał zaledwie trzy lata.