

Wstęp

Prezentowana książka dotyczy nowej i mało jeszcze popularnej dziedziny nauki, *neurocybernetyki*. Już sama jej dwuczłonowa nazwa wskazuje, że jest to nauka interdyscyplinarna. Po pierwsze, ma coś wspólnego z wiedzą na temat układu nerwowego, stąd pierwiastek *neuro-*, a po drugie, ma związek z *cybernetyką*, czyli nauką o procesach informacyjnych¹. Łącząc te dwa wątki, otrzymujemy dyscyplinę, która skupia uwagę na procesach informacyjnych zachodzących w układzie nerwowym lub na takich, które zachodzą w innych układach, ale ich opis jest inspirowany przez odkrycia i obserwacje dokonane podczas badań układu nerwowego. W tym ostatnim przypadku mamy do czynienia z różnymi rodzajami *modeli* całości lub części układu nerwowego.

Zanim przejdziemy do bardziej szczegółowych rozważań nad zadaniami, celami oraz osiągnięciami neurocybernetyki, zwrócimy uwagę na **aspekt informacyjny**, wyróżniający podejście prezentowane w tej książce od podejść powszechnie przyjętych w obszernej literaturze dotyczącej układu nerwowego, a zwłaszcza mózgu. Spróbujemy zrozumieć, na czym polega specyfika podejścia neurocybernetycznego i dowiemy się, czym się ono różni od perspektywy stosowanej w innych dyscyplinach naukowych, mających w nazwie składnik *neuro*.

¹ *Cybernetyka*, wprowadzona przez Norberta Wienera, była bardzo popularna i ceniona w drugiej połowie XX wieku jako dyscyplina obejmująca zagadnienia kojarzone dzisiaj z różnymi gałęziami nauki: teorią systemów, teorią sterowania, automatyką, informatyką, telekomunikacją, a po części także z robotyką, elektroniką, mechatroniką, meteorologią, ekonometrią, biometrią itp. Dzięki takiemu połączeniu możliwy był szybki rozwój wymienionych dziedzin, ponieważ wyniki naukowe osiągnięte w jednej z nich mogły być łatwo przenoszone do innej. Przykładem czysto cybernetycznej koncepcji, która funkcjonuje do dzisiaj w wielu naukach szczegółowych, jest **sprzężenie zwrotne**. Obecnie jednak określenie *cybernetyka* jest rzadziej stosowane, bo zasób wiedzy każdej z tych dyscyplin stał się tak duży, że przekracza możliwości opanowania ich wszystkich przez jednego specjalistę, niemożliwe również stało się stworzenie ich **syntezy**. Niemniej słowo *cybernetyka* jest nadal wykorzystywane w takich terminach złożonych, jak *biocybernetyka* i *cyberprzestrzeń*, czy też prezentowana w tej książce *neurocybernetyka*.

Krótką wizyta w bibliotece albo księgarni lub niedługa chwila poświęcona na przeszukanie zasobów Internetu z hasłem *neuro* jako słowem kluczowym pozwalają stwierdzić, że ludzie napisali mnóstwo mądrych i ciekawych prac na temat układu nerwowego i procesów, które w nim zachodzą. Tę bardzo obszerną wiedzę można podzielić na dwie części: wiedzę strukturalną i funkcjonalną. Przyjrzyjmy się nieco bliżej temu podziałowi i spróbujmy wskazać, co z niego wynika.

Pierwsza część bogatej wiedzy poświęconej tej problematyce dotyczy **budowy** układu nerwowego. Jego najważniejsza część – mózg, o którym Szekspir napisał, że jest „kruchym domem duszy”, budził od lat szczególne zainteresowanie badaczy. Wiedząc, jak ważny jest ten narząd i jak fundamentalne jest jego znaczenie w sterowaniu zachowaniem wszystkich żywych istot, a także dostrzegając w mózgu główne narzędzie odpowiedzialne za tworzenie przebogatej sfery procesów psychicznych, ludzie dokładali wielu starań, aby poznać jego budowę. W rezultacie ogólny schemat budowy układu nerwowego zwierząt i człowieka został dosyć dobrze poznany już w XIX wieku, a wiedzę tę istotnie uzupełniono w drugiej połowie wieku XX. Poznano i opisano strukturę układu nerwowego w skali makro (aspekt neuroanatomiczny), wnikliwie przebadano ten system jako zbiór elementów w skali mikro (aspekt neurocytologiczny i neurohistologiczny), a coraz liczniejsze ostatnio badania w skali nano pozwalają wnikać nawet w molekularną strukturę jego składników i efekty ich działań, co wydaje się przy tego rodzaju badaniach naturalną granicą szczegółowości poznania. Zasób wiedzy neuromorfologicznej jest dziś naprawdę imponujący i udało się ją zgromadzić w niezwykle szybkim tempie mimo ogromnych trudności, jakie wiąże się z penetracją ukrytych pod czaszką struktur nerwowych.

Dla poznania dowolnego systemu biologicznego wiedza **morfologiczna** – czyli odpowiedź na pytanie: *jak to jest zbudowane* – jest składnikiem koniecznym, ale zdecydowanie niewystarczającym. Podstawowe pytanie, jakie się pojawia przy badaniu żywych organizmów, brzmi: *jak to działa*, a potem także: *dłaczego działa właśnie tak, a nie inaczej?*

W odniesieniu do układu nerwowego odpowiedzi na te pytania dostarcza *neurofizjologia*, a głównie *elektrofizjologia*, uzupełniana przez *cytofizjologię* oraz *biofizykę* wraz z *biochemią*. Liczba danych, jakie wymienione nauki zgromadziły obecnie na temat mózgu, jest naprawdę ogromna – i bez tych wiadomości nic byśmy w neurocybernetyce nie zdziałali.

Jednak zarówno wiedza morfologiczna, jak i znajomość zasad funkcjonowania nie wyczerpują sposobów opisu ani wyjaśniania zasad działania układu nerwowego, a zwłaszcza pracy mózgu. Poza zasięgiem wspomnianych wyżej nauk pozostaje bowiem takie spojrzenie na układ nerwowy, które dotyczy aspektów czysto informacyjnych. I tu wkracza *neurocybernetyka*. Cechą charakterystyczną opisu cybernetycznego jest jego wysoki poziom abstrakcji. Mówiąc o procesach pozyskiwania, przetwarzania, analizy i wykorzystania informacji, świadomie odrzucamy wszelkie dane na temat struktury badanego obiektu, a także właściwości fizycznych jego poszczególnych komponentów. Dzięki konsekwentnemu stosowaniu tej zasady można użyć tego samego mechanizmu informacyjnego do wyjaśnienia istoty zjawisk zachodzących w różnych systemach. Model cybernetyczny może z jednakową skutecznością odnosić się do procesu biologicznego, jak do działania urządzenia technicznego,

funkcjonowania mechanizmów ekonomicznych czy do istoty interakcji społecznych. Na przykład mechanizm sprzężenia zwrotnego, szeroko wykorzystywany przez automatyków w procesach technicznych, można zastosować do wyjaśnienia zjawiska biologicznej homeostazy.

Podejście cybernetyczne ma jeszcze jedną istotną zaletę. Otóż badacze wszystkich złożonych systemów powszechnie stosują metodę **dzielenia** badanego systemu na wiele elementów składowych, ponieważ badanie ich jest o wiele łatwiejsze niż zmaganie się ze skomplikowanym systemem traktowanym jako całość. Wzmiankowane podziały mogą zachodzić zgodnie ze strukturą badanego obiektu (na przykład badamy i opisujemy oddzielnie poszczególne części ciała) albo według wyróżnianych i oddzielnie badanych funkcji (na przykład odrębnie badamy funkcje elektrofizjologiczne komórki i odrębnie jej aktywność wydzielniczą). Dekompozycja skomplikowanych obiektów badań jest stosowana tak często, że nikt się zwykle nawet nie zastanawia nad tym, czy w ten sposób można dotrzeć do natury rzeczy, do najogólniejszych paradygmatów, decydujących o działaniu badanego obiektu.

Niestety, zasada dekompozycji prowadzi do zjawiska, które można opisać znanym powiedzeniem: „Spoza drzew nie widać lasu”. Badania poszczególnych obiektów, łatwiejsze i tańsze od badania całości, dostarczają ogromnej liczby szczegółowych wyników, z których każdy coś wyjaśnia, ale które bynajmniej nie pomagają w zrozumieniu całości, albowiem całość zwykle jest czymś o wiele bardziej złożonym niż suma elementów składowych. Można powiedzieć, że badacze wybierający jako obiekty swego zainteresowania poszczególne składniki, zwykle dość arbitralnie wydzielane z całościowego kontekstu, zakładają *implicite*, że potem ktoś te kawałki poskłada w całość i że coś z tego będzie wynikało. Niestety jednak składanie w całość rozrzuconej garści wyników naukowych jest czynnością trudną i niewdzięczną, do której nikt się za bardzo nie garnie, a jednym z najtrudniejszych pytań, na które trzeba sobie przy tym odpowiedzieć, jest pytanie o to, jakie w tym przypadku zastosować metody.

Tymczasem właśnie cybernetyka, a zwłaszcza omawiana w tej książce *neurocybernetyka*, daje szansę całościowego ujęcia wielkiej liczby danych dostarczanych przez anatomię i fizjologię, dzięki czemu może kiedyś powstać całościowy model mózgu warunkujący pełne wyjaśnienie jego roli biologicznej, psychologicznej, a nawet społecznej.

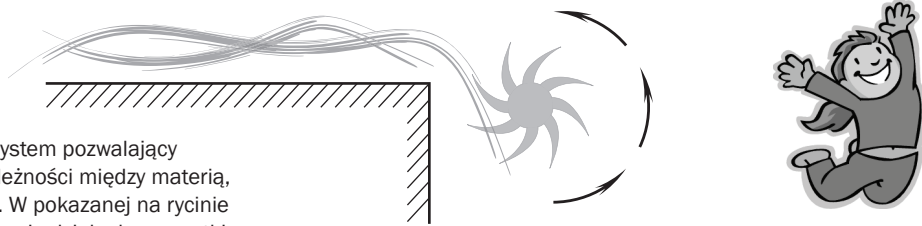
Argumentów przemawiających za tym, że warto rozwijać i studiować neurocybernetykę, można wskazać więcej. Nie ulega wątpliwości, że mózg operuje głównie na informacjach: zbiera informacje z receptorów, gromadzi je w pamięci, wytwarza nowe informacje w procesie rozumowania i generuje sygnały sterujące wysyłane do wszystkich części ciała.

Na problem znaczenia informacji w opisie rzeczywistości warto spojrzeć z jeszcze innej perspektywy. Otóż można twierdzić, że z ontologicznego punktu widzenia informacja jest trzecim (niezbędnym!) składnikiem istnienia wszystkich obiektów i systemów otaczającego nas świata i to równoprawnym wobec dwóch innych: materii i energii.

Przyjrzyjmy się temu pogładowi nieco dokładniej. Otóż dowolny system – na przykład mózg – można rozważać, biorąc za podstawę jego właściwości *materialne*, *energetyczne* oraz *informacyjne*. Te trzy komplementarne podejścia są oczywiście ze

sobą powiązane, bo na przykład równanie Einsteina $E = mc^2$ przerzuca pomost pomiędzy energią E i najważniejszą cechą materii, jaką jest jej masa m . Podobnie informacja nigdy nie występuje całkiem sama, gdyż zawsze mamy do czynienia z jakimś materialnym **nośnikiem** informacji (którym może być stronica w książce, fala dźwiękowa rozchodząca się w sali wykładowej lub impuls biegnący włóknem nerwowym). Z wytwarzaniem, przetwarzaniem, gromadzeniem i rozpowszechnianiem informacji związany jest zawsze pewien wydatek energii, dlatego informacja nie jest całkiem nowym i niezależnym bytem, podobnie zresztą jak materia nie może być całkiem wolna od składnika informacyjnego (ponieważ ma zawsze jakąś z góry zdefiniowaną strukturę, a struktura jest kategorią informacyjną), co więcej, z generacją, przesyłem i wykorzystaniem energii także związany jest składnik informacyjny, którego jednak nie będziemy tutaj rozpatrywać szczegółowo, bo to by nas nadmiernie oddaliło od głównego przedmiotu tej książki.

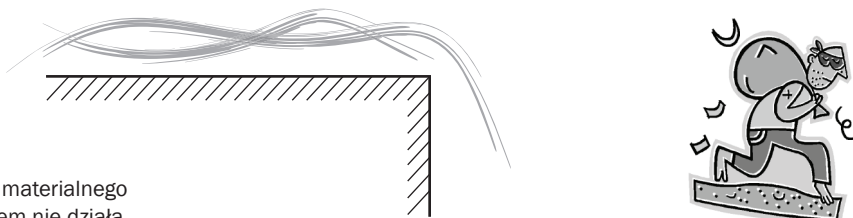
Mózg jest systemem niezwykle skomplikowanym, być może najbardziej złożonym, jaki istnieje we Wszechświecie, dlatego dostrzeżenie w nim owej troistości może być początkowo trudne. Rozważymy więc najpierw to zagadnienie na przykładzie bardzo prostego systemu, przedstawionego na rycinie W.1.



Rycina W.1. Prosty system pozwalający prześledzić współzależności między materią, energią i informacją. W pokazanej na rycinie sytuacji system sprawnie działa, bo wszystkie rozważane komponenty są współobecne.

W systemie tym mamy do czynienia z urządzeniem napędowym wykorzystującym płynącą wodę: odpowiednio umieszczona w nurcie wody turbinka kręci się, dzięki czemu wytwarza prąd lub napędza jakieś użyteczne urządzenie – na przykład młyn mielący ziarno na mąkę.

W naszym modelowym systemie najłatwiej zauważyć, że nieodzownym warunkiem jego sprawnej pracy jest obecność określonego składnika *materialnego*. Jeśli bowiem ktoś ukradnie turbinkę, to mimo wartkiego przepływu wody użytecznej pracy nie uzyskamy – nasza prądnica lub młyn będą pozbawione napędu (patrz ryc. W.2).



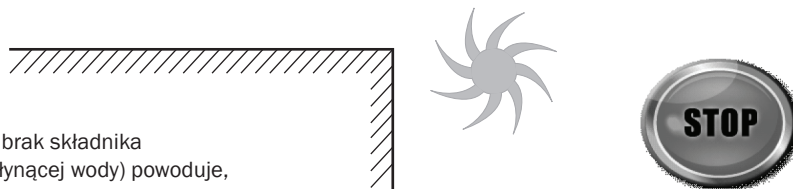
Rycina W.2. Brak składnika materialnego (turbinki) powoduje, że system nie działa.

Wniosek, do którego doszliśmy na tym etapie, wydaje się trywialny, gdyż setki codziennych obserwacji pozwalają nam stwierdzić, jak ważna jest obecność odpowiednich składników materialnych. Na przykład w badaniach rzeczywistego mózgu posiadanie odpowiedniej aparatury warunkuje możliwość uzyskania wartościowych i oryginalnych wyników. Bez odpowiedniego wyposażenia nawet największy talent badacza nie wystarczy, aby odkryć coś ciekawego. Niemniej odnotujmy ten (pozornie trywialny) wniosek (dotyczy on w oczywisty sposób **każdego** systemu) i przejdźmy do dalszej analizy.

Rozważmy mianowicie sytuację przedstawioną na rycinie W.3. Turbinka powróciła na swoje miejsce, tym razem jednak zabrakło płynącej wody, która w tym systemie pełni rolę czynnika dostarczającego *energii*. (Tu na marginesie drobna uwaga: Niestety, nie znalazłem lepszego sposobu przedstawienia *energii* jako takiej, więc narysowałem wodę, która będąc oczywiście składnikiem **materialnym**, w sposób widoczny niesie energię. Możliwość traktowania wody jako źródła energii, a nie jako składnika materialnego rozważanego systemu staje się oczywista, gdy rozważymy odmianę problemu na rycinie W.3, polegającą na tym, że woda wprawdzie będzie obecna, ale nieruchoma. Nie jest to przykład abstrakcyjny, gdyż jak wiadomo istnieją rzeki, w których przepływ wody jest raz bardziej intensywny, innym razem wolniejszy, a w pewnych momentach woda wręcz nieruchomieje, na przykład w czasie przyływu morza, do którego uchodzi rozważana rzeka).

Na rycinie W.3 wybrano bardziej poglądowy sposób zaznaczenia braku niezbędnej energii poprzez usunięcie wody jako czynnika niosącego tę energię, bo przedstawienie na rysunku różnicy między wodą płynącą a wodą stojącą jest raczej trudne. Tymczasem **brak** wody jest łatwo dostrzegalny, dla każdego zaś jest oczywiste, że gdy wody zabraknie, zniknie zasilająca system *energia* i turbinka przestanie pracować. Przy braku składnika energetycznego nasz system w sensie materialnym jest kompletny (wszystkie jego elementy są obecne), a jednak jest on bezużyteczny, bo zamiera w bezruchu. Prawidłowość ta ponownie ma charakter uniwersalny – *każdy* system, który jest pozbawiony energii, jest także pozbawiony możliwości skutecznego działania.

RYCINA W.3. Także brak składnika energetycznego (płynącej wody) powoduje, że system nie działa.



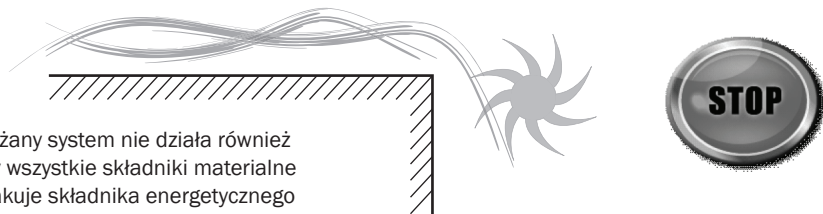
Na tym połączeniu materii budującej rzeczywiste obiekty oraz energii pozwalającej im funkcjonować oparty był cały system nauk przyrodniczych mniej więcej do połowy XX wieku. Tymczasem obok energii i materii jest jeszcze jeden czynnik niezbędny do tego, by dowolny system mógł być skutecznym działającym systemem. Tym czynnikiem jest *informacja*. Wydawałoby się, że owa na pozór prosta turbinka kręcąca

się w strumieniu wody nie ma wiele wspólnego z procesami informacyjnymi. Gdyby to był komputer – to co innego. Ale taka prosta maszynka?

Składnik informacyjny występuje jednak wszędzie (najwyżej może być relatywnie mały), o czym możemy się przekonać, oglądając ostatnią z serii prezentowanych tu rycin (patrz ryc. W.4). Na rycinie tej mamy składniki materialne rozważanego systemu w komplecie, system nie jest też pozbawiony energii, a jednak całość nie działa i nie możemy uzyskać elektryczności ani użytecznej pracy.

Dlaczego?

Bo ktoś błędnie zamontował turbinę.



Rycina W.4. Rozważany system nie działa również w przypadku, kiedy wszystkie składniki materialne są obecne i nie brakuje składnika energetycznego (płynącej wody), ale popełniono zasadniczy błąd montażowy. Czynnikiem, którego w tym przypadku zabrakło, jest *informacja*.

Wiedza o tym, jak skonfigurować określony system, żeby poprawnie działał, jest niewątpliwie formą informacji. Rozważając przytoczony przykład, stwierdziliśmy, że kiedy tego składnika zabraknie, system nie będzie funkcjonował poprawnie, nawet jeśli będą obecne pozostałe jego elementy, to znaczy wszystkie składniki materialne oraz zasoby energii.

Przytoczone rozumowanie z turbiną jest oczywiście bardzo uproszczone i służy wyłącznie celom poglądowym. Jednak wnikliwa analiza różnych procesów, zarówno makro-, jak i mikroskopowych (a nawet zachodzących na poziomie molekularnym), potwierdza sformułowany wyżej wniosek, że aspekty informacyjne są w różnych systemach równie ważne jak składniki materialne tworzące system oraz procesy energetyczne, które go napędzają. Uzasadnione zatem jest twierdzenie, że obok neuroanatomii i neurofizjologii wprost nieodzowna jest **neurocybernetyka**, będąca treścią tej książki.

Przedstawiany tu rozdział ma charakter wstępu, dlatego warto ustosunkować się do dwóch jeszcze zagadnień szczegółowych.

W książce dosyć często odwołujemy się do informacji o różnych formach patologii, obserwowanych w układzie nerwowym, a w szczególności w mózgu. Przykładem może być rozdział 13, w którym mówiąc o biochemicznych aspektach funkcjonowania mózgu, odnosimy się wyłącznie do różnych chorób. Takie podejście może budzić sprzeciw niezorientowanego czytelnika, który będzie – nie bez racji – wskazywać, że interesuje go mózg prawidłowo zbudowany i poprawnie funkcjonujący, a informacje o patologiach chętnie pozostawi lekarzom, bo to przecież ich specjalność.

Otóż paradoks polega na tym, że najwięcej dowiadujemy się o mózgu zdrowym, gdy badamy mózgi dotknięte chorobą.

Rozważmy to nieco dokładniej.

Mózg człowieka w wybranych częściach jest systemem pośredniczącym pomiędzy światem zewnętrznym (obiektywnych zjawisk i procesów zachodzących w otoczeniu mózgu) a światem wewnętrznym (psychiki, świadomości, doznań, decyzji, aktów woli itd.). Pomińmy chwilowo okoliczność, że świat wewnętrzny również jest zlokalizowany w strukturach mózgowych (choć anatomyczne umiejscowienie jaźni jest wciąż problemem otwartym), a także nie skupiajmy uwagi na fakcie, że otoczeniem mózgu jest również ciało człowieka, które dostarcza dużej części informacji zmysłowej (w postaci sygnałów czuciowych z narządów wewnętrznych) oraz odbiera i wykorzystuje wszystkie bez wyjątku sygnały, które mózg generuje i wysyła na zewnątrz. W modelu, o którym mówimy, mózg (a dokładniej – pewne jego części związane z percepcją i sterowaniem określonymi działaniami) pełni rolę pośrednika między tymi światami: jest oknem pomiędzy tym, co zewnętrzne, a tym, co wewnętrzne. Problem polega jednak na tym, że w tym oknie u zdrowego człowieka znajduje się idealnie przejrzysta szyba. A przynajmniej tak nam się wydaje!

Przy percepcji świata nie zdarza się bowiem w normalnych warunkach, by wiedza o otoczeniu okazała się niepoprawna z winy mózgu. Owszem, zmysły mogą nas zawodzić (czego najlepszym przykładem są złudzenia wzrokowe), ale interpretacja świata jest u zdrowego człowieka w zasadzie pełna i dokładna². Podobnie przy sterowaniu działaniem ciała może być tak, że mięśnie nie sprostają obciążeniu, ale sam proces oceny bieżącej sytuacji, podejmowania na jej podstawie decyzji oraz ich realizacji za pomocą sygnałów sterujących wysyłanych do mięśni i gruczołów (jak np. przy łapaniu nieoczekiwanej rzuconej w naszą stronę piłki) subiektywnie oceniamy jako doskonałe³. Idealnej szyby jednak nie sposób badać, a często nawet trudno ją zlokalizować. Sytuacja staje się łatwiejsza, gdy na szybie pojawi się plama, rysa lub deformacja – wtedy ją dostrzegamy! W przypadku doświadczeń na zwierzętach możemy sobie pozwolić na świadome i celowe „zarysowanie szyby”, czyli na dokonanie eksperymentu, którego elementem będzie akt celowej (i z reguły destruktywnej) ingerencji w żywy mózg. Podobne postępowanie w przypadku człowieka jest niedopuszczalne. Procesy chorobowe uszkadzają jednak mózg i to zarówno w wymiarze morfologicznym, dezintegrując określone struktury (na przykład na skutek wylewu krwi do mózgu), jak i czynnościowym (gdy choroba zaburza procesy biofizyczne i biochemiczne decydujące o prawidłowym funkcjonowaniu mózgu). To jest owa rysa, umożliwiająca badanie pracy mózgu.

I na koniec jeszcze jedna drobna uwaga natury terminologicznej. Otóż w naszej książce będziemy opisywać struktury i mechanizmy związane z przyswajaniem, przetwarzaniem, analizowaniem, wykorzystywaniem i gromadzeniem różnych **informa-**

² Istnieje także pogląd odmienny, stwierdzający, że u każdego z nas ta interpretacja jest mocno niepełna i nastawiona jedynie na realizację bieżących celów (rzecznikiem tego poglądu jest m.in. prof. W. Duch).

³ Tu znowu można wskazywać, że obiektywnie patrząc, podejmujemy za wiele błędnych decyzji, aby tak twierdzić. Jednak subiektywne zaufanie do własnego umysłu jest z reguły bardzo wysokie. Można w tym miejscu przypomnieć żart, mówiący o tym, że najsprawiedliwiej Stwórca obdzielił ludzi rozumem, gdyż mimo narzekania stale na różne niedostatki (na przykład pieniędzy) nikt jakoś nie uskarża się publicznie na brak rozumu©.

cji. Wszystkie rozważane tu systemy, w których wymienione procesy zachodzą, albo stanowią fragment biologicznego układu nerwowego, albo są tworem sztucznym (jak na przykład sieci neuronowe), wzorowanym na budowie i funkcjonowaniu układu nerwowego.

Przeglądając literaturę, można spotkać termin **neuroinformatyka**, który – gdy dobrze się przyjrzeć publikowanym pod tym hasłem pracom – okazuje się bardzo bliski temu, co my tu prezentujemy pod nazwą neurocybernetyka. Może więc należy przyjmując tamten termin?

Jednak nie. Autorzy tej książki są zdania, że procesami informacyjnymi w sensie naukowym zajmuje się cybernetyka, stąd dziedzinę tę powinno nazywać się **neurocybernetyką**.

Informatyka jest różnie definiowana, ale dla każdego jest oczywiste, że pozostaje ona ściśle związana z techniką używania komputerów. Przykładem może być geoinformatyka, gdzie rozważa się metody komputerowej analizy danych geofizycznych, geologicznych i geodezyjnych, albo popularna ostatnio bioinformatyka, w ramach której rozpatruje się głównie metody komputerowej analizy genomów i proteomów z użyciem różnych narzędzi informatycznych, na przykład algorytmów grupowania, rozpoznawania, automatycznego dopasowywania itd.

Nam jednak nie o to chodzi. Komputery, jeśli będą się w tej książce pojawiały, to najwyżej jako elementy odległego tła prowadzonych rozważań. Istotę naszego zainteresowania stanowić będą procesy informacyjne występujące w układzie nerwowym, w nawiązaniu do morfologii, fizjologii, biochemii, biofizyki, a także do modeli matematycznych i symulacji komputerowych. Tego nie można nazwać częścią informatyki, natomiast właśnie cybernetyka ma narzędzia do modelowania oraz wielopłaszczyznowego opisu wszelkich procesów i systemów informacyjnych. Dlatego nie neuroinformatyka, lecz **neurocybernetyka** będzie nam służyła do badania wielopostaciowej informacyjnej komponenty układu nerwowego. Będziemy starali się o możliwie dokładne poznanie rozważanej informacyjnej rzeczywistości mózgu, wykorzystując różne metody, wśród których znajdują się narzędzia informatyczne, ale nie one stanowić będą centralny obiekt naszych rozważań.