

Lidia Byczkowska-Lipińska\*

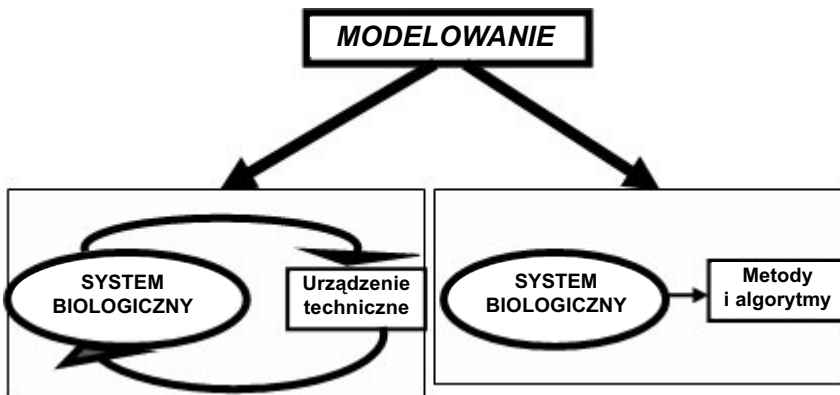
## Mechanizmy biologiczne jako systemy przetwarzania i transmisji danych

### 1. Wstęp

Organizmy żywe tworzą sprawnie działającą całość, która zbudowana jest z elementów ściśle działających w systemie biologicznym. Wszelkie zmiany środowiskowe nie powinny zakłócać wewnętrznej równowagi organizmu. Zadania tworzenia modeli systemów biologicznych stanowi zakres badań interdyscyplinarnej dziedziny zwanej bioniką [6].

Połączenie biologii i techniki (rys. 1) pozwala na opracowywanie użytecznych modeli komputerowych do analizy struktury i systemów sterowania układów biologicznych człowieka. Podpatrywanie rozwiązań natury pozwala informatykom opracowywać algorytmy pozwalające rozwiązywać szereg zadań optymalizacji, modelowania i symulacji komputerowych.

Analiza modeli komputerowych pozwala opracowywać podstawy teoretyczne budowy sztucznych narządów lub budować modele do urządzeń współpracujących z systemem biologicznym.



Rys. 1. Powiązania nauk biologicznych z techniką: a) współpraca systemów technicznych i biologicznych; b) opracowywanie algorytmów

\* Instytut Informatyki, Politechnika Łódzka

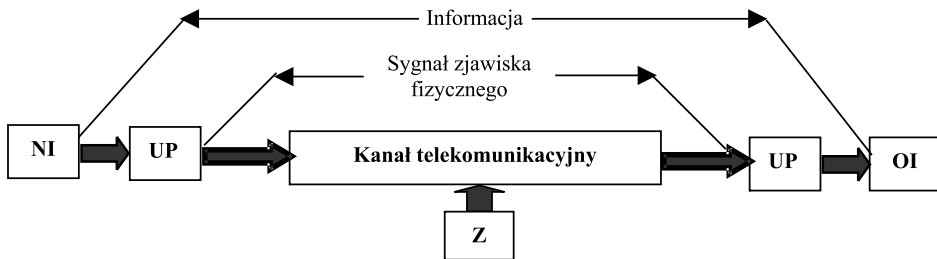
## 2. System transmisji wiadomości

Systemy transmisji wiadomości dotyczą technologii, które zajmują się przekazywaniem informacji na odległość. W ogólnym przypadku można powiedzieć, że informacja jest podawana w postaci przebiegu określonego zjawiska fizycznego (sygnału) przesyłanego torem transmisyjnym. Źródło informacji charakteryzuje się w kategoriach sygnału przenoszącego informację.

Teleinformatyka zajmuje się kształtem i formą informacji oraz przekazywaniem jej w sposób możliwie wierny. Proces przekazywania informacji obejmuje następujące funkcje:

- przekształcenie informacji, przez nadawcze urządzenie przetwarzające, na zjawisko zdolne przekazać informację na odległość (krótko zwane sygnałem);
- przesłanie sygnału drogą przesyłową (kanałem transmisyjnym);
- przekształcenie sygnału zjawiska fizycznego, przez odbiorcze urządzenie przetwarzające, na informację odpowiadającą informacji pierwotnej.

Urządzenia służące do przekazywania informacji na odległość tworzą łańcuch telekomunikacyjny (rys. 2).



Rys. 2. Łańcuch telekomunikacyjny, UP – urządzenia przetwórcze, NI – nadawnik informacji, OI – odbiornik informacji, Z – źródło zakłóceń

Funkcje wykonywane podczas przekazywania informacji w sieci teletransmisyjnej można podzielić następujący sposób:

- proces przetwarzania – zajmuje się zagadnieniami związanymi z zmianą informacji na zjawisko fizyczne (sygnał określonego zjawiska fizycznego), odpowiednią obróbką sygnału w celu poprawy jakości i ilości przesyłanych informacji oraz wydobywaniem informacji po transmisji;
- proces przesyłania – teletransmisja (przewodowa i bezprzewodowa) zajmuje się zagadnieniem przesyłania przetworzonej informacji (sygnałów elektromagnetycznych) od punktu do punktu sieci teletransmisyjnej;
- proces komutacji – telekomutacja, zajmuje się zestawieniem i rozłączaniem elementów drogi przesyłowej informacji, obejmuje projektowanie, wytwarzanie, instalację i eksploatację urządzeń telekomunikacyjnych oraz zagadnieniem ruchu w sieciach telekomunikacyjnych.

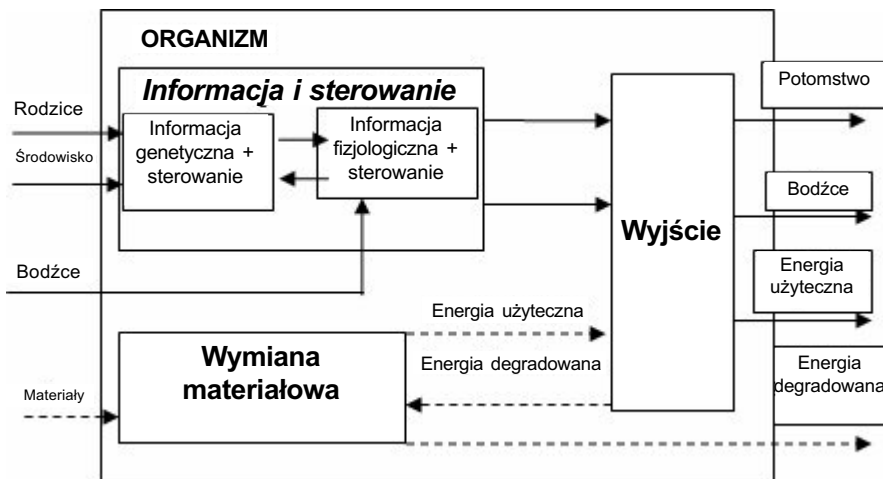
Łańcuchy telekomunikacyjne łączone w procesie komutacji tworzą systemy przesyłania informacji i sterowania. Systemy telekomunikacyjne są jednostkami złożonymi z wielu elementów, które muszą zapewnić prawidłowy przekaz informacji.

Badania i obserwacje organizmów żywych pozwalają zauważyć pewne podobieństwo systemów biologicznych z systemami teleinformatycznymi.

### 3. System przepływu informacji w organizmie

Obserwacja organizmów żywych pozwala stwierdzić, że istnieją układy biologiczne, które pełnią różnego rodzaju zadania dla zachowania funkcji życiowych. Organizm można potraktować jako pewien system wymiany informacji i sterowania.

Problemy związane z budową i analizą systemów biologicznych wykazują konieczność powiązania nauk interdyscyplinarnych pozwalających na modelowanie systemów biologicznych. Szczególnie ważnym zadaniem jest możliwość budowy modelu komputerowego pozwalającego na analizę wpływu czynników zewnętrznych na pracę poszczególnych systemów biologicznych i ocena zagrożeń związanych z zakłóceniami pracy systemów.



**Rys. 3.** Powiązania nauk biologicznych z techniką: a) współpraca systemów technicznych i biologicznych; b) opracowywanie algorytmów

W biologicznym systemie przepływu informacji (rys. 3) wyraźnie można wyznaczyć tory przepływu energii niosące informację (linie nieciągłe) i tory sterowania (linie ciągłe). Wejściami systemu fizjologicznego są receptory organizowane w organy zmysłowe, które mają zdolność odczytywać informacje z wnętrza i z zewnątrz organizmu. Przetwarzają one podniety zewnętrzne na impulsy nerwowe. Głównymi elementami wejściowymi w systemie fizjologicznym są organy wzroku, słuchu, węchu, organy przedsionkowe, receptory

środowiska zewnętrznego (smak, receptory skórne) i receptory środowiska wewnętrznego (chemiczne i fizyczne). Większość jednostek wejściowych posiada mechanizmy przetwarzania odbieranej informacji oraz sprzężenia zwrotne z odśrodkowym systemem nerwowym, które wpływają na działanie systemu biologicznego.

Odśrodkowy system nerwowy oraz gruczoły w układzie biologicznym pełnią funkcję sterującą. W systemie biologicznym sterowaniem jest informacja genetyczna, która określa sposób budowy całego organizmu. Wejściem systemu organizmu jest informacja genetyczna rodziców, środowisko i bodźce. Sterowanie w tym przypadku ma obszar obejmujący informację genetyczną i środowisko wpływające na jego ekspresję i mutację oraz informację biologiczną związaną z prawidłowym funkcjonowaniem organizmu. Poszczególne organy, do których należy zaliczyć organ słuchu i wzroku, pełnią rolę systemu przesyłania informacji.

#### 4. Biologiczny system słuchowy

Do podstawowych systemów biologicznych, które reagują na bodźce zewnętrzne należą systemy słuchowe i wzrokowe. Zbudowane są one z receptorów analizujących bodźce mechaniczne odbierane ze środowiska zewnętrznego.

Zasadniczą rolę w procesie percepcji dźwięku pełni układ słuchowy. Składa się on z trzech podstawowych części (rys. 5).

- z uszu,
- z drogi słuchowej,
- z pól kory słuchowej.

Na rysunku 4 przedstawiony został schemat blokowy systemu słuchowego. System słuchowy można porównać z łańcuchem telekomunikacyjnym (rys. 2), w którym zewnętrzny kanał ucha przejmuje informacje ze źródła informacji a elementy ucha środkowego z mechaniką ucha wewnętrznego i przetwornikiem zakończenia są aparaturą przetwórczą przekazującą przetworzoną pierwotną informację do centralnego układu nerwowego.



Rys. 4. Schemat blokowy systemu słuchowego

Podstawowe funkcje jakie muszą być wykonane w systemie słuchowym są następujące:

- przetworzenie drgań akustycznych (rolę przetwornika spełnia ucho),
- przesłanie informacji drogą słuchową z ucha do pola słuchowego kory mózgowej,
- odebranie przez pole słuchowe kory mózgowej wrażeń słuchowych.

W systemie biologicznym ucho pełni rolę przetwornika, do którego wpadają sygnały odbite z różnym opóźnieniem i tłumieniem od poszczególnych fragmentów zewnętrznych małżowiny ucha. Małżowina ucha spełnia zadania związane z detekcją kąta wzniesienia i odległości oraz azymutu źródła.

Do podstawowych zadań ucha zewnętrznego (rys. 5) należy:

- wzmocnienie dźwięku,
- udział w lokalizacji źródła dźwięku,
- funkcja ochronna.

Wzmocnienie dźwięku ma miejsce w kanale ucha zewnętrznego:

- rezonans jest „rozmyty”, niemniej jednak w zakresie częstotliwości od 2000 do 5000 Hz następuje zwiększenie odbieranego poziomu ciśnienia akustycznego w granicach (5–10) dB.

Udział w lokalizacji źródła dźwięku ma małżowina i przewód ucha zewnętrznego:

- przy słyszeniu dwuosobnym, o lokalizacji źródła dźwięku decydują na ogół różnice pomiędzy sygnałami dochodzącymi do każdego ucha;
- rola małżowiny i kanału ucha zewnętrznego ujawnia się przy lokalizacji i słyszeniu jedno osobnym (co wyłącza różnice między uszne i potwierdza umiejętność lokalizacji źródła przez ludzi słyszących jedynie jednym uchem).

Funkcja ochronna ma za zadanie zapewnić:

- błonie bębenkowej ochronę przed urazami z zewnątrz,
- ochronę przed dostaniem się do wnętrza przewodu słuchowego ciał obcych,
- właściwą temperaturę,
- odpowiednie warunki wilgotności dla właściwej pracy sprężystej błony bębenkowej zamykającej przewód słuchowy.

Z punktu widzenia transmisji dźwięku podstawowym zadaniem ucha środkowego jest sprawne reagowanie błony bębenkowej na drgania akustyczne. Zasadniczą rolą ucha środkowego jest przeniesienie do ucha wewnętrznego maksimum energii akustycznej dochodzącej z otaczającego ośrodka powietrznego.

Ucho środkowe (rys. 5) składa się z:

- jamy bębenkowej wraz z błoną bębenkową i kosteczkami słuchowymi,
- trąbki słuchowej zwanej też trąbką Eustachiusza która jest połączona z jamą nosowo-gardłową.

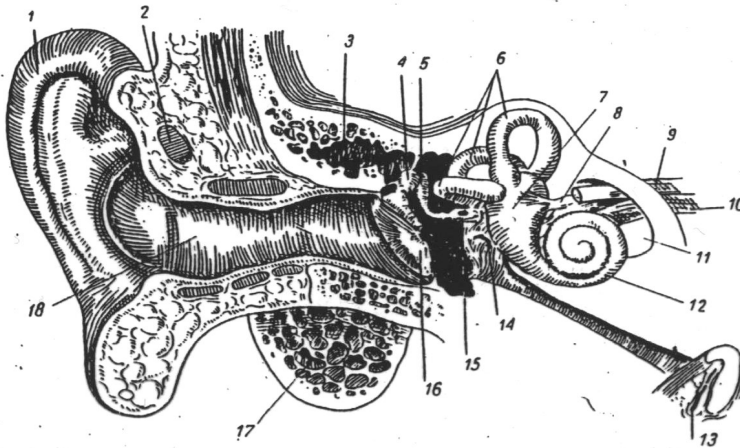
Cała mechanika ucha środkowego ma za zadanie dopasować akustyczną impedancję ośrodka powietrznego do impedancji gęstej nieściśliwej cieczy (perylimfy) wypełniającej ślimak, który stanowi jedną z podstawowych części ucha wewnętrznego.

Podstawową rolą ucha wewnętrznego jest zamiana energii mechanicznej na elektryczną.

Ucho wewnętrzne (rys. 5) składa się z dwóch części:

- z trzech kanałów półkolistych będących siedliskiem zmysłu równowagi,
- ślimaka, czyli spiralnie skręconego kanału wydrążonego w kości, który zawiera komórki czuciowe wrażliwe na dźwięk.

W uchu wewnętrznym następuje transmisja energii mechanicznej na elektryczną, która z komórek wewnętrznych ślimaka przekazuje impulsy elektryczne na wyższe piętra drogi systemu słuchowego i dalej do kory mózgowej. Wartość odbieranego poziomu ciśnienia akustycznego słyszanych sygnałów akustycznych ma swoje odzwierciedlenie w ilości impulsów elektrycznych przekazywanych do mózgu. Zbyt duża ekspozycja poziomu dźwięku może mieć swoje odbicie w zmianach zachodzących w budowie mechanizmów ucha wewnętrznego oraz w mózgu. Na rysunku 5 przedstawiono obraz ucha, które jest układem przetwarzania informacji.



**Rys. 5.** Schematyczny obraz części ucha transmitującego dźwięk: 1 – małżowina uszna, 2 – chrząstka, 3 – komory wyrostka sutkowego, 4 – młoteczek, 5 – kowadełko, 6 – kanały półkoliste, 7 – przedsionek, 8 – nerw przedsionkowy, 9 – nerw twarzowy, 10 – nerw ślimaka, 11 – wewnętrzny kanał słuchowy, 12 – ślimak, 13 – przekrój trąbki Eustachiusza, 14 – okienko okrągłe, 15 – strzemiączko, 16 – bębenek, 17 – szczyt wyrostka sutkowego, 18 – zewnętrzny kanał słuchowy

## 5. Podsumowanie

Funkcje życiowe organizmów są ściśle związane z przemianą materii i energii, czyli metabolizmem. Wszystkim procesom biochemicznym zachodzącym w komórkach organi-

zmu towarzyszą przemiany energetyczne. Przykładem systemu biologicznego może być przedstawiony w pracy biologiczny system słuchowy, w którym następuje przemiana energetyczna.

Rolę przetwarzania i przesyłania informacji spełniają inne systemy zapewniające sprawne funkcjonowanie organizmów żywych. Biologicznymi systemami transmisji informacji i sterowania są również systemy wzroku, węchu, organy przedsionkowe, receptory środowiska zewnętrznego (smak, receptory skórne) i receptory środowiska wewnętrznego (chemiczne i fizyczne).

### Literatura

- [1] Engstroem H., Engstroem B., *The Ear*. DK-Vaerloese, Denmark, 1988.
- [2] Moore B.C.J., *Wprowadzenie do psychologii słyszenia*. PWN, Warszawa-Poznań, 1999, 33–59.
- [3] Ozimek E., *Dźwięk jego percepcja*. PWN, Warszawa, 2002, 134–175.
- [4] Pierce J.R., David E.E., *Świat dźwięków*. PWN, Warszawa, 1967, 148–195.
- [5] Zwiśłocki J., *Akustyka ucha*. Archiwum Akustyki, t. 4, z. 4, 1969, 375–398.
- [6] Tkacz E., Borys P., *Bionika*. WNT, Warszawa, 2006, 145.