

Ks. HENRYK NOWIK

## POJĘCIE ORGANIZACJI BIOTYCZNEJ

### WPROWADZENIE

W ostatnim trzydziestoleciu teoria organizacji rozwinęła się niezmiernie szybko, osiągając swój najwyższy rozwój w naukach o zespołach ludzkich.

Słowo „organizacja” pojawiło się już w średniowiecznej łacinie w brzmieniu „organisatio”. Wywodzi się ono od innego wyrazu tego języka, a mianowicie od terminu „organum”. Słowo to etymologicznie wiąże się z greckim wyrazem „organon”, które oznacza narzędzie, narząd, czyli instrument działania przyczyny nadrzędnej (głównej).

Języki nowożytnie przyjęły ten wyraz (a. organ, f. organe, n. Organ, r. organ), ale w znaczeniu: „bycie funkcjonalną częścią organizmu jako całości”. W ten sposób termin „organ” dał początek słowu „organizm”. Wyraz ten pierwotnie oznaczał współdziałanie organów dla potrzeb całości ustroju. W konsekwencji doszło do powstania nowego terminu, jakim jest „organizacja”. Słowo to, w ujęciu klasycznym oznaczało: „posiadanie organów; bycie całością, złożoną z części wyspecjalizowanych i scalonych”

Z biegiem czasu biologiczną koncepcję organizacji rozciągnięto na teorię zespołów ludzkich. Stało się tak dlatego, że istnieje tu wiele analogii. Nawiązuje do nich L. P. Alford, M. Bangs (*Production handbook*, New York 1957, s. 13), zestawiając funkcję organów organizmu ludzkiego z funkcjami przedsiębiorstwa produkcyjnego, zaś M. Haire (*Biologiczne modele i empiryczne dzieje rozwoju organizacji*, w: *Nowoczesna teoria organizacji*, tłum. St. Łypacewicz, Warszawa 1965, s. 410—458) traktuje organizm jako model wzorcowy do budowy koncepcji organizacji przemysłowych, natomiast S. Beer (*Brain of the firm—the managerial cybernetics*, London 1972) widzi dużą zbieżność strukturalną między układem nerwowym a pięcioszczeblowym układem administracji kierowniczej kooperacji przemysłowej.

Te oraz szereg innych znanych analogii między całościami biotycznymi a antropicznymi zachodzą na podstawie hierarchicznych zasad orga-

nizacji, które wydają się być wspólne dla wszystkich żywych układów.

Zasady te wystąpiły z całą ostrością i oczywistością w teoriach organizacji systemów antropicznych. Stało się tak dlatego, że człowiek jest tu podmiotem i przedmiotem poznania. Fakt ten przyczynił się do rozwoju bazy obserwacyjnej oraz do rozbudowy doświadczenia egzystencjalnego w ramach naszego życia w zorganizowanych strukturach społecznych. Obserwacyjny punkt widzenia prowadzi do procedury wyjaśniania i przewidywania, drugi zaś do rozumienia. Eksplikacyjno-prognostyczna strategia poznawcza tworzy racjonalistyczny obraz nauk szczegółowych. Natomiast badawcza postawa rozumienia zjawisk empirycznych buduje intelektualistyczny model tych nauk. Aspekt nomotetyczny oraz idiograficzny nauk szczegółowych ma charakter komplementarny.

W obrębie aspektu pierwszego pojawiły się w nauce o organizacji zupełnie nowe pojęcia, oryginalne modele i trafne schematy strategii działania oraz szereg twórczych teorii. Do najbardziej znanych należy teoria gier i teoria podejmowania decyzji, teoria zasilania i teoria komunikacji, teoria grup i teoria motywacji.

W tych teoriach spotykamy się z różnym podejściem badawczym: od indukcji opartej na bazie obserwacyjnej aż do subtelnej dedukcji opartej na abstrakcyjnych modelach. W tej różnorodności metod i teoretycznych podstaw kryje się wielka nadzieja na uzyskanie nowych perspektyw badawczych wszechstronnej teorii organizacji.

Jednym z takich kierunków badań jest niewątpliwie biologiczna teoria organizacji. Zajmuje się ona układami, które są osobliwe, czyli unikalne. Nie wystarczy zjawisko biotyczne opisać, wyjaśnić i przewidzieć, należy je przede wszystkim zrozumieć. Procedura rozumienia wypływa z doświadczenia egzystencjalnego. Człowiek bowiem całą swą strukturą biotyczną jest zanurzony w oceanie życia swojej bioplanety. Od kołyski aż po deskę trumienną doświadcza człowiek swój biotyczny los: zimno, głód, choroby, cierpienia, pragnienia, przyjemność, rozkosz, sytość itp.; wszystko to składa się na indywidualne doświadczenie podmiotu poznającego. Z pozycji tego doświadczenia rozumiemy świat zwierząt i roślin. Introspekcja o podłożu biologicznym pozwala nam zrozumieć biotyczny los osobników w ich strukturach fitosocjologicznych i zoosocjologicznych. Dane biointrospekcyjne dopełniają wyniki badań ekstrospekcyjnych (obserwacyjnych).

Procedurę rozumienia zjawisk biotycznych pogłębia ponadto fakt wspólnego uczestnictwa roślin, zwierząt i ludzi w tych samych strukturach organizacyjnych otaczającego nas świata. Indywidualne doświadczenie działających struktur organizacyjnych składa się na lepsze rozumienie behawioru osobników roślinnych i zwierzęcych.

Z ogólnometodologicznego punktu widzenia teoria organizacji pozwa-

la lepiej wyjaśnić i zrozumieć człowieka w świetle biologii (mikroredukcjonizm) oraz trafniej rozumieć i wyjaśnić roślinę i zwierzę w świetle humanistyki (makroredukcjonizm). Zasada komplementarności tych strategii redukcjonistycznych ma swoje uzasadnienie w ogólnej teorii nauki, a mianowicie w racjonalizmie i intelektualizmie nauk szczegółowych.

Szeroka perspektywa myślowa, jaka się wiąże z teorią organizacji, domaga się szeregu analiz. Dotyczą one głównie zasad hierarchii.

Wydaje się, że analizę tych zasad można przeprowadzić na kanwie teorii organizacji zespołów ludzkich z myślą o ich adaptacji epistemologiczno-metodologicznej do teorii organizacji biotycznej. Okazuje się bowiem, że u podstaw całej przyrody ożywionej leżą bardzo proste struktury organizacyjne, na których również spoczywa cały świat ludzki.

Analiza socjologiczna pojęcia organizacji zostanie podjęta na kanwie teorii wykresów na zasadzie odpowiedniości pojęć teorii wykresów i teorii organizacji. Otrzymane tą drogą interpretacje terminów organizacyjnych zostaną odniesione do odpowiednich terminów biologicznych.

Organizacyjna interpretacja terminów biologicznych jest procedurą na wskroś makroredukcjonistyczną (antyredukcjonizm fizyko-chemiczny). Teoria wykresów, z całą aparaturą pojęciową i koncepcyjnymi schematami liniowo-punktowymi, pozwala „ogłądać” ten antyredukcjonizm, podkreślając zarazem osobliwy charakter nauki o życiu. Na ten unikalny charakter problematyki biologicznej składają się następujące zagadnienia: swoistość teorii człowieka, osobliwość dyscyplin biomolekularnych struktur, autonomiczność hipotez i praw przemiany materii w układach biotycznych, anomologiczny charakter teorii ewolucji i idiograficzny typ teorii abiogenezy.

Autonomiczność zagadnień biologicznych sprowadza się w głównej mierze do teorii hierarchii układów ożywionych. Zwrócił już na to uwagę swymi pracami L. v. Bertalanffy (*Kritische Theorie der Formbildung*, Berlin 1928; *Theoretische Biologie*, I — 1932, II — 1942 (1951); *Das Gefüge des Lebens*, Leipzig—Berlin 1937; *Das biologische Weltbild*, Bern 1949; *Problems of Life*, New York 1960), powołując się bardzo często na formalne aspekty teorii organizacji J. H. Woodgera (*Biological Principles*, London 1929), który wyróżnił w organizmie zależności między częściami a całością, według kryterium funkcjonalności i egzystencji osobniczej, sugerując przy tym pewne formy organizacji hierarchicznej. Bertalanffy owe formy poddał gruntownej analizie empiriologicznej i zaproponował ich podział w sposób następujący: hierarchia (h) podziału, h. przestrzena, h. genetyczna, h. histosystemowa, h. procesów, h. segregacji, h. ogólna. Organizacja czasoprzestrzenna i uporządkowanie hierarchiczne oraz względna otwartość biosystemu stanowią specyfikę układów ożywionych (*Problems of Life*, s. 37—47).

Wymienione postacie hierarchii biotycznej pokazują złożoność organizacji biotycznej oraz jej specyfikę w stosunku do zorganizowanych całości na poziomie materii nieożywionej. Osobliwość ujęć teorii organizacji występuje nie tylko na poziomie życia osobniczego, ale również na różnych szczeblach hierarchii każdego organizmu od stopnia molekularnego aż do instancji samodzielnie egzystującej całości. Analizę osobliwości organizacji biotycznej na poziomie komórkowym i sub-komórkowym podjęło sympozjum (*Biological Organisation Cellular and Sub-cellular*, London, New York, Paris, Los Angeles, 1959), które w swych analizach poszło dalej w stosunku do Bertalanffy'ego. Zwróciło ono bowiem uwagę na potrzebę pokazania sposobów funkcjonowania organizacji biotycznej i to w takim stopniu i w takim wymiarze by ustalone prawidłowości mogły pełnić rolę eksplikacyjną a w miarę możliwości również rolę prognostyczną. W tym kierunku idą bardzo ogólne rozważania drugiego rozdziału niniejszego opracowania, poprzedzone analizą pojęcia organizacji w sensie ogólnym.

Podjęty tok rozumowania zmierza do sformułowania organizacyjnych zasad hierarchii biotycznej w aspekcie ogólnobiologicznym. Obszerny zaś materiał empiriologiczny pozwoli w dużym stopniu zrozumieć, że biotyczny porządek hierarchiczny jest faworytem doboru naturalnego w procesie ewolucji naszej bioplanety.

## 1. ANALIZA POJĘCIA ORGANIZACJI

Nauka o organizacji<sup>1</sup> jest znana w postaci klasycznej oraz w formie współczesnej.

Klasycznej szkole teorii organizacji przypadło w udziale tworzenie: pierwszych pojęć, ramowych tez, ogólnych punktów widzenia i koncepcyjnych schematów, które potem rozwijane, wydały na światło dzienne szereg nowych szkół i współczesnych kierunków badań.

W dziejach nauki o organizacji można wyróżnić szereg etapów rozwoju. Chronologicznie rzecz biorąc, wystąpiły najpierw szkoły klasyczne o profilu: naukowej organizacji pracy, naukowego zarządzania, badań administracyjnych, socjologicznych w aspektach stosunków międzyludzkich wraz z psychosocjologią zarządzania.

Cechą tych szkół była dążność do stworzenia pełnego, zamkniętego systemu recept skutecznego zarządzania w procesie organizowania pracy,

---

<sup>1</sup> Jan Zieleniewski, *Organizacja i zarządzanie*, Warszawa 1981; *Organizacja zespołów ludzkich*, wyd. VII, Warszawa 1982; G. March i A. Simon, *Teoria organizacji*, tłum. St. Łypacewicz, Warszawa 1964.

w przeciwieństwie do współczesnych szkół otwartych, które podjęły badania nad wciąż zmieniającą się i rozwijającą się społeczną praktyką organizatorskiego działania. Współczesny kierunek badań stawia sobie za cel ustalenie prawideł rozwoju całej społecznej rzeczywistości, zorganizowanej z tą myślą, by uchwycić mechanizmy sterowania społecznymi organizacjami.

W tym nurcie pojawiła się szkoła empiryczna, głosząca, że kierownik ma decydujący głos w organizowaniu przedsiębiorstwa. Przed nim stoją trzy zadania: a) znaleźć odpowiednich ludzi, b) sformułować odpowiednie plany działania, c) podjąć decyzje.

Następną orientacją tego nurtu jest szkoła systemów społecznych, która rozwija teorię socjologii stosowanej. Teoria ta ma być podstawą do naukowego zarządzania i kierowania ludźmi.

Kolejnym podejściem badawczym jest postawa systemowa, która znajduje swój wyraz w metodzie rozwiązywania zagadnień organizacyjnych i w metodologii podejmowania strategicznych decyzji kierowniczych.

W językach tych szkół termin organizacja występuje w wieloaspektowym znaczeniu.

O organizacji mówi się przede wszystkim w sensie podmiotowym, np. organizacja społeczna oraz w sensie przedmiotowym, np. organizacja biura. Rozróżnienie to prowadzi do dalszej specyfikacji znaczenia tego pojęcia. Mówi się bowiem o organizacji w znaczeniu: a) rzeczowym, b) atrybutywnym i c) czynnościowym.

Przedmiotowy (rzeczowy) punkt widzenia w koncepcji organizacji reprezentuje Tadeusz Kotarbiński<sup>2</sup>, pisząc, że organizacja „to pewien rodzaj całości ze względu na stosunek do niej jej własnych elementów, mianowicie taka całość, której wszystkie składniki współprzyczyniają się do powodzenia całości” Organizacja jest więc przedmiotem złożonym z jednostek połączonych ze sobą tak, że formują całość różną od poszczególnych jednostek składowych. Bardzo często zamiast terminu całość używa się takich terminów jak: „zbiór”, „zespół”, „kompleks”, „system”

Atrybutywny aspekt pojęcia organizacji przedstawia w swej definicji Jan Zieleniewski<sup>3</sup>, proponując następującą formułę: „Organizacja to ogólnie pojęta cecha rzeczy lub ciągów zdarzeń, rozpatrywanych jako całości złożone z części oraz ze względu na stosunek tych części do siebie nawzajem i do całości, a polegająca na tym, że części współprzyczyniają się do powodzenia całości”

Atrybutywne rozumienie słowa „organizacja” najczęściej stosuje się w życiu codziennym. Ten aspekt tego pojęcia umożliwia procedurę wartościowania każdej organizacji ze względu na: cele, sposób zorganizowa-

<sup>2</sup> *Traktat o dobrej robocie*, Wrocław—Warszawa 1958, s. 75.

<sup>3</sup> *Organizacja zespołów...*, op. cit., s. 83.

nia i powiązania z otaczającą rzeczywistością. W związku z tym zwykło się mówić o organizacji złej, przeciętnej lub dobrej.

Czynnościowe<sup>4</sup> znaczenie pojęcia organizacji zwraca uwagę na dynamiczny punkt widzenia w analizie niepodzielnych całości. Czynnościowy sens pojęcia organizacji przeciwstawia się sensowi celowościowemu. Należy jednak dodać, że przeciwstawione znaczenia: czynnościowe (wynikowe) i celowościowe (rezultatowe) nawzajem się uzupełniają.

Analogicznie do trzech rodzajów znaczeń pojęcia organizacji zwykło się wyróżniać trzy dziedziny problemów organizacyjnych<sup>5</sup>: formalnych, rzeczywistych i potencjalnych.

Organizacja formalna jest kompleksem: ustaleń, dyrektyw i zarządzeń organizacyjnych.

Organizacja rzeczywista to system faktów, które w związku z tymi ustaleniami i zarządzeniami formalnymi realnie pojawiły się w formie całości zorganizowanej. Organizacja zaś potencjalna to organizacja optymalna, do której dochodzi się na drodze wysiłku organizatorskiego. Organizacja zaś nieformalna pojawia się niezależnie od wszelkich formalnych ujęć organizacyjnych i bez świadomości jednostki tworzącej zespół. Wśród różnych typów organizacji wyróżnia się również systemy statyczne oraz dynamiczne.

Statykę całości zorganizowanej tworzy jej struktura. Wszelka analiza i opis statycznych systemów zorganizowanych prowadzi do definicji organizacji w kategoriach struktury. Ten aspekt przejawia się we wszystkich koncepcjach organizacji niezależnie od szkół i kierunków badań nad organizacją. W związku z tym podjęto prace nad organizacją we wszystkich dziedzinach wiedzy empiriologicznej w zakresie poszukiwania podstawowych i najbardziej elementarnych składników każdej organizacji. Dociekania te zostały uwieńczone sukcesem w pracach F. Harary'ego i D. Cartwrighta, których poglądy szczegółowo zostaną tu podane i uzupełnione analitycznym studium R. Dubina. Autorzy<sup>6</sup> ci stwierdzają, że w każdej koncepcji organizacji występują:

- 1) jednostki, czyli części składowe organizacji oraz
- 2) relacje między tymi jednostkami.

Pierwszy element organizacji Cartwright charakteryzuje w sposób

<sup>4</sup> M. Stuber, *Wesen und Begriff der Rationalisierung in philosophisch-psychologischer Betrachtung*, w: *Zentralblatt für Arbeitswissenschaft* 1961, nr 5—6, s. 75.

<sup>5</sup> Bennis-Peter, *Comparative theories of social change*, Ann Arbor 1966, s. 349; M. Bielski, *Formalna i rzeczywista struktura organizacyjna*, Warszawa 1973, s. 33.

<sup>6</sup> D. Cartwright, *Możliwości wykorzystania teorii wykresów przez teorię organizacji*, w: *Nowoczesna teoria organizacji*, tłum. St. Łypacewicz, Warszawa 1965, s. 385; R. Dubin, *Trwałość organizacji ludzkich*, op. cit., s. 329—384. (Nowoczesna teoria...).

następujący: „Teoretycy organizacji różnią się między sobą w poglądach na to, co należy uważać za jej podstawową jednostkę. Dla jednych elementem, z którego buduje się organizację, jest indywidualny człowiek; dla innych elementem takim jest urząd, stanowisko lub rola. Niekiedy jest to określone zbiorowisko ludzi, jak grupa robocza, oddział lub wydział. Niezależnie jednak od tego, jaką część składową organizacji uważa się za jednostkę podstawową traktuje się ją jako niezróżnicowaną całość”<sup>7</sup>.

W przypadku drugiego elementu organizacji autor stwierdza, że: „Zależnie od przyjętej teorii, mówi się, że jednostki organizacyjne łączą między sobą więzi, powiązania, kanały, połączenia lub linie — żeby wymienić tylko niektóre spośród używanych terminów. Te różne nazwy odzwierciedlają w pewnym stopniu typ stosunków, na które położony jest nacisk, aczkolwiek większość teoretyków dopuszcza, że pomiędzy danymi jednostkami mogą istnieć jednocześnie stosunki różnego typu. Najczęściej przedmiotem zainteresowania są stosunki następujące: autorytet czyli władza, odpowiedzialność, przekazywanie informacji, współzależność zadania lub pracy, wzajemna zależność celu i motywacji, atrakcyjność lub lojalność, wzajemne oddziaływanie i współpraca”<sup>8</sup>. Autor dalej stwierdza, że niezależnie od treściowych różnic teoretycy wszystkich koncepcji organizacji zgodzą się z następującym stwierdzeniem: „...organizacja polega na pewnej konfiguracji powiązanych ze sobą jednostek”<sup>9</sup>.

Ta koncepcja organizacji okazała się niezwykle twórcza i rozwojowa. Umożliwiła ona bowiem zastosowanie środków matematycznych, dzięki czemu powstała myśl o teoretycznym ujęciu nauki o organizacji. Stało się to na gruncie młodej teorii matematycznej zwanej teorią wykresów.

Podstawowymi terminami teorii wykresów prostych jest: punkt, linia i wykres. W teorii tej utrzymuje się, że istnieje skończony zbiór punktów oraz jeden lub kilka rodzajów linii. Konfiguracja punktów i linii tworzy wykres.

Teoria wykresów nakłada na własną aparaturę pojęciową szereg warunków, z których wynikają kolejne własności wykresów oraz dodatkowe właściwości pojęć wyższego rzędu. Warunki te mają status aksjomatów teorii wykresów. Cartwright formułuje je w sposób następujący:

- „(W<sub>1</sub>) Wykres zawiera skończoną ilość punktów.
- (W<sub>2</sub>) Każda linia stanowi zespół składający się z dwóch punktów.
- (W<sub>3</sub>) Każda linia musi łączyć dwa odmienne punkty.
- (W<sub>4</sub>) Wykres może zawierać najwyżej jedną linię łączącą parę tych samych punktów.

<sup>7</sup> Tamże, s. 386.

<sup>8</sup> Tamże, s. 386n.

<sup>9</sup> Tamże, s. 387.

(W<sub>5</sub>) Nie ma różnicy pomiędzy «początkowym» i «końcowym» punktem linii. Jeśli jakaś linia biegnie od punktu «a» do punktu «b», to ta sama linia biegnie od punktu «b» do punktu «a»”

Idea zastosowania teorii wykresów w nauce o organizacji polega według Cartwrighta i Harary’ego na ustaleniu jednoznacznej odpowiedniości pojęć teorii wykresów z podstawowymi pojęciami teorii organizacji. Odpowiedniość tych pojęć można schematycznie przedstawić w sposób następujący:

Pojęcia teorii wykresów		Pojęcia teorii organizacji
punkt	←—————→	jednostka organizacyjna
linia	←—————→	więź
wykres	←—————→	organizacja

Odpowiedniość pojęć tych teorii możemy opisać w postaci stwierdzeń współczesnej logiki:

1) Teoria organizacji znajduje interpretację w teorii wykresów (wersja syntaktyczna).

2) Teoretyczne pojęcia nauki o organizacji tworzą model teorii wykresów (wersja semantyczna).

Teoretyczne konsekwencje tych stwierdzeń są bardzo twórcze. Mówią one o tym, że wszystkie pojęcia i twierdzenia teorii wykresów dają się interpretować, czyli rozumieć jako pojęcia i twierdzenia teorii organizacji.

Ta teoretyczna postać nauki o organizacji wymaga jednak dodatkowych uzupełnień i wyjaśnień. Otóż wykresowi opartemu na jednym rodzaju linii odpowiadałaby organizacja o jednorodnej więzi.

W rzeczywistych organizacjach występuje wiele typów relacji. W związku z tym należy przyjąć, że organizacja jest wykresem z uwagi na każdą z rozpatrywanych relacji. Można ją opisywać jako ciąg wykresów odpowiedni do ciągu wyznaczających ją stosunków lub jako wykres złożony z kilku wykresów, nałożonych na siebie (rys. 10). Należy też dodać, że teoria wykresów rozważa również i takie sytuacje, gdzie poszczególnym liniom mogą przysługiwać odmienne własności formalne niż te, które są objęte warunkami od (W<sub>1</sub>) do (W<sub>4</sub>). Rozważanie ich jednak wybiega poza zakres tej pracy. W szkicowej charakterystyce procesu teoretyzowania się nauki o organizacji chodziło głównie o zwrócenie uwagi na to, że opis otaczającego nas świata w kategorii organizacji jest opisem ścisłym i opartym o bogate środki wyrazowe w aspekcie formalnym.

Teoria wykresów przyczynia się bowiem do wzbogacenia aparatury pojęciowej teorii organizacji i dostarcza jej cennych technik obliczeniowych oraz wzorów ujęcia struktury całości zorganizowanych. Ponadto teoria wykresów pozwala na obrazowe przedstawienie struktury organiza-



cji, czyli umożliwia jej narysowanie a tym samym daje heurystyczną wartość „oglądania” konstrukcji organizacyjnej, badanej całości. Pewniki teorii wykresów są następstwem analizy wykresów zwykłych. Wykres zwykły składa się z „n” punktów oraz z linii łączących wszystkie lub wybrane pary tych punktów. Jeśli wszystkie pary punktów są połączone liniami, to taki wykres nosi nazwę „pełny”. Jeśli występuje brak połączeń wszystkich punktów, to takiemu wykresowi przysługuje nazwa „niepełny” (rys. 1 i rys. 2).

Teoria wykresów posługuje się ponadto pojęciami bardziej złożonymi.

A oto najważniejsze pojęcia teorii: „ścieżka”<sup>10</sup>, „zwartość”<sup>11</sup>, „długość ścieżki”<sup>12</sup>, „odległość pomiędzy dwoma punktami zwartego wykresu”<sup>13</sup>, „towarzysząca liczba punktu wykresu zwartego”<sup>14</sup>, „punkt centralny wykresu zwartego”<sup>15</sup>, „średnica zwartego wykresu”<sup>16</sup>.

Tę listę pojęć można wprowadzić do opisu schematu hipotetycznej organizacji, przedstawionej na rys. 3.

Jednostki „b” i „d” należą do jednej całości, jednostki „c” i „e” do innej; jednostki „a”, „b” i „c” tworzą zespół koordynujący

Ta sieć łączności nie jest pełna, ponieważ nie każda para jednostek posiada połączenie kanałowe. Na przykład „d” i „e” nie mają bezpośredniego połączenia. Nietrudno zauważyć, że organizacja jest zwarta bo pomiędzy każdą parą jednostek istnieje jakaś ścieżka. Jeśli weźmiemy pod uwagę jednostkę „d” i „e” zauważymy, że pomiędzy nimi istnieją dwie ścieżki: (db, bc, ce) i (db, ba, ac, ca). Pierwsza ścieżka ma długość 3, druga zaś 4. Długość pierwszej ścieżki wynosi 3, drugiej zaś 4. Odległość zatem pomiędzy „d” i „e” wynosi 3. Nietrudno również stwierdzić, że odległość pomiędzy „d” i pozostałymi jednostkami jest mniejsza od 3, zatem liczba towarzysząca „d” równa się 3. Liczby towarzyszące jednostkom podane są w nawiasach. Porównanie liczb towarzyszących jednostkom wskazuje, że hipotetyczna organizacja posiada trzy punkty centralne: „a”, „b” i „c”. Informacja wysłana przez jedną z tych jednostek centralnych może dotrzeć do każdej jednostki w organizacji najwyżej przez dwa stadia. Należy również zauważyć, że średnica tej organizacji wynosi 3; największa ilość etapów, przez które winna przejść informacja pomiędzy poszczególnymi jednostkami, wynosi 3.

Do bardzo ważnych pojęć teorii wykresów należy niewątpliwie kate-

<sup>10</sup> — jest to zbiór linii, które łączą różne punkty: a, b, c, d, e na zasadzie łączenia się par: ab, bc, ... de.

<sup>11</sup> — jest to przebieg ścieżki pomiędzy każdą parą punktów.

<sup>12</sup> — zależy od ilości linii.

<sup>13</sup> — jest to najkrótsza ścieżka, która je łączy.

<sup>14</sup> — jest to największa odległość tego punktu od innego punktu.

<sup>15</sup> — jest to taki punkt, którego liczba towarzysząca jest najmniejsza.

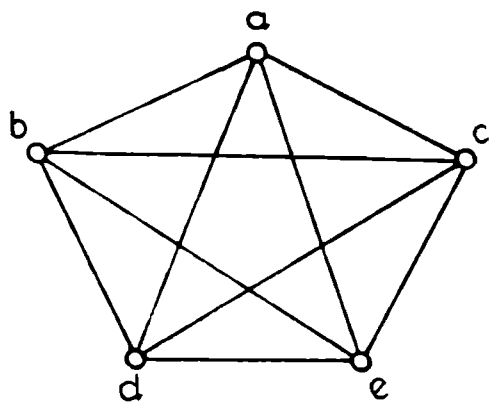
<sup>16</sup> — jest to maksymalna odległość pomiędzy dwoma punktami, czyli największa liczba towarzysząca.

goria „punktu wewnętrznego” i „punktu zewnętrznego” Pojęcia te są bardzo użyteczne przy opisie hierarchii organizacji w najbardziej elementarnej jej strukturze. Otóż punktem wewnętrznym podwykresu „H” nadrzędnego wykresu „G” jest punkt, którego odległość od punktu leżącego w „G” ale poza „H” jest największa. Natomiast punktem zewnętrznym podwykresu „H” nadrzędnego wykresu „G” jest taki punkt, którego odległość od punktu przebywającego w „G”, ale poza obrębem „H” jest najmniejsza. Rys. 4 i rys. 5.

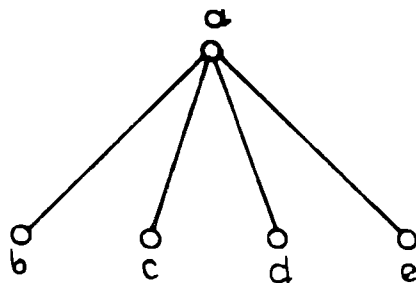
Rysunek 4 przedstawia opis wykresu „G” przez punkty: (a, b, c, d, e, x). Wykres zaś „H” obejmuje punkty: (a, b, c, d, e). Wykres „H” jest całością zorganizowaną w stosunku do wykresu „G” W hipotetycznej organizacji „H” odległość pomiędzy „x” i „e” jest największa, ob wynosi 4. Zatem jednostka „e” jest wewnętrznym punktem strukturalnym organizacji „H” Natomiast punkt „d” jest jednostką zewnętrzną, ponieważ tylko on posiada ścieżkę długości „x” równą 1. Organizacyjna jednostka „x” jest dostawcą a jednostka „d” odbiorcą w stosunku do całej organizacji.

Kolejnym pojęciem teorii wykresów jest kategoria „koła” Kołem wykresu jest zbiór różnych punktów, połączonych liniami: (ba, ac, cb) jak to przedstawia np. rys. 3. Organizacyjna siatka łączności, w której wszystkie jednostki strukturalne ulokowane są na jednym kole, pokazuje rys. 5.

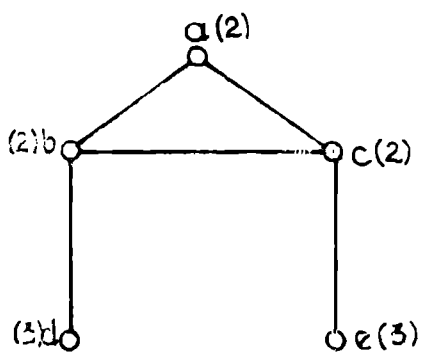
Strukturalna sieć przedstawiona na rysunku 6 zasadniczo różni się od sieci na rys. 5. Różnica ta polega na tym, że punkty „d” i „e” nie są bezpośrednio połączone linią. Brak linii łączącej sprawia to, że koło przekształca się w drzewo. Warto tu dodać, że wykres pokazany na rys. 2 posiada również kształt drzewa. Jest to tradycyjny schemat struktur organizacyjnych. Analiza porównawcza liczb towarzyszących na rys. 5 pokazuje, że struktura koła wyznacza centralne położenie wszystkich jednostek. Natomiast ta sama analiza w przypadku rys. 6 pokazuje, że tylko jednostka „a” ma miejsce centralne. Sytuacja jednostki „a” w obu przypadkach jest zupełnie odmienna. Różność tej sytuacji tłumaczy się faktem pojawienia się punktu przegubowego w przypadku jednostki „a” Punkt przegubowy, czyli przecięcia jest to taki punkt zwartego wykresu, którego usunięcie spowoduje podział wykresu na dwa lub więcej podwykresy niepołączone ze sobą. Punkty przecięcia wykazują bardzo ciekawe własności, które interesują teoretyków organizacji. Do tych własności należy: wysoka wrażliwość, łatwość podziału, ważność ze względu na zachowanie całości struktury. Warto w tym miejscu odnotować, że każdy niekońcowy punkt drzewa jest punktem przegubowym. Wykres drzewa jest uniwersalnym schematem teorii organizacji. Duża wrażliwość tego rodzaju organizacji bardzo często pociąga za sobą pojawianie



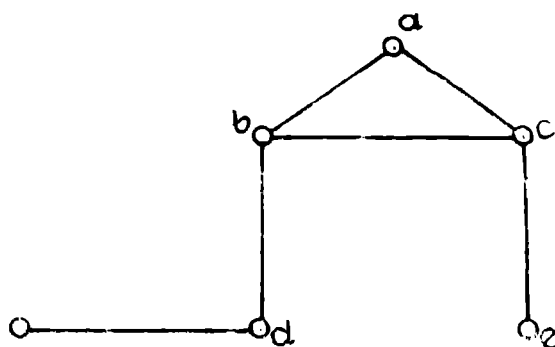
RYS 1



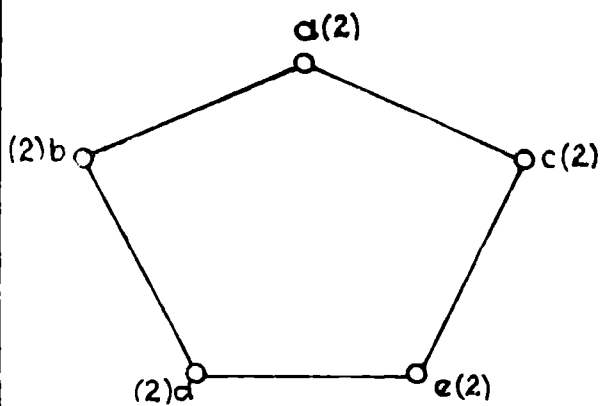
RYS. 2



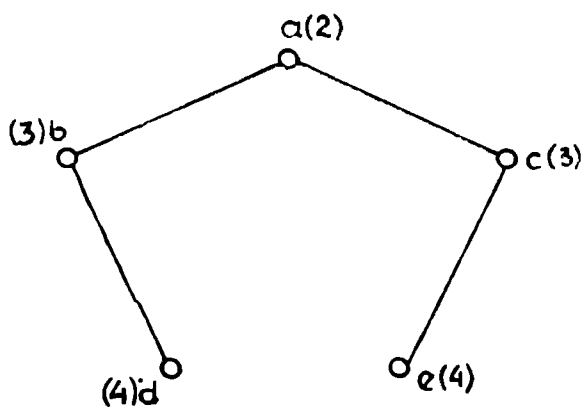
RYS 3



RYS 4



RYS 5



RYS. 6

się nieformalnych lub niezaprogramowanych kanałów łączności w obrębie struktury organizacyjnej, kosztem formalnych linii komunikacyjnych.

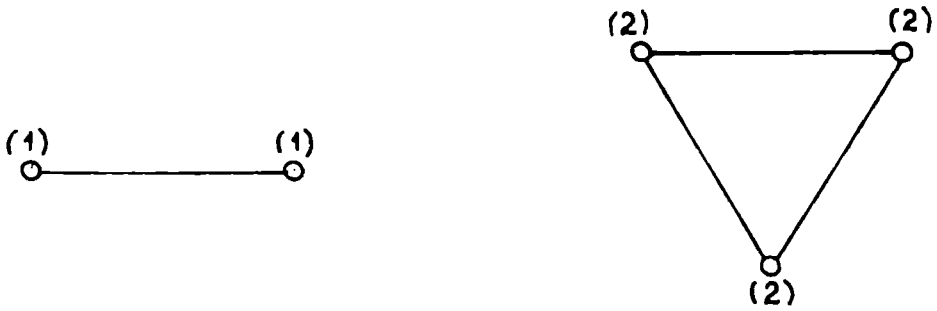
Jednostki z punktów przegubowych są obciążone funkcją przekazu wielkiej ilości informacji. Jeśli taka jednostka przybiera rolę „wąskiego gardła” albo systematycznie odsiewa określonego rodzaju informacje, to jednostki składowe organizacji nie otrzymują dostatecznej puli informacji o sprawach ważnych dla zachowania całości struktury.

Z pojęciem punktu przegubowego pozostaje w pewnej łączności termin: „stopień punktu” Tego rodzaju punkt zależy od ilości kanałów z niego wychodzących. Stopień jednostki jest wprost proporcjonalny do ilości jednostek, od których może otrzymywać i do których może bezpośrednio przekazywać informację. Stopień punktu przegubowego może przybierać różne wartości. Przegubowa jednostka punktu „a” na rys. 2 ma stopień 4, na rys. 6 posiada stopień 2. Jednostka „a” na rys. 5 posiada te same linie jednoczące, co na rys. 6, ale nie jest punktem przegubowym. Teoria wykresów utrzymuje, że w dużym zakresie i niezależnie od siebie mogą się zmieniać stopnie i liczby towarzyszące danym punktom. W związku z tym punkt centralny może mieć stosunkowo wysoki lub względnie niski stopień, który może być zmodyfikowany przez inne własności zorganizowanej całości. Teoretyczny tok rozumowania prowadzi do podstawowego pytania, a mianowicie: ile dodatkowych połączeń potrzeba dla utrzymania pełnej sieci organizacyjnej, gdy wzrasta ilość jednostek? W poszukiwaniu odpowiedzi na powyższe pytanie należy zwrócić uwagę na to, że ilość linii wykresu wiąże się ze stopniem punktów tegoż wykresu. Każda linia zawiera dwa punkty. Zatem ilość linii wykresu równa się połowie sumy stopni wszystkich punktów wykresu. Stopień każdego punktu pełnego wykresu równa się ilości punktów w wykresie minus jeden. Zależność tę przedstawia rys. 7. Na tej podstawie buduje się wzór na ilość linii w pełnym wykresie:  $L=1(2P/P-1)$ , przy czym L symbolizuje ilość linii a P ilość punktów.

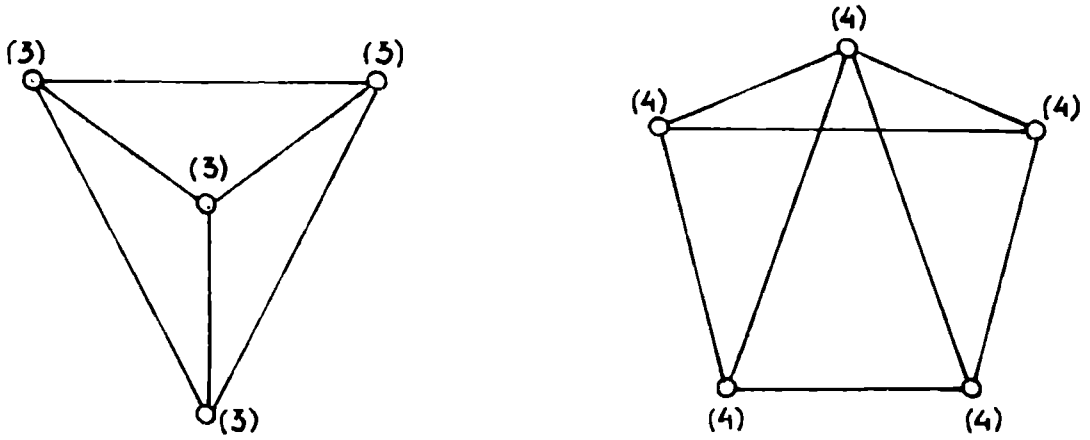
Teoretycy organizacji donoszą, że bardzo często spotykają się z problemami wykresów płaskich. Tego rodzaju wykresy nie znają krzyżujących się linii. Wykresy rys. 7 zawierające 2, 3 lub 4 punkty są płaskie. Wierzchołkami są punkty wykresu, krawędziami linie, a powierzchniami pola całkowicie zamknięte liniami wykresu.

W rzutach płaskich ilość krawędzi równa jest ilości wierzchołków plus ilość powierzchni minus jeden. Zatem ilość linii w zwartym wykresie płaskim wyraża następujący wzór:  $L=P+F-1$ , przy czym L oznacza ilość linii, P ilość punktów, a F ilość powierzchni. Drzewo nie posiada powierzchni. Stąd wzór na ilość linii w drzewie ma następującą postać:  $L=P-1$ . Ilustracją tych wzorów jest rys. 8.

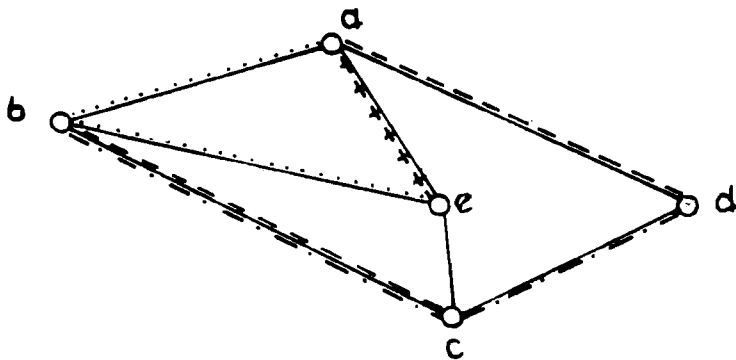
Po ustaleniu maksymalnej i minimalnej ilości linii, w myśl wzorów



RYS. 7



RYS. 7



o.

RYS. 10

$L=1(2P/P-1)$  oraz  $L=P-1$ , Cartwright<sup>17</sup> stawia pytanie: jaka jest optymalna ilość linii wykresu o danej ilości punktów? Odpowiedź na to pytanie domaga się wyboru kryterium oceny. Takim kryterium niech będzie trwałość organizacji<sup>18</sup>.

Dotychczasowy przegląd różnych sieci łączności pozwala zauważyć, że organizacja winna posiadać jak najmniejszą ilość kanałów. Każdy bowiem kanał pociąga za sobą dodatkowy nakład energii.

W organizacjach zaś ludzkich dodatkowa sieć powiązań staje się sprawą bardzo kosztowną. To stwierdzenie idzie po linii prawa C. N. Parkinsona, które w formie dyrektywnej brzmi następująco: powiększaj ilość powiązań pomiędzy jednostkami organizacyjnymi a zakres pracy rozszerzy się, aby je utrzymać. Analiza tego stwierdzenia prowadzi do pytania: czy koncentracja uwagi badawczej na samych relacjach pomiędzy jednostkami rzeczywiście może doprowadzić do rozwiązania problemu przyczyn trwałości organizacji?

Procedura rozwiązania tego zagadnienia obejmuje: sprawę przedstawienia podstawowych struktur organizacyjnych oraz ich analizy.

W teorii organizacji zwykło się wyróżniać trzy podstawowe sieci powiązań pomiędzy jednostkami. Są to połączenia: 1) szeregowo, 2) promieniste (drzewo), 3) koliste oraz pochodne, takie jak: 4) szeregowo-promieniste, 5) promienisto-koliste i 6) szeregowo-promienisto-szeregowo.

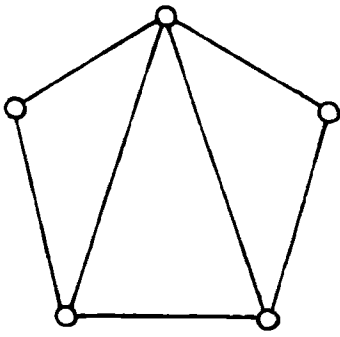
Powiązanie szeregowe występuje w ten sposób, że każda jednostka łączy się tylko z jednostką sąsiedzką. Seryjna struktura powiązań posiada dwie wersje: a) pionowo-szeregową i b) poziomo-szeregową. W pierwszym przypadku układ prezentuje elementarną strukturę hierarchiczną, w drugim zaś produkcyjną (proces). Ilość połączeń w tych systemach jest o jedno mniejsza od ilości jednostek w tych organizacjach.

Następną strukturę łączności, zwaną promienistą, przedstawia się tak, że tylko jedna jednostka łączy się ze wszystkimi pozostałymi na kształt drzewa.

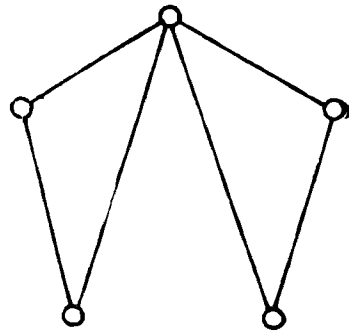
Typowym systemem promienistym jest struktura pionowa, w której zbiór jednostek jest podporządkowany jednostce nadrzędnej — ogniskowej. Jednostka ta koordynuje pozostałe podukłady. System poziomo-promienisty występuje w strukturze o takich zadaniach jak: obsługiwanie, kontrolowanie, zdawanie sprawozdań itp.

<sup>17</sup> Tamże, s. 401n. „Kryteria, które można wybrać dla oceny wykresu — pisze autor — zależą niewątpliwie od rodzaju rozpatrywanych empirycznych stosunków”.

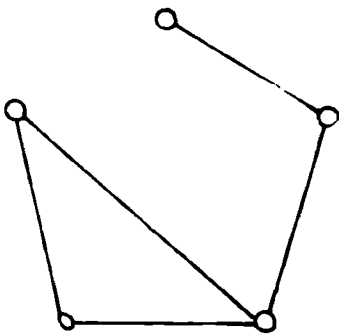
<sup>18</sup> Zob. R. Dubin, *Trwałość organizacji...*, s. 345. Analizy autora zmierzają do wykazania bardzo ciekawej zależności pomiędzy minimalizacją połączeń a wzrostem trwałości struktury hierarchicznej. Zależność ta jest bardzo doniosła z punktu widzenia praktycznego i teoretycznego, dlatego wywody autora zostaną szerzej przedstawione.



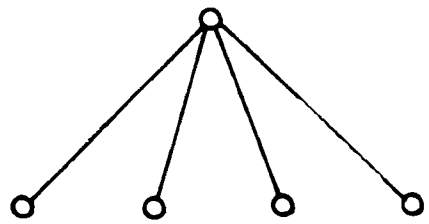
$L = 5 + 3 - 1 = 7$  RWS. 8



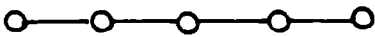
$L = 5 + 2 - 1 = 6$  RWS. 8



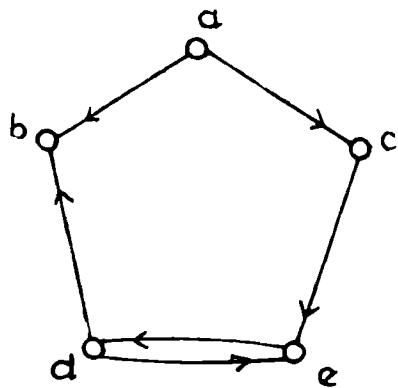
$L = 5 + 1 - 1 = 5$  RWS. 8



$L = 5 + 0 - 1 = 4$  RWS. 8



$L = 5 + 0 - 1 = 4$  RWS. 8



RWS. 9

Kolejną siecią łączności jest organizacja kolistą. W tej strukturze wszystkie jednostki łączą się ze wszystkimi. Ilustracją tej struktury może być rada reprezentantów lub zarząd przedstawicielski.

Wymienione struktury są podstawą do budowy całości złożonych. Pierwszą taką całością pochodną jest kompleks szeregowo-promienisty. Organizacja ta występuje w wersji pionowej i poziomej. Ilustracją sieci pionowo-promienisto-szeregowej jest jednostka ogniskowa, która koordynuje jednostki struktury szeregowej lub kieruje jednostkami układu szeregowego. Natomiast struktura poziomo-promienisto-szeregowa znajduje swą ilustrację w administracji wykonywania usług: kontroli, sprawozdawczości, księgowania kosztów jednostek produkcyjnych, połączonych szeregowo.

Następną pochodną strukturą jest sieć kanałów o budowie promienisto-kolistej. Przykładem tej struktury może być organ doradczy dyrekcji, w skład którego wchodzi przedstawiciele jednostek organizacyjnych.

Ostatnim pochodnym kompleksem linii łączności jest struktura szeregowo-promienisto-szeregowa. Konfiguracja linii takich powiązań jest podstawową siecią liniowej struktury.

W ilustracjach tych schematów wystąpiły układy rzeczywiste o połączeniach: służbowych, funkcjonalnych, technicznych i informacyjnych. Ze względów dydaktycznych pominięto więzi o właściwościach bardzo złożonych, takich jak: przynależność do grupy, uczestnictwo, lojalność, poświęcenie, powołanie itp.

Wszystkie te relacje wpływają na trwałość struktury organizacyjnej. Ich analiza ma charakter jakościowy. Dotyczy ona bowiem stanów interioryzacji jednostek. Im większy stopień uwewnętrznienia jednostki tym silniejsza więź organizacyjna występuje w układzie.

Trwałość stosunków organizacyjnych zależy również od ilości połączeń systemowych. Zmniejszenie się ilości linii wydatnie zwiększa trwałość organizacji. Utrzymanie linii organizacyjnej jest bowiem sprawą bardzo kosztowną. Prawidłowość ta występuje na poziomie materii martwej, ożywionej i na poziomie życia psychicznego. Układy na tych poziomach posiadają struktury niezmiennicze. Zbudowane są one w myśl tej prawidłowości.

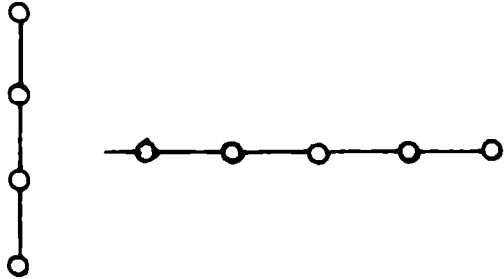
Przechodząc do świata ożywionego stwierdzamy bardzo ogólnie, że minimalizacja ilości linii pociąga za sobą optymalizację biostruktury.

Zależność tę R. Dubin nazywa prawem. W sformułowaniu autora prawo to brzmi następująco: „trwałość systemów organizacyjnych ulega zmianie w stosunku odwrotnym do ilości połączeń pomiędzy jednostkami wchodzącymi w skład organizacji”<sup>19</sup>. W świetle tego prawa najbar-

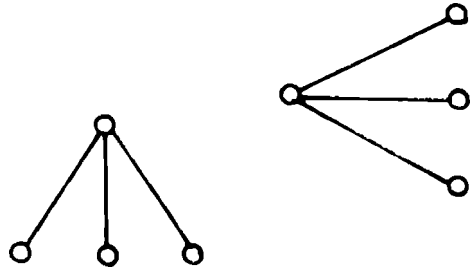
<sup>19</sup> *Trwałość organizacji...*, s. 345.



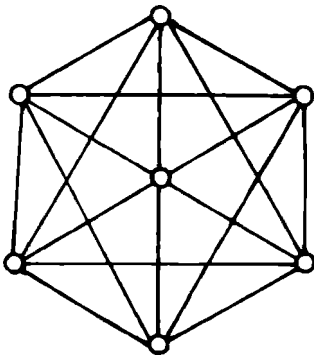
Połączenia liniowe



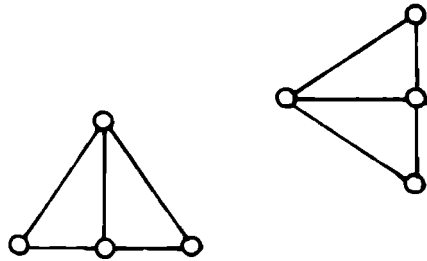
Połączenia promieniste



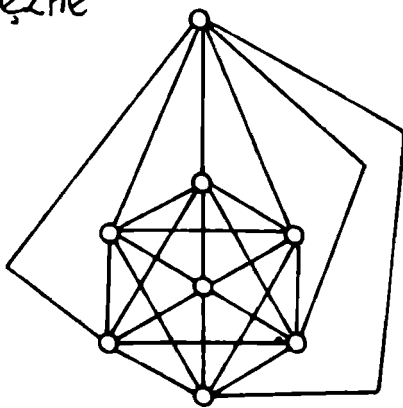
Połączenia okrężne



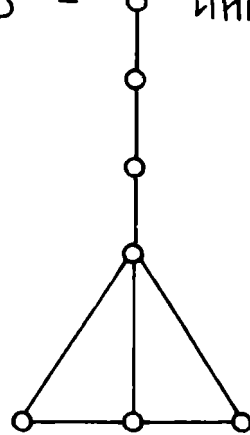
Połączenia liniowe i promieniste



Połączenia promieniste i okrężne



Połączenia liniowo - promienisto - liniowe



dziej trwałymi strukturami okazują się połączenia szeregowo, promieniste, koliste oraz ich pochodne. Do tej ostatniej grupy, jak już wiemy należą powiązania szeregowo-promieniste, promienisto-koliste i szeregowo-promienisto-szeregowo.

W świecie ożywionym najbardziej rozpowszechniona jest struktura promienista<sup>20</sup>. Tworzy ona istotny element organizacji wszystkich bio-systemów. W strukturze tej wyróżnia się jednostkę centralną oraz jednostki liniowe. Fakt ułożenia jednostek organizacyjnych w tej strukturze wyznacza ich rolę względem siebie na zasadzie specjalizacji. Zasada specjalizacji głosi, że jednostka organizacyjna, z racji sposobu połączeń swych podukładów oraz na podstawie swego położenia w sieci powiązań, pełni ściśle określoną funkcję ze względu na zachowanie całości organizacji. Jednostka centralna pełni zatem rolę kluczową. Funkcja ta polega na: kierowaniu, koordynowaniu i kontrolowaniu zbiorem wszystkich jednostek. Strukturalna lokalizacja kluczowej jednostki jest nadrzędna w stosunku do pozostałych elementów sieci organizacyjnej. Jeżeli w strukturze zachodzą relacje podrzędności i nadrzędności, to taką strukturę nazywamy organizacją hierarchiczną.

W każdej strukturze hierarchicznej z łatwością wyróżniamy jednostki szczebla centralnego (nie istnieje tu poziom nadrzędny) oraz jednostki szczebla najniższego (nie istnieje tu poziom podrzędny). Pomiedzy szczeblem najwyższym a najniższym, czyli zerowym mogą wystąpić stopnie pośrednie. Ponadto poziom najwyższy może posiadać więcej niż jedno centrum. W związku z tym obserwujemy różne typy organizacji hierarchicznej od najprostszych do najbardziej złożonych. Najprostszą siecią organizacyjną jest struktura jednocentrowa i dwuszczeblowa. Bardziej złożoną siecią połączeń jest struktura jednocentrowa i trójszczeblowa. Komplikuje się złożoność hierarchii w przypadku struktury dwucentrowej i dwuszczeblowej. Niewspółmiernie wzrasta złożoność sieci połączeń w przypadku struktury trójcentrowej i trójszczeblowej.

Każdy rodzaj hierarchii może przybierać różne formy organizacyjne w zależności od zasad konstrukcji systemu.

Najogólniej strukturę systemu można określić za pomocą następujących twierdzeń: a) każda jednostka organizacyjna wiąże się z całością struktury, b) całość organizacji ma połączenia z każdym ze swoich podukładów, c) poszczególne podukłady wchodzą w relacje między sobą, d) całość łączy się ze swoim otoczeniem, e) poszczególne jednostki struk-

<sup>20</sup> L. L. Whyte, D. Wilson, D. G. Wilson: *Hierarchical Structures*. New York 1969; J. Platt: *Hierarchical Restructuring*. General Systems Yearbook 1970, s. 49—54; T. Scibor-Rylska, *Porządek i organizacja w przyrodzie*, Warszawa 1974, s. 84—94; Tej Autorki, *Tajemnice uorganizowania żywej komórki*, Warszawa 1986, s. 63—66, 290—299.

turalne posiadają stosunki ze swoim otoczeniem i f) najbardziej podstawowe więzi biotyczne są typu zasilania i komunikacji.

W strukturze hierarchii można wyróżnić szereg zasad konstrukcji. Do tych najogólniejszych praw konstrukcji organizacji należy zasada: 1) centralizacji, 2) decentralizacji, 3) koncentracji, 4) dekoncentracji, 5) dyferencjacji i 6) integracji.

Zasada centralizacji głosi, że w strukturze hierarchicznej istnieje pełne podporządkowanie jednostek organizacyjnych, kluczowej (przegubowej) jednostce pod względem zasilania i komunikacji, dla zachowania całości organizacji hierarchicznej i jej rozwoju.

Zasada zaś decentralizacji stwierdza, że w strukturze hierarchicznej, występuje tylko ograniczone podporządkowanie jednostek organizacyjnych (lub jednostek osobniczych) najwyższej instancji, w aspekcie zasilania i komunikacji, ze względu na powodzenie całości organizacji i jej rozwoju.

Natomiast zasada koncentracji mówi, że system posiada wokół jednostki centralnej ośrodki regulacji i koordynacji ze względu na wymianę materii, energii i informacji ze swoim otoczeniem, dla zachowania całości organizacji i jej rozwoju.

Kolejna zasada — dekoncentracji — głosi, że układ posiada ośrodki regulacji i koordynacji (lub może je wywołać — zorganizować w bardzo krytycznych stanach systemu) na odpowiednich szczeblach hierarchii dla zachowania całości organizacji i jej rozwoju.

Przedostatnia z wymienionych zasad a mianowicie zasada dyferencjacji mówi, że w jednorodnej komórce organizacyjnej pojawia się niejednorodność struktur (dezintegracja pozytywna), które to struktury specjalizują się w odpowiednich funkcjach.

Wreszcie ostatnia zasada, której przysługuje nazwa „integracji” — mówi, że specjalizujące się części biotyczne scalają się w górę (w przypadku powstawania nowego szczebla hierarchii) lub w dół (w przypadku formowania się istniejących już szczebli hierarchicznych) ze względu na wzrost trwałości jednostki organizacyjnej.

Wymienione zasady organizacji hierarchicznej mogą wchodzić ze sobą w różne sprzężenia dając szereg charakterystycznych połączeń. Zestawy tych najogólniejszych praw hierarchii występują parami i dają tym samym bogatą aparaturę pojęciową do opisu bardzo złożonej i różnorodnej rzeczywistości biotycznej. A oto zestawy tych sprzężeń:

- I. Centralizacja i decentralizacja.
- II. Koncentracja i dekoncentracja.
- III. Centralizacja i koncentracja.
- IV. Decentralizacja i dekoncentracja.
- V. Centralizacja i dekoncentracja.

## VI. Dyferencjacja i integracja.

Lista układów zasad hierarchii jest otwarta. W miarę pogłębiania się analiz mogą dojść nowe uogólnienia i dać postać schematów bardziej rozwiniętych.

Schemat I i II znajduje swoje zastosowanie w teorii administracji. Należałoby się głębiej zastanowić nad odpowiedniością tych ujęć z teoriami biologicznymi (ogólnymi twierdzeniami teorii). Natomiast schematy od III do VI z całą oczywistością odpowiadają teoriom biologicznym. Odpowiedniość ta polega na tym, że pojęcia nauk biologicznych znajdują swoje interpretacje w pojęciach teorii organizacji hierarchicznej. Jest to syntaktyczna wersja odpowiedniości hierarchicznych zasad z uogólnieniami biologicznymi. Istnieje jeszcze wersja semantyczna tej odpowiedniości, która polega na tym, że podstawowe uogólnienia biologii są modelem teorii organizacji hierarchicznej. Odpowiedniość tę można sformułować w postaci następujących schematów:

I. Pojęcia teorii organizacji hierarchicznej jednostka więź hierarchiczna organizacja hierarchiczna	Pojęcia: a) entomologii, b) histologii — a) owad społeczny, b) komórka — centralizacyjna i koncentracyjna — a) społeczeństwo owadów, b) organizm wielokomórkowy
II. Pojęcia teorii organizacji hierarchicznej jednostka więź hierarchiczna organizacja hierarchiczna	Pojęcia: a) ekologii, b) anatomii roślin — a) zespół roślinny, b) rodzina, c) grupa, d) szczep, e) populacja, f) tkanka roślinna — decentralizacyjna i dekoncentracyjna — a) biocenoza, b) organizm roślinny
III. Pojęcia teorii organizacji hierarchicznej jednostka więź hierarchiczna organizacja hierarchiczna	Pojęcia: a) genetyki, enzymologii, endokrynologii, b) neurofizjologii, c) zoosocjologii kręgowców — a) kwas nukleinowy, b) białko, c) enzym, d) hormon, e) komórka, f) układ nerwowy, g) organizm — centralizacyjna i dekoncentracyjna — a) komórka, b) organizm, c) zbiór organizmów: rodzina, gromada, stado, szczep, populacja
IV. Pojęcia teorii organizacji hierarchicznej jednostka więź hierarchiczna organizacja hierarchiczna	Pojęcia: a) ontogenezy, b) filogenezy — a) organizm jednokomórkowy, b) organizm wielokomórkowy, c) populacja — dyferencjacyjna i integracyjna — a) organizm, b) populacja, c) biocenoza

Koncepcyjne schematy składają się z idei odpowiedniości pomiędzy pojęciami teorii organizacji hierarchicznej a pojęciami teorii biologicznych. Kategorie organizacji zaś odpowiadają kategoriom teorii wykresów. Teoria ta dostarcza natomiast wiele środków heurystycznych dla

poznania biologicznego. Jeśli bowiem w teorii biologicznej przyjmiemy, że organizacja hierarchiczna zawiera jednostki oraz relacje między nimi, to wówczas w ramach tej teorii możemy daną organizację traktować jako wykres i korzystać z całego dorobku teorii wykresów. Dorobek ten, jak już wiadomo, jest pokaźny; świadczą o tym pojęcia opisu konfiguracji struktur, „ogładanych od wewnątrz” organizacji biotycznych. Wystarczy choćby przywołać na pamięć wykres drzewa. Jest on typowym schematem hierarchii. Każdy niekońcowy punkt drzewa (wykres promienisty) jest punktem przegubowym, czyli centralnym. Rola jego jest kluczowa w przekazie energii i informacji na bazie przemiany materii w przyrodzie. Relacja pomiędzy jednostką centralną (komórką centralną) a jednostkami podrzędnymi jest bardzo złożona. Schematy organizacji hierarchicznej pokazują tylko te, które są najbardziej typowe dla struktur (konfiguracji) biotycznych. Opis tych więzi, w ramach teorii biologicznych, dopomoże w zrozumieniu różnorodnych i bardzo złożonych współzależności hierarchicznych układów ożywionych. Ogólny przegląd teorii opisu więzi hierarchicznych zostanie zaczerpnięty z biologii komórkowej, organizmalnej, jednostek zbiorczych i biologii rozwoju. Biologiczny opis zależności hierarchicznych będzie zarazem charakterystyką empiriologiczną schematów koncepcyjnych struktur otaczającej przyrody ożywionej.

## 2. CHARAKTERYSTYKA POJĘCIA HIERARCHII BIOTYCZNEJ

U podstaw układów ożywionych leży komórka, która jest osobnikiem (jednokomórkowce) oraz elementem składowym organizmu (wielokomórkowce). W tym przypadku, wraz z rozwojem tej jednostki życia, komórka specjalizuje się, przyjmując formę jedną spośród dwudziestu kilku typów komórek różnych specjalności. Ilość tych podstawowych jednostek u dojrzałego osobnika nie jest dokładnie znana, przypuszcza się, że jest rzędu wielkości  $10^{14}$ .

Komórka jest układem hierarchicznie uporządkowanym. Model tego uorganizowania podał G. Weber, R. L. Singhal, N. B. Stamm, M. A. Lea, E. A. Fischer<sup>21</sup> oraz T. H. Waterman<sup>22</sup>. W świetle badań tych autorów przepływ informacji dokonuje się w wielopoziomowym układzie hierar-

<sup>21</sup> *Synchronous Behaviour Pattern of Key Glycolytic Enzymes: Glucokinase, Phosphofructokinase and Pyruvate Kinase*. In *Advances in Enzyme Regulation*, Oxford 1966, s. 59—81.

<sup>22</sup> *Systems Theory and Biology — View of a Biologist*. In *Systems Theory and Biology*. New York 1968, s. 1—37.

chicznym w sposób następujący: hormony, których funkcja jest wyzwalana przez układy o sprzężeniu zwrotnym ujemnym, kontrolują homeostazę, warunkują powstawanie więzi stereotypowych, działających pionowo „w dół” hierarchii — na enzymy, powodując korekcyjne działanie homeostatyczne. Jest to faza adaptacji szybkiej. Drugi etap adaptacji długotrwałej, ma charakter wewnątrzkomórkowy i przebiega w ten sposób że DNA steruje syntezą RNA, ta zaś makromolekuła reguluje odpowiednimi enzymami. Wreszcie, makrocząsteczkowe stopnie DNA-RNA są sterowane także przez proces długotrwałej adaptacji genetycznej.

Hierarchiczna organizacja genów, enzymów i hormonów ma różną postać u prokariontów i u eukariontów. W pierwszym przypadku są to organizmy jednokomórkowe. W życiu osobniczym muszą szybko dostosować swój metabolizm do zmiennych warunków otoczenia. Pojawienie się w otoczeniu węgla, azotu lub fosforu wymaga dostosowania systemu enzymatycznego do szybkiego i maksymalnego wykorzystania tych pierwiastków. Wiąże się to z reguły z wystąpieniem syntezy określonych enzymów. Należy dodać, że bakteria rozporządza gotowymi enzymami, służą one jednak w procesie przemiany podstawowej. Mówi się o nich, że są syntetyzowane konstytutywnie. Dalej o nich mówić nie będziemy. Bardzo ciekawa jest bowiem sprawa regulacji ekspresji genów, które kodują białka produkowane przez bakterie w zależności od warunków i zapotrzebowania.

Regulacja ekspresji genów może przebiegać w fazie syntezy informacyjnego RNA (mRNA), czyli transkrypcji, lub w fazie syntezy białka na matrycy mRNA, czyli translacji.

Mechanizm tej regulacji wyjaśnili dwaj badacze francuscy: F. Jacob, J. Monod<sup>23</sup>, opisując układ regulacji genów związanych z wykorzystywaniem laktozy jako źródła węgla. Na bazie tych obserwacji opracowali teoretyczny schemat regulacji ekspresji genów, znany obecnie jako model operonu.

Podstawową ideą tego modelu jest fakt zgrupowania genów struktury w jednym regionie chromosomu. Geny te kodują enzymy, które z kolei warunkują określoną przemianę metaboliczną. Cały taki blok genów ulega wspólnej transkrypcji, która rozpoczyna się w przylegającym fizycznie do tego bloku regionie regulacyjnym. Ten blok jak i geny struktury tworzą razem operon. Region regulacyjny jest miejscem przyłączania się czynników, regulujących ekspresję całego operonu. Funkcję czynnika regulacyjnego pełni białko regulacyjne, które jest zazwyczaj kodowane przez specyficzne geny regulatory. Ekspresja tych genów przebiega niezależnie od ekspresji regulowanych przez nie operonów.

<sup>23</sup> *Genetic regulatory mechanism in the synthesis of proteins*. J. Mol. Biol., 3(1961)318.

Hierarchiczna struktura ekspresji genów u prokariotów jest stosunkowo bardzo prosta, ale zarazem na tyle już złożona, że jest warunkiem koniecznym i wystarczającym pojawienia się funkcji życiowych. Ewolucyjnym zróżnicowaniem hierarchii jest niewątpliwie regulacja ekspresji genów u eukariotów. Układy te stanowią bardzo zróżnicowaną klasę biotyczną. Obejmuje ona bowiem proste grzyby i samego człowieka. Wspólną cechą tej klasy jest obecność w komórce wyodrębnionych struktur: jądra o bardzo złożonym mechanizmie podziałowym i wyspecjalizowane organelle, jak mitochondria, chloroplasty, wakuole, lizosomy itp. Należy ciągle mieć na uwadze, że tylko stosunkowo nieliczne eukarioty są organizmami jednokomórkowymi. Nieporównywalną większość w tej grupie stanowią osobniki wielokomórkowe, których najmniejsze jednostki biotyczne są bardzo wyspecjalizowane w odpowiednich tkankach. Organizmy te rozwijają się zwykle z zygoty. Z nielicznymi wyjątkami wszystkie komórki tak powstałego organizmu zawierają tę samą informację genetyczną, ich różna budowa i zróżnicowane funkcje wskazują, że różna część tej informacji realizowana jest w różnych typach komórek. Fakt ten mówi o tym, że musi istnieć precyzyjny i trwały układ, regulujący hierarchiczną ekspresję genów w czasie rozwoju organizmu. Skomplikowanej regulacji wymaga także nieprzerwana funkcja każdego dojrzałego organizmu.

Układy regulacyjne mają za zadanie sterować metabolizmem poszczególnych komórek. Powstaje pytanie, czy u eukariotów występują operony na wzór prokariotów. Liczne badania w tym względzie nie wykazały jednak obecności tych struktur w omawianej klasie tych osobników. Natomiast stwierdzono jednostki innego rodzaju, których szczególnym przypadkiem były operony. Tych struktur opisano wiele u grzybów. U *Neurospora crassa* w warunkach głodu fosforowego następuje indukcja syntezy szeregu enzymów, zdolnych uwalniać fosforan ze związków organicznych. Występująca tu ekspresja genów, która koduje te enzymy jest sterowana wspólnym układem. System ten składa się z kilku funkcjonujących kaskadowo genów.

Dotychczasowe próby opracowania teoretycznego modelu regulacji ekspresji genów wciąż są niezadowolające. Za taki stan rzeczy winę ponosi wysoko rozwinięty układ, jakim jest komórka eukariotyczna. Mimo obiektywnych trudności podjęto próby sformułowania modelu w tym względzie. Przypadło to w udziale E. H. Davidsonowi i R. J. Brittenowi<sup>24</sup>. Główna myśl tego schematu teoretycznego jest taka, że geny sensoryczne są aktywowane przez bodźce zewnętrzne, czyli efekторы. W następstwie aktywizacji następuje transkrypcja przyległych do genów sen-

<sup>24</sup> *Organization transcription and regulation in the animal genom. The Quarterly Review of Biology, 48(1973)553—613.*

sorycznych układów genów integracyjnych, kodujących białka aktywatorowe, które łączą się specyficznie z określonymi regionami receptorowymi, przyległymi do genów struktury. Przy genach sensorycznych powtarzają się te same geny integracyjne; w następstwie tego ten sam gen struktury może być uaktywniony w wyniku wpływu różnych bodźców. Geny przyległe do genów struktury ulegają ekspresji w następstwie działania na komórkę bodźców zewnętrznych.

Model regulacji ekspresji genów tak u prokariotów jak i u eukariotów ma strukturę hierarchiczną. Należy ponadto stwierdzić: jakiego typu jest ta hierarchia? Sam fakt regulacji ekspresji genów tak u prokariotów jak i eukariotów na zasadzie modelu operonu i regulonu wskazuje, że jest to organizacja hierarchiczna scentralizowana. Należy uwzględnić dalsze uwarunkowania regulacji ekspresji genów. Otóż okazuje się, że w organizmie wielokomórkowym regulacja funkcji jego poszczególnych części domaga się systemu komunikacji międzykomórkowej, która umożliwiałaby komórkom lub ich zespołom przekazywanie wzajemnych sygnałów elektrycznych lub chemicznych. Do sygnałów chemicznych należą struktury hormonalne.

Poszczególne rodzaje komórek, w czasie ontogenezy tak się ukształtowały, że ich specyficzne receptory reagują tylko na odpowiednie hormony. Receptory hormonów białkowych i prostaglandynowych znajdują się na zewnątrz swych komórek i występują w kompleksie z cyklozą adenylową, syntetyzując cykliczne AMP (cAMP). Podłączenie hormonu wyzwała aktywację względnie inhibicję tego enzymu, warunkując tym samym stężenie cAMP w komórce. Zatem pierwotny bodziec w postaci hormonu indukuje syntezę wtórnego bodźca w formie cAMP. Molekuła ta wywiera wpływ na szereg przemian metabolicznych i na ekspresję genów.

Natomiast hormony np. sterydowe wnikają do wnętrza komórek i dzięki specyficznym receptorom wywołują odpowiednie reakcje. W najogólniejszym skrócie proces ten przebiega w następujący sposób:

Hormon wnika do komórki, tam łączy się w cytoplazmie ze swoistym receptorem. Kompleks receptor-hormon wnika do jądra i aktywuje odpowiedni gen. W cytoplazmie pojawia się mRNH, który tam ulega translacji. Ten rodzaj hormonalnej regulacji ekspresji genów szczegółowo opisali: B. W. O'Malley i W. T. Schrader<sup>25</sup>.

Hormonalny aspekt w procesie regulacji ekspresji genami dowodzi, że hierarchiczna struktura tego zjawiska ma charakter nie tylko scentralizowany, ale posiada ponadto wymiar dekoncentracji. Dzięki tej zasadzie owa hierarchia nie jest sztywna i posiada własności homeostaticzne.

<sup>25</sup> *The receptors of steroid hormones*, Scientific American, 42(1976)234.



Hierarchia struktury i funkcji substancji dziedzicznej, na odcinku regulacji ekspresji genów, posiada zatem cechy: centralizacji i dekoncentracji.

Podobny typ hierarchii występuje w przypadku fizjologii układu nerwowego<sup>26</sup>. Spotykamy tu wiele odruchów lokalnych. Ewolucja nie powierzyła korze mózgowej funkcji o ważnym znaczeniu biologicznym. Na przykład nie można siłą woli powstrzymać bicia serca lub pracy żołądka. Obserwowalne są także konwergencje w zjawisku przekazywania sygnałów od poziomów niższych do poziomów wyższych w hierarchii. Ilustruje to przykład neurofizjologii organu widzenia. Rząd wielkości na odcinku ilości receptorów wynosi przypuszczalnie  $10^8$ , natomiast rząd wielkości pod względem ilości neuronów w nerwie optycznym, przynoszącym informacje do mózgu w obrębie kory mózgowej wynosi tylko  $10^6$ . Te zjawiska przemawiają za dekoncentracją w obrębie struktury hierarchicznej. Okazuje się jednak, że system nerwowy działa centralistycznie, wysyłając impulsy ku niższym szczeblom hierarchicznym. Dzieje się to na zasadzie szeroko rozbudowanych kompetencji „alarmowych” niezbędnych dla uruchomienia, w razie potrzeby, systemów na dowolnym stopniu hierarchicznej struktury, przez nadanie poleceń do układów nerwowych i hormonalnych. Zdolność tego rodzaju jest charakterystyczna dla struktury hierarchicznej. Elastyczność funkcjonowania ma tu bardzo ważne znaczenie i jest sprawą godną uwagi fakt, że mózg np. człowieka o przybliżonej masie 2% w stosunku do całego ciała otrzymuje w stanie spoczynku około 16% całej dostawy utlenionej krwi. Rysuje się tu pewna prawidłowość, która polega na tym, że proces selekcji sprzyjał formowaniu i doskonaleniu uzdolnień do przyjmowania i przetwarzania informacji bogatej, mimo wielkich kosztów inwestycyjnych. Dobór naturalny wyrzeźbił optymalny kształt hierarchii systemu nerwowego na zasadzie faworyzowania struktury scentralizowanej i zdekoncentrowanej. Świadczy o tym filogenetyczny rozwój układu nerwowego w powiązaniu z funkcjami organizmu. A oto najważniejsze etapy tego rozwoju.

Zwierzęta jednokomórkowe nie posiadają systemu nerwowego. Bodźce środowiska zewnętrznego odbiera zewnętrzna warstwa plazmy komórkowej, zaopatrzona u niektórych gatunków w rzęski, wici lub w płamkę światłoczułą. U pierwotniaków żyjących w koloniach występuje pewne zróżnicowanie, które polega na tym, że organizmy zewnętrzne przystosowują się do odbierania bodźców środowiska.

Organizmy dwuwarstwowe — gąbki również nie mają systemu nerwowego. Komórki zewnętrzne kurczliwie reagują na bodźce i bardzo powoli je przewodzą (szybkość 1 cm/min).

<sup>26</sup> A. Kühn, *Grundriss der allgemeinen Zoologie*, Stuttgart 1969; L. Kuznicki, A. Urbanek, *Zasady nauki o ewolucji*, t. I i II, Warszawa 1967.

Najprostszy system nerwowy pojawia się u jamochłonów w postaci komórek rozproszonych po ciele, a zachowujących łączność ze sobą za pomocą wyrostków. Komórki te są równoważnościowe i tworzą jednolity splot. Struktura ta jest jednorodna, a jej jednostki organizacyjne niespolaryzowane.

Układ nerwowy skoncentrowany w kanały okrężne i zwoje brzeżne występuje u meduz. W zwojach powstają impulsy, które są przekazywane całemu splotowi nerwowemu, w wyniku czego powstają rytmiczne skurcze ciała meduzy. Występuje tu oko złożone z komórek nerwowych oraz narząd równowagi. Organizacja tego systemu ma postać elementarnej hierarchii: zróżnicowanie i koncentracja.

Układ nerwowy polipa ma strukturę rozproszoną nierównomiernie po całym ciele. Podrażnienie przebiega z szybkością od 4 do 15 cm/sek. Każdy fragment układu zawiera konieczne elementy do powstania odruchu: komórkę czuciowo-asocjacyjną, ruchową oraz mięśniową — efektor. Struktura odruchu (od tego etapu rozwoju) będzie już stałym dziedzictwem świata zwierząt. Polega ona na zróżnicowaniu jednostek organicznych, ale jeszcze bez koncentracji i centralizacji.

Układ nerwowy jamochłonów powstaje z ektodermy i tak już pozostanie aż do ssaków włącznie.

U bezkręgowców układ powstaje na drodze rozwarstwienia, natomiast u kręgowców na zasadzie zagłębienia ektodermy

Wyjście zwierząt na ląd wniosło przełom w rozwoju systemu nerwowego, który polegał na koncentracji substancji nerwowej i schowaniu jej w głąb ciała. Zwiększa się ilość komórek czuciowych, ukierunkowanych na główny odcinek układu nerwowego, to jest na mózg. Jego komórki asocjacyjne wysyłają swoje wypustki na peryferie ciała, wiążąc bezpośrednio mózg z powierzchnią ciała. Rozpoczęta budowa struktury centralizacji będzie dalej kontynuowana w procesie dalszej ewolucji z równoczesnym zachowaniem struktury dekoncentracyjnej, powstałej już na odcinku odruchu u polipów.

System nerwowy robaków płaskich i obłych, z których część prowadzi lądowy tryb życia, składa się z węzła głowowego i pni podłużnych powiązanych spoidłami poprzecznymi. Od tej biostruktury biegną odgałęzienia i w worze skórno-mięśniowym budują ponadbłonkową sieć nerwową z wypustkami do nabłonka. U form pasożytniczych (tasiemce, nicienie, przywry) następuje uproszczenie budowy systemu. W miarę rozwoju świata zwierząt następuje zjawisko różnicowania, specjalizacji i centralizacji włącznie z dekoncentracją.

U wolnożyjących pierścienic i wstęźniaków komórki są zespolone w obrączkę okołoprzelykową i łańcuszek brzuszny. Narządy zmysłowe są bardzo rozwinięte i mają swoje ośrodki w mózgu.

Nowym nabytkiem mózgu wieloszczetów są ciała grzybkowate, które pełnią funkcję asocjacji. Ośrodki te są silnie rozwinięte u aktywnych i ruchliwych pierścienic, które mają w swych ośrodkach włókna ciągnące się wzdłuż brzuszego łańcuszka nerwowego. Są to włókna ruchowe o szybkim przekazie impulsu. W zwojach tego łańcuszka znajdują się komórki ruchowe wydzielające adrenalinę. Układ krwionośny znajduje się w ten sposób pod wpływem działania impulsów nerwowych i bodźców chemicznych. Mamy tu zatem zarys budowy integracji trzech systemów, a mianowicie układu: nerwowego, chemicznego i krwionośnego.

Dalszym etapem procesu optymalizacji hierarchii układu nerwowego to postępująca centralizacja masy mózgowej kosztem pozostałej struktury. Zjawisko to obserwujemy u mięczaków, a zwłaszcza u głowonogów. Zwierzęta te mają doskonale rozwinięte oczy; u niektórych głowonogów występuje soczewka, tęczówka i rogówka. Zarysowała się struktura optymalna zmysłu wzroku (poziom kręgowców).

U stawonogów występuje dalszy wzrost centralizacji substancji mózgowej. Dalszy rozwój tej grupy zmierza w dwu kierunkach: u jednych ma charakter progresywny, u innych regresywny zależnie od typu zasiedlanego środowiska.

Początkowe stadia rozwoju mózgu pozostają pod wpływem narządu wzrokowego i narządu dotyku. Mózg owadów zawiera małą ilość komórek ruchowych, a zbudowany jest z komórek czuciowych, głównie skojarzeniowych. Wiąże się to z koordynacją wzrokowych i węchowych receptorów głowy. Funkcje nerwowe owadów osiągają najwyższy stopień rozwoju wśród bezkręgowców. Zdolności uczenia się fakultatywnego są jednak nieznaczne. Proces ewolucji struktury systemu nerwowego przebiega zależnie od zmieniających się warunków otoczenia, które warunkują rozwój zmysłów (kanały wejść zewnętrznej informacji). I tak najprostszy strunowiec — lancetnik, o funkcjach prymitywnych, ma zarazem prosty układ nerwowy w formie cewki nieodróżnicowanej, ciągnącej się wzdłuż ciała. Bodźce odbiera za pośrednictwem dwu nerwów, związanych z oczkiem Hessego i komórkami czuciowymi. Struktura nerwowa lancetnika jest bardzo prosta w stosunku do owadów ale perspektywiczna. Na przykładzie smoczkoustych i ryb daje się zauważyć, jak różnicuje się budowa układu nerwowego w związku z nadchodzącymi nowymi rolami życiowymi. W głównej części systemu nerwowego smoczkoustych wykształtuje się pięć części, przy czym najbardziej rozwinięte jest kresomózgowie, które służy do odbioru, koordynacji i przekazywania do niższych odcinków mózgowia impulsów węchowych. Na funkcje koordynacyjne mózdzku wpływają bodźce wzrokowe, statyczno-słuchowe, linii bocznej oraz nerwów czucia głębokiego w mięśniach szkieletowych. Rozpoczęty proces hierarchizacji nabiera tu bogatych kształtów w myśl pod-

stawowych zasad organizacji biotycznej, a mianowicie zasady centralizacji i dekoncentracji. Zasady te już funkcjonują i nabierają coraz bardziej wyraźnych treści w miarę ekspansji zwierząt do różnych środowisk.

Opanowywanie różnych środowisk wodnych warunkuje właśnie zróżnicowanie centralnego układu nerwowego ryb i ich narządów zmysłowych. Substancja nerwowa gromadzi się na dnie kresomózgowia (ciało prążkowane). W międzymózgowiu kształtują się płaty dolne, a śródmózgowie jest stosunkowo duże i tworzy wyraźnie zarysowane płaty wzrokowe. Wielkość mózdzku jest bardzo różna zależnie od stopnia aktywności u różnych grup ryb. Rdzeń kręgowy posiada złożoną budowę ze względu na szybkie ruchy ciała.

Częściowe wyjście na ląd płazów dało impuls do dalszego rozwoju układu nerwowego. Stało się to na drodze zróżnicowania, specjalizacji i integracji układu nerwowego. Mocno rozwinięte półkule kresomózgowia są rozdzielone. Dno komór bocznych, ściany i sklepienie zawierają substancję nerwową. Pojawia się tu sklepienie mózgu. Mózdzek jest słabo rozwinięty z racji prostych ruchów (skok). Występuje adaptacja zmysłów do życia lądowego z perspektywą ciągłego rozwoju.

Dalszy rozwój centralizacji ośrodkowego układu nerwowego pojawia się u strunowców lądowych — owodniowców (gady, ptaki, ssaki). Owodniowce to przeważnie kręgowce lądowe. Lądowe środowisko jest bardziej zróżnicowane niż wodne. W związku z tym obserwujemy pojawianie się dużego zróżnicowania struktury narządu zmysłów oraz wielką rozbudowę systemu nerwowego. Rozwój systemu nerwowego idzie tu w kierunku zróżnicowania i wzrostu półkul mózgowych oraz mózdzku. Kresomózgowie wielkością przewyższa inne części mózgu. Zarysowuje się struktura nowej kory. Kształtują się płaty ciemieniowe i wielkie płaty węchowe (gady). U ptaków płaty węchowe są bardzo małe, natomiast rozwój półkul kresomózgowia jest bardzo zaawansowany, osiągając szczyt formowania się u ssaków. W rozwoju filogenetycznym u ssaków następuje wzrost organizacji substancji nerwowej na bazie powiększania się masy. W następstwie rozrastania się substancji nerwowej sklepienia mózgu powstaje kora jako sklepienie wtórne.

Dzięki powstaniu i rozwojowi kory mózgowej, składającej się z komórek nerwowych i włókien nerwowych bezrdzeniowych, szara substancja nerwowa ssaków uplasowuje się na powierzchni substancji białej utworzonej z rdzeniowych wypustek nerwowych. W korze mózgowej znajdują się ośrodki czuciowo-wzrokowe, słuchowe, węchowe, ruchowe. Półkule kresomózgowia ssaków niższych są niewielkie i o głębokiej powierzchni. Natomiast u ssaków wyższych owe półkule są duże i bardzo pofałdowane oraz porożone licznymi bruzdami, zwiększając tym samym powierzchnię kory.

Mózdzek występuje u wszystkich kręgowców, a zasadniczą jego funkcją jest koordynacja ruchów i kontrola postawy osobnika oraz regulacja napięciami mięśni szkieletowych.

Międzymózgowie podlegało dużym zmianom strukturalno-funkcjonalnym i w rezultacie przekształciło się, z nadrzędnego ośrodka dla zmysłu węchu (niższe kręgowce), w złożony system ośrodków centralizujących wszystkie bodźce czuciowe. Układ ten łączy w podwzgórzu nadrzędne ośrodki regulujące funkcje wegetatywne (wyższe kręgowce). U kręgowców niższych (gady) w łączności z międzymózgowiem występuje narząd ciemieniowy. Organ ten u ssaków odpowiada przysyszynce, która powstaje i znika w życiu zarodkowym.

W pokrywie śródmózgowia (niższe kręgowce) kończą się włókna nerwów wzrokowych. Część tej pokrywy ukształtowała się w płaty wzrokowe, które u zwierząt niższych mają budowę zróżnicowaną pod względem histologicznym, z racji różnych funkcji. Na przykład u ptaków każdy płat składa się z 15 warstw, a to dlatego, że ich narząd wzroku jest bardzo rozwinięty. Do pokryw śródmózgowia ssaków dochodzą tylko nieliczne włókna nerwów rdzeniowych. U człowieka zaś wszystkie włókna mają swoje zakończenie w ciałkach kolankowatych bocznych w obrębie międzymózgowia.

Hierarchiczna struktura układu nerwowego osiągnęła u człowieka swój szczyt rozwoju. Polega ona na definitywnym ukształtowaniu się struktury w myśl zasad organizacji typowej dla biosystemów, a mianowicie zasady centralizacji i dekoncentracji (odruchy rdzeniowe i układ autonomiczny).

Na innych zasadach organizacji zbudowana jest hierarchia organizmów roślinnych<sup>27</sup>. Występuje tu podobnie jak u zwierząt proces różnicowania się, ale występuje on na trzech odmiennych szlakach, rozpoczynających się: 1) „od zarodka”, 2) „od wierzchołka” i 3) „od kambium”. We wszystkich tych trzech przypadkach funkcjonuje organizacyjna zasada hierarchii.

Zygota i rozwijający się w niej zarodek są początkiem szlaku rozwojowego w hierarchii organizmu rośliny jako całości „od zarodka”. Pewne komórki w rozwoju rośliny, zachowują stan zarodkowy, budując merystemy wierzchołkowe. Ze względu na kontynuację funkcji merystematycznej, mówimy o długotrwałości roślin, a w pewnym sensie o ich nieśmiertelności w przypadku rozmnażania się wegetatywnego. Wiek olbrzymich sekwoi kalifornijskich oblicza się na 2000 lat, a pobrane pędy ze starych drzew w zeszłym wieku kontynuują swój rozwój.

Pędy i korzenie mają własny wiek niezależnie od wieku rośliny, do

<sup>27</sup> Z. Hajnowicz, *Anatomia i histologia roślin naczyniowych*, t. I i II, Warszawa 1985.

której należą. W szczytowym odcinku pędu merystematyczny stan komórek jest permanentny, natomiast w miarę oddalania się od szczytowej części rośliny natrafiamy na komórki coraz bardziej zaawansowane w rozwoju. Ich rozwój jest nie tyle funkcją wieku organizmu roślinnego ile przestrzenno-czasowej relacji względem merystemu wierzchołkowego. Jest to rozwój „od wierzchołka” i on określa wiek odcinka pędu.

Ontogeneza wielu roślin rozpoczyna się od kambium. Korzenie i łodygi drzewa mają zdolność rozrastania się na grubość w ciągu całego życia osobnika. Dzięki temu, że pod powierzchnią tych organów występuje kambium odkładające dośrodkowo nowe warstwy drewna, a odśrodkowo zaś nowe warstwy łyka. Istnieje również rozwój samego kambium.

Anatomia roślin wyróżnia ponadto szlaki rozwojowe fakultatywne: przekształcanie jednej tkanki stałej w inną, np. miękiszu w sklereidy, regeneracja merystemu z komórek miękiszowych lub skórki.

Histogeneza, czyli powstawanie struktury hierarchicznej, polega na różnicowaniu się komórek. Pojęcie dyferencjacji ma dwa różne znaczenia:

- 1) przestrzenno-czasowy proces życia komórki, w następstwie którego występuje specjalizacja oraz
- 2) przestrzenno-czasowe pojawienie się niejednorodności w obrębie jednorodnego zbioru komórek.

Komórka merystematyczna (jak wiadomo niezróżnicowana) dysponuje wszystkimi organellami i strukturami, jakie odnajdujemy w komórkach zróżnicowanych. W czasie różnicowania pewne struktury (np. organelle) zaczynają dominować i ulegają uwielokrotnieniu, inne przestają się rozwijać lub zanikają.

Interesujące jest porównanie ontogenezy roślin i zwierząt. Embriogeneza zwierząt występuje w pierwszej fazie ich rozwoju. Natomiast ta faza rozwoju u roślin trwa przez całe życie i tym samym poddaje organizm pod wpływ czynników zewnętrznych w stanie subtelnej struktury. U kręgowców embriogeneza zachodzi w warunkach dużej izolacji od czynników zewnętrznych, u roślin rozwój merystemów jest wystawiony na ciągłe działanie warunków otoczenia. Roślina nie jest w stanie odizolować się od wpływu czynników zewnętrznych, ani od nich uciec; reaguje jedynie funkcją i rozwojem. Organizacja struktur roślinnych jest bardziej zdana na warunki otaczającego środowiska niż organizacja struktur zwierzęcych. Roślina kończy swój rozwój filogenetyczny na poziomie organów, zwierzę zaś, w przypadku kręgowców, na poziomie układu centralnego — podłoża świadomości przedrefleksyjnej.

Roślina jako całość jest ustrojem, w którym różne organizacyjne struktury pełnią różne funkcje. Zespół struktur pełniących te same funk-

cje nazywamy systemem funkcjonalnym, który otrzymuje nazwę od rodzaju głównej funkcji. Wyróżniamy zatem w roślinach naczyniowych następujące układy funkcjonalne: twórcze, okrywające, przewodzące, wzmacniające, fotosyntetyzujące, przewietrzające, spichrzowe, chłonne, wydzielnicze i ruchowe. Funkcjonalne układy tkanek podporządkowane są organom, takim jak: korzeń, łodyga i liść.

Rośliny i zwierzęta wchodzą ze sobą w związki populacyjne w ramach swoich gatunków<sup>28</sup>. Populacje natomiast organizują się w nadrzędne całości, zwane biocenozą. Jednostki te rządzą się zasadami wymiany: materii, energii i informacji ze swoim otoczeniem geofizycznym i chemicznym, tworząc tym samym ekosystemy. Biocenoza byłaby zatem żywą częścią ekosystemu. Ścisłej można określić ją w następującym twierdzeniu: biocenoza jest to zbiór populacji wraz z siecią scharakteryzowanych relacji między tymi jednostkami i ich właściwościami, a mianowicie takich relacji, które tworzą następujące typy struktury: 1) rozmieszczenie pionowe, 2) rozmieszczenie poziome, 3) funkcje cykliczne, 4) zależności troficzne, 5) związki reprodukcyjne, 6) więzi socjalne, 7) relacje interakcyjne, 8) zależności losowe.

Strukturalną jednostką biocenozy jest populacja. Termin „populacja” przysługuje grupie organizmów tego samego gatunku (wymiana informacji genetycznej), która zajmuje odpowiednią przestrzeń w określonym czasie trwania, przybierając przy tym charakterystyczne własności zbiorcze takie jak: 1) zagęszczenie, 2) rozrodczość, 3) śmiertelność, 4) rozkład wiekowy, 5) potencjał biotyczny, 6) rozkład przestrzenny, 7) typ krzywej wzrostu, 8) zdolność przystosowawcza, 9) genetycznie uwarunkowana rozrodczość, 10) trwałość reprodukcyjna.

Ze względu na te własności populacje budują organizację biocenozy. Organizacja ta opiera się na wielu zasadach, ale zostaną tu uwzględnione dwie najważniejsze, a mianowicie zasada samoregulacji i hierarchii. Dzięki pierwszej biocenoza jest całością, a dzięki drugiej jest układem trwałym.

Biocenoza jako całość wchodzi w różnorodne relacje ze swoim środowiskiem abiotycznym na drodze wysyłania informacji. Środowisko zaś reaguje własną informacją, która płynie do biocenozy w postaci nacisku selekcyjnego. W ten sposób powstaje zjawisko samoregulacji.

U podstaw samoregulacji biocenotycznej spoczywają prawidłowości natury biochemicznej. Do środowiska fizyko-chemicznego wydalane są liczne produkty przemiany materii roślin i zwierząt, które następnie dostają się do obcego organizmu i wywołują u niego określone reakcje fizjo-

<sup>28</sup> K. A. Kershaw, *Quantitative and dynamic plant ecology*, London 1973; A. Scamoni, *Einführung in die praktische Vegetationskunde*, Berlin 1963; R. Mac Arthur, J. Connell, *The Biology of Populations*, California 1966.

logiczne i etologiczne. Reakcje te są uwarunkowane swoistymi hormonami działającymi na odległość. Cyrkulacja substancji czynnych, o wpływie odległościowym, prowadzi do wystąpienia w ekosystemie powiązań o charakterze fizjologicznym. Z biochemicznego punktu widzenia ekosystem jest siecią przemian chemicznych i fizjologicznych, która wiąże organizmy zarówno ze sobą jak i z biotopem. Biochemiczna przemiana materii obejmuje trzy zasadnicze etapy:

- 1) tworzenie i wydzielanie substancji czynnych,
- 2) gromadzenie tych substancji w biotopie,
- 3) rozprowadzanie ich do innych organizmów.

W rezultacie tego procesu wewnętrzna struktura każdego ekosystemu jest uwarunkowana wzajemnymi oddziaływaniami za pomocą produktów metabolicznych bakterii, glonów, roślin naczyniowych i zwierząt. W ekosystemie istnieje zatem metabolizm międzyorganizmalny.

Wzajemne wpływy biochemiczne organizmów stwarzają chemiczne podstawy dla mechanizmów regulacyjnych w systemie. Termin „allelapatia”, zaczerpnięty z fizjologii roślin naczyniowych o wzajemnym wpływie tych osobników, można rozciągnąć na obszar oddziaływania wszystkich organizmów, które wpływają na siebie nawzajem przez swoje produkty przemiany materii. Allelopatię ujmuje się jako proces ekologiczny, który biocenozę wprowadza w stan jedności i stabilności.

Allelopatia zatem przyczynia się do porządkowania ekosystemu. Proces ten przebiega w ten sposób, że biochemiczne emitanty przyjmują rolę nosicieli informacji i tym samym stają się łącznikami w biochemicznym cyklu sprzężeń zwrotnych. Ten biochemiczno-ekologiczny mechanizm przekazywania informacji kształtuje się w ten sposób, że roślina lub zwierzę odbiera informację od innej rośliny lub zwierzęcia poprzez zmianę w zestawie obecnych w otoczeniu związków aktywnych. Informacja ta sprawia w organizmie określoną reakcję, której rodzaj i przebieg zależą od wielu czynników. Reakcja zwrotna jest więc uprzączynowana jakością i ilością wydalanych produktów przemian metabolicznych. Większość substancji wpływa antagonistycznie na organizmy. Fakt ten rodzi niebezpieczeństwo samounicestwienia biocenozy. Okazuje się jednak, że ekosystem dysponuje mechanizmem zwrotnym ujemnym, który funkcjonuje w ten sposób, że mikroflora gleby rozkłada bardzo wiele kolin i zapobiega tą drogą ogólnemu zatruciu żywej części ekosystemu.

Typ środowiska biochemicznego warunkuje skład gatunków w biotopie i stopień ich dominacji. Wysoka produkcja szeregu kolin wpływa na produkującą je populację jako czynnik hamujący. Większość populacji dominujących cechuje słaba, ale stabilna produkcja substancji trujących. Zasięg wpływów tych substancji przekracza niejednokrotnie granice jednego biotopu. Lądowe rośliny wydalają do atmosfery rocznie



$1,75 \cdot 10^8$  t lotnych substancji, które ulegają kondensacji o charakterze bitumicznym. Część tych substancji ulega rozkładowi na drodze fotochemicznej (energia błyskawic i trąb powietrznych), część zaś powraca na ziemię wraz ze śniegiem lub deszczem.

Biocenoza jako całość posiada swoją trwałość. Zawdzięcza ją strukturze hierarchicznej<sup>29</sup>. Ten typ organizacji występuje w różnych typach struktury biocenozy. Najbardziej jednak uniwersalny jest typ troficzny.

Substancja organiczna powstaje na drodze fotosyntezy. Strumień energii słonecznej dostaje się w orbitę kosmicznej funkcji roślin. Fitosfera ziemi wiąże się z fotosferą słońca. Powstające w komórkach roślinnych cząsteczki organiczne są rozmieszczone na powierzchni ziemi w sposób nierównomierny, w postaci pięter. Piętra te mają charakter pokarmowy. Łączą one organizmy różnych stanowisk, które używają tego samego źródła energii i związane są z określonym łańcuchem obiegu produktów metabolicznych. W ekologii wyróżnia się trzy zasadnicze piętra pokarmowe: 1) producenci, 2) konsumenci, 3) reducenty.

Producenci składają się z roślin niższych i wyższych. Wytwarzają oni, ze związków nieorganicznych i z energii słonecznej, substancje pokarmowe. W ten sposób powstaje pierwotna materia żywa. Do producentów zaliczamy również bakterie autotroficzne (chemosynteza).

Konsumenci rekrutują się z tych organizmów, które nie wytwarzają materii pierwotnej, lecz odżywiają się gotową substancją organiczną. Przemieniona na tym piętrze substancja roślinna nazywa się wtórną materią żywą. Konsumentów następnie dzielimy na trzy grupy: a) fitofagi (roślinożercy), b) zoofagi (zwierzęcożercy), c) zoofagi szczytowi (nie zjadane przez inne zoofagi).

Reducenci tworzą klasę takich organizmów, które przekształcają substancje organiczne w nieorganiczne (bakterie i grzyby). Poszczególne poziomy troficzne są ze sobą ściśle powiązane, tworząc zorganizowaną całość opartą na krążeniu materii w ekosystemie. Obieg ten obrazują następujące twierdzenia<sup>30</sup>:

1) Przyływ rozpuszczalnych związków nieorganicznych w wodzie do komórek roślinnych.

2) Dopływ substancji organicznych z innych ekosystemów (grzyby, bakterie, mikroskopijne stawonogi, martwe części roślinne).

3) Produkcja pierwotna.

4) Rozdział materii organicznej w zbiorowiskach i na piętrach.

<sup>29</sup> J. H. Milsum, *Podstawa hierarchiczna dla systemów ogólnych żywych*, w: *Ogólna teoria systemów*, pod red. G. J. Klira, tłum. Cz. Berman, Warszawa 1976, s. 143—186.

<sup>30</sup> E. P. Odum, *Podstawy ekologii*, tłum. pod red. Wł. Matuszkiewicza i in., Warszawa 1982, s. 175—198.

5) Magazynowanie materii organicznej w organizmach i jej sedymentacja w biotopie.

6) Rozkład materii organicznej przez destruenty.

7) Odpływ substancji nieorganicznej do innego ekosystemu (wypłukiwanie przez wodę gruntową).

8) Wynoszenie substancji organicznej do innych ekosystemów (wiewanie przez wiatr pyłków kwiatowych, odlot ptaków wędrownych, działania antropogenne).

Podstawowymi fazami krążenia materii w ekosystemie jest pierwotna produkcja i rozkład związków organicznych. Najprostszy obieg materii w ekosystemie tworzą: producenci i destruenty. Świat ożywiony bez konsumentów jest teoretycznie możliwy. Przypuszcza się, że pierwotne biocenozy składały się z producentów i destruentów.

Hierarchiczna organizacja biocenozy wykazuje specyficzną właściwość niespotykaną w dotychczasowych strukturach organizmalnych i w ustrojach państwowych owadów. Nie występuje tu bowiem zjawisko podporządkowywania się jednostek organizacyjnych całości. Nadrzędne struktury nie modyfikują podrzędnych systemów dla powodzenia całości. Wszystkie jednostki zachowują swój własny skład genetyczny, typowy dla swego gatunku. Poziomy troficzne nie wykazują najmniejszej tendencji podporządkowywania się szczytowym zoofagom. Zachowują z „egoistyczną” siłą swój własny poziom troficzny w ramach swojej populacji w obrębie różnych typów struktur biocenotycznych. Krążenie materii w biocenozie odbywa się co prawda na zasadzie całości organizacyjnej ale jest to organizacja zbudowana na podstawie „egoistycznych interesów” poszczególnych populacji różnych gatunków. Jeśli istnieje ewolucja od drapieżnictwa do mutualizmu to zawsze w myśl zasady korzyści populacyjnej. Podobnie istnieje ewolucyjna tendencja w kierunku altruizmu u kręgowców, ale i ta własność ma charakter „egoizmu populacyjnego” dla zachowania gatunku<sup>31</sup>.

Hierarchiczna organizacja biocenozy posiada jeszcze inną własność, a mianowicie taką, że składa się z elementów gotowych. Genetycznie uwarunkowane populacje wchodzi do gmachu budowy biocenozy na zasadzie elementów wykończonych. W układach organizmalnych jednostki organizacyjne powstają i specjalizują się wraz z powstawaniem biosystemu. Podobnie jest w ustrojach państw owadów. Tu natomiast układ ożywiony powstaje na zasadzie zestawu naturalnych jednostek w oparciu o zasadę życiowej ekspansji poszczególnych populacji. Przestrzeń życiowa zespołu jest terenem zdobywania pokarmu. Pobieranie substancji pokarmowych prowadzi równocześnie do rozrodu. Każda populacja w biocenozie dba o własny rozwój. Pojawia się z reguły więcej potomstwa ani-

<sup>31</sup> Tamże, s. 201—279.

zeli to jest konieczne do utrzymania gęstości zasiedlenia. W ten sposób każda roślina i każde zwierzę wywiera swój nacisk selekcyjny. Jest on właśnie podyktowany silną tendencją utrzymania własnego istnienia, własnego wzrostu i własnego rozrodu, czyli „egoizmu” indywidualnego, rodzinnego lub grupowego. Biocenoza organizuje się i żyje dzięki równowadze sił i uzupełnieniu wymagań i funkcji życiowych poszczególnych populacji. Każda populacja posiada zatem swoje silne biotyczne „atuty”, dzięki którym żyje sama oraz swoje słabe aspekty — dzięki którym żyją inne jednostki zbiorcze w biocenozie.

Specyfika struktury biocenozy wykazuje, że organizacja tego układu ma cechy decentralizacji i dekoncentracji. Jest tak dlatego, że zoofagi szczytowe nie polują na swoje ofiary trawożerne w celu sterowania zmiennymi swoich ofiar. Zjadają bowiem zoofagi pierwszego rzędu z racji pozycji genetycznej i ekologicznej w ekosystemie. Ponadto każdy poziom troficzny wykazuje sobie właściwą autonomię, na którą składają się populacje o charakterystycznych pulach genowych i fenotypowych sposobach zachowania się. Dekoncentracja ma zatem stałą strukturę genetyczną, faworyzowaną przez dobór naturalny na danym poziomie troficznym.

Składnikami biocenozy są ponadto struktury organizacyjne o właściwościach odmiennych w stosunku do rozpatrywanych w obrębie roślin lub zwierząt. Specyficzność ich organizacji polega na pewnych analogiach w stosunku do hierarchii komórek w organizmie. Tymi organizacjami są państwa owadów. Nazwę „państwo” przyznano owadom z racji skomplikowanej organizacji, podobnej do organizacji społeczności ludzkiej. Entomolodzy<sup>32</sup> przypisują społecznym owadom następujące cechy:

a) osobniki jednego gatunku współpracują opiekuńczo nad potomstwem,

b) występuje reproduktywny podział pracy (osobniki mniej lub bardziej sterylne pracują na osobniki płodne),

c) współpracują co najmniej dwa pokolenia zdolne do pracy na rzecz rodzinnego szczepu.

Integracja społecznego behawioru ma swoje określone stopnie, takie jak: podspołeczne, gromadne, niemal społeczne, półspołeczne i właściwie społeczne.

Generalnie rzecz biorąc społeczność owadów ma swoją charakterystyczną strukturę. W uchwytny sposób rozwinęła się ona u termitów spokrewnionych z karaluchami (Blattoidea). Spośród owadów tylko u nich jest uprawnienie płci. W komorze królewskiej rezyduje królowa i król, który jednak nie dorównuje swej małżonce pod względem wielkości ciała. Również osobniki obu płci tworzą kasty zawodowe i kastę wojskową.

<sup>32</sup> E. O. Wilson, *Społeczeństwa owadów*, tłum. D. H. Tymowska, Warszawa 1979, s. 13—16.

Podczas gdy w państwach owadzych wiek produkcyjny rozpoczyna się dopiero u form doskonałych, to u termitów już w okresie młodocianym.

Wszystkie inne taksonomiczne jednostki tworzą wyspecjalizowane organizacje państwowe. Objęte są nimi: osy, trzmiele, pszczoły, mrówki. Jednostki te są owadami wyższymi, należącymi do błonkówek (Hymenoptera) i do podrzędu żądłówek (Aculeata), z przodującą w państwie płcią żeńską, z bezbronnymi larwami, które są karmione do stadium poczwarki.

Z gatunkami społecznymi spokrewnione są formy żyjące pojedynczo (bezipaństwowe). Fakt ten wskazuje na to, że w takiej grupie przeszedł wielokrotnie i niezależnie od siebie rozwój w kierunku struktur społecznych.

Pojedynczo żyjący krewniacy błonkówek społecznych zaopatrują złożone jaja w pokarm zapasowy. Jeśli te zabiegi kończą się wraz ze złożeniem jaj, nie ma warunków do uformowania społeczności. Jeżeli jednak matka pełni dalsze swe funkcje w gnieździe, wówczas zachodzą warunki powstania organizacji społecznej. Pojawiają się one wszędzie tam, gdzie matka buduje komórki jedna nad drugimi i obok siebie, zaopatruje je w prowiant i składa w nie jaja. Zabieg ten wymaga dłuższego czasu, tak że pierwsza seria jaj może się w pełni rozwinąć, zanim rodzicielka ukończy następną serię budowy komórek i składania jaj. W czasie pracy matki z córkami powstaje rodzinne państwo owadów, typu szczepowego. Ten poziom organizacji osiągają, np. pszczoły z gatunku *Halictus malachurus*. Córki tego gatunku budują w gnieździe matki komórki i zaopatrują w pokarm dla jaj, składanych przez rodzicielkę szczepowego państwa. Natomiast u południowoafrykańskich gatunków z rodzaju *Allodape* córki rozszerzają opiekę na potomstwo (karmią wspólnie larwy).

Struktura owadzych szczepów różni się od wyższych kręgowców, u których co prawda pojawiła się opieka nad potomstwem z córkami, ale wraz z innymi członkami grupy. Ponadto córki szczepów owadzych jako robotnice są bezpłodne. Przypadkowo złożone jaja córek są niezapłodnione i mogą z nich się rozwinąć jedynie trutnie. Formacja takiego państwa trwa krótko, tylko jedno lato. Pod jesień larwy przepoczwarczają się w rozwinięte w pełni płodne samice i trutnie. Samice rozpraszają się i zakładają w odpowiedniej porze roku identyczne państwo szczepowe. Następnym etapem rozwoju więzi społecznej jest trwała rodzina, której formacja może przetrwać dziesiątki lat (osy tropikalne, pszczoły miodne, mrówki, termyty i bezżądłowe *Meliponinae*).

O trwałości państwa owadów decyduje, jak w całym świecie ożywionym struktura hierarchiczna. Powstaje ona na różnych zasadach. U form prymitywnych pojawia się hierarchia na podstawie konkurencji i rywalizacji. Natomiast w społecznościach bardziej zaawansowanych społecz-

nie występuje ona w oparciu o subtelne środki kontroli (bez jawnej agresji).

Brutalna forma utrzymywania się organizacji hierarchicznej u *Bambus lapidarius* polega na tym, że jaja rywalizujących ze sobą robotnic są przeznaczone na karmienie larw królowej. Podobny typ sprawowania kontroli występuje u *Polistes gallicus*; dwie lub więcej samic na wiosnę zakładają razem gniazdo, jedna składa jaja, natomiast pozostałe przyjmują funkcję robotnic. Sprawująca władzę królowa w większym stopniu niż partnerki zjada jaja samic. Jest to dominacja reprodukcyjna. Badania Morimoto wykazały, że u *Polistes* występują zależności hierarchiczne bardziej złożone. Polegają one na liniowym układzie rang, gdzie królowa składa jaja, a pozostałe stowarzyszone samice (formy pomocnicze) tworzą szereg stopniowany pod względem nasilenia w składaniu jaj, zbieraniu pokarmu i budowaniu plastrów. Osobniki te zdobywają i utrzymują swoją pozycję za pomocą serii często powtarzanych i agresywnych potyczek. W koloniach *Polistes* hierarchia utrzymywana jest trzema sposobami:

- a) w czasie braku pożywienia dominujące samice żądają go w największej ilości,
- b) składają one najwięcej jaj w nowo zbudowanych komórkach dla potomstwa,
- c) usuwają i zjadają jaja osobników podporządkowanych a opustoszałe komory przeznaczają na własne jaja.

Spółeczna pozycja samic determinuje ich anatomię. Kiedy bowiem samica spada w hierarchii społecznej, pojawia się u niej zjawisko zmniejszania się rozmiaru jajników. Wiąże się to z mniejszą dawką pokarmową i zwiększoną ilością pracy. Jest to zatem „kastrowanie odżywcze” i „kastrowanie przez pracę”.

U wyższych owadów społecznych hierarchia otrzymuje formę łagodnego despotyzmu. Pod wpływem ciągłych i nieagresywnych sygnałów królowej, kasta robotnic opiekuje się potomstwem (rodzeństwem). Biochemiczna analiza wykazała, że ten rodzaj kontroli królowa sprawuje za pomocą jednego lub kilku feromonów. Są to substancje pochodzenia gruczołowego, służące do porozumiewania się w obrębie danego gatunku. Znanym przykładem w tym względzie jest sprawowana kontrola przez królową u *Apis mellifera*. Jeżeli w państwie pszczół miodnych zostanie usunięta królowa matka, robotnice reagują już po 30 minutach przechodząc ze stanu zorganizowanej aktywności do dezorganizowanego niepokoju behawioralnego. Po upływie kilku godzin robotnice zmieniają jedną lub więcej komórek, przeznaczonych dla pokolenia robotnic na dodatkowe mateczniki królewskie. Po upływie kilku dni u niektórych robotnic powiększa się rozmiar jajników. Fakt ten jest następstwem braku

fermonu hamującego, stale wytwarzanego przez królową. Ponadto obecność królowej zmniejsza ilość larw kasty królewskiej a zwiększa ilość larw kasty robotniczej. Tę formę hamowania stwierdzono u gatunków: *Myrmica*, *Plagiolepis* i *Formica*. Obecność królowej u *Formica* tłumi również wszelkie kojarzenia się dziewiczych osobników królewskich i robotniczych w pobliżu gniazda.

W czasie nieobecności królowej w ulu w okresie wypędzania trutni (rzeź trutni) pszczoły wstrzymują swą akcję i podejmują pielęgnację tych osobników (utrzymanie ciągłości rodowej). Po wprowadzeniu królowej do ula po trzech dniach robotnice ponownie atakują trutni.

Te i tym podobne obserwacje wykazują, że systemy społeczne owadów polegają na totalitarnym podporządkowaniu się osobników biotycznym interesom państwa. Indywidualny osobnik nie ma własnego mieszkania, żadnej własności prywatnej, żadnej możliwości autonomicznego zachowania się. Każdy osobnik w pojedynkę jest kółeczkiem w maszynie społecznej i altruizm jest tu behawiorem, prowadzącym do samounieszczenia ze względu na dobro społeczne. Podobny altruizm istnieje u poszczególnych kolonii jako zorganizowanych całościach oraz u królowych reprezentujących te całości. Jest to ważny przyczynek teoretyczny do zrozumienia organizacji całych populacji kolonii.

Pozostało do omówienia bardzo wiele prawidłowości organizacyjnych w społecznościach owadów, ale ze zrozumiałych względów objętościowych muszą być pominięte. Te uwzględnione mówią wystarczająco wyraźnie o podstawowych zasadach organizacji hierarchicznej u tych zwierząt. Zwierzęta te bowiem rządzą się hierarchią opartą o zasadę centralizacji i tylko potencjalnej dekoncentracji. Struktura centralizacyjna jest zarysowana przez pozycję i rolę królowej. Natomiast struktura dekoncentracji jawi się we wszystkich tych przypadkach, w których robotnice są w stanie podjąć się roli nadrzędnej na wypadek zagrożenia całości maszyny społecznej z braku królowej. Prawidłowości struktury hierarchicznej owadów mają swoje analogie w stosunku do organizacji kręgowców. Podobieństwa te leżą w polu zainteresowań socjobiologii. Stwierdza się tu pewne podobieństwo w tendencji budowy życia społecznego, mimo wzajemnej wielkiej odległości ewolucyjnej. W jednym i w drugim przypadku funkcjonuje zasada hierarchii oparta na centralizacji wymiany materii, energii oraz informacji. Natomiast dekoncentracja hierarchii w przypadku kręgowców ma charakter strukturalny i funkcjonalny, a u owadów ma tylko własności potencjalne. Faktycznie występuje tu koncentracja wymiany materii, energii i informacji. Podobnie jak jest w państwie komórek czyli w histologicznej strukturze organizmu. Potencjalna dekoncentracja hierarchii w państwie komórek prowadzi do nowotworów.

Natomiast dekoncentracja społecznej hierarchii kręgowców jest daleko posunięta. Każde dojrzałe zwierzę zna każdego innego osobnika w grupie i pozostaje z nim w jakiejś określonej zależności. Istnieje tu pewien podział pracy; specjalizacja w obronie, przewodzeniu i żerowaniu. Jednakże podział ten nie opiera się na morfologicznych kastach i na niedorozwiniętych płciowo osobnikach. U owadów struktura koncentracji jest mocno ugruntowana. Osobniki struktury hierarchicznej rozpoznają się w bardzo małym zakresie. Indywidualne relacje prawie nie odgrywają większej roli, albo zupełnie nie istnieją. Zamiast indywidualnego wabienia, na wzór śpiewających ptaków, na wzór zapachowych znaków u ssaków, członkowie kolonii owadów posługują się jednolitymi sygnałami w obrębie całego gatunku. Jedynym wyjątkiem jest tu indywidualny zapach kolonii (zapach materiału gniazda i pożywienia).

Jednak społeczeństwo owadów, jako jednostka organizacyjna, dorównuje, a nawet przewyższa społeczeństwa kręgowców (z wyjątkiem człowieka). Wystarczy tylko odnotować takie formy zachowania się społecznego jak: koczownicza zmiana obszaru żerowania, rolnictwo mrówek i termitów, hodowla bydła u mrówek, gromadzenie zapasów żywności, grupy złodziei i gości u mrówek, grupy właścicieli niewolników w państwie mrówek i gospodarka wewnętrzna.

W państwie owadów daleko posunięta koncentracja jest następstwem daleko posuniętej specjalizacji kast społecznych w hierarchicznej strukturze reprodukcji.

Kręgowce wybrały inną drogę rozwoju procesu reprodukcji. Jawiąca się tu struktura hierarchiczna na zasadzie dekoncentracji wymiany materii, energii i informacji w cyklu reprodukcyjnym zwiększyła autonomię jednostki kosztem wydajności społeczeństwa.

Dylemat stojący przed ludzkością sprowadza się do następującego pytania: czy ludzkość ze swym wzrostem populacyjnym i technicznym ma przyjąć dla swego rozwoju model altruizmu samounicestwienia się jednostek w państwie owadów; czy model autonomii osobniczej w społeczeństwie kręgowców?

## ZAKOŃCZENIE

Analiza teorii biologicznych, w świetle teorii organizacji w aspekcie teorii wykresów, odsłania nowy punkt widzenia zjawisk biotycznych. Wnosi on bardzo szeroką perspektywę teoretycznych rozważań i epistemologiczno-metodologicznych ujęć.

Z racji tej różnorodności i wielości zagadnień nie obyło się bez skrót-

tów i pominięć. Szereg pojęć, wprowadzonych do tych rozważań, w dalszym ciągu domaga się pogłębionych analiz, ale wypadnie to już uczynić w bardziej poszerzonym opracowaniu.

Stosunkowo obszerne potraktowanie materiału biologicznego miało zapewnić szeroką bazę interpretacyjną teorii organizacji hierarchii oraz uczynić zadość względem dydaktycznym.

Wyróżnione rodzaje zasad hierarchii są bardzo doniosłe z punktu widzenia teoretycznego. Mogą one wejść w zakres budowy teorii biosystemów. Zasady te pozwalają wierniej opisać i wyjaśnić organizm oraz zrozumieć świat istot roślinnych i zwierzęcych w ich jednostkach zbiorczych na zasadzie analogii biointrospekcyjnej, opartej na organizacyjnych zasadach, wspólnych ze światem ludzkich jednostek.

Podjęcie próby sformułowania zasady analogii biointrospekcyjnej, wniosłoby wiele ciekawych punktów widzenia do myśli teoretycznej w biologii w aspekcie humanistycznym. Aspekt ten jest o tyle słuszny, że człowiek jest jednostką wiążącą biosferę z noosferą. Jest on bowiem jednostką organizmalną i zarazem osobą. Z racji sfery biotycznej jest on przedmiotem ewolucji. Natomiast z racji sfery swego życia osobowego jest on podmiotem historii natury i kultury.

## STRESZCZENIE

Teoria organizacji jest uniwersalną dziedziną ludzkiego poznania. Pełni ona doniosłą rolę w zakresie syntezy nauk szczegółowych. Próby stosowania tej teorii w biologii organizmalnej zainicjowały powstanie i rozwój ogólnej teorii systemów.

Na pojęcia organizacji w aspekcie teorii wykresów zostały interpretacyjnie nałożone formuły zasad organizacji hierarchii biotycznej. Charakterystyka tych zasad została podjęta na kanwie analiz teorii biologicznych. A oto wykaz tych zasad: 1) centralizacja i koncentracja, 2) decentralizacja i dekoncentracja, 3) centralizacja i dekoncentracja, 4) dyferencjacja i integracja progresywna. Analiza wykazała, że najbardziej uniwersalną zasadą jest centralizacja i dekoncentracja.