

3. Podstawowe byty i idee teorii systemów - systemy, holony, ich własności -

*Selfreferencja to informacja o informacji, prawo o prawach, wiedza o wiedzy,
to świadectwo wyższego szczebla samo organizacji i rozumienia,
a na końcu życia i świadomości.*

NN

- 3.1 Wstęp
- 3.2 Definicje systemu
- 3.3 Hierarchia systemowa świata
- 3.4 Własności strukturalne i dynamiczne systemów
- 3.5 Własności ewolucyjne systemów
- 3.6 Ogólne koncepcje systemowe
- 3.7 Podsumowanie
- 3.8 Problemy

3.1 Wstęp

Systemy są tak powszechne jak wszechświat w którym żyjemy. Na jednym końcu są one tak ogromne jak sam wszechświat, zaś na drugim są one tak małe jak pojedynczy atom, cząstka, itd. Zawsze jedno, mniejsze, są elementami składowymi większych, metasytemów i dlatego A. Koestler ukuł nazwę **holon**¹, o czym jeszcze będziemy mówili. Zjawiły się one w pierw w formie naturalnej, lecz wraz z pojawieniem się człowieka zaczęły się pojawiać inne systemy; na początku proste a potem coraz bardziej złożone systemy sztuczne, techniczne – **man made systems** (*ang*). Ale dopiero niedawno zdaliśmy sobie sprawę ze wspólnoty struktur, charakterystyk i procesów zachodzących w systemach, zarówno naturalnych jak i sztucznych. Tę **holistyczną jedność** widać dopiero na wysokim poziomie abstrakcji wiedzy szczegółowej i powyżej pewnego poziomu złożoności systemów technicznych. Stąd też dopiero ostatnio zaczynamy dostrzegać potrzebę uprawiania **OTS** i widzimy możliwości jej zastosowań w postaci np. inżynierii systemów, analizy systemów, syntezy systemowej, itd.

3.2 Definicje systemu

Jak już powiedzieliśmy w rozdziale pierwszym i drugim w różnej werbalizacji,

system to byt² (B) przejawiający swe istnienie przez synergiczne współdziałanie elementów (E)
[Bellinger02].

Nie jest to jedyna definicja, ale jedna z najlepszych i najkrótszych, ale jak za chwilę zobaczymy niekompletna, bo brakuje jej strony analitycznej. Podajmy zatem obecnie definicję matematyczną; więc **system** – S zdefiniujemy jako **zbiór** (zespół, kompleks) **współdziałających** (R) ze sobą **elementów** – E , stanowiący **celowo** zorientowaną jedną **całość**.

$$S = B(E, A, R), \quad E = [E_1, \dots, E_n], \quad A = [A_1, \dots, A_m], \quad R = [R_1, \dots, R_r], \quad (4.1)$$

gdzie E to zbiór elementów systemu, A – zbiór atrybutów (właściwości), R - zbiór relacji między elementami i atrybutami.

Interpretując to w kategoriach ogólnych można powiedzieć, że system może składać się z; $n > 1$ elementów – E , które mogą mieć $m \geq n$ atrybutów – A , uczestniczących w $r \geq n-1$ relacjach – R , (równość dla układu szeregowego), [Patzak82,s23].

Jak widać jest to definicja **komplementarna** do słownej, ale na pewno nie wyczerpująca całości różnych możliwości opisu, jak to się przekonamy w rozdziale następnym. Wystarczają one jednak do rozumienia stwierdzeń ogólnych koncepcji systemowych o wysokim stopniu abstrakcji, które da się

¹ **Holon** to system mogący funkcjonować samodzielnie a jednocześnie synergicznie współdziałać w ramach większej całości.

² **Byt** jest to istniejąca całość, niekoniecznie czasoprzestrzenna, często w świecie idei, symboli.

sformułować na podstawie obecnego stanu teorii i inżynierii systemów i obu tych definicji. Żeby jednak sobie uzmysłowić jak szerokiego kontekstu będą dotyczyły stwierdzenia, musimy uprzytomnić sobie że elementy systemów i same systemy mogą być;

materialne, energetyczne, symboliczne, informatyczne, ożywione, świadome, samoświadome, i to w dowolnej ich konfiguracji typów i elementów. Nasze stwierdzenia ogólne będą więc dotyczyły szerokiej klasy **bytów i obiektów**³, od atomu wodoru do wszechświata jako całości, który zawiera; materię, budowle, maszyny, oprogramowanie, ekosferę, ludzi, ich postawy, systemy idei, itp.

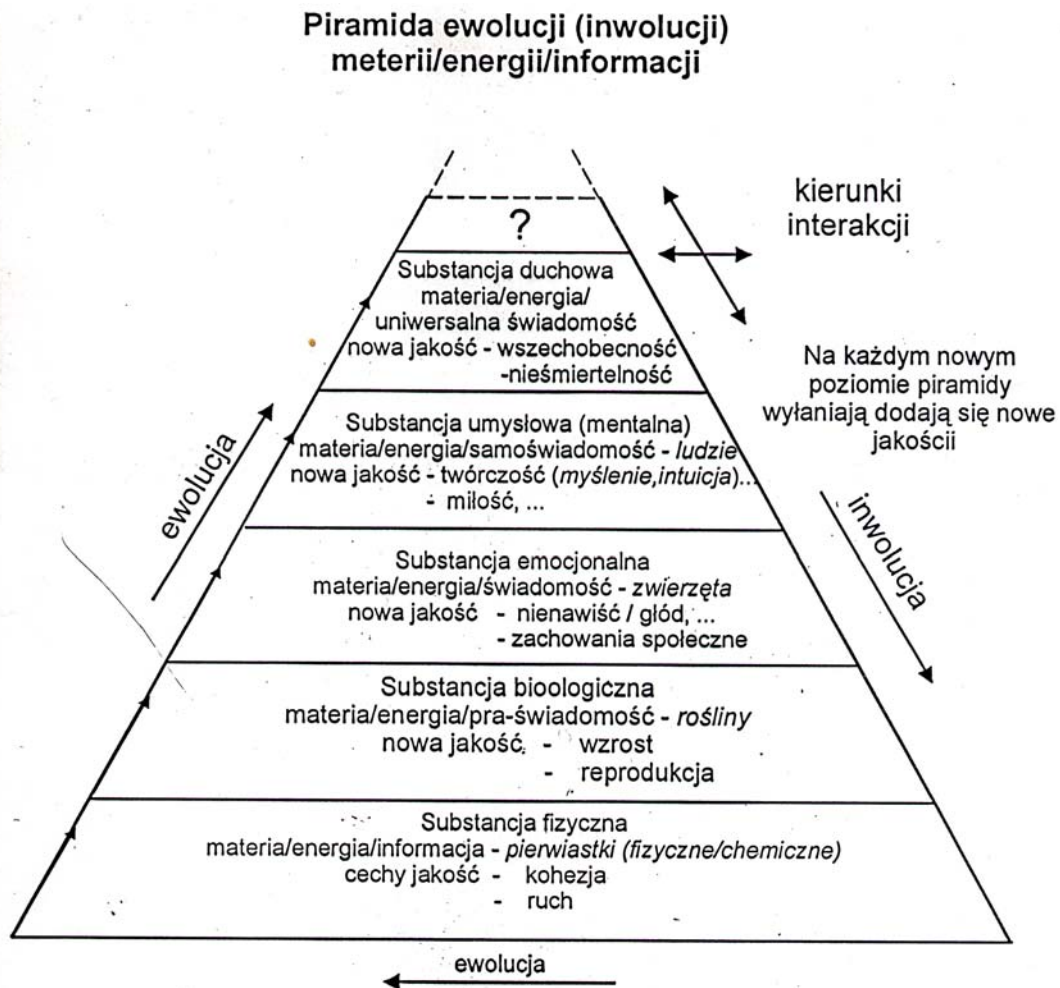
3.3 Hierarchia systemowa świata

Powyższa definicja systemu odnosi się do całej obserwowalnej rzeczywistości, zarówno na poziomie fizycznym jak i abstrakcyjnym i symbolicznym. Łatwo się stąd domyśleć, że w zależności od poziomu definicji systemu jego szczegółowa ekspresja i artykulacja jako bytu (*również definicyjna*), artykulacja jego elementów i atrybutów może być czasami bardzo różna. Według jednego z twórców OTS Building'a (wg. [Blanchard90]) należy wyróżnić co najmniej dziewięć hierarchicznych **poziomów istnienia** systemów, z których każdy następnym **wyłania** nowe właściwości, a oto one.

1. Poziom „**struktur statycznych**” dominujących w geografii i anatomii wszechświata, gdzie dominują właściwości takie jak *ruch i kohezja*.
2. Poziom prostych systemów dynamicznych typu „**zegar**” zawierający w sobie istotną część fizyki, chemii i techniki (maszyny, urządzenia), gdzie własności materialne determinuje *struktura i proces*.
3. Poziom tzw. Systemów „**cybernetycznych**” typu homeostat bazujących na odbiorze, *transmisji i interpretacji informacji*.
4. Poziom „**komórki**”, systemu samo utrzymującego się – otwartego, gdzie **życie** zaczyna się manifestować.
5. Poziom „**rośliny**”, ze strukturą genetyczno – społeczną tworzący świat flory, z główną cechą *wzrostu i samo odtwarzalnością*.
6. Poziom „**zwierzęcia**”, ujmujący ruchliwość, *celowe dążenia, popędy i świadomość*.
7. Poziom „**człowieka**”, charakterystyczny *samoświadomością* i zdolnością wytwarzania, przyjmowania i interpretacji **symboli**.
8. Poziom „**organizacji społecznej**”, gdzie liczą się zawartość i znaczenie przekazu, *system wartości*, utrwalanie obrazów w przekazach historycznych, sztuka, muzyka, poezja i *złożone emocje* ludzkie.
9. Poziom „**niewiadomego**”, gdzie struktury i relacje mogą być **postulowane** lecz odpowiedzi nie są jeszcze obiektywnie znane.

Inny jeszcze bardziej ogólny podział otaczającej nas rzeczywistości przedstawia Rys.3.1 w postaci piramidy ewolucji substancji [Cempel98] . W tym ujęciu **substancja** to zorganizowany agregat *materii, energii i świadomości*, a rozmiar jej ewolucji sięga od pierwotnej energii i świadomości przestrzeni kosmicznej, aż do substancji duchowej.

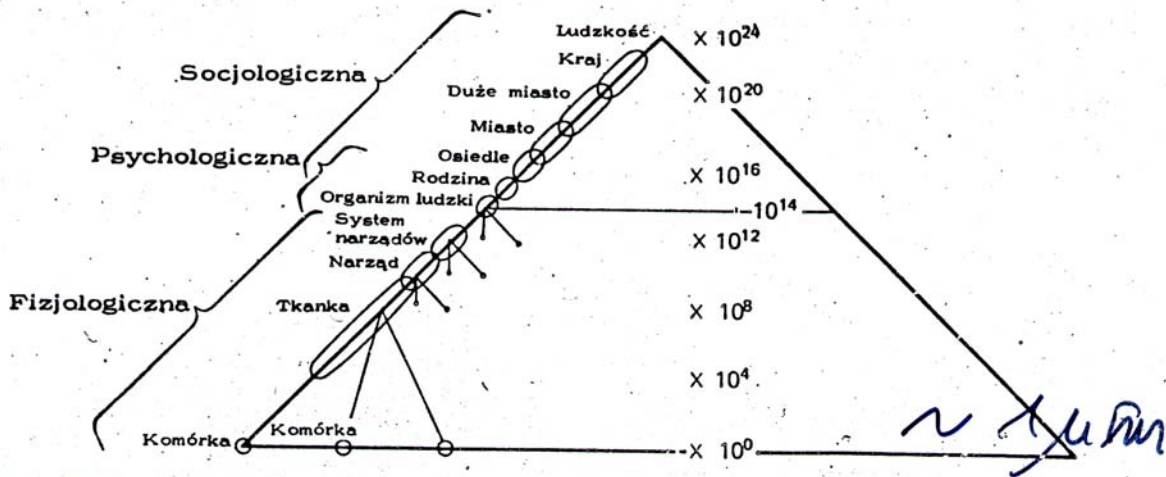
³ Przez **obiekt** będziemy rozumieli tu fizyczna ekspresję systemu.



Zasada - Substancja danego poziomu może współdziałać najefektywniej na tym poziomie i w jego sąsiedztwie

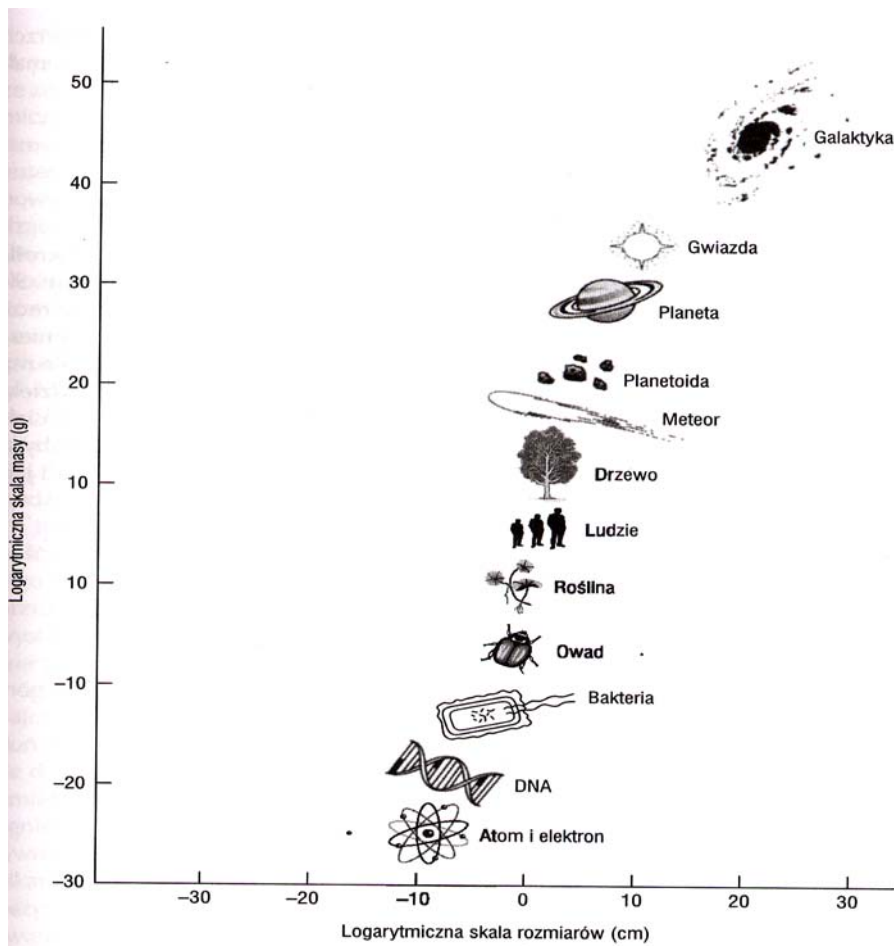
Rys. 3.1 Poziomy bytu i ewolucji substancji kosmicznej [Cempel98]].

Pouczające będzie tu dalej przestudiowanie hierarchii ludzkiej, od pojedynczej ($10^0 = 1$) komórki poczynając a na całej ludzkości kończąc (10^{24}), tak jak to przedstawiono na rys 3.2, pomijając jednak całą złożoność organizacyjną każdego szczebla hierarchii. Więcej podobnych ujęć hierarchicznych można znaleźć w [Skyttner01,r3]. A na zakończenie tych ujęć całości istnienia w kosmosie warto przestudiować kolejny rysunek 3.3 przedstawiający charakterystyczne byty tego świata we współrzędnych ich masy i rozmiaru [Barrow05,s145]. Jak widać z rysunku wszystkie byty, od atomu wodoru do galaktyki leżą prawie na prostej, co podobno wynika ze stałości gęstości struktury atomowej naszego świata.



Rys. 3.1 Hierarchia ludzka. Wielkość podsystemów na każdym poziomie jest oznaczona przez wychodzące promienie, zaś zakres wielkości przez długości poszczególnych ogniw

Rys. 3.2 Metasystem i systemy hierarchii ludzkiej [Klir76].



s. 5.1 Wzajemna zależność mas i rozmiarów najbardziej charakterystycznych struktur we Wszechświecie.

Rys. 3.3. Najbardziej charakterystyczne systemy świata w relacji do swej masy i wymiaru na prostej jednakowej gęstości [Barrow05].

Patrząc na zarysowane wyżej hierarchie systemowe i ich uporządkowanie można od razu dojść do przekonania jak dużą siłę wnioskowania i generalizacji ma **OTS**, by wypowiadać zdania, stwierdzenia i reguły dotyczące wszystkich wymienionych wyżej poziomów hierarchii bytu Buildinga; od 1 do 9.

Z powyższego krótkiego przeglądu systemowego obrazu świata wynika również, że systemy we wszechświecie są hierarchicznie zorganizowane, tworzą **hierarchie**, co więcej na każdym nowym poziomie ewolucyjnym wyłania się nowa nie istniejąca przedtem właściwość. Niektórzy badacze uważają iż jest to immanentna cecha materii, samo organizacja i ewolucyjne wyłanianie nowych właściwości **emergencja**, [Skyttner01,s119] (z *ang.emergence*), lub też **transcendencja** [Wilber97,s40], przekraczanie. Druga stała cecha możliwa do uchwycenia z tego przeglądu, to ogólna właściwość samych systemów, na własnym poziomie egzystencji są one samo funkcjonującą całością, ale prawie zawsze wchodzą one w skład większej całości i mają jako części składowe funkcjonujące całości niższego rzędu. Takie systemy A. Koestler nazwał w 1967r **holonami** a złożoną z nich hierarchię nazwał holarchią [Wilber97,s46]. Korzystając z tego pojęcia Wilber [Wilber97,r5] przedstawił najgłębsza w treści i zrozumieniu cztero ćwiartkowa hierarchię (*holarchię*) świata. Przedłożony czterowymiarowy model opisuje jednocześnie; indywidualne, zbiorowe, wewnętrzne i zewnętrzne cechy holonów na poszczególnych poziomach organizacji. Najlepszym przykładem takiej holarchii jest środowisko naturalne, lub ludzkość. Te ostatnie systemy są wielopoziomowe i wiele połączeniowe i noszą specjalną nazwę **heterarchicznych**, tak jak to ujęto na rysunku 5.15 w rozdziale o modelowaniu.

3.4 Własności strukturalne i dynamiczne systemów

Według Winiwartera'a teoretyka systemów [Winiwarter86] istotę istnienia i działania systemu na danym poziomie bytu należy ujmować i zrozumieć w trzech aspektach (*trójkąt*);

struktury – procesu – regulacji (*przyczynowości*),

co można też zobrazować w postaci równobocznego trójkąta. Natomiast Capra w swej ostatniej monografii [Capra03,s62] wskazuje bardziej ogólniejszą trójkę i trójkąt właściwości, będących w bezustannej interakcji i ewolucji, ułatwiającą zrozumienie istoty i działania systemów, t.j.;

materia (*tworzywo*) – **proces** (*łącznie z regulacją*) – **forma** (*struktura, organizacja*).

Pierwszy trójkąt Winiwartera słuszny jest dla zadanego typu systemu, natomiast jak się wydaje trójkąt Capry dotyczy wszystkich systemów, łącznie z układami bioware i humanware⁴. Popatrzmy zatem w tym duchu, na jakie klasy lub kategorie można podzielić ogół systemów opisanych na początku przez dziewięć poziomów istnienia. Podział taki wykonywany jest zwykle ze względu na pewną cechę systemu, może więc być dowolnie liczny, jak przykładowo w tabeli 3.1, [Patzak82].

⁴ **Bioware, humanware**, angielskie metafory systemów biologicznych i antropotechnicznych (ludzkich)

| Cechy różniące systemy | | Forma istnienia systemów | | Objaśnienia | |
|--|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|---|---|
| Dziedzina istnienia | | Konkretny (materiał) | Abstrakcyjny (idea) | W większości systemy mieszane | |
| Sposób powstania | | Naturalny | Sztuczny | Sztuczne systemy socjotechniczne | |
| Połączenie ze środowiskiem (meta systemem) | | Otwarty (dynamiczny) | Zamknięty (meta stabilny) | Systemy rzeczywiste nie są zamknięte | |
| Przewaga komponentów | | Nieożywione | Ożywione | Objawiają się jako antropotechniczne i socjotechniczne | |
| | | Techniczne | Społeczne | | |
| Określoność wejścia (wyjścia) stanu | | Deterministyczne | Stochastyczne | Deterministyczne= prognozowalne, Stochastyczne prognoz. tylko probabilistycznie | |
| Złożoność struktury | Rodzaj łącz. Połączeniowość | Jednorodne | Wielorakie | Na ogół mieszane | |
| | Liczba Połączeń | Mała | Duża | | |
| | Różnorodność | Z jednej dziedziny | Multi dziedziny | Na ogół mieszane | |
| Funkcja | Liczba elementów | Mała | Duża | | |
| | Systemy abstrakcyjne | Modele | Klasyfikacyjne | Systemy równań różniczkowych | |
| | Systemy konkretne | Materialne, energetycz. | Informacyjne | Systemy filozoficzne. Na ogół wszystkie formy. | |
| Charakter funkcji systemu | | Liniowa | <u>Nieliniowa</u> | Aproksymacja, linearyzacja odcinkowa | |
| | | Bez opóźnienia | Z opóźnieniem | | |
| Charakter stanu | | Dyskretne | Ciągłe | Praktycznie jest przejście graniczne między nimi | |
| Zmienność w czasie | Funkcji | pasywne | Niezmiennie | Zmienne | |
| | | aktywne | | Funkcyjnie adaptacyj. | |
| | Struktury | pasywne | Nieelastyczne | Elastyczne | Np. zmiana dokładności |
| | | aktywne | | Samoorganizujące się | Wielocelowe serwomechanizmy istoty ożywione |
| Odporność zakłócenia | | Niestabilne | Meta (stabilne) | Z przełączeniem modułów | |
| | | | Równowaga płynna | Homeostat. systemy uczące się | |
| Celowość | | Nieożywione | Ożywione | Zależnie od przestrzeni obserwacji | |
| | | Programowe | Celowo zorientowane | Ultra stabilne, Multistab. | |
| | | | Wartościowanie | Ewolucja, Teleologia | |
| | | | | Stawianie probl. filoz. | |
| | | | | Pytania egzystencjalne | |

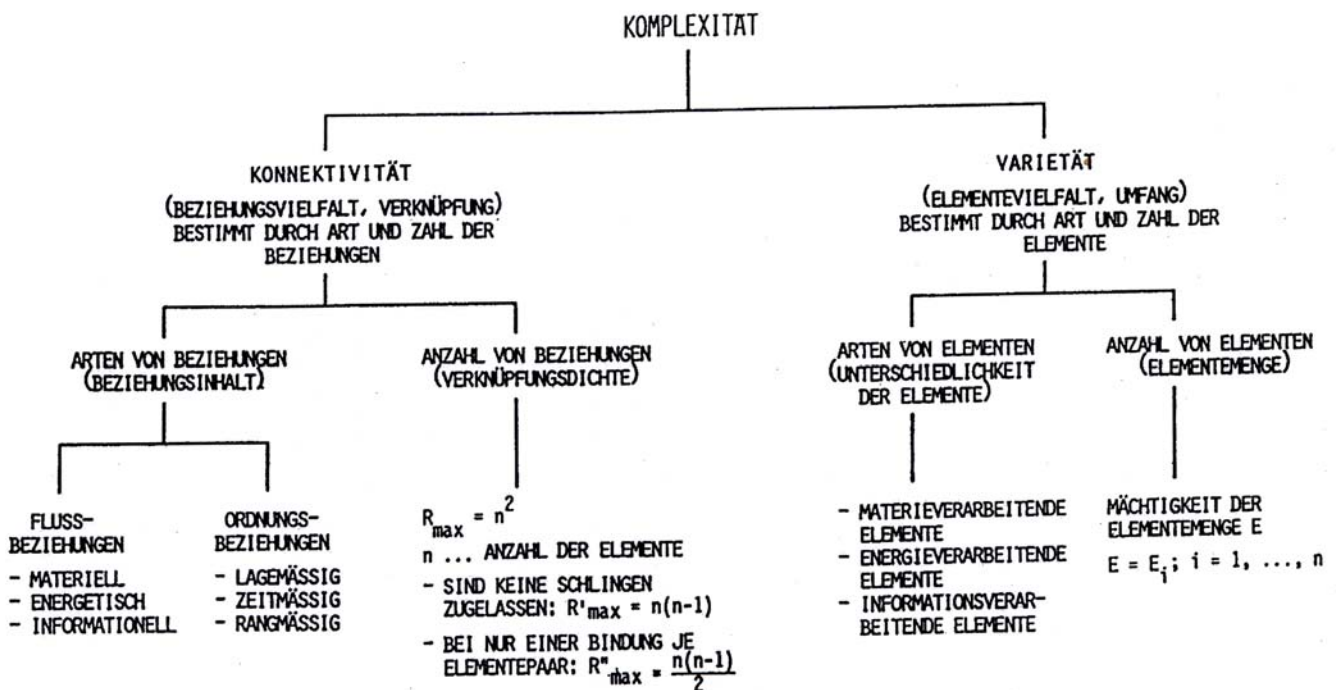
Tab. 3.1. Klasyfikacja systemów ze względu na wybrane cechy wg Patzak'a [Patzak82].

Na czoło tej tabeli wysuwa się relacja systemu z otoczeniem lub **metasystemem**, zaś same systemy mogą być **zamknięte** lub **otwarte**, wymieniając z otoczeniem masę, energię i informację. Jeśli pod tym kątem popatrzymy na przedstawioną wyżej hierarchię organizacyjną ogółu systemów to można powiedzieć, że im wyżej dany system znajduje się w tej hierarchii, będąc systemem zamkniętym, tym ma mniejsze szanse przetrwania (*przetrwania*). Zresztą bardzo trudno znaleźć naturalny system zamknięty, nawet kamień (*skala – o bardzo długim czasie życia*) trudno uznać za system zamknięty ze względu na energię wymienianą z otoczeniem. Zawsze jest to tylko kwestia szybkości wymiany i lub przetwarzania (*metabolizmu*) materii i energii. To samo trzeba zauważyć w odniesieniu do dowolnej części świata jako systemu. Niemniej jednak są do pomyślenia abstrakcyjne systemy zamknięte (*np. w termodynamice*) i oddają one wielkie usługi w poznaniu prostych własności materii, zwłaszcza nieożywionej. Należy tu również podkreślić (Rys. 3.3) ważny podział na systemy **statyczne** lub lepiej metastabilne i systemy **dynamiczne**. Jest oczywiste, że system zamknięty jest metastabilny i nawet jeśli w początkowym momencie nie był statyczny, to dzięki ważności *II-giej zasady termodynamiki* o niemalejącej **entropii**,

prędzej czy później osiągnie stan równowagi. Natomiast system otwarty też może być stabilny, gdyż dzięki wymianie masy, energii i informacji jest zdolny długo utrzymać swe życie i swą **tożsamość**.

Niemniej ważna dychotomia⁵ klasyfikacji systemów to; systemy **fizyczne** manifestujące swe istnienie na dowolnym poziomie bytowania (*np. bio*), a systemy **konceptualne** to abstrakcyjne i symboliczne będące efektami myślenia i działania ludzkiego. Dla tych ostatnich atrybutami są symbole, zaś idee, plany, hipotezy są przykładami elementów (*czasami również systemów*). Systemy fizyczne istnieją w czasoprzestrzeni fizycznej, natomiast systemy konceptualne w **przestrzeni mentalnej**, będąc zbiorem zorganizowanych idei. Dobrą ilustracją takiego systemu jest zbiór planów i specyfikacji dla systemu fizycznego, właśnie powoływanego do życia.

Ważną cechą struktury systemu jest jego **złożoność** (*complexity*), którą można scharakteryzować co najmniej dwoma cechami szczegółowymi dotyczącymi złożoności elementów systemu i ich połączeń. Kolejna cecha **połączeniowość** (*connectivity*), ujmuje sobą liczbę połączeń elementów i różnorodność połączeń, natomiast inna cecha struktury **różnorodność** ujmuje liczbę elementów systemu jak i ich zróżnicowanie. Te cechy strukturalne systemu z dalszym ich ewentualnym podziałem dobrze oddaje Rys. 3.4.



Rys 3.4: Graficzne wyjaśnienie cech złożoności struktur systemów [Patzak82].

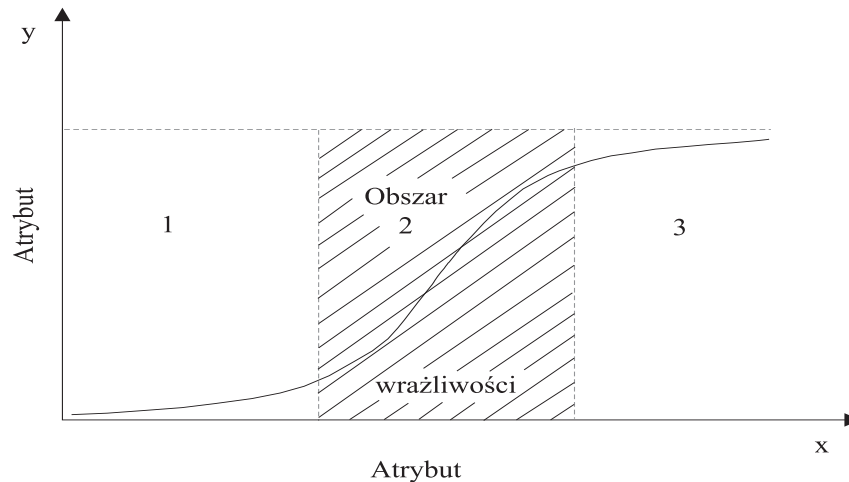
Generalnie złożoność (*complexity*) systemów objawia się w trzech wymiarach, jako złożoność:

- **szczegółowa** – dużo różnych elementów,
- **przestrzenna** – rozległość systemu (*opóźnienie czasowe*),
- **dynamiczna** – ujemne (*stabilizujące*) i dodatnie (*destabilizujące*) sprzężenia zwrotne.

Te trzy cechy razem, w powiązaniu ze skończoną prędkością procesów dynamicznych i informacyjnych, dają w efekcie opóźnienia w reakcji na zadaną akcję (*wymuszenie*). Co więcej reakcja pojawia się wtedy w innym czasie i w innym miejscu (*rozległość*), a czasami reakcji systemu w 'danych warunkach' nie notujemy w ogóle. Wytłumaczeniem tego faktu braku efektu, jak i wielu innych ważnych właściwości systemów złożonych jest **nieliniowość** związków między procesami i / lub atrybutami systemów. Dobrą ilustracją nieliniowego związku jest funkcja logistyczna, lub **sigmoidalna**, przedstawiona na rysunku

⁵ Dychotomia – podział dwuklasowy.

3.5.



Rys. 3.5. Ilustracja związku przyczynowo skutkowego w obliczu zależności nieliniowych, co w obszarze 1 i 3 daje pozorny brak relacji.

Tutaj jak widać mimo silnych zmian przyczyny X w obszarze 1 i 3 nie będzie istotnych zmian Y , czyli relacja przyczynowo skutkowa będzie prawie niezauważalna w granicach błędu obserwacji, a jeśli w identyfikacji systemu mamy na ogół kilkuprocentowy błąd pomiaru (np. $\pm 5\%$), to nie mamy szans zauważyć tego związku. Jeśli natomiast zmieniają się warunki działania systemu, np. temperatura zewnętrzna, (z Arktyki do Iraku), to przejdziemy do zakresu zmienności 2 i nasz system złożony przejawia zupełnie inne nowe właściwości. Widać stąd jak ważna jest pełna identyfikacja systemu, zwłaszcza możliwych relacji nieliniowych.

Nieliniowości w układach i systemach deterministycznych to nie tylko nierozpoznanie ich zachowania się jak wyżej, ale co więcej zachowanie przypadkowe, **chaotyczne**⁶. Przypadkowe zachowanie się wielu zjawisk w naturze, np. turbulencja cieczy, nie jest niczym dziwnym, dziwny jest natomiast tzw. **chaos deterministyczny**, odkryty niedawno w bardzo prostych modelach i układach deterministycznych, jeśli tylko są one nieliniowe i pracują w pewnych zakresach parametrów. Takie dziwne zachowanie się układów było czasami postrzegane w badaniach naukowych, ale nikt do czasów **Lorenz'a** z MIT w USA (początek lat 60 tych) nie przebadał tej sprawy gruntownie. Lorenz wpadł na to chyba dlatego, że posiadał on na swój użytek jeden z pierwszych komputerów, [Stewart94], a pracował on w tym czasie nad prognozowaniem pogody z trzema bardzo prostymi nieliniowymi równaniami różniczkowymi. Okazało się, że w pewnych zakresach zmiennych, rozwiązania (*pogoda*) zależą one od rodzaju zaokrągleń pośrednich i punktu startu. Wpływ ten był na tyle silny, że Lorenz nazwał go **efektem motyla** (*butterfly effect*), tzn. np. że trzepotanie skrzydeł motyla na Alasce (*zaokrąglenia*) może zmienić pogodę w Bostonie. Odkryto potem wiele tego typu zachowań chaotycznych układów deterministycznych, powstała matematyka i dynamika chaotyczna, nauczono się parametryzować (mierzyć) zachowania chaotyczne np. przez miary Poincare. Odkryto również że zjawisko chaosu deterministycznego jest bliskim kuzynem struktur samo podobnych, tzw. **fraktali**⁷, że razem opisują one tzw. strukturę nieregularności. Nie koniec na tym, w złożonych układach mechanicznych nieliniowość jest często powodem **'przeciekania'** energii z wyższych modów drgań do niższych, mogąc być np. przyczyną wywrócenia statku z pracującym dźwigiem, dynamicznego pęknięcia poszycia samolotów, i innych efektów [Nayfeh00].

Większość systemów antropotechnicznych i socjotechnicznych jest z natury rzeczy nieliniowa, i jak wszystkie systemy złożone podatna na wystąpienie synergii. Zatem w reakcjach tych systemów na zmiany warunków zewnętrznych lub na słabe oddziaływania winniśmy się spodziewać zachowań

⁶ Chaos = zjawisko nieuporządkowane, całkowicie nie do przewidzenia.

⁷ Fraktale = twory geometryczne samo podobne w różnej skali, np. płatek śniegu, dobrze rozgałęzione drzewo, linia brzegowa, itp.

nieciąglych, lub ekstra wrażliwości, nawet na działania pojedynczych osób. To dlatego np. pokojowy proces Gandhiego w Indiach doprowadził do wycofania się imperium brytyjskiego z Indii. Warto o tym pamiętać.

3.5 Własności ewolucyjne systemów

Mając charakterystykę najważniejszych cech systemów możemy przejść do charakterystyk procesów jakie w nich zachodzą. Procesy te uwarunkowane są przez dynamiczne własności samych systemów jak i własności pobudzeń lub wymuszeń systemu przychodzących z ich otoczenia. Zajmiemy się zatem wpięrcw cechami dynamicznymi systemów. Pierwszą taką cechą jest **zmiennosc** ogólna systemu i może ona dotyczyć możliwości zmian **struktury** samego systemu jak i zmian samego **procesu** w systemie, w ramach ustalonej pierwotnie struktury. Blisko połączoną cechą z omówioną poprzednia jest stabilność systemu, jako zdolność zachowania samego stanu (*tożsamości*) w obliczu zakłóceń i wymuszeń wewnętrznych. Zmiany takie zachodzą na ogół w obliczu oddziaływań zewnętrznych płynących z otoczenia lub z metasytemu. Stąd też w tym kontekście wyróżnia się **zmiennosc reakcji** na pobudzenie. Dla pewnej klasy pobudzeń reakcja nie wychodzi poza ustalone granice zachowania się systemu, mówimy wtedy, że system jest stabilny w obliczu danych wymuszeń i zachowuje swój stan (*lub identyczność – tożsamość*). Z drugiej strony system może się dostosować (*adoptować*) do rodzaju i poziomu zakłóceń, mówimy wtedy że system jest **elastyczny**, zdolny do dopasowania się do szerokiej gamy pobudzeń płynących z otoczenia, bez zmiany istoty swego działania.

W tej elastyczności systemów możemy wyróżnić całą hierarchię możliwości. Po pierwsze system może być sterowany zewnątrz przez wybór odpowiedniej funkcji działania, lub nawet struktury wewnętrznej. Na wyższym poziomie organizacji systemy mogą posiadać zdolność **adaptacji** z wbudowanymi sprzężeniami regulującymi, przeciwdziałającymi negatywnym zmianom wywołanym przez otoczenie. Wreszcie na wyższym już poziomie systemów żywych (*także homeostat*) spotykamy się z cechami **samoregulacji i samo organizacji**, gdzie system może zmieniać (*budować*) własną strukturę zmierzającą do spełnienia wymogów stawianych przez otoczenie (*np. futro w zimnym klimacie*). **Samoorganizacja** systemu ujmuje, oczywiście jako podrzędne, całą gamę własności adaptacyjnych. W adaptacji do zmieniającego się otoczenia wybitną pomocą jest zdolność **uczenia się** systemu. Ogólnie uczenie to stopniowe polepszanie zachowania systemu na skutek uwzględnienia poprzednich doświadczeń (*zapamiętania informacji*). A jak twierdzi Capra [Capra03,s30], poznawanie, uczenie się, jest aktywnością mentalną na wszystkich poziomach życia. W uczeniu i samo uczeniu się systemów można wyróżnić następujące etapy lub stopnie, [Patzak82]:

- **zapamiętywanie** – uczenie się na pamięć, itp.,
- **podporządkowanie** – nabywanie poszczególnych refleksów ,
- **uczenie przez sukces** – przeszukiwanie metodą prób i błędów całego zakresu możliwych stanów dla uzyskania powodzenia,
- **optymalizacja** – jak poprzednio z zapamiętywaniem najlepszych rozwiązań,
- **naśladownictwo** – kopiowanie i zapamiętywanie (*np. dzieci*), nauczanie – jak poprzednio, lecz z udziałem modelu,
- **pojmwowanie** – zbudowanie własnego wewnętrznego modelu w systemie i eksperymentowanie na nim.

Zmieniające się warunki środowiska są dla systemów naturalnych wyzwaniem do optymalnego działania, dostosowania swej struktury i reakcji dla zachowania tożsamości i **przeżycia**. Z kolei dla systemów sztucznych powoływanych do życia przez człowieka, to człowiek wyznacza i narzuca cele metody i środki działania przy rozwiązywaniu problemów. Systemy takie można z grubsza podzielić na klasy jak niżej.

Typ systemów - klasa - opis (efekt) działania

- **Obiektowe**, konkretne, abstrakcyjne - obiekt, produkt, wynik, uzysk, cel pracy .
- **Celowe**, abstrakcyjne – zestawiają hierarchię celów pośrednich.
- **Programowe**, abstrakcyjne – dają ciąg postępowania (*proces*) dla uzyskania celu .
- **Działaniowe**, konkretne – organizacja lub urządzenie dla osiągnięcia celu .

Jak już powiedziano wcześniej, złożone systemy działaniowe w procesie ewolucji przejawiają istotną właściwość, zdolność; **uczenia się, samouczenia**. Zatrzymajmy się na chwilę na tym, jako że dotyczy to też **studentów**, ludzi i systemów (*organizacji*) przez nas tworzonych. Ogólnie w takich systemach można tu znaleźć trzy typy zachowań [Oconnor97,p125];

1. Bez możliwości uczenia się, kiedy system **powiela** to samo działanie nie zwracając uwagi na jego rezultaty, przykłady to niektóre zwyczaje organizacyjne, społeczne, ideologiczne, religijne, itp. Ten brak uczenia się może być nawet wymuszany specjalnymi regulacjami i karami, jak w ideologiach fundamentalistycznych. W historii ludzkości mamy pełno przykładów tego typu.

2. Proste uczenie się, kiedy istnieje sprzężenie zwrotne między działaniami i ich rezultatami, lecz tylko w ramach określonych **modeli mentalnych**, które nie ulegają zmianie. Przykłady, metoda prób i błędów w dążeniu do celu, uczenie się określonej umiejętności.

3. Generacyjne uczenie się (adaptacyjne), kiedy sprzężenie zwrotne umożliwia nam zmianę modelu (*widzenia*) sytuacji i reakcji na nią w sposób nie występujący do tej pory. Przykłady, **uczenie się uczyć**, kwestionowanie podstawowych założeń, wynajdywanie nowych strategii i klas działania (*pętla OODA*).

Zwróćmy uwagę, że efekt uczenia może wystąpić jeśli mamy **sprzężenie zwrotne** w postaci efektu działania. Zatem dla systemów rozległych i z dużym opóźnieniem reakcji, np. klimat, **efekty** naszych działań będą widoczne znacznie **później** i w **innym miejscu**, np. mniejsza grubość lodu na biegunie, ocieplenie lub dziura ozonowa, kwaśny deszcz, itp.

3.6 Ogólne koncepcje systemowe

Bazując na powyższym przeglądzie systemów, ich właściwości i na współczesnym rozwoju nauk możemy przedstawić poniższą hierarchię pojęć i reguł ogólnych będącą w użyciu w wielu naukach szczegółowych, a zatem przydatną w teorii systemów [Skyttner01,p88].

- **Ogląd świata** jest wielkim (*grand*) paradygmatem włączającym wierzenia i filozoficzne preferencje w społeczności, również naukowej.
- **Paradygmat** jest wspólną metodą twórczego myślenia uprawianą przez większość członków danej społeczności naukowej.
- **Teoria** jest szerokim spójnym schematem wyjaśniającym, zawierającym prawa, zasady, twierdzenia i hipotezy.
- **Prawo** to uogólnienie wynikające z obserwacji eksperymentalnych, dobrze umotywowane i akceptowane od dłuższego czasu.
- **Zasada** to uogólnienie wynikające z eksperymentu lecz o statusie mniejszym niż prawo⁸.
- **Twierdzenie** – uogólnienie wyprowadzone na drodze formalnej, logicznej, i/lub matematycznej.
- **Hipoteza** – propozycja, która intuicyjnie wydaje się poprawna ale wymaga weryfikacji i walidacji.
- **Aksjomat** – teza, pewnik, założenie, zwykle niemożliwe do udowodnienia, ale będące punktem startowym rozważań.

⁸ W niektórych dyscyplinach zasada ma większą moc niż prawo, np. zasada najmniejszego działania w mechanice.

W najnowszym podręczniku Skyttnera [Skyttner01,s92] i innych, zebrano z różnych źródeł wiele uogólniających praw, zasad, twierdzeń otrzymanych z obserwacji różnych systemów. Warto to tam skonsultować, a na nas użytek weźmiemy jedynie pod uwagę zasady ogólne, które mają zastosowanie do wszystkich systemów niezależnie od dziedziny istnienia. A oto one.

- **Zasada istnienia Wilbera:** *Rzeczywistość na każdym poziomie składa się z całości/części czyli holonów* [Wilber97,s38].
- **Zasada holizmu:** *System ma jako całość własności nie ujawnione w żadnej jego części składowej i na odwrót. Części systemu mają własności nie ujawnione przez system jako całość.* Holizm funkcjonuje również jako kierunek filozoficzny, a ta właściwość systemowa jest bardziej znana jako:
- **Zasada wyłaniania (emergence);** *Każda zorganizowana całość wyłania nowe właściwości nie znane przedtem, często na innym poziomie.* Sacharozę jako połączenie węgla, tlenu i wodoru daje smak słodkości, nie znany w ich składnikach
- **Zasada suboptymalizacji:** *Jeśli każdy subsystem rozpatrywany oddzielnie jest nastawiony na maksymalną efektywność, to system jako całość nie osiągnie maksymalnej efektywności.* Zatem cały system potrzebuje pewnej redundancji efektywności elementów składowych.
- **Zasada szarości – nieoznaczoności (darkness):** *Żaden system nie może być poznany całkowicie.*
- **Zasada hierarchii:** *Zjawiska złożone zorganizowane są w wielopoziomowe hierarchie i każdy poziom integruje wiele subsystemów.* Systemy bardzo złożone są często postrzegane jako **heterarchiczne** (rys.5.15), gdzie każdy z głównych aktorów jest połączony z każdym, jak np. gospodarka, cywilizacja, środowisko.
- **Zasada osiemdziesiąt/ dwadzieścia:** *W każdym dużym systemie osiemdziesiąt procent jego wyjścia (produktu) powstaje jako wynik działania dwudziestu procent wydolności systemu.* Zasada ta znana też pod nazwiskiem **Pareto**, włoskiego ekonomisty początku 20 wieku, który stwierdził, że 80% wkładów bankowych jest własnością 20% udziałowców.
- **Zasada redundancji zasobów:** *Utrzymanie stabilności systemu w warunkach zakłóceń wymaga nadmiarowości zasobów krytycznych.*
- **Zasada czasu relaksacji:** *Stabilność systemu jest możliwa jedynie jeśli średni czas następstwa zakłóceń jest większy niż czas relaksacji systemu.*
- **Zasada ujemnego sprzężenia zwrotnego:** *Z aktywnym ujemnym sprzężeniem zwrotnym system jest inwariantny względem szerokiego zakresu zakłóceń.* Innymi słowy możliwa jest *ekwifinalność*.
- **Zasada dodatniego sprzężenia zwrotnego:** *Z aktywnym dodatnim sprzężeniem zwrotnym w systemie można uzyskać różne stany końcowe przy tych samych warunkach początkowych – multifinalność*
- **Zasada homeostatu:** *System przeżyje tak długo jak jego zasadnicze zmienne pozostaną w granicach fizjologicznych.*
- **Zasada samo organizacji:** *Złożone systemy mają własność samo organizacji i ich struktura i zachowanie są głównie rezultatem oddziaływania subsystemów.*
- **Zasada przetrwania:** *Zdolność do przetrwania (życia) jest zależna od właściwej równowagi między autonomią subsystemów a ich integracją w całym systemie, lub inaczej równowagi między stabilnością i adaptacją.*
- W odniesieniu do systemów społecznych z udziałem ludzi warto tu przytoczyć dwie dodatkowe zasady podane ostatnio przez Sorosa [Soros99,s32].
- **Zasada omylności:** *Omylność oznacza, że jesteśmy z natury niedoskonalimi w pojmowaniu świata, w którym żyjemy.*
- **Zasada zwrotności:** *Zwrotność mówi zaś, że nasze myślenie aktywnie wpływa na wydarzenia w których uczestniczymy i które są przedmiotem naszych rozmyślań.* To dlatego np. ekonomia nie może być uważana za naukę w tym znaczeniu jak nauki przyrodnicze, bo przedmiot dociekań

myśli i może zmienić zdanie jeśli się dowie co o nim myślimy, lub co zamierzamy. Czego zaś nie zrobi atom wodoru, kawałek metalu, ani też część maszyny.

Tyle praw, zasad na tym poziomie abstrakcji wydają się wystarczające, aczkolwiek w podanych już źródłach można znaleźć ich znacznie więcej, zwłaszcza dotyczących systemów ożywionych i metasystemów z nich złożonych, organizacji gospodarczych, itd.

3.7 Podsumowanie

Wyszliśmy od definicji systemu i jego komplementarnego opisu matematycznego, a potem określiliśmy dziedziny istnienia i w ślad za Boulding'iem główne kategorie systemów. Mimo, że poziom abstrakcji widzenia systemów jest wysoki to udaje się także opisać wiele własności systemowych, strukturalnych i dynamicznych, które porządkują i czynią bardziej zrozumiałym nasze myślenie o świecie; jako o wielkiej holarchii, oraz czasami heterarchii. Dla tak złożonych systemów udaje się zaobserwować wiele wspólnych prawidłowości w postaci zasad, praw które ułatwiają zrozumienie zachowania systemów i przenoszenie tej wiedzy na inne dziedziny ludzkiej aktywności. Najważniejsze z tych stwierdzeń, jak się wydaje, to zasada **samo organizacji materii** i wszelkich systemów, komplementarna zasada **emergencji**, czyli wyłaniania się, oraz zasada niekreśloności.

3.7 Problemy

1. Czy matematyczna definicja systemu ujmuje wszystkie właściwości systemów ?
2. Pokaż różnice między systemem a holonem ?
3. Czy świat kojarzy ci się jako hierarchia bytów, ich holarchia, czy też heterarchia ?
4. Ekosystem to wielopoziomowe samo bilansujące i samo odnawialne przepływy materii, energii i informacji, co to za system wielki ?
5. Przedstaw inny, alternatywny do Building'a, sposób hierarchizacji systemów, uzasadnij główną ideę .
6. Jakie relacje systemowe i dlaczego są twym zdaniem najważniejsze w teorii systemów?
7. Co najważniejszego różni systemy techniczne oraz antropo i socjo techniczne?