

### 3 Systemy, holony, ich własności, podstawowe idee teorii systemów

Selfreferencja to informacja o informacji, prawo o prawach, 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. Zjawyły się one w pierw w formie naturalnej, lecz wraz ze zjawieniem się człowieka zaczęły się pojawiać inne systemy; na początku proste a potem coraz bardziej złożone systemy sztuczne – **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. Stąd też dopiero ostatnio zaczynamy dostrzegać potrzebę uprawiania OTS i widzimy możliwości jej zastosowań w postaci np. INŻYNIERII I ANALIZY SYSTEMÓW.

#### 3.2 Definicje systemu

Jak już powiedzieliśmy w rozdziale pierwszym,

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

Nie jest to jedyna definicja, ale jedna z 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** ze sobą **elementów – E**, stanowiący **celowo zorientowaną** jedną **całość**.

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

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 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, ożywione, świadome, samoświadome, symboliczne,*

i to w dowolnej ich konfiguracji. Nasze stwierdzenia ogólne będą więc dotyczyć szerokiej klasy obiektów, od atomu wodoru do wszechświata jako całości, który zawiera; materię, budowlę, maszyny, ekosferę, ludzi, systemy idei, oprogramowanie, 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 tego poziomu definicji systemu jej szczegółowa artykulacja (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 dominuje 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 znane.

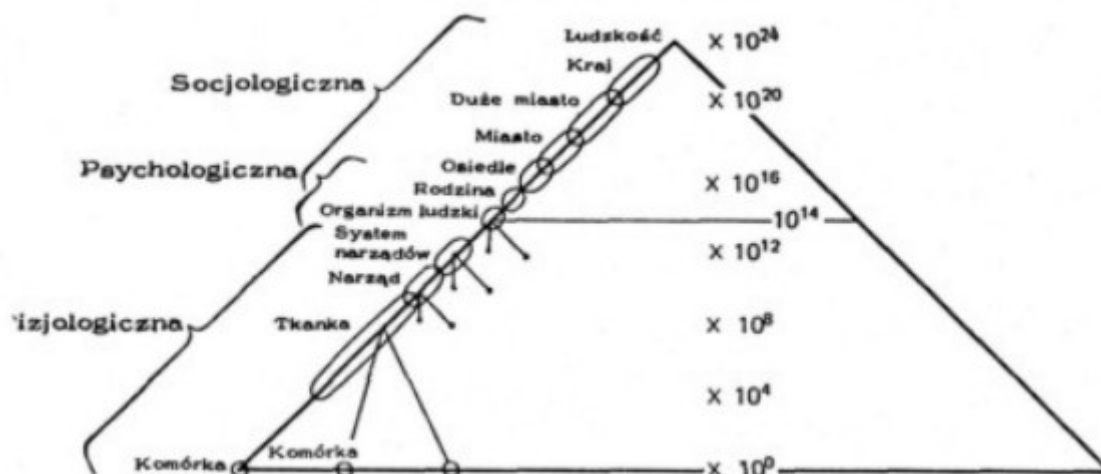
Inny jeszcze bardziej ogólny podział otaczającej nas rzeczywistości przedstawia Rys. 3.1 w postaci piramidy ewolucji substancji [Cempel98] . W tym ujęciu **substancja** to zorganizowany agregat materii, energii i świadomości, a rozmiar jej ewolucji sięga od pierwotnej energii i świadomości przestrzeni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

Piramida ewolucji (inwolucji)  
materii/energii/informacji



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

Pouczające będzie tu dalej przestudiowanie hierarchii ludzkiej, od pojedynczej komórki poczynając ( $10^0$ ) 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].



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

Patrząc na zarysowane wyżej hierarchie 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 od 1 do 9.

Z powyższego krótkiego przeglądu systemowego obrazu świata wynika, 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 istnieje immanentna cecha materii, samo organizacja i ewolucyjne wyłanianie nowych właściwości **emergencja**, [Skyttner01,s119] (z ang. emergence), lub też **transcendencja** [Wilber97,s40], przekraczanie. Drugą stałą cechą możliwą do uchwycenia z tego przeglądu, to ogólna cecha samych systemów, na własnym poziomie egzystencji są one samo funkcjonującą całością, ale prawie zawsze wchodzą 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 na rysunku 5.15.

### 3.4 Własności strukturalne i dynamiczne systemów

Według Winiwartera teoretyka systemów [Winiwarter86] istotę istnienia i działania systemu na danym poziomie bytu należy ujmować i zrozumieć w trzech aspektach;

**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).

Pierwsza trójkąt Winiwartera słuszny jest dla zadanego typu systemu, natomiast trójkąt Capry dotyczy wszystkich systemów, łącznie z układami bioware i humanware. Popatrzmy zatem w tym duchu na jakie klasy lub kategorie można podzielić ogół systemów z wyżej opisanych na początku dziewięciu poziomów istnienia. Podział taki wykonywany jest zwykle ze względu na pewną cechę systemu, może więc być dowolnie liczny jak przykładowo na rysunku 3.3, [Patzak82].

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 Techniczne	Ożywione Społeczne	Objawiają się jako antropotechniczne i socjotechniczne
Określoność wejścia (wyjścia) stanu		Deterministyczne	Stochastyczne	Deterministyczne= prognozowalne, Stochastyczne prognoz. tylko probabilistycznie
Złożoność struktury	Rodzaj łącz. Połączeniowość Liczba Połączeń	Jednorodne Mała	Wielorakie Duża	Na ogół mieszane
	Różnorodność Liczba elementów	Z jednej dziedziny Mała	Multi dziedziny Duża	Na ogół mieszane
Funkcja	Systemy abstrakcyjne	Modele	Klasyfikacyjne	Systemy równań różniczkowych Systemy filozoficzne. Na ogół wszystkie formy.
	Systemy konkretne	Materiałne, energetycz.	Informacyjne	
Charakter funkcji systemu		Liniowa Bez opóźnienia	<u>Nieliniowa</u> Z opóźnieniem	Aproksymacja, linearyzacja odcinkowa
Charakter stanu		Dyskretne	Ciągłe	Praktycznie jest przejście graniczne między nimi
Zmienność w czasie	Funkcji pasywna aktywna	Niezmienne	Zmienne Funkcyjnie adaptacyj.	Np. zmiana dokładności Wielocelowe serwomechanizmy istoty ożywione
	Struktury pasywna aktywna	Nieelastyczne	Elastyczne Samoorganizujące się	Z przełączeniem modułów Homeostat. systemy uczące się
Odporność zakłócenia		Niestabilne	Meta (stabilne) Równowaga płynna	Zależnie od przestrzeni obserwacji Ultra stabilne, Multistab.
Celowość		Nieożywione Programowe	Ożywione Celowo zorientowane Wartościowanie	Ewolucja, Teleologia Stawianie probl. filoz. Pytania egzystencjalne

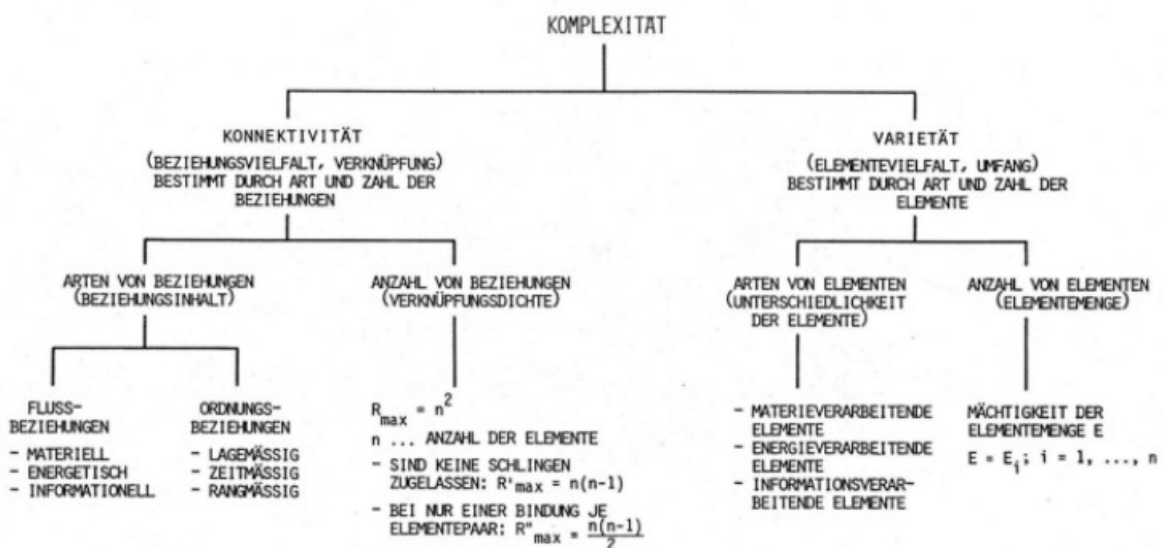
Rys. 3.3. Tabelaryczna klasyfikacja cech systemów wg Patzak'a [Patzak82].

Na czoło tego rysunku (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 przeżycia (przetrwania). Zresztą bardzo trudno znaleźć naturalny system zamknięty, nawet

kamień (skała – o bardzo długim czasie życia) trudno uznać za system zamknięty ze względu na energię wymienianą z otoczeniem. 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 dychotomia<sup>1</sup> klasyfikacji systemów to; systemy **fizyczne** manifestujące swe istnienie na dowolnym poziomie bytowania (np. bio) i systemy **konceptualne** – 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 przestrzeni 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 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 złożoności struktury systemów [Patzak82].

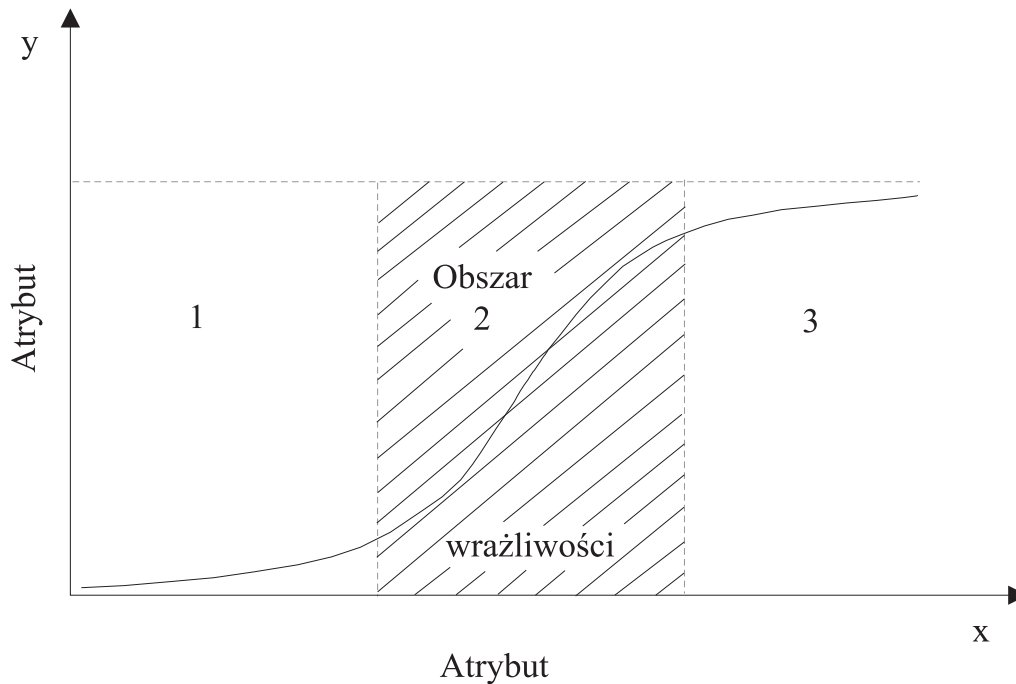
Generalnie złożoność systemu objawia się w trzech wymiarach, jako złożoność:

- szczegółowa – dużo różnych elementów,
- przestrzenna – rozległość systemu (opóźnienie),

<sup>1</sup> Dychotomia – podział dwuklasowy.

- 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. Wytlumaczeniem tego faktu, 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 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, a jeśli w identyfikacji systemu mamy kilkuprocentowy błąd pomiaru, 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, ale i zachowanie przypadkowe, **chaotyczne**<sup>2</sup>. Przejawia się to w wielu zjawiskach w naturze, np. turbulencja cieczy, np., nie jest niczym dziwnym, dziwny jest natomiast tzw. **Chaos deterministyczny**, odkryty niedawno w bardzo prostych modelach i układach, jeśli tylko są 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, chyba dlatego że posiadał on na swój użytek jeden z pierwszych komputerów, [Stewart94]. Pracował on w tym czasie nad prognozowaniem pogody z trzema bardzo prostymi nieliniowymi równaniami różniczkowymi. Okazało się, że w pewnych zakresach zmiennych, rozwiązania (pogoda)

<sup>2</sup> Chaos = zjawisko nieuporządkowane, całkowicie nie do przewidzenia.

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 zachowania chaotyczne np. przez miary Poincare. Odkryto również że zjawisko chaosu deterministycznego jest bliskim kuzynem struktur samo podobnych, tzw. **Fraktali**<sup>3</sup>, 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 i innych efektów [Nayfeh00].

### 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 otoczenia. Zajmiemy się zatem wpieryw cechami dynamicznymi systemów. Pierwszą taką cechą jest **zmiennność** 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 metasystemu. Stąd też w tym kontekście wyróżnia się **zmiennność 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 systemu 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 samoorganizacji**, 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 ,

---

<sup>3</sup> Fraktale = twory geometryczne w różnej skali samopodobne, np. płatek śniegu, dobrze rozgałęzione drzewo, linia brzegowa, itp.



- 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 (dzieci),  
     nauczanie – jak poprzednio lecz z udziałem modelu,  
     pojmowanie – 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 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; **uczenie 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. Mamy pełno przykładów tego typu w historii ludzkości.

**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.

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, 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 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 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 prawo<sup>4</sup>.

**Twierdzenie** – uogólnienie wyprowadzone na drodze formalnej, logicznej, i/lub matematycznej.

**Hipoteza** – propozycja która intuicyjnie wydaje się poprawna ale wymaga weryfikacji

**Aksjomat** – teza, pewnik, założenie, zwykle niemożliwe do udowodnienia, ale będące punktem startowym rozważań.

W podręczniku Skyttnera [Skyttner01,s92] zebrano z różnych źródeł wiele uogólniających praw, zasad, twierdzeń otrzymanych z obserwacji różnych systemów. Warto to 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 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 wylania (emergence);** *Każda zorganizowana całość wylania nowe właściwości nie znane przedtem, często na innym poziomie.* Sacharoza 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.

**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 następowania zakłóceń jest większy niż czas relaksacji systemu.*

---

<sup>4</sup> W niektórych dyscyplinach zasada ma większą moc niż prawo, np. zasada najmniejszego działania w mechanice.

**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 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 robi atom wodoru, ani kawałek metalu jako część maszyny.*

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

### 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 zrozumiałymi nasze myślenie o świecie jako o wielkiej holarii, oraz heterarii. 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, oraz komplementarna zasada emergencji, czyli wyłaniania się.

### 3.7 Problemy

1. Czy matematyczna definicja systemu ujmuje wszystkie właściwości systemów ?
2. Czy świat kojarzy ci się jako hierarchia bytów, holarchia, czy heterarchia ?
3. Ekosystem to wielopoziomowe samo bilansujące i samo odnawialne przepływy materii, energii i informacji, co to za system wielki ?
4. Przedstaw inny, alternatywny do Building'a, sposób hierarchizacji systemów, uzasadnij główną ideę .
5. Jakie relacje systemowe i dlaczego są twym zdaniem najważniejsze w teorii systemów?