

PODSTAWY EKSPLOATACJI MASZYN

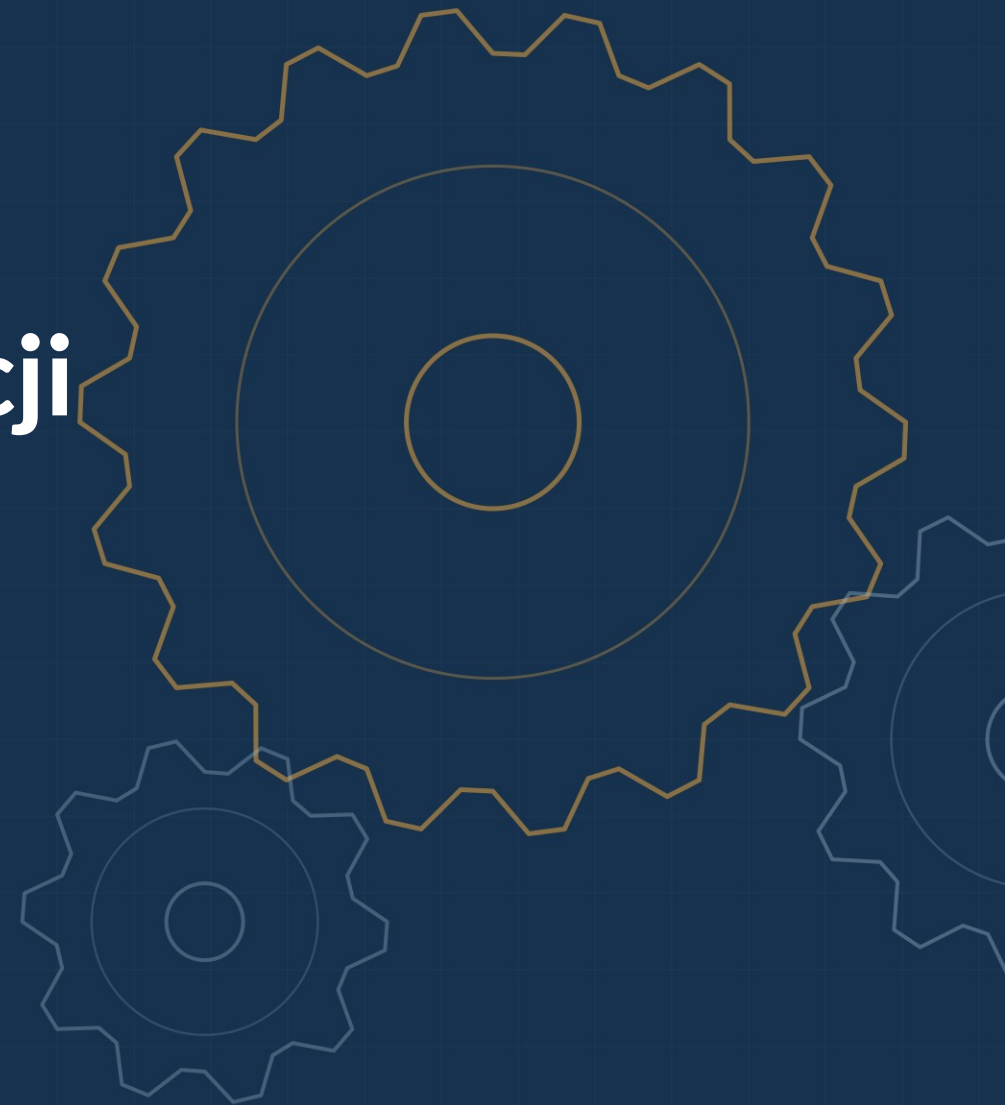
Wykład 3

Systemowe ujęcie eksploatacji

dr inż. Radosław Gościński

Akademia Techniczno-Artystyczna Nauk Stosowanych w Warszawie

Wykład opracowany na podstawie książki „Inżynieria eksploatacji maszyn” Bronisława Słowińskiego



Plan wykładów

W1

Wprowadzenie do problematyki eksploatacji

W2

Działanie ze środkami technicznymi

W3

Systemowe ujęcie eksploatacji

W4

Utrzymanie ruchu maszyn

W5

Trwałość i zużycie maszyn

W6

Elementy diagnostyki maszyn

W7

Podstawy badań eksploatacyjnych

W8

Elementy teorii niezawodności

W9

Prognozowanie niezawodności

W10

Metody poprawy niezawodności

W11

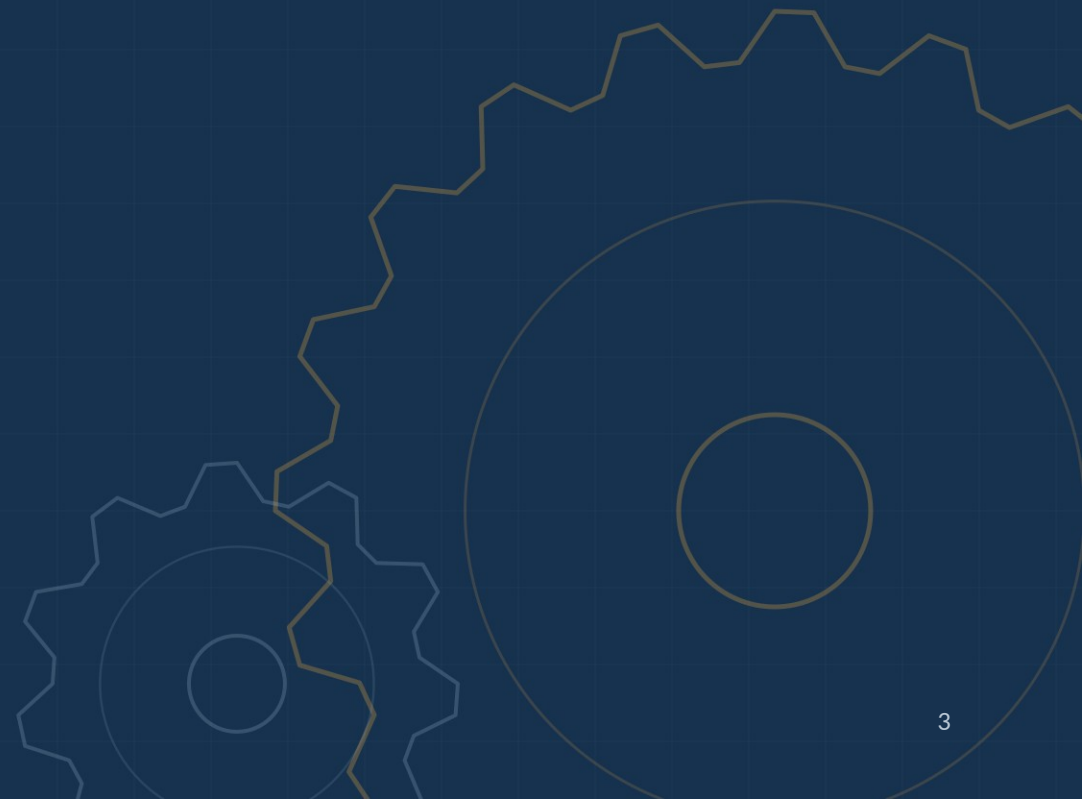
Procesy obsługi technicznej

Dzisiaj: W3. Systemowe ujęcie eksploatacji

01

Pojęcie systemu

Elementy, relacje, otoczenie – i cel, któremu służą



Czym jest system?

Pojęcie system występuje we wszystkich naukach i technologiach. W literaturze spotyka się wiele definicji systemu – Sadowski wyliczył ich aż trzydzieści cztery. Twórca teorii systemów L. von Bertalanffy zdefiniował system jako: „**zbiór elementów, pozostających we wzajemnym oddziaływaniu między sobą oraz otoczeniem**”. Inne aspekty ujmuje definicja S. Pabisa:



system to wyodrębniony z otoczenia zbiór obiektów materialnych lub abstrakcyjnych, które są połączone związkami tworzącymi strukturę

— S. Pabis

Wspólne minimum definicji: **elementy + relacje (struktura) + wyodrębnienie z otoczenia**

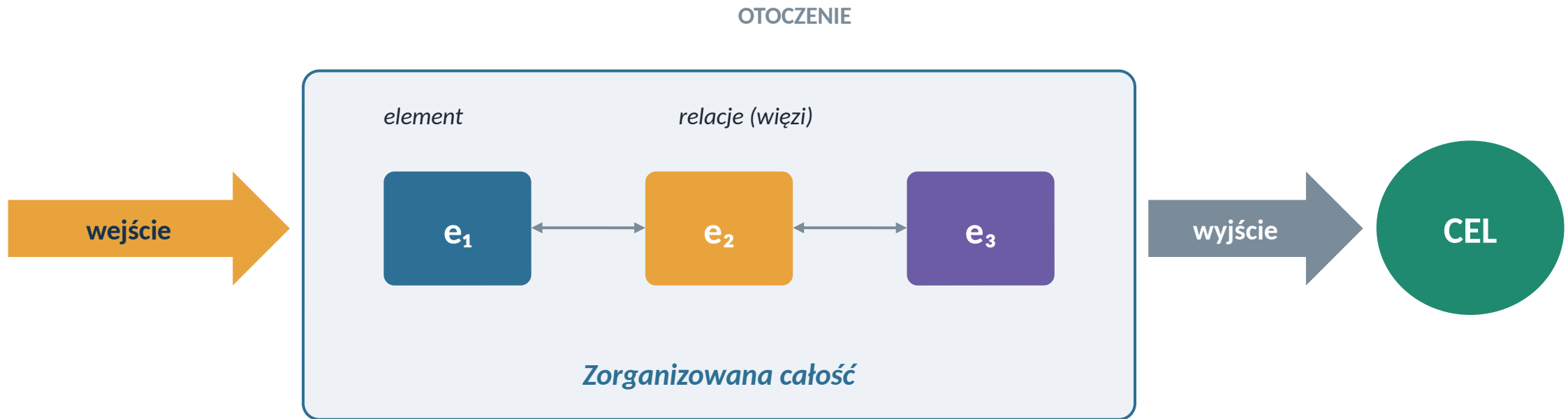
Miejsce systemów w opisie różnych typów układów



Rola systemu: opis zachowania zorganizowanej złożoności

Stopień złożoności →

Cybernetyczny model systemu



Aby coś nazwać systemem, muszą być wyróżnione **co najmniej trzy elementy** współdziałające dla osiągnięcia **celu**. Oddziaływanie otoczenia na system to **wejście**, a oddziaływanie systemu na otoczenie – **wyjście**.

Całość to coś więcej niż suma części

Systemy wykazują pewną własność, którą wyraża zasada Nernsta: **Całość to coś więcej, niż suma części, czyli: części wewnątrz systemu mają inne własności niż wtedy, gdy są odseparowane**. Dzieje się tak dlatego, że własności całości (cechy systemowe) są określone przez:

- własności elementów (części),
- relacje (powiązania systemowe).

Różne systemy można więc otrzymać przez różny sposób powiązania nawet identycznych zestawów części. Części powiązane ze sobą determinują cechy systemu, ale system ma też zwrotny wpływ na zmienność cech części, np. ich zużywanie. Stąd kolejna zasada systemowa, że „**struktura systemu decyduje o jego zachowaniu się**”.

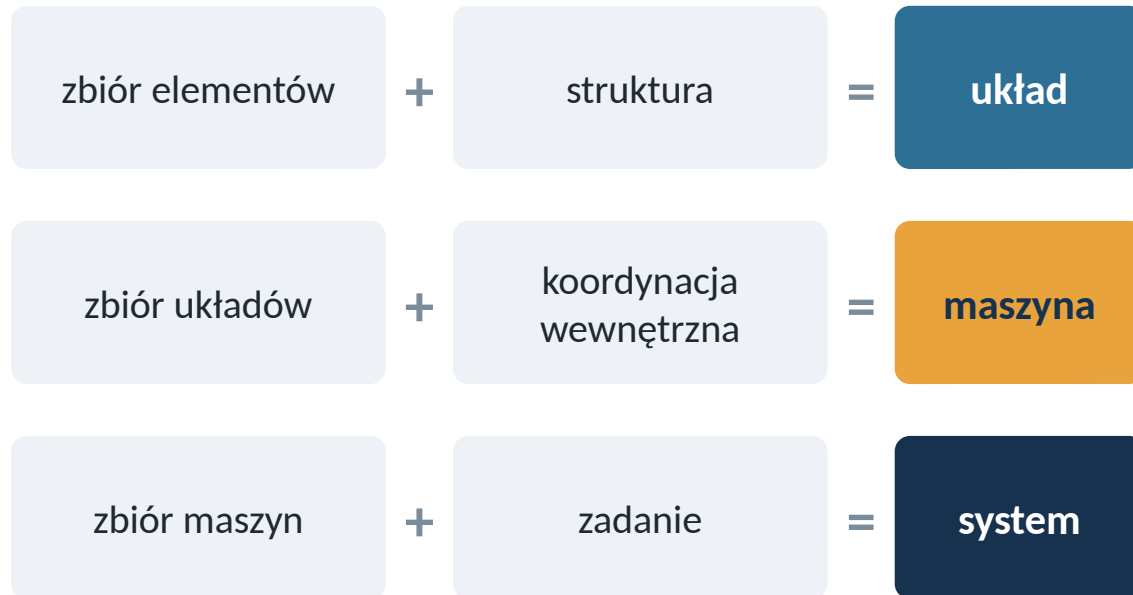


KLUCZOWA MYŚL

Struktura systemu decyduje o jego zachowaniu się.

Od elementu do systemu eksploatacji

Biorąc pod uwagę stopień organizacji można powiedzieć, że:



Gdy elementy same są zbiorami – mówimy o **podsystemach**; system wyższej rangi to **nadsystem**.

Zatem z punktu widzenia inżynierii „system eksploatacji jest zbiorem wszystkich elementarnych układów eksploatacji danej maszyny, uporządkowanych relacją współużyteczności lub współzależności”. Do elementarnych układów dowolnej maszyny zalicza się:

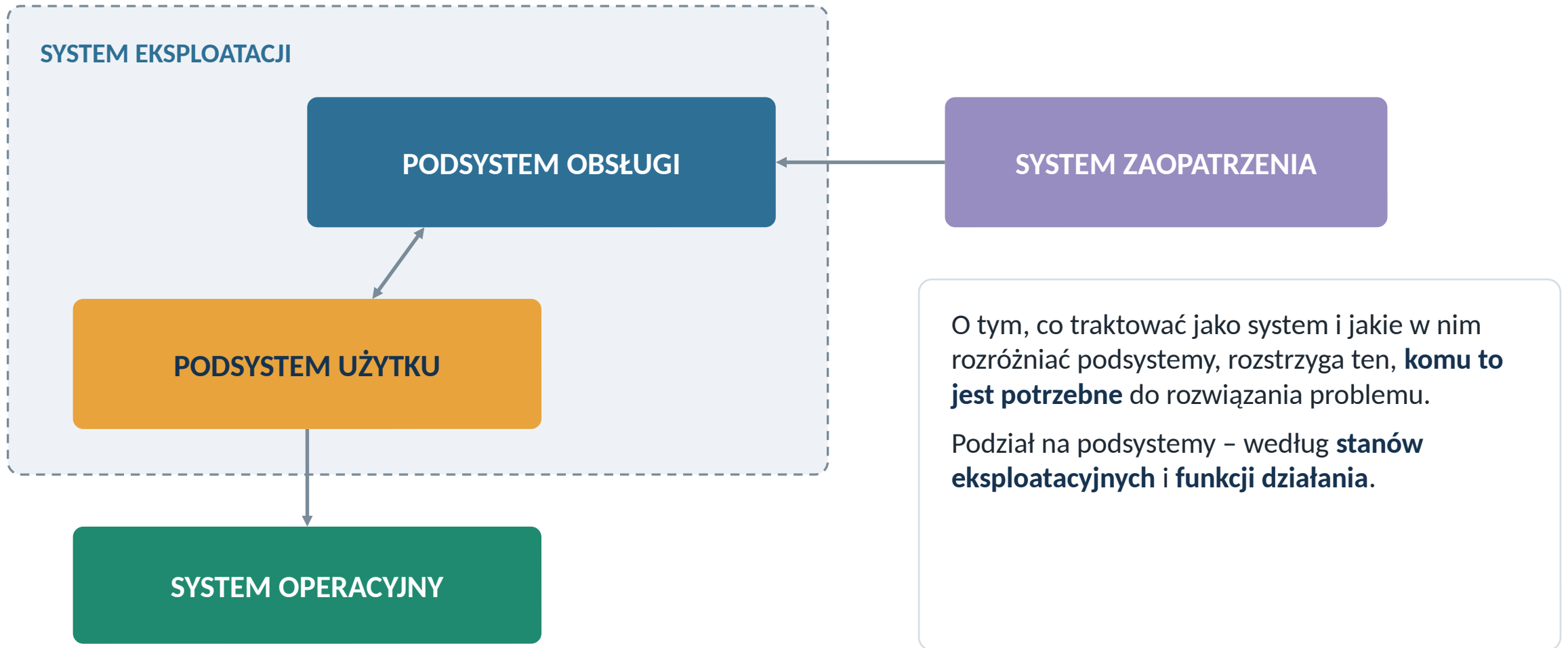


Układ użytkowania – podsystem użytku (SU),



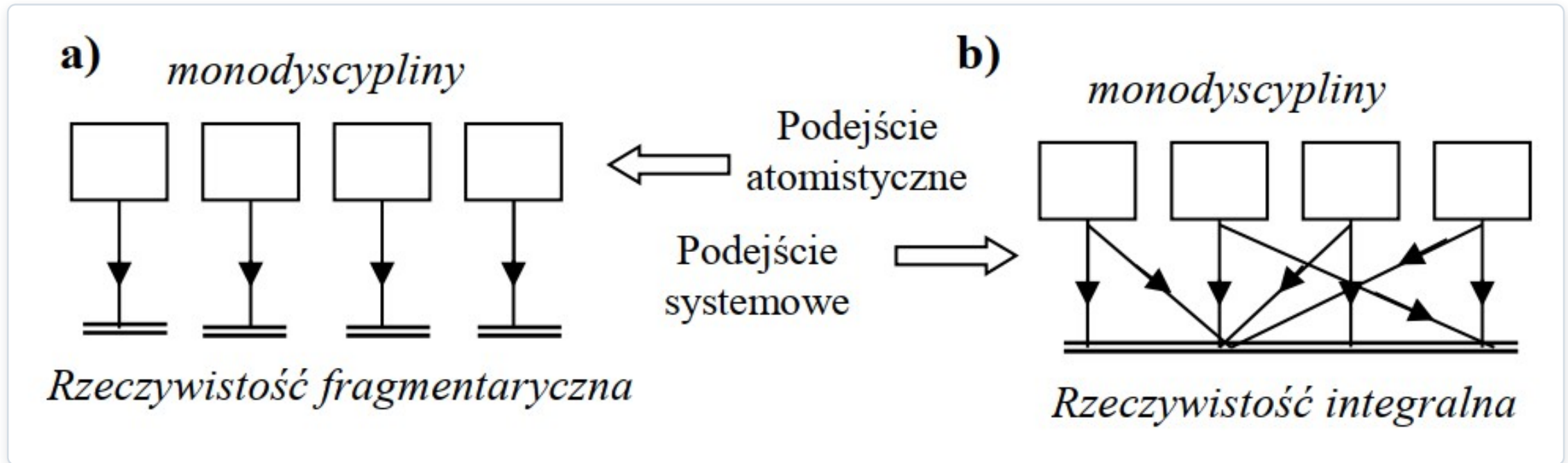
Układ obsługowy – podsystem obsługi (SO).

System eksploatacji i jego otoczenie



„Jak to działa?”, a nie „z czego to jest zrobione?”

Eksploracja, jako nauka bazująca na systemach, tę prostotę zawdzięcza abstrahowaniu od właściwości tworzywa. W eksploatacji stawia się pytania: „jak to działa?”, a nie „z czego to jest zrobione?”. W gruncie rzeczy właśnie różnice tworzyw powodowały wyodrębnianie się różnych monodyscyplin i tym samym rozkładanie pewnej całości na fragmenty

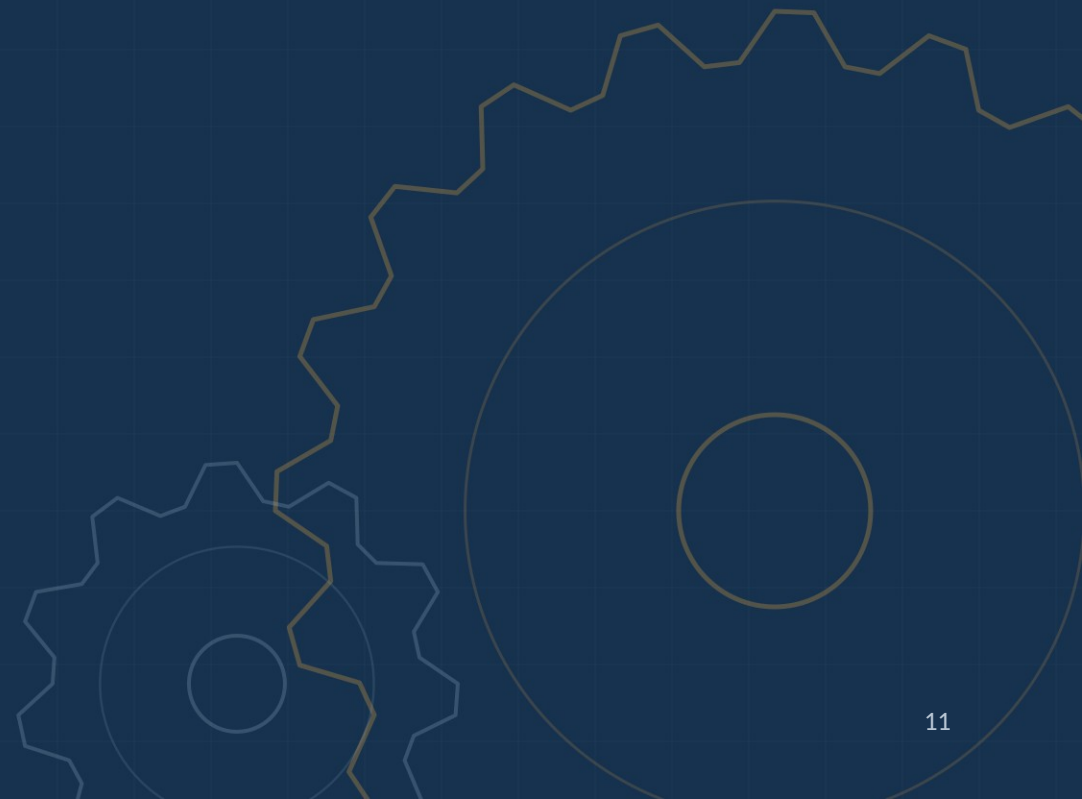


Schemat struktury nauki: a) tradycyjnej, b) nowoczesnej

02

Podejście systemowe

Myślenie systemowe jako sposób rozwiązywania problemów



Myślenie systemowe wg G. Ossimitza

Myśleć systemowo, to „uwzględniać kontekst (po co to?), zakładając przy tym, że jest on zmienny, złożony i uporządkowany (czyli systemowy), i tak naprawdę to nie wiadomo, gdzie się zaczyna i gdzie się kończy”. Myślenie systemowe ukazuje nową perspektywę w badaniach: przyrody, człowieka oraz tworzeniu techniki i rzeczywistości społecznej.

G. Ossimitz definiuje je następująco:



myślenie modelami
i zdolność do ich
budowania,



myślenie w
kategoriach
sprzężeń zwrotnych,



myślenie
dynamiczne,



umiejętność
sterowania
systemami.

Góra lodowa – metafora podejścia systemowego

Postępowanie wykorzystujące ten rodzaj myślenia określane jest jako systemowy punkt widzenia albo podejście systemowe.

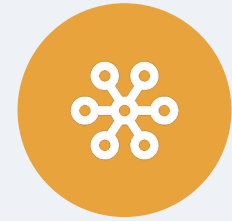


Paradygmat systemowy – integracja

Podejście systemowe w najszerszym znaczeniu może oznaczać więc podejście badawcze przeciwstawne paradygmatowi newtonowskiemu, który zalecał postrzegać badane obiekty jako zbiory autonomicznych cząstek. Paradygmat systemowy charakteryzuje natomiast integracja:

- od części – do całości, z uwzględnieniem roli części w całości,
- od struktury systemu – do procesów w nim zachodzących.

Podejście systemowe należy traktować jako zasadę porządkowania. Może być też rozumiane jako sposób postępowania, w których zjawiska są traktowane kompleksowo. Przewodnią myślą tego podejścia jest racjonalność i optymalne osiągnięcie celów.



KLUCZOWA MYŚL

Przewodnią myślą podejścia systemowego jest **racjonalność i optymalne osiągnięcie celów.**

Założenia metodyczne podejścia systemowego

Użyteczność metody systemowej polega przede wszystkim na jej przydatności do rozwiązywania problemów. Do tego konieczne jest jednak spełnianie pewnych rygorów (założeń) metodycznych. Przedstawiono je poniżej:



właściwości systemu wynikają z jego całości,



każda rzecz może być połączona ze wszystkimi innymi,



każde działanie powoduje jakiś efekt zwrotny (ang. feedback),



struktura systemu determinuje rezultaty działań,



rezultaty nie są proporcjonalne do wkładanego wysiłku,



system funkcjonuje tak sprawnie, jak jego najsłabszy element,

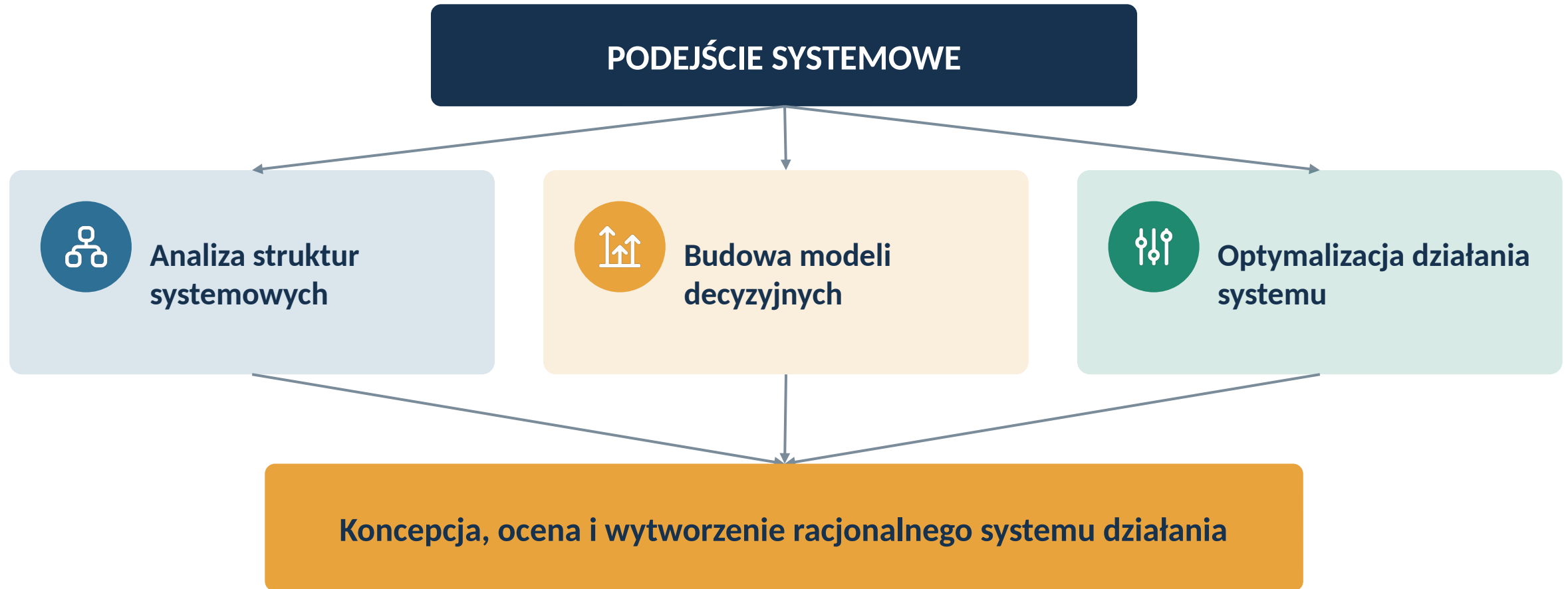


skutki problemu są często odległe w przestrzeni i w czasie.



część systemu, która jest najbardziej elastyczna, ma największy wpływ na cały system.

Kierunki rozwiązań podejścia systemowego



Struktura wewnętrzna i zewnętrzna systemu

Podstawą funkcjonowania systemu jest jego struktura, stąd też jej analiza należy do głównych kierunków badań w podejściu systemowym.

Mówiąc o strukturze systemu należy odróżniać:

- **strukturę wewnętrzną** – tworzącą organizację lub architekturę systemu, na którą składają się elementy i relacje wiążące te elementy,
- **strukturę zewnętrzną** – tworzoną przez powiązania zachodzące między system a środowiskiem, opisywane przez jego wejście i wyjście; mogą tu występować relacje: energetyczne, informacyjne, lub czasowe.

Drugim kierunkiem analiz jest budowa modeli decyzyjnych, pozwalających na wyznaczenie optymalnej decyzji oraz, jeśli decyzja nie była optymalna, znalezieniu przyczyn pomyłki. Kolejny kierunek dotyczy, w szczególności, procedur optymalizacji systemu, a wszystko to ma na celu wytworzenie układu działania o najkorzystniejszych właściwościach eksploatacyjnych.



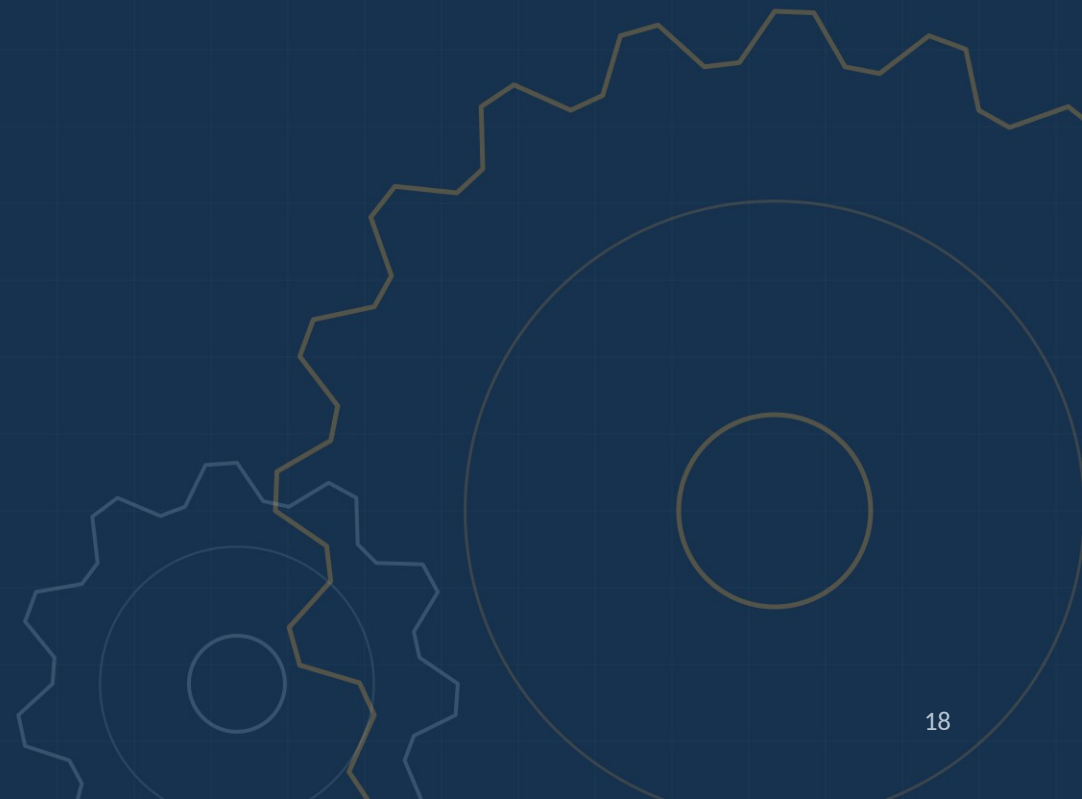
KLUCZOWA MYŚL

Trzy kierunki: **analiza struktury, modele decyzyjne, optymalizacja** – dla układu działania o najkorzystniejszych właściwościach eksploatacyjnych.

03

Modelowanie systemowe

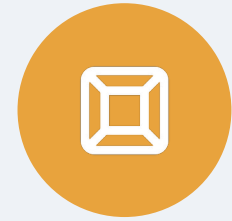
Czarna skrzynka, sprzężenia, struktury i modele



Modelowanie „twarde” i „miękkie”

Jeden z podstawowych postulatów podejścia systemowego nakazuje, by badany obiekt (ujmowany jako system) z jednej strony rozpatrywać w relacji do jego zmieniającego się otoczenia (wejście-wyjście), z drugiej strony – by poszukiwać sprzężeń (relacji funkcjonalnych) między jego elementami (analiza struktury). Relacje strukturalne, wiążące elementy w systemie, mogą być określane w różny sposób: jako proste parametry (np. czasy obróbki dla procesu produkcyjnego), lub równania matematyczne opisujące działanie systemu. Relacje te mogą być zdeterminowane lub probabilistyczne.

Jeżeli rezygnuje się ze ścisłego modelu matematycznego, wykorzystując tylko opisy korelacyjno-graficzne, to takie modelowanie określa się jako „miękkie”. Dotyczy ono problemów słabo ustrukturalizowanych, złożonych, związanych z niepewnością i niepełnością informacji.



KLUCZOWA MYŚL

Systemy eksploatacji to systemy **antropotechniczne** (z udziałem człowieka) – właściwe jest dla nich **miękkie** modelowanie systemowe.

Model „czarnej skrzynki”

Elementarny model systemowy

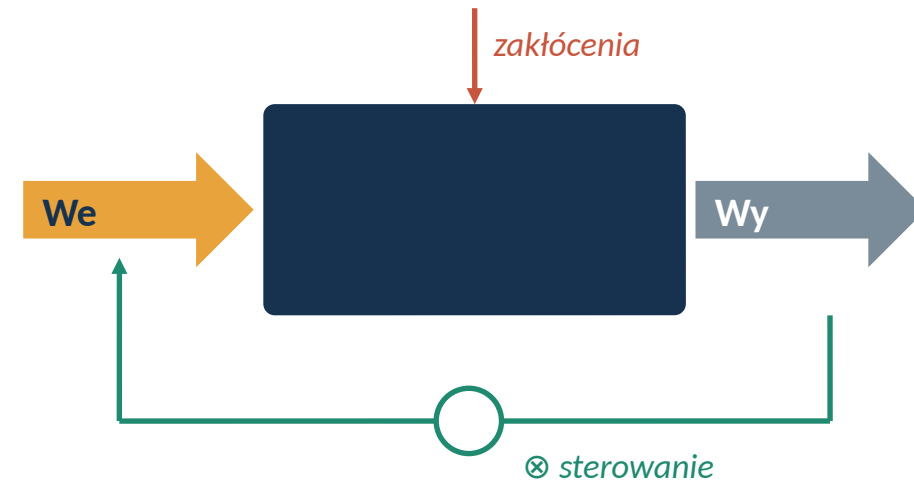


System opisuje się wyłącznie przez **wejścia** i **wyjścia** – bez wnikania w budowę wewnętrzną.

a) z zakłóceniami



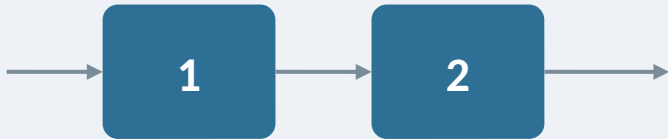
b) z zakłóceniami i sterowaniem



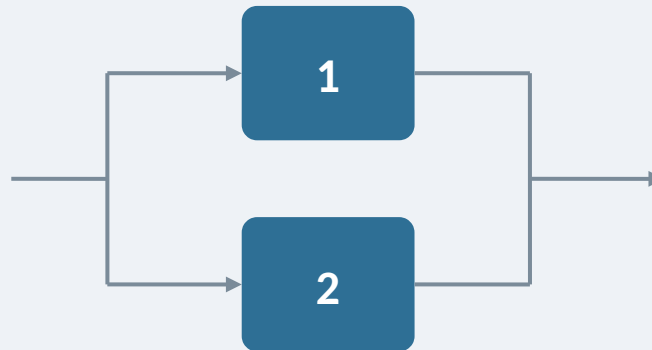
Sprzężenia elementów w systemie

Sprzężenie występuje wtedy, gdy wyjście jednego podsystemu staje się wejściem innego podsystemu. Można je sprecyzować, gdy część systemu potraktuje się jako podsystem z własnymi wejściami i wyjściami. Sprzężenia – jako relacje – to podstawowy składnik struktury modelu systemowego.

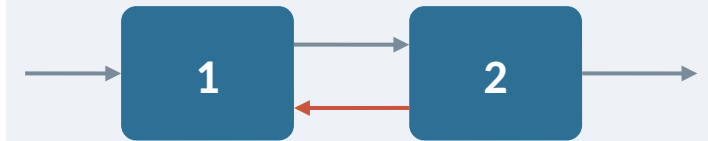
a) sprzężenie szeregowe



b) sprzężenie równoległe



c) sprzężenie zwrotne



Struktura systemu – porządkująca i organizująca

Struktura to konfiguracja przestrzenna elementów. Należy zwrócić tu uwagę, że rozpatrując strukturę obiektu nie bierze się pod uwagę wszystkich relacji, jakie występują między jego elementami, ale tylko te, które są istotne ze względu na określony cel (rozpatruje się określony układ). Podstawowe prawo z teorii systemów określa, że struktura systemu decyduje o jego zachowaniu się.

Struktura systemu rzeczowego (jakim jest maszyna) składa się przede wszystkim ze sprzężeń materiałowych, energetycznych i informacyjnych.

Wobec powyższego rozpatrując system można wyróżnić w nim dwie grupy struktur:

- **porządkujące** (np. przynależności, przestrzenna, połączeniowa),
- **organizujące** (np.: funkcjonalna, informacyjna, hierarchiczna).



KLUCZOWA MYŚL

Struktura maszyny to przede wszystkim sprzężenia **materiałowe, energetyczne i informacyjne.**

Trzy koncepcje modelu systemowego

Model systemowy jednoczy zatem trzy koncepcje systemowe:



Funkcjonalna – „czarna skrzynka”

system przedstawia się jako „czarną skrzynkę” i charakteryzuje się przez określone współzależności między swymi właściwościami, które należy obserwować z zewnątrz. Koncepcja abstrahuje wyraźnie od materialnej konkretyzacji oraz wewnętrznej budowy systemu i ogranicza się do zachowania całości w jej otoczeniu,



Strukturalna – „przezroczysta skrzynka”

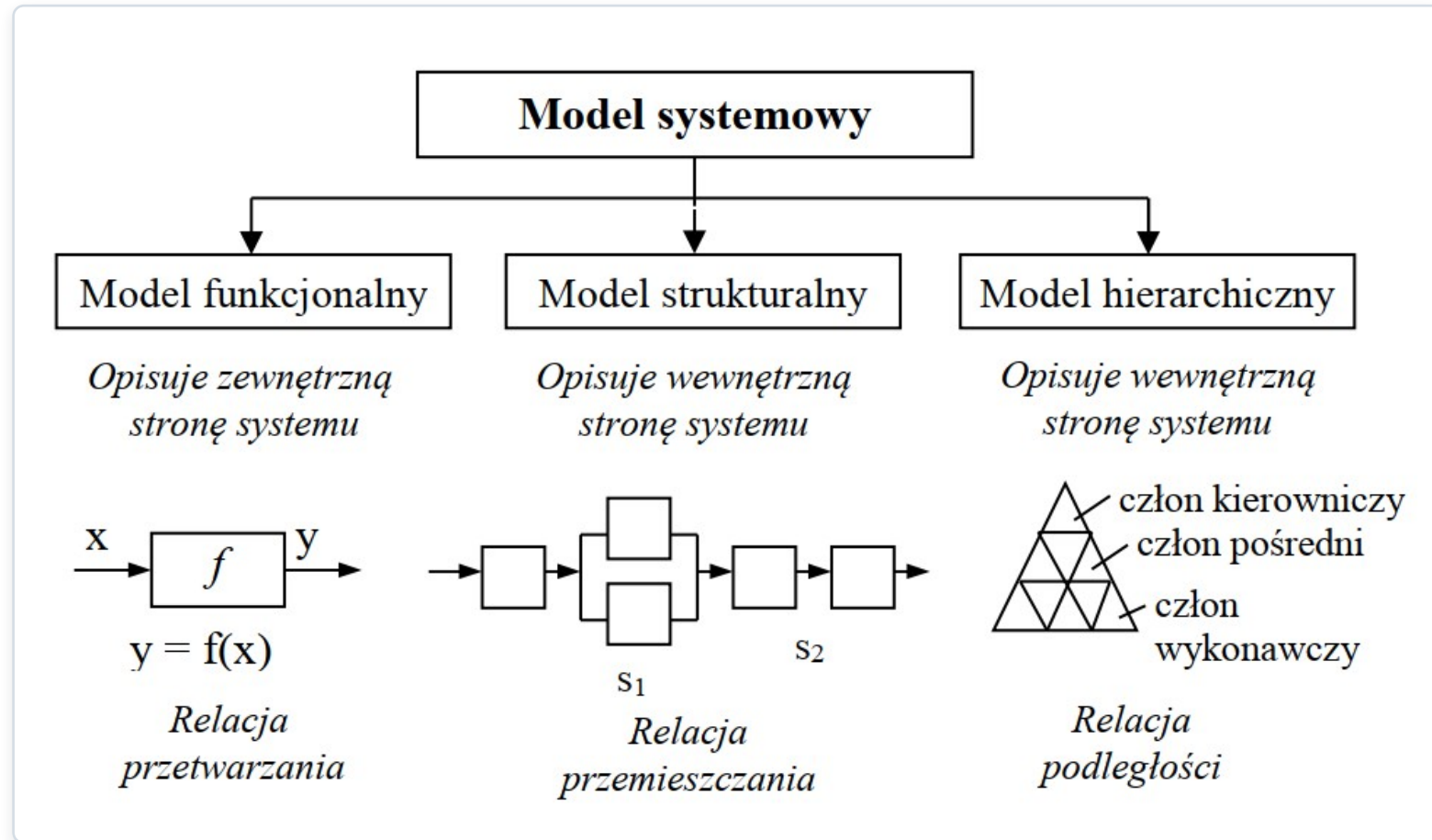
polega ona na tym, że system analizowany jest jako układ wzajemnie powiązanych elementów o znanych cechach (właściwościach). Koncepcja ta zajmuje się właściwościami elementów oraz ich sprzężeniem, na ile dobrze dają się one zintegrować w jeden zadaniowy organizm (układ powiązań).



Hierarchiczna – „piramida”

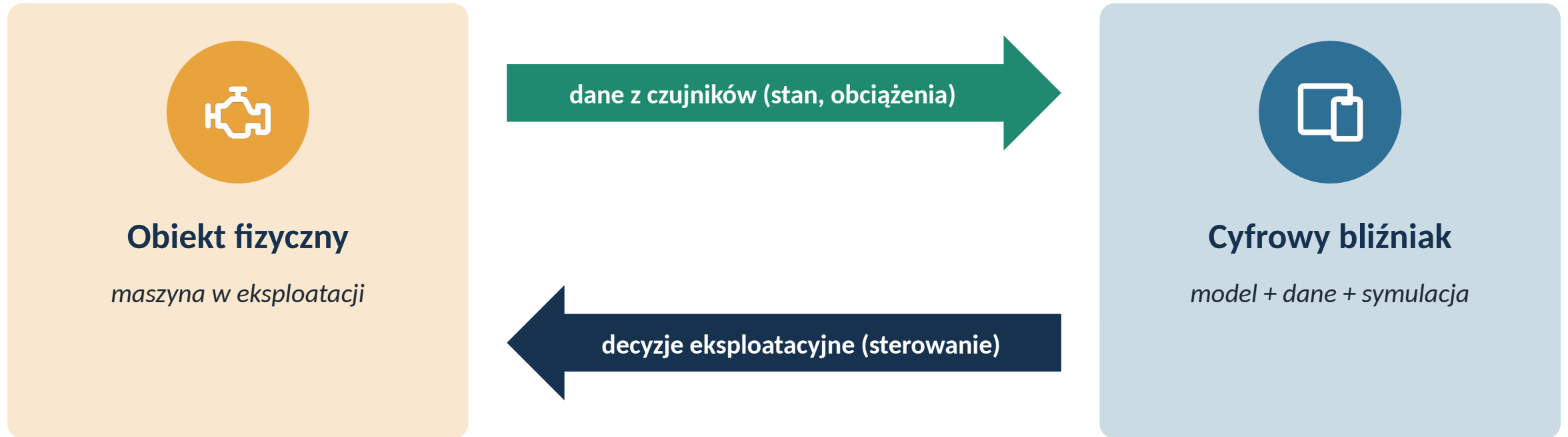
koncepcja podkreśla, że w każdym systemie jest człon nadrzędny – kierowniczy (nadsystem) oraz człon podrzędny – wykonawcze, które mogą być traktowane jako podsystemy.

Rodzaje i istota modeli systemowych



Rodzaje i istota modeli systemowych

Cyfrowy bliźniak – współczesny model systemowy

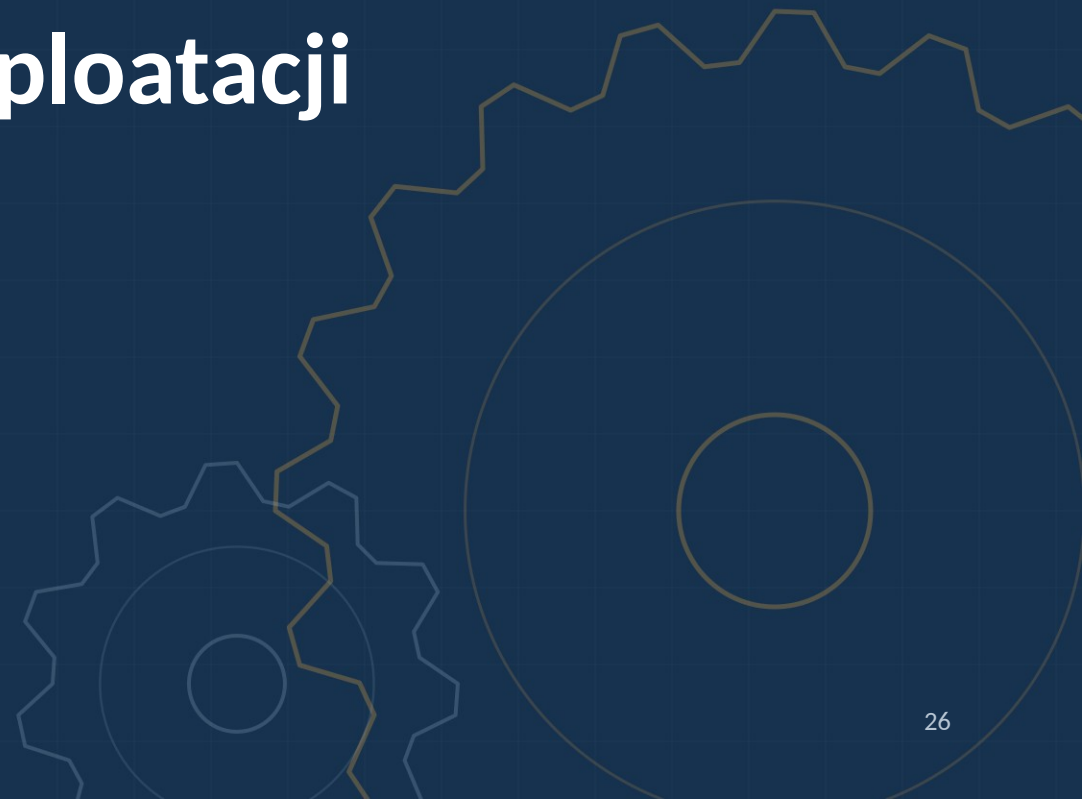


Model funkcjonalny (wejście–wyjście) + model strukturalny + **sprzężenie zwrotne** = system eksploatacji odwzorowany cyfrowo. Pozwala symulować skutki decyzji (np. terminu obsługi) przed ich podjęciem.

04

Model systemowy układów eksploatacji

Obiekt techniczny i system antropotechniczny



Trzy cechy modeli

Układy eksploatacyjne warto poznawać i doskonalić nie tylko na drodze doświadczania praktycznego, ale również korzystając z symulacji jako operacji na modelach. Modele opisują to, co jest w rzeczywistości, ale nie jest to cała rzeczywistość, lecz tylko ten aspekt, który jest ważny dla twórcy lub użytkownika modelu. Dlatego modele charakteryzują się trzema cechami:



Odwzorowanie



Skrót



Pragmatyczność

Model pokrywa tylko kawałek rzeczywistości i uwzględnia obserwatora i jego stosunek do rzeczywistości (model zawsze tworzy jakiś obserwator, wyrażając przez to określone intencje). Sama ogólna teoria systemów oferuje tylko formalne „klocki” (gramatykę opisu) do budowania modelu

Układy informacyjne i transportowe

Układy techniczne to sztuczne obiekty skonstruowane przez człowieka. Traktując ogólnie obiekt techniczny jako proste indywiduum, będziemy mówili o elemencie, natomiast rozpatrując obiekt ze względu na jego złożoność z uporządkowanych elementów, będziemy mówili o nim jako o układzie.

Ogólnie układy techniczne dzieli się na dwie jakościowo odrębne grupy:



Układy informacyjne

związane z przesyłem i przetwarzaniem informacji (obrazów, dźwięków),



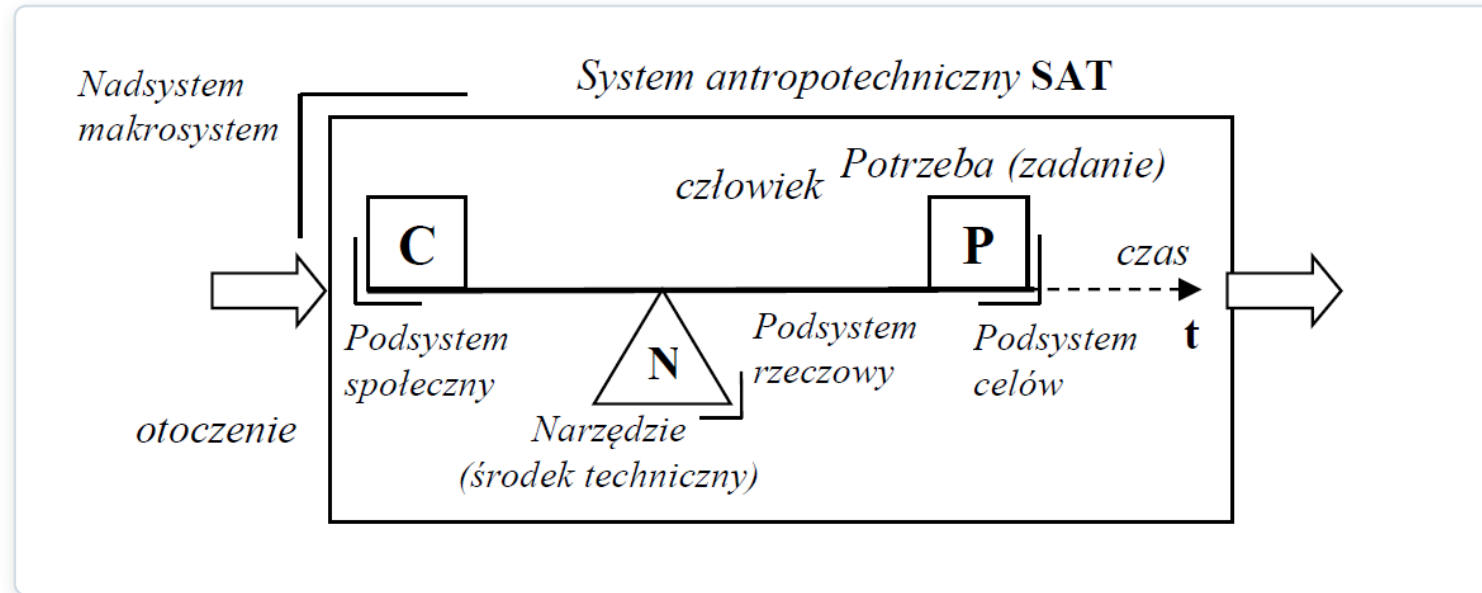
Układy transportowe (energetyczne)

związane z przetwarzaniem i przesyłem masy i energii.

Obiekt techniczny (OT) i system antropotechniczny (SAT)

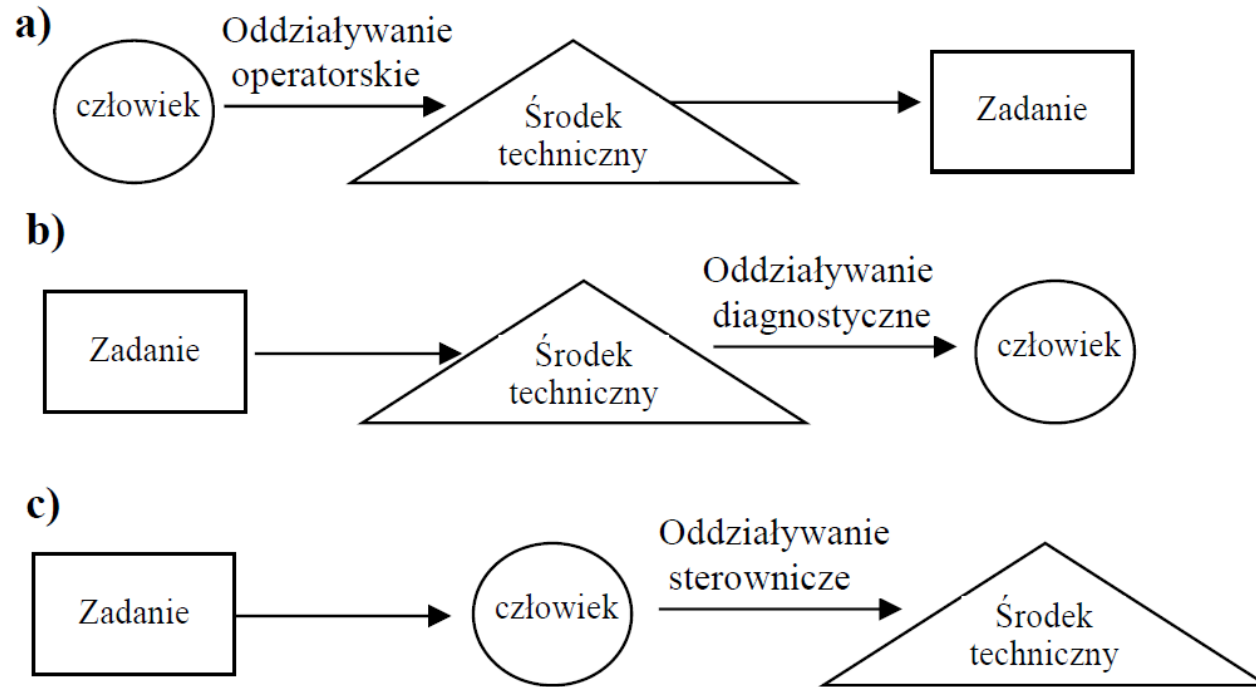
W eksploatacji „układ” może mieć dwojakie znaczenie:

- zespół współpracujących elementów, tworzących łącznie urządzenie techniczne (maszynę), które spełniają określone zadania, określany jest ogólnie jako **obiekt techniczny (OT)**.
- zbiór elementów zależnych od siebie funkcjonalnie, lecz nie tworzących jednolitej całości – **system antropotechniczny (SAT)**.



Elementarny model antropotechnicznego systemu działania (SAT)

Funkcje człowieka w systemie SAT



Przykłady funkcji wykonywanych przez człowieka w systemie (SAT): a) decydent, b) badacz, c) przekaznik

Człowiek tworzy **podsystem sterowania**, a maszyna – **podsystem wykonawczy**.

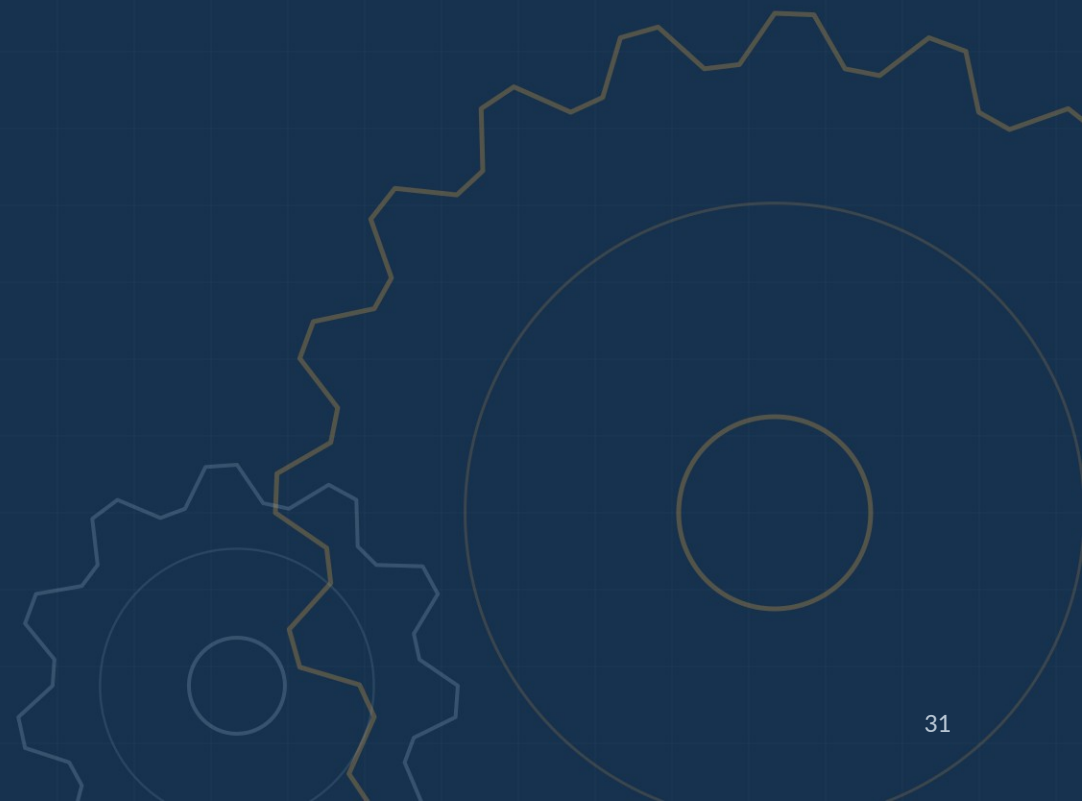
Rola człowieka: **decydent** (operator), **badacz** (diagnosta) lub **przekaznik** sygnałów sterowniczych.

70–90% wypadków i awarii środków technicznych powodują szeroko rozumiane **błędy człowieka**.

05

Inżynieria systemów

Inżynieria jako celowe zmienianie i sterowanie systemem



Inżynieria kryje się w głowach ludzi

Powszechnie utrwalił się pogląd, według którego słowo „**inżynieria**” utożsamia się z maszynami (stąd – inżynier mechanik), budowlami (inżynier budownictwa), itd. Nie jest to jednak słuszne, bowiem: „inżynieria nie kryje się w maszynach czy urządzeniach, ale w głowach ludzi”. Współczesna definicja określa inżynierię jako: „szeroko pojmowaną teorię lub praktykę poznania oraz celowego zmieniania i sterowania jakimkolwiek procesem lub systemem”. W tym ostatnim aspekcie szczególnego znaczenia nabiera inżynieria systemów.

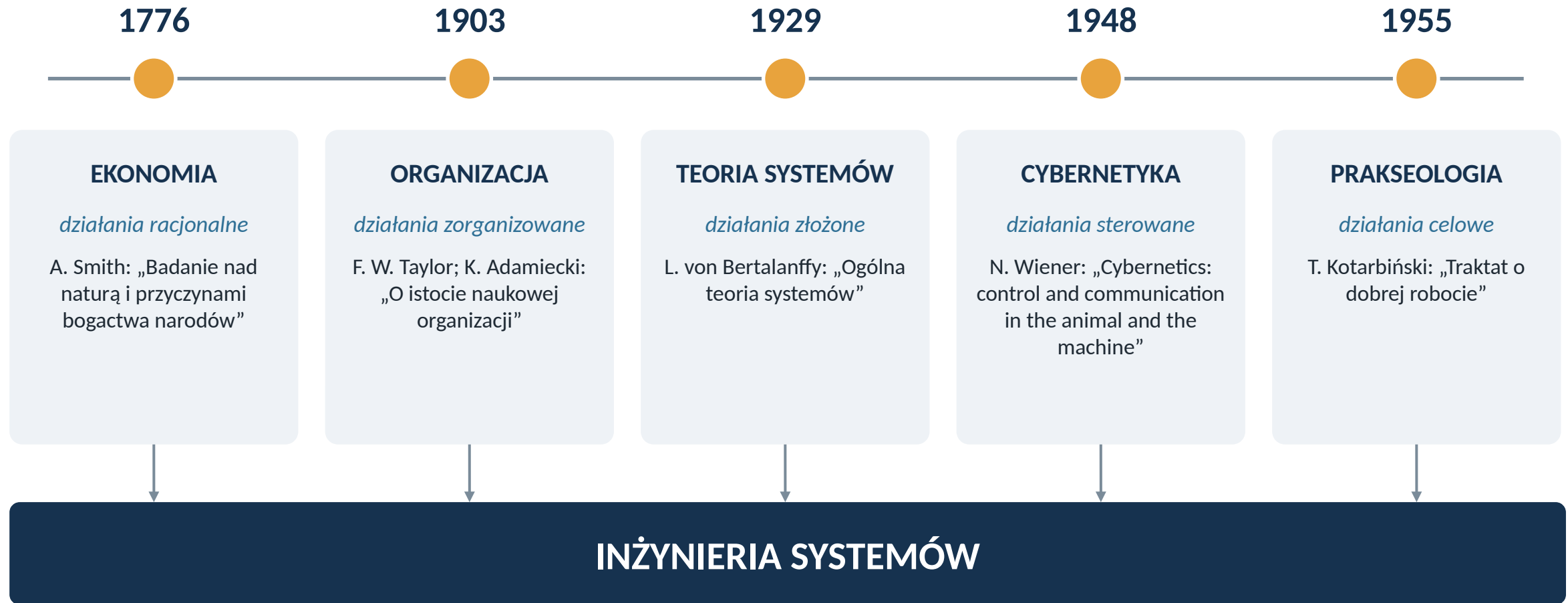
Nazwą **inżynierii systemów**, rozumianej jako technologia pracy na zbiorach, obejmuje się praktyczne programy działania, oparte na logice i rachunku prawdopodobieństwa. Wykorzystuje w tym celu sformalizowane narzędzia matematyczne. Istotny jest również jej związek z naukami o działaniu, ponieważ system w istocie rzeczy dotyczy głównie układów działania.



KLUCZOWA MYŚL

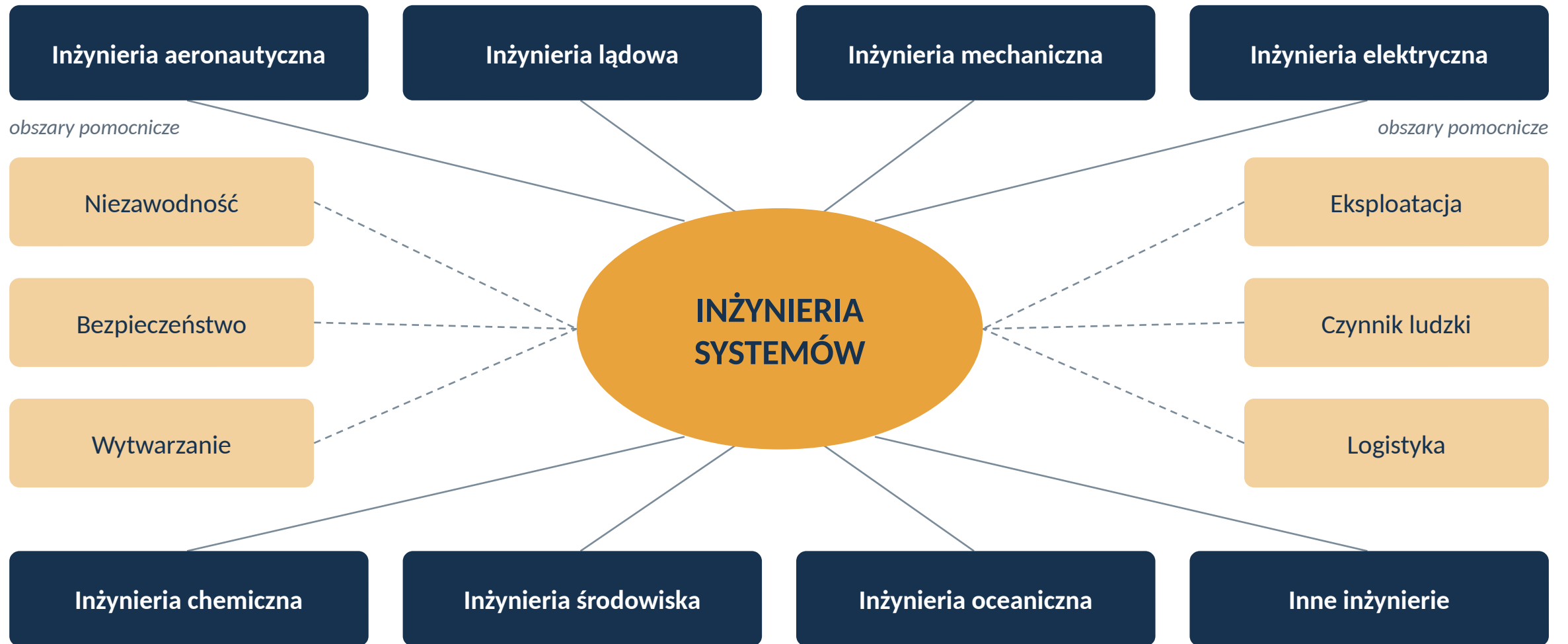
Inżynieria systemów –
**technologia pracy na
zbiorach**, oparta na logice i
rachunku
prawdopodobieństwa.

Związek inżynierii systemów z naukami o działaniu



Zadanie: optymalizacja wyjścia z systemu wg zadanych kryteriów – na podstawie charakterystyki dynamicznej i analizy kosztów

Główne i pomocnicze obszary inżynierii systemów



Pytania problemowe inżynierii systemów

Podstawowym zadaniem inżynierii systemów w eksploatacji jest badanie i współudział w projektowaniu dowolnego rodzaju złożonych maszyn i urządzeń technicznych za pomocą symulacji komputerowej, wykorzystując modele strukturalne. Istotę tego podejścia opisują następujące pytania:

1. Jakie funkcje spełnia obiekt techniczny i jakie odpowiadają im standardy osiągnięć (np. wydajności, kosztu eksploatacji, bezpieczeństwa, itp.)?
2. Jak obiekt może zawieść w spełnianiu funkcji?
3. Co może być przyczyną każdego z uszkodzeń funkcjonalnych?
4. Jakie mogą być skutki każdego z tych uszkodzeń?
5. Jakie znaczenie ma każde z tych uszkodzeń?
6. Co można zrobić, aby zapobiec każdemu z tych uszkodzeń?
7. Co powinno być zrobione, gdy nie można znaleźć odpowiedniego działania zapobiegawczego?



KLUCZOWA MYŚL

Zadanie: badanie i współudział w projektowaniu złożonych maszyn za pomocą **symulacji komputerowej i modeli strukturalnych**.

Te same pytania w metodzie RCM (SAE JA1011)

#	Pytanie (pojęcie)	Termin RCM	Istota
1	Funkcje i standardy osiąarów	<i>Functions</i>	jakie funkcje i jakie standardy?
2	Uszkodzenia funkcjonalne	<i>Functional failures</i>	jak obiekt może zawieść?
3	Rodzaje (przyczyny) uszkodzeń	<i>Failure modes</i>	co je powoduje?
4	Skutki uszkodzeń	<i>Failure effects</i>	co się dzieje?
5	Konsekwencje uszkodzeń	<i>Failure consequences</i>	jakie mają znaczenie?
6	Zadania proaktywne	<i>Proactive tasks</i>	jak im zapobiec?
7	Działania domyślne	<i>Default actions</i>	co, gdy nie ma zadania zapobiegawczego?

Odpowiedzi na pytania 1-5 tworzą analizę FMEA/FMECA, pytania 6-7 – program obsługi.

Dynamika systemu – zegary eksploatacyjne

Oprócz tych pytań problemowych w procesie modelowania systemu eksploatacji należy także uwzględniać aspekt jego dynamiki. W tym celu do modelu należy wprowadzić przynajmniej trzy zegary: zegar decyzyjny, zegar informacyjny oraz zegar roboczy. Pod pojęciem tym rozumie się „zbiór wyróżnionych chwil”. Gdy zbiór ten jest przeliczalny, mówi się, że zegar jest dyskretny. Gdy zaś zbiór ten jest nieprzeliczalny, przyjmuje się, że zegar eksploatacyjny jest ciągły.

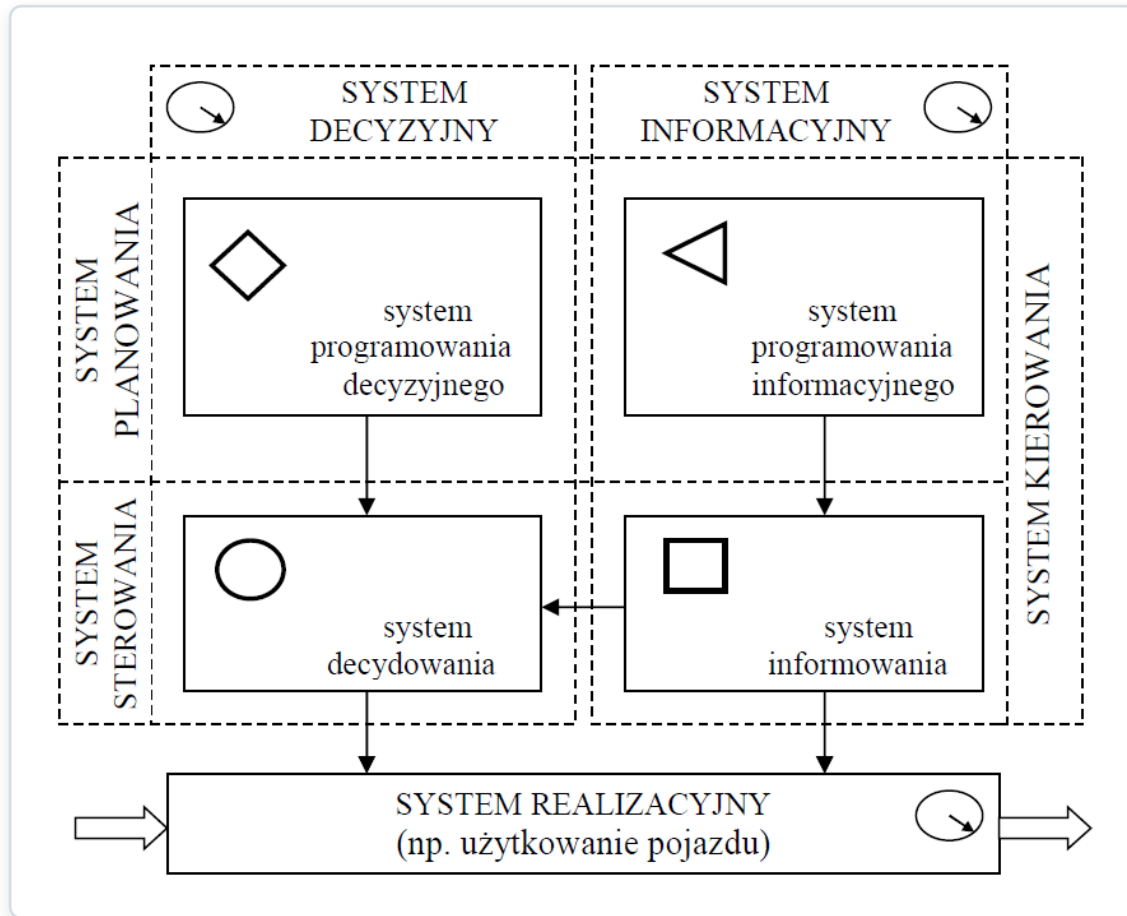
Czas eksploatacji jest kwantowany przynajmniej z dwóch punktów widzenia: czynności kierowniczych i czynności realizowania eksploatacji.



KLUCZOWA MYŚL

Trzy zegary: **decyzyjny, informacyjny i roboczy**.
Zegar może być **dyskretny** lub **ciągły**.

Makrostruktura systemu opisu eksploatacji



Makrostruktura systemu opisu eksploatacji z uwzględnieniem dynamiki w postaci „zegarów” jako wyróżnianych chwil czasowych

System decyzyjny – programowanie decyzji i decydowanie.

System informacyjny – programowanie informacji i informowanie.

System realizacyjny – np. użytkowanie pojazdu.

Symbol zegara oznacza wyróżniane chwile czasowe w każdym z podsystemów.

Pytania kontrolne



1. Podaj definicję systemu (Bertalanffy, Pabis). Co oznacza zasada „całość to coś więcej niż suma części”?
2. Z jakich podsystemów składa się system eksploatacji i jakie jest jego otoczenie?
3. Wyjaśnij metaforę góry lodowej w myśleniu systemowym.
4. Czym różni się model funkcjonalny, strukturalny i hierarchiczny? Podaj rodzaje sprzężeń.
5. Czym jest system antropotechniczny (SAT) i jakie funkcje pełni w nim człowiek?
6. Wymień siedem pytań inżynierii systemów (RCM) i wskaż ich związek z FMEA.

Dziękuję za uwagę

Następny wykład: W4. Utrzymanie ruchu maszyn

dr inż. Radosław Gościński

