

11. Modelowanie w technice

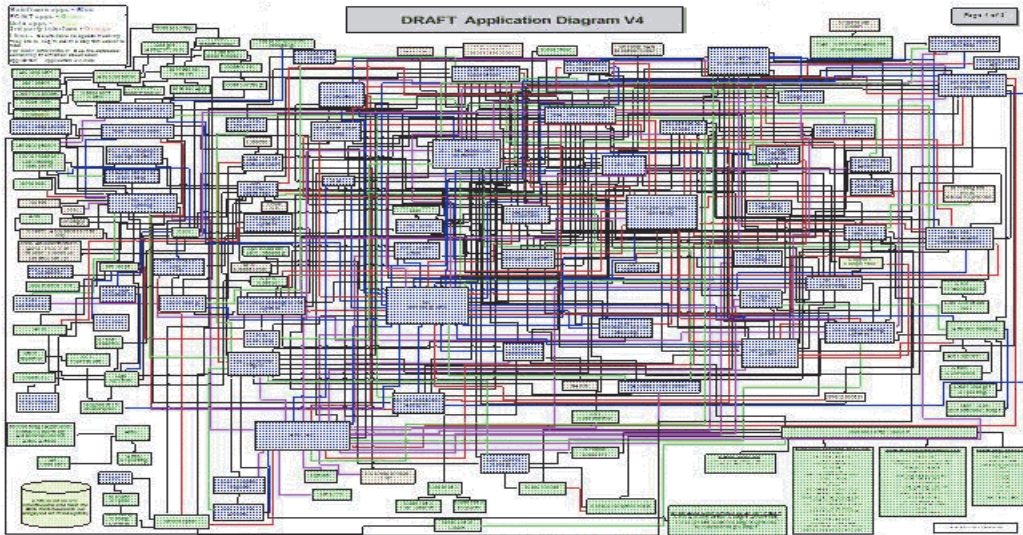
Cel wykładu



11.1. Dematerializacja jako sposób na złożoność

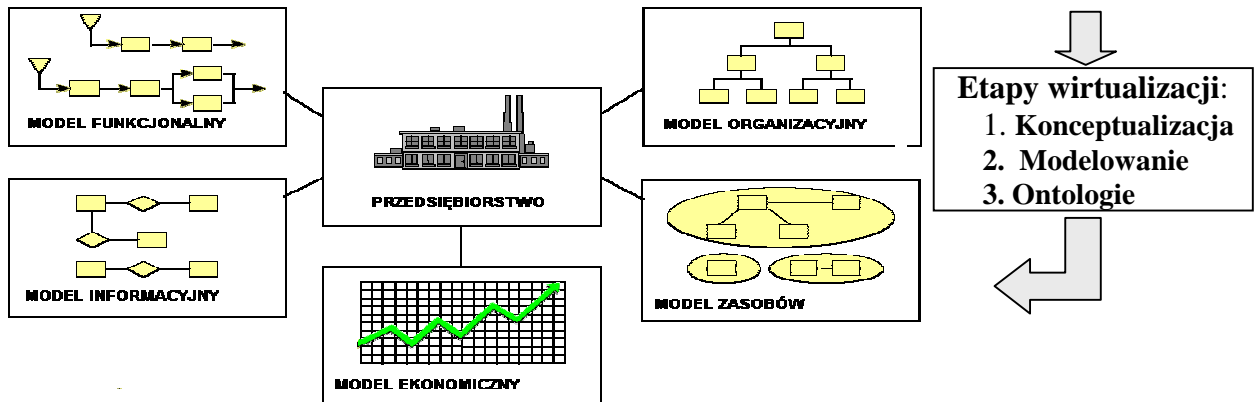
W działaniach technicznych szczególną właściwością jest przechodzenie ze sfery abstrakcji do konkretów i odwrotnie, czyli z modelu na rzeczywistość i z rzeczywistości na model.

Cechą współczesności jest **złożoność** wszystkiego. Każdy obiekt (analizy) jest zbiorem wielu elementów.

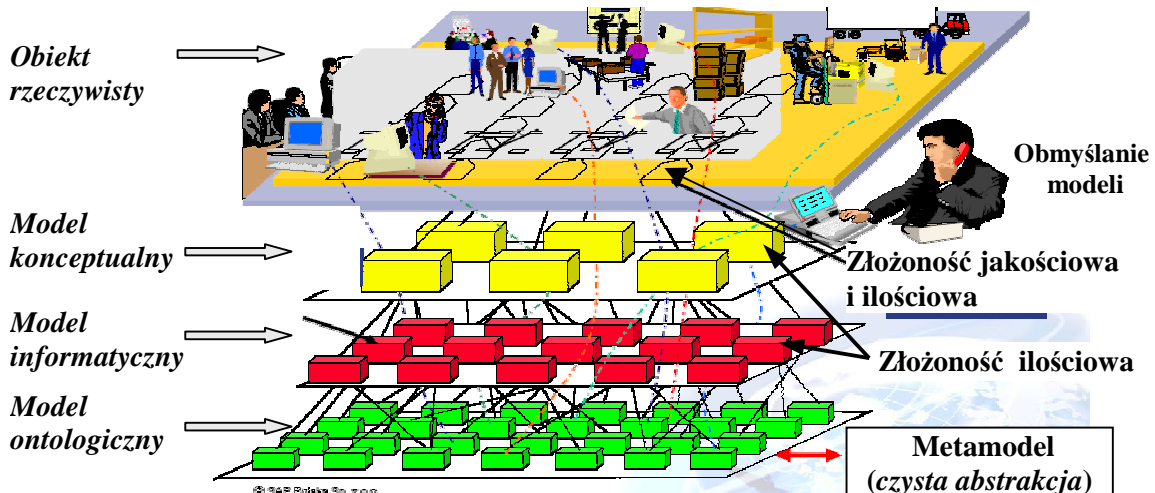


Przykład złożoności różnorodnych powiązań w przedsiębiorstwie

Stopień złożoności uwarunkowany jest przede wszystkim jakościową różnorodnością elementów. By poznać ten twór i sterować nim, trzeba go zdematerializować, czyli dokonać wirtualizacji.



Modelowanie jako sposób na pokonanie problemu złożoności jakościowej



Złożoność jest pojęciem względnym, zależnym od sposobu ujęcia poznawczego.

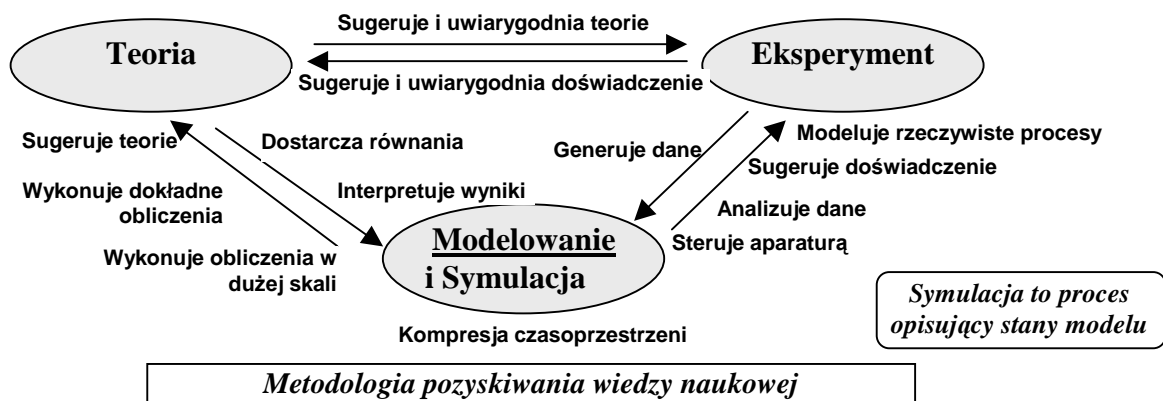
11. 2. Nauka rozumienia na modelach

Zrozumienie niewątpliwie wymaga wysiłku umysłowego. Potrzebna jest przy tym i precyzja używanego języka, zdolność myślenia abstrakcyjnego oraz wyobraźnia

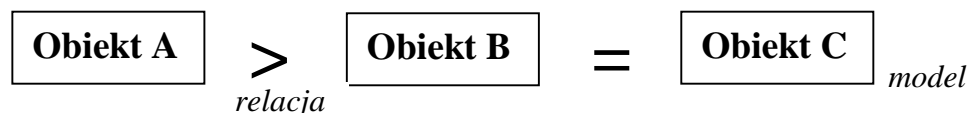
Trzy podstawowe (kluczowe) problemy rozwiązywane przez naukę:

1. **Problem identyfikacji rzeczywistości** (odpowiedź na pytania: *co?, jak?, kiedy?, gdzie?, ile?*).
2. **Problem optymalizacyjno-decyzyjny** (wyboru najlepszego rozwiązania, struktury itp.).
3. **Problem rozwoju i innowacji** (wynajdowanie nowych, lepszych rozwiązań).

Każdy z tych problemów jest w istocie szukaniem najlepszego modelu, model bowiem leży u podstaw metodologicznych pozyskiwania wiedzy (zobacz rysunek poniżej).



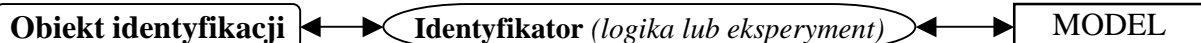
Ogólnie biorąc, w naukach technicznych rozumienie pojmowane jest jako rozumowe uchwycenie odpowiedniości między obiektami i zjawiskami naturalnymi a obiektami teoretycznymi, czyli określenie pojęć i relacji, które w danej teorii naukowej korespondują z określonymi cechami owych obiektów i procesów materialnych. Dokonujemy tego na odpowiednich modelach.



Model jest uproszczeniem istniejących systemów, procesów i zjawisk rzeczywistych. Metoda modeli ma charakter ogólnonaukowy. Wszyscy stale posługujemy się modelami, a nauka w szczególności – zwłaszcza cybernetyka, w której modelowanie jest jedną z podstawowych metod badawczych. Model jest celowo dobranym układem cech przedmiotów poddanych naszej badawczej uwadze. Geometryczne pojęcie kuli uznajemy np. za model konkretnej kuli (np. bilardowej), taki model pomija więc odchyłki powierzchni od idealnej kuli.

Umiejętność zamiany rzeczywistości modelowej na konkretną – to inżynieria.

Rozpoznanie obiektu, w celu stworzenia najodpowiedniejszego dla danych potrzeb modelu tego obiektu, nazywane jest **identyfikacją**. Identyfikację należy traktować jako pewnego rodzaju proces pomocniczy, stosowany we wszelkiej działalności twórczej, zarówno na gruncie badań naukowych, jak i w praktyce technicznej. Proces identyfikacji, w tym sensie, polega na porównaniu, celem ustalenia tożsamości obiektu będącego przedmiotem zainteresowania, z modelem, który bądź powstaje w wyniku przebiegu procesu identyfikacji, bądź został pobrany z banku modeli, właściwego dla odpowiedniej dziedziny wiedzy (Adamkiewicz).



Zasadniczym aspektem nauczania i uczenia się techniki na modelach nie jest literalne zapamiętanie określonych sformułowań, zasad czy wzorów mechaniki, można je sobie bowiem w każdej chwili przypomnieć sobie z książek. Chodzi bardziej o ogólne zasady używania abstrakcyjnego myślenia w celu poznawania i rozumienia rzeczywistości uprzedmiotowionej

11. 3. Istota modelowania

W procesie identyfikacji ocenia się przydatność znanego, już istniejącego modelu do odwzorowania badanego wycinka rzeczywistości.

Podczas projektowania urządzenia inżynier buduje opisowy model układu, będący hipotezą co do sposobu działania układu i na jego podstawie może wnioskować co do wpływu potencjalnych zakłóceń na stan układu. W sterowaniu model może posłużyć do teoretycznego wypróbowania różnych strategii sterowania bez wpływania na rzeczywisty układ. Niektóre ciągi rozumowania, czasem dość subtelne, nie dają się sprowadzić do prostego stosowania matematycznych reguł przekształcania wzorów. Wtedy stosuje się inne rodzaje modeli, np. makiety.

Modelowanie to korzystanie z zależności i wnioskowań prowadzonych przy użyciu aparatu logicznego i formalizmu matematycznego, czego wynikiem są między innymi przewidywania co do pewnych cech i zachowań rozpatrywanego układu.

Dla zrozumienia współczesnej techniki, w wysokim stopniu zmatematyzowanej, ważne jest pojmowanie owego procesu abstrahowania pewnych aspektów rzeczywistości materialnej w postaci obiektów i formuł matematycznych, w tej bowiem postaci formułowane są fundamentalne prawa funkcjonowania przyrody. Znany matematyk niemiecki G. Wintgen pisze jednak, że:

„Matematycznemu zdefiniowaniu jakiegoś ogólnego pojęcia towarzyszy zawsze pewne rozczarowanie i utrata złudzeń. Definicja matematyczna rezygnuje bowiem z bogactwa skojarzeń, które występują przy opisie słownym pojęcia. Skojarzenia te mają dużą wartość heurystyczną, jednak właśnie z ich powodu, każdy pod danym pojęciem rozumie coś innego.”

Cele tworzenia modeli w technice:

- **dla potrzeb projektowania**, gdzie model służy do optymalizacji struktury i parametrów konstruowanego obiektu i jest narzędziem oceny jakości konstrukcji, eliminacji słabych ogniw, projektowania układów nadzoru (modele funkcjonalne i niezawodnościowe),
- **dla potrzeb użytkowania i sterowania**, wykorzystując model do podejmowania decyzji z działającym obiektem (zakres działań obsługowych, decyzje eksploatacyjne, itp.),
- **dla potrzeb diagnozowania**, gdzie model jest podstawą ustalenia algorytmu diagnozowania, który prowadzi do określenia stanu aktualnego i przyszłego obiektu.

Modelowanie jest tworzeniem wyidealizowanej, ale użytecznej repliki.

Model jest bardziej lub mniej uproszczoną reprezentacją realnego obiektu (procesu), który w swej złożoności sam w sobie, bez procedur jego idealizacji może być nie do ogarnięcia. Modele jako pojęcia są więc intelektualną i pragmatyczną koniecznością.

Modelowanie to nie tylko otrzymanie konkretnego modelu, lecz cały cykl badawczy, od utworzenia modelu poczynając, przez jego weryfikację, interpretację, a kończąc na kolejnym przybliżeniu. Jeśli zjawisko jest zrozumiane, istnieje wówczas możliwość zbudowania modelu.

Zrozumieć zjawisko oznacza: „zbudować model”.

Korzyści z modelowania:

1. Modele dają podstawę do symulacji, czyli wirtualnego badania i przekształcania rzeczywistości.
2. Modele pozwalają na określanie związków pomiędzy parametrami symptomów diagnostycznych i cechami stanu obiektu technicznego.
3. Techniki modelowania i symulacji prowadzą do redukcji kosztów i czasu w projektowaniu nowych procesów i wyrobów.
4. Modele pozwalają przewidywać własności nowych materiałów, co w efekcie daje lepsze wykorzystanie nośności w nowym projekcie oraz lepsze przewidywanie czasu do koniecznej naprawy .

Modelowaniem nazywamy czynność, którą posługujemy się w opisie naukowym rzeczywistości, polegającą na badaniu modeli, stanowiących jej przybliżenie.

11. 4. Rodzaje modeli

Istnieje wiele różnych klasyfikacji modeli, zależnie od celu badań i specyfiki obiektu.

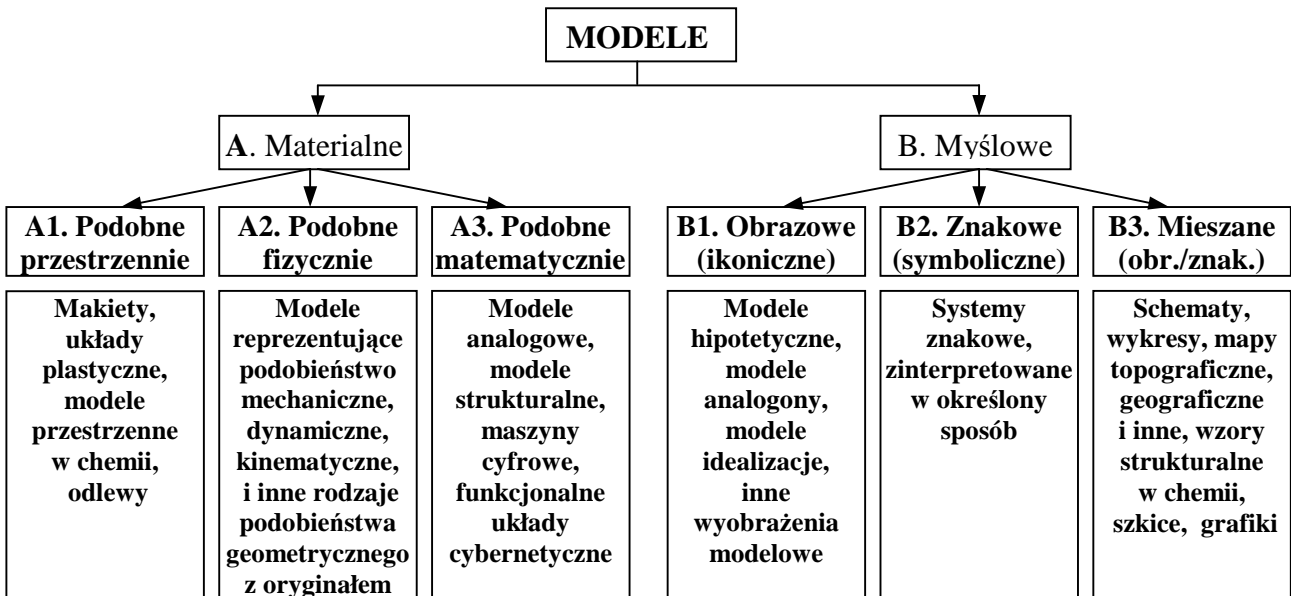
Klasyfikacja jest podstawą do określenia zasadniczych funkcji spełnianych przez modele, a mianowicie:

- **funkcji praktycznej**, którą spełniają modele jako przedmioty poznania naukowego,
- **funkcji teoretycznej**, które spełniają modele łącząc elementy: logiczne, konkretne i abstrakcyjne.

I. Z punktu widzenia spełnianych funkcji można wyróżnić 3 grupy modeli:

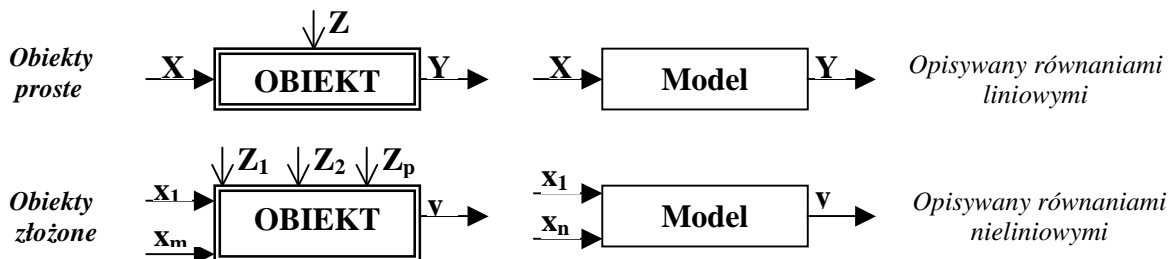
1. **modele strukturalne** – pokazujące powiązania i lokalizację geometryczną wyróżnionych elementów, wygodne do analizy organizacji obiektu i zagadnień związanych z kierowaniem i sterowaniem obiektem. Modele te mają zwykle postać: relacji logicznych (powiązania strzałkowe), opisowo-graficzną, np. schemat organizacyjny, lub postać złożeniowego rysunku technicznego.
2. **modele funkcjonalne** – pokazujące wpływ różnych elementów obiektu na poszczególne funkcje (zadania) wykonywane przez obiekt, np.: modele opisowo-graficzne, schematy blokowe itp.
3. **modele badawcze** – wśród których wyróżnia się:
 - a) **modele ideowe** – pokazujące sposób realizacji określonych zadań, np. schematy elektryczne,
 - b) **modele analityczne** – umożliwiające ilościowe określenie właściwości obiektu. Mają one zwykle postać matematyczną, np. zależności funkcyjne, macierze, opisy procesów itp.

II. Z punktu widzenia sposobu odtwarzania rzeczywistości wyróżnia się dwie grupy modeli:



III. Z metodycznego punktu widzenia należy wyróżnić dwa podstawowe typy modeli;

- **zdeteterminowane**, występuje jednoznaczna zależność pomiędzy cechami obiektu (x) a modelem (y),
- **losowe**, na skutek dużej liczby zakłóceń zewnętrznych brak takiej jednoznaczności; $y \neq f(x)$.



Modelowanie zdeterminowane dla obiektów prostych i dla obiektów złożonych

W technice i nauce najbardziej poszukiwanymi modelami są modele matematyczne. Stanowią one najbardziej reprezentatywną grupę modeli myślowych. Są zapisywane w postaci równań: różniczkowych lub całkowych. Modelowanie matematyczne pozwala wnikać w istotę badanych systemów i udostępnia szczegółowemu badaniu wiele własności, procesów i związków.

11. 5. Konstruowanie modeli

Modelem nazywamy układ materialny (np. makietę) lub układ abstrakcyjny (np. układ równań), który jest w jakimś sensie podobny do badanego układu pod określonym względem.

Ogólnie biorąc, proces modelowania traktuje się jako proces odbioru i odpowiedniego przetwarzania informacji, dotyczących struktury i funkcjonowania danego wycinka rzeczywistości.

Podstawowa różnica między modelami materialnymi i myślowymi (abstrakcyjnymi):

- **modele materialne** są zbudowane przez człowieka dla określonych celów, istnieją obiektywnie, funkcjonują wedle obiektywnych praw przyrody i w tym sensie są niezależne od człowieka.
- **modele abstrakcyjne** mogą odtwarzać te same zjawiska, co modele materialne istniejąc jedynie w głowie człowieka. Mimo, że mogą one być wyrażone i zazwyczaj bywają wyrażone w rysunkach, szkicach lub znakach, funkcjonują jedynie dzięki operacjom myślowym.

Budując model konieczne jest określenie trzech ważnych elementów. Są nimi:

1. Lista zjawisk i procesów jakie występują w badanym układzie (obiekcje). Lista ta jest zwykle uzupełniona graficznym schematem układu z zaznaczonymi na nim zmiennymi i parametrami.
2. Lista założeń, które wprost powinny wynikać z pożądanego zakresu ważności modelu (a ten jest dany lub przyjęty).
3. Lista uproszczeń, która wynika: z założeń i pożądanego zakresu badań oraz potrzebnej (żądaney) dokładności analizy. (W. Tarnowski: *Modelowanie systemów*)

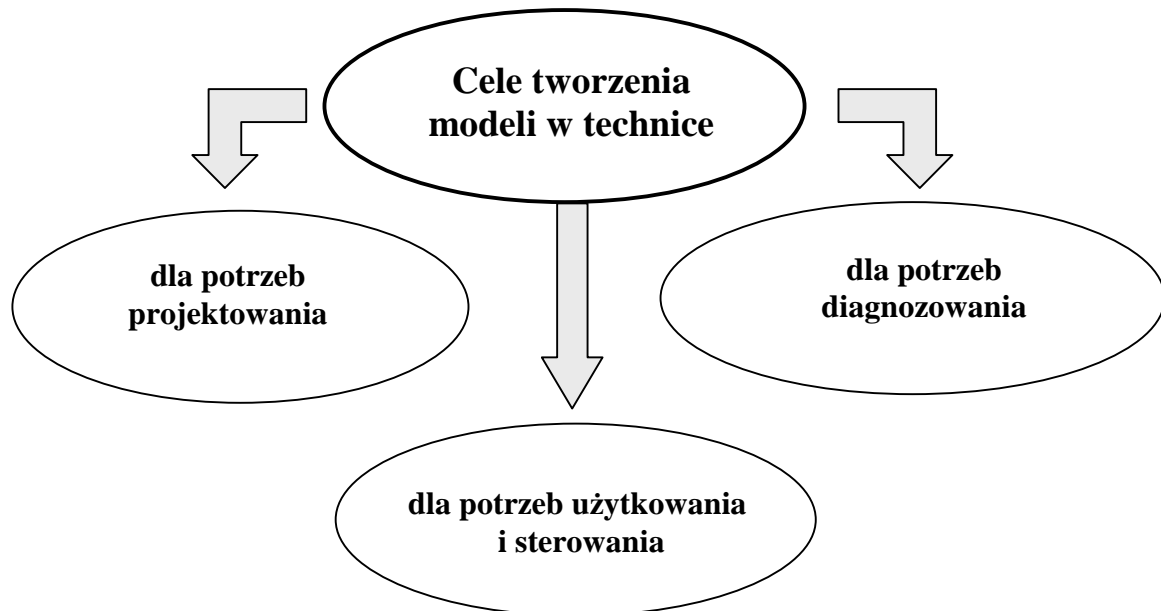
Przystępując do konstruowania modelu obiektu, należy zatem ustalić:

1. Cel, w jakim model jest tworzony i związane z tym wymagania,
 2. Czy model ma dotyczyć obiektu jako całości (model urządzenia), czy też ważny jest jego podział na części i ich współdziałanie (model systemu),
 3. Jakie części obiektu są istotne ze względu na tworzenie modelu i jakie ich właściwości charakteryzują powiązania wewnętrzne,
 4. Rodzaj postaci modelu (fizyczny, matematyczny, graficzny).
- **Modelowanie fizyczne** – badanie naukowe polegające na wykonaniu w odpowiedniej skali wiernego modelu fizycznego z uwzględnieniem istotnych cech, które mają wpływ na spodziewany wynik badań. Typowym przykładem może tu być badanie modelu samolotu lub łopatek turbiny w tunelu aerodynamicznym. Rezultaty badań uzyskiwane za pomocą modelowania fizycznego (z wykorzystaniem nowoczesnej techniki pomiarowej) są bardzo pożyteczne, jednak zakres zastosowania modelowania fizycznego jest stosunkowo wąski.
 - **Modelowanie strukturalne** – sposób rozwiązywania problemów o małej strukturze, polegający na przyporządkowaniu poszczególnym członom układu strukturalnego odpowiadających im członów operacyjnych analogowych. Metoda ta jest prosta, przejrzysta i stosuje się wówczas, gdy problem da się przedstawić w postaci schematu strukturalnego opisanego matematycznie.
 - **Modelowanie matematyczne** – metoda rozwiązywania problemów opisanych matematycznie, polegająca na zastosowaniu rozwiązywania identycznych równań opisujących zjawisko w rzeczywistości i modelu. W odróżnieniu od modelowania fizycznego, w modelowaniu matematycznym zadanie jest przedstawione w postaci równań lub schematu strukturalnego, w którym poszczególne człony (a nie cały układ!) są opisane równaniami.
 - **Modelowanie układów technicznych metodą strukturalną** – metoda uzyskiwania informacji o układach projektowanych oraz o zachowaniu się urządzeń technicznych w czasie eksploatacji. Podstawą modelowania układów technicznych jest znajomość poszczególnych elementów i członów tych układów. Wymagane są równania opisujące te człony, ich charakterystyki, zakres zmienności parametrów oraz możliwość zmiany struktury układów.

Model (lub modelka) to wymyślona rzeczywistość !!!

11. 6. Z innego punktu widzenia (Marek Szulist)

Modelowanie jest uproszczeniem istniejących systemów, procesów i zjawisk rzeczywistych. W technice jest to przechodzenie ze sfery abstrakcji do konkretów i odwrotnie, czyli z modelu na rzeczywistość i z rzeczywistości na model. Modele tworzy się dla różnych potrzeb (zobacz rysunek poniżej).



Metoda modeli ma charakter ogólnonaukowy. **Modelowanie to cały cykl badawczy, który polega na utworzeniu modelu poprzez jego weryfikację, interpretację, aż do jego akceptacji.** Modelować można w nieskończoność. Jeśli model zostanie zrozumiany, to istnieje możliwość jego zbudowania. W technice i nauce najbardziej poszukiwanymi modelami są modele matematyczne, można je zapisywać w postaci równań różnego typu.

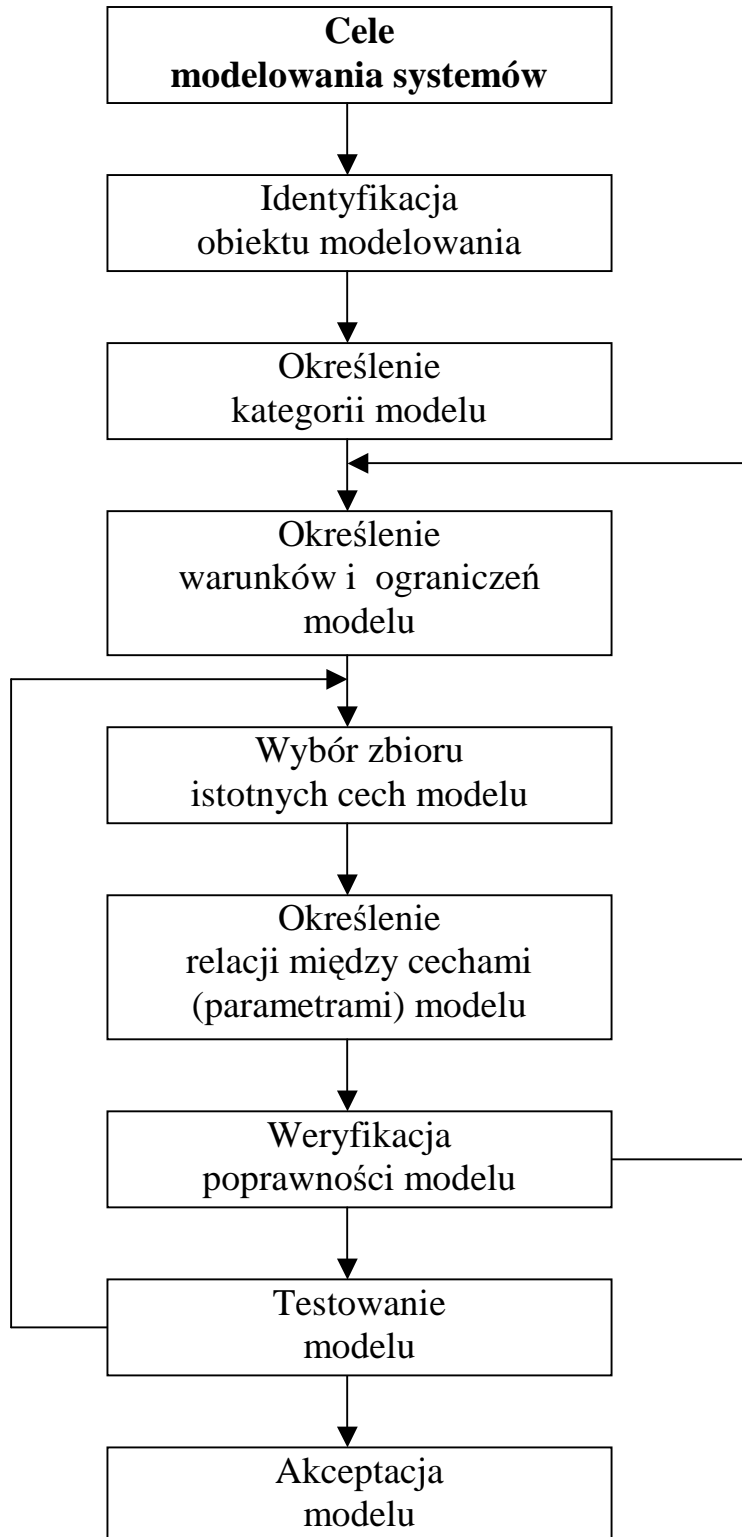
Model to układ materialny (np. makieta) lub układ abstrakcyjny (np. rysunki, opisy słowne, równania matematyczne).

Modelowanie to całokształt czynności zmierzających do utworzenia modelu fizycznego i matematycznego:

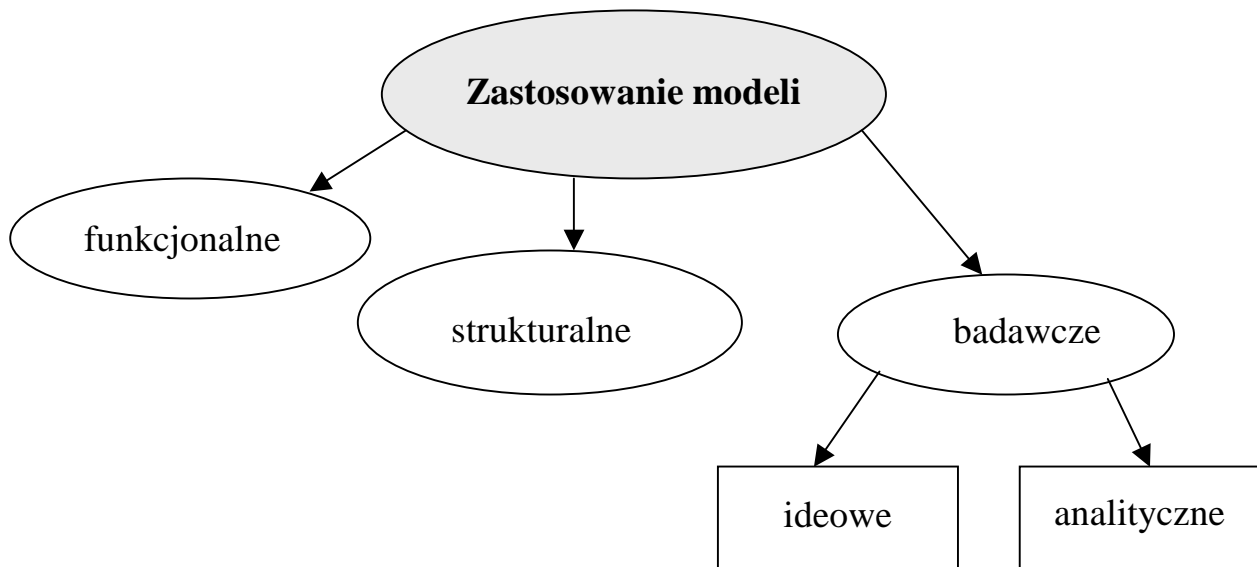
- **Model fizyczny** (nominalny) to opis procesów w obiekcie (fizycznych, również ekonomicznych i społecznych),
- **Model matematyczny** to zbiór reguł i zależności, na podstawie których można za pomocą obliczeń przewidzieć przebieg modelowania procesu. Modelem matematycznym są równania opisujące proces oraz wszelkie relacje opisujące ograniczenia i uproszczenia. (np. nierówności).
- **Model komputerowy** to otrzymane na drodze obliczeniowej przebiegi czasowe zjawisk i charakterystyk układu, uzyskane z wykorzystaniem programu komputerowego, umożliwiającego wprowadzenie parametrów modelowanego układu i stanu początkowego.

Symulacja komputerowa to zastosowanie techniki komputerowej do rozwiązywania problemów dynamicznych modeli systemów.

Ogólny schemat modelowania systemów



Zastosowanie modeli



Podział modeli

Modele służące do opisu procesów eksploatacji obiektów technicznych:

stochastyczne

rozmyte

neuronowe

Metody budowy modeli matematycznych obiektów technicznych:

eksperymentalna

teoretyczna

Wykorzystanie w informatycznych podsystemach zarządzania eksploatacją modeli procesów eksploatacji obiektów technicznych jako:

wspomaganie decyzji

ekspertowe

Modele podejmowania decyzji dotyczą:

optymalizacji

symulacji

prognozowania

Proces modelowania i doboru modelu w technice jest bardzo ważny, gdyż nie ma jednego dobrego modelu, który byłby dobry do wszystkich sytuacji opisujących budowę i eksploatację obiektów technicznych. Dlatego też opracowuje się kilka różnych modeli o odmiennej strukturze i złożoności, a potem wybiera się najlepszy, który można zastosować w praktyce.