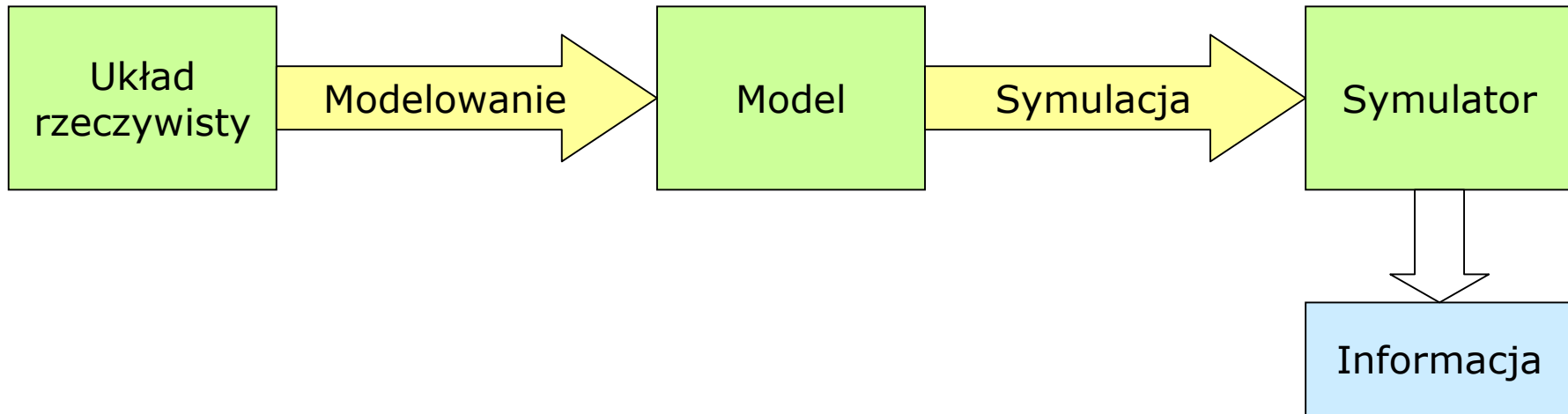


Definicje

- Modelowanie i symulacja
 - **Modelowanie** – zastosowanie określonej metodologii do stworzenia i weryfikacji *modelu* dla danego *układu rzeczywistego*
 - **Symulacja** – zastosowanie *symulatora*, w którym zaimplementowano *model*, do uzyskania *informacji* o zachowaniu *układu rzeczywistego*
- Elementy związane z modelowaniem i symulacją
 - **Układ rzeczywisty** – dowolna część świata rzeczywistego (ożywionego lub sztucznego, istniejąca lub projektowana)
 - **Model** – fizyczne (realne) lub matematyczne (abstrakcyjne) odzwierciedlenie układu rzeczywistego
 - **Symulator** – układ (urządzenie) lub program komputerowy, służący do wykonywania eksperymentów na modelach

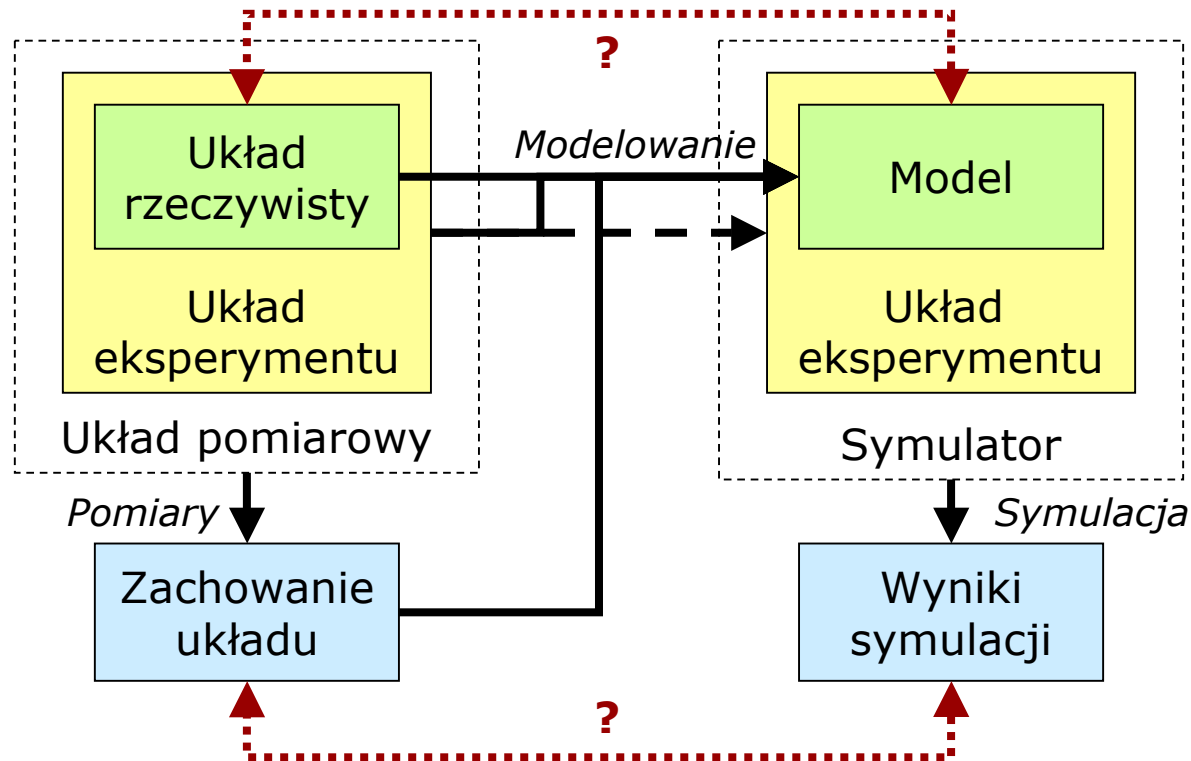
Najprostszy schemat blokowy



- Obecnie najczęściej mamy do czynienia z symulacją komputerową
 - Model – model matematyczny
 - Symulator – program komputerowy

Schemat dokładniejszy

- Wymagania
 - Modelowanie: uzyskane dane o zachowaniu układu, opis układu eksperymentu, wiedza o układzie rzeczywistym
 - Symulacja: opis modelu i opis układu eksperymentu



Człowiek, modelowanie, symulacja

- Dynamika świata sprawia problemy
 - przeludnienie, dziura ozonowa, bezrobocie, AIDS, ...
 - a procesor Itanium 2?
 - modelowanie i symulacja pozwala nad tym zapanować
- Modelowanie i symulacja towarzyszą człowiekowi na co dzień
 - identyczne struktury i zachowania są spotykane w bardzo odległych dziedzinach
- Długa historia w życiu ludzkości
 - modele świata – mity
 - uczenie się świata – baśnie, lalki, samochodziki
 - początki nauki – prawo Archimedesesa
 - V. Volterra, *Variazioni e fluttuazioni del numero di individui in specie animali conviventi* (model Lotki-Volterra)
— 1926 r.

Cele i zastosowania

- Po co się modeluje i symuluje?
 - aby zrozumieć przebieg zjawisk
 - aby przewidzieć przebieg procesów
- Do czego przydaje się rozumienie i przewidywanie?
 - wzbogacenie wiedzy o przebiegu zjawisk i działaniu układów, weryfikacja hipotez
 - wybór optymalnych rozwiązań dla projektowanych układów
 - sterowanie (zarządzanie) istniejącymi układami
 - planowanie działań dla układów społeczno-ekonomicznych
- Każdy model jest opracowywany
 - dla konkretnych celów
 - i dla konkretnych zastosowań!

Formy modeli

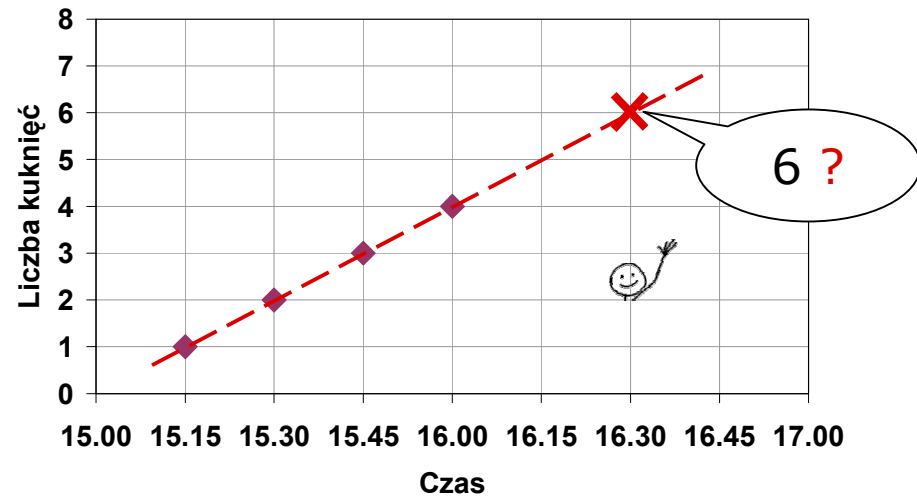
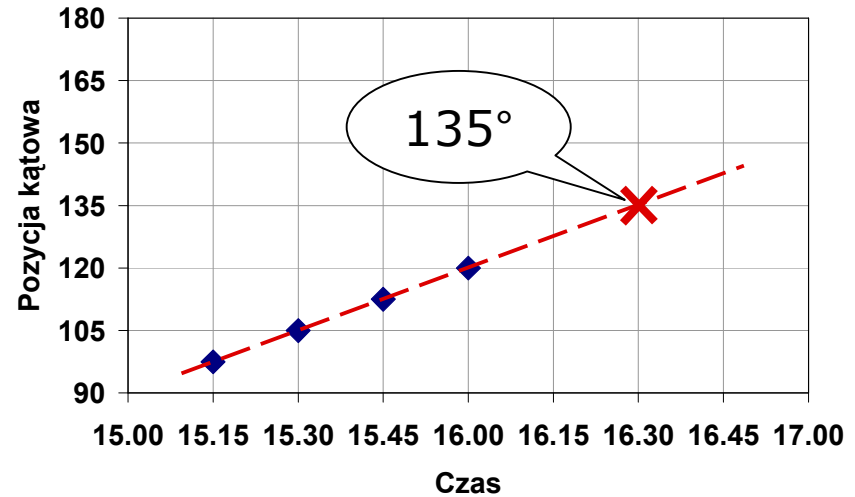
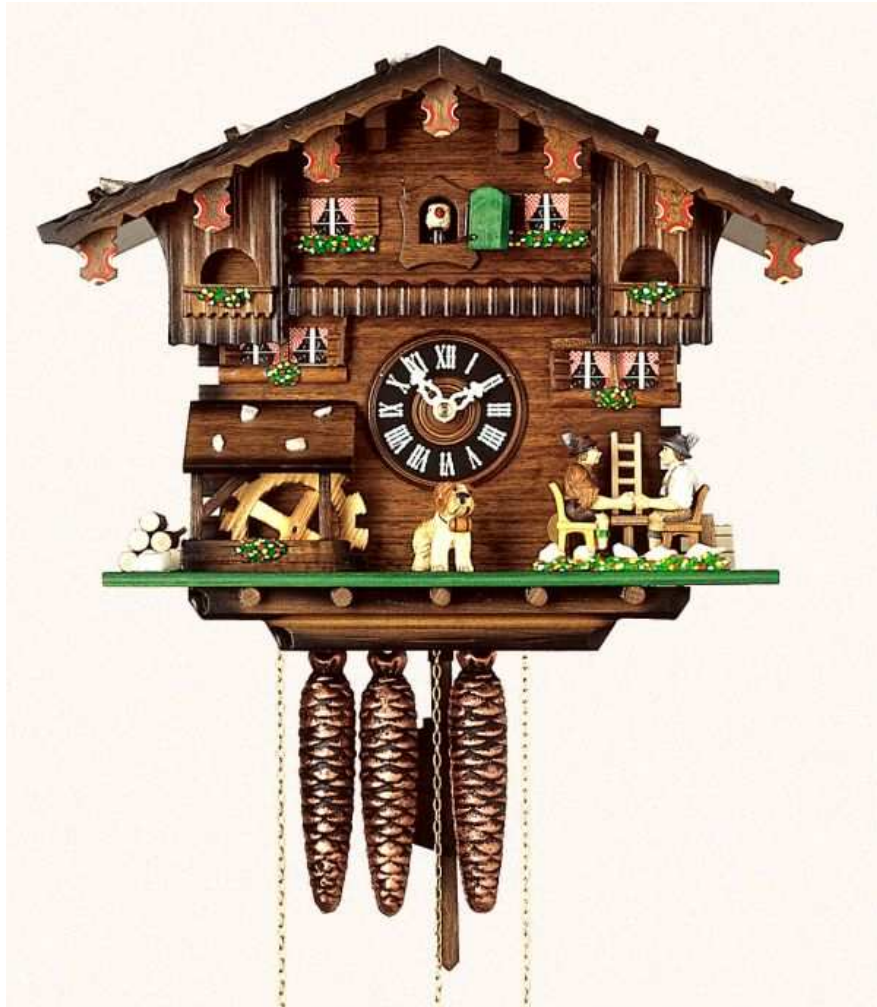
- Fizyczne (skalowanie)
- Mechaniczne, hydrauliczne, elektryczne (analogie)
 - komputery analogowe (lata 1920–1970)
- **Matematyczne (abstrakcyjne)**
 - **pozwalają na symulację komputerową**
 - wspólna metodologia i te same programy
 - z reguły model matematyczny jest tańszy
 - spowolnienie/przyspieszenie upływu czasu
 - koszt powtórzenia jest znikomy
 - model matematyczny nie zniszczy się fizycznie
 - brak konieczności dokonywania pomiarów w fizycznym układzie

Dwa podejścia do modelowania

■ Modele opisowe

- zachowanie jest opisywane
- dąży się do naśladowania zachowania
- obserwacja zachowania → model matematyczny
- model matematyczny bez związku ze strukturą i procesami zachodzącymi w rzeczywistym układzie
- zastosowanie w procesach wykazujących regularność i powtarzalność, przy niezmiennych warunkach i parametrach
- zalety: prostota → szybkość i bezproblemowość symulacji
- inne określenia
 - czarna skrzynka
 - model zachowania
 - model behawioralny

Kłopot z modelami opisowymi

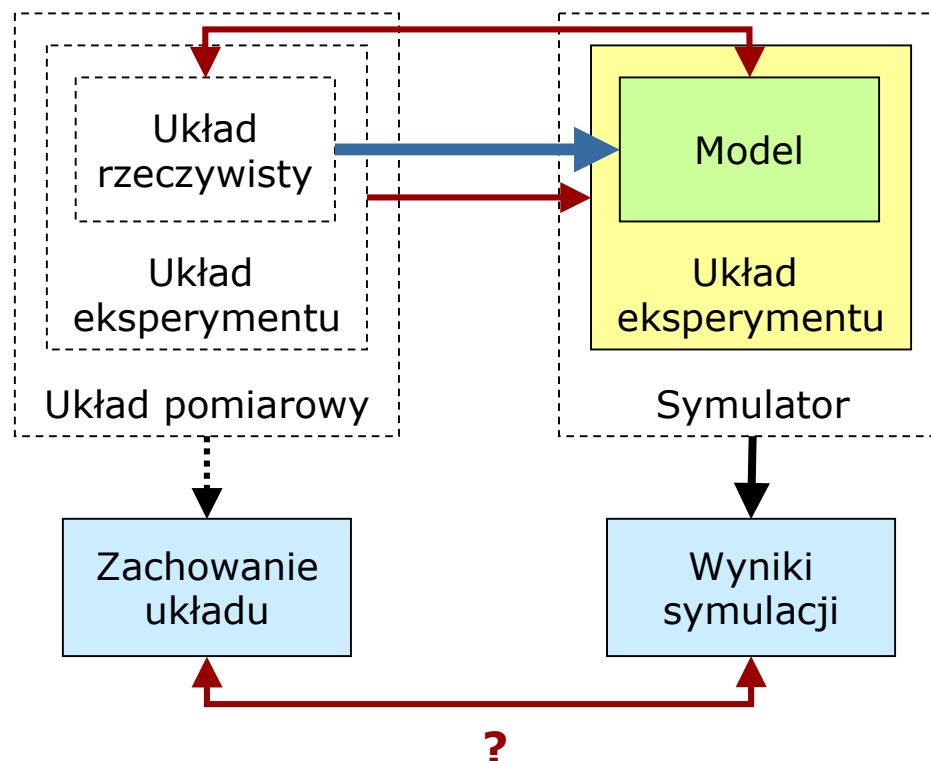


Dwa podejścia do modelowania – c.d.

- Modele przyczynowe
 - zachowanie jest wyjaśniane
 - dąży się do odzwierciedlenia struktury
 - wiedza o elementach systemu i ich oddziaływaniach
→ model matematyczny
 - model matematyczny odzwierciedla istotną strukturę systemu (elementy i oddziaływania)
 - zastosowanie w układach ze sprzężeniami zwrotnymi i złożonymi oddziaływaniami, nieliniowościami, bifurkacjami, przy zmianach warunków i parametrów
 - zalety: większa wiarygodność wyników przewidywania
 - inne określenia
 - szklana skrzynka
 - model układu
 - model strukturalny

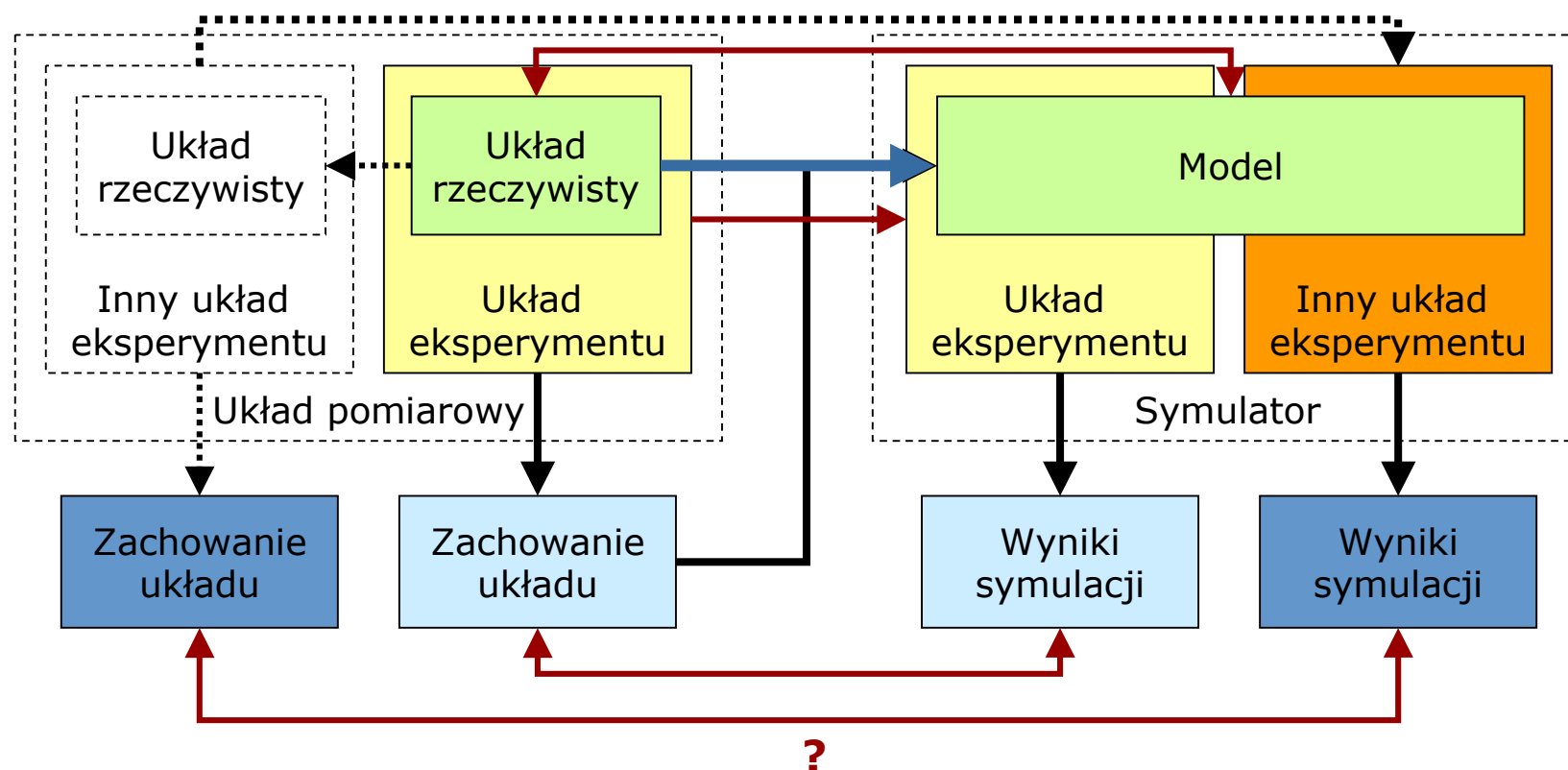
Przydatność modeli przyczynowych

- Modele opisowe: istniejące układy, obserwowane warunki
- Modele przyczynowe: układy projektowane, nie obserwowane warunki, nowe parametry



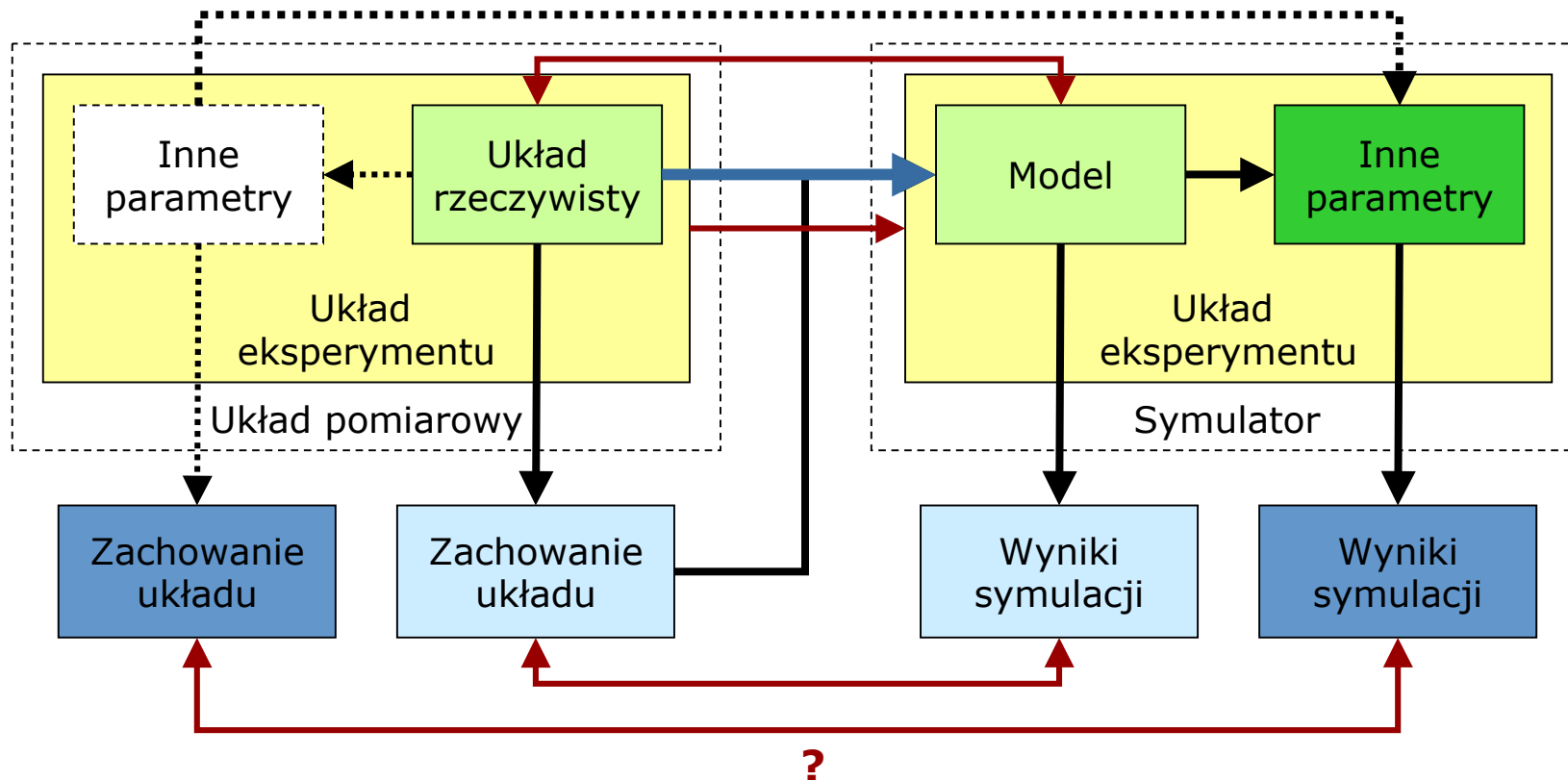
Przydatność modeli przyczynowych

- Modele opisowe: istniejące układy, obserwowane warunki
- Modele przyczynowe: układy projektowane, nie obserwowane warunki, nowe parametry



Przydatność modeli przyczynowych

- Modele opisowe: istniejące układy, obserwowane warunki
- Modele przyczynowe: układy projektowane, nie obserwowane warunki, nowe parametry



Podjęcia mieszane

- Praktycznie ustalenie całej struktury oddziaływań i/lub wartości wszystkich parametrów może być trudne
- Koncepcja „szarej skrzynki”
 - jak najlepsze odzwierciedlenie (fragmentu) struktury układu i (części) fizycznych zjawisk
 - dopasowanie niektórych parametrów i równań dla uzyskania jak najlepszej zgodności wyników eksperymentów w układzie pomiarowym i w symulatorze
- Niezbędne dane:
 - model opisowy – wyniki doświadczeń
 - model przyczynowy – wiedza o wewnętrznej strukturze i oddziaływaniach
 - model mieszany – wyniki i wiedza
- Pożądane zalety: dobra dokładność, mała złożoność

Przeznaczenie modelu

- Wynika ze sformułowanego problemu
- Powinno być jasno określone przed opracowaniem modelu i uwzględniane w procesie modelowania
- Od przeznaczenia modelu zależy jego forma oraz przyjęte w trakcie modelowania uproszczenia, uogólnienia, zaniedbania
- Najlepszy jest zawsze model najprostszы odpowiadający określonemu przeznaczeniu

Zasadność

- Poprawne wyniki \neq poprawny model
- Zasadność – związana z przeznaczeniem modelu
- Aspekty zasadności (jedna z teorii):
 - behawioralna
jakościowo takie samo zachowanie w takich samych warunkach
 - strukturalna
struktura oddziaływań modelu odpowiada zasadniczej strukturze oddziaływań układu rzeczywistego
 - empiryczna
wyniki ilościowe symulacji i obserwacji doświadczalnych pokrywają się
 - aplikacyjna
model odpowiada zdefiniowanemu przeznaczeniu

Etapy modelowania komputerowego

- **Koncepcja modelu**
 - Ustalenie problemu
 - Przeznaczenie modelu
 - Rozgraniczenie układu i otoczenia
 - Słowny model układu
 - Struktura oddziaływań — ekstrakcja elementów i struktury oddziaływań z modelu słownego
- **Opracowanie modelu**
 - Formalizacja opisu oddziaływań (do formy umożliwiającej obliczenia)
 - Do zależności jakościowych dodaje się czynnik ilościowy
 - Na podstawie struktury oddziaływań i wyznaczonych zależności tworzy się algorytm symulacji
 - Testy poprawności strukturalnej
 - Korzystne przekształcenia i uproszczenia

Etapy modelowania komputerowego

- Symulacja zachowania układu
 - Wybór oprogramowania do symulacji (w tym języka opisu)
 - Wybór algorytmu rozwiązywania równań oraz kroku symulacji
 - Program (różne formy)
 - Określenie warunków początkowych
 - Określenie wektorów wejściowych
 - Testy zasadności behawioralnej, empirycznej i aplikacyjnej
- Podstawowa analiza wyników
 - Ocena jakości działania – wybór kryteriów i ich hierarchia
 - Wybór strategii postępowania
 - Projektowanie/przeprojektowanie układu
- Matematyczna analiza wyników
 - Punktem wyjścia są równania modelu
 - Uzyskuje się informacje o punktach równowagi, stabilności itp.
 - Linearyzacja układów nieliniowych
 - Bardziej ogólne formułowanie równań