

## 1.2 Види моделей

Залежно від задач, для розв'язання яких вони призначені, використовуються дуже різні моделі.

### 1.2.1 Моделі вербальні, формальні, алгоритмічні, графічні, фізичні

Залежно від способу опису об'єкта-оригінала моделі розділяються на нижчевказані:

– *Вербальні моделі (verbal model)* використовують словесний опис об'єкта. Такі моделі часто використовують в нетехнічних галузях, а також на початковому етапі моделювання в техніці.

– *Формальні моделі (formal model)* використовують опис об'єкта моделювання у вигляді формул і подаються системою математичних співвідношень.

– *Алгоритмічні моделі (algorithmic model)* подають об'єкт у вигляді послідовності дій, які дозволяють отримати його необхідну характеристику.

– *Графічна модель (graphical model)* зображує модель у наочному вигляді. До графічних моделей відносять різноманітні схеми, які складають конструкторську документацію (електричні, гідравлічні, пневматичні, механічні, схеми програм і даних тощо), графіки, креслення форми об'єктів у різних проекціях, плани і карти тощо. З розвитком комп'ютерної графіки та її застосування для комп'ютерної анімації, симуляції і ігор графічні моделі за масштабом застосування вийшли на перші позиції і наразі поступово створюють віртуальний світ.

– *Фізична модель (physical model)* подає об'єкт-оригінал іншим об'єктом такої ж фізичної природи (масштабні моделі) або іншої (аналогові моделі). Основою фізичного моделювання є теорія подібності. Фізичне моделювання застосовують при дослідженні систем, для яких вихідні дані відомі з обмеженою точністю чи неможливо дати точний математичний опис їх функціонування, а отримання експериментальних характеристик пов'язано з надмірними труднощами та витратами.

В *аналогових моделях (analog model)* фізична природа моделі і об'єкта різні, а їх математичні описи подібні і, крім того, подібні рівняння, які описують їх окремі елементи. В моделі-аналозі реакції на збурення подібні до реакцій на аналогічні збурення об'єкта. Моделі-аналози складаються з окремих блоків, які моделюють фізичні елементи, а не з блоків, які виконують окремі математичні операції. Кожному фізичному параметру в об'єкті однозначно відповідає деякий елемент в моделі-аналозі. Найчастіше використовують електронні моделі при дослідженні поведінки систем, конструювання

та безпосереднє вивчення яких пов'язано з надмірними труднощами та витратами.

*Масштабна модель (scale model)* – це аналогова модель, в якій між параметрами об'єкта і моделі однакової фізичної природи існує однозначна відповідність, а також відповідність між впливами та реакцією на них. В масштабній моделі кожен елемент в масштабі повторює відповідний елемент об'єкта.

### **1.2.2 Моделі геометричні, структурні, функціональні, інформаційні**

Залежно від властивостей об'єктів, які відображають моделі виділяють:

- геометричні моделі;
- структурні моделі;
- функціональні моделі;
- інформаційні моделі.

*Геометричні моделі (geometric model)* відображають форму та розташування об'єкта моделювання та його складових частин. Геометричними моделями є різноманітні креслення механізмів, будівель тощо.

*Структурна модель (structural model)* подає об'єкт моделювання з точки зору його складу та взаємозв'язку частин (елементів системи) між собою та з зовнішнім середовищем.

Зв'язки між елементами можуть бути: фізичні; логічні; інформаційні.

Сукупність елементів системи та зв'язків між ними утворюють структуру системи. Структурні моделі найчастіше існують у формі різноманітних структурних та принципівих схем.

*Функціональні моделі (functional model)* описують процеси, що відбуваються в об'єкті моделювання.

*Інформаційна модель (information model)* – система даних про об'єкт та опис потоків даних в процесі його функціонування.

### **1.2.3 Моделі статички, моделі динаміки**

Залежно від наявності відображення змін стану об'єкта у часі моделі поділяються на:

- моделі статички;
- моделі динаміки.

*Моделі статички (static model)* відображають стан та функціонування об'єкта без урахування їх змін у часі. Як правило, вони подаються у вигляді функціональних залежностей, рівнянь та систем рівнянь.

*Моделі динаміки (dynamic model)* відображають поведінку об'єкта у часі. Моделі динаміки багатші за моделі статички, оскільки останні можуть розглядатися як окремий випадок для певного фіксованого моменту часу. Від-

повідно і форм подання моделей динаміки значно більше (диференціальні рівняння, операторні рівняння, спектральні подання тощо).

### 1.2.4 Моделі процесів, перетворень і систем

Розглядаючи види моделей, ще раз повернемося до рис. 1.1. Цей рисунок демонструє взаємозв'язок трьох базових моделей: моделі вхідних впливів  $X$ , моделі системи  $F$ , моделі станів і вихідних сигналів  $Y$ . Якщо ці моделі подані як моделі динаміки, тобто зображають поведінку вхідних впливів, моделі системи, станів і вихідних сигналів у часі, то вони є *моделями певних процесів*.

Система керування здійснює перетворення вхідних впливів на зміни станів, отже модель функціонування системи є *моделлю перетворення*.

Система керування є складним технічним об'єктом, який може розглядатися у різних аспектах: склад і структура, конструкція (в тому числі форма і розташування окремих частин системи), функції системи (в тому числі алгоритм її функціонування), параметри окремих блоків і системи в цілому. Отже *модель системи* є взаємопов'язаним комплексом моделей структури, функціонування, розташування в різноманітних формах (алгоритмічній, інформаційній, формальній, графічній тощо).

### 1.2.5 Моделі детерміновані, стохастичні, нечіткі, узагальнені

За ступенем та характером невизначеності моделі поділяються на:

- детерміновані;
- стохастичні;
- нечіткі;
- узагальнені.

*Детерміновані моделі (deterministic model)* не враховують можливі випадкові відхилення характеристик об'єкта і вхідних впливів від номінальних значень.

*Стохастичні моделі (stochastic model)* розглядають поведінку системи в умовах дії випадкових впливів та випадкової зміни параметрів системи. Інколи розглядають також випадкові зміни структури системи, зумовлені ненадійністю зв'язків між підсистемами та іншими причинами.

*Нечіткі моделі (fuzzy model)* використовують у випадках, коли окремі параметри системи задані експертом з кінцевим ступенем впевненості.

*Узагальнені моделі (generalized model)* використовуються при моделюванні систем, в яких частина параметрів задана достовірно, частина отримана в результаті статистичної обробки певних випадкових процесів, а частина задана експертним методом.

**1.2.6 Моделі агрегатні, комплексні**

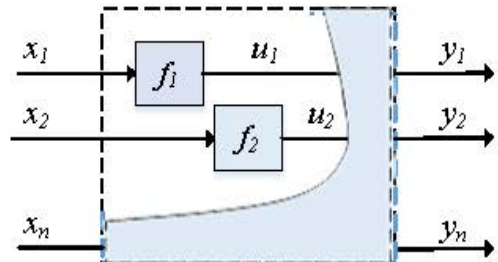
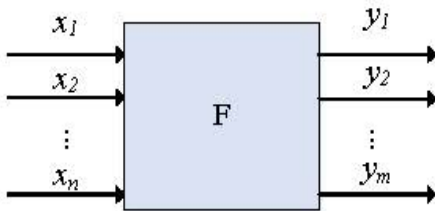
Залежно від способу представлення складного об'єкта (системи) розрізняють моделі:

- агрегатні;
- комплексні.

*Агрегатна модель (aggregate model)* складної системи складається з моделей окремих підсистем та опису їх взаємодії (рис. 1.5, б). Якщо розглядати для прикладу деяку систему керування, то моделі підсистем подаються окремими рівняннями, що зв'язують вихідні сигнали з вхідними і параметрами підсистеми, а агрегатна модель буде подаватися системою цих рівнянь

$$\begin{cases} u_1 = f_1(x_1, x_2, \dots), \\ u_2 = f_2(u_1, x_1, \dots), \\ \dots \\ y_2 = f_k(u_1, u_2, \dots), \end{cases} \quad (1.4)$$

де  $X$  – вектор вхідних впливів;  $U$  – вектор параметрів стану;  $Y$  – вектор вихідних сигналів.



б)

оделі (а) на агрегати (б)

Взаємодія підсистем тут враховується тим, що вихідні сигнали однієї підсистеми є вхідними для іншої і в агрегатній моделі мають однакове позначення.

*Комплексна модель (complex model)* подає систему в цілому, не розділяючи її на підсистеми і окремі внутрішні процеси (рис. 1.5, а). Комплексна модель може бути отримана з агрегатної шляхом зведення системи рівнянь до одного рівняння, що зв'язує вхідні і вихідні сигнали системи, методом підстановки

$$Y = F[X] \quad (1.5)$$

Перевага агрегатної моделі у більшій простоті її отримання, оскільки моделі окремих підсистем простіші за модель системи в цілому. Перевага комплексної моделі у тому, що для її отримання немає необхідності досліджувати внутрішню структуру системи. Очевидно, вибір типу моделі залежить від способу її отримання: при теоретичному моделюванні зручніше користуватися агрегатним принципом, а при експериментальному моделюванні (ідентифікації) – комплексним.

### 1.2.7 Моделі аналітичні, імітаційні

Залежно від способу отримання результатів моделювання розрізняють математичні моделі:

- аналітичні;
- чисельні;
- імітаційні.

*Аналітичне моделювання (analytical modeling)* – знаходження характеристик об'єкта на основі формальної або алгоритмічної моделі шляхом виконання певних математичних перетворень: розв'язання рівнянь та систем рівнянь тощо.

*Чисельне моделювання* – знаходження характеристик об'єкта на основі формальної або алгоритмічної моделі шляхом застосування числових методів до розв'язання рівнянь та систем рівнянь тощо.

*Імітаційне моделювання (simulation)* – проведення на ЕОМ чисельних експериментів з математичною моделлю, що описує поведінку складної системи протягом певного періоду часу. Застосовується, як правило, в тих випадках, коли аналітичні способи дослідження моделі відсутні, а їх пошук потребує дуже великих витрат. Алгоритми імітаційного моделювання можуть враховувати як детермінованість, так і стохастичність, зв'язки і залежності, що характеризують об'єкт моделювання. Найбільше розповсюдження отримали стохастичні методи імітаційного моделювання, оскільки для більшості складних систем відомі лише усереднені значення параметрів. Оскільки імітаційне моделювання являє собою експеримент, важливе значення має застосування методів планування експерименту. Основні проблеми, які доводиться розв'язувати в зв'язку з цим:

- 1) забезпечення стохастичної збіжності;
- 2) намагання зменшити кількість різних комбінацій факторів, що впливають на об'єкт, без зменшення кількості отриманої інформації;
- 3) вибір плану експерименту, який залежить від глибини розуміння експериментатором суті процесів, що відбуваються в системі.