

3.1. Методи описування систем

Для описування структури або поведінки систем використовують моделі. *Моделі* являють собою певний умовний образ об'єкта дослідження. Модель будується для того, щоб відобразити характеристики об'єкта (елементи, взаємозв'язки, структурні та функціональні властивості), суттєві для мети дослідження. Схема організації, наприклад, є її графічною моделлю, що відображує її структуру.

Характерною рисою моделей можна вважати їх спрощеність відносно оригіналу або реальної життєвої ситуації, яку моделюють. Спрощеність моделей є неминучою, тому що оригінал лише в обмеженій кількості відношень відображується у моделі.

Отже, під моделлю розуміють описування системи, яке відображає певну групу її властивостей. Побудова моделі уможливорює в певних межах передбачення поведінки системи.

Для різних цілей дослідження можна будувати різні моделі того самого об'єкта. Тому мета визначає, які риси оригіналу мають бути відображені в моделі. Отже, *питання про якість такого відображення — адекватність моделі реальності — правомірно вирішувати лише відносно поставленої мети*. Процес дослідження реальних систем, що включає побудову моделі, дослідження її властивостей та перенесення одержаних відомостей на реальну систему називають **моделюванням**.

Для створення моделі необхідно, передусім, вербально охарактеризувати систему, тобто описати:

- зовнішнє середовище;
- зв'язки системи з зовнішнім середовищем;
- елементний склад системи, її частин, що можуть розглядатися як підсистеми;
- зв'язки між елементами системи (або найважливіші зв'язки, якщо неможливо описати всі);
- дію або функціонування системи.

Таке описування можна вважати початковою моделлю системи, яка є базовою для створення спеціалізованих моделей: графічних, математичних тощо.

Процес побудови моделі складається з таких основних етапів:

- постановка завдання моделювання;
- вибір виду моделі;
- перевірка моделі на достовірність;
- застосування моделі;
- оновлення моделі.

Рівень абстрагування при описуванні систем

Складну систему, як правило, неможливо «охопити» повністю та детально описати, що на практиці не завжди необхідно. Основна проблема при описуванні систем полягає у тому, що доводиться знаходити компроміс між простотою описування та необхідністю врахування численних факторів і характеристик складної системи. Як правило, цю проблему вирішують через ієрархічне описування системи, тобто система описується не однією моделлю, а кількома чи сімейством моделей, кожна з яких описує поведінку системи з погляду різних рівнів абстрагування. Для кожного рівня ієрархії існує ряд характерних особливостей і змінних, законів і принципів, за допомогою яких описується поведінка системи. Для того щоб таке ієрархічне описування було ефективним, необхідна якомога більша кількість незалежних моделей для різних рівнів системи, хоча кожна модель має певні зв'язки з іншими.

Процес поділу системи на рівні, що характеризують технологічні, інформаційні, економічні та інші аспекти її функціонування, називають *стратифікацією* системи, а самі рівні — *стратами*. На кожній страті в ієрархії структур є свій власний набір змінних, які дають змогу значною мірою обмежитись лише дослідженням одного аспекту системи, однієї страти. Незалежність страт дає можливість глибше та детальніше досліджувати системи, хоча припущення про їх незалежність може призвести до неповного розуміння поведінки системи в цілому.

Приклади. 1. Інформаційна система. Для описування функціонування ІС використовують, як правило, не менше двох страт. На першій страті система описується на мові фізичних законів, що управляють функціонуванням та взаємодією її складових. На другій страті розглядають абстрактні нефізичні поняття, такі як файли, інформаційні потоки тощо. На страті фізичних процесів нас цікавить правильне функціонування різноманітних електронних пристроїв (компонентів), а на страті

оброблення інформації — проблеми обчислення, програмування, руху інформаційних потоків тощо.

2. Виробничий комплекс (рис. 8). Цей комплекс моделюють, як правило, на трьох стратах: на виробничому рівні (фізичні процеси оброблення та перетворення енергії), на рівні управління та оброблення інформації, на економічному рівні виробництва з погляду продуктивності та прибутковості. Для кожного з цих трьох аспектів системи існує своя мова описування, свої моделі, хоча система залишається тією самою.

Загальні властивості стратифікованого описування систем можна сформулювати так:

- вибір страт, у термінах яких описується система, залежить від спостерігача (дослідника), його знань та мети дослідження;
- аспекти функціонування системи на різних стратах у загальному випадку незалежні між собою, тому принципи та закони, що використовуються для характеристики системи на довільній страті, в загальному випадку не можна вивести із принципів та законів, які використовуються в інших стратах;
- для кожної страти існує своя мова описування, набір термінів, концепцій та принципів.

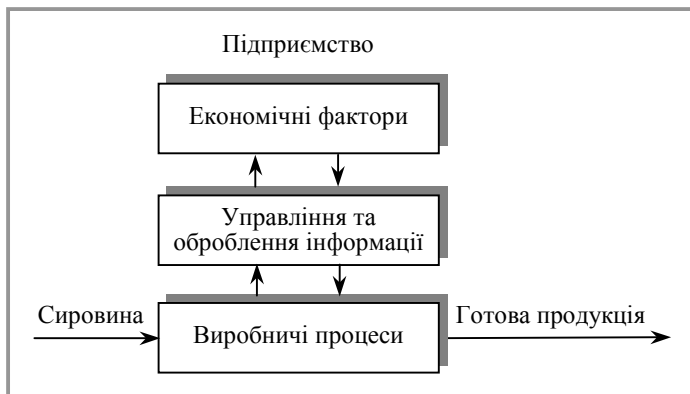


Рис. 8. Стратифіковане зображення підприємства

Головними рівнями дослідження систем є мікроскопічний та макроскопічний. **Мікроскопічне** дослідження системи пов'язане із детальним описуванням кожного компонента системи, дослідженням їх структури, функцій, взаємозв'язків, структури системи в цілому тощо. Практична реалізація найважливішого етапу мікропідходу — виявлення елементів системи та взаємозв'язків між ними, пов'язана із необхідністю подолання

суперечності між бажанням повного дослідження кожної з підсистем і елементів системи та реальною можливістю дослідити при цьому структуру системи в цілому і принципи її функціонування.

Макроскопічне дослідження полягає в ігноруванні детальної структури системи та вивченні тільки загальної поведінки системи як єдиного цілого. Метою тут є побудова моделі системи через дослідження її взаємодії із зовнішнім середовищем (моделі типу «вхід—вихід», або «чорний ящик»).

Модель «чорного ящика». Найпростішою моделлю системи є так звана модель «чорного ящика» (рис. 9), в якій акцент робиться на призначенні та поведінці системи, а про її будову є тільки опосередкована інформація, що відображається у зв'язках із зовнішнім середовищем. Зв'язки з середовищем, що йдуть у систему (входи), дають можливість впливати на неї, використовувати її як засіб, а зв'язки, що йдуть із системи (виходи), є результатами її функціонування, які або впливають на зміни у середовищі, або споживаються зовні системи.

Як чорний ящик розглядаються об'єкти дослідження, внутрішня структура яких невідома або не береться до уваги. Іноді достатньо змістовного опису входів та виходів системи. З такими моделями людина досить часто має справу у повсякденному житті: наприклад, для керування автомобілем або роботи за комп'ютером не обов'язково досконало знати їх внутрішню будову.

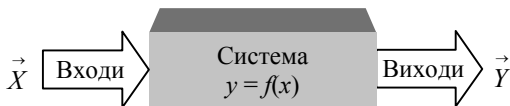


Рис. 9. Модель чорного ящика

Метод описування систем за допомогою чорного ящика полягає у знаходженні взаємозв'язків між входами та виходами системи. Спостерігаючи достатньо довго за входами та виходами такої системи, тобто маючи вектори спостережень $\vec{X} = (x_1, \dots, x_n)$ та $\vec{Y} = (y_1, \dots, y_n)$, можна досягти такого рівня знань про її властивості, який уможливить передбачення змін у вихідних компонентах при будь-якій зміні входних, тобто можна знайти відображення $f: X \rightarrow Y$.

Для досягнення цієї мети будують спеціальні математичні моделі, що базуються на початковій моделі чорного ящика.

Найчастіше для цього застосовують методи регресійного аналізу, математичної статистики і планування експерименту.

Необхідно зауважити, що дослідження системи методом чорного ящика принципово не може дати однозначної інформації про її структуру, бо однаково поведінку можуть мати різні системи.

Моделі складу та структури системи

Безперечно, що за допомогою тільки моделі чорного ящика неможливо вивчити внутрішню структуру системи. Для детальнішого опису систем використовують **моделі складу** та **моделі структури**. Модель складу системи відображає, із яких елементів та підсистем складається система, а модель структури застосовується для відображення відношень між елементами та зв'язків між ними. Схематичні приклади зображені на рис. 10 та в табл. 3.

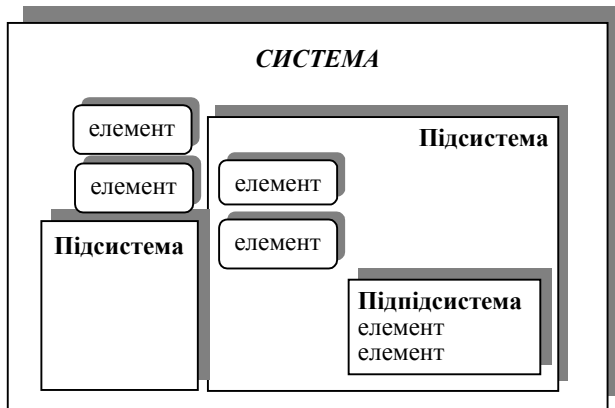


Рис. 10. Графічне зображення моделі складу системи

З першого погляду здається, що описати склад системи є простим завданням. Проте, якщо різним експертам дати завдання побудувати модель складу однієї системи, то їхні результати можуть суттєво відрізнятись. Так, наприклад, університет з поглядів його ректора, головного бухгалтера та начальника служби охорони буде складатися із різних підсистем.

ТАБЛИЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ МОДЕЛІ СКЛАДУ СИСТЕМИ

Система	Підсистеми	Елементи
Комп'ютер	Управління обчислювальним процесом	Процесор, контролери
	Введення—виведення інформації	Монітор, клавіатура, принтер, миша, дисковод тощо.
	Зберігання інформації	Оперативна пам'ять, жорсткий диск
	Програмного забезпечення	Операційна система, прикладні програми тощо

Головна складність при побудові моделі складу полягає у тому, що поділ цілої системи на частини є відносним, залежним від мети дослідження (це стосується також визначення меж системи). Крім того, відносним є поняття елемента — те, що з одного погляду є елементом, з іншого може бути підсистемою.

Черговим кроком у розвитку моделі системи є модель структури, яка описує суттєві зв'язки між елементами (компонентами моделі складу). На графічних моделях будову систем зображують у вигляді структурних схем. Структурні схеми наглядні та містять інформацію про велику кількість властивостей системи. На рис. 11 зображена типова ієрархічна структура (на прикладі структури управління корпорації з трьома першими рівнями ієрархії).



Рис. 11. Структура управління корпорацією (перші три рівні ієрархії)

3.2. Класифікація моделей та методів моделювання систем