

1.2.2. Морфологічний опис

Морфологічний опис дозволяє визначити склад елементів-підсистем, зв'язки та структуру системи. Розбиття системи на частини (**декомпозиція**) є одним з перших кроків при побудові морфологічного опису. При цьому мають значення тільки ті властивості частин, які визначають їх взаємодію з іншими частинами системи. Розбивка системи на елементи та виділення підсистем спрощує дослідження всієї системи і, отже, спрощує її формальний опис. Покажемо це на простому прикладі [25].

Нехай дано n елементів. Сукупність n ізольованих елементів ще не є системою. Для їх вивчення потрібно провести не більш n дослідницьких процедур. У той же час для дослідження системи з n елементів необхідно вивчити додатково $n(n - 1)$ можливих зв'язків. Якщо характеризувати ці зв'язки у найпростіший спосіб, тобто відзначати в будь-який момент часу t_i тільки їх наявність або відсутність, то загальне число станів системи буде дорівнювати $N = 2^{n(n-1)}$. Наприклад, число можливих станів системи, що містить тільки $n = 7$ елементів $N = 2^{42} > 4 * 10^{10}$, що практично виключає одержання повного її опису через величезне число можливих станів.

У реальних системах кількість елементів значно більше. Так, кількість елементів, що входять у структуру багатьох технічних систем, може досягати десятків тисяч, а в такій біологічній системі, як мозок людини, мається 10^{14} нейронів. Додаткові складності виникають, коли реалізація тієї або іншої структури описується ймовірнісними законами. Ці обставини є основною причиною, що виключає строгий і повний опис дуже складних і понадскладних систем.

Виходом з цього положення може бути, з одного боку, виділення достатньо відособлених сукупностей елементів, що виконують деяку локальну функцію для існування цілісної системи, тобто **підсистем**, а з іншого боку – використання обчислювальних методів і ЕОМ, оскільки при дослідженнях великих систем виникає необхідність проведення досить значних за обсягом математичних процедур. Наприклад, при кількості елементів $n = 20$ повне число зв'язків між елементами дорівнює $n(n - 1) = 380$, а число варіантів системи 2^{380} . Якщо ця система поділена на $k = 4$ підсистеми, які складаються з $n' = 5$ елементів

у кожній, то кількість зв'язків в кожній з підсистем дорівнюватиме $n(n' - 1) = 20$ і для всіх k підсистем $n(n' - 1)k = 80$. Число зв'язків між підсистемами дорівнює $k(k - 1) = 12$. Таким чином, загальна кількість зв'язків, тобто можливе число станів, складе 92 замість 380.

Для уявлення про основні властивості структури морфологічний опис може бути здійснений на декількох рівнях (причому ці рівні відповідають рівням функціонального опису), тобто морфологічний опис також ієрархічний (рис. 1.4). При цьому на різних рівнях можуть використовуватися принципово інші способи опису. Наприклад, для організму тварини на рівні органів використовуються фізіологічні методи, на клітинному рівні – дані мікроскопічних досліджень (мікрофізіологічні методи), для опису процесів у внутрішньоклітинних структурах – методи біохімічного аналізу і т.д.

Морфологічний опис включає кілька груп властивостей і представляється у вигляді оператора G_m [25]:

$$G_m = \{PS, V, \sigma, K\},$$

де PS – множина елементів (підсистем), V – множина зв'язків, σ – множина типів зв'язків, тобто структур, K – види композицій.

Морфологічний опис починається з **характеристики елементного складу**, що може бути **гомогенним** (*містити однотипні елементи*), **гетерогенним** (*містити різнотипні елементи*) і **змішаним**. Потім досліджуються властивості елементів, які можуть класифікуватися за змістом, ступенем свободи, ступенем спеціалізації, часом активної участі у виконанні функції.

За **змістом** виділяють *інформаційні, енергетичні, речовинні і змішані елементи*. За **ступенем спеціалізації** вони можуть бути призначені для *однотипних, близьких (суміжних) і різнотипних функцій*. За **ступенем свободи** у виконанні функцій їх розділяють на *програмні, адаптивні та ініціативні*, а за **часом дії** – на *регулярні, безперервні, нерегулярні і змішані*. Елементи системи можуть розрізнятися за **походженням** і бути фізичними (механічними, електричними, термодинамічними та ін.), хімічними, біологічними і змішаними [25].

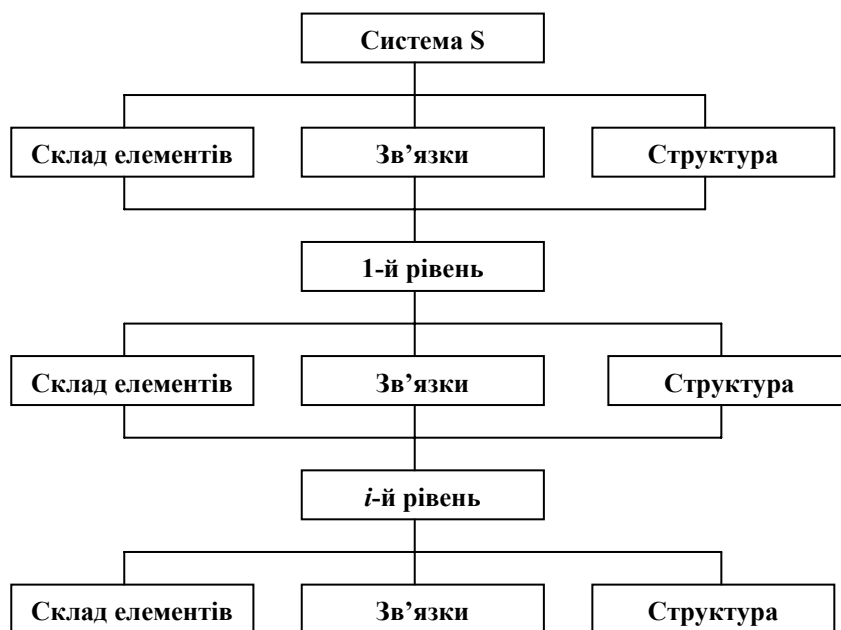


Рис. 1.4. Структура морфологічного опису

Прагнення до спрощення опису змушує поєднувати елементи системи, що самі можуть бути досить складними утвореннями. Розрізняють наступні типи підсистем [25]:

- **ефекторні**, здатні перетворювати керуючі впливи і впливати речовиною, енергією або інформацією на інші підсистеми, сусідні системи та середовище;
- **рецепторні**, здатні перетворювати зовнішні впливи в інформаційні сигнали;
- **рефлексивні**, здатні відтворювати всередині себе процеси впливу на інформаційному рівні;
- **невизначені**, котрі не можуть бути точно віднесені до жодного з перерахованих вище типів.

При визначенні ступеня впливу одних підсистем на інші важливого значення набуває поняття “лідер”. **Лідруючою підсистемою** є та, котра, *не маючи детермінованого впливу з боку якої-небудь підсистеми, керує більшою кількістю інших підсистем*. Найчастіше таку лідруючу функцію виконують рефлексивні підсистеми. Можливі формальні (призначені відповідно до виконуваної функції) і неформальні лідери. Відомі задачі, для рішення яких визначення лідера здобуває вирішального значення, наприклад, в економічних або соціологічних системах.

Наступною частиною морфологічного опису є характеристика виду відносин між елементами всередині системи і між усією системою і середовищем.

Відомі наступні **види відносин** [25]:

– **подібність**, або відношення схожості, збігу істотних властивостей різних систем;

– **аналогія**, яка характеризує відповідність, що виявляється в деяких їх істотних ознаках, властивостях, структурах, функціях систем;

– **гомоморфізм**, при якому кожну частину (і відношення) у системі *S1* можна відобразити на деяку частину системи *S2*;

– **ізоморфізм**, коли кожній частині (і відношенню) у системі *S1* можна поставити у відповідність деяку частину системи *S2*;

– **зв’язок**, при якому визначені виходи системи (або підсистеми) *S1* одночасно є входами якого-небудь елемента (підсистеми) системи *S2*.

Перші чотири види відносин використовуються в системних дослідженнях при порівнянні систем різного типу з метою виявлення загальних принципів їх організації. Для характеристики конкретної системи більше підходить аналіз, за допомогою якого з’єднуються елементи в системі і система з зовнішнім середовищем.

Зв’язки оцінюють по змісту як інформаційні, енергетичні, речовинні та змішані і по їх спрямованості як прямі, зворотні та нейтральні. Якість зв’язку між елементами можна оцінити **пропускну здатністю і надійністю** каналів зв’язку. **Пропускна здатність каналу** зв’язку визначається як *максимальний обсяг речовини, енергії або інформації, що може пропустити канал зв’язку за одиницю часу*. **Надійність зв’язку** залежить від величини та імовірності помилок перетворення і передачі речовини, енергії або інформації.

Особливо необхідно виділити прямі і зворотні зв'язки. **Прямі зв'язки** призначені для передачі речовини, енергії, інформації або їх комбінацій від одного елемента до іншого відповідно до послідовності виконання функцій елементами, що приводить до досягнення цільової функції системи. **Зворотні зв'язки** в основному виконують контролюючу функцію для забезпечення якості керування процесами; їх спрямованість протилежна напрямку виконання функції. Найбільш поширені **інформаційні зворотні зв'язки**. Наявність подібних зв'язків характерна для адаптивних систем, здатних пристосовуватися до зовнішніх умов, що змінюються, або цілеспрямовано змінювати ці умови [25].

Під **структурою** визначається множина всіх відносин між елементами всередині даної системи; вона характеризує внутрішню організацію, порядок і побудову системи і визначається набором елементів, а також відносин між ними. Один і той самий об'єкт може бути включений у декілька систем і може визначати декілька структур, виконуючи при цьому в загальному випадку різні функції. Але той самий об'єкт може бути визначено декількома структурами. Структурні властивості систем визначаються характером і стійкістю відносин між елементами. По **характеру відносин** можна виділити *багатозв'язні, ієрархічні (багаторівневі) і змішані структури*. Для ієрархічних структур характерна наявність керуючих (командних) елементів. В ієрархічних структурах керуючі функції розподілені між всіма елементами або групами елементів [25].

Наявність ієрархії, як правило, є ознакою високого рівня організації; такі структури більш економічні і у функціональному відношенні.

Для наочного представлення пристрою систем на практиці знайшли застосування різні способи відображення, з яких найбільше поширення одержали **блок-схема** (варіанти: структурна схема або функціональна) і **граф** системи (рис. 1.5). При відображенні структури системи у виді блок-схеми її елементи відображаються у вигляді прямокутників, всередині яких записуються ідентифікатори елементів. Прямокутники поєднуються стрілками, що вказують напрямок передачі впливів і сигналів між елементами [25].

Кожен елемент може мати в загальному випадку зв'язок з будь-яким іншим елементом цієї системи. Деякі з елементів можуть мати входи або виходи для зв'язку з зовнішнім Середовищем. Відображення структури у вигляді графа використовує інші позначення: крапкою

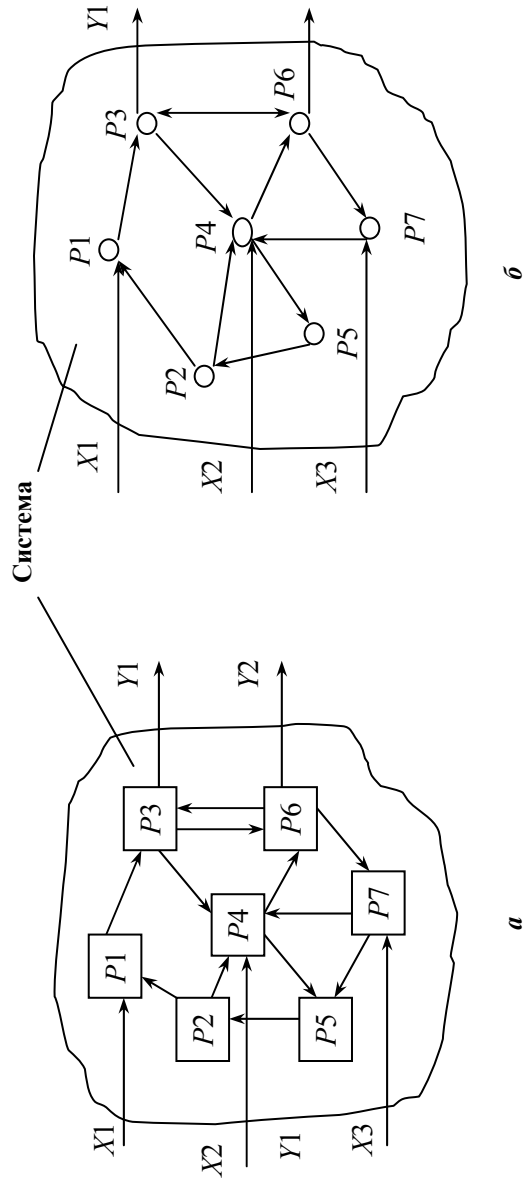


Рис. 1.5. Блок-схема системи (а) і граф системи (б)

(кружком) відображаються елементи системи, а стрілками – зв'язки між ними. У ряді задач подібне відображення структури більш зручно для аналітичних і графічних методів дослідження характеристик систем.

На рис. 1.6 наведені приклади графів різних типів структур: багатозв'язних (а, б), ієрархічної (в) і змішаної (г) структур.

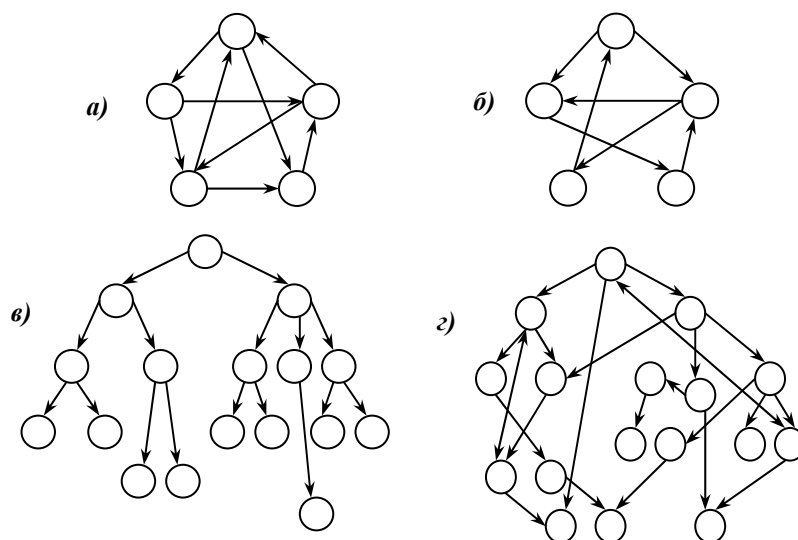


Рис. 1.6. Приклади графів систем

Стійкість міжелементних відносин характеризує *стабільність розташування елементів у просторі*. Найбільш стійкі детерміновані структури, тобто такі, у яких відносини або незмінні, або змінюються за деяким відомим законом. В імовірнісних (стохастичних) структурах відносини між елементами описуються імовірнісними законами. Існують також хаотичні структури, у яких міжелементні відносини є непередбаченими для будь-якого моменту часу, тобто будь-які відносини можуть існувати з рівною імовірністю. Властивості структури залежать від внутрішніх ресурсів, властивостей елементів і зв'язків [25].

Поняття “структура” включає також поняття **конфігурації системи** – просторове розташування елементів, геометричних властивостей. Розрізняють крапкову, лінійну, площинну, об’ємну і змішану конфігурації.