

## ЗМІСТ

<b>ЛЕКЦІЯ 14. СТРУКТУРОВАНІ СИСТЕМИ .....</b>	<b>1</b>
14.1 Поняття про структуровані системи. Ціле і частини. Аналіз і синтез. Декомпозиція.....	1
14.2 Системи, підсистеми, суперсистеми .....	4
14.3 Структуровані існуючі системи та структуровані системи даних .....	6

## Лекція 14. Структуровані системи

**Мета лекції:** опанувати основні поняття стосовно структурованих систем; набути вмінь та навичок визначення структурованих систем.

### План лекції

- 14.1 Поняття про структуровані системи. Ціле і частини. Аналіз і синтез. Декомпозиція.
- 14.2 Системи, підсистеми, суперсистеми.
- 14.3 Структуровані ісходні системи та структуровані системи даних.

**Перелік ключових термінів і понять з теми:** *структурована система; спільні та зв'язуючі змінні; повна система та її підсистеми; суперсистема; аналіз; синтез; декомпозиція; ієрархія структурованої системи; умови сумісності, включеності, ненадмірності, узгодженості, однозначності керування; з'єднання елементів.*

### 14.1 Поняття про структуровані системи. Ціле і частини. Аналіз і синтез. Декомпозиція

Побудова та дослідження породжуючих систем є теоретично лише першим етапом дослідження систем. При введенні більш високих епістемологічних рівнів виникають нові задачі, розв'язання яких потребує визначення ще одного класу систем – структурованих систем [4, 7, 10].

**Структурована система** являє собою набір ісходних систем, систем даних, породжуючих систем, які мають спільну параметричну множину та є результатом *синтезу* досліджуваних підсистем, отриманих в результаті проведеного *аналізу* складної системи на початку дослідження.

Системи, утворюючі структуровану систему, називають її **елементами**. Деякі змінні структурованої системами можуть бути **спільними**. Спільні змінні називають **зв'язуючими змінними**, вони являють собою взаємодії між елементами. Зазначені три типи систем (набір ісходних систем, систем даних, породжувальних систем) називають **структурованими вихідними системами, структурованими системами даних та структурованими породжуючими системами** відповідно.

Для заданої структурованої системи одного з визначених типів існує пов'язана з нею система, яка визначається всіма змінними, що входять до її елементів. Ця система (передбачається, що вона такого самого типу, як і елементи структурованої системи) сприймається як певна **повна система**, тобто система, що представляє всі вхідні змінні у вигляді деякого цілого.

З цього погляду елементи будь-якої структурованої системи інтерпретуються як **підсистеми повної системи**, а повна система – як **суперсистема** цих елементів.

Зауважимо, що статус системи як повної системи або підсистеми є відносним. Наприклад, *будь-яка вихідна система, система даних чи породжуюча система існує у двох контекстах*: в одному контексті вона має статус підсистеми, а в іншому – статус суперсистеми. Можна в такому випадку говорити, як пропонує Р. Гленвилл, що «частина – це ампула цілого» і, при цьому, що «ціле – це ампула частини». Під «частиною» мається на увазі «частина цілого», а під «цілим» розуміється «ціле, що складається з частин». У цьому сенсі немає частин, які не є частинами цілого, і немає цілого, що не складається з частин.

Ця двоїстість безпосередньо пов'язана з двома фундаментальними операціями системного дослідження – *аналізом та синтезом*. **Аналіз** при цьому розуміється як процес *декомпозиції* – представлення повної системи як сукупності підсистем з метою виявлення внутрішньої структури системи та характеру взаємодій між її елементами. Іншими словами, аналіз є рухом від цілого до частин, від суперсистеми до підсистем. Цей процес передбачає визначення меж окремих підсистем, ідентифікацію зв'язуючих змінних та встановлення відношень між елементами системи. Важливо підкреслити, що аналіз не є простим механічним поділом системи, а є цілеспрямованим процесом, що враховує епістемологічні цілі дослідження та зберігає суттєві властивості досліджуваної системи.

**Синтез**, навпаки, являє собою процес побудови повної системи з наперед визначеного набору підсистем. Це рух від частин до цілого, від підсистем до суперсистеми. Синтез передбачає специфікацію зв'язуючих змінних, які визначають взаємодії між елементами, та формування цілісної структури системи. Результатом синтезу є структурована система, яка може володіти емерджентними властивостями, тобто властивостями, які не притаманні окремим підсистемам, але виникають внаслідок їх взаємодії. Саме тому синтез не зводиться до простого об'єднання підсистем – він вимагає урахування всіх зв'язків та взаємодій між елементами.

Важливо зауважити при цьому, що аналіз та синтез не є взаємно оберненими операціями в строгому математичному сенсі. Проведення аналізу системи з наступним синтезом отриманих підсистем не обов'язково призводить до вихідної повної системи, оскільки в процесі декомпозиції можлива втрата інформації про певні глобальні властивості або тонкі взаємодії. Аналогічно, різні способи декомпозиції однієї й тієї самої повної системи можуть призводити до різних структурованих систем, кожна з яких може бути корисною для певних цілей дослідження. Ця необерненість пов'язана з тим, що вибір конкретного способу аналізу чи синтезу завжди визначається контекстом дослідження, доступними ресурсами та епістемологічними обмеженнями.

Двоїстість між визначенням цілого та частин, підсистем та суперсистем також дає можливість представити будь-яку повну систему як *ієрархію структурованої системи*, тобто як структуровану систему, елементами якої є структуровані системи, елементами якої також є структуровані системи і т.д. аж до елементів, які включають окремі змінні.

На заданому рівні ієрархії конкретна система може розглядатися і як *зовнішня* (для систем, розташованих нижче її), і як *внутрішня* (для систем, розташованих вище її).

Таким чином, статус (тобто відмітний знак) конкретної системи змінюється під час переходу через її рівень догори або донизу. Вибір вищого або нижчого рівня розгляду пов'язаний з тим, чи інтерпретується дана система як автономна, або як керована (обмежена). Розуміння цієї ієрархічної природи систем природно приводить до питання про практичні та теоретичні підстави для *декомпозиції системи*, тобто для здійснення процесу переходу від повної системи до її структурованого представлення.

При цьому таке представлення повної системи як сукупності її підсистем має *кілька причин, кожна з яких обґрунтовує необхідність такого структурування та*, таким чином, *визначає специфічну стратегію аналізу системи*.

Одна з них пов'язана зі спостереженням чи виміром. Якщо в параметри входить час, то часто буває технічно неможливо або нерозумно одночасно спостерігати (вимірювати) все змінні, які стосуються мети дослідження. У цьому випадку можна зібрати дані лише частково, для найбільшої можливої підмножини змінних. В інших випадках дослідник змушений використовувати чужі дані, зібрані різними організаціями або послідовниками для власних потреб, які покривають лише частину змінних, необхідних для роботи.

Другою причиною структурування систем є *обчислювальна складність*. Повна система може вимагати надмірного обсягу пам'яті для зберігання всіх її станів та відношень між змінними, що робить її аналіз практично нездійсненним. Декомпозиція системи дозволяє суттєво зменшити обчислювальні вимоги, оскільки кожна підсистема оперує меншою кількістю змінних, а отже, вимагає менших ресурсів для свого представлення та обробки.

Ключовим питанням при роботі зі структурованими системами є *критерії оптимальності декомпозиції*. Оскільки одна й та сама повна система може бути декомпозована різними способами, виникає задача вибору такого розбиття на підсистеми, яке б найкраще відповідало цілям дослідження.

Серед основних критеріїв можна виділити:

- мінімізацію числа зв'язуючих змінних між підсистемами (*принцип слабкої зв'язності*);
- максимізацію внутрішньої зв'язності елементів всередині підсистем (*принцип сильної когезії*);
- відповідність природній структурі об'єкта дослідження та обчислювальну ефективність.

В залежності від обраних критеріїв та епістемологічного рівня дослідження, одна система може мати кілька альтернативних структурних представлень, кожне з яких виявляє різні аспекти її поведінки та організації.

*Важливий аспект можливості обробки систем пов'язаний з кількістю систем, які мають бути розглянуті у певних задачах.*

*Для порівняння чисел повних та структурованих систем певного типу розглянемо  $n$  змінних з  $k$  станами. При цьому відрізнятимемо можливі та неможливі стани системи.*

Нехай маємо  $2^{k^n}$  можливих повних системи,  $n(n-1)2^{k^2-1}$  можливих структурованих систем, які складаються тільки з бінарних (складаються з двох змінних) підсистем та  $n2^{k^2}$  можливих структурованих підсистем, які складаються тільки з  $n$  бінарних підсистем.

Аналіз показав, що кількість структурованих систем (в обох випадках) зростає помітно повільніше, ніж кількість можливих повних систем.

---

Наприклад, при  $n = 10$  та  $k = 2$  маємо 720 структурованих систем, що містять всі бінарні підсистеми, а кількість можливих повних систем становить  $10^{308}$  (тобто знаходиться за межами Бремерманна).

---

Отже, у загальному випадку легше здійснювати пошук на множині всіх можливих структурованих систем певного типу, ніж на множині всіх можливих повних систем, хоча і в тому, і в іншому випадках часто бувають неминучими деякі обмеження.

Що стосується *практичного використання структурованих систем*, потрібно відмітити, що є багато міркувань на користь їх застосування у технічній та інженерній галузях. Деякі з них пов'язані з оглядовістю процесу проектування. Інші пов'язані з наявністю обмеженого набору відповідних готових елементів (модулів), з ефективністю реалізації, а також з різними питаннями надійності, перевірки та ремонтпридатності проекрованої системи.

У дослідженні систем структуровані системи мають більш фундаментальне значення. Структурована система дає дослідникам відомості, які не містяться, принаймні явно, у відповідній повній системі, але можуть допомогти відповісти на певні питання, що виникають у процесі дослідження.

У методиці системного аналізу дихотомія цілого та частин виражається двоїстою роллю вихідних систем, систем даних і породжуючих систем, які є одночасно і суперсистемами, і підсистемами.

Зі структурованими системами пов'язані деякі найважливіші типи *системних задач*, що мають в основному операційні формулювання мовою представленої методики, та пов'язані з питаннями взаємин між цілим та частинами. Деякі з них належать до дослідження, а деякі до проектування систем: одні виникли з практики, інші мають теоретичне значення або торкаються певних філософських питань (наприклад, проблема взаємин між *цілим та частинами*). У даній лекції визначаються структуровані системи різних типів та розглядаються пов'язані з ними ключові задачі.

## 14.2 Системи, підсистеми, суперсистеми

Для двох заданих систем одного з типів систем нульового, першого або другого епістемологічного рівня часто необхідно визначити, чи співвідносяться ці системи як частина і ціле [5]. Для цього необхідно визначити якийсь конкретний сенс відношення частина-ціле, щодо якого мають бути накладені деякі умови, з допомогою яких загальноприйняте розуміння адекватно описувалося б мовою складних систем.

Для адекватного опису сутності відношення частина-ціле має виконуватись **дві (необхідна й достатня) умови пов'язаності систем відношенням частина-ціле:**

- *умова сумісності (необхідна):* для того, щоб системи були сумісними, необхідно щоб вони були одного типу та визначені на одній повній параметричній множині.
- *умова включеності (достатня):* якщо є дві сумісні системи, наприклад, системи  $x$  і  $y$ , то  $x$  сприймається як частина  $y$  тільки тоді, коли  $x$  повністю включається в  $y$  якимось відповідним чином, що визначається типом цих систем.

Визначимо відношення частина-ціле для ісходних систем, систем даних і породжуючих систем, так, щоб обидві умови виконувались.

Введемо спочатку відповідну термінологію та позначення.

Нехай система  $x$  розглядається як частина системи  $y$ . Будемо  $x$  вважати підсистемою, а  $y$  – суперсистемою  $x$ . Формально позначатимемо, що  $x$  є підсистемою  $y$  (а  $y$  – суперсистемою для  $x$ ), наступним чином:  $x < y$ .

Нехай  ${}^xS$ ,  ${}^yS$  – ісходні системи. Для визначення відношення «підсистема» (і зворотного відношення «суперсистема») необхідно виконати умову сумісності ісходних систем. Це означає, що вони мають бути одного методологічного типу (тобто мати однакові методологічні відмінності) та мають бути визначені для одних і тих самих параметрів, як і для відповідних баз.

Умова включеності для ісходних систем виражається у вигляді кількох відношень включення:  ${}^xS$  розглядається як ісходна підсистема  ${}^yS$  (передбачається, що  ${}^xS$  та  ${}^yS$  – порівнювальні ісходні системи) тоді і тільки тоді, коли множини змінних (і узагальнених, і конкретних) та множина властивостей системи  ${}^xS$  є підмножинами відповідних множин системи  ${}^yS$  та, відповідно, множин станів й проявів властивостей, а також множин спостережень та канали конкретизації системи  ${}^xS$  є підмножинами відповідних систем  ${}^yS$ . Даний набір відношень включення, які мають виконуватися, щоб виконалося відношення «підсистема», зручно уявити через відношення однієї індексної множини. Елементи цієї множини ідентифікують окремі сутності різних множин (змінні, властивості, канали), причому передбачається, що відповідні один одному узагальнені змінні, конкретні змінні та властивості позначаються одним і тим самим елементом індексної множини (так само, як у формальному визначенні ісходних систем). Нехай змінні, властивості та інші характеристики систем  ${}^xS$ ,  ${}^yS$  позначаються (ідентифікуються) відповідно до індексних множин  ${}^xJ$ ,  ${}^yJ$ . Тоді відношення  ${}^xS$  – підсистема  ${}^yS$  «повністю» описується відношенням включення  ${}^xJ \subseteq {}^yJ$  їх індексних множин. Зазвичай вважається, що  ${}^yJ \subseteq N_n$ .

Визначене для вихідних систем відношення «підсистема» може бути поширене на системи даних. Відомо, що з двох порівнюваних систем даних  ${}^xD$ ,  ${}^yD$ , яким відповідають вихідні системи  ${}^xS$ ,  ${}^yS$ , система  ${}^xD$  є підсистемою

даних  ${}^y\mathbf{D}$ , тобто  ${}^x\mathbf{D} < {}^y\mathbf{D}$ , тоді і тільки тоді, коли  ${}^x\mathbf{S} < {}^y\mathbf{S}$  та  ${}^x\mathbf{D}$  містить тільки дані, що містяться в  ${}^y\mathbf{D}$  та відносяться до змінних, що входять в  ${}^x\mathbf{S}$ . Важливо, щоб масиви даних були позначені так, щоб для кожного елемента можна було однозначно визначити, до якої конкретної змінної він відноситься.

Визначимо тепер відношення «підсистема» для двох варіантів породжуючих систем – систем з поведінкою. Нехай  ${}^x\mathbf{F}_B = ({}^x\mathbf{S}, {}^xM, {}^xf_B)$ ,  ${}^y\mathbf{F}_B = ({}^y\mathbf{S}, {}^yM, {}^yf_B)$  – порівнювані системи з поведінкою;  ${}^xJ, {}^yJ$  – множини ідентифікаторів змінних, відповідають існуючим системам  ${}^x\mathbf{S}, {}^y\mathbf{S}$ .

Тоді  ${}^x\mathbf{F}_B \in$  *підсистемою системи з поведінкою*  ${}^y\mathbf{F}_B$ , тобто  ${}^x\mathbf{F}_B < {}^y\mathbf{F}_B$  тоді і тільки тоді, коли виконані наступні три умови:

- 1)  ${}^xJ \subseteq {}^yJ$ , так що  ${}^x\mathbf{S} < {}^y\mathbf{S}$ ;
- 2)  ${}^xM \subseteq {}^yM$ , так що  $(v_i, r_j) \in {}^xM$ , коли  $(v_i, r_j) \in {}^yM$  та  $j \in {}^xJ$ ;
- 3)  ${}^xf_B = [{}^yf_B \downarrow {}^xK]$ , де  ${}^xK$  – множина ідентифікаторів вибірових змінних, що відповідають  ${}^xM$ , тобто  ${}^xf_B \in$  проєкцією  ${}^yf_B$  для вибірових змінних системи  ${}^x\mathbf{F}_B$ .

Поняття підсистеми з поведінкою досить легко поширити і на інші типи породжуючих систем. Потрібно лише відповідним чином ідентифікувати породжуючі, породжувані та вхідні змінні для обох розглядуваних систем.

### 14.3 Структуровані існуючі системи та структуровані системи даних

Для об'єднання кількох систем у великі (структуровані системи) потрібно, щоб об'єднувані системи (елементи структурованої системи), були сумісними (задовольняли умові сумісності). Крім умови сумісності потрібно, щоб ніякий елемент не був підсистемою іншого елемента тієї ж структурованої системи. Виконання останньої вимоги дозволяє уникнути перемішування рівнів окремих структурованих систем для того, щоб вони були ієрархічно впорядкованими.

Поряд з цим, у структурованій системі має виконуватись **умова ненадмірності**: жодна підсистема не повинна бути інформаційно **повністю надмірною**, тобто не повинна містити лише таку інформацію, яка може бути повністю виведена з елементів її суперсистеми, оскільки така підсистема не несе додаткової цінності для структурованої системи.

Для формального визначення структурованих систем припустимо, що нейтральна структурована система складається з  $q$  елементів (нейтральних  $q$  систем того ж типу), які відповідають умовам сумісності та надмірності. Елементи ідентифікуються індексом  $x$ , де  $x \in N_q$ . Нехай

$$V = \{v_i \mid i \in N_n\} \quad (14.1)$$

$\in$  множиною всіх змінних, що входять до елементів системи,  ${}^xV$  – множина змінних  $x$  ( $x \in N_q$ ). Тоді

$$V = \bigcup_{x \in N_q} {}^x V. \quad (14.2)$$

Будемо для зручності позначень змінні з множин  ${}^x V$  ідентифікувати за допомогою того ж індексу  $i$ , що і змінні з множини  $V$ . Тоді будь-який елемент однозначно ідентифікується множиною своїх змінних  ${}^x V$ .

Різні типи структурованих систем позначатимемо стандартним для цього типу символом з префіксом  $\mathbf{S}$ , який використовується як оператор, що вказує на об'єднання кількох систем певного типу у велику систему. Так, через  $\mathbf{SS}$ ,  $\widehat{\mathbf{SD}}$ ,  $\mathbf{SF}_B$ ,  $\widehat{\mathbf{SF}}_B$ , позначимо структуровані системи, елементами яких є відповідно нейтральні ісходні системи, системи даних, нейтральні та спрямовані системи з поведінкою.

Елементами структурованих систем найпростішого типу є ісходні нейтральні системи, які визначаються множиною

$$\mathbf{SS} = \left\{ \left( {}^x V, {}^x \mathbf{S} \right) \mid x \in N_q \right\}, \quad (14.3)$$

де  ${}^x \mathbf{S}$  для кожного  $x \in N_q$  – нейтральна ісходна система (елемент  $\mathbf{SS}$ );  ${}^x V$  – множина змінних, що входять до  ${}^x \mathbf{S}$ .

Ісходні системи  ${}^x \mathbf{S}$ , подані в (14.3), повинні задовольняти тільки умовам сумісності та ненадмірності.

Якщо два елементи  $\mathbf{SS}$ , наприклад, елементи, ідентифіковані як  $x, y \in N_q$ , мають спільні змінні, тобто

$${}^x V \cap {}^y V \neq \emptyset, \quad (14.4)$$

то ці елементи є з'єднаними. Будемо цю множину спільних змінних називати **з'єднанням елементів  $x$  та  $y$** , а змінні з цієї множини – **з'єднуючими змінними**. **З'єднання** – важливі характеристики структурованих систем, оскільки визначають взаємодії між їх елементами. Для нейтральних структурованих систем з'єднання є симетричними, тобто не залежать від порядку, у якому розглядаються елементи.

З'єднання між нейтральними елементами  $x$  та  $y$  структурованої системи будемо позначати як

$$C_{x,y} = {}^x V \cap {}^y V. \quad (14.5)$$

Визначимо структуровану систему  $\widehat{\mathbf{SS}}$ , елементами якої є спрямовані ісходні системи, як множина

$$\widehat{\mathbf{SS}} = \left\{ \left( {}^x X, {}^x Y, {}^x \widehat{\mathbf{S}} \right) \mid x \in N_q \right\}, \quad (14.6)$$

де  ${}^x X, {}^x Y$  – множини вхідних та вихідних елементів відповідно. При цьому

$${}^x X \cup {}^x Y = {}^x V. \quad (14.7)$$

Якщо не брати до уваги виділення вхідних та вихідних змінних, то множина (14.6) є абсолютно аналогічною визначеній у (14.3) множині для нейтральних структурованих систем  $\mathbf{SS}$ .

При цьому елементи  ${}^x\widehat{S}$  будь-якої спрямованої структурованої системи  $\widehat{SS}$  мають задовольняти ще одній **умові узгодженості станів змінних**, пов'язаній з ідентифікаторами входів-виходів: жодна зі змінних з множини  $V$  рівняння (14.2) не може бути оголошена як вихідна більш ніж для одного елемента. Виконання цієї умови забезпечує узгодженість станів всіх змінних за будь-якого значення параметра.

Якщо змінна, оголошена як вихідна для більш ніж одного елемента структурованої системи, то її стани будуть визначатися (контролюватися) при будь-якому значенні параметра всіма цими елементами, що, як правило, призводитиме до **неузгодженості** (до завдання декількох різних станів змінної при тому самому значенні параметра). Уникнути цієї неузгодженості можна лише тоді, коли всі елементи впливають на цю змінну однаково, що є винятковим та рідкісним випадком.

При цьому можна затребувати, щоб тільки один з цих елементів (будь-який) був оголошений керуючим елементом цієї змінної. Така вимога називається **умовою однозначності керування** та має виконуватися для всіх спрямованих структурованих систем.

Класифікація змінних кожного елемента спрямованої системи на вхідні та вихідні та умова однозначності керування мають важливі наслідки для поняття **з'єднання елементів**. Для двох заданих елементів  $x, y$  спрямованої структурованої системи можна визначити два **спрямованих з'єднання**:

$\widehat{C}_{x,y}$  – з'єднання, що веде  $x$  з  $y$  та визначається як  $\widehat{C}_{x,y} = {}^x Y \cap {}^y X$ ;

$\widehat{C}_{y,x}$  – з'єднання, що веде з  $y$  в  $x$  та визначається як  $\widehat{C}_{y,x} = {}^y Y \cap {}^x X$ ;

Оскільки  ${}^x Y \neq {}^y Y$  для  $x \neq y$ , маємо  $\widehat{C}_{x,y} \neq \widehat{C}_{y,x}$  для різних елементів  $x, y$ .

Крім з'єднань елементів спрямованої структурованої системи, існують **з'єднання елементів з середовищем системи**. Будемо розглядати середовище як окремий елемент з унікальною міткою. Незважаючи на те, що насправді середовище не є елементом структурованої системи [як це впливає з (14.6)], такий підхід дозволяє нам визначити спрямовані з'єднання  $\widehat{C}_{0,x}$  та  $\widehat{C}_{x,0}$  ( $x \in N_q$ ) середовища з елементами структурованої системи так само, як і з'єднання елементів.

Якщо змінна оголошена вихідною змінної якогось елемента спрямованої структурованої системи, то ця змінна не керується середовищем (через умову однозначності керування) і, отже, не входить у жодне з'єднання  $\widehat{C}_{0,x}$ . Однак якщо якась змінна не оголошена як вихідна ні для якого елемента, то залишається тільки розглядати її як змінну, керовану середовищем. Отже, така змінна має бути включена до якогось з'єднання  $\widehat{C}_{0,x}$ . Тому всі змінні в будь-якому  ${}^x X$ , не оголошені в жодних елементах як вихідні, утворюють з'єднання середовища з елементом  $x$ . Формально

$$\widehat{C}_{0,x} = {}^x X \cap \left( V - \bigcup_{y \in N_q} {}^y Y \right) \quad (14.8)$$

для будь-якого  $x \in N_q$ .

Для опису з'єднань  $\widehat{C}_{x,0}$  ( $x \in N_q$ ) розглянемо змінні з множини  ${}^x Y$ , не оголошені як вхідні ні для якого елемента спрямованої структурованої системи. За визначенням, ці змінні не входять до жодних з'єднань елементів структурованої системи. Отже, їх потрібно розглядати як з'єднання з середовищем, тобто як ті, що входять до з'єднання  $\widehat{C}_{x,0}$ . Інші змінні також можуть бути включені до  $\widehat{C}_{x,0}$ . Питання про те, розглядати їх як з'єднання з середовищем або ні, залишається у компетенції користувача. Формально

$${}^x Y \cap \left( V - \bigcup_{y \in N_q} {}^y X \right) \subseteq \widehat{C}_{x,0} \subseteq {}^x Y \quad (14.9)$$

для будь-якого  $x \in N_q$ .

Аналогічно структурованим існуючим системам визначаються і **структуровані системи даних**:

$$\mathbf{SD} = \left\{ \left( {}^x V, {}^x \mathbf{D} \right) \middle| x \in N_q \right\}, \quad \widehat{\mathbf{SD}} = \left\{ \left( {}^x X, {}^x Y, {}^x \widehat{\mathbf{D}} \right) \middle| x \in N_q \right\}.$$

Оскільки будь-яка система даних містить існуючу систему, структуровані системи даних мають задовольняти всі умови, яким повинні задовольняти існуючі системи (сумісності, надмірності, однозначності керування). Крім того, зазвичай потрібно, щоб вони також задовольняли **умові локальної узгодженості даних**: для будь-якої з'єднуючої змінної відповідні дані мають бути однаковими у всіх елементах, в які входить ця змінна.

Якщо  $v_i \in C_{x,y}$  (або  $v_i \in \widehat{C}_{x,y}$ ), то  ${}^x v_{i,w} = {}^y v_{i,w}$  для всіх  $\mathbf{w} \in \mathbf{W}$ , де  ${}^x v_{i,w}$ ,  ${}^y v_{i,w}$  ( $\mathbf{w} \in \mathbf{W}$ ) – підмножини даних, відповідних змінній  $v_i$  в елементах  $x, y$ .

### Питання для самоконтролю

1. Як визначається структурована існуюча система?
2. Як визначається структурована система даних?
3. Як визначається структурована система з поведінкою?
4. Надайте визначення суперсистеми.
5. Надайте визначення поняттю повна система.
6. Що означає сумісність елементів структурованої системи?
7. В чому полягають умови сумісності та ненадмірності?
8. Які змінні називаються з'єднуючими?
9. Як визначаються спрямовані з'єднання?
10. В чому полягає умова однозначності керування?