

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ
ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни «ТЕОРІЯ СИСТЕМ ТА СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

за спеціальностями

124 – Системний аналіз

113 – Прикладна математика

Одеса – 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ
ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни «ТЕОРІЯ СИСТЕМ ТА СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
за спеціальностями
124 – Системний аналіз
113 – Прикладна математика**

Затверджено
на засіданні кафедри ПМІТ
Протокол № 1 від 30.08.2024 р.

Одеса – 2025

Конспект лекцій з дисципліни «Теорія систем та системний аналіз» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 124 – Системний аналіз (освітньо-професійна програма: «Системний аналіз та наука про дані») та за спеціальністю 113 – Прикладна математика (освітньо-професійна програма: «Математичне забезпечення комп'ютерних систем»)/ Укл.: *М. В. Полякова*. – Одеса: Одеська політехніка, 2025. – 45 с.

Укладач: **Полякова М. В.**, докт. техн. наук, доц.

ЗМІСТ

Вступ	5
Лекція 1. Основні поняття системного аналізу та систем	5
Лекція 2. Декомпозиція систем	7
Лекція 3. Моделювання в системному аналізі	11
Лекція 4. Області використання системного аналізу	14
Лекція 5. Статичні моделі систем	17
Лекція 6. Динамічні моделі систем	19
Лекція 7. Класифікація систем за типом змінних, за типом управління, за ступенем визначеності системи	20
Лекція 8. Способи управління системою	22
Лекція 9. Види систем	25
Лекція 10. Класифікація систем за обсягом охоплення циклу управління та мірою автоматизації та інтелектуалізації системи	26
Лекція 11. Характерні риси складних систем великого розміру	29
Лекція 12. Методи системного аналізу	31
Лекція 13. Вимірювання та експеримент. Шкали для вимірювання якісних даних	37
Лекція 14. Шкали для вимірювання кількісних даних	40
Лекція 15. Перевірка статистичних гіпотез	42
Рекомендована література	45

Вступ

Дисципліна «Теорія систем та системний аналіз» є важливою складовою сучасної науково-технічної освіти, яка ґрунтується на комплексному підході до вивчення складних об'єктів і процесів. Теорія систем дозволяє розглядати окремі елементи у взаємозв'язку, формуючи цілісну картину функціонування систем різного рівня – від біологічних і технічних до соціальних і економічних.

Системний аналіз, у свою чергу, забезпечує методи та інструменти для формалізації, моделювання та оптимізації систем, що сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень у складних і динамічних ситуаціях. Вивчення основ цієї дисципліни дає змогу розвивати критичне мислення, аналітичні здібності та навички системного підходу, які є необхідними для ефективної роботи в різних сферах науки, техніки та управління.

Цей курс покликаний ознайомити студентів із фундаментальними поняттями, методами та практичними застосуваннями теорії систем і системного аналізу, формуючи міцну базу для подальших досліджень та професійної діяльності.

Лекція 1. Основні поняття системного аналізу та систем

1. Передумови виникнення системного підходу.
2. Принципи системного підходу.
3. Визначення системи та оточуючого середовища.

1. Передумови виникнення системного підходу.

На початку 80-х років системність стала не тільки теоретичною категорією, а й усвідомленим аспектом практичної діяльності. Широко поширилося поняття того, що наші успіхи пов'язані з тим, наскільки системно ми підходимо до вирішення виникаючих проблем, а наші невдачі викликані відсутністю системності в наших діях. Сигналом про недостатню системності в нашому підході до вирішення будь-якої задачі є поява проблеми, дозвіл ж виниклої проблеми відбувається, як правило, при переході на новий, більш високий, рівень системності нашої діяльності. Тому системність не тільки стан, але і процес.

У різних сферах людської діяльності виникли різні підходи і відповідні методи вирішення специфічних проблем, які отримали різні назви: у військових і економічних питаннях – «дослідження операцій», в політичному та адміністративному управлінні – «системний підхід», в філософії «діалектичний матеріалізм», в прикладних наукових дослідженнях – «кібернетика». Пізніше стало ясно, що всі ці теоретичні та прикладні дисципліни утворюють як би єдиний потік, «системне спрямування», яке поступово оформилося в науку, яка дістала назву «системний аналіз». В даний час системний аналіз є самостійною дисципліною, що має свій об'єкт діяльності, свій досить потужний арсенал засобів і свою прикладну область. Будучи по суті прикладної діалектикою, системний аналіз використовує всі засоби сучасних наукових досліджень – математику, моделювання, обчислювальну техніку і натурні експерименти.

Найцікавіша і складна частина системного аналізу – це «витягування» проблеми з реальної практичної задачі, відділення важливого від несуттєвого, пошук правильного формулювання для кожної з виникаючих проблем, тобто то, що називається «постановкою завдання».

Багато досить часто недооцінюють роботу, пов'язану з формулюванням завдання. Однак багато фахівців вважають, що «добре поставити задачу – значить на половину її вирішити». Хоча в більшості випадків замовнику здається, що він вже сформулював свою проблему, системний аналітик знає, що запропонована клієнтом постановка задачі є моделлю його реальної проблемної ситуації і неминуче має цільовий характер, залишаючись приблизною і спрощеною. Тому необхідно перевірити цю модель на адекватність, що призводить до розвитку і уточненню початкової моделі. Дуже часто первинне формулювання викладена в термінах не тих мов, які необхідні для побудови моделі.

2. Принципи системного підходу.

Системний підхід – це підхід, при якому будь-яка система (об'єкт) розглядається як сукупність взаємопов'язаних елементів (компонентів), що має вихід (мета), вхід (ресурси), зв'язок із зовнішнім середовищем, зворотний зв'язок. Це найбільш складний підхід. Системний підхід являє собою форму застосування теорії пізнання і діалектики до дослідження процесів, що відбуваються в природі, суспільстві, мисленні. Його суть полягає в реалізації вимог загальної теорії систем, згідно з якою кожен об'єкт в процесі його дослідження повинен розглядатися як велика і складна система і, одночасно, як елемент більш загальної системи.

Основні принципи системного підходу наступні:

1. Цілісність, що дозволяє розглядати одночасно систему як єдине ціле і в той же час як підсистему для вищих рівнів.

2. Ієрархічність будови, тобто наявність безлічі (принаймні, двох) елементів, розташованих на основі підпорядкування елементів нижчого рівня елементам вищого рівня. Реалізація цього принципу добре видно на прикладі будь-якої конкретної організації. Як відомо, будь-яка організація являє собою взаємодію двох підсистем: керуючої і керованої. Одна підпорядковується іншій.

3. Структуризація, що дозволяє аналізувати елементи системи та їх взаємозв'язку в рамках конкретної організаційної структури. Як правило, процес функціонування системи обумовлений не стільки властивостями її окремих елементів, скільки властивостями самої структури.

4. Множинність, що дозволяє використовувати безліч кібернетичних, економічних і математичних моделей для опису окремих елементів і системи в цілому.

5. Системність, властивість об'єкта мати всі ознаки системи.

3. Визначення системи та оточуючого середовища.

Система – сукупність елементів і зв'язків між ними. Про кожній системі можна сказати, що вона існує в конкретній навколишньому середовищі. Системи існують в певному навколишньому середовищі і обумовлюються нею. Перша умова навколишнього середовища є межа, щодо якої говорять, що система діє всередині неї. Навколишнє середовище визначається як набір укладених усередині конкретних меж об'єктів, які, як передбачається, впливають на дію системи. Середовище – це не просто оточення системи, а то з цього оточення, що життєво важливо для системи.

Перший – середовище далеко не завжди неорганізоване освіту. Найчастіше вона являє собою деяку сукупність систем різного рівня, що мають свої стратегії поведінки. Види середовища різноманітні: природна, екологічна, господарська, соціальна, політична, культурна, інформаційна тощо

Другий – середовище відрізняється різним характером впливу на систему – може бути нейтральною, пасивною чи активною, агресивною, сприятливою і несприятливою (наприклад, соціально-психологічна обстановка в колективі для діяльності людини).

Третій – середовище пов'язана з системою складними обмінними процесами, вона є необхідною умовою існування, перш за все, відкритих систем. Речовина, енергія та інформація

потрапляє в систему з середовища. Середовище, в якості якої виступає, наприклад держава, задає правила поведінки системам, наприклад соціальним організаціям або політичним партіям.

Четвертий – середовище знаходиться не тільки за межами системи, але і всередині неї. Зовнішнє середовище виступає середовищем існування системи, а внутрішня – її життя. Це означає, що з зовнішнього середовища система черпає життєві ресурси, а внутрішня виступає організмом системи. Внутрішнє та зовнішнє середовище системи знаходяться у взаємній залежності і взаємній обумовленості.

Контрольні питання

1. Що таке системний підхід?
2. Поняття системи та оточуючого середовища.
3. Основні принципи системного підходу.

Лекція 2. Декомпозиція систем

1. Поняття мети, елементу, зв'язку, функції системи, стану та процесу, динаміки та статичності.
2. Поняття структури системи, класифікація по топології та управлінню.
3. Способи формального представлення структури.

1. Поняття мети, елементу, зв'язку, функції системи, стану та процесу, динаміки та статичності.

Мета – образ неіснуючого, але бажаного – з точки зору завдання або проблеми, що розглядається – стану середовища, тобто такого стану, що дозволяє вирішувати проблему при даних ресурсах. Це – опис, уявлення деякого найкращого стану системи. Поняття мети конкретизується різними об'єктами і процесами.

Приклад. Мета – функція (знайти значення функції). Мета – вираз (знайти аргументи, здатні перетворювати вираження в тотожність). Мета – теорема (сформулювати і / або довести теорему – тобто знайти умови перетворюють сформульоване пропозицію в істинне висловлення). Мета – алгоритм (знайти, побудувати послідовність дій, продукцій забезпечують досягнення необхідного стану об'єкта або процесу перекладу його з вихідного стану в фінальне).

Цілеспрямоване поведінка системи – поведінка системи (тобто послідовність прийнятих нею станів), що веде до мети системи.

Залежно від ступеня змін в часі системи можуть бути статичними (не міняв в певний проміжок часу) і динамічними (що змінюються).

Стан системи є деяка внутрішня характеристика системи, значення якої в даний момент часу визначає значення вихідної величини. Стан можна розглядати як певний інформаційний об'єкт, необхідний для передбачення впливу справжнього на майбутнє.

Елемент – частина системи, яка розглядається без подальшого членування як єдиної цілі, його внутрішня структура не є предметом дослідження. Вибір елемента як первинної одиниці визначається характером і завданнями моделі системи. Зв'язки в системі – те, що об'єднує елементи системи в одне ціле.

Функція системи характеризує прояв її властивостей в даній сукупності відносин і являє собою спосіб дії системи при взаємодії з зовнішнім середовищем, це поведінка системи в деякому середовищі. Функція з одного боку визначається внутрішньою будовою (структурою) системи, з іншого боку – зовнішнім середовищем. Зовнішнє середовище утворюють зовнішні по відношенню до даної системи цілісні об'єкти, а також речові, енергетичні та інформаційні ресурси середовища. Отже, в основі функції лежать об'єктивно існуючі можливості структури системи переробляти речові, енергетичні та інформаційні ресурси, а також здатність переміщатися в просторі. Здібності реалізуються в структурі і внаслідок її відносної

консервативності відносно постійні. Функція системи є проявом властивостей, якостей системи у взаємодії з іншими (зовнішніми) об'єктами.

Процесом називається серія реальних операцій або обробок вихідних матеріалів. Системою (об'єктом) називається процес або частина процесу, обрана для аналізу. Інформаційна система – це взаємозв'язана сукупність інформаційних, технічних, програмних, математичних, організаційних, правових, ергономічних, лінгвістичних, технологічних і інших засобів, а також персоналу, призначена для збору, обробки, зберігання та видачі економічної інформації і прийняття управлінських рішень.

Процеси в інформаційній системі:

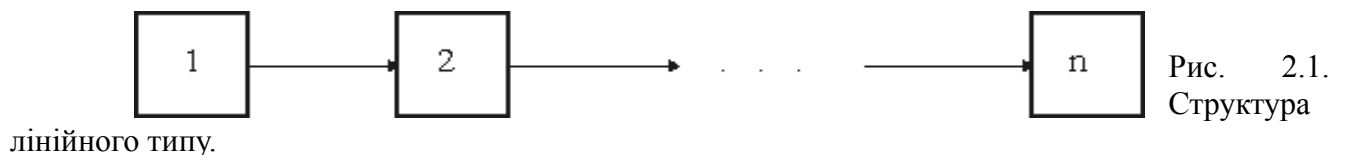
- 1) введення інформації з зовнішніх і внутрішніх джерел;
- 2) обробка вхідної інформації;
- 3) зберігання інформації для подальшого її використання;
- 4) висновок інформації в зручному для користувача вигляді;
- 5) зворотний зв'язок, тобто надання інформації, переробленої в даній організації, для коригування вхідної інформації.

2. Поняття структури системи, класифікація по топології та управлінню.

Структура – це все те, що вносить порядок в безліч об'єктів, тобто сукупність зв'язків і відносин між частинами цілого, необхідні для досягнення мети.

Прикладами структур можуть бути структура звивин мозку, структура студентів на курсі, структура державного устрою, структура кристалічної решітки речовини, структура мікросхеми та ін. Кристалічні ґрати алмаза – структура неживої природи; бджолині стільники, смуги зебри – структури живої природи; озеро – структура екологічної природи; партія (громадська, політична) – структура соціальної природи; Всесвіт – структура як живої і неживої природи.

Структури систем бувають різного типу, різної топології (або ж просторової структури). Розглянемо основні топології структур (систем). Відповідні схеми наведені на рис. 2.1 – 2.4 нижче.



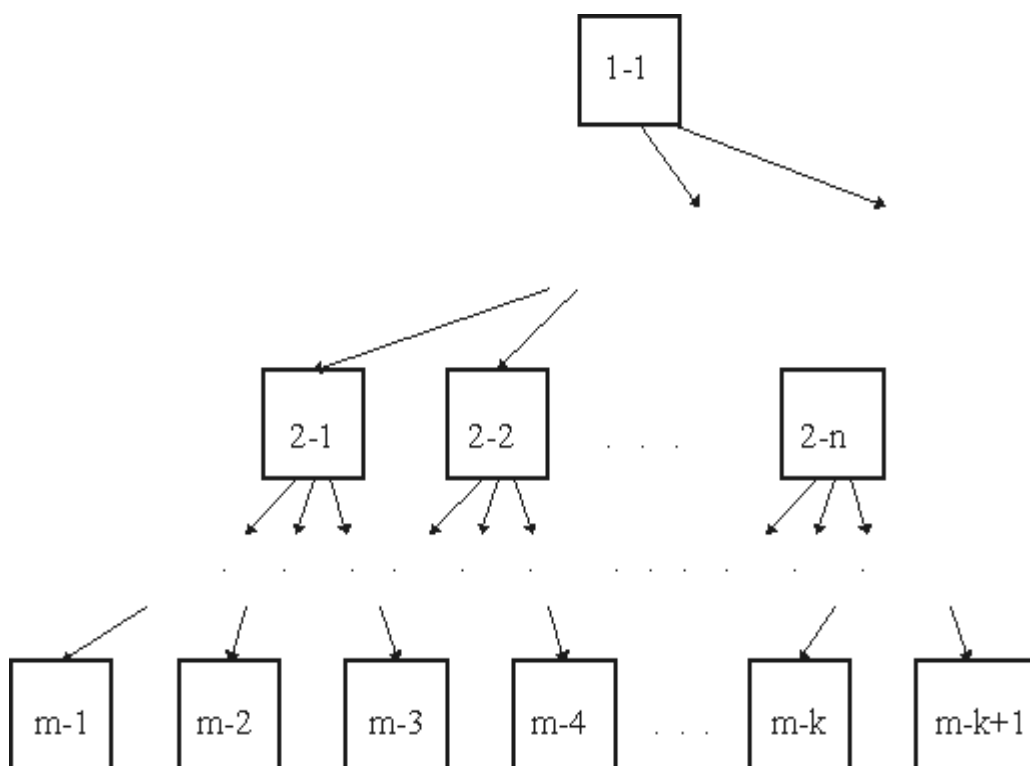


Рис. 2.2. Структура ієрархічного (деревовидного) типу.

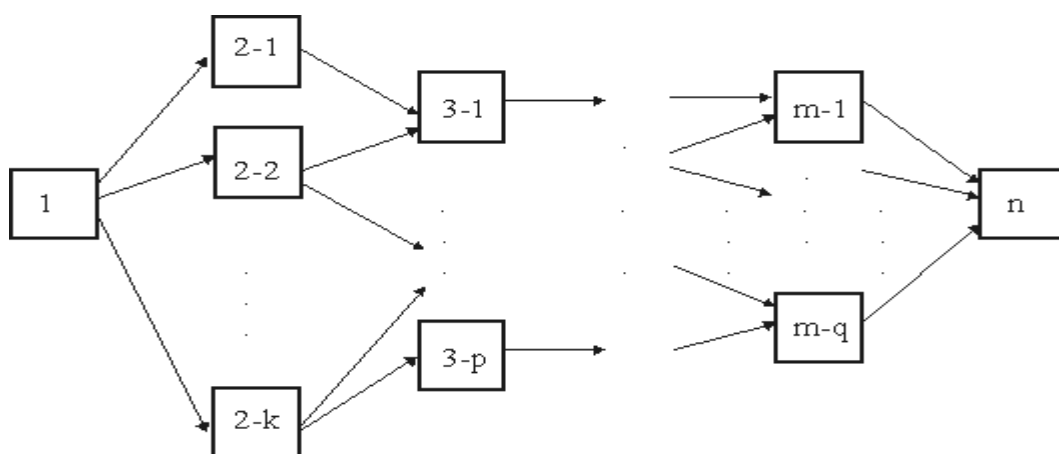


Рис. 2.3. Структура мережевого типу.

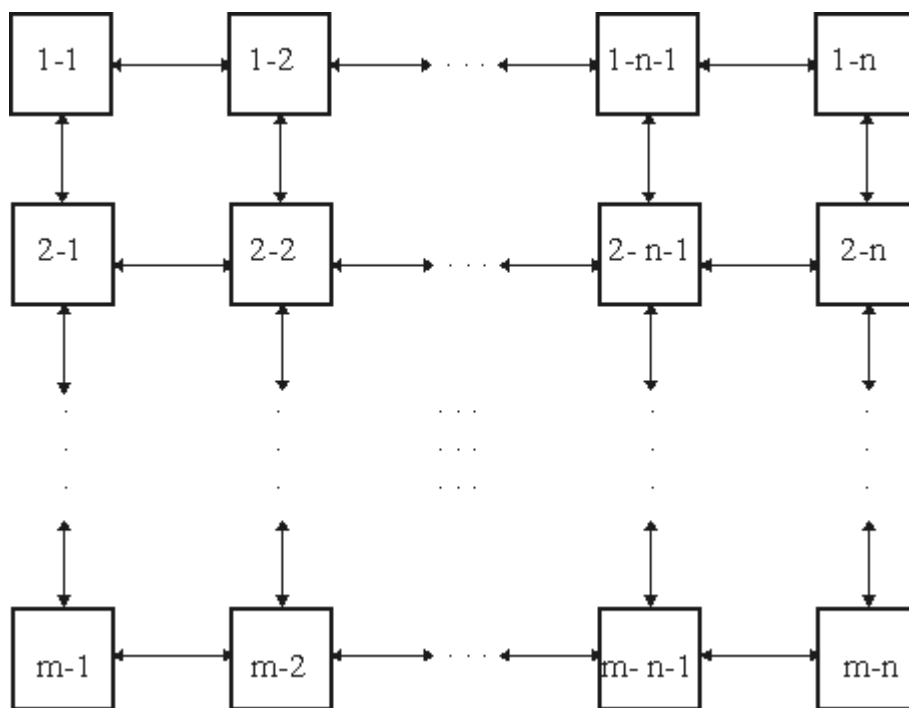


Рис. 2.4. Структура матричного типу.

Часто поняття системи передбачає наявність ієрархічної структури, тобто систему іноді визначають як ієрархічну цілісність.

Приклад. Прикладом лінійної структури є структура станцій метро на одній (НЕ кільцевій) лінії. Прикладом ієрархічної структури є структура управління вузом: «Ректор – Проректора – Декани – Завідувачі кафедрами і підрозділами – Викладачі кафедр і співробітники інших підрозділів». Приклад мережевої структури – структура організації будівельно-монтажних робіт при будівництві будинку: деякі роботи, наприклад, монтаж стін, благоустрій території та ін. Можна виконувати паралельно. Приклад матричної структури – структура працівників відділу НДІ виконують роботи по одній і тій же темі.

Системи класифікуються за типами управління. Процес управління без участі людини, називається автоматичним. Пристрій, що забезпечує автоматичне управління об'єктом, називається системою автоматичного управління (САУ). У тих випадках, коли система забезпечує стабілізацію керованої величини в заданих межах, вона називається системою автоматичного регулювання (САР).

Під автоматизованим розуміється управління об'єктом в системі з розімкненим зворотним зв'язком за участю людини у виробленні керуючих впливів. Системи, що реалізують таке управління, називаються автоматизованими системами управління (АСУ). Якщо об'єкти управління відносяться до типу технічних, то системи управління називаються автоматизованими системами управління технологічними процесами (АСУТП). Якщо об'єкт управління є об'єктом виробничо-економічного або соціального характеру, то система управління ним відноситься до автоматизованих систем організаційного управління (АСОУ).

В останні роки все ширше впроваджується інтегроване управління, що реалізовується інтегрованими автоматизованими системами управління (ІАСУ). В ІАСУ об'єктами управління є технічні, виробничо-економічні, організаційні та соціальні системи. ІАСУ створюються і функціонують на основі комп'ютерної техніки та економіко-математичних методів, які використовуються для управління технічними об'єктами, технологічними процесами, для планування, контролю, аналізу і регулювання виробництва в цілому.

Систему автоматизованого проектування (САПР) можна визначити як інтегровану автоматизовану систему управління, об'єктом управління якої є процес вибору проектно-конструкторських рішень на основі економіко-математичних моделей виробів, конструкцій, архітектурно-планувальних варіантів.

3. Способи формального представлення структури.

Метою формалізованого опису структур обчислювальних систем є уявлення наявних даних і паралельних процесів у вигляді спеціальних формальних об'єктів, зручних для проведення над ними обчислювальних і імітаційних експериментів.

Підхід для формалізації аналізу складної системи складається з трьох кроків: структуризації об'єкта, формалізації елементів складної системи і взаємодії між цими об'єктами. Недолік полягає в тому, що така формалізація елементів системи та взаємодії між ними володіє "неформульним" завданням схеми сполучення і операторів сполучення (у вигляді таблиць). Подібна формалізація не представляє можливість формалізувати область еквівалентних структурних перетворень схеми сполучення. Цих недоліків позбавлена формалізація елементів складної системи і взаємодії між ними за допомогою R-модулів, які використовуються при описі детермінованих динамічних систем, що функціонують в дискретному часі, при описі стохастичних систем, що подаються ймовірносними автоматами. Подібні автоматні моделі не перекривають всі виникаючі завдання.

Якщо обчислювальні системи розглядати як безліч взаємодіючих функціональних блоків (об'єктів), а не як обчислювальну мережу або многопроцесорну систему, то може бути використаний мережевий підхід. Ефективним засобом аналізу і синтезу паралельних обчислювальних систем і процесів є алгебраїчний підхід, який заснований на формульному вираженні мережевих моделей. Використання цього методу дозволяє аналітичними методами шляхом проведення еквівалентних перетворень формул отримувати оптимальні структури обчислювальних систем. Недоліками є: обмеженість, так як не всі мережеві структури можуть бути описані алгебраїчно; складність, так як процес побудови алгебраїчного опису складної мережевої структури вимагає певних навичок.

Останнім часом у багатьох роботах відзначається той факт, що графові моделі є найбільш зручними і ефективними засобами опису і дослідження паралельних структур і процесів. На цей час існує кілька формалізмів, заснованих на графових моделях і службовців для опису паралельних процесів. Найбільш загальними з них є: схеми паралельних програм Карпа-Мілнера; А-програми Котова-Нариньяни; біологічні графи; обчислювальні моделі; оператори Хоара.

Формалізм, що описує структуру і взаємодію паралельних процесів – мережі Петрі. Вони мають ряд переваг:

- 1) дозволяють моделювати асинхронність і недетермінізм паралельних незалежних процесів, паралелізм конвеєрного типу, конфліктні взаємодії між процесами;
- 2) розширені узагальненнями, як інгібіторні дуги, пріоритетність і час спрацьовування переходів, кольорові мітки і ін., Дозволяють моделювати складні обчислювальні системи з урахуванням факторів: пріоритетність процесів, тимчасові параметри подій, спільне відображення структури управління і потоків даних;
- 3) допускають довільну інтерпретацію елементів моделі: виконуваного фрагмента (вираження, оператори, підпрограми, апаратні перетворення інформації) і рівень абстракції.

Контрольні питання

1. Назвіть і охарактеризуйте основні складові системи
2. Назвіть способи уявлення структури системи.
3. Поясніть поняття елементу системи.

Лекція 3. Моделювання в системному аналізі

1. Моделювання як спосіб наукового пізнання та його призначення в системному аналізі.

2. Поняття адекватності моделі та способи її досягнення.
3. Короткий запис моделі.

1. Моделювання як спосіб наукового пізнання та його призначення в системному аналізі.

Моделюванням називається заміщення одного об'єкта іншим з метою отримання інформації про найважливіші властивості об'єкта – оригіналу за допомогою об'єкта – моделі.

Модель – фізичний або абстрактний об'єкт, властивості якого в певному сенсі схожі з властивостями досліджуваного об'єкта. Існує ряд загальних вимог до моделей:

1. Адекватність – досить точне відображення властивостей об'єкта;
2. Повнота – надання отримувачу всієї необхідної інформації про об'єкт;
3. Гнучкість – можливість відтворення різних ситуацій у всьому діапазоні зміни умов і параметрів;
4. Трудомісткість розробки повинна бути прийнятною для наявного часу і програмних засобів.

В основу класифікації моделей покладено ступінь абстрагування моделі від оригіналу. Розрізняють фізичні і абстрактні (математичні) моделі.

Фізичні моделі – система, еквівалентна або подібна оригіналу, але можливо має іншу фізичну природу. Наприклад, продування моделей літаків в аеродинамічних трубах. Фізичне моделювання пов'язане з великими часовими і матеріальними витратами.

Аналоговими моделями називають системи, які мають фізичну природу, відрізняється від оригіналу, але подібні з оригіналом процеси функціонування. Для створення аналогової моделі потрібна наявність математичного опису системи, що вивчається. Як аналогових моделей використовуються механічні, гідравлічні, пневматичні та електричні системи. Аналогове моделювання використовує при дослідженні кошти обчислювальної техніки на рівні логічних елементів і електричних ланцюгів, а так само на системному рівні, коли функціонування системи описується, наприклад, диференціальними або алгебраїчними рівняннями.

Математичною моделлю називається сукупність математичних співвідношень, рівнянь, нерівностей і т.п., що описують основні закономірності, притаманні досліджуваному процесу, об'єкту або системі. Метою математичного моделювання є аналіз реальних процесів (в природі або техніці) математичними методами.

Математичне моделювання включає аналітичне та комп'ютерне моделювання.

1. Аналітичне моделювання – процес функціонування елементів системи записується у вигляді деяких математичних співвідношень (алгебраїчних, інтегральних, різницевих і т. д.) Або логічних умов.

Аналітична модель досліджується такими методами:

- 1) аналітичним, коли прагнуть отримати в загальному вигляді явні залежності для шуканих характеристик системи;
- 2) чисельним, коли, не вміючи вирішувати рівняння в загальному вигляді, прагнуть отримати числові результати, але при конкретних початкових даних;
- 3) якісним, коли, не маючи рішення в явному вигляді, можна знайти деякі властивості рішення (наприклад, оцінити стійкість рішення).

2. Комп'ютерне моделювання – представлення математичної моделі системи у вигляді програми або комп'ютерної моделі, що дозволяє проводити з нею обчислювальні експерименти. Види комп'ютерного моделювання: чисельне, імітаційне, статистичне.

При чисельному моделюванні для побудови комп'ютерної моделі використовуються методи обчислювальної математики, а обчислювальний експеримент полягає в чисельному рішенні деяких математичних рівнянь при заданих значеннях параметрів і початкових умовах (наприклад, метод кінцевих різниць).

Імітаційне моделювання – метод, що дозволяє будувати моделі, що описують процеси так, як вони проходили б у дійсності. Таку модель можна «програти» в часі як для одного

випробування, так і заданого їх безлічі. За цими даними можна отримати достатньо стійку статистику (наприклад, при моделюванні бізнес-процесів, регулюванню дорожнього, вуличного руху і т.д.)

Статистичне моделювання – побудова і вивчення моделей реально існуючих предметів, процесів або явищ (наприклад: економічних процесів в економетриці) з метою отримання пояснень цих явищ, а також для передбачення явищ або показників, що цікавлять дослідника.

2. Поняття адекватності моделі та способи її досягнення.

Першим етапом математичного моделювання є постановка завдання, визначення об'єкта і цілей дослідження, завдання критеріїв (ознак) вивчення об'єктів і управління ними.

Другим етапом моделювання є вибір типу математичної моделі, що є найважливішим моментом, що визначає напрямок усього дослідження. Зазвичай послідовно будується кілька моделей. Порівняння результатів їх дослідження з реальністю дозволяє встановити найкращу з них. На етапі вибору типу математичної моделі за допомогою аналізу даних пошукового експерименту встановлюються: лінійність або нелінійність, динамічність або статичність, стаціонарність або нестаціонарність, а також ступінь детермінованості досліджуваного об'єкта або процесу.

Процес вибору математичної моделі об'єкта закінчується її попереднім контролем, який також є першим кроком на шляху до дослідження моделі. При цьому здійснюються наступні види контролю (перевірки): розмірностей; порядків; характеру залежностей; екстремальних ситуацій; граничних умов; математичної замкнутості; фізичного сенсу; стійкості моделі.

Наприклад, контроль розмірностей дозволяє прирівнювати і складати тільки величини однакової розмірності, порядків величин спрощує моделювання, тобто визначаються порядки складаються величин і явно незначні складові відкидаються, перевірка стійкості моделі полягає в перевірці того, що варіювання вихідних даних в рамках наявних даних про реальний об'єкт не призведе до істотної зміни рішення.

Адекватність – ступінь відповідності моделі тому реальному явищу або об'єкту, для опису якого вона будується. Будь-яка модель дає наближений опис процесу функціонування об'єкта або системи. Тому необхідна спеціальна процедура підтвердження достовірності (адекватності) побудованої моделі. Така оцінка проводиться методами математичної статистики.

Оцінка адекватності розробленої моделі реально існуючої системи проводиться порівнянням вимірювань на реальній системі і результатів експериментів на моделі і може проводитися різними способами. Найбільш поширені з них:

- за середнім значенням відгуків моделі і системи;
- по дисперсії відхилень відгуків моделі від середнього значення відгуків системи;
- за максимальним значенням відносних відхилень відгуків моделі від відгуків системи.

Названі способи оцінки досить близькі між собою, по суті, тому обмежимося розглядом першого з них. При цьому способі перевіряється гіпотеза про близькість середнього значення спостережуваної змінної середньому значенню відгуку реальної системи. В результаті дослідів на реальній системі отримують безліч значень (вибірку). Виконавши експериментів на моделі, також отримують безліч значень спостережуваної змінної.

Потім обчислюються оцінки математичного очікування і дисперсії відгуків моделі і системи, після чого висувається гіпотеза про близькість середніх значень величин в статистичному сенсі. Основою для перевірки гіпотези є статистика. Її значення, обчислене за результатами випробувань, порівнюється з критичним значенням, розподілу Стюдента. Якщо виконується нерівність, то гіпотеза приймається.

Однак статистичні методи застосовні тільки в тому випадку, якщо оцінюється адекватність моделі існуючій системі. На проектованій системі провести вимірювання, природно, не представляється можливим. У цьому випадку в якості еталонного об'єкта приймається концептуальна модель проектованої системи і оцінка адекватності програмно реалізованої моделі полягає в перевірці того, наскільки коректно вона відображає концептуальну модель.

При перевірці адекватності моделі як існуючої, так і проектованої системи реально може бути використано лише обмежена підмножина всіх можливих значень вхідних параметрів (робочого навантаження і зовнішнього середовища). У зв'язку з цим для обґрунтування достовірності отриманих результатів моделювання велике значення має перевірка стійкості моделі.

Стійкість моделі – це її здатність зберігати адекватність при дослідженні ефективності системи на всьому можливому діапазоні робочого навантаження, а також при внесенні змін в конфігурацію системи.

Чим ближче структура моделі структурі системи і чим вище ступінь деталізації, тим стійкіше модель. Стійкість результатів моделювання може бути також оцінена методами математичної статистики.

3. КORTEЖНИЙ ЗАПИС МОДЕЛІ.

Кортежне моделювання є етапом переходу від вербальних описів системи до запису її моделі в математичній формі. На цьому етапі відбувається створення системної моделі і складається специфікація – повний перелік моделей, що описують систему.

Модель системи МС являє собою сукупність наступних чотирьох моделей:

$МС = \langle \text{Морф}, \text{Пов}, \text{Упр}, \text{Разв}; R \rangle$,

де Морф – модель морфології; Пов – модель поведінки; Упр – модель управління; Разв – модель розвитку (життєвого циклу); R – матриця зв'язків між ними.

Модель морфології системи Морф утворюється сукупністю моделей морфології двох підсистем: відкритої підсистеми (ОС) – відкрита, з точки зору обміну енергією і речовиною системи з навколишнім її середовищем, і закритою підсистеми (ЗС) – операційно замкнута система, що складається з мережі взаємопов'язаних компонентів:

$\text{Морф} = \langle \{ \text{МОС} \}, \{ \text{МЗС} \}; \text{RM} \rangle$,

де матриця RM пов'язує морфологічні моделі подвійних частин системи.

Модель морфології відкритої підсистеми МОС утворюється сукупністю моделей морфології трьох основних складових: компонентів підсистеми (Кос) – елементи, які взаємодіють з навколишнім середовищем, ресурсів, (Рос) – зовнішні ресурси, необхідні для функціонування компонентів (матеріальні і енергетичні), продуктів (сел) – результати функціонування компонентів підсистеми, що виводяться за кордон системи:

$\text{МОС} = \langle \{ \text{МКос} \}, \{ \text{МРос} \}, \{ \text{МПОС} \}; \text{RMос} \rangle$,

де матриця RMос пов'язує моделі морфології складових (Кос, Рос, Сел) в єдину підсистему МОС. Модель морфології кожної з даних складових є безліччю моделей індивідуальних елементів.

Контрольні питання

1. Що розуміється під моделюванням системи?
2. Що розуміється під статистичним моделюванням системи?
3. Опишіть поняття кортежних записи моделі

Лекція 4. ОБЛАСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

1. Поняття проблемної ситуації.
2. Ознаки системних проблем: слабка структурованість, конфліктність, невизначеність, неоднозначність, наявність ризику, комплексність.
3. Послідовність етапів системного аналізу.

1. Поняття проблемної ситуації.

Проблема – це складний теоретичний або практичне питання, що вимагає вивчення, дозволу, або суперечлива ситуація, що виникає через протилежні позиції в поясненні будь-яких явищ, об'єктів, процесів вона потребує адекватної теорії для її вирішення. По суті, проблема є ситуація невідповідності бажаного і існуючого.

Проблемні ситуації виникають в процесі пізнавальної діяльності суб'єкта, спрямованої на якийсь об'єкт, коли суб'єкт зустрічає якесь утруднення, перешкоду.

Перешкода може бути самої різної природи: це і недолік або невідповідність знань, засобів і способів їх застосування, та необхідність зробити якісь невідомі дії для досягнення мети або зробити вибір між декількома об'єктами і т.п. У всіх цих випадках виникає ситуація, яку прийнято називати проблемною. Проблема ситуація – це "розрив" в діяльності, "неузгодженість" між цілями і можливостями суб'єкта, тобто умови, які породжують проблему. Умови появи проблеми – це об'єктивно виникають протиріччя між тими чи іншими діями, зокрема через незнання способів їх виконання; між потребами в нових знаннях і їх недостатністю.

Типові проблемні ситуації:

- 1) результати діяльності не відповідають бажаним цілям;
- 2) раніше вироблені, теоретично обґрунтовані і практично перевірені методи рішення не дають належного ефекту або не можуть бути використані;
- 3) в практичній діяльності виявляються факти, які не вкладаються в рамки існуючих теоретичних уявлень;
- 4) одна з приватних теорій вступає в логічне протиріччя з більш загальною теорією або іншими областями життя в межах даної галузі знань.

2. Ознаки системних проблем: слабка структурованість, конфліктність, невизначеність, неоднозначність, наявність ризику, комплексність.

Слабоструктурована проблема – це така проблема, склад елементів якої і їх зв'язку відомі тільки частково. Можуть бути різні ситуації, які породжують слабоструктуровані проблеми. Наприклад, якщо деякі нові можливості вже склалися, але ще не усвідомлені, неминуче виникають слабоструктуровані проблеми.

Одне із завдань, що виникає при вирішенні таких проблем, полягає в тому, щоб виділити корисні, цінні елементи евристичного процесу. Інше завдання полягає в знаходженні відповідних способів визначення наявності високого ризику можливого способу дій. Звичайно, винаходи або творчі пропозиції, які можуть вплинути на результат евристичного вирішення проблеми, не повинні бути залишені в стороні.

Конфліктність. Системні проблеми формуються протиріччями між прагненням природи і суспільства до свого розвитку і завжди обмежену можливість з практичної реалізації цього прагнення. Протиріччя з'являються у вигляді явних чи прихованих конфліктів різного масштабу і значущості, що загрожують перерости в кризи. З цієї причини відмінною рисою системних проблем виявляється компромісний характер їх вирішення, пов'язаний з багатофакторністю і множинністю критеріїв якості. Фактично вони розв'язати тільки шляхом врегулювання протиріч в динаміці їх розвитку і знаходження розумного компромісу між бажанням досягти певних цілей і існуючими для цього можливостями.

Невизначеність. Виявлена частина системної проблеми несе в собі не більше 5-10% від загального обсягу інформації, необхідної для її вирішення, а інша частина прихована від дослідника і починає проявлятися тільки в процесі самого дослідження. Крім того, для системних проблем характерний широкий діапазон неочевидних способів і прийомів їх вирішення, але повний набір можливих варіантів не може бути визначений заздалегідь. Дозвіл системної проблеми часто пов'язано з переглядом усталених поглядів на природу речей, з пошуком принципово нових ліній поведінки, що виходять за рамки традиційного розуміння фізичних, біологічних і соціальних процесів.

Неоднозначність. Системна проблема найчастіше має кілька варіантів свого вирішення, які важко ранжувати за їх перевагу. У системній проблематики існує особлива область толерантності (нечутливості), доступна інтуїтивного сприйняття, але в яку не можна проникнути науковими методами. Тому інтуїція, (підкріплена знаннями) і наукова творчість грають в системному аналізі істотну, а часом вирішальну роль, виступаючи джерелом зародження нових ідей і способів вирішення системних протиріч.

Наявність ризику. Дозвіл системних проблем вимагає певних ресурсних вкладень і завжди містить елемент ризику, обумовлений протидією з боку як зовнішніх, так і внутрішніх сил. Природа протидії об'єктивна і пов'язана з тим, що будь-який варіант рішення системної проблеми відповідає інтересам одних суб'єктів і ущемляє інтереси інших.

Багатоаспектність. «Спроби спростити проблему шляхом виключення так званих» несуттєвих «аспектів призводять до помилок, які жорстоко мстяться за себе. У той же час прагнення до повного обліку всіх сторін призводить до того, що проблема стає незорою і практично нерозв'язною. У просторі параметрів будь-системної проблеми існує область *aurea mediocritas* («золота середина»), пошук якої становить одну з найважливіших прагматичних завдань системного аналізу». (С. 15).

Комплексність. Ефективно вирішити наукову проблему можна тільки в тому випадку, якщо залучити адекватний за складністю комплекс наукових методів і знань, що охоплює своїми пізнавальними можливостями все різноманіття сторін і проявів досліджуваного об'єкта. Але комплекс знань і методів не може стати комплексом сам по собі – необхідний якийсь системоутворюючий механізм, здатний управляти його окремими складовими, узгоджувати приватні результати досліджень і концентрувати зусилля на найбільш важливих напрямках. У виконанні функцій такого механізму полягає основна призначення системного аналізу.

Саморішення. «Це незвичайна властивість системних проблем полягає в їх здатності вирішуватися природним чином, тобто без застосування наукових методів і знань. Питання полягає в тому, якими можуть бути наслідки такого саморішення – негативними чи позитивними, конструктивними чи деструктивними. Головна прагматична спрямованість аналізу систем полягає у вишукуванні конструктивних способів і технологій вирішення проблем, що виключають негативні варіанти розвитку подій у цій проблемній області.

Еволюційність. Будь-яка системна проблема є продовження якоїсь проблеми і джерело нової. Центральна задача аналізу систем полягає в пошуку таких варіантів вирішення проблеми, які: а) виключають виникнення нових, ще більш складних проблем; б) не містять в собі потенціалу руйнування того позитивного, що було вже раніше створено природою або суспільством; в) не порушують, а підтримують наступність у розвитку наукових напрямків.

Особливістю суспільного буття є те, що в людській діяльності не існує оптимальних (абсолютно вірних) рішень – так само, як не буває нерозв'язних проблем (абсолютно тупикових ситуацій). Теорія системного аналізу виходить з відсутності оптимального, абсолютно кращого варіанту вирішення проблем будь-якої природи. При цьому замість практично безплідних спроб знайти якийсь глобальний оптимум пропонується інтеративний пошук реально досяжного (компромісного) варіанта вирішення проблеми, коли бажаним можна поступитися на догоду можливого, а межі можливого можуть бути істотно розширені за рахунок прагнення досягти бажаного. Тим самим передбачається використання ситуативних критеріїв перевагу, тобто критеріїв, які не є вихідними установками, а виробляються в ході проведення дослідження.

3. Послідовність етапів системного аналізу.

Хоча системний аналіз і являє собою методологію вирішення різноманітних (в першу чергу слабоструктурованих) проблем на основі системного підходу, все ж дана методологія спирається багато в чому на евристичні та інші погано формалізуються методи. Тому необхідно пам'ятати, що в даний час результати застосування системного аналізу в значній мірі залежать від мистецтва дослідників і поки не володіють високою точністю і надійністю.

Доцільно виділити наступні основні етапи системного аналізу.

1. Початкова постановка (формулювання) проблеми. Вихідна постановка проблеми повинна служити свого роду завданням на підготовку рішення або виконання попереднього етапу опрацювання, результати якого будуть розглянуті особою, яка приймає рішення (ОПР), і визначать подальший напрямок дій.

Постановка (формулювання) проблеми називається вихідним, або попереднім етапом, тому, що в ході аналізу та синтезу і на їх підставі багато вихідні положення можуть бути переглянуті.

2. Формулювання цілей і умов вирішення проблеми. Сформулювати цілі вирішення проблеми важливо в першу чергу для правильного виявлення шляхів їх досягнення і для порівняння варіантів вирішення досягнення цілей.

Використовувати мети в якості міри ефективності варіантів вирішення проблеми можна, лише якщо вони сформульовані настільки чітко і конкретно, що їх можна формалізувати, тобто перейти від словесної формулювання до математичної, що виражає головну мету у вигляді деякої функції параметрів системи. Таку залежність прийнято називати функцією мети, або цільовою функцією; вона використовується в якості критерію якості рішення. Таким чином, формулювання цілей – це етап вибору критерію якості рішення (критерій оптимальності). Вибір цільової функції пов'язаний з системою обмежень.

3. Структуризація проблеми і систематизація шляхів досягнення цілей – це етап структуризації проблем, тобто виявлення підпроблем різних рангів, їх взаємних зв'язків відповідно до розглянутої вище сутності системного підходу. Послідовну деталізацію підпроблем, як про-напрямків дії, продовжують до тих пір, поки подальша їх конкретизація означатиме вже перехід до певного заходу, дії, який реалізує рішення відповідних підпроблем молодшого рангу. Етап закінчується виявленням можливих варіантів вирішення окремих підпроблем і їх взаємних зв'язків.

4. Виявлення і вибір альтернатив вирішення проблем – етап варіантів рішення закінчується розробкою проекту рішення проблеми.

5. Прийняття рішень і їх реалізація включають розробку проекту реалізації рішення, його узгодження і аналіз реалізації рішення проблеми, уточнення рішення і проекту його реалізації.

Контрольні питання

1. Які ви знаєте ознаки системних проблем?
2. Опишіть послідовність етапів системного аналізу.
3. Опишіть типові проблемні ситуації.

Лекція 5. Статичні моделі систем

1. Модель «чорної скриньки».
2. Модель складу системи.
3. Модель структури системи.

1. Модель «чорної скриньки».

Будь-яку систему в найзагальнішому випадку можна представити у вигляді непрозорого «ящика», виділеного із зовнішнього середовища. Модель «чорного ящика» відображає дві важливі властивості системи: цілісність і відокремленість від середовища. Хоча цей «ящик» і відокремлений, але він не є повністю ізольованим. Система пов'язана з середовищем і за допомогою цих зв'язків впливає на середу. Зв'язки, спрямовані з системи в середу – виходи системи, а входять в систему ззовні – входи системи. Щоб побудувати модель «чорного ящика», необхідно вказати всі входи і виходи системи, не цікавлячись її внутрішнім змістом.

Приклад. Модель «Чорного ящика» для системи «Телевізор». Входи системи: шнур електроживлення, антена. Виходи системи: екран, динаміки.

Приклад. Модель «Чорного ящика» для системи «Наручний годинник». Входи системи: коліщатко підводки, елемент живлення. Виходи системи: встановити правильний час в довільний момент (циферблат), зручність носіння на зап'ясті, задоволення вимог санітарії і гігієни, довгостроковість, міцність, точність, пило і волого непроникність, відповідність купівельної спроможності споживача, відповідність поняттям моди і краси.

Число входів і виходів для будь-якої системи є нескінченним тому, що система пов'язана із середовищем безліччю зв'язків. Складаючи модель «чорного ящика» ми з цього незліченної безлічі відбираємо кінцеве число зв'язків, і критерієм відбору при цьому є цільове призначення системи і істотність зв'язків по відношенню до цієї мети. При складанні моделі може проявлятися і суб'єктивний підхід, тому необхідно враховувати дослідника, що складав модель. У ряді випадків головну мету слід супроводжувати завданням додаткових цілей. При цьому виконання тільки основної мети недостатньо, а невиконання додаткових цілей може зробити непотрібним або навіть шкідливим досягнення основної мети.

2. Модель складу системи.

Очевидно, що питання, що стосуються внутрішнього устрою системи, неможливо вирішити тільки за допомогою моделі чорного ящика. При розгляді будь-якої системи, перш за все, виявляється те, що її цілісність і відокремленість, відображені в моделі «чорного ящика», виступають як зовнішні властивості. Середина ж ящика виявляється неоднорідною, що дозволяє розрізняти складові частини самої системи. При більш детальному розгляді деякі частини системи можуть бути в свою чергу розбиті на складові частини і т.д., ті частини системи, які розглядаються як неподільні, називатимуться елементами. Частини системи, що складаються більш ніж з одного елемента, називаються підсистемами. В результаті виходить модель складу системи, що описує, з яких підсистем і елементів вона складається.

Модель складу системи відображає, з яких частин (підсистем та елементів) складається система. Головні труднощі в побудові моделі складу полягає в тому, що поділ цілісної системи на частини є відносним, умовним, залежним від цілей моделювання (це відноситься не тільки до кордонів між частинами системи, а й до кордонів самої системи). Крім того, відносним є і визначення найменшої частини – елемента.

3. Модель структури системи.

Існує ряд питань, які не можна вирішити за допомогою моделей «чорного ящика» і «складу». Для подальшого дослідження системи необхідно встановити між елементами певні зв'язки або стосунки. Сукупність необхідних і достатніх для досягнення мети відносин між елементами – структура системи. Між реальними об'єктами, залученими в систему, існує незліченна кількість відносин, однак, як і в моделі «складу», в список відносин ми включаємо кінцеве їх число, причому цей список складається за принципом суттєвості тієї чи іншої зв'язку, по відношенню до даної мети.

Приклад. При розрахунку механізму не враховуються сили взаємного тяжіння його деталей, хоча відповідно до закону всесвітнього тяжіння такі сили об'єктивно існують, зате вага деталей, тобто сила їх тяжіння до землі враховується обов'язково.

Відносини між елементами можуть бути дуже різними, проте, можна спробувати їх класифікувати і по можливості перерахувати. Складність полягає в тому, що ми знаємо не всі реально існуючі відносини і взагалі невідомо, чи є кінцевим їх число.

Контрольні питання

1. Опишіть основні моделі статистичних систем.
2. Що відображає модель складу системи?

3. Назвіть складові моделі структури системи.

Лекція 6. Динамічні моделі систем

1. Поняття динамічної моделі системи.
2. Типи динамічних моделей.
3. Штучні та природні системи.

1. Поняття динамічної моделі системи.

Динамічні моделі відображають поведінку систем, описують що відбуваються з часом зміни, послідовність операцій, дій, причинно-наслідкові зв'язки. Системи, в яких відбуваються якісь б то не було зміни з часом, називаються динамічними, а моделі, що відображають ці зміни, – динамічними моделями систем.

Діяльність системи може відбуватися в двох режимах: розвиток (еволюція) і функціонування. Функціонування – це діяльність системи без зміни мети. Розвиток – це діяльність системи зі зміною цілей.

При функціонуванні, еволюції системи явно не відбувається якісного зміни інфраструктури системи; при розвитку, революціонуванні системи її інфраструктура якісно змінюється. Розвиток – боротьба організації і дезорганізації в системі і пов'язане з накопиченням і ускладненням інформації, її організації.

Якщо в системі кількісні зміни характеристик елементів і їх відносин в системі приводить до якісних змін, то такі системи називаються що розвиваються системами. Такі системи мають ряд відмінних сторін, наприклад, можуть мимовільно змінювати свій стан, – відповідно до взаємодіями з навколишнім середовищем (як детерміновано, так і випадково). У таких системах кількісне зростання елементів і підсистем, зв'язків системи призводять якісних змін (системи, структури), а життєздатність (стійкість) системи залежить від зміни зв'язків між елементами (підсистемами) системи.

Основні ознаки, що розвиваються систем:

- 1) мимовільна зміна стану системи;
- 2) протидія (реакція) впливу навколишнього середовища (інших систем) приводить до зміни первісного стану середовища;
- 3) постійний потік ресурсів (постійна робота по їх перетоку) спрямований проти врівноваження їх потоку з навколишнім середовищем.

Якщо розвивається система розвиваємость за рахунок власних матеріальних, енергетичних, інформаційних, людських або організаційних ресурсів усередині самої системи, то такі системи називаються саморозвиваючимися (самодостатньо розвиваються). Це форма розвитку системи – сама бажана і перспективна.

Для оцінки розвитку, розвиваємость системи часто використовують не тільки якісні, а й кількісні оцінки, а також і змішаного типу оцінки.

2. Типи динамічних моделей.

При побудові динамічних моделей на першому кроці аналізують тип відображуваного зміни системи, який хочуть описати. Далі приступають до аналізу змін, що відбуваються з метою більш конкретного відображення динаміки аналізованих процесів. На цьому етапі виокремлює частини, етапи процесу, що відбувається, розглядають їх взаємозв'язок. Заключний етап побудови динамічної моделі системи полягає в більш глибокої формалізації процесів, іншими словами, в побудові математичного опису аналізованих процесів.

Типи динамічних моделей такі ж, як і статичних, тільки елементи цих моделей мають тимчасової характер. Наприклад, динамічний варіант "чорного ящика" – вказівка початкового ("вхід") і кінцевого ("вихід") станів системи (наприклад, як в п'ятирічному плані). Моделі

складу відповідає перелік етапів в деякій впорядкованій послідовності дій. Наприклад, доведено, що будь-який алгоритм можна побудувати, використовуючи всього три оператора: "виконувати послідовно", "якщо ... то ..." і "виконувати, поки не задовольниться умова". Ці оператори можна розглядати як модель мінімального складу алгоритму, хоча не обов'язково складати алгоритм тільки з цих операторів. Динамічний варіант "білого ящика" – це докладний опис того, що відбувається або планованого процесу. Наприклад, на виробництві широко використовують так звані мережеві графіки – графи, які мають мережеву структуру; їх вершинами служать виконуються виробничі операції, а ребра вказують, які операції не можуть розпочатися, поки не закінчаться попередні. Тут же деяким чином (наприклад, за допомогою завдання довжин або терезів ребер) зображується тривалість виконання операцій, що і дозволяє знаходити на графі "критичні" шляхи, тобто послідовності операцій, від яких головним чином залежить ритмічність всієї роботи.

3. Штучні та природні системи.

Штучні системи – системи, створені людиною. При виникненні проблемної ситуації відбувається усвідомлення потреби, потім виявлення проблеми, потім формулювання мети. Мета – суб'єктивний образ (абстрактна модель) бажаного стану середовища, яке вирішило б проблему. У процесі діяльності, спрямованої на досягнення поставленої мети відбувається відбір з навколишнього середовища об'єктів, властивості яких можна використовувати для досягнення мети і об'єднання цих об'єктів відповідним чином. Це об'єднання об'єктів будемо називати системою. Таким чином, система є засіб досягнення мети. При цьому, для досягнення однієї мети можуть бути створені різні системи і одна і та ж система може бути використана для досягнення різних цілей, тобто відповідності між цілями і системами. Але з визначення випливає: "без проблем немає системи" і "система є тінь цілі на середовищі".

Поняття система застосовується і до реальних природних об'єктів, які мають природної структурованістю, взаємозв'язністю окремих частин і елементів. Це ознаки системи. Але за першим визначенням системи – це засіб досягнення мети. Про які ж метою може йти мова стосовно до природних об'єктів?

Мета штучної системи – ідеальний образ (модель) бажаного результату діяльності системи (що мало б бути). Цей ідеальний образ можна назвати суб'єктивною метою. Реально система і середовище виявляться в деякому реалізувати стані (воно може збігатися повністю, частково, або взагалі не збігатися). По відношенню до минулого моменту цей стан можна назвати об'єктивною метою системи (тобто майбутнє реальний стан системи). Суб'єктивні цілі ставить людина. Об'єктивні цілі реалізує природа. Таким чином, будь-який об'єкт можна розглядати як систему.

Контрольні питання

1. Що таке динамічна модель системи?
2. Назвіть основні типи динамічних систем.
3. Що таке штучна система?

Лекція 7. Класифікація систем за типом змінних, за типом управління, за ступенем визначеності системи

1. Системи з якісними, кількісними та якісно-кількісними змінними.
2. Системи типу "чорний ящик", параметризовані, непараметризовані, типу "білий ящик".
3. Системи, що управляються ззовні, зсередини, з комбінованим управлінням.

1. Системи з якісними, кількісними та якісно-кількісними змінними.

Класифікацію систем можна здійснити за різними критеріями. Її часто жорстко неможливо проводити і вона залежить від мети і ресурсів. Наведемо основні способи класифікації (можливі й інші критерії класифікації систем).

Класифікація систем за описом змінних системи (рис. 7.1):

- 1) з якісними змінними (мають тільки лише змістовний опис);
- 2) з кількісними змінними (мають дискретно або безперервно описувані кількісним чином змінні);
- 3) змішаного (кількісно - якісне) опису.



Рис. 7.1. Класифікація систем за описом змінних системи.

2. Системи типу "чорний ящик", параметризовані, непараметризовані, типу "білий ящик".

Класифікація систем за типом опису закону (законів) функціонування системи (рис. 7.2):

- 1) типу "чорний ящик" (невідомий повністю закон функціонування системи; відомі тільки вхідні і вихідні повідомлення системи);
- 2) не параметризовані (закон не описаний, описуємо за допомогою хоча б невідомих параметрів, відомі лише деякі апріорні властивості закону);
- 3) параметризовані (закон відомий з точністю до параметрів і його можна віднести до певного класу залежностей);
- 4) типу "білий (прозорий) ящик" (повністю відомий закон).



Рис. 7.2. Класифікація систем за типом опису закону функціонування системи.

3. Системи, що управляються ззовні, зсередини, з комбінованим управлінням.

Класифікація систем за способом управління системою (в системі):

1) керовані ззовні системи (без зворотного зв'язку, регульовані, керовані структурно, інформаційно або функціонально);

2) керовані зсередини (самоврядні чи саморегульовані – програмно керовані, регульовані автоматично, адаптуються – пристосовуються за допомогою керованих змін станів і самоорганізуються – змінюють у часі і в просторі свою структуру найбільш оптимально, упорядковують свою структуру під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів);

3) з комбінованим керуванням (автоматичні, напіваавтоматичні, автоматизовані, організаційні).

Приклад. Розглянемо екологічну систему "Озеро". Це відкрита, природного походження система, змінні якої можна описувати змішаним чином (кількісно і якісно, зокрема, температура водойми – кількісно описувана характеристика), структуру мешканців озера можна описати і якісно, і кількісно, а красу озера можна описати якісно. За типом опису закону функціонування системи, цю систему можна віднести до НЕ параметризованим в цілому, хоча можливе виділення підсистем різного типу, зокрема, різного опису підсистеми "Водорості", "Риби", "впадає струмок", "Що впливає струмок", "Дно ", "Берег "і ін. Система" Комп'ютер "– відкрита, штучного походження, змішаного опису, параметризованих, керована ззовні (програмно). Система "Логічний диск" – відкрита, віртуальна, кількісного опису, типу "Білий ящик" (при цьому вміст диска ми в цю систему не включаємо!), Змішаного управління. Систем "Фірма" – відкрита, змішаного походження (організаційна) та опису, керована зсередини (адаптується, зокрема, система).

Контрольні питання

1. Яка існує класифікація систем за описом змінних системи?
2. Яка існує класифікація систем за законами функціонування системи?
3. Яка існує класифікація систем за способом управління системою?

Лекція 8. Способи управління системою

1. Поняття траєкторії системи.
2. Регулювання системою.
3. Адаптація системи.

1. Поняття траєкторії системи.

Під траєкторією системи розуміється послідовність прийнятих при функціонуванні системи станів системи, які розглядаються як деякі точки в множині станів системи. Траєкторія системи в "фазовому просторі", тобто $\langle x(t), y(t) \rangle$; траєкторія $\langle x_0(t), y_0(t) \rangle$, яка веде до мети, перетинає цільову область Y^* : відповідне цьому управління $u_0(t)$ назовемо правильним. Тут $x_0(t)$, $x(t)$ – входи системи, $y_0(t)$, $y(t)$ – виходи системи, $x_0(t) = \langle u_0(t), v_0(t) \rangle$, $u_0(t)$ – керований вхід, $v_0(t)$ – некерований вхід.

2. Регулювання системою.

Під регулюванням розуміється корекція керуючих параметрів за спостереженнями за траєкторією поведінки системи – з метою повернення системи в потрібний стан (на потрібну траєкторію поведінки системи).

Класифікація систем за способами управління приведена на рис. 8.1.



Рис. 8.1. Класифікація систем за способами управління.

Перший рівень класифікації визначається тим, чи входить керуючий блок в систему або є зовнішнім по відношенню до неї; виділений також клас систем, управління якими розділене і частково здійснюється ззовні, а частково – всередині самої системи. Незалежно від того, чи включений в систему і винесено чи з неї керуючий блок, можна виділити чотири основні типи (способу) управління, що і відображено на другому рівні класифікації. Ці способи розрізняються залежно від ступеня популярності траєкторії, що приводить систему до мети, і можливості керуючої системи утримувати керовану систему на цій траєкторії.

Перший (найпростіший) випадок має місце тоді, коли потрібна траєкторія відома точно, отже, апіорі відома і правильне програмне керування $u_0(t)$. В такому випадку це управління можна здійснювати, не звертаючи уваги на розвиток подій; адже і так відомо, як вони повинні (і будуть) розвиватися. Стрільба з рушниці, робота комп'ютера за програмою, зростання зародка живого організму, користування телефоном-автоматом є прикладами такої ситуації. Однак випадки, коли управління $u_0(t)$ без зворотного зв'язку, тільки по апіорної інформації, призводить до досягнення мети, можливі лише за тієї умови, що все буде відбуватися саме так, як наказує задана траєкторія.

Найчастіше виявляється, що процеси на некерованих входах $v_0(t)$ відрізняються від раніше передбачуваних, або істотним виявляється дію невраховуваних входів і система "сходить з потрібної траєкторії". Нехай є можливість спостерігати поточну траєкторію

$y(t)$, знаходити різницю $y(t) - y_0(t)$ і визначати додаткове до програмного управління, яке в найближчому майбутньому поверне виходи системи на потрібну траєкторію $y_0(t)$. Такий спосіб управління називається регулюванням, а відповідні системи виділені до другого класу другого рівня класифікації. Наприклад, цього класу належить управління, яке здійснюється операторами-верстатникам, регулятором Уатта, автопілотом, судновим авторульовим, в рефлексорних реакціях тварин.

Наступні способи управління і відповідні їм типи систем виникають у зв'язку з необхідністю управління в умовах, коли або неможливо задати опорну програмну траєкторію на весь період часу, або ухилення від неї настільки велике, що неможливо повернутися на неї (регулювання зазвичай здійснюється при "малих" ухиленнях $y(t) - y_0(t)$). Тепер нам необхідно спрогнозувати поточну траєкторію $y(t)$ на майбутнє і визначити, перетне вона цільову область Y^* . Управління складається в підстроювання параметрів системи до тих пір, поки таке не есечення не буде забезпечене. Прикладами такого управління є процеси адаптації живих

організмів до мінливих умов життя, робота пілотів і шоферів, адаптивні і автоматизовані системи управління.

Іноді може виявитися, що серед усіх можливих комбінацій значень керованих параметрів системи не знайдеться такої, при якій її траєкторія перетне цільову область. Це означає, що мета для даної системи недосяжна. Але, може бути, вона досяжна для іншої системи? Сказане дає ще один спосіб управління: змінювати структуру системи в пошуках такої, при якій можливе попадання в цільову область. По суті, має місце перебір різних систем, але це системи з однаковими виходами Y , створюваними не довільно, а відповідно до готівковими коштами. Таке управління, зване структурною адаптацією, виділимо в четвертий клас класифікації другого рівня. Прикладами реалізації зазначеного управління є гнучкі автоматизовані виробництва, обчислювальні мережі, мутації організмів в процесі природного відбору, організаційні зміни в державному апараті і т.д.

3. Адаптація системи.

У науці спостерігається деякий концептуальний «розкид» в розумінні суті адаптації. Можна виділити, принаймні, три підходи.

Перший – найчастіше під цим терміном розуміється пристосування систем, що самоорганізуються до постійно змінюваних умов середовища або процес активного пристосування соціальних і політичних суб'єктів до зовнішніх умов, до навколишнього середовища за допомогою спеціальних засобів.

Другий підхід розглядає її як шлях, яким соціальні системи будь-якого роду «керують» або відповідають на середовище свого існування. Адаптація – це одне з найважливіших функціональних умов, яким все соціальні системи повинні відповідати, щоб вижити.

Третій підхід осмислює адаптацію як спосіб збереження ідентичності об'єкта. Тут адаптація є реактивне поведінка, пов'язана з пристосуванням до навколишнього середовища, а не з активним і цілеспрямованим її перетворенням.

Досить серйозна проблема внутрішньої перебудови системи під впливом середовища, суть зводиться до меж цієї перебудови. Повна перебудова системи під впливом середовища означає втрату її самобутності і розчинення в середовищі. Перебудова повинна йти до приведення у відповідність природи системи природч, щоб вони принципово не заперечували одна одну. У цьому випадку серед перестав бути конфліктогенним чинником системи і може виступити нейтральним явищем, що не заважають системі функціонувати і розвиватися. Образно це можна позначити формулою «перефарбування білої ворони». Окремий випадок – несумісність системи і середовища, під якою слід розуміти таке їх ставлення, коли наявність одного з них є умовою для відсутності іншого. В цьому випадку виникає проблема агресивності.

Проблема агресивності виступає складається з трьох підпроблем: перша – це агресивне середовище і неагресивна система, друга – агресивна система і середовище, а третя – агресивна система і агресивне середовище. При цьому перша проблема може бути вирішена за допомогою знищення, асиміляції системи в середу або шляхом переведення цієї підпроблеми в стан третьої. Подібне ж властиво і для вирішення другої підпроблеми. Але тут система повинна підпорядкувати собі середу, інтегрувати частину її в себе і неминуче вийти на зміни своєї конфігурації і входження в нове середовище, з якої потрібно буде збудувати відносини.

Рівновага системи – здатність системи повертатися в первісний стан, компенсуючи рівноваги вплив середовища. Значення рівноваги пов'язано з тим, що воно набуває доленосного значення для планетарної цивілізації, перш за все, із загостренням екологічних проблем і прагненням знайти екологічний баланс за допомогою забезпечення рівноваги системи з середовищем.

Рівновага системи включає в себе, принаймні, дві складові: внутрішню рівновагу системи, тобто рівновагу її зі своєю внутрішньою середовищем, виступає як рівність дій протилежностей; рівність протилежності системи в середовищі і середовища в системі. Обидві

складові дуже тісно взаємопов'язані. Тиск середовища на систему змушує її виробляти протилежне їй компенсує вплив. Це штовхає систему на перебудову сукупності противаг всередині себе. Таким чином, забезпечення зовнішнього балансу сприяє формуванню внутрішнього. Збалансованість системи виступає головною умовою її стабільності.

Важливим показником системи, особливо соціальної, є її стійкість. Цей показник дуже тісно пов'язаний з рівновагою системи. Серед захисних механізмів системи, що забезпечують її стійкість, – інерційність, тобто здатність рухатися за інерцією всупереч обурюють факторів, і здатність до адаптації, т. е. здатність пристосовуватися до умов, що змінюються в межах деяких кордонів.

Взаємодія системи з середовищем представляється як взаємодія даної системи з іншими системами. Воно далеко не завжди зводиться до агресії або адаптації. Досить часто при сприятливих умовах відбувається зближення систем. Процес отримав назву конвергенції. Вона виникає:

- 1) при наявності загального середовища проживання для двох систем;
- 2) при відкритості обох систем, що дозволяє факторам середовища впливати на внутрішні структури систем;
- 3) при відсутності протистояння і боротьби систем одна з одною;
- 4) в разі взаємного впливу систем, що прискорює процес взаємного обміну схожістю.

Контрольні питання

1. Що розуміється під регулюванням системи?
2. Що таке адаптація системи?
3. Що розуміється під траєкторією системи?

Лекція 9. Види систем

1. Фізичні та абстрактні системи.
2. Відкриті, закриті та ізольовані системи.
3. Штучні, природні та змішані системи.

1. Фізичні та абстрактні системи.

Системи можуть бути класифіковані визначенням подібності та відмінності між ними. Фізичні системи складаються з виробів, обладнання, машин і, взагалі, з природних або штучних об'єктів. Цим системам можуть бути протиставлені абстрактні системи. В останніх властивості об'єктів, які можуть існувати тільки в розумі дослідника, представляють символи. Ідеї, плани, гіпотези і поняття, що знаходяться в процесі дослідження, можуть бути описані як абстрактні системи.

Як в фізичних, так і в абстрактних системах процес існує на багатьох рівнях. Складові процес компоненти, необхідні для дії системи в цілому, відомі як підсистеми. У свою чергу, підсистеми можуть складатися з ще більш детальних підсистем. Ієрархія і число підсистем залежать тільки від внутрішньої складності системи в цілому. Таким чином, можливо, що деякі системи можуть містити нескінченну різноманітність процесів. Відповідно інші системи містять кінцеве, обмежене число процесів. Для кожного процесу фахівець з аналізу системи може виділити систему. Системи можуть діяти одночасно, тобто паралельно або послідовно без будь-яких обмежень, крім тих, які були обумовлені при конструюванні або існують в реальному світі.

Найбільш підходящим способом опису фізичних систем може бути опис в термінах кількісних характеристик. Однак абстрактні системи не можуть бути також легко визначені в кінцевих термінах. Всі системи діють в рамках даної навколишнього середовища і цього кордону.

2. Відкриті, закриті та ізолювані системи.

Розрізняють 3 типи динамічних систем.

1. Ізолювані системи – не можуть обмінюватися з навколишнім середовищем ні енергією, ні масою. Приклади: ізолюваний термостат, Всесвіт в цілому.

2. Закриті системи – можуть обмінюватися з навколишнім середовищем енергією, але не масою. Приклад закритої системи – сукупність молекул розчиненої речовини. Зовнішньої ж середовищем тут є все інше, починаючи з розчинника (якщо він не бере участі в реакції).

3. Відкриті системи – це системи, які можуть обмінюватися з навколишнім середовищем і енергією, і масою. Тут найважливіший приклад – живі об'єкти.

3. Штучні, природні та змішані системи.

Системи бувають штучними і природними. Кожна штучна система створюється з певною метою. Однією мети може відповідати кілька систем, і, навпаки, одній системі може відповідати кілька цілей. Для передачі інформації на відстані можна використовувати різні системи: пошту, телеграф або мережу Інтернет. Всі ці системи відповідають одній меті – передачі інформації, але роблять це з різною швидкістю і різними засобами.

До природним системам можна віднести галактику, сонячну систему, людини і т.д. Якщо припустити, що природні системи теж мають певну мету створення, то буде потрібно відповісти на питання: "Хто і з якою метою створив Всесвіт і людину?" Тому давайте скажемо, що про мету створення системи будемо говорити тільки стосовно штучним системам. Природні системи виникають в результаті природного і вільного саморозвитку всіх складових цю систему елементів. Зовсім інакше виглядають штучні системи. Функції штучної системи нав'язані їй ззовні. Вони не відповідають її внутрішній структурі. Наприклад, функція стільця і його форма майже не пов'язані зі структурою дерева, з якого він зроблений. Ідея стільця не сформована вільним розвитком його елементів. Форма штучної системи визначається функцією, яку вона виконує.

Штучні системи можна розділити на матеріальні, суспільні і інформаційні. До матеріальних систем відносять автомобілі, міста, будинки, літаки, греблі і т.д. Прикладом громадських систем є різні об'єднання людей: парламент, партія, шаховий клуб та ін. До інформаційних систем можна віднести національні мови, мережа Інтернет і системи числення.

Контрольні питання

1. Які три типи динамічних систем ви знаєте?
2. Чим відрізняються штучні і природні системи?
3. Що таке абстрактні системи?

Лекція 10. Класифікація систем за обсягом охоплення циклу управління та мірою автоматизації та інтелектуалізації системи

1. Активні і пасивні системи.
2. Системи енергетичного, матеріального, інформаційного забезпечення.
3. Системи, у яких цілі завдаються ззовні та які самі формують цілі.
4. Добре організовані, дифузні та самоорганізовані системи.

1. Активні і пасивні системи.

Поділ систем на активні і пасивні проводиться за особливостями функцій управління системами. Для пасивної статичної системи оператор системи є, фактично, моделлю системи, що відбиває закони її функціонування. Для пасивної динамічної системи вихід системи може бути рішенням системи диференціальних рівнянь, для "чорного ящика" – таблицею результатів експерименту (еталонування), і т.д.

Загальним для всіх пасивних систем є їх детермінованість, відсутність у керованого об'єкта свободи вибору свого стану, власних цілей і засобів їх досягнення. Пасивні системи відносяться, як правило, до числа технічних і технологічних. Управління об'єктами за допомогою технічних засобів без участі людини називається автоматичним управлінням. Сукупність об'єктів управління і засобів автоматичного управління називається системою автоматичного управління.

В активних системах керовані суб'єкти (хоча б один) мають властивість активності, свободою вибору свого стану. Крім можливості вибору стану, елементи активний систем володіють власними інтересами та уподобаннями, тобто можуть здійснювати вибір стану цілеспрямовано. Відповідно оператор системи повинен враховувати прояви активності керованих суб'єктів. Вважається, що керовані суб'єкти прагнуть до вибору таких станів, які є найкращими при заданих керуючих впливах, а керуючі впливи, в свою чергу, залежать від станів керованих суб'єктів. Якщо керуючий орган має модель реальної активної системи, яка адекватно описує її поведінку, то завдання управління зводиться до вибору оптимального управління, максимізує ефективність роботи системи. У своїй більшості активні системи належать до областей управління людськими колективами.

2. Системи енергетичного, матеріального, інформаційного забезпечення.

Енергетичні витрати на актуалізацію моделі і вироблення управління зазвичай вони настільки малі у порівнянні з кількістю енергії, яка споживається або виробленої в керованій системі, що їх просто не беруть до уваги. Однак уявімо собі випадок, коли, по-перше, керуюча і керована системи живляться від одного обмеженого джерела енергії, і, по-друге, енергоспоживання обох систем має однаковий порядок: виникає цікавий і нетривіальний клас задач про найкращому розподіленні енергії між ними.

Наступне поділ систем пов'язано з матеріальними ресурсами, затраченими на актуалізацію моделі: об'ємом пам'яті і машинним часом; такі ресурси лімітують можливості розв'язання задач великої розмірності в реальному масштабі часу. До подібних завдань наводиться моделювання ряду економічних, метеорологічних, організаційно-управлінських, нейрофізіологічних та інших систем. Системи, моделювання яких важко внаслідок їх розмірності, називають великими. Існує два способи перекладу великих систем в розряд малих: розробляти більш потужні обчислювальні засоби або здійснювати декомпозицію багатовимірної задачі на сукупність пов'язаних завдань меншої розмірності, якщо природа системи це дозволяє.

Наявна про систему інформація, скільки б її не було, представлена в концентрованому вигляді як та сама модель, про використання якої йдеться. Ознакою простоти системи, тобто достатності інформації для управління, є успішність управління. Однак якщо отримане за допомогою моделі управління призводить до несподіваних, непередбачених або небажаних результатів, тобто відрізняється від передбачених моделлю, це інтерпретується як складність системи, а пояснюється як недостатність інформації для управління. Тому складною системою слід називати систему, в моделі якої не вистачає інформації для ефективного управління.

Таким чином, властивість простоти або складності керованої системи є згорнутим ставленням між нею і керуючою системою, точніше, між системою та її моделлю.

Щоб докладніше пояснити що витікає із зробленою класифікації різницю між великими і складними системами, відзначимо, що можливі всі чотири комбінації, тобто існують системи:

1) "малі прості" (приклади: справні побутові прилади (праска, годинник, холодильник, телевізор і т. д.) – для користувача (користувач знає, як експлуатувати прилад, тому для нього ця

мала система в той же час і проста) ; несправні побутові прилади – для майстра (майстер знає, як налагодити прилад, тому для нього ця мала система в той же час і проста));

2) «малі складні» (приклад: несправний побутовий прилад – для користувача, т. е. Сам прилад – це система мала, а несправність такого приладу характеризує складність цієї малої системи для користувача, що не знає, як його налагодити);

3) «великі прості» (приклад: шіфровий замок для викрадача – система проста (потрібно лише перебір варіантів) і велика (наявного на відкриття сейфу часу може не вистачити на перебір варіантів));

4) «великі складні» (приклади: мозок, економіка, живий організм, і всі ці системи є великими за кількістю елементів і складними за своєю природою і внутрішньої структурі).

3. Системи, у яких цілі завдаються ззовні та які самі формують цілі.

Основні відмінні риси відкритих систем – здатність обмінюватися з середовищем масою, енергією та інформацією. На відміну від них закриті (інакше замкнуті) системи передбачаються повністю позбавленими цієї здатності, т. Е. Ізольованими від середовища. У відкритих системах проявляються термодинамічні закономірності, які суперечать другому початку термодинаміки. (Нагадаємо, що другий закон термодинаміки (другий початок), сформульований для закритих систем, характеризує систему зростанням ентропії, прагненням до неупорядкованості, руйнування).

Виявляється цей закон і у відкритих системах (наприклад, старіння біологічних систем). Однак, на відміну від закритих, у відкритих системах можливий як би «введення ентропії», її зниження. Подібні системи можуть зберігати свій високий рівень і навіть розвиватися в бік збільшення порядку складності, т. Е. В них проявляється розглянута далі закономірність самоорганізації. Саме тому для системи важливо підтримувати обмін інформацією з середовищем.

При вивченні економічних, організаційних об'єктів важливо виділяти клас цілеспрямованих або цілеспрямованих систем. В цьому класі, в свою чергу, можна виділити: 1) системи, в яких цілі задаються ззовні (зазвичай це має місце в закритих системах) і 2) системи, в яких цілі формуються всередині системи (що характерно для відкритих, що самоорганізуються).

4. Добре організовані, дифузні та самоорганізовані системи.

Уявити аналізований об'єкт або процес у вигляді «добре організованої системи» означає визначити елементи системи, їх взаємозв'язок, правила об'єднання в більш великі компоненти, т. е. визначити зв'язку між усіма компонентами і цілями системи, з точки зору яких розглядається об'єкт або заради досягнення яких створюється система. Проблемна ситуація може бути описана у вигляді математичного виразу, що зв'язує мета із засобами, т. е. у вигляді критерію ефективності, критерію функціонування системи, який може бути представлений складним рівнянням або системою рівнянь. Рішення завдання при поданні її у вигляді добре організованої системи здійснюється аналітичними методами формалізованого представлення системи.

Приклади добре організованих систем: сонячна система, що описує найбільш істотні закономірності руху планет навколо Сонця; відображення атома у вигляді планетарної системи, що складається з ядра і електронів; опис роботи складного електронного пристрою за допомогою системи рівнянь, що враховує особливості умов його роботи (наявність шумів, нестабільності джерел харчування і т. п.).

Для відображення об'єкта у вигляді добре організованої системи необхідно виділяти суттєві і не враховувати щодо несуттєві для даної мети розгляду компоненти: наприклад, при розгляді сонячної системи не враховувати метеорити, астероїди та інші дрібні в порівнянні з планетами елементи міжпланетного простору.

Опис об'єкта у вигляді добре організованої системи застосовується в тих випадках, коли можна запропонувати детерміноване опис і експериментально довести правомірність його застосування, адекватність моделі реальному процесу. Спроби застосувати клас добре організованих систем для представлення складних багатокomпонентних об'єктів або багатокритеріальних задач погано вдаються: вони вимагають неприпустимо великих витрат часу, практично не реалізуються і неадекватні застосовуванню моделями.

При поданні об'єкта у вигляді «погано організованою чи дифузійної системи» не ставиться завдання визначити всі враховуються компоненти, їх властивості та зв'язки між ними і цілями системи. Система характеризується деяким набором макропараметрів і закономірностями, які знаходяться на основі дослідження не всього об'єкта або класу явищ, а на основі визначеніше за допомогою деяких правил вибірки компонентів, що характеризують досліджуваний об'єкт або процес. На основі такого вибіркового дослідження отримують характеристики чи закономірності (статистичні, економічні) і поширюють їх на всю систему в цілому. При цьому робляться відповідні застереження. Наприклад, при отриманні статистичних закономірностей їх поширюють на поведінку всієї системи з деякою довірчою ймовірністю.

Підхід до відображення об'єктів у вигляді дифузних систем широко застосовується при: описі систем масового обслуговування, визначенні чисельності штатів на підприємствах та установах, дослідженні документальних потоків інформації в системах управління і т. д.

Відображення об'єкта у вигляді самоорганізовується – це підхід, що дозволяє досліджувати найменш вивчені об'єкти і процеси. Самоорганізуються, мають ознаки дифузних систем: стохастичну поведінку, нестационарністю окремих параметрів і процесів. До цього додаються такі ознаки, як непередбачуваність поведінки; здатність адаптуватися до мінливих умов середовища, змінювати структуру при взаємодії системи з середовищем, зберігаючи при цьому властивості цілісності; здатність формувати можливі варіанти поведінки і вибирати з них найкращий і ін. Іноді цей клас розбивають на підкласи, виділяючи адаптивні або самоприспосабливаючі системи, самовідтворюваними, що самовідтворюються і інших підкласів, які відповідають різним властивостям розвиваються систем.

Приклади: біологічні організації, колективна поведінка людей, організація управління на рівні підприємства, галузі, держави в цілому, т. е. в тих системах, де обов'язково є людський фактор.

Контрольні питання

1. Що таке активні і пасивні системи?
2. Охарактеризуйте дифузні та самоорганізовані системи.
3. Дайте визначення системи енергетичного, матеріального, інформаційного забезпечення.

Лекція 11. ХАРАКТЕРНІ РИСИ СКЛАДНИХ СИСТЕМ ВЕЛИКОГО РОЗМІРУ

1. Ознаки робастності, неоднорідних зв'язків, емерджентності.
2. Закономірності систем.
3. Цілісність. Інтегрованість. Комунікативність. Ієрархічність.

1. Ознаки робастності, неоднорідних зв'язків, емерджентності.

Робастною означає мале зміна виходу замкнутої системи управління при малій зміні параметрів об'єкта управління (або просто стійкість до перешкод).

Зміна тих чи інших властивостей системи, зокрема, зміна її запасу стійкості, викликане варіаціями її параметрів, називається чутливістю системи. Системи, що зберігають при всіх можливих варіаціях параметрів необхідний запас стійкості, отримали назву робастних. Зазвичай робастні контролери застосовуються для управління об'єктами з невідомої або неповної математичною моделлю і об'єктами з невизначеностями.

Об'єднання частин в систему породжує у системи якісно нові властивості, що не зводяться до властивостей частин, які не виводяться з властивостей частин, властиві тільки самій системі і існують тільки поки система становить одне ціле. Система є щось більше, ніж проста сукупність елементів. Якості системи, притаманні лише їй, називаються емерджентними (від англ. "виникати").

З визначення «системи» слід, що головним властивістю системи є цілісність, єдність, що досягається за допомогою певних взаємозв'язків і взаємодій елементів системи і проявляються у виникненні нових властивостей, якими елементи системи не володіють. Емерджентність – ступінь незвідності властивостей системи до властивостей елементів, з яких вона складається. Емерджентність – властивість систем, що обумовлює появу нових властивостей і якостей, які не властивих елементам, що входять до складу системи. Емерджентність – принцип протилежний редукціонізму, який стверджує, що ціле можна вивчати, розчленувавши його на частини і потім, визначаючи їх властивості, визначити властивості цілого. Динамічний аспект емерджентності позначений терміном синергетичність.

У системи є емерджентні властивості, які не можуть бути пояснені, виражені через властивості окремо взятих її частин. Тому, зокрема, не всі біологічні закономірності зводяться до фізичних і хімічних; соціальні – до біологічних і економічних; властивості комп'ютера, не можна пояснити тільки через електричні і механічні закони. Джерелом, носієм емерджентних властивостей є структура системи: при різних структурах у систем, утворених з одних і тих же елементів, виникають різні властивості.

У системи є і неемерджентні властивості, однакові з властивостями її частин. Наприклад, для технічних систем це обсяг, маса. І у системи в цілому можуть бути неемерджентні властивості (наприклад, забарвлення автомобіля).

Емерджентність демонструє ще одну грань цілісності. Система виступає як єдине ціле тому, що вона є носієм емерджентних властивостей: чи не буде вона цілою, і властивість зникне, проявляється це властивість, значить, система ціла. Приклад: жодна з частин літака літати не може, а літак літає.

2. Закономірності систем.

Еквіфінальність – здатність досягати незалежного від часу стану, яке не залежить від вихідних умов системи і визначається виключно її параметрами. Характеризує як би граничні можливості систем певного класу складності.

Історичність – будь-яка система не є незмінною. Вона не тільки функціонує, а й розвивається. Таким чином, неодмінною характеристикою системи є час, отже, кожна система історична.

Необхідна різноманітність – для того, щоб створити систему, здатну впоратися з вирішенням проблеми, яка має певним відомим різноманітністю, потрібно, щоб система мала ще більшу різноманітність, ніж різноманітність вирішуваної проблеми, або була здатною створити в собі це різноманітність.

Здійсненність і потенційна ефективність – складність структури системи пов'язана зі складністю поведінки. Можна визначити кількісні вирази граничних законів надійності, завадостійкості, керованості та інших якостей системи і показати, що на їх основі можна отримати кількісні оцінки меж здійсненності систем з точки зору того чи іншого якості, а об'єднуючи ці якості, визначити граничні оцінки життєздатності і потенційної ефективності складних систем.

Закономірності утворення мети:

- 1) залежність уявлення про мету і формулювання мети від стадії пізнання об'єкта або процесу;
- 2) залежність цілі від зовнішніх і внутрішніх факторів;
- 3) можливість зведення задачі формулювання загальної або глобальної мети до задачі структуризації мети.

3. Цілісність. Інтегрованість. Комунікативність. Ієрархічність.

Цілісність системи – принципова незвідність властивостей системи до суми властивостей складових її елементів і не-виводимість з останніх властивостей цілого; залежність кожного елемента, його властивостей і відносин в системі від його місця, функцій і т.д. всередині цілого.

В динаміці це означає, що вплив на один елемент системи (або деякий їх число) обов'язково викликає реакцію, зміна друг-іх елементів (динамічна цілісність). Наприклад, якщо плани підприємства пов'язані в систему, то зміна завдання по збуту продукції тягне за собою коригування завдань з постачання, з праці, може бути – по капіталовкладеннях, по собівартості і іншими показниками.

Цілісність проявляється в системі у виникненні нових інтерактивних якостей, невластивих створює її компонентів. При цьому розглядають дві сторони цілісності:

- 1) властивості системи не є сумою властивостей елементів або частин;
- 2) властивості системи залежать від властивостей елементів або частин.

Інтегративність – причини формування цілісності, а, головне, її збереження. Інтегративними називають системоутворюючі і системоозберігаючий фактори, найважливішими з яких є неоднорідність і суперечливість елементів

Комунікативність – система пов'язана з зовнішнім середовищем безліччю зв'язків і утворює з нею особливу єдність. Як правило, досліджувана система являє собою елемент системи більш високого порядку і елементи будь-якої досліджуваної системи в свою чергу виступають як система нижчого порядку.

Ієрархічність – проявляється в тому, що на кожному рівні ієрархії виявляється закономірність цілісності. Завдяки цьому на кожному рівні виникають нові властивості, які не можуть бути виведені як сума властивостей елементів. При цьому важливо, що не тільки об'єднання елементів в кожному вузлі призводить до появи нових властивостей, яких у них не було, і втрати деяких властивостей елементів, але і що кожен підлеглий елемент ієрархії набуває нових властивостей, які відсутні у нього в ізолюваному стані. Таким чином, на кожному рівні ієрархії відбуваються складні якісні зміни, які не завжди можуть бути формально представлені і пояснені.

Контрольні питання

1. Що таке емерджентність системи?
2. Які ви знаєте закономірності систем?
3. Що таке ієрархічність системи?

Лекція 12. Методи системного аналізу

1. Метод дерева цілей.
2. Метод Дельфі.
3. Функціонально-вартісний аналіз та споріднені методи.
4. Використання CASE-засобів в функціонально-вартісному аналізі.

1. Метод дерева цілей.

Дерево цілей – це структурована, побудована за ієрархічним принципом (розподілена по рівнях, ранжируваних) сукупність цілей системи, в якій виділені генеральна мета («вершина дерева»); підлегли їй підцілі першого, другого і подальшого рівнів ("гілки дерева"). Мета вищого порядку відповідає вершині дерева, а нижче в кілька ярусів розташовуються локальні цілі (завдання), за допомогою яких забезпечується досягнення цілей верхнього рівня.

Термін «дерево» передбачає використання ієрархічної структури (від старшої до молодшої), отриманої шляхом поділу загальної мети на підцілі. Назва «дерево цілей» пов'язане

з тим, що схематично представлена сукупність розподілених за рівнями цілей нагадує по виду перевернуте дерево.

Один з основних принципів побудови дерева цілей – кожна мета даного рівня повинна бути представлена у вигляді підцілей наступного рівня таким чином, щоб їх сукупність повністю визначала поняття вихідної мети. Виняток хоча б однієї підцілі позбавляє повноти чи змінює саме поняття вихідної мети.

Етапи побудови дерева цілей.

1. Формулювання стратегічної мети. Це вершина дерева, так само може бути глобальна велика і дуже складна мета, на відміну від стратегічної, в можливості її кінцевої досяжності. (Приклад, стратегічна – збільшення продажів, глобальна – збільшення капіталу в певну суму; стратегічна – особистісний ріст, глобальна – вивчити 5 іноземних мов). Ця мета відповідає на питання: що я (ми, організація) хочемо отримати або отримувати в закінченні такого-то терміну? Ким я хочу бути? Чого хочемо досягти або досягати? Відповідь – записуємо в вершину.

2. Записуємо умови, підцілі, що сприяють здійсненню глобальної стратегічної мети. Відповідаємо на питання: за яких умов можлива реалізація поставленої мети? Які завдання потрібно вирішити, щоб здійснити мету номер 1?

3. Дрібним далі цілі, робимо ту ж процедуру, що і в разі п. 2, але тільки у відношенні 2-го ряду цілей. Наше завдання збудувати послідовну ієрархію до тих пір, поки всі цілі на зведуться до реалізації конкретної дрібної завдання, то чи разово виконаної, то чи знаходиться в постійному циклі.

Загальні рекомендації до побудови дерева цілей.

Дробити цілі потрібно послідовно. Тобто вони повинні бути підпорядковані один одному без великих стрибків. Найдрібніші цілі повинні бути максимально простими, реалізація яких реалізується просто.

При розгортанні мети в ієрархічну структуру цілей виходять з того, що реалізація підцілей (завдань) кожного наступного рівня є необхідною і достатньою умовою досягнення мети попереднього рівня.

При формулюванні цілей різного рівня необхідно описувати бажані результати, але не способи їх отримання. Підцілі кожного рівня повинні бути незалежними один від одного і не виходять одна з одної.

Фундамент дерева цілей об'єднує завдання, що представляють собою формулювання робіт, які виконуються певним способом і в заздалегідь встановлені терміни. Загальна мета, яка перебуває в вершині графа, повинна містити опис кінцевого результату.

Приклад складання дерева цілей. Мета – стати студентом ВНЗ.

Ресурси: добра освіта (спеціалізована школа, репетитори), забезпечені батьки і т.п.

Оцінка ймовірності – висока: золота медаль, дядько – викладач цього ВНЗ.

Підцілі:

1. Продовжувати додаткову освіту і заняття з репетитором, влаштуватися на роботу (накопичити грошей), переговорити з банком про кредит.

2. Переговорити з дядьком про допомогу, піти на підготовчі курси.

2. Метод Дельфі.

Вихідна передумова методу – якщо грамотно узагальнити і обробити індивідуальні оцінки кваліфікованих експертів з приводу ситуації на ринку, то можна отримати колективна думка, що володіє достатнім ступенем вірогідності і надійності.

На першому етапі формується представницька група експертів, перед якими висувається комплекс завдань (дерево цілей) і пропонується виставити свої оцінки (в балах) кожному елементу (фактору), що впливає на рішення поставлених завдань.

Потім думки експертів узагальнюються за допомогою формули:

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij} k_i}{\sum_{i=1}^m k_i},$$

x_{ij} – оцінка відносної важливості (в балах), виставлена i -м експертом j -му елементу;

k_i – коефіцієнт компетентності i -го експерта, враховує ступінь знайомства з обговорюваним питанням (k_s) і аргументованість відповіді (k_a): $k_i = (k_s + k_a) / 2$;

$i = 1, \dots, m$ – номери експертів; m – число експертів; $j = 1, \dots, n$ – номери досліджуваних елементів; n – число елементів дерева цілей.

Середнє значення відповіді варіює між 1 і 100 балами. Чим більше $\bar{x}_j$, тим важливіше елемент. Надійність результату визначається за допомогою дисперсії експертних оцінок. Чим менше дисперсія (розкиданість оцінок), тим більш злагоджено відповіді і надійніше результат.

Опитування експертів є анонімним; кожен експерт не знає, хто ще залучений до цієї роботи, і не ознайомлений з відповідями інших експертів.

Якщо розкиданість думок занадто велика, то експертів знайомлять з протилежними точками зору і їх обґрунтуванням. Потім кожному експерту пропонується змінити свою оцінку. І вся процедура повторюється заново доти, поки оцінки не зблизяться настільки, що їх середня може вважатися надійним.

Показник ступеня надійності експерта обчислюється за формулою: $R = n / N$, N – загальне число оцінок, зроблених даними експертом; n – число правильних оцінок.

3. Функціонально-вартісний аналіз та споріднені методи.

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) – це технологія, що дозволяє оцінити реальну вартість продукту або послуги безвідносно до організаційну структуру компанії. Як прямі, так і непрямі витрати розподіляються за продуктами та послугами в залежності від обсягу ресурсів, необхідних на кожному з етапів виробництва. Дії, вироблені на цих етапах, в контексті методу ФВА називаються функціями.

Мета ФВА полягає в забезпеченні правильного розподілу коштів, що виділяються на виробництво продукції або надання послуг, за прямими і непрямих витрат. Це дозволяє найбільш реалістично оцінювати витрати компанії.

По суті, метод ФВА працює за наступним алгоритмом.

1. Визначається послідовність функцій, необхідних для виробництва товару або послуги. Спочатку виявляються всі можливі функції. Вони розподіляються за двома групами: впливають на цінність товару / послуги і не впливають. Далі на цьому етапі проводиться оптимізація послідовності: усуваються або скорочуються кроки, які не впливають на цінність, і скорочуються витрати.

2. Для кожної функції визначаються повні річні витрати і кількість робочих годин.

3. Для кожної функції на основі оцінок з пункту 2 визначається кількісна характеристика джерела витрат. Наприклад, якщо річна вартість роботи преса, включаючи прямі і накладні витрати, оцінюється в 250 тис. дол. На рік і за цей час через нього пройде 25 тис. Виробів, то приблизна вартість джерела витрат складе 10 доларів на продукт. А якщо відомо, що кожен виріб буде перебувати під пресом протягом 10 хвилин, то в якості альтернативного джерела витрат можна вибрати такий показник, як (10 дол. / Продукт * 6 продуктів / год), еквівалентний 60 дол. / Годину, що витрачається на роботу преса. В даному випадку можна використовувати будь-який з цих двох джерел. Відзначимо також, що в ФВА застосовуються два типи джерел по відношенню до розподілу витрат: 1. Джерела витрат за функціями (activity drivers), що показують, як поведінка об'єкта витрат впливає на рівні деталізації функцій. 2. Істочники витрат по ресурсам (resource drivers), що показують, яким чином рівні активності функцій впливають на споживання ресурсів.

4. Після того як для всіх функцій будуть визначені їх джерела витрат, проводиться остаточний розрахунок витрат на виробництво конкретного продукту або послуги.

Далі, необхідно розв'язати низку питань, пов'язаних із запланованою дохідністю:

диктує ринок рівень цін або можна встановити ту ціну продукції, яка дасть плановану прибуток?

чи слід внести плановану надбавку на витрати, розраховані за методом ФВА однаково по всіх операціях або деякі функції дають більший дохід, ніж інші?

як співвідноситься кінцева продажна ціна продукції з ФВА показниками?

Таким чином, використовуючи цей метод можна швидко оцінити обсяг прибутку, очікуваний від виробництва того чи іншого товару або послуги.

Якщо вихідна оцінка витрат виконана правильно, то дохід (до виплати податків) буде дорівнює різниці між продажною ціною і витратами, розрахованими за методом ФВА. Крім того, відразу стане ясно, виробництво яких продуктів або послуг виявиться збитковим (їх ціна при реалізації буде нижче розрахункових витрат). На основі цих даних можна швидко прийняти коригуючі заходи, в тому числі переглянути цілі і стратегії бізнесу на найближчі періоди.

4. Використання CASE-засобів в функціонально-вартісному аналізі.

CASE-засіб для розробки інформаційних систем BPwin надає аналітику два інструменти для оцінки моделі – вартісний аналіз, заснований на роботах (Activity Based Costing, ABC), і властивості, що визначаються користувачем (User Defined Properties, UDP). ABC є широко поширеною методикою, яка використовується міжнародними корпораціями та державними організаціями (в тому числі Департаментом оборони США) для ідентифікації справжніх рухів витрат в організації.

Вартісний аналіз являє собою угоду про облік, що використовується для збору витрат, пов'язаних з роботами, з метою визначити загальну вартість процесу. Вартісний аналіз заснований на моделі робіт, тому що кількісна оцінка неможлива без детального розуміння функціональності підприємства. Зазвичай ABC застосовується для того, щоб зрозуміти походження вихідних витрат і полегшити вибір потрібної моделі робіт при реорганізації діяльності підприємства (Business Process Reengineering, BPR). За допомогою вартісного аналізу можна вирішити такі завдання, як визначення дійсної вартості виробництва продукту, визначення дійсної вартості підтримки клієнта, ідентифікація робіт, які коштують більше за все (ті, які повинні бути поліпшені в першу чергу), забезпечення менеджерів фінансової мірою пропонованих змін т. д.

ABC може проводитися тільки тоді, коли модель роботи послідовна (слід синтаксичним правилам IDEF0), коректна (відображає бізнес), повна (охоплює всю розглянуту область) і стабільна (проходить цикл експертизи без змін), іншими словами, створення моделі роботи закінчено.

ABC включає наступні основні поняття:

1) об'єкт витрат – причина, по якій робота виконується, зазвичай, основний вихід роботи, вартість робіт є сумарна вартість об'єктів витрат ("Готовий виріб").

2) рушій витрат – характеристики входів та управлінь роботи ("Сировина", "Креслення"), які впливають на те, як виконується і як довго триває робота;

3) центри витрат, які можна трактувати як статті витрат.

При проведенні вартісного аналізу в BPwin спочатку задаються одиниці виміру часу і грошей. Для завдання одиниць вимірювання слід викликати діалог Model Properties (меню Edit / Model Properties), закладка ABC Units.

Якщо в списку вибору відсутня необхідна валюта, її можна додати. Символ валюти за замовчуванням береться з налаштувань Windows. Діапазон вимірювання часу в списку Unit of measurment достатній для більшості випадків – від секунд до років. Потім описуються центри

витрат (cost centers). Для внесення центрів витрат необхідно викликати діалог Cost Center Editor (меню Edit / ABC Cost Centers) (рис. 12.1).

Кожному центру витрат слід дати докладний опис у вікні Definition. Список центрів витрат впорядкований. Порядок в списку можна змінювати за допомогою стрілок, розташованих праворуч від списку. Завдання певної послідовності центрів витрат в списку, по-перше, полегшує подальшу роботу при присвоєнні вартості робіт, а по-друге, має значення при використанні єдиних стандартних звітів в різних моделях. Хоча BPwin зберігає інформацію про стандартний звіт в файлі BPWINRPT.INI, інформація про центри витрат і UDP зберігається у вигляді покажчиків, т. е. Зберігаються не назви центрів витрат, а їх номери. Тому, якщо потрібно використовувати один і той же стандартний звіт в різних моделях, списки центрів витрат повинні бути в них однакові.

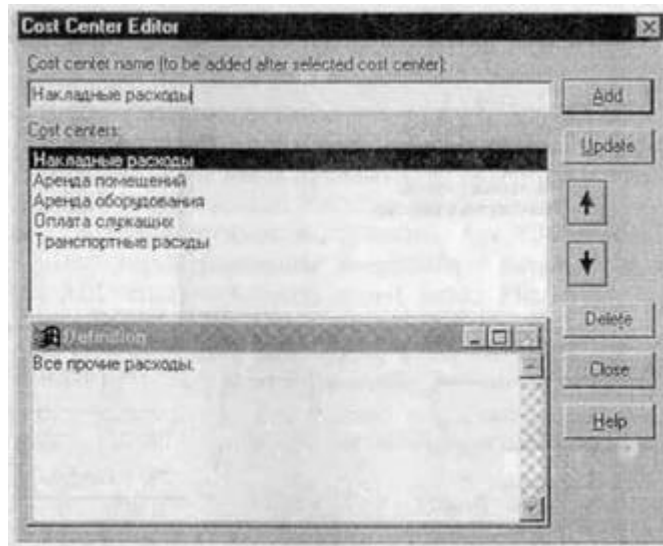


Рис.12.1. Діалог Cost Center Editor

Для завдання вартості роботи слід клацнути правою кнопкою миші по роботі та на спливаючому меню вибрати Cost Editor. У діалозі Activity Cost вказується частота проведення даної роботи в рамках загального процесу (вікно Frequency) і тривалість (Duration). Потім слід обрати у списку один із центрів витрат і у вікні Cost задати його вартість. Аналогічно призначаються суми за кожним центром витрат, тобто задається вартість кожної роботи з кожної статті витрати (рис. 12.2). Якщо в процесі призначення вартості виникає необхідність внесення додаткових центрів витрат, діалог Cost Center Editor викликається прямо з діалогу Activity Cost відповідною кнопкою.

Activity Cost

Деятельность предприятия: торговля

Cost centers:

	\$ U.S.
Аренда помещений	1 710,00
Аренда оборудования	700,00
Оплата персонала	6 800,00
Накладные расходы	2 300,00
Транспортные расходы	400,00

Data is from Decompositions: ☒ Compute from decompositions ☐ Override decompositions

Total cost: 11 910,00

Total cost x Frequency: 11 910,00

Frequency: 1,00

Duration: 6,00 Days

Duration x Frequency: 6,0000 Days

Cost Center Editor

Close Help

Рис. 12.2. Завдання вартості робіт у діалозі Activity Cost

Загальні витрати за роботою розраховуються як сума по всім центрам витрат. При обчисленні витрат вищестоящої (батьківської) роботи спочатку обчислюється твір витрат дочірньої роботи на частоту роботи (число раз, яке робота виконується в рамках проведення батьківської роботи), потім результати складаються. Якщо у всіх роботах моделі включений режим Compute from Decompositions, подібні обчислення автоматично проводяться по всій ієрархії робіт від низу до верху.

Цей досить спрощений принцип підрахунку справедливий, якщо роботи виконуються послідовно. Вбудовані можливості BPwin дозволяють розробляти спрощені моделі вартості, які тим не менш виявляються надзвичайно корисними при попередній оцінці витрат. Якщо схема виконання більш складна (наприклад, роботи проводяться альтернативно), можна відмовитися від підрахунку і задати підсумкові суми для кожної роботи вручну (Override Decompositions). У цьому випадку результати розрахунків з нижніх рівнів декомпозиції будуть ігноруватися, при розрахунках на верхніх рівнях буде враховуватися сума, визначена вручну. На будь-якому рівні результати розрахунків зберігаються незалежно від обраного режиму, тому при виключенні опції Override Decompositions розрахунок від низу до верху проводиться звичайним чином.

Результати вартісного аналізу наочно представляються на спеціальному звіті BPwin – Activity Cost Report (меню Report / Activity Cost Report). Звіт дозволяє документувати ім'я, номер, визначення та вартість робіт, як сумарну, так і окремо по центрам витрат (рис. 12.3).

Результати відображаються і безпосередньо на діаграмах. У лівому нижньому кутку прямокутника роботи може показуватися або вартість (за замовчуванням), або тривалість, або частота проведення роботи. Налаштування відображення здійснюється в діалозі Model Properties (меню Edit / Model Properties), закладка Display, ABC Data, ABC Units.



Рис. 12.3. Діалог налаштування звіту за вартістю робіт

Контрольні питання

1. Викладіть ідею методу дерева цілей.
2. Охарактеризуйте функціонально-вартісний аналіз та споріднені методи.
3. Як використати CASE-засоби в функціонально-вартісному аналізі?

Лекція 13. Вимірювання та експеримент. Шкали для вимірювання якісних даних

1. Поняття експерименту.
2. Поняття операції вимірювання.
3. Формальне визначення шкали вимірювання.
4. Поняття номінальної шкали.
5. Поняття шкали порядку.

1. Поняття експерименту.

Експеримент – процедура, яка виконується для підтримки, спростування або підтвердження гіпотези або теорії. Експерименти можуть значно відрізнятися за програмними цілями і масштабами, як правило, покладаються на повторювану процедуру і логічний аналіз результатів. До експериментів також відносять і природні дослідження – дії, спрямовані на задоволення цікавості. Експеримент є одним з джерел досвіду і емпіричних даних. Науковим називають експеримент, який реалізується в рамках наукового методу.

Експеримент виступає в якості інструменту визначення науковості гіпотези або теорії – критерію Поппера, згідно з яким емпірична система повинна допускати спростування на підставі експерименту; а також перевірки теоретичних положень на відповідність реальності – верифікація.

Види експериментів наступні.

1. Фізичний експеримент – спосіб пізнання природи, що полягає у вивченні природних явищ в спеціально створених умовах. На відміну від теоретичної фізики, яка досліджує математичні моделі природи, фізичний експеримент покликаний дослідити саму природу.

Саме незгода з результатом фізичного експерименту є критерієм хибності фізичної теорії, або більш точно, незастосовності теорії до оточуючого нас світу. Протилежне твердження не вірно: згода з експериментом не може бути доказом правильності (придатності) теорії. Тобто головним критерієм життєздатності фізичної теорії є перевірка експериментом.

2. Комп'ютерний (чисельний) експеримент – це експеримент над математичною моделлю об'єкта дослідження на комп'ютері, який полягає в тому що, по одним параметрам моделі обчислюються інші її параметри і на цій основі робляться висновки про властивості об'єкта, що описується математичною моделлю. Даний вид експерименту можна лише умовно віднести до експерименту, тому що він не відображає природні явища, а лише є чисельної реалізацією створеної людиною математичної моделі. Дійсно, при некоректності в математичній моделі її чисельний розв'язок може бути строго розходяться з фізичним експериментом.

3. Психологічний експеримент – проводиться в спеціальних умовах досвід для отримання нових наукових знань за допомогою цілеспрямованого втручання дослідника в життєдіяльність випробуваного. Спеціально створюється ситуація, призначена для переживання клієнтом власного досвіду.

4. Уявний експеримент – вид пізнавальної діяльності, в якій структура реального експерименту відтворюється в уяві. Як правило, уявний експеримент проводиться в рамках деякої моделі (теорії) для перевірки її несуперечності. При проведенні уявного експерименту можуть виявитися протиріччя внутрішніх постулатів моделі або їх несумісність із зовнішніми (по відношенню до даної моделі) принципами, які вважаються безумовно істинними (наприклад, до закону збереження енергії, принципом причинності і т. д.).

5. Критичний експеримент – експеримент, результат якого однозначно визначає, чи є конкретна теорія або гіпотеза вірною. Цей експеримент повинен дати вгаданий результат, який не може бути виведений з інших, загальноприйнятих гіпотез і теорій.

6. Випадковий експеримент (випадкове випробування, випадковий досвід) – математична модель відповідного реального експерименту, результат якого неможливо точно передбачити.

2. Поняття операції вимірювання.

Вимірювання – інформаційний процес порівняння шляхом фізичного експерименту даної фізичної величини з відомою фізичною величиною, прийнятої за одиницю виміру. Знайдене значення називають результатом вимірювання. Для виконання вимірювань необхідно відтворити одиницю фізичної величини, порівняти з нею шукане значення і зафіксувати результат порівняння.

Розрізняють прямі, непрямі, сукупні і спільні вимірювання. На практиці експериментатор найбільш часто зустрічається з першими двома видами.

Прямим називають вимір, при якому шукане значення фізичної величини знаходять безпосередньо з досвідчених даних. Наприклад, вимір напруги вольтметром, фазового зсуву фазометром і т. п. Непрямий вимір характеризується тим, що шукане значення фізичної величини знаходять за відомою математичної залежності між цією величиною і фізичними величинами, що піддаються прямим вимірам. Інакше кажучи, дані значення даної фізичної величини визначається непрямым шляхом – обчислюється за результатами прямих вимірювань інших фізичних величин. Під сукупними розуміють вироблені одночасно вимірювання кількох однойменних фізичних величин, причому шукані значення величин знаходять рішенням системи рівнянь, одержуваних при прямих вимірах різних сполучень цих величин. Спільними називають виконуються одночасно вимірювання двох або декількох неоднойменних фізичних величин для встановлення залежності між ними.

За способом вираження результатів вимірювання поділяються на:

1) абсолютні, які засновані на прямих або непрямих вимірах декількох величин і на використанні констант і в результаті яких виходить абсолютне значення величини у відповідних одиницях,

2) відносні, які не дозволяють безпосередньо виразити результат в узаконених одиницях, але дозволяють визначити ставлення результату вимірювання до будь-якої однойменної величини з невідомим в ряді випадків значенням. Наприклад, це може бути відносна вологість, відносний тиск, подовження і т. д.

Основними характеристиками вимірювань є: принцип вимірювання, метод вимірювання, похибка, точність, достовірність і правильність вимірювань.

Принцип вимірювань – фізичне явище або їх сукупність, покладені в основу вимірювань. Наприклад, температура може бути виміряна по тепловому випромінюванню тіла або по її впливу на обсяг будь-якої рідини в термометрі.

Метод вимірювань – сукупність принципів і засобів вимірювань. У прикладі з виміром температури вимірювання по тепловому випромінюванню відносять до неконтактні методу термометрії, вимірювання термометром є контактний метод термометрії.

Похибка вимірювань – різниця між отриманим при вимірюванні значенням величини і її істинним значенням. Похибка вимірювань пов'язана з недосконалістю методів і засобів вимірювань, з недостатнім досвідом спостерігача, зі сторонніми впливами на результат вимірювання.

Точність вимірювань – характеристика виміру, яка відображає близькість їх результатів до істинного значення вимірюваної величини. Кількісно точність виражається величиною, зворотною модулю відносної похибки.

Достовірність вимірювань – характеристика якості вимірів, що розділяє всі результати на достовірні і недостовірні в залежності від того, відомі або невідомі ймовірні характеристики їх відхилень від дійсних значень відповідних величин. Результати вимірювань, достовірність яких невідома, можуть служити джерелом дезінформації.

Правильність вимірювань – якість вимірів, що відбиває близькість до нуля систематичних похибок, т. е. Похибок, які залишаються постійними або закономірно змінюються в процесі вимірювання. Правильність вимірювань залежить від того, наскільки вірно (правильно) були обрані методи і засоби вимірювань.

3. Формальне визначення шкали вимірювання.

Вимірювальна шкала – форма фіксації сукупності ознак досліджуваного об'єкта з упорядкуванням їх у певну числову систему. Вимірювальні шкали являють собою метричні системи, що моделюють досліджуване явище шляхом заміни прямих позначень досліджуваних об'єктів числовими значеннями і відображення пропорцій складу елементів об'єкта у відповідних числах. Кожному значенню властивостей досліджуваного об'єкта відповідає певний бал або шкальний індекс, кількісно встановлює положення спостерігається одиниці на шкалі, яка охоплює всю сукупність або її частина, істотну з точки зору завдань дослідження. Операція упорядкування вихідних емпіричних даних в шкальні носить назву шкалювання. Вимірювальні шкали розрізняються залежно від характеру функції, що лежить в основі їх побудови. В якості такої функції можуть служити: порівняння за ознакою зменшення чи збільшення, ранжування, оцінка інтенсивності ознаки або оцінка пропорційних відносин між ознаками. Найбільш загальна класифікація вимірювальних шкал запропонована С. Стівенсоном. В її основу покладено ознаку метричної детермінованості. Згідно з цим ознакою шкали діляться на метричні (інтервальні і шкали відносин) і неметричні (номінативні, шкали порядку).

4. Поняття номінальної шкали.

Будемо розглядати тільки такі об'єкти, про будь-які два стани яких можна сказати, помітні вони чи ні, і тільки такі алгоритми вимірювання, які різним станам ставлять у відповідність різні позначення, а невиразні станам – однакові позначення. Це означає, що як стани об'єкта, так і їх позначення задовольняють наступним аксіомам еквівалентності.

1. $A = A$ (рефлексивність).

2. Якщо $A = B$, то $B = A$ (симетричність).
3. Якщо $A = B$ і $B = C$, то $A = C$ (транзитивність).

Тут символ $=$ позначає відношення еквівалентності; в тому випадку, коли A і B – числа, він означає їх рівність.

Припустимо, що число помітних станів (математичний термін – число класів еквівалентності) звичайно. Кожному класу еквівалентності поставимо у відповідність позначення, відмінне від позначень інших класів. Тепер вимір буде полягати в тому, щоб, провівши експеримент над об'єктом, визначити приналежність результату до того чи іншого класу еквівалентності і записати це за допомогою символу, що позначає даний клас. Такий вимір називається виміром в шкалі найменувань (іноді цю шкалу називають також номінальною або класифікаційною); вказана множина символів і утворює шкалу.

5. Поняття шкали порядку.

Наступною за силою за номінальною шкалою є порядкова шкала (використовується також назва рангова шкала). Цей клас шкал з'являється, якщо крім аксіом еквівалентності 1 - 3 класи задовольняють наступним аксіомам впорядкованості:

4. Якщо $A \neq B$, то або $A > B$, або $B > A$.
5. Якщо $A > B$ і $B > C$, то $A > C$.

Позначивши такі класи символами і встановивши між цими символами ті ж відношення порядку, ми отримаємо шкалу досконалого порядку. Прикладами застосування такої шкали є нумерація черговості, військові звання, призові місця в конкурсі.

Контрольні питання

1. Опишіть поняття експерименту.
2. Як визначається шкала вимірювання?
3. Назвіть основні характеристики вимірювань.
4. Які існують шкали для вимірювання якісних даних?
5. Охарактеризуйте номінальну шкалу.
6. Охарактеризуйте порядкову шкалу.

Лекція 14. Шкали для вимірювання кількісних даних

1. Особливості шкали інтервалів.
2. Шкала відносин як різновид шкали інтервалів.
3. Шкала різниць як різновид шкали інтервалів.
4. Визначення абсолютної шкали.
5. Ієрархія шкал вимірювання.

1. Особливості шкали інтервалів.

До кількісних шкал відносяться шкали інтервалів, відносин і абсолютних величин. Шкала інтервалів – це така шкала, в якій числа не тільки упорядковані по рангах, але і розділені визначеними інтервалами. Нульова точка вибирається довільно. Прикладами можуть бути календарний час (початок літочислення в різних календарях встановлювалося по випадковим причин), температура, потенційна енергія піднятого вантажу, потенціал електричного поля і ін.

Результати вимірювань за шкалою інтервалів можна обробляти всіма математичними методами, крім обчислення відносин. Дані шкали інтервалів дають відповідь на питання «на скільки більше?», Але не дозволяють стверджувати, що одне значення вимірюваної величини у

декілька разів більше або менше іншого. Наприклад, якщо температура підвищилася з 10 до 20°C , то не можна сказати, що стало в два рази тепліше.

2. Шкала відносин як різновид шкали інтервалів.

Шкала відносин відрізняється від шкали інтервалів тільки тим, що в ній строго визначене становище нульової точки. Завдяки цьому шкала відносин не накладає ніяких обмежень на математичний апарат, який використовується для обробки результатів спостережень.

За шкалою відносин вимірюють і ті величини, які утворюються як різниці чисел, відрахованих за шкалою інтервалів. Так, календарний час відраховується за шкалою інтервалів, а інтервали часу – за шкалою відносин.

При використанні шкали відносин (і тільки в цьому випадку!) вимір будь-якої величини зводиться до експериментального визначення ставлення цієї величини до іншої подібної, прийнятої за одиницю. Вимірюючи довжину об'єкта, ми дізнаємося, у скільки разів ця довжина більше довжини іншого тіла, прийнятого за одиницю довжини (метрової лінійки в даному випадку). Якщо обмежитися лише застосуванням шкал відносин, то можна дати інше (більш вузьке) визначення виміру: виміряти будь-яку величину – значить знайти дослідним шляхом її ставлення до відповідної одиниці виміру.

3. Шкала різниць як різновид шкали інтервалів.

Шкали різниць визначаються як шкали, єдині з точністю до перетворень зсуву $\varphi(x) = x + b$, де $\varphi(x)$ – шкальні значення з області визначення Y ; x, b – дійсні числа. Це означає, що при переході від однієї числової системи до іншої змінюється лише початок відліку.

Шкали різниць застосовуються в тих випадках, коли необхідно виміряти, наскільки один об'єкт перевершує за певним властивості інший об'єкт. У шкалах різниць незмінними залишаються різниці чисельних оцінок властивостей. Дійсно, якщо x_1 і x_2 – оцінки об'єктів a_1 і a_2 в одній шкалі, а $\varphi(x_1) = x_1 + b$ і $\varphi(x_2) = x_2 + b$ – в іншій шкалою, то маємо: $\varphi(x_1) - \varphi(x_2) = (x_1 + b) - (x_2 + b) = x_1 - x_2$.

Прикладами вимірювань в шкалах різниць можуть служити вимірювання приросту продукції підприємства (в абсолютних одиницях) в поточному році в порівнянні з минулим, збільшення чисельності установ, кількість придбаної техніки за рік і т.д. Іншим прикладом вимірювання в шкалі різниць є літочислення (в роках). Перехід від одного літочислення до іншого здійснюється зміною початку відліку.

Як і шкали відносин, шкали різниць є окремим випадком шкал інтервалів, одержуваних фіксуванням параметра a ($a = 1$), тобто вибором одиниці масштабу вимірювань. Точка відліку в шкалах різниць може бути довільною. Шкали різниць, як і шкали інтервалів, зберігають відносини інтервалів між оцінками пар об'єктів, але, на відміну від шкали відносин, не зберігають відносини оцінок властивостей об'єктів.

4. Визначення абсолютної шкали.

У багатьох випадках безпосередньо вимірюється величина чого-небудь. Наприклад, безпосередньо підраховується число дефектів у виробі, кількість одиниць виробленої продукції, скільки студентів присутній на лекції, кількість прожитих років. При таких вимірах на вимірювальній шкалі відзначаються абсолютні кількісні значення вимірюваного. Така шкала абсолютних значень володіє і тими ж властивостями, що і шкала відносин, з тією лише різницею, що величини, позначені на цій шкалі, мають абсолютні, а не відносні значення.

Результати вимірювань за шкалою абсолютних величин мають найбільшу достовірність, інформативність і чутливість до неточностей вимірювань.

5. Ієрархія шкал вимірювання.

Шкали діляться по їх силі. Чим більше відомостей про об'єкт вимірювань можна витягти з результатів вимірювань по ній. Найсильнішими вважаються абсолютні шкали, найслабшими – номінальні. Іноді дослідники підсилюють шкалу, характерним прикладом є «оцифровка» номінальних шкал. Якісними ознаками привласнюють якимсь їх числове вираження. Це полегшує обробку результатів, особливо комп'ютерну. Важливо пам'ятати, що оцифровка не надає якісними ознаками всіх властивостей, якими володіють числа. До такої шкалою можна застосовувати операції порівняння, але не можна – додавання, віднімання і т.п.

Контрольні питання

1. Які існують шкали для вимірювання кількісних даних?
2. Дайте визначення абсолютної шкали.
3. Які особливості шкали інтервалів?
4. Охарактеризуйте шкалу відносин як різновид шкали інтервалів.
5. Охарактеризуйте шкалу різниць як різновид шкали інтервалів.

ЛЕКЦІЯ 15. ПЕРЕВІРКА СТАТИСТИЧНИХ ГІПОТЕЗ

1. Поняття про задачу перевірки статистичних гіпотез.
2. Статистичні критерії.
3. Помилки першого і другого роду при перевірці статистичних гіпотез.

1. Поняття про задачу перевірки статистичних гіпотез.

Часто роблять вибірку, щоб визначити аргументи проти гіпотези щодо популяції (генеральної сукупності). Цей процес відомий як перевірка гіпотез (перевірка статистичних гіпотез або перевірка значущості), він представляє кількісну міру аргументів протів певної гіпотези.

Встановлено 5 етапів перевірки гіпотез.

1. Визначення нульової (H_0) та альтернативної гіпотези (H_1) при дослідженні. Визначення рівня значимості критерію.

При перевірці значимості гіпотезу слід формулювати незалежно від використовуваних при її перевірці даних (до проведення перевірки). Завжди перевіряють нульову гіпотезу (H_0), яка відкидає ефект (наприклад, різниця середніх дорівнює нулю) в популяції.

Наприклад, при порівнянні показників куріння у чоловіків і жінок в популяції нульова гіпотеза H_0 означала б, що показники куріння однакові у жінок і чоловіків у популяції.

Потім визначають альтернативну гіпотезу (H_1), яка приймається, якщо нульова гіпотеза невірна. Альтернативна гіпотеза більше відноситься до тієї теорії, яку збираються досліджувати. Отже, на цьому прикладі альтернативна гіпотеза H_1 полягає в твердженні, що показники куріння різні в жінок і чоловіків у популяції.

Різницю в показниках куріння не уточнили, тобто що не встановили, чи мають в популяції чоловіки більш високі або нижчі показники, ніж жінки. Такий підхід відомий як двосторонній критерій, тому що враховують будь-яку можливість, він рекомендується остільки, оскільки рідко є впевненість заздалегідь в напрямку будь-якої різниці, якщо така існує.

У деяких випадках можна використовувати односторонній критерій для гіпотези H_1 , в якому напрям ефекту задано. Його можна застосувати, наприклад, якщо розглядати захворювання, від якого померли всі пацієнти, які не отримали лікування; новий препарат не міг би погіршити стан справ.

Рівень значущості α – максимально дозволена дослідником ймовірність помилкового відхилення нульової гіпотези.

2. Вибір необхідних даних з вибірки.

3. Обчислення значення статистики критерію, що відповідає H_0 .

Після того як дані будуть зібрані, значення з вибірки підставляють в формулу для обчислення статистики критерію. Ця величина кількісно відображає аргументи в наборі даних проти нульової гіпотези.

4. Обчислення критичної області, перевірка статистики критерію на предмет попадання в критичну область. Виділяють 3 види критичних областей: двостороння, лівостороння, правостороння. Якщо бачимо значення критерію (K) належить критичній області, гіпотезу H_0 відкидають, якщо не належить – приймають.

5. Інтерпретація досягнутого рівня значущості p і результатів.

Всі статистики критерію підкоряються відомим теоретичним розподілом ймовірності. Значення статистики критерію, отримане з вибірки, пов'язують з уже відомим розподілом, якому вона підпорядковується, щоб отримати значення p , площа обох "хвостів" (або одного "хвоста", в разі односторонньої гіпотези) розподілу ймовірності. Більшість комп'ютерних пакетів забезпечують автоматичне обчислення двостороннього значення p . Значення p – це ймовірність відкинути нульову гіпотезу за умови, що вона вірна.

Слід вирішити, скільки аргументів дозволять відкинути нульову гіпотезу на користь альтернативної. Чим менше значення p , тим сильніше аргументи проти нульової гіпотези.

Традиційно вважають, якщо $p < 0,05$, ($\alpha = 0,05$) то аргументів достатньо, щоб відкинути нульову гіпотезу, хоча є невеликий шанс проти цього. Тоді можна відкинути нульову гіпотезу і сказати, що результати значимі на 5% рівні.

Навпаки, якщо $p > 0,05$, то аргументів недостатньо, щоб відкинути нульову гіпотезу. Не відкидаючи нульову гіпотезу, можна заявити, що результати не значимі на 5% рівні. Цей висновок не означає, що нульова гіпотеза істинна, просто недостатньо аргументів (можливо, маленький обсяг вибірки), щоб її відкинути.

Рівень значимості 5% задається довільно. На рівні 5% можна відкинути нульову гіпотезу, коли вона вірна. Якщо це може привести до серйозних наслідків, необхідно вимагати більш вагомих аргументів, перш ніж відкинути нульову гіпотезу, наприклад, вибрати значення $\alpha = 0,01$ (або 0,001).

2. Статистичні критерії.

Процедури перевірки статистичних гіпотез дозволяють приймати або відкидати статистичні гіпотези, що виникають при обробці або інтерпретації результатів вимірювань в багатьох практично важливих розділах науки і виробництва, пов'язаних з експериментом. Правило, за яким приймається або відхиляється дана гіпотеза, називаються ється статистичним критерієм. Побудова критерію визначається вибором підходящої функції T від результатів спостережень, яка служить мірою розбіжності між досвідченими і гіпотетичними значеннями. Ця функція, що є випадковою величиною, називається статистикою критерію, при цьому передбачається, що розподіл імовірності T може бути обчислено при допущенні, що перевіряється гіпотеза вірна. За розподілом статистики T знаходиться значення T_0 , таке, що якщо гіпотеза вірна, то ймовірність нерівності $T > T_0$ дорівнює α , де α – заздалегідь заданий рівень значимості. Якщо в конкретному випадку виявиться, що $T > T_0$, то гіпотеза відкидається, тоді як значення $T > T_0$ суперечить гіпотезі.

Поряд з нульовою гіпотезою, яка приймається або відкидається по результату аналізу вибірки, статистичні критерії можуть спиратися на додаткові припущення, які апріорі передполагаються виконаними. Залежно від нульової гіпотези статистичні критерії діляться на параметричні і непараметричні.

Параметричні критерії передбачають, що вибірка породжена розподілом із заданого параметричного сімейства. Зокрема, існує багато критеріїв, призначених для аналізу вибірок з нормального розподілу. Перевага цих критеріїв в тому, що вони більш потужні. Якщо вибірка дійсно задовольняє додатковим припущеннями, то параметричні критерії дають більш точні

результати. Однак якщо вибірка їм не задовольняє, то ймовірність помилок (як 1-го, так і 2-го роду) може різко зрости. Перш ніж застосовувати такі критерії, необхідно переконатися, що вибірка задовольняє додатковим припущеннями. Гіпотези про вид розподілу перевіряються за допомогою критеріїв згоди.

Непараметричні критерії не спираються на додаткові припущення про розподіл. Зокрема, до цього типу критеріїв відноситься більшість рангових критеріїв.

До параметричних критеріїв належать критерії згоди; нормальності; однорідності; симетричності; тренда, стаціонарності і випадковості і ін.

Критерії згоди (Колмогорова-Смирнова, хі-квадрат Пірсона, Мізеса) перевіряють, чи відповідає задана вибірка з заданим фіксованим розподілом, із заданим параметричним сімейством розподілів, або з іншого вибіркою. Критерії зсуву (Стюдента, Уилкоксона-Манна-Уїтні) – спеціальний випадок Двухвиборочний критеріїв згоди. Перевіряється гіпотеза зсуву, згідно з якою розподілу двох вибірок мають однакову форму і відрізняються тільки зрушенням на константу.

Критерії нормальності (Шапиро-Уїлкі, асиметрії та ексцесу) – це виділений окремий випадок критеріїв згоди. Нормально розподілені величини часто зустрічаються в прикладних задачах, що обумовлено дією закону великих чисел. Якщо про вибірки заздалегідь відомо, що вони підкоряються нормальному розподілу, то до них можна використовувати більш потужні параметричні критерії. Перевірка нормальності часто виконується на першому кроці аналізу вибірки, щоб вирішити, використовувати далі параметричні методи або непараметричні.

Критерії однорідності призначені для перевірки нульової гіпотези про те, що дві вибірки (або кілька) взяті з одного розподілу, або їх розподілу мають однакові значення математичного очікування, дисперсії, або інших параметрів. Критерії симетричності дозволяють перевірити симетричність розподілу.

Критерії тренда і випадковості призначені для перевірки нульової гіпотези про відсутність залежності між вибірковими даними і номером спостереження у вибірці. Вони часто застосовуються в аналізі часових рядів, зокрема, при аналізі регресійних залишків.

3. Помилки першого і другого роду при перевірці статистичних гіпотез.

При вирішенні питання про прийняття або відхилення будь-якої гіпотези H_0 за допомогою будь-якого критерію, заснованого на результатах спостереження, можуть бути допущені помилки двох типів. Помилка 1-го роду відбувається тоді, коли відкидається вірна гіпотеза H_0 . Помилка 2-го роду відбувається в тому випадку, коли гіпотеза H_0 приймається, а насправді вірна не вона, а будь-яка альтернативна гіпотеза H_1 .

Помилка 1-го роду – ймовірність невірного відхилення нульової гіпотези, тобто відхилення нульової гіпотези, коли вона насправді вірна («помилкова тривога»).

Помилка 2-го роду – ймовірність залишитися в рамках нульової гіпотези, коли насправді вона не вірна («пропуск цілі»).

Більш «критичною» помилкою вважається статистична помилка 1-го роду.

Приклад. Судова аналогія. Вердикт «невинний» або «винен». Помилка 1-го роду – невинний звинувачений. Помилка 2-го роду – винний звільнений.

Природно вимагати, щоб критерій для перевірки даної гіпотези приводив можливо рідше до помилкових рішень. Звичайна процедура побудови найкращого критерію для простої гіпотези полягає у виборі серед всіх критеріїв із заданим рівнем значущості α (ймовірність помилки 1-го роду) такого, що впровадить до найменшої ймовірності помилки другого роду (або, що те ж саме, до найбільшої ймовірності відхилення гіпотези, коли вона невірна). Остання ймовірність (доповнює до одиниці ймовірність помилки 2-го роду) називається потужністю критерію. У разі, коли альтернативна гіпотеза H_1 проста, найкращим буде критерій, який має найбільшу потужність серед всіх інших критеріїв із заданим рівнем значущості α (найбільш потужний критерій). Якщо альтернативна гіпотеза H_1 складна, наприклад, залежить від параметра, то потужність критерію буде функцією, визначеною на класі простих альтернатив,

складових H_1 , тобто буде функцією параметра. Критерій, що має найбільшу потужність при кожній альтернативній гіпотезі з класу H_1 , називається рівномірно найбільш потужним, проте слід зазначити, що такий критерій існує лише в небагатьох спеціальних ситуаціях. У задачі перевірки гіпотези про середнє значення нормальної сукупності $a = a_0$ проти альтернативної гіпотези $a > a_0$ рівномірно найбільш потужний критерій існує, тоді як при перевірці тієї ж гіпотези проти альтернативи $a \neq a_0$ його немає. Тому часто обмежуються пошуком рівномірно найбільш потужних критеріїв в тих чи інших спеціальних класах (інваріантних, незміщене критеріїв і т.п.).

Контрольні питання

1. У чому полягає завдання перевірки статистичних гіпотез?
2. Які ви знаєте статистичні критерії?
3. Які помилки виникають під час перевірки статистичних гіпотез?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Прокопенко Т. О. Теорія систем і системний аналіз : навч. посіб./ Т. О. Прокопенко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2019. – 139 с.
2. Грицюк П. М., Джоші О. І., Гладка О. М. Основи теорії систем і управління : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2021. – 272 с.
3. Теорія систем і системний аналіз: навчальний посібник / О.А. Балтовський, К.Ю.Ісмайлов, О.І. Сіфоров, Г.В. Форос, О.М. Засць; за заг. ред. Балтовського О.А. Одеса: РВВ ОДУВС, 2021, 156 с.
4. Тюрин О. В., Ахмеров О. Ю. Теорія систем і системний аналіз в економіці: навчальний посібник. – Одеса: «Одеський національний університет імені І.І.Мечникова», 2019. – 170 с.
5. Швець С. В. Основи системного аналізу : навчальний посібник / С. В. Швець, У. С. Швець. – Суми : Сумський державний університет, 2017.

Навчальне видання

Конспект лекцій з дисципліни «Теорія систем та системний аналіз» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 124 – Системний аналіз та за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Укладач: Марина Вячеславівна Полякова