

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ЗВ'ЯЗКУ

Л. А. Нікітюк, Р. Ю. Царьов

Системний аналіз

методичні вказівки до лабораторних занять
для здобувачів першого (бакалаврський) рівня вищої освіти
галузі знань F «Інформаційні технології»

Одеса, 2024

УДК 621.339

Укладачі:

Нікітюк Л. А. кандидат технічних наук, доцент

Царьов Р. Ю. кандидат технічних наук, ст. викладач

Рецензенти:

Бондар Л. В. – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри інноваційних технологій та методики викладання природничих дисциплін, Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського (ПНПУ), Одеса, Україна.

Роговська М. Г. – кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувачка кафедри фізико-математичних наук Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку, Одеса.

Рекомендовано до друку Навчально-методичною Радою Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку (протокол № 3 від 13.12.2024 р.)

Системний аналіз: методичні вказівки до практичних занять [для здобувачів першого (бакалаврський) рівня вищої освіти галузі знань F «Інформаційні технології»]. / Уклад.: Л.А. Нікітюк, Р.Ю. Царьов. Одеса: ДУІТЗ (Електр. вид. <https://metod.suitt.edu.ua>), 2024. 54 с.

Методичні вказівки призначені для студентів галузі знань F Інформаційні технології та можуть використовуватися при вивченні дисципліни «Системний аналіз». Методичні вказівки направлено на формування теоретичних знань і практичних навичок, необхідних для використання системного підходу, його принципів і методів у дослідження та проектуванні складних організаційно-технічних систем, формування навичок використання інструментарію підтримки прийняття рішень, обчислювальних засобів для вирішення практичних системних задач.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 МЕТОДИ ОПИСУ СИСТЕМ	6
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 ПОБУДОВА ФОРМАЛЬНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ У ВИГЛЯДІ «ЧОРНОГО ЯЩИКА»	12
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ФОРМУВАННЯ ТА СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ УПРАВЛІННЯ	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ПОБУДОВА МОДЕЛІ СКЛАДУ СИСТЕМИ ..	21
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 ФОРМУВАННЯ СТРУКТУР ЦІЛЕЙ СИСТЕМИ. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ	27
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 ФОРМУВАННЯ СТРУКТУР ФУНКЦІЙ СИСТЕМИ.....	33
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7 МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ	38
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8 МЕТОДИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРАВИЛА БЕЙЄСА	44
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9 БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ЗА ПРИНЦИПОМ ПАРЕТО	47
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.....	54

ВСТУП

Системний аналіз – це потужний інструмент, який дозволяє нам розбиратися в складних системах, таких як організації, виробничі процеси та інформаційні технології. Коли ми говоримо про систему, ми маємо на увазі будь-яку сукупність взаємопов'язаних елементів, які працюють разом для досягнення певної мети. Системний аналіз – це універсальний інструмент, який можна застосовувати в різних сферах діяльності. Він допомагає нам краще розуміти світ навколо нас, приймати більш обґрунтовані рішення і створювати більш ефективні системи. За допомогою системного аналізу ми можемо:

- Зрозуміти, як працює система: Розчленувати систему на складові частини, виявити взаємозв'язки між ними та зрозуміти, як вони впливають на загальну роботу системи.
- Виявити проблеми: Визначити слабкі місця в системі та потенційні ризики.
- Знайти оптимальні рішення: Розробити ефективні стратегії для покращення роботи системи.
- Приймати обґрунтовані рішення: Використовувати отримані знання для прийняття раціональних рішень.

В рамках освітньої компоненти «Системний аналіз» ви здобудете знання про:

1. Основні принципи: Вивчення фундаментальних понять системного аналізу, таких як система, елемент, зв'язок, модель тощо.
2. Методи аналізу: Ознайомлення з різноманітними методами аналізу систем, включаючи структурний аналіз, функціональне моделювання, моделювання динамічних систем тощо.
3. Інструменти моделювання: Використання програмного забезпечення для створення моделей систем (наприклад, UML, BPMN).
4. Прийняття рішень: Вивчення методів прийняття рішень в умовах

невизначеності та ризику.

5. Застосування в різних сферах: Розгляд прикладів застосування системного аналізу в різних галузях, таких як бізнес, інженерія, соціальні науки.

В процесі виконання лабораторних робіт, ви опануєте наступні навички:

- Вміння аналізувати складні системи: Ви зможете розбирати будь-яку систему на складові частини і розуміти, як вони взаємодіють.
- Уміння будувати моделі: Ви зможете створювати абстрактні представлення систем для їх аналізу та оптимізації.
- Уміння приймати обґрунтовані рішення: Ви зможете аналізувати різні варіанти і вибирати найкраще рішення для конкретної ситуації.
- Уміння працювати в команді: Ви зможете ефективно співпрацювати з іншими фахівцями для вирішення складних задач.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

МЕТОДИ ОПИСУ СИСТЕМ

Мета роботи: *набути практичного досвіду створення функціонального, морфологічного, інформаційного описів системи*

Теоретичні відомості

Система – це сукупність елементів, які певним чином взаємопов'язані, утворюють цілісність, а також взаємодіють між собою для виконання заданих цільових функцій.

Система утворює особливу єдність з середовищем та є елементом “надсистеми”. У свою чергу її елементи системи можна розглядати як системи, якщо визначити інший критерій декомпозиції. Виходячи з визначень цієї групи, систему S будемо розглядати у вигляді.

$$S = (M, X_S, X_{S'}, F) \quad (1.1)$$

де M – множина елементів системи,

X_S – множина зв'язків між елементами системи ,

$X_{S'}$ – множина зв'язків між елементами системи та зовнішнім середовищем,

F – множина нових (системних) функцій, властивостей, призначень.

Елемент – це межа членування систем із погляду конкретного аспекту розгляду системи, вирішення конкретного завдання, досягнення поставленої мети.

Систему можна розчленовувати на елементи різними способами залежно від формулювання завдання, мети і її уточнення в процесі системного аналізу.

Сукупність n ізольованих елементів ще не є системою. Для їх вивчення можна провести не більше n дослідних процедур.

В цей же час: для дослідження системи із n взаємозв'язаних елементів, необхідно вивчити $n(n-1)$ зв'язків.

Якщо характеризувати ці зв'язки найпростішим чином, тобто відмічати в

будь-який момент часу t_i тільки наявність або відсутність впливу, то загальна кількість станів системи буде дорівнювати $2^{n(n-1)}$.

Способи опису систем

Різноманітні описи системи відображають певні групи їх властивостей і дозволяють виявити впорядкованість, структурованість і функціональну організованість системи.

Будь-яка система або об'єкт передусім цікаві своїм призначенням, місцем, яке вони займають серед інших систем і об'єктів в навколишньому світі, своєю функцією. Тому для характеристики системи передусім повинен бути одержаний *функціональний опис (ФО)*, який дозволяє оцінити призначення системи, її відношення до інших систем, її контакти з навколишнім світом, напрями можливих функціональних змін. *Функціональний опис* пов'язує зовнішні впливи на систему з її реакцією, відповіддю, поведінкою, дією на елементи системи. *ФО* може задаватися деяким оператором в алгебраїчній, логічній, диференціальній, інтегрально- диференціальній формі, який входить в скалярне, векторне або матричне рівняння. Оператор складається на основі вимірювання зовнішніх характеристик (принцип чорного ящика: вивчення зв'язку – вплив – реакція) або на основі знань про будову системи. *ФО* виходить із цільових функцій системи. Послідовність дій при виконанні системою деякої функції відображає зміст закону поведінки, яка залежить від процесів, які протікають в середині системи (закони внутрішньої поведінки), і від процесів, в які залучена вся система в рамках метасистеми (закони зовнішньої поведінки). Кожна підсистема сама містить набір елементів, що виконують свої частки функції, тому закони внутрішнього функціонування системи одночасно є законами зовнішнього функціонування для будь-якої підсистеми цієї системи – закони зовнішнього функціонування першого нижнього рівня.

Уявлення про будову системи дає її *морфологічний опис (МО)*, що дозволяє виділити основні елементи, зв'язки, визначити тип структури.

Можливими є три варіанти представлення морфологічного опису: з позицій теоретико-множинного підходу (див. (1.1)), у вигляді структури (найпоширеніші типи структур наведено на рис. 1.1) та у вигляді відповідної матриці суміжностей.

Структура системи може характеризуватися типами зв'язків, які в ній переважають. Найпростішими зв'язками є паралельні та послідовні. Залежно від характеру внутрішньої організації системи та зв'язків між елементами виокремлюються основні типи структур, які можна зобразити графічно, у вигляді опису (вербально), матриць або іншими способами (рис. 1.1):

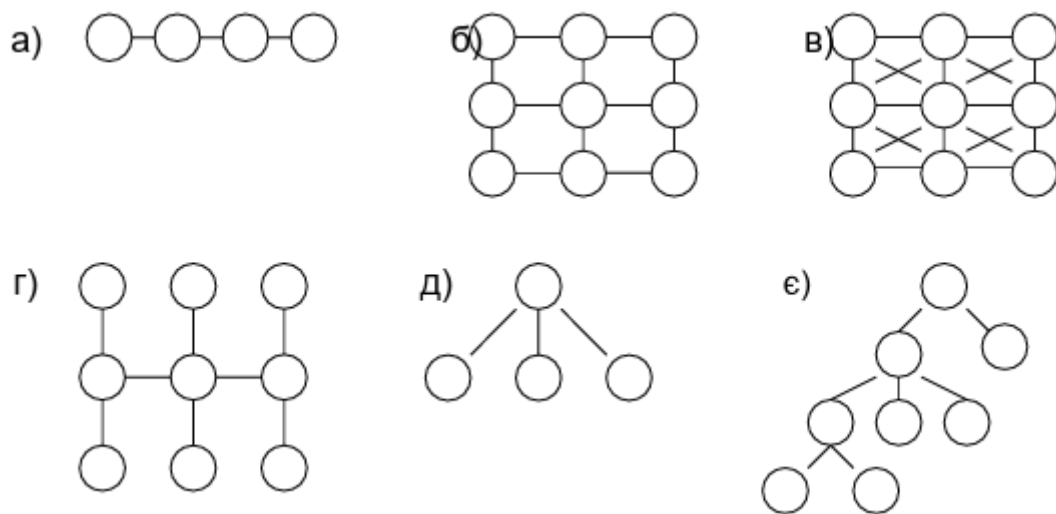


Рисунок 1.1 – Приклади основних типів структур системи

а) лінійна; б) матрична; в) мережева; г) кістякова; д) ієрархічна;
 є) деревоподібна

Нехай структура представлена у вигляді наступного графа з орієнтованими та неорієнтованими дугами (рис. 1.2). Неорієнтовані дуги можна замінити парою орієнтованих, скерованих у протилежних напрямках, і представити граф у вигляді матриці суміжностей вершин $V=\{v_{ij}\}$, в якій $v_{ij}=1$, якщо в графі є ребро (i,j) від i -ї до j -ї вершини, і $v_{ij}=0$, якщо немає. Отже, матричне представлення буде таким, як на рис. 1.2.

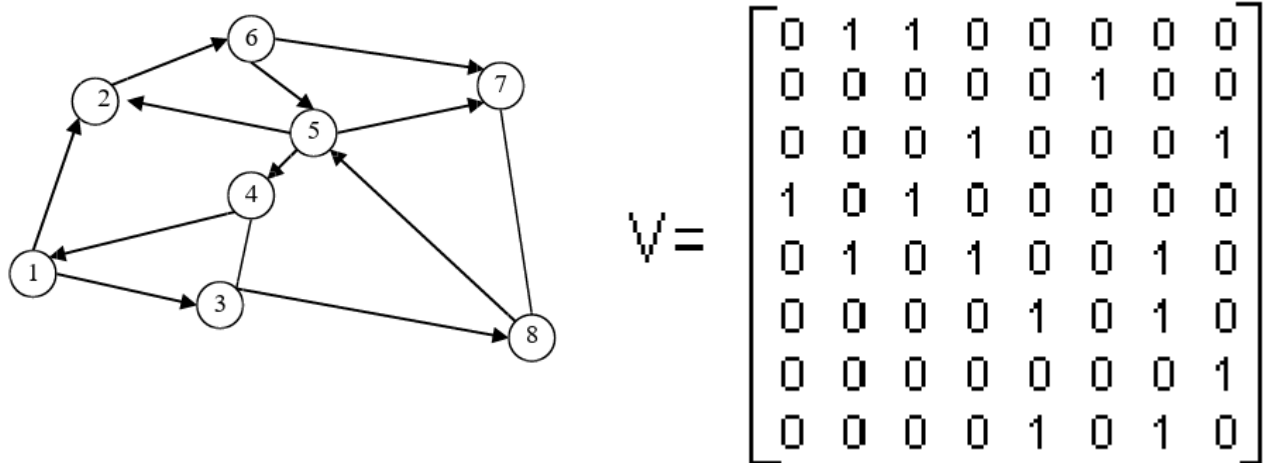


Рисунок 1.2 – Граф структурної схеми та відповідна матриця суміжностей

Ці два види опису системи доповнюються третім — *інформаційним описом (ІО)*, що дозволяє судити про рівень її організації (дезорганізації), передбачити в ймовірнісному розумінні реакцію системи на той чи інший вплив. Сюди входить також характеристика інформаційних потоків, циркулюючих в системі і дані про алгоритми взаємодії елементів.

Четвертий вид опису системи пов'язаний з характеристикою процесів зародження системи і еволюцією її розвитку в історичному плані — це *генетико-прогностичний опис (ГПО)*.

Порядок виконання роботи:

1. Вибрати довільний об'єкт досліджень (можливі варіанти):
 - Інтегрований пакет програм для автоматизації офісної діяльності і системи управління документами;
 - спеціалізовані пакети програм для автоматизації окремих процесів;
 - системний підхід до комп'ютеризації лабораторії;
 - архітектура локальної обчислювальної мережі (ЛОМ), системи керування базами даних (СКБД), корпоративної інформаційної системи (КІС) з

точки зору системного аналізу;

- розглянути модель OSI з точки зору системного аналізу (ідея OSI – кожен рівень виконує свою роль, таким чином загальна задача передачі даних розділяється на окремі і зрозумілі задачі кожного рівня);

- система мультимедіа (розглянути які саме потоки даних, міжпотокову адаптацію; пріоритети мультимедійних потоків).

2. Здійснити морфологічний та функціональний описи системи в цілому та усіх підсистем, необхідних для досягнення поставленої мети у вигляді (1.1).

3. Представити ієрархічну структуру системи та вказати її вид.

4. Представити ієрархічну структуру системи у вигляді:

- графа з орієнтованими та неорієнтованими дугами;
- відповідної матриці суміжностей (у матричному вигляді).

Звіт повинен включати:

- тему, мету роботи;
- короткий виклад основних теоретичних положень;
- вказаний об'єкт дослідження;
- морфологічний та функціональний описи об'єкту дослідження у вигляді (1.1);

- ієрархічну структуру системи, вказати її приналежність конкретному типу;

- ієрархічну структуру системи у вигляді графа з орієнтованими та неорієнтованими дугами;

- ієрархічну структуру системи у вигляді відповідної матриці суміжностей (у матричному вигляді).

- висновки, в яких необхідно проаналізувати отримані результати.

Контрольні запитання

1. Що таке система?

2. Що таке елемент системи?
3. Що таке декомпозиція?
4. Охарактеризуйте функціональний опис системи.
5. Охарактеризуйте морфологічний опис системи.
6. Охарактеризуйте інформаційний опис системи.
7. Що таке структура? Які види ієрархічних структур вам відомі?

Дайте характеристику кожному з них.

8. Як представити структуру у вигляді графа?
9. Що таке матриця суміжностей та вкажіть особливості її побудови?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ПОБУДОВА ФОРМАЛЬНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ У ВИГЛЯДІ «ЧОРНОГО ЯЩИКА»

Мета роботи: Отримати практичні навички у формуванні базових моделей («чорного ящика», складу, структури) системи, навчитися виділяти сильні та слабкі сторони діяльності організації.

Теоретичні відомості

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. 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. «Чорний ящик» - термін, що широко застосовувався в кібернетиці при поданні досліджуваного об'єкта моделлю «вхід - вихід». Модель «чорного ящика» повинна містити явний критерій ефективності, який дозволяє визначити, наскільки рішення близько до мети («виходи»). При побудові моделі надзвичайно важливо вказати, як змінні рішення будуть впливати на вказаний критерій («входи») (рис. 2.1).

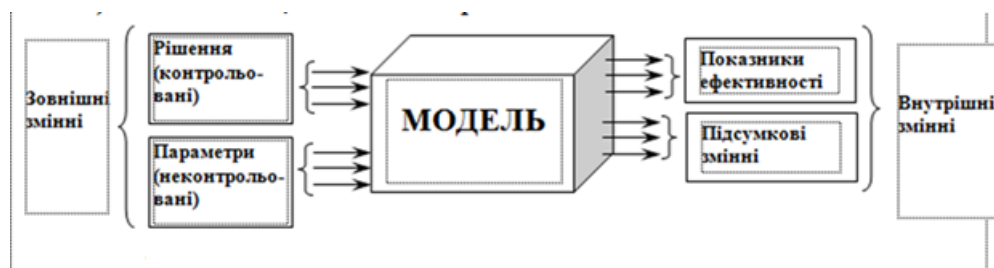


Рисунок 2.1 – Модель системи типу «чорний ящик»

Основна увага приділяється визначенню:

- 1) входів, тобто того, що модель повинна обробляти, і
- 2) виходів - того, що модель виробляє.

Число входів і виходів для будь-якої системи є нескінченним тому, що система пов'язана із середовищем безліччю зв'язків. Складаючи модель «Чорного ящика» необхідно з цього незліченної безлічі відбирати кінцеве число зв'язків, і критерієм відбору при цьому є цільове призначення системи і істотність зв'язків по відношенню до цієї мети.

Після визначення входів і виходів моделі їх необхідно розбити на дві категорії: входи, іменовані зовнішніми змінними, діляться на рішення - змінні, контрольовані менеджером, і параметри - змінні, якими менеджер керувати не може.

Виходи, звані внутрішніми змінними, діляться на показники ефективності (або критерії), які визначають ступінь наближення до мети, і результуючі змінні, які відображають інші сліdstва моделювання і допомагають зрозуміти і правильно інтерпретувати результати роботи моделі.

Зв'язки - сукупність залежностей властивостей одного елемента від властивостей інших елементів системи. Зв'язок характеризується напрямом, силою і характером (або видом).

Зовнішнє середовище - це набір існуючих в просторі і в часі об'єктів (систем), які, як передбачається, діють на систему.

Входи системи x_i - різні точки прикладання впливу зовнішнього середовища на систему.

Виходи системи y_i - різні точки прикладання впливу системи на зовнішнє середовище.

Порядок виконання роботи

Завдання 1. Завдання, фіксація, перерахування вхідних і вихідних зв'язків системи із середовищем

1. Виберіть багатофакторну проблему, що виникла в складній системі.

Приклади проблем:

- низька ефективність діяльності виробничої системи (конкретної компанії);
- низька ефективність бізнес-процесу (виробництва продукції, надання послуги, обслуговування клієнта, поставки комплектуючих, логістики).

2. Дослідити систему за допомогою застосування методу «чорного ящика», а саме - визначити по 7-8 входів і виходів кожної з систем і виділити по 3 найбільш істотних.

Зберіть інформацію, необхідну для аналізу стану системи. Побудувати схему виду, представлену на рис. 2.2.

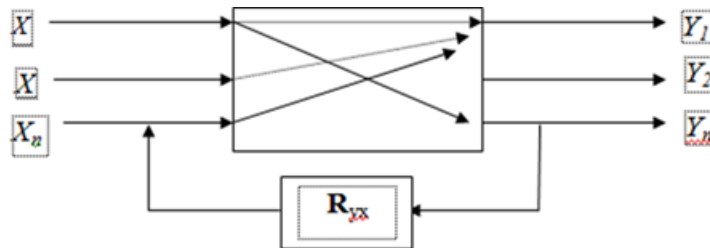


Рисунок 2.2 – Загальна схема «чорного ящика»

3. На основі аналізу входів і виходів системи описати, як зовнішнє середовище впливає на систему, як система впливає на середовище. Результат аналізу звести в таблицю.

Входи		Виходи	
1		1	
.....			
8		8	

4. Підібрати для досліджуваної системи кілька об'єктів-аналогів, використовуючи матеріали Інтернет, міських і регіональних ЗМІ, знання фахівців, що працюють в області дослідження.

5. Провести порівняльний аналіз діяльності досліджуваної системи і об'єктів-аналогів, виділити сильні і слабкі сторони системи.

Завдання 2. Завдання для самостійної роботи.

1. Виберіть систему для моделювання або використайте систему, яку запропоновано викладачем. При виборі враховуйте, що вам повинні бути відомі хоча б в загальних рисах структура і принципи функціонування системи, а так само її призначення.
2. Опишіть входи обраної системи.
3. Опишіть виходи системи.
4. Перерахуйте небажані входи і виходи.
5. Запропонуйте способи усунення недоліків системи

Варіанти для індивідуальної роботи:

1. Навчальний центр
2. Сільськогосподарське підприємство: рослинництво
3. Транспортна компанія
4. Меблевий цех
5. Сервісний центр побутової техніки
6. Центр обслуговування копіювальної техніки
7. Книжковий магазин
8. Туристична фірма
9. Сільськогосподарське підприємство: тваринництво
10. Залізнична каса
11. Відділення пенсійного фонду
12. Служба зайнятості міста
13. Секретаріат комерційної компанії
14. Ресторан швидкого харчування
15. Інтернет-магазин
16. Агентство нерухомості
17. Департамент житлово-комунального господарства
18. Керуюча компанія
19. Поліклініка

20. Автосалон

Звіт повинен включати:

У звіті до даної роботи повинні міститися:

- назва та мета роботи;
- результати виконання завдань № 1,2;
- відповіді на запитання
- висновки.

Контрольні запитання

- 1) Які входи і виходи найбільш істотні для досліджуваної системи, а значить, їх необхідно враховувати при організації управління системою?
- 2) Що дає розуміння входів і виходів системи?
- 3) Чому модель «чорного ящика» не може бути достатньою при дослідженні складних соціально-економічних систем?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ФОРМУВАННЯ ТА СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ УПРАВЛІННЯ

Мета роботи: освоїти основи аналізу інформаційних, матеріальних потоків і організаційної структури управління через дескриптивні і конструктивні визначення системи.

Теоретичні відомості

Відповідно до завдань системного дослідження можна виділити два типи визначення системи - дескриптивне і конструктивне. **Дескриптивне** (описове, від англ. «Description» - опис) - визначення системи через її властивості, зовнішні прояви. **Конструктивне** визначення - опис через елементи системи, пов'язані з основним системоутворюючим фактором - з функцією.

Елемент - неподільна частина системи, що володіє самостійністю по відношенню до даної системи. Межа членування системи, тобто неподільності її елементів, визначається з точок зору вирішення конкретного завдання, поставленої мети або аспекту вивчення об'єкта як системи. Підсистема - більший компонент, ніж елементи, і в той же час більш детальний, ніж система в цілому. **Підсистема** включає в себе сукупність взаємопов'язаних елементів, здатних виконувати відносно незалежні функції, підцілі, спрямовані на досягнення спільної мети системи. **Структура системи** - сукупність елементів системи і зв'язків між ними.

Модель - опис системи, що відображає певну групу її властивостей. Створення моделі системи дозволяє передбачати її поведінку в певному діапазоні умов.

Організаційна структура управління (оргструктура, ОСУ) являє собою склад і взаємозв'язок структурних управлінських ланок. Ефективність роботи організації істотно залежить від організаційної форми, обраної для управління ним. Цей вибір вплине на кількість рівнів управління організацією (підприємством), кількість ланок управління на кожному рівні, трудомісткість

виконання функцій управління, витрати на управління.

Приклади систем:

- технічні пристрої і комплекси (автомобілі, комп'ютери, телевізори і т.д.);
- організації (підприємства, готелі, ресторани, магазини і т.д.);
- біологічні системи (людина, тварини, рослини і т.д.);
- інформаційні системи (автоматизовані системи, програмні комплекси, інформаційно-керуючі системи і т.д.);
- соціальні, соціально-економічні системи (система виборів, система безпеки, транспортна система регіону і т.д.).

Лабораторне завдання:

1. Побудувати і проаналізувати організаційну структуру управління на прикладі об'єкта дослідження.
2. Виявити позитивні й негативні сторони діючої організаційної структури управління.

Порядок виконання лабораторної роботи

Завдання 1. Побудувати і проаналізувати організаційну структуру управління на прикладі об'єкта дослідження

1. Сформулювати власне визначення заданої системи, її цілі і потреби суспільства, яку вона задовольняє. Привести визначення ключових понять в рамках досліджуваної предметної області. Наприклад, якщо об'єкт дослідження - банк і його кредитні операції, то необхідно дати визначення таким поняттям: банк, кредит, позичальник, ставка по кредиту, заставу, тобто необхідно дослідити предметну область по темі власного дослідження.
2. Побудувати модель складу системи, виділивши підсистеми, важливі при аналізі функціонування системи (наприклад, підсистеми «документи», «кадри», «матеріально-технічне забезпечення», «товари / послуги / гроші»). Для великих організацій допускається моделювати тільки частина системи: підрозділ, відділ, бюро.

3. Встановити зв'язки між елементами моделі складу, тим самим, отримавши модель інформаційних і матеріальних потоків системи. Наприклад, встановити зв'язок «отримує» між елементами «клієнт», «спеціаліст по кредитуванню», «пакет документів».

4. Для побудови організаційної структури управління елементи підсистеми «Кадри» упорядкувати в ієрархічну структуру (на верхньому рівні - керівний склад, нижче - елементи рівнів підпорядкування). Встановити зв'язки, що показують підпорядкування елементів в рамках системи. Приклад кадрової структури підприємства представлено на рис. 1

5. Побудувати таблицю, що включає опис елементів і функцій підсистеми «Кадри» для об'єкта дослідження:

<i>Елемент (одиниця підсистеми «Кадри», посада)</i>	<i>Функції</i>

Завдання 2 (самостійна робота). Виявити позитивні і негативні сторони діючої організаційної структури управління.

Порядок і рекомендації щодо виконання роботи

1. Дати дескриптивне і конструктивне визначення системи;
2. Побудувати модель інформаційних і матеріальних потоків системи;
3. Побудувати і проаналізувати організаційну структуру управління на прикладі об'єкта дослідження

Контрольні питання

- 1). У чому відмінність конструктивного визначення системи від дескриптивного визначення?
- 2). Яка мета побудови моделі інформаційних і матеріальних потоків?

організаційної структури управління?

3). Що таке організаційна структура управління?

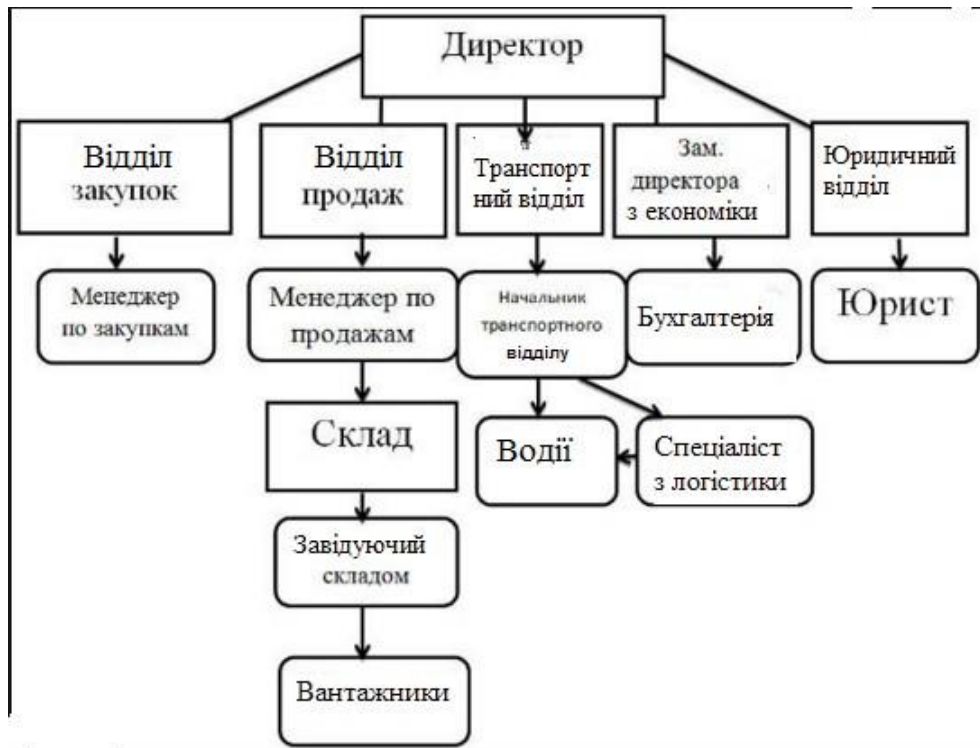


Рисунок 3.1 – Приклад ієрархічної структури кадрів підприємства

Звіт повинен включати:

У звіті до даної роботи повинні міститися:

- назва та мета роботи;
- результати виконання завдань № 1,2;
- відповіді на запитання
- висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ПОБУДОВА МОДЕЛІ СКЛАДУ СИСТЕМИ

Мета роботи: Освоїти та закріпити знання з процесу побудови моделі складу системи для різних цілей дослідження.

Теоретичні відомості

Для описування структури або поведінки систем використовують моделі. Моделі являють собою певний умовний образ об'єкта дослідження.

Модель будується для того, щоб відобразити характеристики об'єкта (елементи, взаємозв'язки, структурні та функціональні властивості), суттєві для мети дослідження. Схема організації, наприклад, є її графічною моделлю, що відображує її структуру.

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

Для детальнішого опису систем використовують моделі складу та моделі структури. Модель складу системи відображає, із яких елементів та підсистем, а модель структури застосовується для відображення відношень між елементами та зв'язків між ними.

Формування складу визначається цілями побудови моделі і, отже, не має абсолютного характеру: при дослідженні однієї і тієї ж системи можуть аналізуватися різні моделі складів.

Модель складу системи описує, з яких компонентів вона складається. При розгляді будь-якої системи виявляється, 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, називаються **елементами**. Частина системи, що складається більш ніж з одного елемента, називають підсистемами.

Модель складу обмежується знизу тим, що вважається елементом, а зверху - межами системи. Межі визначаються цілями побудови моделі. При необхідності можна ввести позначення або терміни, що вказують на ієрархію частин.

Графічне представлення моделі складу системи, підсистем і елементів, з яких вона складається, представлена на рис. 4.1.

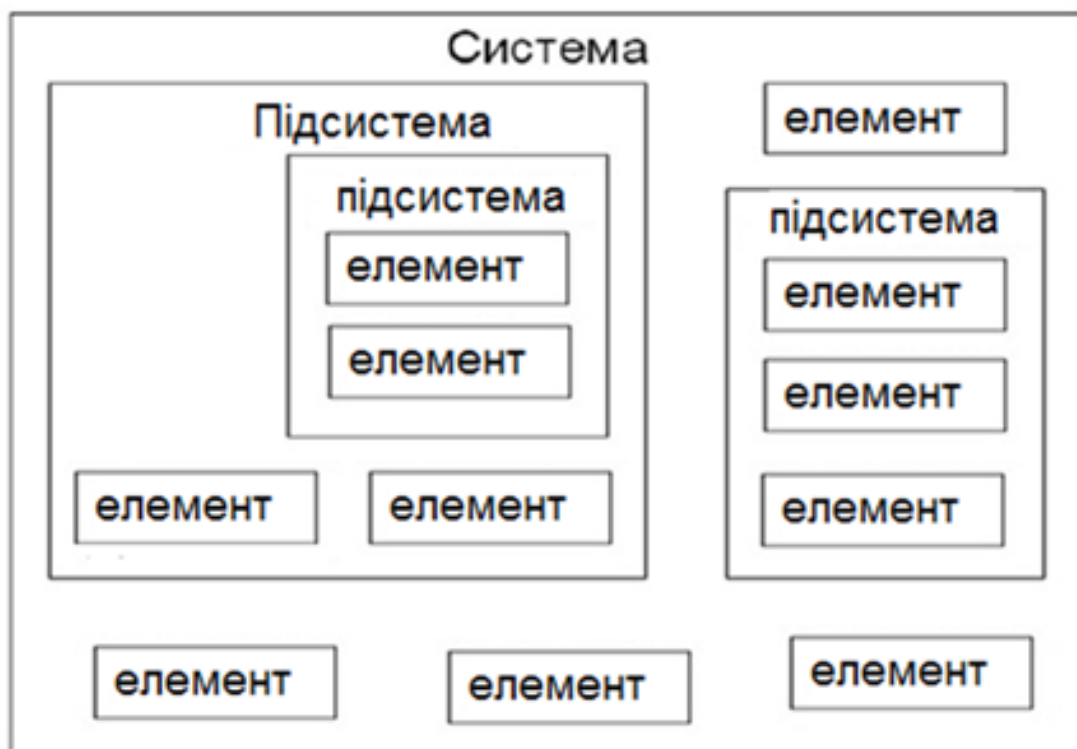


Рисунок 4.1 – Графічна модель складу системи

Головне завдання в побудові моделі складу полягає в тому, щоб правильно згідно з визначенням і призначенням системи визначити мету системи. Поділ цілісної системи на частини повністю залежить від цілей системи (це відноситься і до меж між частинами системи і до меж самої системи).

У моделі структури (Змістовна модель) описуються всі елементи системи,

всі зв'язки між елементами всередині системи і зв'язку деяких елементів з навколишнім середовищем (входи і виходи системи), вказуються напрямки і типи зв'язків (інформаційна, матеріальна, енергетична).

Структура представляється як спосіб організації цілого з складових частин.

У різних ситуаціях одні й ті ж підсистеми можуть бути складовими частинами різних систем.

Для більшості досліджень недостатньо мати тільки модель складу, необхідно встановити між елементами певні відносини - налагодити зв'язки (щоб отримати велосипед недостатньо мати його деталі - необхідно правильно поєднати всі деталі між собою).

Відносно беруть участь не менше двох об'єктів - в загальному випадку розглядаються багатомісні відносини (а не тільки двомісні, бінарні). У такій формалізації властивість об'єкта - одномісне ставлення, що виявляється у взаємодії з іншими об'єктами.

Структура відображає упорядкованість внутрішніх і зовнішніх зв'язків об'єкта, що забезпечують його стабільність, цілісність, якісну визначеність. Структура системи є більш стійкою, ніж окремі її характеристики.

Одна з основних особливостей структури - впорядкованість елементів таким чином, що однорідні елементи складають один рівень ієрархії (підпорядкованість частин цілого). Таким чином, в системі виділяються підсистеми - класи елементів, функціонування яких має інваріантні особливості на певних рівнях досліджень.

Лабораторне завдання:

1. Побудувати модель складу системи «Система телебачення» у графічному вигляді та у вигляді таблиці.
2. Виконати поділ цілісної системи (згідно індивідуального варіанту) на частини

Порядок виконання роботи:

Завдання 1. Побудувати модель складу системи «Система телебачення» у графічному вигляді та у вигляді таблиці.

Приклад побудови моделі складу системи «Система телебачення». Головною метою даної системи є передати зорову і звукову інформацію на велику відстань практично миттєво. Відповідно до поставленої мети дану систему пропонується розбити на наступні підсистеми: «передача», «зв'язок» і «прийом». У свою чергу підсистему «передача» можна розбити на елементи системи «центральна телестудія» і «антенно-передавальний центр», підсистему «зв'язок» на елементи «засоби поширення радіохвиль» і «супутники ретранслятори», а підсистему «прийому» на елементи «місцеві телецентри» і «телевізори споживачів». Модель складу системи «Система телебачення» можна представити у вигляді таблиці (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Склад системи «Система телебачення»

<i>Система</i>	<i>Підсистеми</i>	<i>Елементи</i>
Система телебачення	Підсистема передачі	Центральна телестудія
		Антенно-передаючий центр
	Зв'язок	Засоби розповсюдження радіохвиль
		Супутники-ретранслятори
	Підсистема прийому	Місцеві телецентри
		Телевізори споживачів

Представити моделі складу системи «Система телебачення» у графічному вигляді, використовуючи графічні можливості текстового процесору або у графічному редакторі. Результат виконання завдання наведено на рис. 4.2 (в даному випадку в якості прикладу використовувалось система «Персональний комп'ютер», яка розділена на підсистеми та елементи)

Примітка: у літературі така операція досить часто називається декомпозиція системи, тобто розкладання її на підсистеми та складові елементи.

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

Рисунок 4.2 – Декомпозиція системи або табличне зображення моделі складу системи

Головна складність при побудові моделі складу полягає у тому, що поділ цілої системи на частини є відносним, залежним від мети дослідження (це стосується також визначення меж системи). Крім того, відносним є поняття елемента — те, що з одного погляду є елементом, з іншого може бути підсистемою. Черговим кроком у розвитку моделі системи є модель структури, яка описує суттєві зв'язки між елементами (компонентами моделі складу). На графічних моделях будову систем зображують у вигляді структурних схем. Структурні схеми наглядні та містять інформацію про велику кількість властивостей системи.

Завдання 2. Виконати поділ цілісної системи на частини (згідно індивідуального варіанту)

1. За назвою і призначенням заданої індивідуальної системи визначте її головну мету.
2. Відповідно до призначення і мети системи розбийте досліджувану систему на підсистеми і елементи.
3. Представте досліджувану систему в графічному вигляді або у

вигляді таблиці

Рекомендації щодо виконання роботи

1. Ознайомитись з теоретичним коментарем до теми.
2. Дати дескриптивне і конструктивне визначення системи;
3. Побудувати модель інформаційних і матеріальних потоків системи;
4. Побудувати і проаналізувати організаційну структуру управління на прикладі об'єкта дослідження
5. Оформити звіти.

Звіт повинен включати:

У звіті до даної роботи повинні міститися:

- назва та мета роботи;
- результати виконання лабораторного завдання;
- відповіді на запитання;
- висновки.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення поняття моделі та моделі складу системи.
2. Дайте визначення підсистеми системи і її елементи.
3. У чому відмінність моделі «чорний ящик від моделі складу системи?
4. Назвіть основні проблеми побудови моделі складу системи.
5. Назвіть основні вимоги до побудови моделей.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУР ЦІЛЕЙ СИСТЕМИ. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ

Мета роботи: на основі використання системних методів оволодіти навичками виявлення цілей і моделювання процесів соціально-економічних об'єктів.

Теоретичні відомості

Система - множина взаємопов'язаних елементів, що утворюють єдине ціле, взаємодіють із середовищем та між собою, і мають мету.

Мета - одне з найбільш складних понять, вивчення якого приділяється велика увага в філософії, кібернетиці, теорії систем та інш.

Аналіз визначень мети і пов'язаних з нею понять показує, що в залежності від стадії пізнання об'єкта, етапу системного аналізу, в поняття «мета» вкладають різні відтінки - від ідеальних устремлінь (чого повинна досягти система в ідеалі?) до конкретних цілей - кінцевих результатів, досяжних в межах деякого інтервалу часу.

Основним методом в побудові структур цілей і функцій є метод «дерева цілей».

«Дерево цілей» - вид структури цілей. Термін був введений У. Черчменом, який запропонував метод дерева цілей в зв'язку з проблемами прийняття рішень в промисловості. Термін «дерево» має на увазі формування ієрархічної структури, яка створюється шляхом розчленування спільної мети на підцілі, а їх - на більш детальні складові, для найменування яких в конкретних додатках використовують різні назви: напрямки, проблеми, програми, завдання, а починаючи з деякого рівня - функції. Така процедура отримала в подальшому назву **структуризації мети**.

Метою системи називають її бажаний майбутній стан. Залежно від стадії пізнання об'єкта, етапу системного аналізу у цей термін вкладають різний зміст - від ідеальних прагнень, що виражають активну свідомість окремих осіб або

соціальних систем, до конкретних цілей-результатів.

У першому випадку можуть формулюватися цілі, досягнення яких є неможливим, але до яких можна безупинно наближатися.

У другому – цілі мають бути досяжними в межах певного інтервалу часу і формулюються іноді навіть у термінах кінцевого продукту діяльності. Часто розрізняють суб'єктивні та об'єктивні цілі. Суб'єктивна ціль — це суб'єктивний погляд дослідника (керівника, власника) на бажаний майбутній стан системи. Об'єктивна ціль — це майбутній реальний стан системи, тобто стан, до якого буде переходити система при заданих зовнішніх умовах і керівних впливах. Суб'єктивні й об'єктивні цілі системи у загальному випадку можуть розрізнятися.

Сфера застосування методу «дерево цілей»: рішення задач в області управління (структуризація і проектування систем управління і процесів, що відбуваються в них), прогнозування в економіці, науці і техніці, розробці складних програм, технічних комплексів та інформаційних систем.

Під визначенням «дерево» цілей будемо розуміти наступне. «Дерево цілей» - це граф, тобто схема, що показує розподіл загальних цілей на підцілі до необхідного рівня декомпозиції і виражає супідрядність і взаємозв'язку елементів.

Лабораторне завдання:

1. Ознайомитись з принципами побудови «дерева цілей» системи.
2. Побудувати «дерево» цілей, виділивши генеральну мету, кілька головних цілей.

Порядок виконання завдань лабораторної роботи

Завдання 1. Ознайомитись з принципами побудови «дерева цілей» системи

Метод «дерево цілей» орієнтований на отримання повної і відносно стійкою структури цілей, проблем, напрямків, тобто такої структури, яка

протягом якогось періоду часу мало змінювалася б при неминучих змінах, що відбуваються в будь-якій розвивається системі.

«Дерево» складається з цілей кількох рівнів: генеральна мета, цілі 1-го рівня (головні), цілі 2-го рівня, цілі 3-го рівня і так до необхідного рівня декомпозиції. Досягнення генеральної мети передбачає реалізацію головних цілей, а реалізація кожної з головних цілей - досягнення відповідно своїх конкретних цілей 2-го рівня і т.д.

«Дерево цілей» є структуровану за ієрархічним принципом сукупність генеральної мети і її підлеглих підцілей 1-го, 2-го і наступних рівнів - «вершин» цілей, з'єднаних між собою зв'язками - ребрами, гілками «дерева» цілей (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – «Дерево цілей» просте (нециклічне)

Кількість підцілей необов'язково має бути однаковим для кожної мети верхнього рівня. Все залежить від досліджуваної предметної області.

Побудова «дерева» цілей засноване на застосуванні наступних правил:

- 1) декомпозиція кожної мети (цілі) на підцілі на тому чи іншому ієрархічному рівні проводиться по одному обраному класифікаційної ознаки;
- 2) кожна мета розчленовується не менше ніж на дві мети;
- 3) кожна мета повинна бути субординаційна до інших;
- 4) будь-яка мета кожного ієрархічного рівня повинна ставитися тільки до окремого елементу (підсистемі), тобто повинна бути адресною;
- 5) для кожної цілі на будь-якому рівні ієрархії має бути передбачено

ресурсне забезпечення;

6) кількість цілей на кожному рівні декомпозиції повинно бути достатнім для досягнення вищерозміщеної мети;

7) «дерево» цілей не повинно містити ізольованих вершин, тобто не повинно бути метою, які пов'язані з іншими цілями;

8) декомпозиція цілей проводиться до того ієрархічного рівня, який дозволяє визначити відповідального виконавця і склад заходів по досягнення вищої мети і, в кінцевому підсумку, головної мети (особливо для систем управління);

9) при наявності на ієрархічному рівні структуризації більше трьох-чотирьох цілей слід передбачати побудову «дерева» цілей циклічного виду, в яких «гілки» взаємно переплітаються і зрощуються.

Формулювання цілей повинно, як правило:

1) починатися з дієслова в наказовому способі в невизначеній формі, визначати сутність необхідності реалізації конкретного дії;

2) визначати бажаний кінцевий результат в кількісному і якісному виразах і забезпечувати можливість вимірювання кількісних показників, що необхідно для контролю досягнення мети;

3) по можливості вказувати на джерела та обсяги ресурсів, які виділяються, а також розкривати те, що необхідно виконати.

Приклад «дерева цілей» наводиться на рис. 5.2. 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 один з одного;

Фундамент дерева цілей об'єднує завдання, що представляють собою формулювання робіт, які виконуються певним способом і в заздалегідь

встановлені терміни.



Рисунок 5.2 – Приклад «Дерева цілей» підприємства

Завдання 2. Побудувати «дерево» цілей, виділивши генеральну мету, кілька головних цілей.

1. Для заданої системи (згідно варіанту індивідуального завдання) побудувати «дерево» цілей, виділивши генеральну мету, кілька головних цілей і деталізувавши їх на 3-4 рівня декомпозиції.

2. Виділивши одну з головних цілей, побудувати модель процесів. Визначити вхідні і вихідні інформаційні та матеріальні потоки. Вказати послідовні і паралельні процеси в моделі.

Порядок виконання роботи:

1. Побудувати дерево цілей власної системи згідно обраного варіанта та надати графічний матеріал у вигляді звіту, роздрукувавши його на листах формату А4.

2. Дати пояснення, стосовно ієрархічної структури цілей, пояснивши рівні декомпозиції

3. Оформити звіт.

Звіт повинен включати:

У звіті до даної роботи повинні міститися:

- назва та мета роботи;
- результати виконання лабораторного завдання;
- відповіді на запитання
- висновки.

Контрольні запитання:

1. Дайте визначення поняттю «мета/ціль». Як Ви розумієте відміну мети від функції?
2. Дайте визначення поняттю «дерево цілей».
3. Перелічіть правила побудови «дерева цілей».
4. В чому різниця між моделлю, побудованою за принципом «дерева цілей», і моделлю процесу?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУР ФУНКЦІЙ СИСТЕМИ

Мета роботи: на основі використання системних методів оволодіти навичками виявлення функцій процесів, що відбуваються в процесі діяльності соціально-економічних об'єктів.

Короткий теоретичний коментар до теми

Модель дерева функцій відноситься до функціонального поданням і призначена для опису ієрархічної структури функцій (включаючи статичні зв'язки між ними) бізнес-процесів підприємства. Функція - це завдання, операція або дія, які виконуються над об'єктом для досягнення однієї або декількох цілей.

Функція може бути описана з різним рівнем деталізації, тобто комплексна функція може бути розділена на підфункції.

Функціональна декомпозиція базується на аналізі функцій системи. При цьому ставиться питання що робить система, незалежно від того, як вона працює. Підставою розбиття на функціональні підсистеми служить спільність функцій, виконуваних групами елементів.

Класифікація функцій:

1. Бізнес-функції – головні функції, які безпосередньо зв'язані з виробничою діяльністю підприємства.
2. Функції управління
3. Системні функції

Функція управління - це однорідний вид діяльності, об'єктивно необхідної для реалізації цілей функціонування і виділеної за певною ознакою. До загальних функцій управління відносять планування, організацію, координацію і регулювання, мотивацію, контроль, облік.

Дуже часто при аналізі і синтезі систем використовується графічне опис, різновидами якого є:

дерево функцій системи,
стандарт функціонального моделювання IDEF0.

Всі функції, які реалізуються складною системою, можуть бути умовно розділені на **три групи**:

цільова функція;

базисні функції системи; додаткові функції системи.

Цільова функція системи відповідає її основним функціональним призначенням, тобто цільова (головна) функція - відбиває призначення, сутність і сенс існування системи.

Основні функції відображають орієнтацію системи і являють собою сукупність макрофункцій, що реалізуються системою. Ці функції обумовлюють існування системи певного класу. Основні функції - забезпечують умови виконання цільової функції (прийом, передача придбання, зберігання, видача).

Додаткові (сервісні) функції розширюють функціональні можливості системи, сферу їх застосування і сприяють поліпшенню показників якості системи. Додаткові функції - забезпечують умови виконання основних функцій (з'єднання (розведення, напрямки, гарантування)).

Лабораторне завдання:

1. Ознайомитись з принципами побудови «дерева функцій» системи.
2. Побудувати «дерево функцій», виконавши декомпозицію всіх функцій, які реалізуються складною системою.

Порядок та методика виконання завдань лабораторної роботи:

Завдання 1. Ознайомитись з принципами побудови «дерева функцій» системи

В системі, що розробляється, можна виділили основні та допоміжні функції. До **основних** відносяться:

- створення і додавання документів;
- пошук в системі документів, їх видалення з неї;

- робота з документами в системі електронного документообігу; створення подій;
- додавання і видалення шаблонів в системі, за якими можливе створення нових документів.

До **допоміжних** функцій можна віднести:

- ведення особистого папки користувача, в якій зберігаються створені ним документи і ведеться протокол призначених подій;
- зміна пароля користувача.

Даний розподіл функцій графічно представлено на рис. 6.1.

Опис об'єкта на мові функцій представляється у вигляді графа, що має вершини і ребра.



Рисунок 6.1. Графічне представлення «Дерева функцій»

Дерево функцій системи представляє декомпозицію функцій системи і формується з метою детального дослідження функціональних можливостей системи і аналізу сукупності функцій, що реалізуються на різних рівнях ієрархії системи.

Бажано, щоб кожен кластер дерева мав не більше 5-6 складових.

В системі, що розробляється, можна виділили основні та допоміжні функції. Даний розподіл функцій графічно представити у вигляді графа, що має вершини і ребра. На базі дерева функцій системи здійснити формування структури системи на основі функціональних модулів. Надалі структура на основі таких модулів покривається конструктивними модулями (для технічних систем) або організаційними модулями (для організаційно-технічних систем).

Побудувати діаграму опису (класифікації) повноважень компанії: повноваження прийняття рішення (вибір стратегії, технології виробництва формування робочих груп і т.д.), повноваження на роботу з інформацією (доступ, отримання з архіву і ін.), Повноваження на контроль (вимоги надання інформації), повноваження вимагати виконання дій (подача запиту або заявки, адміністративне керівництво групою співробітників), повноваження затверджувати документи (затвердження документів, право фінансової підписи), повноваження представляти компанію (вести переговори, укладати угоди і т.д.).

Завдання 2. Побудувати «дерево функцій», виконавши декомпозицію всіх функцій, які реалізуються складною системою.

1. Для заданої системи (згідно варіанту індивідуального завдання) побудувати «дерево функцій», виділивши цільову функцію, базисні функції системи; та додаткові функції системи.

2. Під час побудови «дерева функцій» необхідно враховувати елементи циклу управління, що визначають його сутність, функції прогнозування і планування; організації роботи; координації і регулювання; мотивації; контролю, обліку, аналізу. Дерево функцій необхідно для кадрової політики, так як воно визначає які функції працівники повинні виконувати в першу чергу, які в другу і так далі. Дерево функцій сприяє забезпеченню високого професійного рівня управлінського та виконавчого праці працівників.

Порядок виконання роботи:

1. Побудувати дерево функцій власної системи згідно обраного варіанта та надати графічний матеріал у вигляді звіту, роздрукувавши його на листах формату А4.

2. Побудувати діаграму опису (класифікації) повноважень компанії: повноваження прийняття рішення (вибір стратегії, технології виробництва формування робочих груп і т.д.), повноваження на роботу з інформацією (доступ, отримання з архіву і ін.), Повноваження на контроль (вимоги надання інформації), повноваження вимагати виконання дій (подача запиту або заявки, адміністративне керівництво групою співробітників), повноваження затверджувати документи (затвердження документів, право фінансової підписи), повноваження представляти компанію (вести переговори, укладати угоди і т.д.).

3. Оформити звіт.

Звіт повинен включати:

У звіті до даної роботи повинні міститися:

- назва та мета роботи;
- результати виконання лабораторного завдання;
- відповіді на запитання
- висновки.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення поняттю «Модель дерева функцій». Як Ви розумієте відміну мети від функції?
2. На які групи можуть бути умовно розділені функції, які реалізуються складною системою?
3. За що відповідає цільова функція системи?
4. Перелічіть правила побудови «дерева функцій».

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

Мета роботи: *набути практичного досвіду структурування проблем у ієрархічному вигляді, синтезу локальних та глобальних пріоритетів альтернатив.*

Теоретичні відомості

Метод аналізу ієрархій (МАІ) ґрунтується на ієрархічному представленні елементів складної проблеми та використовує оцінки в шкалі відношень. Основним варіантом представлення проблеми є ієрархія з однаковим числом та функціональним складом альтернатив під критеріями, тобто ієрархія, в якій альтернативні варіанти оцінюються за всіма критеріями передостаннього рівня. Побудова ієрархії починається з окреслення проблеми дослідження. Далі будується власне ієрархія, що включає мету (призначення), якій відповідає корінь ієрархії, проміжні рівні (аспекти мети, метакритерії, критерії) і альтернативи, що формують найнижчий ієрархічний рівень.

Елементи задачі в МАІ порівнюються попарно відносно їх дії (ваги, інтенсивності) на спільну для них характеристику. Матриці попарних порівнянь будуються для всіх елементів-нащадків, що належать до відповідного елемента-предка. Парні порівняння реалізуються в термінах домінування одного елемента над іншим. Отримані твердження висловлюються в цілих числах з урахуванням дев'ятибальної шкали (рис. 7.1). Значення елементів цих матриць визначаються в результаті опитування експертів, причому матриця попарних порівнянь є обернено симетричною. Для експерта значно простіше здійснити ряд попарних порівнянь нащадків між собою, аніж спробувати відразу ж присвоїти їм певні значення «ваг», які відображають вклад того чи іншого елемента-нащадка в елемент-предок. Цим і пояснюється необхідність застосування методу попарних порівнянь, тому що ця інформація надалі використовується для отримання значень «ваг» та оцінювання послідовності тверджень експерта. Змістовно цьому відповідає знаходження бажаності, сили

впливу, цінності чи ймовірності для кожного окремого об'єкта-нащадка відносно безпосереднього об'єкта-предка. Локальні пріоритети отримуються шляхом обчислення множини головних власних векторів для кожної з обернено симетричних матриць ієрархії згідно формули:

$$A \cdot x = \lambda_{\max} \cdot x \quad (7.1)$$

Де $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – головний власний вектор квадратної матриці попарних порівнянь $A = \{a_{ij}\}$; $\lambda_{\max}$ – максимальне власне значення матриці A

Бал, k	Визначення	Примітка
1	Однакова важливість	Однаковий вклад двох елементів у мету
3	Помірна перевага	Незначна перевага одного елемента над іншим
5	Суттєва перевага	Відчутна перевага одного елемента над іншим
7	Значна перевага	Практично значна перевага одного елемента над іншим
9	Дуже велика перевага	Очевидна перевага - домінування одного елемента над іншим
2,4,6,8	Проміжні значення	Застосовуються в перехідних випадках
1/k	Обернені величини	Використовуються для оцінки не переважаючих елементів

Рисунок 7.1 – Шкала відносної важливості коефіцієнтів

У процесі формування матриці попарних порівнянь на матрицю накладається обмеження оберненої симетричності, що сприяє поліпшенню однорідності та послідовності тверджень експерта. Для оцінки однорідності тверджень експерта доцільно використати відхилення величини максимального власного значення від порядку матриці. Кількісними характеристиками непослідовності тверджень експерта є індекс узгодженості та відношення узгодженості. Індекс узгодженості визначається наступним чином:

$$I_y = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (7.2)$$

де I_y – індекс узгодженості, λ_{max} – ; максимальне власне число ($\lambda_{max} \approx n$), n – порядок матриці

Середні значення індексу узгодженості $M(I_y)$ для випадкових матриць різної розмірності наведені на рис. 7.2.

Розмірність матриці, n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Серед.значення індексу узгодженості, $M(I_y)$	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Рисунок 7.2 – Середні значення індексу узгодженості

Відношення узгодженості I_0 визначають наступним чином:

$$I_0 = I_y / M(I_y) \quad (7.3)$$

Основним завданням МАІ є розрахунок глобальних пріоритетів альтернатив, тобто пріоритетів альтернатив відносно всієї ієрархії. Ієрархічний синтез використовується для зважування власних векторів матриць парних порівнянь альтернатив вагами критеріїв (елементів), що наявні в ієрархії, а також для обчислення загальних пріоритетів альтернатив. Після розв'язання задачі ієрархічного синтезу оцінюється однорідність ієрархії загалом за допомогою підсумовування показників однорідності всіх рівнів, приведених шляхом «зважування» до першого ієрархічного рівня, де знаходиться коренева вершина.

Порядок виконання роботи

1. Описати предметну область системного аналізу та поставити проблему, яку необхідно розв'язати (конкретна область та задача вибираються самостійно або за рекомендацією викладача).

2. Охарактеризувати множину альтернатив (не менше п'яти), серед яких треба зробити вибір.

3. Здійснити декомпозицію проблеми у вигляді ієрархії (необхідна умова: не менше 4-х рівнів).

4. Розрахувати локальні характеристики вершин ієрархії (при цьому слід мати на увазі, що ієрархічний синтез слід починати з 2-го рівня), а саме:

4.1. Побудувати наступні матриці попарних порівнянь (МПП) факторів (*2-го рівня*) відносно проблеми (*1-го рівня*), критеріїв (*3-го рівня*) відносно факторів (*2-го рівня*) і аналогічно усіх наступних нащадків відносно свого предка, включаючи альтернативи (*N-го рівня*) відносно критеріїв (*N – 1-го рівня*), використовуючи шкалу відносної важливості МАІ (рис. 7.1).

4.2. Знайти власні вектори $x_1^{(1)}, \dots, x_n^{(1)}$; $x_1^{(2)}, \dots, x_n^{(2)}$; $x_3^{(2)} \dots$ для кожної МПП, включаючи власні вектори матриць попарних порівнянь альтернатив відносно критеріїв $p_1^{(N-1)}, p_2^{(N-1)}, p_3^{(N-1)}, \dots, p_N^{(N-1)}$ використовуючи формулу (2.1).

5. Знайти значення індексу узгодженості для кожної МПП, використовуючи формулу (7.2).

6. Знайти значення відношення узгодженості для кожної МПП, використовуючи формулу (7.3) та таблицю 7.2 (прийнятним твердження експерта вважається тоді, коли значення відношення узгодженості $< 0,1$).

7. Розрахувати глобальні пріоритети альтернатив, тобто векторів пріоритетів альтернатив відносно всієї ієрархії, а саме:

7.1. Розрахувати вектори пріоритетів альтернатив відносно кожного із факторів (наприклад, якщо є 3 фактори $Q_1^{(2)}, Q_2^{(2)}, Q_3^{(2)}$ то відносно кожного із цих факторів будуть відповідно 3 вектори пріоритетів альтернатив $P_1^{(2)}, P_2^{(2)}, P_3^{(2)}$). Кожний із останніх визначається шляхом перемножування

матриці, сформованої із значень відповідних локальних векторів пріоритетів альтернатив $p_j^{(i)}$ відносно відповідних їм критеріїв $Q_j^{(i)}$, які є прямими нащадками єдиного для них предка - відповідного фактора на локальний вектор пріоритетів $x_j^{(i)}$, що визначає значимість відповідних критеріїв, розташованих під розглядуваним фактором.

7.2. Визначити вектор пріоритетів альтернатив $P_1^{(1)}$ відносно фокуса ієрархії $Q_1^{(1)}$. Це виконують, шляхом перемножування матриці, сформованої із значень векторів пріоритетів альтернатив $P_j^{(i)}$, отриманих у п.7.1, відносно факторів $Q_j^{(i)}$, які є прямими нащадками єдиного для них предка - фокуса ієрархії $Q_1^{(1)}$ на локальний вектор пріоритетів $x_j^{(i)}$, що визначає значимість відповідних факторів відносно фокуса ієрархії.

Звіт повинен включати:

- тему, мету роботи;
- короткий виклад основних теоретичних положень;
- побудовану ієрархію;
- побудовані матриці попарних порівнянь (МПП);
- знайдені локальні пріоритети нащадків відносно свого предка $x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, x_3^{(2)}$ та альтернатив $p_1^{(3)}, p_2^{(3)}, p_3^{(3)}, \dots, p_7^{(3)}$ відносно критеріїв;
- знайдені значення індексу узгодженості для кожної МПП;
- знайдені значення відношення узгодженості для кожної МПП та перевірка правильності твердження експерта.
- знайдені вектори пріоритетів альтернатив $P_j^{(i)}$ відносно факторів $Q_j^{(i)}$;
- знайдений вектор пріоритетів альтернатив $P_1^{(1)}$ відносно фокуса ієрархії $Q_1^{(1)}$;
- висновки, в яких необхідно проаналізувати отримані результати.

Контрольні запитання

1. У чому полягає суть методу аналізу ієрархій?
2. Які основні типи ієрархій розглядаються в МАІ?
3. Яка послідовність побудови ієрархії в МАІ?
4. Що таке декомпозиція проблеми?
5. Що таке «локальний пріоритет»?
6. В якій послідовності будуються матриці попарних порівнянь та для чого вони служать ?
7. В якій шкалі реалізуються парні порівняння?
8. Які змістовні градації є в шкалі відносної важливості МАІ?
9. Чим пояснюється побудова матриць попарних порівнянь в МАІ?
10. Якими методами можуть бути обчислені значення локальних пріоритетів?
11. Алгоритм розрахунку локальних характеристик вершин ієрархії?
12. Навіщо здійснюється оцінювання послідовності тверджень експерта?
13. Виходячи з яких міркувань будується індекс узгодженості?
14. Який змістовний сенс має відношення узгодженості?
15. Що є метою ієрархічного синтезу?
16. Які основні кроки алгоритму синтезу глобальних пріоритетів?
17. Яким чином оцінюється однорідність ієрархії?
18. Особливості ієрархічного представлення проблеми в МАІ.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

МЕТОДИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРАВИЛА БЕЙЄСА

Мета роботи: набути практичного досвіду використання правила Бейєса при прийнятті рішень

Теоретичні відомості

При розв'язуванні задач діагностики (медичної, технічної та ін.) можна виділити множину ознак (симптомів), які однозначно визначають стан досліджуваного об'єкта або навпаки, виключають той чи інший стан. Однак подібна детермінованість представляє собою швидше виняток, ніж правило. Будь-яка ознака (симптом) може зустрічатися з деякою частотою при різних станах, тому для прийняття рішення найчастіше використовують ймовірнісні методи.

Нехай необхідно провести диференціальну діагностику між станами досліджуваного об'єкта (надалі гіпотезами) $A_1, A_2, \dots, A_n$. Для кожної із цих гіпотез характерним є розподіл умовних ймовірностей $P(B_i | A_j)$ появи тої чи іншої ознаки (надалі симптому) чи симптомокомплексу (групи симптомів), B_i – можливі симптоми.

Якщо задано:

- 1) розподіли умовних ймовірностей $P(B_i | A_j)$;
- 2) апіорні ймовірності гіпотез $P(A_j)$,

то задача диференціальної діагностики зводиться до статистичної задачі вибору гіпотез, оптимальне діагностичне правило для якої неважко побудувати з допомогою відомого правила Бейєса, яке для апостеріорної ймовірності гіпотези A_j має вигляд:

$$P(A_i | B_j) = \frac{P(B_i | A_j) \cdot P(A_i)}{\sum_{i=1}^n P(B_i | A_j) \cdot P(A_i)}, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$$

де $P(A_i) \quad i = \overline{1, n}$; – апіорна ймовірність гіпотези A_i , $\sum_{i=1}^n P(A_i) = 1$; $P(A_i | B_j)$ – ймовірність гіпотези A_i при умові, що з'явився симптом чи симптомокомплекс B_j ; $P\{B_j | A_i\}$ – ймовірність появи симптому чи симптомокомплексу при умові, що істинною є гіпотеза A_i .

Якщо для якої-небудь гіпотези $A_{j'}$ ймовірність $P(A_{j'} | B_j) \gg P(A_i | B_j)$ для інших $j \neq j'$, то оптимальне правило приписує досліджуваному об'єкту гіпотезу $A_{j'}$. Часто ймовірності $P(A_i)$ називають апіорними, оскільки вони характеризують міру можливості появи події A_i до появи події B_j . Поява події B_j , очевидно, приводить до зміни міри можливості появи події A_i , тому, ймовірності $P(A_i | B_j)$ називають апостеріорними.

Порядок виконання роботи:

1. Описати предметну область системного аналізу та поставити задачу прийняття рішень, яку необхідно розв'язати (конкретна область та задача вибираються самостійно або за рекомендацією викладача).

2. Задати:

- гіпотези $A_1, A_2, \dots, A_n$, серед яких необхідно здійснити вибір однієї;
- апіорні ймовірності гіпотез $P(A_i) \quad i = \overline{1, n}$;
- можливі симптоми $B_1, B_2, \dots, B_m$;
- для кожної із гіпотез задати розподіл умовних ймовірностей

$P\{B_j | A_i\}$ появи симптомокомплексу.

3. Провести обстеження заданого об'єкту, виявити відповідні симптоми.

4. Використовуючи правило Бейєса, здійснити вибір однієї гіпотези серед множини вказаних.

5. Оформити звіт по виконаній роботі.

Звіт повинен включати:

- тему, мету роботи;
- короткий виклад основних теоретичних положень;
- представити гіпотези та їх апріорні ймовірності, можливі симптоми та розподіл умовних ймовірностей появи симптомокомплексу для кожної із гіпотез;
- представити симптом чи симптомокомплекс, виявлений після обстеження;
- обчислені значення апостеріорних ймовірностей згідно правила Бейєса;
- висновки, в яких необхідно проаналізувати отримані результати.

Контрольні запитання

1. Що таке сценарій, політики, цілі, актори?
2. Назвіть етапи проведення передбачень.
3. Опишіть етап написання сценаріїв.
4. Як оцінити сценарії з точки зору їх реальності?
5. Назвіть кроки застосування правила Бейєса.
6. За яким критерієм, використовуючи правило Бейєса, здійснюють вибір однієї гіпотези серед множини вказаних?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ЗА ПРИНЦИПОМ ПАРЕТО

Мета роботи: *набути практичного досвіду визначення паретової множини та вибору на ній єдиної альтернативи*

Теоретичні відомості

Особливе місце серед задач, розв'язком яких займається системний аналіз, посідають задачі прийняття рішень, які можна означити як задачі вибору однієї чи кількох альтернатив (в залежності від розв'язуваної задачі) з наявної множини альтернатив.

Достатньо очевидно, що такі задачі є поширеними при розробці, вдосконаленні, функціонуванні вже створеної і налагодженої будь-якої системи (як, наприклад, в автоматизованих системах).

Задачі прийняття рішень, зазвичай є багатокритеріальними та багатоальтернативними. Необхідно порівняти усі альтернативи між собою та вибрати найбільш оптимальну серед них.

Припустимо, що всі властивості альтернатив мають числову оцінку, тобто є критеріями. Позначимо їх через $C_i(\chi), i = \overline{1, n}$. В цьому випадку будь-якій альтернативі може бути співставлена точка n -вимірного простору E^n , координатами якої є значення відповідних критеріїв. Такий простір називається критеріальним. Будемо для визначеності вважати, що чим більше значення i -го критерію $C_i(\chi)$, тим більш переважаючою є дана альтернатива за властивістю i . Розглянемо дві довільні альтернативи. Можливі дві ситуації:

- 1) одна альтернатива не гірша за іншу за всіма критеріями:

$$C_i(\chi_2) \geq C_i(\chi_1), i = \overline{1, n} \quad (9.1)$$

(причому хоча б одна нерівність виконується як строга);

2) цього стверджувати не можна.

Умова (4.1) – це умова переважання альтернативи χ_2 над альтернативою χ_1 . Таким чином, перехід від χ_1 до χ_2 покращує наш вибір. Чи існують альтернативи, які не можна покращити? Так, і практично завжди – для цього потрібна лише обмеженість значень критеріїв $C_i(\chi), i = \overline{1, n}$. Для демонстрування найважливіших ідей з композиції оцінок скористаємося зручною графічною інтерпретацією критеріального простору при $n=2$.

На рис. 4.1 в осях C_1, C_2 точками чи зірочками зображені альтернативи. Непокращуваною альтернативою на рис. 4.1а очевидним чином є та, яка розміщена вище і правіше від усіх інших. Перевірити її непокращуваність можна так: провести із даної точки промені паралельно додатному напрямку осей і пересвідчитися, що в утвореному куті інших альтернатив немає. Цю властивість непокращуваності легко довести від супротивного.

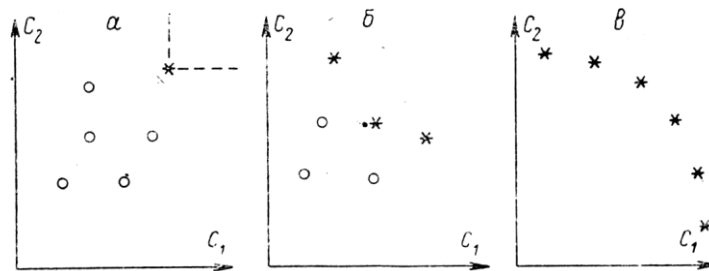


Рисунок 9.1 – Критеріальний простір. Множина Парето.

Отже, в ситуації рис. 9.1 а ми знайшли єдину непокращувану альтернативу, яку природно вибирати як найкращу. Однак вже рис. 9.1б демонструє, що таких альтернатив може бути більше, ніж одна, а рис. 9.1в показує, що можливий випадок, коли всі альтернативи будуть непокращуваними. Однак типовим є саме варіант 9.1б, на якому кількість непокращуваних альтернатив менша (здебільшого - значно) від кількості вихідних альтернатив.

Множина непокращуваних альтернатив називається *множиною Парето*

для даної задачі.

Зрозуміло, що точки, що не належать множині Парето, не претендують на те, щоб вважатися найкращою альтернативою. Виділення множини Парето – це перший крок у порівнянні альтернатив. Можна взагалі обмежитися цим і вважати кращими всі ті альтернативи, які потрапили в цю множину. Однак в абсолютній більшості практичних задач вимагається у результаті вибрати лише одну альтернативу. Як же вибирати на множині Парето?

Методів такого вибору, заснованих на таких же природних припущеннях, як і ті, які привели до виділення множини Парето, на жаль, не існує. Для подальшої формалізації вибору вводяться більш специфічні і часто досить суперечливі методи.

Наведемо найбільш поширені з них.

1. Вибирають альтернативу, у якій сума значень критеріїв максимальна. Розвиток цієї ідеї порівняння значень різних критеріїв веде до максимізації деякої вибраної функції від критеріїв $f(C_1, C_2, \dots, C_n)$. Вигляд $f = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot C_i$ найбільш використовуваний і називається лінійною згорткою критеріїв з мірою α_i . На рис. 4.2 альтернативою з максимальною сумою критеріїв (згортка з $\alpha_i = 1$) буде точка χ_5 .

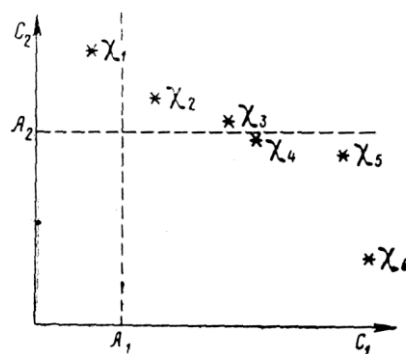


Рисунок 9.2 – Приклади вибору на множині

Додавання критеріїв один до одного та інші операції над ними рідко бувають фізично обґрунтованими. Дуже штучно виглядає, скажімо, сума маси і міцності, вартості і ефективності. Введення функції від критеріїв – в більшості

випадків вимушений прийом, що веде до необхідності експертного визначення ваг окремих критеріїв.

2. Фіксують набір чисел (рівнів) A_i , $i = \overline{2, n}$, і шукають альтернативу, у якій на всі критерії, крім одного, накладені обмеження $C_i(\chi) \geq A_i$, а критерій C_1 максимальний. Звичайно, взяття за основного, головного критерію саме C_1 умовне; він, як і важливі у цій задачі рівні A_i , підлягає спеціальному вибору. На рис. 4.2 при закріпленні рівня A_1 для першого критерію в якості розв'язку отримаємо альтернативу χ_2 , а при рівні A_2 для другого – альтернативу χ_3 . Такий прийом називається методом головного критерію чи методом критеріальних обмежень.

Методи 1, 2 мають важливу властивість – попереднє виділення множини Парето в них необов'язкове. Доводиться, що використання цих прийомів на всій множині альтернатив при досить загальних умовах дає той самий результат, що і на множині Парето. Іншими словами, методи згортки і головного критерію приводять до альтернатив, які належать множині Парето. Хоча призначення цих методів – виділяти єдину альтернативу, висока залежність рішення від мір і рівнів, виду згортки і вибору головного критерію приводить до того, що на практиці вважають за краще розв'язати набір задач з різним вибором усього перерахованого. Одержаний набір розв'язків у випадку їх значної розбіжності далі обробляється аналогічно наведеному нижче методу 4.

3. Точки множини Парето оцінюються за деякою додатковою властивістю, яка не враховувалась раніше. Ця властивість (одна чи більше) може мати фізичний характер чи бути просто математичним прийомом. Так, альтернативи можна порівнювати за вторинними наслідками, за спеціальним чином визначеною стійкістю рішень, за такою геометричною характеристикою, як «серединність». На рис. 9.2 точкою, найменш віддаленою від усіх інших, буде χ_4 .

4. Точки множини Парето поступають на експертну оцінку, за результатами якої на основі балів, системи пріоритетів, рангування, правила

вето і т. д. виділяється єдина альтернатива. Якщо точок множини Парето надто багато, то попередньо проводять їх відбір, в якому також користуються і формальними, і неформальними прийомами. Формальні способи звичайно пов'язані з «рівномірною представлюваністю» точок, а експертні можуть базуватися на виборі цікавих комбінацій значень критеріїв та інших міркуваннях.

Порядок виконання роботи:

1. Описати предметну область системного аналізу та поставити задачу прийняття рішень (конкретна область та задача вибираються самостійно або за рекомендацією викладача).

2. Охарактеризувати множину альтернатив (не менше п'яти), серед яких треба зробити вибір. Вказані дані оформити у вигляді таблиці (зразок див. таблицю 4.1).

3. Для кожної альтернативи задати:

необхідні критерії (не менше трьох) та відповідні їм числові значення.

Вказані дані аналогічно п.2 оформити у вигляді таблиці (зразок див. табл. 9.1).

Таблиця 9.1

№	Альтернативи	Критерії та їх числові значення			
		1	2	3	...
1					
2					
3					
4					
5					
·					
·					
·					

4. Визначити множину Парето для даної задачі згідно блок-схеми

алгоритму.

5. На множині Парето вибрати одну альтернативу одним із вищевказаних методів (непарні варіанти – методом лінійної згортки критеріїв з вагами α_i ; парні варіанти – методом критеріальних обмежень).

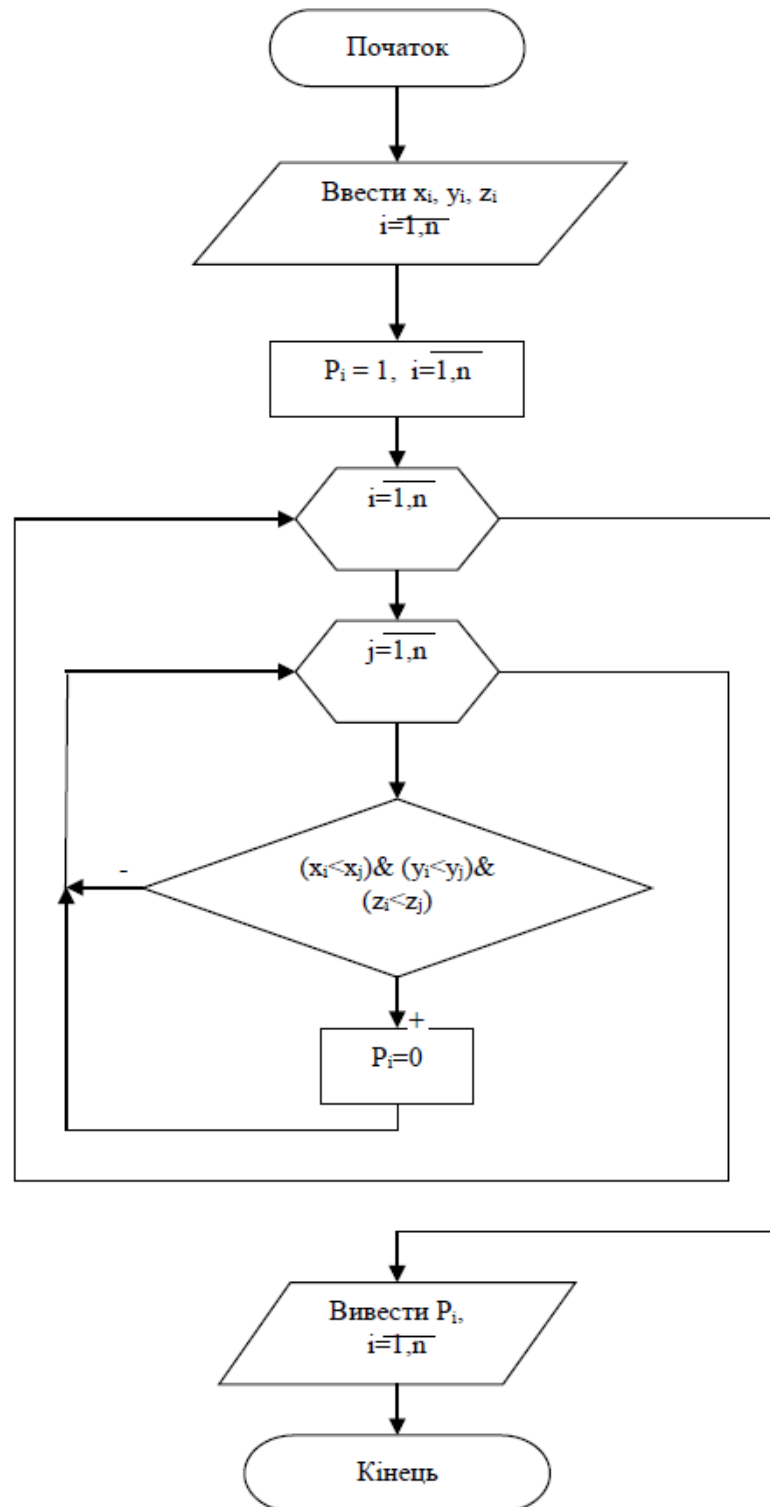


Рисунок 9.3 – Блок-схема алгоритму синтезу множини Парето

Звіт повинен включати:

- тему, мету роботи;
- короткий виклад основних теоретичних положень;
- вказану задачу, яку необхідно розв'язати;
- оформлену таблицю 2.1;
- вибрану множину Парето;
- послідовність вибору альтернативи на множині Парето;
- результати вибору альтернативи на множині Парето;
- висновки, в яких необхідно проаналізувати отримані результати.

Контрольні запитання

1. Що таке множина Парето?
2. У чому суть методу вибору альтернатив за критерієм оптимальності за Парето?
3. Які існують методи вибору альтернатив на множині Парето?
4. Охарактеризуйте вибір альтернативи на множині Парето методом лінійної згортки критеріїв з вагами α_i .
5. У чому полягає вибір альтернативи на множині Парето методом головного критерію (методом критеріальних обмежень)?

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бабак В.П., Марченко Б.Г., Фриз М.Є. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика. – К.: Техніка, 2004. – 288 с. (підручник з грифом МОН).
2. Варенко В.М., Братусь І. В., Дорошенко В. С., Смольников Ю. Б., Юрченко В.О. Системний аналіз інформаційних процесів: Навч. посіб. К.: Університет «Україна», 2015. 203 с.
3. Баранкевич М.М. Експертні методи в ухваленні рішень: Текст лекцій. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008.
4. Губанов и др. Введение в системный анализ. – Л.: Из-во ЛГУ, 1979.
5. Згуровський М.З. Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу: Підручник К.: Видавнича група ВНУ, 2007
6. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації / Катренко А.В., Львів, Новий Світ-2000, 2003. - 424 с.
7. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу: Навчальний посібник Вінниця: Нова книга, 2004
8. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория многоуровневых иерархических систем. — М.: Мир, 1973.
9. Тимченко А.А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки: Навчальний посібник/За ред. Ю.Г.Леги К.: Либідь, 2004.
10. М. Brunelli, "Introduction to the Analytic Hierarchy Process", Springer Briefs in Operations Research, 2015
11. John W. Satzinger, Robert B. Jackson, Stephen D. Burd, "Systems Analysis and Design in a Changing World", Cengage Learning, 2015
12. Thomas L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process", Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, 2008, available at <http://www.rafikulislam.com/uploads/resources/197245512559a37aadea6d.pdf>