МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ТЕОРІЯ СИСТЕМ І СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

Методичні вказівки

до практичних занять і самостійної роботи

для студентів напряму підготовки 6.030601 "Менеджмент"

всіх форм навчання

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри менеджменту
інноваційної діяльності
та державного управління
протокол № 14 від12.05.2014 р.

ЧЕРНІГІВ ЧНТУ 2014

Теорія систем і системний аналіз. Методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи для студентів напряму підготовки 6.030601 “Менеджмент”всіх форм навчання. / Укладач: Бутко М.П., Повна С.В.– Чернігів: ЧНТУ, 2014. – 50 с.

Укладачі: БУТКО МИКОЛА ПЕТРОВИЧ, доктор економічних наук, професор

ПОВНА СВІТЛАНА ВІКТОРІВНА, кандидат економічних наук, доцент

Відповідальний за випуск: БУТКО МИКОЛА ПЕТРОВИЧ, завідувач кафедри менеджменту інноваційної діяльності та державного управління, доктор економічних наук, професор

Рецензент: ОЛІЙЧЕНКО ІГОР МИХАЙЛОВИЧ, доктор наук з державного управління, професор кафедри менеджменту інноваційної діяльності та державного управління Чернігівського національного технологічного университету

Зміст

Вступ.....4

Практичне заняття №1.Історія розвитку системних уявлень.....5

Практичне заняття№2.Структурна матриця зв'язків.....9

Практичне заняття №3.Моделі системи.....12

Практичне заняття №4. Класифікація систем.....20

Практичне заняття №5. Методологія системного аналізу.....24

Практичне заняття №6. Напрями дослідження систем.....36

Практичне заняття №7. Метод аналізу ієрархій.....41

Рекомендована література……50

ВСТУП

Згідно з навчальним планом студенти напряму підготовки 6.030601 “Менеджмент”вивчають дисципліну “Теорія систем і системний аналіз”, яка призначена для загальної теоретичної підготовки та розвитку у студентів системного мислення.

Предметом дисципліни є система, їїособливості, властивості, характеристики, закони. Система вивчається як абстракція, предметно-неорієнтована. Увагатеорії систем фокусується не на дослідженніконкретних задач і частковихвипадків, а на питаннях, пов’язаних з поняттямиструктури, процесу, поведінки, взаємодії, призначення і т.д.

Теорія систем – цезагальна наука, така як філософія та математика. Їївивченнянеобхідне для формування у майбутніхспеціалістів широкого світогляду з метою розвиткувмінняефективновирішуватижиттєвіпроблеми.

Системне мислення означає здатність побачити проблему не відокремлено, а в контексті усіх взаємозв’язків.Мислення системне завжди. Однак системність має різні рівні. Сигналом про недостатність системності існуючої діяльності є поява проблеми; вирішення цієї проблеми відбувається шляхом переходу на новий, більш високий рівень системності в нашій діяльності.

Ознаки високого рівня системності мислення:

- знання категорій та понять;
- вміння аналізувати та синтезувати явища з точки зору законів ТС;
- вміння знайти проблему, поставити задачу;
- вміння прийняти правильне рішення.

Підходи до вивченняреальності, яківикористовуються в теорії систем:

1. “Цілісний” підхід до систем (всіявищарозглядаються як “цілісності”);
2. Підвищеннязагальностіспецифічнихзаконів шляхом знаходженняподібних структур в системах, незалежновід того, до якихдисциплінабоспеціальних наук відносятьсяцізакони, тобтодисциплінасприяєдосягненнюєдностізнань.

Теорія систем тіснопов’язана з кібернетикою, наукою про управління та зв’язок в складних системах. Система маєвластивістькерованості, тобто система підпорядковуєтьсяуправлінським законам. Зіншого боку, управління не може бути без системи.

Практичне заняття №1
Історія розвитку системних уявлень

1.1 Мета заняття

Набуття знань щодо особливостей місця дисципліни серед інших та процесу її розвитку.

1.2 Короткі теоретичні відомості

Незважаючи на те, що поняття „системний аналіз” виникло порівняно недавно, системні уявлення, системність були властиві процесу наукового пізнання, починаючи з різноманітних класифікацій людських знань і закінчуючи спробами наукового підходу до проблем керування державою. Сенс терміну гібернет як особи, що керує ресурсами та людьми, які населяють певну територію, був зрозумілий ще задовго до робіт Норберта Вінера, а виникнення власне загальної теорії систем пов’язане з дослідженнями австрійського фізіолога Людвіга фон Берталанфі. Подальший розвиток привів до утворення декількох напрямків теоретичних та прикладних системних досліджень, основними серед яких є системна філософія, формальна теорія систем, системотехніка, системний аналіз.

З точки зору сучасних уявлень системність завжди, усвідомлено чи ні, була одним з методів науки – кожен вчений минулого неусвідомлено оперував із системами та моделями. Найраніше була усвідомлена системність процесу пізнання, а тому дискусії з системних проблем найперше виникли у філософії, логіці, основах математики.

Деякі ідеї, що лежать в основі теорії систем, зустрічались в працях німецького філософа *Гегеля* (1770-1831):

1. Ціле є дещо більше, ніж сума частин;
2. Ціле визначає природу частин;
3. Частини не можуть бути пізнані при розгляданні їх поза цілого;
4. Частини знаходяться в постійному взаємозв’язку та взаємозалежності.

Питання про науковий підхід до керування складними системами чи не вперше в конкретному вигляді було поставлене *М.-А. Ампером* в його роботі „Дослідження філософії наук, або аналітичний виклад класифікації всіх людських знань” (част. I – 1834 р., II – 1843 р.), в якій була виділена наука про керування державою, названа кібернетикою.

В той же час, коли *Ампер* лише прийшов до висновку про необхідність такої науки, польський вчений *Броніслав Трентовський*, професор Фрайбургського університету, видав в 1843 р. в Познані польською мовою книгу „Ставлення філософії до кібернетики як до мистецтва керування народом”. Сенс грецького слова „гіберно” був добре зрозумілий ще в 19 – на початку 20 сторіччя – адміністративна одиниця, населена людьми (в ширшому сенсі – об’єкт керування, до складу якого входять люди), а „гібернет” – особа, що керує ресурсами та людьми, які населяють територію. І дотепер у багатьох

мовах залишились аналоги цього терміна (англ. Government – уряд, губернія, губернатор – російською). Метою *Броніслава Трентовського* була побудова наукових основ практичної діяльності керівника („гібернета"), який повинен вміти, виходячи з загального блага, примиряти деякі суперечності, інші – загострювати, скеровуючи розвиток до потрібної мети. За *Трентовським* дійсно ефективне керування повинно враховувати всі внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на об'єкт керування, а головна складність його реалізації пов'язана зі складністю поведінки людей. *Броніслав Трентовський* далеко просунувся в розумінні та усвідомленні системності людських колективів, груп, розумінні складності керування людьми.

Наступний етап у вивченні системності як самодостатнього предмета пов'язаний з прізвищем *А.А. Богданова* (справжнє прізвище – *Малиновський*), який протягом 1911-1925 років видав 3 томи книги „Всеобщая организационная наука (тектология)».

За *Богдановим* загальність тектології пов'язана з тим, що всі існуючі об'єкти та процеси мають певний рівень організованості, і тому на відміну від конкретних природничих наук тектологія повинна вивчати загальні закономірності організації для всіх рівнів організованості. Кількість архітектурних форм матерії незмірно бідніша, аніж різноманітність оточуючого нас середовища, що дає змогу створити теорію структурних схем організації матеріального світу. В суспільстві (і в біологічних системах) існують два начала – лабільне (пластичне) – це функціональний бік організму, його прагнення швидко адаптуватись, і консервативний – це архітектурна схема організації.

А.А. Богданов розглядає всі явища як неперервні процеси організації та дезорганізації, і рівень організації тим вищий, чим сильніше властивості цілого відрізняються від простої суми його частин (пізніше цю властивість стали називати емерджентністю). Найважливішим в тектології є те, що основна увага звертається на закономірності розвитку організації, розгляд співвідношень між стійким та змінним, значення зворотних зв'язків, врахування власних цілей організації, значення відкритих систем. *Богданов* довів розгляд динамічних аспектів тектології до проблем криз (тепер це є предметом теорії катастроф) як таких моментів в історії кожної системи, коли необхідна корінна, „вибухова" перебудова її структури. Чим складніша система, тим більше шансів у виникненні в процесі її розвитку кризової ситуації, що потребуватиме перебудови організації цієї системи. Тому необхідно навчитися аналізувати динамічний процес в системі та передбачати її розвиток.

За професією *Богданов* був медиком (закінчив у 1899 р. медичний факультет Харківського університету), захоплювався філософією, створивши власну філософію – емпіріомонізм, брав активну участь у політичній діяльності, написав „Краткий курс политическойэкономии", створив перший у світі Інститут переливання крові. Один з дослідів, які він проводив на собі, за твердженнями тогочасних біографів, закінчився трагічно, і *Богданов* загинув.

Відчутний вплив на усвідомлення деяких аспектів системності мають роботи *Норберта Вінера*, особливо „Кібернетика", що вийшла з друку в 1948 р. Спочатку *Вінер* визначав кібернетику як науку про управління та зв'язок в тваринах та машинах", а пізніше почав аналізувати процеси в людському суспільстві з точки зору кібернетики. З кібернетикою пов'язаний розвиток таких системних уявлень, як типізація моделей систем, виявлення особливого значення звортних зв'язків в системі, підкреслення принципу оптимальності в управлінні та синтезі систем, усвідомлення значення інформації та можливостей її кількісного описання, розвиток методології моделювання, особливо проведення обчислювальних експериментів із застосуванням комп'ютера (що привело до розвитку важливого напрямку моделювання – імітаційного).

Однак звичайне порівняння ідей *Н.Вінера* з ідеями *Б.Трентовського* та *А.Богданова* дозволяє зробити висновок про те, що кібернетика не змогла дійти до розгляду дійсно складних систем, їй властивий певний техницизм, механіцизм. Інформаційні процеси в кібернетиці розглядаються лише з кількісного боку, принцип оптимальності реалізується лише в повністю формалізованих системах, при моделюванні інтелекту враховується лише логічна компонента мислення. Отже, кібернетика мала в певних аспектах відчутний вплив на формування системних уявлень, але в межах кібернетичних уявлень виявилися нездоланні труднощі та недоліки кібернетичної теорії з точки зору системності.

Виникнення загальної теорії систем (ЗТС) пов'язують з іменем австрійського фізіолога *Людвіга фон Берталанфі*, який в 20-30-і роки XX ст. займався питаннями системного підходу при вивченні живих організмів, розвиваючи загальну точку зору на необхідність цілісного підходу в біології та фізіології. У 1956 р. він організував наукове товариство з досліджень в області ЗТС, що видавало щорічні збірники наукових праць, в яких системний підхід розглядався як універсальна концепція, що об'єднує інтереси різноманітних наук. У 1962-1968 роках *Л.фонБерталанфі* включав в ЗТС багато наук – кібернетику, теорію інформації, теорію рішень, топологію, факторний аналіз, теорію множин, теорію мереж, теорію автоматів, теорію масового обслуговування, теорію графів.

Найважливішим досягненням *Берталанфі* є введення поняття відкритої системи. На відміну від підходу Вінера, який вивчав зв'язки всередині системи, а функціонування систем розглядав лише як відгуки на зовнішні дії, Берталанфі підкреслював особливе значення обміну системи речовиною, енергією та інформацією із зовнішнім середовищем. У відкритій системі встановлюється динамічна рівновага, котра може бути скерована в бік ускладнення організації, а функціонування є не просто відгуком на зміну зовнішніх умов, але й збереженням попередньої чи встановленням нової рухливої рівноваги системи. Найбільшою цінністю ЗТС є розроблення цілей та задач системних доліджень, розвиток методології аналізу систем, встановлення загальносистемних закономірностей.

Звернітьувагунаспеціальностікласиківсистемності:
Ампер – фізик;
Трентовський – філософ;
Богданов – медик;
Вінер – математик;
Берталанфі – біолог;
Пригожин – фізик.
Чиможнапроілюструвативсезагальністьсистемностіприроди?

1.3 Порядок виконання завдання

1.3.1 Ознайомитись з теоретичними відомостями.

1.3.2 Навести приклад системи. Пояснити, чому це система. З'ясувати, чи вірні ідеї Гегеля стосовно даного прикладу системи.

1.3.3 Відповісти на контрольні запитання.

1.4 Оформлення і захист індивідуального завдання

У звіті про виконання відображається найменування практичного заняття, мета, наводиться приклад системи та пояснення згідно п.1.3.2.

При захисті індивідуального завдання слухач повинен надати письмовий звіт про виконання роботи, обґрунтовано захистити своє рішення і відповісти на контрольні запитання.

1.5 Контрольні запитання

1) З ім'ям яких вчених пов'язаний розвиток теорії систем і системний аналіз?
2) Які ідеї Гегеля можна вважати оснвними положеннями теорії систем?
3) У чому полягає сенс слова «гіберно»?
4) Що означає «дійсно ефективне керування» за Трентовським?
5) У чому полягає загальність тектології?
6) Розвиток яких саме системних уявлень пов'язаний з кібернетикою?
7) Які основні тенденції є в ЗТС за Людвігом фон Берталанфі?

Практичне заняття №2
Структурна матриця зв'язків

2.1 Мета заняття

Ознайомитись з теоретичними основами сутності структур та набути практичні навички побудовиструктурної матриці.

2.2 Короткі теоретичні відомості

Структура – це множина частин або форм (елементів), які знаходяться у взаємодії та специфічному порядку, необхідному для реалізації функцій. Отже, функція є первинною щодо структури.

Структура системи – це стійка упорядкованість у просторі і в часі її елементів і зв'язків. Властивістю структури є можливість існування протягом певного часу за допомогою зв'язуючого пристосування для збереження елементів (частин) та їх відношень приблизно в одному й тому ж порядку, реагуючи при цьому на дії середовища.

Організаційні структури змінюються:

- відповідно до цілей того, хто їх створює;
- внаслідок сприймання нових потреб, усвідомлення нових функцій та побудови нових потоків, що відповідають цим функціям;
- внаслідок еволюції шляхом реагування на збурення зовнішнього середовища;
- модифікуючи старі та утворюючи нові структури, які роблять їх менш вразливими до можливих пошкоджень.

Часто оновлення структри є тимчасово „тактичною" реакцією на дії зовнішнього середовища для того, щоб виграти час, необхідний для формування стратегічної реакції. Наприклад, фірми ***децентралізують*** з більшою ймовірністю свою структуру у випадку швидкозмінних зовнішніх умов як реакцію на них (сильна конкуренція, зміна економічних умов, поява на ринку нової продукції). За відносно статичних умов оточення більш ймовірно, що утвориться більш ***жорстка централізована*** ієрархічна структура. Оновлення структури здійснюється завжди для спрощення руху нових потоків, які виконують функції, що орієнтуються на нові цілі та макроцілі. Тому організація є самоорганізованою системою.

Будь-яка ***ієрархія*** звужує можливості та гнучкість системи. Елементи нижнього рівня обмежуються домінуванням верхнього рівня, вони здатні впливати на це домінування лише частково та зазвичай, з певною затримкою. Однак введення ієрархії різко спрощує створення та функціонування системи. Недарма ієрархія спостерігається практично у всіх природних системах. Негативні наслідки ієрархії багато в чому долаються шляхом зменшення жорсткості підпорядкування, можливістю самостійно реагувати на деякі дії без жорсткої регламентації згори.

Отже, ***структура*** є стійкими взаємними зв'язками між елементами системи, які забезпечують її цілісність. Структура є найконсервативнішою характеристикою системи: хоча стан системи змінюється, структура її зберігається незмінною іноді дуже тривалий час. Якщо розглядати поняття „структура" у взаємному зв'язку з поняттям „мета", то під структурою слід розуміти спосіб досягнення мети.

Дослідження зв'язків між елементами зручно проводити за допомогою структурної матриці.

Елементи структурної матриці $a = (\alpha_{ij})$ визначаються таким чином:

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо є зв'язок, що йде від елемента } E_i \text{ до елементу } E_j \\ 0, \text{ якщо такого зв'язку немає} \end{cases}$$

Для будь-якої економіко-кібернетичної системи можна скласти п'ять типів структурних матриць:

a^A – структурна матриця потоків робочої сили;

a^M - структурна матриця матеріальних потоків;

a^E - структурна матриця енергетичних зв'язків;

a^I - структурна матриця інформаційних зв'язків;

a^F - структурна матриця фінансових зв'язків.

Елемент E_i пов'язаний з елементом E_j, якщо принаймні одна з п'яти вищезгаданих матриць не дорівнює 0.

Структурна матриця є квадратною, її розмірність визначається кількістю елементів в системі.

Кількість зв'язків (N) в системі, де кожний елемент пов'язаний двостороннім зв'язком, визначається за формулою:

$$N = \kappa \cdot (\kappa - 1), \qquad (2.1)$$

де k – кількість елементів в системі.

Прикладпобудови структурної матриці.

Приклад 2.1

Намалювати структурну матрицю зв'язків поданого прикладу:

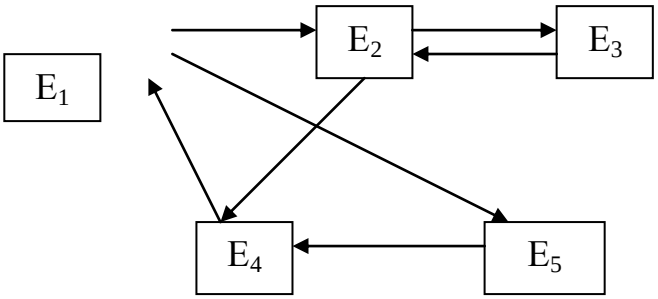

Рисунок 2.1 – Зв’язки елементів системи

Структурна матриця буде мати такий вигляд:

$$\begin{bmatrix} 0\,1\,0\,0\,1 \\ 0\,0\,1\,1\,0 \\ 0\,1\,0\,0\,0 \\ 1\,0\,0\,0\,0 \\ 0\,0\,0\,1\,0 \end{bmatrix}$$

2.3 Порядок виконання завдання

2.3.1 Ознайомитись з теоретичними відомостями.

2.3.2 Виходячи з умов прикладу, теоретичних відомостей та індивідуального варіанту, намалювати структурну матрицю.

2.3.3 Відповісти на контрольні запитання.

2.4 Оформлення і захист індивідуального завдання

У звіті про виконання відображається найменування практичного заняття, мета, наводиться індивідуальний варіант та його рішення згідно п.2.3.2.

При захисті індивідуального завдання слухач повинен надати письмовий звіт про виконання роботи, обґрунтовано захистити своє рішення і відповісти на контрольні запитання.

2.5 Контрольні запитання

1) Що таке структура системи?
2) В яких випадках змінюється структура?
3) Використання централізованих та децентралізованих структур.
4) Пояснити, що таке структурна матриця.
5) Які існують типи структурних матриць?
6) Підрахувати можливу кількість зв’язків в системі з 4 та 5 елементів.

Практичне заняття №3
Моделі системи

3.1 Мета заняття

Набуття знань щодо сутності моделей та моделювання. Набуття навичок побудови моделі «чорної скрині» та моделі складу систем.

3.2 Короткі теоретичні відомості

3.2.1 Наукове пізнання та моделювання. Модель

Моделювання як метод наукового пізнання виникло у зв'язку з необхідністю розв'язування завдань, які з тих чи інших причин не можуть бути розв'язані безпосередньо. Вони виникають у випадках, коли об'єкт недосяжний за своєю природою, коли він ще не існує і потрібно обрати кращий варіант його створення, коли дослідження реального об'єкта вимагає багато часу, економічно невигідне та ін.

Як засіб пізнання моделювання використовується людством здавна. При вивченні невідомого людина завжди прагне передусім співставити невідоме з уже відомим, в процесі чого відбувається перенесення знань з одних об'єктів на інші, які в певному сенсі подібні між собою, в логіці називається виведенням за аналогією.*Аналогія* – це твердження про схожість речей, явищ, процесів в різних об'єктах, по суті рух думки від відомого до невідомого.

Метод моделювання відрізняється від інших методів пізнання тим, що об'єкт вивчається з його допомогою не безпосередньо, а шляхом дослідження іншого об'єкта, аналогічного в певному сенсі першому. При моделюванні між суб'єктом-дослідником та об'єктом пізнання знаходиться проміжна ланка – модель.

Модель – це заміщувач об'єкта дослідження, що знаходиться з ним в такій відповідності, яка дозволяє отримати нове знання про цей об'єкт.

Оскільки модель ґрунтується на аналогії, то вона губить сенс засобу пізнання як у випадку тотожності моделі та об'єкта дослідження, так і у випадку дуже великих відмінностей між ними. Отже, моделювання пов'язане зі спрощенням, огрубленням прототипу, абстрагуванням від ряду його властивостей, ознак, сторін. Надмірно спрощена модель, проте, може привести до невідповідності з досліджуваним об'єктом, що унеможливить дослідження його з допомогою такої моделі. З іншого боку, врахування в моделі якомога більшої кількості властивостей досліджуваного об'єкта приводить до ускладнення процесу дослідження.Модель відповідає (адекватна) об'єкту дослідження, якщо результати моделювання служать основою для прогнозування процесів в реальному об'єкті, що досліджується.

Моделювання з точки зору пізнання – це метод опосередкованого пізнання за допомогою штучних або природних систем, які зберігають деякі особливості об'єкта дослідження і таким чином заміщають його, що дає можливість отримати нове знання про об'єкт-оригінал. У системному аналізі

моделі є дуже важливим компонентом дослідження та проектування нової системи, і зазвичай використовується множина моделей для забезпечення якісного дослідження системи.

Найважливішим, організуючим елементом діяльності людини є мета як образ бажаного майбутнього, модель стану, на реалізацію якого і скерована ця діяльність. Крім того, системність діяльності виявляється також у тому, що вона здійснюється відповідно до певного плану – за певним алгоритмом, як образом майбутньої діяльності, її моделі. Отже, моделювання є обов'язковою дією в довільній цілеспрямованій діяльності, проникає в неї і організовує її.

Модель є не просто образом – замінником оригіналу, і не якимось відображенням взагалі, а цільовим відображенням, що виявляється в множинності моделей одного й того ж об'єкта – для різних цілей будуються різні моделі, і модель відображає не об'єкт-оригінал сам собою, а те, що нас цікавить в ньому.

Пізнавальний аспект моделювання є надзвичайно важливим, але не менш важливим є й прагматичний аспект. Окрім джерела нових знань модель є прагматичним засобом, засобом керування, засобом організації практичних дій, способом представлення зразково правильних дій та їх результату, тобто робочим представленням цілей. Метою використання прагматичних моделей є наближення реальності до моделі при виявленні розходжень між ними, тобто прагматичні моделі є зразком, стандартом, до якого прагнуть у своїй діяльності.

Основна відмінність між пізнавальними та прагматичними моделями полягає в тому, що пізнавальне моделювання відображає те, що існує, а прагматичне – неіснуюче, але таке, що бажано (і можливо може бути) досягнути.

Для того, щоб модель відповідала своєму призначенню, недостатньо її створити чи застосувати готову – необхідно, щоб існували умови, що забезпечують її функціонування. Так, паперові гроші можуть бути моделлю вартості лише за умови наявності в середовищі їх використання певних правових норм та фінансових установ, що підтримують функціонування грошей.

3.2.2 Функції моделей систем

Основна функція моделі – це засіб пізнання. Відповідно до неї розрізняються наступні похідні функції моделей:

1) засіб осмислення дійсності;
2) засіб спілкування;
3) засіб навчання та тренування;
4) інструмент прогнозування;
5) засіб постановки та проведення експериментів.

Модель *як засіб осмислення дійсності* дозволяє, допомагає впорядкувати та при можливості формалізувати первинні нечіткі або суперечливі уявлення про те чи інше явище, об'єкт, систему. У процесі побудови моделі в значній мірі виявляються взаємозалежності, послідовність дій, необхідні ресурси для

реалізації моделі. Так, велику користь у процесі створення інформаційної моделі підприємства дає побудова фактографічної моделі, що дозволяє виявити непотрібні дублювання, обґрунтувати зміни в оргструктурі, оптимізувати документообіг.

Як засіб спілкування модель дозволяє більш точно описати складні поняття, порівняно з нечітким словесним описом, описує систему більш стисло, дозволяє зрозуміти причинно-наслідкові зв'язки та загальну структуру системи, що моделюється.

Використання моделей *для навчання та тренування* дозволяє підвищити ефективність та скоротити строки навчання. Імітація різноманітних практичних ситуацій на моделі, особливо ситуацій критичних, інформація про дії в яких здобута досвідом попередників, сприяє підвищенню якості навчання. На практиці широко використовуються різноманітні тренажери для навчання водіїв, космонавтів, працівників енергосистем. Дуже важливе застосування моделей – це ділові ігри для навчання адміністративного персоналу підприємств, установ, банків.

Одним з найчисленніших є використання моделі для *прогнозування, передбачення*на грунті інформації про минулу поведінку системи її поведінки в майбутньому.

Як *засіб проведення експерименту* модель використовується в тих випадках, коли проведення експериментів на реальній системі недоцільне або неможливе. Так, вибір оптимальної структури системи прийняття рішень шляхом експериментування на реальному підприємстві приводить до надзвичайно великих втрат. Випробування літака в критичних режимах загрожує життю пілота, а тому припустимі межі необхідно оцінити за результатами експериментів на макеті.

При використанні моделі в управлінні вона виконує цілий ряд функцій – від прогнозування, засобу постановки експериментів до засобу навчання і тренування. Так, імітаційна модель прийняття планових рішень повинна забезпечувати як прогноз декількох варіантів плану, так і можливості експериментування – генерації збурень, зміну директивних строків, пропускноїспроможності виробництва та ін. У той час бажаним є ігровий режим роботи моделі для навчання персоналу.

3.2.3 Класифікація моделей систем

За ступенем визначеності моделі класифікуються як детерміновані, стохастичні, та з невизначеністю.

Характерним для *детермінованих моделей* є те, що при певних конкретних значеннях вхідних змінних на виході моделі можна отримати лише один результат. Детермінована модель може відображати як детерміновану, так і стохастичну систему, в останньому випадку зі спрощенням та абстрагуванням від випадкових факторів. Так, прогнозна модель зростання врожайності пшениці за роками планового періоду відображає тренд (тенденцію), є

детермінованою і не відображає вплив багатьох випадкових факторів, як погодні умови, що діють в реальній системі.

В *стохастичних моделях* змінні, параметри, умови функціонування та характеристики стану системи представляються випадковими величинами та зв'язані стохастичними (випадковими) залежностями. Тому характеристики стану та реакції в моделі визначаються законами розподілу ймовірностей їх виникнення. У процесі побудови стохастичних моделей для отримання характеристик моделі та опрацювання результатів моделювання широко використовуються методи регресійного, кореляційного та факторного аналізу.

В моделях з невизначеністю розподіл ймовірностей певних параметрів може або взагалі не існувати, або ж бути невідомим.

За фактором часу розрізняються статичні та динамічні моделі.

У *статичній моделі* всі залежності співвіднесені до одного моменту часу. Прикладом статичної моделі може бути модель структури системи, як незмінної в часі характеристики. В статичних моделях в явному вигляді відсутні залежності від часу. Статична модель може описувати й динамічну систему в певний момент часу.

В *динамічних моделях* значення змінних явно залежать від часу.

За засобами описання та оцінювання розрізняють дескриптивні та нормативні моделі.

*Дескриптивні моделі*не включають наочно сформульованого критерію (чи критеріїв) оцінки якості функціонування об'єкта, що моделюється, а тому з допомогою таких моделей можна лише описувати, аналізувати поведінку системи.

Нормативні моделі включають такі критерії, а тому й вказують норму функціонування системи, що моделюється. Нормативна модель, як правило, використовує й дескриптивну як свою складову частину.

Якщо модель використовується для опису та кращого розуміння системи, то вона має дескриптивний характер. Якщо ж за допомогою моделі на основі прогнозування скеровується процес ухвалення рішень (напрацювання рекомендацій в конкретних умовах, знаходження оптимальних розв'язків), то модель належить до класу нормативних моделей. Нормативну модель звичайно можна використовувати в якості дескриптивної, обернене твердження недійсне. Більшу цінність з точки зору практичних застосувань мають нормативні моделі, що спрямовані не лише на пояснення, але в основному служать допоміжними засобами при розробці нових більш якісних систем.

3.2.4 Модель «чорної скрині»

Важливу роль для людини відіграють наочні, образні моделі. Серед них найпоширеніші графічні моделі, які зображають систему, її складові частини, зовнішнє середовище та зв'язки між ними у вигляді рисунка.

Найпростішою моделлю системи є модель так званої «чорної скрині», в якій акцент робиться на призначенні та поведінці системи, а про її внутрішній

устрій, будову є тільки опосереднена інформація, що відображається у зв'язках системи з середовищем. Зображення моделі чорноїскрині подане на рис. 3.1.

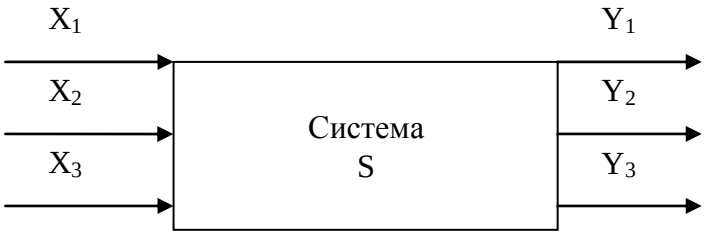

Рисунок 3.1 – Модель «чорної скрині»

У визначенні поняття «система» відсутня конкретна інформація про її внутрішню будову. Тому систему можна зобразити у вигляді чорної непрозорої скрині, що виділена з середовища. Вже ця, максимально спрощена модель, відображає дві важливі властивості системи, а саме – цілісність та відокремленість від середовища. З іншого боку, хоча «чорна скриня» й відокремлена, виділена з середовища, тим не менше вона не є ізольованою від нього.

Дійсно, насправді досягнена мета – це не що інше, як заплановані раніше зміни в зовнішньому середовищі, деякі продукти функціонування системи, що призначені для споживання за її межами. Таким чином, система пов'язана з середовищем та за допомогою цих зв'язків виявляє певні дії на зовнішнє середовище. В моделі «чорної скрині» цьому відповідають дуги, що скеровані від системи до зовнішнього середовища – виходи системи (рис. 3.1).

Через виходи система, діючи на зовнішнє середовище, реалізує своє призначення, мету. Окрім того, у визначенні системи є й вказівка на наявність зв'язків іншого типу – система є засобом, а тому повинні існувати й можливості її використання, дії на неї, тобто зв'язки, що скеровані від середовища до системи – входи системи.

Назва «чорна скриня» образно підкреслює повну відсутність інформації про внутрішню будову «скрині»: в цій моделі задані, фіксуються та перераховуються лише вхідні та вихідні зв'язки з середовищем. В багатьох випадках, незважаючи на зовнішню простоту та відсутність даних про внутрішню будову системи, така модель виявляється корисною.

При детальнішому підході може виявитися необхідність кількісного описання деяких (чи всіх) характеристик входів та виходів. Формалізуючи модель «чорної скрині», ми отримуємо в результаті дві множини вхідних та вихідних змінних, між якими не зафіксовано ніяких відношень (в іншому випадку це вже буде «напівпрозора» – «сіра», чи «прозора» скриня).

Підхід, що втілюється у моделі чорноїскрині, відкриває, зокрема, можливості для об'єктивного вивчення систем, будова яких або невідома, або ж надто складна для того, щоб можна було за властивостями складних частин та структурних зв'язків між ними зробити висновки про їхню поведінку.

Приклад моделі чорноїскрині наведений на рис.3.2

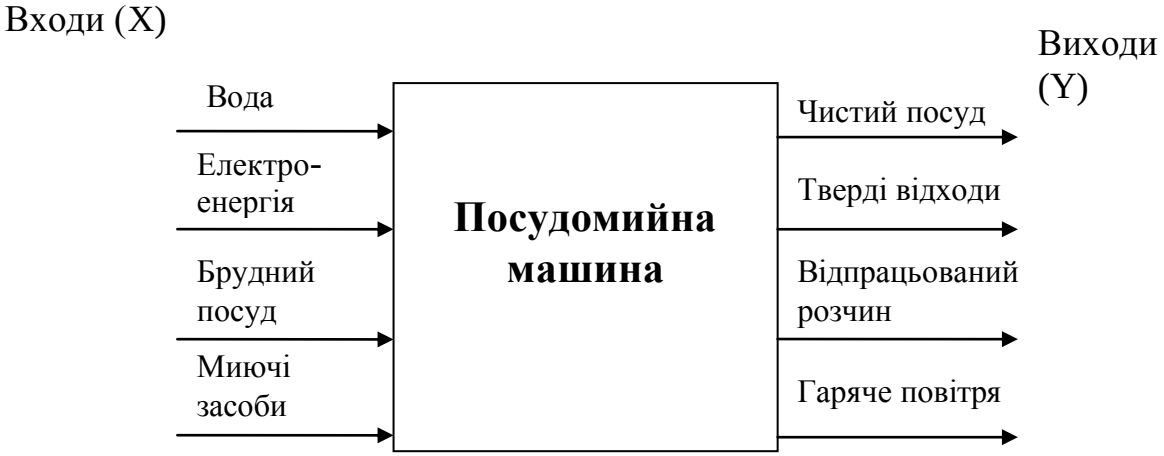

Рисунок 3.2 –Модель чорноїскрині на прикладі системи „Посудомийна машина”

3.2.4 Модель складу системи

При досліджені будь- якої системи перш за все виявляється, що цілісність та відокремленість, відображені у моделі чорноїскрині, є зовнішніми властивостями. Внутрішність системи не однорідна, що дозволяє розрізняти складові частини системи. Ті частини системи, які вважаються найменшими та неподільними, називаються її *елементами*. Елементи системи вибираються дослідником залежно від мети, яку він ставить при моделюванні та аналізі системи, що входять до опису об’єкта дослідження. Частини системи, які складаються з кількох елементів (більш ніж одного) і мають певну цілісність, називаються *підсистемами*. При необхідності вводять також терміни, які вказують на ієрархію частин (наприклад, підпідсистема, підсистема деякого рівня, надсистема тощо). Графічна *модель складу системи* відображає всі елементи та ієрархію підсистем. Приклади моделей складу систем наведені в табл.3.1та рис.3.3.

Приклад 3.1

Таблиця 3.1 – Спрощений приклад моделі складу

Система	Підсистема	Елементи
Супутникове телебачення	Комплекс передач	Передаючі телецентри та антени
	Канал зв’язку	Середовище поширення радіохвиль, супутники – ретранслятори
	Комплекс прийому	Приймаючі телецентри та антени, телевізори

Приклад 3.2

Рисунок 3.3 – Модель складу системи на прикладі системи „посудомийна машина”

Важливою характеристикою цілісності системи є структура – сукупність елементів та зв’язків, які визначають внутрішню будову та організацію об’єкта та цілісної системи. При моделюванні системи дослідник звичайно використовує тільки ті зв’язки й відношення елементів системи, які дають змогу досягти поставленої мети, відкидаючи зайві зв’язки.

На графічній моделі структури системи зв’язки та відношення між елементами та підсистемами системи зображаються у вигляді направлених або ненаправлених ліній, що з’єднуються.

3.3 Порядок виконання завдання

3.3.1 Ознайомитись з теоретичними відомостями.

3.3.2 Виходячи з умов прикладу, теоретичних відомостей та обраного індивідуального варіанту, графічно зобразити модель чорної скрині та модель складу системи.

3.3.3 Відповісти на контрольні запитання.

3.4 Оформлення і захист індивідуального завдання

У звіті про виконання відображається найменування практичного заняття, мета, будуються дві моделі згідно п.3.3.2.

При захисті індивідуального завдання слухач повинен надати письмовий звіт про виконання роботи, обґрунтуватиадекватність моделей і відповісти на контрольні запитання.

3.5 Контрольні запитання

1) Що таке модель системи?
2) Як визначається адекватність моделі?
3) Які є функції моделей систем?
4) Види моделей.
5) Особливості побудови моделі чорної скрині.
6) Сутність моделі складу системи, її відміна від моделі структури.

Практичне заняття №4
Класифікація систем

4.1 Мета заняття

Набуття знань щодо класифікації систем. Набуття навичок побудови різних типів класифікації систем.

3.2 Короткі теоретичні відомості

Людина у своєму житті має справу з великим різноманіттям предметів. Станочник за зміну може обробляти до 30-40 різних типів деталей. Для цього необхідно мати велику кількість інструментів. Щоб в потрібний час отримати той або інший інструмент, необхідно мати систематизовану інформацію, де він знаходиться. Аналогічна проблема є в медичних закладах, де необхідно систематизувати інформацію про ліки від різних захворювань. Тобто ми маємо справу з різноманіттям ресурсів, і в цьому різноманітті необхідно розбиратися. Для того щоб не розгубитися серед цього різноманіття, необхідна систематизація існуючих знань, тобто людина всі свої знання упорядковує і класифікує.

Класифікація – упорядкування систем за визначенимиознаками. Це метод пізнанняоб'єктивноїреальності, при якому результатом вважаєтьсяподаннязнань у виглядідеякоїкласифікаційноїсистеми.

Класифікаційнісистемистворюються на базіпошукусутностіоб'єктаабоявища, виявленняспільного в ційсутності, і групування за спільнимиознаками.

Класифікаційний аспект дозволяє:

1. Упорядкуватиінформацію.
2. Знизитирозмірсукупності, щорозглядається.
3. Підвищитиоперативністьпошуку.

Класифікаційна система вважається***природною***, якщоположенняелемента в класифікаційнійсхемідозволяєчітковизначитийогосуттєвувластивість. Прикладом може бути таблицяМенделеєва – місце кожного елементачітковизначаєйоговластивості.

Класифікація – модель реальності, їїстворюють люди. Щолюдинапобачила і як вона цезрозуміла, так вона і класифікує. Моделей реальностіможе бути нескінченнамножина. Але чимближче до реальностіця модель, тимменше людей можутьзмінитицю систему.

Класифікація – цеподілмножиниоб'єктів на підмножини за їхсхожістю та відміною.

Класифікаційнеугруповання – підмножинаоб'єктів, щоотримані в результатікласифікації.

Існуютьдва методикласифікації:

1. Ієрархічний.
2. Фасетний.

Ієрархічнакласифікація – цепослідовнийподілмножиниоб’єктів на підпорядкованікласифікаційніугруповання.

При побудовіієрархічноїсистемикласифікаціїнеобхідновиконуватинаступні правила:

1) поділ кожного угрупованняпроводять за однієюознакою;
2) класифікаційніугруповання, щоотримуються на кожнійсходинціподілу, не повинніповторюватися.

Приклад ієрархічної системи класифікації наданий на рис. 4.1.

Приклад 4.1. Ієрархічна класифікація

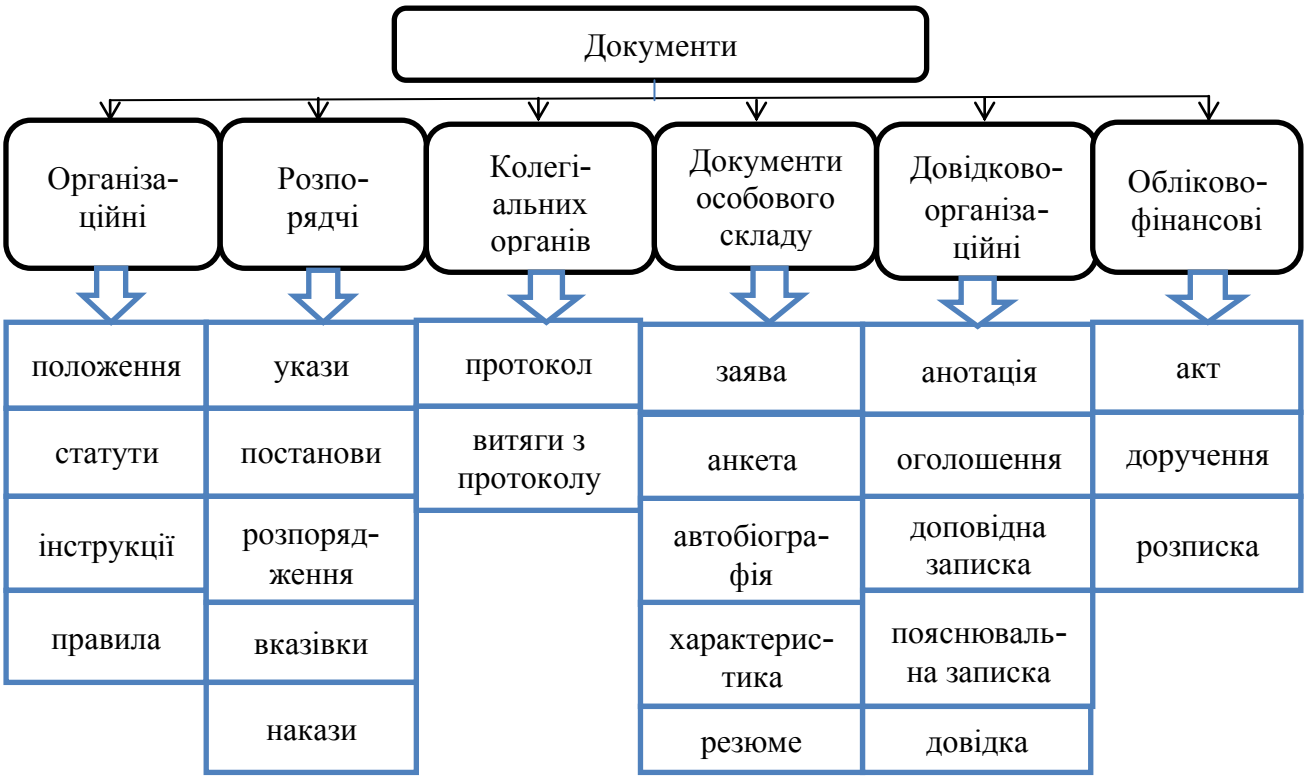

Рисунок 4.1 –Приклад ієрархічної класифікації

Фасетна система класифікаціїпередбачаєподілмножиниоб’єктів на незалежнікласифікаційніугруповання (за різнимиознаками).

Подання фасетної класифікації можливе двома способами: якщо ознак поділу лише дві, можна подати табицею (приклад у табл. 4.1); якщо ж ознак поділу більше ніж дві, класифікація подається шляхом перерахування ознак та відповідних типів об’єктів (наприклад, табл. 4.2).

Таблиця 4.1 – Приклад фасетної класифікації з двома ознаками (класифікація каміння)

Вартість / Прозорість	Дорогоцінне	Напівдорогоцінне	Просте
Непрозоре	Перли	Авантюрин, кошаче око, нефрит, яшма, малахіт, бірюза	Граніт, кремінь, вугілля, мармур
Прозоре	Рубін, смарагд, діамант, сапфір, ізумруд	Агат, берил, хризопраз, цирконій, кришталь, бурштин	Кварц, слюда

Таблиця4.2 – Прикладикласифікації систем (фасетний метод класифікації)

Класифікаційнаознака	**Тип систем**
1. Походження	❑ Природні ❑ Штучні
2. Природа елементів, з якихскладається система	❑ Фізичні ❑ Абстрактні ❑ Змішані
3. Кількістьелементівускладісистеми	❑ Малі ❑ Великі
4. Різноманітністьелементів, зв’язків, станівсистеми	❑ Прості ❑ Складні
5. Вид структурисистеми	❑ Централізовані ❑ Децентралізовані
6. Наявністьзв’язку з оточуючимсередовищем	❑ Відкриті ❑ Закриті
7. Характер реакції на впливзовнішньогосередовища	❑ Активні ❑ Пасивні
8. Ступіньвизначеностіфункціонування	❑ Детерміновані ❑ Стохастичні
9. Спосібкерівництва	❑ Керованіззовні ❑ Самокеровані ❑ Комбіновані
10. Періодіснування	❑ Постійні ❑ Тимчасові

4.3 Порядок виконання завдання

4.3.1 Ознайомитись з теоретичними відомостями.

4.3.2 Виходячи з теоретичних відомостей та обраного індивідуального варіанту, створити ієрархічну і фасетну класифікації.

4.3.3 Відповісти на контрольні запитання.

4.4 Оформлення і захист індивідуального завдання

У звіті про виконання відображається найменування практичного заняття, мета, будуються дві класифікації згідно п.4.3.2.

При захисті індивідуального завдання слухач повинен надати письмовий звіт про виконання роботи, обґрунтуватиправильність класифікації і відповісти на контрольні запитання.

3.5 Контрольні запитання

1) Навіщо потрібна класифікація?
2) Що таке класифікація?
3) Що таке природна класифікаційна система?
4) Методи класифікації, їх особливості.

Практичне заняття №5
Методологія системного аналізу

5.1 Мета заняття

Набуття знань щодо методології системного аналізу та навичок її використання.

5.2 Короткі теоретичні відомості

5.2.1 Аналіз та синтез у системних дослідженнях

Суть *аналізу* полягає в поділі цілого на компоненти, представленні складного у вигляді сукупності простіших компонент. Але, щоб пізнати ціле, складне, необхідний обернений процес – синтез.

При аналітичному підході до дослідження систем телеологічний (цільовий) аспект її функціонування практично не розглядається. Модель системи будується на грунті вивчення окремих підсистем та елементів з наступним формулюванням локальних цілей, які відображають окремі сторони процесу моделювання.

Використовуючи аналітичний підхід, дослідник вивчає систему „зсередини", маючи обмежений горизонт, тобто може осягнути лише одну або в кращому разі декілька компонент системи зі зв'язками між ними. Очевидно, що при цьому губиться уявлення про мету функціонування системи як єдиного цілого, і дослідник головним чином вивчає властивості компонент, тобто не в стані осягнути емерджентні властивості системи.

Успіх та значення аналітичного підходу полягає не лише в тому, що складне поділяється на все менш складні частини, а в тому, що з'єднавши ці частини відповідним чином, знову утворюється єдине ціле. Цей момент агрегування складових в ціле і є остаточним етапом аналізу, тому що лише після цього ми можемо пояснити ціле через його частини у вигляді структури цілого.

Дуже яскравим прикладом успішного застосування аналітичного підходу на практиці є винайдення Г.Фордом конвеєрної технології у виробництві, що дозволило складний процес виробництва розбити на ряд простих виробничих операцій, виконання яких є спеціалізованим та простим, і в результаті різко підвищити продуктивність праці.

Однак цілісність системи має величезне значення, що особливо підкреслювалося Р.Акофом. Цілісність при аналізі порушується, при розчленуванні системи втрачаються не лише суттєві властивості системи (розібраний автомобіль не поїде), але й зникають і суттєві властивості частин системи (відділене кермо автомобіля не кермує, відділене око не бачить). Тому за Акофом результатом аналізу є лише відкриття структури, знання того, як система працює, а не розуміння того, чому і навіщо вона це робить.

Синтетичне мислення вимагає пояснення поведінки системи. Воно суттєвим чином відрізняється від аналізу. На першому кроці аналізу об'єкт, що

підлягає поясненню, розділяється на частини; в синтетичному мисленні він повинен розглядатися як частина більшого цілого. На другому кроці аналізу пояснюються складові частини; в синтетичному мисленні пояснюється ціле, до складу якого входить об'єкт. На останньому кроці аналізу знання про частини агрегується в знання про ціле; в синтетичному мисленні розуміння цілого, що має у своєму складі об'єкт, дезінтегрується для пояснення частин. Синтетичне мислення відкриває не структуру, а функцію; воно відкриває, чому система працює так, а не те, як вона це робить.

5.2.2 Декомпозиція та агрегування

При застосуванні як аналітичного, так і синтетичного підходів виникають обов'язкові кроки, в яких необхідно розкласти ціле на складові (здійснити декомпозицію), або об'єднати складові в ціле (здійснити агрегування).

Основною операцією аналізу є декомпозиція – поділ цілого на частини. Задача розпадається на підзадачі, система – на підсистеми, мета – на підцілі. При необхідності цей процес повторюється, що приводить до побудови ієрархічних деревовидних структур – дерев декомпозиції. Зазвичай об'єкт аналізу є складним, слабо структурованим, а тому операцію декомпозиції здійснює експерт, і результати, отримані різними експертами, будуть різними.

Якість дерев декомпозиції залежатиме як від кваліфікації експертів, так і від застосовуваної методики декомпозиції. Зазвичай, операція декомпозиції реалізується експертом відносно просто, і основні труднощі виникають при доведенні ненадлишковості та повноти отриманого набору компонентів. Обґрунтуванням власне такого, а не іншого розбиття є модель системи. Отже, операція декомпозиції є не чим іншим, як співставленням об'єкта аналізу з деякою моделлю, виділення того, що відповідає елементам моделі, тобто питання повноти декомпозиції є питанням завершеності моделі.

Агрегування – це операція об'єднання декількох елементів в єдине ціле, протилежна до декомпозиції. Об'єднані елементи, що взаємодіють між собою, набувають не лише зовнішньої, але й внутрішньої цілісності, єдності. Зовнішня цілісність відображається моделлю „чорної скрині", а внутрішня – пов'язана зі структурою системи, і виявляється в тому, що властивості системи є більшими, ніж сума властивостей об'єднаних елементів. Отже, при об'єднанні елементів виникає дещо якісно нове, чого не могло бути без цього об'єднання.

Види агрегатів, що використовуються в системному аналізі

Техніка агрегування ґрунтується на використанні певних моделей системи, а саме: модель складу, яка визначає, що повинно увійти до складу системи та модель структури, яка відображає зв'язки елементів між собою. В загальному вигляді агрегування визначається шляхом встановлення системотворчих відношень на множині елементів. Агрегатами, типовими для системного аналізу, є конфігуратор, агрегати-оператори та агрегати-структури.

З одного боку, системний аналіз має міждисциплінарний характер, тобто системний аналітик може залучити з метою дослідження системи інформацію з

будь-якої галузі знань, при потребі залучити експерта з того чи іншого питання. Однак якщо в процесі декомпозиції вирішення цієї проблеми досягалося шляхом компромісу – за допомогою поняття суттєвості, що супроводжувалося ризиком недостатньої повноти чи зайвої деталізації, то в процесі агрегації проблема ускладнюється, тому що ризик неповноти є майже неприпустимим. Виходячи з цього, виникло поняття конфігуратора.

1 Конфігуратор

Будь-яке дійсно складне явище вимагає сумісного (агрегованого) описання в термінах декількох якісно відмінних мов. Конфігуратором вважатимемо агрегат, що складається з якісно різних мов описання системи, причому кількість цих мов є мінімально необхідною для досягнення мети.

Головним в конфігураторі є не те, що аналіз об'єкта повинен проводитися кожною мовою конфігуратора окремо, а те, що синтез можливий лише за наявності всіх описів.

Конфігуратор є змістовною моделлю найвищого рівня. Перерахувавши мови, якими ми будемо описувати систему, ми тим самим визначаємо, синтезуємо тип системи, фіксуємо наше розуміння природи системи. Як і будь-яка модель, конфігуратор має цільовий характер і при зміні мети може втратити властивості конфігуратора.

Приклад 5.1. Ілюстрація поняття «конфігуратор»

Конфігуратором для описання довільного тривимірного тіла є сукупність трьох ортогональних проекцій, що є загальноприйнятим в нарисній геометрії та кресленні. Три проекції – це мінімальна їх кількість для описання тривимірного тіла, більша кількість проекцій буде надмірною.

Досвід проектування організаційних структур систем свідчить, що для синтезу організаційної системи конфігуратор складається з описання розподілення влади (структура підпорядкованості), відповідальності (структура функціонування) та інформації (організація зв'язку, накопичення досвіду, навчання).

2 Агрегати-оператори

Особливістю агрегатів-операторів є зменшення розмірності, об'єднання частин в дещо ціле, єдине, окреме. Дуже часто виникають ситуації, в яких сукупність даних, якими необхідно оперувати, є значною, внаслідок чого з ними складно і незручно працювати. Саме це і призводить до необхідності агрегування – в цьому випадку на перше місце висувається така особливість агрегування, як зменшення розмірності, агрегат об'єднує частини в дещо ціле, єдине та окреме.

Найпростіший спосіб агрегування полягає у встановленні відношення еквівалентності між елементами, що агрегуються, тобто утворення кластерів. Кластеризація є дуже важливим, багатобічним, багатофункціональним явищем, і з практичної точки зору важливими проблемами є як визначення класів, так і визначення, до якого класу належить той чи інший конкретний елемент. Якщо класифікаційну ознаку можна спостерігати, то виникає лише питання про

надійність класифікації, а в тому випадку, коли ознака формулюється нечітко, можна говорити лише про ступінь належності до того чи іншого класу.

Складності класифікації суттєво збільшуються, якщо класифікаційна ознака не спостерігається безпосередньо, а сама є агрегатом побічних ознак. Типовим прикладом є діагностика захворювання: діагноз хвороби (назва хвороби – це й є ім'я класу) є агрегатом великої кількості її симптомів та характеристик стану організму. Якщо класифікація має природний характер, то агрегування побічних ознак може розглядатися як виявлення загальних закономірностей в таблицях експериментальних даних, що досягається перебором всіх можливих комбінацій ознак з метою перевірки їх наявності в навчаючій вибірці.

У випадку, коли ознаки, що агрегуються, вимірюються в числових шкалах, може виявитися можливим задати відношення на множині ознак у вигляді числової функції багатьох змінних, яка й буде агрегатом. Прикладом однозначності агрегату-функції є вартісний аналіз економічних систем – якщо всі діючі фактори можуть бути представлені у вартісному вимірі, то агрегат буде алгебраїчною сумою їх значень. Але й у цьому випадку питання залишається – чи можна при цьому знехтувати іншими системами цінностей?

3 Агрегати-структури

Як і будь-який інший вид агрегату, структура є моделлю системи і визначається об'єктом, метою та засобами моделювання. В процесі синтезу ми створюємо структуру майбутньої системи, що проектується. В реальній, а не абстрактній системі, виникнуть, встановляться і почнуть працювати не лише ті зв'язки, які ми запроектували, а й інші, що властиві природі об'єднаних в систему елементів. Тому при проектуванні системи важливо задати структури в їх суттєвих відношеннях. Таким чином, сукупність всіх існуючих відношень визначається конфігуратором відношень, і проект системи повинен мати розробку стількох структур, скільки мов включено в її конфігуратор.

Процес розроблення моделі на грунті системного підходу включає в себе дві основні складові – макропроектування та мікропроектування. При макропроектуванні формується інформація про реальну систему та зовнішнє середовище, будується модель зовнішнього середовища, формулюються критерії якості функціонування системи, що відображають її мету, критерії оцінки ступеня відповідності моделі системі (критерії оцінки адекватності моделі), критерії декомпозиції системи, будується модель системи.

Шляхом мікропроектування створюється організаційне, ресурсне тощо забезпечення, здійснюється вибір технічних засобів, на яких буде реалізована модель.

5.2.3 Етапи системного розв'язання проблем

Незалежно від конкретних етапів та підетапів системного дослідження існують основні структурні елементи, основна послідовність «мета – способи досягнення мети – ресурси». Мета зазвичай структурується у вигляді дерева

цілей, і в більшості випадків у процесі структуризації реалізується спіральний рух гранями піраміди «цілі – функції – проблеми».

В загальному випадку для побудови системи та управління нею необхідна реалізація наступних етапів:

1) Первинне формулювання проблеми;

Проблема – церозривміжбажаним і існуючим станом. У формулюванніпроблемийдеться про те, що нам не подобається.

2) Виявлення цілей;

*Цілі*звичайно є антиподами проблем. При формулюванні мети треба висловити те, що ми бажаємо. Для цього необхідно показати шлях виходу з незадовільної ситуації.

Вибір правильної цілі більш важливий, ніж намагання визначити найкращу альтернативу: і не найкраща альтернатива все ж веде до цілі, хоч і не оптимальним шляхом; вибір хибної цілі не тільки не допомагає розв'язати проблеми, а й може створювати нові проблеми.

На підприємствах розпливчасті, не повністю визначені кінцеві цілі спричиняють незрозумілість в структурі управління системою і, як наслідок, хибні дії в системі.

3) *Формування критеріїв; Критерії*є кількісними моделями якісних цілей і мають щоточніше відбивати їх. Рідко одну ціль можна виразити одним критерієм, хоча до цього й прагнуть. При формуванні критеріїв прагнуть до компромісу між повнотою опису цілі та кількістю критеріїв.

4) Генерування альтернатив та сценаріїв;

5) Вивчення можливості алгоритмізації аналізу, а потім цей аналіз виконується з використанням як формальних, так і неформальних методів;

6) Формування висновків, визначення дій щодо реалізації отриманих результатів.

В табл.5.1наведені основні етапи системного аналізу за декількома найбільш розповсюдженими методологіями.

Послідовність етапів СтенфордаОптнера відображає основи американської школи системного аналізу (Бернард Радвік, Еріх Квейд), яка зорієнтована, насамперед, на оцінювання та відбір конкретних проектів систем (систем озброєння, планів капіталовкладень за замовленнями уряду, промислових систем). Натомість в розумінні Стенлі Юнга, яскравого представника школи системного проектування та управління організаціями, системний аналіз є стрижнем структури організації та постійний метод її роботи.

На грунті основних наведених понять та термінів, що використовуються при дослідження складних систем, будуються загальні способи використання цих понять у вигляді методологій системного дослідження, що у свою чергу включають певну послідовність кроків.

Різні автори схильні різним чином визначати послідовність та назви етапів системного дослідження, але за цим для всіх них характерним є єдність поглядів та принципова єдність підходів до поділу системного аналізу на етапи.

Таблиця 5.1– Етапи системного розв'язання проблем

№	*За С.Л. Оптнером*	*За С.Юнгом*	*За С.П. Ніканоровим*	*За Ю.І. Черняком*
1	Ідентифікація симптомів	Визначення мети організації	Виявлення проблеми	Аналіз проблеми
2	Визначення актуальності проблеми	Виявлення проблеми	Оцінка актуальності проблеми	Визначення системи
3	Визначення цілей	Діагноз	Аналіз обмежень проблеми	Аналіз структури системи
4	Визначення структури	Пошук рішення	Визначення критеріїв	Формулювання загальної мети та критеріїв
5	Визначення можливостей	Оцінка і вибір альтернативи	Аналіз існуючої системи	Декомпозиція мети, визначення потреб в ресурсах, композиція цілей
6	Знаходження альтернатив	Узгодження рішення	Пошук можливостей	Виявлення ресурсів, композиція цілей
7	Оцінка альтернатив	Затвердження рішення	Вибір альтернативи	Прогноз та аналіз майбутніх умов
8	Вироблення рішення	Підготовка до введення в дію	Забезпечення визнання	Оцінка цілей та засобів
9	Визнання рішення	Управління застосуванням рішення	Прийняття рішення (формальної відповідальності)	Відбір варіантів
10	Запуск процесу рішення	Перевірка ефективності	Реалізація рішення	Діагноз існуючої системи
11	Управління процесом реалізації рішення		Визначення результатів рішення	Побудова комплексної програми розвитку
12	Оцінка реалізації та її наслідків			Проектування організації для досягнення цілей

5.2.4 Послідовність етапів системного аналізуза Черняком Ю.І.

Варіант методології СА, запропонований Ю.І.Черняком, є певною мірою синтетичним і враховує всі наведені етапи інших класифікацій, побудований за принципом логічної послідовності етапів системного дослідження.

Послідовність етапів системного аналізу за Черняком Ю.І.

1. Аналіз проблеми

Чи існує проблема? Точне формулювання проблеми; Аналіз її логічної структури; Аналіз її розвитку (у минулому і майбутньому); Визначення зовнішніх зв'язків (з іншими проблемами); Виявлення принципової можливості розв'язання проблеми

2. Визначення системи

Специфікація задачі; Визначення позиції спостерігача; Визначення обєкта; Виділення елементів (визначення критеріїв декомпозиції); Визначення підсистем; Визначення зовнішнього середовища

3. Аналіз структури систем

Визначення рівнів ієрархії; Визначення аспектів і мов; Визначення процесів і функцій; Визначення і специфікація процесів управління і каналів інформації; Специфікація підсистем; Специфікація процесів, функцій поточної діяльності (рутинних) і розвитку (цільових)

4. Формулювання загальної мети і критерію системи

Визначення цілей, вимог надсистеми; Визначення цілей і обмежень середовища; Формулювання загальної мети; Визначення критеріїв оцінки; Декомпозиція цілей і критеріїв за підсистемами; Композиція загального критерію з критеріїв підсистем

5. Декомпозиція мети, виявлення потреб у ресурсах і процесах

Формулювання цілей: верхнього рангу; поточних процесів; ефективності; розвитку; Формулювання зовнішніх цілей і обмежень; Виявлення потреб у ресурсах і процесах

6. Виявлення ресурсів і процесів, композиція цілей

Оцінка існуючих технологій і потужностей; Оцінка сучасного стану ресурсів; Оцінка реалізованих і запланованих проектів; Оцінка можливостей взаємодії з іншими системами; Оцінка соціальних факторів; Композиція цілей

7. Прогноз і аналіз майбутніх умов

Аналіз стійких тенденцій розвитку системи; Прогноз розвитку і зміни середовища; Передбачення появи нових факторів, що сильно вплинуть на розвиток системи; Аналіз необхідних ресурсів для майбутнього; Комплексний аналіз взаємодії факторів майбутнього розвитку; Аналіз можливих зрушень цілей і критеріїв

8. Оцінка цілей і засобів

Обчислення оцінок за критерієм; Оцінка взаємозалежності цілей; Оцінка відносної важливості цілей; Оцінка дефіцитності і вартості ресурсів; Оцінка впливу зовнішніх факторів; Обчислення комплексних розрахункових оцінок

9. Добір варіантів

Аналіз цілей на сумісність; Перевірка цілей на повноту; Відсікання надлишкових цілей; Планування варіантів досягнення окремих цілей; Оцінка і порівняння варіантів; Сполучення комплексу взаємозалежних варіантів

10. Діагноз існуючої системи

Моделювання технологічного й економічного процесів; Розрахунок потенційної і фактичної потужностей; Аналіз втрат потужності;

Виявлення недоліків організації виробництва і керування

Виявлення й аналіз заходів щодо удосконалення

11. Побудова комплексної програми розвитку

Формулювання заходів, проектів і програм

Визначення черговості цілей і заходів щодо їхнього досягнення

Розподіл сфер діяльності; Розподіл сфер компетенції; Розробка комплексного плану заходів у рамках обмежень по ресурсах у часі

Розподіл заходів за відповідальними організаціями, керівниками і виконавцями

12. Проектування організації для досягнення цілей

Призначення цілей організації; Формулювання функцій організації;

Проектування організаційної структури;

Проектування інформаційних механізмів; Проектування режимів роботи

Проектування матеріального і морального стимулювання

Розглянемо коротко особливості укрупнених етапів.

Питання про те, чи існує взагалі проблема, є надзвичайно важливим, оскільки застосування величезних зусиль до розв'язання неіснуючих проблем є доволі звичним випадком. Це пояснюється тим, що існують проблеми-привиди, які можуть маскувати інші, дійсно важливі та актуальні проблеми. Окрім того, правильне та достатньо точне формулювання проблеми є першим та необхідним етапом будь-якого системного дослідження.

Для побудови системи проблему необхідно піддати декомпозиції, тобто розкласти на комплекс чітко сформульованих завдань. Позиція спостерігача (аналітика) в принципі визначає критерій розв'язання проблеми. Визначення об'єкта в деяких випадках може скласти основну складність дослідження.

Довільність в процесі виділення підсистем та процесів, що реалізуються в системі, може призвести до того, що системне дослідження буде невдалим. В складних системах з участю людей структурні співвідношення не лише не є очевидними, але й заховані за відношеннями адміністративної підпорядкованості. Рутинні цілі та процеси в багатьох випадках затуляють цілі та процеси розвитку, а тому потрібно відділяти їх одне від одного.

Формулювання мети організації неможливе шляхом опитування «суспільної думки», а є складною логічною процедурою, що реалізується в межах системного аналізу та теорії систем і вимагає знання досліджуваної предметної області.

В складних системах мета в більшості випадків є віддаленою від конкретних засобів і досягнення, і «наближення» реалізується узгодженням мети із засобами її досягнення шляхом декомпозиції цілей. Це є однією з найважливіших складових системного аналізу і реалізується за допомогою метода дерева цілей.

Системний аналіз (СА) застосовується в першу чергу до розв'язання стратегічних проблем, а тому повинен враховувати майбутнє. Майбутні відкриття, ресурси, система майбутніх соціальних цінностей можуть радикальним чином вплинути на функціонування системи, а тому прогнозування є однією з найважливіших та найскладніших складових СА.

Велика кількість діючих в СА факторів (соціальні, політичні, моральні, етичні та ін.) не піддається кількісному вимірюванню, а враховується експертним шляхом. Оскільки СА в основному оперує слабо структурованими даними, отримання та опрацювання експертних оцінок є необхідним етапом СА.

Корегування цілей з метою виявлення основних дозволяє звузити множину варіантів та привести їх у відповідність з наявними ресурсними обмеженнями.

В більшості випадків СА скерований на покращення функціонування існуючих систем, а тому виявлення важливих проблем управління та тактичних цілей є предметом діагностичного дослідження та аналізу системи управління.

Формування комплексних програм в цій методології має за мету «переклад» результатів СА на конкретні заходи, що повинні бути реалізовані для досягнення поставленої мети. В певних випадках може виявитися необхідність проектування додаткових структур управління або перепроектування існуючих.

5.2.5 Методологія системного дослідження, орієнтована на дослідження існуючих систем та виявлення проблем

Методологія є абстрактною схемою, що визначає послідовність орієнтуючих дій, тобто дослідження конкретної системи буде більшою або меншою мірою відрізнятися від розглянутих схем.

Системні дослідження – алгоритмізоване вивчення реальності як системи, використовується для систем різної природи.

Ця схема – лише деяка послідовність орієнтуючих дій. Дослідження кожної конкретної системи може дещо відрізнятися від запропонованої схеми.

I. Формування загальних уявлень про систему

1. Виявлення призначення, головних цілей, функцій, властивостей системи. Формування (вибір) основних предметних понять, які використовуються в системі.

На цій стадії мова йде про визначення *основних виходів в системі*: саме з цього краще за все починати її дослідження. *Треба визначити тип виходу*: матеріальний, енергетичний, трудовий, фінансовий. Вони повинні бути віднесені до яких-небудь фізичних або інших понять (якщо вихід являє собою продукцію, то яку, для чого, в якому вигляді?)

2. Виявлення основних частин в системі та їх функцій. Розуміння цих частин в рамках системи як єдиного цілого.

На цій стадії відбувається перше знайомство з *внутрішнім змістом системи*, визначається, з яких великих частин вона складається та яка роль належить кожній частині в системі. Ця стадія дозволяє отримати перші відомості про *структуру та характер основних зв'язків* (послідовність, паралельність; одно- та двонаправленість). Вже на цій стадії необхідно звернути увагу на системоутворюючі фактори, тобто на ті зв'язки взаємообумовленості, які і роблять систему системою.

3. Виявлення основних процесів в системі, їх ролі, умови існування; виявлення стадійності стрибків, змін станів у функціонуванні системи; в системах з керуванням – виділення основних керуючих факторів.

На цій стадії вивчається *динаміка найважливіших змін* в системі, хід процесів в ній, вводяться параметри станів; розглядаються фактори, які змінюють ці параметри. Вивчається, чи керовані процеси та чи допомагають вони системі при здійсненні її головних функцій. Для керованих систем визначаються основні керуючі дії, їх тип, джерело та ступінь впливу на систему.

4. Виявлення основних елементів "не-системи", з якими пов'язана система. Виявлення характеру цих зв'язків.

Досліджуються основні *зовнішні дії на систему (входи)*. Визначається їх тип (речові, енергетичні, інформаційні), ступінь впливу на систему, основні характеристики. Фіксуються межі того, що вважається системою, визначаються основні елементи зовнішнього середовища, на які направлені вихідні впливи системи.

5. Виявлення невизначеностей і випадковостей в ситуаціях, їх визначального впливу на систему.

Урахування невизначеностей: також дослідження чутливості найважливіших властивостей (виходів) системи. *Чутливість* – це ступінь впливу зміни входів на зміни виходів.

II. Методологія системних досліджень і формування поглиблених уявлень про систему

6. Виявлення розгалуженої структури, ієрархії, формування уявлень про систему як про сукупність модулей, пов'язаних із входами-виходами.

7. Виявлення всіх елементів і зв'язків, важливих для цілей розгляду. Їх віднесення до структури ієрархії в системі. Ранжування елементів та зв'язків за їх важливістю.

Стадії 6 та 7 тісно пов'язані одна з іншою, тому корисніше розглянути їх разом. Стадія 6 – це межа вивчення «всередину» складної системи для особи, що оперує нею цілком. Більш поглиблені знання про систему (стадія 7) буде мати тільки спеціаліст, який відповідає за її окремі частини. Для не дуже складного об'єкту рівень стадії 7 – значення системи в цілому – може бути досягнутий і однією людиною.

При поглибленій деталізації важливо виділяти саме суттєві для розгляду елементи (модулі) та зв'язки, відкидаючи все те, що не представляє інтересу для цілей дослідження.

8. Урахування змін і невизначеностей в системі

Досліджується повільна і, як правило, небажана зміна властивостей системи, яку називають «старінням», а також можливість заміни окремих частин (модулів) на нові, які дозволяють не тільки протистояти старінню, а й підвищити якість системи порівняно з її початковим станом. Таке вдосконалення штучної системи називають розвитком. До нього також відносять покращення характеристик модулів, підключення нових модулів, накопичення інформації з метою її кращого використання, а іноді і перебудову структури, ієрархії зв'язків.

9. Дослідження функцій і процесів в системі з метою управління ними. Введення управління та процедур прийняття рішення. Розгляд керуючих впливів як системи управління.

Для цілеспрямованих та інших систем з управлінням ця стадія має велике значення. Основні керуючі фактори були розглянуті в стадії 3. Але там це носило характер загальної інформації про систему. Для ефективного ведення управління або вивчення їх впливу на функції системи та процеси в ній необхідне глибоке знання системи.

На даній стадії з'ясовується, де, коли і як (в яких точках системи, в які моменти, в яких процесах, стрибках, логічних переходах тощо) система управління впливає на основну систему, наскільки це ефективно, прийнятно, зручно в реалізації. Під час введення управління в системі повинні бути досліджені варіанти переводу входів і постійних параметрів в керуючі, визначені допустимі межі управління і способи їх реалізації.

III. Моделювання системи як етап дослідження

10. Створення опису системи, що буде придатний для передбачення її поведінки і виведення очевидних властивостей.

Моделювання йде не зверху, від глобальної функції і виділення основних частин, а знизу, з побудови моделей для окремих процесів, для простих модулів нижчих ієрархіних рівнів. І далі на основі розумного ускладення моделей і переводу до їх сукупностей моделюються усе більш великі модулі і, потім, система в цілому.

Точність моделювання може бути як недостатньою для мети розгляду, так і надмірною. Точність повинна бути мінімальною для забезпечення відображення усіх важливих особливостей системи. Відхід від надмірної деталізації – це економія часу, зменшення обсягу вихідних даних і навіть збільшення надійності моделі, пов'язане із зменшенням її складності. З іншого боку, занадто проста модель не змалює суттєві якісні особливості системи і призведе до невірних висновків про її поведінку. Знайти межу розумної складності часто нелегко, і вона остаточно визначається тільки при отладці моделі на практичних задачах.

IV. Супровід системи

11. Накопичення досвіду роботи з системою та її моделлю. Уточнення відомостей про систему, доведення і удосконалення моделей.

Дослідна експлуатація наших знань про систему. Чи достатні і вірні вони? Якщо виявлена невідповідність між передбаченням поведінки системи і результатами її функціонування, то треба переглянути уявлення про систему.

12. Оцінка максимальних особливостей системи. Дослідження відмов, виходів з ладу, відхилень від норми.

Працездатність системи перевіряється її постійним або періодичним тестуванням. Аналогічно перевіряються і ресурси. Відмови та інші незаплановані явища вивчаються з точки зору імовірності їх виникнення, засобів попередження і варіантів реагування на них.

13. Розширення функцій (властивостей) системи, зміни вимог до них, нове коло задач, нові умови роботи. Включення системи елементом в систему більш високого рівня.

Часткова перебудова функціонування (призначення) системи чи зміна задач її дослідження. Включення системи елементом в деяку макросистему саме по собі вимагає тільки перегляду стадій 4 і 6. Проте вимоги до системи з боку макросистеми можуть призвести до необхідності перегляду всіх основних системних понять і тим самим торкнутися усіх стадій дослідження.

Ця ж методологія може застосовуватися і в процесі створення нової системи. Послідовність етапів залишається такою ж, але змінюється їх спрямованість – по суті вони будуть етапами «попереднього проектування», після чого власне виконується етап створення нової системи.

5.3 Порядок виконання завдання

5.3.1 Ознайомитись з теоретичними відомостями.

5.3.2 Виходячи з теоретичних відомостей,навести приклад використання системного аналізу щодо відомої вам проблеми.

5.3.3 Відповісти на контрольні запитання.

5.4 Оформлення і захист індивідуального завдання

У звіті про виконання відображається найменування практичного заняття, мета, наводиться приклад використання системного аналізу щодо проблеми згідно п.5.3.2.

При захисті індивідуального завдання слухач повинен надати письмовий звіт про виконання роботи, обґрунтуватиправильність класифікації і відповісти на контрольні запитання.

5.5 Контрольні запитання

1) Як співвідносяться між собою аналіз і синтез, декомпозиція та агрегування у системних дослідженнях?
2) Види агрегатів, що використовуються в системному аналізі.
3) Які основні етапи системного розв’язання проблем?
4) Назвіть основні етапи системного дослідження.

Практичне заняття №6
Напрями дослідження систем

6.1 Мета заняття

Набуття знань та навичок щодо напрямів дослідження систем.

6.2 Короткі теоретичні відомості

Призначення та основні функції процедур системного аналізу складної системи:

- *Цільовий аналіз* – застосовується з метою виявлення часткових цілей поведінки складної системи для досягнення поставленої перед нею головної мети.
- *Ситуаційний аналіз* – використовується для виявлення ситуацій та їхніх характеристик, які визначають основні умови функціонування складної системи.
- *Інформаційний аналіз* – застосовується для визначення обсягу, повноти та інших показників інформації про складну систему і середовище (без наявності такої інформації неможливо визначити ступінь досягнення системою заданої мети у наявній ситуації).
- *Структурно-функціональний аналіз* – дає змогу визначити необхідний рівень потенційних можливостей функціональних елементів складної системи і ступінь взаємозв'язків і взаємозалежностей її функціональних елементів для досягнення заданих цілей функціонування системи в ситуації, що складається апріорі.
- *Організаційно-процедурний аналіз* – застосовується у разі необхідності виявити оптимальні способи організації процесів управління та раціонального вибору процедур, що забезпечують досягнення заданих цілей у певній ситуації.
- *Техніко-економічний аналіз* – дає змогу визначити ресурси, необхідні для досягнення поставленої перед складною системою цілі з урахуванням заданих показників якості.

Загальний порядок виконання процедур наступний: цільовий аналіз (визначення цілей функціональних елементів на основі заданих цілей системи) → ситуаційний аналіз (вибір раціональних умов функціонування) → інформаційний аналіз (формування основних відомостей про систему, які забезпечили б досягнення заданих цілей) → структурно-функціональний аналіз (визначення структури і функцій елементів системи, необхідних для досягнення заданих цілей) → організаційно-процедурний аналіз (організація та реалізація процедур управління за умов зміни зовнішнього середовища) → техніко-економічний аналіз (визначення ресурсів, потрібних для досягнення заданих цілей і забезпечення певних показників якості).

Взаємозв’язок цих процедур визначається цілями та особливостями функціонування досліджуваної складної системи й особливостями розв’язуваної задачі (задачі проектування системи, оптимізації та експлуатації, прогнозування потенційних можливостей створеної системи в нових позаштатних ситуаціях, задачі технічного діагностування працездатності системи тощо). Залежно від особливостей і постановки задачі взаємозв’язок і послідовність застосування цих процедур можуть змінюватися.

Розглянемо властивості процедур системного аналізу докладніше.

Процедура цільового аналізу

1. Послідовна багаторівнева декомпозиція певної множини цілей на цілі елементів кожного із заданих ієрархічних рівнів.
2. Формування кількісних показників, що визначають ступінь і рівень досягнення загальної цілі системи та локальних цілей елементів.
3. Встановлення функціонального взаємозв’язку цільових показників елементів різних ієрархічних рівнів із показниками загальної цілі об’єкта (системи).
4. Встановлення допустимих інтервалів, у яких змінюються цільові показники функціональних елементів ієрархічних рівнів, з урахуванням допустимих інтервалів зміни показників цільової функції об’єкта (системи).

У разі розробки складних технічних систем процедура цільового аналізу полягає у визначенні коректності технічного завдання таким чином, щоб різні його показники достатньо повно відображали цілі розроблюваної системи, допустимі інтервали їхніх змін. Значення та допустимі інтервали змін повинні бути взаємно погодженими і технічно реалізованими. На цьому етапі виконують декомпозицію вимог створюваної системи згідно з вимогами до основних функціональних елементів, з яких складається проектована система.

Процедура ситуаційного аналізу

1. Формування множини керованих штатних ситуацій складної системи та прогнозування найімовірніших позаштатних і критичних ситуацій у процесі її функціонування.

Під поняттям «ситуація» розуміється певний стан розглянутої системи та середовища її функціонування, що характеризуються встановленими інтервалами значень показників системи й функціональних характеристик середовища.

Штатні ситуації – це ситуації, в яких показники системи й функціональні характеристики середовища відповідають заданим інтервалам.

Позаштатні ситуації – це ситуації, в яких окремі показники системи або функціональні характеристики середовища виходять за межі допустимих інтервалів, але не призводять до порушення функціонування чи до руйнування об’єкта.

Критичні ситуації – це ситуації, в яких низка показників системи або функціональних характеристик середовища виходять за межі допустимих

інтервалів і можуть призвести до такого порушення процесів функціонування об’єкта, яке викличе часткове або повне його руйнування, створить небезпечні умови для персоналу або призведе до екологічно небезпечних наслідків.

2. Визначення кількісних характеристик штатних ситуацій та інтервалів їхніх змін.
3. Прогнозування можливої множини позаштатних ситуацій і виділення найімовірніших із них.
4. Виявлення особливостей і визначення характеристик найімовірніших позаштатних ситуацій.
5. Визначення множини критичних ситуацій, умов їхньої появи та їхніх характеристик.
6. Виявлення умов можливого переходу штатної ситуації в позаштатну або критичну.
7. Виявлення умов можливого переходу з позаштатної ситуації у штатну.
8. Визначення умов запобігання критичним ситуаціям.

Процедура інформаційного аналізу

1. Визначення повноти, вірогідності та своєчасності одержання інформації, необхідної для управління системою з метою досягнення заданих цілей у штатних і позаштатних ситуаціях.
2. Визначення характеристик інформаційних систем, які б відповідали заданому рівню інформаційного забезпечення (повнота, вірогідність, своєчасність інформації), необхідного для управління у штатних і позаштатних ситуаціях.
3. Вибір та аналіз процедур одержання, збереження, обробки інформації для забезпечення керованості системи у штатних і позаштатних ситуаціях.
4. Вибір та аналіз процедур формування, обґрунтування й ухвалення рішення під час управління системою у штатних ситуаціях і в процесі переходу з позаштатної ситуації у штатну.
5. Визначення показників інформаційного забезпечення процедур прогнозування позаштатних і критичних ситуацій та їхніх наслідків.

Процедура структурно-функціонального аналізу

1. Визначення повного набору функцій, що забезпечують досягнення заданих цілей у певних умовах функціонування.
2. Визначення раціональної ієрархічної структури системи, що забезпечує досягнення заданої цілі при заданих обмеженнях на ресурси.
3. Визначення функціонально повного набору елементів для кожного ієрархічного рівня.
4. Визначення раціональних характеристик функціональних елементів для кожного ієрархічного рівня.

5. Визначення умов досягнення заданих характеристик функціональних елементів для кожного ієрархічного рівня.

Процедура організаційно-процедурного аналізу

1. Визначення функціонально повного набору процедур управління у штатних і позаштатних ситуаціях.
2. Раціональний розподіл процедур управління між людиною і комплексом технічних засобів.
3. Визначення раціональної організаційної структури системи управління об'єктом у штатних і позаштатних ситуаціях.
4. Визначення раціональної структури технічної системи управління об'єктом у штатних і позаштатних ситуаціях.
5. Визначення функціонально повного набору елементів технічної системи управління.
6. Визначення характеристик функціональних елементів технічних систем управління у штатних і позаштатних ситуаціях.
7. Обґрунтування ступеня та рівня інтелектуалізації технічних засобів підтримки рішень у штатних і позаштатних ситуаціях.
8. Визначення раціональної структури управління у критичних ситуаціях.
9. Визначення інтелектуального рівня технічних засобів підтримки рішень у системі управління в критичних ситуаціях.

Процедура техніко-економічного аналізу

1. Визначення витрат усіх видів ресурсів на технічні засоби, що реалізують основні функції об'єкта.
2. Визначення витрат усіх видів ресурсів на реалізацію процедур управління об'єктом.
3. Визначення витрат усіх видів ресурсів на запобігання позаштатним і критичним ситуаціям.
4. Визначення соціально-економічної і техніко-економічної ефективності функціонування системи.

6.3 Порядок виконання завдання

6.3.1 Ознайомитись з теоретичними відомостями.

6.3.2 Виходячи з теоретичних відомостей, навести приклад використання даних процедур при проектуванні підприємства.

6.3.3 Відповісти на контрольні запитання.

6.4 Оформлення і захист індивідуального завдання

У звіті про виконання відображається найменування практичного заняття, мета, наводиться приклад використання процедур системного аналізу при проектуванні підприємства згідно п.6.3.2.

При захисті індивідуального завдання слухач повинен надати письмовий звіт про виконання роботи, обґрунтуватисвоє рішення і відповісти на контрольні запитання.

6.5 Контрольні запитання

1) Яка послідовність процедур системного аналізу складної системи?
2) Що включає в себе процедура цільового аналізу?
3) Що включає в себе процедура ситуаційного аналізу?
4) Що включає в себе процедура інформаційного аналізу?
5) Що включає в себе процедура структурно-функціонального аналізу?
6) Що включає в себе процедура організаційно-процедурного аналізу?
7) Що включає в себе процедура техніко-економічного аналізу?

Практичне заняття №7
Метод аналізу ієрархій

7.1 Мета заняття

Набуття навичок використання методу аналізу ієрархій (МАІ) при прийнятті рішень.

7.2 Короткі теоретичні відомості

7.2.1 Сутність МАІ

Метод аналізу ієрархій (МАІ) розроблений та запропонований на початку 70-х років минулого століття відомим американським математиком Томасом Сааті (Пітсбургський університет).На пострадянському просторі з МАІ познайомилися після друку його книги в 1991 р.

В наш час МАІ має широке розповсюдження і застосовується на практиці у різних галузях, у тому числі успішно застосовуються на практиці для прийняття рішень у складних організаційно-технічних системах. Алгоритм застосування методу зовсім не залежить від сфери діяльності, в якій приймається рішення. Тому цей метод є універсальним, ефективним, простим та доступним нематематику. Оцінка варіантів рішень з використанням МАІ здійснюється як на основі об'єктивної, так і суб'єктивної інформації.

МАІ застосовується у випадках, коли перед експертом або особою що приймає рішення (ОПР) постає проблема вибору альтернативи за декількома критеріями. Альтернативи характеризуються деякою вагою, знаючи яку не важко вибрати найкращу з них. Проблема складається з того, що вага заздалегідь невідома. Вона може бути отримана за допомогою МАІ.

МАІ є систематичною процедурою для ієрархічного зображення елементів, що визначають суть довільної проблеми.

Метод полягає в декомпозиції проблеми на все більш прості складові і подальшій обробці суджень особи, що приймає рішення. В результаті визначається значущість досліджуваних альтернатив для всіх критеріїв ієрархії. Відносна значущість ієрархій виражається чисельно у вигляді векторів пріоритетів.

МАІ включає процедури синтезу множинних суджень, отримання пріоритетності критеріїв і відшукання альтернативних рішень.

Після окреслення проблеми необхідно побудувати ієрархію.В найбільш елементарному вигляді ієрархія будується з вершини (цілей в управлінні), через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до самого низького рівня (який звичайно виявляється переліком альтернатив).

Приклад побудови ієрархії щодо задачі „вибір роботи"

Студенту-випускнику було запропоновано 3 місця роботи (A, B, C). В результаті обговорення визначено 6 критеріїв – 1) дослідження; 2) можливість росту; 3) доходи; 4) колеги; 5) місцезнаходження; 6) репутація.

Мета даної проблеми полягає у задоволенні роботою.

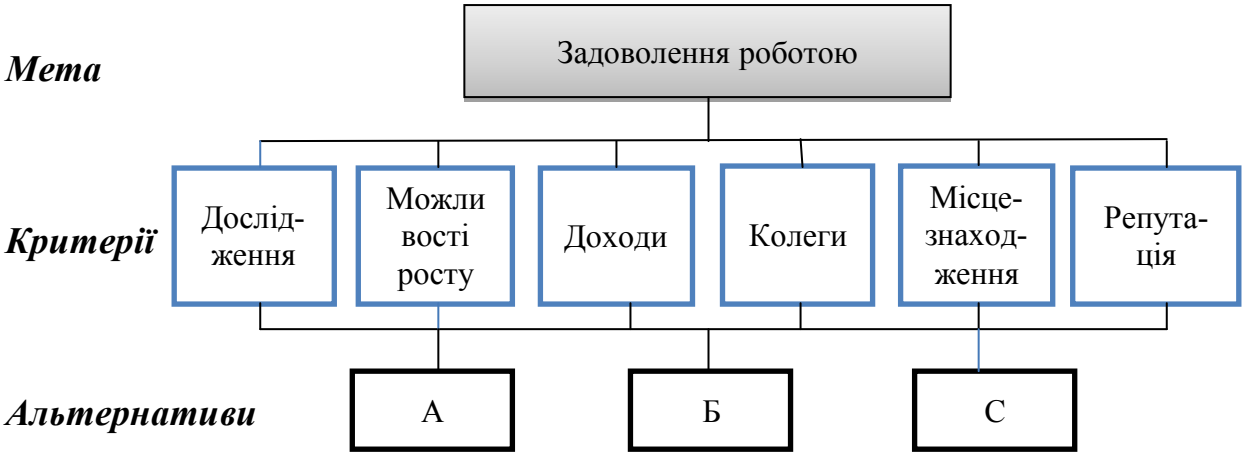

Рисунок 7.1 – Декомпозиція задачі в ієрархію

Цей метод допоможе з’ясувати, яка робота краще.

7.2.2 Шкала відносин та матриці парних порівнянь

7.2.2.1 Шкала відносин

Для встановлення відносної важливості елементів ієрархії використовується шкала відносної важливості (табл. 7.1). Ця шкала дозволяє дати оцінку та провести парні порівняння елементів.

Таблиця 7.1 – Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення	Пояснення
1	Рівна важливість	Рівний вплив двох елементів на ціль
3	Помірна перевага одного над іншим	Досвід і судження дають легку перевагу одному елементу над іншим
5	Суттєва або сильна перевага	Досвід і судження дають сильну перевагу одному елементу над іншим
7	Значна перевага	Одному елементу надається настільки сильна перевага, що вона стає практично визначальною
9	Дуже значна перевага	Очевидність переваги одного елемента над іншим підтверджується найбільш сильно
2, 4, 6, 8	Проміжні рішення між двома сусідніми судженнями	Застосовуються в компромісному випадку
Обернені величини приведених вище значень (1/2, 1/5 ...)	Якщо при порівнянні одного елемента з іншим отримано одне з вищевказаних значень (наприклад 3), то при порівнянні другого елемента з першим отримаємо обернену величину (тобто 1/3)	

Існують теоретичні обгрунтування того, що для кращої узгодженості і точності експерту (індивіду) не слід порівнювати більше 9 об'єктів. Тому шкала обмежена 9-ти бальними оцінками.

7.2.2.2 Матриці парних порівнянь

Після побудови ієрархії визначається метод порівняння її елементів.

У MAI є 3 методи порівняння альтернатив:

- попарне порівняння;
- порівняння альтернатив щодо стандартів;
- порівняння альтернатив копіюванням.

Останні 2 методи використовуються в тому випадку, коли з тих чи інших причин відсутні оцінки деяких альтернатив за деякими критеріями.

Розглянемо перший метод – попарного порівняння, де елементи задачі порівнюються попарно відносно їх впливу („ваги", чи „інтенсивності") на загальну для них характеристику.

Якщо приймається метод попарного порівняння, то будується декілька матриць парних порівнянь. Парні порівняння проводяться в термінах домінування одного елемента над іншим.

Нехай потрібно порівняти n елементів E_1, E_2, ... E_n, які мають вагу w_1, w_2, … w_n. Тоді попарні порівняння матимуть наступний вигляд (табл. 7.2).

Таблиця 7.2 – Теоретичний вигляд парних порівнянь елементів

	E_1	E_2	...	E_n
E_1	w_1 / w_1	w_1 / w_2	...	w_1 / w_n
E_2	w_2 / w_1	w_2 / w_2	...	w_2 / w_n
...	...	...	...	...
E_n	w_n / w_1	w_n / w_2	...	w_n / w_n

Очевидно, що попарні порівняння призводять до формування квадратної таблиці матричної форми з рівною кількістю рядків і стовбчиків, яка має властивості зворотної симетричності.

Однакова вага впливу вимірюється 1. Тому по діагоналі матриці попарних порівнянь зажди будуть одиниці.

Коли проблема відображена ієрархічно, то перша матриця складається для порівняння відносної важливості критеріїв на другому рівні по відношенню до загальної мети на 1-му. Аналогічні матриці будуються для парних порівнянь кожної альтернативи на 3-му рівні по відношенню до критеріїв 2-го рівня.

У загальному випадку вага елементів w_1, w_2, … w_n невідома, тому для проведення суб'єктивних парних порівнянь використовуємо шкалу відношень, яка описана в таблиці відношень.

Попарне порівняння у матриці починається з лівого елементу матриці. Якщо елемент зліва важливіший ніж елемент зверху, то до клітини заноситься ціле значення (від 1 до 9), у протилежному випадку – обернене значення (дріб,

тобто 1/3). У процесі реалізації попарних порівнянь в основному запитання формулюються наступним чином при порівнянні елементів E_1 і E_2:

- Який з них важливіший чи більше впливає?
- Який з них імовірніший?
- Який з них має найбільшу перевагу?

Розглянемо на прикладі „Вибір місця роботи”.Порівнюємо відносну важливість критеріїв на 2-му рівні по відношенню до мети(табл. 7.3)

Таблиця 7.3 – Приклад парних порівнянь для рівня 2

Задоволення роботою	Дослід-ження	Ріст	Доход	Колеги	Місце	Репутація
Дослідження	1	1/7	1/9	1/5	1/4	1/3
Ріст	7	1	1/3	3	3	5
Доход	9	3	1	5	6	7
Колеги	5	1/3	1/5	1	2	4
Місце	4	1/3	1/6	1/2	1	2
Репутація	3	1/5	1/7	1/4	1/2	1

Оскільки на першому рівні ієрархії завжди знаходиться один елемент (мета проблеми), що передбачено методичними положеннями MAI, то матриця попарних порівнянь для елементів другого рівня теж буде одна.

Наступний крок – порівняння усіх альтернатив по відношенню до критеріїв (табл. 7.4).

Таблиця 7.4 – Вибір роботи: матриці попарних порівнянь для рівня 3

Дослідження	***А***	***Б***	***С***	***Ріст***	***А***	***Б***	***С***
А	1	6	8	***А***	1	3	1/5
Б	1/6	1	3	***Б***	1/3	1	1/7
С	1/8	1/3	1	***С***	5	7	1
Доход	***А***	***Б***	***С***	***Колеги***	***А***	***Б***	***С***
А	1	1/5	1/2	***А***	1	5	4
Б	5	1	4	***Б***	1/5	1	1/3
С	2	1/4	1	***С***	1/4	3	1
Місце	***А***	***Б***	***С***	***Репутація***	***А***	***Б***	***С***
А	1	1/9	1/3	***А***	1	1/7	1/5
Б	9	1	7	***Б***	7	1	3
С	3	1/7	1	***С***	5	1/3	1

Таким чином, необхідно розрахувати 7 матриць: 1 – для 2-го рівня, 6 – для 3-го.

7.2.3 Розрахунок векторів пріоритетів

Після заповнення оцінками матриць парних порівнянь необхідно розрахувати вектор її пріоритетів, який визначає вплив елементів другого рівня

на мету (фокус) проблеми. Для цього необхідно розрахувати множину власних векторів матриці та нормалізувати отриманий результат до одиниці.

Порядок розрахунків:

1) обчислюємо значення власного вектора матриці парних порівнянь по всім рядкам – це є корінь n-го ступеню з добутку елементів рядка, де n – кількість елементів у рядку.

E_1 g_1

E_2 g_2

E_n g_n

2) Розраховуємо суму власних векторів по рядкам:

$\Sigma = g_1 + g_2 + \ldots + g_n$

3) Розраховуємо нормалізований вектор пріоритетів

Наступним кроком в обчисленнях є нормалізація отриманої таким чином колонки чисел шляхом поділу кожного з них на їх загальну суму (табл. 7.5)

Таблиця 7.5 – Приклад розрахунку нормалізованого вектора

Дослід-женння	***А***	***Б***	***С***	Оцінка компонент власного вектора за рядками	Розрахунок нормалізованого вектора
А	1	6	8	$g_1 = \sqrt[3]{1 \times 6 \times 8} = 3{,}634$	3,634 / 4,775 = 0,761
Б	1/6	1	3	$g_2 = \sqrt[3]{1/6 \times 1 \times 3} = 0{,}794$	0,794 / 4,775 = 0,166
С	1/8	1/3	1	$g_3 = \sqrt[3]{1/8 \times 1/3 \times 1} = 0{,}347$	0,347 / 4,775 = 0,073
Сума власних векторів по рядкам = 4,775					1

Ц означає, що по відношенню до критерію «дослідження» найкращою альтернативою є робота «А» (вага 0,761), а найгіршою – робота «В» (вага 0,073).

Аналогічно розраховуються усі інші отримані таблиці, включаючи і табл. 7.3.

7.2.4 Оцінка узгодженості даних в матриці парних порівнянь

Усі виміри, в тому числі й у приладах, мають погрішності вимірів, що може призвести до неузгоджених висновків. Відсутність погодженості може бути серйозним обмеженням при дослідженні деяких проблем.

1) Визначаємо індекс узгодженості (ІУ), який свідчить про ступінь відхилення суб'єктивних оцінок від узгодженості.

Якщо такі відхилення перевищують встановлені межі, тому хто проводить судження, потрібно їх перевірити.

Неузгодженість матриці парних порівнянь може бути викликана наступними 2 факторами: 1) особистими якостями експерта; 2) ступенем невизначеності об'єкта оцінки.

Тому при погано узгодженій матрицірекомендується: або замінити експертів; або знайти додаткові дані; або вирішити проблему іншим методом.

Така можливість є дуже серйозною перевагою MAI

$$ІУ = (\lambda_{max} - n) / (n - 1), \qquad (7.1)$$

де $\boldsymbol{\lambda_{max}}$ – найбільше власне значення матриці суджень (найбільше власне значення обернено симетричної матриці); $\boldsymbol{n}$ – число порівнюваних елементів.

Найбільше власне значення матриці суджень визначається за формулою:

$$\lambda_{max} = \Sigma_1 * w_1 + \Sigma_2 * w_2 + \ldots + \Sigma_n * w_n, \qquad (7.2)$$

де $\boldsymbol{\Sigma_n}$ – сума кожного стовпця матриці суджень;

$\boldsymbol{w_n}$ – компонента нормалізованого вектора пріоритетів.

Знаходимо суму кожного стовбця суджень матриці, потім суму по першому множимо на величину першої компоненти (елемента) нормалізованого вектора пріоритетів, суму по кожному стовбцю множимо на величину другої компоненти (елемента) нормалізованого вектора пріоритетів і т.д. Потім розраховуємо суму отриманих даних.

Для даних з табл. 7.5 розрахунки виконуються наступним чином:

$\lambda_{max} = (1+1/6+1/8) \times 0,761 + (6+1+1/3) \times 0,166 + (8+3+1) \times 0,073 = 3,076$

$ІУ = (3,076 - 3) / (3 - 1) = 0,038$

2) Розраховуємо відношення узгодженості (ВУ)

Треба порівняти індекс погодженості з тією величиною, яка була б отримана при випадковомсу виборі кількісних суджень.

Показник ВС характеризує погодженість безлічі суб'єктивних оцінок, отриманих способом парного порівняння і представлених у вигляді відносин переваги порівнюваних властивостей.

$$ВУ = (ІУ / SS) \times 100\%, \qquad (7.3)$$

де SS – випадкова узгодженість, тобто число, яке відповідає випадковій узгодженості матриці того порядку.

Таблиця7.6 – Значення середньої погодженості для випадкових матриць різного порядку

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова погодженість	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Якщо значення ВУ більше ніж 10% (як окремий випадок 20%), то вихідна інформація неприпустимо перекручена ОПР (суперечливість інформації вище норми). У цьому випадку прийняті рішення будуть характеризуватися великою

неточністю і дуже низькою якістю. Отже, потрібен перегляд вихідної інформації або залучення додаткових джерел її одержанні.

Розрахунок для наведеного прикладу:

ВУ = (0,038 / 0,58) × 100% = 6,55%

Отже, значення відношення узгодженості складає 6,55%, це менше 10%, тому можна стверджувати, що використані дані не суперечливі, тому їх можна використовувати у висновках.

Результати аналогічних розрахунків для всіх вихідних даних приведені в табл. 7.7. і табл. 7.8.

Таблиця 7.7 – Розрахунок показників для другого рівня

Задоволення роботою	*Дослід-ження*	*Ріст*	*Доход*	*Колеги*	*Місце*	*Репута-ція*	*Нормалізований вектор пріоритетів*
Дослідження	1	1/7	1/9	1/5	1/4	1/3	0,04
Ріст	7	1	1/3	3	3	5	0,24
Доход	9	3	1	5	6	7	0,42
Колеги	5	1/3	1/5	1	2	4	0,14
Місце	4	1/3	1/6	1/2	1	2	0,10
Репутація	3	1/5	1/7	1/4	1/2	1	0,06
λ_{max} *=7,006142*							
ІУ = 0,201228							
ВУ = 16 %							

Таблиця 7.8 – Результати розрахунку показників для третього рівня

Дослід-ження	***А***	***Б***	***С***	***Вектор пріори-тетів***	***Ріст***	***А***	***Б***	***С***	***Вектор пріори-тетів***
А	1	6	8	0,761	***А***	1	3	1/5	0,188
Б	1/6	1	3	0,166	***Б***	1/3	1	1/7	0,081
С	1/8	1/3	1	0,073	***С***	5	7	1	0,731
				λ_{max} *=3,076*					λ_{max} *=3,065*
				ІУ =0,038					*ІУ =0,032*
				ВУ =6,55%					*ВУ =5,59%*
Доход	***А***	***Б***	***С***		***Колеги***	***А***	***Б***	***С***	
А	1	1/5	1/2	0,117	***А***	1	5	4	0,674
Б	5	1	4	0,683	***Б***	1/5	1	1/3	0,101
С	2	1/4	1	0,199	***С***	1/4	3	1	0,225
				λ_{max} *=3,025*					λ_{max} *=3,086*
				ІУ = 0,012					*ІУ =0,043*
				ВУ =2,12 %					*ВУ =7,39%*
Місце	***А***	***Б***	***С***		***Репутація***	***А***	***Б***	***С***	
А	1	1/9	1/3	0,066	***А***	1	1/7	1/5	0,072
Б	9	1	7	0,785	***Б***	7	1	3	0,649
С	3	1/7	1	0,149	***С***	5	1/3	1	0,279
				λ_{max} *=3,08*					λ_{max} *=3,065*
				ІУ = 0,04					*ІУ =0,032*
				ВУ =6,92 %					*ВУ =5,59%*

3) Розрахунок глобальних векторів пріоритетів на основі принципа синтезу

Основним завданням МАІ є розрахунок глобальних пріоритетів альтернатив відносно всієї ієрархії.

Тому далі необхідно зважити нормалізовані вектори, отримані з матриць попарних порівнянь для елементів нижчого рівня, на пріоритети вищого рівня. Це досягається шляхом перемноження справа матриці нормалізованих векторів, розрахованих для кожного причинно-наслідкового зв'язка між елементами сусідніх рівнів, на вектор пріоритетів елементів вищого рівня.

У нас розраховані нормалізовані вектори пріоритеів по всім матрицям (табл. 7.9).

Таблиця 7.9 – Розрахунок глобальних векторів пріоритетів

	Дослід-ження (0,04)	Ріст (0,24)	Доходи (0,42)	Колеги (0,14)	Місце (0,10)	Репутація (0,06)	Узагальнені (глобальні) пріоритети
А	0,761	0,188	0,117	0,674	0,066	0,072	0,229
Б	0,166	0,081	0,683	0,101	0,785	0,649	0,445
С	0,073	0,731	0,199	0,225	0,149	0,279	0,325

Отже, за розрахунками найбільшу перевагу має робота Б, а найменшу – робота А.

Нагадаємо етапи методу аналізу ієрархій:

1) Окреслення та дослідження проблеми. Визначення глобальної мети.
2) Побудова ієрархії: від вершини (мети) через проміжні рівні (критерії) до нижнього рівня альтернатив.
3) Побудова множини матриць парних порівнянь. Матриця будується для глобальної мети і для кожного з елементів проміжних рівнів.
4) Розрахунок власних векторів і додаткових величин (відношення узгодженості) по кожній з матриць парних порівнянь.
5) Ієрархічний синтез (розрахунок глобальних пріоритетів альтернатив).

7.3 Порядок виконання завдання

7.3.1 Ознайомитись з теоретичними відомостями.

7.3.2 Аналогічно наведеному прикладу, обрати проблему, визначити глобальну мету, критерії її досягнення, приклади альтернатив, та провести розрахунки щодо рівня задоволення альтернатив глобальній меті.

7.3.3 Відповісти на контрольні запитання.

7.4 Оформлення і захист індивідуального завдання

У звіті про виконання відображається найменування практичного заняття, мета, виконується завдання згідно п.7.3.2.

При захисті індивідуального завдання слухач повинен надати письмовий звіт про виконання роботи, обґрунтуватипостановку мети, критеріїв, вміти пояснити сутність розрахунків і відповісти на контрольні запитання.

7.5 Контрольні запитання

1) В чому полягає сутність методу аналізу ієрархій?
2) Як знаходиться відносна важливість елементів?
3) В чому полягає властивість зворотної симетричності матриці парних порівнянь?
4) Навіщо визначати узгодженість даних матриці парних порівнянь?
5) За яким показником можна оцінити узгодженість матриці парних порівнянь? В яких межах він має знаходитись?
6) Перелічіть основні етапи методу аналізу ієрархій.

Рекомендована література

1. Бутко М.П. та інші. Системи і моделі: теорія, методологія, практика: Навч.посіб. – Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2007. – 380 с.
2. Згуровський М.З. Основи системного аналізу: Підручник / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова. – К.: BHV, 2007. – 543 с.
3. Катренко А.В. Системний аналіз об’єктів та процесів комп’ютеризації: Навчальний посібник. – Львів: „Новий світ – 2000”. – 424 с.
4. Катренко А.В. Системнийаналіз: Підручник. – Львів: „Новийсвіт – 2000”, 2009 – 396 с.
5. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системныйанализ. – М: Высшая школа, 1989 г.
6. Пономаренко О.І., Пономаренко В.О. Системні методи в економіці, менеджменті та бізнесі: Навч.посібник. К. – Либідь, 1995. – 240с.
7. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
8. Системныйанализ в экономике и организациипроизводства / С.А. Валуев, В.Н. Волкова и др. - Л.: Политехника, 1991. - 398 с.
9. Сорока К.О. Основи теорії систем і системного аналізу: навч. посібник / К. О. Сорока. – 2-ге вид., перероб. та випр. – Харків: Тимченко А.М., 2005. – 286 с.
10. Сурмин Ю.П. Теория систем и системныйанализ: Учеб. пособие. – К.: МАУП, 2003. – 368с.
11. Теория систем и модели системного анализа в управлении и святи / В.Н. Волкова, А.А. Денисов и др. - М.: Радио и связь, 1983. – 284 с.