

ЗМІСТ

ЛЕКЦІЯ 3. МЕТОДИ, ПІДХОДИ, МЕТОДИКИ ТА ЕТАПИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ	1
3.1 Класифікації методів системного аналізу.....	1
3.2 Основні підходи до дослідження систем.....	7
3.3 Огляд методик системного аналізу різних наукових шкіл.....	8
3.4 Етапи системного аналізу.....	13

Лекція 3. Методи, підходи, методика та етапи системного аналізу

Мета лекції: ознайомити з різними класифікаціями методів системного аналізу; вивчити основні підходи до дослідження складних систем; сформулювати у студентів уявлення про методика та етапи системного аналізу.

План лекції

- 3.1 Класифікації методів системного аналізу.
- 3.2 Основні підходи до дослідження систем.
- 3.3 Огляд методик системного аналізу різних наукових шкіл.
- 3.4 Етапи системного аналізу.

Перелік ключових термінів і понять з теми: класифікації методів системного аналізу; загальні, неформалізовані, формалізовані та слабо формалізовані методи; підходи до дослідження систем; методика системного аналізу (за Е.С.Квейдом, С.Оптнером, Ю.І.Черняком, Ф.Хансманом, Д.Джеферсом, В.В.Дружининим, Дж.Кліром); етапи системного дослідження проблеми у загальному вигляді; дерево аналізу проблеми.

3.1 Класифікації методів системного аналізу

Системний аналіз передбачає використання методів різних наук, за допомогою яких можна вирішити ту чи іншу задачу.

Однією з **основних задач системного аналізу** є вибір і розподіл найефективніших методів для базових функцій задач різних класів.

Системний аналіз є досить складним, трудомістким та об'ємним механізмом для покрокового дослідження, в ньому використовується багато різних методів для вирішення великої різноманітності задач.

Різні автори використовують різні підходи до класифікації методів [1,3].

Так, **Ю. Черняк методи системного аналізу поділяє на чотири групи:**

- *неформальні методи* (полягають у використанні суджень, інтуїції та досвіду експертів без строгої математичної формалізації і використовуються на етапах постановки проблеми та якісного аналізу у випадках, коли проблема є слабо структурованою або неструктурованою);
- *графічні методи* (полягають у візуальному представленні структур, процесів та взаємозв'язків у вигляді графіків, схем, діаграм, дерев і використовуються для наочного відображення інформації, полегшення сприйняття складних систем та комунікації результатів аналізу);
- *кількісні методи* (полягають у застосуванні математичного апарату для отримання числових оцінок та рішень і використовуються для точного аналізу, оптимізації та прогнозування у випадках, коли можлива формалізація проблеми та є достатньо кількісних даних);

- *методи моделювання* (полягають у створенні спрощених аналогів реальних систем для їх дослідження та експериментування і використовуються для вивчення поведінки систем, передбачення наслідків рішень та оптимізації параметрів у випадках, коли експерименти з реальними об'єктами неможливі або недоцільні).

А. Ігнат'єва й М. Максимцев пропонують класифікацію методів, розділяючи їх на три основні групи:

- *методи, засновані на використанні знань і інтуїції фахівців* (полягають у залученні досвіду, суджень та неявних знань експертів для аналізу та прийняття рішень і використовуються у випадках невизначеності, відсутності достатніх даних або необхідності врахування складних якісних факторів, які важко формалізувати);
- *методи формалізованого подання систем* (полягають у відображенні систем за допомогою математичних, логічних або графічних моделей з чіткою структурою та правилами і використовуються для точного опису систем, проведення обчислень та отримання об'єктивних результатів у випадках, коли система піддається формалізації);
- *комплексні методи* (полягають у поєднанні формалізованих і неформалізованих підходів для всебічного дослідження систем і використовуються для вирішення складних багатоаспектних проблем у випадках, коли потрібна інтеграція різних методів та видів інформації).

Ю. П. Сурміним запропоновано наступну класифікацію методів системного аналізу:

1. Класифікація за типом знання:

- *філософські методи* (полягають у застосуванні загальних світоглядних принципів пізнання і використовуються для формування методологічної основи дослідження та розуміння найзагальніших закономірностей систем), до яких, наприклад, відносяться:
 - *діалектичний метод* (розглядає явища у розвитку, взаємозв'язку та суперечностях);
 - *метафізичний метод* (аналізує явища у статиці);
- *загальнонаукові методи* (полягають у застосуванні універсальних підходів, які є спільними для різних наук, і використовуються на всіх рівнях наукового пізнання для дослідження об'єктів різної природи), до яких, наприклад, відносяться:
 - експертні методи;
 - методи теорії систем;
 - системний метод;
 - структурно-функціональний метод;
 - моделювання;
 - формалізація;
- *специфічно-наукові методи* (наприклад, методи моделювання систем певної області знань) – використовуються для дослідження систем певної предметної області з урахуванням її специфіки;

- *дисциплінарні методи* (математичні, лінгвістичні й т. ін.) – полягають у застосуванні методів окремих дисциплін, що входять у певну галузь науки, і використовуються для розв'язання специфічних задач у рамках відповідної дисципліни.
2. Класифікація за способом реалізації:
- *інтуїтивні методи* («мозкова атака», метод сценаріїв, інші експертні методи) – полягають у використанні творчого мислення, уяви та несвідомих процесів і використовуються у випадках, коли проблема є новою, нестандартною або коли формалізовані підходи неефективні;
 - *наукові методи* (аналіз, класифікація, системне моделювання, методи логіки й теорії множин і т. ін.) – полягають у застосуванні логічно обґрунтованих, систематичних процедур і використовуються для отримання об'єктивних, перевірених результатів на основі раціонального підходу.
3. Класифікація за виконуваними функціями:
- *методи одержання інформації* (системне спостереження, опис, експертні методи, ігрові методи й т. ін.) – полягають у збиранні первинних даних про систему і використовуються на початкових етапах дослідження для формування інформаційної бази аналізу;
 - *методи подання інформації* (угруповання, класифікація й т. ін.) – полягають в організації та структуруванні зібраних даних і використовуються для систематизації інформації та підготовки її до аналізу;
 - *методи аналізу інформації* (класифікація, узагальнення, методи аналізу інформаційних систем і т. ін.) – полягають у вивченні, інтерпретації та узагальненні даних і використовуються для виявлення закономірностей, формування висновків та підготовки рішень.
4. Класифікація за рівнем знання:
- *теоретичні методи* (аналіз, синтез, теоретизація й т. ін.) – полягають у розумовій діяльності для встановлення загальних закономірностей і використовуються для побудови концепцій, теорій та пояснювальних моделей систем;
 - *емпіричні методи* (ігрові методи, морфологічні методи, експертні методи й т. ін.) – полягають у безпосередньому дослідженні об'єктів і використовуються для отримання фактичних даних про властивості та поведінку систем.
5. Класифікація за формою подання знання:
- *якісні методи* (метод сценаріїв, морфологічні методи і т.ін.) – полягають у використанні описових, нечислових (якісних) характеристик об'єктів і використовуються у випадках, коли властивості системи не можуть бути виміряні чисельно або коли важливими є змістовні аспекти проблеми;

- *кількісні методи* (метод «Дельфі», статистичні методи, методи теорії графів, комбінаторики, кібернетики, логіки, теорії множин, лінгвістики, дослідження операцій, семіотики, топології й т.ін.) – полягають у застосуванні математичного апарату для числового виразу властивостей систем і використовуються для точних вимірювань, обчислень та формалізованого представлення результатів аналізу.

Візьмемо за основу ще одну, найбільш часто використовувану, класифікацію та розширимо її.

Згідно до неї, у системному аналізі виділяють **4 групи методів**:

1) **загальні методи**, до яких належать:

- *методи теорії систем* (полягають у застосуванні фундаментальних принципів системності: цілісності, ієрархічності, емерджентності, структурності та використовуються на всіх етапах системного аналізу для формування системного мислення і визначення властивостей та закономірностей систем як теоретична основа всього системного дослідження);
- *методи декомпозиції складних систем* (полягають у поділі складної системи на простіші, зрозуміліші підсистеми та елементи і використовуються для полегшення аналізу великих складних об'єктів на початкових етапах системного аналізу, коли потрібно структурувати проблемну область та перейти від загального до конкретного зі збереженням зв'язків між елементами);
- *методи відкриття «чорних скриньок»* (полягають у дослідженні системи через аналіз її вхідних та вихідних сигналів без розкриття внутрішньої структури і використовуються у випадках, коли внутрішня будова системи невідома або надто складна для безпосереднього вивчення, а також при емпіричній ідентифікації поведінки системи через спостереження її реакції на різні вхідні впливи);

2) **неформалізовані методи**, які використовуються для вирішення переважно неструктурованих та слабо структурованих проблем на якісному рівні та переважно на перших етапах системного аналізу:

- *експертні методи* або *методи експертних оцінок* (спираються на інтуїцію та досвід експертів для вирішення складних, неструктурованих та погано структурованих проблем, коли бракує точних (кількісно-вимірних) даних), до яких, наприклад, відносяться:
 - *метод сценаріїв* (полягає в описі можливих варіантів розвитку подій у майбутньому у формі логічної послідовності кроків або ситуацій і використовується для стратегічного планування, аналізу ризиків та прогнозування в умовах невизначеності, коли потрібно врахувати якісні фактори та експертні судження при оцінці альтернативних шляхів розвитку);

- *морфологічний метод* (полягає в систематичному дослідженні всіх теоретично можливих варіантів розв'язання проблеми шляхом комбінування виділених елементів або параметрів у морфологічній таблиці і використовується для генерації нових ідей та рішень, пошуку альтернативних варіантів та розробки інновацій у випадках аналізу багатопараметричних проблем);
 - *колективна генерація ідей* (полягає в творчому груповому обговоренні проблеми з метою генерування максимальної кількості ідей за короткий час без критики у два етапи: спочатку вільна генерація ідей, потім їх аналіз і відбір, і використовується для пошуку нестандартних рішень та подолання стереотипів мислення на початкових етапах проектування, коли потрібне вирішення творчих завдань);
 - *метод Дельфі* (полягає в багаторівневому анонімному опитуванні експертів із зворотним зв'язком для досягнення консенсусу і використовується для довгострокового прогнозування та оцінки складних проблем у випадках, коли немає об'єктивних даних, при цьому виключається взаємний вплив експертів та знижується конформізм);
 - *метод експертних комісій* (полягає в колективному обговоренні проблеми експертами з виробленням спільного рішення для прийняття стратегічних рішень та оцінки проектів);
 - *методи анкетування* (полягають у зборі індивідуальних думок експертів через структуровані опитувальники і використовуються для масових опитувань та збору первинної інформації);
 - *метод дерева цілей* (полягає в ієрархічній структуризації цілей від загальних до конкретних завдань у вигляді деревоподібної схеми, де кожна ціль вищого рівня розкладається на підцілі нижчого рівня, і використовується для стратегічного планування, декомпозиції складних цілей, визначення шляхів досягнення мети та управління проектами, коли потрібно забезпечити зв'язок цілей з ресурсами);
 - *методи та засоби штучного інтелекту* (полягають у використанні експертних систем, нейронних мереж, машинного навчання для аналізу та прийняття рішень завдяки здатності навчатися на основі даних та відтворювати експертні знання);
- 3) **формалізовані методи**, які слугують інструментом для вирішення переважно структурованих проблем на завершальному етапі системного аналізу:
- *методи дослідження операцій* (полягають у застосуванні математичних методів оптимізації рішень (лінійне та нелінійне програмування, теорія ігор, динамічне програмування і ін.), і використовуються для оптимізації ресурсів, планування виробництва, розв'язання логістичних та транспортних задач, управління запасами у випадках, коли можлива чітка формалізація цільової функції та обмежень для отримання точних кількісних результатів);

- *мережевий метод* (полягає в графічному представленні комплексу робіт та їх взаємозв'язків у часі у вигляді мережевого графіка з використанням методів PERT, СРМ і використовується для планування та управління проектами, оптимізації термінів виконання робіт, виявлення критичного шляху та ресурсного планування, коли потрібно визначити резерви часу та критичні роботи);
 - *статистичні методи* (полягають у застосуванні методів збору, обробки та аналізу кількісних даних, включаючи кореляційний, регресійний, дисперсійний та факторний аналіз, і використовуються для обробки експериментальних даних, виявлення закономірностей та залежностей, прогнозування на основі історичних даних та перевірки гіпотез у випадках, коли є репрезентативні вибірки даних та можливе застосування теорії ймовірностей);
 - *логіко-лінгвістичні методи* (полягають у формалізації якісної інформації за допомогою математичної логіки та лінгвістичних змінних і використовуються для роботи з нечіткою інформацією, моделювання міркувань експертів, створення систем з природомовним інтерфейсом та аналізу текстових документів у випадках, коли потрібно працювати з якісними оцінками типу «високий», «середній», «низький»);
- 4) ***слабо формалізовані методи***, які поєднують елементи якісного (експертного) та кількісного (математичного) аналізу, використовуючи їх для уточнення та розвитку формальних моделей):
- *методи експертних вимірювань*, до яких, наприклад, відносяться:
 - *методи ранжування* (полягають у впорядкуванні об'єктів (критеріїв, сайтів, альтернатив) за зростанням або спаданням їх значущості чи переваги, спираючись на думки експертів або алгоритми машинного навчання, щоб визначити їх відносний порядок; використовуються, якщо виправданими є лише якісні оцінки об'єктів за деякими якісними ознаками), до яких, наприклад, відносяться:
 - *просте ранжування* (полягає в тому, що експерти розташовують об'єкти ранжування (наприклад, критерії) послідовно, в порядку зниження їх значущості);
 - *безпосередньої оцінки* (полягає в присвоєнні експертами оцінюваним об'єктам (альтернативам, критеріям, факторам) балів в заданому інтервалі (наприклад, 0-10), виходячи з їх переваг або значущості, з наступним їх перетворюванням на ранги, за якими проводиться впорядкування об'єктів за переважністю або значущістю);
 - *парних порівнянь* (полягає в проведенні зіставлення певного досліджуваного фактору (ознаки, параметра, напряму розвитку тощо) з усіма іншими, що дає уявлення про загальну досліджувану картину або ситуацію);
 - *метод Черчмена-Акоффа (метод послідовних порівнянь)*;

- «навчання ранжуванню» (полягає в використанні моделей машинного навчання, які створюють списки, схожі до заданих рейтингів);
 - *метод Терстоуна*;
 - *метод фон Неймана-Моргенштерна*;
 - *метод аналізу ієрархії*;
- *методи структурування альтернатив*, до яких, наприклад, відносяться:
 - *метод рядкових сум* (полягає в порівнянні альтернатив через побудову матриці парних порівнянь та підрахунок суми балів і використовується для ранжування варіантів при багатокритеріальному виборі);
 - *метод побудови єдиної порядкової шкали* (полягає у формуванні загального рейтингу альтернатив на основі їх оцінок за різними критеріями і використовується для зведення різнорідних оцінок до єдиної шкали);
 - *методи ELECTRE* (полягають у багатокритеріальному аналізі на основі відношень переваги та узгодженості і використовуються для вибору, ранжування та класифікації складних альтернатив у випадках, коли критерії конфліктують між собою);
- *методи вибору альтернатив та компромісних рішень* (полягають у застосуванні формалізованих процедур вибору найкращої альтернативи або компромісу при конфліктуючих критеріях та використовуються для прийняття рішень та узгодження інтересів різних груп у випадках, коли потрібно врахувати як об'єктивні дані, так і суб'єктивні переваги осіб, що приймають рішення), до яких, наприклад, відносять: метод аналізу ієрархій, метод зважених критеріїв, Парето-оптимізацію, метод ідеальної точки.

3.2 Основні підходи до дослідження систем

Центральним поняттям системного аналізу є поняття «система», оскільки саме *система* (сукупність взаємопов'язаних елементів, що утворюють єдине ціле) є основним об'єктом дослідження для цієї методології, а *системний підхід* розглядає будь-який об'єкт як систему для розуміння його цілісності, структури та функцій.

Основні підходи до дослідження систем у системному аналізі, які ґрунтуються на аналізі великих даних, операційних дослідженнях, і стосуються як загальної теорії систем, так і конкретних методів розв'язання складних проблем, включають [4, 5]:

- *системний підхід* – розглядає об'єкт як цілісну сукупність взаємопов'язаних елементів (підсистем), які взаємодіють між собою та з навколишнім середовищем, а не як простий набір частин. Ключові принципи: цілісність, ієрархічність, взаємозв'язок, емерджентність;

- *ієрархічний підхід* – передбачає розгляд системи як структурованої множини рівнів, де елементи нижчого рівня об'єднуються у вищі рівні, а сама система може бути підсистемою ще вищого рівня;
- *структуралістський підхід* – фокусується на вивченні структури системи, її компонентів, зв'язків між ними та організації, в основу якого покладено вивчення структурних характеристик системи, що описують її поведінку при цьому не розглядаються такі функції системи як лінійність, стаціонарність, гладкість. Великий внесок у розвиток цієї теорії внесли такі учені як Норберт Вінер, Уільям Рос Ешби, Клод Шеннон, Дж. Клір та ін.;
- *функціональний аналіз* – досліджує функції, які виконує система, її призначення та процеси, що в ній відбуваються;
- *моделювання* – здійснює створення спрощених копій (моделей) реальних систем для їх вивчення, аналізу та прогнозування поведінки;
- *прийняття рішень* – комплекс методів для розробки та вибору оптимальних рішень у складних ситуаціях, часто із застосуванням математичних методів, аналізу даних та операційних досліджень.

Виділені підходи застосовуються комплексно для глибокого розуміння складних систем, від технічних до соціальних, і є основою системного аналізу.

3.3 Огляд методик системного аналізу різних наукових шкіл

Наведемо декілька методик системного аналізу, які ілюструють основні закономірності системного аналізу з різних наукових шкіл [1-3, 6].

Методика системного аналізу за Е. С. Квейдом.

Аналіз систем проводиться зазвичай в наступній послідовності:

- *постановка задачі* – є найважливішим елементом аналізу систем і включає формулювання сутності проблеми, меж дослідження, вихідних даних та виявлення цілей;
- *вибір альтернативних шляхів розв'язання задачі* – полягає у перерахуванні тих альтернатив (засобів), які з попередніх міркувань можуть бути використані для розв'язання поставленої задачі. У процесі дослідження відбувається відсів деяких альтернатив та включення нових;
- *дослідження ресурсів, що витрачаються на розв'язання задачі* – представляє етап досліджень, у якому визначаються матеріальні ресурси і їх вартісні вирази, необхідні для розв'язання задачі;
- *складання моделі* – етап дослідження, на якому розробляється деякий аналог реального процесу шляхом врахування найбільш суттєвих факторів математичними залежностями (аналітичні моделі), за допомогою комп'ютерів (машинні моделі) або за допомогою спеціальних ігор (ігрові моделі);
- *вибір критеріїв оцінки* – є важливим етапом аналізу систем і полягає у зазначенні кількісної величини (критерію), за числовим значенням якої можна судити про успішність розв'язання задачі;

- порівняння альтернатив та прийняття рішення – останній етап аналізу, на якому порівнюються засоби розв'язання поставленої задачі за обраним критерієм.

Етапи методики системного аналізу вирішення ділових та промислових проблем за С. Оптнером:

- 1) ідентифікація симптомів;
- 2) визначення актуальності проблеми;
- 3) визначення мети;
- 4) аналіз структури системи та її дефектних елементів;
- 5) визначення структури повноважень;
- 6) знаходження альтернатив;
- 7) оцінка альтернатив;
- 8) вибір альтернативи;
- 9) упорядкування рішення;
- 10) визнання рішення колективом виконавців та керівників;
- 11) запуск процесу реалізації рішення;
- 12) управління процесом реалізації рішення;
- 13) оцінка реалізації та її наслідків.

Послідовність етапів системного аналізу за Ю. І. Черняком:

- 1) аналіз проблеми;
- 2) визначення системи;
- 3) аналіз структури системи;
- 4) формулювання загальної мети та критерію системи;
- 5) декомпозиція мети виявлення потреби про ресурси та процеси;
- 6) виявлення ресурсів та процесів, композиція цілей;
- 7) прогноз та аналіз майбутніх умов;
- 8) оцінка цілей та коштів;
- 9) вибір варіантів;
- 10) діагноз існуючої системи;
- 11) побудова комплексної програми розвитку;
- 12) проектування організації задля досягнення цілей.

У кожному конкретному випадку етапи системного аналізу мають різну питому вагу в загальному робіт за часовими, витратними й інтелектуальними показниками. До того ж дуже часто важко провести чіткі межі і вказати, де закінчується один етап і починається наступний.

Розглянемо більш детально зміст етапів системного аналізу за **Ю. І. Черняком**, який виділяє в процесі системного аналізу наведених вище 12 етапів і розділяє їх на підетапи із відповідними їм науковими інструментами.

1 етап. Аналіз проблеми:

- 1) виявлення проблеми;
- 2) точне формулювання проблеми;
- 3) аналіз логічної структури проблеми;
- 4) аналіз розвитку проблеми (у минулому та майбутньому);
- 5) визначення зовнішніх зв'язків проблеми (з іншими проблемами);
- 6) виявлення принципової можливості розв'язання проблеми.

Методи: сценаріїв, діагностичний, «дерева цілей», економічного аналізу.

2 етап. *Визначення системи:*

- 1) специфікація задачі;
- 2) визначення позиції спостерігача;
- 3) визначення об'єкта;
- 4) виділення елементів (визначення меж розбиття системи);
- 5) визначення підсистем;
- 6) визначення середовища.

Методи: матричні, кібернетичні моделі.

3 етап. *Аналіз структури систем:*

- 1) визначення рівнів ієрархії;
- 2) визначення аспектів і мов;
- 3) визначення процесів і функцій;
- 4) визначення та специфікація процесів керування та каналів інформації;
- 5) специфікація підсистем;
- 6) специфікація процесів, функцій поточної діяльності (рутинних) і розвитку (цільових).

Методи: діагностичні, матричні, мережеві, морфологічні, кібернетичні моделі.

4 етап. *Формулювання загальної мети та критерію системи:*

- 1) визначення цілей і вимог надсистеми;
- 2) визначення цілей і обмежень середовища;
- 3) формулювання загальної мети;
- 4) визначення критерію;
- 5) декомпозиція цілей і критеріїв за підсистемами;
- 6) композиція загального критерію з критеріїв підсистем.

Методи: експертних оцінок («Дельфі»), «дерева цілей», економічного аналізу, морфологічний, кібернетичні моделі, нормативні операційні моделі (оптимізаційні, імітаційні, ігрові).

5 етап. *Декомпозиція мети, виявлення потреб у ресурсах і процесах:*

- 1) формулювання цілей верхнього рівня;
- 2) формулювання цілей поточних процесів;
- 3) формулювання цілей ефективності;
- 4) формулювання цілей розвитку;
- 5) формулювання зовнішніх цілей і обмежень;
- 6) виявлення потреб у ресурсах і процесах.

Методи: «дерева цілей», мережеві, описові моделі, моделювання.

6 етап. *Виявлення ресурсів і процесів, композиція цілей:*

- 1) оцінка наявних технологій і потужностей;
- 2) оцінка сучасного стану ресурсів;
- 3) оцінка реалізованих і запланованих проектів;
- 4) оцінка можливостей взаємодії з іншими системами;

- 5) оцінка соціальних факторів;
- 6) композиція цілей.

Методи: експертних оцінок («Дельфі»), «дерева цілей», економічного аналізу.

7 етап. *Прогноз і аналіз майбутніх умов:*

- 1) аналіз стійких тенденцій розвитку системи;
- 2) прогноз розвитку та зміни середовища;
- 3) передбачення появи нових факторів, що чинять значний вплив на розвиток системи;
- 4) аналіз ресурсів майбутнього;
- 5) комплексний аналіз взаємодії факторів майбутнього розвитку;
- 6) аналіз можливих змін цілей і критеріїв.

Методи: сценаріїв, експертних оцінок («Дельфі»), «дерева цілей», мережеві, економічного аналізу, статистичний, описові моделі.

8 етап. *Оцінка цілей і засобів:*

- 1) обчислення оцінок за критерієм;
- 2) оцінка взаємозалежностей цілей;
- 3) оцінка відносної важливості цілей;
- 4) оцінка дефіцитності та вартості ресурсів;
- 5) оцінка впливу зовнішніх факторів;
- 6) обчислення комплексних розрахункових оцінок.

Методи: експертних оцінок («Дельфі»), економічного аналізу, морфологічний метод.

9 етап. *Вибір варіантів:*

- 1) аналіз цілей з погляду сумісності та входження;
- 2) перевірка цілей на повноту;
- 3) відсікання надлишкових цілей;
- 4) планування варіантів досягнення окремих цілей;
- 5) оцінка та порівняння варіантів;
- 6) поєднання комплексу взаємозалежних варіантів.

Методи: «дерева цілей», матричні, економічного аналізу, морфологічний.

10 етап. *Діагностика системи:*

- 1) моделювання технологічного й економічного процесів;
- 2) розрахунок потенційної та фактичної потужностей;
- 3) аналіз втрат потужності;
- 4) виявлення недоліків організації виробництва й керування;
- 5) виявлення й аналіз заходів щодо вдосконалення.

Методи: діагностичні, матричні, економічного аналізу, кібернетичні моделі.

11 етап. *Побудова комплексної програми розвитку:*

- 1) формулювання заходів, проектів і програм;
- 2) визначення черговості досягнення цілей і вжиття відповідних заходів;

- 3) розподіл сфер діяльності;
- 4) розподіл сфер компетенції;
- 5) розробка комплексного плану заходів з урахуванням обмежень щодо ресурсів у часі;
- 6) розподіл обов'язків між відповідальними організаціями, керівниками та виконавцями.

Методи: матричні, мережеві, економічного аналізу, описові моделі, нормативні операційні моделі.

12 етап. Проектування організації для досягнення цілей:

- 1) визначення цілей організації;
- 2) формулювання функцій організації;
- 3) проектування організаційної структури;
- 4) проектування інформаційних механізмів;
- 5) проектування механізмів роботи;
- 6) проектування механізмів матеріального та морального стимулювання.

Методи: діагностичні, «дерева цілей», матричні, мережеві, кібернетичні моделі.

Методика системного аналізу за Ф. Хансманом включає наступні етапи:

- 1) загальна орієнтація в проблемі (ескізна постановка проблеми);
- 2) вибір відповідних критеріїв;
- 3) формування альтернативних рішень;
- 4) виділення істотних факторів зовнішнього середовища;
- 5) побудова моделі та її перевірка;
- 6) оцінка і прогноз параметрів моделі;
- 7) отримання інформації на основі моделі;
- 8) підготовка до вибору рішення;
- 9) реалізація та контроль.

Методика системного аналізу за Д. Джеферсом включає такі етапи:

- 1) вибір проблеми;
- 2) постановка задачі та обмеження ступеня її складності;
- 3) встановлення ієрархії, цілей і задач;
- 4) вибір шляхів розв'язання задачі;
- 5) моделювання;
- 6) оцінка можливих стратегій;
- 7) впровадження результатів.

Методика системного аналізу за В. В. Дружининим включає такі етапи:

- 1) виділення проблеми;
- 2) опис;
- 3) встановлення критеріїв;
- 4) ідеалізація (граничне спрощення, спроба побудови моделі);
- 5) декомпозиція (розбивка та знаходження рішень по частинах);
- 6) композиція («склеювання» частин разом);
- 7) прийняття найкращого рішення.

Методика системного аналізу за Дж. Кліром включає наступні етапи:

1 етап. *Аналіз проблеми:*

- 1) виявлення проблеми;
- 2) точне формулювання проблеми;
- 3) аналіз логічної структури проблеми;
- 4) аналіз розвитку проблеми (в минулому та майбутньому);
- 5) визначення зовнішніх зв'язків проблеми (з іншими проблемами).

Методи: сценаріїв, експертні, «дерева цілей», кібернетичні моделі.

2 етап. *Визначення системи:*

- 1) специфікація задачі;
- 2) визначення позиції спостерігача;
- 3) визначення вихідної системи (системної задачі);
- 4) аналіз системи;
 - виділення елементів (визначення меж розбиття системи);
 - визначення підсистем;
 - визначення середовища;

Методи: експертні, кібернетичні моделі.

3 етап. *Побудова системи даних* (заповнюється або чіткими (або нечіткими) даними про об'єкт дослідження).

Методи: формальні.

4 етап. *Побудова множини математичних моделей систем.*

Методи: ймовірнісні.

5 етап. *Визначення множини оптимальних математичних моделей систем.*

Методи: мір нечіткостей, оптимізаційні.

6 етап. *Синтез моделей систем.*

Методи: формальні, багатокритеріальної оптимізації.

7 етап. *Інтерпретація отриманих результатів.*

Методи: описові.

Отже, кожному систему досліджують із застосуванням потрібних методів і операцій системного аналізу (як формальних, зокрема із застосуванням математичних методів і обчислювальної техніки, так і евристичних), а їх послідовність визначає системний аналітик, який веде дослідження. Багато в чому ця послідовність має індивідуальний, пристосований до конкретного випадку характер.

3.4 Етапи системного аналізу

Викладені в Лекції 1 основні поняття та категорії системного аналізу є основою для складання методики системного аналізу (алгоритму системної діяльності), відповідно до якої має здійснюватися перехід зі стану проблемної ситуації до стану бажаної кінцевої мети – вирішення проблеми або створення

системи [1, 3]. При цьому такий перехід має здійснюватися системно, упорядковано, шляхом послідовного виконання певних кроків (етапів).

З аналізу наведених у п. 3.4 методик системного аналізу випливає, що вони зазвичай базуються на конструктивних визначеннях системи.

Звернемося до визначення системи, запропонованого В. М. Саратовським*. Згідно до нього, логічна послідовність «проблемна ситуація – мета – функція – структура – зовнішні умови» є моделлю укрупнених етапів методики системного аналізу (рис. 3.1).

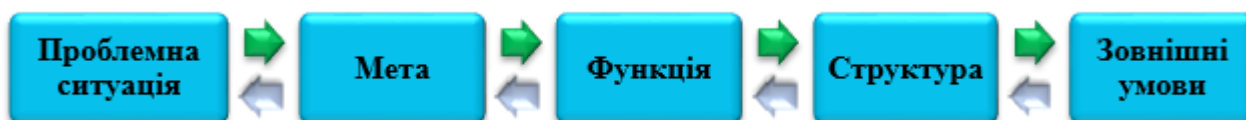


Рисунок 3.1 – Укрупнені етапи системного аналізу

На рис. 3.1 зображено послідовність створення системи (блакитні стрілки) та функціонування системи з визначення проблемної ситуації (зелені стрілки). Для ефективного застосування цієї моделі методики системного аналізу потрібно представляти кожен укрупнений етап лише на рівні «чорної скриньки», класифікувати за складом і структурою, тобто, описати деякою мовою.

Системний аналіз передбачає розробку системного методу вирішення проблеми, тобто логічно і процедурно організовану послідовність операцій, спрямованих на вибір кращої альтернативи рішення. Системний аналіз реалізується практично в кілька етапів, проте відносно їх числа і змісту поки що немає єдності, тому що існує велика різноманітність прикладних проблем.

У міру розвитку системних досліджень ставало все більш очевидним, що в даний час йдеться не про затвердження якоїсь єдиної концепції, що претендує на загальнонаукове значення, а про напрям дослідницької діяльності, створення нової системи принципів наукового мислення, про формування нового підходу до об'єктів дослідження. Загальна сторона такої концепції полягає у виділенні та фіксації «системної дійсності», яка розглядаються як сукупність різних моделей та способів опису систем різного роду.

Будувати концепції на цій основі можна різними шляхами:

- виявленням ізоморфізмів (подібних за формою) законів у різних наукових галузях та побудовою на цій основі узагальнених наукових моделей;
- розбиттям досліджуваної наукової дійсності на ряд пов'язаних один з одним (по горизонталі або вертикалі) системних сфер, які іноді називають *структурними рівнями*.

* За визначенням В. М. Саратовського під *системою* розуміється «кінцева множина функціональних елементів і відношень з-поміж них, виділена з середовища відповідно до певної мети в межах певного часового інтервалу», тобто

$$S \underset{def}{=} \langle A, R, Z, T \rangle,$$

де A – множина елементів; R – множина відношень; Z – множина (структура) цілей; T – час

Найбільш перспективними на нинішньому рівні розвитку виявляються спроби побудови теоретичних моделей окремих типів системних об'єктів. Вагомий внесок у вирішенні цієї задачі внесли [1, 3-7, 16]: Л. фон Берталанфі – модель відкритої системи; У. Росс Ешбі – методи та важливі можливості дослідження, засновані на підході до об'єкта як «чорної скриньки»; Р. Акоффа – моделі організації; Дж. Кліра – способи кібернетичного дослідження систем; М. Месаровича – моделі багаторівневих багатоцільових систем.

З аналізу методик системного аналізу випливає, що основною операцією системного аналізу є поділ цілого на частини: задача поділяється на підзадачі, система на підсистеми, цілі на під цілі і т. д. Можливим також є повторення цих процесів, яке призводить до ієрархічних деревоподібних структур. Зазвичай операцію декомпозиції виконує експерт (системний аналітик). Різні експерти виконують аналіз одного й того самого об'єкта по-різному.

У більшості випадків практичного застосування системного аналізу для дослідження властивостей і подальшого керування системою різні дослідники виділяють основні етапи в залежності від предметної області, до якої належить об'єкт дослідження. Найбільш укрупнені етапи системного аналізу вже представлені на рис. 3.1.

Отже, методики, що реалізують принципи системного аналізу за конкретних умов, спрямовані на формалізацію процесу дослідження системи, процесу постановки та розв'язання проблеми.

Методика системного аналізу розробляється та використовується тоді, коли досліднику бракує інформації про систему, яка б дала можливість обрати адекватний метод формального подання системи (або розв'язання проблеми).

Загальним для всіх методик системного аналізу є формування варіантів подання системи (процесу розв'язання задачі) та вибір кращого варіанта. На кожній стадії дослідження, від інтуїтивної постановки проблеми до вибору оптимальних рішень за допомогою строгих математичних методів, використовуються різноманітні наукові методи і прийоми, які складаються з неоднакової кількості етапів аналізу, зміст яких залежить від складності розв'язуваних задач.

У загальному вигляді *системне дослідження проблеми складається з наступних етапів:*

- формулювання проблеми;
- виявлення цілей;
- визначення системи;
- аналіз структури системи;
- формулювання загальної мети і критерію системи;
- декомпозиція мети, виявлення потреби в ресурсах;
- виявлення наявних ресурсів для досягнення цілей, композиція цілей;
- оцінювання цілей і засобів;
- генерація альтернатив та сценаріїв, вибір та реалізація варіантів.

Розглянемо детальніше принципіву *послідовність етапів системного аналізу* (починаючи з моменту постановки проблеми) та *методи дослідження*, що найчастіше застосовуються на практиці.

На першому етапі системне дослідження довільної проблеми починається з формулювання та опису проблемної ситуації. Попереднє формулювання проблеми є досить наближеним та може істотно відрізнятись від того, яким насправді має бути робочий варіант сформульованої проблеми. Формулювання проблеми здійснюється на вербальному рівні і, як правило, є досить розпливчастим. Однак для конкретизації формулювання проблеми із застосуванням методики системного аналізу необхідно провести аналіз проблеми, який включає наступний зміст виконуваних робіт: точне формулювання проблеми, аналіз логічної структури проблеми, розвиток проблеми (у минулому і в майбутньому), зовнішні зв'язки проблеми (з іншими проблемами), принципова можливість розв'язання проблеми.

Зауважимо, що до довільної проблеми необхідно відноситись не як до ізольованої, а як до комплексу взаємопов'язаних проблем. Тому після виявлення проблеми необхідно здійснити її розширення до проблематики, тобто виявити інші проблеми, які пов'язані з досліджуваною та без врахування яких вона не може бути розв'язана. Для виявлення та структуризації важких для розуміння та нечітко сформульованих проблем, які характеризуються великою кількістю та складним характером взаємозв'язків, застосовується *дерево аналізу проблеми*.

Дерево проблеми, як правило, включає такі основні компоненти:

- «що необхідно дослідити та розробити?»;
- «з яких елементів складається система?»;
- «що має вирішити поставлена задача?»;
- «як система функціонує?»;
- «як система взаємодіє з іншими системами?».

Для розширення проблеми необхідно розглядати як над-, так і підсистеми відносно системи, для якої сформульовано вихідну проблему, з метою виявлення основних факторів, які впливають на досліджувані процеси або систему, а також з метою визначення відношень між ними.

Зауважимо, що перший етап системного дослідження проблеми є найважливішим, оскільки правильне розв'язання довільної проблеми залежить передусім від того, наскільки правильно з'ясовано, у чому насправді вона полягає й у чому полягає її складність. Для розширення проблематики при аналізі систем визначають перелік зацікавлених сторін, до яких відносять: замовника; осіб, які приймають рішення; учасників (як активних – тих, чії дії необхідні для розв'язання проблеми, так і пасивних – тих, на кому позначаються наслідки); системних аналітиків (для мінімізації їхнього впливу на інших зацікавлених осіб). Кожна з зацікавлених сторін має своє бачення проблеми та своє ставлення до неї.

Формування проблематики полягає у визначенні того, які зміни і чому бажає внести кожна з зацікавлених сторін.

На другому етапі системного дослідження проблеми потрібно визначити цілі, оскільки як формалізовані, так і слабо структуровані проблеми необхідно звести до такого вигляду, коли вони стають задачами відшукування відповідних засобів для досягнення заданих цілей. Коли йдеться про цілі, то слід з'ясувати,

чого ми насправді бажаємо. Існує небезпека підміни цілей засобами, якщо суб'єкт, цілі якого необхідно виявити, сам їх чітко не усвідомлює.

Третім етапом методології системного аналізу є визначення системи, що включає: формулювання задачі, виходячи з проблеми; визначення позиції спостерігача; визначення об'єкта дослідження; виділення елементів (визначення меж поділу системи); визначення зовнішнього середовища.

На четвертому етапі методології системного аналізу проводиться аналіз структури системи, який включає: визначення рівнів ієрархії, виділення підсистем, визначення функціональних і структурних зв'язків.

П'ятий етап методології системного аналізу – це формулювання загальної мети і критерію системи. На цьому етапі проводиться визначення цілей – вимог надсистеми; визначення обмежень середовища, формулювання загальної мети, визначення критеріїв, декомпозиція критеріїв по підсистемах, композиція загального критерію з критеріями підсистем.

Шостий етап з декомпозиції мети та виявлення потреби в ресурсах включає формулювання цілей вищого рангу, формулювання цілей підсистем та виявлення потреб у ресурсах.

Сьомий етап присвячений виявленню наявних ресурсів та проведенню композиції цілей та включає оцінювання теперішнього стану ресурсів, можливостей взаємодії з іншими системами, композицію цілей.

Наступним *восьмим етапом* методології системного аналізу є оцінювання цілей і засобів. Даний етап включає такі роботи, як обчислення оцінок за критерієм, взаємозалежності цілей, оцінювання відносної важливості цілей, вартості ресурсів, впливу зовнішніх факторів.

Останній *дев'ятий етап* присвячений вибору (при попередній генерації альтернатив та сценаріїв) й реалізації варіантів. Даний етап включає аналіз цілей на сумісність, перевірку цілей на повноту, відсікання надлишкових цілей, розроблення варіантів досягнення окремих цілей, оцінювання і порівняння варіантів, синтез комплексу взаємозалежних варіантів, моделювання, проектування структури, інформаційних механізмів.

Питання для самоконтролю

1. Розкрийте методи системного аналізу за класифікацією Ю. Черняка.
2. Розкрийте методи системного аналізу за класифікацією А. Ігнат'євої та М. Максимцева.
3. Розкрийте методи системного аналізу за класифікацією Ю.П. Сурміна.
4. Охарактеризуйте загальні та неформалізовані методи системного аналізу.
5. Розкрийте підходи до дослідження систем.
6. Розкрийте методики системного аналізу за Е.С.Квейдом, С.Оптнером.
7. Охарактеризуйте методику системного аналізу за Ю.І.Черняком.
8. Охарактеризуйте методики системного аналізу за Ф.Хансманом, Д.Джеферсом, В.В.Дружининим.
9. Охарактеризуйте методику системного аналізу за Дж.Кліром.
10. Розкрийте етапи системного дослідження проблеми.