

# **Тема 8.**

## **Аналіз складних об'єктів і систем**

### **Частина 2. Аналітичні дослідження.**

# Роль системних уявлень у аналітичному дослідженні складних об'єктів і систем

Зростаюча складність досліджуваних процесів і явищ привели до виникнення таких понять, як складні та великі системи

Оскільки великі та складні системи стали предметом аналізу, виникла необхідність узагальнення методів їх дослідження, що спричинило виникнення таких самостійних дисциплін, як системний аналіз та загальна теорія систем.

**Системний аналіз** — це методологія дослідження та проектування складних систем, пошуку, планування та реалізації заходів, спрямованих на вирішення проблемних ситуацій. Як загальна методологія дослідження складних об'єктів теорія систем та системний аналіз **мають на меті** об'єднати в єдиний комплекс різні методи дослідження систем різноманітної природи на будь-яких рівнях їх вивчення та стадіях існування.

Методологічна специфіка системного підходу визначається тим, що він орієнтований на розкриття цілісності об'єкта та механізмів, що її забезпечують; на виявлення численних типів зв'язків у складному об'єкті та зведення їх у єдину теоретичну картину; на подання складного об'єкта у вигляді ієрархічної системи взаємопов'язаних моделей, що дає змогу формалізувати властивості об'єкта в цілому, його структуру та динаміку.

Сьогодні загальна теорія систем є наукою, що вивчає поведінку систем з метою виявлення основних властивостей їх поведінки. Ця теорія призвана визначити та пояснити яким чином з окремих елементів утворюється складна єдність цілого, нова сутність. Перехід від властивостей елементів до властивостей системи представляє найважливішу задачу теорії систем.

В сучасних підручниках дуже мало уваги приділяється науковим методам, а домінує орієнтація на описові знання. Можна з упевненістю констатувати, що багато помилок в управлінні державою саме викликані тим, що державні службовці і службовці місцевого самоврядування не володіють ні теорією систем, ні системним аналізом. Важливі рішення досить часто приймаються волюнтаристські, інтуїтивно, по принципу підкинутої монети, без бачення їх впливу на різні підсистеми складного і взаємопов'язаного суспільного організму.

Звідси, можна зробити висновок, що в освіті існує нагальна потреба в оволодінні студентами різноманітних наукових методів, а в першу чергу, системного підходу.

За науковим визначенням, сукупність наукових засобів вивчення того чи іншого об'єкту або явища складає *методологію* пізнання. Тобто, **методологія - це предметно орієнтована сукупність методів та засобів пізнання та світу.**

Розглядаючи складні технічні об'єкти, системи, комплекси або певні проблеми, до них повинна застосовуватися і відповідна загальнонаукова (міжгалузєва) методологія, яка була б зручною для вивчення об'єктів та явищ незалежно від їх походження і характеру. Саме такою методологією і є *системна методологія*.

**Системна методологія передбачає дослідження світу як сукупності об'єктів та явищ, різноманітних за своїм походженням та характером розвитку, у певному взаємозв'язку та взаємозалежності.** Це визначення, на інтуїтивному рівні було зрозуміло ще мислителям стародавнього світу. Але наукове визначення системної методології було сформульоване лише у другій половині ХХ століття, у зв'язку з появою й розвитком загальної теорії систем. Відповідно до неї, цілісна множина об'єктів і явищ, знаходячись у певних стосунках між собою, розглядається як система. Більш того, зміни, що відбуваються в об'єктах і явищах, вивчаються у причинно-наслідкових зв'язках з певною сукупністю факторів та умов. Але це стає можливим лише при умові, коли у процесі дослідження об'єктів та явищ, буде застосовуватися взаємопов'язана і взаємодоповнююча сукупність наукових методів.

Системна методологія допомагає комплексно сприймати оточуючий нас світ. Оволодівши системною методологією, будь-який фахівець має можливість мислити системно, тобто, вирішуючи ту чи іншу проблему, розглядати її як певну сукупність задач, результати вирішення яких залежить від певної множини факторів та умов. Наприклад, інженер або менеджер, маючи справу з виробничим процесом, повинен бачити в ньому набір взаємопов'язаних виробничих операцій, виграти на здійснення яких залежать від багатьох чинників. Врахування їх та умов, що формують об'єм витрат, дозволяють спеціалісту розробити план заходів щодо підвищення прибутковості виробництва.

Таким чином, **системна методологія** - це вчення про структуру, логічну організацію, методи та засоби ефективного пізнання об'єктів та явищ в цілісності і взаємозалежності.

Особливо важливе методологічне спрямування має такий розділ системної методології, як **системний аналіз**.



**Системний аналіз – це сукупність методологічних засобів, використовуваних для підготовки і обґрунтуванню рішень по складним проблемам політичного, військового, спеціального, економічного, науково-технічного характеру.**

Системний аналіз відрізняється від інших методів дослідження тим, що він:

- враховує принципову складність об'єкта, що досліджується;
- бере до уваги розгалужені та стійкі взаємні зв'язки з його оточення;
- враховує неможливість спостереження ряду властивостей об'єкта та оточуючого середовища;
- реальні явища, їх властивості та зв'язки з оточенням переводяться далі в абстрактні категорії теорії систем;
- ґрунтуючись на відомих властивостях складних систем, дозволяє виявити нові конкретні властивості та взаємні зв'язки конкретного об'єкта дослідження;
- на відміну від інших методів, у яких точно визначені об'єкти, включає як один з важливих етапів визначення об'єкта, його знаходження або конструювання;
- орієнтується не на розв'язання „правильно сформульованих” задач, а на створення правильної постановки задачі (правильно поставити задачу – це означає на 50% її розв'язати), вибір відповідних методів для її розв'язання;
- основне в СА – знайти шлях, яким можна перетворити складну проблему в простішу, складну як для розв'язання так і для розуміння, перетворити проблему в послідовність задач, для яких існують методи їх розв'язання;
- СА завжди конкретний – завжди має справу з конкретною проблемою, конкретним об'єктом дослідження, є продуктивним тоді, коли застосовується до розв'язання завдань певного типу.

## ***Основні поняття системного аналізу***

Фундаментальним поняттям системного аналізу і таких засадних теоретичних дисциплін, як теорія систем, кібернетика, дослідження операцій, є поняття «**система**».

Незважаючи на інтуїтивну зрозумілість та велику важливість цього терміну для наукових досліджень, донині не існує загальноприйнятого його визначення.

Огляд різних трактувань поняття «система» показує, що можна виділити такі основні пов'язані з ним змістові аспекти:

- найпоширенішим, але й найвужчим є «інженерне» розуміння системи як взаємозв'язаного набору елементів та способів їх з'єднання, які слугують певній меті;
- у «конструкторському» розумінні «система» подається як проектування та створення певного комплексу методів і засобів, які дослідник або розробник застосовує для досягнення певної мети, для виконання свого завдання;
- в науково-дослідницькому трактуванні «система» уявляється як загальна методологія дослідження процесів і явищ, що відносяться до певної галузі людських знань;
- у теоретико-пізнавальному аспекті «система» розуміється як спосіб мислення.

У різних визначеннях поняття «система» є багато спільного та взаємно доповнюючого, тому краще використовувати найширші з них:

- наявність об'єкта, який являє собою множину підоб'єктів (або наявність множини об'єктів, які можуть розглядатися як один складний об'єкт);
- наявність суб'єкта дослідження, який називається **спостерігачем**;
- наявність завдання, яке визначає відношення спостерігача до об'єкта і є критерієм, за яким здійснюється відбір об'єктів та їх властивостей;
- наявність зв'язку між об'єктом, спостерігачем та завданням, що виражається у наявності певної мови описування.



У теоретико-пізнавальному аспекті можна виділити три можливі аспекти розгляду систем:

- 1) система розглядається як взаємопов'язаний комплекс матеріальних об'єктів (такий підхід зручний, особливо, при дослідженні природних об'єктів або процесів матеріального виробництва);
- 2) система включає, з одного боку, набір матеріальних об'єктів, а з іншого — інформацію про їхній стан (такий підхід застосовується при описі процесів управління матеріальним виробництвом);
- 3) система розглядається чисто в інформаційному аспекті як комплекс відношень, зв'язків, інформації (такий підхід прийнятий у теоретичних дослідженнях, при описуванні соціальних відносин та процесів управління).

Кожний із цих підходів потребує відповідного специфічного наукового інструментарію для розв'язання трьох різних видів завдань.

Системи оточують нас всюди: кожний предмет, явище, процес — це системи. Наприклад, системами є живі організми, технічні пристрої тощо. Безумовно, системами є фірми, корпорації, організації, банки, галузі економіки та вся економіка в цілому.

Нагадаємо інші вже розглянуті основні поняття, які використовуються при дослідженні систем.

**Підсистемою** називають сукупність елементів, які об'єднані єдиним процесом функціонування та при взаємодії реалізують певну операцію, що необхідна для досягнення поставленої перед системою в цілому мети.

**Надсистемою** називають ширшу систему, в яку входить досліджувана система як складова частина.

**Елементом** системи називають її частину, яка виконує специфічну функцію і є неподільною з погляду завдання, що розв'язується. Внутрішня структура елементів не є предметом системного аналізу. Важливі лише властивості елемента, які визначаються його взаємодією з іншими елементами системи та справляють вплив на поведінку системи. Між елементами довільної системи та між різними системами існують **зв'язки**, за допомогою яких вони взаємодіють між собою. Ці зв'язки можуть виражатися в обміні речовиною, енергією чи інформацією між взаємодіючими системами або елементами. Система може мати **зовнішні** та **внутрішні** зв'язки. Зв'язки можуть бути також як **прямими**, так і **зворотними**.

*Системи мають зовсім нові якості, які відсутні у її елементів. Ці якості виникають саме завдяки наявності зв'язків між елементами. Саме за допомогою зв'язків здійснюється перенесення властивостей кожного елемента системи до інших елементів.*

***Зворотні зв'язки*** є складною системою причинної залежності та полягають у тому, що результат попередньої дії впливає на наступний перебіг процесу в системі: причина підпадає під вплив зворотного впливу наслідку.

Якщо зворотний зв'язок підсилює результат впливу наслідку, то його називають **позитивним**, а якщо послаблює — **негативним**.

Негативні зворотні зв'язки сприяють збереженню стійкості системи. Тільки завдяки наявності зворотних зв'язків у системах можуть відбуватися процеси цілеспрямованої діяльності та регулювання.

***Зв'язки перетворюють систему з простого набору компонентів у єдине ціле і разом з компонентами визначають стан та структуру системи, безумовно при визначальному впливі функції.***

Важливими для описування систем є поняття структури та ієрархії.

Під **структурою** системи розуміють її стійку впорядкованість та зв'язки між елементами і підсистемами. **Структура** відбиває найсуттєвіші зв'язки між елементами та підсистемами, які мало змінюються при змінах у системі та забезпечують існування системи і найважливіших її властивостей.

Для визначення структури системи необхідно провести її послідовну **декомпозицію**, тобто виділити в ній підсистеми всіх рівнів, доступних аналізу, та їх елементи, які відповідно до завдань дослідження не поділяються на складові частини. Завдяки ієрархічності структура складних систем може бути подана через структуру їх частин — від підсистем до елементів.

Структуру системи можна зобразити графічно, у вигляді опису, матриць або іншими способами.

Під **ієрархією** системи розуміють розташування її підсистем або елементів за певним порядком від вищого до нижчого.

Головним системоутворюючим фактором є її **функція**.

Існує кілька поглядів з приводу того, що являє собою функція системи. Так, під функцією системи можна розуміти перетворення її входів у виходи.

З іншого погляду функція системи може полягати у збереженні її існування, підтримці її структури та впорядкованості.

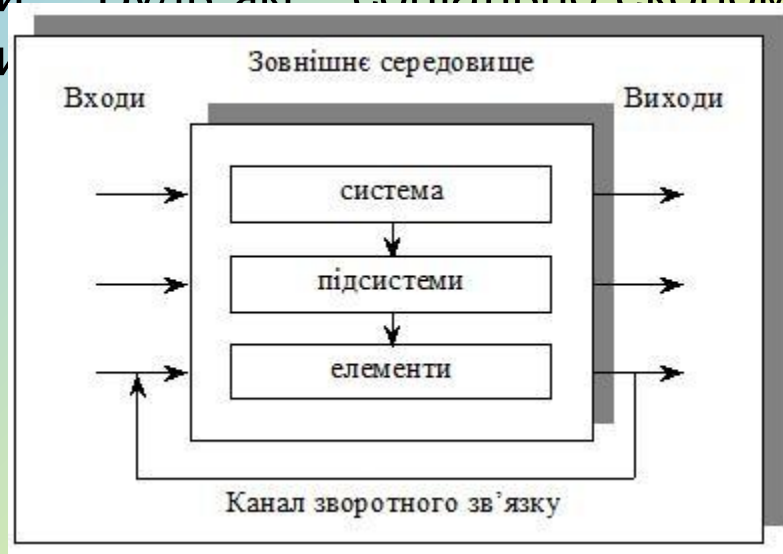
Іноді функцію системи ототожнюють із функціонуванням цієї ж системи, визначаючи її як спосіб, засіб або як дії для досягнення цілі системи.

Системи функціонують у певному зовнішньому середовищі. **Зовнішнє середовище** — це все те, що знаходиться зовні системи, включаючи необхідні умови для існування та розвитку системи. Зовнішнє середовище складається із ряду природних, суспільних, інформаційних, економічних, виробничих та інших факторів, що впливають на систему та самі певною мірою перебувають під впливом цієї системи.



Взаємодія між системою та зовнішнім середовищем здійснюється за допомогою входів та виходів. **Вхід системи** — це дія на неї зовнішнього середовища. **Вихід системи** — результат функціонування системи для досягнення певної мети або її реакція на вплив зовнішнього середовища. Загальна кількість взаємодій системи з зовнішнім середовищем дуже велика, тому на практиці обмежуються аналізом найсуттєвіших зв'язків, вибір яких визначається конкретними умовами управління тим чи іншим об'єктом.

Окрім функції система може мати ціль. **Ціль системи** — це бажаний стан її виходів. Системи, що мають ціль, називають цілеспрямованими. Будь-які соціально-економічні системи є цілеспрямованими.



Графічне зображення системи з контуром зворотного зв'язку.

**Стан** системи характеризується кількісними та якісними значеннями внутрішніх параметрів (змінних) системи в даний момент. Функціонування системи або зміну станів системи у часі називають **поведінкою** або **рухом**. Отже, поведінка системи — це розгорнута у часі послідовність реакцій системи на внутрішні зміни та зовнішній вплив.

**Рівновага** — це здатність системи зберігати свій стан як можна довше (як за відсутності, так і за наявності зовнішніх збурюючих впливів).

Під **стійкістю** розуміють здатність системи повертатися в стан рівноваги після виведення її з цього стану впливом зовнішніх збурень. Стан рівноваги, у який система здатна повертатися, називають стійким станом рівноваги.

Важливе значення в системному аналізі має поняття **управління**. **Управління** системою необхідне для забезпечення її цілеспрямованої поведінки при зміні умов зовнішнього середовища або умов її функціонування. Управління досягається за рахунок відповідної організації системи, під якою розуміють її структуру та спосіб функціонування. Системи з управлінням, називають кібернетичними системами.

Отже, об'єктивною основою формування системи є проблемна ситуація, тобто такий незадовільний стан елементів зовнішнього середовища, який середовище власними засобами (сукупністю систем зовнішнього середовища) на даному етапі не в змозі нормалізувати.

# Класифікація систем

Залежно від мети дослідження та враховуючи велике різноманіття систем можна обрати різні принципи та підходи до їх класифікації. При цьому систему можна характеризувати однією чи кількома ознаками.

Так, за походженням, розрізняють **природні** системи, які існують в об'єктивній дійсності — біологічні, фізичні, хімічні тощо (атом, молекула, організм, популяція, суспільство — приклади таких систем) та **штучні** — системи, які створені людиною. Вони включають як різноманітні технічні системи (від простих механізмів до найскладніших виробничих комплексів та інформаційних систем), так і організаційні системи, що складаються з груп людей, діяльність яких свідомо координується для досягнення певної мети або виконання деяких функцій (наприклад, система управління підприємством, система державного управління).

За взаємодією із зовнішнім середовищем розрізняють **замкнені** та **відкриті** системи. Замкнена система характеризується високим рівнем незалежності від навколишнього середовища (наприклад, годинник). Відкрита система активно взаємодіє із зовнішнім середовищем, що полягає в обміні речовинами, енергією, інформацією. Безумовно, значна більшість систем, особливо економічних, є відкритими, наприклад країна, суспільство, людина, фірма, організація тощо.

Розрізняють **статичні** та **динамічні** системи. У статичній системі фіксуються статичні взаємовідношення на певний момент. Статичні системи не змінюють своїх характеристик в часі. Опис структури статичної системи є початком систематизованого дослідження в довільній галузі науки. Системи статичної структури корисні для створення теоретичної бази з метою подальшого аналізу та синтезу систем. Якщо система переходить із часом від одного стану до іншого, то такі системи називають динамічними.

Системи поділяються також на **детерміновані** та **стохастичні**. У детермінованих системах перехід з одного стану в інший (тобто поведінка системи) є визначеним. На відміну від детермінованих систем рух (розвиток) стохастичних систем не є чітко визначеним та розглядається як випадковий процес.

Важливою класифікаційною ознакою систем є їх **складність**. Але й досі нема чіткого критерію визначення складності системи. Тому будемо розрізняти **прості**, **складні** та **дуже складні** системи. Ознакою простої системи може бути порівняно невеликий обсяг інформації, що необхідний для її описування та управління. Під дуже складними розуміють системи, стан яких неможливо достатньо вичерпно та точно описати.



# ***Властивості систем***

Характеризують:

- сутність та складність систем;
- зв'язок систем із зовнішнім середовищем;
- цілеспрямованість систем;
- параметри розвитку та функціонування систем.

Найважливіші властивостях систем.

***Цілісність та подільність.*** Система є, передусім, цілісною сукупністю елементів. Це означає, що, з одного боку, система — це цілісне утворення, а з іншого — в її складі чітко можуть бути виділені окремі цілісні об'єкти (елементи). Але не компоненти утворюють ціле (систему), а навпаки, при поділі цілого виявляють компоненти системи. *Первинність цілого — головний постулат теорії систем.*

***Неадитивність системи (емерджентність).*** Властивості системи хоча і залежать від властивостей елементів, але не визначаються ними повністю. Функціонування системи не може бути зведено до функціонування окремих її компонентів. Сукупне функціонування взаємозв'язаних елементів системи породжує якісно нові функціональні властивості системи. Звідси випливає важливий висновок: *система не зводиться до простої сукупності елементів*; розділяючи систему на частини, досліджуючи кожен з них окремо, неможливо пізнати всі властивості системи в цілому. Цю властивість ще називають системною, або *інтегративною*.



Емерджентність є результатом виникнення між елементами системи так званих *синергічних зв'язків*, які забезпечують загальний ефект функціонування системи, більший, ніж сума ефектів елементів системи, діючих незалежно.

**Синергетика** — науковий напрямок, що вивчає зв'язки між елементами структури (підсистемами), які утворюються у відкритих системах (біологічних, фізико-хімічних, економічних та інших) завдяки інтенсивному (потоківому) обміну речовинами й енергією з навколишнім середовищем за нерівноважних умов. Теоретичні засади синергетики — термодинаміка нерівноважних процесів, теорія випадкових процесів, теорія нелінійних коливань і хвиль.

У складних системах спостерігається погоджена поведінка підсистем, у результаті чого зростає рівень її впорядкованості (явище **самоорганізації**), тобто зменшується ентропія. Це, зокрема, стосується економічних систем. Результатом самоорганізації стає виникнення взаємодії (наприклад, кооперація) і, можливо, регенерація динамічних об'єктів (підсистем), складніших в інформаційному аспекті, ніж елементи (об'єкти) середовища, з яких вони виникають.

**Ієрархічність системи** — це складність структури системи, яка характеризується такими показниками: кількістю рівнів ієрархії управління системою, різноманіттям компонентів та зв'язків, складністю поведінки та неадитивністю властивостей, складністю опису та управління системою, кількістю параметрів та необхідним обсягом інформації для управління системою. Ієрархічність системи також полягає у тому, що систему можна розглядати як елемент системи вищого порядку

**Взаємозалежність елементів між системою та зовнішнім середовищем.** Система формує та проявляє свої властивості при взаємодії із зовнішнім середовищем. Вона розвивається під впливом зовнішнього середовища, але при цьому намагається зберегти якісну визначеність та властивості, що забезпечують відносну стійкість та адаптивність її функціонування

**Рівень самостійності та відкритості системи** визначається такими показниками: кількістю зв'язків системи із зовнішнім середовищем у середньому на один її елемент чи інший параметр; інтенсивністю обміну інформацією чи ресурсами між системою та зовнішнім середовищем; ступенем впливу інших систем.

**Цілеспрямованість системи** означає наявність у неї цілі.

**Надійність системи** (наприклад, організації) характеризується, зокрема: безперебійністю функціонування системи при виході із ладу одного із компонентів; фінансовою стійкістю та платоспроможністю організації; перспективністю запровадженої економічної, технічної, соціальної політики.

**Розмірність системи** — кількість компонентів системи та зв'язків між ними.

# ***Принципи системного аналізу***

Крім принципів ізоморфізму та системності серед інших важливих слід відмітити такі:

***Принцип остаточної (глобальної) мети:*** глобальна мета системи має абсолютний пріоритет.

***Принцип єдності:*** сумісний розгляд системи і як цілого, і як сукупності компонентів (елементів, підсистем, системотворчих відношень).

***Принцип зв'язності:*** довільна компонента системи розглядається сумісно з її зв'язками з оточенням.

***Принцип модульності:*** в багатьох випадках в системі доцільно реалізувати декомпозицію на складові (модулі) різного ступеня загальності та розглядати її як сукупність модулів та зв'язків між ними.

***Принцип ієрархії:*** в більшості випадків в системі доцільно реалізувати ієрархічну побудову та (або) впорядкування (можливий півпорядок) її складових за важливістю.

***Принцип функціональності:*** структура системи та її функції повинні розглядатися сумісно з пріоритетом функції над структурою.

***Принцип розвитку:*** необхідно враховувати змінність системи, її здатність до розвитку, розширення, заміни складових, накопичення інформації.

**Ізоморфізм** — властивість, що виражає однаковість будови якихось сукупностей елементів, незалежно від природи цих елементів. Взаємна однозначність між системами або об'єктами, що розглядаються. Строго доведений ізоморфізм для систем різної природи дозволяє переносити знання з однієї галузі на іншу.

**Принцип децентралізації:** в управлінні системою співвідношення між централізацією та децентралізацією визначається призначенням та метою системи.

**Принцип невизначеності:** невизначеності та випадковості повинні братися до уваги при визначенні стратегії та тактики розвитку системи.

**Принцип остаточної (єдиної, генеральної, глобальної) мети** означає, що в системі все повинно бути спрямоване на досягнення призначення, підпорядковане глобальній меті. Будь-які зміни, удосконалення та управління повинні оцінюватися виходячи з того, чи сприяють вони досягненню остаточної мети. В дещо модифікованому вигляді принцип остаточної мети застосовується до систем, що не є цілеспрямованими — для таких систем поняття остаточної мети замінюється поняттям основної функції, основної властивості системи.

**Принципи єдності, зв'язності та модульності** доволі тісно пов'язані між собою, але якщо принцип єдності відображає «погляд ззовні» на систему, то принцип зв'язності орієнтує на «погляд зсередини» системи. На різних етапах дослідження системи ці погляди можуть знаходитися у різному співвідношенні.

**Принцип модульності** вказує на можливість розгляду замість частини системи сукупності входів та виходів цієї частини, тобто дозволяє абстрагуватися від зайвої деталізації за умови збереження можливості адекватного описання системи.



**Принцип ієрархії** акцентує увагу на корисності відшукування або створення в системі ієрархічного характеру зв'язків між її елементами, цілями, модулями. Ієрархічні системи, зазвичай, створюються та досліджуються «згори», починаючи з аналізу модулів вищих рівнів ієрархії. У випадку відсутності ієрархії дослідник повинен вирішити, в якому порядку він буде розглядати складові системи та напрямок конкретизації своїх уявлень.

**Принцип функціональності** стверджує, що довільна структура тісно пов'язана з функціями системи та її складових, і створювати (до^ сліджувати) структуру необхідно після зрозуміння функцій системи. З практичної точки зору це означає, що у випадку надання системі нових функцій доцільно переглядати її структуру, а не прагнути «втиснути» нову функцію в стару структуру.

**Принцип розвитку** повинен закладатися при побудові штучних систем як здатність до вдосконалення, розвитку системи за умови збереження якісних особливостей. Межі розширення функцій та модернізації повинні бути чітко усвідомленими творцями штучної системи, тому що існують доцільні межі універсальності системи. Можливості для розвитку закладаються шляхом надання системі властивостей до самонавчання, самоорганізації, штучного інтелекту.



**Принцип децентралізації** орієнтує на розумний компроміс між повною централізацією та наданням здатності реагувати на певні дії частинам системи. Система з повною централізацією буде негнучкою, нездатною до пристосування; ймовірно, що в такій системі інформаційні канали, що ведуть до керуючого елемента, виявляться перевантаженими, а сам керуючий елемент буде нездатним опрацювати таку велику кількість інформації. Однак чим децентралізованішими будуть рішення в системі, тим складніше їх узгодити з точки зору досягнення глобальної мети.

**Принцип невизначеності** стверджує, що в багатьох випадках ми працюємо з системою, про яку ми не все знаємо, чи не все розуміємо у її поведінці. Це може бути система з невідомою структурою, непередбачуваним перебігом деяких процесів, зі значними відмовами, з невідомими зовнішніми втручаннями. Одним випадком невизначеності є випадковість — ситуація, коли вид події відомий, але вона може трапитися, або ж ні. На ґрунті такого означення можна ввести повне поле подій — множину подій, про яку відомо, що якась з подій, що належать до цієї множини, обов'язково трапиться.

Врахування невизначеності в системі можливо як на ґрунті принципу гарантованого результату, так і спробою описання за допомогою методів теорії ймовірності та математичної статистики або ж лінгвістичних змінних, а підвищення рівня надійності досягається шляхом введення резервування

Багаторазове застосування принципів системного підходу в різних системах приводить до розвитку у дослідника особливого, системного типу мислення. Саме тому результати застосування системних принципів та методологій є певною мірою мистецтвом і вимагають системноаналітичного досвіду.

*Отже, метою теорії систем та системного аналізу є відшукання принципів, загальних для різних складних об'єктів, на основі встановлення емпіричними дослідженнями їх ізоморфізму, функцій та динаміки*

# Основні етапи системного аналізу

Етап	Зміст питань етапу
Аналіз проблеми	Чи існує проблема? 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
Визначення системи	Формулювання завдань, виходячи з проблеми. Визначення позиції спостерігача. Визначення об'єкта дослідження. Виділення елементів (визначення меж поділу системи). Визначення зовнішнього середовища
Аналіз структури системи	Визначення рівнів ієрархії. Виділення підсистем. Визначення функціональних і структурних зв'язків
Формулювання загальної мети і критерію системи	Визначення цілей — вимог надсистеми. Визначення обмежень середовища. Формулювання загальної мети. Визначення критеріїв. Декомпозиція критеріїв по підсистемах. Композиція загального критерію з критеріями підсистем

Етап	Зміст питань етапу
Декомпозиція мети, виявлення потреби в ресурсах	<p>Формулювання цілей вищого рангу.</p> <p>Формулювання цілей підсистем.</p> <p>Виявлення потреб у ресурсах</p>
Виявлення ресурсів, композиція цілей	<p>Оцінювання існуючої технології і виробничих потужностей</p> <p>Оцінювання теперішнього стану ресурсів.</p> <p>Оцінювання можливостей взаємодії з іншими системами.</p> <p>Оцінювання соціальних факторів.</p> <p>Композиція цілей</p>
Прогноз і аналіз майбутніх умов	<p>Аналіз стійких тенденцій розвитку системи.</p> <p>Прогноз розвитку і зміни середовища.</p> <p>Передбачення виникнення нових факторів, що можуть впливати на розвиток системи.</p> <p>Аналіз майбутніх можливостей та ресурсів</p>
Оцінювання цілей і засобів	<p>Обчислення оцінок за критерієм.</p> <p>Оцінювання взаємозалежності цілей.</p> <p>Оцінювання відносної важливості цілей.</p> <p>Оцінювання дефіцитності і вартості ресурсів.</p> <p>Оцінювання впливу зовнішніх факторів.</p> <p>Обчислення комплексних розрахункових оцінок</p>

Етап	Зміст питань етапу
Вибір варіантів	<p>Аналіз цілей на сумісність. Перевірка цілей на повноту. Відсікання надлишкових цілей. Розроблення варіантів досягнення окремих цілей. Оцінювання і порівняння варіантів. Синтез комплексу взаємозалежних варіантів</p>
Реалізація варіантів	<p>Моделювання економічного (технологічного) процесу. Проектування організаційної структури. Проектування інформаційних механізмів. Виявлення недоліків організації управління та виробництва. Виявлення та аналіз заходів щодо удосконалення організації</p>



# АНАЛІЗ І СИНТЕЗ У СИСТЕМНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

**Елементом** називається деякий об'єкт (матеріальний, енергетичний, інформаційний), що має ряд важливих властивостей, але внутрішня будова якого безвідносна до мети дослідження, тобто елемент не піддається подальшій декомпозиції при обраному рівні розгляду системи.

**Функція системи** — це все те, що виконує система або може виконувати згідно до свого призначення. Множина функцій системи є перетворенням призначення системи в дії. Функцію системи зручно розглядати як сукупність її станів у просторі та часі. При взаємодії функцій доволі часто виникає нова властивість (властивості), які не виявляються в кожному окремому елементі системи.

**Поняття структури** є одним з основних в системному аналізі. За ступенем зв'язку та розумінням будови чи сприйняття системи розрізняють форми, сукупності та структури.

**Форма** — це зовнішній вигляд об'єкта безвідносно до його суті (земна куля та більярдна куля мають форму кулі), геометричне поняття, що стосується з'єднання речей або ідей.

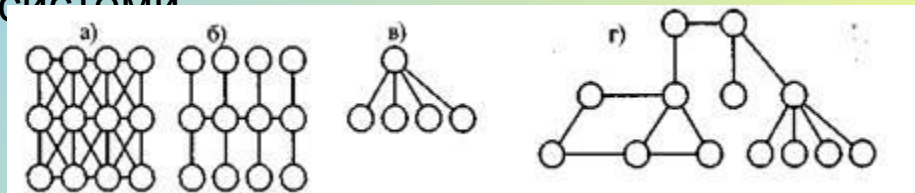
**Сукупність** — це з'єднання або набір в одну множину безвідносно до форми чи порядку.

**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.

Структура системи може бути охарактеризована за типами зв'язків, які в ній є або які в ній переважають. Найпростішими зв'язками є паралельне, послідовне з'єднання та зворотній зв'язок. Зворотній зв'язок виконує регулюючу роль у системі.

У залежності від характеру організації в системі елементів і їхніх зв'язків можна виділити основні типи структур: **мережну (а)**, **кістякову (б)**, **ієрархічну (в)**, які відображають послідовне підвищення ступеня централізації системи.



Взагалі ж структури можуть бути найрізноманітніші і включати різні **комбінації взаємозв'язків елементів (г)**.

При дослідженні складних систем в більшості випадків вони є або достатньо жорстко централізованими (ієрархії), або ж мають малий ступінь централізації (нечітка мережа малих систем). В залежності від призначення та властивостей зовнішнього середовища більш або менш ефективними можуть бути або ієрархії, або мережі. У процесі створення системи та планування її діяльності врешті-решт розглядаються компроміси між роботою великої, добре об'єднаної ієрархічної системи з доволі простим призначенням та багатoeлементною багатоцільовою мережею достатньо малих систем з розподіленими і нечіткими взаємними зв'язками. Ієрархії є не чим іншим, як різновидом мереж.

Організаційні структури змінюються:

- відповідно до цілей того, хто їх створює, менеджерів та підсистем;
- 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.

Незважаючи на те, що ієрархії мають певні недоліки, обумовлені простішою формою, ієрархічна побудова більш поширена в конфігурації організацій, ніж мережна. Окрім того ієрархії є прозорими структурами для ефективного відображення проблем.

**Ієрархія** — це структура з підпорядкованістю, тобто з нерівно правними зв'язками — дії в одному напрямку виявляють набагато більший вплив, аніж в оберненому. В більшості випадків прямий зв'язок — це керування і керуюча інформація, обернений — інформація про виконання та відхилення. На практиці розглядаються два основні типи ієрархічних структур — деревовидна та ієрархічна.

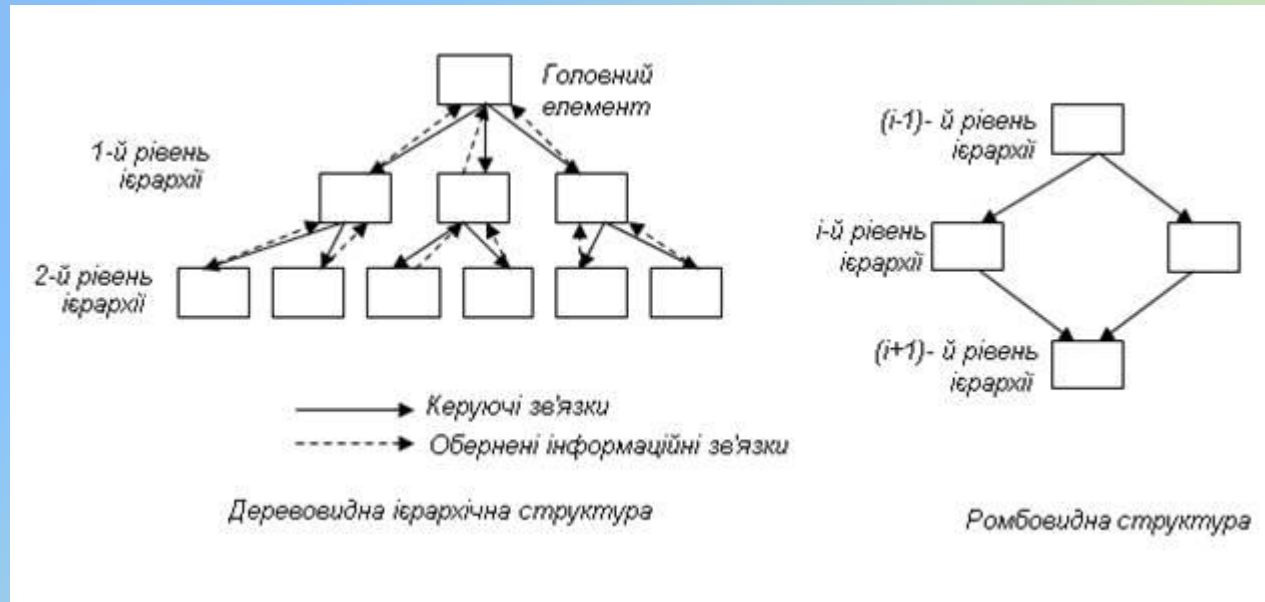
**Деревовидна структура** є найпростішою для аналізу та реалізації. В майже всіх випадках в ній виділяються ієрархічні рівні — групи елементів, що знаходяться на однаковій віддалі (вимірюваної як кількість ребер) від головного елемента (кореня дерева). Структури цього типу є надзвичайно поширеними (ієрархія проектування складної програмної системи, ієрархія цілей у складній організаційній системі, ієрархія за ознакою керованості процесів в живому організмі, ієрархія в зграї тварин).

**Ромбовидна структура** приводить до множинної (окремий випадок — подвійної) підпорядкованості, належності елементів нижнього рівня.

Приклади — участь одного технічного елемента в роботі більш ніж: одного вузла, блока, використання одних і тих самих даних або результатів вимірювань в різних завданнях.



## Види ієрархічних структур



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.

Негативні наслідки ієрархії багато в чому долаються шляхом зменшення жорсткості підпорядкування, можливістю самотійно 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.***

# Аналіз і синтез систем

Як зазначалось, аналіз і синтез є методами пізнання дійсності. Сутність **аналітичного методу** пізнання полягає у поділі (реальному чи мисленому) цілого на частини, в поданні складного у вигляді сукупності простіших компонентів та дослідженні властивостей цих компонентів. Потім знання про частини агрегується в знання про систему в цілому. Але при поділі системи в процесі аналізу можуть втрачатися суттєві властивості як самої системи, так і окремих відділених від неї частин. Це обумовлено такими важливими властивостями систем, як цілісність та емерджентність.

**Емерджентність** (англ. *emergence* — виникнення, поява нового) в теорії систем — наявність у будь-якої системи особливих властивостей, не властивих її підсистемам і блокам, а також сумі елементів, не пов'язаних системоутвірними зв'язками; неможливість зведення властивостей системи до суми властивостей її компонентів.

**Синтетичний метод** пізнання полягає в об'єднанні частин у ціле. Проте синтез не зводиться лише до «механічного збирання» частин, що були одержані шляхом аналізу. При синтетичному підході систему необхідно розглядати як складову більшої системи (надсистеми) та, дослідивши її, дезагрегувати знання про неї для пояснення частин. Це досягається вивченням значення та функцій частин у цілому. У такий спосіб аналіз і синтез доповнюють один одного.

Операції поділу цілого на частини та їх з'єднання у ціле називають відповідно **декомпозицією** та **агрегуванням**.

Розглянемо головні завдання, що вирішуються за допомогою аналізу та синтезу систем.

**На етапі декомпозиції** системи здійснюється:

- визначення та декомпозиція загальної мети дослідження та головної функції системи як обмеження траєкторії в просторі станів системи або в області допустимих ситуацій. Найчастіше декомпозицію виконують побудовою дерева цілей та дерева функцій;
- виділення системи із середовища (поділ на «систему» та «несистему»);
- опис впливових факторів;
- опис тенденцій розвитку;
- опис системи як «чорного ящика»;
- функціональна (за функціями), компонентна (за типом елементів), структурна (за типом відношень між елементами) декомпозиція системи.

Глибина декомпозиції (альтитуда) — кількість рівнів дерева цілей — визначається метою дослідження системи.



# ***Види аналізу та синтезу систем***

Аналіз та синтез систем можуть здійснюватись у таких аспектах:

- структурному;
- функціональному;
- інформаційному;
- параметричному.

***Структурний аналіз*** проводиться з метою дослідження статичних характеристик системи, виділенням у ній підсистем та елементів різного рівня і зв'язків між ними. Тобто об'єктами дослідження структурного аналізу є різні можливі варіанти структури системи.

**Метою структурного синтезу** є розроблення (створення, проектування, реорганізація, оптимізація) системи, яка повинна мати певні властивості. Структурний синтез виконується для обґрунтування множини елементів структури, відношень та зв'язків, які б забезпечували в сукупності максимальну відповідність заданим властивостям.

Сутністю **функціонального аналізу** є визначення динамічних характеристик системи через дослідження процесів зміни її станів з часом на основі прийнятих алгоритмів (способів, методів, принципів) її функціонування. У межах функціонального аналізу досліджуються алгоритми та методи управління системою, включаючи загальний закон функціонування, що містить всі основні етапи та функції управління (формулювання цілі управління, збір та оброблення необхідної інформації, прийняття рішень, планування, організацію, контроль, виконання рішень тощо).

**Метою функціонального синтезу** є обґрунтування оптимальних характеристик процесів функціонування системи, тобто її станів у майбутньому відповідно до поставлених перед системою цілей.

**Інформаційний аналіз** спрямований на дослідження якісних та кількісних характеристик інформаційних процесів у системі. При цьому вивчають:

- збір та сприйняття інформації (ці процеси характеризують взаємодію системи із зовнішнім середовищем);
- обмін інформацією між окремими підсистемами;
- аналіз, оброблення, створення нової інформації;
- використання інформації;
- обмін інформацією із зовнішнім середовищем.

**Завданням інформаційного синтезу** є обґрунтування необхідного обсягу та форм подання інформації, методів та засобів її передавання, оброблення, зберігання. Інформаційний синтез доповнює завдання інформаційного аналізу, що здійснюється з метою визначення необхідних кількісних та якісних характеристик інформації, яка використовується в процесі функціонування системи.

**Параметричний аналіз** полягає у визначенні необхідної та достатньої сукупності узагальнених та часткових показників, що утворюють ієрархічну структуру та мають характеризувати найсуттєвіші властивості системи.

**Сутністю параметричного синтезу** є обґрунтування необхідної та достатньої сукупності показників, що уможливають оцінювання бажаних властивостей системи, яка створюється, та її загальну ефективність.



# ***Рівні та задачі аналізу та синтезу систем***

При розв'язанні практичних задач структурного аналізу складних систем управління приймаються три рівні опису зв'язків між елементами:

- наявність зв'язку;
- напрямок зв'язку;
- вид та напрямок сигналів, які визначають взаємодію

елементів.  
На **першому рівні** досліджуваній системі може відповідати неорієнтований граф, вершинами якого є елементи системи, а ребрами - зв'язки між ними. На цьому рівні основними задачами структурного аналізу є:

- визначення зв'язності (цілісності) системи та виділення зв'язних підсистем із своїми елементами, якщо система в цілому не є зв'язною;
- виділення циклів;
- визначення мінімальних та максимальних послідовностей елементів (ланцюгів), які розділяють елементи.

На **другому рівні**, коли напрям зв'язку задано, системі відповідає орієнтований граф, напрямом дуг якого співпадає з напрямом зв'язків. Результати структурного аналізу на цьому рівні більш змістовні, а задачами структурного аналізу є:

- визначення зв'язності системи;
- топологічна декомпозиція з виділенням сильно зв'язних підсистем;
- виділення вузлів приймання та видачі інформації;
- виділення рівнів в структурі та визначення їх взаємозв'язку;
- визначення мінімальних та максимальних шляхів;
- визначення характеристик топологічної значущості елементів;
- отримання інформації про слабкі місця структури і т.д.

На **третьому рівні** опису зв'язків між елементами системи враховується не лише направленість зв'язку, а й розкриваються склад і характер сигналів взаємодії елементів (вхідні, вихідні, керування).

Крім того, під час структурного аналізу розв'язуються такі задачі:

- виділення місцевих та загальних контурів керування;
- визначення необхідних конфігурацій при багаторежимному характері роботи;
- оцінка шляхів безпосередньої передачі сигналів.

За незначної початкової інформації про структуру системи, коли враховуються лише наявність і напрямок зв'язку, зручно використовувати апарат теорії графів.

Теорія графів - розділ математики, який досліджує властивості різних геометричних схем (графів), які утворені множиною точок та ліній, що їх з'єднують. При структурному аналізі систем елементам ставлять у відповідність вершини графа, а зв'язкам - ребра (вершинний граф). Іноді зручно використовувати реберний граф (елементи - ребра, зв'язки – вершини).

Отже,

Поняття структури є одним з основних в системному аналізі. За ступенем зв'язку та розумінням будови чи сприйняття системи розрізняють форми, сукупності та структури.

Структура системи може бути охарактеризована за типами зв'язків, які в ній є або які в ній переважають. Найпростішими зв'язками є паралельне, послідовне з'єднання та обернений зв'язок. Обернений зв'язок виконує регулюючу роль у системі.

В залежності від призначення та властивостей зовнішнього середовища більш або менш ефективними можуть бути або ієрархії, або мережі. У процесі створення системи та планування її діяльності врешті-решт розглядаються компроміси між роботою великої, добре об'єднаної ієрархічної системи з доволі простим призначенням та багатoeлементною багатоцільовою мережею достатньо малих систем з розподіленими і нечіткими взаємними зв'язками. Ієрархії є не чим іншим, як різновидом мереж.

# ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ

## Складові функціонування системи

Функціонування системи представляє собою відтворення функціонального ефекту, який зводиться до здатності системи робити те, що принципово не може зробити будь-який її елемент. Функціонування системи представляє собою досить складний для опису процес, оснований на принципах структурної і функціональної цілісності, відносної автономності елементів і функцій, а також принципу активності систем. Система в процесі функціонування виступає як цілісне утворення, у якому між її структурою і функціями існує взаємозв'язок і взаємообумовленість. Функціонування системи обов'язково базується на її структурних змінах. Функція реалізується структурою і пояснюється за допомогою структури.

***Під станом системи розуміють упорядковану сукупність з начень параметрів, внутрішніх і зовнішніх, які визначають хід процесів, що відбуваються в системі.*** Множина станів системи може бути кінцевою, обчисленою або континуальною.



В процесі функціонування системи можна виділити декілька аспектів:

- *взаємодію системи з середовищем.* Первісним для функціонування системи може бути вплив на неї середовища, або прагнення системи досягти кращого (більш комфортного) стану, що змушує її впливати на інші системи або середовище. Взаємодія системи з середовищем визначає проблемну ситуацію для системи, коли їй потрібно пристосуватися, підкоритися середовищу, або посилено його трансформувати;
- *відпрацювання системою алгоритму, моделі взаємодії з середовищем.* Цей алгоритм представляє собою саме тип взаємодії;
- *реорганізацію (адаптацію) внутрішньої структури системи завдяки її внутрішнім функціям.* Внутрішні функції змінюють стан системи, роблять її здатною виконувати зовнішні навантаження;
- *узгодженням функціонування елементів системи як цілісного організму.* Відбувається перерозподіл навантаження по елементам, узгодження їх дій;
- *перетворенням системою навколишнього середовища і себе самої.*

В процесі функціонування виникають численні проблеми. Власне, саме по собі функціонування будь-якої системи, представляє собою виявлення системою проблемних ситуацій та їх вирішення. Найтипівішими серед них є:

– **реактивність**, яка зводиться до здатності системи фіксувати реакцію навколишнього середовища, реакції своїх елементів та виробляти на них власні реакції як цілісної структури;

– **збереження границь**, бо функціонування систем – це процес порушення та підтримки границь. Для того, щоб впливати на середовище, системі потрібно здолати свої власні границі, однак одночасно їй необхідно і утримувати їх при впливі навколишнього середовища. Таким чином, для границь системи властиві плинність, динаміка границь, а часом і їх розмитість, що дозволяє системі краще адаптуватися, досягати своїх цілей;

– **збереження рівноваги, збалансованості, стабільності системи**. Функціонування завжди припускає використання певних ресурсів системи, що може призводити до їх витрат а бо втрат. Система, що була виведена із рівноваги діями навколишнього середовища, може віддати їй такі великі ресурси, що втратить баланс з середовищем і потрапить у стан руйнування і втрати функцій;

– **режими функціонування системи**, які характеризують її „виклики” навколишньому середовищу і впливи на неї. Саме тому, процес функціонування системи є багатоваріантним

Будь-яка система може знаходитись в одному з **режимів функціонування системи:**

- рівноважному або сталому (система знаходиться в одному і тому ж стані);
- періодичному (система через рівні проміжки часу проходить одні і ті ж стани).

Якщо система знаходиться в рівноважному або періодичному режимі, то вважається, що це сталий або стаціонарний режим.

Перехідний режим – функціонування системи між двома періодами часу, в кожному з яких система знаходилася в стаціонарному режимі.

Аперіодичний режим – система проходить певну множину станів, однак закономірність їх проходження досить складна.

Ергодичний режим – система проходить увесь простір станів таким чином, що з часом проходить досить близько до будь-якого заданого стану.

### ***Збереження або покращення динаміки системи.***

Стан системи представляє собою сукупність значень її показників. Всі можливі стани системи утворюють множину її станів. Якщо в цій множині визначено поняття близькості елементів, то воно визначається простором станів.

*Функціонування (рух, поведінка) системи – це процес переходу системи з одного стану в другий, з нього в третій і т. ін.*

***Оптимальність функціонування системи, - здатність системи вибирати і реалізовувати найкращу траєкторію з простору функцій. Оптимізація – процес пошуку найкращої альтернативи, що забезпечує максимальне або мінімальне значення функцій системи;***

***Спосіб представлення функціонування системи, або оптимізація системи.*** Ефективне управління системою в значному ступені залежить від того, як представлена система. Зрозуміло, що природа системи не залежить від наших уявлень про неї, а ось модель, яка використовується на практиці, буде істотною для неї. Наприклад, якщо повітря, котре знаходиться в аудиторії, представити у вигляді молекул декількох газів, причому кожна з яких буде характеризуватися своїми координатами та швидкістю, то поведінка системи буде ергодичною, якщо ж вважати повітря як систему, котра містить один елемент – повітря з показниками тиску і температури, то така система буде знаходитись у рівноважному режимі.



# Поняття простору, стану і поведінки системи

Поняття простору не повинно викликати труднощів. Можна представити собі нормальний простір, у якому існує не три, а довільна кількість осей координат, а стан - це точка у цьому просторі, яка характеризує об'єкт в поточний, або довільний момент часу, подібно тому як координати нормального простору характеризують просторове розташування, взаємного співвіднесення матеріальних точок і фізичних тіл.

***Під узагальненим (фазовим) простором системи розуміють простір, в якому визначені не тільки статичні координати точки, координати її положення, але і є вся інформація, необхідна для визначення її поведінки в майбутньому.***

Наприклад, в механіці використовується шестивимірний фазовий простір, у якому визначені координати положення матеріальної точки і швидкість зміни її стану по цим координатам. Іноді фазовий простір трактується як простір, у якому укладена вся передісторія стану точки. Конфігураційний простір системи визначає відносну взаємодію кожної пари її елементів.

Поняття стану системи є одним з найважливіших в точних науках. В системотехніці стан системи визначається як точка фазового простору, що містить в сукупності всю інформацію про передісторію системи, істотну для визначення її поведінки в майбутньому.

***Поведінкою абстрактної системи називається певна множина її властивостей (функцій), яка описує у часі зв'язок вхідних сигналів, вихідних результатів функціонування, і набору координат і параметрів, котрі визначають її стан.***



Поведінка складних систем визначається винятково властивостями елементів і зв'язків між ними (структури системи і функцій елементів).

Існують і підлягають розгляду два види взаємозв'язків, взаємодій систем:

- функціональні;
- структурні.

Функціональні взаємодії полягають у тому, що сили, речовина, енергія, інформація, які представляють собою вихідні потоки одних елементів (систем), впливають на входи інших елементів. Це впливи через потоки, через виходи одних елементів на входи інших. Це зовнішні взаємодії систем, котрі не стосуються їх внутрішньої структури.

Структурна взаємодія двох і більше систем здійснюється через елементи, які входять одночасно в усі взаємодіючі системи. В процесі функціонування однієї системи, змінюються стан і функції її елементів, у тому числі, які входять у спільну область, в перетинання систем, що призводить до зміни функціонування інших

# Системоутворюючі фактори

Однією з найважливіших проблем у визначенні системи є в'яснення суті тих сил, котрі об'єднують множину елементів в одну систему. Дійсно, як утворюються, існують, функціонують, розвиваються системи, як вони зберігають свою цілісність, структуру, форму, ту особливість, котра дозволяє відрізнити одну систему від іншої? Тут проглядаються два напрямки пошуку відповіді:

– перший – природно науковий, котрий полягає у тому, що досліджуються особливості, специфіка, характер системоутворюючих факторів у кожній аналізованій системі (хіміки, наприклад, виділяють різні типи зв'язку в речовині: ковалентний, водневий, іонний і т. ін.);

– другий напрямок характеризується намаганням виявити за специфікою, унікальністю, одиничністю конкретних системоутворюючих факторів закономірність, притаманну усім системам без виключення, однак, яка проявляється по різному в різнорівневих системах.

Існує декілька ідей пошуку головних факторів утворення системи з філософської точки зору. П.К. Анохін висунув ідею, що вирішальним і єдиним фактором є результат функціонування системи, котрий, будучи недостатнім, активно впливає на відбір саме тих ступенів свободи з компонентів системи, котрі при їх інтегруванні визначають подальше отримання повноцінного результату. Складається враження, що для системоутворюючих факторів метою є: об'єднання елементів системи заради функціонування певної цілі. Ця теза є прийнятною для живої природи і соціального життя, однак є непринятною до неживої природи, де метою є немінучість існування. У той же час, розвиток наприклад кристалу є спрямованим, бо він приймає певну форму, однак це відбувається не тому, що атоми заздалегідь зорієнтовані для прийняття форми кристалу, а в силу того, що існують взаємодії між атомами, котрі вибудовують їх у певному порядку.

Однак є і інше уявлення про системоутворюючі фактори, яке включає в себе наступне: зовнішні системоутворюючі фактори, та внутрішні системоутворюючі фактори.

**Зовнішні системоутворюючі фактори.** Це фактори середовища, які сприяють виникненню і розвитку систем.

Вони поділяються на механічні, фізичні, хімічні і т. ін. Зазначені фактори діють на усіх рівнях матерії. Прикладом може бути - скупчення людей існуюче під впливом кліматичних, політичних, соціальних або інших умов; скупчення і упорядкування атомів під впливом будь-якого поля (магнітного, теплового, гравітаційного і т. ін.). Інакше кажучи, системоутворюючі фактори, це такі сили, які сприяють утворенню системи, є далекими для її елементів, не обумовлюються і не викликаються внутрішньою необхідністю до об'єднання. Вони не можуть відігравати головну роль, вони випадкові, однак будучи такими, ці фактори можуть бути внутрішніми і необхідними у масштабі тієї системи, в яку розглядувана входить в якості елемента.

Одним з найважливіших зовнішніх системоутворюючих факторів є час, точніше нетривала його частка, яка називається „майбутнім”. Майбутнє може виступати у якості мети об'єднання. Поняття „ради майбутнього” можна застосувати до процесів створення будь-яких систем. В основі збереження систем лежить поняття „майбутнього”. Крім того, майбутнє впливає на розвиток систем ще й тим, що його зачатки існували в минулому. Особливо ці категорії („минуле” і „майбутнє”) стосуються аналізу соціальних систем. В загальному випадку, виділення простору і часу, як зовнішніх системоутворюючих факторів умовно, тому що все у світі знаходиться у просторі і в часі, однак кожна конкретна система має свої просторово-часові характеристики, які можна визначити як внутрішні, притаманні тільки їй і які є відмінними від простору і часу іншої системи.



**Внутрішні системоутворюючі фактори.** Це фактори, які породжуються окремими елементами, групами елементів, або усією множиною і котрі поєднуються в систему. Спільність природної якості елементів дозволяє існувати багатьом природним системам тому, що елементи будь-якого природного складу мають тільки їм притаманні:

- *особливі зв'язки* (прикладом можуть служити атоми одного елемента, мономері у полімері, клітини одного органу, організми в популяції і т. ін.);
- *взаємного доповнення* - забезпечує зв'язок як однорідних так і різнорідних елементів в системі;
- *фактори індукції* - відображають притаманну усім системам живої і неживої природи властивість „добудовування” системи до стану завершеності (наприклад, уламок кристала при дорощуванні відновлює первісну форму кристала);
- *постійні стабілізуючі фактори* системоутворення включають постійні жорсткі зв'язки, котрі забезпечують єдність системи (прикладом можуть бути каркас будівлі, скелет організму), крім того ці фактори є не тільки системоутворюючими, але й системозберігаючими;
- *зв'язки обміну* - представляють собою сутність будь-якої взаємодії елементів. Характер обміну і його субстрат залежать від рівня розвитку взаємодіючих елементів або підсистем в системі. В неорганічній природі в якості субстрату обміну виступають різні види речовини, поля, енергія, інформація. Жива природа несе ще більше розмаїття: речовина, інформація, енергія, різні сили, звукові коливання і т. ін. В людському суспільстві - основна форма зв'язку такого типу – економічна;
- *функціональні зв'язки* виникають в процесі специфічної взаємодії елементів систем. Можна назвати функціональними зв'язки, котрі виникають між різними хімічними елементами, взаємодії між тваринами під час полювання, між людьми при спільних діях. Ці зв'язки найчастіше носять тимчасовий характер і утворені ними системи можуть розпадатися, якщо немає більш сильних, постійних системоутворюючих факторів.



**Штучні системоутворюючі фактори.** Ці фактори створюються людиною і можуть носити як внутрішній, так і зовнішній характер. Вони є зовнішніми, коли елементи утвореної системи індиферентні один до одного (куча каменів, мішок зерна); і можуть бути внутрішніми, якщо утворена ними система виступає як єдність подібних елементів.

# Механізм розвитку систем

## Виникнення

Виникнення - є одна з форм руху матерії. Це поняття відображує процеси притаманні усім конкретним явищам органічної і неорганічної природи, суспільства і мислення. Ця універсальність дає повне право вважати „виникнення” філософською категорією. Кожне явище має свій початок, тобто виникає, але виникає не на порожньому місці, а на базі попереднього і появляється при сприятливих умовах. Виникнення також найтіснішим чином пов'язано з поняттям „нове”. Поява нового і є виникнення, а нове зароджується в надрах старого, на його базі.

Процес виникнення можна розділити на два етапи:

- 1) прихований, коли з'являються нові елементи і відбувається їх кількісне зростання;*
- 2) явний, коли нові елементи утворюють нову структуру, тобто нову якість, коли відбувається поступове накопичення певних факторів і відбувається різкий скачок - утворення нового, якісно несхожого.*

## **Становлення системи**

Становлення - це етап в розвитку системи, в процесі якого вона перетворюється в розвинену систему. Становлення є єдність „буття” і „ніщо”, але це не проста єдність, а невтримний рух. Процес становлення як і виникнення системи, пов'язаний з кількісним збільшенням якісно ідентичної множини елементів.

Так в термодинамічних умовах земної поверхні, кількість кисню і вуглеводу переважає над усіма іншими елементами, а на поверхні інших планет переважають інші елементи.

Це свідчить про потенційну можливість кількісного зростання будь-якого елемента при сприятливих фізико-хімічних умовах. В процесі становлення системи, відбувається поява у неї нових якостей: природних і функціональних.

Природною якістю є визначаючий признак того або іншого класу, рівня систем, що дає змогу говорити про тотожність систем цього класу.

Функціональна якість включає в себе специфічні властивості системи, набуті нею в результаті її способу зв'язку з середовищем.

Якщо природна якість поступово зникає разом з даною системою, то функціональна якість може змінитися відповідно зміні зовнішніх умов. Крім того, нові якості з'являються і в окремих елементах системи, вірніше елемент набуває цю якість при утворенні системи (наприклад вартість товару). Протиріччя між якісно тотожними елементами є одним з джерел розвитку системи. Один з наслідків цього протиріччя - тенденція до просторового розширення системи. Виникнувши, якісно тотожні елементи намагаються розійтись в просторі.

Це „намагання” зумовлено безперервним кількісним зростанням цих елементів і виникаючими між ними протиріччями. Але з іншої сторони, існують системоутворюючі фактори, котрі не дають системі яка виникла, розпастись через існуючі в системі внутрішні протиріччя і розширення. Крім того, існує границя системи, вихід за яку може бути згубним для елементів знову виниклої системи. Додатково, на знову виниклі елементи нової системи, діють системи уже існуючі елементи, які існували даному середовищу раніше. Вони перешкоджають проникненню нових систем в середовище свого існування.

## Цілісність системи

Цілісність або зрілість системи визначається поряд з іншими ознаками наявністю в єдиній системі домінуючих протилежних підсистем, кожна з яких об'єднує елементи що володіють функціональними якостями, протилежними функціональним якостям іншої підсистеми.

Система в період зрілості є внутрішньо суперечливою не тільки внаслідок глибокої диференціації елементів, а й через домінування одних з них відносно інших, але й внаслідок двійковості свого стану (системи яка має одну форму руху, і одночасно є носієм більш вищої форми руху). Завершуючи одну форму руху, система представляє собою цілісність і „намагається” повністю розкрити можливості цієї вищої форми руху.

З іншої сторони, як елемент вищої системи, як елементарна система-носітелька нової форми руху, вона обмежена у своєму існуванні законами зовнішньої системи.

Природно, що ці протиріччя між можливістю і дійсністю в розвитку як зовнішньої системи, здійснюють вплив на розвиток її елементів. А найбільш перспективними в розвитку виявляються ті елементи, функції яких відповідають потребам зовнішньої системи.



Інакше кажучи, система, спеціалізуючись, позитивно впливає на розвиток переважно тих елементів, функції яких відповідають спеціалізації. А у зв'язку з тим, що домінуючими в системі є елементи або функції, які відповідають умовам зовнішньої системи (або навколишнього середовища), то й система в цілому стає спеціалізованою. Вона може існувати, функціонувати тільки в тому середовищі, в котрому сформувались.

Будь-який перехід зрілої системи в інше середовище неминуче викличе її перетворення.

Так, „простий перехід мінералу з однієї області в іншу, викликає в ньому зміни і перегрупування, що відповідає новим умовам. Це пояснюється тим, що мінерал може існувати незмінно лише до тих пір, поки він знаходиться в умовах свого утворення. Як тільки він з них вийшов, для нього починаються нові стадії існування.

Однак, навіть при сприятливих зовнішніх умовах, внутрішні протиріччя в системі виводять її з досягнутого на певному етапі стану рівноваги, тобто система неминуче вступає в період перетворення.

# Перетворення системи

Аналогічно утворюванню системи, при її перетворенні, зміні, існують внутрішні і зовнішні причини, що проявляються з більшою або меншою силою в різних системах.

## Зовнішні причини:

1. Зміна зовнішнього середовища, що викликає функціональну зміну елементів. В наявному середовищу неможливо тривале існування незмінної системи: будь-яка зміна, як би повільно і непомітно вона не протікала, неминуче призведе до якісної зміни системи. Причому зміна зовнішнього середовища може відбуватись як незалежно від системи, так і під впливом самої системи. Прикладом може служити діяльність людського суспільства, яка сприяє зміні навколишнього середовища не тільки на користь, але й здійснює шкоду (забруднення водойм, атмосфери і т. ін.)
2. Проникнення в систему далеких об'єктів, що призводить до функціональних змін окремих елементів ( перетворення атомів під впливом космічних променів).

## **Внутрішні причини:**

1. Безперервне кількісне зростання диференційованих елементів системи в обмеженому просторі, в результаті чого загострюються протиріччя між ними.
2. Накопичення „помилки” у відтворенні собі подібних (мутації в живих організмах). Якщо елемент - „мутант” більше відповідає середовищу, котре змінюється, то він починає розмножуватися. Це і є виникнення нового, що вступає в протиріччя зі старим.
3. Припинення зростання і відтворення складових елементів системи. Як наслідок - система гине.

Виходячи з розуміння зрілої системи як єдності і стійкості структури, можна визначити різні форми перетворення, безпосередньо пов'язані зі зміною кожного з перерахованих атрибутів системи:

1. Перетворення що призводить до знищення усіх взаємозв'язків елементів системи (руйнування кристала, розпад атому і т. ін.).

2. Перетворення системи в якісно іншу, але рівну по ступені організації стану. Це відбувається внаслідок:

а) зміни складу елементів системи (заміщення одного атома в кристалі на інший);

б) функціональної зміни окремих елементів і/або підсистем в системі (перехід ссавців від сухопутного образу життя до водного).

3. Перетворення системи в якісно інший, але нижчий по ступені організованості стан. Воно відбувається внаслідок:

а) функціональних змін елементів і/або підсистем в системі (приспосовування тварин до нових умов середовища існування)

б) структурних змін (модифікаційні перетворення в неорганічних системах: наприклад перехід алмаза в графіт).

4. Перетворення системи в якісно інший, але вищий по ступеню організованості стан. Воно відбувається як в рамках однієї форми руху, так і при переході від однієї форми до іншої. Цей тип перетворення пов'язаний з прогресивним, поступальним розвитком системи.

Отже, перетворення - неминучий етап в розвитку системи. Він вступає в нього в силу зростаючих протиріч між новим и старим, між функціями елементів, що змінюються і характером зв'язку між ними, між протилежними елементами. Перетворення може відображати як завершальний кінцевий етап в розвитку системи, так і перехід систем-стадій одна в одну. Перетворення є період дезорганізації системи, коли старі зв'язки між елементами рвуться, а нові ще тільки створюються. Перетворення може означати і реорганізацію системи, а також перетворення системи як цілого в елемент іншої, вищої системи.



## Таким чином

Всі системи пов'язані між собою і впливають одна на одну, утворюючи єдину саморегулюючу систему. Зміна будь-якої складової частини ландшафту веде врешті решт, до змін його в цілому. Разом з тим, кожна система живої природи, будучи її елементом і визначаючись нею, в той же час має достатню самотійність саморозвитку, щоб вийти на інший рівень організації матерії.

Отже, світ, будучи системою систем, найскладнішим матеріальним утворенням, знаходиться в процесі безперервного руху, виникнення і знищення, взаємних переходів одних систем в інші, причому одні системи змінюються повільно і тривалий час здаються незмінними, інші ж змінюються настільки стрімко, що в рамках повсякденних людських уявлень фактично не існують. Чим більша система, тим повільніше вона змінюється, а чим менше, тим швидше вона проходить етапи свого існування. У цій простій відповідності прихований глибокий смисл ще не до кінця зрозумілого зв'язку простору і часу. І тут можна побачити одну з закономірностей розвитку матерії: від меншого до більшого і від більшого до меншого, усвідомлення якої привело до розуміння розвитку і якісних змін систем що складають світ, і світу як системи.