

Навчально-методична література

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,

МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Тернопільський національний економічний університет

**Кафедра економічної
кібернетики та інформатики**

ОПОРНИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з курсу

"СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ"

Тернопіль – 2012

Роль системного аналізу у дослідженнях соціально-економічних 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.

Апарат системного аналізу дає можливість розкрити та зрозуміти закономірності функціонування технічних, біологічних, соціальних систем, логіку їхнього внутрішнього розвитку, і тому він широко застосовується в цих науках.

Економічна наука останнім часом активно використовує та розвиває методологію системного аналізу, котрий в останні десятиріччя почав застосовуватися в управлінні організаціями та прийнятті рішень, що стосуються виробничих, фінансових та адміністративних проблем.

Системний підхід до економіки як об'єкта дослідження має ряд значних переваг порівняно з іншими методами. Він уможливорює виявлення всієї сукупності взаємодіючих елементів господарського механізму в їх єдності та взаємообумовленості й у той же час розуміння реального місця та значення кожного компонента системи в структурній ієрархії.

На рис. згідно з системним підходом до дослідження економічних систем виділено три основні завдання аналізу.

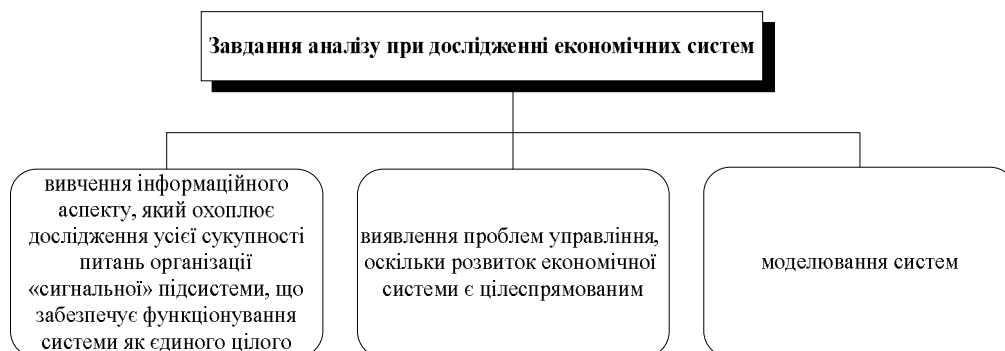


Рис. Завдання системного аналізу

Основні поняття загальної теорії систем та системного аналізу

У різних визначеннях поняття «система» є багато спільного та взаємно доповняльного, тому краще використовувати найширше 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.

Перші три умови утворюють єдність, що забезпечується наявністю мови, в якій проявляється їх взаємозв'язок. Це схематично показано на рис.

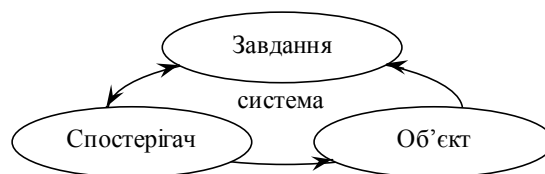


Рис. Умова існування системи

Тоді формально визначення системи можна виразити символами:

$$S \rightarrow_l^n \Omega(e, r)^p,$$

де S – система,

n – спостерігач,

l – мова описування,

p – завдання,

e – множина підоб'єктів,

r – множина відношень між ними,

Ω — оператор відображення.

У такий спосіб система S буде являти собою відображення властивостей підоб'єктів e та їх відношень r для n по p в l .

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.

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. Так, в організаційних системах часто зустрічаються лінійні, матричні, деревоподібні структури.

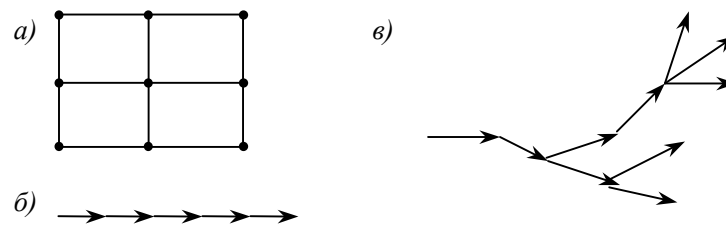


Рис. Графи, що відповідають матричній (а), лінійній (б), деревоподібній структурам

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

Головним системоутворювальним 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, бо їх елементами є люди. Отже, у загальному вигляді систему (з контуром зворотного зв'язку) можна зобразити графічно у такий спосіб:

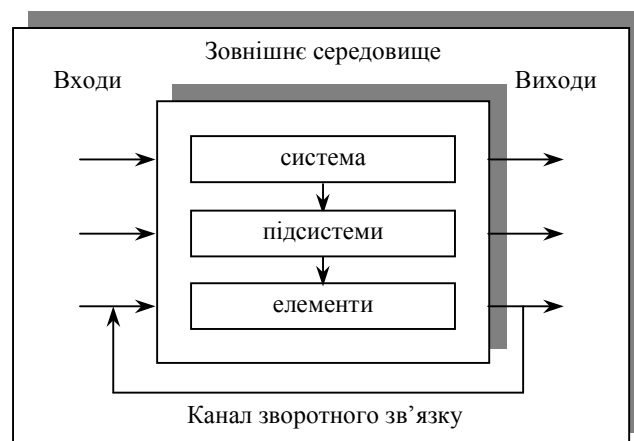


Рис. Графічне зображення системи

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.

Класифікація систем

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. 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. Приклади дуже складних систем: людина, корпорація з чисельністю співробітників понад 15 тис., економічна система країни тощо.

Розрізняють також *великі* системи – системи, моделювання яких ускладнено внаслідок їх розмірності, хоча часто в літературі поняття складної та великої системи ототожнюють.

Окремо слід виділити *соціально-економічні* системи – комплексні структури, що складаються із економічних, виробничо-технічних та соціальних підсистем, які виконують різні цілі (наприклад, місто, організація).

Властивості систем

Аналіз різноманітних тлумачень терміна «система» свідчить, що можна виділити такі головні групи притаманних системам властивостей, що характеризують:

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

Зупинимось на найважливіших 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 кожна 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 – (від грец. *synergetikos* – спільний, погоджений, діючий), 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.

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 (надсистеми), а її елементи – як системи.

Взаємозалежність 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. Ці показники характеризують також складність системи.

Основні завдання та принципи системного аналізу

Загалом головне завдання системних досліджень полягає в пошуку простоти у складному, а також ефективних методів та засобів дослідження й управління об'єктами. Детальніше до основних завдань, що розв'язуються за допомогою системного аналізу можна віднести такі:

- виявлення та чітке формулювання проблеми за умов невизначеності;
- визначення або вибір оптимальної структури системи;
- виявлення цілей функціонування та розвитку систем;
- вивчення організації взаємодії між підсистемами та елементами;

- врахування впливу зовнішнього середовища;
- вибір оптимальних алгоритмів функціонування системи.

Принципи системного підходу – це положення загального характеру, що є узагальненням досвіду дослідження людиною складних систем. Їх часто вважають ядром методології. Відомо біля двох десятків таких принципів, але найважливішими базовими принципами, на які спирається загальна теорія систем та системний аналіз, є **принцип системності** та **принцип ізоморфізму**.

Принцип системності відбиває загальність погляду на об'єкти, явища і процеси світу як на системи з усіма властивими їм закономірностями. Цей принцип обумовлює необхідність спільного розгляду системи як цілого і як сукупності елементів, дослідження будь-якої частини системи разом з її зв'язками з іншими частинами та із зовнішнім середовищем.

Принцип ізоморфізму постулює наявність однозначної (власне ізоморфізм) чи часткової (гомоморфізм) відповідності структури однієї системи структурі іншої, що дає змогу моделювати одну систему за допомогою іншої, подібної в деякому відношенні. Сучасні дослідження як у загальній теорії систем, так і в тих галузях знань, які, головню, виникли на її основі (синергетика, теорія катастроф), свідчать про наявність не тільки ізоморфізму чи суворої відповідності структури систем, а й загального у їх розвитку та функціонуванні.

Серед інших важливих принципів слід відмітити такі:

- принцип кінцевої мети: абсолютний пріоритет кінцевої цілі системи;
- принцип ієрархії: корисне введення ієрархії елементів та (чи) їхнє ранжирування, корисне виділення модулів (підсистем) у системі та розгляд системи як сукупності підсистем;
- принцип функціональності: спільний розгляд структури і функції системи з пріоритетом функції над структурою;
- принцип розвитку: врахування динамічності системи, її здатності до розвитку, розширення, накопичення інформації, врахування невизначеності та випадковості при функціонуванні системи.

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

Основні етапи системного аналізу

У загальному вигляді системне дослідження проблеми складається з таких етапів:

- формулювання проблеми;
- виявлення цілей;
- формулювання критеріїв;
- визначення наявних ресурсів для досягнення цілей;
- генерація альтернатив та сценаріїв.

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.

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, що 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? Із яких елементів складається система?
- що має вирішити поставлене завдання?
- як система функціонує і як вона 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, що впливають на досліджувані процеси або систему, та визначення відношень між ними. Ці перші етапи є найважливішими, 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 організаційних 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 із зацікавлених сторін має своє бачення проблеми та своє ставлення до неї. Формування проблематики полягає у визначенні того, які зміни і чому бажає внести кожна із зацікавлених сторін.

На наступному етапі потрібно визначити цілі, тому що як формалізовані, так і слабо структуровані проблеми необхідно звести до такого вигляду, коли вони стають завданнями 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.

Метод побудови дерева цілей

Під деревом цілей розуміють ієрархічну деревоподібну структуру, яка отримується поділом загальної цілі на підцілі, а їх, у свою чергу, – на детальніші складові – нові підцілі, функції тощо. Якщо всі ці елементи зобразити графічно,

то одержимо «дерево цілей», повернуте «короною» донизу (рис. 1). При цьому головну ціль розміщують на найвищому рівні.

Перевагою цього методу є те, що він уможливорює поділ складного завдання, яке важко формалізувати, на сукупність простіших завдань, для розв'язання яких існують перевірені прийоми і методи. Послідовний поділ розв'язуваної проблеми на її частини – підпроблеми — є важливим етапом системного аналізу проблем. Поділ продовжують доти, доки не отримають прості, звичні, очевидні завдання, які можна розв'язати відомими методами.

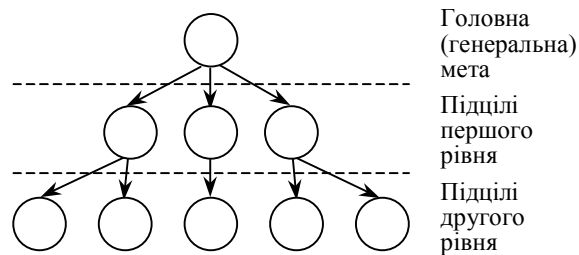


Рис. Граф дерева цілей

При побудові дерева цілей необхідно, з одного боку, здійснювати дослідження цілей зацікавленими у розв'язанні проблеми сторонами, а з іншого – передбачати можливість уточнення цілей, їх розширення або зміни. В цьому полягає одна із головних причин ітеративності системного аналізу.

Слід пам'ятати, що вибір неправильних цілей призведе не стільки до розв'язання існуючої проблеми, скільки до виникнення нових проблем.

На наступному етапі необхідно визначити **критерії** та **обмеження**. Під критеріями розуміють кількісні показники якісних цілей, які мають точніше їх характеризувати. Критерії мають якомога точніше відповідати цілям, хоча і не можуть повністю збігатися з ними, оскільки вони фіксуються в різних шкалах вимірювання: цілі – в номінальних, а критерії — в шкалах, що передбачають упорядкування.

Найпоширенішими та важливими критеріями при аналізі ефективності функціонування економічних систем (наприклад, підприємств) є прибуток, собівартість продукції, обсяги виробництва та збуту, якість, надійність та конкурентоспроможність продукції, ефективність управління тощо.

При формуванні критеріїв головним є не їх кількість, а те, наскільки повно вони характеризують ціль. Тому тут прагнуть досягти компромісу між повнотою описування цілей та кількістю критеріїв. Для повноти описування проблемної ситуації необхідно розглядати три взаємодіючі системи:

- систему, в якій існуюча ситуація розглядається як проблема;
- систему, в рамках якої можна вплинути на проблему для її вирішення;
- зовнішнє середовище, в якому існують та з яким взаємодіють ці дві системи.

Необхідно враховувати, що характер цілей цих трьох систем істотно відрізняється: для першої системи необхідно розв'язати проблему, для другої головна мета полягає в розв'язанні проблеми з найменшими витратами ресурсів, при цьому необхідно враховувати вплив зовнішнього середовища.

Евристичні методи генерування альтернатив

Наступним етапом системного аналізу є генерування альтернатив, тобто ідей та можливих шляхів досягнення визначеної мети. Генерування альтернатив є творчим процесом. Існує кілька методів, які застосовують для цього: метод мозкового штурму, метод Дельфі, синектика, сценарний аналіз, ділові ігри.

Метод мозкового штурму – це метод посилення творчого підходу стимулюванням генерування ідей у процесі їх обговорення групою людей, при якому забороняється критика. Мета цього методу полягає в стимулюванні висловлення ідей через заохочення ініціативи учасників.

Метод Дельфі передбачає одержання та зіставлення анонімних суджень про питання, яке становить для нас інтерес, через послідовне розсилання анкет, що перемежується з обробленням отриманої інформації. При методі Дельфі зберігаються переваги наявності кількох суджень і водночас усувається ефект зміщених оцінок, який можливий за особистої взаємодії респондентів. Основа методу – збір поштових анкет. Наприклад, учасники опитування відповідають на першу анкету та відсилають її. Спеціалісти узагальнюють відповіді,

визначаючи груповий консенсус, та відправляють цей результат респондентам разом із другою анкетною для переоцінки своїх попередніх відповідей. Основна ідея цього методу полягає в тому, що консенсус приводить до кращого розв'язку після кількох раундів опитування. Але, як показують дослідження, досить часто значні зміни не відбуваються вже після другого раунду.

Синектика призначена для генерування альтернатив через пошук аналогій до поставленого завдання за допомогою асоціативного мислення. На відміну від мозкового штурму головною метою тут є генерування невеликої кількості альтернатив. Для цього формується група з 5 – 7 осіб, які характеризуються гнучкістю мислення, широким кругозором та практичним досвідом у різних сферах діяльності, психологічною сумісністю тощо. Після набуття певного досвіду спільної роботи група починає цілеспрямоване систематичне обговорення довільних (можливо, і фантастичних) аналогій, що виникають стосовно проблеми, яка розглядається.

Розробка сценаріїв – це метод генерації альтернатив за допомогою аналізу ймовірних шляхів розвитку або поведінки системи у майбутньому. Отже, сценарій являє собою певний варіант можливого розвитку подій, деякий логічно обґрунтований прогноз, який з певною ймовірністю реалізується після прийняття рішення. Корисно розробляти кілька варіантів сценаріїв, як правило, песимістичних та оптимістичних, у межах яких найімовірнішим є розвиток майбутніх подій.

Метод експертних оцінок полягає в опитуванні групи фахівців з метою з'ясування їхньої думки стосовно досліджуваної проблеми. При застосуванні цього методу вважається, що думка групи експертів надійніша, ніж думка окремого експерта. Він ґрунтується на тому, що невідома характеристика досліджуваного явища трактується як випадкова величина, а індивідуальна оцінка кожного експерта щодо істинності та значущості тієї чи іншої події є відображенням її закону розподілу.

Під *діловими іграми* розуміють імітаційне моделювання реальних ситуацій, за якого учасники гри поводять себе так, як би вони діяли в реальній ситуації. При цьому реальність замінюється певною моделлю. І хоча такі ігри найчастіше використовуються для навчання (наприклад, робота за тренажерами при підготовці пілотів, штабні ігри чи навчання військових, або різноманітні тренінги та бізнес-табори, які стали популярними останнім часом), їх можна використовувати і для генерування альтернатив, особливо у ситуаціях, що важко піддаються формалізації. Важлива роль при цьому надається контрольню-арбітражним групам, що керують моделлю, реєструють хід гри та узагальнюють результати.

Початкові, переважно неформальні етапи системного дослідження проблеми подано на рис:



Рис. Головні етапи проведення системних досліджень

Проблеми алгоритмізації системних досліджень

Під *алгоритмом* розуміють скінченний упорядкований набір точних правил, що описують, які дії і в якій послідовності необхідно виконувати, щоб після скінченного числа кроків досягти поставлену мету або одержати розв'язок завдання.

Тому, якщо формалізацію системних досліджень розглядати у вузькому значенні цього слова (як математичне формулювання задачі та знаходження методу або алгоритму її однозначного розв'язку), то системний аналіз не може бути повністю формалізований (а отже, не може бути знайдений єдиний алгоритм знаходження розв'язку), оскільки в ньому значну роль відіграє творча робота, що виконується системними аналітиками та експертами.

В арсеналі сучасного системного аналізу використовуються різноманітні аналітичні методи (наприклад, методи дослідження операцій, підтримки прийняття рішень, оптимізації, моделі теорії ігор, теорії графів, теорії оптимального керування, математичного програмування, теорії інформації тощо). Поряд з цим значну роль у системному аналізі відіграють неформальні методи і процедури і в деяких ситуаціях цей метод зовсім не використовує формальні процедури.

Особливо це стосується системних досліджень соціально-економічних систем, які, як зазначалося вище, характеризуються великою складністю, значною кількістю взаємозв'язків, динамічністю та невизначеністю зовнішнього середовища і поведінки людей, неповнотою або неточністю вхідної інформації та ін.

Застосування необхідних методів та процедур (математичних, кібернетичних, евристичних, інформаційних) та їхня конкретна послідовність індивідуально визначаються залежно від конкретної проблеми та її специфіки, наявності ресурсів для її вирішення, досвіду та інтуїції дослідника.

Але це не означає, що можна казати про неможливість алгоритмізації системних досліджень. Зазначені труднощі приводять до того, що системний аналітик діє залежно від конкретної ситуації гнучко та різноманітно. Так, дослідник має можливість використовувати у різній послідовності ті чи інші процедури та операції дослідження систем і певною мірою спланувати свої дії наперед (у добре структурованих задачах), а може обирати чергову операцію залежно від результату, одержаного на попередньому етапі, або використовувати деякі готові алгоритми чи підпрограми аналізу.

Аналіз і синтез систем

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

У вузькому розумінні *аналіз* системи полягає в її декомпозиції з подальшим визначенням статичних та динамічних характеристик її елементів, що розглядаються у взаємодії з іншими елементами системи та зовнішнім середовищем. *Синтез* системи полягає в її створенні (проектуванні, організації, оптимізації) через визначення статичних та динамічних характеристик, що мають забезпечувати у сукупності максимальну відповідність системи поставленим завданням.

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 – кількість рівнів дерева цілей — визначається метою дослідження системи.

Аналіз та синтез систем можуть здійснюватись у таких аспектах: структурному; функціональному; інформаційному; параметричному.

Методи описування систем

Для описування структури або поведінки систем використовують моделі. *Моделі* являють собою певний умовний образ об'єкта дослідження. Модель будується для того, щоб відобразити характеристики об'єкта (елементи, взаємозв'язки, структурні та функціональні властивості), суттєві для мети дослідження. Схема організації, наприклад, є її графічною моделлю, що відображує її структуру.

Для різних цілей дослідження можна будувати різні моделі того самого об'єкта. Тому мета визначає, які риси оригіналу мають бути відображені в моделі. Отже, *питання про якість такого відображення – адекватність моделі реальності – правомірно вирішувати лише відносно поставленої мети*. Процес дослідження реальних систем, що включає побудову моделі, дослідження її властивостей та перенесення одержаних відомостей на реальну систему називають *моделюванням*.

Для створення моделі необхідно, передусім, вербально охарактеризувати систему, тобто описати: зовнішнє середовище; зв'язки системи з зовнішнім середовищем; елементний склад системи, її частин, що можуть розглядатися як підсистеми; зв'язки між елементами системи (або найважливіші зв'язки, якщо неможливо описати всі); дію або функціонування системи.

Таке описування можна вважати початковою моделлю системи, яка є базовою для створення спеціалізованих моделей: графічних, математичних тощо.

Процес побудови моделі складається з таких основних етапів: постановка завдання моделювання; вибір виду моделі; перевірка моделі на достовірність; застосування моделі; оновлення моделі.

Складну систему, як правило, неможливо «охопити» повністю та детально описати, що на практиці не завжди необхідно. Основна проблема при описуванні систем полягає у тому, що доводиться знаходити компроміс між простотою описування та необхідністю врахування численних факторів і характеристик складної системи. Як правило, цю проблему вирішують через

ієрархічне описування системи, тобто система описується не однією моделлю, а кількома чи сімейством моделей, кожна з яких описує поведінку системи з погляду різних рівнів абстрагування. Для кожного рівня ієрархії існує ряд характерних особливостей і змінних, законів і принципів, за допомогою яких описується поведінка системи. Для того щоб таке ієрархічне описування було ефективним, необхідна якомога більша кількість незалежних моделей для різних рівнів системи, хоча кожна модель має певні зв'язки з іншими.

Процес поділу системи на рівні, що характеризують технологічні, інформаційні, економічні та інші аспекти її функціонування, називають *стратифікацією* системи, а самі рівні – *стратами*. На кожній страті в ієрархії структур є свій власний набір змінних, які дають змогу значною мірою обмежитись лише дослідженням одного аспекту системи, однієї страти. Незалежність страт дає можливість глибше та детальніше досліджувати системи, хоча припущення про їх незалежність може призвести до неповного розуміння поведінки системи в цілому.

Головними рівнями дослідження систем є мікроскопічний та макроскопічний. *Мікроскопічне* дослідження системи пов'язане із детальним описуванням кожного компонента системи, дослідженням їх структури, функцій, взаємозв'язків, структури системи в цілому тощо. Практична реалізація найважливішого етапу мікропідходу – виявлення елементів системи та взаємозв'язків між ними, пов'язана із необхідністю подолання суперечності між бажанням повного дослідження кожної з підсистем і елементів системи та реальною можливістю дослідити при цьому структуру системи в цілому і принципи її функціонування.

Макроскопічне дослідження полягає в ігноруванні детальної структури системи та вивченні тільки загальної поведінки системи як єдиного цілого. Метою тут є побудова моделі системи через дослідження її взаємодії із зовнішнім середовищем (моделі типу «вхід – вихід», або «чорний ящик»).

Модель «чорного ящика». Найпростішою моделлю системи є так звана модель «чорного ящика», в якій акцент робиться на призначенні та поведінці

системи, а про її будову є тільки опосередкована інформація, що відображається у зв'язках із зовнішнім середовищем. Зв'язки з середовищем, що йдуть у систему (входи), дають можливість впливати на неї, використовувати її як засіб, а зв'язки, що йдуть із системи (виходи), є результатами її функціонування, які або впливають на зміни у середовищі, або споживаються зовні системи.

Як чорний ящик розглядаються об'єкти дослідження, внутрішня структура яких невідома або не береться до уваги. Іноді достатньо змістовного опису входів та виходів системи. З такими моделями людина досить часто має справу у повсякденному житті: наприклад, для керування автомобілем або роботи за комп'ютером не обов'язково досконало знати їх внутрішню будову.

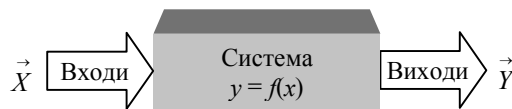


Рис. Модель чорного ящика

Метод описування систем за допомогою чорного ящика полягає у знаходженні взаємозв'язків між входами та виходами системи. Спостерігаючи достатньо довго за входами та виходами такої системи, тобто маючи вектори спостережень $\vec{X} = (x_1, \dots, x_n)$ та $\vec{Y} = (y_1, \dots, y_n)$, можна досягти такого рівня знань про її властивості, який уможливить передбачення змін у вихідних компонентах при будь-якій зміні вхідних, тобто можна знайти відображення $f: X \rightarrow Y$.

Для досягнення цієї мети будують спеціальні математичні моделі, що базуються на початковій моделі чорного ящика. Найчастіше для цього застосовують методи регресійного аналізу, математичної статистики і планування експерименту.

Необхідно зауважити, що дослідження системи методом чорного ящика принципово не може дати однозначної інформації про її структуру, бо однакову поведінку можуть мати різні системи.

Безперечно, що за допомогою тільки моделі чорного ящика неможливо вивчити внутрішню структуру системи. Для детальнішого опису систем використовують *моделі складу* та *моделі структури*. Модель складу системи

відображає, із яких елементів та підсистем складається система, а модель структури застосовується для відображення відношень між елементами та зв'язків між ними.

Головна складність при побудові моделі складу полягає у тому, що поділ цілої системи на частини є відносним, залежним від мети дослідження (це стосується також визначення меж системи). Крім того, відносним є поняття елемента – те, що з одного погляду є елементом, з іншого може бути підсистемою.

Черговим кроком у розвитку моделі системи є модель структури, яка описує суттєві зв'язки між елементами (компонентами моделі складу). На графічних моделях будову систем зображують у вигляді структурних схем.

Класифікація моделей та методів моделювання систем

За мірою повноти опису моделі поділяють на *повні*, *неповні* та *наближені*. Повні моделі адекватні об'єкту у просторі та часі. Для неповного моделювання ця адекватність не зберігається. При наближеному моделюванні беруться до уваги тільки найважливіші аспекти систем.

Залежно від характеру досліджуваних процесів у системі моделі поділяють на детерміновані та стохастичні, статичні та динамічні, неперервні та дискретно-неперервні. *Детерміновані* моделі відображають процеси, для яких передбачається відсутність випадкових впливів, а у *стохастичних* враховують випадкові процеси та події. Статичне моделювання застосовується для описування стану системи у фіксований момент, а динамічне – для дослідження поведінки системи у часі. *Дискретне*, *неперервне* та *дискретно-неперервне* моделювання застосовуються для опису процесів, які змінюються у часі.

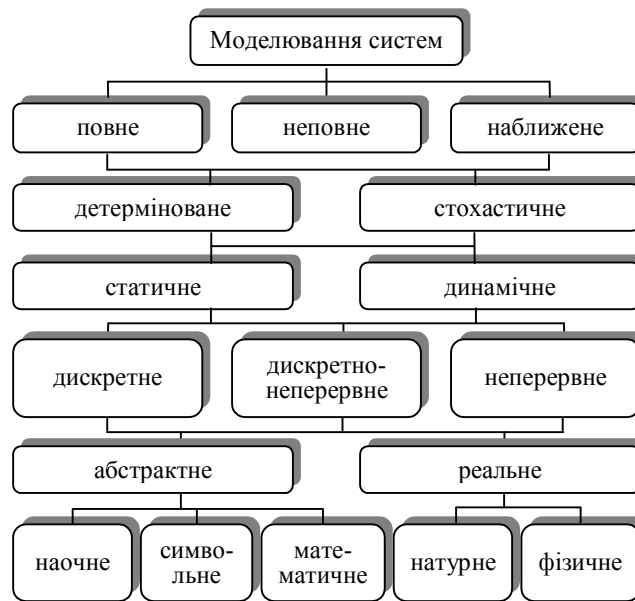


Рис. Методи моделювання систем

Залежно від форми подання об'єкта моделювання поділяють на реальне та абстрактне.

При *реальному* моделюванні використовують можливість дослідження характеристик на реальному об'єкті чи на його частині. При *натурному* моделюванні проводять дослідження на реальному об'єкті із подальшим обробленням результатів експерименту на основі теорії подібності. *Фізичне* моделювання здійснюється через відтворення досліджуваного процесу на моделі, яка в загальному випадку має відмінну від оригіналу природу, але однаковий математичний опис процесу функціонування.

Абстрактне моделювання має різноманітні види: *наочне*, *символьне*, *математичне*. При наочному моделюванні на базі уявлень людини про реальні об'єкти створюють наочні моделі, що відображають явища та процеси, які відбуваються в об'єкті.

Символьне моделювання являє собою штучний процес створення об'єкта, який замінює реальний та виражає основні його властивості через певну систему знаків та символів.

Символьне моделювання поділяється, в свою чергу, на *мовне* та *знакове*. В основі мовного моделювання лежить деякий тезаурус, який утворюється із набору вхідних понять, причому цей набір має бути фіксованим. Під *тезаурусом* розуміють словник, одиниці якого містять набори ознак, що

характеризують родово-видові зв'язки та згруповані за змістовною близькістю. Між тезаурусом та звичайним словником існують принципові розбіжності. Тезаурус – це словник, який не містить неоднозначних слів. Кожному його слову відповідає лише одне поняття.

Дослідження математичної моделі дає змогу одержати характеристики реального об'єкта чи системи. Вигляд математичної моделі залежить як від природи системи, так і від завдань дослідження. Математична модель системи містить, як правило, опис множини можливих станів системи та закон переходу із одного стану в інший.

Математичне моделювання, в свою чергу, включає імітаційне, інформаційне, структурне, ситуаційне моделювання тощо.

При *імітаційному моделюванні* намагаються відтворити процес функціонування системи у часі за допомогою деяких алгоритмів. При цьому імітуються основні явища, що утворюють процес, який розглядається, із збереженням їх логічної структури та послідовності перебігу в часі. Це уможлиблює одержання інформації про стан процесу в певний момент та оцінку характеристик системи. Імітаційні моделі дають змогу враховувати такі ознаки, як дискретність та неперервність елементів системи, нелінійність їхніх характеристик, випадкові збурення тощо.

Інформаційне (кібернетичне) моделювання пов'язане з побудовою моделей, для яких відсутні безпосередні аналоги фізичних процесів. У такому разі намагаються відобразити лише деяку функцію і розглядають об'єкт як «чорний ящик», який має певну кількість входів та виходів. У такий спосіб моделюють тільки окремі зв'язки між входами та виходами. Отже, в основі кібернетичних моделей лежить відображення окремих інформаційних процесів регулювання, що дають змогу оцінити поведінку реальної системи. Для побудови моделі необхідно виділити досліджувану функцію реального об'єкта та спробувати формалізувати її через окремі оператори зв'язку між входом і виходом. Імітаційна модель уможлиблює відтворення цієї функції.

Структурне моделювання базується на специфічних особливостях структур певного вигляду, які використовують як засіб дослідження систем або для розроблення на їх основі із застосуванням інших методів формалізованого опису систем (теоретико-множинних, лінгвістичних) специфічних підходів до моделювання.

Ситуаційне моделювання базується на модельній теорії мислення, в рамках якої можна описати основні механізми регулювання процесів прийняття рішень. В основі модельної теорії мислення є формування у свідомості та підсвідомості людини інформаційної моделі об'єкта чи зовнішнього світу. Цілеспрямована поведінка людини ґрунтується на формуванні цільової ситуації та мисленого перетворення фактичної ситуації в цільову. Основою побудови ситуаційної моделі є описання об'єкта у вигляді сукупності елементів, що пов'язані між собою певними відношеннями, які відбивають семантику предметної галузі. Модель об'єкта має багаторівневу структуру і являє собою інформаційний контекст, на тлі якого здійснюються процеси управління.

При дослідженні економічних систем найчастіше застосовують методи математичного, структурного, ситуаційного, інформаційного та імітаційного моделювання.

Математичне моделювання систем

У загальному випадку формальну математичну модель системи S можна подати у вигляді такої множини величин, що описують процес функціонування системи:

$x_i \in X, i = \overline{1, n_X}$ – сукупність вхідних впливів на систему;

$y_j \in Y, j = \overline{1, n_Y}$ – сукупність вихідних характеристик системи;

$v_k \in V, k = \overline{1, n_V}$ – сукупність збурюючих впливів зовнішнього середовища;

$h_l \in H, l = \overline{1, n_H}$ – сукупність внутрішніх параметрів системи.

Тоді формальний запис моделі системи буде мати такий вигляд:

$$\begin{aligned}
 y_1(t) &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_{n_x}, v_1, v_2, \dots, v_{n_v}, h_1, h_2, \dots, h_{n_H}, t); \\
 y_2(t) &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_{n_x}, v_1, v_2, \dots, v_{n_v}, h_1, h_2, \dots, h_{n_H}, t); \\
 &\dots\dots\dots \\
 y_{n_y}(t) &= f_{n_y}(x_1, x_2, \dots, x_{n_x}, v_1, v_2, \dots, v_{n_v}, h_1, h_2, \dots, h_{n_H}, t),
 \end{aligned}$$

де t – час.

Якщо розглядати процес функціонування системи як послідовну зміну її станів $\vec{H}(t_1), \vec{H}(t_2), \dots, \vec{H}(t_k)$, то вони можуть бути інтерпретовані як координати точок у k -вимірному фазовому просторі. Сукупність усіх можливих станів системи називають **простором станів**.

Формально стан системи S у момент часу $t_0 < t^* \leq T$ повністю визначається її початковим станом $\vec{H} = \vec{H}(t_0)$, вхідними впливами $\vec{X}(t^*)$, керуючими впливами $\vec{U}(t^*)$, впливами зовнішнього середовища $\vec{V}(t^*)$, що мали місце за проміжок часу $t^* - t_0$. Це можна подати такими двома векторними рівняннями:

$$\begin{aligned}
 \vec{H}(t) &= g(\vec{H}^0, \vec{X}, \vec{V}, \vec{U}, t); \\
 \vec{y}(t) &= f(\vec{H}, t).
 \end{aligned}$$

Тут перше рівняння за початковим станом системи \vec{H}^0 та змінними $\vec{X}, \vec{V}, \vec{U}$ визначає вектор-функцію $\vec{H}(t)$, а друге за станом $\vec{H}(t)$ визначає ендегенні змінні на виході системи $\vec{y}(t)$. У такий спосіб ланцюжок рівнянь об'єкта «вхід – стан – вихід» дає змогу визначити характеристики системи:

$$\vec{y}(t) = f\left[g\left(\vec{H}^0, \vec{X}, \vec{V}, \vec{U}, t\right)\right].$$

Отже, під математичною моделлю системи розуміють скінченну підмножину змінних $\{\vec{X}(t), \vec{V}(t), \vec{U}(t)\}$ разом з математичними зв'язками між ними та характеристиками $\vec{y}(t)$.

До найпоширеніших видів математичних моделей, які використовуються на практиці для моделювання економічних систем, можна віднести моделі математичного програмування, статистичні моделі, моделі теорії масового обслуговування, управління запасами та теорії ігор.

Моделі математичного програмування (МП) застосовують для визначення оптимального способу розподілу обмежених ресурсів за наявності конкуруючих потреб.

Найчастіше застосовуються задачі лінійного програмування (у зв'язку з простотою їх розв'язання).

Серед типових варіантів застосування задач лінійного програмування при системному дослідженні проблем управління виробництвом можна навести такі: укрупнене планування виробництва, складання графіків виробництва, мінімізуючих загальні витрати; планування асортименту виробів (визначення оптимального асортименту продукції залежно від наявності обмежених ресурсів); маршрутизація виробництва продукції (визначення оптимального технологічного маршруту виготовлення виробу, що має послідовно пройти через кілька технологічних операцій, кожна з яких характеризується своїми витратами та продуктивністю); управління технологічним процесом; регулювання запасів (наприклад, визначення оптимальної кількості товару на складі); календарне планування виробництва (складання календарних планів, мінімізуючих загальні витрати через урахування витрат на зберігання запасів, оплату за понаднормовану роботу тощо); планування розподілу продукції (складання оптимального графіка відвантаження продукції з урахуванням розподілу її між іншими виробничими підприємствами та складами, складами та магазинами); визначення оптимального варіанта підвищення виробничих потужностей (наприклад, визначення найкращого місця побудови нового заводу через оцінку витрат на транспортування між альтернативними місцями розміщення виробництва та місцями постачання сировини і збуту готової продукції); календарне планування транспорту; розподіл працівників.

Статистичні моделі застосовують для з'ясування причинно-наслідкових зв'язків між економічними факторами, визначення кількісного та якісного впливу одних чинників на інші. Окрім цього, статистичні моделі застосовують до задач економічного прогнозування (моделі екстраполяції, часових рядів, регресійні моделі тощо).

Моделі теорії масового обслуговування застосовують для визначення оптимальної кількості каналів обслуговування стосовно потреби у них та дають змогу мінімізувати витрати у разі значної їх нестачі. Ці моделі застосовують у

сфері транспорту, обслуговування тощо (для систем телекомунікацій, банківських установ, кас з продажу авіа- та залізничних квитків, супермаркетів, автозаправок, перукарень тощо). Окрім цього ТМО можна застосовувати для дослідження систем управління, в яких існує необхідність перебувати в стані очікування. Це є наслідком ймовірнісного характеру виникнення вимоги в обслуговуванні.

Моделі управління запасами застосовуються для визначення часу на розміщення замовлень на ресурси та необхідного обсягу цих ресурсів, а також обсягу готової продукції на складах. Будь-яка організація повинна підтримувати певний рівень запасів на складах для запобігання виникненню затримок на виробництві та у збуті. Метою застосування цих моделей є мінімізація негативних наслідків нагромадження запасів, що пов'язані з певними витратами: на розміщення замовлень, на зберігання запасів, а також втратами, що спричиняються недостатнім обсягом запасів.

Моделі теорії ігор. Ігрові задачі передбачають участь у активній взаємодії двох сторін або гравців: керуючої системи, яка визначає стан об'єкта та має забезпечити ефективне управління (екстремальне значення цільової функції) та середовища (наприклад, дії конкурентів), що формує вплив, який погіршує ефективність управління системою.

Необхідно зауважити, що значне різноманіття математичних методів і моделей, що використовуються в системному аналізі, та обмежений обсяг лекційного курсу не дають можливості розглянути їх детальніше. Але найпоширеніші методи вивчаються в курсах блоку економіко-математичних дисциплін (економіко-математичне моделювання, економетрика, методи оптимізації, дослідження операцій, методи прогнозування, математичне програмування тощо).

Принципи та основні етапи побудови математичних моделей систем

Як було зазначено вище, при побудові моделі системи взагалі та її математичної моделі зокрема необхідне досягнення компромісу між

намаганням одержати достатньо повне описання системи та досягненням необхідних результатів у якомога простіший спосіб. Такий компроміс досягається, як правило, за допомогою побудови системи моделей, починаючи з найпростіших та поступово ускладнюючи їх. Прості моделі дають змогу глибше з'ясувати досліджувану систему (чи проблемну ситуацію). Ускладнення моделі введенням додаткових факторів та зв'язків уможливорює виявлення точнішої функціональної залежності між елементами системи та її взаємодії із зовнішнім середовищем.

Складні системи потребують розроблення цілої ієрархії моделей, що відображають різні їх властивості.

Розглянемо загальні вимоги, які має задовольняти побудована математична модель: модель має бути адекватною; необхідно абстрагуватись від другорядних деталей та факторів; необхідне досягнення компромісу між бажаною точністю результатів моделювання та складністю моделі.

У загальному випадку *процес побудови математичної моделі* системи складається з таких етапів: змістовне описування об'єкта моделювання; побудова математичної моделі; підготовка інформаційної бази моделювання та чисельна реалізація моделі; перевірка адекватності моделі; застосування моделі.

Особливості соціально-економічних систем

Серед систем, створюваних людьми, можна виділити особливу категорію так званих *цілеспрямованих систем*, до яких належать соціально-економічні системи. Елементами таких систем є люди, тому вони являють собою особливо складні об'єкти.

Відзначимо основні властивості, що притаманні соціально-економічним системам і які необхідно враховувати при їх дослідженні:

- емерджентність як вищий прояв цілісності системи;
- динамічність економічних процесів, що полягає у зміні параметрів та структури соціально-економічних систем під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів;
- стохастичний характер економічних явищ, що обумовлює застосування до їх описання статистичних методів дослідження;

- закономірності економічних процесів проявляються тільки за наявності достатньої кількості спостережень;
- неможливість ізолювати економічні процеси від зовнішнього середовища та спостерігати їх у чистому вигляді.

Системний підхід дає змогу по-іншому оцінювати ефективність функціонування соціально-економічних систем: взаємодія між частинами системи справляє набагато більший вплив, ніж результативне функціонування окремих її частин.

Жоден з елементів системи не може бути пізнаний без урахування його зв'язків з іншими елементами.

Дослідження складних систем вимагає не тільки аналітичного підходу (спрямованого на поділ цілого на частини та дослідження кожної з них окремо), а й цілісного підходу, що означає дослідження системи в єдності усіх її частин. Цей підхід полягає у синтезі, тобто у поєднанні частин, виявленні системних властивостей, які притаманні всій системі.

Об'єднання елементів у єдине ціле, яке дає змогу системі виконувати певну функцію у більшій системі (надсистемі), і являє собою здійснення синтезу. Отже, процес пізнання складних систем полягає у діалектичній єдності застосування процедур аналізу та синтезу.

Основні напрямки застосування ідей та принципів системного аналізу до дослідження соціально-економічних об'єктів

Навіть найретельніше дослідження ефективно функціонуючого підприємства чи організації не дає змоги зі всією повнотою виявити механізм їх ефективної діяльності, оскільки він виходить далеко за межі цих систем. Важливі фактори, що обумовлюють їх функціонування, знаходяться в зовнішньому середовищі, в якому існує підприємство, – в економічній, політичній та соціально-культурній сферах суспільства. Тому при дослідженні нинішніх організацій, фірм, підприємств, корпорацій недостатньо лише традиційних аналітичних методів дослідження; необхідні комплексні та

всесторонні підходи, застосовуючи які, акцентують увагу не тільки на підприємстві, а й на дослідженні навколишнього середовища, в якому воно функціонує.

Одним із таких методів є системний підхід.

Сучасному світу, що оточує будь-яку організацію, притаманні такі риси та закономірності, врахування яких вимагає застосування системного підходу.

Посилення взаємного впливу, взаємозалежності, взаємодії всіх частин сучасного суспільства. Сучасне суспільство стає все більш інтегрованим, цілісним. Тісніше переплітаються економічні, політичні, соціальні та інформаційні процеси, інтенсивніше взаємодіють держава та суспільство, виробництво і наука, культура та побутова сфера.

Сучасні організації, підприємства, корпорації інтегровані в системи міжнаціональних економічних зв'язків, транснаціональні компанії, інформаційні системи, що обслуговують світовий ринок, міжурядові проекти, які охоплюють значну кількість державних та приватних корпорацій.

Тому компанії не являють собою ізольовані, незалежні організації. Вони є частинами інших систем, які справляють багатогранний вплив на функціонування компаній. При цьому слід враховувати не тільки економічні фактори. Зовнішнє середовище, що оточує будь-яке підприємство, являє собою складну систему, в якій важливу роль відіграють також політичні і соціальні фактори, чинне законодавство, уряд, фактори науково-технічного прогресу, постачальники, споживачі, конкуренти. Отже, є всі підстави вважати сучасне підприємство відкритою системою, яка тисячами ниток пов'язана із зовнішнім середовищем.

Інша важлива риса – динамічність. Конкурентна боротьба за задоволення потреб споживачів примушує компанії постійно розробляти і пропонувати нові товари та послуги, постійно поліпшувати їх якість, використовуючи для цього найсучасніші науково-технічні досягнення. Скоріше вже не зниження витрат виробництва та зниження цін, як це було у відносно нещодавньому минулому,

стає стратегічним завданням компанії. Випуск нових товарів та послуг і освоєння нових ринків є головною метою сучасного виробництва.

Обидва ці фактори – зростаюча взаємозалежність та динамічність суспільства обумовлюють *третю рису навколишнього середовища організації – складність соціальної структури*, що призводить до зростання складності в її пізнанні, прогнозуванні та управлінні.

Для дослідження складних систем, до яких належать і соціально-економічні, необхідним є застосування процедур аналізу та синтезу. Розглянемо досить широкий перелік процедур системного аналізу, що може ефективно застосовуватися до дослідження соціально-економічних систем:

1. *Визначення меж досліджуваної системи.*
2. *Визначення надсистем, в які входить досліджувана система як частина.*
3. *Визначення основних рис та напрямків розвитку надсистем, до яких належить дана система, зокрема формулювання їх цілей та суперечностей між ними.*
4. *Визначення ролі досліджуваної системи в кожній надсистемі і розгляд цієї ролі як засобу досягнення цілей надсистеми.*
5. *Виявлення складу системи, тобто визначення частин, з яких вона складається.*
6. *Визначення структури системи, що являє собою сукупність зв'язків між її компонентами.*
7. *Визначення функцій компонентів системи, тобто цілеспрямованих дій елементів, їх «внеску» в реалізацію загальної мети системи.*
8. *Виявлення причин, що поєднують окремі частини в систему, у цілісність.*
9. *Визначення всіх наявних зовнішніх зв'язків, комунікацій системи з зовнішнім середовищем.*
10. *Дослідження системи в динаміці, у розвитку.*

Необхідно зауважити, що викладена тут послідовність процедур системного аналізу не є обов'язковою. Бажаним є знання скоріше самого переліку процедур, ніж їх послідовності. За винятком кількох перших процедур

переліку, за реалізації яких здійснюється синтез системи, інші необхідно виконувати виходячи з логіки та враховуючи зміст конкретної системи. *Єдине обов'язкове правило полягає в доцільності багаторазового повернення в ході дослідження до кожної з описаних процедур.* Тільки це є запорукою глибокого і всебічного вивчення будь-якої системи.

Слід зазначити, що на практиці далеко не завжди використовуються багато прийомів системного аналізу. Однак спроба досліджувати складні об'єкти простими засобами, прагнення пояснити багатокомпонентні системи, багатогранні взаємодії спрощеними схемами призводить до викривленого уявлення про дійсний стан системи, до необґрунтованих та неадекватних рішень.

Національна економіка з точки зору системного аналізу

З погляду системного підходу *економічну систему країни* можна визначити як функціональну підсистему суспільства, як сукупність ресурсів та економічних суб'єктів, взаємопов'язаних та взаємодіючих між собою у сфері виробництва, розподілу, обміну та споживання і утворюючих єдине ціле.

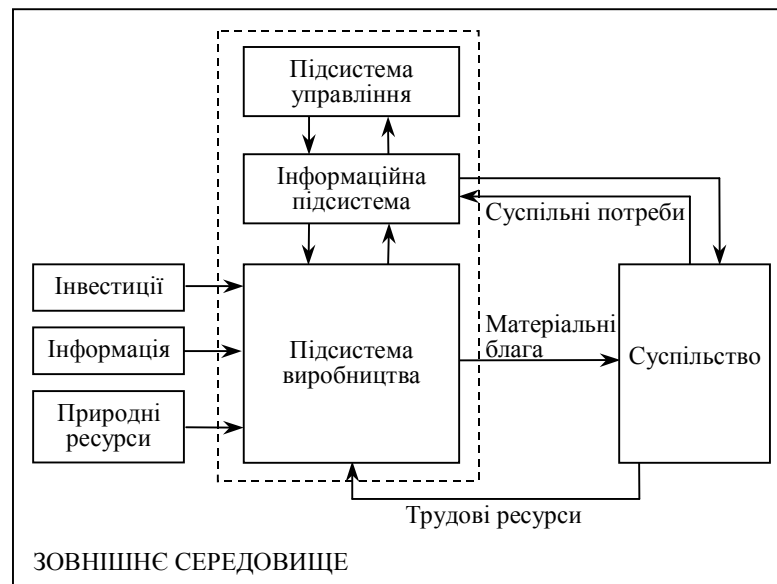


Рис. Спрощена схема економічної системи

Економіці, як системі, притаманна низка як загальносистемних, так і специфічних властивостей. *До загальносистемних властивостей економіки можна віднести її цілісність та подільність, ієрархічність будови.*

Специфічні властивості національної економіки виникають у процесі взаємодії (кооперації) її підсистем. *До найсуттєвішої специфічної особливості економічної системи слід віднести її складність.*

До інших специфічних властивостей економіки можна віднести такі:

- економіка як складна система має здатність до самоорганізації;
- її підсистеми мають нечіткі межі: той самий елемент (економічний суб'єкт) може водночас брати участь у різних процесах самоорганізації економіки, може бути елементом багатьох підсистем;
- самоорганізація економіки виникає із кооперації не тільки економічних суб'єктів нижчого рівня між собою, а й із економічними інститутами, а також із кооперації економічних інститутів між собою;
- структура економіки часто прихована щодо відносин адміністративного підпорядкування;
- окрім цього, економіка є відкритою, динамічною та стохастичною системою, і тому вона не піддається точному детальному описуванню та прогнозуванню її поведінки.

Можна виділити дві сфери економіки: управління та контролю і реальну сферу. Перша сфера охоплює державу та її територіальні утворення, а друга – підприємства, фірми, організації, домогосподарства та людину, що бере участь у соціально-економічних зв'язках. Всередині кожної сфери та між ними циркулюють потоки інформації.

Положення суб'єктів господарювання у конкретній національній економіці та їхня роль відносно один одного визначаються відносинами власності. Взаємодія компонентів здійснюється завдяки наявності у них різних потреб та цінностей. Взаємозв'язок компонентів реальної сфери економіки забезпечує ринок.

Для описування економічної системи необхідно передусім виділити її компоненти, тобто здійснити аналіз її структури (дезагрегацію), визначити її складові (підсистеми, елементи, входи, виходи), а також зв'язки між ними і зовнішнім середовищем.

Залежно від мети дослідження економіки можна обрати різні її «первинні» елементи, якими можуть бути індивід з його потребами, домогосподарство, елементарна технологічна операція, підприємство, галузь.

Елементи економіки мають між собою багато різних як безпосередніх, так і опосередкованих, прямих та зворотних, функціональних, лінійних, причинних та інших зв'язків.

Можна виділити такі найпоширеніші типи зв'язків між економічними суб'єктами:

- бюрократичні зв'язки мають регламентований, вертикальний характер, здійснюються між усіма рівнями ієрархії економічної системи. Вони базуються на субординації;
- ринкові зв'язки мають, як правило, горизонтальний характер, здійснюються між юридично рівноправними суб'єктами, одним із головних мотивів яких є одержання прибутку; базуються на добровільних, взаємовигідних домовленостях між економічними суб'єктами;
- «етичні» зв'язки ґрунтуються на очікуванні взаємної допомоги, або альтруїзмі, можуть бути закріплені національними традиціями;
- «агресивні» зв'язки, які мають вертикальний характер та здійснюються з позиції сили, що не регламентована ні юридично, ні морально.

Найуніверсальнішою формою зв'язків між економічними суб'єктами як носіями попиту та пропозиції є ринкові відносини.

Сукупність елементів економіки та зв'язків між ними утворюють структуру економіки. Вона ієрархічна, у відносно стабільний період розвитку економіки, згідно з принципами концепції самоорганізації, структура забезпечує стабільність функціонування та стійкість розвитку системи, компенсуючи певною мірою завдяки зворотним зв'язкам внутрішні та зовнішні (спричинені, наприклад, природним середовищем, кон'юнктурою зовнішніх ринків тощо) шоки.

Але в критичні періоди, наприклад у період фінансових криз та депресій, воєнних, соціальних конфліктів тощо, відбувається зміна зв'язків між

елементами системи, функціонування та поведінки економічної системи в цілому. У термінах синергетики такі критичні точки називаються *точками бифуркації*. Особливістю складних, нелінійних, динамічних систем є те, що поблизу точок бифуркації невеликі зовнішні збурення можуть призвести до суттєвих змін у поведінці (динаміки, руху, стану, структури) системи.

Дослідження економіки як системи потребує також аналізу її середовища. Можна виділити такі типи середовища економічної системи: зовнішнє економічне середовище, тобто економічні системи інших країн та світова економіка в цілому; зовнішнє суспільне середовище (державний устрій, політика, ідеологія, культура, освіта, право, релігія, система цінностей інших країн); природне середовище.

Окрім цього, необхідне також дослідження внутрішнього середовища економічної системи: соціального, природного тощо.

Синергетичний підхід до дослідження соціально-економічних систем

Поняття *синергетика* походить від грец. *synergetikos* – спільний, погоджений, сумісно діючий. Синергетика – це 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, інформацією та енергією з навколишнім середовищем за нерівноважних умов.

На сучасному етапі предметом вивчення синергетики (або новітньої загальнонаукової теорії самоорганізації) є дослідження законів та закономірностей глобальної еволюції довільних відкритих, складних, нерівноважних систем, головною рисою яких є нестійкість, нерівноважність та нелінійність. До таких систем належать і сучасні економічні системи.

Синергетику можна розглядати як сучасний етап розвитку ідей кібернетики та системних досліджень. Кібернетика та різноманітні напрямки загальної теорії систем вивчають процеси підтримання рівноваги (гомеостазису) у системах за рахунок зворотних зв'язків, а також процеси

управління системами. Кібернетика намагається звести та описати нелінійні процеси еволюції систем за допомогою лінійних моделей (принаймні на окремих етапах, коли існує така можливість).

На відміну від кібернетики синергетика досліджує принципово нерівноважні системи, тобто системи, що перебувають у стані, далекому від рівноважного, та принципово нелінійні процеси еволюції систем. Тобто такі процеси, коли за певних умов внутрішні або зовнішні збурення можуть призвести систему до принципово нових станів, до виникнення нових стійких структур. Тому основними математичними моделями дослідження в синергетиці є нелінійні диференціальні рівняння, акцент робиться не на процесах управління та обміну інформацією, а на принципах побудови організації, розвитку та самоускладнення.

Сутність синергетичного підходу до ефективного управління системами полягає в тому, що він орієнтований не на цілі та сподівання суб'єкта управлінської діяльності, а на те, що притаманне саме системі, тобто на її власні закони еволюції та самоорганізації. При цьому увага приділяється погодженості управлінського впливу із тенденціями динаміки нелінійної системи.

Головний акцент у синергетиці робиться на явищах самоорганізації. Процеси *самоорганізації* в системах Г. Хакен визначає як виникнення певних просторових, часових або функціональних структур без специфічного впливу на систему з боку зовнішнього середовища, тобто виникнення або зростання впорядкованості із хаосу.

Отже, у складних системах спостерігається погоджена поведінка підсистем, у результаті чого зростає ступінь їхньої впорядкованості (явище самоорганізації), тобто зменшується ентропія. Результатом самоорганізації стає виникнення, взаємодія (наприклад, кооперація) і, можливо, регенерація динамічних об'єктів (підсистем), складніших в інформаційному аспекті, ніж елементи середовища, з яких вони виникають.

Самоорганізацію пов'язують із поняттям *дисипативної структури*, тобто структури, що виникає спонтанно у відкритих нерівноважних системах. Якщо в стані рівноваги елементи такої структури поведуть себе певною мірою незалежно один від одного, то під впливом зовнішніх збурень вони переходять у нерівноважний стан і починають діяти погоджено, внаслідок чого між ними утворюються нові зв'язки.

Іншим важливим поняттям у синергетиці є так звані *точки біфуркації* – такий стан системи, коли відносно незначні зміни параметрів системи або зовнішніх факторів можуть привести до значних якісних змін у поведінці системи, її стані, траєкторії або її структурі.

З точки зору синергетики розвиток економічних систем відбувається у двох формах – еволюційній та революційній (стрибкоподібній). В еволюційній фазі економічні інститути різних рівнів, зв'язки між ними та їх функціонування (як окремих економічних суб'єктів, так і всієї національної економіки) змінюється повільно. З часом, коли коливання (флуктуації) економічних параметрів посилюються та переходять критичний рівень, то настає момент, коли незначні збурення приводять до переходу економіки у якісно новий стан. Система перебуває у стані, близькому до точки біфуркації – точки розгалуження варіантів економічного розвитку та вибору того чи іншого (атрактора).

У точці біфуркації відбувається руйнування старої структури економіки та зародження нової. Таке співіснування елементів старої та нової структур породжує хаос. Але саме він сприяє виходу економіки на новий виток розвитку. У точці біфуркації змінюється структура економіки та макроекономічні пропорції, при цьому перший удар завдається зв'язкам системи. В ході адаптації до нової структури відбувається зміна механізмів функціонування економіки.

Але в точці біфуркації економіка може бути притягнута як прогресивним, так і регресивним атрактором, тобто вона може як збільшити, так і зменшити

ступінь своєї організованості та складності, стати більш відкритою чи замкненою системою, а може і зруйнуватися.

Останнім часом паралельно із стохастичною інтерпретацією макроекономічних процесів розвивається альтернативний підхід, який причину невизначеності в економічній еволюції вбачає у принциповій нелінійності економічних процесів. Так, навіть у разі застосування простих дискретних моделей для описання економічної динаміки за деяких цілком природних економічних передумов розв'язки можуть бути нестійкими та непередбачуваними. Тому необхідність виявлення точок рівноваги, біфуркації та граничних циклів потребує нового підходу до розгляду реальних макроекономічних процесів.

Приклади моделювання економічних систем

ФУНКЦІЯ КОББА—ДУГЛАСА

Якщо розглядати економіку з погляду макропідходу, коли вона не підлягає дальшому поділу, то її можна подати у вигляді моделі «чорного ящика», до входу якого надходять ресурси (робоча сила, сировина, капітал, засоби праці, інформація тощо), котрі система використовує як фактори виробництва. Виходом системи є вироблені матеріальні блага. Загалом цю залежність можна подати виробничою функцією, що у скалярному вигляді буде такою:

$$Z = f(X_1, X_2, \dots, X_n, \alpha_i),$$

де X_i , якщо $i = \overline{1, n}$ – фактори виробництва, α_i – параметри.

Здебільшого як певну функціональну залежність беруть мультиплікативну однорідну функцію такого вигляду:

$$Z = a_0 L^{\alpha_1} P^{\alpha_2} \exp(\lambda t),$$

де Z – індекс промислового виробництва (наприклад, внутрішнього валового продукту (ВВП));

L – індекс чисельності робочої сили;

P – індекс промислового виробництва;

$\exp(\lambda t)$ – відображує часову тенденцію, що обумовлена науково-технічним прогресом;

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1.$$

Ця функція зводиться до лінійної логарифмуванням:

$$\ln Z = \ln a_0 + \alpha_1 \ln L + \alpha_2 \ln P + \lambda t.$$

Отже, за допомогою виробничих функцій можна, не вдаючись до аналізу структури економічної системи, встановити взаємозв'язок між її входами (факторами виробництва) та виходами (обсягами виробництва).

Модель Солоу

Модель Солоу – це односекторна модель економічного зростання. У ній економіка являє собою єдине ціле, що виробляє один продукт, який може йти як на споживання, так і на інвестиції. Хоча ця модель є надто спрощеною і не враховує у явному вигляді експорт та імпорт, вона достатньо адекватно відображає важливі макроекономічні аспекти процесів відтворення.

Стан економіки в моделі Солоу задається такими ендогенними змінними: X – валовий внутрішній продукт (ВВП), C – фонд невиробничого споживання, I – інвестиції, L – кількість зайнятих, K – фонди. Окрім цього, в моделі використовують такі екзогенні змінні: v – річний темп приросту зайнятих ($-1 \leq v \leq 1$), μ – частка вибулих протягом року виробничих фондів ($0 \leq \mu \leq 1$), ρ – норма нагромадження (частка валових інвестицій у ВВП, $0 \leq \rho \leq 1$).

У цій моделі передбачається, що всі ендогенні змінні змінюються у часі, а екзогенні змінні постійні, при цьому норма нагромадження вважається керованим параметром.

Допускається також, що річний випуск у кожний момент визначається лінійно-однорідною неокласичною виробничою функцією:

$$X = F(K, L).$$

Розглянемо темпи приросту головних ресурсів за малий проміжок часу Δt :

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta L}{L} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v \Delta t = \frac{dL}{dt} = vL,$$

звідки одержимо:

$$\ln L = \nu t + \ln A, \quad L = A \exp(\nu t).$$

Або, враховуючи початкову умову $L(0) = L_0$, можемо записати:

$$L = L_0 \exp(\nu t).$$

Знос та інвестиції в розрахунку на рік дорівнюють μK та I , а за час Δt – відповідно $\mu K \Delta t$, $I \Delta t$. Тому приріст фондів за цей час становитиме:

$$\Delta K = -\mu K \Delta t + I \Delta t,$$

звідки одержимо диференціальне рівняння:

$$\frac{dK}{dt} = -\mu K + I, \quad K(0) = K_0.$$

Інвестиції та фонд невиробничого споживання будуть дорівнювати $I = \rho X$ та $C = (1 - \rho)X$. Отже, модель Солоу буде мати вигляд:

$$L = L_0 \exp(\nu t); \quad \frac{dK}{dt} = -\mu K + I, \quad K(0) = K_0;$$

$$X = F(K, L); \quad I = \rho X; \quad C = (1 - \rho)X.$$

Графічно функціонування економіки за моделлю Солоу зображено на рис. 2.

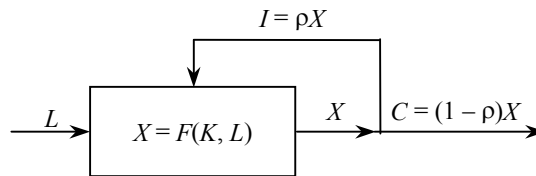


Рис. Схеми функціонування економіки за моделлю Солоу

Якщо ввести показники:

$$k = \frac{K}{L} \text{ – фондоозброєність;}$$

$$x = \frac{X}{L} \text{ – продуктивність праці;}$$

$$i = \frac{I}{L} \text{ – питомі інвестиції;}$$

$$c = \frac{C}{L} \text{ – середнє споживання на одного зайнятого,}$$

тоді, враховуючи, що

$$x = \frac{F(K, L)}{L} = F\left(\frac{K}{L}, 1\right) = f(k); \quad i = \rho x; \quad c = (1 - \rho)x;$$

$$\frac{dK}{dt} = \frac{d}{dt}(kL) = \nu Lk + L \frac{dk}{dt},$$

модель Солоу у відносних показниках матиме вигляд:

$$\frac{dk}{dt} = -\lambda k + \rho f(k), \quad \lambda = \mu + \nu, \quad k(0) = k_0 = \frac{K_0}{L_0};$$

$$x = f(k); \quad i = \rho f(k), \quad c = (1 - \rho)f(k).$$

Отже, оскільки кожний абсолютний чи відносний показник змінюється з часом, то можна казати про рух системи.

Статична модель «витрати – випуск»

Розглянемо також одну з найбільш агрегованих та узагальнених моделей економічної системи – статичну модель міжгалузевого балансу «витрати–випуск» (модель Леонтьєва). У систему надходять ресурси, а на виході одержуємо кінцеву продукцію (товари, послуги тощо). Вважатимемо, що економічна система складається з двох підсистем: виробництва та розподілу продукції. Частина всієї виробленої продукції (валової) використовується для задоволення потреб самого виробництва (проміжна продукція), а решта (кінцевий продукт) надходить до виходу системи (споживається суспільством, йде до інших економічних систем тощо).

Нехай економіка складається з n галузей. Позначимо через $x_i, y_i; i = 1, \dots, n$ – валову та кінцеву продукцію відповідно. Основним елементом моделі є квадратна матриця **технологічних коефіцієнтів** $A = (a_{ij})_{n \times n}$. Її елементи a_{ij} показують, скільки продукції галузі i необхідно витратити для виробництва одиниці продукції в галузі j . Тому цю матрицю ще називають матрицею прямих витрат. Вона характеризує технологічну структуру економіки. Вважається, що її елементи є постійними величинами.

Основне припущення моделі полягає в тому, що для виробництва x_i одиниць продукції у галузі j необхідно витратити

$$x_i = a_{ij}x_j; \quad i, j = 1, \dots, n,$$

одиниць продукції галузі i (тобто вважається, що затрати прямо пропорційні обсягам випуску продукції).

Тоді модель системи можна подати у вигляді:

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + y_i, \quad i, j = 1, \dots, n,$$

або у матричному вигляді:

$$x = Ax + y,$$

де $x = (x_1, \dots, x_n)^T$, $y = (y_1, \dots, y_n)^T$.

Розв'язок має економічний сенс, якщо вектори y та x невід'ємні. Для цього необхідно, щоб матриця A була продуктивною. Матрицю A називають **продуктивною**, якщо існують два вектори: $y > 0$ ($y_i > 0$, $i = 1, \dots, n$) та $x \geq 0$ ($x_i \geq 0$, $i = \overline{1, n}$) такі що:

$$x - Ax = y.$$

Тоді розв'язок існує та єдиний:

$$x = (I - A)^{-1}y.$$

Модель Леонт'єва можна використовувати для того, щоб за відомим вектором кінцевої продукції знайти вектор валової, або навпаки, за відомим обсягом випуску валової продукції знайти обсяг кінцевої. Складніші балансові моделі (динамічні МГБ) враховують також зміни капітальних вкладень.

На практиці для моделювання економіки в цілому або її секторів та галузей використовують значно складніші моделі: макроеконометричні системи рівнянь часто застосовують разом із моделями динамічного МГБ та ін.

Макроеконометричні моделі описують економіку в цілому та містять взаємопов'язані блоки рівнянь, що характеризують взаємозв'язки між різними секторами економіки. Так, наприклад, відома бруклінська макроеконометрична модель прогнозування економіки США містила сім блоків та більше 60 рівнянь. Такі моделі, як правило, мають блочну структуру (наприклад, містять блоки реального сектору, сектору споживання та доходів населення, державного сектору, зовнішньоекономічного сектору, грошово-кредитного сектору та ін.) і включають кілька сот змінних і рівнянь, часто містять взаємозалежні змінні, що ускладнює ідентифікацію таких систем.

Модель організації як відкритої системи

Організацію можна визначити як соціально-економічну систему, що поєднує групу людей, які сумісно реалізують певну спільну мету та діють на

основі певних принципів і правил. До організацій можна віднести фірми, підприємства, корпорації, наукові установи тощо.

З погляду системного підходу до організації як соціально-економічної системи існують такі їх системоутворюючі фактори та властивості:

- організації є цілісними системами;
- організації складаються з окремих підсистем, що є їх складовими;
- наявність спільної головної мети для всіх компонентів та підсистем організації;
- підпорядкування цілей кожного компонента спільній меті системи та усвідомлення кожним виконавцем своїх завдань і загальної мети;
- виконання кожним елементом своїх функцій, зумовлених поставленими завданнями;
- відношення субординації та координації між компонентами системи (тобто ієрархічний принцип будови й управління);
- наявність зворотного зв'язку між керуючою та керованою підсистемами;
- суттєва залежність від зовнішнього середовища.

Однією з важливих особливостей організації є її взаємозв'язок із зовнішнім середовищем та суттєва залежність від останнього, що проявляється у необхідності одержання ресурсів для свого функціонування і розширення кола своїх споживачів, що використовують результати діяльності організації. Організація не може залишатися ізольованою, їй необхідно взаємодіяти з іншими системами (суспільними організаціями, постачальниками, замовниками, вищими органами управління, профспілками тощо) для забезпечення умов існування та розвитку.

Отже, організація є цілісною відкритою системою, яка багатьма зв'язками з'єднана з зовнішнім та внутрішнім середовищем.

Основні аспекти внутрішнього середовища організації, які потребують уваги керівництва, – це цілі, структура, завдання, технології та персонал.

Цілі організації є бажаним кінцевим рівнем окремих характеристик організації, або результати, на досягнення яких спрямована її діяльність.

Структура організації – це логічні взаємовідносини рівнів управління, які дають змогу найефективніше досягати цілей організації. Структура організації передбачає поділ праці, що є необхідною умовою підвищення його ефективності.

Завдання – це певна робота, її частина або етап, серія робіт, що має бути виконана у заздалегідь встановлений термін та спосіб. Завдання організації поділяють на роботу з людьми, з предметами (машинами, сировиною, інструментами) чи з інформацією.

Технологія – це, за визначенням деяких дослідників, спосіб поєднання кваліфікаційних навичок, обладнання, інфраструктури, інструментів, відповідних знань, необхідних для здійснення бажаного перетворення входів системи (сировини, інформації). Важливими елементами сучасної технології є стандартизація, механізація та автоматизація, що стимулюють подальше підвищення спеціалізації.

Персонал – це керівники, рядові виконавці, співробітники різної кваліфікації. Від їхнього професіоналізму, кваліфікації, бажання, енергії залежить ефективність діяльності організації у досягненні своїх цілей.

Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища організації

Під **зовнішнім середовищем організації** розуміють сукупність елементів, що оточують її та справляють на її діяльність суттєвий вплив. Аналіз зовнішнього середовища організації передбачає аналіз її мікрооточення (безпосереднього оточення) та макрооточення (опосередкованого оточення).

До **макрооточення** належать фактори, які можуть не справляти безпосереднього та негайного впливу на ефективність та стійкість функціонування організації, але які все одно мають певний (опосередкований) вплив на неї.

Аналіз макрооточення має містити дослідження міжнародних факторів (воєнні конфлікти, економічні кризи), політичних процесів у країні, правового регулювання, стану економіки, рівня науково-технічного та технологічного

розвитку суспільства, соціальної та культурної складових суспільства, стану навколишнього середовища тощо.

Фактори *мікрооточення* безпосередньо впливають на діяльність організації. До безпосереднього оточення відносять споживачів, постачальників, конкурентів, ринок робочої сили, а також органи державного управління та відповідні закони, що регламентують діяльність організацій.

Аналіз *внутрішнього середовища* організації дає змогу виявити ті можливості, той потенціал, на який може розраховувати організація для досягнення своїх цілей. Внутрішнє середовище аналізується за такими напрямками: кадри, їх потенціал, кваліфікація, інтереси тощо; організація управління та маркетингу; стан основної діяльності (виробництво, організаційні характеристики, наукові дослідження та розробки тощо); фінансовий стан; організаційна культура.

Аналіз фінансового стану уможливорює виявлення наявних та потенційно слабких місць організації в порівнянні з конкурентами.

Дослідження внутрішнього середовища спрямоване на з'ясування сильних та слабких сторін організації. Сильні сторони є тією базою, на яку організація спирається у конкурентній боротьбі та яку вона повинна намагатись розширювати й укріплювати. Слабкі сторони мають бути предметом пильної уваги керівництва, щоб їх позбутись. Зовнішнє середовище досліджується з метою визначення загроз та можливостей, які необхідно враховувати при визначенні та досягненні цілей.

Аналіз середовища покладається, як правило, на аналітичні відділи та відділи маркетингу. В їх завдання входить, передусім, вирішення проблеми інформаційного забезпечення.

Одним із методів аналізу середовища є SWOT-аналіз (аббревіатура таких понять: strength – сила, weakness – слабкість, opportunities – можливості, threats – загрози). Цей метод передбачає спочатку виявлення сильних та слабких сторін, загроз та можливостей, а потім – встановлення ланцюжків зв'язків між ними, які в подальшому можуть бути використані для формулювання стратегії організації.

Для встановлення таких зв'язків складають SWOT-матрицю, підметом якої є виявлені сильні та слабкі сторони, а присудком – можливості та загрози:

Матриця SWOT- аналізу

Сторони	Можливості	Загрози
Сильні	Поле СіМ	Поле СіЗ
Слабкі	Поле СЛіМ	Поле СЛіЗ

У такий спосіб утворюються чотири поля: СіМ – сила і можливості, СіЗ – сила і загрози, СЛіМ – слабкість і можливості, СЛіЗ – слабкість і загрози. На кожному з цих полів необхідно розглянути всі можливі комбінації пар виявлених властивостей та виділити ті, які мають бути враховані за розроблення стратегії. Стосовно тих пар, що були вибрані в полі СіМ, слід розробляти стратегію з використання сильних сторін організації для одержання віддачі від виявлених можливостей, які з'явилися у зовнішньому середовищі. Для тих пар, що опинилися у полі СЛіМ, стратегію необхідно розробляти так, щоб за рахунок можливостей, що з'явилися, спробувати здолати наявні в організації слабкі сторони. Для поля СіЗ стратегія має передбачати використання сили для нейтралізації загроз. Для пар, що знаходяться у полі СЛіЗ, необхідно розробити таку стратегію, яка б уможливила не тільки позбуття від слабкостей, а й намагалася запобігти загрозам.

Для застосування цього методу необхідно також виконати ранжування виявлених можливостей (загроз) з погляду ймовірності їх використання (реалізації).

Поряд із SWOT-аналізом використовують метод профілю середовища, який полягає в такому. Будується матриця $X = [x_{ij}]$, $i = \overline{1, n}$; $j = 1, 2, 3$, елементами якої є фактори середовища (n – кількість відібраних факторів), які експертно оцінюються за такими трьома критеріями:

- 1) важливістю для галузі (за шкалою: 3 – велика, 2 – помірна, 1 – слабка);

2) впливом на організацію (3 – сильний, 2 – помірний, 1 – слабкий, 0 – відсутність впливу);

3) напрямком впливу (+1 – позитивний, -1 – негативний).

Потім через добуток цих експертних оцінок для кожного фактора одержується інтегральна оцінка: $I_i = \prod_{j=1}^3 x_{ij}$, яка показує рівень важливості i -го фактора для організації.

Окрім SWOT-аналізу використовують і інші методи: метод матриці Бостонської консалтингової групи, Мак-Кінзі, метод матриці загроз та матриці можливостей тощо.

Системний аналіз ієрархії та змісту цілей організації

Серед усіх цілей організації необхідно виділити стрижневу, базову ціль, що є головним стимулом її діяльності та має відігравати не тільки організуючу й інтегруючу роль, а й виконувати пропагандистську функцію. Така ціль являє собою місію організації, її призначення – задоволення певних потреб споживачів. *Місія* є своєрідною філософською та соціальною установкою організації, провідним напрямом її діяльності.

Місія організації є орієнтиром для розроблення стратегічних цілей організації. Інші цілі організації повинні являти собою засоби їх реалізації. До таких засобів можна віднести маркетинг, виробництво, підбір і навчання персоналу, проведення науково-дослідних робіт тощо.

Маючи на увазі можливе значне різноманіття підходів до визначення та структурування сфер і цілей, можна зробити висновок, що для комерційних організацій цільова орієнтація так чи інакше має бути пов'язана із прибутковістю діяльності. Всі інші цілі все одно будуть відсунуті на другий план та залишаться засобами досягнення прибутковості, тому що саме прибуток зумовлює можливість існування, розвитку та процвітання комерційної організації.

Загальна класифікація цілей організації зображена на рис.:

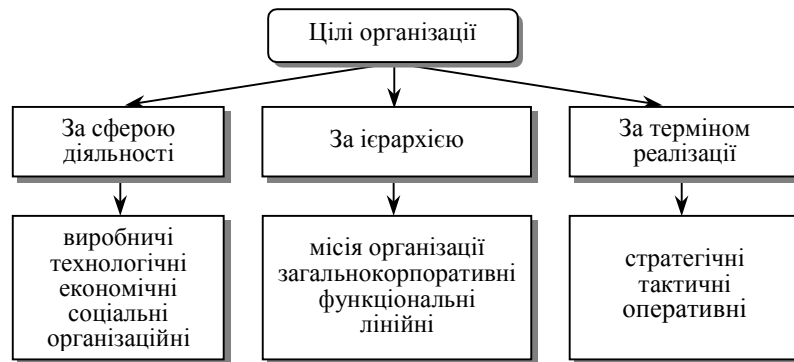


Рис. Класифікація цілей організації

Природно, що ефективно здійснити місію фірми можна лише тоді, коли всі засоби, що для цього використовуються, зв'язані в єдину гармонійну систему. При цьому кожний із цих засобів, у свою чергу, теж є системою, що складається із різних компонентів. Наприклад, підприємство складається із взаємозалежних цехів, відділів, служб. Кожний цех також є системою, що включає верстати, різне устаткування, яке обслуговує персонал, і т. д.

Сукупність засобів, призначених для досягнення якоїсь цілі, являє собою систему, що містить у собі багато підсистем, ніби «вкладених» одна в одну. При цьому кожна з цих систем є одночасно і метою, і засобом: з одного боку, можна казати про інтегральну якість, роль цієї системи, тобто її ціль, для досягнення якої призначені компоненти системи як засоби, а з другого боку, вся дана система є засобом для досягнення цілей вищого рівня ієрархії.

Важливою особливістю соціально-економічних систем є суперечливість цілей, оскільки цілі окремих підрозділів не завжди збігаються з цілями та функціями організації. Окрім цього, працівники мають свої власні цілі. Цю властивість особливо важливо враховувати при управлінні. При недосконалому менеджменті цілі окремих підрозділів компанії можуть бути протилежними (наприклад, якщо відділ збуту бажає одержати якомога ширший асортимент продукції, а виробничий відділ, навпаки, намагається полегшити свої завдання за рахунок виробництва вужчого асортименту).

Тому для ефективного управління необхідно так розподілити завдання між структурними підрозділами, щоб їхня діяльність сприяла досягненню головних цілей компанії.

Але, виходячи з загальних цілей, не завжди легко вдається правильно визначити завдання, що постають перед органами управління організації на певному етапі. Крім цього, завжди виникають труднощі з переходом до практичних форм і методів їх реалізації.

Якщо відбувається розрив між цілями та засобами для їх досягнення, то організація не зможе вирішити поставлені завдання.

Методом системного аналізу, спрямованим на забезпечення єдності вибраної цілі та засобів її досягнення, є побудова дерева цілей. Починається побудова цього дерева з процедури структуризації – поділу основної мети на елементи, тобто підцілі, кожна з яких є засобом чи напрямком її досягнення. Потім кожна з підцілей, у свою чергу, розглядається як ціль і поділяється на компоненти. Процес поділу варто вести доти, доки на самому нижньому рівні «дерева» не виявляться засоби, реалізація яких не викликає принципових труднощів і сумнівів.

Необхідно зауважити, що на практиці процес структуризації здійснювати дуже непросто. Він вимагає особливої чіткості мислення, тому що в реальних системах багато неформальних відносин, складних взаємодій, що важко виділити і врахувати.

При виборі цілей організації слід враховувати певні вимоги, які має задовольняти кожна ціль. Цілі мають бути чіткими, кількісно вимірюваними, досяжними, мають співвідноситися з місією та мати часові межі їх досягнення. Ці особливості цілей називають SMART-характеристикою (SMART – аббревіатура описаних нижче понять), що є сукупністю найважливіших вимог до цілей. Отже, цілі мають бути:

- **Specific** – чітко визначеними (ціль має чітко фіксувати, що необхідно одержати в результаті діяльності, в який термін її необхідно досягти та хто відповідає за її реалізацію);
- **Measurable** – вимірюваними (має існувати можливість кількісно або у якийсь інший спосіб об'єктивно оцінити, чи була ціль досягнута);
- **Achievable** – досяжними (реальними);

- **Related** – співвідносними та сумісними (цілі мають бути сумісні ієрархічно, тобто довгострокові цілі мають відповідати місії організації, середньострокові мають забезпечувати досягнення довгострокових цілей; окрім цього цілі повинні бути несуперечливими);
- **Time-bound** – має бути визначена часова шкала за термінами досягнення цілей.

Окрім цього, цілі мають бути гнучкими (повинна існувати можливість для коригування цілей відповідно до змін у зовнішньому та внутрішньому середовищі).

Після визначення місії та цілей організації вибирають певну стратегію їх здійснення. *Стратегія організації* – це генеральний план дій, що визначає пріоритети стратегічних завдань, ресурси та послідовність дій для їх досягнення. Тому побудова дерева цілей має доповнюватися упорядкованим переліком засобів їх реалізації.

Загальні принципи управління економічними системами

Процеси управління є предметом дослідження кількох наукових напрямків. Так, загальні принципи управління досліджуються в кібернетиці. Проблеми управління технічними системами без участі людини вивчаються в теорії автоматичного управління (ТАУ). Особливості управління в соціально-економічних системах є предметом менеджменту. Але в усіх цих галузях необхідне знання загальних законів функціонування систем, які ґрунтуються на застосуванні системного підходу та досліджуються в межах загальної теорії систем і системного аналізу.

Під *управлінням* розуміють процес формування цілеспрямованої поведінки системи за умов зміни зовнішнього середовища через інформаційний вплив, який здійснюється людиною (групою людей) або приладом.

У системах з управлінням у будь-якому разі можна виділити підсистему управління (СУ) та керовану підсистему, або об'єкт управління (ОУ). Управління ґрунтується на зборі та обробленні інформації, що розглядається як

своєрідний ресурс. Тому однією із головних передумов управління є зворотний зв'язок, тобто передання інформації про стан керованої підсистеми та зовнішнього середовища до системи управління, обмін інформацією між цими системами та зовнішнім середовищем.

Схематично систему з управлінням зображено на рис.:

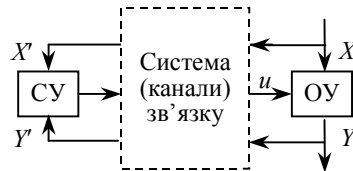


Рис. Загальна схема системи з управлінням

Тут X – інформація про стан зовнішнього середовища (зовнішній вплив на об'єкт управління), X' – інформація про стан зовнішнього середовища, що наявна в СУ, Y – інформація про стан об'єкта управління, Y' – інформація про стан об'єкта управління, що наявна в СУ, u – командна інформація.

СУ реалізує завдання стабілізації, виконання програми, стеження й оптимізації та забезпечує тим самим або утримання вихідних характеристик та стану системи при зміні зовнішніх впливів у заданих межах, або виконання системою дій щодо зміни її характеристик чи характеристик зовнішнього середовища (перехід на нову траєкторію).

Об'єкт управління в цьому разі виступає як інструмент або засіб, що реалізує основну функцію системи. Система зв'язку забезпечує обмін інформацією між СУ та ОУ.

Завданнями управління в такому разі будуть:

- синтез структури та параметрів ОУ, що відповідає головній цілі системи (закону функціонування);
- синтез структури та параметрів СУ, тобто визначення типу структури управління, кількості рівнів ієрархії та типу зв'язків між ними з урахуванням головної цілі управління системою та обмежень щодо витрат (на розроблення, чисельність управлінського персоналу тощо), визначення масивів інформації, що підлягають передаванню, обробленню та зберіганню;

- синтез параметрів та структури системи зв'язку.

Функції управління. Конкретні функції управління реалізуються через застосування певних методів управління. Залежно від їхнього змісту методи управління економічними системами поділяють на:

- економічні;
- організаційні;
- правові;
- соціальні.

Принципи управління єдині для всіх рівнів ієрархії соціально-економічних систем, але по-різному реалізуються залежно від об'єкта управління та функцій, що виконуються. Серед головних функцій, які виконують при управлінні соціально-економічними системами, виділяють:

- планування (оперативне, тактичне та стратегічне);
- прогнозування;
- організацію;
- аналіз та контроль;
- зв'язок.

Для врахування людського фактору в окрему групу виділяють функції стимулювання та мотивації.

Стратегічне планування. На стадії стратегічного планування розглядають необхідність та можливість зміни структури, властивостей та закон функціонування системи, відбувається вибір головних цілей системи, визначаються бажані кінцеві результати та методи досягнення цілей і результатів. Методи та засоби досягнення поставлених цілей (у тому числі необхідні ресурси, послідовність їх використання) визначаються без деталізації. На цьому етапі визначається образ подальших дій та забезпечуються засади для майбутніх довгострокових рішень.

Тактичне планування полягає у визначенні проміжних цілей на шляху досягнення стратегічних, тобто у визначенні траєкторії системи. При цьому детально визначаються засоби та способи вирішення завдань, застосування ресурсів, необхідні процедури і технології.

При стратегічному плануванні розглядаються питання можливої зміни характеристик усієї системи із-за зміни її складу, структури або властивостей. Наприклад, для підприємства можливе збільшення виробничих потужностей через будівництво нових цехів, придбання обладнання, зміни спеціалізації або технології тощо. При тактичному плануванні властивості системи вважаються заданими.

Прогнозування має на меті врахування рівня невизначеності стану системи та зовнішнього середовища, можливої зміни структури, властивостей або відшукування закону функціонування системи в майбутньому. Прогноз є науково обґрунтованим судженням щодо стану системи в майбутньому, або щодо альтернативних шляхів та термінів досягнення системою бажаного (цільового) стану.

Організація є функцією управління, що полягає у встановленні постійних та тимчасових взаємовідношень між усіма елементами системи, у визначенні порядку та умов їх функціонування. Це означає об'єднання людей, виробничих, матеріальних, природних, інформаційних ресурсів у єдину систему, спрямовану на розв'язання визначених цілей. Під цим розуміють визначення структури системи, взаємозв'язків між підсистемами, розподіл функцій між підрозділами та надання повноважень.

Аналіз та контроль забезпечують виявлення та з'ясування причин відхилення системи від бажаного стану.

Оперативне управління забезпечує функціонування системи відповідно до розробленого плану. Воно полягає у періодичному зіставленні фактично одержаних результатів з наміченим рівнем відповідних показників у плані та подальшому коригуванні виробничих процесів. Оперативне управління тісно пов'язане з тактичним плануванням у тому разі, коли відхилення стану системи від наміченого плану потребують зміни траєкторії руху системи.

Усі групи методів управління взаємозалежні та застосовуються в комплексі. Отже, процеси управління соціально-економічними системами включають ряд таких аспектів:

- інформаційний (збір та оброблення інформації);
- алгоритмічний та модельний (розроблення системи моделей);
- регулюючий (розроблення форм впливу для узгодження інтересів окремих підсистем та системи в цілому).

Наявність різних аспектів управління, як і функцій системи, зумовлює одночасне формування та функціонування різних ієрархічних структур відповідно до різних ознак поділу множини елементів, що утворюють об'єкт управління. Взаємодія таких структур не зводиться до простого відношення підпорядкування в ієрархії.

Важливим завданням поліпшення управління економічними системами є побудова раціональної системи взаємозв'язків між окремими підсистемами. З одного боку, збільшення кількості рівнів ієрархії або проміжних ланцюгів у системі управління призводить до зростання витрат на систему управління та знижує її ефективність. З другого боку, недостатня кількість рівнів управління призводить до перевантаження управлінських працівників та зниження ефективності їх праці. Тому вибір раціональної структури управління має забезпечувати максимальну ефективність системи.

2. Схема прийняття управлінських рішень

Прийняття рішення є ключовим моментом процесу управління. У широкому розумінні це поняття означає підготовку рішення (планування), а в вузькому – вибір альтернативи. Під *оптимальним* розуміють таке рішення, що в певному сенсі є прийнятнішим, ніж інші.

Модель процесу прийняття рішень можна подати графічно у вигляді блок-схеми, на якій зобразити конкретні дії – процедури, зв'язки між ними та логічні переходи. Ці схеми описують стратегію прийняття рішення в складній системі. Саме з аналізу зв'язаної сукупності головних процедур починають процес вирішення складної проблеми.

Окремі процедури (або операції), як правило, поділяють на формалізовані та неформалізовані. Системний аналіз допускає, що в певних ситуаціях

неформалізовані рішення, що приймаються людиною (особою, що приймає рішення, – ОПР) можуть бути прийнятнішими. У системному аналізі розглядаються як формалізовані, так і неформалізовані процедури прийняття рішень і одним із завдань є відшукування їх оптимального співвідношення.

Формалізовані процедури базуються на використанні прикладної математики (зокрема, таких її розділів, як дослідження операцій, математичне програмування, теорія розроблення та прийняття рішень, теорія масового обслуговування, моделі управління запасами, теорія ігор, марківські процеси тощо) та обчислювальної техніки. Іноді математичними методами досліджується зв'язана множина процедур та здійснюється моделювання процесу прийняття рішення.

З позиції системного аналізу можна сформулювати таку послідовність дій, які становлять зміст процесу постановки задачі прийняття рішення:

- визначення меж системи, що підлягає оптимізації;
- визначення головного показника (критерію) ефективності, за яким можна оцінити характеристики відшуканого рішення;
- вибір внутрішньосистемних незалежних змінних, які мають адекватно описувати функціонування системи;
- побудова моделі, що має описувати взаємозв'язки між змінними та відображати вплив незалежних змінних на рівень показника ефективності.

З погляду системного аналізу процес прийняття рішення (табл. 1) можна подати як послідовність виконання відповідного набору його етапів, який у кожному конкретному разі уточнюється.

Загальну схему вибору оптимального рішення з чітко визначеною структурою можна подати у такий спосіб:



Рис. Чітко структуроване рішення

За пакетами даних D_j , $j = \overline{1, e}$ можна розрахувати для альтернативних рішень (стратегій) x_i , $i = \overline{1, n}$ прогнозовані результати K_{ij} . Далі з урахуванням ризику вибирається альтернатива X_{opt} , що найкраще відповідає критерію E . Остаточне рішення приймається як із врахуванням розрахунків за моделями, так і на підставі досвіду та інтуїції ОПР.

Прийняття рішень за детермінованих умов

Розглянемо загальну постановку задачі прийняття рішення. Нехай ОПР має набір стратегій (варіантів рішення), які подані вектором $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, на елементи якого накладено ряд обмежень, що зумовлені фізичним та економічним змістом задачі:

$$g_i = g_i(a_i, x) \quad \{\leq, =, \geq\} b_i, \\ i = \overline{1, m},$$

де a , b – вектори параметрів.

Тоді ефективність управління характеризується деяким числовим критерієм оптимальності $f(x, c)$, а завдання ОПР полягає у виборі стратегії \bar{x}_j з множини допустимих стратегій \bar{x} , яка найкраще відповідає цьому критерію.

Очевидно, що загальна постановка однокритеріальної статичної детермінованої задачі прийняття рішення (ЗПР) збігається з загальною постановкою задачі математичного програмування (МП). Тому для розв'язання такого типу ЗПР може бути використаний арсенал методів, розроблений для задач МП.

Але на практиці, як правило, необхідно приймати рішення, враховуючи кілька критеріїв, що приводить до задач векторної (багатокритеріальної) оптимізації. Позначимо векторний критерій через $\bar{E} = (e_1, e_2, \dots, e_k)$, де \bar{E} – вектор-функція від стратегій x . Тоді оптимальне рішення має задовольняти співвідношення:

$$\bar{E} = E(\bar{x}) = \underset{x \in X}{\text{opt}}[E(x)],$$

де opt – оператор оптимальності, X – множина допустимих альтернатив, \bar{x}, \bar{E} – оптимальна стратегія та відповідне оптимальне значення вектора ефективності.

Складність таких задач полягає в тому, що для них не очевидний сам принцип оптимальності, оскільки критерії досить часто можуть бути суперечливими та вимірюватись у різних одиницях і шкалах.

Один із найвідоміших принципів багатокритеріальної оптимізації – це принцип Парето. Парето-оптимальність не потребує виділення однієї найкращої альтернативи (тобто кращої за всіма критеріями). Множина оптимальних, за Парето, стратегій X^* містить стратегії, які більш прийнятні щодо довільної альтернативи з множини X_* , де $X^* \cup X_* = X$. При цьому довільні дві стратегії з множини Парето непорівнянні. Непорівнянними називають стратегії x_i, x_j , якщо стратегія x_i є кращою за однією групою критеріїв, а x_j – за іншою.

Розглянемо найпоширеніші методи розв'язання задач векторної оптимізації.

Найпростішим є **метод головного часткового критерію**, який полягає у тому, що серед усіх критеріїв вибирається головний, а для інших встановлюються мінімально допустимі рівні b_i , після чого задача зводиться до задачі на умовний екстремум головного часткового критерію.

Метод лексикографічної оптимізації застосовується тоді, коли критерії можна проранжувати та впорядкувати за ступенем важливості. Тоді на першому етапі вибирають підмножину стратегій $X_1 \subseteq X$, що мають найкращі оцінки за першим критерієм. На другому кроці обирається підмножина альтернатив $X_2 \subseteq X_1$, що мають кращі оцінки за другим критерієм, і т. д.

У **методі послідовних поступок** для кожного з проранжованих критеріїв вибирається максимально допустиме відхилення його значення від найкращого. Цей метод відрізняється від попереднього тим, що на кожному кроці будують

множину альтернатив з урахуванням допустимого відхилення критерію від найкращого значення («поступки»).

Метод згортки є операцією перетворення векторного критерію в скалярний. Для згортки необхідно у певний спосіб нормалізувати критерії для уможливлення їх зіставності. Для цього, наприклад, можна перейти до абстрактних величин або до величин з однаковими одиницями вимірювання. Потім векторний критерій замінюють скалярним:

$$E(x) = f(e_1(x), e_2(x), \dots, e_k(x)).$$

Як функціональну залежність $f(\cdot)$ найчастіше застосовують такі типи згорток:

$$E(x) = \sum_{i=1}^k \alpha_i e(x_i) \text{ – адитивні;}$$

$$E(x) = \prod_{i=1}^k \alpha_i e(x_i) \text{ – мультиплікативні;}$$

$$E(x) = \left[\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (e_i(x))^p \right]^{\frac{1}{p}} \text{ – агреговані,}$$

де α_i – ваги часткових критеріїв, p – показник компенсації одних рівноцінних критеріїв великими змінами інших.

Недоліки застосування згорток полягають у необхідності визначення та обґрунтування вагових коефіцієнтів для часткових критеріїв та вибору типу згортки.

Прийняття рішень за умов ризику

ЗПР за умов ризику називають стохастичними. У таких задачах кожній стратегії x_i ставиться у відповідність не один, а кілька можливих наслідків $\{s_j\}$ з відомими умовними ймовірностями їх реалізації. Умови таких задач наочніше можна подати таблично:

Стохастична задача прийняття рішення

Стратегія	Наслідок				Математичне сподівання показника ефективності
	s_1	s_2	...	s_r	

x_1	P_1 1	Q_1 1	P_1 2	Q_1 2	...	P_{1r}	Q_1 r	$M(x_1) = \sum_{i=1}^r Q_{1r} P_{1r}$
x_2	P_2 1	Q_2 1	P_2 2	Q_2 2	...	P_{2r}	Q_2 r	$M(x_2) = \sum_{i=1}^r Q_{2r} P_{2r}$
...
x_n	P_n 1	Q_n 1	P_n 2	Q_n 2	...	P_{nr}	Q_n r	$M(x_n) = \sum_{i=1}^r Q_{nr} P_{nr}$

Тут P_{ij}, Q_{ij} – ймовірність j -го наслідку за реалізації i -ї стратегії та ефективність рішення у разі настання j -го наслідку за реалізації i -ї стратегії відповідно.

Для прийняття рішень за умов ризику найчастіше використовують методи зведення стохастичних ЗПР до детермінованих, наприклад, метод штучного зведення до детермінованої схеми та метод оптимізації в середньому.

Сутність методу штучного зведення до детермінованої схеми полягає у тому, що всі випадкові фактори наближено замінюють деякими не випадковими характеристиками, як правило, їх математичними сподіваннями. У результаті стохастична ЗПР замінюється детермінованою.

Сутність методу оптимізації в середньому полягає в переході від випадкового показника ефективності Q до деякої статистичної характеристики. Загалом Q залежить від вектора стратегій (варіантів) x , масиву детермінованих факторів A , певних реалізацій y_1, y_2, \dots, y_t випадкових факторів Y_1, Y_2, \dots, Y_t :

$$Q = Q(x, A, y_1, y_2, \dots, y_t),$$

тоді математичне сподівання $M[Q]$:

$$\begin{aligned} F = M[Q] &= \underbrace{\int \dots \int}_t (A, x, y_1, y_2, \dots, y_t) f(y_1, y_2, \dots, y_t) dy_1 dy_2 \dots dy_t = \\ &= F(x, A, B), \end{aligned}$$

де B – масив відомих статистичних характеристик випадкових величин Y_1, Y_2, \dots, Y_t ; $f(y_1, y_2, \dots, y_t)$ – закон розподілу випадкових величин Y_1, Y_2, \dots, Y_t .

При оптимізації в середньому за цим критерієм вибирається оптимальна стратегія з множини допустимих стратегій $\bar{x} \in X$, що максимізує величину математичного сподівання $F = M[Q]$ показника ефективності. Оптимальна стратегія має задовольняти умову:

$$\bar{F} = F(x, A, B) = \max_{x \in X} F(x, A, B) = \max_{x \in X} M[Q(A, x, y_1, y_2, \dots, y_t)].$$

У такому разі оптимальна стратегія при багаторазовому прийнятті рішення дасть у середньому кращий результат.

У дискретному випадку математичне сподівання показника ефективності буде мати вигляд:

$$F_i = M[x_i] = \sum_{j=1}^r Q_j P_j, i = \overline{1, n}.$$

Тоді як оптимальна за методом оптимізації в середньому буде обрана стратегія, для якої:

$$\bar{F} = F(\bar{x}) = \max_{1 \leq i \leq n} \left[\sum_{j=1}^r Q_j P_j \right],$$

тобто стратегія, якій відповідає максимальне значення у крайньому правому стовпці таблиці.

За оптимізації в середньому можливі три випадки стосовно критерію оптимальності:

- критерій може бути одержаний в аналітичному вигляді (якщо інтеграл береться в аналітичному вигляді);
- критерій оптимальності одержано в алгоритмічному вигляді, тобто одержано алгоритм, що уможливорює за певних значень не випадкових аргументів x , A , B одержання чисельного значення критерію оптимальності F ;
- одержання критерію оптимальності неможливе ні в аналітичній, ні в алгоритмічній формі. У цьому разі застосовують метод статистичних випробувань Монте-Карло для одержання необхідних математичних характеристик, зокрема, математичного сподівання критерію оптимальності.

Отже, при розв'язанні стохастичних ЗПР виникають дві проблеми: проблема вибору схеми переходу від стохастичної задачі до детермінованої і проблема, що пов'язана з вибором методу розв'язання та обчислювальної схеми процесу прийняття рішення відповідної детермінованої ЗПР.

Прийняття рішень за умов невизначеності

Задача прийняття рішення (ЗПР) за умов невизначеності полягає у виборі оптимальної стратегії, успіх реалізації якої залежить також від деяких невизначених факторів, що не підвласні ОПР та невідомі в момент прийняття рішення. Розрізняють невизначеності не стохастичної та стохастичної природи.

Так, невизначеності не стохастичної природи можуть спричинятися дією таких факторів:

Стратегічні невизначеності – зумовлені протидією кількох активних учасників, що мають різні цілі (наприклад, діями конкурентів). Тут невизначеність зумовлена тим, що ОПР приймає рішення за умов, коли невідомі майбутні дії або стратегії інших учасників (у термінах теорії ігор – гравців).

Концептуальні невизначеності – невизначені фактори, що зумовлені прийняттям особливо складних рішень, рішень, що мають довгострокові наслідки або можуть бути пов'язані з нечітким усвідомленням ОПР як власних цілей та можливостей, так і інших гравців. Окрім цього, концептуальні невизначеності можуть бути пов'язані із затрудненнями кількісної оцінки складних цілей та якісних критеріїв, що важко формалізуються.

ЗПР з невизначеністю не стохастичного типу розв'язують методами теорії ігор та теорії мінімаксу.

Невизначеності стохастичного типу зумовлені об'єктивною дійсністю, яку називають природою. Природа розглядається як незацікавлена сторона. У такому разі ЗПР розв'язуються за допомогою теорії статистичних рішень.

Розглянемо постановку ЗПР за умов невизначеності стохастичного типу. Нехай ОПР може реалізувати одну з m можливих стратегій: x_1, x_2, \dots, x_m . Прийняття рішення відбувається за умов недостатньо відомої нам ситуації стосовно стану природи (зовнішнього середовища), але щодо стану якої ми можемо зробити n допущень $\Pi_i, i = \overline{1, n}$, які можна розглядати як стратегії

природи. Наш «виграш» (ефект від прийнятого рішення) a_{ij} для кожної пари стратегій вважається відомим і заданий у вигляді матриці $A = [a_{ij}]$.

Окрім матриці виграшів, можна володіти апріорною інформацією щодо ймовірностей можливих станів природи, заданою вектором $Q = (q_j)$, $j = \overline{1, n}$, де q_j – ймовірність стану Π_j . Завдання полягає у виборі оптимальної стратегії. У теорії статистичних рішень пропонується кілька критеріїв вибору оптимального рішення.

Критерій середнього виграшу. Якщо ймовірності стосовно стану природи відомі, то можна скористатися критерієм середнього виграшу або баєсівською стратегією. Згідно з цим критерієм, що базується на оптимізації в середньому, ОПР як оптимальну вибирає ту стратегію, яка максимізує середній виграш, тобто:

$$a_{\text{ср}} = \max_i \left[\sum_{j=1}^n a_{ij} q_j \right].$$

Критерій Лапласа. Якщо ми не володіємо апріорною інформацією щодо ймовірностей можливих станів природи, то можна вважати їх однаково ймовірними. Тоді вибираємо стратегію, що забезпечить нам виграш:

$$a_{\text{ср}} = \max_i \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \right].$$

Критерій Вальда. Згідно з цим критерієм ОПР вибирає стратегію \bar{x} , за якої мінімальний виграш вважається максимальним. Ця стратегія гарантує певний виграш за найгірших умов:

$$W = \max_i \min_j a_{ij}.$$

Критерій Севіджа. Згідно з цим критерієм обирають стратегію, що мінімізує втрати за найгірших умов:

$$S = \min_i \max_j r_{ij},$$

де r_{ij} – ризик при застосуванні стратегії x_i за умов Π_j , тобто різниця між максимальним виграшем, який ОПР могла б одержати, якби достовірно знала, що буде мати місце стан Π_j , та виграшем при застосуванні стратегії x_i за умов Π_j .

Критерій Гурвіца. Цей критерій передбачає при виборі рішення за умов невизначеності не розраховувати на найгірший чи найкращий варіант, а рекомендує розраховувати на деяку проміжну ситуацію, зважуючи найгірші та найкращі умови. Згідно з цим критерієм одержимо вигравш:

$$H = \max_i \left[\alpha \min_j a_{ij} + (1 - \alpha) \max_j a_{ij} \right],$$

де α – деякий коефіцієнт ($0 \leq \alpha \leq 1$), який можна інтерпретувати як ступінь схильності до ризику ОПР.

Загальна характеристика інформаційного забезпечення системних досліджень в економіці

Нині існує дуже велика кількість різних інформаційних технологій, спрямованих на полегшення економічної діяльності людини. Причому наявні системи поділяються на певні типи, головню, за безпосереднім призначенням та підходами, що використовуються в них. Розглянемо головні їх типи.

— *АСУ* – автоматизовані системи управління. Вони мають широкий спектр застосування: від автоматизації базових функцій підприємства до автоматизації прийняття управлінських рішень.

— *MIS* (management information system) – управлінські інформаційні системи (УІС), що призначені для збору та оброблення даних, які потім надаються менеджеру для забезпечення процесу оперативного управління.

— *СППР* – системи підтримки прийняття рішень, які призначені робити обґрунтований вибір з певного переліку альтернатив.

— *ЕС* – експертні системи. Їх призначення – замінити експерта в певній галузі.

— *UML* (Unified modeling language) – уніфікована мова моделювання. Ця мова призначена для визначення, зображення, проектування та документування програмних систем, бізнес-систем та інших систем різного виду.

— *CASE* – комп'ютерне проектування ІС. Ця інформаційна технологія призначена для розроблення складних ІС у цілому.

— *SADT* – техніка структурного моделювання. Вона призначена для побудови функціональної моделі об'єкта певної предметної галузі.

— Пакети для статистичного та математичного аналізу даних.

— *Інтелектуальний аналіз даних* (Data Mining).

Усі перелічені вище типи інформаційних технологій мають багато спільного, але дечим і різняться. Тому досить часто для повноцінного системного аналізу використовують кілька підходів з метою доповнення ними один одного.

Інформаційні системи в управлінні

Нині існує багато прикладних програм, призначених полегшувати аналіз функціонування підприємства, здійснювати моніторинг його діяльності, розробляти стратегічні та тактичні рішення щодо подальшої діяльності підприємства. Такі програми одержали назву АСУ (автоматизовані системи управління). Оскільки інформаційні системи розвиваються та змінюються дуже швидко, то ми не будемо детально описувати всі існуючі системи та не робитимемо їх порівняльного аналізу. Розглянемо лише деякі особливості та тенденції розвитку АСУ.

До головних галузей та напрямків діяльності підприємства, що охоплюються АСУ, належать:

- облік запасів;
- розрахунки з постачальниками та покупцями;
- головна книга; розрахунок заробітної плати;
- облік основних фондів;
- облік витрат на роботи та проекти;
- реєстрація продажів;
- персонал;
- сервісне обслуговування клієнтів;
- транспортні операції;

- постачання(закупівлі), проекти, збут;
- технічне обслуговування обладнання;
- виробництво продукції;
- фінанси;
- науково-дослідна та дослідно-конструкторська роботи (НДДКР);
- маркетинг;
- складське зберігання.

Усі АСУ можна поділити на три групи: **група А** характеризується повним або частковим забезпеченням головних функціональних галузей діяльності підприємства та обмеженими можливостями щодо однієї чи кількох спеціалізованих галузей; **група В** забезпечує повне охоплення головних функціональних галузей, глибоке – деяких спеціалізованих галузей та часткове – інших; системи **групи С** повністю охоплюють більшість функціональних галузей діяльності підприємства, пропонується широкий перелік спеціалізованих рішень як для різноманітних видів діяльності, так і для різних сфер управління (стратегічне планування, управління спеціальними видами активів тощо).

Нині на українському ринку працюють понад 70 компаній, які пропонують АСУ різного рівня функціонального забезпечення.

Очевидно, що жоден з виробників не в змозі самостійно реалізувати абсолютно всі можливості в межах одного програмного продукту. Тому більшість розробників ідуть шляхом інтеграції з іншими компаніями з метою розроблення спеціалізованих систем. Ще одним шляхом розвитку АСУ є удосконалення методик, що стосуються стратегічного управління, через активне доповнення сучасних управлінських методик та концепцій.

Останнім часом зросла потреба в спрощенні взаємодії з зовнішніми контрагентами, тому більшість зарубіжних АСУ здійснюють обмін даними в стандартних форматах EDI (Electronic Data Interchange) та XML. Варто зауважити, що є також і вітчизняні розробки, які підтримують XML. Що стосується EDI, то його реалізація за наших умов потребує значної роботи із

стандартизації на державному рівні. Дуже помітна орієнтація АСУ на Internet, що виражається не лише у доступі до функцій АСУ через браузер, а навіть і в назвах останніх версій деяких АСУ (наприклад, iBAAN, mySAP.com тощо). Орієнтація на Internet досить сильно проявляється також і у вітчизняних розробках.

Прийняття рішення є особливим видом діяльності, що полягає у формуванні варіантів рішення (альтернатив) з подальшим оцінюванням їх відносної ефективності та розподілом згідно з цим ресурсів між варіантами. Простішими типами рішень є прийняття або відхилення альтернативи, вибір найкращої альтернативи, ранжування альтернатив.

Для прийняття обґрунтованого рішення потрібно враховувати багато (десятки чи сотні) факторів, які складно взаємодіють між собою. У той же час людина ефективно може синхронно оперувати не більш ніж 7–9 об'єктами. Для подолання такої суперечності існують спеціальні інформаційні системи.

Серед багатьох типів ІС, що застосовуються для прийняття рішень, слід виділити два головні:

- управлінські УІС (MIS – management information system);
- системи підтримки прийняття рішень СППР (DSS – decision support system).

Головні компоненти УІС – база даних, комп'ютерна система та форма, в якій розподіляються дані. У базі даних може формуватися, наприклад, інформація про ціни, вихід продукції, наявність ресурсів, кадровий потенціал тощо. Комп'ютерна система в УІС обробляє інформацію для різних підрозділів організації. Ця інформація є базою для прийняття управлінських рішень, або для формування моделей прийняття рішень.

СППР відрізняються від УІС тим, що менеджер є внутрішнім компонентом СППР, а не зовнішнім, як в УІС. Тобто менеджер взаємодіє з ІС та одержує рішення в ітеративному процесі. СППР часто інтегрує економіко-математичні моделі як первинні елементи, з якими СППР взаємодіє.

За функціональними можливостями та галузями використання можна виділити СППР трьох типів.

СППР першого типу – системи індивідуального користування, бази знань яких формуються безпосередньо користувачем. У них використовуються багатокритеріальне оцінювання альтернатив.

СППР другого типу – системи індивідуального користування, бази знань яких адаптуються до досвіду користувача. Вони призначені для підтримки прийняття рішень у ситуаціях, які часто зустрічаються (вибір суб'єкта кредитування, вибір виконавця роботи, призначення на посаду тощо). Такі системи також використовують оцінювання альтернатив за кількома критеріями та забезпечують підтримку прийняття рішення в наявній ситуації на підставі результатів практичного використання ресурсів, які були отримані в минулому.

СППР третього типу використовують навіть тоді, коли СППР перших двох типів неможливо застосувати через відсутність єдиних критеріїв для оцінювання кожної альтернативи. Вони мають найбільші функціональні можливості, призначені для використання в органах державного управління найвищого рівня (Адміністрації Президента, Верховній Раді, Кабінеті Міністрів, міністерствах, обласних держадміністраціях) та в великих бізнес-структурах.

Схема загальної структури СППР зображена на рис.:

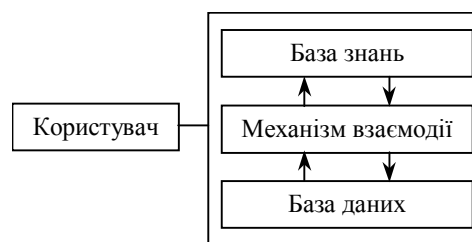


Рис. Загальна структура СППР

На схемі наведено інформаційні потоки між менеджером та комп'ютерною системою DSS, яку називають ще аналізом, «що відбудеться, якщо... ?». ІС генерує результати на економіко-математичній моделі

(імітаційній моделі), а менеджер в ітеративному режимі може з'ясувати, що відбудеться, якщо змінити деякі вхідні параметри, наприклад цілі, витрати, їх структуру. Менеджер також може змоделювати можливі рішення та оцінити потенційні наслідки їх прийняття.

Додатковим аспектом СППР є взаємодія між її складовими. Так, наприклад, рішення щодо управління запасами впливають не тільки на виробництво, а й на маркетинг, розподіл продукції, витрати. Потоки інформації забезпечують розроблення інтегративного, системного рішення.

Прийняття рішення не означає закінчення операцій з СППР. Прийняті рішення та їх наслідки у вигляді зворотних зв'язків накопичуються в базі даних. Отже, СППР є динамічною системою з неперервним оновленням даних.

На початку 80-х років у дослідженнях штучного інтелекту сформувався самостійний напрямок, що дістав назву «експертні системи» (ЕС). Мета досліджень з ЕС полягає, головнo, в розробленні програм, за допомогою яких при розв'язанні задач, які виникають у слабо структурованій і такій, що важко формалізується, предметній галузі та є складними для експерта-людини, отримують результати за якістю та ефективністю не гірші, ніж рішення, що генеруються експертом. Дослідники в галузі ЕС для назви своєї дисципліни також часто використовують термін «інженерія знань», що був введений Е. Фейгенбаумом як «привнесення принципів та інструментарію досліджень проблем, що потребують знань експертів». Надалі терміни «експертні системи» та «інженерія знань» використовуватимемо як синоніми.

Як видно із вищезазначеного, поняття ЕС може бути тісно пов'язане з поняттям СППР. Тобто СППР як одну з методик формування та оцінювання рішень може використовувати методику експертних систем, беручи також до уваги те, що більшість підсистем цих двох програм мають можливість інтегрування. З другого боку, ЕС можна розглядати як подальший розвиток традиційних СППР.

Програмні засоби (ПЗ), що ґрунтуються на технології експертних систем, набули значного поширення у світі. Важливість ЕС полягає в такому:

– технологія експертних систем істотно розширює коло практично важливих задач, що можна розв'язати за допомогою комп'ютера та розв'язок яких може принести значний економічний ефект;

– технологія ЕС є надзвичайно важливим засобом розв'язання глобальних проблем традиційного програмування: тривалості і, як наслідок, високої вартості розроблення складних прикладних систем;

– висока вартість супроводження складних інформаційних систем, яка часто в кілька разів перевищує вартість їх розроблення, низький рівень повторного використання програм тощо;

– об'єднання технологій ЕС з технологією традиційного програмування додає нових якостей програмним продуктам через: забезпечення динамічного модифікування додатків користувачем, а не програмістом; більшу «прозорість» додатків (наприклад, знання зберігаються обмеженою економічною мовою, що не потребує коментарів до знань, полегшує навчання та супровід); кращу графіку; інтерфейс та взаємодію.

Експертні системи та системи штучного інтелекту відрізняються від систем оброблення даних тим, що в них використовується символний (а не числовий) спосіб подання інформації, символне виведення та евристичний пошук рішення (а не пошук за відомим алгоритмом).

ЕС застосовують для вирішення складних практичних завдань. За якістю та ефективністю рішення експертних систем не поступаються рішенням експерта-людини. Рішення експертних систем є «прозорими», тобто їх можна пояснити користувачу на якісному рівні. Ця властивість ЕС забезпечується їх здатністю аналізувати свої знання. Експертні системи здатні поповнювати свої знання в ході взаємодії з екпертом. Необхідно зауважити, що технологія ЕС нині використовується для розв'язання різних типів завдань (інтерпретації, прогнозування, діагностики, планування, конструювання, контролю, наладки, інструктажу, управління) в різноманітних проблемних галузях, таких як фінанси, нафтова, газова та хімічна промисловість, гірнична справа, освіта, телекомунікації та зв'язок тощо.

Розглянемо структуру експертних систем. Типова статична ЕС складається з таких основних компонентів:

- розв'язувача (інтерпретатора);
- робочої пам'яті (РП), яку інколи називають базою даних (БД);
- бази знань (БЗ);
- компонент поповнення знань;
- пояснювального компонента;
- діалогового компонента.

База даних (робоча пам'ять) призначена для вхідних та проміжних даних задачі, що розв'язується в поточний момент. Цей термін збігається за назвою, але дещо розбігається за значенням із терміном, що використовується в інформаційно-пошукових системах (ІПС) та в системах управління базами даних (СУБД) для позначення всіх даних (в тому числі довготермінових), що зберігаються в системі.

База знань в ЕС призначена для зберігання довгострокових (а не поточних) даних, що описують галузь, яка розглядається, та правил, що описують можливі перетворення її даних.

Розв'язувач, використовуючи вхідні дані із робочої пам'яті та знання із БЗ, формує таку послідовність правил, які при застосуванні до вхідних даних ведуть до розв'язання задачі.

Компонент поповнення знань автоматизує процес поповнення ЕС знаннями, що здійснюється користувачем-експертом.

Пояснювальний компонент розкриває, як система отримала розв'язок задачі (або чому його не отримала) та які знання вона при цьому використала, що полегшує експерту тестування системи та підвищує довір'я до отриманого результату.

Діалоговий компонент орієнтований на організацію дружнього спілкування з користувачем як під час розв'язання задач, так і в процесі набуття знань та пояснення результатів роботи.

У структуру динамічної ЕС додатково вводяться два компоненти:

- підсистема моделювання зовнішнього світу;
- підсистема зв'язків із навколишнім середовищем.

Остання здійснює зв'язок із зовнішнім середовищем через систему датчиків та контролерів. Крім того, традиційні компоненти статичної ЕС можна суттєво змінювати, щоб відображати часову логіку подій, які відбуваються в реальному світі.

У розробленні ЕС беруть участь представники таких спеціальностей:

- експерт у проблемній галузі, завдання якої буде розв'язувати ЕС;
- інженер із знань – спеціаліст із розроблення ЕС (методи та технології, що він використовує, називають методами та технологіями інженерії знань);
- програміст із розроблення інструментальних засобів (ІЗ), призначених для прискорення розроблення ЕС.

Необхідно зауважити, що відсутність будь-кого із зазначених учасників (наприклад, заміна інженера із знань програмістами) або призводить до невдачі у процесі створення ЕС, або значно подовжує його.

Експерт визначає знання (дані та правила), що характеризують проблемну галузь, забезпечує повноту та правильність введених в ЕС знань.

Інженер із знань допомагає експерту виявити та структурувати знання, необхідні для функціонування ЕС, здійснює вибір того ІЗ, який найнеобхідніший для роботи ЕС; здійснює вибір того ІЗ, який найбільш підходить для даної проблемної галузі, та визначає спосіб подання даних у цьому ІЗ; виділяє та програмує (традиційними засобами) стандартні функції (типові для даної проблемної галузі), які будуть використовуватись у правилах, що виводяться експертом.

Програміст розробляє ПЗ (якщо ПЗ розробляється спочатку), що містить в ідеалі всі основні компоненти ЕС, та здійснює його інтеграцію із середовищем, в якому воно буде використовуватись.

Також у процесі розроблення ЕС можуть бути задіяні за необхідності й інші учасники. Наприклад, інженер із знань може запросити інших експертів, щоб переконатись у правильності свого розуміння головного експерта,

репрезентативності тестів, що демонструють особливості задачі, яка розглядається, у єдності поглядів різних експертів на якість рішень, що пропонуються. Крім того, для складних систем вважається доцільним залучати до головного циклу розроблення кількох експертів. Однак у цьому разі, як правило, необхідно, щоб один із експертів відповідав за несуперечливість знань, що повідомляються колективом експертів.

Нині застосовується певна технологія розроблення ЕС, яка складається з таких шести етапів: ідентифікації, концептуалізації, формалізації, виконання, тестування та дослідної експлуатації.

Етап ідентифікації пов'язаний передусім із осмисленням тих задач, які потрібно розв'язувати майбутній ЕС, та формуванням вимог до неї. Результатом даного етапу має бути відповідь на запитання: «Що треба робити та які ресурси необхідно задіяти?» Для цього необхідно ідентифікувати задачу, визначити учасників процесу проектування та їх ролі, виявити ресурси та цілі).

Ідентифікація задачі полягає в складанні неформального (вербального) опису, в якому мають міститися: загальні характеристики задачі; підзадачі, які виділяються в даній задачі; ключові поняття (об'єкти), їх вхідні (вихідні) дані; ймовірний вид рішення, а також знання, що відносяться до задачі, яка розв'язується.

На *етапі концептуалізації* проводиться змістовний аналіз проблемної галузі, виявляються поняття, що використовуються, та їх взаємозв'язки, визначаються методи розв'язання задач. Цей етап закінчується створенням моделі проблемної галузі (ПГ), що містить головні концепти та відношення.

На *етапі формалізації* всі ключові поняття та відношення виражаються деякою формальною мовою, яка або вибирається із уже існуючих, або створюється спочатку. Інакше кажучи, на даному етапі визначаються склад засобів та способи подання декларативних та процедурних знань. Здійснюється це подання і в підсумку формується описання рішення задачі ЕС на запропонованій інженером із знань формальній мові.

Мета *етапу виконання* – створення одного або кількох прототипів ЕС, що розв’язують поставлені задачі. Потім, на даному етапі за результатами тестування та дослідної експлуатації створюється кінцевий продукт, придатний для промислового використання. Розроблення прототипу полягає в програмуванні його компонентів або виборі вже відомих інструментальних засобів та наповненні бази знань.

У процесі *етапу тестування* проводиться оцінювання способу представлення знань в ЕС у цілому. Для цього інженер із знань підбирає приклади, що забезпечують перевірку всіх можливостей розробленої ЕС.

На етапі *дослідної експлуатації* перевіряється придатність ЕС для кінцевого користувача. Придатність ЕС для користувача визначається переважно зручністю роботи з нею та її корисністю.

Під час розроблення ЕС завжди здійснюється її модифікація. Виокремлюють такі види модифікації системи: переформулювання понять та вимог, переконструювання подання знань у системі та удосконалення прототипів.

Використовувати ЕС варто лише тоді, коли її розробка можлива, виправдана та методи інженерії знань відповідають задачі.

Розглянемо промислові програмні комплекси, що реалізують технологію ЕС. З погляду експертів NASA, що проводили комплексне дослідження характеристик та можливостей деяких із перерахованих систем, нині найкращою є G2 (Gensym, США); наступні місця із суттєвим відставанням (реалізовано менше 50 % можливостей G2) займають RTWorks – фірма Talarian (США), COMDALE/C (Comdale Techn. – Канада), COGSYS (SC – США), ILOG Rules (ILOG – Франція).

Методи комп’ютерного моделювання та проектування складних систем

Як зазначалось вище, розроблення та використання СППР та ЕС безпосередньо пов’язані з моделюванням у тих проблемних галузях, для яких створюються відповідні інформаційні системи. Крім того, моделювання є

основним етапом системного аналізу. Тому, звичайно, існують сучасні інформаційні технології, які забезпечують автоматизацію цього процесу.

Традиційно під моделюванням на ЕОМ розумілося лише імітаційне моделювання. Але в останні роки завдяки розвитку графічного інтерфейсу і графічних пакетів широкий розвиток отримало комп'ютерне, структурно-функціональне моделювання та було покладено початок використанню комп'ютера при концептуальному моделюванні, де він використовується, наприклад, для побудови систем штучного інтелекту. Отже, поняття «комп'ютерне моделювання» значно ширше за традиційне поняття «моделювання на ЕОМ».

Під *комп'ютерною моделлю* найчастіше розуміють:

- умовний образ об'єкта чи деякої системи об'єктів (або процесів), описаних за допомогою взаємозалежних комп'ютерних таблиць, блок-схем, діаграм, графіків, малюнків, анімаційних фрагментів, гіпертекстів тощо, які відображують структуру та взаємозв'язки між елементами об'єкта чи системи. Комп'ютерні моделі такого типу називають структурно-функціональними;
- окрему програму, сукупність програм, програмний комплекс, що дає змогу через певну послідовність обчислень та графічне відображення їх результатів, відтворювати (імітувати) процеси функціонування об'єкта чи системи об'єктів за умови впливу на них різних, як правило випадкових, факторів. Такі моделі називають імітаційними моделями.

Комп'ютерне моделювання – це метод розв'язання завдання аналізу або синтезу складної системи на засадах використання його комп'ютерної моделі. Суть комп'ютерного моделювання полягає в знаходженні кількісних і якісних результатів за допомогою наявної моделі. Якісні висновки, які отримують за результатами аналізу, дають змогу знайти невідомі раніше характеристики складної системи: її структуру, динаміку розвитку, стійкість, цілісність тощо. Кількісні висновки, головню, мають характер прогнозу майбутніх чи пояснення минулих значень змінних, що характеризують систему.

Предметом комп'ютерного моделювання можуть бути: економічна діяльність фірми, банку, виробничого підприємства; інформаційно-обчислювальна мережа; технологічний процес; будь-який інший реальний об'єкт чи процес, наприклад процес інфляції, і загалом, будь-яка складна система. Цілі комп'ютерного моделювання можуть бути різними, однак найчастіше моделювання є, як уже зазначалося раніше, головним етапом (процедурою) системного аналізу, тобто сукупності методологічних засобів, що використовуються для підготовки та прийняття рішень економічного, організаційного, соціального чи технічного характеру.

Існує велике різноманіття засобів комп'ютерного моделювання, особливо структурно-функціонального, які з'являються мало не щодня. Однією із спроб подолати розбіжності між такими засобами є уніфікована мова моделювання.

Уніфікована мова моделювання (Unified modeling language, UML) є графічною мовою для візуалізації, специфікації, конструювання та документування систем, в яких більша роль належить програмному забезпеченню. За допомогою UML можна розробити детальний план системи, що відображує не тільки її концептуальні елементи, такі як системні функції та бізнес-процеси, а й конкретні особливості реалізації, в тому числі типи, написані спеціальними мовами програмування. Можна розробити також схеми баз даних та програмні компоненти багаторазового використання.

1996 року група управління об'єктами (Object Management Group, OMG) звернулась до об'єктно орієнтованої спільноти з пропозицією створити стандартний синтаксис для об'єктно орієнтованого аналізу та відповідну семантичну метамодель. Перша версія UML (UML 1.0) з'явилась у січні 1997 р. як відповідь на цю пропозицію. Після її обговорення та дороблення в листопаді 1997 р. версія UML 1.1 була успішно затверджена та прийнята до використання практично всіма найбільшими компаніями-виробниками програмного забезпечення (Microsoft, IBM, Hewlett-Packard, Oracle, Sybase та ін.). Крім того, практично всі світові виробники CASE-засобів, крім Rational Software, заявили про готовність підтримки UML у своїх продуктах.

Творці UML подають її як мову для визначення, подання, проектування та документування програмних систем, бізнес-систем та інших різних систем. UML виключає нотацію та метамодель. Нотація є сукупністю графічних об'єктів, які використовуються в моделях, вона є синтаксисом мови моделювання.

Тенденції сучасних інформаційних технологій ведуть до постійного ускладнення інформаційних систем (ІС), що створюються в різних галузях економіки. Сучасні великі проекти ІС мають, як правило, такі особливості:

- складність описання (досить велика кількість функцій, процесів, елементів даних та складні взаємозв'язки між ними), що потребує ретельного моделювання, аналізу даних та процесів;

- наявність сукупностей компонентів (підсистем), що тісно взаємодіють та мають свої локальні задачі і цілі функціонування (наприклад, традиційних додатків, пов'язаних з обробленням транзакцій та розв'язанням регламентних задач, та додатків аналітичного оброблення (підтримки прийняття рішень), що використовують нерегламентовані запити до даних великого об'єму);

- відсутність прямих аналогів, що обмежує використання якихось типових проектних рішень та прикладних систем;

- необхідність інтеграції додатків, що існують та тільки розробляються;

- функціонування в неоднорідному середовищі на різних апаратних платформах;

- розрізненість та різномірність окремих груп розробників за рівнем кваліфікації та вкоріненими традиціями використання певних інструментальних засобів;

- істотна тривалість проекту зумовлена, з одного боку, обмеженими можливостями колективу розробників та, з другого боку, масштабами організації замовника і різними рівнями готовності її підрозділів до впровадження ІС.

Для успішного впровадження проекту об'єкт проектування (ІС) має бути, передусім, адекватно описаний, мають бути побудовані повні та несуперечливі

функціональні та інформаційні моделі ІС. Накопичений досвід свідчить, що це логічно складна, трудомістка та тривала робота. Вона потребує високої кваліфікації спеціалістів, які беруть у ній участь.

У 70-х та 80-х роках за розроблення ІС досить широко застосовували структурну методологію. Але її використання для проектування ІС викликало ряд проблем, зумовлених, зокрема, значним обсягом ручної роботи:

- неадекватна специфікація вимог;
- нездатність виявляти помилки в проектних рішеннях;
- низька якість документації, що знижує експлуатаційні властивості;
- затяжний цикл та незадовільні результати тестування.

Перераховані вище проблеми спонукали до появи програмно-технологічних засобів спеціального типу – CASE-засобів, що реалізують CASE-технологію створення та супроводження ІС. Термін CASE (Computer Aided Software Engineering (комп'ютерна підтримка інженерії програмного забезпечення), а за іншою версією — Computer Aided System Engineering (комп'ютерна підтримка інженерії систем)) використовується зараз у досить широкому розумінні. Нині під терміном CASE-засоби розуміють програмні засоби, що підтримують процеси створення та супроводження ІС, враховуючи аналіз та формулювання вимог, проектування прикладного ПЗ (додатків) та баз даних, генерування коду, тестування, документування, забезпечення якості, конфігураційне керування та управління проектом, а також інші процеси.

CASE-технологія є методологією проектування ІС, а також набором інструментальних засобів, що уможлиблюють у наочній формі моделювання будь-якої проблемної галузі, аналіз цієї моделі на всіх етапах розроблення та супроводження ІС та розроблення додатків відповідно до інформаційних потреб користувачів. Більшість існуючих CASE-засобів ґрунтуються на методологіях структурного (головно) та об'єктно орієнтованого аналізу і проектування, що використовують специфікації у вигляді діаграм або текстів для описування зовнішніх вимог, зв'язків між моделями системи, динаміки поведінки системи та структури програмних засобів.

Сучасні CASE-засоби охоплюють широкий діапазон підтримки численних технологій проектування: від простих засобів аналізу і документування до повномасштабних засобів автоматизації. До CASE-засобів належать як відносно дешеві системи для персональних комп'ютерів з дуже обмеженими можливостями, так і дорогі системи для неоднорідних обчислювальних платформ і операційних середовищ. Так, сучасний ринок програмних засобів нараховує близько 300 різних CASE-засобів, найпотужніші з яких певною мірою використовуються практично усіма провідними західними фірмами.

До CASE-засобів здебільшого відносять будь-який програмний засіб, що використовується для автоматизації моделювання систем та має такі характерні риси:

- потужні графічні засоби для описування і документування, що забезпечують зручний інтерфейс із розробником і розвивають його творчі можливості;
- інтеграція окремих компонентів CASE-засобів, що забезпечує керованість процесом розроблення моделі;
- використання у спеціальний спосіб організованого сховища проектних метаданих (репозиторію).

Інтегрований CASE-засіб (чи комплекс засобів) містить такі компоненти;

- репозиторій, що є основою CASE-засобу. Він повинен забезпечувати збереження версій проекту і його окремих компонентів, синхронізацію надходження інформації від різних розробників, контроль метаданих на повноту і несуперечність;
- графічні засоби аналізу і проектування, що забезпечують створення і редагування ієрархічно зв'язаних діаграм (DFD, ERD тощо);
- засоби розроблення додатків, включаючи мови 4GL і генератори кодів;
- засоби конфігураційного керування;
- засоби документування;
- засоби тестування;

- засоби керування проектом;
- засоби реінжинірингу.

Усі сучасні CASE-засоби можуть бути класифіковані, головню, за типами і категоріями. Класифікація за типами відображує функціональну орієнтацію CASE-засобів на різні процеси моделі. Класифікація за категоріями визначає рівень інтегрованості за функціями, що можуть виконуватися, і включає окремі локальні засоби, які розв'язують невеликі автономні задачі (tools), набір частково інтегрованих засобів, що охоплюють більшість етапів моделювання системи (toolkit) і цілком інтегровані засоби, що підтримують весь цикл аналізу та проектування системи і зв'язані загальним репозиторієм. Крім цього, CASE-засоби можна класифікувати за такими ознаками:

- методологіями і моделями систем та БД, що застосовуються в CASE-засобах;
- рівнем інтегрованості із СУБД;
- доступними платформами.

Класифікація за типами переважно збігається з компонентним складом CASE-засобів та включає такі основні типи:

- засоби аналізу (Upper CASE), призначені для побудови й аналізу моделей проблемної галузі (Design/IDEF (Meta Software), BPwin (Logic Works));
- засоби аналізу і проектування (Middle CASE), що підтримують найрозповсюдженіші методології проектування і, які використовують для створення проектних специфікацій (Vantage Team Builder (Cayenne), Designer/2000 (ORACLE), Silverrun (CSA), PRO-IV (McDonnell Douglas), CASE-Аналітик (Макропроджект)). Виходом таких засобів є специфікації компонентів і інтерфейсів системи, структури системи, алгоритми і структури даних;
- засоби проектування баз даних, що забезпечують моделювання даних і генерування схем баз даних (як правило, мовою SQL) для найрозповсюдженіших СУБД. До них належать ERwin (Logic Works), S-Designor (SDP) і DataBase Designer (ORACLE). Засоби проектування баз даних

наявні також у складі CASE-засобів Vantage Team Builder, Designer/2000, Silverrun і PRO-IV;

- засоби розробки додатків. До них належать засоби 4GL (Uniface (Compuware), JAM (JYACC), PowerBuilder (Sybase), Developer/2000 (ORACLE), New Era (Informix), SQL Windows (Gupta), Delphi (Borland) тощо) і генератори кодів, що входять до складу Vantage Team Builder, PRO-IV і частково – до Silverrun;

- засоби реінжинірингу, що забезпечують аналіз програмних кодів і схем баз даних і формування на їхній основі різних моделей і проектних специфікацій. Засоби аналізу схем БД і формування ERD входять до складу Vantage Team Builder, PRO-IV, Silverrun, Designer/2000, ERwin і S-Designer. У сфері аналізу програмних кодів найбільше поширення отримують об'єктно орієнтовані CASE-засоби, що забезпечують реінжиніринг програм мовою C++ (Rational Rose (Rational Software), Object Team (Cayenne)).

До допоміжних типів належать:

- засоби планування й управління проектом (SE Companion, Microsoft Project тощо);
- засоби конфігураційного управління (PVCS (Intersolv));
- засоби тестування (Quality Works (Segue Software));
- засоби документування (SoDA (Rational Software)).

Нині вітчизняний ринок програмного забезпечення має у своєму розпорядженні такі найкраще розвинуті CASE-засоби:

- Vantage Team Builder (Westmount I-CASE);
- Designer/2000;
- Silverrun;
- ERwin+BPwin;
- S-Designer;
- CASE-Аналітик.

Крім того, на ринку постійно з'являються як нові для вітчизняних користувачів системи (наприклад, CASE /4/0, PRO-IV, System Architect, Visible

Analyst Workbench, EasyCASE), так і нові версії та модифікації названих систем.

Структурно-функціональне моделювання започатковане у теорії автоматичного управління (ТАУ), де було розвинуто апарат, що містить не тільки правила утворення і перетворення, а й досить загальну методологію аналізу і синтезу структурних схем. Хоча динамічні структурно-функціональні схеми ТАУ мають широкі можливості для аналізу неперервних, лінійних динамічних систем, що описуються диференційними рівняннями, вони погано підходять для описування процесів у організаційних системах, де зв'язки між окремими блоками мають набагато ширший зміст і рідко можуть бути зведені до деякої функції часу (сигналу).

Подальший розвиток структурно-функціонального моделювання пов'язаний із виникненням автоматизованих систем управління виробництвом (АСУ). Загалом АСУ використовують мову структурно-функціонального моделювання, яка застосовується при системному аналізі і проектуванні автоматизованих організаційних систем.

Сучасні методи структурно-функціонального аналізу і моделювання складних систем були закладені завдяки працям професора Масачусетського технологічного інституту Дугласа Росса, який уперше використовував поняття «структурний аналіз» ще сорок років тому, намагаючись створити алгоритмічну мову АРТ, орієнтовану на модульне програмування. Подальший розвиток ідеї описування складних об'єктів як ієрархічних, багаторівневих, модульних систем за допомогою невеликого набору типових елементів привів до появи SADT (Structured Analyses and Design Technique), що в дослівному перекладі означає «технологія структурного аналізу і проектування», а власне кажучи, є методологією структурно-функціонального моделювання й аналізу складних систем. З часу своєї появи SADT постійно удосконалювалася і широко використовувалася для ефективного вирішення цілого ряду проблем, таких як удосконалення управління фінансами та матеріально-технічним постачанням великих фірм, розробка програмного забезпечення АСУ

телефонними мережами, стратегічне планування діяльності фірм, проектування обчислювальних систем і мереж тощо.

Центральною ідеєю SADT за визначенням її авторів є SA-блок – універсальна одиниця універсальної пунктуації для необмеженого строго структурного аналізу. Незважаючи на таку мудровану назву, під таємничим SA-блоком ховається звичайний функціональний блок, що характеризується наявністю **входу**, **виходу**, **механізму** та **керування**. Іншим фундаментальним поняттям SADT є принцип ієрархічної декомпозиції зверху вниз, що дає можливість аналізувати як завгодно складні системи. Оригінальним у SADT є ефективний метод кодування зв'язків, заснований на використанні спеціальних ICOM-кодів, який дає змогу не тільки спростити процедуру моделювання, але й автоматизувати процедури структурно-функціонального аналізу.

Відомим програмним продуктом, що реалізує методологію структурно-функціонального аналізу SADT, є Design/IDEF виробництва компанії Meta Software Corp. Він орієнтований на проектування і моделювання складних систем широкого призначення, пов'язаних з автоматизацією і комп'ютеризацією виробництва, а також із завданнями економіко-організаційного управління та бізнес-планування. Design/IDEF має швидку і високоякісну графіку, яка уможливорює створення SADT-моделей, містить словник даних, що дає змогу зберігати необмежений обсяг інформації про об'єкти і моделі, допускає колективну роботу над моделлю, уможливорює генерування звітів за результатами системного аналізу.

Першою рисою, що вирізняє SADT-методологію, є принцип побудови моделі зверху вниз. Цей принцип означає, що можна, починаючи з досить простих макроекономічних моделей розвитку сектору економіки в цілому чи окремої галузі, дійти, якщо потрібно, до окремих технологічних процесів. При цьому відповідно до призначення моделі на кожному рівні можна сформулювати обґрунтовані вимоги щодо її точності.

Очевидно, що на першому етапі побудови ієрархії моделей можна та необхідно починати з досить грубих (ескізних) моделей. Оскільки методологія

SADT дає змогу уточнювати (деталізувати) моделі за допомогою розкриття SADT-блоків вищого рівня ієрархії, нові штрихи за необхідності можуть бути додані без зміни тих моделей, що вже побудовані. У такий спосіб SADT реалізує ієрархічне, багаторівневе моделювання, і в цьому її друга відмінність від відомих підходів.

Третьою особливістю моделювання на основі SADT є можливість одночасно зі структуруванням проблеми розробляти структуру бази даних, а точніше – баз даних, тому що на різних рівнях ієрархічного моделювання доцільно мати окремі бази даних. У пакеті DESIGN/IDEF автоматизовано процес опису бази даних, що відповідає структурі моделі. Отже, одночасно з ієрархічною структурою моделі одержують і структуру розподіленої бази даних. Для моделювання баз даних використовують мову SQL.

Отже, можна висновувати, що застосування методології SADT дає змогу уніфікувати різні блоки моделі складної системи, розподілити процес створення моделі і об'єднати окремі модулі в єдину ієрархічну динамічну модель.

Ще одним широко відомим інструментальним засобом структурно-функціонального моделювання, заснованим на стандарті IDEFO, є пакет BPWin, що пропонується компанією MacroProject. Він призначений для моделювання й оптимізації бізнес-процесів і автоматизує багато рутинних операцій, пов'язаних з побудовою моделей організаційних систем.

Інформаційне забезпечення аналізу даних

Аналіз даних є невід'ємною частиною процесу дослідження систем будь-якого типу. Всі названі вище інформаційні системи активно використовують дані різного типу. Існує багато класичних методів аналізу, які базуються на математичному апараті (математична статистика, математичне програмування, лінійна алгебра тощо) та чудово себе зарекомендували протягом свого існування. Розглянемо сучасні програмні засоби, які уможливають проведення повноцінного математичного та статистичного аналізу даних.

На ринку програмних засобів існує надзвичайно велика кількість додатків, які пропонують допомогу у розв'язанні задач аналізу даних як у пакетному режимі, так і у вигляді бібліотек функцій, які можна використовувати в інших програмних продуктах. Коротко охарактеризуємо найпопулярніші та функціонально повні з них:

— *Matlab* від MathWorks – комп'ютерна оболонка для інтерактивних та командних обчислень і візуалізації. Вона об'єднує в собі чисельний аналіз, операції з матрицями, сигнальні процеси та графіки в зручному для використання середовищі, де задачі та розв'язки подаються у математичному запису без використання традиційного програмування.

— *Mathematica* від Wolfram – вичерпна комп'ютерна система для чисельних, символічних та графічних обчислень і візуалізації. Інтерактивний обчислювальний та графічний інструмент із вбудованою мовою програмування для швидких та точних розв'язків. Інформацію можна подавати як у звичайному математичному поданні, так і у вигляді функцій з використанням вбудованої мови програмування. Електронний документ цієї комп'ютерної системи, який називається notebooks (записна книжка), допомагає користувачеві створювати тексти, здійснювати обчислення, будувати графіки та анімацію для технічного звіту чи презентації роботи. Існує також можливість підключення додаткових пакетів за допомогою технології Add-ons.

— *S-PLUS* від S-PLUS – інтерактивне програмне середовище для аналізу даних. S-PLUS містить об'єктно орієнтовану мову програмування, уніфіковану парадигму для дослідження статистичних моделей та тисячі вбудованих статистичних і графічних функцій.

— *SAS* від SAS Institute – інтерактивне та командне програмне середовище, що утворене з модулів для головного аналізу даних, статистики та написання звітів. SAS також забезпечує підключення до баз даних ORACLE та INGRES, аналіз часових рядів та прогнозування, кольорові графіки, матричне програмування та розвинену статистику, забезпечує експертну підтримку.

— *SPSS* від SPSS Inc. – Один із найпотужніших, але й дорогих статистичних пакетів. Має зручний інтерфейс. Містить досить повний набір статистичних (усього понад 60) та графічних процедур, а також процедур для створення звітів. Має вбудований засіб, що виконує інтелектуальну функцію, наприклад пояснює користувачеві, яку статистику краще застосувати в кожному конкретному випадку.

— *Statistica* від StatSoft Inc. – найзбалансованіший за співвідношенням «потужність/зручність» пакет. Має широкий спектр функціональних алгоритмів і потужну графіку, а також відповідні засоби для редагування графічних матеріалів. Користувач має знати статистичну термінологію, хоча дуже об'ємна довідкова система дає змогу досить повно ознайомлюватися з алгоритмами, що використовуються.

Останнім часом все більшої популярності набуває термін «інтелектуальний аналіз даних» (Data Mining) або «виявлення знань у базах даних» (knowledge discovery in databases). Це зумовлено, передовсім, нездатністю класичних статистичних методів досить повно задовольняти вимоги, що ставляться сьогодні до аналізу даних. Зокрема, специфіка даних та сучасних вимог до їх обробки така:

- дані мають практично необмежений об'єм;
- дані є різномірними (кількісними, якісними, текстовими);
- результати мають бути конкретними та зрозумілими;
- інструменти для обробки первинних даних мають бути зручними у використанні.

Загалом технологію DataMining досить точно визначає Григорій Піаецький-Шапіро – один із засновників цього напрямку. DataMining – це процес виявлення в первинних даних:

- раніше невідомих;
- нетривіальних;
- практично корисних;

— доступних для інтерпретації знань, необхідних для прийняття рішень у різних сферах людської діяльності.

Виділяють п'ять стандартних типів закономірностей та методів, які є найхарактернішими для DataMining:

- асоціація;
- послідовність;
- класифікація;
- кластеризація;
- прогнозування.

Асоціація має місце у тому разі, коли кілька подій пов'язані одна з одною.

Послідовність – ланцюг пов'язаних у часі подій.

Класифікація виявляє ознаки, що характеризують групу, до якої належать певні об'єкти.

Кластеризація відрізняється від класифікації тим, що самі групи спочатку не задано.

Прогнозування ґрунтується на історичній інформації, що зберігається в БД у вигляді часових рядів. Якщо вдається знайти шаблони, що адекватно відображують динаміку поведінки цільових показників, то є імовірність, що за їх допомогою можна передбачити поведінку системи в майбутньому.

DataMining є мультидисциплінарною галуззю, що виникла на підґрунті досягнень різних наук. Звідси і велика чисельність методів та алгоритмів, що реалізовані в різних діючих системах DataMining. Багато із таких систем інтегрують у собі кілька підходів. Тим не менш, як правило, в кожній системі існує такий ключовий момент, на який ставиться головний акцент. Зазначені ключові компоненти можна класифікувати так:

- предметно орієнтовані аналітичні системи.
- Існує дуже багато програм такого типу;
- статистичні пакети;
 - нейронні мережі;
 - системи міркувань на основі аналогічних випадків;

- дерева рішень;
- еволюційне програмування;
- генетичні алгоритми;
- алгоритми обмеженого перебору;
- системи для візуалізації багатовимірних даних.

Загалом, стосовно DataMining можна зазначити, що:

- 1) ринок систем DataMining розвивається експоненційно. В ньому беруть участь практично всі крупні корпорації;
- 2) системи DataMining застосовують, головню, за такими напрямками, як:
 - масовий продукт для бізнес-додатків,
 - інструмент для проведення унікальних досліджень;
- 3) незважаючи на чисельність методів DataMining, пріоритет поступово зміщується в бік логічних алгоритмів аналізу даних if-then-правил (правил типу: «якщо..., то...»);
- 4) разом з тим головною проблемою логічних методів виявлення закономірностей є перебір варіантів за прийнятний термін. У відомих методах або штучно обмежується такий перебір (у алгоритмах КОРА, WizWhy), або будуються дерева рішень, що мають принципові обмеження ефективності пошуку if-then-правил. Інші проблеми пов'язані з тим, що відомі методи пошуку логічних правил не підтримують функцію узагальнення знайдених правил та функцій пошуку оптимальної композиції таких правил. Вдале розв'язання поставлених проблем може стати предметом нових конкурентоспроможних розробок.

Рекомендована література по курсу

1. Акофф Р. О природе систем / Р. Акофф // Изв. АН СССР. Сер. Техн. кибернетика. – М., 1971.
2. Амбросов А.Е. Системный анализ в экономике (конспект лекций). / А.Е. Амбросов. – Х.: ХИУ, 2005.
3. Антонов А.В. Системный анализ. Учебник для вузов / А.В. Антонов. – М.: Высш.шк., 2004.
4. Балувев С.А. Системный анализ в экономике и организации производства. Учебник. / С.А. Балувев и др. – Л.: Политехника, 1991.
5. Берталанфи Л. Общая теория систем: критический обзор / Л. Берталанфи // Исследования по общей теории систем. – М., 1969.
6. Васильев В.И. Основы теории систем: Конспект лекций. / В.И. Васильев, Л.Г. Романов, А.А. Червонный. – М.: МГТУ ГА. 1994.
7. Волкова В.Н. Основы теории систем и системного анализа. / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – СПб.: СПбГТУ, 2001.
8. Дивак М.П. Методичний посібник з дисципліни «Системний аналіз» . / М.П. Дивак – Тернопіль, 2004.
9. Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике: учеб.пособие. / И.Н. Дрогобыцкий. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2009.
10. Колесников Л. Основы теории системного подхода. / Л. Колесников. – К.: Наукова думка, 1995.
11. Ладанюк А.П. Основы системного аналізу. Навч. посібник. / А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2004.
12. Лебедев О.Т. Основы системного анализа: Учебное пособие. / О.Т. Лебедев, С.А. Язвенко. – СПб.: СПбГИЭА, 2000.
13. Лесечко М.Д. Основы системного підходу: теорія, методологія, практика: Навч. посіб. / М.Д. Лесеченко. – Львів: ЛРІДУ УАДУ, 2002.
14. Лямец В.И. Системный анализ. Вводный курс: Уч. пособие. / В.И. Лямец, А.Д. Тевяшев. – Х.: ХТУРЭ, 1998.
15. Лямец В.И. Системный анализ. / В.И. Лямец, А.Д. Тевяшев. – Харьков: ХТУРЭ, 1998.
16. Оптер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. / С. Оптер. – М., 1975.
17. Орловский П.Н. Системный анализ (основные принципы, методология). / П.Н. Орловский. – К.: ІЗМН, 1996.
18. Острейковский В.А. Теория систем. Учебн. для вузов. / В.А. Острейковский. – М.: Высшая школа, 1997.
19. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ. / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высшая школа, 1989.
20. Пономаренко О.І. Системні методи в економіці, менеджменті та бізнесі: Навч. посібник / О.І.Пономаренко, В.О.Пономаренко. – К.: Либідь, 1995.
21. Попов В.Н. Системный анализ в менеджменте: учебное пособие / В.Н.Попов, В.С.Касьянов, И.П.Савченко; под ред. д-ра экон.наук, проф. В.Н.Попова. – М. – КНОРУС, 2007.

22. Системный анализ в экономике и организации производства / С.А. Валуев, В.Н. Волкова, А.П. Градов и др. – Л.: Политехника, 1991.
23. Сорока К.О. Основы теорії систем і системного аналізу. / К.О. Сорока. – Харків: ПП Тимченко, 2005.
24. Спицнадель В.П. Основы системного анализа: Учеб. пособие. / В.П. Спицнадель. – СПб.: Изд. дом "Бизнес-пресса", 2000.
25. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ. / Ю.П. Сурмин. – К.: МАУП, 2003.
26. Черняк Ю.И. Анализ и синтез систем в экономике. / Ю.И. Черняк. – М.: Экономика, 1970.
27. Черняк Ю.И. Системный анализ в управлении экономикой. / Ю.И. Черняк. – М.: Экономика, 1975.
28. Шарапов О.Д. Системный анализ: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / О.Д. Шарапов, В.Д. Дербенцев, Д.Є. Семьонов. – К.: КНЕУ, 2003.
29. Шистеров И.М. Системный анализ: Учебное пособие. – / И.М. Шистеров. – СПб, СПбГИЭА, 2000.
30. Янг С. Системное управление организацией. / С. Янг – М.: Сов. радио, 1972.

Додаткова література з курсу

31. Акофф Р. Искусство решения проблем. / Р. Акофф / Пер. с англ. – М.: Мир, 1982.
32. Акофф Р. О природе систем / Р. Акофф // Изв. АН СССР. Сер. Техн. кибернетика. – М., 1971.
33. Акофф Р. О целеустремленных системах. / Р. Акофф, Ф. Эмени. – М.: Советское радио, 1974.
34. Амбросов А.Е. Системный анализ в экономике (конспект лекций). / А.Е. Амбросов. – Х.: ХИУ, 2005.
35. Анализ сложных систем. – М.: Советское радио, 1969.
36. Анисимов В.В. Элементы теории массового обслуживания и асимптотического анализа систем. / В.В. Анисимов, О.К. Закусило, В.С. Донченко. – К.: Выща школа, 1987.
37. Анфилатов В.С. Системный анализ в управлении. / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин. – М.: Финансы и статистика, 2003.
38. Арнольд В.И. Теория катастроф. / В.И. Арнольд. – М.: Наука, 1990.
39. Аршинов В.И. Синергетика как феномен постнеклассической науки. / В.И. Аршинов. – М.: ИФ РАН, 1999.
40. Беляев А.А. Системология организации. / А.А. Беляев, Э.М. Коротков. – М.: ИНФРА-М, 2000.
41. Бир С. Мозг фирмы. / С. Бир. – М.: Радио и связь, 1993.
42. Блауберг В.К. Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. / В.К. Блауберг, А.П. Садовский, С.С. Юдин. – М.: Знание, 1969.

43. Блауберг И.В. Становление и сущность системного подхода. / И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин. – М., 1973.
44. Богомолов А.М. Диагностика сложных систем. / А.М. Богомолов, В.А. Твердохлеб. – К.: Наукова думка, 1974.
45. Бондаренко М.Ф. Основы системологии. / М.Ф. Бондаренко, Е.А. Соловьева, С.И. Маторин. – Харьков: ХТУРЭ, 1998.
46. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1978.
47. Бусленко Н.П. Лекции по теории сложных систем. / Н.П. Бусленко, В.В. Калашников, Н.Н. Коваленко. – М.: Советское радио, 1973.
48. Василькова В.В. Порядок и хаос в развитии социальных систем (синергетика и теория социальной самоорганизации). / В.В. Василькова. – СПб.: Лань, 1999.
49. Волкова В.И. Основы теории управления и системного анализа. / В.И. Волкова, А.А. Денисов. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1997.
50. Волкова В. Н. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи. / В.Н. Волкова и др. – М.: Радио и связь, 1983.
51. Гиг Джон Ван. Прикладная общая теория систем. / Джон Ван Гиг. – М.: Мир, 1981.
52. Губанов, В.А. Введение в системный анализ / В. А. Губанов, В.В. Захаров, А.Н. Коваленко. – Л. : Изд-во Ленинградского ун-та, 1988.
53. Дегтярев Ю.И. Системный анализ и исследование операций. / Ю.И. Дегтярев. – М.: Высшая школа, 1996.
54. Денисов А.А. Теория больших систем управления. / А.А. Денисов, Д.Н. Колесников. – Л.: Энергоатомиздат, 1992.
55. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы: Учеб. пособие. / А.А. Денисов. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2005.
56. Диалектика познания сложных систем / Под ред. В. С. Тюхтина. – М., 1988.
57. Директор С., Рорер Р. Введение в теорию систем. / С. Директор, Р. Рорер. – М.: Мир, 1974.
58. Добкин В.М. Системный анализ в управлении / В.М. Добкин. – М. : Химия, 1984.
59. Добронравова И.С. Синергетика: становление нелинейного мышления. / И.С. Добронравова. – К.: Лыбидь, 1990.
60. Дудорин В.И., Алексеев Ю.Н. Системный анализ экономики на ЭВМ. / В.И. Дудорин, Ю.Н. Алексеев. – М.: Финансы и статистика, 1986.
61. Евин И.А. Синергетика искусства. / И.А. Евин. – М.: Лада, 1993.
62. Занг В.-Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории: Пер. с англ. / В.-Б. Занг. – М.: Мир, 1999.
63. Згуровский М.З. Нелинейный анализ и управление бесконечномерными системами. / М.З. Згуровский, В.С. Мельник. – К.: Наукова думка, 1999.

64. Згуровский М.З. Исследование социальных процессов на основе методологии системного анализа. / М.З. Згуровский, А.В. Доброногов, Т.Н. Померанцева. – К.: Наукова думка, 1997.
65. Зубенко Ю.Д. Менеджмент на базе системного анализа: Учеб. Пособие / Ю.Д. Зубенко, А.К. Носач. / Под ред. А. Д. Шарапова. – Донецк–Киев, 1998.
66. Нечипоренко В.И. Структурный анализ систем. / В.И. Нечипоренко. – М.: Сов. радио, 1977.
67. Шнейдер Ю.А., Шаров А. А. Системы и модели. / Ю.А. Шнейдер, А.А. Шаров. – М.: Радио и связь, 1982.
68. Калашников В.В. Сложные системы и методы их анализа. / В.В. Калашников. – М.: Знание, 1980.
69. Кальянов Г.Н. CASE структурный системный анализ. / Г.Н. Кальянов. – М.: Лори, 1996.
70. Капица С.П. Синергетика и прогнозы будущего. / С.П. Капица, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий. – М.: Наука, 1997.
71. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. / Дж. Касти. – М.: Мир, 1982.
72. Квейд Э. Анализ сложных систем. / Э. Квейд. – М.: Советское радио, 1969.
73. Клиланд Д. Системный анализ и целевое управление. / Д. Клиланд, В. Кинг. – М.: Советское радио, 1974.
74. Климонтович Н.Ю. Без формул о синергетике. – / Н.Ю. Климонтович. Минск: Вышэйш. шк., 1986.
75. Князева Е.Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: Наука, 1994.
76. Князева Е.Н. Основания синергетики. / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – СПб.: Алетейя, 2002.
77. Краснопорошина А.А. Современный анализ систем управления с применением MathLab, Simulink, Control System. / А.А. Краснопорошина, Н.Б. Репникова, А.А. Ильченко. – К.: Корнійчук, 1999.
78. Курдюмов С. П. Законы эволюции и самоорганизации в сложных системах. / С.П. Курдюмов. – М.: ИПМ, 1990.
79. Курдюмов С.П., Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. Синергетика – новые направления. / С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, А.Б. Потапов. – М.: Знание, 1989.
80. Лоскутов А.Ю. Введение в синергетику. / А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов. – М.: Наука, 1990.
81. Миротин Л.Б. Системный анализ в логистике: Учебник. Л.Б. Миротин, И.Э. Ташбаев. – М.: Экзамен, 2002.
82. Могиленский В.Д. Методология систем. / В.Д. Могиленский. – М.: Экономика, 1999. -
83. Моисеев Н.Н. Математические основы системного анализа. / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1981.

84. Моисеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем / Н.Н. Моисеев. – М. : Наука, 1975.
85. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных систем. / А.А. Молчанов. – К.: Вища школа, 1988.
86. Мороз Л.И. Курс теории систем. / Л.И. Мороз. – М.: Высшая школа, 1987.
87. Нечипоренко В.И. Структурный анализ систем. / В.И. Нечипоренко. – М.: Сов. радио, 1977.
88. Новое в синергетике. Загадки мира неравновесных структур. – М.: Наука, 1996.
89. Общая теория систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1966.
90. О'Конор Д. Искусство системного мышления. Творческий подход к решению проблем и его основные стратегии. / Д. О'Конор, Я. Мак-Дермот. – Киев: София, 2001.
91. Основы системного анализа и проектирования АСУ. / под. ред. А. А.Павлова. – К.: Вища школа, 1991.
92. Постон Т. Теория катастроф и ее приложения. / Т. Постон, И. Стюарт. – М., 1980.
93. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности / И.В. Прангишвили. – М.: СИН-ТЕГ, 2000.
94. Пригожин И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ. / И. Пригожин, И. Стенгерс / Общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича и Ю. В. Сачкова. – М.: Прогресс, 1986.
95. Пригожин П. Время, хаос, квант. / И. Пригожин, И Стенгерс. – М.: Прогресс, 1994.
96. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории управления / Л.Г. Раскин. – М.: Сов. радио, 1976.
97. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными системами. / Л.А. Растринин. – М.: Советское радио, 1980.
98. Садовский В.Н. Основания общей теории систем. Логико-методологический анализ. / В.Н. Садовский. – М., 1974.
99. Саридис Дж. Самоорганизующиеся стохастические системы управления. / Дж. Саридис. – М.: Наука, 1980.
100. Сетров М.И. Общие принципы организации систем и их методологическое значение. / М.И. Сетров. – Л., 1971.
101. Синергетическая парадигма. Многообразие поисков и подходов. – М.: Прогресс-Традиция, 2000.
102. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб.пособие для вузов / Под ред. В.Н.Влковой, В.Н.Козлова, – М.: Высш.шк., 2004.
103. Системный анализ и структуры управления./ под ред. В.Г. Щорина – М.: Знание, 1975.
104. Советов Б.Я. Моделирование систем: Учеб. для вузов. / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2001. .

105. Советов Б.Я. Моделирование систем: Практикум. / Б.Я. Советов. – М.: Высшая школа, 1999.
106. Уемов А.И. Системный подход и общая теория систем. / А.И. Уемов. – М., 1978.
107. Хакен Г. Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. / Г. Хакен. – М.: Мир, 1985.
108. Хомяков П.М. Системный анализ: Краткий курс / П.М. Хомяков / Под ред. В.П. Прохорова. Изд. 2-е, стереотипное. – М.: КомКнига, 2007.
109. Шаракшанэ А. С. Сложные системы: Учеб. пособие для вузов. / А. С. Шаракшанэ, И. Г Железнов, В. А. Ивницкий. – М.: Высш.шк., 1977.
110. Шнейдер Ю.А., Шаров А. А. Системы и модели. / Ю.А. Шнейдер, А.А. Шаров. – М.: Радио и связь, 1982.
111. Шорин В.Г. Системный анализ и структуры управления. / В.Г. Шорин. М.: Знание, 1975.
112. Шрейдер Ю. А., Шаров А. А. Системы и модели. — М.: Радио и связь, 1982.

ЗМІСТ

Роль системного аналізу у дослідженнях соціально-економічних систем.....	2
Основні поняття загальної теорії систем та системного аналізу.....	3
Класифікація систем.....	7
Властивості систем.....	8
Основні завдання та принципи системного аналізу.....	10
Основні етапи системного аналізу.....	12
Метод побудови дерева цілей.....	13
Евристичні методи генерування альтернатив.....	15
Аналіз і синтез систем.....	19
Методи описування систем.....	21
Класифікація моделей та методів моделювання систем.....	24
Математичне моделювання систем.....	27
Принципи та основні етапи побудови математичних моделей систем.....	30
Особливості соціально-економічних систем.....	31
Основні напрямки застосування ідей та принципів системного аналізу до дослідження соціально-економічних об'єктів.....	32
Національна економіка з точки зору системного аналізу.....	35
Синергетичний підхід до дослідження соціально-економічних систем.....	38
Приклади моделювання економічних систем.....	41
Модель організації як відкритої системи.....	46
Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища організації.....	47
Системний аналіз ієрархії та змісту цілей організації.....	50
Загальні принципи управління економічними системами.....	53
Схема прийняття управлінських рішень.....	57
Прийняття рішень за детермінованих умов.....	59
Прийняття рішень за умов ризику.....	61
Прийняття рішень за умов невизначеності.....	64
Загальна характеристика інформаційного забезпечення системних досліджень в економіці.....	66
Інформаційні системи в управлінні.....	67
Методи комп'ютерного моделювання та проектування складних систем.....	76
Інформаційне забезпечення аналізу даних.....	86
Рекомендована література з курсу.....	90
Додаткова література з курсу.....	91

