
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

Міністерство освіти і науки України

Державний економіко-технологічний університет транспорту

**В. І. Творонович, В. П. Гудкова,
О. В. Пилипенко, О. В. Пацьора**

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

Навчальний посібник

*Рекомендовано Вченою радою
Державного економіко-технологічного університету транспорту
від 26.02.2015 р., протокол № 5*

Київ 2015

УДК 330.115:338.656

*Рекомендовано Вченою радою
Державного економіко-технологічного університету транспорту
(Протокол № 5, від 26.02.2015 р.)*

Рецензенти:

Богомолова Н. І. – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Фінанси і кредит» Державного економіко-технологічного університету транспорту;

Зимовець В. В. – доктор економічних наук, завідувач відділу «Фінанси реального секторуДУ» Інституту економіки та прогнозування НАН України

Творонович В. І., Гудкова В. П., Пилипенко О. В., Пацьора О. В.

Т Системний аналіз: Навчальний посібник / За заг. ред. В. І. Творонович. – К.: ДЕГУТ, 2015. – 158 с.

ISBN...

У навчальному посібнику відображено методичні основні етапи і методи системного аналізу, систему методів і моделей, які використовуються при аналізі соціально-економічних об'єктів і процесів. Розкрито економічні особливості застосування системного аналізу на макrorівні та на рівні окремих підприємств, специфіку застосування евристичних та математичних методів. Наведено загальну класифікацію методів системного аналізу та розкриті основні напрямки застосування системного аналізу в різних сферах.

Навчальний посібник до вивчення курсу «Системний аналіз» розглянуто та затверджено на засіданні кафедри економіки підприємств (протокол № 8, від 12.11.2014 р.) та на засіданні методичної комісії факультету економіки і менеджменту (протокол № 3, від 25.11.2014 р.)

ББК

ЗМІСТ

Передмова	6
РОЗДІЛ 1 Системний аналіз та методи моделювання	8
Тема 1. Предмет методи і завдання дисципліни	8
1.1. Зміст навчальної дисципліни	8
1.2. Основні поняття теорії систем	11
Тема 2. Основні етапи і методи системного аналізу	14
2.1. Основні етапи системного аналізу	14
2.2. Методи системного аналізу.	15
Тема 3. Класичні методи моделювання і аналізу соціально-економічних об'єктів і процесів	27
3.1. Поняття моделі та моделювання. Класифікація моделей.	27
3.2. Принципи та основні етапи побудови математичних моделей систем	32
3.3. Математичне моделювання систем	36
Тема 4. Аналіз нелінійних, стохастичних, динамічних соціально-економічних систем	72
4.1. Статистичні методи аналізу нелінійних та стохастичних систем.	72
4.2.	79
РОЗДІЛ 2 Методи системного аналізу	91
Тема 5. Системний аналіз і моделювання соціально-економічних систем різних рівнів агрегування	91
5.1. Основні напрями застосування ідей та принципів системного аналізу до дослідження соціально-економічних об'єктів	92

5.2 Синергетичний підхід до дослідження соціально-економічних систем	96
5.3. Приклади моделювання економічних систем	
Тема 6. Основні напрями застосування системного аналізу в різних економічних сферах	101
6.1. Особливості дослідження економічних систем	101
6.2. Концептуальні засади системного підходу представлені на прикладі галузі	104
Тема 7. Інформаційне забезпечення системного аналізу	106
7.1. Загальна характеристика інформаційного забезпечення системних досліджень в економіці	
7.2. Інформаційні системи в управлінні	
7.3. Інформаційні системи в процесах прийняття рішень	
Завдання для практичної та самостійної роботи	109
Тестові завдання для перевірки контролю знань	159
Глосарій термінів	160
Література	163

ПЕРЕДМОВА

Останнім часом спостерігається тенденція до все більшої інтеграції в усіх сферах людської діяльності. Тісніше переплітаються економічні, політичні, соціальні та інформаційні процеси, інтенсивніше взаємодіють держава та суспільство, виробництво і наука, культура й побутова сфера. Сучасні організації, підприємства, корпорації інтегровані в системи міжнаціональних економічних зв'язків, у транснаціональні компанії, в інформаційні системи, що обслуговують світовий ринок, а також у міжурядові проекти, які охоплюють значну кількість державних та приватних корпорацій.

Тому при дослідженні сучасної економіки та окремих її складових недостатнім є застосування лише традиційних аналітичних методів дослідження, необхідні цілісні, комплексні та всебічні підходи, що акцентують увагу не тільки на певному економічному об'єкті, а й на дослідженні навколишнього середовища, в якому він функціонує. Одним із таких методів є системний підхід, що розглядає економіку як складну цілісну систему в різних аспектах: як сукупність елементів різних рівнів агрегування (макрорівень, галузі та сектори економіки, мікрорівень), у розрізі сфер діяльності (виробнича і невиробнича) та функцій (маркетинг, фінанси, аудит тощо).

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

Головною метою вивчення дисципліни «Системний аналіз» є розвиток системного мислення, усвідомлення необхідності застосування системного підходу до завдань управління та прийняття рішень, до дослідження складних явищ і процесів у соціально-економічних системах.

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.

Теоретичним фундаментом для вивчення цієї дисципліни є вища математика, дискретний аналіз, теорія ймовірностей і математична статистика, економічна кібернетика, математичне програмування, дослідження операцій, теорія графів тощо. Засадними економічними теоріями для практичного застосування системного підходу при дослідженні соціально-економічних систем є політична економія, макро- і мікроекономіка, менеджмент (стратегічний, інвестиційний, фінансовий), маркетинг, фінанси, економіка підприємств тощо. Технічними засобами системного аналізу є сучасна комп'ютерна техніка та інформаційні системи.

В посібнику міститься глосарій основних термінів, що дозволить студентам закріпити отримані теоретичні знання та підготуватися до контрольних заходів з курсу «Системний аналіз».

Матеріал навчальної дисципліни базується на знаннях, які студенти отримують з економічних дисциплін попередніх курсів.

Вивчення дисципліни «Системний аналіз» є підґрунтям для опанування дисципліни «Економічна діагностика», виконання дипломних робіт спеціалістів та випускних робіт магістрів.

Програма курсу орієнтована на ринкові умови господарювання з використанням міжнародного досвіду.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ

Основні терміни і поняття: методологія, проблеми економічного дослідження, прогностика, системний аналіз, методи наукового пізнання, сфери раціонального застосування різних методів системного аналізу, класифікація систем.

Тема 1. Предмет методи і завдання дисципліни

1.1. Зміст навчальної дисципліни.

1.2. Основні поняття теорії систем.

1.1. Зміст навчальної дисципліни

Мета курсу. Головною метою вивчення дисципліни «Системний аналіз» є розвиток системного мислення, усвідомлення необхідності застосування системного підходу до завдань управління та прийняття рішень, до дослідження складних явищ і процесів у соціально-економічних системах.

Метою курсу є ознайомити студентів з методикою системного аналізу; з колом проблем сучасної теорії систем; деякими підходами до вивчення об'єкта; показати зв'язок між глобальними проблемами і питаннями повсякденного життя; показати яким чином можна вивчати і розкривати перспективи розвитку економіки держави; як використовувати кількісні методи для розв'язання конкретних задач.

Оволодіння методикою системного аналізу допоможе фахівцям, які займаються підприємницькою діяльністю, зрозуміти суть явищ, з якими вони мають справу, розробити стратегію і тактику своїх дій, приймати правильні рішення в різних ситуаціях. Це розширить межі їх компетенції і підвищить їх

кваліфікацію.

Предмет курсу. Предметом курсу «Системний аналіз» є вивчення методології системного аналізу. Всі види суспільної діяльності потребують дослідження перспектив розвитку, наслідків теперішньої діяльності, а також явищ, які можуть виникнути незалежно від цілеспрямованих дій, тобто управління на будь-якому рівні господарювання потребує наукового вивчення за допомогою методів системного аналізу.

Особливо важливий аналіз при управлінні економічними процесами. Сучасне життя дуже ускладнилося. Тіснішими стали зв'язки та взаємозалежності науки, техніки, економіки, соціальних умов. Зросли динамізм розвитку різних сторін життя, різноманітність можливих варіантів шляхів та засобів розв'язку тих чи інших проблем. Тому задача системного аналізу наук – це врахування взаємодії множини об'єктивних, суб'єктивних, внутрішніх і зовнішніх факторів даного процесу чи явища. Підприємство треба розглядати як об'єкт господарювання в рамках організованої системи економіки держави. Тоді бізнес характеризується відтворенням своїх відношень, їх здатністю забезпечувати прогрес суспільства. Це явище завжди пов'язане з аналізом. Головна мета його – на основі використання системного підходу та поєднання знань про системи виробити основні принципи практичної діяльності. Практично це здійснюється за допомогою розробки аналітичних досліджень науково-технічного прогресу та економічного розвитку.

Завдання курсу:

- вивчення особливостей системного підходу та його місця у сучасній економічній науці;
- дослідження тенденцій зарубіжного досвіду застосування системного аналізу;
- формулювання основних понять системного аналізу;
- наведення класифікації систем та методів системного аналізу;
- встановлення та пошук засобів вирішення проблем системного

аналізу;

- удосконалення методології дослідження основних макропоказників;
- удосконалення методів розрахунку, аналізу та планування показників

на рівні підприємства;

- удосконалення системи планування та аналізу із застосуванням прогнозованих показників виробничо-фінансової діяльності структурних підрозділів.

Методологічна основа передбачає сукупність теоретичних та емпіричних методів й прийомів пізнання явищ науки економіки транспорту.

Метод наукового дослідження (пізнання) – це система розумових і практичних операцій націлених на розв’язок певних пізнавальних завдань з урахуванням поставленої мети.

Методи наукового пізнання які застосовуються при дослідженні:

- традиційні (спостереження, аналіз і синтез, індукція (від фактів до теорії, від часткового до загального) і дедукція (від теорії до фактів, що підтверджуються висновками та узагальненнями, від загального до часткового), порівняння та аналогія, абстрагування та узагальнення);

- сучасні (моделювання, системний, формалізації, ідеалізації, аксіоматико-дедуктивний);

- спеціальні (розрахунково-конструктивний, статистико-економічний, теорія ймовірностей, метод ділових ігор, експертних оцінок).

1.2. Основні поняття теорії систем

Визначення поняття «система». Фундаментальним поняттям системного аналізу і таких засадних теоретичних дисциплін, як теорія систем, кібернетика, дослідження операцій, є поняття «система». Незважаючи на інтуїтивну зрозумілість та велику важливість цього терміна для наукових досліджень, донині не існує загальноприйнятого його визначення.

У перших визначеннях у тій чи іншій формі зазначалось, що система –

це елементи та зв'язки між ними. Так, наприклад, основоположник теорії систем Людвіг фон Берталанфі визначав систему як комплекс взаємодіючих елементів, що перебувають у певних відношеннях між собою та зовнішнім середовищем.

Пізніше при визначенні цього терміна стало з'являтися поняття цілі. Так, у філософському словнику система визначається як «сукупність елементів, що знаходяться у відношеннях та зв'язках між собою певним чином та утворюють деяку єдність цілей». Зауважимо, що у різних визначеннях поняття «система» є багато спільного та взаємодоповнюючого, тому краще використовувати найширше з них [45]:

- 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. 1.1.

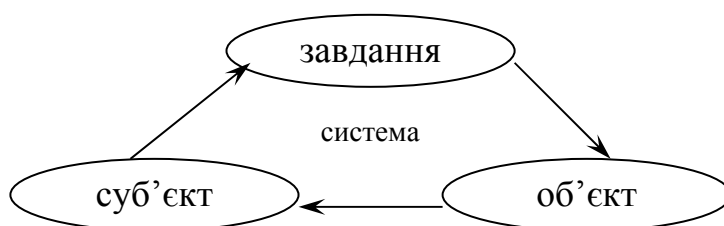


Рис. 1.1. Умова існування системи

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

1. Система розглядається як взаємопов'язаний комплекс матеріальних

об'єктів (такий підхід зручний, головним чином, при дослідженні природних об'єктів або процесів матеріального виробництва);

2. Система включає, з одного боку, набір матеріальних об'єктів, а з іншого – інформацію про їхній стан (такий підхід застосовується при описуванні процесів управління матеріальним виробництвом);

3. Система розглядається чисто в інформаційному аспекті як комплекс відношень, зв'язків, інформації (такий підхід прийнятий у теоретичних дослідженнях, при описуванні соціальних відносин та процесів управління).

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

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

Система – це множина об'єктів з набором зв'язків між ними і між їхніми властивостями, які функціонують у часі як єдине ціле, тобто кожний об'єкт працює заради єдиної мети, що стоїть перед системою в цілому.

Розглянемо інші основні поняття, які використовуються при дослідженні систем.

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

Елементом системи називають найпростішу неподільну частину системи. Важливі властивості елемента, які визначаються його взаємодією з іншими елементами системи та справляють вплив на поведінку системи.

Між елементами довільної системи та між різними системами існують **зв'язки**, за допомогою яких вони взаємодіють між собою. Ці зв'язки можуть виражатися в обміні речовиною, енергією чи інформацією між взаємодіючими системами або елементами. Система може мати зовнішні та внутрішні зв'язки.

Зв'язки можуть бути також як прямими, так і зворотними.

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

Зворотні зв'язки є складною системою причинної залежності та полягають у тому, що результат попередньої дії впливає на наступний перебіг процесу в системі: причина підпадає під вплив зворотного впливу наслідку. Якщо зворотний зв'язок підсилює результат впливу наслідку, то його називають позитивним, а якщо послаблює – негативним. Негативні зворотні зв'язки сприяють збереженню стійкості системи. Тільки завдяки наявності зворотних зв'язків у системах можуть відбуватися процеси цілеспрямованої діяльності та регулювання.

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

Важливими для описування систем є поняття структури та ієрархії. Під **структурою системи** розуміють її стійку впорядкованість та зв'язки між елементами і підсистемами. Структура відбиває найсуттєвіші зв'язки між елементами та підсистемами, які мало змінюються при змінах у системі та забезпечують існування системи і найважливіших її властивостей. Для визначення структури системи потрібно провести її послідовну **декомпозицію**, тобто виділити в ній підсистеми всіх рівнів, доступних аналізу, та їх елементи, які відповідно до завдань дослідження не поділяються на складові частини. Завдяки ієрархічності структура складних систем може бути подана через структуру їх частин – від підсистем до елементів.

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

Під **ієрархією** системи розуміють впорядкованість компонентів за

ступенем важливості.

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. 1.2):

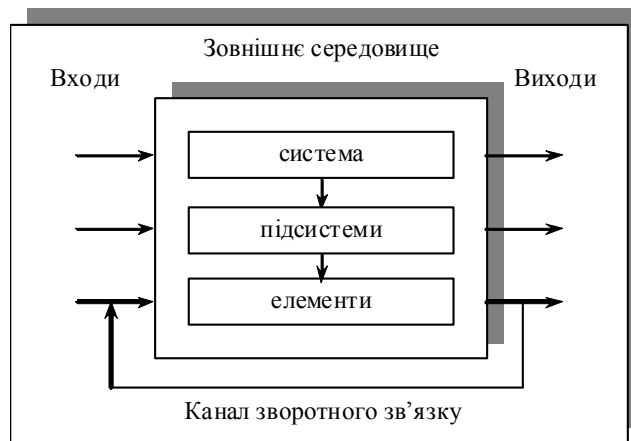


Рис. 1.2. Графічне зображення системи

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 якнайдовше (як за відсутності, так і за наявності зовнішніх збурюючих впливів).

Стійкість – це 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*.

Взаємодія системи з зовнішнім середовищем свідчить, що середовище надає системі ресурси, а одержує від неї та споживає продукти кінцевої діяльності системи (ПКД). ПКД не можуть бути створені в середовищі (принаймні в достатній кількості), оскільки за таких умов нема необхідності виділяти систему із середовища. Система необхідна середовищу для

задоволення деяких своїх потреб в її кінцевих продуктах. Тому можна зробити висновок, що до створення нових систем спонукає наявність незадоволених потреб, або, інакше кажучи, система створюється для вирішення деякої проблемної ситуації.

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

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

Розрізняють *статичні* та *динамічні* системи. У статичній системі фіксуються статичні взаємовідношення на певний момент. 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.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поняття жорсткості, надійності, емерджентності, адаптивності систем.
2. Ефект синергії.
3. Поведінка та стійкість систем.
4. Функціонування систем.

Література: [7, 14, 15, 23, 29, 30]

Тема 2. Основні етапи і методи системного аналізу

- 2.1. Основні етапи системного аналізу.
- 2.2. Методи системного аналізу.

2.1. Основні етапи системного аналізу

Системний аналіз (надалі СА) – це сукупність методів і засобів, які використовуються при дослідженні та проектуванні складних технічних, економічних, організаційних структур.

Теоретичну і методологічну основу СА складають системний підхід та загальна теорія систем.

Методика системного аналізу розробляється і застосовується в тих випадках, коли нема достатньої інформації для формалізованого представлення досліджуваної системи. Основні етапи СА.

1. Формування варіантів представлення системи:
 - а) відокремлення системи від навколишнього середовища;
 - б) вибір підходу до представлення системи;
 - в) формування варіантів представлення системи.

2. Вибір найкращого варіанта представлення системи:

а) вибір підходу до оцінки варіантів;

б) вибір критеріїв оцінки та обмежень;

в) проведення оцінки;

г) обробка результатів оцінки;

д) аналіз одержаних результатів і вибір найкращого варіанту (або коректування варіанта, якщо він був один).

При практичному застосуванні методики СА часто виникає необхідність повернення до попереднього, або до ще більш раннього етапу. Це – прояв закономірності саморегулювання, який при розробці методики треба враховувати свідомо, ввести правила повернення до попередніх етапів. Закономірність цілісності вимагає при коректуванні попереднього етапу зміни і структури етапів всієї методики, що є корисним засобом СА.

Для реалізації етапів методики СА використовують методи СА, які можна умовно класифікувати за ступенем зростання формалізованості – від якісних (евристичних) до кількісних методів СА.

Евристичні методи СА застосовуються на етапі формалізації задачі, формуванні варіантів, вибору підходу до оцінки, використанні досвіду фахівців, який не завжди може бути виражений в кількісних оцінках.

Кількісні методи СА висувають на перший план кількісні характеристики системи і оцінкою їх коректності, точності, похибок. Кількісні методи СА – це методи сучасної математики, починаючи від розрахункових формул, методів формалізованого представлення систем до алгоритмічних моделей, що реалізуються на ЕОМ (математичне моделювання).

З точки зору опису побудови і функціонування систем розрізняють загальні методи СА: декомпозиції та агрегації. Ці методи застосовуються на всіх етапах дослідження поведінки системи (декомпозиція – в напрямку мікроскопічної точки зору на поведінку системи, агрегація - макроскопічної.)

Важливою особливістю СА є поєднання формалізованих і

неформалізованих засобів і методів дослідження з використанням різних концепцій та термінологій, що призвело до виникнення, наприклад:

- кібернетичного підходу до розробки адаптивних систем керування;
- інформаційно-гносеологічного підходу до моделювання систем, заснованого на спільності процесів відображення і пізнання в системах різної фізичної природи;
- системно-структурного підходу, який базується на сполученні методів структуризації з лінгвістичними представленнями і поняттям шкали сучасної теорії вимірювання.

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

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.

Розглянемо детальніше принципову послідовність етапів системного аналізу (починаючи з моменту постановки проблеми) [45] та методи дослідження, що найчастіше застосовуються на практиці (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Принципова послідовність етапів системного аналізу

<i>Назва етапу</i>	<i>Зміст виконаних робіт</i>
1	2

Аналіз проблеми	Точне формулювання проблеми. Аналіз структури проблеми. Зовнішні зв'язки проблеми (з іншими проблемами).
Визначення системи	Формулювання завдань, виходячи з проблеми. Виділення елементів. Визначення зовнішнього середовища
Аналіз структури системи	Визначення рівнів ієрархії. Виділення підсистем. Визначення функціональних і структурних зв'язків
Формулювання загальної мети та критеріїв системи	Визначення цілей. Визначення критеріїв. Декомпозиція критеріїв по підсистемах

1	2
Виявлення ресурсів, композиція цілей	Оцінювання існуючої технології і виробничих потужностей. Оцінювання теперішнього стану ресурсів. Оцінювання можливостей взаємодії з іншими системами.
Оцінювання цілей і засобів	Обчислення оцінок за критерієм. Оцінювання взаємозалежності цілей. Оцінювання вартості ресурсів. Оцінювання впливу зовнішніх факторів. Обчислення комплексних розрахункових оцінок.
Вибір варіантів	Розроблення варіантів досягнення окремих цілей. Оцінювання і порівняння варіантів. Синтез комплексу взаємозалежних варіантів.
Реалізація варіантів	Моделювання економічного (технологічного) процесу. Проектування організаційної структури. Проектування інформаційних механізмів. Виявлення та аналіз заходів щодо удосконалення організації.

Системне дослідження довільної проблеми починається з формулювання та опису проблемної ситуації. Попереднє формулювання проблеми є досить наближеним та може істотно відрізнятися 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.

2.2. Методи системного аналізу

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

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

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

У вужчому 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 [3].

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» (див. тему 3);

- функціональна (за функціями), компонентна (за типом елементів), структурна (за типом відношень між елементами) декомпозиція системи.

Глибина декомпозиції – кількість рівнів дерева цілей, що визначається метою дослідження системи.

Аналіз та синтез систем можуть здійснюватись у таких аспектах:

- структурному;

- функціональному;

- інформаційному;

- параметричному.

Структурний аналіз проводиться з метою дослідження статичних характеристик системи виділенням у ній підсистем та елементів різного рівня і зв'язків між ними. Тобто об'єктами дослідження структурного аналізу є різні можливі варіанти структури системи. Метою структурного синтезу є розроблення (створення, проектування, реорганізація, оптимізація) системи, яка повинна мати певні властивості. Структурний синтез виконується для обґрунтування множини елементів структури, відношень та зв'язків, які б забезпечували в сукупності максимальну відповідність заданим властивостям.

Сутністю **функціонального аналізу** є визначення динамічних характеристик системи через дослідження процесів зміни її станів з часом на підставі прийнятих алгоритмів (способів, методів, принципів) її

функціонування. У межах функціонального аналізу досліджуються алгоритми та методи управління системою, включаючи загальний закон функціонування, що містить всі основні етапи та функції управління (формулювання цілі управління, збір та оброблення необхідної інформації, прийняття рішень, планування, організацію, контроль, виконання рішень тощо). Метою функціонального синтезу є обґрунтування оптимальних характеристик процесів функціонування системи, тобто її станів у майбутньому відповідно до поставлених перед системою цілей.

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

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

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

Параметричний аналіз полягає у визначенні необхідної та достатньої сукупності узагальнених та часткових показників, що утворюють ієрархічну структуру та мають характеризувати найсуттєвіші властивості системи. Сутністю параметричного синтезу є обґрунтування необхідної та достатньої сукупності показників, що уможливають оцінювання бажаних властивостей системи, яка створюється, та її загальну ефективність.

Системний аналіз застосовує евристичні методи. 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 членів групи. При цьому передбачається дотримання таких правил:

- жодна ідея не вважається безглуздою, і тому членів групи заохочують висловлювати довільні крайнощі та неймовірні ідеї;
- кожна з висловлених ідей належить колективу, а не особі, що запропонувала її. Тому кожен член групи використовує ідеї інших;
- жодна з ідей не піддається критиці, тому що головна мета – породжувати, а не оцінювати ідеї.

Метод мозкового штурму широко застосовується в рекламній діяльності та деяких інших сферах, де він, напевно, найефективніший.

Метод Дельфі передбачає одержання та зіставлення анонімних суджень про питання, яке становить для нас інтерес, через послідовне розсилання анкет, що перемежовується 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 свідчать 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.

Особливе значення синектика надає аналогіям, які пов'язані із відчуттям рухів, що обумовлено високою організацією наших рухових рефлексів, і їх осмислення може підказати корисну нестандартну ідею. Для успішної роботи, так само як і при мозковому штурмі, необхідно дотримуватись деяких правил: забороняється обговорювати недоліки та переваги окремих членів групи, кожен має право припинити роботу без жодних пояснень, роль ведучого постійно переходить до інших членів групи. Але на відміну від мозкового штурму при застосуванні синектики необхідна спеціальна та тривала підготовка.

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.

До сценаріїв відносять не тільки змістовні міркування, що дають змогу не втратити деякі важливі деталі, які не завжди враховуються при формальному описуванні системи, а й результати кількісного техніко-економічного або статистичного аналізу із попередніми висновками, які можна одержати на їх підставі. На практиці за сценаріями розробляють комплексні програми

розвитку економіки, прогнози для окремих галузей промисловості.

Отже, сценарій є попередньою інформацією, на основі якої виконується подальша робота з прогнозування галузі чи розроблення варіанта проекту. Він уможливує уявлення проблеми, а потім перехід до формального зображення системи у вигляді графіків, таблиць для проведення експертного опитування та інших методів системного аналізу.

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.

При обробленні результатів колективної експертної оцінки застосовують методи теорії рангової кореляції. Для кількісного оцінювання рівня узгодженості оцінок експертів використовують коефіцієнт конкордації (W):

$$W = \frac{12d}{m^2(n^3 - n)},$$

де

$$d = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m r_{ij} - 0,5m(n+1) \right]^2;$$

m – кількість експертів, $j = \overline{1, m}$;

n – кількість властивостей, що розглядаються, $i = \overline{1, n}$;

r_{ij} – місце, яке зайняла i -та властивість у ранжируванні j -м експертом;

d_i – відхилення від норми рангів за i -ю властивістю від середньої арифметичної суми рангів за n властивостями.

Коефіцієнт конкордації W дає змогу оцінити, наскільки узгоджені між собою ряди переваг, що побудовані кожним експертом. Його значення знаходяться в межах $0 \leq W \leq 1$. Практично тіснота зв'язку вважається непоганою, якщо W знаходиться в межах 0,7 – 0,8. Невелике значення цього коефіцієнта свідчить про слабку узгодженість думок експертів щодо досліджуваної проблеми. Це може бути зумовлено тим, що насправді у цієї групи експертів відсутня єдність поглядів або в групі експертів є підгрупи з високою узгодженістю думок, але погляди деяких інших підгруп експертів протилежні.

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 контрольно-арбітражним групам, що керують моделлю, реєструють хід гри та узагальнюють результати.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Охарактеризуйте головні етапи проведення системного аналізу.
2. У чому полягає розширення проблематики при аналізі організаційних систем?
3. Для чого необхідно будувати дерево цілей?
4. Побудуйте дерево цілей та проаналізуйте наявні можливості для вирішення кількох проблем, які вам доводилося вирішувати на практиці.

5. Побудуйте дерево цілей для певної фірми, підприємства, організації, про функціонування яких ви маєте відповідну інформацію.
6. Які ви знаєте евристичні методи генерування альтернатив?
7. У чому полягає сутність методу «мозкового штурму»?
8. У чому полягають головні труднощі, що виникають при алгоритмізації системних досліджень?
9. У чому полягають завдання аналізу та синтезу систем?

Література: [7, 14, 15, 23, 29, 30, 45].

Тема 3. Класичні методи моделювання і аналізу соціально-економічних об'єктів і процесів

- 3.1. Поняття моделі та моделювання. Класифікація моделей.
- 3.2. Принципи та основні етапи побудови математичних моделей систем.
- 3.3. Математичне моделювання систем.

3.1. Поняття моделі та моделювання. Класифікація моделей

При використанні метода моделювання властивості і поведінка об'єкта вивчаються шляхом побудови та дослідження допоміжної системи моделі, яка знаходиться в певній об'єктивній відповідності з досліджуваним об'єктом.

Модель – це узагальнення представлень про ті чи інші властивості об'єкта, їх-взаємозв'язки, що формуються у вигляді опису звичайною мовою, у вигляді малюнків, графіків, формул або реалізуються у вигляді макетів та інших пристроїв.

Моделюванням називається процес побудови та вивчення моделей. Метод моделювання ґрунтується на принципі аналогії, тобто можливостях вивчення реального об'єкта не безпосередньо, а шляхом дослідження подібного

йому і більш доступного для цього дослідженню об'єкта – його моделі.

Розрізняються такі типи класифікацій моделей.

1. За формою представлення: фізичні, символічні, мішані.

Фізичні моделі — це моделі подібності та аналогові. Моделі подібності мають ту саму фізичну суть і природу процесу, що і сам досліджуваний оригінал. Аналогові моделі будуються на відомих аналогіях між перебігом процесів в різних фізичних системах і призначені для дослідження статичних і динамічних властивостей об'єкта.

Символічні моделі – це моделі, в яких параметри реального об'єкта і відношення між ними представлені символами: семантичними (словами), математичними, логічними (сценарії, креслення, блок - схеми).

Мішані моделі — це моделі типу «людина-машина», тобто програма, що реалізує на ЕОМ деяку математичну модель, плюс людина, яка приймає рішення за рахунок обміну інформацією з моделлю.

Математична модель — це сукупність співвідношень (формул, рівнянь, нерівностей, логічних умов, операторів), що визначають характеристики станів системи (а через них і вихідні сигнали) залежно від параметрів системи, вхідних сигналів, початкових умов і часу.

2. За цільовим призначенням моделі поділяються на моделі структури, функціонування та вартості.

Моделі структури відображають зв'язки між компонентами об'єкта і зовнішнім середовищем. Розрізняють такі моделі структури:

– *канонічну модель*, що характеризує взаємодію об'єкта з середовищем через входи і виходи (модель зовнішньої структури);

– *модель внутрішньої структури*, що характеризує склад компонентів об'єкта та зв'язки між ними;

– *модель ієрархічної структури (декомпозиція)*.

Моделі структури звичайно представляються у вигляді блок-схем, графіків, матриць зв'язків.

Моделі функціонування включають широкий спектр символічних моделей, наприклад:

– *модель життєвого циклу* системи, що описує існування системи від зародження до припинення функціонування;

– *моделі операцій*, що представляють опис взаємозв'язаної сукупності процесів функціонування окремих елементів об'єкта при реалізації певних функцій об'єкта. Наприклад, модель надійності (вихід елементів із ладу під впливом експлуатаційних факторів);

– *інформаційні* моделі, що відображають взаємозв'язки джерел і споживачів інформації, види інформації, характери перетворення;

– *процедурні* моделі, що описують порядок взаємодії елементів об'єкта при виконанні різноманітних операцій, наприклад, при реалізації процедур прийняття керівних рішень;

– *часові* моделі, що описують процедуру функціонування об'єкта у часі.

Моделі вартості супроводжують моделі функціонування і дозволяють проводити комплексну техніко-економічну оцінку об'єкта.

Економіко-математичні моделі (ЕММ) – це сукупність пов'язаних між собою математичними залежностями величин-чинників, частина яких має економічний зміст.

За своїм значенням в ЕММ ці фактори поділяються на вхідні або вихідні характеристики (сигнали) і параметри системи. Частина параметрів, що змінюються, називаються змінними моделі, вони, в свою чергу, поділяються на змінні стану та змінні керування. Значення ряду факторів, що визначають початковий стан об'єкта або зовнішнього середовища, називаються початковими умовами.

При побудові ЕММ використовують поняття: критерій оптимальності, цільова функція, система обмежень, рівняння зв'язку, розв'язок моделі.

Критерієм оптимальності називається деякий показник, що формалізує конкретну ціль керування і виражається за допомогою цільової функції через

фактори моделі. Критерій оптимальності визначає зміст цільової функції.

Цільова функція математично пов'язує між собою фактори моделі, а зміст її визнається критерієм оптимальності. При наявності декількох критеріїв оптимальності кожен з них буде формалізовано своєю частинною цільовою функцією. Для однозначного вибору оптимального розв'язку дослідник може сформулювати нову цільову функцію яка не обов'язково має відповідний критерій оптимальності.

Система обмежень визначає межі, що звужують область допустимих розв'язків, і фіксують основні зовнішні та внутрішні властивості об'єкта. Обмеження визначають межі параметрів і характеристик об'єкта.

Рівняння зв'язку є математичною формалізацією системи обмежень.

Критерій оптимальності та система обмежень, в першу чергу, визначають концепцію побудови майбутньої математичної моделі, тобто концептуальну модель, а їх формалізація, тобто цільова функція та рівняння зв'язку, є (математичною моделлю).

Розв'язком математичної моделі називається така сукупність значень змінних, що задовольняють її рівнянням зв'язку. Розв'язки, що мають певний зміст, називаються структурно допустимими. Моделі, що мають багато розв'язків, називаються *варіантними* на відміну від *безваріантних*, що мають єдиний розв'язок. Серед структурно допустимих розв'язків варіантної моделі, як правило, знаходиться єдиний розв'язок, при якому цільова функція, залежно від змісту моделі, має найбільше або найменше значення. Такий розв'язок, як і відповідне значення цільової функції, називається оптимальним.

Під моделюванням (вужьке значення) розуміють етап знаходження розв'язку моделі, тобто як обчислення значень досліджуваних характеристик, так і визначення оптимальності різних варіантів досліджуваного об'єкта, з метою вибору найкращого варіанта, його побудови і функціонування. Інакше, розв'язування моделі це реалізація і дослідження ММ на певному наборі обчислювальних засобів. З точки зору коректного вибору методу розв'язування

моделі найсуттєвішими ознаками є: характер цілі дослідження; формалізованість зв'язків між параметрами і характеристиками; врахування ймовірносної природи об'єкта, а також фактора часу.

За характером цілі дослідження ММ поділяються на *оптимізаційні* (нормативні) та *описувальні* (дескриптивні). Характерною особливістю оптимізаційних моделей є наявність однієї або декількох цільових функцій. У першому випадку ММ називається *монокритеріальною*, а у другому *багатокритеріальною*. У загальному вигляді монокритеріальна оптимізаційна ММ може бути представлена такою системою співвідношень:

$$E = f(X_1, \dots, X_n; a_1, \dots, a_n) \text{ extm}; \quad (3.1.)$$

де E – критерій оптимальності;

$X_i = 1$ – керовані змінні;

$a = 1, n$ – некеровані фактори моделі.

Розв'язування задачі (3.1.) це знаходження значень керованих змінних, які задовольняють рівнянням зв'язку та при яких цільова функція набуває свого екстремального значення.

Особливістю описувальних ММ є відсутність в них критерію оптимальності. Розв'язок, який дає описувальна ММ, забезпечує або обчислення вихідних характеристик об'єкта для одного чи декількох варіантів початкових умов і вхідних характеристик об'єкта, або знаходження деякої сукупності значень в структурно допустимій області розв'язків. Приклади описувальних ММ наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Описувальні ММ

Тип задачі	Вид моделі	Математичний метод розв'язування

Задачі планування без оптимізації (розрахунки обсягу виробництва; коректування планів виробництва та наявних ресурсів)	Балансові моделі	Лінійна алгебра, матричний аналіз
Задачі сітьового планування і керування без оптимізації (СПК).	Розрахунки за формулами СПК.	Апарат теорії графів
Задачі контролю та аналізу	Статистичні моделі обробки випадкових величин.	Факторний аналіз, дисперсійний та регресійний аналізи
Задачі прогнозування.	//-//-//	//--/--//

Залежно від ступеня формалізованості зв'язків між факторами моделі поділяють на аналітичні та алгоритмічні моделі.

Аналітичною формою запису називають запис ММ у вигляді алгебраїчних рівнянь та нерівностей, що не мають розгалуження обчислювального процесу при визначенні значень будь-яких змінних станів ММ, цільової функції та рівнянь зв'язку.

Якщо в ММ єдина цільова функція та обмеження, задані аналітично, то такі моделі є **моделями математичного програмування**.

Залежно від вигляду функцій розрізняють *лінійні* та *нелінійні* ММ, причому останні, в свою чергу, поділяються на дробово-лінійні, кусково-лінійні, квадратичні та опуклі ММ.

ММ складної системи будується у вигляді алгоритму, що представляє відношення між елементами системи в процесі її функціонування.

Алгоритмічні ММ – це моделі, в яких критерії та (або) обмеження описуються математичними конструкціями, що включають логічні умови, які призводять до розгалуження обчислювального процесу. До алгоритмічних ММ належать і так звані **імітаційні ММ** – моделювальні алгоритми, що імітують поведінку елементів досліджуваного об'єкта та взаємодію між ними в процесі функціонування.

Залежно від випадковості факторів ММ можуть бути *детермінованими*

або *стохастичними*. Реалізація стохастичних ММ в більшості випадків виконується на ЕОМ методами імітаційного статистичного моделювання.

Моделі, в яких вхідні характеристики і результати моделювання явно залежать від часу називаються *динамічними*, а якщо явної залежності нема, то ММ називаються *статичними*. Імітаційні моделі є динамічними і статичними одночасно, бо в моделі йде імітація роботи об'єкта протягом деякого періоду часу (механізм функціонування – динамічний), і шукається, наприклад, середня продуктивність об'єкта за період моделювання (за результатами моделювання – статична ММ).

3.2. 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 можливість глибше з'ясувати досліджувану систему чи проблемну ситуацію. Ускладнення моделі введенням додаткових факторів та зв'язків уможлиблює 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.

Принципи побудови економіко-математичних моделей (ЕММ).

Принцип достатності використовуваній інформації означає, що в кожній моделі повинна використовуватись тільки та інформація, яка відома з

достатньою для результатів моделювання точністю.

Відома інформація це нормативні, довідкові дані про реальну систему, точність яких можна оцінити. Якщо моделюється складний об'єкт, то на етапі розв'язування частинної задачі вся інформація про систему може бути ще не відома. Однак, це не завадить використовувати частинну модель, якщо вона побудована з дотриманням принципу достатності. Крім того, виконання цього принципу дає можливість переходити від загальної моделі до більш детальних, поступово уточнюючи та конкретизуючи результати.

Принцип інваріантності інформації вимагає, щоб використовувана в моделі вхідна інформація була незалежна від параметрів модельованої системи, які ще невідомі на даній стадії дослідження. Використання цього принципу дозволяє уникнути при побудові ЕММ замкненого кола, коли в моделі використовується інформація, яка може бути відома лише за результатами моделювання.

Застосування названих принципів призводить до формування ієрархії ЕММ для складного об'єкта, дозволяє строго визначити вхідні параметри рівнянь зв'язку та цільові функції для кожної частинної моделі. *Вхідними параметрами* у загальному випадку можуть бути або вхідні дані моделей попереднього рівня, або результати роботи моделей нижчих рівнів ієрархії, **але її**, що отримано на основі інформації, інваріантної відносно шуканих на даному рівні змінних. Такі проблеми виникають, коли в даній частинній моделі повинні бути відображені характеристики модельованої системи, що залежать від результатів наступних розрахунків.

Змінними ЕММ повинні бути ті характеристики досліджуваного об'єкта, що необхідні для роботи наступних моделей і можуть бути визначені на даному рівні.

Принцип спадковості означає, що кожна наступна модель не повинна порушувати властивості об'єкта, що відображені в попередніх моделях системи. Якщо наступна модель не успадковує попередню (це часто буває при

використанні додаткової інформації), то побудовані раніше моделі слід скоректувати для забезпечення принципу спадковості.

Принцип ефективної реалізації вимагає, щоб побудована модель могла бути реалізована на сучасних та характерних для більшості підприємств обчислювальних системах, а також, забезпечувала відповідність точності початкових даних, точності розв'язку задачі та тій точності результату, яка достатня для практичних цілей.

Принцип адекватності передбачає відповідність моделі поставленій меті дослідження. Математична модель будується для розв'язання певного класу задач, тому має описувати ті аспекти системи, що є найважливішими для дослідника.

Необхідно абстрагуватись від другорядних деталей та факторів. Модель має описувати лише найсуттєвіші (з погляду дослідника) властивості оригіналу та має бути простішою за нього. Тому при побудові моделі намагаються досягти її спрощення, зберігаючи при цьому суттєві властивості досліджуваної системи.

Необхідне досягнення компромісу між бажаною точністю результатів моделювання та складністю моделі. Оскільки моделі мають наближений характер (щодо відповідності оригіналу), то постає питання відносно достатньої точності такого наближення. З одного боку, для точнішого описування системи необхідна подальша деталізація та ускладнення моделі, а з іншого – це призводить до того, що складність самої моделі наближається до складності оригіналу, що спричиняє виникнення труднощів при знаходженні розв'язків за моделлю. Тому на практиці необхідно знаходити компроміс між цими суперечливими вимогами.

У загальному випадку процес побудови математичної моделі системи складається з таких етапів.

1. Побудова концептуальної моделі. На цьому етапі потрібно сформулювати сутність проблеми з позиції системного підходу. Для цього

необхідно виявити найсуттєвіші риси та властивості об'єкта моделювання, дослідити взаємозв'язки між елементами та його структуру, можливі стани елементів та співвідношення між ними, хоча б наближено визначити гіпотези щодо факторів, які обумовлюють стан та розвиток системи. Таке описування системи називають **концептуальною моделлю**.

2. Побудова математичної моделі. Цей етап полягає у формалізації концептуальної моделі, тобто в поданні її у вигляді певних математичних залежностей (функцій, рівнянь, нерівностей, тотожностей тощо). Для цього необхідно, передусім, визначити тип економіко-математичної моделі, дослідити можливість її застосування до поставленого практичного завдання, уточнити перелік відібраних для моделювання факторів та типи взаємозв'язків між ними. Потім визначають систему критеріїв, обмежень та значення керованих параметрів, у разі необхідності будують цільову функцію. У разі неможливості одержання розв'язку доводиться переглядати модель та здійснювати певні спрощення, наприклад, робити заміну нелінійних залежностей лінійними, стохастичних – детермінованими, виключати певні фактори з моделі, поділяти модель на підмоделі тощо.

3. Дослідження моделі. На цьому етапі здійснюється збір наявної інформації та її аналіз, що полягає не тільки в принциповій можливості одержання інформації необхідної якості, а й в аналізі витрат на підготовку або придбання інформаційних масивів. Чисельна реалізація моделі полягає в розробленні алгоритмів, виборі пакетів прикладних програм або розробленні власних програмних засобів та безпосередньому проведенні обчислень.

4. Перевірка адекватності моделі. Аналіз чисельних результатів уможлиблює вирішення питання про ступінь відповідності моделі реальній системі чи явищу (за тими властивостями системи, що були обрані як суттєві). За результатами перевірки моделі на адекватність приймається рішення щодо можливості її практичного застосування, напрямів її корекції. При корегуванні моделі можуть уточнюватись суттєві параметри та обмеження, здійснюється

оптимізація моделі, що полягає в її спрощенні за умови збереження заданого рівня адекватності.

5. Застосування моделі. Застосування результатів моделювання в економіці спрямоване на розв'язання практичних завдань, зокрема, аналізу економічних об'єктів, економічного прогнозування, розроблення управлінських рішень тощо. Необхідно зауважити, що процес моделювання має, як правило, ітеративний характер. На будь-якому з етапів можна повернутись до попередніх, оскільки може статися, що модель виявиться надто складною або суперечливою, бракує необхідної для моделювання інформації чи витрати на її придбання надто великі, модель може виявитись неадекватною та суперечити практичному досвіду або нас може не задовольняти її точність тощо.

3.3. Математичне моделювання систем

Формальна математична модель системи

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:

$$y_1(t) = f_1(x_1, x_2, \dots, x_{n_X}, v_1, v_2, \dots, v_{n_V}, h_1, h_2, \dots, h_{n_H}, t);$$

$$y_2(t) = f_2(x_1, x_2, \dots, x_{n_X}, v_1, v_2, \dots, v_{n_V}, h_1, h_2, \dots, h_{n_H}, t);$$

$$\dots$$

$$y_{n_Y}(t) = f_{n_Y}(x_1, x_2, \dots, x_{n_X}, v_1, v_2, \dots, v_{n_V}, h_1, h_2, \dots, h_{n_H}, t),$$

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 ендогенні змінні на виході системи $\vec{y}(t)$. У такий спосіб ланцюжок рівнянь об'єкта «вхід – стан – вихід» дає можливість визначити характеристики системи:

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

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 $\vec{y}(t)$.

Загальна характеристика методів математичного моделювання систем

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.

Усі задачі МП мають подібну структуру. Їх можна визначити як задачі

мінімізації (максимізації) m -вимірного показника (функціонала) ефективності $f_m(x)$, $m=1, 2, \dots, m$, n -вимірного векторного аргументу $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$, компоненти якого задовольняють систему обмежень-рівностей $h_k(x)=0$, $k=1, 2, \dots, K$ та обмежень-нерівностей $g_l(x)\geq 0$, $l=1, 2, \dots, L$; $\Psi_p(x)\leq 0$, $p=1, 2, \dots, P$.

Усі задачі МП можна класифікувати за виглядом та розмірністю функцій $f_m(x)$, $h_k(x)$, $g_l(x)$, $\Psi_p(x)$ і розмірністю та типом вектора x :

- однокритеріальні задачі МП – $f_m(x)$ – скаляр;
- багатокритеріальні задачі МП – $f_m(x)$ – вектор;
- детерміновані задачі МП – дані детерміновані;
- стохастичні задачі МП – дані ймовірні.

Найчастіше застосовуються задачі лінійного програмування (у зв'язку з простотою їх розв'язання). Згідно з результатами опитування журналом «Фортуна» віце-президентів 500 західних компаній моделі лінійного програмування та моделі управління запасами є найпоширенішими у промисловості. Лінійне програмування, як правило, використовують спеціалісти підрозділів для розв'язання виробничих проблем.

У загальному випадку задача лінійного програмування формулюється так: знайти екстремум цільової функції

$$f(x) = \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \max(\min)$$

за наявності обмежень:

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \{ \leq, =, \geq \} b_i; \quad i = \overline{1, m};$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1, n},$$

де a_{ij} , b_i , c_j ($i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, n}$) – задані постійні величини.

Як відомо (див., наприклад, [6, 47]), розв'язок таких задач можна знайти симплекс-методом.

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).

Найпоширенішими є лінійні множинні регресійні рівняння, які можна подати у матричному вигляді:

$$y = X\beta + u,$$

де y , β , u — відповідно вектори залежної змінної, невідомих параметрів та випадкової похибки розмірністю $1 \times n$;

n — кількість спостережень;

X — матриця пояснюючих змінних (факторів) розмірністю $k \times n$;

k — кількість факторів:

$$y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} 1 & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}, \quad \beta = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_k \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \dots \\ u_n \end{pmatrix}.$$

Тоді при виконанні класичних допущень методу найменших квадратів (МНК) оцінки невідомих параметрів можна знайти (див., наприклад, [19]) за допомогою МНК:

$$b = (X'X)^{-1} X'y.$$

Для моделювання складних економічних процесів (наприклад, при моделюванні секторів економіки) застосовують системи економетричних рівнянь.

Моделі теорії масового обслуговування застосовують для визначення оптимальної кількості каналів обслуговування стосовно потреби у них та дають можливість 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 посібника 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.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Класифікація моделей.
2. Види моделей.
3. Застосування планових моделей у виробництві.
4. Основні виробничі моделі.

Література: [1-2, 4, 5-8, 15, 16, 19, 23].

Тема 4. Аналіз нелінійних , стохастичних, динамічних соціально-економічних систем

4.1. Статистичні методи аналізу нелінійних та стохастичних систем

Для комплексного аналізу розвитку економіки держави використовуються **економіко-математичні моделі**, які розрізняються *цілями та принципами побудови, способами функціонування та ступінем агрегаційних показників*. Серед моделей, які застосовуються, можна виділити дві основні моделі: структурні та функціональні.

Структурні моделі відображають техніко-економічну організацію об'єкта, його складові частини та внутрішні параметри. До цього класу належать моделі міжгалузевих балансу, моделі народного господарства, моделі керування запасами і тому подібні.

Функціональні моделі будуються на принципово іншій методологічній основі. Вони характеризують поведінку об'єкта в результаті встановлення взаємозалежності між досліджуваними вхідними та вихідними параметрами, без залучення допоміжної інформації та їх внутрішньої структури.

Ці моделі доповнюють одна одну. Так, при побудові структурних моделей можна одержати інформацію про реакцію системи на зміну зовнішніх умов, а при вивченні функціональних моделей виникають гіпотези про внутрішню структуру об'єкта.

До функціональних моделей відносяться **економетричні моделі**.

Обґрунтування закономірностей змін досліджуваних економічних процесів – важлива передумова моделювання перспектив економічного розвитку. Розробка моделей повинна враховувати економічний зміст процесів.

Важливим питанням є визначення кількості та складу показників, причинно-наслідкових взаємозв'язків між ними та співвідношень екзогенних та ендогенних змінних. Спеціалістами в області моделювання це питання

розв'язується по різному, в результаті чого аналогічні за призначенням моделі суттєво відрізняються кількістю показників та характером їх взаємозв'язків.

При визначенні складу та структури показників, які включаються в економетричні моделі, треба виходити з того, що вони повинні відповідати призначенню моделі та потребам економіки в перехідний період. Найкраще це питання можуть вирішити працівники планових органів сумісно з розробниками моделі. При цьому в модель треба включати таку кількість соціально-економічних показників, яка необхідна для розробки та прийняття керуючих рішень згідно з цілями та задачами розвитку об'єкта.

Значення кожного показника та його використання для аналізу та прогнозування слід визначати на попередній стадії розробки моделей. У різних моделях ці питання розв'язуються по-різному, що призводить до суттєвих розходжень у змісту аналогічних рівнянь.

Для моделювання взаємозв'язків макроекономічних показників на окремих стадіях процесу відтворення включаються такі стандартні функції:

- **виробнича**, відображає залежність випуску продукції від виробничих ресурсів, головним чином робочої сили і основних фондів. Якісні фактори виробництва враховуються також природні ресурси і тренд (основна тенденція) науково-технічного прогресу;

- **інвестиційна**, яка характеризує залежність обсягу капітальних вкладень від виробленого національного доходу або випуску продукції, потреби в основних фондах, амортизаційних відрахувань і деяких інших факторів;

- **функції попиту і споживання** (рівняння моделюють залежність попиту від величини грошових доходів населення і розмірів сім'ї, а споживання – від рівня цін, обсягів виробництва, імпорту;

- **зайнятості**, яка відображає залежність величини трудових ресурсів від чисельності населення в працездатному віці та різних демографічних факторів;

- *функції міжрегіонального обміну*, які характеризують залежність імпорту і експорту продукції від показників регіонального виробництва, споживання, індексів цін і деяких інших.

При побудові економетричних моделей прогнозування виникає необхідність в попередньому змістовному аналізі взаємозв'язків показників. Потреба в такому аналізі зумовлена тим, що методи математичної статистики, які застосовуються при побудові рівнянь, лояльні щодо економічного змісту цих показників

Випадкові зв'язки між змінними часто призводять до неправильної кореляції, особливо при роботі з часовими рядами. Таким чином, статистичні методи аналізу часто призводять до формальних результатів і не дозволяють встановлювати принципові взаємозв'язки показників, а високий коефіцієнт кореляції створює видимість тісних зв'язків. Економічний аналіз дозволяє частково усунути ці недоліки. Для визначення кількості та структури економічних показників та виявлення основних залежностей між ними доцільно застосувати методи експертних оцінок. В різних моделях системи кількість ендогенних змінних та співвідношення між ними різні. Намагання повністю виключити екзогенні змінні приводять до розробки економетричних моделей у вигляді замкнутих систем. Такий підхід має як переваги, так і недоліки. Намагання виразити одні змінні моделі через інші призводять інколи до встановлення формальних випадкових зв'язків, які не мають нічого спільного з причинно-наслідковими взаємозв'язками системи, до побудови методологічно необґрунтованих рівнянь, через що виникають прорахунки та похибки при виконанні прогнозних робіт. Тому не завжди доцільно виключати з них всі екзогенні змінні. Окремі показники можна розраховувати автономно. Немає необхідності обчислювати в моделях показники, для визначення яких існують досить надійні, перевірені методи та методики, які забезпечують необхідну точність результатів.

Розв'язання задачі екстраполяції зводиться до знаходження залежності,

$Y=f(x)$, яка з достатньою точністю описує поведінку змінної в минулому і разом з тим визначена також і для деякого інтервалу часу в майбутньому. На практиці віддають перевагу розв'язку у вигляді полінома найменшого степеня.

Задовільна екстраполяція залежить від правильного вибору екстраполяційної функції $f(t, a_1, a_2, \dots, a_n)$. Розв'язання цього питання досить складне, тим більше, що з-за випадкових похибок. Одним з методів, який дозволяє (хоча б частково) зменшити похибку є метод вирівнювання на основі простого усереднення.

Проста (парна) ЛР модель встановлює зв'язок між двома змінними: x та y і має вигляд:

$$y = \beta + \alpha x + \varepsilon, \quad (4.1)$$

де y – вектор значень, що спостерігаються залежної змінної (показник);

x – вектор значень, що спостерігаються незалежної змінної (фактор);

α, β – невідомі параметри регресійної моделі на всій сукупності значень x ;

ε – вектор випадкових величин (помилки).

Регресійна модель (2) лінійна, оскільки є лінійний зв'язок між показником і фактором. Параметри α, β – статистичні невідомі значення, оцінимо їх величинами a, b , тоді

$$\hat{y} = ax + b \quad (4.2)$$

є оцінкою моделі $y = \beta + \alpha x + \varepsilon$.

Оцінка параметрів ЛР методом найменших квадратів (МНК)

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n y_i &= bn + a \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i &= b \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{aligned} \quad (4.3)$$

Система (3) називається нормальною системою. Використовуючи формули Кармера знайдемо a :

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}, \quad (4.4)$$

та

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (4.5)$$

Визначення параметрів ЛР через числові характеристики показника факторів.

Випишемо формулу для a

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\text{var}(x)} \quad (4.6)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - a \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \bar{Y} - a \bar{X} \quad (4.7),$$

Отже, проста ЛР виражена через середнє значення показника і фактора, коваріацію і дисперсію фактора.

4.2. Аналіз нелінійних стохастичних систем

Найпростішим з методів дослідження є екстраполяція тренду явища (процесу) за минулий період. Тренд (або вікова тенденція) характеризує процес зміни показника за тривалий час, виключаючи випадкові коливання. Тренд явища знаходять шляхом апроксимації фактичних рівнів тимчасового ряду на основі вибраної функції. Найчастіше вживані при прогнозуванні функції

показані в табл. 4.1. У них чинник-аргумент позначений символом t .

Таблиця 4.1.

Одинфакторні функції

Найменування функції	Вигляд функції
Поліном	$v = a_0 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_nt^n$
Парабола	$y = a_0 + a_1t + a_2t^2$
Лінійна функція	$v = a_0 + a_1t$
Експоненціальна (показникова)	$y = e^{a_0 + a_1t + a_2t^2}$
Степенева	$y = a_0t^{a_1}$
Логарифмічна	$v = a_0 + a_1 \ln t$
Окремий випадок логістичної функції	$y = \frac{1}{a_0 + a_1 e^{-t}}$
Гіпербола	$y = a_0 + \frac{a_1}{t}$

При дослідженні коливальних (циклічних) процесів застосовують тригонометричні функції, ряди Фур'є.

Одна з задач аналізу часових рядів – це виявлення сезонності. До сезонних належать такі явища, які мають в своєму розвитку певні закономірності, які більш або менш регулярно повторюються з місяця в місяць, з кварталу в квартал.

Статистичне дослідження сезонності висуває такі задачі: чисельно виразити прояв сезонних коливань, виявити їхню силу і характер в умовах окремих галузей народного господарства; розкрити фактори, викликаючи сезонні коливання; знайти економічні наслідки прояву сезонності.

Відомо декілька способів дослідження сезонних коливань: спосіб простих середніх; спосіб відносних чисел; спосіб Персона; спосіб розрахунку сезонних хвиль, який базується на визначенні тенденції (методом ковзкої середньої і

методом найменших квадратів). Найточнішим і тому найпоширенішим є останній.

Важливим питанням є метод визначення тренда даного часового ряду. Практично користуються методом змінних середніх (ковзних середніх) і методом найменших квадратів. Для того, щоб індекси сезонності були більш стійкими розраховують середні індекси по розташуванню. Після визначення індексу сезонності знаходять рівні часового ряду, в яких елімінований вплив сезонності. Для знаходження таких рівнів досить фактичний товарообіг кожного кварталу поділити на відповідний вирівняний індекс.

Після визначення сезонного фактора, можна використати знайдені закономірності для прогнозування подальшого розвитку процесу, що вивчається. Сезонні часові ряди можна розкласти на компоненти:

$$x_t = u_t + v_t + \varepsilon_t, \quad (4.8)$$

де u_t, v_t, ε_t – складові ряду відповідно: тенденція, короткострокові коливання (сезонні хвилі), випадкові коливання.

Оптимізаційні моделі – це моделі, в яких введена оптимізаційна функція, тобто деякий умовний критерій оптимальності. Ці моделі дають можливість знайти найефективніші рішення, з багатьох варіантів вибрати найоптимальніші. Залежно від цілей побудови розрізняються описові (звітні баланси) і конструктивні (оптимізація виробничої програми, розташування виробництва) економіко-математичні моделі, які широко використовуються в прогнозуванні і плануванні. Вони засновані на лінійному програмуванні: прогнозні баланси, міжгалузевий баланс, галузеві моделі оптимального прогнозу, сітьові та інші моделі.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Застосування виробничої функції для прогнозування процесів на

підприємстві.

2. Функції попиту та споживання як основні функції планування виробництва.

3. Моделі сезонної хвилі.

Література: 5 – 8, 1 – 2, 4.

МЕТОДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Основні терміни і поняття: *Соціально-економічні системи, синергетичний підхід, синергетика, виробнича функція, інформаційні системи, інтелектуальний аналіз даних, системи підтримки прийняття рішень, автоматизовані системи управління.*

Тема 5. Системний аналіз і моделювання соціально-економічних систем

5.1. Основні напрями застосування ідей та принципів системного аналізу до дослідження соціально-економічних об'єктів.

5.2. Синергетичний підхід до дослідження соціально-економічних систем.

5.3. Приклади моделювання економічних систем.

5.1. Основні напрями застосування ідей та принципів системного аналізу до дослідження соціально-економічних об'єктів

Навіть найретельніше дослідження ефективно функціонуючого підприємства чи організації не дає можливості 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 всебічні 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 багатогранно впливають 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. І 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

Ці межі певною мірою умовні та обумовлюються *конкретним завданням дослідження*. Наприклад, межі системи «корпорація» в одному разі можуть визначатися обліковим складом постійного персоналу, в іншому завданні – постійним персоналом разом з усіма акціонерами компанії, у третьому разі ці межі розширюються врахуванням усіх тимчасово залучених фахівців, експертів, консультантів тощо. Потім можна розширити ці межі, беручи до уваги всіх постачальників компанії, її споживачів та інших суб'єктів, що мають з нею будь-які зв'язки.

2. Визначення надсистем, в які входить досліджувана система як частина

Взагалі кожна система належить великій кількості надсистем. Однак, виходячи з вимог конкретного завдання, необхідно обмежитися аналізом лише найважливіших надсистем. Так, якщо ми з'ясуємо вплив на підприємство економічного середовища, то саме воно і буде тією надсистемою, у якій варто розглядати його функції. Виходячи із взаємозв'язку всіх сфер життя сучасного суспільства, будь-який об'єкт, зокрема підприємство, варто вивчати як частину багатьох систем: економічної, політичної, державної, регіональної, соціальної, екологічної, міжнародної.

Кожна з цих надсистем, наприклад економічна, у свою чергу, має чимало компонентів, з якими зв'язане підприємство, – постачальники, споживачі, конкуренти, партнери, банки тощо. Ці ж компоненти входять одночасно й в інші надсистеми – *соціокультурну, екологічну* тощо. Окрім цього, працівники є

складовими інших систем: родини, профспілки, міста, нації тощо.

А якщо ще врахувати, що кожна з цих систем, а також кожний з їх компонентів мають свої специфічні й, можливо, суперечливі цілі, то стає зрозумілою необхідність свідомого вивчення середовища, що оточує підприємство. Інакше вся сукупність численних впливів, здійснюваних надсистемами на підприємство, буде здаватися хаотичною та непередбачуваною, що позбавить можливості раціонального та цілеспрямованого управління.

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.

Варто розглянути при цьому:

- *ідеалізовану, очікувану роль* системи з погляду надсистеми, тобто ті функції, які треба було б виконувати, щоб реалізувати цілі надсистеми;
- *реальну роль* системи в досягненні цілей надсистеми.

Прикладом подібного двостороннього підходу може бути, з одного боку, оцінювання потреб покупців у конкретних видах товарів, їхній якості й кількості, а з іншого боку – оцінювання параметрів цих товарів, що виробляються конкретним підприємством. Визначення очікуваної ролі підприємства у споживчому середовищі та його реальної ролі, а також порівняння їх дають можливість зрозуміти багато причин успіху чи невдач компанії, особливості її роботи, передбачати реальні риси її майбутнього розвитку.

5. Виявлення складу системи, тобто визначення частин, з яких вона складається

Нерідко дослідницьке завдання вимагає не тільки поділу системи на частини, а й поділу цих частин, а також їх елементів. У принципі процес такого

поділу, проникнення всередину системи може бути нескінченним; він обмежений лише вимогами конкретного завдання. Залежно від розв'язуваного завдання, розглядаючи, наприклад, склад такої системи, як підприємство, можна обмежитися переліком цехів і відділів, а можна за необхідності поділити їх на бригади, ділянки, окремих працівників, елементи діяльності кожного з них тощо.

6. Визначення структури системи, що являє собою сукупність зв'язків між її компонентами

Структура – це внутрішня форма системи, яка не зводиться лише до її складу, набору компонентів. Варто пам'ятати про можливу наявність кількох структур у тій самій системі. Наприклад, на підприємстві існує організаційна структура, тобто сукупність відносин субординації і координації. На підприємстві є й інформаційна структура, що виражається в певних формальних і неформальних потоках інформації. Існують також потоки матеріалів, сировини, деталей, готових виробів, що утворюють свої структури.

Особливо необхідно підкреслити наявність економічної структури на підприємстві, що являє собою сукупність відносин власності. Велике значення мають і суто людські відносини симпатії й антипатії між працівниками, що утворюють морально-психологічну структуру. Можна виділити і специфічні відносини між різними групами працюючих, частина з яких має політичний характер, наприклад між членами профспілок, партій, суспільних рухів. Існує також багато інших структур на підприємстві.

7. Визначення функцій компонентів системи, тобто цілеспрямованих дій елементів, їх «внеску» в реалізацію загальної мети системи

Ця процедура є особливо важливою, оскільки в реальних процесах кожний компонент має не тільки корисні властивості, що забезпечують досягнення цілей системи в цілому, але і негативні (з погляду системи), заважаючі риси. Тому необхідно при дослідженні чи створенні системи

виявляти корисні, доцільні дії (функції) компонентів.

Принципово важливим є гармонійне, несуперечливе поєднання функцій різних компонентів. Саме несуперечність, погодженість функцій відрізняє гармонійну систему від хаотичного набору предметів і процесів. При цьому функції компонентів мають бути якісно різними, що дасть можливість їм, доповнюючи один одного, забезпечувати реалізацію досить широкого спектру дій, що і являє собою сутність системи в цілому.

Разом з тим у будь-якій реальній економічній системі функції компонентів погоджені не повністю, між ними є суперечності, які нерідко знижують ефективність функціонування системи в цілому. Тому пізнання функцій компонентів має здійснюватися не окремо, а в єдності, у взаємодії, у виявленні суперечностей між ними, ступеня їх погодженості тощо.

Ця проблема особливо актуальна для підрозділів, цехів великих підприємств, функції яких досить часто є суперечливими.

8. Виявлення причин, що поєднують окремі частини в систему, у цілісність

Загалом інтегруючим фактором, що створює соціально-економічні системи, є людська діяльність. У ході діяльності людина усвідомлює свої інтереси, визначає цілі, здійснює практичні дії, формуючи системи засобів для досягнення своїх цілей. Вихідним, первинним інтегруючим фактором є мета. Визначення реальної цілі, що є причиною створення тієї чи іншої системи, – це непросте завдання, оскільки ціль у будь-якій сфері діяльності переважно являє собою складне поєднання різних суперечливих інтересів.

Наприклад, максимізація прибутку є не єдиною метою сучасного підприємства, це лише один з його інтересів. Другий не менш важливий інтерес – стабільність одержання прибутку. Третій істотний інтерес – стійка репутація підприємства. Подібних інтересів багато, і лише в їх перетині, у своєрідній їх комбінації полягає загальна мета. Всебічне пізнання її дає змогу дізнатися про ступінь стійкості системи, про її несуперечність, цілісність, передбачати

характер її подальшого розвитку.

9. Визначення всіх наявних зовнішніх зв'язків, комунікацій системи з зовнішнім середовищем

Для справді глибокого, всебічного вивчення системи недостатньо виявити її зв'язки з надсистемами, до яких вона належить. Необхідно ще вивчити такі системи у зовнішньому середовищі, яким належать компоненти досліджуваної системи. Наприклад, слід визначити системи, яким належать працівники підприємства: профспілки, політичні партії, родини, системи культурних цінностей та етичних норм, етнічні групи тощо. Необхідно також з'ясувати узгодженість зв'язків структурних підрозділів та працівників підприємства із системами інтересів і цілей споживачів, конкурентів, постачальників, зарубіжних партнерів тощо.

Потрібно також враховувати зв'язок між використовуваними на підприємстві технологіями та «простором» науково-технічного прогресу і т. ін. Усвідомлення органічної, хоча і суперечливої єдності всіх систем, що оточують підприємство, дає змогу зрозуміти причини його цілісності та запобігати процесам, що ведуть до дезінтеграції.

10. Дослідження системи в динаміці, у розвитку

Необхідно дослідити історію системи, джерело її виникнення, період становлення, тенденції і перспективи розвитку, переходи до якісно нових станів.

Необхідність динамічного підходу до дослідження систем можна легко проілюструвати зіставленням двох підприємств, у яких на деякий момент збіглися значення одного з параметрів, наприклад обсяги продажу чи прибуток. З цього збігу ще зовсім не випливає, що підприємства займають на ринку однакове положення: одне з них може набирати силу, а інше, навпаки, переживати спад. Тому судити про будь-яку систему, зокрема про підприємство, не можна лише за «моментальною фотографією», за одним значенням якого-небудь параметра; необхідно досліджувати зміни параметрів,

зіставляючи їх у динаміці.

Для глибокого розуміння будь-якої системи недостатньо обмежуватися розглядом коротких проміжків часу її існування чи розвитку. Доцільно, за можливості, досліджувати її передісторію, виявляти причини, що спонукали до створення цієї системи, визначати інші системи, з яких вона утворилася і формувалася. Також важливо вивчати не тільки історію системи чи динаміку її нинішнього стану, а й спробувати, використовуючи спеціальні засоби, передбачити її майбутню поведінку, прогнозувати її майбутні стани, проблеми, можливості.

Перераховані вище процедури системного аналізу не повністю вичерпують арсенал прийомів дослідження систем. Тим більше, що ці процедури мають скоріше загальний, ніж конкретний характер. Адже тільки при дослідженні конкретної системи виникають спеціальні прийоми, формується особлива методологія, що дає можливість знання, отримані при дослідженні даної системи, використовувати у найкращий спосіб для подальшого пізнання. Інакше кажучи, конкретна система сама в ході її дослідження «допомагає» сформулювати метод її подальшого вивчення.

Необхідно зауважити, що викладена тут послідовність процедур системного аналізу не є обов'язковою. Бажаним є знання швидше 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.

5.2. 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.

Виникнення цієї науки зумовлено насамперед тим, що системний підхід застосовувався при дослідженні високоорганізованих матеріальних систем (біологічних, технічних, соціально-економічних), але поза увагою залишалися процеси самоорганізації у цих системах. Теоретичною основою синергетики є термодинаміка нерівноважних процесів, теорія випадкових процесів, теорія нелінійних коливань і хвиль.

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.

Спрямованість процесів самоорганізації зумовлена внутрішніми властивостями об'єктів (підсистем) у їх індивідуальному і сукупному прояві, а також впливами з боку середовища, у якому існує система. Але поведінка елементів (підсистем) і системи в цілому істотно характеризується спонтанністю – акти поводження не є абсолютно детермінованими.

Процеси самоорганізації в системах відбуваються поряд із процесами протилежної спрямованості – системи в цілому можуть мати стійкі тенденції або коливатися від фаз еволюції та прогресу до деградації та розпаду.

Самоорганізацію пов'язують із поняттям дисипативної структури, тобто структури, що виникає спонтанно у відкритих нерівноважних системах. Якщо в

стані рівноваги елементи такої структури поводять 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. Різноманіттю гілок розвитку, яке

може обрати відкрита система, протистоїть жорстка детермінованість та значна подібність рис закритих систем.

Закрита система стає організованою ззовні (на відміну від відкритих систем, що самоорганізуються), в них відбувається гіпертрофія функцій держави, виникають тоталітарні тенденції. Закрита економіка, що повністю відповідає висновкам системного підходу та концепції самоорганізації, намагається встановити загальну рівновагу, що на практиці проявляється у директивному плануванні, та досягти оптимуму за рахунок підсистем, але це призводить до надмірного розростання апарату управління. Тому зростання ентропії, виведення якої в середовище затруднене, робить неминучим перетворення закритої економіки у відкриту.

Точки економічної біфуркації провокуються глибокими економічними кризами середньострокового циклу або збігаються з кризовими періодами чи настають безпосередньо за ними. Це підтверджується, зокрема, глибокими кризами останніх ста років (1890 р., 1929 – 1933 рр., 1973 – 1974 рр.), які спричинили значні структурні зрушення та зміни у функціонуванні економічно розвинених країн, поведінці економічних суб'єктів, ступені монополізації економіки, ролі малого та великого бізнесу, спрямованості та методах державного регулювання економікою тощо.

Коли новий шлях обрано, починається еволюційний етап розвитку – адаптація до нового атрактора. Ризик депресії особливо великий у постбіфуркаційний період, тому він супроводжується значним зростанням цін, що спричинює надприбутки для одних економічних суб'єктів і збитки та банкрутство для інших. Окрім цього, такі процеси досить часто супроводжуються руйнуванням господарських зв'язків, падінням обсягів виробництва та рівня життя населення. Так, прикладом цього може бути проходження через точку біфуркації Радянського Союзу протягом 1990 – 1991 рр. та розгортання економічної кризи в наступних роках в усіх пострадянських країнах.

Синергетика по-новому трактує співвідношення між випадковим та зумовленим в економічному розвитку. Для описання економічної еволюції в макроекономіці, як правило, обирається обмежена кількість агрегованих змінних. Вважається, що макроскопічне моделювання стосується, головним чином, усередненої поведінки і що ймовірнісні фактори та випадкові флуктуації не мають на неї суттєвого впливу. Але це характерно тільки для стійких систем, коли малі зміни параметрів (зовнішніх умов) ведуть до незначних змін у поведінці або траєкторії системи.

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.

5.3. Приклади моделювання економічних систем

Функція Кобба-Дугласа.

Якщо розглядати економіку з погляду макропідходу (див. тему 3), 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:

$$Z = f(X_1, X_2, \dots, X_n, \alpha_i), \quad (5.1)$$

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

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

$$Z = a_0 L^{\alpha_1} P^{\alpha_2} \exp(\lambda t), \quad (5.2)$$

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

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 [16]: 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:

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

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

$$L = L_0 \exp(vt).$$

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:

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

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

Графічно функціонування економіки за моделлю Солоу зображено на рис. 5.1.

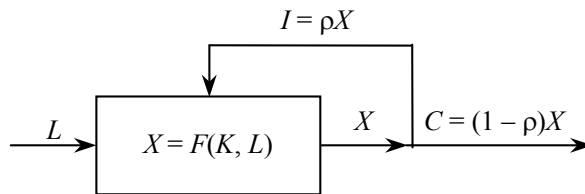


Рис. 5.1. Схема функціонування економіки за моделлю Солоу

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

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

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

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 Леонт'єва). 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 Леонтьєва 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.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Опишіть модель організації як відкритої системи.
2. Дайте характеристику зовнішнього середовища організації.
3. Які методи застосовують для аналізу середовища?
4. Які вимоги мають задовольняти цілі організації?
5. У чому полягає суть стратегічного управління з погляду системного аналізу?
6. Чим відрізняється стратегічне управління від оперативного?

Література: [7, 9, 10, 14, 15, 22, 23, 40]

Тема 6. Основні напрямки застосування системного аналізу в різних економічних системах

- 6.1. Особливості дослідження економічних систем.
- 6.2. Концептуальні засади системного підходу представлені на прикладі галузі.

6.1. Особливості дослідження економічних систем

З метою дослідження властивостей економічних систем доводиться застосовувати прийоми «системного мислення», яке допомагає розкривати взаємозв'язки між різними складовими систем. Системний підхід дає змогу глибше зрозуміти причини багатьох явищ, які в розрізненому вигляді здаються випадковими, але об'єднані в систему сприяють виявленню закономірностей їх

перебігу.

Із системного підходу впливає новий погляд на ефективність функціонування соціально-економічних систем: взаємодія між окремими частинами системи набагато більше впливає на її ефективність, ніж результативна робота зазначених частин. Здійснюючи економічну політику, необхідно враховувати об'єктивну дію економічних законів на макроекономічному і мікроекономічному рівнях. Наукове обґрунтування потрібне для того, щоб формування економічної політики не залежало від суб'єктивних дій і намірів, а скеровувалося вимогами ринкових відносин, враховувало економічну свободу, яка надає великі можливості для реалізації потенціалу людини і суспільства.

Економічна політика, яка проводиться в країні, прямо визначає динаміку макроекономічних показників, зокрема державного бюджету.

Методики, що реалізують принципи системного аналізу в конкретних умовах, спрямовані на формалізацію процесів дослідження системи, а також постановки та розв'язування проблеми. Ці методики розробляються та використовуються тоді, коли в дослідника нема достатньої інформації про систему, на підставі якої можна було б знайти адекватний метод формального її подання (або розв'язування проблеми).

Спільним для всіх методик системного аналізу є формування варіантів подання системи (процесу розв'язування задачі) та вибір найкращого з них. На різних стадіях дослідження – від інтуїтивної постановки проблеми до вибору оптимальних розв'язків за допомогою строгих математичних методів – використовуються ті чи ті наукові методи й прийоми, що складаються з кількох етапів аналізу, зміст яких залежить від складності розв'язуваної задачі. Загальну схему етапів системного дослідження наведено на рис. 6.1.

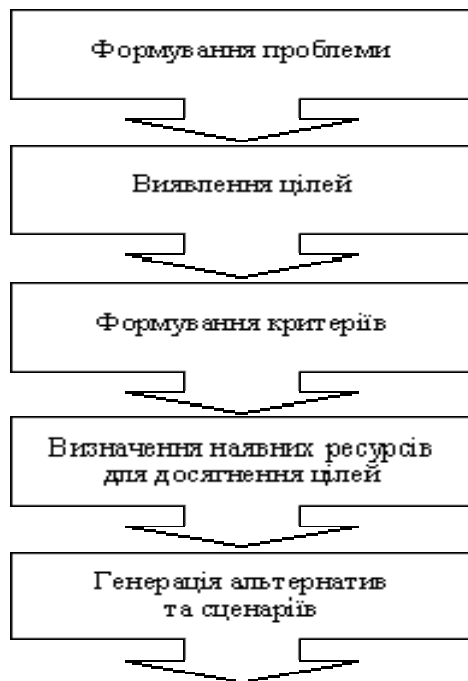


Рис. 6.1. Спрощена схема системного дослідження

Особливо важливе значення системний аналіз має в дослідженні складних економічних систем, таких як галузі і сектори економіки, економіка в цілому та система управління нею. Системний аналіз економіки полягає у вивченні економічних явищ і чинників за допомогою дослідження їх як взаємозв'язаних економічних підсистем єдиної системи народного господарства. Системний аналіз використовується, насамперед, для вивчення цілей розвитку економічного об'єкта, з яких випливатимуть цілі розвитку й удосконалення системи управління. Системний аналіз економічної діяльності включає: оцінку досягнутого потенціалу; виявлення тенденцій і факторів впливу; визначення вектора необхідних коректуючих дій уряду для досягнення цілей розвитку суспільства.

6.2. Концептуальні засади системного підходу представлені на прикладі галузі

Метод системного аналізу на галузевому рівні має враховувати те, що цілі

та перспективи розвитку галузі впливають із загальнодержавних цілей розвитку суспільства та потреби економіки загалом у її продукції й послугах. Галузь як комплекс підприємств, підпорядкованих певному міністерству чи комітету, вивчається у складі відповідного економічного сектору з урахуванням його макроекономічних цілей, які виокремлюються згідно з їхнім місцем у досягненні стратегічних цілей країни.

Галузь розглядається як порівняно ізольована система з урахуванням її технологічної спеціалізації у процесі виробництва; специфіки її економічної організації як самостійної господарської підсистеми; соціальної структури зайнятого в цій галузі населення; її розміщення на території країни тощо.

Окрім того, беруться до уваги всі підсистеми галузі, які частково утворюють самостійні господарські об'єкти, а частково являють собою управлінські організації та різного типу інформаційні системи, через які здійснюється взаємозв'язок складових галузі. Вивчається вона в динаміці її розвитку як у довготерміновій (15–20 років), так і в короткостроковій перспективі, причому з позицій ефективного функціонування в кожний поточний період.

Для системного аналізу використовується комплекс економіко-математичних моделей досліджуваної системи. На галузевому рівні метод математичного моделювання має такі особливості:

- модель розвитку даної галузі являє собою один із блоків загального комплексу – моделей розвитку економіки;
- -технологія та економіка цієї галузі описуються загальною балансовою – економічною моделлю;
- процеси розвитку галузі характеризуються комплексом динамічних моделей, що містить економіко-математичні моделі кожного господарського її об'єкта, адресовані конкретним органам, які керують галуззю;
- увесь комплекс моделей розвитку та поточного функціонування галузі має бути пов'язаний єдиним комплексом критеріїв оптимальності (та

відповідних їм планових і облікових показників), які впливають з аналізу ролі галузі в перспективному розвитку економіки.

Процес системного аналізу розвитку галузі можна поділити на чотири стадії.

Перша стадія – визначення системи, її загальної мети (яка впливає з розгляду ролі системи в надсистемі) та критеріїв, що забезпечують подальший вибір оптимального шляху досягнення цієї загальної мети.

Вираження галузевого критерію в кількісній формі забезпечує можливість точного кількісного вираження цілей підсистем, критеріїв оцінювання їх функціонування, а також формування, з одного боку, критеріїв оптимальності для всього взаємозв'язаного комплексу моделей планування і регулювання галузі, а, з другого боку – системи показників та важелів економічного регулювання. Іноді вдається сформулювати критерії тільки на якісному рівні.

Друга стадія системного аналізу полягає в побудові й аналізі дерева цілей. Це найбільш трудомісткий і результативний етап роботи. Побудова дерева цілей має доводитись до рівня задач, розв'язування яких уже не викликає принципових труднощів.

Третя стадія системного аналізу розвитку галузі починається зі складання вичерпного плану заходів, що мають на меті досягнення цілей галузі. Ці заходи розміщуються на нижньому рівні дерева цілей і добираються за допомогою системи моделей розвитку галузі.

Заходи можуть й поділятися, скажімо, на такі групи:

- економічні;
- адміністративно-правові;
- спрямовані на вдосконалення управління;
- у сфері капіталовкладень і будівництва;
- у сфері науково-технічного прогресу й модернізації фондів.

Щоб забезпечити здійсненність цих заходів, їх потрібно згрупувати також

за ознаками компетенції урядових органів, міжвідомчого узгодження.

Найбільш важливим і результативним групуванням заходів є їх поділ за ступенем ефективності. Ефективність розглядається стосовно досягнення цілей, сформульованих у дереві цілей, де, зокрема, досягнення певної економічної ефективності є однією з цілей. Для розрахунку ефективності використовують евристичні методи та алгоритми (наприклад, метод Делфі). Згідно з експертними оцінками заходи групуються в логічній та часовій послідовності.

Четверта стадія – діагностування, тобто виявлення всього комплексу актуальних нерозв'язаних проблем, диспропорцій та їх причин. Мета діагнозу – специфікація розроблюваної системи, уточнення вимог до неї, створення організаційного плану послідовної побудови системи, добір засобів та методів управління нею.

Діагноз системи полягає в безпосередньому обстеженні об'єкта та включає в себе, з одного боку, вивчення документації, а з другого – масове виявлення та аналіз думок співробітників.

Абсолютна більшість інформації, яка може бути одержана при обстеженні, відноситься не до «хвороб» управління, а швидше до симптомів, в яких виявляється розлад інформаційної системи управління. Як правило, причини цих розладів усвідомлюються рідко, тому головна мета діагнозу – встановити ці причини. На основі аналізу матеріалів опитування визначається комплекс симптомів розладу управління в термінах «недоліків управління»; на підставі такого аналізу виявляються розлади інформаційної системи та їх причини; добираються інформаційні механізми управління; формулюються їх взаємозв'язані комплекси.

Діагностичний аналіз проблем управління економікою в цілому складається з таких основних етапів:

- виявлення проблем управління на основі вивчення симптомів і дисфункцій міжгалузевих, територіально-виробничих, технологічних, функціональних комплексів та економіки в цілому;

- ідентифікація та опис проблем;
- побудова дерева проблем;
- виявлення першочергових проблем і розробка рекомендацій щодо послідовності їх розв'язання;
- добір методів і засобів для розв'язання першочергових проблем з оцінювання ефективності їх реалізації;
- уточнення дерева цілей, комплексів моделей та алгоритмів;
- розробка організаційного проекту створення інформаційної системи.

Діагностика виконується в межах міжгалузевих, територіально-промислових, технологічних та функціональних комплексів економіки.

Результати діагностичного аналізу на макроекономічному рівні мають містити уточнений варіант дерева цілей і критеріїв розвитку економіки та пов'язані з ним дерева цілей міжгалузевих, територіально-виробничих, технологічних і функціональних комплексів; перелік основних проблем кожного комплексу, їх зв'язок між собою та проблемами розвитку економіки в цілому (дерево проблем); перелік і зв'язок основних дисфункцій з кожного комплексу у виробничому та управлінському аспектах за основними напрямками діяльності; аналіз основних причин виникнення проблем і дисфункцій; конкретні рекомендації щодо вдосконалення чинної системи планування і управління, згруповані за основними напрямками діяльності; проект організаційного плану науково-дослідних, проектно-конструкторських і дослідно-впроваджувальних робіт; уточнений варіант сіткового графіка створення системи тощо.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Як ви розумієте термін «соціально-економічна система»?
2. Чим характеризуються соціально-економічні системи?
3. У чому полягають емерджентні властивості економіки?

4. Дайте опис соціально-економічних систем різних типів (підприємство, фінансово-кредитні установи, галузі економіки, органи державного управління, економіки в цілому) як кібернетичних систем.

5. Наведіть приклади негативних та позитивних зворотних зв'язків в економіці.

6. В чому полягає сутність застосування системного підходу до дослідження соціально-економічних систем?

7. Наведіть основні етапи проведення системного дослідження соціально-економічних систем.

Література: [2, 4, 5 – 8, 15, 16, 19, 23, 26, 31]

Тема 7. Інформаційне забезпечення системного аналізу

7.1. Загальна характеристика інформаційного забезпечення системних досліджень в економіці

7.2. Інформаційні системи в управлінні

7.3 Інформаційні системи в процесах прийняття рішень

7.1. Загальна характеристика інформаційного забезпечення системних досліджень в економіці

Перед тим як розглянути питання інформаційного забезпечення системного аналізу діяльності підприємства, нагадаємо головні аспекти системного підходу, за якого підприємство розглядається як єдина система. При цьому виділяють складові, підсистеми підприємства та відстежують зв'язки між ними. Будь-яке, навіть найменше підприємство, є досить складною системою, утвореною з множини елементів, поєднаних

різноманітними зв'язками. Частина підприємства переважно також досить складні і можуть розглядатися як окремі системи або як його підсистеми.

Загалом можна виділити такі великі підсистеми підприємства:

- підсистема стратегічного управління;
- виробнича підсистема;
- підсистема управління виробництвом;
- підсистема управління фінансами;
- підсистема реалізації продукції;
- підсистема організації складського зберігання тощо.

Очевидно, що дослідження таких складних об'єктів пов'язане з необхідністю опрацювання значного обсягу інформації. Ця інформація потребує узагальнення та аналізу. Виявлена інформація, як правило, не структурована та потребує формалізації.

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

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

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

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

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

5. *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.

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

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

8. *Пакети для статистичного та математичного аналізу даних.*

9. *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. Розглянемо ці технології детальніше.

7.2. 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 автоматизовані системи управління (АСУ). Оскільки інформаційні системи розвиваються та змінюються дуже швидко, то ми в межах даного посібника не будемо детально описувати всі існуючі системи та не робитимемо їх порівняльного аналізу. Розглянемо лише деякі особливості та тенденції розвитку АСУ.

Спочатку зупинимося на загальноприйнятій термінології. Одним з найпопулярніших термінів є ERP (Enterprise Resource Planning), який запровадила компанія Gartner Group ще на початку 90-х років ХХ століття, але, незважаючи на досить довгу історію, чіткого визначення цього терміна не існує й донині. Фактично ERP – це концепція розвитку АСУ, яка за час свого існування постійно розвивається та змінюється. Усі АСУ, особливо орієнтовані на ринок середніх та великих підприємств, так чи інакше розвивались під

впливом цієї концепції. На момент її виникнення мова йшла, передусім, про об'єднання розрізнених даних у межах підприємства. З часом під впливом таких факторів, як розвиток бізнес-середовища, зростання потреб організацій у взаємодії з контрагентами, «розвінчання» міфу про те, що ERP можна купити в одного виробника, відбулося переосмислення цього поняття. Як наслідок, одночасно з'явилися два терміни, що були запропоновані різними дослідницькими групами. Gartner Group ввела абревіатуру ERPІІ (Enterprise Resource & Relationship Planning), а AMR Research – ECM (Enterprise Commerce Management).

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 зростає 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.

7.3. Інформаційні системи в процесах прийняття рішень

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.

Експертні системи.

На початку 80-х років у дослідженнях штучного інтелекту сформувався самостійний напрямок, що дістав назву «експертні системи» (ЕС) [27, 33, 48]. Мета досліджень з ЕС полягає, головнo, в розробленні програм, за допомогою яких при розв'язанні задач, які виникають у слабко 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, гірнича 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 призначена для вхідних та проміжних даних задачі, що розв'язується в поточний момент. 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 відобразити часову логіку подій, які відбуваються в реальному світі.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Суть інформаційного забезпечення системного аналізу.
2. Компоненти інформаційної системи підприємства.
3. Дайте тлумачення термінам АСУ, ERP, ERPІІ, ЕСМ.
4. Назвіть головні функціональні сфери діяльності підприємства, в яких застосовуються АСУ.
5. Опишіть головні компоненти СППР.

Література: [1, 4, 8,15, 17,19, 23]

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Зміст практичних занять

Практичне заняття 1

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ СИСТЕМ

ПЛАН

1. Визначення систем.
2. Фундаментальні основи навчальної дисципліни:
 - об'єкт;
 - предмет;
 - задачі;
 - зміст;
 - методи дослідження.

Реферат на тему: «Системний підхід як елемент управління суспільством».

3. Становлення системного аналізу як навчальної дисципліни:

Реферат на тему: «Історія розвитку теорії систем».

- етапи становлення та розвитку;
- похідні дисципліни;
- структурно-логічна схема вивчення курсу.

Реферат на тему: «Провідні наукові діячі в галузі системного аналізу».

4. Класифікація прогнозів.

5. Класифікація систем.

Реферат на тему: «Модель організації системного дослідження».

Література: 2-6.

Практичне заняття 2

Основні етапи і методи системного аналізу

ПЛАН

1. Основні етапи системного аналізу:
 - етапи дослідження складної системи;
 - етапи системного дослідження.
2. Методи системного аналізу:
 - аналіз і синтез;
 - декомпозиція та агрегація.
 - методи експертних оцінок.

Реферат на тему: «Тенденції розвитку системного аналізу».

Література: 5 – 8, 1 – 2, 4.

Практичне заняття 3

Класичні методи моделювання і аналізу соціально-економічних об'єктів і процесів

ПЛАН

1. Поняття моделі та моделювання. Класифікація моделей :
 - визначення моделі;
 - фізичні моделі;
 - символічні моделі;
 - структурні моделі;
 - функціональні моделі;
 - алгебраїчні та алгоритмічні моделі;
 - оптимізаційні та описувальні моделі;
 - детерміновані та стохастичні моделі;
 - статичні та динамічні моделі.

Реферат на тему: «Тенденції розвитку моделювання в сучасних умовах».

2. Принципи та основні етапи побудови математичних моделей систем
3. Математичне моделювання систем

Література: 5-8, 1- 2, 4.

Практичне заняття 4
Аналіз нелінійних, стохастичних,
динамічних соціально-економічних систем

ПЛАН

1. Аналіз нелінійних систем:

- методи оптимізації ;
- лінійне програмування;
- нелінійне програмування.

2. Аналіз стохастичних систем:

- економетричні методи дослідження систем;
- метод найменших квадратів.

Комплекс рефератів на тему: «Світові тенденції аналізу та моделювання економічних систем».

3. Динамічні системи:

- альтернатива;
- побудова прогнозного графа;
- великомасштабні об'єкти.

Комплекс рефератів на тему: «Методи дослідження динамічних соціально- економічних систем».

Література: 3-8, 7.

Практичне заняття 5
Системний аналіз і моделювання соціально-економічних
систем різних рівнів агрегування

ПЛАН

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

- особливості застосування принципів системного аналізу;
- визначення соціально-економічних об'єктів;
- класифікація соціально-економічних об'єктів.

Реферат на тему: «Основні економічні категорії в системі макроекономічних показників».

2. Синергетичний підхід до дослідження соціально-економічних систем :

- функціональна залежність показників;
- вибір показників для аналізу.

3. Приклади моделювання економічних систем.

Реферат на тему: «Сучасні моделі розвитку економіки України».

Література: 3, 1.

Практичне заняття 6

Основні напрямки застосування системного аналізу в різних економічних сферах

ПЛАН

1. Особливості дослідження економічних систем:

- сутність та основні принципи;
- дослідження систем на макрорівні ;
- дослідженні систем на макрорівні.

Реферат на тему: «Сучасні системні проблеми транспортно-експедиційного послуг». «Напрямки удосконалення системи прогнозування на залізничному транспорті».

2. Концептуальні засади системного підходу представлені на прикладі галузі.

Практичне заняття 7

Інформаційне забезпечення системного аналізу

ПЛАН

1. Загальна характеристика інформаційного забезпечення системних досліджень в економіці:

- сутність та основні принципи;
- основні поняття інформаційного забезпечення;
- типи автоматизованих систем.

Реферат на тему: «Сучасні проблеми інформаційного забезпечення транспортного підприємства». «Напрями удосконалення системи інформатизації на залізничному транспорті».

2. Інформаційні системи в управлінні:

- системи підтримки прийняття рішень;
- види СППР.

3. Інформаційні системи в процесах прийняття рішень:

Реферат на тему: «Зв'язок СППР з бізнес-плануванням підприємства».

Література: 5 – 10.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ КУРСУ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота є невід'ємною частиною навчального процесу і основою пізнавальної діяльності студента.

Метою самостійного вивчення курсу є всебічне підвищення рівня знань про теорію систем, системний аналіз та особливості застосування його до дослідження соціально- економічних систем.

Освоєння курсу відповідно до програми передбачає самостійне опрацювання студентом літературних джерел, вивчення та узагальнення матеріалів теоретичних питань, виконання практичних розрахунків за індивідуальними завданнями.

Навчальні завдання за кожною темою (*тематичні навчальні завдання*) містять перелік питань згідно з програмою курсу та планом проведення практичних занять, список літературних джерел.

Викладач курсу спрямовує і контролює самостійну роботу студента за тематичними завданнями, встановлює час консультацій та термін виконання самостійної роботи за кожною темою курсу.

З метою поглиблення вивчення теоретичного і практичного матеріалу студент відпрацьовує *індивідуальні завдання*.

Індивідуальна робота студентів денної та заочної форм навчання дещо відрізняється.

Для студентів *стаціонару* індивідуальна робота полягає у підготовці реферату і вирішенні задач за варіантами завдань.

У рефераті тезисно окреслюється сутність та виявляються основні напрями вирішення проблем тематично спрямованих на отримання додаткових, поглиблених знань по курсу. Тематика рефератів охоплює питання, що залишилися поза увагою лекційного викладання та практичних розрахунків,

передбачених сукупністю задач.

Вирішення задач за варіантами завдань є необов'язковим, але рекомендується до виконання. Завдання цієї складової самостійного опрацювання навчальної дисципліни – набуті власних навичок здійснення розрахунків.

Рекомендаційний характер виконання розрахунків за варіантами пов'язаний з обмеженістю часу та значною загальною трудомісткістю роботи.

Студенти *заочної форми навчання* у межах індивідуального відпрацювання навчальної дисципліни виконують контрольну роботу, яка включає теоретичну та розрахункову частини.

Теоретична частина за змістом та методикою виконання відповідає підготовці рефератів, окрім цього містить додаткове теоретичне запитання з переліку матеріалів лекційного курсу стаціонару, які у зв'язку з обмеженістю аудиторних годин не висвітлюються при проведенні лекцій та практичних занять на заочному відділенні.

Розрахункова частина полягає у вирішенні за індивідуальними завданнями комплексу задач. У зв'язку з нормативною обмеженістю обсягу контрольної роботи у розрахунковій частині рекомендується виконувати три завдання. Подібна вимога дозволяє скоротити обсяг розрахунків та забезпечує ознайомлення з різними специфічними аспектами процесу визначення економічних показників.

Контрольну роботу можна виконувати згідно з даними методичними вказівками, тоді задачі розрахункової частини обираються за номерами відповідно до рекомендованого переліку. Або може бути використано окреме видання – методичні вказівки до виконання контрольної роботи за курсом.

По суті індивідуальна праця студентів денної та заочної форм навчання відрізняється не за змістом, а за строками виконання та формою подання матеріалів самостійної роботи.

Підготовка рефератів, розрахункових завдань і контрольних робіт – один

з етапів вивчення курсу «Системний аналіз». Його метою є розширення і поглиблення теоретичних знань та отримання практичних навичок аналітичної роботи з певної теми на основі самостійного узагальнення зібраного матеріалу.

Перелік питань письмової самостійної роботи виходить за межі лекційних планів та планів практичних занять (окрім реферативної складової, яка і є презентацію результатів індивідуального пізнання). Це питання, що містить програма курсу, але відповідних матеріалів не розглянуто в процесі аудиторного навчання.

При виконанні письмової самостійної роботи студент повинен показати вміння користуватися нормативними документами, літературними джерелами, узагальнювати матеріали, формулювати обґрунтовані висновки і рекомендації.

Етапність виконання самостійної роботи:

- а) вибір теми;
- б) складання плану реферату або контрольної роботи;
- в) підбір літературних джерел;
- г) вивчення спеціальної літератури за тематикою завдань реферату, теоретичної частини контрольної роботи;
- д) добір і вивчення додаткової літератури за тематикою завдань реферату, теоретичної частини контрольної роботи (поточних матеріалів, які опубліковані в журналах, газетах тощо);
- е) добір практичного і статистичного матеріалу та його обробка;
- ж) виконання розрахунків по завданнях розрахункової частини контрольної роботи, комплексної розрахункової роботи;
- з) написання та оформлення реферату, комплексної розрахункової та контрольної робіт;
- и) підготовка доповіді до захисту реферату (контрольної роботи).

Вибір теми самостійної роботи здійснюється, виходячи з таких положень.

Тема реферату обирається студентом з переліку тем самостійно або за допомогою викладача.

Тема теоретичної частини контрольної роботи обирається згідно з двома останніми цифрами шифру залікової книжки студента, але може корегуватися або замінюватися за узгодженням з викладачем.

При виборі теми реферату та теоретичної частини контрольної роботи необхідно враховувати науково-дослідні інтереси студента і актуальність теми для практичної діяльності. Студент може також запропонувати свою тему, при цьому вона повинна мати теоретичне або практичне значення для конкретного транспортного підприємства, галузі або економіки України. Важливо, щоб тема реферату була пов'язана з темою дослідження майбутньої дипломної або магістерської роботи студента.

Обравши тему, необхідно визначити мету і об'єкт дослідження. Це допоможе встановити сукупність завдань, які потрібно вирішити при підготовці реферату або при написанні теоретичної частини контрольної роботи.

Об'єктом системного аналізу є економічні, соціальні, науково-технічні та інші явища й процеси в економіці країни, її галузях і комплексах.

Предмет – пізнання станів та закономірностей функціонування економічних об'єктів.

Мета – закріплення теоретичних знань з курсу «Системний аналіз», поглиблене вивчення і розробка окремих проблем, систематизація, узагальнення та підготовка на цій основі пропозицій галузевого організаційно-економічного розвитку.

Після визначення мети і завдань дослідження студент складає *план* реферату або теоретичної частини контрольної роботи.

Реферат контрольної роботи складається із: титульного аркуша затвердженої форми; змісту; вступу; основної частини; висновків; списку використаних джерел; додатків.

Вступ вміщує коротку характеристику теми, її актуальність, завдання, які необхідно виконати для розкриття тем загальних відомостей, оцінка специфічних характеристик, систематизація практичних рекомендаційних

матеріалів, тощо), загально – джерела, які необхідно використати для виконання завдань, перелік основних економічних категорій. Основна частина складається з розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів. Кожен розділ починається з нової сторінки і вміщує матеріал по одному з поставлених завдань. Наприкінці кожного розділу формулюються висновки, що дає можливість вивільнити загальні висновки від незначних подробиць.

Відповіді не повинні дублювати текст підручника або іншого джерела. Студенту необхідно повною мірою виявити свої загальноекономічні та специфічні знання. Разом з тим не рекомендується давати однозначні відповіді без належних пояснень.

Пояснювальні матеріали повинні містити критичну оцінку літературних джерел, практичного та теоретичного досвіду з питань економіки транспорту і характеризувати ступень самостійного узагальнення та індивідуальної підготовки студентів.

Комплексні розрахункові завдання за курсом та розрахункова частина контрольної роботи оформляється у вигляді розв'язку задач відповідно до методичних рекомендацій та наведених прикладів. Усі розрахунки, які містять цифрові дані, треба виконувати з точністю до 0,001, а при переведенні у відсотки – до 0,1. Вони повинні бути складовою частиною роботи.

Наприкінці кожної задачі за результатами розрахунків, виконаних згідно з варіантом індивідуального завдання, та з позначенням розміру отриманих даних, робляться висновки. У висновках студенту необхідно повною мірою виявити свої знання та досвід практичної роботи. Разом з тим не рекомендується робити однозначні висновки без належних пояснень.

Загальні висновки вміщують найважливіші результати, отримані по кожному завданню, а також рекомендації щодо подальшого розвитку розглянутих проблем.

Список використаних джерел містить лише ті джерела, які були безпосередньо використані при написанні реферату або теоретичної частини

контрольної роботи.

До підготовки реферату, виконання розрахункової та контрольної робіт студент повинен *вивчити необхідну літературу*: спеціальні та додаткові джерела, законодавчі і нормативні документи, конспект лекцій. Деякі пояснення і стисле викладання питань, які розглядаються в розрахункових завданнях, даються у методичних вказівках. До розв'язання кожної задачі треба приступати тільки після ознайомлення з ними.

Підбір та вивчення літератури є процесом творчого засвоєння поставлених питань. Вивчати літературні джерела слід починати від популярних і до монографічних, наукових статей та ін. Доцільно спочатку опрацювати підручники, навчальні посібники, а потім нормативно-законодавчі документи, теоретичні розробки, статті.

У процесі роботи над літературними джерелами необхідно виділити основне у прочитаному, ретельно розібратися у термінології, записати питання, які виникають під час роботи з літературою.

Для написання самостійної роботи слід використовувати фактичний матеріал транспортного підприємства або галузеві статистичні дані. Подібні відомості дозволяють уточнити та деталізувати дослідження. До початку збирання фактичних матеріалів доцільно визначити перелік необхідних показників, джерела інформації, послідовність збирання даних. Інформаційними джерелами можуть бути статистичні та нормативні довідники, форми звітності, сайти Інтернет (ukrstat.gov.ua, ін.). Зібраний практичний матеріал слід систематизувати з використанням статистичних та економіко-математичних методів (середні величини, індекси, ряди динаміки, групування, кореляційний аналіз та ін.).

При складанні списку літератури рекомендується дотримуватися такої послідовності:

1. Закони України
2. Укази Президента України

3. Постанови Верховної Ради України
4. Постанови, декрети, рішення Кабінету Міністрів України
5. Інструктивні матеріали міністерств і відомств
6. Монографії, наукові праці, статті, навчальна література
7. Матеріали транспортного підприємства або галузі.

У переліку використаних джерел законодавчі і нормативні матеріали розташовуються у хронологічному порядку, монографії, статті та ін. – в алфавітному порядку.

Додатки вміщують допоміжний матеріал, який надається у разі потреби для повноти сприйняття реферату. Це таблиці допоміжних цифрових даних, схеми, графіки, форми документів, та приклади їх заповнення, розрахункові приклади та інші ілюстрації допоміжного характеру, які роблять результати дослідження більш наочними.

У процесі *оформлення* матеріалів самостійної роботи слід дотримуватися таких рекомендацій.

Загальний обсяг реферату та контрольної роботи (тобто двох теоретичних питань) без врахування розрахункової частини не повинен перевищувати 8 – 18 сторінок (без титульного аркуша, завдання, списку літератури і додатків).

Приблизна структура підготовлених матеріалів:

- словник економічних термінів (1 – 2 стор.);
- вступ (1 – 2 стор.);
- основна частина – теоретична (5 – 6 стор.);
- висновки (1 – 2 стор.).

Робота може бути написана власноручно або надрукована на комп'ютері (з інтервалом 1,5) українською мовою на аркушах формату А4. Обсяг роботи не повинен перевищувати відповідно 40 тис. знаків комп'ютерного набору при цьому враховується тільки вступ, основна частина (теоретична та розрахункова) та висновки. Робота, подана в рукописному варіанті, має бути написана розбірливим почерком.

Написання реферату або теоретичної частини контрольної роботи передбачає кілька етапів. На початковому етапі відбирається і систематизується матеріал для підготовки роботи згідно з планом. Потім формулюються висновки і рекомендації, які впливають з основного змісту, оцінюється можливість їх використання в практичній діяльності галузевих підприємств. На наступному етапі уточнюються окремі питання, остаточно формулюються висновки і пропозиції. На завершальному етапі зібраний матеріал підлягає літературній обробці і оформленню.

На титульному аркуші зазначається міністерство, офіційна назва університету, кафедри, назва реферату або контрольної роботи. Нижче вказується шифр групи, прізвище, ініціали та шифр залікової книжки студента, вчений ступінь, посада, прізвище, ініціали викладача. Внизу титульної сторінки – місто і рік. На другій сторінці наводиться зміст роботи, який відображає її структуру – складові частини із зазначенням сторінок розміщення.

Текст пишеться на одній сторінці аркуша з дотриманням таких вимог: зліва поле шириною 3,5 см, справа – 1 см, зверху і знизу – по 2 см. Усі сторінки нумеруються у правій верхній частині арабськими цифрами. Загальна нумерація починається з титульного аркуша, але порядковий номер на ньому не ставиться. Кожна структурна частина (зміст, словник економічних термінів, вступ, розділи, висновки, список використаних джерел, додатки) починаються з нової сторінки.

У текстовій частині і додатках умовні позначки, зображення, схеми, графіки повинні відповідати діючим стандартам. Розділи нумеруються послідовно. Підрозділи – за кожним розділом окремо: перша цифра – номер розділу, друга – підрозділу. У тексті реферату (теоретичної частини контрольної роботи) повинні міститися посилання на літературні джерела, наведений цифровий матеріал. При посиланні на літературні джерела в квадратних дужках вказують порядковий номер за списком використаної літератури. При наведенні в тексті цитат, в кінці них після лапок ставиться

порядковий номер літературного джерела і номер сторінки, на якій розміщена цитата. Рисунки розміщують відразу після посилання на них у тексті і нумерують послідовно в межах розділу арабськими цифрами: перша цифра – номер розділу, друга – порядковий номер рисунка. Таблиці також розміщують відразу після згадування про них у тексті. Вони повинні бути простими і зрозумілими. Нумеруються послідовно в межах розділу, причому номер розміщується разом із словом «таблиця».

При використанні в тексті формул обов'язково вказується значення символів. Після формули ставиться кома, з нового рядка після слова «де» наводяться умовні позначки показників, через дефіс їх тлумачення з наведенням одиниць виміру. Кожен показник розкривається з нового рядка. Формули нумеруються послідовно в межах розділу. Перша цифра вказує розділ, друга – порядковий номер формули. Якщо у подальшому тексті наведені формули відсутні посилання формули можна не нумерувати.

Виконання розрахунків по завданнях розрахункової частини контрольної роботи здійснюється по варіантах. Варіант, як і у випадку вибору теми теоретичної частини, визначається на підставі останніх двох цифр залікової книжки студенту але корегуванню або заміні не підлягає.

Зброшурована та підписана студентом контрольна робота здається на кафедру для перевірки не пізніше, ніж за тиждень до початку екзаменаційної сесії. Строки та порядок подання рефератів та комплексної розрахункової роботи узгоджується з викладачем.

Формою контролю індивідуальної роботи студента є перевірка підготовлених завдань і співбесіда або захист реферату і співбесіда або проведення заліку за результатами перевірки контрольної роботи.

Співбесіда або публічний захист включає доповідь та додаткові запитання. *Доповідь* містить загальну презентацію поставлених у межах самостійної роботи завдань та визначеної проблематики, стислу характеристику головних узагальнень, здобутих в процесі дослідження, надання рекомендацій

та окреслення шляхів вирішення виявлених проблем. По можливості висвітлені положення повинні бути обґрунтовані посиланнями на провідний досвід, статистичними даними, матеріалами аналітичних розрахунків.

У процесі підготовки доповіді слід усвідомлювати обмеженість тривалості виступу (5 – 7 хв.), а також враховувати необхідність запам'ятовування значного обсягу специфічного матеріалу, тому рекомендується будувати короткі, але змістовні фрази, представляти округлені дані та висвітлювали лише головні моменти дослідження.

Тематика рефератів

1. Практичне значення системного підходу.
2. Історія розвитку системного аналізу .
3. Складові кібернетичних систем.
4. Приклади різних видів систем (соціально-економічних, інформаційних, технічних, біологічних, фізичних тощо) та спробуйте описати їхні головні властивості.
5. Охарактеризуйте головні принципи системного аналізу.
6. Основні ідеї та принципи системного аналізу при дослідженні підприємств.
7. Дайте характеристику економічної системи з позицій системного аналізу.
8. Загальносистемні та специфічні властивості економічних систем
9. Опишіть економічну систему (входи, виходи, зовнішнє середовище, структуру тощо).
10. Моделі, які застосовують до моделювання економіки.
11. Опишіть модель організації як відкритої системи.
12. Дайте характеристику зовнішнього середовища організації.
13. Методи аналізу середовища.
14. Чим відрізняється місія організації від її цілей.
15. Системний аналіз місії та цілей організації.
16. Вимоги, які мають задовольняти цілі організації.
17. Суть стратегічного управління з погляду системного аналізу.
18. Чим відрізняється стратегічне управління від оперативного.
19. Загальні принципи управління економічними системами.
20. Основні функції управління.
21. Основні етапи процесу прийняття рішень.
22. Загальну постановку ЗПР.

23. Особливості ЗПР за умов ризику.
24. Методи, що застосовуються для розв'язання ЗПР.
25. Суть інформаційного забезпечення системного аналізу.
26. Компоненти інформаційної системи підприємства.
27. Визначення термінів АСУ, ERP.
28. Назвіть головні функціональні сфери діяльності підприємства, в яких застосовуються АСУ.
29. Ознаки класифікації CASE-засобів.
30. Практичне застосування технології DataMining.

Тематика теоретичних питань до самостійного вивчення

1. Сутність та особливість системного підходу.
2. Визначення та особливості кібернетичних систем.
3. Функції систем.
4. Принципи систем.
5. Особливості простих та складних систем.
6. Особливості природніх систем.
7. Проблеми керування в складних системах.
8. Проблеми керування в кібернетичних системах.
9. Характеристика головних принципів системного аналізу.
10. Ідеї та принципи системного аналізу застосовують при дослідженні організацій та фірм.
11. Поняття емерджентності у системному аналізі.
12. Поняття синергії та синергетичного ефекту.
13. Дерево цілей.
14. Метод функціонально-вартісного аналізу для дослідження систем.
15. Метод РМЕА та його особливості.
16. Моделі які застосовують до моделювання складних систем.
17. Особливості моделі організації як відкритої системи.

18. Характеристика внутрішнього середовища організації.
19. Сутність системного аналізу місії та мети організації.
20. Суть стратегічного управління з погляду системного аналізу.
21. Загальні принципи стратегічного планування у економічних системах.
22. Основні функції стратегічного планування.
23. Особливості процесу прийняття рішень.
24. Транспортна задача.
25. Умови ризику у ЗПР.
26. Евристичні методи для розв'язання ЗПР.
27. Суть методу згортки.
28. Критерій Гурвіца.
29. Критерії Вальда та Севіджа.
30. Особливості та структура інформаційної системи підприємства.

Методика розв'язування задач і задачі для самостійного розв'язування

Приклад 1

Побудова опорного плану для розв'язання транспортної задачі

Транспортні задачі розв'язуються вручну або за допомогою обчислювальних машин, зокрема першим способом розв'язуються задачі невеликого обсягу. При розв'язуванні задач великого значення має побудова вихідного плану. Від того, який буде план, залежить кількість операцій, а також час, необхідний для оптимального розв'язування.

Побудова початкового плану здійснюється методами:

- а) північно-західного кута;
- б) найменшої вартості;
- в) методом подвійної переваги.

Методи побудови опорного плану транспортної задачі

Як і в звичайному симплексному методі, розв'язування транспортної задачі полягає в цілеспрямованому перебиранні та перевірці на оптимальність опорних планів. Початком такого ітераційного процесу є побудова першого опорного плану.

Розглянемо методи північно-західного кута, мінімальної вартості, подвійної переваги. Побудову опорного плану зручно подавати у вигляді таблиці, в якій постачальники продукції відповідають рядкам, а споживачі – стовпчикам.

Ідея методу північно-західного кута полягає в тому, що заповнення таблиці починають, не враховуючи вартостей перевезень, з лівого верхнього (північно-західного) кута. У клітинку записують менше з двох чисел a_1 та b_1 . Далі переходять до наступної клітинки в цьому ж рядку або у стовпчику і заповнюють її, і т.д. Закінчують заповнення таблиці у правій нижній клітинці. У такий спосіб значення поставок будуть розташовані по діагоналі таблиці.

Розглянемо цей процес детальніше на прикладі.

Нехай умови конкретної транспортної задачі подані в табл. 1.

Таблиця 1

Постачальник	Споживач				Запаси вантажу
	B_1	B_2	B_3	B_4	
A_1	4	4	2	5	150
A_2	5	3	1	2	60
A_3	2	1	4	2	90
Потреба	110	50	60	80	

Спочатку, не враховуючи вартості перевезень, завжди задовольняють потреби першого споживача B_1 , використовуючи запаси першого постачальника A_1 . У нашому прикладі (табл. 1) потреби споживача B_1 становлять $b_1 = 110$, а запаси постачальника - $a_1 = 150$ одиниць (тобто із запасів першого постачальника можна повністю задовольнити потреби першого споживача), тому в клітину $A_1 B_1$ записуємо менше із значень a_1, b_1 , тобто 110. Тепер потреби першого споживача повністю задоволені, і переходимо до задоволення потреб наступного (другого) споживача B_2 . Обсяг його потреб $b_2 = 50$. Після задоволення потреб першого споживача залишок запасів першого постачальника становить $150 - 110 = 40$. Отже, від першого виробника другому споживачеві можна перевезти лише 40 одиниць продукції, тому в клітину $A_1 B_2$ записуємо число 40. Після цього, оскільки запаси першого постачальника повністю вичерпані, переходимо до використання запасів наступного постачальника A_2 . Його запаси $a_2 = 60$, а незадоволені потреби другого споживача $50 - 40 = 10$, тому в клітинку $A_2 B_2$ записуємо число 10, і другий споживач у такий спосіб також повністю отримав необхідну кількість

продукції. Переходимо до задоволення потреб наступного споживача B_3 . У результаті часткового використання запасів другого постачальника його залишок продукції становить $60 - 10 = 50$. Отже, від другого виробника до третього споживача можна перевезти 50 одиниць продукції. Клітинка $A_2 B_3$ міститиме зазначене число 50, і цим запаси постачальника A_2 будуть повністю вичерпані. Переходимо до розподілу запасів останнього (третього) постачальника A_3 . Залишились незадоволеними потреби третього споживача в обсязі $60 - 50 = 10$. Для їх задоволення скористаємося запасами постачальника A_3 .

У клітинку $A_3 B_3$, записуємо число 10, і потреби споживача B_3 також повністю задоволені. Переходимо до останнього споживача B_4 , з потребами $b_4 = 80$, які повністю задовольняються за рахунок залишку запасів третього постачальника: $90 - 10 = 80$.

Таблиця 2

Постачальники	Запаси	Споживачі			
		B_1	B_2	B_3	B_4
		Потреби			
		$b_1 = 110$	$b_2 = 50$	$b_3 = 60$	$b_4 = 80$
A_1	$a_1 = 150$	4 110	4 40	2	5
A_2	$a_2 = 60$	5	3 10	1 50	2
A_3	$a_3 = 90$	2	1	4 10	2 80

Отже, в табл. 2 у заповнених клітинках знаходяться числа, що означають можливий план перевезень продукції. Сума чисел (перевезень) по рядках

дорівнює обсягам запасів постачальників, а сума чисел по стовпцях – обсягам потреб відповідних споживачів.

Аналогічний результат можна отримати, якщо почати з правого нижнього кута таблиці, рухаючись до лівого верхнього. Процедуру методу можна застосовувати також, починаючи розподіл поставок з лівого нижнього кута і рухаючись до правого верхнього по діагоналі. В такому разі спосіб розподілу перевезень можна було б назвати методом південно-західного кута, тому цей метод ще називають діагональним. Метод північно-західного кута є найпростішим, однак і найменш ефективним. Процес відшукування оптимального плану після початкового опорного, визначеного методом північно-західного кута, пов'язаний зі значним обсягом обчислювальних робіт, тому його реалізують на ЕОМ.

Визначимо загальну вартість перевезень згідно з початковим опорним планом. Від першого постачальника до першого споживача необхідно перевезти 110 одиниць продукції за ціною 4 ум. од. (ціна записана в правому верхньому куті кожної клітини), отже коштуватиме $110 \cdot 4 = 440$ ум. од. Крім того, необхідно перевезти від першого постачальника 40 одиниць продукції до другого споживача за ціною 4 ум. од. і т. д. У такий спосіб визначимо загальну вартість усіх перевезень: $F = 110 \cdot 4 + 40 \cdot 4 + 10 \cdot 3 + 50 \cdot 1 + 10 \cdot 4 + 80 \cdot 2 = 880$ (ум. од.).

Якщо за побудови опорного плану враховувати вартості перевезень, то сумарна вартість всіх поставок може бути зменшена, і отриманий опорний план буде ближчим до оптимального.

Ідея методу мінімальної вартості полягає в тому, що на кожному кроці заповнюють клітинку таблиці, яка має найменшу вартість перевезення одиниці продукції. Такі дії повторюють доти, доки не буде розподілено всю продукцію між постачальниками та споживачами.

Складемо за допомогою цього методу план розглянутої задачі (табл. 3).

Найменшу вартість мають перевезення, які здійснюються від A_2 до B_3 та

від A_3 до B_2 (ціна перевезення одиниці продукції – 1 ум. од.). Заповнимо будь-яку з них, наприклад, A_2B_3 . Оскільки постачальник має 60 одиниць продукції, а споживач потребує саме такої її кількості, то в клітину A_2B_3 ставимо значення 60. У такий спосіб запаси другого постачальника повністю вичерпані, а потреби третього споживача повністю задоволені. Також мінімальною є вартість перевезень від третього постачальника до другого споживача, тому заповнимо також клітину A_3B_2 .

Таблиця 3

$b_j \backslash a_i$	$b_1 = 110$	$b_2 = 50$	$b_3 = 60$	$b_4 = 80$
$a_1 = 150$	4 70	4	2	5 80
$a_2 = 60$	5	3	1 60	2
$a_3 = 90$	2 40	1 50	4	2

З клітинок таблиці, що залишились незаповненими, вибираємо наступне мінімальне значення вартості перевезень, яке дорівнює 2 ум.од. – для клітин A_1B_3 , A_2B_4 , A_3B_1 та A_3B_4 .

Заповнення клітин A_2B_4 та A_1B_3 неможливе, оскільки постачальник A_2 вже повністю вичерпав власний обсяг запасів, задовольняючи потреби споживача B_3 , а споживач B_3 , повністю задовольнив свої потреби. Отже, можна заповнити тільки клітину A_3B_1 чи A_3B_4 . Заповнимо A_3B_1 . Обсяг запасів $a_3 = 90$, причому 50 одиниць продукції вже надано другому споживачеві. Отже, маємо залишок $90 - 50 = 40$, а потреби $b_1 = 110$, тому від третього постачальника до першого споживача плануємо перевезти 40 одиниць продукції. Тепер у клітину

A_3B_4 не можна записати будь-який обсяг постачання, оскільки запаси третього постачальника вже повністю вичерпані.

Знову вибираємо найменшу вартість для клітин таблиці, що залишилися пустими, і продовжуємо процес доти, доки всі запаси не будуть розподілені, а потреби – задоволені.

У результаті таких міркувань отримали початковий опорний план, загальна вартість перевезень для якого становить:

$$F = 70 \cdot 4 + 80 \cdot 5 + 60 \cdot 1 + 50 \cdot 1 + 40 \cdot 2 = 870 \text{ (ум. од.)}$$

Значення цільової функції менше за попередній варіант, значить цей план ближчий до оптимального.

Метод подвійної переваги. Якщо розмірність задачі досить велика, то перебір за методом мінімальної вартості ускладнюється. В такому разі спростити пошук клітин з найменшими вартостями можна, застосовуючи метод подвійної переваги.

Таблиця 4

b_j a_i	$b_1 = 110$	$b_2 = 50$	$b_3 = 60$	$b_4 = 80$
$a_1 = 150$	4 110	4	V 2	5 40
$a_2 = 60$	5	3	VV 1 60	V 2
$a_3 = 90$	V 2	VV 1 50	4	V 2

Згідно з процедурою цього методу перед початком заповнення таблиці

необхідно позначити будь-якими символами клітинки, які містять найменшу вартість у рядках, а потім – у стовпчиках. Таблицю починають заповнювати з клітинок, позначених двічі (які містять вартості, що є мінімальними і в рядку, і в стовпчику). Далі заповнюють клітинки, позначені один раз (що містять мінімальні вартості або в рядку, або в стовпчику), а вже потім – за методом мінімальної вартості.

$$F = 110 \cdot 4 + 40 \cdot 5 + 60 \cdot 1 + 50 \cdot 1 + 40 \cdot 2 = 830 \text{ (ум.од.)}$$

Застосування для побудови опорного плану даного методу уможлиблює отримання найменшого у зіставленні з розглянутими вище значення цільової функції. Отже, такий план є найближчим до оптимального.

Метод потенціалів розв'язування транспортної задач

Задача, двоїста до транспортної. Один із способів розв'язування транспортної задачі ґрунтується на розгляді двоїстої задачі.

Розглянемо транспортну задачу (1 – 4).

Позначимо змінні двоїстої задачі, які відповідають рівнянням (2), через u_i ($i = \overline{1, m}$), а для рівнянь (3) – через v_j ($j = \overline{1, n}$). Оскільки всі обмеження транспортної задачі є рівняннями, то пара спряжених задач є несиметричною і ніякі обмеження на знаки змінних двоїстої задачі u_i ($i = \overline{1, m}$) та v_j ($j = \overline{1, n}$) не накладаються.

Для побудови двоїстої задачі поставимо у відповідність обмеженням початкової задачі змінні двоїстої:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} = a_1; & u_1 \\ x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} = a_2; & u_2 \\ \dots & \vdots \\ x_{m1} + x_{m2} + \dots + x_{mn} = a_m; & u_m \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} x_{11} + x_{21} + \dots + x_{m1} = b_1; & v_1 \\ x_{12} + x_{22} + \dots + x_{m2} = b_2; & v_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots & \vdots \\ x_{1n} + x_{2n} + \dots + x_{mn} = b_n; & v_n \end{cases} \quad (2)$$

$$x_{ij} \geq 0, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}.$$

Згідно з загальними правилами побудови двоїстих задач маємо:

$$\max Z = \sum_{i=1}^m a_i u_i + \sum_{j=1}^n b_j v_j \quad (3)$$

за умов

$$u_i + v_j \leq c_{ij} \quad (4)$$

$$i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}.$$

Змінні u_i та v_j задачі (3), (4) двоїстої до транспортної мають назву **потенціалів**.

Сформулюємо другу теорему двоїстості для задач (1 – 4) та (3) – (4).

Для того, щоб плани відповідних спряжених задач були оптимальними, необхідно і достатньо, щоб виконувалися умови доповнюючої нежорсткості:

$$1) \quad x_{ij}^* (u_i^* + v_j^* - c_{ij}) = 0, \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (5)$$

$$2) \quad \begin{aligned} u_i^* \left(\sum_{j=1}^n x_{ij}^* - a_i \right) &= 0, \quad i = \overline{1, m}; \\ v_j^* \left(\sum_{i=1}^m x_{ij}^* - b_j \right) &= 0, \quad j = \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (6)$$

Зауважимо, що друга група умов для транспортної задачі виконується автоматично, оскільки всі обмеження задачі є рівняннями.

Перша умова виконується у двох випадках:

а) якщо $x_{ij}^* = 0$. Другий співмножник $(u_i^* + v_j^* - c_{ij}) \leq 0$, бо за умовою $u_i + v_i \leq c_{ij}$ ($i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$);

б) якщо $x_{ij}^* \neq 0$, то за умовою транспортної задачі $x_{ij}^* > 0$, тоді $(u_i^* + v_j^* - c_{ij}) = 0 \Rightarrow u_i^* + v_j^* = c_{ij}$ ($i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$).

Необхідність і достатність виконання таких умов для оптимальності планів прямої та двоїстої задач було доведено раніше. Отже, як наслідок другої теореми двоїстості для транспортної задачі отримали необхідні та достатні умови оптимальності плану.

Теорема (умова оптимальності опорного плану транспортної задачі).

Якщо для деякого опорного $X^* = (x_{ij}^*)$ існують числа u_i та v_j , для яких виконуються умови:

$$1) \quad u_i + v_i = c_{ij}, \quad x_{ij} > 0;$$

$$2) \quad u_i + v_i \leq c_{ij}, \quad x_{ij} = 0$$

для всіх $i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$, то він є оптимальним планом транспортної задачі.

Використовуючи наведені умови існування розв'язку транспортної задачі, методи побудови опорних планів та умову оптимальності опорного плану транспортної задачі, сформулюємо алгоритм методу потенціалів, який по суті повторює кроки алгоритму симплексного методу.

Алгоритм методу потенціалів складається з таких етапів:

1. Визначення типу транспортної задачі (відкрита чи замкнута). За необхідності слід звести задачу до замкнутого типу.

2. Побудова першого опорного плану транспортної задачі одним з

відомих методів.

3. Перевірка опорного плану задачі на виродженість. За необхідності вводять нульові постачання.

4. Перевірка плану транспортної задачі на оптимальність.

4.1. Визначення потенціалів для кожного рядка і стовпчика таблиці транспортної задачі. Потенціали опорного плану визначають із системи рівнянь $u_i + v_j = c_{ij}$, які записують для всіх заповнених клітинок транспортної таблиці, кількість яких дорівнює $m + n - 1$, а кількість невідомих – $(m + n)$. Кількість рівнянь на одне менша, ніж невідомих, тому система є невизначеною, і одному з потенціалів надають нульове значення. Після цього всі інші потенціали розраховують однозначно.

4.2. Перевірка виконання умови оптимальності для пустих клітин. За допомогою розрахованих потенціалів перевіряють умову оптимальності $u_i + v_j \leq c_{ij}$ для незаповнених клітинок таблиці. Якщо хоча б для однієї клітини ця умова не виконується, тобто $u_i + v_j > c_{ij}$, то поточний план є неоптимальним, і від нього необхідно перейти до нового опорного плану.

4.3. Вибір змінної для введення в базис на наступному кроці. Загальне правило переходу від одного опорного плану до іншого полягає в тому, що з попереднього базису виводять певну змінну (вектор), а на її місце вводять іншу змінну (вектор), яка має покращити значення цільової функції. Аналогічна операція здійснюється і в алгоритмі методу потенціалів.

Перехід від одного опорного плану до іншого виконують заповненням клітинки, для якої порушено умову оптимальності. Якщо таких клітинок кілька, то для заповнення вибирають таку, що має найбільше порушення, тобто $\max \{ \Delta_{ij} = (u_i + v_j) - c_{ij} \}$.

4.4. Побудова циклу і перехід до наступного опорного плану. Вибрана порожня клітина разом з іншими заповненими становить $m + n$, отже, з цих клітин обов'язково утвориться цикл. У межах даного циклу здійснюють

перерахування, які приводять до перерозподілу постачань продукції. Кожній вершині циклу приписують певний знак, причому вільній клітинці – знак «+», а всім іншим – за черговістю знаки «-» та «+». У клітинках зі знаком «-» вибирають значення $\theta = \min x_{ij}$ і переносять його у порожню клітинку. Одночасно це число додають до відповідних чисел, які містяться в клітинках зі знаком «+», та віднімають від чисел, що позначені знаком «-». Якщо значенню θ відповідає кілька однакових перевезень, то при відніманні залишаємо у відповідних клітинках нульові величини перевезень у такій кількості, що дає змогу зберегти невід’ємність опорного плану.

Внаслідок наведеного правила вибору θ дістаємо новий опорний план, який не містить від’ємних перевезень і задовольняє умови транспортної задачі. Оскільки кількість всіх клітин таблиці, що входять у цикл, є парною і до половини з них те саме чисті θ додається, а від половини віднімається, то загальна сума перевезень по всіх колонках і рядках залишається незмінною.

Доведемо ациклічність нового плану. Вектор умов, який відповідає приєднаній клітині, є лінійною комбінацією векторів базису, які утворюють разом з ним цикл, бо ці вектори входять у згадану комбінацію з відмінними від нуля коефіцієнтами. Виключення з циклу одного з базисних векторів приводить до нової системи з $m + n - 1$ лінійно незалежними векторами, бо інакше введений у новий базис вектор мав би два різних розклади через вектори попереднього базису, що неможливо. А системі лінійно незалежних векторів відповідає ациклічна сукупність клітин таблиці транспортної задачі, що й потрібно було довести.

Отже, клітинка, що була вільною, стає заповненою, а відповідна клітинка з мінімальною величиною x_{ij} вважається порожньою. У результаті такого перерозподілу перевезень продукції дістанемо новий опорний план транспортної задачі.

5. Перевірка умови оптимальності наступного опорного плану. Якщо умова оптимальності виконується – маємо оптимальний план задачі, інакше

необхідно перейти до наступного опорного плану (тобто повернутися до пункту 3 даного алгоритму).

Зауважимо, що аналогічно з розв'язуванням загальної задачі лінійного програмування симплексним методом, якщо за перевірки оптимального плану транспортної задачі для деяких клітин виконується рівність $u_i + v_i = c_{ij}$, то це означає, що задача має альтернативні оптимальні плани. Отримати їх можна, якщо побудувати цикли перерозподілу обсягів перевезень для відповідних клітин.

Приклад 2.

Методи експертних оцінок. Метод строгого ранжирування.

Розглянемо один з методів експертних оцінок – *метод строгого ранжирування*.

Ранжирування – це процедура упорядкування об'єктів, що виконує ОПР чи експерт. При цьому об'єкти розміщуються у міру переваги, обумовленої на основі одного чи декількох заздалегідь обраних показників порівняння.

Результати ранжирування зводять у табл. 1, у кожній клітці основної частини якої зазначено ранги ознаки, що позначаються через β_{ij} .

Таблиця 1

Ознаки (об'єкти), i	Експерти, j				
	1	2	...	$n-1$	n
x_1	β_{11}	β_{12}	...	$\beta_{1,n-1}$	β_{1n}
x_2	β_{21}	β_{22}	...	$\beta_{2,n-1}$	β_{2n}
...
x_m	β_{m1}	β_{m2}	...	$\beta_{m,n-1}$	$\beta_{m,n}$

На основі таблиці рангів узагальнюють думку експертів, для чого:

1) підраховують суму рангів кожної ознаки (для кожної i -ї):

$$\sum_{j=1}^n \beta_{ij}, i = 1, m$$

Ця величина i -ї є критерій ранжирування. Пріоритетним вважають об'єкт, у якого $\sum_{j=1}^n \beta_{ij} = \min \sum_{j=1}^n \beta_{ij}, i \in 1, m$

2) визначають відхилення рангу i -ї ознаки від середньої суми рангів (Т):

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^n \beta_{ij} - T, i = 1, m; T = n \frac{m+1}{2} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \beta_{ij}}{m};$$

3) обчислюють суму квадратів відхилень рангів від їх середньої суми:

$$S = \sum_{i=1}^m \Delta_i^2$$

Після цих підрахунків можна установити, чи є наявний розподіл рангів випадковим, чи він якоюсь мірою пов'язаний (тобто думки експертів деякою мірою узгоджені). Для цього обчислюють коефіцієнт конкордації, що характеризує зв'язок між деякою множиною ознак, вимірюваних порядковою шкалою за наявності даних декількох експертів.

Коефіцієнт узгодженості за відсутності пов'язаних рангів (тобто однакових рангів у ранжуванні кожного експерта) визначають за формулою:

$$W_{(n)} = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)};$$

Коефіцієнт узгодженості можна використовувати для оцінювання будь-якої кількості ознак (об'єктів), виконаних будь-якою кількістю експертів.

Коефіцієнт конкордації має такі властивості:

- змінюється в межах від нуля до одиниці, тобто $0 \leq W_{(n)} \leq 1$
- $W_{(n)} = 1$ тоді і тільки тоді, коли оцінки всіх експертів збігаються (повна узгодженість);
- $W_{(n)} = 0$ всі експерти дали різні оцінки аналізованим ознакам (ніякої узгодженості).

Однак нульовому значенню коефіцієнта узгодженості не завжди відповідає повна відсутність узгодження думок експертів, оскільки в загальній сукупності експертів можуть утворитися групи з протилежними за змістом думками, що взаємно нейтралізуються.

Наведемо приклад використання методу експертних оцінок.

Припустимо, що три експерти розмістили шість альтернатив зміни існуючого парку вантажних вагонів в такий спосіб (табл. 2):

Таблиця 2

Альтернатива ($i = 1,6$)		Експерти ($j=1, n$)			Сума рангів
		1	2	3	
1	Продаж ВВ	5	4	3	12
2	Здача в оренду ВВ	4	6	4	14
3	Покупка ВВ	1	2	2	5
4	Фінансовий лізинг ВВ	6	3	6	15
5	Оренда ВВ	3	5	5	13
6	Зворотний лізинг ВВ	2	1	1	4
Разом					63

Для обчислення коефіцієнта конкордації знайдемо значення S (табл. 3):

$$T = \frac{63}{6} = 10,5$$

$\Delta i = \sum_{j=1}^n \beta_{ij} - T$	12-10,5=1,5	14-10,5=3,5	5-10,5=-5,5	15-10,5=4,5	13-10,5=2,5	4-10,5=-6,5	
A_i^2	2,25	12,25	30,25	20,25	6,25	42,25	113,5

Отже, найбільш сприятливий розвиток парку ПС на думку експертів, може відбуватися за варіантом 6 - зворотний лізинг ПС. Оцінкою варіантів у цьому разі можна скористатися, бо коефіцієнт конкордації 0,72 свідчить про погодженість думок експертів.

$$W = \frac{12 * 113,5}{3^2(6^3 - 6)} = 0,72$$

Завдання практичної частини

Варіанти завдання для самостійної роботи

Дані про постачальників

Таблиця 5.1

A_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_1	200	155	260	180	320	245	180	250	100	270
A_2	100	215	125	215	100	100	195	100	320	120
A_3	260	230	140	200	220	215	260	225	175	190
A_4	240	200	275	205	160	240	165	225	205	220
	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800

Таблиця 5.2

A_i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A_1	300	255	300	215	210	145	280	250	200	370
A_2	200	215	125	180	100	200	195	100	320	120
A_3	160	230	240	200	230	215	160	325	175	190
A_4	140	100	135	205	260	240	165	125	105	120
	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800

Таблиця 5.3

A _i	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A ₁	200	155	300	215	120	145	180	250	200	270
A ₂	100	315	125	180	200	200	295	100	320	220
A ₃	260	130	140	100	230	115	160	225	175	190
A ₄	240	200	235	305	260	340	170	225	105	120
	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800

Споживачі та їхній попит

Таблиця 5.4

B _j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B ₁	140	200	150	160	100	150	100	130	170	130
B ₂	205	150	155	250	150	100	200	180	120	100
B ₃	155	120	130	100	140	155	160	100	190	125
B ₄	160	170	165	150	210	195	130	225	150	185
B ₅	140	160	200	140	200	200	210	165	170	160
	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800

Таблиця 5.5

B _j	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
B ₁	140	200	150	160	100	150	100	130	180	100
B ₂	200	150	155	250	160	100	120	180	120	220
B ₃	150	130	120	100	120	140	240	100	200	135
B ₄	130	170	175	150	200	210	140	205	140	185
B ₅	180	150	200	140	220	200	200	185	160	160
	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800

Таблиця 5.6

B _j	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
B ₁	130	200	160	130	110	100	110	120	190	205
B ₂	215	140	145	270	150	150	100	190	150	115
B ₃	155	160	120	110	120	120	250	100	120	135
B ₄	130	110	175	150	200	210	140	205	200	185
B ₅	170	190	200	140	220	220	200	185	140	160
	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800

Матриця вартості. Приймається до кожного варіанту

Таблиця 5.7

I/j	1	2	3	4	5
1	20	40	65	60	70
2	50	20	15	20	40
3	15	50	30	40	30
4	10	15	25	30	60

Зразки тестових звань для перевірки засвоєння навчального матеріалу

ТЕСТ 1

Оберіть відповіді з наведених варіантів для сформульованих запитань. Для запитань 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9 необхідно обрати лише по одній відповіді з наведених, для запитань 6, 8 – по дві, для запитання 10 – вказати три відповіді. Кожна з правильних відповідей оцінюється в 1 бал, і таким чином максимальна кількість балів за тест становить 14.

1. Метою застосування системного аналізу до конкретної проблеми є:
 - а) отримання нових знань про проблему;
 - б) синтез обґрунтованого оптимального управління системою;
 - в) підвищення ступеня обґрунтованості рішення, що приймається;
 - г) проектування складних інформаційних систем;
 - д) побудова моделі комп'ютерної системи.

2. Системний підхід синтезує:
 - а) системотехніку та логічний позитивізм із залученням інтуїтивних підходів;
 - б) інтуїцію, науковий підхід та дослідні факти;
 - в) індуктивний та казуальний спосіб мислення з залученням інтуїтивних підходів;
 - г) мету, призначення та оточуюче середовище, в якому функціонує складна система;
 - д) дедуктивний та індуктивний спосіб мислення з залученням інтуїції.

3. Логічний позитивізм стверджує, що:
 - а) існує об'єктивна реальність, яка є незалежною та неспотвореною нашими особистими перспективами чи суб'єктивними інтерпретаціями світу.

б) існує зовнішнє середовище, що виявляє активний вплив на систему;
в) факти є багатовимірними і можуть інтерпретуватися по-різному;
г) кожна група вчених надаватиме особливе значення такому підходу до розв'язання складних проблем, який є найсуміснішим з її філософією та методологією;

д) казуальна логіка ґрунтується на принципі причинності.

4. Системотехніка як науковий напрямок описує:

а) правила поведінки інженера, що конструює складні системи;

б) поняття «системна технологія»;

в) систему знань інженера в галузі об'єктів комп'ютеризації;

г) методи системного аналізу інженерних систем;

д) абстрактні інженерні моделі реальних систем.

5. Системний аналіз – це:

а) методологія дослідження таких властивостей та відношень в об'єктах, які важко спостерігаються та важко розуміються, за допомогою представлення цих об'єктів у вигляді цілеспрямованих систем;

б) технологія конструювання складних систем з урахуванням їх призначення та мети функціонування;

в) методологія представлення великих об'єктів у вигляді важко зрозумілих цілеспрямованих систем;

г) методика розрахунку параметрів об'єктів, які важко спостерігаються та важко розуміються, за допомогою представлення цих об'єктів у вигляді цілеспрямованих систем;

д) методологія виявлення цілеспрямованих систем та дослідження таких властивостей та відношень в об'єктах, які важко спостерігаються та важко розуміються.

6. Потреба в СА виникає в тому випадку, коли виникають такі ситуації:

а) створюються великі системи;

б) існують варіанти розв'язання проблеми або досягнення взаємозв'язаного комплексу цілей, які важко порівняти;

в) розв'язується проблема, що періодично виникає, за допомогою СА вона формулюється, визначається, що і про що потрібно взяти, і хто повинен знати;

г) розв'язання проблеми вимагає великої кількості однорідного ресурсу;

д) розв'язання проблеми передбачає координацію цілей з особами, що приймають рішення;

е) існує багато варіантів розв'язання проблеми або досягнення взаємозв'язаного комплексу цілей, які порівнюються між собою за допомогою одного критерію;

є) розв'язання проблеми передбачає координацію цілей з множиною засобів їхнього досягнення;

ж) коли важливі рішення повинні прийматися в умовах детермінованості та (або) на достатньо віддалену перспективу.

7. Здійснюючи позитивну селекцію:

а) система за рахунок призначення збільшує кількість внутрішніх зв'язків, підвищує свою складність, підвищуючи разом з цим ефективність свого функціонування;

б) система видаляє всі вибухонебезпечні джерела, долаючи внутрішній антагонізм організації, підвищує її однорідність, порядок в ній, систематизацію, структурну стійкість;

в) навколишнє середовище збільшує кількість внутрішніх зв'язків, підвищує свою складність, підвищуючи разом з цим ефективність свого функціонування;

г) система за рахунок зовнішнього середовища збільшує кількість

внутрішніх зв'язків, підвищує свою складність, підвищуючи разом з цим ефективність свого функціонування;

д) система переходить в стан динамічної рівноваги з зовнішнім середовищем.

8. Системний аналіз відрізняється від інших методів дослідження тим, що:

а) враховує принципову величину об'єкта, що досліджується;

б) бере до уваги розгалужені та стійкі взаємні зв'язки між елементами оточення;

в) враховує неможливість спостереження всіх властивостей об'єкта та оточуючого середовища;

г) ґрунтуючись на відомих властивостях складних систем дозволяє виявити нові конкретні властивості та взаємні зв'язки конкретного об'єкта дослідження;

д) на відміну від інших методів, в яких точно визначені об'єкти, включає як один з важливих етапів визначення об'єкта, його знаходження чи конструювання;

е) реальні явища, їх властивості та зв'язки з оточенням переводяться далі в якісні описання взаємодій;

є) орієнтується на розв'язання «правильно сформульованих» задач, а не на створення правильної постановки задачі та вибір відповідних методів для її розв'язання;

ж) основне в СА – знайти шлях, яким можна перетворити просту проблему в складну, яким чином не лише просту до розв'язання, але й для розуміння проблему перетворити в послідовність складних задач, для яких необхідно розробити методи їх розв'язання;

з) СА завжди абстрактний – завжди має справу з формально чітко поставленою проблемою, математичною моделлю дослідження, є

продуктивним завжди.

9. Негативна селекція:

а) видаляє всі вибухонебезпечні джерела, долаючи внутрішній антагонізм організації, підвищує її однорідність, порядок в ній, систематизацію, структурну стійкість;

б) стабілізує всі вибухонебезпечні джерела, долаючи внутрішній антагонізм організації, підвищує її однорідність, порядок в ній, систематизацію, структурну стійкість;

в) за рахунок навколишнього середовища зменшує кількість внутрішніх зв'язків, підвищує свою складність, підвищуючи разом з цим ефективність свого функціонування;

г) система за рахунок зовнішнього середовища збільшує кількість внутрішніх зв'язків, підвищує свою складність, підвищуючи разом з цим ефективність свого функціонування;

д) система переходить в стан розвитку з врахуванням мети функціонування.

10. З кібернетикою пов'язаний розвиток таких системних уявлень, як:

а) виявлення та компенсація зворотних зв'язків в системі;

б) розвиток теорії багаторівневих ієрархічних систем організаційного керування;

в) типізація моделей систем, виявлення особливого значення зворотних зв'язків у системі;

г) розвиток методології моделювання;

д) становлення САЗЕ-технологій проектування складних систем;

е) казуальна логіка;

є) виявлення структури та системотворчих відношень зовнішнього середовища;

ж) усвідомлення значення інформації та можливостей її кількісного описання.

Результати тесту оцінюються таким чином: якщо кількість отриманих балів знаходиться в межах 0 – 7 – «незадовільно», 8 – 10 – «задовільно», 11 – 12 – «добре», 13 – 14 – «відмінно».

Перелік правильних відповідей на запитання тесту

1. в), 2. д), 3. а), 4. а), 5. а), 6. б), є), 7. г), 8. г), д), 9. а), 10. в), г), ж).

ТЕСТ 2.

Оберіть відповіді з наведених варіантів для сформульованих запитань. Для запитань 3,4,6,7,8 необхідно обрати лише по одній відповіді з наведених, для запитань 1,2,5 – по дві. Кожна з правильних відповідей оцінюється в 1 бал, і таким чином максимальна кількість балів за тест становить 11.

1. Система – це:

а) множина об'єктів разом з відношеннями між об'єктами та зовнішнім середовищем;

б) множина об'єктів разом з відношеннями між об'єктами та між їх атрибутами;

в) множина функцій, на якій визначене задане відношення з фіксованими властивостями;

г) комплекс взаємозв'язаних елементів, що утворюють цілісність;

д) утворює особливу єдність з функціями та є елементом «надсистеми»;

е) комплекс елементів, що взаємодіє з зовнішнім середовищем;

є) структура та множина функцій, які підпорядковані глобальній меті.

2. Декомпозиція – це:

- а) поділ системи на частини з метою зробити зручнішими певні операції з цією системою;
- б) спрощення системи, надміру складної для розгляду цілком;
- в) об'єднання елементів в систему шляхом визначення системотворчих відношень;
- г) ускладнення системи, надміру простої для виконання визначених функцій;
- д) розподіл функцій системи за класами з метою її кращого пізнання;
- е) все те, що виконує система або може виконувати відповідно до свого призначення;
- є) це множина частин або форм (елементів), які знаходяться у взаємодії та специфічному порядку.

3. Функція системи – це:

- а) спрощення системи, надміру складної для розгляду цілком;
- б) сукупність станів елементу в просторі та часі;
- в) об'єднання елементів в систему шляхом визначення системотворчих відношень;
- г) все те, що виконує система або може виконувати відповідно до свого призначення;
- д) стійка упорядкованість у просторі і в часі елементів і зв'язків системи.

4. Принцип децентралізації орієнтує на:

- а) повну централізацію, що сприяє підвищенню ступеня керованості складною системою;
- б) розумну децентралізацію з повною свободою дій для елементів системи, що сприяє реалізації призначення системи;
- в) розумний компроміс між повною централізацією та наданням

здатності реагувати на певні дії частинам системи;

г) досягнення спільної мети в сильно децентралізованій системі;

д) реалізацію сильного зворотного зв'язку з метою забезпечення повернення на планову траєкторію.

5. Структура – це:

а) множина частин або форм (елементів), які знаходяться у взаємодії та специфічному порядку, необхідному для реалізації функцій;

б) це стійка упорядкованість у просторі і в часі елементів та зв'язків між системою та зовнішнім середовищем;

в) множина обмежень на потоки в просторі та часі;

г) сукупність всіх об'єктів, зміна яких впливає на систему, а також об'єктів, що змінюються під дією системи;

д) те, що може чи повинно виникнути, прообраз майбутнього, стан, який бажано досягнути;

е) сукупність станів елементу в просторі та часі;

є) те, що є первинним щодо функції.

6. За наявністю інформації про способи досягнення цілей виділяються такі їх класи:

а) функціональні цілі, цілі-аналоги, ідеали;

б) мікроцілі, макроцілі, генеральна ціль;

в) тактичні цілі, макроцілі, ідеали;

г) тактичні цілі, цілі-аналоги, цілі розвитку;

д) функціональні цілі, цілі-аналоги, цілі розвитку.

7. Досягнення спільної мети в дуже децентралізованій системі забезпечується:

а) стійким механізмом регулювання, що реалізує позитивний обернений

зв'язок, який веде до досягнення спільної мети;

б) координацією потоків, що надходять у систему з зовнішнього середовища;

в) керуючими діями верхніх рівнів ієрархії;

г) стійким механізмом регулювання, що не дозволяє сильно відхилитися від поведінки, яка веде до досягнення спільної мети;

д) обмеженням впливів зовнішнього середовища на елементи та структуру системи.

8. Ієрархія – це:

а) структура з підпорядкованістю, тобто з нерівноправними зв'язками – дії в одному напрямку виявляють набагато більший вплив, аніж в оберненому;

б) деревовидна структура, в якій відношення підпорядкування служать для забезпечення інформованості верхніх рівнів ієрархії;

в) мережа, в якій завдяки наявності великої кількості зв'язків між елементами забезпечується стійкість системи;

г) система, в якій діють негативні зворотні зв'язки, що сприяють досягненню системою глобальної мети;

д) структура з жорстким підпорядкуванням та централізацією і наявністю асиметричних зв'язків, внаслідок чого завжди забезпечується досягнення генеральної мети.

9. Цілеспрямовані системи:

а) закриті, тобто обмінюються матерією, енергією та інформацією зі своїм оточуючим середовищем;

б) можуть зберігати високий рівень організованості та розвиватися в бік збільшення порядку та складності;

в) це системи, елементами котрих є поняття, зв'язані між собою відношеннями;

г) це системи, в яких людина ставить цілі не лише перед технічними системами, але й перед людьми, що входять до таких систем як елементи;

д) такі системи, в яких основою формування організації є чинники доцільності і визначення цілей;

е) це системи, спроможні до вибору своєї поведінки залежно від внутрішньо властивої їм (іманентної) цілі;

є) це системи, головною відмінністю яких від казуальних є відсутність інформаційних взаємодій;

ж) з часом досягають положення рівноваги, в якому не взаємодіють із зовнішнім середовищем;

з) зберігає свій склад незмінним, незважаючи на неперервну взаємодію з зовнішнім середовищем.

10. Складність:

а) не має чіткого формального визначення;

б) має декілька формальних визначень, залежно від аспекту розгляду;

в) може бути висловлена за допомогою одного універсального показника;

г) не може ототожнюватися з поняттям «важкість»;

д) полягає в тому, що складна проблема, зазвичай, має велику кількість розв'язань, і ці розв'язання мають багато призначень;

е) проблем викликана їх сильною структурованістю, багатобічністю мети їх розв'язання;

є) є взаємодією та взаємною залежністю, причому взаємні залежності складових системи є симетричними зі змінною інтенсивністю;

ж) виявляється також в динамічній поведінці системи, тому що глибинна природа фізичних процесів принципово стохастична;

з) ґрунтується на понятті функції, що може бути обчислена, та еквівалентного алгоритму, що може бути реалізований машиною Тьюринга;

и) виявляється у стійкості агрегованих характеристик складних явищ та процесів, що служить основою для прогнозування, без чого неможливо планувати, керувати та проектувати.

11. Казуальні системи – це:

- а) пристрої, що використовуються для виконання вимог, які усвідомлені ними самими;
- б) системи, що визначають свої цілі залежно від зовнішнього середовища;
- в) системи, в яких формування організації є результатом дії причинно-наслідкових зв'язків;
- г) сприймають потреби для того, щоб формувати і реалізувати дії з множини альтернативних для задоволення власних потреб;
- д) системи, цілі яких визначені їх творцями;
- е) системи, що не взаємодіють із зовнішнім середовищем;
- є) не можуть бути підсистемами будь-якої іншої системи.

12. Статистична концепція складності:

- а) ґрунтується на тому, що агреговані характеристики багатьох стохастичних явищ та процесів, що описуються в термінах систем, виявляються за умов слабозмінного середовища статистично стійкими;
- б) має наслідком те, що статистична стійкість агрегованих характеристик складних явищ та процесів служить основою для прогнозування, без чого неможливо планувати, керувати та проектувати;
- в) вимагає невеликого обсягу спостережень, необхідного для достатньо надійної апроксимації сумісного розподілу ймовірностей випадкового вектора як моделі системи;
- г) розглядає складність розв'язання оптимізаційних задач;
- д) зводиться до складності описання алгоритму розв'язання задач

визначеного класу;

е) оцінює мінімально можливу довжину програми розв'язання фіксованої масової проблеми, але не дає уявлення про динамічні (зовнішні) характеристики процесу обчислень;

є) ґрунтується на понятті функції, що може бути обчислена, та еквівалентного алгоритму, що може бути реалізований машиною Тьюринга;

ж) ґрунтується на аналізі властивостей предикатів, які характеризують систему.

13. Керування:

а) це цілеспрямоване втручання в перебіг процесів у системі;

б) є унікальним терміном у сенсі багатозначності його конкретних реалізацій;

в) робить систему незалежною від змін зовнішнього середовища;

г) забезпечує необхідний рівень стійкості системи у процесах її взаємодії з зовнішнім середовищем та взаємодій всередині самої системи;

д) дозволяє конкретизувати призначення системи;

е) забезпечує безваріантний характер процесу досягнення мети складною системою;

є) не завжди скеровуватиме до досягнення поставленої мети в системах з заданою жорсткою програмою діяльності.

14. Параметрична адаптація:

а) це керування, що полягає в підлаштуванні значень параметрів системи до того часу, поки не буде забезпечене досягнення мети;

б) вимагає зміни структури існуючої складної системи;

в) в найближчому майбутньому прагне повернути систему на планову траєкторію шляхом додаткового керування;

г) необхідна тоді, коли потрібна траєкторія руху відома, і, відповідно,

відоме й правильне керування;

д) приводить до того, що все відбувається згідно з наміченою програмою.

15. Емерджентність – це така властивість складної системи, яка:

а) дозволяє розглядати деякий об'єкт як систему безвідносно до конкретних властивостей та відношень;

б) відображає той факт, що стан системи – це функція як станів її елементів, так і відношень (зв'язків) між ними;

в) стверджує, що система поводить себе як одне ціле, якщо зміни однієї зі змінних викликають зміни інших змінних;

г) полягає в тому, що у складної системи наявні властивості, що не можуть бути виведені з відомих властивостей елементів, які входять до її складу;

д) стверджує, що при незмінних способах дії елементів спосіб дії системи не змінюється, якщо змінюється структура системи;

е) дозволяє розглядати систему як підсистему системи вищого рівня;

є) дозволяє розглядати підсистему як систему зі своїм складом елементів та зв'язків між ними.

16. Синергізм полягає в тому, що:

а) в деяких системах кожна зі змінних може розглядатися незалежно від інших, і відхилення системи загалом є фізичною сумою відхилень її окремих елементів;

б) відкриті системи розвиваються в напрямку диференціації та спеціалізації;

в) з часом одна зі складових системи може стати домінуючою, тобто зміни в цій складовій спричиняють зміни в багатьох інших;

г) ефективність сумісного функціонування елементів системи вища, ніж

сумарна ефективність ізольованого функціонування цих же елементів;

д) вхідні інформаційні потоки в системі використовуються для корегування відхилень шляхом негативного оберненого зв'язку або керування за збуреннями.

Результати тесту оцінюються таким чином: якщо кількість отриманих балів знаходиться в межах 0 – 5 – «незадовільно», 6 – 7 – «задовільно», 8 – «добре», 9 – 10 – «відмінно».

Перелік правильних відповідей на запитання тесту

1. б), г), 2. а), б), 3. г), 4. в), 5. а), в), 6. д), 7. г), 8. а). 9. б), д), е), 10. а), д), є), 11. в), д), 12. а), б), 13. а), г), 14. а), 15. б), г), 16. г).

ТЕСТ 3

Оберіть відповіді з наведених варіантів для сформульованих запитань.

Для запитань 1, 5, 6 необхідно обрати лише по одній відповіді з наведених, для запитань 3, 4 – по дві, для запитання 2, – три. Кожна з правильних відповідей оцінюється в 1 бал, і таким чином максимальна кількість балів за тест становить 10.

1. Метод моделювання:

а) вивчас об'єкт не безпосередньо, а шляхом дослідження іншого об'єкта, аналогічного в певному сенсі першому;

б) відрізняється від інших методів пізнання тим, що об'єкт вивчається з його допомогою безпосередньо;

в) є не методом пізнання, а методом практичного вивчення системи за допомогою об'єкта-посередника, роль якого виконує дослідник;

г) ґрунтується на гіпотезах, досвіді дослідника та формальних моделях;

д) не застосовує аналогію, зосереджуючись на висуненні гіпотез та перевірці їх адекватності.

2. Модель:

а) висувається за аналогією з перевіреними шляхом експерименту

науковими положеннями;

б) набуває доказову силу лише після підтвердження її експериментально;

в) це твердження про схожість речей, явищ, процесів в різних об'єктах, по суті рух думки від відомого до невідомого;

г) знаходиться при моделюванні між суб'єктом-дослідником та об'єктом пізнання;

д) це заміщувач об'єкта дослідження, що знаходиться з ним в такій відповідності, яка дозволяє отримати нове знання про дослідника;

е) охоплює об'єкт повністю, тобто завжди повно представляє об'єкт з боку всіх його властивостей;

є) це заміщувач об'єкта дослідження, що знаходиться з ним в такій відповідності, яка дозволяє отримати нове знання про цей об'єкт;

ж) цільовим відображенням, що виявляється в одиничності моделі одного й того самого об'єкта – модель відображає не об'єкт-оригінал сам собою, а те, що нас цікавить в ньому;

з) модель є прагматичним засобом, засобом керування, засобом організації практичних дій, способом представлення зразково правильних дій та їх результату, тобто робочим представленням цілей.

3. Скінченність моделі полягає в:

а) пізнанні реальних об'єктів;

б) тому що з безмежної множини властивостей об'єкта-оригіналу обираються та використовуються лише деякі властивості, що подібні на ті властивості об'єкта-моделі, які цікавлять дослідника;

в) необхідності пізнавати нескінченний світ за допомогою скінченних засобів;

г) тому, що модель подібна до об'єкта-оригіналу скінченною кількістю відношень;

д) ієрархічній природі абстракцій, тобто існують не лише моделі реальних об'єктів, але й «моделі моделей», і кількість таких рівнів обмежується лише практичною потребою;

е) тому, що спрощення є сильним засобом виявлення головних ефектів в явищі, що досліджується;

є) тому, що з безмежної множини властивостей об'єкта-моделі обираються та використовуються лише деякі властивості, що подібні на ті властивості об'єкта-оригіналу, які цікавлять дослідника.

4. Модель є простішою за оригінал тому, що:

а) спрощення є сильним засобом виявлення головних ефектів в явищі, яке досліджується;

б) спрощення моделі пов'язане з необхідністю оперування з нею;

в) з двох моделей, які однаково добре описують явище, зазвичай складніша виявляється ближчою до дійсної природи явища, що вивчається;

г) простіша модель є ближчою до об'єкта дослідження;

д) модель – це беззаперечно завжди інший об'єкт, ніж оригінал;

е) за допомогою моделі досягається попередньо визначена ціль;

є) вона є адекватною до об'єкта, що моделюється.

5. Зв'язок між системою, що моделюється, і нашими знаннями про неї та моделлю:

а) є ізоморфізмом;

б) є гомоморфізмом;

в) дозволяє отримати нове знання про об'єкт дослідження;

г) є засобом осмислення дійсності;

д) є засобом постановки та проведення експериментів.

6. Нормативні моделі:

а) це моделі, з допомогою яких можна лише описувати, аналізувати поведінку системи;

б) включають критерії, а тому й вказують, як повинна функціонувати система, що моделюється;

в) це моделі, які нагадують реальну систему;

г) описують функціонування системи у вигляді певних функціональних залежностей та (або) логічних співвідношень;

д) відтворюють процес функціонування системи в часі шляхом моделювання елементарних явищ в ній, обміну сигналами між елементами системи, формування вихідних сигналів та зміни станів елементів.

Результати тесту оцінюються таким чином: якщо кількість отриманих балів знаходиться в межах 0 – 5 – «незадовільно», 6 – 7 – «задовільно», 8 – «добре», 9 – 10 – «відмінно».

Перелік правильних відповідей на запитання тесту

1. а); 2. г), є), з); 3. г), є); 4. а), б); 5. в); 6. б).

ТЕСТ 4.

Оберіть відповіді з наведених варіантів для сформульованих запитань.

Дія всіх запитань, крім 9-го необхідно обрати по дві відповіді з усіх наведених. Для 9-го запитання потрібно вказати 3 відповіді. Кожна з правильних відповідей оцінюється в 1 бал, і таким чином максимальна кількість балів за тест становить 21.

1. Структурування у процесі побудови дерева цілей дає можливість:

а) виявити систему переваг системного аналітика, що суттєво сприятиме розв'язанню складної проблеми;

б) забезпечити визначену логіку розв'язання проблеми, деталізувати цілі і шляхи їхнього досягнення, виявити існуючі між ними взаємозв'язки;

в) розробити сценарій, що являє собою прогноз політичної картини світу на період, що планується;

г) перевірити повноту представлення та ненадлишковість цілей кожного рівня;

д) використати експертні оцінки та обґрунтувати їхню об'єктивність;

е) одержати інформацію про складну проблему, що характеризується великим ступенем невизначеності;

є) розкрити нові можливості рішення досліджуваної проблеми на різних рівнях керування, навіть при проведенні чисто якісного аналізу одержати нові ідеї.

2. Для перевірки повноти і внутрішньої несуперечливості дерева цілей застосовуються такі правила:

а) при просуванні знизу догори деревом цілей підціль-нащадок утворюється шляхом відповіді на запитання «що потрібно зробити, щоб реалізувати безпосередню ціль-предок попереднього рівня?»

б) підціль нижчого рівня повинна відповідати на запитання, для чого необхідна безпосередня ціль-предок;

в) при розгляді множини безпосередніх підцелей-нащадків, необхідних для досягнення однієї цілі, необхідно уточнити, чи всі підцілі дійсно необхідні для її досягнення;

г) дерево цілей будується знизу догори, з поступовим узагальненням цілей нижніх рівнів при переході до вищих рівнів;

д) з цілей нижніх рівнів повинна бути можливість отримати генеральну ціль системи;

е) підціль-нащадок утворюється шляхом відповіді на запитання «що потрібно зробити, щоб реалізувати безпосередню ціль-предок попереднього рівня?» в процесі руху згори донизу деревом цілей;

є) при розгляді множини підцелей-нащадків на всіх рівнях ієрархії,

необхідних для досягнення генеральної цілі, необхідно уточнити, чи всі підцілі дійсно необхідні для її досягнення.

3. Для формування верхніх рівнів дерева цілей застосовуються такі правила:

а) складові верхнього рівня структури дерева визначаються відповідями на такі запитання: які критерії найважливіші? Які з гілок дерева можна відтяти без втрати суттєвої інформації? На яку кількість підцілей розбити ціль-предок?

б) загальні цілі реалізуються в близькій перспективі;

в) дерево цілей обмежується за рахунок виключення гілки підцілей віддаленої перспективи та віддаленого середовища;

г) в першу чергу відтинаються гілки дерева, яким відповідають малі значення коефіцієнта відносної важливості;

д) при просуванні знизу догори ціль вищого рівня повинна відповідати на запитання, для чого необхідна безпосередня підціль-нащадок?

е) не розглядаються розв'язані задачі, а також задачі, розв'язання яких очікується в найближчі роки;

є) складові верхнього рівня структури дерева визначаються відповідями на такі запитання: що потрібно дізнатися для розв'язання проблеми? Що потрібно створити для розв'язання проблеми? Що потрібно організувати у процесі розв'язування проблеми?

4. Метод Дельфі:

а) був розроблений для розв'язання складних проблем, в яких взаємозв'язки між змінними та параметрами описуються функціональними залежностями;

б) є методом підвищення об'єктивності експертних опитувань з використанням кількісних оцінок при оцінці дерева цілей і при розробці сценаріїв;

в) був розроблений з метою граничного зменшення впливу суб'єктивного фактора, стимулювання способів мислення спеціалістів шляхом створення інформаційної системи з оберненими зв'язками, усунення завад в обміні інформацією між фахівцями, розв'язання складних стратегічних проблем;

г) на відміну від методу сценаріїв не передбачає попереднє ознайомлення фахівців з ситуацією за допомогою певної моделі;

д) забезпечує найпродуктивнішу працю експертної комісії відкритістю процедури опитування експертів;

е) реалізує зворотній зв'язок в декілька турів шляхом спілкування між експертами;

є) надає пояснення для складних систем у вигляді формальної моделі складної системи чи проблеми, що повинна бути розв'язана.

5. Функціонально-вартісний аналіз (ФВА):

а) проводиться з метою забезпечення якіснішого виконання системою своїх функцій;

б) проводиться для процесів та продуктів для зниження витрат та собівартості;

в) на відміну від традиційних підходів розподіляє накладні витрати відповідно до детального прорахунку структури виробу;

г) це метод визначення вартості й інших характеристик виробів, послуг і споживачів, який ґрунтується на використанні функцій і ресурсів, задіяних у виробництві, маркетингу, продажу, доставці, технічній підтримці, наданні послуг, обслуговуванні клієнтів, а також у забезпеченні якості.

д) використовує систему показників лише для поточного (оперативного) керування;

е) допомагає на стратегічному рівні в прийнятті рішень зі збільшення прибутку і підвищення ефективності діяльності підприємства;

є) ґрунтується на результатах стратегічного аналізу, вартісного аналізу, аналізу в часі, аналізу трудомісткості, визначенні цільової вартості і розрахунку вартості, виходячи з циклу життя продукту чи послуги.

6. РМЕА-аналіз – це:

а) технологія аналізу якості пропонованих проектувальником технічних рішень, принципів дії виробу і його елементів; РМЕА проводиться для розроблюваних продуктів і процесів;

б) технологія проектування виробів і процесів, яка дозволяє перетворювати побажання споживача в технічні вимоги до виробів і параметрів процесів їхнього виробництва;

в) технологія, що проводиться для розроблюваних продуктів і процесів з метою зниження ризику споживача від потенційних дефектів;

ґ) технологія, що показує, як можна перерозподілити ресурси з максимальною стратегічною вигодою, допомагає виявити можливості тих факторів (якість, обслуговування, зниження вартості, зменшення трудомісткості), що мають найбільше значення, а також визначити найкращі варіанти капіталовкладень;

д) технологію аналізу можливості виникнення і впливів дефектів виробів на споживача;

е) система вартісних і часових показників, показників трудомісткості і трудо-затрат, а також відносних показників, що характеризують ефективність діяльності центрів відповідальності на підприємстві.

6. ФВА/АВС-метод дає відповіді на такі питання:

а) які продукти/послуги/клієнти, які ресурси споживають, через виконання яких дій (функцій, операцій) і в якій пропорції?

б) які існують можливості контролю появи дефектів у виробі; визначається, чи може дефект бути виявленим до настання наслідків у

результаті передбачених в об'єкті заходів з контролю, діагностики, самодіагностики й ін.?

в) як зменшити витрати і ризик виникнення дефектів виробів – як тих, що продукуються, так і тих, що проектуються?

г) яким чином забезпечити якість виконання бізнес-процесу?

д) на яких фізичних принципах ґрунтується функціонування технічних об'єктів, які в них виявлені технічні та фізичні суперечності?

е) яким чином виробник перетворює фактичні показники якості виробу в технічні вимоги до продукції, процесів та устаткування?

є) які центри витрат залучені в бізнес-процес і в якій пропорції вони використовують ресурси?

7. Функціонально-вартісний аналіз дозволяє:

а) перетворити фактичні показники якості виробу в технічні вимоги до продукції, процесів та устаткування;

б) враховувати вимоги споживача на всіх стадіях виробництва виробів, для всіх елементів якості підприємства і, таким чином, різко підвищити ступінь задоволеності споживача, знизити витрати на проектування і підготовку виробництва виробів;

в) підвищити якість проектних рішень, створювати в короткий термін високоефективні зразки техніки і технологій і в такий спосіб забезпечувати конкурентну перевагу підприємства;

г) визначити, хто чи що (людина, об'єкт, продукція, послуга, устаткування і т. ін.) створює чи є причиною витрат?

д) визначити прийоми розв'язання суперечностей і напрямку вдосконалення технічного об'єкта;

е) визначити і провести загальний аналіз собівартості бізнес-процесів на підприємстві (маркетинг, виробництво продукції і надання послуг, збут, менеджмент якості, технічне і гарантійне обслуговування й ін.);

є) виявити потенційні дефекти для кожного з елементів компонентної моделі об'єкта; такі дефекти звичайно зв'язані чи з відмовленням функціонального елемента (його руйнуванням, поломкою і т. ін.) чи з неправильним виконанням елементом його корисних функцій (відмовленням по точності, продуктивності тощо) чи зі шкідливими функціями елемента.

8. За допомогою ФВА можна так реорганізувати діяльність, щоб було досягнуто постійне зниження вартості, трудомісткості і часу виготовлення продукції, для чого необхідно виконати такі дії:

а) виявити потенційні причини дефектів виробів;

б) проаналізувати функції для визначення можливостей підвищення ефективності їхнього виконання;

в) спроектувати вироби і процеси таким чином, щоб перетворювати побажання споживача в технічні вимоги до виробів і параметрів процесів їхнього виробництва;

г) виключити причину виникнення дефекту; за допомогою зміни конструкції чи процесу зменшити можливість виникнення дефекту;

д) сформулювати ранжований перелік функцій за вартістю, трудомісткістю чи часом;

е) визначити, чи може дефект виробу бути виявленим до настання наслідків у результаті передбачених в об'єкті заходів з контролю, діагностики, самодіагностики й ін.;

є) скоротити час, необхідний для виконання функцій;

ж) проаналізувати якість запропонованих проектувальником технічних рішень, принципів дії виробу і його елементів.

9. Метод сценаріїв:

а) спрямований на відкриття нових ідей і досягнення згоди групи людей на основі інтуїтивного мислення;

б) ґрунтується на припущенні, що розходження в дискусіях залежать від суперечливих початкових даних про параметри проблеми, цілі та макроцілі акторів у процесі її планування та розв'язання;

в) пристосований до аналізу слабо структурованих проблем, в яких вироблення стратегії розвитку спирається на гостро конфліктні припущення;

г) є засобом первісного впорядкування проблеми та засобом отримання та збирання інформації про взаємні зв'язки проблеми з іншими проблемами та про можливі та ймовірні напрямки майбутнього розвитку;

д) забезпечує якнайбільшу свободу мислення учасникам колективної генерації ідей і висловлення ними нових ідей;

е) дозволяє побудувати сценарій, що передбачає не лише змістовні міркування, які допомагають не упустити деталі, які неможливо врахувати у формальній моделі (у цьому власне і полягає основна роль сценарію), але і містить, зазвичай, результати кількісного техніко-економічного чи статистичного аналізу з попередніми висновками;

є) є систематичним методом інтеграції соціальних цінностей громадян та наукових знань експертів.

Результати тесту оцінюються таким чином: якщо кількість отриманих балів знаходиться в межах 0 – 10 – «незадовільно», 11 – 15 – «задовільно», 16 – 18 – «добре», 19 – 21 – «відмінно».

Перелік правильних відповідей на запитання тесту

1. б), є); 2. в), е); 3. в), є); 4. б), в) 5. б), г); 6. в), д); 7. а), є); 8. г), е); 9. б), д), є); 10. г), е).

ТЕСТ 5

Оберіть відповіді з наведених варіантів для сформульованих запитань. Для запитань необхідно обрати по дві відповіді з усіх наведених. Кожна з правильних відповідей оцінюється в 1 бал, і таким чином максимальна

кількість балів за тест становить 8.

1. Необхідними припущеннями при побудові аксіоматичних моделей систем є:

- а) наявність процедури виявлення аксіом, або власне аксіом;
- б) достатність математичної моделі;
- в) отримання експериментальних даних шляхом зовнішнього дослідження;
- г) інтерпретація формальних статистичних моделей, визначення меж їхньої змістовної та формальної дійсності та застосовності;
- д) використання накопичених знань про систему, змістовних описань та гіпотетичних формальних уявлень про внутрішні механізми функціонування системи;
- е) структуризація мети функціонування системи;
- є) адекватне описання обмежень.

2. Побудова моделі системи у вигляді «чорної скрині» не є тривіальним завданням, тому що:

- а) критерієм відбору є цільове призначення моделі, суттєвість того чи іншого зв'язку відносно цієї мети;
- б) те, що є суттєвим – включається, що ні – не включається до списку входів та виходів моделі;
- в) будь-яка реальна система, як і інший об'єкт, взаємодіє з об'єктами зовнішнього середовища безмежним числом способів;
- г) ті зв'язки, які спочатку здавалися нам несуттєвими, насправді є важливими і повинні бути враховані;
- д) необхідно поряд з генеральною метою сформулювати перелік додаткових цілей, тому що виконання лише генеральної мети є недостатнім;
- е) проблемою є визначення, які входи та виходи потрібно включати до

складу моделі;

є) моделі у вигляді «чорної скрині» – це моделі типу «вхід – вихід»;

ж) статистичні моделі будуються на основі експериментальних даних шляхом пасивного або активного експерименту.

3. Проблеми оптимізації в системному аналізі полягають в тому, що:

а) аксіоматичні та статистичні моделі – це моделі описового, або дескриптивного типу;

б) в оптимізаційних моделях наявна нормативна функція – критерій якості;

в) оптимізаційна модель включає в себе формальну модель взаємозв'язків між змінними та параметрами;

г) оптимізаційна модель будується на основі змістовного описання;

д) незначні зміни в умовах задачі можуть привести до вибору суттєво різних альтернатив;

е) локально оптимальне рішення може бути й зовсім не оптимальним з точки зору «надсистеми», що приводить до необхідності координувати критерії підсистем з критеріями системи;

є) виникають складності з кількісним описанням мети;

ж) одним з найважливіших аспектів оптимізації є адекватне описання обмежень.

4. У процесі проведення експериментів на імітаційній моделі можливе внесення таких змін:

а) у сукупність знань експертів з даної проблеми;

б) у загальносистемні властивості;

в) в характері та змісті інформації про процеси, що спостерігаються за допомогою моделі;

г) у значення змінних, що мають відповідники та є суттєвими з точки

зору дослідника в реальній системі;

- д) у поведінку системи в особливих ситуаціях;
- е) значення екзогенних змінних;
- є) включення нових зв'язків та елементів і виключення інших.

Результати тесту оцінюються таким чином: якщо кількість отриманих балів знаходиться в межах 0 – 4 – «незадовільно», 5 – 6 – «задовільно», 7 – «добре», 8 – «відмінно».

Перелік правильних відповідей на запитання тесту

1. а), б); 2. в), е); 3. д), е); 4. е) є).

ТЕСТ 6

Оберіть відповіді з наведених варіантів для сформульованих запитань.

Для запитання 3 необхідно обрати лише одну відповідь з наведених, для запитань 1, 2, 6 – по дві, для запитання 4, 5, 7 – вказати три відповіді. Кожна з правильних відповідей оцінюється в 1 бал, і таким чином максимальна кількість балів за тест становить 16.

1. Планування:

- а) це система, що має структуру, призначення, функції, потоки;
- б) слід застосовувати у всіх без винятку галузях діяльності людей;
- в) це санкціонований спосіб досягнення цілей, що надаються шляхом загальноприйнятих процедур прийняття рішень;
- г) потребує певних припущень про поточні реалії, майбутні імовірності та методів виявлення та оцінювання інформації про реалії та майбутнє;
- д) це процес, який скерований на збільшення розходження між бажаним та імовірним майбутнім;
- е) висунення гіпотези про бажане майбутнє та політики його досягнення.

2. Структурування проблеми вимагає такого:

- а) висунення гіпотези про бажане майбутнє та політики його досягнення;
- б) проєкції ймовірного майбутнього на ґрунті того, що уявляється розумним за наявних в дійсності мотиваціях діючих сил;
- в) ідентифікувати змінні або фактори, та інші проблеми, що діють або знаходяться під дією проблеми, що розглядається;
- г) кількісно описати взаємодію між факторами, яка не описується за допомогою статистичних методів;
- д) оцінити взаємні зв'язки між змінними;
- е) обмеження альтернатив особами, які реалізують маргінальні або малі модифікації існуючих планів.

3. Перевагами формального підходу до планування є:

- а) вибір відповідного статистичного методу або техніки моделювання для описання наявної проблеми;
- б) те, що спосіб структурування проблеми визначає метод її розв'язання;
- в) те, що обґрунтованість плану спирається не на сприйняття його конкретними користувачами, а на відповідність критеріям, які не визнають інтуїцію та практичний досвід;
- г) ясність, логічна узгодженість, емпірична обґрунтованість засобів;
- д) механістичний погляд на майбутнє, оцінювання його детерміністично або в межах статистичних інтервалів;
- е) відсутність повних та досконалих знань і обмежені здібності при збиранні та опрацюванні інформації людиною;
- є) те, що проблеми визначаються не лише за допомогою об'єктивних факторів, тобто одні й ті ж «факти» можуть по-різному інтерпретуватися акторами;
- ж) те, що область проблеми звужується з метою уможливлення застосування кількісних моделей та техніки оптимізації.

4. Інкременталізм стверджує, що:

а) в більшості випадків декілька ОПР розглядають лише обмежену множину альтернативних політик;

б) остаточне формулювання проблеми визначається, в основному, відносною «силою» учасників у процесі планування;

в) при ідентифікації та оцінці альтернативних рішень конфлікти між акторами послаблюються після «взаємного пристосування», тобто торгів, компромісів чи, можливо, силового тиску;

г) пояснюється порівняльна важливість та залучаються формальні методи для синтезу суб'єктивних оцінок відносної важливості;

д) план, який обирається, є маргінальною модифікацією наявних варіантів, та зовнішньо не відповідає критеріям, які вважаються важливими учасникам;

е) невизначеність не є єдиним способом поєднання гетерогенних інтересів, що виявляються у процесі планування;

с) людський та політичний аспект планування визнаються, не виявляється довіра до людських тверджень, інтуїції та знань, отриманих у результаті практичного досвіду;

ж) механістичний погляд на майбутнє є найважливішим і оцінюється детерміністично або в межах статистичних інтервалів;

з) не існує ефективних процедур для випадку, коли рішення приймається декількома особами, що суперечливо сприймають проблему та мають різні цінності.

5. У системному плануванні:

а) проблеми розв'язуються на певний період часу;

б) акцентується увага на передбаченні, прогнозуванні;

в) реакція акторів є важливою для розв'язання проблем;

г) проблеми постійно розв'язуються та перевизначаються шляхом навчання;

д) планування розуміється як дискретна діяльність;

е) акцент ставиться на створення альтернативних сценаріїв майбутнього на ґрунті сьогоднішніх дій та вважається, що майбутнє невизначене;

є) дуже важливим є просте пристосування до того, що буде в майбутньому;

ж) дані ґрунтуються на теорії, але з суб'єктивними інтерпретаціями значень акторами системи, враховуючи разом з тим точність та потужність об'єктивних вимірювань та аналізу точних даних;

з) вибір цілей та макроцілей інтерпретується як невід'ємна складова процесу планування, як щось апріорно задане;

и) до формулювання проблеми залучається декілька ОПР, альтернативи та переваги яких можуть бути множинними та конфліктними, а ймовірність того, що певна альтернатива приведе до певного результату, або невідома, або невизначена;

і) проблеми визначаються не лише за допомогою об'єктивних факторів, тобто одні й ті ж «факти» однозначно інтерпретуються акторами.

6. Мета в стратегічному плануванні:

а) це «мішень», за умови, що інші компоненти системи незрозумілі;

б) ставиться за умов знання про сили та впливи, які діють та формують її;

в) це по суті салі план, оскільки вона має в собі метод, за допомогою якого здійснюється перехід від початкового стану до неї;

г) це логічна мета, яка має бути досягнута, при постановці якої припускається, що припущення і фактори, які впливають на вихід, залишаться істотно незмінними відносно до наявного теперішнього стану;

д) бажана, досягнення якої потребує більших змін на входах. Ці зміни потрібно не лише здійснити, але й зробити незворотними, не дивлячись на

початкову поведінку системи;

е) йде від дійсності до майбутнього, реалізуючи логічну послідовність подій, що породжені компонентами системи, яка досліджується, заставляючи ОПР звернути увагу на ті фактори, які ще не розглядалися;

є) повинна бути досяжною, а також переглядатися та змінюватися залежно від вимог обставин.

7. Прямий процес планування:

а) починається з малого числа бажаних результатів та продукує множину варіантів політик;

б) має логічним результатом комбінацію інтересів різних акторів;

в) починається з малої кількості політик планування;

г) продукує єдиний можливий результат;

д) це потенційний стан системи, що може бути отриманий після використання політик;

е) не інтегрується з оберненим процесом планування;

є) використовує кількісну оцінку сценаріїв за множиною критеріїв з використанням шкали різниць є методом оцінювання наслідків прийнятих рішень;

ж) включає бажані сценарії, які прагнуть реалізувати актори, на 2-й рівень.

Результати тесту оцінюються наступним чином: якщо кількість отриманих балів знаходиться в межах 0 – 8 – «незадовільно», 9 – 10 – «задовільно», 11 – 13 – «добре», 14 – 16 – «відмінно».

Перелік правильних відповідей на запитання тесту

1. а), г); 2. в), д); 3. г); 4. а), б), в); 5. г), ж), и); 6. б), є); 7. б), в), є

ТЕСТ 7

2. Виберіть неправильну відповідь (одну чи кілька):

а) АСУ – автоматизовані системи управління. Використовуються тільки для автоматизації базових функцій підприємства;

б) СППР – системи підтримки прийняття рішення. Призначені робити обґрунтований вибір з певного переліку альтернатив;

в) ЕС – експертні системи. Призначені замінити експерта в певній галузі;

г) CASE – комп'ютерне проектування ІС. Призначене для розроблення складних програмних комплексів;

д) SADT –техніка структурного моделювання. Призначена для побудови функціональної моделі об'єкта певної проблемної галузі.

3. Які з наведених міжнародних аббревіатур не є англomовним еквівалентом терміна АСУ?

а) ERP,

б) ERPІІ,

в) CRM,

г) ЕСМ,

д) АRM.

4. Виберіть правильні відповіді:

а) існують АСУ, які реалізують автоматизацію абсолютно всіх функціональних напрямків діяльності підприємства;

б) більшість АСУ інтегруються в програмні системи;

г) у малих підприємствах, як правило, немає потреби у всіх можливостях, які надають найпотужніші АСУ;

д) переважна більшість АСУ не має можливості інтеграції в інші програмні пакети та модулі;

е) правильної відповіді немає.

5. Опишіть головні відмінності MIS від DSS.

6. Назвіть пари елементів з перерахованих, що позначають той самий компонент експертної системи:

- а) розв'язувач;
- б) робоча пам'ять;
- в) база даних;
- г) інтерпретатор;
- д) база знань;
- е) пояснювальний компонент;
- є) діалоговий компонент.

7. Назвіть етапи створення експертної системи. На якому етапі визначається склад групи розробників та які спеціалісти обов'язково мають входити до неї?

8. Дайте визначення терміна «комп'ютерна модель».

9. Проаналізуйте два такі твердження:

1. Комп'ютерна модель складної системи має відображати всі головні фактори і взаємозв'язки, що характеризують реальні ситуації, критерії та обмеження.

2. Комп'ютерна модель складної системи має бути досить універсальною, щоб за можливості вона була спроможною описати близькі за призначенням об'єкти, і водночас досить простою, щоб уможливити виконання необхідних досліджень з мінімальними витратами.

Виберіть одну з наведених відповідей та обґрунтуйте свій вибір:

- а) правильне перше твердження;
- б) правильне друге твердження;
- в) правильні обидва твердження;

- г) необхідно шукати компроміс між суперечливими вимогами до моделі залежно від конкретної ситуації;
- д) жодна з відповідей неправильна.

10. Дайте визначення термінам CASE-технології та CASE-засоби. У чому полягає їх різниця?

11. Які з наведених можливостей не реалізуються в SADT:

- а) ієрархічне моделювання;
- б) об'єктно орієнтоване моделювання;
- в) функціональне моделювання;
- г) багаторівневе моделювання;
- д) реалізовані всі названі вище можливості.

12. Виберіть правильні твердження:

- а) послідовність – це ланцюг пов'язаних у часі асоціацій;
- б) прогноз будується на підставі послідовності асоціацій;
- в) кластеризація відрізняється від класифікації тим, що групи спочатку не задаються;
- г) кластеризація – це групування асоціацій;
- д) правильних тверджень немає.

13. Опишіть головні проблеми, що постають перед системами DataMining, та дайте оцінку перспективам розвитку таких систем.

Перелік правильних відповідей на запитання тесту

- 1. б), є); 2. в), е); 3. в), є); 4. б), в) 5. б), г); 6. в), д); 7. а), є); 8. г), е); 9. б), д), є); 10. г), е).**

ПИТАННЯ ДЛЯ ЗАЛІКУ з курсу «СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ»

1. У чому полягає сутність системного аналізу та системного підходу?
2. На які складові поділяється система?
3. Які приклади класифікації систем ви можете навести?
4. Які головні властивості систем?
5. Чим характеризуються кібернетичні системи?
6. Наведіть приклади різних видів систем (соціально-економічних, інформаційних, технічних, біологічних, фізичних тощо) та спробуйте описати їхні головні властивості.
7. Охарактеризуйте головні принципи системного аналізу.
8. Які основні ідеї та принципи системного аналізу застосовують при дослідженні підприємств, організацій, фірм?
9. Дайте характеристику економічної системи з позицій системного аналізу.
10. Які загальносистемні та специфічні властивості економічних систем?
11. Опишіть економічну систему (входи, виходи, зовнішнє середовище, структуру тощо).
12. Які моделі застосовують до моделювання економіки?
13. Опишіть модель організації як відкритої системи.
14. Дайте характеристику зовнішнього середовища організації.
15. Які методи застосовують для аналізу середовища?
16. Чим відрізняється місія організації від її цілей?
17. У чому полягає системний аналіз місії та цілей організації?
18. Які вимоги мають задовольняти цілі організації?
19. У чому полягає суть стратегічного управління з погляду системного аналізу?
20. Чим відрізняється стратегічне управління від оперативного?
21. Назвіть загальні принципи управління економічними системами.

22. Назвіть основні функції управління.
23. Опишіть основні етапи процесу прийняття рішень.
24. Опишіть загальну постановку ЗПР?
25. У чому полягають особливості ЗПР за умов ризику?
26. Які ви знаєте методи, що застосовуються для розв'язання ЗПР?
27. У чому полягає суть методу згортки?
28. Чим відрізняється критерій Гурвіца від критеріїв Вальда та Севіджа?
29. У чому полягає суть інформаційного забезпечення системного аналізу?
30. З яких компонентів складається інформаційна система підприємства?
31. Дайте тлумачення термінам АСУ, ERP, ERPІІ, ЕСМ.
32. Назвіть головні функціональні сфери діяльності підприємства, в яких застосовуються АСУ.
33. Опишіть головні компоненти СППР.
34. У чому полягає важливість експертних систем?
35. Опишіть етапи створення експертної системи.
36. Дайте визначення поняття UML та опишіть його роль у комп'ютерному моделюванні.
37. Які ви знаєте промислові CASE-засоби? Дайте їм коротку характеристику.
38. За якими ознаками можна класифікувати CASE-засоби?
39. У чому полягає сутність SADT-технології?
40. Дайте визначення технології DataMining.

ГЛОСАРІЙ ТЕРМІНІВ

Алгоритм – це скінченний упорядкований набір точних правил, що описують, які дії і в якій послідовності необхідно виконувати, щоб після скінченного числа кроків досягти поставленої мети або одержати розв'язок задачі.

Альтернатива – це множина проблем, або подій, виконання яких необхідно для досягнення початкової цілі прогнозу.

Аналіз – науковий підхід, який спрямований на послідовний поділ цілого на частини та дослідження їхніх властивостей.

Багатоальтернативний граф – це граф, який складається з повної множини простих графів, якими може бути описаний прогнозуючий об'єкт.

Вихід системи – результат функціонування системи для досягнення певної мети або її реакції на вплив зовнішнього середовища.

Вхід системи – це дія на неї зовнішнього середовища.

Дисипативні структури – це структури, що виникають спонтанно у відкритих нерівноважних системах.

Економетричні моделі являють собою систему регресивних рівнянь і тотожностей, кожне з яких використовується для визначення одного з показників, які досліджуються.

Експертна оцінка – це твердження або висновок експерта в якісній чи кількісній формі про суть питання.

Елемент системи – це її частина, яка не підлягає подальшому поділу, тобто є неподільною з погляду завдання, що розв'язується, та виконує специфічну функцію.

Емерджентність системи – важлива властивість системи, яка полягає у

тому, що сукупне функціонування взаємозв'язаних елементів системи породжує якісно нові її функціональні властивості. Звідси впливає важливий висновок: система не зводиться до простої сукупності елементів; розділяючи систему на частини та досліджуючи кожную з них окремо, неможливо пізнати усі властивості системи в цілому.

Зв'язок – це спосіб, у який елементи системи взаємодіють між собою.

Зворотний зв'язок – складна система причинної залежності в системі, яка полягає у тому, що вихід системи впливає на її вхід.

Зовнішнє середовище – це все те, що знаходиться зовні системи, в тому числі необхідні умови її існування та розвитку.

Ієрархія системи – це розташування частин або елементів системи у певній послідовності від вищого до нижчого.

Кібернетичні системи – це системи з управлінням.

Критерій – це кількісний показник якісних цілей, який повинен точніше їх характеризувати.

Критерій оптимальності – показник, екстремальне значення якого характеризує гранично досягну ефективність об'єкта, стану або траєкторії розвитку об'єкта управління .

Моделювання – це дослідження реальних систем, явищ та об'єктів за допомогою моделей, що включає побудову моделей, дослідження властивостей моделей та перенесення одержаних відомостей на реальні системи.

Модель системи є деяким умовним образом об'єкта дослідження. Модель будується для того, щоб відобразити характеристики системи (властивості, взаємозв'язки, структуру та функції, поведінку тощо), які суттєві для мети дослідження.

Підсистема – це сукупність елементів, що об'єднані єдиним процесом функціонування і, взаємодіючи між собою, реалізують певну функцію, яка необхідна для досягнення мети системи в цілому.

Рівновага – це здатність системи зберігати свій стан якомога довше за

відсутності зовнішніх збурень чи за постійного впливу зовнішнього середовища.

Самоорганізація – виникнення в системах певних просторових, часових або функціональних структур без специфічного впливу на систему з боку зовнішнього середовища, тобто виникнення або зростання впорядкованості, виникнення порядку із хаоса.

Синергетика – науковий напрямок, предметом дослідження якого є закони та закономірності глобальної еволюції довільних відкритих складних нерівноважних систем, головною рисою яких є нестійкість, нерівноважність та нелінійність.

Синтез – науковий підхід, який полягає у поєднанні частин, виявленні системних властивостей, що притаманні всій системі в цілому. За своїм змістом синтез протилежний аналізу.

Система – це сукупність елементів, які перебувають у відношеннях та зв'язках між собою у такий спосіб, що утворюють деяку цілісну єдність.

Системний аналіз – методологія дослідження об'єктів довільної природи через їх розгляд як систем.

Стан системи характеризується значеннями змінних системи в даний момент.

Стійкість системи – здатність системи повертатися до стану рівноваги після виведення її з цього стану під впливом зовнішніх збурень.

Стратегія організації – це генеральний план дії, що визначає пріоритети стратегічних цілей, ресурси та послідовність дій для їх досягнення.

Структура системи – це стійкі зв'язки і впорядкованість між елементами та підсистемами системи.

Точки біфуркації – такий стан системи, коли відносно незначні зміни параметрів системи або зовнішніх факторів можуть призвести до значних, якісних змін у поведінці системи, її стану, траєкторії або її структури.

Управління системою – діяльність, що спрямована на забезпечення

цілеспрямованої поведінки системи за змінюваних умов зовнішнього середовища, або умов її функціонування.

Функція системи полягає у перетворенні її входів у виходи. Іноді функцію системи ототожнюють із функціонуванням системи, визначаючи її як спосіб, засіб або як дії для досягнення мети.

Цілісність системи – властивість системи, яка полягає у тому, що, з одного боку, система – це цілісне утворення, а з другого – в її складі чітко можуть бути виділені окремі цілісні об'єкти (елементи). Але не компоненти складають ціле (систему), а навпаки, ціле породжує при його поділі компоненти системи.

ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. *Акофф Р. Л.* Планирование в больших экономических системах / Пер. с англ. – М.: Сов. радио, 1972. – 223 с.
2. *Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н.* Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
3. *Анфилатов В. С., Емельянов А. А., Кукушкин А. А.* Системный анализ в управлении. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
4. *Беляев А. А., Коротков Э. М.* Системология организации. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 182 с.
5. *Беренс В., Хавранек П. М.* Руководство по оценке эффективности инвестиций. – М.: ИНФРА-М, 1995.
6. *Браверман Э. М.* Математические модели планирования и управления в экономических системах. – М.: Наука, 1976. – 368 с.
7. *Браславец М. Е., Гуревич Т. Ф.* Кибернетика. – К.: Вища школа, 1977. – 325 с.
8. *Виханский О. С.* Стратегическое управление. – М.: Гардарики, 1999. – 296 с.
9. *Гибсон Дж. Л., Иванцевич Д. М., Донелли Д. Х.-мл.* Организации: поведение, структура, процессы: Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 662 с.
10. *Зубенко Ю. Д., Носач А. К.* Менеджмент на базе системного анализа: Учеб. пособие / Под ред. А. Д. Шарапова. – Донецк – Киев, 1998.
11. *Кальянов Г. Н.* CASE структурный системный анализ. – М.: Лори, 1996. – 242 с.
12. *Кемпбелл Р. Макконелл, Стенли Л. Брю.* Макроекономіка. – Львів: Просвіта, 1997.
13. *Кемпбелл Р. Макконелл, Стенли Л. Брю.* Мікроекономіка. – Львів:

Просвіта, 1999.

14. *Клиланд Д., Кинг В.* Системный анализ и целевое управление. – М.: Советское радио, 1974.

15. *Кобринский Н. Е., Майминас Е. З., Смирнов А. Д.* Экономическая кибернетика. – М.: Экономика, 1982.

16. *Колемаев В. А.* Математическая экономика: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 240 с.

17. *Котлер Ф.* Маркетинг, менеджмент. Анализ, планирование, внедрение, контроль. – СПб.: Питер, 1998.

18. *Лафта Дж. К.* Эффективность менеджмента организаций. – М.: Русская деловая литература, 1999. – 320 с.

19. *Лук'яненко І. Г., Краснікова Л. І.* Економетрика: Підручник. – К.: Знання, 1998. – 494 с.

20. *Марка Д. А., Мак-Гоуэн К.* Методология структурного анализа и проектирования / Пер. с англ. – М., 1993. – 240 с.

21. Математика и кибернетика в экономике. Словарь-справочник. – М.: Экономика, 1975.

22. *Мескон М. Х., Альберт М., Хедоури Ф.* Основы менеджмента. – М.: Дело, 1993. – 704 с.

23. *Моисеев Н. Н.* Математические модели системного анализа. – М.: Наука, 1981.

24. *Мухин В. И.* Исследование систем управления. – М.: Экзамен, 2002. – 384 с.

25. *Нейман Дж., Моргенштерн О.* Теория игр и экономическое поведение. – М.: Наука, 1970. – 708 с.

26. *Николаев В. И., Брук В. М.* Системотехника: методы и приложения. – Л.: Машиностроение, 1985.

27. *Одинцов Б. Е.* Проектирование экономических экспертных систем: Учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. «Информационные системы в

экономике». – М.: Компьютер, 1996. – 166 с.

28. *Оптнер С. Л.* Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. – М.: Сов. радио, 1969.

29. *Острейковский В. А.* Теория систем. – М.: Высшая школа, 1997. – 240 с.

30. *Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П.* Введение в системный анализ. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.

31. *Петраков Н. Я.* Кибернетические проблемы управления экономикой. – М.: Наука, 1974. – 160 с.

32. *Пономаренко О. І., Пономаренко В. О.* Системні методи в економіці, менеджменті та бізнесі. – К.: Либідь, 1995.

33. *Попов Э. В., Фоминых И. Б., Кисель Е. Б., Шапот М. Д.* Статические и динамические экспертные системы: Учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. «Прикл. математика», «Автоматиз. системы обработки информации и управления». – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.

34. *Поспелов Д. А.* Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.

35. Прогнозування і розробка програм: Метод. посібник / За ред. В. Ф. Беседіна. – К.: Наук. світ, 2000. – 468 с.

36. Проектирование информационных систем с использованием CASE-технологий: Учеб. пособие / Санкт-Петербургский гос. ун-т водных коммуникаций. – СПб.: СПГУВК, 2000. – 172 с.

37. *Раскин Л. Г.* Анализ сложных систем и элементы теории управления. – М.: Советское радио, 1976.

38. *Советов Б. Я., Яковлев С. А.* Моделирование систем: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. — 343 с.

39. *Таха Х.* Введение в исследование операций: В 2-х книгах / Пер. с англ. – М.: Мир, 1985.

40. Теория выбора и принятия решений. Учеб. пособие. Макаров И. М. и

др. – М.: Наука, 1982. – 328 с.

41. Теория прогнозирования и принятия решений. Учеб. пособие / Под ред. С. А. Саркисяна. – М.: Высшая школа, 1977. – 351 с.

42. *Фатхутдинов Р. А.* Стратегический маркетинг. – М.: 2000. – 640 с.

43. *Фаулер М.* UML в кратком изложении. Применение стандартного языка объектного моделирования. – М.: Мир, 1999.

44. *Хакен Г.* Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир, 1985.

45. *Черняк Ю. И.* Системный анализ в управлении экономикой. – М.: Экономика, 1975.

46. *Шелобаев С. И.* Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 367 с.

47. Экономико-математические методы и прикладные модели / – Под ред. Федосеева В. В. – М.: ЮНИТИ, 1999. – 391 с.

48. Экспертные системы: состояние и перспективы: Сб. науч. тр. / АН СССР; Институт проблем передачи информации / Д. А. Поспелов (ред.). – М.: Наука, 1989. – 152 с.

49. *Янг С.* Системное управление организацией. – М.: Сов. радио, 1972.

Додаткова література

1. *Бирман Г., Шмидт С.* Экономический анализ инвестиционных проектов / Пер. с англ. под ред. Л.П. Белых. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 631 с.

2. *Гибшман А.Е.* Определение экономической эффективности проектных решений на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1995. – 240 с.

3. *Гочаков А.А., Орлова И.В.* Компьютерные экономическо-математические модели: Учебное пособие. – М.: Компьютер, ЮНИТИ, 1995. – 170 с.

4. *Грубар Й.* Эконометрия: Учебное пособие для студентов экономических

спеціальностей. – К., 1996. Т.1. Введение в эконометрию. – 400 с.

5. Кейн Э. Эконометрическая статистика и эконометрия. Вып. 1. – М.: Статистика, 1977. – 255 с.

6. Колемаев В.А., Калинина В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 301 с.

7. Коршунова Н.И., Плясунов В.С. Математика в экономике: Учебное пособие. – М.: Вита-Пресс, 1996. – 368 с.

8. Концепція програми формування мережі логістичних центрів в системі міжнародних транспортних коридорів України / Ю.М. Цветов, О.П. Кутах, М.В. Макаренко та ін. – К.: КУЕТТ, 2003. – 109 с.

9. Лившиц В.Н. Системный анализ экономических процессов на транспорте. – М.: Транспорт, 1986. – 240 с.

10. Лук'яненко І.Г., Краснікова Л.І. Економетрія: Підручник. – К.: Товариство «Знання», КОО, 1998. – 494 с.

11. Макаренко М.В. Основи управління економічними процесами на залізничному транспорті України: Монографія. – К.: КУЕТТ, 2003. – 466 с.

12. Основи організації транспортного забезпечення зовнішньоторговельних зв'язків України / Ю.М. Цветов (наук. кер.), О.Й. Єдін, М.В. Макаренко та ін. – К.: ВАТ «ІКТП-Центр», 2000. – 581 с.

13. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М.: Наука, 1968. – 288 с.

Періодичні видання

1. Весь транспорт.
2. Железнодорожный транспорт.
3. Железные дороги мира.
4. Залізничний транспорт України.
5. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.
6. Магістраль.

7. Транспорт.
8. Экономика железных дорог.

Навчально-методичне видання

Творонович Вікторія Ігорівна
Гудкова Вікторія Петрівна
Пилипенко Олена Віталіївна
Пацьора Ольга Володимирівна

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

Відповідальна за випуск – *В. П. Творонович*

Редактор Н. В. Щербак

Верстка В. О. Полічева

Підписано до друку 04.03.2015 р. Формат паперу 60x84/16, папір офсетний,
друк – на ризографі. Замовлення № 16/15, наклад 100 прим.

Надруковано в редакційно-видавничому відділі
Державного економіко-технологічного університету транспорту,
свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 3079 від 27.12.07 р.
03049, м. Київ – 49, вул. Миколи Лукашевича, 19