

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра інформаційних технологій

Системний аналіз

Стрелковська І.В., Григор'єва Т.І., Анісімов В.О.
Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів

Одеса 2025

Затверджено Вченою Радою Міжнародного гуманітарного університету
(протокол № 5 від 20.01.2025 р.)

Стрелковська І.В., Григор'єва Т.І., Анісімов В.О.

Системний аналіз: методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів
[Електронне видання]. / Стрелковська І.В., Григор'єва Т.І., Анісімов В.О. Кафедра
інформаційних технологій Міжнародного гуманітарного університету. Одеса,
2025. – 38 с.

Методичні рекомендації з курсу «**Системний аналіз**» розроблено відповідно до навчального плану, вони складаються з навчальної програми курсу, методичних рекомендацій з проведення практичних занять і завдань для самостійної роботи здобувачів, списку рекомендованої літератури. Матеріали призначено для студентів факультету кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету, які в бакалавраті вивчають галузь знань «Інформаційні технології», спеціальність «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації», спеціальність «Середня освіта (Інформатика та програмування)».

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4, загальна кількість годин – 120	Галузь – 12 «Інформаційні технології» Спеціальності: 121 - Інженерія програмного забезпечення 122 - Комп'ютерні науки 125 - Кібербезпека та захист інформації 123 - Комп'ютерна інженерія Галузь – 17 Інженерія, виробництво та будівництво Спеціальність: 172 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка Галузь – 01 «Освіта / Педагогіка» Спеціальність: 014 - Середня освіта (Інформатика та програмування)	обов'язкова	
		Рік підготовки:	
		4	
		Семестр:	
		7	7
Мова навчання – українська	Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень	Лекційні заняття:	
		26	8
		Практичні заняття:	
		26	8
		Лабораторні роботи	
		0	0
		Самостійна робота	
		68	104
		Вид контролю:	
		залік	залік

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Системний аналіз» є методи, моделі та інструменти дослідження складних систем різної природи з метою прийняття оптимальних рішень у невизначених умовах. Дисципліна охоплює фундаментальні концепції системного мислення, методи декомпозиції та структуризації проблем, аналіз ризиків та прийняття рішень на основі багатофакторного аналізу. Вивчення системного аналізу дозволяє студентам

опанувати методи формалізації складних задач, оптимізації ресурсів, прогнозування наслідків управлінських рішень, а також застосування математичного апарату для моделювання та підтримки прийняття рішень.

Метою дисципліни «Системний аналіз» є формування компетентностей, необхідних для дослідження, моделювання та оптимізації складних систем у різних сферах діяльності. В результаті вивчення дисципліни студенти набувають здатності до комплексного аналізу проблемних ситуацій, визначення основних факторів впливу, розробки моделей прийняття рішень та оцінки їх наслідків.

Передумовами для вивчення дисципліни «Системний аналіз» є знання та вміння, отримані здобувачем при вивченні таких навчальних дисциплін бакалаврської підготовки: Вища математика (лінійна алгебра, аналітична геометрія, математичний аналіз і диференціальні рівняння); Теорія ймовірностей та математична статистика; Дискретна математика; Алгоритмізація та програмування; Чисельні методи; Математичні методи дослідження операцій.

ЗАПЛАНОВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ЗА НАВЧАЛЬНОЮ ДИСЦИПЛІНОЮ

Знання:

- Основні поняття системного аналізу, визначення системи та її властивостей.
- Методи опису, класифікації та декомпозиції систем, життєвий цикл систем.
- Поняття складності системи: інформаційна, цикломатична, функціональна, когнітивна.
- Основи імітаційного моделювання, методи побудови моделей неперервних і дискретних випадкових величин.
- Марковські процеси, матриці переходів, граничні ймовірності.
- Методи системного аналізу: дерево цілей, Делфі, моделювання, аналіз ризиків, системний граф, аналіз за критеріями.
- Показники ефективності систем масового обслуговування, їх різновиди.

Уміння:

- Формулювати цілі та будувати математичні моделі систем.
- Виконувати декомпозицію складних систем та проводити їх аналіз і синтез.
- Оцінювати складність системи за різними критеріями та формулами.
- Застосовувати методи імітаційного та математичного моделювання для дослідження систем.
- Використовувати марковські моделі для прогнозування станів системи.
- Застосовувати методи системного аналізу для прийняття рішень та оцінки ризиків.
- Аналізувати ефективність систем масового обслуговування та визначати оптимальні параметри їх роботи.

Навички:

- Побудова дерева цілей та системних графів для опису складних систем.
- Розрахунок показників складності та надійності систем.
- Побудова імітаційних моделей неперервних і дискретних випадкових величин.
- Виконання розрахунків ймовірностей переходів у марковських процесах.
- Моделювання роботи систем масового обслуговування з різними умовами (обмежена черга, очікування, замкнені системи).

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Основні поняття системного аналізу

Поняття системи. Теоретико-множинне визначення системи. Технології системного аналізу. Моделювання. Стани системи (моделі). Структура системи. Декомпозиція. Аналіз і синтез в системних дослідженнях. Властивості системи. Життєвий цикл системи. Способи опису систем. Класифікація систем. Великі системи. Прості та складні системи.

Тема 2. Складність системи

Обчислення складності системи. Приклади формул для оцінки складності системи. Інформаційна складність (ентропія Шеннона). Цикломатична складність. Побудова графа потоку управління. Функціональна складність системи. Складність взаємодій. Когнітивна складність (Модель Карді). Надійність системи. Надійність складних систем з детермінованою зв'язністю елементів.

Тема 3. Імітаційне моделювання

Імітаційне моделювання як метод дослідження систем великої складності. Основні методи імітаційного моделювання. Приклад побудови імітаційної моделі. Побудова моделі імітації неперервних випадкових величин. Приклад моделювання інформаційної системи за допомогою нормального розподілу. Моделювання неперервних випадкових величин за допомогою експоненційного розподілу. Побудова моделі імітації дискретних випадкових величин.

Тема 4. Математичне моделювання систем за допомогою випадкових процесів

Марковський процес. Простий ланцюг Маркова. Матриця переходу. Ймовірність переходу системи із стану в стан за n кроків. Ймовірність перебування системи в заданому стані на n -му кроці. Граничні ймовірності

станів. Ймовірність перебування системи в заданому стані в далекому майбутньому.

Тема 5. Методи системного аналізу

Метод дерева цілей. Метод Делфі. Метод моделювання. Метод аналізу ризиків. Метод системного графа. Метод аналізу за критеріями. Приклади застосування. Показники ефективності систем масового обслуговування. Система масового обслуговування з обмеженою довжиною черги. Системи масового обслуговування з очікуванням. Система масового обслуговування з обмеженням часом очікування. Замкнені системи масового обслуговування. Методологія системного аналізу в задачах прогнозування, управління, аналізу та проектування динамічних процесів. Розробка та дослідження функціональних моделей CASE-засобами проектування складних систем, методами структурного аналізу систем, об'єктно-орієнтованої методології проектування.

3. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				Заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		лекц.	прак	сам. роб.		лекц.	прак	сам. роб.
Тема 1. Основні поняття системного аналізу	24	4	4	16	24	2		22
Тема 2. Складність системи	24	4	4	16	24		2	22
Тема 3. Імітаційне моделювання	24	6	4	14	24	2	2	20
Тема 4. Математичне моделювання систем за допомогою випадкових процесів	24	8	8	8	24	2	2	20
Тема 5. Методи системного аналізу	24	4	6	14	24	2	2	20
<i>Усього годин</i>	120	26	26	68	120	8	8	104
ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ - ЗАЛІК								

4. ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Тема 1. Основні поняття системного аналізу

1. Аналіз та формалізація поняття системи на прикладах з різних предметних областей.
2. Теоретико-множинне подання системи: множини елементів, зв'язків, входів та виходів.
3. Побудова структурної моделі системи та визначення її основних компонентів.
4. Моделювання систем: вибір типу моделі (структурна, функціональна, імітаційна).
5. Аналіз станів системи та переходів між ними. Побудова діаграм станів.
6. Декомпозиція складної системи на підсистеми та рівні ієрархії.
7. Аналіз і синтез у системних дослідженнях: практичні приклади.
8. Визначення властивостей системи (цілісність, ієрархічність, адаптивність, керованість).
9. Аналіз життєвого циклу системи та етапів її розвитку.
10. Класифікація систем: прості, складні, великі системи; відкриті та закриті

системи.

Тема 2. Складність системи

1. Оцінювання структурної складності системи на основі кількості елементів і зв'язків.
2. Розрахунок інформаційної складності системи з використанням ентропії Шеннона.
3. Побудова графа потоку управління для алгоритму або програмного модуля.
4. Обчислення цикломатичної складності та аналіз її впливу на тестованість і надійність.
5. Аналіз функціональної складності системи та її компонентів.
6. Оцінювання складності взаємодій у системі за допомогою графових моделей.
7. Аналіз когнітивної складності системи на основі моделі Карді.
8. Дослідження впливу складності системи на її надійність.
9. Розрахунок надійності систем з послідовним і паралельним з'єднанням елементів.
10. Аналіз надійності складних систем з детермінованою структурою зв'язків.

Тема 3. Імітаційне моделювання

1. Імітаційне моделювання як метод дослідження систем великої складності.
2. Основні методи імітаційного моделювання.
3. Побудова моделі імітації неперервних випадкових величин.
4. Приклад моделювання інформаційної системи за допомогою нормального розподілу.
5. Моделювання неперервних випадкових величин за допомогою експоненційного розподілу.
6. Побудова моделі імітації дискретних випадкових величин.

Тема 4. Математичне моделювання систем за допомогою випадкових процесів

1. Побудова простого ланцюга Маркова для реальної або абстрактної системи.
2. Формування матриці переходів та перевірка її коректності.
3. Обчислення ймовірностей переходу між станами за один крок.

4. Обчислення ймовірностей переходу системи із стану в стан за n кроків.
5. Використання степенів матриці переходів для аналізу динаміки системи.
6. Визначення ймовірності перебування системи в заданому стані на n -му кроці.
7. Аналіз впливу початкового розподілу ймовірностей на поведінку системи.
8. Дослідження граничних ймовірностей станів для ергодичних ланцюгів Маркова.
9. Обчислення стаціонарного розподілу ймовірностей станів.
10. Аналіз поведінки системи в далекому майбутньому.
11. Інтерпретація результатів Марковського моделювання для прикладних задач.

Тема 5. Методи системного аналізу

1. Метод дерева цілей. Сутність, етапи побудови, приклади застосування у ІТ.
2. Метод Делфі. Переваги та недоліки, приклади використання у прогнозуванні.
3. Метод моделювання. Види моделей (математичні, імітаційні, графічні), роль у системному аналізі.
4. Метод аналізу ризиків. Визначення ризиків, методи їх кількісної та якісної оцінки, приклади у бізнесі та техніці.
5. Метод системного графа. Побудова графів для опису складних систем, аналіз зв'язків та взаємодій.
6. Метод аналізу за критеріями. Вибір критеріїв ефективності, багатокритеріальний аналіз, приклади застосування.
7. Приклади застосування методів системного аналізу у різних галузях (економіка, транспорт, ІТ, медицина).
8. Показники ефективності систем масового обслуговування: середня довжина черги, час очікування, ймовірність відмови, завантаженість каналів.
9. Система масового обслуговування з обмеженою довжиною черги. Постановка задачі, приклади застосування.
10. Системи масового обслуговування з очікуванням. Особливості, практичні приклади у транспорті та телекомунікаціях.
11. Система масового обслуговування з обмеженим часом очікування.

Моделювання, приклади у сфері послуг.

- 12.Замкнені системи масового обслуговування. Визначення, особливості функціонування, приклади у виробничих процесах.
- 13.Використання методології системного аналізу для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів
- 14.Розробка та дослідження функціональних моделей CASE-засобами проектування складних систем, методами структурного аналізу систем, об'єктно-орієнтованої методології проектування.
- 15.Порівняння матричного та тензорного підходів при моделюванні складних організаційно-технічних систем.

5. САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи студентів включаються:

1. Знайомство з науковою та навчальною літературою відповідно зазначених у програмі тем.
2. Опрацювання лекційного матеріалу.
3. Підготовка до практичних занять.
4. Консультації з викладачем протягом семестру.
5. Самостійне опрацювання окремих питань навчальної дисципліни.
6. Підготовка до підсумкового контролю.

Опорний конспект лекцій дисципліни «Системний аналіз»

Тема 1. Основні поняття системного аналізу

Поняття системи. Теоретико-множинне визначення системи. Технології системного аналізу. Моделювання. Стани системи (моделі). Структура системи. Декомпозиція. Аналіз і синтез в системних дослідженнях. Властивості системи. Життєвий цикл системи. Способи опису систем. Класифікація систем. Великі системи. Прості та складні системи.

Системний аналіз є міждисциплінарним науковим напрямом, що вивчає складні об'єкти та процеси шляхом розгляду їх як систем, тобто цілісних утворень,

елементи яких перебувають у взаємодії між собою та із зовнішнім середовищем. Основною метою системного аналізу є виявлення структури, функцій, закономірностей функціонування та розвитку систем з подальшим використанням отриманих знань для прийняття обґрунтованих управлінських і проєктних рішень.

Поняття системи є базовим у системному аналізі. Під системою зазвичай розуміють сукупність взаємопов'язаних елементів, об'єднаних спільною метою або функцією, які утворюють цілісність. Система характеризується наявністю входів і виходів, внутрішніх зв'язків, структури та взаємодії з навколишнім середовищем.

У теоретико-множинному визначенні системи вона розглядається як впорядкована сукупність множин, що включає множину елементів, множину зв'язків між ними, множину станів та множину правил або відображень, які описують поведінку системи. Формально систему можна подати у вигляді (один із прикладів визначення системи S)

$$S=\langle E,R,X,Y,F\rangle,$$

де E – множина елементів, R – множина відношень між елементами, X – множина вхідних впливів, Y – множина вихідних параметрів, F – множина функцій або операторів, що визначають перетворення входів у виходи.

Технології системного аналізу охоплюють сукупність методів і процедур, що застосовуються для дослідження, проєктування та вдосконалення систем. До них належать постановка проблеми, формування цілей, аналіз вимог, побудова моделей, вибір критеріїв ефективності, аналіз альтернатив та оцінювання результатів. Важливою складовою є використання формалізованих і неформалізованих методів, зокрема експертних оцінок, математичного моделювання та імітаційних експериментів.

Моделювання є центральним інструментом системного аналізу і полягає у створенні спрощеного образу реальної системи з метою її вивчення. Модель відображає істотні властивості системи та дозволяє аналізувати її поведінку без втручання у реальний об'єкт. Розрізняють концептуальні, математичні, логічні, імітаційні та інформаційні моделі.

Важливим аспектом є поняття стану системи, під яким розуміють сукупність значень параметрів, що повністю описують систему в певний момент часу. Зміна станів у часі формує динаміку системи, яка може бути детермінованою або стохастичною. Стани часто використовуються як основа для побудови динамічних моделей.

Структура системи визначається складом елементів і характером зв'язків між ними. Саме структура значною мірою зумовлює поведінку та властивості системи. Для дослідження складних систем широко застосовується декомпозиція, тобто поділ системи на підсистеми або компоненти з метою спрощення аналізу.

Декомпозиція дозволяє зосередитись на окремих частинах системи без втрати уявлення про її цілісність.

У системних дослідженнях важливу роль відіграють процеси аналізу і синтезу. Аналіз передбачає розчленування системи на складові з метою вивчення їх властивостей і взаємодії, тоді як синтез полягає в об'єднанні елементів у цілісну систему з урахуванням заданих цілей і обмежень. Ці процеси є взаємодоповнювальними та застосовуються на всіх етапах системного аналізу.

До основних властивостей системи належать цілісність, ієрархічність, структурованість, емерджентність (наявність властивостей, не притаманних окремим елементам), відкритість або закритість, адаптивність, надійність та стійкість. Саме ці властивості відрізняють систему від простої сукупності елементів.

Життєвий цикл системи описує послідовність етапів її існування, починаючи з виникнення потреби, аналізу вимог і проєктування, через реалізацію та експлуатацію, і завершуючи модернізацією або виведенням з експлуатації. Аналіз життєвого циклу дозволяє враховувати витрати, ризики та ефективність системи на кожному етапі.

Існують різні способи опису систем, зокрема словесний, графічний, табличний, формально-математичний та алгоритмічний. Вибір способу опису залежить від мети дослідження, складності системи та наявних даних.

Класифікація систем здійснюється за різними ознаками: за походженням (природні та штучні), за взаємодією з середовищем (відкриті та закриті), за складністю (прості, складні, великі), за характером процесів (статичні та динамічні), за ступенем визначеності (детерміновані та стохастичні).

Великі системи характеризуються значною кількістю елементів, складною ієрархічною структурою, наявністю різноманітних підсистем і складних інформаційних зв'язків. Вони, як правило, не піддаються повному формалізованому опису та потребують застосування системного аналізу і комп'ютерного моделювання. Прості та складні системи відрізняються кількістю елементів, характером зв'язків та рівнем взаємодії із середовищем.

Питання до самостійної роботи

1. Аналіз реальних об'єктів як систем. Визначення елементів, зв'язків і цілей.
2. Побудова структурної та функціональної моделі системи.
3. Декомпозиція складної системи на підсистеми.
4. Опис станів і поведінки системи у часі.
5. Класифікація систем та аналіз їх властивостей.
6. Аналіз життєвого циклу інформаційної або технічної системи.

Тема 2. Складність системи

Обчислення складності системи. Приклади формул для оцінки складності системи. Інформаційна складність (ентропія Шеннона). Цикломатична складність. Побудова графа потоку управління. Функціональна складність системи. Складність взаємодій. Когнітивна складність (Модель Карді). Надійність системи. Надійність складних систем з детермінованою зв'язністю елементів.

Складність системи є однією з ключових характеристик у системному аналізі, оскільки вона визначає ступінь труднощів опису, аналізу, проектування, керування та прогнозування поведінки системи. Зростання складності зазвичай пов'язане зі збільшенням кількості елементів, різноманітності їхніх властивостей, інтенсивності та нелінійності взаємодій, а також із впливом зовнішнього середовища. Оцінювання складності є необхідним для вибору адекватних методів моделювання, оптимізації та забезпечення надійності систем.

Обчислення складності системи здійснюється за допомогою різних кількісних і якісних показників, які відображають структурні, функціональні, інформаційні та когнітивні аспекти. У загальному вигляді складність системи може розглядатися як функція від кількості елементів N , кількості зв'язків R , різноманітності станів та інтенсивності взаємодій:

$$C=f(N,R,S,I),$$

де S – множина можливих станів системи, I – характеристика взаємодій між елементами. У практичних дослідженнях використовують окремі формалізовані показники, кожен з яких описує певний аспект складності.

Одним із фундаментальних підходів є інформаційна складність, яка ґрунтується на понятті ентропії. Ентропія Шеннона використовується для оцінювання міри невизначеності або різноманітності станів системи. Якщо система може перебувати у станах $x_1, x_2, \dots, x_n$ з імовірностями $p_1, p_2, \dots, p_n$, то її інформаційна складність визначається формулою

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i.$$

Чим більша ентропія, тим вищою є інформаційна складність системи, оскільки для її опису або прогнозування потрібно більше інформації. Цей підхід широко застосовується в аналізі інформаційних, керуючих та соціально-економічних систем.

У галузі програмної інженерії та аналізу алгоритмів важливе місце займає цикломатична складність, запропонована Т. Маккейбом. Вона характеризує логічну складність програмної системи та визначає кількість незалежних шляхів

виконання програми. Цикломатична складність обчислюється на основі графа потоку управління, у якому вершини відповідають базовим блокам програми, а ребра – переходам між ними. Формула має вигляд

$$V(G)=E-N+2P,$$

де E – кількість ребер графа, N – кількість вершин, P – кількість зв'язних компонентів графа (зазвичай $P=1$). Високі значення цикломатичної складності свідчать про підвищену ймовірність помилок та складність тестування і супроводу програмної системи.

Побудова графа потоку управління є важливим етапом аналізу складності програмних і алгоритмічних систем. Такий граф дозволяє візуалізувати логіку виконання, виявляти надмірні розгалуження, цикли та потенційно небезпечні ділянки, що ускладнюють систему.

Функціональна складність системи відображає кількість і різноманітність функцій, які виконує система, а також ступінь їх взаємозалежності. У загальному випадку функціональна складність зростає зі збільшенням числа функцій, рівня їх деталізації та кількості сценаріїв використання. У програмних системах цей підхід реалізується, зокрема, у вигляді методів функціональних точок (Function Point Analysis), що дозволяють оцінювати складність незалежно від конкретної мови реалізації.

Важливою складовою загальної складності є складність взаємодій, яка визначається кількістю та типами зв'язків між елементами або підсистемами. Навіть за відносно невеликої кількості елементів система може бути надзвичайно складною через велику кількість взаємозалежностей, зворотних зв'язків та нелінійних ефектів. Зазвичай складність взаємодій оцінюють за допомогою графових моделей, де кількість ребер, їхня щільність та структура істотно впливають на загальну складність системи.

Окрему групу методів становить когнітивна складність, яка відображає складність сприйняття та розуміння системи людиною. Однією з відомих є модель Карді (Card–Moran–Newell), що використовується в інженерії програмного забезпечення та ергономіці. У межах цієї моделі когнітивна складність пов'язується з обсягом інформації, кількістю ментальних операцій і структурою знань, необхідних для роботи з системою. Висока когнітивна складність негативно впливає на продуктивність, зростання помилок та ефективність навчання користувачів.

Тісно пов'язаною зі складністю є надійність системи, під якою розуміють здатність системи виконувати задані функції без відмов протягом визначеного часу за встановлених умов експлуатації. Загалом зі зростанням складності системи її надійність зменшується, якщо не застосовуються спеціальні заходи резервування, спрощення або контролю.

Надійність складних систем з детермінованою зв'язністю елементів аналізується з використанням структурних схем надійності. Для послідовного з'єднання елементів імовірність безвідмовної роботи системи дорівнює добутку надійностей окремих елементів, тоді як для паралельного з'єднання вона зростає за рахунок резервування. У складних ієрархічних системах комбінуються різні типи зв'язків, що потребує застосування графових імовірнісних моделей для адекватної оцінки надійності.

Таким чином, складність системи є багатовимірним поняттям, яке включає інформаційні, структурні, функціональні, когнітивні та надійнісні аспекти. Її аналіз дозволяє краще зрозуміти поведінку системи, виявити критичні елементи та обґрунтувати рішення щодо проєктування, оптимізації та експлуатації.

Питання до самостійної роботи

1. Поняття складності системи та її роль у системному аналізі.
2. Основні підходи до оцінювання складності систем. Структурний, функціональний, інформаційний та когнітивний.
3. Формальні моделі складності системи та їх обмеження.
4. Залежність складності системи від кількості елементів і характеру взаємодій між ними.
5. Інформаційна складність системи та поняття ентропії.
6. Ентропія Шеннона як міра невизначеності та складності системи.
7. Поняття цикломатичної складності та її призначення.
8. Складність взаємодій у системі та її вплив на поведінку системи.
9. Використання графових моделей для аналізу складності взаємодій.
10. Когнітивна складність системи та чинники, що на неї впливають.
11. Модель Карді та її застосування для оцінювання когнітивної складності.
12. Зв'язок між складністю системи та ймовірністю помилок користувача або розробника.
13. Поняття надійності системи та її основні показники.
14. Аналіз надійності послідовних, паралельних та комбінованих структур.

Тема 3. Імітаційне моделювання

Імітаційне моделювання як метод дослідження систем великої складності. Основні методи імітаційного моделювання. Приклад побудови імітаційної моделі.

Побудова моделі імітації неперервних випадкових величин. Приклад моделювання інформаційної системи за допомогою нормального розподілу. Моделювання неперервних випадкових величин за допомогою експоненційного розподілу. Побудова моделі імітації дискретних випадкових величин.

Імітаційне моделювання є одним із найефективніших методів дослідження систем великої складності, для яких аналітичний опис або точне математичне розв'язання є неможливими чи надто складними. Сутність імітаційного моделювання полягає у відтворенні поведінки реальної системи або процесу за допомогою комп'ютерної моделі, яка імітує зміну станів системи в часі з урахуванням стохастичних чинників та складних взаємодій між елементами.

Імітаційне моделювання широко застосовується для аналізу технічних, економічних, інформаційних, соціальних та організаційних систем. Його перевагою є можливість дослідження систем із нелінійними зв'язками, випадковими параметрами, затримками, зворотними зв'язками та великою кількістю змінних. За допомогою імітаційних моделей можна проводити експерименти з системою без втручання в реальний об'єкт, оцінювати наслідки управлінських рішень, прогнозувати поведінку системи та порівнювати альтернативні сценарії.

До основних методів імітаційного моделювання належать дискретно-подійне моделювання, безперервне моделювання, агентне моделювання та комбіновані підходи. Дискретно-подійне моделювання використовується для систем, у яких зміна стану відбувається в окремі моменти часу, наприклад, у системах масового обслуговування або інформаційних системах. Безперервне моделювання застосовується для опису процесів, що змінюються неперервно в часі, зокрема у фізичних або техніко-економічних системах. Агентне моделювання орієнтоване на опис поведінки окремих автономних агентів та їх взаємодій.

Побудова імітаційної моделі зазвичай включає кілька етапів: формулювання мети моделювання, аналіз системи та її параметрів, вибір типу моделі, формалізацію взаємозв'язків, реалізацію моделі у вигляді алгоритму або програмного коду, проведення експериментів та аналіз отриманих результатів. Важливим етапом є також верифікація та валідація моделі, які забезпечують її відповідність реальній системі.

Значну роль в імітаційному моделюванні відіграє моделювання випадкових величин, оскільки багато параметрів реальних систем мають стохастичний характер. Для цього використовуються різні закони розподілу ймовірностей. Побудова моделі імітації неперервних випадкових величин базується на генерації псевдовипадкових чисел із заданими характеристиками розподілу.

Одним із найпоширеніших є нормальний розподіл, який застосовується для моделювання величин, що формуються під впливом великої кількості незалежних

факторів. Нормальний розподіл характеризується математичним сподіванням та середньоквадратичним відхиленням і часто використовується для моделювання часу обробки запитів, затримок у мережах або навантаження інформаційних систем. У процесі імітації значення випадкової величини генеруються так, щоб їхній розподіл відповідав заданим параметрам.

Іншим важливим випадком є експоненційний розподіл, який застосовується для моделювання часу між подіями, наприклад, надходження заявок у системах масового обслуговування або часу безвідмовної роботи елементів системи. Експоненційний розподіл має властивість відсутності пам'яті, що робить його зручним для опису випадкових процесів із постійною інтенсивністю подій.

Окрім неперервних величин, в імітаційному моделюванні часто виникає необхідність моделювання дискретних випадкових величин, які приймають скінченну або зліченну множину значень. Такі величини використовуються для опису кількості подій, вибору альтернатив, станів системи або результатів прийняття рішень. Побудова моделі імітації дискретних випадкових величин здійснюється на основі заданих ймовірностей реалізації кожного значення та використання генераторів випадкових чисел.

Таким чином, імітаційне моделювання є універсальним інструментом системного аналізу, який дозволяє досліджувати поведінку складних систем у динаміці, враховувати випадкові чинники та отримувати практично значущі результати для підтримки управлінських і проєктних рішень.

Питання для самостійної роботи

1. Поняття імітаційного моделювання та його місце в системному аналізі.
2. Переваги та обмеження імітаційного моделювання порівняно з аналітичними методами.
3. Основні типи імітаційних моделей та сфери їх застосування.
4. Дискретно-подійне моделювання та його особливості.
5. Безперервне імітаційне моделювання та приклади його використання.
6. Етапи побудови імітаційної моделі складної системи.
7. Поняття випадкової величини та її роль в імітаційному моделюванні.
8. Побудова моделей імітації неперервних випадкових величин.
9. Нормальний розподіл. Основні характеристики та сфери застосування.
10. Приклади моделювання інформаційних систем за допомогою нормального розподілу.
11. Експоненційний розподіл та його властивості.

12. Використання експоненційного розподілу для моделювання часу між подіями.
13. Побудова моделей імітації дискретних випадкових величин.
14. Поняття верифікації та валідації імітаційної моделі.
15. Критерії адекватності імітаційної моделі реальній системі.

Тема 4. Математичне моделювання систем за допомогою випадкових процесів

Марковський процес. Простий ланцюг Маркова. Матриця переходу. Ймовірність переходу системи із стану в стан за n кроків. Ймовірність перебування системи в заданому стані на n -му кроці. Граничні ймовірності станів. Ймовірність перебування системи в заданому стані в далекому майбутньому.

Математичне моделювання систем за допомогою випадкових процесів є важливим інструментом системного аналізу, що дозволяє описувати та прогнозувати поведінку систем, у яких еволюція станів має стохастичний характер. Такі моделі широко застосовуються для дослідження інформаційних систем, систем масового обслуговування, технічних, економічних і соціальних процесів, де майбутній стан системи залежить від поточного стану та випадкових чинників.

Одним із базових стохастичних об'єктів є марковський процес, для якого виконується властивість відсутності післядії. Це означає, що ймовірність переходу системи в майбутній стан залежить лише від її поточного стану і не залежить від попередньої історії. Формально марковський процес визначається множиною станів та системою ймовірностей переходів між цими станами.

У випадку дискретного часу та скінченної множини станів марковський процес називають простим ланцюгом Маркова. Такий ланцюг описується послідовністю випадкових величин, кожна з яких набуває значень із множини можливих станів системи. Динаміка ланцюга Маркова повністю визначається матрицею переходів, елементи якої є ймовірностями переходу з одного стану в інший за один крок. Для кожного рядка матриці переходів сума елементів дорівнює одиниці, що відображає повноту групи подій.

Матриця переходу є центральним елементом моделі марковського ланцюга. Вона дозволяє формалізувати поведінку системи та виконувати обчислення ймовірностей її станів на різних кроках розвитку. Якщо матрицю переходів позначити через P , то ймовірності переходу системи із стану в стан за n кроків визначаються елементами матриці P^n , тобто матриці переходів, піднесеної до степеня n .

На основі цього підходу можна обчислювати ймовірність перебування системи в заданому стані на n -му кроці. Для цього використовується вектор початкового розподілу ймовірностей станів, який множиться на матрицю P^n . Отриманий вектор характеризує ймовірнісний стан системи після n кроків її еволюції.

Особливий інтерес у системному аналізі становлять граничні ймовірності станів, які описують поведінку системи у довгостроковій перспективі. Якщо ланцюг Маркова є ергодичним, тобто має єдину стаціонарну поведінку, то зі збільшенням кількості кроків розподіл ймовірностей станів наближається до сталого вектора, який не залежить від початкового стану системи. Цей сталий вектор називають граничним або стаціонарним розподілом ймовірностей. Він задовольняє рівнянню стаціонарності, за яким вектор ймовірностей при множенні на матрицю переходів залишається незмінним. Граничні ймовірності мають важливе прикладне значення, оскільки дозволяють визначати ймовірність перебування системи в заданому стані в далекому майбутньому, що є ключовим для оцінювання ефективності, надійності та стабільності систем.

Таким чином, Марковські процеси та ланцюги Маркова забезпечують формальний і наочний апарат для математичного моделювання випадкової динаміки систем. Вони дозволяють аналізувати як короткострокову поведінку системи, так і її довгострокові характеристики, що робить ці моделі універсальним інструментом у дослідженнях складних стохастичних систем.

Питання для самостійної роботи

1. Поняття випадкового процесу та його роль у математичному моделюванні систем.
2. Основні властивості марковського процесу.
3. Поняття стану системи в марковській моделі. Матриця переходів
4. Ймовірність переходу системи між станами за один крок.
5. Ймовірності переходу за n кроків та їх обчислення.
6. Початковий розподіл ймовірностей станів та його вплив на поведінку системи.
7. Ймовірність перебування системи в заданому стані на n -му кроці.
8. Поняття граничних ймовірностей станів.
9. Ймовірність перебування системи в заданому стані в далекому майбутньому.
10. Приклади застосування ланцюгів Маркова в інформаційних системах.

11. Використання марковських моделей у системах масового обслуговування.

12. Переваги та обмеження марковського підходу в моделюванні складних систем.

Тема 5. Методи системного аналізу

Метод дерева цілей. Метод Делфі. Метод моделювання. Метод аналізу ризиків. Метод системного графа. Метод аналізу за критеріями. Приклади застосування. Показники ефективності систем масового обслуговування. Система масового обслуговування з обмеженою довжиною черги. Системи масового обслуговування з очікуванням. Система масового обслуговування з обмеженням часом очікування. Замкнені системи масового обслуговування. Методологія системного аналізу в задачах прогнозування, управління, аналізу та проектування динамічних процесів. Розробка та дослідження функціональних моделей CASE-засобами проектування складних систем, методами структурного аналізу систем, об'єктно-орієнтованої методології проектування.

Методи системного аналізу становлять сукупність формалізованих і експертних підходів, що застосовуються для дослідження, проектування, оцінювання та оптимізації складних систем. Вибір конкретного методу залежить від характеру задачі, рівня невизначеності, доступності інформації та вимог до точності результатів. У практиці системного аналізу зазвичай використовують комбінацію кількох методів, що дозволяє отримати більш повне та обґрунтоване рішення.

Одним із базових є метод дерева цілей, який застосовується для формалізації цілей складної системи та встановлення ієрархічних зв'язків між ними. Суть методу полягає у декомпозиції загальної мети на підцілі нижчих рівнів аж до конкретних, вимірюваних завдань. Дерево цілей дозволяє чітко визначити пріоритети, узгодити інтереси різних учасників та забезпечити системність у процесі прийняття рішень.

Для роботи з невизначеністю та експертними оцінками широко використовується метод Делфі, який ґрунтується на багатоетапному анонімному опитуванні групи експертів. На кожному етапі результати узагальнюються та повідомляються учасникам, що дає змогу поступово досягти узгодженої думки. Метод Делфі застосовується для прогнозування, оцінювання альтернатив, визначення ризиків та стратегічного планування.

Важливу роль у системному аналізі відіграє метод моделювання, який дозволяє досліджувати систему шляхом побудови її формальної або імітаційної моделі. Моделювання дає змогу аналізувати поведінку системи в різних умовах,

оцінювати наслідки управлінських рішень і порівнювати альтернативні сценарії без втручання в реальний об'єкт.

Метод аналізу ризиків спрямований на виявлення потенційних загроз, оцінювання ймовірності їх виникнення та можливих наслідків для системи. У межах цього методу аналізуються як внутрішні, так і зовнішні ризики, визначаються критичні елементи системи та розробляються заходи з мінімізації негативного впливу. Аналіз ризиків є особливо важливим для інформаційних, технічних та організаційних систем.

Для структурного подання складних взаємозв'язків між елементами системи застосовується метод системного графа. У цьому підході система описується у вигляді графа, вершини якого відповідають елементам або підсистемам, а ребра – взаємодіям між ними. Системні графи використовуються для аналізу структури, потоків інформації, ресурсів та керування.

Метод аналізу за критеріями використовується для оцінювання та вибору оптимального рішення за наявності кількох, часто суперечливих критеріїв. У межах цього методу формуються критерії оцінювання, визначаються їх ваги та здійснюється порівняння альтернатив. Метод є основою багатокритеріального аналізу та широко застосовується в задачах оптимізації.

Значну частину прикладних задач системного аналізу становлять системи масового обслуговування (СМО), які описують процеси надходження та обслуговування заявок. До основних показників ефективності СМО належать середній час очікування в черзі, середній час перебування заявки в системі, середня довжина черги, ймовірність відмови в обслуговуванні та коефіцієнт завантаження обслуговуючих пристроїв.

Система масового обслуговування з обмеженою довжиною черги характеризується тим, що кількість заявок у черзі не може перевищувати задане значення. У таких системах частина заявок може втрачатися, що призводить до появи ймовірності відмови. Подібні моделі використовуються для аналізу буферів пам'яті, мережевих вузлів та сервісних центрів.

У системах масового обслуговування з очікуванням заявки, що надходять у зайняту систему, стають у чергу та очікують звільнення обслуговуючого пристрою. Основною задачею аналізу таких систем є мінімізація часу очікування та забезпечення прийняттого рівня якості обслуговування.

Система масового обслуговування з обмеженим часом очікування передбачає, що заявка залишає систему, якщо час її очікування перевищує допустиме значення. Такі моделі адекватно описують поведінку користувачів інформаційних сервісів або клієнтів у сервісних системах.

Окремий клас становлять замкнені системи масового обслуговування, у яких кількість заявок є сталою, а нові заявки не надходять іззовні, а циркулюють

усередині системи. Подібні моделі застосовуються для аналізу комп'ютерних систем, виробничих процесів та корпоративних інформаційних систем.

Таким чином, методи системного аналізу забезпечують комплексний підхід до дослідження та оптимізації складних систем, поєднуючи структурні, експертні, аналітичні та стохастичні методи для отримання обґрунтованих управлінських рішень.

Аналіз, функціональне моделювання та оцінювання ризиків бізнес-процесів організаційно-економічних і виробничо-технічних систем

Аналіз та функціональне моделювання бізнес-процесів є ключовими етапами дослідження і проєктування організаційно-економічних та виробничо-технічних систем, оскільки вони дозволяють формалізувати діяльність підприємства, виявити взаємозв'язки між процесами та оцінити ефективність управління ресурсами. На етапі аналізу бізнес процесів система розглядається як сукупність взаємопов'язаних функцій, що перетворюють вхідні ресурси у вихідні результати відповідно до заданих цілей і обмежень. Для цього застосовується методологія системного аналізу, яка передбачає ідентифікацію ключових процесів, визначення їх ролі у досягненні стратегічних цілей організації та встановлення причинно-наслідкових зв'язків між ними.

Функціональне моделювання бізнес-процесів реалізується шляхом побудови формалізованих моделей. Такі моделі відображають структуру процесів, інформаційні та матеріальні потоки, керуючі впливи та механізми виконання робіт. У випадку організаційно-економічних систем функціональні моделі дозволяють описати процеси планування, обліку, контролю та аналізу діяльності підприємства, тоді як для виробничо-технічних систем вони відображають технологічні операції, взаємодію обладнання, персоналу та інформаційних ресурсів. Практичне застосування функціональних моделей полягає у використанні їх для оптимізації бізнес процесів, реінжинірингу організаційної структури, обґрунтування управлінських рішень і проєктування інформаційних систем підтримки управління.

Важливим аспектом проєктування функціональних моделей бізнес-систем є оцінювання ризиків, пов'язаних із їх розробкою та впровадженням. Методи оцінювання ризиків включають ідентифікацію потенційних загроз, аналіз ймовірності їх виникнення та оцінку можливих наслідків для функціонування системи. Зокрема, можуть застосовуватися експертні методи, сценарний аналіз, матриці ризиків, а також кількісні підходи, що базуються на ймовірнісних моделях. Оцінювання ризиків дозволяє виявити критичні бізнес-процеси, визначити рівень їх уразливості та обґрунтувати заходи щодо підвищення надійності й стійкості організаційно-економічних і виробничо-технічних систем. Таким чином, поєднання функціонального моделювання з методами оцінювання ризиків

забезпечує комплексний підхід до аналізу та проектування бізнес-систем і сприяє підвищенню ефективності їх практичного використання.

Методологія системного аналізу в задачах прогнозування, управління, аналізу та проектування динамічних процесів

Методологія системного аналізу використовується при дослідженні об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування. Вона базується на комплексному підході, який дозволяє розглядати будь-яку систему як цілісну структуру, що складається з взаємопов'язаних елементів, і враховувати всі внутрішні та зовнішні фактори її функціонування. Системний аналіз застосовується для вивчення динамічних процесів у макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах, а також у сучасних інформаційних мережах та їх програмному забезпеченні.

У задачах аналізу системний підхід дозволяє визначати структуру, властивості та взаємозв'язки елементів, виявляти ключові фактори, що впливають на ефективність роботи, та оцінювати можливі ризики. У прогнозуванні він використовується для побудови математичних і імітаційних моделей, які дають змогу передбачати поведінку системи в майбутньому, оцінювати ймовірність настання певних подій та розробляти сценарії розвитку. В управлінні системний аналіз забезпечує розробку стратегій прийняття рішень, оптимізацію ресурсів і процесів, а також балансування різних цілей за допомогою багатокритеріальної оптимізації. У проектуванні він застосовується для створення нових систем, використовуючи методи декомпозиції та синтезу, що дозволяє будувати складні технічні та програмні комплекси з урахуванням їх надійності, масштабованості та ефективності.

Таким чином, системний аналіз є універсальним інструментом, який поєднує аналіз, прогнозування, управління та проектування, забезпечуючи комплексний підхід до вирішення задач у різних сферах діяльності. Його використання дозволяє підвищувати ефективність макроекономічних процесів, оптимізувати роботу технічних і технологічних систем, зменшувати ризики у фінансовій сфері та створювати сучасні інформаційні мережі й програмне забезпечення, що відповідають вимогам часу.

Приклад використання методології системного аналізу для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів

Розглянемо приклад використання методології системного аналізу для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів на прикладі фінансово-економічного об'єкта – банківської кредитної системи. Така система є складною динамічною мережею, що поєднує фінансові потоки,

інформаційні процеси та програмне забезпечення для підтримки прийняття управлінських рішень.

На етапі аналізу об'єкт розглядається як система, що складається з підсистем залучення ресурсів, кредитування, управління ризиками та інформаційної підтримки. Визначаються основні змінні стану, наприклад обсяг кредитного портфеля, рівень простроченої заборгованості та ліквідність, а також зовнішні фактори впливу, такі як облікова ставка, макроекономічні показники та платоспроможність клієнтів. Застосування системного підходу дозволяє встановити причинно-наслідкові зв'язки між цими змінними та описати динаміку системи у вигляді математичної моделі.

Для прогнозування використовується модель зміни обсягу кредитного портфеля у часі, наприклад у вигляді дискретного динамічного рівняння, яке враховує темпи видачі нових кредитів та погашення заборгованості. На основі такої моделі можна оцінити майбутній стан системи за різних сценаріїв економічного розвитку.

Розглянемо приклад дискретного динамічного рівняння для моделювання зміни обсягу кредитного портфеля банку з урахуванням видачі нових кредитів та погашення заборгованості. Нехай K_t – обсяг кредитного портфеля на момент часу t (наприклад, на кінець місяця), U_t – обсяг нових кредитів, виданих у періоді t , r – середня частка погашення кредитів за період (коефіцієнт повернення), d – частка прострочених або списаних кредитів. Тоді дискретна динаміка кредитного портфеля може бути описана рівнянням:

$$K_{t+1} = (1 - r - d)K_t + U_t.$$

У цьому рівнянні доданок U_t характеризує приріст портфеля за рахунок нових кредитів, тоді як множник $(1 - r - d)$ відображає зменшення обсягу портфеля внаслідок погашення та втрат. За умови сталих параметрів r і d та постійного обсягу нових кредитів $U_t = U$ така модель дозволяє аналізувати стійкість кредитної системи, прогнозувати довгостроковий рівень портфеля та оцінювати вплив управлінських рішень на фінансову динаміку банку.

Задача управління полягає у виборі оптимальної кредитної політики, яка забезпечує зростання прибутковості при допустимому рівні ризику. У межах системного аналізу формуються керуючі впливи, зокрема зміна процентних ставок або кредитних лімітів, і оцінюється їх вплив на динаміку ключових показників.

На етапі проєктування визначається структура програмного забезпечення інформаційної системи банку, яка реалізує збирання даних, моделювання, прогнозування та підтримку прийняття рішень. У результаті застосування методології системного аналізу забезпечується цілісне бачення фінансової системи, узгодження економічних моделей із програмною реалізацією та підвищення ефективності управління динамічними процесами.

Розробка та дослідження функціональних моделей CASE-засобами проектування складних систем, методами структурного аналізу систем, об'єктно-орієнтованої методології проектування

Методологія системного аналізу та CASE-засоби проектування складних систем використовуються у розробці й дослідженні функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем. Системний аналіз забезпечує комплексний підхід до вивчення об'єктів і процесів, дозволяє розглядати їх як цілісні структури з багатьма взаємопов'язаними елементами та визначати оптимальні шляхи їх розвитку. CASE-засоби (Computer-Aided Software Engineering) надають інструментарій для автоматизації процесів моделювання, документування та проектування, що значно підвищує ефективність роботи з великими та складними системами.

Об'єктно-орієнтована методологія розглядає програму як взаємодію об'єктів, а UML (Unified Modeling Language) – це стандартизована візуальна мова для моделювання систем, яка дозволяє створювати діаграми (класів, прецедентів, послідовності тощо) для візуалізації, проектування та документування програмного забезпечення, підкреслюючи такі концепції, як інкапсуляція, успадкування, поліморфізм та абстракція.

Методи структурного аналізу систем дозволяють формалізувати опис функцій, потоків даних та взаємозв'язків між елементами системи. Вони застосовуються для побудови діаграм потоків даних, структурних схем та моделей, які відображають логіку роботи організаційно-економічних процесів. Об'єктно-орієнтована методологія проектування, у свою чергу, забезпечує моделювання систем на основі об'єктів, що мають властивості та методи, і дозволяє створювати більш гнучкі та масштабовані моделі.

У практиці розробки функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем ці методи застосовуються для

- побудови моделей бізнес-процесів та інформаційних потоків;
- аналізу ефективності управлінських рішень;
- проектування програмного забезпечення для підтримки діяльності організацій;
- моделювання виробничих процесів з урахуванням ресурсних обмежень та ризиків;
- створення інтегрованих інформаційних систем для управління підприємствами.

Застосування знань методології та CASE-засобів проєктування складних систем, методів структурного аналізу систем і об'єктно-орієнтованої методології проєктування доцільно проілюструвати на прикладі розробки та дослідження функціональної моделі системи промислового підприємства.

На початковому етапі здійснюється системний аналіз предметної області, у межах якого підприємство розглядається як цілісна складна система, що включає взаємопов'язані виробничі, управлінські та економічні процеси. З використанням методів структурного аналізу формується функціональна модель, яка відображає основну функцію системи – управління виробничо-економічною діяльністю. Така модель дозволяє визначити входи, виходи, керуючі впливи та механізми реалізації процесів, а також виконати подальшу декомпозицію на підфункції планування виробництва, управління ресурсами, контролю виконання замовлень і економічного аналізу.

Приклад. Проєктування інформаційної системи управління виробничо-економічною діяльністю підприємства

1. Постановка задачі

Розглянемо промислове підприємство, що виготовляє серійну продукцію. Необхідно розробити інформаційну систему управління виробництвом і ресурсами, яка забезпечує:

- планування виробничих процесів;
- облік матеріальних і фінансових ресурсів;
- контроль виконання замовлень;
- аналіз економічної ефективності.

2. Застосування методів структурного аналізу

Структурний аналіз використовується для дослідження предметної області.

Функціональна модель «Управління виробничо-економічною діяльністю підприємства» складається з елементів:

1. Входи: замовлення клієнтів, ресурси, нормативи;
2. Виходи: готова продукція, фінансова звітність;
3. Керування: плани, стандарти, регламенти;
4. Механізми: персонал, обладнання, інформаційна система.

Наприклад, для процесу *“Планування виробництва”* вхідні дані: прогноз попиту, залишки складу; вихідні дані: виробничий план.

3. Далі виконується декомпозиція на підфункції:

A1 – Планування виробництва;

A2 – Управління запасами;

A3 – Контроль виконання замовлень;

A4 – Економічний аналіз.

Приклад моделі потоків даних. Для кожної підфункції будуються діаграми, які описують потоки інформації між підсистемами; сховища даних (бази даних); зовнішні об'єкти (постачальники, клієнти).

Подальший аналіз деталізується шляхом побудови моделей потоків даних, які описують інформаційні зв'язки між процесами, сховищами даних та зовнішніми суб'єктами. На цьому етапі активно застосовуються CASE-засоби, що забезпечують формалізацію моделей, їх логічну узгодженість і можливість автоматизованого супроводу проектної документації. Використання CASE-інструментів дозволяє зменшити кількість помилок на етапі проектування, що забезпечує узгодженість між потребами замовника, проектними рішеннями та кінцевим продуктом, тобто всі вимоги між різними рівнями моделей мають бути враховані, правильно реалізовані та протестовані.

CASE-засоби дозволяють формалізувати функціональні моделі; забезпечити узгодженість між різними діаграмами; зберігати моделі у репозиторії.

Після завершення структурного аналізу виконується перехід до об'єктно-орієнтованої методології проектування, у межах якої елементи функціональних моделей інтерпретуються як об'єкти та класи. Формується об'єктна модель системи, що включає класи замовлень, продукції, ресурсів, виробничих планів, складів та фінансових звітів, а також визначаються їх атрибути й взаємодії. За допомогою UML-діаграм описуються структура системи, сценарії взаємодії користувачів з інформаційною системою та динаміка виконання основних бізнес-процесів.

4. Перехід до об'єктно-орієнтованої методології. Після структурного аналізу виконується об'єктно-орієнтоване проектування (ООП).

Використовуються UML-діаграми:

- 1) діаграми класів – структура системи;
- 2) діаграми прецедентів – взаємодія користувачів із системою;
- 3) діаграми послідовностей – сценарії виконання операцій;
- 4) діаграми станів – життєвий цикл замовлення.

Отримані функціональні й об'єктні моделі використовуються для дослідження поведінки системи, виявлення неефективних ланок управління,

аналізу використання ресурсів і оцінювання можливих варіантів оптимізації організаційно-економічних та виробничо-технічних процесів. Таким чином, поєднання методів структурного аналізу, об'єктно-орієнтованого проектування та CASE-засобів забезпечує комплексний і формалізований підхід до розробки та дослідження складних систем, підвищує якість проєктних рішень і сприяє створенню ефективних інформаційних систем управління.

5. Дослідження функціональної моделі

На основі побудованих моделей:

- аналізуються вузькі місця виробництва;
- оцінюється ефективність використання ресурсів;
- моделюються альтернативні сценарії планування;
- перевіряється узгодженість економічних і технічних рішень.

Це дозволяє оптимізувати структуру управління підприємством ще до етапу програмної реалізації.

Висновок. У наведеному прикладі продемонстровано комплексне застосування:

- методології системного аналізу;
- методів структурного аналізу;
- CASE-засобів проектування;
- об'єктно-орієнтованої методології (UML)

для розробки та дослідження функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем. Такий підхід забезпечує формальність, масштабованість і практичну придатність проєктних рішень.

Таким чином, поєднання методології системного аналізу, CASE-засобів, структурного та об'єктно-орієнтованого підходів забезпечує комплексне дослідження й проектування складних систем, дозволяє підвищити їх ефективність, надійність та адаптивність до змін зовнішнього середовища. Це створює основу для розробки сучасних організаційно-економічних і виробничо-технічних систем, здатних відповідати вимогам динамічного розвитку економіки та технологій.

Питання для самостійної роботи

1. Метод дерева цілей. Побудова дерева цілей для конкретної системи (наприклад, освітньої чи виробничої). Аналіз взаємозв'язків між цілями різного рівня.

2. Метод Делфі. Організація експертного опитування. Практичне застосування методу для прогнозування розвитку ІТ-галузі.
3. Метод моделювання. Побудова математичної та імітаційної моделі системи. Використання моделювання для аналізу ефективності процесів.
4. Метод аналізу ризиків. Оцінка ймовірності та наслідків ризиків. Побудова матриці ризиків.
5. Метод системного графа. Побудова графа для опису структури системи. Аналіз зв'язків та потоків у системі.
6. Метод аналізу за критеріями. Вибір критеріїв ефективності системи. Практичне застосування багатокритеріального аналізу.
8. Показники ефективності систем масового обслуговування. Розрахунок середньої довжини черги, часу очікування, ймовірності відмови.
9. Система масового обслуговування з обмеженою довжиною черги. Постановка задачі та аналіз прикладів. Системи масового обслуговування з очікуванням. Моделювання роботи системи з необмеженою чергою. Система масового обслуговування з обмеженим часом очікування. Аналіз поведінки заявок у системі з часовими обмеженнями.
10. Замкнені системи масового обслуговування. Особливості функціонування та приклади застосування у виробничих процесах.
11. Використання методології системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах, мереж та їх програмного забезпечення.
12. Застосування знань методології та CASE-засобів проектування складних систем, методів структурного аналізу систем, об'єктно-орієнтованої методології проектування при розробці і дослідженні функціональних моделей організаційно економічних і виробничо-технічних систем.
13. Аналіз, функціональне моделювання та оцінювання ризиків бізнес-процесів організаційно-економічних і виробничо-технічних систем

Теми доповідей

1. Системи з обмеженнями
2. Системи масового обслуговування, їх класифікація та основні характеристики
3. Моделі теорії черг
4. Мережі Петрі

5. Методи статистичного моделювання
6. Сфери використання імітаційних моделей
7. Моделі та методи прийняття рішень
8. Основні питання та визначення теорії надійності
9. Теорія ігор та прийняття рішень
10. Причинно-наслідковий аналіз
11. Системні закони та їх роль у пізнанні
12. Роль системного аналізу в науці та на практиці
13. Основні напрямки та функції системності в науці
14. Приклади застосування інформаційної складності в технічних та соціально-економічних системах.
15. Граф потоку управління: основні елементи та правила побудови.
16. Вплив цикломатичної складності на тестованість, супроводжуваність і надійність програмних систем.
17. Функціональна складність системи та методи її оцінювання.
18. Формула обчислення цикломатичної складності та її інтерпретація.
19. Методи підвищення надійності складних систем за умов високої складності.
20. Приклади застосування методів системного аналізу. Розгляд кейсів з економіки, транспорту, ІТ та медицини.
21. Статистична обробка результатів імітаційного експерименту.
22. Методи генерації псевдовипадкових чисел.
23. Агентне моделювання як сучасний напрям імітаційних досліджень.
24. Застосування методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем
25. Обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів дослідження характеристик і поведінки складних систем.
26. Аналіз та функціональне моделювання бізнес процесів, побудова та практичне застосування функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем.
27. Методи оцінювання ризиків проектування функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем.
28. Тензорні методи багатокритеріальної оптимізації та прийняття рішень. Формалізація багатокритеріальних задач.

29. Зменшення розмірності оптимізаційних задач за допомогою тензорних розкладів (CP, Tucker, Tensor Train).

ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Види контролю	Складові оцінювання
	Для заліку
поточний контроль , який здійснюється у ході: проведення практичних (лабораторних) занять, виконання самостійної роботи, індивідуальних завдань, дослідна робота здобувача тощо.	100%
підсумковий контроль	

Методи діагностики знань (контролю)	Фронтальне опитування, розв'язання практичних завдань, тестування здобувачів, наукові доповіді, реферати, усні повідомлення, залік
--	--

Питання для підсумкового контролю

1. Поняття системи
2. Теоретико-множинне визначення системи
3. Технології системного аналізу
4. Моделювання
5. Стани системи (моделі)
6. Структура системи
7. Декомпозиція
8. Аналіз і синтез в системних дослідженнях
9. Властивості системи
10. Життєвий цикл системи
11. Способи опису систем
12. Класифікація систем
13. Великі системи. Прості та складні системи
14. Складність системи. Обчислення складності системи
15. Приклади формул для оцінки складності системи
16. Інформаційна складність (ентропія Шеннона)
17. Цикломатична складність. Побудова графа потоку управління
18. Функціональна складність системи
19. Складність взаємодій
20. Когнітивна складність (Модель Карді)
21. Надійність системи
22. Надійність складних систем з детермінованою зв'язністю елементів
23. Імітаційне моделювання як метод дослідження систем великої складності
24. Основні методи імітаційного моделювання

25. Приклад побудови імітаційної моделі
26. Побудова імітаційної моделі випадкової події
27. Побудова моделі імітації неперервних випадкових величин
28. Приклад моделювання інформаційної системи за допомогою нормального розподілу
29. Моделювання неперервних випадкових величин за допомогою експоненційного розподілу
30. Побудова моделі імітації дискретних випадкових величин
31. Математичне моделювання систем за допомогою випадкових процесів. Марковський процес
32. Простий ланцюг Маркова. Матриця переходу
33. Ймовірність переходу системи із стану в стан за n кроків
34. Ймовірність перебування системи в заданому стані на n -му кроці
35. Граничні ймовірності станів. Ймовірність перебування системи в заданому стані в далекому майбутньому
36. Методи системного аналізу
37. Метод дерева цілей. Реалізація методу. Приклад застосування.
38. Метод Делфі. Реалізація методу. Приклад застосування.
39. Метод моделювання. Реалізація методу. Приклад застосування.
40. Метод аналізу ризиків. Реалізація методу. Приклад застосування.
41. Метод системного графа. Реалізація методу. Приклад застосування.
42. Метод аналізу за критеріями. Реалізація методу. Приклад застосування.
43. Показники ефективності систем масового обслуговування.
44. Система масового обслуговування з обмеженою довжиною черги.
45. Системи масового обслуговування з очікуванням.
46. Система масового обслуговування з обмеженим часом очікування.
47. Замкнені системи масового обслуговування.
48. Методологія системного аналізу в задачах прогнозування, управління, аналізу та проектування динамічних процесів.
49. Розробка та дослідження функціональних моделей CASE-засобами проектування складних систем, методами структурного аналізу систем, об'єктно-орієнтованої методології проектування.
50. Аналіз та функціональне моделювання бізнес процесів, побудова та практичне застосування функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем.
51. Методи оцінювання ризиків проектування функціональних моделей бізнес-систем.

Критерії підсумкової оцінки знань студентів

ОЦІНЮВАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ТА ФАХОВОЇ ПЕРДВИЩОЇ ОСВІТИ ЗА НАВЧАЛЬНУ ДИСЦИПЛІНУ У МІЖНАРОДНОМУ ГУМАНІТАРНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

(поточний контроль, підсумковий контроль, загальний результат
оцінювання)

ЗАЛІК

<i>Поточний контроль</i>			
Види роботи	Планові терміни виконання	Форми контролю та звітності	Максимальний відсоток оцінювання
Систематичність і активність роботи на практичних (лабораторних) заняттях			
1.1. Підготовка до практичних (лабораторних) занять	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка обсягу та якості засвоєного матеріалу під час практичних (лабораторних) занять	60
Виконання завдань для самостійного опрацювання			
1.2. Індивідуальне тестування, завдання, підготовка реферату (есе) за заданою тематикою	Відповідно до робочої програми тарозкладу занять	Розгляд відповідного матеріалу під час аудиторних занять або ІКР ¹ , перевірка конспектів навчальних текстів тощо	20
Виконання індивідуальних завдань, дослідна робота здобувача			
1.3. Інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовка наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо.	Відповідно до робочої програми тарозкладу занять	Обговорення результатів проведеної роботи під час аудиторних занять, наукових конференцій та круглих столів.	20
Разом балів за поточний контроль			100
<i>Загальний результат оцінювання</i>			100

¹ Індивідуально-консультативна робота викладача зі здобувачами

Поточний контроль знань здобувачів освіти при формі контролю залік (максимум 100 балів) оцінюється за шкалою («2», «3», «4», «5»), з обов'язковим переведенням балів за кожний вид роботи таким чином:

- за підготовку до аудиторних занять (максимум 60 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості практичних (лабораторних) занять, для переводу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 12;
- за виконання завдань для самостійного опрацювання (тестування, завдання, підготовка реферату (есе) за заданою тематикою) (максимум 20 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості програмного матеріалу, що виноситься на самостійне вивчення, для переводу зазначених балів середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 4;
- за інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовку наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо (максимум 20- балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості інших видів індивідуальних завдань, для переводу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 4.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗА ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ

- «2»- виставляється за неправильну відповідь (письмову роботу), яка не відповідає змісту теми та свідчить про нерозуміння її основних положень;
- «3» -виставляється за відповідь (письмову роботу), яка відповідає змісту теми, але є неповною і неточною у визначенні понять, свідчить про неповне розуміння основних положень навчального матеріалу, свідчить про те, що знання студента мають фрагментарний, поверховий характер;
- «4» - оцінюється правильна і обґрунтована відповідь (письмова робота), з якої видно, що студент знає й розуміє теоретичний матеріал в обсязі навчальної теми, володіє необхідними навичками, не допускає суттєвих помилок.
- «5» - оцінюється повна, правильна, ґрунтовна відповідь (письмова робота) на запитання теми, що передбачає логічність і послідовність викладу матеріалу, володіння термінологією, показує вміння повно й глибоко використовувати теоретичні знання в практичній площині.

КРИТЕРІЇ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ (для іспиту / заліку)

Рівень знань оцінюється:

- «відмінно» / «зараховано» А - від 90 до 100 балів. Студент виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, під час яких давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат (есе) за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;
- «добре» / «зараховано» В - від 82 до 89 балів. Студент володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте

за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат (есе) за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

- «добре» / «зараховано» С - від 74 до 81 балів. Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи, реферату та активність у науково-дослідній роботі;

- «задовільно» / «зараховано» D - від 64 до 73 балів. Студент був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи, рефератів (есе);

- «задовільно» / «зараховано» E - від 60 до 63 балів. Студент був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки, має неповний конспект з завданнями до самостійної роботи.

- «незадовільно з можливістю повторного складання» / «не зараховано» Fx – від 35 до 59 балів. Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

- «незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни» / «не зараховано» F – від 0 до 34 балів. Студент не володіє навчальним матеріалом.

ТАБЛИЦЯ ВІДПОВІДНОСТІ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ЗА РІЗНИМИ ШКАЛАМИ

100-бальною шкалою	Шкала за ECTS	За національною шкалою	
		екзамен	залік
90-100	A	Відмінно	Зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	
60-63	E		
35-59	Fx	Незадовільно	Не зараховано
1-34	F		

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Стрелковська І.В. Вища математика для фахівців в галузі зв'язку. Ч.5 / І.В. Стрелковська, В.М. Паскаленко. – Одеса: ВМВ, 2018. – 508 с.
2. Стрелковська І.В. Теорія ймовірностей та випадкові процеси (для фахівців у галузі ІТ-технологій) / І.В. Стрелковська, В.М. Паскаленко. – Одеса: ОНАЗ, 2018. – 384 с.
3. Катренко А.В. Системний аналіз: підручник – Львів: «Новий Світ – 2000», 2024. – 396 с.
4. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Системний аналіз” / М.Є.Фриз., Б.Б.Млинко. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені І.Пулюя, 2020. – 37 с.
5. Литвинов А. Л. Л64 Теорія систем масового обслуговування : навч. посібник / А. Л. Литвинов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 141 с.

Допоміжна

6. Стрелковська І.В. Математична статистика / І.В. Стрелковська, В.М. Паскаленко. – Одеса: ОНАЗ, 2019. – 110 с.
7. Гук В. І. Теорія випадкових процесів : методичний посібник : для студентів напрямку підготовки 6.030502 „Економічна кібернетика” освітньо-кваліфікаційного рівня „бакалавр” / В. І. Гук. – Черкаси: Східноєвропейський ун-т економіки і менеджменту, 2013. – 45 с.
8. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Теорія ймовірностей та математична статистика” освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 113 „Прикладна математика” факультету електроніки та комп'ютерної техніки денної форми навчання. Частина 5. / Укладач: В.О. Строева – Кам'янське: ДДТУ, 2016 – 44 с.
9. Математичні методи моделювання: навчальний посібник / О. П. Чорний, В.К. Титюк, Н.М. Істоміна та ін. ; заг. ред. О. П. Чорний. – Кременчук : ПП Щербатих О. В., 2016. – 232 с.

Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського : веб-сайт. URL: <http://www.nbuv.gov.ua>.
2. Он-лайн бібліотека. URL: <http://www.lib.com.ua>
3. <http://www.info-library.com.ua/books-book-149.html>

ЗМІСТ

1. Опис навчальної дисципліни.....	3
2. Програма навчальної дисципліни.....	5
3. Структура навчальної дисципліни.....	6
4. Питання до практичних занять.....	6
5. Самостійна робота.....	8
6. Види та методи контролю.....	31
7. Питання для підсумкового контролю.....	32
8. Критерії підсумкової оцінки знань студентів.....	33
9. Рекомендована література.....	36

Навчальне видання

Стрелковська Ірина Вікторівна

Григор'єва Тетяна Ігорівна

Анісімов Віктор Олександрович

Системний аналіз

Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів