

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри економічної
кібернетики і системного аналізу
Протокол №1 від 22.08.2023 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з навчально-методичної роботи



Каріна НЕМАШКАЛО

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)

Галузь знань 12 Інформаційні технології
Спеціальність 124 Системний аналіз
Освітній рівень перший (бакалаврський)
Освітня програма Управління складними системами

Статус дисципліни обов'язкова
Мова викладання, навчання та оцінювання українська

Розробники:
д.е.н., професор

Лідія ГУР'ЯНОВА

к.е.н., доцент

Віталій ГВОЗДИЦЬКИЙ

Завідувач кафедри
економічної кібернетики
і системного аналізу

Лідія ГУР'ЯНОВА

Гарант програми

Оксана ПАНАСЕНКО

Харків
2024

ВСТУП

Програма вивчення обов'язкової навчальної дисципліни «Моделювання систем» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Управління складними системами» підготовки бакалавра зі спеціальності 124 «Системний аналіз».

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Методи та моделі бізнес-аналітики багатовимірних процесів в дослідженні систем.

2. Методи та моделі предиктивної аналітики систем.

Мета навчальної дисципліни: Метою дисципліни є вивчення теоретичних основ і можливостей практичного застосування методів моделювання систем, що функціонують в умовах невизначеності.

Завдання: Основними завданнями вивчення дисципліни «Моделювання систем» є: ознайомлення з методологічними основами дослідження систем; вивчення методів, моделей бізнес-аналітики багатовимірних процесів та особливостей їх застосування в дослідженні складних систем; методів та моделей аналізу динаміки розвитку систем, предиктивної аналітики; придбання навичок побудови адекватних моделей оцінки стану систем, аналізу динаміки розвитку систем різного призначення та рівня ієрархії; придбання навичок вибору найбільш доцільної стратегії на підставі використання сучасних математичних методів та інформаційних технологій.

Об'єкт навчальної дисципліни є системи різного призначення та рівня ієрархії, що функціонують в умовах невизначеності.

Предметом дисципліни є методи моделювання систем, що функціонують в умовах невизначеності.

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна, визначено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна

Результати навчання	Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти
РН 3	КФ 3, КФ 4
РН 8	КФ 6, КФ 7
РН 9	КФ 6, КФ 7
РН 12	КФ 7
РН 13	КФ 7
РН 14	КФ 3, КФ 4
РН 15	КФ 4, КФ 6, КФ 7

де РН3. Вміти визначати ймовірнісні розподіли стохастичних показників та факторів, що впливають на характеристики досліджуваних процесів, досліджувати властивості та знаходити характеристики багатовимірних випадкових векторів та використовувати їх для

розв'язання прикладних задач, формалізувати стохастичні показники та фактори у вигляді випадкових величин, векторів, процесів.

РН8. Володіти сучасними методами розробки програм і програмних комплексів та прийняття оптимальних рішень щодо складу програмного забезпечення, алгоритмів процедур і операцій.

РН9. Вміти створювати ефективні алгоритми для обчислювальних задач системного аналізу та систем підтримки прийняття рішень.

РН12. Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу.

РН13. Проектувати, реалізовувати, тестувати, впроваджувати, супроводжувати, експлуатувати програмні засоби роботи з даними і знаннями в комп'ютерних системах і мережах.

РН14. Розуміти і застосовувати на практиці методи статистичного моделювання і прогнозування, оцінювати вихідні дані.

РН15. Розуміти українську та іноземну мови на рівні, достатньому для обробки фахових інформаційно-літературних джерел, професійного усного і письмового спілкування, написання текстів за фаховою тематикою.

КФ 3. Здатність будувати математично коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими

параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів.

КФ 4. Здатність визначати основні чинники, які впливають на розвиток фізичних, економічних, соціальних процесів, виокремлювати в них стохастичні та невизначені показники, формулювати їх у вигляді випадкових або нечітких величин, векторів, процесів та досліджувати залежності між ними

КФ 6. Здатність до комп'ютерної реалізації математичних моделей реальних систем і процесів; проектувати, застосовувати і супроводжувати програмні засоби моделювання, прийняття рішень, оптимізації, обробки інформації, інтелектуального аналізу даних

КФ 7. Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем а саме: об'єктно-орієнтований підхід при проектуванні складних систем різної природи, прикладні математичні пакети, застосування баз даних і знань

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Методи та моделі бізнес-аналітики багатовимірних процесів в дослідженні систем

Тема 1. Моделювання як метод наукового пізнання складних систем. Особливості застосування методів кластерного аналізу

Особливості обробки багатомірних статистичних даних. Методи багатомірного статистичного аналізу. Види простору ознак. Етапи дослідження за допомогою багатомірного статистичного аналізу. Методи багатовимірної обробки, зіставлення та моделювання сукупностей. Зв'язок дисципліни з іншими дисциплінами спеціальності. Типологія методів багатовимірної аналізу даних.

Особливості застосування методів кластерного аналізу. Поняття кластерного аналізу, його завдання. Основні підходи до класифікації об'єктів. Термінологія кластерного аналізу. Поняття «кластера», властивості «кластера». Типи кластерних структур. Загальна характеристика методів кластерного

аналізу. Етапи кластерного аналізу. Вимоги до вхідних даних. Міри подібності. Особливості міри подібності. Міри схожості: коефіцієнт кореляції. Міри відстані, коефіцієнти асоціативності. Класифікація кластер-процедур. Групи методів кластерного аналізу. Відстань між кластерами. Ієрархічні агломеративні і ітеративні кластер-процедури. Ієрархічні методи групування. Алгоритм методу Уорда. Ітеративні методи класифікації кластерного аналізу. Метод К-середніх. Альтернативні методи класифікації багатомірних об'єктів. Нечітка кластеризація. Базовий алгоритм нечітких k-середніх. Метод Fuzzy c-means. Геометричні методи. Метод пошуку згущення «форель». Метод дендритів. Метод куль. Критерії якості класифікації.

Тема 2. Класифікація з навчанням. Методи дискримінантного, probit-, logit-аналізу

Основні положення дискримінантного аналізу. Сутність дискримінантного аналізу. Основні поняття дискримінантного аналізу. Завдання дискримінантного аналізу. Історія дискримінантного аналізу. Методи дискримінантного аналізу. Класифікація при наявності двох навчальних вибірок. Класифікація при наявності k навчальних вибірок. Обмеження під час використання дискримінантних змінних. Алгоритм лінійного дискримінантного аналізу Фішера для двох класів. Дискримінантні функції і їх геометрична інтерпретація. Розрахунок коефіцієнтів дискримінантної функції. Перевірка якості дискримінації. Приклад використання дискримінантного аналізу. Пакети прикладних програм, в яких реалізуються методи дискримінантного аналізу.

Моделі з дискретними залежними змінними. Моделі бінарного вибору. Лінійна модель ймовірності. Probit- та logit-моделі. Оцінювання параметрів моделей. Критерії якості моделей. Моделі множинного вибору. Моделі з упорядкованими альтернативними варіантами. Моделі відсічених вибірок. Моделі цензурованих вибірок. Моделі випадково відсічених вибірок. Оцінювання параметрів моделей з обмеженими залежними змінними.

Тема 3. Методи скорочення простору ознак

Поняття редукції і історія скорочення розмірності простору ознак. Завдання скорочення розмірності простору ознак. Поняття і історія методів редукції простору ознак. Методи редукції простору ознак. Методи рішення задачі зниження розмірності і її постановка. Методи неповної редукції. Метод центру ваги. Методи повної редукції. Таксономічний показник рівня розвитку. Алгоритм методу центру ваги. Правила вибору показника-репрезентанта. Угруповання і вибір репрезентантів. Таксономічний показник рівня розвитку. Алгоритм побудови таксономічного показника. Пакети прикладних програм, в яких реалізуються методи редукції.

Моделі і методи факторного аналізу. Метод головних факторів. Оцінка факторів і задачі класифікації. Методи обчислення спільностей. Алгоритм методу головних факторів. Оцінка значущості моделі факторного аналізу. Інтерпретація отриманих факторів. Проблема обертання.

Змістовий модуль 2. Методи та моделі предиктивної аналітики систем

Тема 4. Особливості побудови регресійної моделі

Методи аналізу причинно-наслідкових зв'язків. Регресійний аналіз. Етапи побудови регресійної моделі. Особливості обґрунтування форми моделі. Методи відбору факторів. Критерії якості моделей. Регресія кількісних та якісних змінних. Міри зв'язку. Сутність фіктивних змінних. Особливості специфікації моделі з фіктивними змінними. Фіктивна змінна зрушення. Фіктивна змінна нахилу. Сплайн-функції. Моделі з кількома фіктивними змінними. Взаємодія фіктивних змінних.

Тема 5. Побудова регресійної моделі в умовах мультиколінеарності, автокореляції, гетероскедастичності

Побудова моделей в умовах мультиколінеарності незалежних змінних. Ознаки мультиколінеарності. Методи звільнення від мультиколінеарності. Побудова моделей з нестандартними помилками. Перевірка наявності автокореляції. Оцінювання параметрів моделей з автокорельованими залишками. Методи визначення гетероскедастичності. Оцінювання параметрів моделі з гетероскедастичними помилками.

Тема 6. Нелінійні моделі

Нелінійні моделі, їх властивості. Методи оцінки параметрів нелінійних моделей. Виробнича функція Кобба-Дугласа, її властивості й оцінка параметрів. Характеристики виробничої функції (середня і гранична продуктивність ресурсу, еластичність випуску продукції за витратами ресурсів, ізокванти і взаємозамінність ресурсів, ізокліналь).

Тема 7. Методи аналізу часових рядів

Види моделей динаміки. Моделі декомпозиції часового ряду. Методи згладжування часових рядів. Перевірка часового ряду на наявність тренда. Тренд, види трендів. Адаптивні моделі. Авторегресійні моделі і моделі ковзного середнього, моделі Бокса-Дженкінса. Корелограма. Застосування теорії спектрального і гармонійного аналізу для вивчення періодичних часових рядів.

Тема 8. Симультаивні моделі

Особливості застосування та побудови моделей на основі систем структурних рівнянь. Види систем одночасових рівнянь, їх особливості та класифікаційні ознаки. Методи оцінювання параметрів моделей систем структурних рівнянь. Приклади побудови та реалізації систем одночасових рівнянь для моделювання складних систем.

Тема 9. ARDL, VAR та ECM-моделі

Причини, що визначають лагові ефекти в регресійних моделях. Методи оцінювання параметрів з урахуванням лагових ефектів. Метод Ширли Алмон. Метод Джонстона. Метод Койка.

Особливості побудови VAR-моделі. Теоретичні основи моделювання економічних систем за допомогою VAR-моделей. Вибір порядку VAR-моделі. Аналіз функції імпульсних відгуків. Декомпозиція дисперсії похибок прогнозу в VAR-моделювання. Поняття моделі корегування похибки та коінтеграції. Механізм корегування похибки та коінтеграція. Перевірка часових рядів на коінтеграцію.

Тема 10. Моделі панельних даних

Поняття панельних (просторово-часових) даних. Види панельних даних. Збалансована панель. Незбалансована панель. Ротаційна панель. Класифікація моделей панельних даних. Методи оцінювання. Звичайна модель панельних даних. Модель з фіксованим ефектом. Модель з випадковим ефектом. Внутрішньогрупове перетворення. Виконувальний узагальнений метод найменших квадратів (ВМНК). Тести на специфікацію моделі. Тест Фішера. Тест Бреуша-Пагана. Тест Хаусмана.

Перелік лабораторних занять за навчальною дисципліною наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Перелік лабораторних занять

Назва теми	Зміст
Тема 1. Завдання 1. Побудова моделі кластерного аналізу	Побудувати моделі кластерного аналізу за різними правилами об'єднання, використовуючи різні метрики. Побудувати різні типи дендрограм класифікації. Зробити висновки. Провести класифікацію об'єктів за ітеративними методами, визначити характеристики. Провести порівняльний аналіз та зробити висновки.
Тема 2. Завдання 2. Побудова моделі дискримінантного аналізу, probit-, logit-моделей	За допомогою методів дискримінантного аналізу за наведеними варіантами, використовуючи класи як навчальні вибірки, провести дискримінацію зазначених об'єктів, кожен з яких характеризується системою показників і віднести їх до відповідного класу. Дати інтерпретацію й зробити висновки. Побудувати логістичну регресію, визначити всі її характеристики, провести оцінку її адекватності, навести вид моделі. Побудувати пробіт регресію, визначити всі її характеристики, провести оцінку її адекватності, навести вид моделі. Провести порівняльний аналіз моделей, навести матрицю класифікацій, визначити прогнозні значення ймовірностей, маржинальні ефекти. Представити інтерпретацію результатів моделювання.
Тема 3. Завдання 3. Скорочення інформаційного простору ознак, побудова систем	Здійснити редукцію ознак на підставі методів «центра ваги», рівня розвитку (таксономічного показника рівня розвитку). Дати інтерпретацію й зробити висновки. За допомогою методу головних компонент розрахувати факторні навантаження, визначити значення факторів та виділити найбільш значимі показники, розрахувати коефіцієнти інформативності факторного простору.

діагностичних показників на підставі методів повної та неповної редукції	
Тема 4. Завдання 4. Побудова регресійної моделі	Побудувати регресійну модель. Визначити всі її характеристики (знайти параметри моделі за допомогою МНК, середні квадратичні відхилення параметрів моделі, дисперсію та середнє квадратичне відхилення похибок моделі, коефіцієнти множинної кореляції і детермінації). Перевірити значущість моделі за допомогою критерію Фішера. Привести гістограму і графік розподілу похибок. Зробити висновки щодо адекватності регресійної моделі. Навести результати прогнозування.
Тема 5. Завдання 5. Побудова регресійної моделі в умовах мультиколінеарності, автокореляції, гетероскедастичності	Перевірити модель на наявність мультиколінеарності. Навести матрицю парних кореляцій для факторних ознак. За методом Феррара-Глобера оцінити суттєвість мультиколінеарності. Навести результати дослідження моделі за критерієм Дарбіна - Уотсона і нециклічного коефіцієнта автокореляції. Зробити висновки щодо наявності автокореляції Побудувати гістограму і графік розподілу похибок. Навести групування даних за значеннями похибок, дати інтерпретацію. Перевірити модель на наявність гетероскедастичності за критерієм Гольфреда-Квандта, тесту Глейсера, Спірмена. Зробити висновки щодо наявності чистої, змішаної та повної гетероскедастичності, провести графічний аналіз, зробити висновки щодо адекватності побудованої багатофакторної моделі, дати інтерпретацію моделі в цілому. Побудувати і дати інтерпретацію моделей, побудованих на основі методів покрокового включення і покрокового виключення змінних. Якщо в моделі присутня мультиколінеарність, то для оцінки параметрів використати метод рідж-регресії. Визначити всі характеристики моделі. Навести графіки зміни значень оцінок параметрів рідж-моделі залежно від значення параметра. Оцінити ступінь зсуву оцінок. Якщо в моделі присутня автокореляція чи гетероскедастичність, то для оцінки параметрів використати відповідні методи її корегування та усунення. Зробити порівняльний аналіз побудованих моделей. Визначити найбільш адекватну й інтерпретовану модель.
Тема 6. Завдання 6. Побудова нелінійної моделі	Перевірити існування нелінійного зв'язку між обсягом виробництва і величиною виробничих ресурсів шляхом побудови виробничої функції Кобба – Дугласа. Визначити всі її характеристики. Привести гістограму і графік розподілу похибок. Зробити висновки щодо наявності автокореляції похибок. Зробити висновки щодо адекватності нелінійної регресійної моделі. Знайти можливі комбінації виробничих ресурсів при фіксованих рівнях виробництва. Привести графіки ізоквант.
Тема 7. Завдання 7. Побудова моделей часових рядів	Перевірити наявність тренда в середньому та дисперсії за методами Стьюдента та Фішера. Провести декомпозицію часового ряду на наступні складові частини: трендово - циклічну, сезонну і випадкову, використовуючи мультиплікативну модель часового ряду. Навести таблицю результатів розрахунку цих складових

	<p>часового ряду. Виділити, якщо є, тренд із трендово-циклічної складової. Оцінити параметри тренда за допомогою МНК. Навести графіки тренда й трендово - циклічної складової. Проаналізувати циклічну складову, навести її графік. Проаналізувати сезонні індекси, зробити висновки про вплив сезонних факторів на показник. Проаналізувати розподіл і характеристики випадкової величини. Провести декомпозицію часового ряду на наступні складові частини: трендово-циклічну, сезонну і випадкову, використовуючи адитивну модель часового ряду. Навести оцінки якості моделей часових рядів (середня помилка, середня абсолютна помилка, середнє квадратичне відхилення помилок, середня процентна помилка, середня абсолютна процентна помилка). Виконати порівняльний аналіз моделей і визначити найбільш адекватну з них. Розрахувати за допомогою моделі декомпозиції часового ряду прогнозні значення показника на 2 роки уперед за кварталами. Навести інтерпретацію моделей.</p>
<p>Тема 8. Завдання 8. Побудова комплексної моделі</p>	<p>Дослідити типи причинно - наслідкових зв'язків між досліджуваними змінними. Визначити вид оцінюваної моделі і побудувати діаграму причинно - наслідкових зв'язків. Побудувати вибраний тип моделі. Оцінити параметри моделі, їх характеристики і статистичну значимість. Дослідити якість побудованої моделі критеріями адекватності та критеріями якості підгонки. Побудувати рекурентні типи систем структурних рівнянь, вибрати найбільш адекватну й інтерпретовану модель. Розрахувати теоретичні значення залежних змінних і побудувати прогнози.</p>
<p>Тема 9. Завдання 9. Побудова ARDL, VAR та ЕСМ-моделей</p>	<p>Визначити характер причинно-наслідкових зв'язків на підставі тесту Гренджера. Визначити порядок лагової моделі. Побудувати лагову модель методом Ширлі Алмон, визначити всі її характеристики і провести оцінку її адекватності. Навести порівняльну характеристику моделей з різним числом лагів запізнювання. За найбільш адекватною моделлю побудувати прогнози та їх графіки. Дати інтерпретацію результатів моделювання. Здійснити оцінювання VAR-моделі, провести імпульсний аналіз та декомпозицію дисперсій. Перевірити часові ряди на коінтеграцію на підставі тестів Інгла-Гренджера, Йохансена, здійснити оцінювання ЕСМ-моделі, стабільності системи. Знайти прогноз. Привести економічну інтерпретацію результатів моделювання.</p>
<p>Тема 10. Завдання 10. Побудова моделей панельних даних</p>	<p>Побудувати звичайну модель панельних даних, модель з фіксованим, модель з випадковим ефектом. Визначити всі їх характеристики, провести оцінювання адекватності моделей. Провести порівняльний аналіз моделей на підставі тестів Фішера, Бреуша-Пагана, Хаусмана. Зробити висновки. Привести інтерпретацію результатів моделювання</p>

Перелік самостійної роботи за навчальною дисципліною наведено в табл. 3.

Перелік самостійної роботи

Назва теми	Зміст
Тема 1	Побудова моделей кластерного аналізу
Тема 2	Побудова дискримінантних функцій, probit-, logit-моделей
Тема 3	Скорочення інформаційного простору ознак, побудова систем діагностичних показників на підставі методів повної та неповної редукції
Тема 4	Побудова моделі регресії та прогнозування
Тема 5	Побудова моделі регресії в умовах в умовах мультиколінеарності, автокореляції, гетероскедастичності
Тема 6	Побудова нелінійних моделей виробничих функцій
Тема 7	Побудова моделей часових рядів
Тема 8	Побудова комплексних моделей
Тема 9	Побудова ARDL, VAR та ЕСМ-моделей
Тема 10	Побудова моделей панельних даних

Кількість годин лекційних, лабораторних занять та годин самостійної роботи наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

У процесі викладання навчальної дисципліни для набуття визначених результатів навчання, активізації освітнього процесу передбачено застосування таких методів навчання, як: проблемні лекції, міні-лекції, бінарні лекції, навчальні дискусії, індивідуальні завдання до лабораторного практикуму та презентація результатів їх виконання, інтерактивне тестування. Розподіл форм та методів навчання наведений у табл. 4.

Таблиця 4

Розподіл форм та методів навчання за темами навчальної дисципліни

Тема	Практичне застосування навчальних технологій
Тема 1	Проблемна лекція з питання " Особливості застосування методів кластерного аналізу", навчальні дискусії, бінарні лекції, індивідуальні завдання до лабораторного практикуму та презентація результатів їх виконання, інтерактивне тестування.
Тема 2	Міні-лекція з питання "Алгоритм дискримінантного аналізу " навчальні дискусії, індивідуальні завдання до лабораторного практикуму та презентація результатів їх виконання, інтерактивне тестування.
Тема 3	Проблемна лекція з питання "Особливості використання методів скорочення простору ознак", навчальні дискусії, індивідуальні завдання до лабораторного практикуму та презентація результатів їх виконання, інтерактивне тестування.

Тема 4	Міні-лекція з питання “Побудова регресійної моделі”, навчальні дискусії, індивідуальні завдання до лабораторного практикуму та презентація результатів їх виконання, інтерактивне тестування.
Тема 5	Міні-лекція з питання “Побудова регресійної моделі в умовах мультиколінеарності” навчальні дискусії, індивідуальні завдання до лабораторного практикуму та презентація результатів їх виконання, інтерактивне тестування.
Тема 6	Міні-лекція з питання “Побудова нелінійної моделі” навчальні дискусії, індивідуальні завдання до лабораторного практикуму та презентація результатів їх виконання, інтерактивне тестування.
Тема 7	Міні-лекція з питання “Моделі декомпозиції часового ряду” навчальні дискусії, індивідуальні завдання до лабораторного практикуму та презентація результатів їх виконання, інтерактивне тестування.
Тема 8	Проблемна лекція з питання “Особливості застосування систем одночасових рівнянь”, навчальні дискусії, інтерактивне тестування.
Тема 9	Міні-лекція з питання “Побудова моделі з розподіленням лагом”, бінарні лекції, навчальні дискусії, інтерактивне тестування.
Тема 10	Міні-лекція з питання “Побудова моделі панельних даних», бінарні лекції

Проблемні лекції спрямовані на розвиток логічного мислення здобувачів. Коло питань теми обмежується двома-трьома ключовими моментами, увага здобувачів концентрується на матеріалі, що не знайшов відображення в підручниках. При викладанні лекційного матеріалу здобувачам пропонуються питання для самостійного розмірковування. При цьому лектор задає запитання які спонукають здобувача шукати розв’язання проблемної ситуації. Така система примушує здобувачів сконцентруватися і почати активно мислити в пошуках правильної відповіді. На початку проведення проблемної лекції необхідно чітко сформулювати проблему, яку необхідно вирішити здобувачам. При викладанні лекційного матеріалу слід уникати прямої відповіді на поставлені запитання, а висвітлювати матеріал таким чином, щоб отриману інформацію здобувач міг використовувати при розв’язанні проблеми.

Бінарні лекції передбачають проведення лекції декількома лекторами, які взаємодоповнюють один одного (теоретиком та практиком або вченими різних навчальних закладів, наукових шкіл). Розкриваючи питання однієї і тієї ж теми, вони ведуть дискусію між собою, залучаючи до неї аудиторію.

Міні-лекції передбачають викладення навчального матеріалу за короткий проміжок часу й характеризуються значною ємністю, складністю логічних побудов, доказів та узагальнень. Міні-лекції проводяться, як правило, як частина заняття-дослідження.

На початку проведення міні-лекції за вказаними вище темами лектор акцентує увагу здобувачів на необхідності представити викладений лекційний матеріал у так званому структурно-логічному вигляді. На розгляд виносяться питання, які зафіксовані у плані лекцій, але викладаються вони стисло. Лекційне

заняття, проведене у такий спосіб, побуджає у здобувача активність та увагу при сприйнятті матеріалу, а також спрямовує його на використання системного підходу при відтворенні інформації, яку він одержав від викладача.

Проблемні лекції, міні лекції, бінарні лекції доцільно поєднувати з такою формою активізації навчального процесу, як індивідуальні завдання до лабораторного практикуму з презентаціями результатів їх виконання, інтерактивне тестування.

Індивідуальні завдання до лабораторного практикуму дають змогу структурувати заняття за формою і змістом, створюють можливості для участі кожного здобувача в роботі за темою заняття, забезпечують формування здатності використовувати сучасні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем. Здобувачі можуть використовувати тренувальні множини даних, які запропоновані викладачем, або відкриті репозитарії даних, статистичних баз даних у відповідність до спектру їх наукових інтересів, проєктів тощо.

Після виконання індивідуального завдання здобувачам пропонується *презентувати* результати дослідження.

Презентації - виступи перед аудиторією, що використовуються для представлення певних досягнень, результатів роботи, звіту про виконання індивідуальних завдань та забезпечують формування особистісних якостей та досвіду соціального спілкування, посилюють комунікаційні навички, навички критичного мислення, адаптації, доведення власної точки зору до аудиторії.

Інтерактивне тестування здійснюється засобами ПНС за допомогою банку тестів за темами, датчика випадкових чисел та конструктора тестових завдань, що дозволяє отримати індивідуальний варіант тестового завдання для здобувача, яке акцентує увагу на базових аспектах тем і дозволяє провести оцінювання прогресу здобувача за дисципліною. Є засобом діагностики рівня знань та сприяє більш якісному засвоюванню матеріалу дисципліни.

ФОРМИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ

Університет використовує 100 бальну накопичувальну систему оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних, лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості здобувача вищої освіти до виконання конкретної роботи і оцінюється сумою набраних балів:

– для дисциплін з формою семестрового контролю екзамен (іспит): максимальна сума – 60 балів; мінімальна сума, що дозволяє здобувачу вищої освіти скласти екзамен (іспит) – 35 балів.

Підсумковий контроль включає семестровий контроль та атестацію здобувача вищої освіти.

Семестровий контроль проводиться у формах семестрового екзамену (іспиту). Складання семестрового екзамену (іспиту) здійснюється під час екзаменаційної сесії. Максимальна сума балів, яку може отримати здобувач

вищої освіти під час екзамену (іспиту) – 40 балів. Мінімальна сума, за якою екзамен (іспит) вважається складеним – 25 балів.

Підсумкова оцінка за навчальною дисципліною визначається сумуванням балів за поточний та підсумковий контроль.

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні контрольні заходи:

- тестові завдання (12 балів);
- захист лабораторних робіт (36 балів);
- комплексні модульні завдання (12 балів).

Семестровий контроль: Екзамен (40 балів).

Більш детальну інформацію щодо системи оцінювання наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

Приклад екзаменаційного білета та критерії оцінювання для навчальної дисципліни наведені нижче.

Приклад екзаменаційного білету

Завдання 1 (стереотипне)

1. Кластерний аналіз – це статистичний метод, що дозволяє:

а) вивчати відмінності між двома й більше групами об'єктів за декількома змінними одночасно;

б) знаходити групи однорідних об'єктів у вибірці даних.

2. Як міра подібності в кластерному аналізі використовується:

а) тільки міра відстані;

б) тільки коефіцієнти кореляції;

в) міра відстані, коефіцієнти кореляції, коефіцієнти асоціативності.

3. Дендрит – це:

а) ламана лінія, що з'єднує точки сукупності;

б) ламана лінія, що може розгалужуватися й не утворює замкнутих контурів;

в) ламана лінія, що може розгалужуватися, з'єднує кожні дві точки сукупності й не утворює замкнутих контурів.

4. Елементи головної діагоналі матриці відстаней між об'єктами дорівнюють:

а) 1;

б) 0;

в) дисперсіям;

г) коефіцієнтам кореляції.

5. Агломеративний метод, у якому відстань між кластерами дорівнює відстані між двома найбільш близькими об'єктами кластерів, використовує процедуру:

а) далекого сусіда;

б) середнього зв'язку;

в) найближчого сусіда.

6. При використанні дивізімних методів на першому кроці всі об'єкти:

а) належать одному кластеру;

б) розглядаються як самостійні кластери.

7. Метод Уорда допускає, що на першому кроці:

а) всі об'єкти входять в один кластер;

б) кожен кластер складається з одного об'єкта.

8. Метод К-середніх належить до групи методів:

а) далекого сусіда;

б) ієрархічних;

в) дивізімних;

г) ітеративних.

9. Радіус ρ у методі куль визначається за формулою:

а) $\rho = \max_s \min_u d_{su}$, де d_{su} – відстань між s -м й u -м об'єктами;

б) $\rho = \max_s d_{su}$;

в) $\rho = \min_u d_{su}$.

10. Елемент включається в кулю із заданим радіусом, якщо:

а) $d_{su} < \rho$; б) $d_{su} = \rho$; в) $d_{su} > \rho$.

11. Ознака, більшим значенням якої відповідають більші значення таксономічного показника, є:

а) дестимулятором; б) номінатором; в) стимулятором.

12. Факторні навантаження a_{ik} , отримані в методі головних компонент, є:

1) відстанню показника X_i і головної компоненти F_k ;

2) частинними коефіцієнтами кореляції показника X_i і головної компоненти F_k ;

3) коефіцієнтами коваріації показника X_i і головної компоненти F_k .

13. До простих методів факторного аналізу належать методи:

а) головних факторів;

б) однофакторна модель Ч. Спірмена;

в) модель максимальної правдоподібності.

14. Специфічність – це:

а) частка дисперсії, обумовлена варіабельною специфікою ознаки X_j ;

б) частка дисперсії, обумовлена недосконалістю вимірів;

в) частка дисперсії характерного фактору, без врахування помилки.

15. Метричні методи багатомірного шкалювання ґрунтуються на:

а) використанні кількісних ознакових характеристик об'єктів;

б) обробці не кількісних, рангових (або порядкових) даних.

16. Міра подібності є метрикою, якщо:

а) $d(x, y) = d(y, x) \geq 0$, де x, y – об'єкти, $d(x, y)$ – відстань ;

б) $d(x, y) \neq 0$;

в) $d(x, x) = 0$;) $d(x, y) = d(y, x) \geq 0$;) $d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)$.

17. Відстань city - block знаходиться за формулою:

а) $d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2}$;

б) $d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m |x_{ik} - x_{jk}|}$;

в) $d_{ij} = \sum_{k=1}^m |x_{ik} - x_{jk}|$.

18. Евклідова відстань знаходиться за формулою:

а) $d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2}$;

б) $d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m |x_{ik} - x_{jk}|}$;

в) $d_{ij} = \sum_{k=1}^m |x_{ik} - x_{jk}|$

19. Які з перерахованих нижче методів належать до методів повної редукції?:

а) метод головних компонентів;

б) факторний аналіз;

в) багатомірне шкалювання;

г) таксономічний показник рівня розвитку.

20. Які з перерахованих нижче методів можна віднести до методів неповної редукції? (кілька правильних відповідей):

а) метод головних компонентів;

б) факторний аналіз;

- в) багатомірне шкалювання;
 г) таксономічний показник рівня розвитку;

Завдання 2 (діагностичне)

Для опису фінансової стійкості підприємства використали 9 показників. З метою формування фінансової стратегії цього підприємства здійснене зменшення заданого інформаційного простору й визначені два головні фактори (рис. 1).

Необхідно визначити частку сумарної спільності, що вносять ці два загальні фактори й кожен з них окремо (у %), за заданою матрицею факторних навантажень (знаки вагових коефіцієнтів не приводяться). Обчислити частку сумарної дисперсії, що пояснюється кожним із загальних факторів.

		F1	F2
	X1	0,93	0,1
	X2	0,95	0,25
	X3	0,55	0,7
A=	X4	0,8	0,6
	X5	0,27	0,8
	X6	0,5	0,65
	X7	0,76	0,14
	X8	0,25	0,95
	X9	0,81	0,4

Рис. 1. Вихідні дані

Завдання 3 (евристичне)

У табл. по восьми підприємствах наведені значення показників рентабельності (x1) і продуктивності праці (x2).

Таблица

Вихідні дані

	1	2	3	4	5	6	7	8
X1	1,95	2,10	0,65	1,45	0,5	0,15	0,75	0,25
X2	6,6	8,1	5,5	9,4	13,2	6,7	5,7	5,2

Необхідно здійснити вибір ієрархічного методу, за допомогою якого можна провести угруповання цих підприємств щодо ефективності результатів їх діяльності. Як міру подібності об'єктів використати Евклідову відстань. Побудувати дендрограму, розрахувати критерій мінімуму суми внутрішньокласових відстаней для різного числа груп (кластерів) підприємств. Порівняти й зробити висновки про число кластерів. Дати інтерпретацію отриманим кластерам.

Критерії оцінювання

Екзаменаційне завдання оцінюється максимум у 40 балів та складається з стереотипного, діагностичного та евристичного завдань.

Стереотипне завдання спрямоване на оцінку когнітивних знань здобувача за дисципліною, що дозволяє визначити рівень володіння навчальним матеріалом, та включає 20 тестових завдань. Максимальна загальна кількість балів за виконане перше завдання складає 20 балів. При оцінці першого завдання використовується наступна формула:

$$\text{Оцінка} = \text{кількість вірних відповідей} \times 1,0$$

Діагностичне завдання дає можливість визначити здатність здобувача застосовувати отримані знання на практиці для вирішення широкого класу задач моделювання систем.

Максимальна загальна кількість балів за виконане завдання складає **5 балів**. При оцінці завдання використовуються наступні критерії:

Елементи рішення завдання	Бал
1. Обґрунтування вибору методу рішення завдання	1
2. Тестування статистичних гіпотез та побудова моделей	3
3. Інтерпретація отриманих результатів	1

Евристичне завдання спрямоване на виявлення здібності здобувача інтегрувати отримані знання для побудови та вибору моделі оцінки стану систем різного призначення для формування диференційованих стратегій розвитку систем в умовах невизначеності та ризику. Максимальна загальна кількість балів за виконане завдання складає **15 балів**. При оцінці завдання використовуються наступні критерії:

Елементи рішення завдання	Бал
1. Попередній аналіз сукупності.	2
2. Побудова альтернативних варіантів моделі.	8
3. Порівняльний аналіз якості альтернативних варіантів моделі. Вибір остаточного варіанту.	4
4. Інтерпретація отриманих результатів	1

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Антонюк А. О. Моделювання систем: навчальний посібник / А. О. Антонюк. – Ірпінь: Університет ДФС України, 2019. – 412 с. <https://api-ir.dpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8712297b-4027-416e-9599-54d44f998e89/content>
2. Бізнес-аналітика багатовимірних процесів [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Т. С. Клебанова, Л. С. Гур'янова, Л. О. Чаговець [та ін.] ; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. - Електрон. текстові дан. (6,61 МБ). - Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019 - 271 с. <http://www.repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/22020>
3. Економетрика [Електронний ресурс] : навч. посібник / [Л.С. Гур'янова, Т.С. Клебанова, Р.М. Яценко, С.В. Прокопович, О.А. Сергієнко]. – мультимедійне інтерактивне електрон. вид. комбінованого використ. – Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – Режим доступу : <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=4842>
4. Зеленський К. Х. Моделювання систем / К. Х. Зеленський, Є. А. Настенко, В. А. Павлов - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. - 295 с. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/53803/5/%D0%9C%D0%9E%D0%94_SlSt_W.pdf
5. Кононова К. Машинне навчання: методи та моделі: підручник / К. Кононова. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2019. - 307 с. https://www.researchgate.net/profile/Kateryna-Kononova/publication/345765254_MASINNE_NAVCANNA_METODI_TTA_MODALI/links/5fad1c5892851cf7dd1396bf/MASINNE-NAVCANNA-METODI-TA-MODELI.pdf

Додаткова

6. Cavicchioli, Maddalena. Goodness-of-fit tests for Markov Switching VAR models using spectral analysis // Journal of Statistical Planning and Inference, Volume 219, 2022, Pages 189-203, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378375821001324>
7. Guryanova Lidiya, Stanislav Milevskiy, Elena Piskun, Maria Belyaeva, Liliya Kasyanenko. Methods and Models of Machine Learning in Managing the Competitiveness of Audit Companies. Guryanova, L., Yatsenko, R., Babenko, V., Dubrovina, N. (Eds.): Machine Learning Methods and Models, Predictive Analytics and Applications, Proceedings of the Workshop on the XII International Scientific Practical Conference Modern problems of social and economic systems modelling (MPSESM-W 2020), Kharkiv, Ukraine, June 25, 2020, CEUR-WS.org, online. P. 77-91 <https://ceur-ws.org/Vol-2649/paper7.pdf>
8. Guryanova Lidiya, Oksana Panasenko, Vitalii Gvozditskyi, Mykhaylo Ugryumov, Viktoriia Strilets, Serhii Chernysh Methods and Models of Machine Learning in Managing the Market Value of the Company. Guryanova, L., Yatsenko, R., Dubrovina, N. Babenko, V., (Eds.): Machine Learning Methods and Models, Predictive Analytics and Applications, Proceedings of the Workshop on the XIII International Scientific Practical Conference Modern problems of social and economic systems modelling (MPSESM-W 2021), Kharkiv, Ukraine, April 9, 2021, CEUR-WS.org, online. <http://ceur-ws.org/Vol-2927/>
9. Guryanova Lidiya, Roman Yatsenko, Nadija Dubrovina, Vitalina Babenko. Machine Learning Methods and Models, Predictive Analytics and Applications. Guryanova, L., Yatsenko, R., Babenko, V., Dubrovina, N. (Eds.): Machine Learning Methods and Models, Predictive Analytics and Applications, Proceedings of the Workshop on the XII International Scientific Practical Conference Modern problems of social and economic systems modelling (MPSESM-W 2020), Kharkiv, Ukraine, June 25, 2020, CEUR-WS.org, online. <http://ceur-ws.org/Vol-2649/>
10. Klebanova Tamara, Olha Rudachenko, Vitalii Gvozditskyi, Mozgovyi Ievgen, Guryanova Lidiya. Classification Of Regions Of Ukraine By The Level Of Social Tension // WSEAS Transactions on Systems and Control, Volume 15, 2020, Art. #57, pp. 576-584 <https://doi.org/10.37394/23203.2020.15.57>
11. Ramos, Célia M.Q., Casado-Molina, Ana-María. Online corporate reputation: A panel data approach and a reputation index proposal applied to the banking sector // Journal of Business Research, Volume 122, 2021, Pages 121-130, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296320305671>
12. Saldivia, Mauricio, Kristjanpoller, Werner, Olson, E. Josephine. Energy consumption and GDP revisited: A new panel data approach with wavelet decomposition // Applied Energy, Volume 272, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115207>
13. Zyma Oleksandr, Lidiya Guryanova, Nataliia Gavkalova, Natalia Chernova, Olga Nekrasova. THE APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS IN DETERMINING ATTRACTIVE DEVELOPMENT DIRECTIONS FOR TOURISM BUSINESSES. INTELLECTUAL ECONOMICS 2022, No 16(1), p. 151-165 <https://ojs.mruni.eu/ojs/intellectual-economics/article/view/7150>

Інформаційні ресурси

14. Моделювання систем. Сайт ПНС ХНЕУ ім. С. Кузнеця [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=8631>
15. Національна бібліотека України ім. Вернадського – www.nbuv.gov.ua
16. Сайт Державної служби статистики України / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.ukrstat.gov.ua.
17. Сайт Національного банку України / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.bank.gov.ua.
18. Dua, D. and Graff, C. UCI Machine Learning Repository, 2019. - Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science. <http://archive.ics.uci.edu/>