

**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



ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)

Галузь знань .
Спеціальність
Освітній рівень
Освітня програма

12 Інформаційні технології
124 «Системний аналіз»
перший (бакалаврський) рівень
Управління складними системами

Статус дисципліни
Мова викладання, навчання та оцінювання

обов'язкова
українська

Розробники:
к.е.н., доцент

Ольга ПОЛЯКОВА

к.е.н., доцент

Любов ЧАГОВЕЦЬ

Завідувач кафедри
економічної кібернетики
і системного аналізу

Лідія ГУР'ЯНОВА

Гарант програми

Оксана ПАНАСЕНКО

Харків
2024

ВСТУП

Реальні складні системи та об'єкти можна досліджувати, використовуючи два основних типи моделей: аналітичні та імітаційні. В аналітичних моделях поведінка системи (об'єкта, процесу) записується у вигляді деяких функціональних співвідношень або логічних умов. До аналітичних моделей також відносяться моделі оптимізаційного типу, де повинне бути знайдене оптимальне рішення.

Коли явища в системі занадто складні і різноманітні, аналітична модель стає лише грубим наближенням. У таких умовах дослідник змушений застосовувати імітаційне моделювання. В імітаційній моделі поведінка системи описується за допомогою набору алгоритмів із застосуванням певної мови програмування, які реалізують ситуації, що виникають у реальній системі. Імітаційні моделі характеризуються детальним відображенням економічного процесу або явища. Тому математичні моделі, які входять до їх складу, виявляються досить складними, у них присутні нелінійні та стохастичні залежності і змінні.

Програма вивчення навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Управління складними системами» підготовки бакалаврів зі спеціальності 124 «Системний аналіз».

Мета навчальної дисципліни: розширення та поглиблення знань про методи побудови моделей, використання моделювання під час дослідження економічних та виробничих систем.

Основними завданнями вивчення дисципліни є:

оволодіння теоретичними знаннями та інструментарієм побудови імітаційних моделей складних систем для забезпечення ґрунтовного прийняття рішень щодо управління ними; вивчення та оволодіння знаннями і практичними навичками моделювання випадкових подій, планування експериментів, аналізу імітаційних моделей і результатів моделювання; опанування сучасних засобів імітаційного моделювання.

Предметом навчальної дисципліни є методи побудови та аналізу імітаційних моделей економічних систем.

Об'єктом навчальної дисципліни є складні системи різного походження, у т.ч. макро- та мікроекономічного рівня.

Таблиця 1

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна

Результати навчання	Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти
PH3	КФ10
PH8	К316
PH12	К31, К32
PH13	КФ7
PH14	КФ10
PH15	КФ10

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.

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.

КЗ 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

КЗ 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

КЗ 16. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя

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.

КФ 10. Здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження і аналізувати дані, отримані в них.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Принципи побудови та експлуатації імітаційних моделей

Тема 1. Сутність, розвиток і застосування імітаційного моделювання, засоби та системи імітаційного моделювання.

Напрями використання, переваги та недоліки імітаційного моделювання. Поняття імітаційної моделі та імітаційного моделювання. Етапи та принципи побудови імітаційних моделей макро- та мікроекономічних об'єктів: змістовний опис, розробка концептуальної моделі, формалізація об'єкта, програмування й оцінка імітаційної моделі, використання. Засоби імітаційного моделювання.

Концепції імітаційного моделювання. Сучасні інструментальні засоби імітаційного моделювання. Агентне моделювання макроекономічних систем.

Тема 2. Когнітивне моделювання і теорія графів.

Основні положення теорії графів. Задачі аналізу систем за допомогою теорії графів. Застосування графів на етапах імітаційного моделювання. Завдання оптимізації на графах. Способи побудови та аналізу когнітивних моделей складних систем.

Тема 3. Концепція методу системної динаміки.

Принципи системної динаміки. Рівні та темпи. Математичні основи системно-динамічних моделей. Типи зв'язків. Конттури зворотного зв'язку. Типи поведінки. Системно-динамічні моделі макро- і мікроекономічних систем, еколого-економічні моделі, демографічні моделі, сучасні задачі системної динаміки.

Тема 4. Моделювання випадкових подій і випадкових величин засобами імітаційного моделювання. Метод Монте-Карло.

Метод Монте-Карло. Методи генерації нормального розподілу. Псевдовипадкові числа, конгруентні методи генерації, їх переваги та недоліки. Сучасні методи генерації псевдовипадкових чисел. Напрями і сфери застосування методу Монте-Карло (аналіз ризиків, розмноження вибірок, управління проектами, формування вибірок).

Тема 5. Модельний час

Поняття про модельний час, зв'язок між модельним та фізичним часом. Одночасні події при різних методах зміни модельного часу. Методи організації паралельних процесів в імітаційному дискретно-подієвому моделюванні.

Змістовий модуль 2. Прикладні аспекти імітаційного моделювання

Тема 6. Оцінка і аналіз адекватності імітаційних моделей.

Валідація та верифікація імітаційних моделей. Формальні і неформальні методи оцінки адекватності. Пошук помилок. Оцінка придатності (технічна, операційна, динамічна придатність). Методи оцінки реплікативної придатності. Статистики Тейла. Рівні значущості. Неформальні методи оцінки придатності імітаційних моделей.

Тема 7. Дослідження імітаційних моделей та оцінка чутливості.

Цілі тестування імітаційних моделей. Перевірка адекватності меж моделі, оцінка структури, перевірка розмірності, оцінка параметрів, перевірка екстремальних умов. Тестування поведінки моделі: ретроспективна, прогнозна, аномалії поведінки, універсальність. Оцінка чутливості: чисельної, моделі поведінки, політики. Автоматизовані нелінійні тести.

Тема 8. Планування імітаційних експериментів у процесі дослідження та оптимізації систем

Поняття про експеримент. Факторний простір. Рівні факторів. Цілі експериментів. Проблеми планування експериментів. Стратегічне і тактичне планування експериментів. Схеми експериментів: зміна факторів по одному, повний факторний експеримент, напіврепліки, рандомізовані плани, латинський

і греко-латинський квадрати, роторабельні плани. Види відгуків моделі. Оцінка параметрів функції відгуку, план Бокса. Метод Бокса-Уильсона оптимізації функції відгуку.

Тема 9. Статистичні аспекти імітаційного моделювання

Поняття про надійність, визначення необхідного обсягу вибірки, метод множинних порівнянь. Нерівність Бонферроні. Методи збору даних експерименту. Вибір довжини випробування. Поняття про перехідний та стаціонарний режими, методи ідентифікації, методи зниження впливу. Методи зниження дисперсії.

Тема 10. Агентне моделювання

Задачі і принципи агентного моделювання. Системи агентного моделювання. Сфери застосування агентного моделювання.

Перелік лабораторних занять за навчальною дисципліною наведено в табл.

2

Таблиця 2

Перелік лабораторних занять

Назва теми	Зміст
Тема 1.	1. Програмні засоби імітаційного моделювання
Тема 2.	2. Побудова, аналіз та пошук шляхів у графах.
Тема 3.	3. Побудова концептуальної моделі потокового типу. 4. Побудова базової детермінованої імітаційної моделі.
Тема 4.	5. Розробка генератора випадкових величин з завданням законом розподілу
Тема 5.	6. Оцінка адекватності генератору випадкових чисел
Тема 6.	7. Адаптація базової імітаційної моделі
Тема 7.	8. Оцінка адекватності імітаційної моделі 9. Аналіз чутливості імітаційної моделі
Тема 8. Тема 9.	10. Планування експериментів з адаптованою імітаційною моделлю

Перелік самостійної роботи за навчальною дисципліною наведено в табл. 3

Таблиця 3

Перелік самостійної роботи

Назва теми	Питання для самостійного опрацювання (за модулями та темами)
Тема 1.	1. Розвиток концепцій імітаційного моделювання. 2. Засоби імітаційного моделювання. 3. Концепція та можливості об'єктно-орієнтованої системи моделювання. 4. Особливості застосування та головні елементи системи Stella. 5. Технологія моделювання в пакеті Powersim 6. Проблемно-орієнтовані імітаційні моделі у геопросторі 7. Мови імітаційного моделювання дискретного типу. 8. Характеристика і використання системи GPSS. 9. Можливості використання ППП "Matlab Simulink". Імітаційне моделювання засобами C++ (Modula)

Тема 2.	1. Сфери застосування когнітивного моделювання для слабо структурованих задач. 2. Системи когнітивного моделювання
Тема 3.	1. Поточкова концепція управління запасами 2. Поточкова концепція управління динамікою популяцій 3. Концепції еколого-економічних імітаційних моделей та моделей забруднення навколишнього середовища. 4. Концепції моделей корпоративних інформаційних систем. 5. Імітаційні модель регіонального відтворення. 6. Архетипи глобальних імітаційних моделей. 7. Типові структури у системно-динамічній моделі діяльності підприємства (модель Д. Форрестера)
Тема 4.	1. Переваги, проблеми та недоліки методу Монте-Карло. 2. Використання методу Монте-Карло у чисельному розв'язку рівнянь та систем, обчисленні інтегралів. 3. Імітація випадкових впливів. 4. Методи перевірки рівномірності випадкових чисел. 5. Приклади застосування методу Монте-Карло в управлінні складними системами
Тема 5.	1. Часові діаграми інтервалів активності. 2. Засоби управління транзактами та подіями в імітаційній моделі. 3. Засоби організації квазіпаралелізму
Тема 6.	1. Гармонічний аналіз результатів імітаційних експериментів. 2. Спектральні тести перевірки придатності імітаційних моделей. 3. Засоби економетрії визначення адекватності імітаційних моделей економічних систем
Тема 7.	1. Інструментальні засоби дослідження імітаційних моделей. 2. автоматизовані нелінійні тести
Тема 8.	1. Засоби автоматизації імітаційних експериментів у Vensim Professional. 2. Методи оптимізації функції відгуку у плануванні імітаційних експериментів. 3. Імітаційна модель галузевого планування. 4. Дослідження варіантів розвитку багатогалузевої економіки
Тема 9.	1. Методи зниження дисперсії (селективна вибірка, контрольні величини, значуща вибірка) 2. Методи множинних порівнянь
Тема 10.	1. Система агентного моделювання AnyLogic 2. Приклади застосування агентних моделей. 3. Зв'язок агентних моделей із моделями системної динаміки

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

У процесі викладання навчальної дисципліни для набуття визначених результатів навчання, активізації освітнього процесу передбачено застосування таких методів навчання, як:

Словесні: лекція (усі теми), проблемна лекція (Тема 7, 10).

Наочні: демонстрація (усі теми), презентація (Тема 3-5, 8, 9).

Практичні: лабораторна робота (Тема 1-4, 6-9), робота в малих групах (Тема 1, 2, 6).

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:

Поточний контроль: індивідуальні завдання за лабораторними роботами - 4 бали (разом 28 балів), письмові контрольні роботи - 8 балів (разом 32 бали).

Семестровий контроль: екзамен (іспит) (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 з формою семестрового контролю екзамен (іспит)).

Приклад екзаменаційного білета

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Спеціальність «Системний аналіз»
Освітньо-професійна програма «Управління складними системами».
Семестр VII
Навчальна дисципліна "Імітаційне моделювання"

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

Завдання 1 (тестове). (25 балів)

1. Поставте етапи імітаційного моделювання в правильному порядку:
 - 1.1. Концептуальна модель;
 - 1.2. Формалізація концептуальної моделі;
 - 1.3. Програмування та налагодження моделі;
 - 1.4. Змістовний опис;

- 1.5. Опис моделі;
- 1.6. Перевірка адекватності;
- 1.7. Верифікація моделі;
- 1.8. Експлуатація моделі.
2. Який з етапів імітаційного моделювання більшою мірою залежить від вибору способу формалізації:
 - 2.1. Концептуальна модель;
 - 2.2. Формалізація концептуальної моделі;
 - 2.3. Програмування та налагодження моделі;
 - 2.4. Змістовний опис;
 - 2.5. Опис моделі;
 - 2.6. Перевірка адекватності;
 - 2.7. Верифікація моделі;
 - 2.8. Експлуатація моделі.
3. Перелічить усі з перерахованих теорій, які відносяться до концептуальних засобів:
 - 3.1. Концепція предметної області;
 - 3.2. Природна мова предметної області;
 - 3.3. Мова опису даних;
 - 3.4. База даних;
 - 3.5. Теорія планування експерименту.
4. Параметри моделювання називаються:
 - 4.1. Величини, значення яких вимірюється в ході імітаційного експеримента;
 - 4.2. Величини, значення яких дослідник може задавати довільно;
 - 4.3. Величини, що характеризують якість функціонування імітаційної моделі.
5. Визначте все, що відноситься до недоліків імітаційної моделі:
 - 5.1. Опис компонентів системи з високим ступенем деталізації;
 - 5.2. Обмеження на залежності між параметрами та змінними моделі;
 - 5.3. Дорожнеча моделі;
 - 5.4. Неточність моделі;
 - 5.5. Дослідження в динаміці.
6. У якому випадку створення імітаційної моделі – єдиний спосіб розв'язання завдання:
 - 6.1. У випадку, якщо процес описується повністю;
 - 6.2. У випадку, якщо система є складною, але необхідно вивчити її властивості;
 - 6.3. У випадку, якщо є аналітичні моделі, але математичні процедури складні;
 - 6.4. У випадку, якщо систему можна спостерігати фізично;
 - 6.5. У будь-якому разі.
7. Перевірка якої придатності моделі найбільш важлива:
 - 7.1. Технічної;
 - 7.2. Операційної;
 - 7.3. Динамічної.
8. Робастність моделі перевіряє:
 - 8.1. Точність апроксимації процесів;
 - 8.2. Точність завдання вихідних даних;
 - 8.3. Чутливість моделі;
 - 8.4. Чутливість вихідних характеристик моделі.
9. Для яких цілей використовується коефіцієнт Тейла:
 - 9.1. Для перевірки вибірових характеристик розподілу;
 - 9.2. Для перевірки властивостей траєкторій;
 - 9.3. Для перевірки поточкового збігу.
10. Для яких перевірок використовується тест Т'юринга:
 - 10.1. Для перевірки вибірових характеристик розподілу;
 - 10.2. Для перевірки властивостей траєкторій;

- 10.3. Для перевірки поточечного збігу;
11. У якому критерії беруть участь справжні й імітовані накопичені значення функції розподілу:
- 11.1. Хі-квадрат;
- 11.2. Колмогорова-Смирнова;
- 11.3. Стьюдента.
12. Що включають втрати під час здійснення помилки першого роду:
- 12.1. Втрати, що відбуваються в реальній системі під час прийняття неправильного рішення;
- 12.2. Витрати на створення та експлуатацію імітаційної моделі;
- 12.3. І те, і інше.
13. Виберіть правильне ствердження:
- 13.1. Розробка концептуальної моделі передує її змістовному опису;
- 13.2. Інформація про синтаксичні помилки є елементом програмних засобів імітаційного моделювання;
- 13.3. Методи математичної статистики відносяться до технічних засобів імітаційного моделювання;
- 13.4. Язикові засоби забезпечують комунікацію між виконавцями та керуючою програмою моделі.
14. На якій стадії імітаційного моделювання виробляється оцінка відповідності функціонування моделі характеристикам реальної системи:
- 14.1. Оцінка придатності моделі;
- 14.2. Планування експерименту;
- 14.3. Верифікація;
- 14.4. Побудова концептуальної моделі.
15. Під методом Монте-Карло в широкому значенні розуміється:
- 15.1. Метод імітації випадкових процесів на основі послідовності рівномірно-розподілених випадкових величин;
- 15.2. Будь-який метод рішення моделі, що використовує випадкові або псевдовипадкові числа;
- 15.3. Будь-який метод імітації рівномірно-розподілених випадкових величин, що використовують випадкові або псевдовипадкові числа;
- 15.4. Будь-який метод одержання псевдовипадкових послідовностей на основі алгебраїчної формули.
16. Який тип коливальної траєкторії має нескінченний період:
- 16.1. Стійкий;
- 16.2. Вибуховий;
- 16.3. Хаотичний;
- 16.4. Загасаючий.
17. Доповніть список засобів імітаційного моделювання: концептуальні, язикові, організаційні, технічні, _____, _____?
18. У критерії Вількоксона для кількості інверсій використовується
- 18.1. Стандартний нормальний розподіл;
- 18.2. Нормальний розподіл із середнім, яке дорівнює очікуваній кількості інверсій;
- 18.3. Розподіл Стьюдента з числом ступенів свободи, що дорівнює сумарній кількості спостережень
- 18.4. Розподіл Стьюдента з нескінченним числом ступенів свободи
19. Використання методу стратифікованої вибірки раціонально, якщо
- 19.1. Всі дисперсії різних шарів рівні;
- 19.2. Всі дисперсії шарів різні;
- 19.3. Не всі дисперсії шарів однакові.
20. Із використанням методу циклів для збору даних імітації
- 20.1. Кількість циклів заздалегідь невідома;
- 20.2. Кількість циклів має бути задана;

- 20.3. Довжина всіх циклів має бути однаковою;
- 20.4. Довжини циклів можуть відрізнятись.
- 21. Критерій Вількоксона для кількості інверсій –
 - 21.1. Двобічний критерій - розрахункова кількість має знаходитися в середині інтервалу;
 - 21.2. Двобічний критерій - розрахункова кількість має перебувати поза інтервалом;
 - 21.3. Однобічний критерій - розрахункова кількість має перевищувати критичну;
 - 21.4. Однобічний критерій - розрахункова кількість не має перевищувати критичну.
- 22. Вибір рівнів факторів здійснюється в рамках
 - 22.1. Стратегічного планування експериментів;
 - 22.2. Тактичного планування експериментів;
 - 22.3. Під час оптимізації функції відгуку.
- 23. Для оптимізації функції відгуку використовуються
 - 23.1. Градієнтні методи;
 - 23.2. Методи випадкового пошуку;
 - 23.3. Метод множників Лагранжа.
- 24. Ортогональність плану означає, що
 - 24.1. Сума добутків відповідних елементів будь-яких двох стовпців дорівнює нулю;
 - 24.2. Добутки відповідних елементів будь-яких двох стовпців дорівнюють нулю;
 - 24.3. Сума добутків відповідних елементів будь-яких двох рядків дорівнює нулю.
- 25. Роторабельні плани належать до
 - 25.1. Центральних симетричних планів;
 - 25.2. Планів повного факторного експерименту;
 - 25.3. Планів часткового факторного експерименту.

Завдання 2 (евристичне). (15 балів)

Населення (Population) деякої країни збільшується внаслідок народжуваності (Birth) та смертності (Dead). Чистий міграційний потік дорівнює нулю. З деякого часу населення почало скорочуватися. Було висунуто припущення, що антропогенне навантаження на природне середовище (Pressure on ecology) зростає експоненційно зі збільшенням населення та призводить до зменшення народжуваності (Birth rate) та збільшення смертності (Death rate). Однак відбувається це не одразу, а після досягнення певного значення. Для дослідження цієї проблеми було побудовано імітаційну модель (діаграма потоків показана на рис. 1). Однак при переїзді статистичного управління в іншу будівлю остаточну модель було втрачено, а залишилася лише проміжна версія.

1. Відновіть модель повністю у працездатному стані. Опишіть її контури зворотного зв'язку.

2. Проведіть експерименти та визначте, як змінюється динаміка населення при зміні нормальних коефіцієнтів народжуваності та смертності та коефіцієнта реакції природного середовища (Ecology factor).

3. Визначте критичне значення чинника антропогенного навантаження, за якого населення почне скорочуватися у перші ж періоди.

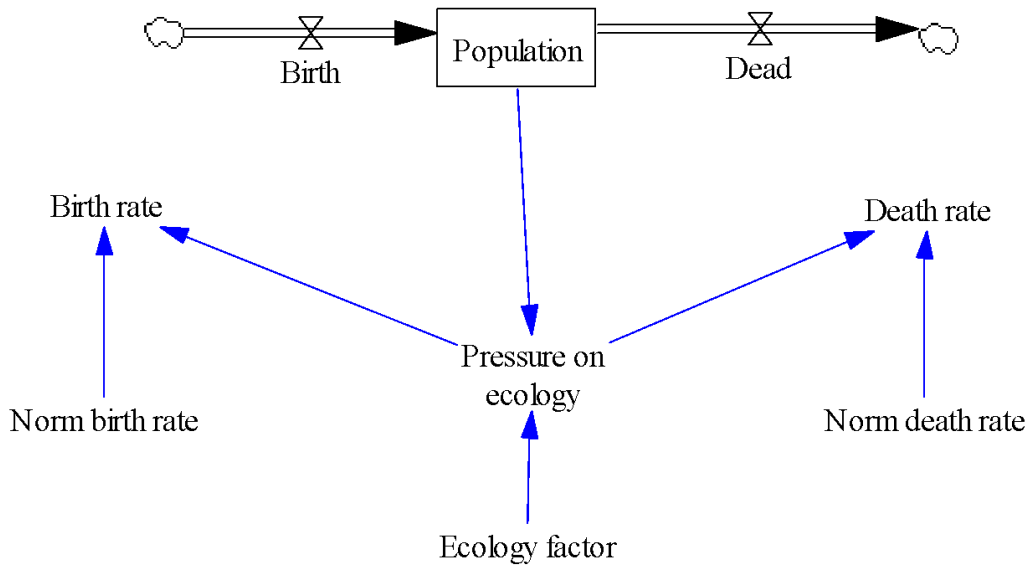


Рис. 1. Діаграма потоків для евристичного завдання

Критерії оцінювання

Підсумкові бали за екзамен складаються із суми балів за виконання всіх завдань, що округлені до цілого числа за правилами математики.

Алгоритм вирішення кожного завдання включає окремі етапи, які відрізняються за складністю, трудомісткістю та значенням для розв'язання завдання. Тому окремі завдання та етапи їх розв'язання оцінюються відокремлено один від одного таким чином:

Завдання 1 (тестове). (25 балів)

За кожний правильний тест – 1 бал.

Завдання 2 (евристичне). (15 балів)

Максимальна оцінка за виконання завдання 2 – 15 балів. Оцінювання завдання 2 здійснюється відповідно до таких критеріїв: за виконання кожного пункту завдання здобувач отримує

5 балів за умови повної, економічно обґрунтованої відповіді на поставлені запитання завдань з особистим розумінням здобувача щодо обраного результату, з посиланнями на необхідні елементи теоретичного матеріалу, наведенням підтвердження висновків у вигляді графіків, таблиць результатів;

4 бали здобувач отримує якщо відповідь та розрахунки правильні, але висновки недостатні або недостатньо обґрунтовані;

3 бали здобувач отримує за виконане завдання, якщо у розрахунках містяться дрібні помилки, які не впливають на остаточні висновки, або якщо відсутні деякі необхідні елементи висновків;

2 бали здобувач отримує за умови присутності відповіді на запитання, але з суттєвими помилками та без обґрунтування позиції здобувача;

1 бали здобувач отримує якщо спроба відповіді не доведена до будь-яких висновків.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Актуальні проблеми системного аналізу та моделювання процесів управління / За ред. В. Пономаренка, Л. Гур'янової, Я. Пеліової, Е. Ніжинського – Братислава-Харків, ВШЕМ – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2023. – 409 с. Режим доступу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/29952>.
2. Механізм державної підтримки реконструкції промисловості України: кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима ; авт. кол. : М. О. Кизим, Ю. Б. Іванов, В. Є. Хаустова, О. Ю. Полякова, О. Ю. Іванова, М. С. Дороніна, В. Ф. Тищенко, І. Ю. Матюшенко, В. О. Шликова, О. М. Красносова, І. В. Ярошенко, В. І. Лаптев, М. В. Гомон. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2020. 360 с.
3. Теоретичні та практичні аспекти розпізнавання патологічних процесів в економіці України : кол. моногр. / за заг. ред. М. О. Кизима ; авт. кол. : М. О. Кизим, Ю. Б. Іванов, В. Є. Хаустова, Н. В. Белікова, О. Ю. Полякова, П. В. Проноза, О. Ю. Іванова, І. В. Ярошенко, В. О. Шликова, О. В. Тур, І. Б. Семигуліна, Н. Л. Луценко, Т. А. Філатова, М. Є. Іванов. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2021. 426 с.
4. Концептуальні засади розвитку аграрної сфери та сільських територій України : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима ; авт. кол. : М. О. Кизим, Н. В. Белікова, О. Ю. Полякова та ін. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2020. 280 с.

Додаткова

5. Ларченко О.В. Використання імітаційного моделювання під час розв'язання задач економічної оптимізації / Ларченко О.В. // Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка, вип. 10 (Грудень). – 2021. – С. 149-56. <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2021.10.20>.
6. Уривський, Л.О., Мошинська А.В., С Осипчук.О. Імітаційне моделювання систем і процесів у телекомунікація : навч. посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2022. 202 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48473/1/Imit_model.pdf
7. Durán J.M. What is a Simulation Model? *Minds and Machines*. 2020. V. 30(190). DOI: 10.1007/s11023-020-09520-z
8. Енергетична модель економічного зростання України : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, В. В. Шпілевського; авт. кол. : Кизим М. О., Хаустова В. Є., Шпілевський В. В., Губарева І. О., Белікова Н. В., Решетняк О. І., Зінченко В. А., Котляров Є. І., Салашенко Т. І., Крячко Є. М., Колбасін Є. С., Криванич М. В.,

Рудика О. В., Шпілевський О. В., Харченко Р. В. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2021. 340 с.

9. Downey A.B. Modeling and Simulation in Python. Needham, Massachusetts. Green Tea Press. 255 p.

10. Loucks D. P. Public Systems Modeling Methods for Identifying and Evaluating Alternative Plans and Policies. *International Series in Operations Research Management Science*. 2022.

11. Bijak J. Towards Bayesian Model-Based Demography Agency, Complexity and Uncertainty. *Migration Studies in Methods Series*. 2022.

12. van der Aalst W.M.P., Carmona J. Process Mining Handbook. Lecture Notes in Business Information Processing. 2022.

13. Klos Z.S. Towards a Sustainable Future. *Life Cycle Management Challenges and Prospects*. 2022.

14. Milevsky M.A. How to Build a Modern Tontine Algorithms, Scripts and Tips. *Future of Business and Finance*. 2022.

15. Curry E., Auer S. Technologies and Applications for Big Data Value 2022.

16. Sokolowski J. A., Banks C. M. (Eds) Modeling and simulation fundamentals: theoretical underpinnings and practical domains. John Wiley & Sons, Inc. 438 p. https://www.academia.edu/28380493/Modeling_and_simulation_fundamentals

Інформаційні ресурси

17. Полякова О. Ю. Навчальна дисципліна «Імітаційне моделювання» / О. Ю. Полякова, Л. О. Чаговець. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=4810>

18. Course 1: What is system dynamics? Jay W. Forrester seminar series. URL: <https://systemdynamics.org/product/jwf-course-1-what-is-system-dynamics/>

19. Course: Statistical Simulation in Python. URL: <https://www.datacamp.com/courses/statistical-simulation-in-python>

20. Компанія VENSIM – виробник програмного забезпечення для моделювання на базі концепції системної динаміки / Режим доступу: www.vensim.com.