

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



"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Проректор з навчально-методичної роботи

Карина ПЕМАШКАЛО

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

робоча програма навчальної дисципліни

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**

Завідувач кафедри
економічної кібернетики та
системного аналізу

Лідія ГУР'ЯНОВА

Харків
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри економічної кібернетики і системного аналізу
Протокол № 1 від 25.08.2022 р.

Розробники:

Полякова О.Ю., к.е.н., доц. кафедри економічної кібернетики і системного аналізу,
Чаговець Л.О., к.е.н., доц. кафедри економічної кібернетики і системного аналізу,

**Лист оновлення та перезатвердження
робочої програми навчальної дисципліни**

Навчальний рік	Дата засідання кафедри – розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри

Анотація навчальної дисципліни

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

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

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Принципи побудови та експлуатації імітаційних моделей
2. Прикладні аспекти імітаційного моделювання

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

Основними завданнями вивчення дисципліни «Імітаційне моделювання» є оволодіння навичками побудови імітаційних моделей складних систем для забезпечення ґрунтовного прийняття рішень щодо управління ними.

Характеристика навчальної дисципліни

Курс	4
Семестр	7
Кількість кредитів ECTS	6
Форма підсумкового контролю	іспит

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни:

Пререквізити	Постреквізити
Вища математика	Моделі економічної динаміки
Дискретна математика	Дипломний проект
Випадкові процеси	
Інформаційний бізнес та хмарні технології	
Моделювання систем	
Теорія прийняття рішень	

Компетентності та результати навчання за дисципліною:

Компетентності

Компетентності	Результати навчання
Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми системного аналізу у професійній діяльності або в процесі навчання, що передбачають застосування теоретичних положень та методів системного аналізу та інформаційних технологій і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов	РНЗ. 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.

	<p>PH8. Володіти сучасними методами розробки програм і програмних комплексів та прийняття оптимальних рішень щодо складу програмного забезпечення, алгоритмів процедур і операцій.</p> <p>PH12. Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу.</p> <p>PH14. Розуміти і застосовувати на практиці методи статистичного моделювання і прогнозування, оцінювати вихідні дані.</p>
<p>КЗ 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу</p>	<p>PH12. Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу.</p>
<p>КЗ 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях</p>	<p>PH2. Вміти використовувати стандартні схеми для розв'язання комбінаторних та логічних задач, що сформульовані природною мовою, застосовувати класичні алгоритми для перевірки властивостей та класифікації об'єктів, множин, відношень, графів, груп, кілець, решіток, булевих функцій тощо.</p> <p>PH12. Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу.</p>
<p>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</p>	<p>PH13. Проектувати, реалізовувати, тестувати, впроваджувати, супроводжувати, експлуатувати програмні засоби роботи з даними і знаннями в комп'ютерних системах і мережах.</p> <p>PH8. Володіти сучасними методами розробки програм і програмних комплексів та прийняття оптимальних рішень щодо складу програмного забезпечення, алгоритмів процедур і операцій.</p>
<p>КФ 10. Здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження і аналізувати дані, отримані в них</p>	<p>PH3. 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.</p> <p>PH14. Розуміти і застосовувати на практиці методи статистичного моделювання і прогнозування, оцінювати вихідні дані.</p>

	PH15. 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 7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних Джерел	PH15. Розуміти українську та іноземну мови на рівні, достатньому для обробки фахових інформаційно-літературних джерел, професійного усного і письмового спілкування, написання текстів за фаховою тематикою.

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. Контури зворотнього зв'язку. Типи поведінки. Системно-динамічні моделі макро- і мікроекономічних систем, еколого-економічні моделі.

Тема 4. Моделювання випадкових подій і випадкових величин засобами імітаційного моделювання.

Метод Монте-Карло. Методи генерації нормального розподілу. Псевдовипадкові числа, конгруентні методи генерації, їх переваги та недоліки. Сучасні методи генерації псевдовипадкових чисел. Напрями застосування генераторів псевдовипадкових величин в управлінні ризиками.

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 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. Тестування 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. Атоматизовані 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 дослідження та експлуатації імітаційних моделей.

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.

Перелік лабораторних занять, а також питань та завдань до самостійної роботи наведено у таблиці “Рейтинг-план навчальної дисципліни”

Методи навчання та викладання

У процесі викладання навчальної дисципліни «Імітаційне моделювання» для реалізації визначених компетентностей освітньої програми та активізації освітнього процесу на лекційних/лабораторних заняттях передбачено застосування таких методів навчання як: наскрізні індивідуальні завдання щодо побудови й аналізу імітаційної моделі (лабораторні заняття), розроблення глосарію (Теми 1-9).

Під час проведення лекційних та лабораторних занять використовуються: пояснювально-ілюстративний, репродуктивні, проблемне викладання, частково-пошуковий, дослідницький методи викладання.

Порядок оцінювання результатів навчання

ХНЕУ ім. С. Кузнеця використовує накопичувальну (100-бальну) систему оцінювання.

Система оцінювання сформованих компетентностей у студентів враховує види занять, які згідно з програмою навчальної дисципліни передбачають лекційні, лабораторні заняття, а також виконання самостійної роботи.

Поточний контроль з даної навчальної дисципліни проводиться у таких формах:

захист індивідуальних завдань на лабораторних заняттях;

проведення поточного тестування.

Оцінювання знань студента під час лабораторних занять та виконання індивідуальних завдань проводиться за такими критеріями:

розуміння, ступінь засвоєння теорії проблем, що розглядаються; ступінь засвоєння фактичного матеріалу навчальної дисципліни; ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою з питань, що розглядаються; вміння поєднувати теорію з практикою при розв'язанні задач, проведенні розрахунків у процесі виконання індивідуальних завдань; логіка, структура, стиль викладу матеріалу в письмових роботах і при виступах в аудиторії, вміння обґрунтовувати свою позицію, здійснювати узагальнення інформації та робити висновки; арифметична правильність виконання завдання; здатність проводити критичну та незалежну оцінку певних проблемних питань; вміння пояснювати альтернативні погляди та наявність власної точки зору, позиції на певне проблемне питання; застосування аналітичних підходів; якість і чіткість викладення міркувань; логіка, структуризація та обґрунтованість висновків щодо конкретної проблеми; самостійність виконання роботи; грамотність подачі матеріалу; використання методів порівняння, узагальнення понять та явищ; оформлення роботи.

Загальними критеріями, за якими здійснюється оцінювання позааудиторної самостійної роботи студентів, є: глибина і міцність знань, рівень мислення, вміння систематизувати знання за окремими темами, вміння робити обґрунтовані висновки, володіння категорійним апаратом, навички і прийоми виконання практичних завдань, вміння знаходити необхідну інформацію, здійснювати її систематизацію та обробку, самореалізація на практичних та семінарських заняттях.

Підсумковий контроль знань та компетентностей студентів з навчальної дисципліни здійснюється на підставі іспиту, завданням якого є перевірка розуміння студентом програмного матеріалу в цілому, логіки та взаємозв'язків між окремими розділами, здатності творчого використання накопичених знань, вміння формулювати своє ставлення до певної проблеми навчальної дисципліни тощо.

Екзаменаційний білет охоплює програму дисципліни і передбачає визначення рівня знань та ступеня опанування студентами компетентностей. Кожен екзаменаційний білет складається із 20 тестових стереотипних завдань у формі закритих та відкритих тестів, які охоплюють усі теми навчальної дисципліни, діагностичного та евристичного завдання, які передбачають вирішення типових професійних завдань фахівця та дозволяють діагностувати рівень теоретичної підготовки студента і рівень його компетентності з навчальної дисципліни. Максимальна оцінка за виконання стереотипного завдання становить 20 балів відповідно до кількості вірних відповідей, виконання діагностичного та евристичного завдань – по 10 балів. Критеріями оцінки виконання діагностичного та евристичного завдань є: точність проведення розрахунків, вміння пояснювати власну точку зору, позицію, застосування аналітичних підходів; якість і чіткість викладення міркувань, логіка, структуризація та обґрунтованість висновків щодо результатів розв'язання завдань.

Студента слід **вважати атестованим**, якщо сума балів, одержаних за результатами підсумкової/семестрової перевірки успішності, дорівнює або перевищує 60. Мінімально можлива кількість балів за поточний і модульний контроль впродовж семестру, яку студент має набрати для допуску до екзамену, – 35, мінімально можлива кількість балів, за якої екзамен вважається складеним, – 25 балів.

Форми оцінювання та розподіл балів наведено у таблиці "Рейтинг-план навчальної дисципліни".

Рейтинг-план навчальної дисципліни

Тема	Форми навчання		Форми оцінювання	Макс. бал
1	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Тема 1. Сутність, розвиток і застосування імітаційного моделювання. Етапи імітаційного моделювання. концепції та системи імітаційного моделювання		
	Лабораторне заняття	Програмні засоби імітаційного моделювання		
	<i>Самостійна робота</i>			
	Підготовка до занять	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою		
Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт				
2	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Тема 2. Когнітивне моделювання і теорія графів		
	Лабораторне заняття	1. Побудова, аналіз та пошук шляхів у графах.	Захист ЛР	5
	<i>Самостійна робота</i>			
	Підготовка до занять	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою		
Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт				
3	<i>Аудиторна робота</i>			

	Лекція	Тема 3. Концепція методу системної динаміки.		
	Лабораторне заняття	2. Побудова концептуальної моделі потокового типу.		
	Лабораторне заняття	2. Побудова базової детермінованої імітаційної моделі.	Захист ЛР	5
		<i>Самостійна робота</i>		
	Підготовка до занять	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою		
		Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт		
4		<i>Аудиторна робота</i>		
	Лекція	Тема 4. Моделювання випадкових подій і випадкових величин засобами імітаційного моделювання. Метод Монте-Карло.		
	Лабораторне заняття	3. Розробка генератора випадкових величин з заданим законом розподілу	Захист ЛР	5
		<i>Самостійна робота</i>		
	Підготовка до занять	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою	Контрольна робота	7
		Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт		
5		<i>Аудиторна робота</i>		
	Лекція	Тема 5. Модельний час	Контрольна робота	6
	Лабораторне заняття	4. Оцінка адекватності генератору випадкових чисел		
		<i>Самостійна робота</i>		
	Підготовка до занять	Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт		
	6		<i>Аудиторна робота</i>	
Лекція		Тема 6. Оцінка та аналіз адекватності імітаційних моделей.		
Лабораторне заняття		5. Адаптація базової імітаційної моделі	Захист ЛР	5
		<i>Самостійна робота</i>		
	Підготовка до занять	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою		
		Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт		
7		<i>Аудиторна робота</i>		
	Лекція	Тема 7. Тестування імітаційних моделей та оцінка чутливості.	Контрольна робота	6
	Лабораторне заняття	6. Оцінка адекватності імітаційної моделі	Захист ЛР	5
	Лабораторне заняття	7. Аналіз чутливості імітаційної моделі	Захист ЛР	5
		<i>Самостійна робота</i>		

	Підготовка до занять	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою		
		Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт		
		<i>Аудиторна робота</i>		
	Лекція	Тема 8. Планування імітаційних експериментів у процесі дослідження та оптимізації систем		
		<i>Самостійна робота</i>		
8	Лабораторне заняття	8. Планування експериментів з адаптованою імітаційною моделлю	Захист ЛР	5
		<i>Самостійна робота</i>		
	Підготовка до занять	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою		
		Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт		
		<i>Аудиторна робота</i>		
	Лекція	Тема 9. Статистичні аспекти дослідження та експлуатації імітаційних моделей.	Контрольна робота	6
9		<i>Самостійна робота</i>		
	Підготовка до занять	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою		
		Підготовка до контрольної роботи		
Іспит				40
Загальна кількість балів				100

Рекомендована література

Основна

1. Біткова Т.В. Системно-динамічне моделювання. Техніка побудови імітаційних моделей використанням Vensim PLE. Навчальний посібник з дисципліни «Імітаційне моделювання» для студентів спеціальності 051 «Економіка» спеціалізацій «Економічна кібернетика» та «Прикладна економіка». – Харків, ХНУ, 2017. – 208 с.
2. Downey A.V. Modeling and Simulation in Python. Needham, Massachusetts. Green Tea Press. 2018. 255 p.

Додаткова

3. 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
4. Simulation modeling and analysis / Averill M. Law, President Averill M. Law & Associates, Inc. Tucson, Arizona, USA, www.averill-law.com. — Fifth edition. 800 p. 2019. <https://industri.fatek.unpatti.ac.id/wp-content/uploads/2019/03/108-Simulation-Modeling-and-Analysis-Averill-M.-Law-Edisi-5-2014.pdf>
5. COURSE 1: WHAT IS SYSTEM DYNAMICS? JAY W. FORRESTER SEMINAR SERIES. URL: <https://systemdynamics.org/product/jwf-course-1-what-is-system-dynamics/>
6. Course: Statistical Simulation in Python. URL: <https://www.datacamp.com/courses/statistical->

Інформаційні ресурси в Інтернет

7. 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>
8. Міжнародний сайт проблем системної динаміки / Режим доступу: <https://systemdynamics.org/>
9. System dynamics review. System dynamics society. URL: <https://systemdynamics.org/resources-old/system-dynamics-review/>
10. Isee systems in business (Розробка моделей управління у бізнесі на базі імітаційних моделей / Режим доступу: <https://www.iseesystems.com/resources/systems-in-focus/business/>
11. Компанія VENSIM – виробник програмного забезпечення для моделювання на базі концепції системної динаміки / Режим доступу: www.vensim.com