

ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ
Система забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти
сертифікована на відповідність ДСТУ ISO 9001:2015 / ISO 9001:2015

Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних систем

ЗАТВЕРДЖЕНО

вченою радою

(пост. п. 9 від «29» 09 2022 р.)

Ректор



Анаторій МАЗРАКІ

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ/
SIMULATION MODELING

РОБОЧА ПРОГРАМА /
COURSE OUTLINE

освітній ступінь	бакалавр	/	bachelor
галузь знань	<u>12 Інформаційні технології</u>	/	<u>Information Technology</u>
спеціальність	<u>126 Інформаційні системи та технології</u>	/	<u>Information Systems and Technologies</u>
освітня програма	<u>Інформаційні системи та технології</u>	/	<u>Information Systems and Technologies</u>

Київ 2022

**Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу ДТЕУ
заборонено**

Автори: В.Є.Краскевич, доктор технічних наук, професор
І.А.Тищенко, асистент

Робочу програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук та інформаційних систем 17.05.2022р., протокол № 18

Рецензенти: В.П. Шварц, кандидат технічних наук, голова наглядової ради фірми «Львів оргсинтез»
Г.Т. Самойленко, кандидат фізико - математичних наук, доцент

**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ/
SIMULATION MODELING**

**РОБОЧА ПРОГРАМА /
COURSE OUTLINE**

освітній ступінь	бакалавр	/ Bachelor
галузь знань	12 Інформаційні технології	/ Information Technologes
спеціальності	126 Інформаційні системи та технології	/ Information systems and technologies

**1. Структура дисципліни та розподіл годин за темами
(тематичний план)**

Назва теми	Кількість годин					Форма контролю
	Усього годин/кредитів	Лекції	Лабораторні, у т.ч. модульний контроль	Самостійна робота	КР з імітаційного моделювання	
Тема 1. Сучасний стан проблеми моделювання	14	2	6	6		О, ПСР, ППР
Тема 2. Математичні схеми моделювання	14	2	6	6		О, ПСР, ППР
Тема 3. Формалізація та алгоритмізація процесів функціонування систем	16	4	6	6		О, ПСР, ППР
Тема 4. Статистичні методи в моделюванні	16	4	6	6		О, ПСР, ППР
Тема 5. Методика вибору та оптимізації параметрів систем, що моделюються	18	2	4	8	4	О, ПСР, ППР, З, МК
Тема 6. Імітаційне моделювання складних систем	18	2	4	8	4	О, ПСР, ППР, З
Тема 7. Статичні моделі	20	2	6	8	4	О, ПСР, ППР, З
Тема 8. Динамічні моделі	20	2	4	8	6	О, ПСР, ППР, З
Тема 9. Машинні економічні моделі	20	2	4	8	6	О, ПСР, ППР, З
Тема 10. Прикладні аспекти імітаційного моделювання у міжнародній торгівлі	24	4	6	8	6	О, ПСР, ППР, З, МК
Підсумковий контроль - екзамен						
Разом	180/6	26	52	72	30	

Умовні позначення: ПСР – перевірка самостійної роботи; МК – модульний контроль; ППР-перевірка практичної роботи; О – опитування; З-захист.

2. ТЕМАТИКА ТА ЗМІСТ ЛЕКЦІЙНИХ, ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ.

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
<p>Засвоїти: Основні принципи імітаційного моделювання.</p> <p>Вміти: Використовувати основні імітаційні моделі на практиці.</p>	<p>Тема 1. Сучасний стан проблеми моделювання</p>	14
	<p>Лекція 1. Формалізація і алгоритмізації процесів моделювання функціонування систем.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сучасний стан проблеми моделювання систем. 2. Основні поняття теорії моделювання систем. 3. Елементи загальної теорії систем як теорії побудови моделей систем. 	2
	<p><i>Лабораторне заняття №1. Тема: «Використання моделювання при проектуванні складних систем».</i></p> <p><i>Завдання. Проектування складної системи.</i></p>	2
	<p><i>Лабораторне заняття №2. Тема: «Особливості використання моделей».</i></p> <p><i>Завдання. Практика використання моделей фірми.</i></p>	2
	<p><i>Лабораторне заняття №3. Тема: «Вибір методу моделювання».</i></p> <p><i>Завдання. Навчитись будувати схему</i></p>	2

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
	<p><i>моделювання.</i></p> <p>Самостійна робота студентів. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Деталізація моделей 2. Принципи системного підходу в моделюванні. 3. Види моделювання систем. 4. Теорія подібності. 5. Дослідження моделей. 6. Результати моделювання. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1 [40-60], 3 [50-90] Додатковий: 4 [80-130], 6 [65-75] Інтернет-ресурси: 9, 10</p>	6
<p>Засвоїти: Математичні схеми моделювання.</p> <p>Вміти: Використовувати математичні схеми моделювання.</p>	<p>Тема 2. Математичні схеми моделювання</p> <p>Лекція 2. Математичне моделювання систем в Імітаційному моделювання.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Математичні схеми. 2. Формальна модель об'єкту. 3. Вхідні впливи. <p><i>Лабораторне заняття №4. Тема: «Впливи зовнішнього середовища».</i></p> <p><i>Завдання. Неперервно-детерміновані моделі (D-схеми).</i></p> <p><i>Лабораторне заняття №5. Тема: «Внутрішні параметри системи».</i></p>	<p>14</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
	<p><i>Завдання. Дискретно-детерміновані моделі (F-схеми).</i></p> <p><i>Лабораторне заняття №6. Тема: «Незалежні змінні».</i></p> <p><i>Завдання. Дискретно-стохастичні моделі (P-схеми).</i></p> <p>Самостійна робота студентів. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вихідна траєкторія. 2. Закон функціонування системи 3. Статична модель. 4. Динамічна модель. 5. Типові математичні схеми 6. Неперервно-стохастичні моделі (Q-схеми). 7. Комбіновані моделі (A-схеми). <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1 [45-80], 3 [93-114] Додатковий: 6 [710-740], 7 [30-37] Інтернет-ресурси: 9, 10</p>	<p>2</p> <p>6</p>
<p>Засвоїти: Процесі функціонування систем.</p> <p>Вміти: Виконувати формалізацію та алгоритмізацію</p>	<p>Тема 3. Формалізація та алгоритмізація процесів функціонування систем</p> <p>Лекція 3. Формування можливих значень випадкових величин із заданим законом розподілу.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Алгоритм фіксації та обробки результатів моделювання системи. 2. Принцип Δt. 	<p>16</p> <p>2</p>

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
процесів функціонування систем.	<p><i>Лабораторне заняття №7. Тема: «Принципи побудови моделюючих алгоритмів».</i></p> <p><i>Завдання. Синтетичний підхід до синтезу моделей.</i></p>	2
	<p>Лекція 4. Форми подання моделюючих алгоритмів.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Узагальнена схема моделюючого алгоритму. 2. Детальна схема моделюючого алгоритму. 3. Логічна схема моделюючого алгоритму. 	2
	<p><i>Лабораторне заняття №8. Тема: «Символи та схеми моделюючих алгоритмів».</i></p> <p><i>Завдання. Побудова схеми алгоритму.</i></p>	2
	<p><i>Лабораторне заняття №9. Тема: «Схеми алгоритмів, програм, даних та систем».</i></p> <p><i>Завдання. Побудова схем алгоритмів, даних, систем.</i></p>	2
	<p>Самостійна робота студентів.</p> <p>Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отримання та інтерпретація результатів моделювання. 2. Визначення моделі та приклад 	6

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
	<p>системи з дискретними подіями.</p> <p>3. Класичний підхід до синтезу моделі.</p> <p>4. Синтетичний підхід до синтезу моделей.</p> <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1 [85-96], 3 [125-140] Додатковий: 4 [145-184], 5 [61-99] Інтернет-ресурси: 9, 10</p>	
<p>Засвоїти: Статистичні методи в моделюванні.</p> <p>Вміти: Використовувати статистичні методи в моделюванні.</p>	<p>Тема 4. Статистичні методи в моделюванні</p> <p>Лекція 5. Технологія моделювання систем за допомогою IDF0.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Створення нотацій IDF0. 2. Експериментальний аналіз випадкових величин. 3. Створення сценарію. <p><i>Лабораторне заняття №10. Тема: «Елементарні статистичні процедури».</i></p> <p><i>Завдання. Виконання елементарних статистичних процедур.</i></p> <p>Лекція 6. Методи точкового та інтервального оцінювання основних характеристик випадкових величин.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Загальні поняття теорії масового обслуговування. <p><i>Лабораторне заняття №11. Тема: «Формування можливих значень випадкових величин за заданим законом</i></p>	<p>16</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
	<p><i>розподілу».</i></p> <p><i>Завдання. Навчитись формувати можливі значення випадкових величин за заданим законом розподілу.</i></p> <p>Лабораторне заняття №12. Тема: <i>«Моделювання систем масового обслуговування».</i></p> <p><i>Завдання. Моделювання систем масового обслуговування</i></p> <p>Самостійна робота студентів. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Статистичне моделювання. 2. Імітація випадкових величин. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1 [97-105], 3 [180-203] Додатковий: 6 [270-310], 8 [101-140] Інтернет-ресурси: 9, 10</p>	<p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">6</p>
<p>Засвоїти: Основні методики оптимізації системи.</p> <p>Вміти: Обирати методику а оптимізувати систему.</p>	<p>Тема 5. Методика вибору та оптимізації параметрів систем, що моделюються</p> <p>Лекція 7. Основні положення класичного регресійного аналізу і методу найменших квадратів.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Правила вибору контрольованих параметрів. 2. Повний факторний експеримент. 3. Етапи повного факторного експерименту. 	<p style="text-align: center;">18</p> <p style="text-align: center;">2</p>

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
	<p><i>Лабораторне заняття №13. Тема: «Планування експерименту».</i></p> <p><i>Завдання. Побудова схеми експерименту.</i></p> <p><i>Лабораторне заняття №14. Тема: «Матриця планування експерименту».</i></p> <p><i>Завдання. Побудова матриці планування експерименту.</i></p> <p>Самостійна робота студентів. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Принципи складання матриці повного факторного експерименту. 2. Повний факторний експеримент з паралельними дослідженнями. 3. Дробовий факторний експеримент. 4. Принципи складання матриці дробового факторного експерименту. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1 [106-117], 3 [240-270] Додатковий: 4 [290-312], 8 [150-177] Інтернет-ресурси: 9, 10</p> <p>Захист КР з імітаційного моделювання</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>8</p> <p>4</p>
<p>Засвоїти: Розрізняти імітаційні моделі складних систем.</p>	<p>Тема 6. Імітаційне моделювання складних систем</p> <p>Лекція 8. Визначення і приклад імітаційної моделі систем з дискретними подіями.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. GPSS (General Purpose Simulation 	<p>18</p> <p>2</p>

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
<p>Вміти: Створювати імітаційні моделі складних систем.</p>	<p>system) – загально цільові системи моделювання.</p> <p>2. Визначення функцій в GPSS. 3. Організація роботи в GPSS/PC.</p> <p><i>Лабораторне заняття №15. Тема: «Програмний комплекс Any Logic».</i></p> <p><i>Завдання. Вивчення програмного комплексу Any Logic.</i></p> <p><i>Лабораторне заняття №16. Тема: «Графічний редактор AnyLogic».</i></p> <p><i>Завдання. Вивчення графічного редактору AnyLogic.</i></p> <p>Самостійна робота студентів. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основні складові моделей Any Logic. 2. Агентне моделювання. 3. Об’єктно-орієнтоване моделювання. 4. Процесно-орієнтоване моделювання. 5. Метод системної динаміки. 6. Проблеми розробки імітаційних моделей. 7. Етапи імітаційного моделювання. 8. Системний аналіз в імітаційному моделюванні. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1 [118-122], 2 [86-112] Додатковий: 4 [360-380], 5 [130-150] Інтернет-ресурси: 9, 10</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>8</p>

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
	Захист КР з імітаційного моделювання	4
<p>Засвоїти: Статичні моделі економіки.</p> <p>Вміти: Використовувати статичні моделі економіки на практиці.</p>	<p>Тема 7. Статичні моделі</p> <p>Лекція 9. Модель «затрати-випуск».</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Спрощена трисекторна модель «затрати – випуск». 2. Матриця структурних коефіцієнтів трисекторної моделі. 3. Аналіз продуктивності моделі «затрати – випуск». <p><i>Лабораторне заняття №17. Тема: «Застосування закритих моделей в міжнародній торгівлі».</i></p> <p><i>Завдання. Навчитись застосовувати на практиці закриті моделі в міжнародній торгівлі.</i></p> <p><i>Лабораторне заняття №18. Тема: «Моделі В».</i></p> <p><i>Завдання. Вивчення моделі В.</i></p> <p><i>Лабораторне заняття №19. Тема: «Імітаційне моделювання міжнародної торгівлі в середовищі Any Logic».</i></p> <p><i>Завдання. Імітаційне моделювання міжнародної торгівлі в середовищі Any Logic.</i></p> <p>Самостійна робота студентів. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p>	<p>20</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>8</p>

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Леонтєва в операціях міжнародної торгівлі. 2. Теорема про заміщення. 3. Лінійна модель обміну (модель міжнародної торгівлі). 4. Оптимізаційний експеримент в середовищі Any Logic. 5. Обробка і аналіз даних експерименту. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1 [140-150], 2 [169-189] Додатковий: 5 [174-185], 7 [41-50] Інтернет-ресурси: 9, 10</p> <p>Захист КР з імітаційного моделювання</p>	4
<p>Засвоїти: Динамічні моделі економіки.</p> <p>Вміти: Вміти використовувати динамічні моделі економіки на практиці.</p>	<p>Тема 8. Динамічні моделі</p> <p>Лекція 10. Ефективність та оптимальність в динамічних моделях.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ефективність. 2. Принципи оптимальності. 3. Збалансований зріст. 4. Ефективний зріст. <p><i>Лабораторне заняття №20. Тема: «Теорема про магістралі».</i></p> <p><i>Завдання. Доведення теореми про магістралі.</i></p> <p><i>Лабораторне заняття №21. Тема: «Модель зростання фон Неймана».</i></p> <p><i>Завдання. Використання моделі Фон</i></p>	<p>20</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
	<p><i>Неймана на практиці.</i></p> <p>Самостійна робота студентів. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Приклад магістралі. 2. Типи ефективних траєкторій. 3. Статистичні моделі економіки. 4. Динамічні моделі економіки. 5. Модель зростання фон Неймана. 6. Оптимізація кінцевих запасів. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1 [155-170], 2 [64-88] Додатковий: 5 [211-241], 6 [432-510] Інтернет-ресурси: 9, 10</p> <p>Захист КР з імітаційного моделювання</p>	<p>8</p> <p>6</p>
<p>Засвоїти: Машинні економічні моделі</p> <p>Вміти: Вміти використовувати машинні економічні моделі на практиці.</p>	<p>Тема 9. Машинні економічні моделі</p> <p>Лекція 11. Моделі торгівлі.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Модель фірми. 2. Павутиноподібні моделі фірми 3. Фінансова модель. 4. Модель конкурентної галузі. <p><i>Лабораторне заняття №22. Тема: «Імітаційні моделі управління запасами».</i></p> <p><i>Завдання. Створення імітаційної моделі управління запасами.</i></p> <p><i>Лабораторне заняття №23. Тема: «Імітаційне моделювання фірми».</i></p>	<p>20</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
	<p><i>Завдання. Імітаційне моделювання фірми.</i></p> <p>Самостійна робота студентів. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Модель дуополії. 2. Модель олігополії. 3. Макроекономічні моделі. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1 [172-188], 3 [290-304] Додатковий: 4 [410-440], 8 [263-290] Інтернет-ресурси: 9, 10</p> <p>Захист КР з імітаційного моделювання</p>	<p style="text-align: center;">8</p> <p style="text-align: center;">6</p>
<p>Засвоїти: Прикладні аспекти імітаційного моделювання у міжнародній торгівлі.</p> <p>Вміти: Виконувати аналіз та моделювання бізнес-процесів в міжнародній торгівлі за допомогою програмних комплексів імітаційного моделювання.</p>	<p>Тема 10. Прикладні аспекти імітаційного моделювання у міжнародній торгівлі</p> <p>Лекція 12. Аналіз бізнес-процесів міжнародної торгівлі.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. SCOR-модель. 2. Імітаційне моделювання бізнес процесів міжнародної торгівлі з метою їх оптимізації та реінжинірингу. <p><i>Лабораторне заняття №24. Тема: «Моделі логістичних процесів міжнародної торгівлі».</i></p> <p><i>Завдання. Створення моделі логістичних процесів міжнародної торгівлі.</i></p> <p>Лекція 13. Світовий досвід аналізу бізнес процесів у міжнародній торгівлі.</p>	<p style="text-align: center;">24</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">2</p>

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
	<p>1. Методики аналізу бізнес процесів. 2. Концепції спрощення процедур торгівлі.</p> <p><i>Лабораторне заняття №25. Тема: «Моделювання міжнародної логістичної системи за допомогою програмного продукту AnyLogic».</i></p> <p><i>Завдання. Розробка імітаційних моделей на прикладі управління запасами в ланцюгах поставок міжнародної торгівлі.</i></p> <p>Самостійна робота студентів. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Модель лінійного ланцюга поставок з стохастичним попитом. 2. Модель з кількома роздрібними точками. 3. Розширена модель ланцюга поставок. 4. Побудова системно-динамічної моделі за допомогою програмного продукту AnyLogic. 5. Побудова моделі ринку в поєднанні з ланцюгами поставок, логістикою та моделями виробництва. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1 [70-150], 2 [201-240] Додатковий: 4 [360-490], 7 [14-30] Інтернет-ресурси: 9, 10</p> <p>Захист КР з імітаційного моделювання</p>	<p>2</p> <p>8</p> <p>6</p>

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
	Разом	180

*Курсивом виділені лекційні і практичні заняття, які проводяться з використанням інтерактивних методів навчання.

3. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

Основний

- 1. Уривський Л. О., Мошинська А. В., Осипчук С. О. Імітаційне моделювання систем і процесів. Навч. посібник / Л. О. Уривський. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 202 с.*
- 2. Дмитрієва О.А. Числові методи моделювання динамічних об'єктів в мультипроцесорних системах: монографія / О.А. Дмитрієва, Н.Г. Гуськова, Є.О. Башков, І.А. Назарова: монографія. – П.: ДВНЗ «ДНТУ», 2020. – 268 с.*
- 3. Григорків В.С. Моделювання економіки: підручник / В.С. Григорків. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2019. – 360 с.*

Додатковий

- 4. Інтелектуальне моделювання нелінійних динамічних процесів в керуванні, кібербезпеці, телекомунікаціях: підручник / В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусєв, О.В. Герасіна. – Дніпро, НТУ «ДП», 2020. – 531 с.*
- 5. Синєглазов В. М., Зеленков О. А., Аскеров Ш. І. Математичні методи оптимізації. Навч. посібн. Нац. Авіаційний ун-т. К.: Освіта України. 2018. Ч. 1. – 329 с.*
- 6. Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., А.В.Усов А. В. Моделювання та оптимізація систем: підручник. Вінниця : ПП «ТД«Еднльвейс», 2017. – 804 с.*
- 7. Артищук І.В., Митник І.М. Імітаційне моделювання. Завдання та методичні вказівки для аудиторної та самостійної роботи студентів усіх форм навчання. / І.В. Артищук, І.М. Митник.- Львів: вид-во ЛКА, 2016. – 94 с.*
- 8. Григорків В.С., Григорків М.В. Оптимізаційні методи та моделі. Підручник. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. 2016. – 400 с.*

Інтернет-ресурси

9. Ситник В.Ф., Орленко Н.С. Імітаційне моделювання: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. – URL: <http://studentam.kiev.ua/content/view/701/94/>
10. І.В. Буртняк Імітаційне моделювання: методичні рекомендації. URL: <http://194.44.152.155/elib/local/1032.pdf>