

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**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. від «30» 2021 р.)  
Ректор



**А.А. Мазаракі**

**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ /  
SIMULATION MODELLING**

**ПРОГРАМА /  
COURSE SUMMARY**

**Київ 2021**

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

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

Програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук та інформаційних систем 12.05.2021 р., протокол №9

Рецензенти: П.Г. Демідов, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних систем  
В. В. Кулаженко, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри цифрової економіки та системного аналізу

## **ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ/ SIMULATION MODELING**

### **ПРОГРАМА / COURSE SUMMARY**

## **ВСТУП**

Програма дисципліни «Психологія» призначена для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти КНТЕУ галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 124 «Системний аналіз», освітньої програми «Інформаційні технології та бізнес-аналітика» (Data Science)».

Програму підготовлено відповідно до Стандарту вищої освіти України зі спеціальності 124 «Системний аналіз» та відповідної освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів КНТЕУ.

Програма складається з таких розділів:

1. Мета, завдання та предмет дисципліни.
2. Передумови вивчення дисципліни як вибіркової компоненти освітньої програми.
3. Результати вивчення дисципліни.
4. Зміст дисципліни.
5. Список рекомендованих джерел.

### ***1. МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛІНИ***

*Метою* дисципліни «Імітаційне моделювання» є засвоєння методологій та технологій моделювання (в першу чергу комп'ютерного) при дослідженні, проектуванні та експлуатації систем обробки інформації та управління.

*Завданнями* вивчення дисципліни є розвиток у студентів системного мислення, уміння формалізувати задачі міжнародної торгівлі та будувати імітаційні моделі логістичних операцій.

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

### ***2. ПЕРЕДУМОВИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ ЯК ВИБІРКОВОЇ КОМПОНЕНТИ ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ***

*Знання:*

- основні підходи до побудови математичних моделей систем;
- методи, способи формалізації систем, об'єктів, процесів, явищ;
- статистичні методи, які використовуються при моделюванні;

*Вміння:*

- формалізувати та алгоритмізувати процеси функціонування систем;

### ***3. РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ***

Дисципліна «Імітаційне моделювання» забезпечує оволодіння студентами загальними та фаховими компетентностями і досягнення ними програмних результатів навчання за освітньо-професійною програмою.

*Інформаційні технології та бізнес-аналітика (Data Science)*

(ОС бакалавр)

Номер в освітній програмі	Зміст компетентності	Номер теми, що розкриває зміст компетентності
<i>Загальні компетентності за освітньою програмою</i>		
К03	Здатність планувати і управляти часом	8,9,10
К09	Здатність до адаптації та дії в новій ситуації	1,4,5
<i>Фахові компетентності спеціальності за освітньою програмою</i>		
К18	Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів.	2,3,4
К19	Здатність будувати математично коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів.	1,8
К20	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.	2,8,9
К21	Здатність формулювати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування.	5,6,7
К29	<i>Здатність розробляти і впроваджувати моделі задач бізнес-аналітики засобами комп'ютерного моделювання.</i>	6,7,8,9,10
К30	<i>Здатність використовувати програмне забезпечення для аналізу даних (мови програмування, аналітичні платформи) з метою проведення математичних та методологічних досліджень</i>	6,7,10
<i>Програмні результати навчання за освітньою програмою</i>		
ПР01	Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, аналітичну геометрію, лінійну алгебру та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу.	8,9,10
ПР04	Знати та вміти застосовувати базові методи якісного аналізу та інтегрування звичайних диференціальних рівнянь і систем, диференціальних рівнянь в частинних похідних, в тому числі рівнянь математичної фізики.	8,11
ПР09	Вміти створювати ефективні алгоритми для	2,3,4

	обчислювальних задач системного аналізу та систем підтримки прийняття рішень.	
ПР12	Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу.	4,5,6,7
ПР13	Проектувати, реалізовувати, тестувати, впроваджувати, супроводжувати, експлуатувати програмні засоби роботи з даними і знаннями в комп'ютерних системах і мережах.	6,7,10
ПР14	Розуміти і застосовувати на практиці методи статистичного моделювання і прогнозування, оцінювати вихідні дані.	5,6,7,8,10

## **4. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Тема 1. Сучасний стан проблеми моделювання**

Формалізація і алгоритмізації процесів моделювання функціонування систем. Сучасний стан проблеми моделювання систем. Основні поняття теорії моделювання систем. Елементи загальної теорії систем як теорії побудови моделей систем. Використання моделювання при проектуванні складних систем. Особливості використання моделей. Вибір методу моделювання. Деталізація моделей. Принципи системного підходу в моделюванні. Види моделювання систем. Теорія подібності. Дослідження моделей. Результати моделювання.

*Список рекомендованих джерел*

*Основний: 1*

*Додатковий: 5,6,8,10*

*Інтернет-ресурси: 13*

### **Тема 2. Математичні схеми моделювання**

Математичне моделювання систем в Імітаційному моделювання. Математичні схеми. Формальна модель об'єкту. Вхідні впливи. Впливи зовнішнього середовища. Внутрішні параметри системи. Незалежні змінні. Вихідна траєкторія. Закон функціонування системи. Статична модель. Динамічна модель. Типові математичні схеми. Неперервно-детерміновані моделі (D-схеми). Дискретно-детерміновані моделі (F-схеми). Дискретно-стохастичні моделі (P-схеми). Неперервно-стохастичні моделі (Q-схеми). Комбіновані моделі (A-схеми).

*Список рекомендованих джерел*

*Основний: 1*

*Додатковий: 6,7,9,10,11*

*Інтернет-ресурси: 14*

### **Тема 3. Формалізація та алгоритмізація процесів функціонування систем**

Формування можливих значень випадкових величин із заданим законом розподілу. Принцип  $\Delta t$ . Принципи побудови моделюючих алгоритмів. Форми подання моделюючих алгоритмів. Узагальнена схема моделюючого алгоритму. Детальна схема моделюючого алгоритму. Логічна схема моделюючого алгоритму. Символи та схеми моделюючих алгоритмів. Схеми алгоритмів, програм, даних та систем. Отримання та інтерпретація результатів моделювання. Визначення моделі та приклад системи з дискретними подіями. Алгоритм фіксації та обробки результатів моделювання системи. Класичний підхід до синтезу моделі. Синтетичний підхід до синтезу моделей.

*Список рекомендованих джерел*

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 3,7,8*

*Інтернет-ресурси: 13,14*

### **Тема 4. Статистичні методи в моделюванні**

Статистичне моделювання. Технологія моделювання систем за допомогою IDF0. Експериментальний аналіз випадкових величин. Елементарні статистичні процедури. Методи точкового та інтервального оцінювання основних характеристик випадкових величин. Імітація випадкових величин. Формування можливих значень випадкових величин за заданим законом розподілу. Створення нотацій IDF0. Створення сценарію.

*Список рекомендованих джерел*

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 11,12*

*Інтернет-ресурси: 14*

### **Тема 5. Методика вибору та оптимізації параметрів систем, що моделюються**

Основні положення класичного регресійного аналізу і методу найменших квадратів. Правила вибору контрольованих параметрів. Планування експерименту. Повний факторний експеримент. Етапи повного факторного експерименту. Матриця планування експерименту. Принципи складання матриці повного факторного експерименту. Повний факторний експеримент з паралельними дослідами. Дробовий факторний експеримент. Принципи складання матриці дробового факторного експерименту.

*Список рекомендованих джерел*

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 12*

*Інтернет-ресурси: 13*

## **Тема 6. Імітаційне моделювання складних систем**

Визначення і приклад імітаційної моделі систем з дискретними подіями. Системний аналіз в імітаційному моделюванні. GPSS (General Purpose Simulation system) – загально цільові системи моделювання. Визначення функцій в GPSS. Організація роботи в GPSS/PC. Програмний комплекс Any Logic. Графічний редактор AnyLogic. Основні складові моделей Any Logic. Агентне моделювання. Об'єктно-орієнтоване моделювання. Процесно-орієнтоване моделювання. Метод системної динаміки. Проблеми розробки імітаційних моделей. Етапи імітаційного моделювання.

*Список рекомендованих джерел*

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 3,7,9,10*

*Інтернет-ресурси: 13,14*

## **Тема 7. Статичні моделі економіки**

Модель «затрати-випуск». Спрощена трисекторна модель «затрати – випуск». Матриця структурних коефіцієнтів трисекторної моделі. Аналіз продуктивності моделі «затрати – випуск». Застосування закритих моделей в міжнародній торгівлі. Моделі В. Леонт'єва в операціях міжнародної торгівлі. Теорема про заміщення. Лінійна модель обміну (модель міжнародної торгівлі). Імітаційне моделювання міжнародної торгівлі в середовищі Any Logic. Оптимізаційний експеримент в середовищі Any Logic. Обробка і аналіз даних експерименту.

*Список рекомендованих джерел*

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 8,9*

*Інтернет-ресурси: 14*

## **Тема 8. Динамічні моделі економіки**

Ефективність. Ефективність та оптимальність в динамічних моделях. Принципи оптимальності. Збалансований зріст. Ефективний зріст. Теорема про магістралі. Приклад магістралі. Типи ефективних траєкторій. Статистичні моделі економіки. Динамічні моделі економіки. Модель зростання фон Неймана. Оптимізація кінцевих запасів.

*Список рекомендованих джерел*

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 6,7,11*

*Інтернет-ресурси: 13*

## **Тема 9. Машинні економічні моделі**

Моделі торгівлі. Імітаційні моделі управління запасами. Модель фірми. Павутиноподібні моделі фірми. Фінансова модель. Модель конкурентної галузі. Модель дуополії. Модель олігополії. Імітаційне моделювання фірми. Макроекономічні моделі.

*Список рекомендованих джерел*

*Основний: 2*

*Додатковий: 8,9*

*Інтернет-ресурси: 13,14*

## **Тема 10. Прикладні аспекти імітаційного моделювання у міжнародній торгівлі**

Аналіз бізнес-процесів міжнародної торгівлі. SCOR-модель. Імітаційне моделювання бізнес процесів міжнародної торгівлі з метою їх оптимізації та реінжинірингу. Моделі логістичних процесів міжнародної торгівлі. Моделювання міжнародної логістичної системи за допомогою програмного продукту AnyLogic. Світовий досвід аналізу бізнес процесів у міжнародній торгівлі. Методики аналізу бізнес процесів. Концепції спрощення процедур торгівлі. Розробка імітаційних моделей на прикладі управління запасами в ланцюгах поставок міжнародної торгівлі. Модель лінійного ланцюга поставок з стохастичним попитом. Модель з кількома роздрібними точками. Розширена модель ланцюга поставок. Побудова системно-динамічної моделі за допомогою програмного продукту AnyLogic. Побудова моделі ринку в поєднанні з ланцюгами поставок, логістикою та моделями виробництва.

*Список рекомендованих джерел*

*Основний: 2*

*Додатковий: 10,11,12*

*Інтернет-ресурси: 14*



## 5. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

### Основний

1. Томашевський В.М. *Моделювання систем. Підручник* / В.М. Томашевський. - К. : Видавнича група ВНУ, 2015. - 352с.
2. Кравець І.О. *Імітаційне моделювання: Навч. Посібник* / І.О. Кравець. - ЧДУ ім. Петра Могили, 2010.- 107 с.

### Додатковий

3. *Моделювання і симуляція логістичних систем* / Ю.І. Толу, С.І. Планка / - Курс лекцій для вищих технічних навчальних закладів. - Київ: «Міленіум», 2010. - 85 с.
4. Коробова М.В. *Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів* / М.В. Коробова, І.М. Ляшенко, А.М. Столяр. - Тернопіль: "Навчальна книга - Богдан", 2016. - 304 с.
5. Anylogic. *Навчальний посібник по Enterprise Library: XJ Technologies Company Ltd.* - 2010-2014. - 117 с.
6. Ситник В. Ф., Орленко Н. С. *Імітаційне моделювання: Навч. посібник.* - К. : КНЕУ, 2010. - 232 с.
7. Рославцев Д. М. *Конспект лекцій з курсу «Організація і проектування логістичних систем»* / Д. М. Рославцев; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. - Х. : ХНАМГ, 2012. - 111 с.
8. Пономаренко, С. В. *Теорія та практика моделювання бізнес-процесів: монографія* / В. С. Пономаренко, С. В. Мінухін, С. В. Знахур. - Х.: Вид. ХНЕУ, 2013. - 244 с.
9. Кельтон В., Лоу А. *Імітаційне моделювання. Класика CS .3-е видання.* - Київ: Видавнича група ВНУ, 2014. - 847с.
10. Стеценко І.В., Батора Ю.В. *Імітаційне моделювання транспортного руху через світлофорні об'єкти* // Вісник Черкаського державного технологічного університету. - Черкаси, 2016. - №3. - С.75-79.
11. *Міжнародна торгівля: підручник. Видання 5-те, перероб. та доп.* - Київ-Катовіце-Краків: Центр учбової літератури, 2015. - 272 с.
12. Стеценко І.В. Бойко О.В. *Технологія імітаційного моделювання систем управління засоби сіток Петрі* // Вісник Черкаського державного технологічного університету. - Черкаси, 2016. - №4. - С.29-32.

### Інтернет-ресурси

13. Ситник В.Ф., Орленко Н.С. *Імітаційне моделювання: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц.* – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://studentam.kiev.ua/content/view/701/94/>.
14. І.В. Буртняк *Імітаційне моделювання: методичні рекомендації* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://194.44.152.155/elib/local/1032.pdf>

\* Курсивом виділені джерела, що є у бібліотеці КНТЕУ