

**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. в. від « 11 » 2020 р.)

Ректор

А. Мазаракі



**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ/
SIMULATION MODELING**

**ПРОГРАМА /
COURSE SUMMARY**

Київ 2020

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

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

Програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри
комп'ютерних наук та інформаційних систем 10.11.2020 р., протокол №10

Рецензенти: В.П. Шварц, кандидат технічних наук, голова наглядової ради
фірми «Львів оргсинтез»

П.Г. Демідов, кандидат технічних наук, доцент

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ/ SIMULATION MODELING

ПРОГРАМА / COURSE SUMMARY

ВСТУП

Програма дисципліни «Імітаційне моделювання» призначена для студентів освітнього ступеня «бакалавр» денної форми навчання галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки», 124 «Системний аналіз» та 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізацій «Комп'ютерні науки», «Інформаційні технології та бізнес-аналітика», «Інформаційні системи та технології».

Програму підготовлено відповідно до Стандартів вищої освіти України із зазначених спеціальностей та відповідних освітньо-професійних програм 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;
- застосування моделей В. Леонтьєва в задачах міжнародної торгівлі;
- основні складові моделей GPSS;
- основні складові моделей Any Logic.

Вміння:

- формалізувати та алгоритмізувати процеси функціонування систем;

- використовувати статистичні методи в моделюванні;
- оптимізувати параметри моделей;
- будувати імітаційні моделі логістичних операцій у міжнародній торгівлі.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Імітаційне моделювання», як обов'язкова компонента освітньої програми, забезпечує оволодіння студентами загальними та фаховими компетентностями і досягнення ними програмних результатів навчання, за відповідними освітньо-професійними програмами.

Комп'ютерні науки (ОС бакалавр)

Номер в освітній програмі	Зміст компетентності	Номер теми, що розкриває зміст компетентності
<i>Загальні компетентності за освітньою програмою</i>		
ЗК1.	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.	8,9,10
ЗК2.	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	6,10
ЗК3.	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.	4,6,9
ЗК6.	Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.	2,3,4
ЗК8.	Здатність генерувати нові ідеї (креативність).	1,5,7
ЗК11.	Здатність приймати обґрунтовані рішення.	7,8,9
<i>Спеціальні (фахові, предметні) компетентності за освітньою програмою</i>		
СК3.	Здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем.	2,3
СК4.	Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного	4,5,6

	розв'язування професійних задач.	
СК5.	Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні розв'язки, будувати моделі оптимального управління з урахуванням змін економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії.	2,8,9
СК7.	Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів.	1,7,9
СК15.	Здатність до аналізу та функціонального моделювання бізнес-процесів, побудови та практичного застосування функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем, методів оцінювання ризиків їх проектування.	8,10
<i>Програмні результати навчання за освітньою програмою</i>		
ПР3.	Використовувати знання закономірностей випадкових явищ, їх властивостей та операцій над ними, моделей випадкових процесів та сучасних програмних середовищ для розв'язування задач статистичної обробки даних і побудови прогнозних моделей.	5,6,7
ПР7.	Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно– та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного	8,9,10
ПР8.	Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах.	8,10
ПР15.	Застосовувати знання методології та CASE-засобів проектування складних систем,	6,10

	методів структурного аналізу систем, об'єктно-орієнтованої методології проектування при розробці і дослідженні функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем.	
--	---	--

«Інформаційні технології та бізнес-аналітика» (ОС бакалавр)

Номер в освітній програмі	Зміст компетентності	Номер теми, що розкриває зміст компетентності
<i>Загальні компетентності за освітньою програмою</i>		
K03	Здатність планувати і управляти часом	8,9,10
K09	Здатність до адаптації та дії в новій ситуації	1,4,5
<i>Фахові компетентності спеціальності за освітньою програмою</i>		
K18	Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів.	2,3,4
K19	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
K20	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
K21	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
K29	<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 обчислювальних задач системного аналізу та систем підтримки прийняття рішень.	2,3,4
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

Інформаційні системи та технології (ОС бакалавр)

Номер в освітній програмі	Зміст компетентності	Номер теми, що розкриває зміст компетентності
<i>Загальні компетентності за освітньою програмою</i>		
КЗ 1.	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.	2,3,4,8

КЗ 2.	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	5,9,10
КЗ 7.	Здатність розробляти та управляти проектами.	1
<i>Спеціальні (фахові, предметні) компетентності за освітньою програмою</i>		
КС 1.	Здатність аналізувати об'єкт проектування або функціонування та його предметну область.	2,3,4
КС 5.	Здатність оцінювати та враховувати економічні, соціальні, технологічні та екологічні фактори на всіх етапах життєвого циклу інфокомунікаційних систем.	6,10
КС 7.	Здатність застосовувати інформаційні технології у ході створення, впровадження та експлуатації системи менеджменту якості та оцінювати витрати на її розроблення та забезпечення.	6,10
КС 8.	Здатність управляти якістю продуктів і сервісів інформаційних систем та технологій протягом їх життєвого циклу.	2,6,9
КС 9.	Здатність розробляти бізнес-рішення та оцінювати нові технологічні пропозиції.	1,2,3
КС 11.	Здатність до аналізу, синтезу і оптимізації інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів.	4,5,10
КС 13.	Здатність проводити обчислювальні експерименти, порівнювати результати експериментальних даних і отриманих рішень.	2,3,6
<i>Програмні результати навчання за освітньою програмою</i>		
ПР 2.	Застосовувати знання фундаментальних і природничих наук, системного аналізу та технологій моделювання, стандартних алгоритмів та дискретного аналізу при розв'язанні задач проектування і використання інформаційних систем та технологій.	6,7,8,10
ПР 7.	Обґрунтовувати вибір технічної структури та розробляти відповідне програмне забезпечення, що входить до складу інформаційних систем та технологій.	9,10

4. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Сучасний стан проблеми моделювання

Поняття моделювання. Моделювання як метод наукового пізнання. Методологічна основа моделювання. Загальні принципи моделювання. 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

Основні підходи до побудови математичних моделей систем. 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

Алгоритмізація моделей систем. Етапи моделювання системи. Принцип Δt . 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. Моделювання випадкових величин і процесів. 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. Загальні поняття теорії масового обслуговування. Моделювання систем масового обслуговування. Аналіз моделювання систем масового обслуговування.

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 дослідженнями. 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. Імітація випадкових подій методом Монте-Карло. 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 BHV, 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 самот. 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