

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

(пост. № 1 від 21 лютого 2018 р.)

Ректор

А.А. Мазаракі



ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

ПРОГРАМА ТА РОБОЧА ПРОГРАМА

освітній ступінь	бакалавр
галузь знань	12 Інформаційні технології
спеціальність	124 Системний аналіз
спеціалізація	Системний аналіз

Київ 2018

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

Автори В.Є. Краскевич, док. техн. наук, проф.
А.В. Селіванова, ст.викладач
Ю.Ю. Юрченко, асистент

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри інформаційних
технологій 2018 р., протокол № 9 від 13.03.2018 р.

Рецензенти: Самойленко Г.Т., канд. фіз.-мат. наук, доцент
Кудрявцева С.П., канд. техн. наук, доцент

Імітаційне моделювання

ПРОГРАМА ТА РОБОЧА ПРОГРАМА

освітній ступінь	бакалавр
галузь знань	12 Інформаційні технології
спеціальність	124 Системний аналіз
спеціалізація	Системний аналіз

ВСТУП

Дисципліна «Імітаційне моделювання» для студентів зазначеної спеціальності є професійно орієнтованою дисципліною, що забезпечує формування умінь, навичок передбачених освітніми програмами освітнього ступеня бакалавра спеціальності 124 «Системний аналіз».

1. МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

1.1. **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.

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

1.3 Результати вивчення дисципліни «Імітаційне моделювання».

Після вивчення дисципліни студент повинен **знати і розуміти:**

- 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.

Після вивчення дисципліни студент повинен **вміти:**

- використовувати статистичні методи в моделюванні;
- оптимізувати параметри моделей;
- будувати імітаційні моделі.

1.4 За структурно–логічною схемою дисципліна «Імітаційне моделювання» вивчається після таких дисциплін, як «Вища та прикладна математика», «Теорія ймовірностей та математична статистика».

Методика вивчення дисципліни «Імітаційне моделювання» полягає у набутті студентами знань загальнотеоретичного і прикладного характеру під час лекцій, лабораторних занять, організації самостійної роботи з вивчення першоджерел та навчально-методичної літератури.

Загальний обсяг дисципліни – 135 годин, що відповідає 4,5 кредитам ЄКТС; для оцінювання знань студентів навчальним планом передбачено підсумковий контроль у формі письмового екзамену.

2. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Сучасний стан проблеми моделювання

Визначення моделі та системи. Взаємозв'язок моделі та системи. Моделювання як метод наукового пізнання. Класифікація моделей і види моделювання. Загальні принципи моделювання. Принципи і методи моделювання. Формальні методи моделювання. Кібернетичний підхід. Системна динаміка. Теоретико-множинний підхід. Принципи побудови моделей. Принцип інформаційної достатності. Принцип доцільності. Принцип здійсненності. Принцип множинності моделей. Принцип агрегації. Принцип параметризації. Технологія моделювання. Використання моделювання при проектуванні складних систем. Особливості використання моделей.

📖Список рекомендованих джерел.

Основний: 1,2

Додатковий: 1,2,3,5,7

Тема 2. Моделі систем масового обслуговування

Класифікація систем масового обслуговування. Основні характеристики систем масового обслуговування. Вхідний потік вимог. Організація черги. Правила обслуговування черги. Вихідний потік вимог. Режими роботи систем масового обслуговування. Математичні моделі потоків вимог. Тими моделей систем масового обслуговування. Одноканальні та багатоканальні системи масового обслуговування. Дискретно-подійне моделювання систем масового обслуговування. Простір станів системи масового обслуговування. Алгоритм моделювання систем масового обслуговування. Мережі систем масового обслуговування. Операційний аналіз мереж систем масового обслуговування. Операційні змінні. Операційні залежності. Аналіз вузьких місць у мережі.

📖Список рекомендованих джерел.

Основний: 1,2,4

Додатковий: 11,12

Тема 3. Мережі Петрі

Прості мережі Петрі. Розмітка мережі Петрі. Формальне визначення мереж Петрі. Розширення простих мереж Петрі. Формалізоване зображення моделі за допомогою мережі Петрі.

Моделювання динамічних систем за допомогою мереж Петрі. Розширення можливостей мереж Петрі для моделювання. Розширення можливостей вузлів під час моделювання. Розширення можливостей дуг під час моделювання. Розширення можливостей переходів під час моделювання. Переходи, які спрацьовують у модельному часі. Паралельністю спрацьовування переходів. Пріоритети переходів.

☞Список рекомендованих джерел.

Основний: 1,2

Додатковий: 2,4

Тема 4. Імовірнісне моделювання

Метод статистичних випробувань. Генератори випадкових чисел. Типи генераторів. Апаратні методи генерування випадкових чисел. Табличний метод генерування випадкових чисел. Лінійні конгруентні генератори. Перевірка послідовностей випадкових чисел. Емпіричні та теоретичні критерії перевірки. Моделювання випадкових подій та дискретних величин. Незалежні випадкові події. Група несумісних подій. Моделювання групи несумісних подій. Умовна подія. Моделювання настання умовної події. Випадкова дискретна величина. Геометричний розподіл. Біноміальний розподіл. Розподіл Пуассона. Моделювання неперервних випадкових величин. Метод оберненої функції. Рівномірний розподіл. Експоненціальний розподіл. Пуассонівський потік. Нормальний розподіл. Розподіл і потоки Ерланга. Моделювання випадкових процесів. Статистична обробка результатів моделювання. Оцінювання ймовірності. Оцінювання розподілу випадкової величини. Оцінювання математичного сподівання. Оцінювання дисперсії. Оцінювання кореляційного моменту. Визначення кількості реалізацій під час моделювання випадкових величин.

☞Список рекомендованих джерел.


Основний: 1,3

Додатковий: 1,4,6

Тема 5. Методології імітаційного моделювання

Доцільність використання імітаційного моделювання. Методи проектування імітаційних моделей. Варіантний метод. Ітераційний метод. Ієрархічні методи. Низхідне проектування. Висхідне проектування. Формулювання проблеми. Змістовна постановка задачі. Розробка концептуальної моделі. Вибір ступеня деталізації опису об'єкта моделювання. Опис змінних моделі. Формалізоване

зображення концептуальної моделі. Вибір засобів реалізації імітаційної моделі. Розробка структурної схеми імітаційної моделі. Програмна реалізація імітаційної моделі. Автоматизація програмування. Комп'ютерна інженерія. Мова SDL. Метод OOSE. Метод Буча. Мова UML. Методологія ROOM. Метод RUP. Програмні генератори імітаційних моделей. Мова імітаційного моделювання GPSS. Синтаксис мови моделювання GPSS. Перевірка достовірності і правильності імітаційних моделей. Валідація та верифікація імітаційної моделі.


 *Список рекомендованих джерел.*

Основний: 4

Додатковий: 1,4,9,10

Тема 6. Програмне забезпечення імітаційного моделювання

Принципи побудови мов моделювання. Мови, орієнтовані на події. Мови, орієнтовані на певні види діяльності. Мови, орієнтовані на процеси. Стани процесів. Організація керування процесом моделювання. Системи планування в мовах моделювання. Історія розвитку засобів імітаційного моделювання. Розвиток технології імітаційного моделювання. Сучасний етап розвитку імітаційного моделювання. Засоби паралельного моделювання. Засоби, орієнтовані на веб-технології. Архітектура високого рівня. Системи імітаційного моделювання. Мова SIMSCRIPT. Системи Taylor II Simulation та Taylor ED. Об'єктно-орієнтоване моделювання. Інтерактивний пакет для моделювання Simulink. Імітаційне моделювання в середовищі Any Logic. Імітаційне моделювання в середовищі anyLogistix.


 *Список рекомендованих джерел.*

Основний: 4

Додатковий: 1,4,9,10

Тема 7. Планування та проведення експериментів з моделями


Планування експерименту. Проблеми планування імітаційних експериментів. Визначення початкових умов проведення експерименту. Зупинення процесу моделювання. Стан моделі в момент припинення прогону. Визначення тривалості прогону моделі. Оцінка точності результатів моделювання. Перехідний режим роботи моделі. Стаціонарний режим роботи моделі. Регенеративні процеси. Факторний план. Факторний експеримент. Повний факторний експеримент. Особливості планування експериментів. Прискорення процесу імітаційного моделювання.

 *Список рекомендованих джерел.*

Основний: 1, 2
Додатковий: 1,2,4

Тема 8. Аналіз результатів моделювання

Подання результатів моделювання. Методи прийняття рішень. Напрями прийняття рішень за результатами моделювання. Методи оптимізації. Використання методів оптимізації під час проектування. Прийняття рішень щодо удосконалення системи. Порівняння альтернативних варіантів системи.

Список рекомендованих джерел.

Основний: 1, 2
Додатковий: 1,2,4

3. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ ТА РОЗПОДІЛ ГОДИН ЗА ТЕМАМИ (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН)

№ пор.	Тема	Загальна кількість годин / кредити ЄКТС	Лекції	Практичні	СРС	Форма контролю
1	Сучасний стан проблеми моделювання	16	2	2	12	О, Д
2	Моделі систем масового обслуговування	16	4	4	8	О, Д, Ін.п.
3	Мережі Петрі	16	4	4	8	О,Д
4	Ймовірнісне моделювання	16	4	4	8	О,Д
5	Методології імітаційного моделювання	19	4	4	11	О, Д
6	Програмне забезпечення імітаційного моделювання	18	4	4	10	О,Д, Ін.п.
7	Планування та проведення експериментів з моделями	18	4	4	10	О, Д
8	Аналіз результатів моделювання	16	2	2	12	О, Д
	РАЗОМ	135/4,5	28	28	79	
Підсумковий контроль – письмовий екзамен						

Умовні скорочення: О – опитування, Ін.п – індивідуальний проект, Д – диспут, обговорення, Т – тестування, КЗ – контрольне завдання.

4. ТЕМАТИКА ТА ЗМІСТ ЛЕКЦІЙНИХ, ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

Результати навчання	Навчальна діяльність	Робочий час студента	Оцінювання в балах
Тема 1. Сучасний стан проблеми моделювання			
Знати: Основні принципи моделювання складних систем	<p style="text-align: center;">Лекція № 1 План лекції №1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Визначення моделі та системи. 2. Взаємозв'язок моделі та системи. 3. Моделювання як метод наукового пізнання. 4. Класифікація моделей і види моделювання. 5. Загальні принципи моделювання. 6. Принципи і методи моделювання. 7. Формальні методи моделювання. <p><i>📖Список рекомендованих джерел.</i> <i>Основний: 1,2</i> <i>Додатковий: 1,2,3,5,7</i></p>	2	
	<p style="text-align: center;">Завдання для самостійної роботи</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вивчення матеріалу лекцій. 2. Опрацювання та підготовка доповідей з питань: <ul style="list-style-type: none"> • Кібернетичний підхід. • Системна динаміка. • Теоретико-множинний підхід. • Принципи побудови моделей. • Принцип інформаційної достатності. • Принцип доцільності. • Принцип здійсненності. • Принцип множинності моделей. • Принцип агрегації. • Принцип параметризації. • Технологія моделювання. • Використання моделювання при проектуванні складних систем. • Особливості використання моделей. 	12	6
Вміти: Застосовувати основні підходи до побудови математичних моделей систем	<p style="text-align: center;">Практичне заняття №1 Зміст заняття.</p> <p>Ідентифікація законів розподілу та оцінювання параметрів вибіркового даних при моделюванні випадкових процесів</p>	2	6
Тема 2. Моделі систем масового обслуговування			
Знати:	Лекції № 2-3		

Принципи побудови систем масового обслуговування	<p style="text-align: center;">План лекції №2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Класифікація систем масового обслуговування. 2. Основні характеристики систем масового обслуговування. 3. Вхідний потік вимог. 4. Організація черги. 5. Правила обслуговування черги. 6. Вихідний потік вимог. <p style="text-align: center;">План лекції №3</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Режими роботи систем масового обслуговування. 2. Математичні моделі потоків вимог. 3. Тими моделей систем масового обслуговування. 4. Одноканальні та багатоканальні системи масового обслуговування. 5. Дискретно-подійне моделювання систем масового обслуговування. <p><i>📖Список рекомендованих джерел. Основний: 1,2,4 Додатковий: 11,12</i></p>	2	
	<p style="text-align: center;">Завдання для самостійної роботи</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вивчення матеріалу лекцій. 2. Опрацювання та підготовка доповідей з питань: <ul style="list-style-type: none"> • Простір станів системи масового обслуговування. • Алгоритм моделювання систем масового обслуговування. • Мережі систем масового обслуговування. • Операційний аналіз мереж систем масового обслуговування. • Операційні змінні. • Операційні залежності. • Аналіз вузьких місць у мережі. 	8	6
Вміти: Формувати випадкові величини	<p style="text-align: center;">Практичне заняття № 2</p> <p style="text-align: center;">Зміст заняття</p> <p>Моделювання дискретних випадкових величин. Формування випадкових величин з заданим законом розподілу. Моделювання потоків подій.</p>	4	6
Тема 3. Мережі Петрі			
Знати: Підходи до побудови мереж Петрі	<p style="text-align: center;">Лекції №4-5</p> <p style="text-align: center;">План лекції №4</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Прості мережі Петрі. 2. Розмітка мережі Петрі. 3. Формальне визначення мереж Петрі. 	2	

	<p>4. Розширення простих мереж Петрі. 5. Формалізоване зображення моделі за допомогою мережі Петрі. 6. Моделювання динамічних систем за допомогою мереж Петрі.</p> <p>План лекції №5</p> <p>1. Розширення можливостей мереж Петрі для моделювання. 2. Розширення можливостей вузлів під час моделювання. 3. Розширення можливостей дуг під час моделювання.</p> <p><i>Список рекомендованих джерел.</i> Основний: 1,2 Додатковий: 2,4</p>	2	
	<p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>1. Вивчення матеріалу лекцій 2. Опрацювання та підготовка доповідей з питань:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Розширення можливостей переходів під час моделювання. • Переходи, які спрацьовують у модельному часі. • Паралельністю спрацьовування переходів. • Пріоритети переходів. 	8	6
Вміти: Організувати зміну послідовності проходження транзактів по моделі	<p>Практичне заняття № 3</p> <p>Зміст заняття: Моделювання стандартних числових атрибутів, збережуваних величин, змінних і виразів. Реалізація в моделях зміни маршрутів просування транзактів.</p>	4	6
Тема 4. Ймовірнісне моделювання			
Знати: Методології оцінювання характеристик випадкових величин	<p>Лекції № 6-7</p> <p>План лекції №6</p> <p>1. Метод статистичних випробувань. 2. Генератори випадкових чисел. 3. Типи генераторів. 4. Апаратні методи генерування випадкових чисел. Табличний метод генерування випадкових чисел. 5. Лінійні конгруентні генератори. 6. Перевірка послідовностей випадкових чисел. Емпіричні та теоретичні критерії перевірки. 7. Моделювання випадкових подій та дискретних величин. 8. Незалежні випадкові події. Група</p>	2	

	<p>несумісних подій. Моделювання групи несумісних подій.</p> <p>План лекції №7</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Умовна подія. Моделювання настання умовної події. 2. Випадкова дискретна величина. Геометричний розподіл. 3. Біноміальний розподіл. Розподіл Пуассона. 4. Моделювання неперервних випадкових величин. 5. Метод оберненої функції. 6. Рівномірний розподіл. 7. Експоненціальний розподіл. Пуассонівський потік. 8. Нормальний розподіл. Розподіл і потоки Ерланга. Моделювання випадкових процесів. <p><i>Список рекомендованих джерел.</i> <i>Основний: 1,3</i> <i>Додатковий: 1,4,6</i></p>	2	
	<p>Завдання для самостійної роботи</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вивчення матеріалу лекцій, 2. Опрацювання та підготовка доповідей з питань: <ul style="list-style-type: none"> • Статистична обробка результатів моделювання. • Оцінювання ймовірності. • Оцінювання розподілу випадкової величини. • Оцінювання математичного сподівання. • Оцінювання дисперсії. • Оцінювання кореляційного моменту. • Визначення кількості реалізацій під час моделювання випадкових величин. 	4	6
Вміти: Проводити імітацію випадкових подій	<p>Практичне заняття № 4</p> <p>Зміст заняття:</p> <p>Імітація випадкових подій методом Монте-Карло за допомогою програмного засобу AnyLogic.</p>	4	6
Тема 5. Методології імітаційного моделювання			

Знати: Методики імітаційного моделювання	<p style="text-align: center;">Лекції № 8-9 План лекції №8</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Доцільність використання імітаційного моделювання. 2. Методи проектування імітаційних моделей. Варіантний метод. Ітераційний метод. Ієрархічні методи. 3. Низхідне проектування. 4. Висхідне проектування. 5. Формулювання проблеми. 6. Змістовна постановка задачі. 7. Розробка концептуальної моделі. <p style="text-align: center;">План лекції №9</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вибір ступеня деталізації опису об'єкта моделювання. 2. Опис змінних моделі. 3. Формалізоване зображення концептуальної моделі. 4. Вибір засобів реалізації імітаційної моделі. 5. Розробка структурної схеми імітаційної моделі. 6. Програмна реалізація імітаційної моделі. 7. Автоматизація програмування. <p><i>📖Список рекомендованих джерел. Основний: 4 Додатковий: 1,4,9,10</i></p>	<p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">2</p>	
	<p style="text-align: center;">Завдання для самостійної роботи</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вивчення матеріалу лекцій 2. Опрацювання та підготовка доповідей з питань: <ul style="list-style-type: none"> • Комп'ютерна інженерія. • Мова SDL. • Метод OOSE. • Метод Буча. • Мова UML. • Методологія ROOM. Метод RUP. • Програмні генератори імітаційних моделей. • Мова імітаційного моделювання GPSS. • Синтаксис мови моделювання GPSS. • Перевірка достовірності і правильності імітаційних моделей. • Валідація та верифікація імітаційної моделі. 	<p style="text-align: center;">11</p>	<p style="text-align: center;">6</p>
Вміти: обирати ступені деталізації опису	<p style="text-align: center;">Практичне заняття № 5 Зміст заняття:</p> Імітаційне моделювання складних систем з	<p style="text-align: center;">6</p>	<p style="text-align: center;">6</p>

об'єкта моделювання.	використанням програмного комплекс Any Logic. Дослідження ефективності та оптимізація систем масового обслуговування.		
Тема 6. Програмне забезпечення імітаційного моделювання			
Знати: Основні засоби моделювання	Лекції № 10-11 План лекції №10 1. Принципи побудови мов моделювання. 2. Мови, орієнтовані на події. 3. Мови, орієнтовані на певні види діяльності. 4. Мови, орієнтовані на процеси. 5. Стани процесів. 6. Організація керування процесом моделювання. 7. Системи планування в мовах моделювання. 8. Історія розвитку засобів імітаційного моделювання.	2	
	План лекції №11 1. Розвиток технології імітаційного моделювання. 2. Сучасний етап розвитку імітаційного моделювання. 3. Засоби паралельного моделювання. 4. Засоби, орієнтовані на веб-технології. 5. Архітектура високого рівня. 6. Системи імітаційного моделювання. <i>📖Список рекомендованих джерел. Основний: 4 Додатковий: 1,4,9,10</i>	2	
	Завдання для самостійної роботи 1. Вивчення матеріалу лекцій, 2. Опрацювання та підготовка доповідей з питань: <ul style="list-style-type: none"> • Мова SIMSCRIPT. • Системи Taylor II Simulation та Taylor ED. • Об'єктно-орієнтоване моделювання. • Інтерактивний пакет для моделювання Simulink. • Імітаційне моделювання в середовищі Any Logic. • Імітаційне моделювання в середовищі anyLogistix. 	10	6
Вміти: Використовувати статистичні методи в	Практичне заняття № 6 Зміст заняття: Імітаційне моделювання складних систем з використанням програмного комплекс Any	4	6

моделюванні	Logic. Дослідження моделі Басса.		
Тема 7. Планування та проведення експериментів з моделями			
Знати: Особливості планування експериментів	Лекції № 12-13 План лекції №12 1. Планування експерименту. 2. Проблеми планування імітаційних експериментів. 3. Визначення початкових умов проведення експерименту. 4. Зупинення процесу моделювання. 5. Стан моделі в момент припинення прогону	2	
	План лекції №13 1. Визначення тривалості прогону моделі. 2. Оцінка точності результатів моделювання. 3. Перехідний режим роботи моделі. 4. Стационарний режим роботи моделі. <i>📖Список рекомендованих джерел. Основний: 1, 2 Додатковий: 1,2,4</i>	2	
	Завдання для самостійної роботи 1. Вивчення матеріалу лекцій 2. Опрацювання та підготовка доповідей з питань: <ul style="list-style-type: none"> • Регенеративні процеси. • Факторний план. • Факторний експеримент. • Повний факторний експеримент. • Особливості планування експериментів. • Прискорення процесу імітаційного моделювання. 	12	4
Вміти: Реалізувати динамічні моделі в середовищі AnyLogic.	Практичне заняття № 7. Зміст заняття: Моделювання імітаційних моделей управління запасами за допомогою програмного засобу AnyLogic.	4	6
Тема 8. Аналіз результатів моделювання			
Знати: Особливості оптимізації моделей	Лекція № 14 План лекції №14 1. Подання результатів моделювання. 2. Методи прийняття рішень. 3. Напрями прийняття рішень за результатами моделювання. 4. Методи оптимізації. <i>📖Список рекомендованих джерел. Основний: 1, 2 Додатковий: 1,2,4</i>	2	

	Завдання для самостійної роботи 1. Вивчення матеріалу лекцій, 2. Опрацювання та підготовка доповідей з питань: <ul style="list-style-type: none"> • Використання методів оптимізації під час проектування. • Прийняття рішень щодо удосконалення системи. • Порівняння альтернативних варіантів системи. 	12	10
Вміти: Застосовувати критерії ефективності в моделюванні складних систем	Практичне заняття № 8. Зміст заняття: Побудова системно-динамічної моделі за допомогою програмного продукту AnyLogic.	2	6
	<i>Разом</i>	135/4,5	100
<i>Підсумковий контроль - письмовий екзамен</i>			

5. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

Основний

1. Моделирование и симуляция логистических систем / Ю.И. Толуев, С.И. Планковский / – Курс лекций для высших технических учебных заведений. – Киев: «Миллениум», 2009. – 85 с.
2. Томашевський В.М. Моделювання систем. Підручник.- К.: Видавнича група ВНУ, 2005.
3. Кравець І.О. Імітаційне моделювання: Навч. посібник. – ЧДУ ім. Петра Могили, 2010.- 107 с.
4. Оптимизация логистических процессов и систем / И.С. Алиев, И.В. Чумаченко/ – Курс лекций для высших технических учебных заведений. – Киев: «Миллениум», 2009. – 66 с.

Додатковий

1. Коробова М.В. Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів/ М.В. Коробова, І.М. Ляшенко, А.М. Столяр. – Тернопіль: “Навчальна книга – Богдан”, 2006. – 304 с.
2. Anylogic. Учебное пособие по Enterprise Library: XJ Technologies Company Ltd. – 1992-2004. – 117 с.
3. Ситник В. Ф., Орленко Н. С. Імітаційне моделювання: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 1998. — 232 с.
4. 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.

5. 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.
6. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS .3-е издание. – Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. – 847с.
7. Обушна О.М. Навчально-методичний комплекс з дисципліни «Імітаційне моделювання» для студентів спеціальності «Економічна кібернетика».- К.: РВВ ІМФ, 2003. – 102 с.
8. Стеценко І.В., Батора Ю.В. Імітаційне моделювання транспортного руху через світлофорні об'єкти // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Черкаси, 2006. - №3. – С.75-79.
9. Міжнародна торгівля: підручник. Видання 5-те, перероб. та доп. - Київ-Катовіце-Краков: Центр учбової літератури, 2015. - 272 с.
10. Стеценко І.В. Бойко О.В. Технологія імітаційного моделювання систем управління засобами сіток Петрі // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Черкаси, 2006. - №4. – С.29-32.
11. Тимченко А.А. Основи системного проектування та системного аналізу об'єктів. Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки: Навч. посібник/За ред. Ю.Г.Леги. – К.:Либідь, 2004. – 288с.
12. Стеценко І.В., Стеценко В.Г., Дифучин Ю.М. Оптимізація імітаційних моделей систем методами групового врахування аргументів // Питання прикладної математики та математичного моделювання. – Видавництво Дніпропетровського університету, 2004. – С.172-177.

Інтернет-джерела

1. <https://www.anylogic.com/>
2. <https://www.anylogic.com/manufacturing/>
3. World Wide Web Consortium (W3C) міжнародне співтовариство, яке розвиває відкриті стандарти для забезпечення довгострокового зростання Інтернету.
4. <http://www.management.com.ua>

*Курсивом позначені джерела КНТЕУ