

до наказу від _____ 2022 р. № _____

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра економічної кібернетики

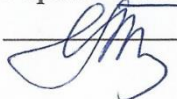
«ЗАТВЕРДЖУЮ»
декан факультету інформаційних
технологій
ТЕХНОЛОГІЙ
Глазунова О.Г.
2022 р.



РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО
на засіданні кафедри економічної кібернетики
Протокол № 10 від " 6 " травня 2022 р.


Завідувач кафедри
(Жерліцин Д.М.)

«РОЗГЛЯНУТО»
Гарант ОП 122 «Комп'ютерні науки»
Глазунова О.Г.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Моделювання систем

спеціальність 122 «Комп'ютерні науки
освітня програма «Комп'ютерні науки»
Факультет (ННІ) інформаційних технологій
Розробники: доцент кафедри економічної кібернетики, к.ф.-м.н., Коваль Т.В.

Київ – 2022р.

1. Опис навчальної дисципліни

Моделювання систем

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	<i>(Бакалавр,)</i>	
Спеціальність	<u>122 «Комп'ютерні науки»</u>	
Освітня програма	«Комп'ютерні науки»	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (за наявності)		
Форма контролю	<i>Екзамен</i>	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	2	
Семестр	4	
Лекційні заняття	30год.	год.
Практичні, семінарські заняття	год.	год.
Лабораторні заняття	30год.	год.
Самостійна робота	90 год.	год.
Індивідуальні завдання	год.	год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4год.	

2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Мета: формування у студентів знань методів моделювання систем, інформаційних технологій моделювання, методів і засобів їх реалізації та практичних навичок по створенню моделей і їх застосуванню та забезпечити загальні та спеціальні (фахові) компетентності за спеціальністю, визначені стандартом вищої освіти, а саме СК7

Завдання: полягає у отриманні студентами основних теоретичних відомостей і виробленні практичних навичок застосування методів

моделювання для прийняття обґрунтованих рішень, пов'язаних з професійною діяльністю, що сприяє розвитку професійних здібностей.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

Знання моделей систем масового обслуговування,(СК 7)

мереж Петрі; (СК 7)

методології ймовірнісного та імітаційного моделювання об'єктів, процесів і систем; (СК 7)

планування та проведення експериментів з моделями, (СК 7)

прийняття рішень для досягнення мети за результатами моделювання. (СК 7)

принципи системного підходу, необхідними для коректної постановки задачі моделювання і організації робіт з розробки й використання моделей;

основні класи математичних моделей і методи моделювання систем;

принципи побудови імітаційних моделей процесів функціонування систем, методи та етапи їх формалізації та алгоритмізації;

програмні засобами реалізації методів математичного та імітаційного моделювання;

інформаційні технології, що забезпечують реалізацію методів математичного та імітаційного моделювання;

бути спроможним приймати рішення за результатами моделювання;

вміти:

Визначати складові структурної та параметричної ідентифікації моделей реальних систем, (СК 7)

застосовувати методи моделювання складних об'єктів і систем з використанням відповідного програмного забезпечення, (СК 7)

оцінювати ступінь повноти, адекватності, істинності та реалізованості моделей реальних систем. (СК 7)

вибирати та використовувати методи математичного моделювання при проектуванні та експлуатації систем;

розробляти алгоритми для моделювання технічних, технологічних, організаційних, інформаційних систем;

реалізовувати моделюючі програми на комп'ютері

оцінювати розроблені моделі;

застосовувати моделі для дослідження різноманітних систем і процесів.

Комунікації:

Здатність обґрунтовувати власну думку щодо моделей систем і методологій моделювання об'єктів і процесів,

спілкуватися з колегами, клієнтами, партнерами щодо конкретних питань методології та технології моделювання об'єктів і систем,

складати аналітичні звіти, доповіді у письмовій формі та виступати з результатами власної роботи на нарадах, конференціях тощо.(СК7)

Автономія та відповідальність:

Здатність самостійно визначити постановку завдання,

побудувати інформаційну модель,

вибрати метод або середовище моделювання,

здійснити моделювання об'єкта або системи,

відповідати за рішення для досягнення мети за результатами моделювання.

.(СК7)

Набуття компетентностей:

загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК4. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК8. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК9. Здатність працювати в команді.

ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

фахові (спеціальні) компетентності (ФК):

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.

Знання

Знання моделей систем масового обслуговування, мереж Петрі; методології ймовірнісного та імітаційного моделювання об'єктів, процесів і систем; планування та проведення експериментів з моделями, прийняття рішень для досягнення мети за результатами моделювання.

Уміння Визначати складові структурної та параметричної ідентифікації моделей реальних систем, застосовувати методи моделювання складних об'єктів і систем з використанням відповідного програмного забезпечення, оцінювати ступінь повноти, адекватності, істинності та реалізованості моделей реальних систем.

Комунікація Здатність обґрунтовувати власну думку щодо моделей систем і методологій моделювання об'єктів і процесів, спілкуватися з колегами, клієнтами, партнерами щодо конкретних питань методології та технології моделювання об'єктів і систем, складати аналітичні звіти, доповіді у письмовій формі та виступати з результатами власної роботи на нарадах, конференціях тощо.

Автономія та відповідальність

Здатність самостійно визначити постановку завдання, побудувати інформаційну модель, вибрати метод або середовище моделювання, здійснити моделювання об'єкта або системи, відповідати за рішення для досягнення мети за результатами моделювання.

Програмні результати навчання

ПР1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.

ПР7. Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій;

3. Програма та структура навчальної дисципліни для:

– повного терміну денної (заочної) форми навчання;

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	ти жні	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Змістовий модуль 1. Аналітичне моделювання														
Тема 1. Моделювання як інструмент системного підходу.		12	2				10							
Тема 2. Моделювання систем і процесів з застосуванням теорії графів і мереж Петрі.		14	2		2		10							
Тема 3. Моделювання систем на основі експериментальних і статистичних даних.		22	6		6		10							
Тема 4. Аналітичне моделювання систем і процесів.		27	5		7		15							

Разом за змістовим модулем 1	75	15		15		45						
Змістовий модуль 2. Імітаційне моделювання												
Тема 5. Стохастичне моделювання процесів в системах.		17	2			15						
Тема 7. Імітаційне моделювання систем і процесів		31	8		8	15						
Тема 8. Моделювання з застосуванням системи імітаційного моделювання GPSS		27	5		7	15						
Разом за змістовим модулем 2	75	15		15		45						
Усього годин	150	30		30		90						
Курсовий проект (робота) з _____ _____ (якщо є в робочому навчальному плані)		-	-	-		-	-	-	-			
Усього годин	120	30		30		90						

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин денна форма			
	усього	Лекції	Лабор. роботи	Самост. робота
Змістовий модуль 1				
Тема 1. Моделювання як інструмент системного підходу.	12	2		10
Тема 2. Моделюванні систем і процесів з застосуванням теорії графів і мереж Петрі.	14	2	2	10
Тема 3. Моделювання систем на основі експериментальних і статистичних даних.	22	6	6	10
Тема 4. Аналітичне моделювання систем і процесів.	27	5	7	15
Разом за змістовим модулем 1	75	15	15	45
Змістовий модуль 2				
Тема 5. Стохастичне моделювання процесів в системах.	17	2		15
Тема 7. Імітаційне моделювання систем і процесів	31	8	8	15
Тема 8. Моделювання з застосуванням системи імітаційного моделювання GPSS	27	5	7	15
Разом за змістовим модулем 2	75	15	15	45
Усього годин	150	30	30	90

Змістовий модуль 1

Тема 1. Моделювання як інструмент системного підходу

1.1. Поняття системи. Основи системного підходу. Моделювання як інструмент системного підходу.

1.2. Поняття моделі. Співвідношення між моделлю та системою. Класифікація моделей. Вимоги до моделей

Тема 2. Моделюванні систем і процесів з застосуванням теорії графів і мереж Петрі

2.1. Застосування графів для моделювання. Типологія та характеристики графів. Матричні методи опису графів. Матриці суміжності та інцидентності.

2.2. Прості мережі Петрі. Графічне представлення та розмітка мереж Петрі. Формальне визначення мереж Петрі. Розширення простих мереж Петрі. Формалізоване зображення моделей за допомогою мереж Петрі.

Тема 3. Моделювання систем на основі експериментальних і статистичних даних

3.1. Моделювання методами поліноміальної інтерполяції. Застосування квадратичних та кубічних поліномів, інтерполяційного поліному Лагранжа. Порівняльний аналіз адекватності моделей

3.2. Моделювання регресійними методами. Види рівнянь одновимірної регресії. Порядок моделювання з допомогою рівнянь лінійної, логарифмічної, степеневі регресії. Оцінка синтезованих моделей.

3.3. Моделювання методом планування експерименту. Види рівнянь багатовимірної регресії. Порядок побудови моделей першого та другого порядку.

Тема 4. Аналітичне моделювання систем і процесів

4.1. Моделювання з застосування алгебраїчних та диференціальних рівнянь і систем рівнянь. Приклади побудови аналітичних моделей для вирішення практичних задач.

4.2. Моделювання систем і процесів за допомогою диференціальних рівнянь. Застосування операційного числення для вирішення рівнянь і створення моделей при заданих умовах. Чисельні методи

4.3. Моделювання систем і процесів за допомогою систем диференціальних рівнянь

Змістовий модуль 2

Тема 5. Стохастичне моделювання процесів в системах

5.1. Потoki випадкових подій. Пуасонівські потоки подій.

Марковські випадкові процеси. Дискретні ланцюги Маркова. Потоки з дискретним і неперервним часом.

5.2. Неперервні ланцюги Маркова. Процес народження і загибелі. Зв'язок між розподілом Пуассона і експоненціальним розподілом.

5.3. Моделювання випадкових процесів з застосуванням рівнянь Колмогорова. Метод динаміки середніх. Застосування стохастичного моделювання для оцінки надійності систем.

Тема 6. Моделі систем масового обслуговування

6.1. Характеристики систем масового обслуговування. Простір станів системи масового обслуговування. Вхідний потік вимог. Організація черги. Правила обслуговування вимог. Вихідний потік вимог. Режими роботи системи масового обслуговування. Типи моделей систем масового обслуговування.

6.2. Одноканальні системи масового обслуговування з відмовами та очікуванням. Методика оцінки основних характеристик одно канальних систем масового обслуговування

6.3. Багатоканальні системи масового обслуговування з відмовами і очікуванням. Формули Ерланга. Методика оцінки основних характеристик багатоканальні систем масового обслуговування.

6.4. Особливості моделювання окремих типів СМО. Замкнуті системи масового обслуговування. Системи масового обслуговування змішаного типу.

Тема 7. Імітаційне моделювання систем і процесів

7.1. Сутність імітаційного моделювання. Умови використання імітаційного моделювання. Метод Монте-Карло. Методи проектування імітаційних моделей. Системи імітаційного моделювання GPSS. SIMSCRIPT. Taylor. Об'єктно-орієнтований пакет SIMPLE++.

7.2. Порядок побудови концептуальної моделі. Вибір ступеня деталізації опису об'єкта моделювання. Опис змінних моделі. Формалізоване представлення концептуальної моделі. Розробка структурної схеми імітаційної моделі та опис її функціонування.

7.3. Вибір засобів реалізації імітаційної моделі. Програмна реалізація імітаційної моделі. Перевірка адекватності імітаційних моделей. Статистична обробка результатів моделювання. Оцінювання ймовірності, математичного сподівання, дисперсії, кореляційного моменту. Визначення кількості реалізацій під час моделювання

Тема 8. Моделювання з застосуванням системи імітаційного моделювання GPSS World

8.1. Створення об'єктів «модель», «процес моделювання» в GPSS World та команди GPSS World

8.2. Приклади моделювання систем в GPSS World . Побудова моделей для СМО

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Розробка графічної та матричної моделі системи.	2
2.	Графічне представлення та розмітка мережі Петрі. Формалізоване зображення моделі.	2
3.	Інтерполяція експериментальних даних в MathCad	2
4.	Інтерполяція і передбачення.	2
5.	Розробка моделей регресійними методами. Лінійна регресія. Застосування методу найменших квадратів для обчислення параметрів	2
6.	Розробка моделей регресійними методами. Застосування методу найменших квадратів для обчислення параметрів криволінійної(параболічної) залежності	2
7.	Побудова математичної моделі за результатами багатofакторного експерименту Побудова графіків. Застосування пакету Mathcad.	2
8.	Статистична обробка результатів моделювання. Перевірка адекватності моделі	2
9. 2	Створення об'єктів «модель», «процес моделювання» в GPSS World та команди GPSS World	2
10.	Побудова GPSS – моделі для одноканальної СМО.	2
11.	Дослідження за допомогою імітаційної моделі процесу розширення системи обслуговування з одним приладом і чергою	2
12.	Дослідження на імітаційній моделі процесу зміни дисципліни обслуговування в системі з одним приладом і чергою	2
13.	Моделювання систем обслуговування з приладом, чергою і зворотним зв'язком	2
14.	Дослідження процесу контролю виробничої лінії на імітаційній моделі.	2
15.	Дослідження процесу контролю виробничої лінії на імітаційній моделі.	2
	Разом	30

5. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

По темі 1. Моделювання як інструмент системного підходу.

1. Принципи системного підходу.
2. Зміст системного аналізу і системного синтезу.
3. Декомпозиція, стратифікація і моделювання систем.
4. Співвідношення між моделлю та системою.
5. Основні положення теорії подібності.
6. Сутність аналізу розмірностей.
7. Вплив інформації на технологію моделювання.

По темі 2. Моделюванні систем і процесів з застосуванням теорії графів і мереж Петрі.

1. Типологія та характеристики графів.
2. Матричні методи опису графів.
3. Матриці суміжності та інцидентності.
4. Графічне представлення та розмітка мереж Петрі.
5. Формальне визначення мереж Петрі.
6. Можливості дуг і переходів в мережах Петрі при моделюванні.

По темі 3. Моделювання систем на основі експериментальних і статистичних даних.

1. Методи підвищення точності моделювання при поліноміальній інтерполяції.

2. Застосування поліномів вищих степенів, інтерполяційного поліному Лагранжа.

3. Порівняльний аналіз адекватності моделей.
4. Види рівнянь одновимірної регресії.
5. Порядок побудови моделей методом найменших квадратів
6. Показники оцінки синтезованих моделей.
7. Алгоритм застосування методу планування експерименту.
8. Види рівнянь багатовимірної регресії.
9. Порядок побудови моделей першого та другого порядку.
10. Порядок побудови моделей вищих порядків.

По темі 4. Аналітичне моделювання систем і процесів.

1. Моделювання з застосування алгебраїчних та диференціальних рівнянь і систем рівнянь.

2. Порядок вирішення алгебраїчних рівнянь, побудова графіку, аналіз рішення.

3. Методи вирішення алгебраїчних систем рівнянь, побудова графіку.
4. Порядок вирішення однорідних лінійних диференціальних рівнянь.
5. Порядок вирішення неоднорідних лінійних диференціальних рівнянь.
6. Застосування операційного числення для вирішення рівнянь.
7. Порядок вирішення систем лінійних диференціальних рівнянь

По темі 5. Стохастичне моделювання процесів в системах

1. Поняття потоків випадкових подій.
2. Пуасонівські потоки подій.
3. Особливості марковських випадкових процесів.
4. Дискретні ланцюги Маркова.
5. Неперервні ланцюги Маркова.
6. Рівняння Колмогорова.
7. Сутність методу динаміки середніх.

По темі 6. Моделі систем масового обслуговування

1. Типологія і характеристики систем масового обслуговування.
2. Простір станів системи масового обслуговування.
3. Потоки вимог і обслуговувань.
4. Режими роботи системи масового обслуговування.
5. Типи моделей систем масового обслуговування.
6. Методика оцінки основних характеристик одно каналних систем

масового обслуговування..

7. Методика оцінки основних характеристик багатоканальні систем масового обслуговування.

8. Особливості моделювання окремих типів СМО.

По темі 7. Імітаційне моделювання

1. Сутність імітаційного моделювання.
2. Основні положення методу Монте-Карло.
3. Системи імітаційного моделювання Taylor.
4. Прикладні пакети GPSS, SIMSCRIPT.
5. Об'єктно-орієнтований пакет SIMPLE++.
6. Програмна реалізація імітаційної моделі.

7. Порядок оцінювання ймовірності, математичного сподівання, дисперсії, кореляційного моменту.

По темі 8. Моделювання з застосуванням пакетів MathLAB, LABVIEW

1. Можливості інтерактивного пакету Simulink.
2. Вбудовані засоби моделювання систем в Simulink.
3. Можливості пакету LABVIEW.
4. Палітра інструментів LABVIEW.
5. Панель інструментів і функцій LABVIEW.

Набути практичні навички роботи на комп'ютерах з пакетами прикладних програм Mathcad та Microsoft Excel. Засвоїти комп'ютерні технології для моделювання систем на основі експериментальних і статистичних даних, вирішення алгебраїчних та диференціальних рівнянь і систем рівнянь, побудови графіків.

6. Методи навчання

При викладанні навчальної дисципліни використовуються такі методи навчання:

- М1. Лекція (дискусія, проблемна)
- М2. Лабораторна робота
- М3. Проблемне навчання
- М4. Проектне навчання(індивідуальне, малі групи, групове)
- М5. Он-лайн навчання

Та методи контролю:

- МК1. Тестування
- МК2. Контрольне завдання
- МК5. Екзамен
- МК6. Залік

7. Форми контролю

Кожна з форм контролю має особливості й залежить від мети, змісту та характеру навчання.

У процесі навчання дисципліни використовуються наступні форми контролю:

- Поточний контроль: усне опитування (індивідуальне, фронтальне, групове), комп'ютерне тестування, виконання розрахункових на комп'ютері згідно програми;
- Підсумковий контроль: тестування (залік) та екзамен (теоретичне завдання, практичне завдання, опитування - співбесіда)

8. Розподіл балів, які отримують студенти.

Оцінювання студента відбувається згідно Положення «Про екзамени та заліки у НУБіП України» від 27.02.2018 р. протокол № 7 з табл.

Співвідношення між національними оцінками і рейтингом здобувача вищої освіти

Оцінка національна	Рейтинг студента, бали
Відмінно	90 – 100
Добре	89 - 74

Задовільно	60 - 73
Незадовільно	0 - 59

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{АТ}}$.

9. Методичне забезпечення

1. Навчальний посібник Коваль Т.В., Галаєва Л.В. "Імітаційне моделювання" К.: ВЦ"Компринт" 2017,-291с.
2. ЕНК на навчальному порталі НУБІП України
<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=340>

10.Рекомендована література

Основна

1. Советов Б.Я. Моделирование систем. Практикум./ Б.Я Советов., С.А. Яковлев– М.: Высш. шк., 1999. – 224 с.
2. Томашевский В. Н. . Моделирование систем. / В.Н. Томашевский - К.: ВНУ, 2005.- 352 с.
3. Томашевский В.Н., Жданова Е.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS./ В.Н. Томашевский, Е.Г. Жданова – М.: Бестселлер, 2003. – 416 с.
4. Скурихин Е.М. Математическое моделирование./ Е.М Скурихин. - К.: Техника, 1983.-270 с.
5. Кельтон В. Имитационное моделирование./ В. Кельтон., А Лоу. — 3-е изд. – СПб.: Питер; К.: Издат. группа ВНУ, 2004. - 847 с.
6. Котов В. Е. Сети Петри./ В. Е. Котов - М.: Наука, 1984. - 196 с.

Допоміжна

1. Варфоломеев В.И. Алгоритмическое моделирование элементов экономических систем /В.И.Варфоломеев Практикум. Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 280 с.
2. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем./ А.М.Вендров– М.: Финансы и статистика, 1998. – 176 с.
3. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. / И.В. Максимей– М.: Радио и связь, 1988.
4. Марков А.А. Моделирование информационно-вычислительных процессов. / А.А. Марков– М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 360 с.
5. Армстронг Дж.Р. Моделирование цифровых систем. / Дж.Р Армстронг – М.: Мир, 1992. – 174 с.
6. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. / Н.П. Бусленко– М.: Наука, 1978. – 400 с.
7. Калянов Г.Н. CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение)/ Г.Н. Калянов М.: Изд-во ЛОРИ, 1996. – 242 с.
8. Киндлер Е. Языки моделирования./ Е Киндлер – М.: Энергия, 1985. – 288 с.
9. Математическое моделирование: методы, описания и исследования сложных систем / Под ред. А.А. Самарского. – М.: Наука, 1989. – 128 с.
10. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. / Т. Нейлор– М.: Мир, 1975.
11. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем./ Дж. Питерсон– М.: Мир, 1984. – 264 с.
12. Советов Б.Я. Моделирование систем. Учебник для вузов./ Б.Я Советов., С.А. Яковлев – М.: Высш. шк., 2001. – 342 с.
13. Харин Ю.С. Основы имитационного и статистического моделирования. / Ю.С. Харин– Минск: ДизайнПРО, 1997.
14. Компьютерное моделирование экономики/ И.Ф.Цисарь, В.Г. Нейман– М.: Диалог-МИФИ, 2002. – 304 с.
15. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – Искусство и наука. / Р. Шеннон– М.: Мир, 1978. – 418 с.
16. Шрайбер Т.Дж. Моделирование на GPSS. / Т.Дж. Шрайбер– М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
17. Боев В. Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World. / В. Д. Боев - Санкт-Петербург, 2004.
18. Венцель Е. С. Прикладные задачи теории вероятностей./ Е. С. Венцел., Л. А. Овчаров -М., 1983.

19. *Жерновий Ю. В.* Марковські моделі масового обслуговування./ *Ю. В. Жерновий* - Львів, 2004.
20. *Ивченко Г. И.* Теория массового обслуживания./ *Г. И. Ивченко, В.А.Капитанов, И. Н. Коваленко* - М., 1982.
21. *Кудрявцев Е. М.* GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем./ *Е. М. Кудрявцев* - М., 2004.
25. *Алиев Т.И.* Основы моделирования дискретных систем./ *Т.И. Алиев* - Санкт-Петербург, 2009. – 400 с.

11. Інформаційні ресурси

1. ЕНК на навчальному порталі НУБІП України
<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=340>
2. <http://www.scs.org/>
3. <http://www.knigka.info/2012/07/14/modeljuvannja-sistem.html>.
4. <http://sardismusic.com/t1.html>
5. <http://www.studfiles.ru/dir/cat32/subj1235/file11060/view111214.html>
6. <http://ermak.cs.nstu.ru/mmsa/glava3/glava3.htm>
7. <http://www.gpss.ru/>
8. <http://www.simulation.org.ua/news.php>