

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА
УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ
КАФЕДРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ
СИСТЕМ

Код РПНД Т94634

ЗАТВЕРДЖЕНО



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Моделювання випадкових процесів та стохастичних систем
MODELING OF RANDOM PROCESSES AND STOCHASTIC SYSTEMS

рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

тип дисципліни: обов'язкова

мова(и) викладання: українська

Миколаїв – 2024

Робоча програма навчальної дисципліни "Моделювання випадкових процесів та стохастичних систем" є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 12 Інформаційні технології спеціальності 122 Комп'ютерні науки освітньої-наукової програми " Комп'ютерні науки ".

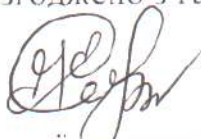
« 22 » травня 2024 року. – 16 с.

Розробник:

Приходько С.Б., завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем, докт. технс. наук, професор.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Моделювання випадкових процесів та стохастичних систем" узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми



Чернов С.К.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Моделювання випадкових процесів та стохастичних систем" розглянуто на засіданні кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем.

Протокол № 1 від « 27. » 08 2024 р.

Завідува кафедри



Приходько С.Б.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Моделювання випадкових процесів та стохастичних систем" розглянуто Науково-методичною комісією Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та управління проектами.

Протокол № 1 від « 28 » 08 2024 р.

Голова



Фаріонова Т.А.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Моделювання випадкових процесів та стохастичних систем" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу



Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни "Моделювання випадкових процесів та стохастичних систем" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 6 від " 28 " 08 2024 р.

Голова НМР НУК



Слободян С.О.

• © НУК, 2024

Зміст

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	5
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	11
7. Форми поточного та підсумкового контролю	12
8. Критерії оцінювання результатів навчання	14
9. Засоби навчання	14
10. Рекомендовані джерела інформації	14

ВСТУП

Анотація

Підготовка фахівців, які здатні продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні науково-прикладні задачі та/або проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері комп'ютерних наук, потребує знань і вмінь у тому числі з моделювання випадкових процесів та стохастичних систем.

Ключові слова: моделювання, математична модель, випадковий процес, стохастична система.

Abstract

Training of specialists who are able to produce new ideas, solve complex scientific and applied tasks and/or problems in the field of professional and/or research and innovation activities in the field of computer sciences, requires knowledge and skills, including modeling of random processes and stochastic systems.

Keywords: modeling, mathematical model, random process, stochastic system.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань: 12 Інформаційні технології	Обов'язкова	
Модулів – 1	Спеціальність: 122 Комп'ютерні науки (освітньо-наукова програма "Комп'ютерні науки")	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету:		Семестри	
Загальна кількість годин – 180		2-й	2-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4; самостійної роботи студента – 8.	Освітній рівень: третій (освітньо-науковий)	Лекції	
		30 год	30 год
		Лабораторні заняття	
		30 год	30 год
		Самостійна робота	
		120 год	120 год
		Індивідуальні завдання	
		–	–
		Вид контролю: залік	
		Форма контролю: комбінована	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни "Моделювання випадкових процесів та стохастичних систем" є формування у студентів відповідно до освітньо-наукової програми таких компетентностей:

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерних науках та дотичних до них міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей.

СК02. Здатність застосовувати сучасні методології, методи та інструменти експериментальних і теоретичних досліджень у сфері комп'ютерних наук,

сучасні цифрові технології, бази даних та інші електронні ресурси у науковій та освітній діяльності.

СК07 Здатність застосовувати методи математичного моделювання випадкових процесів та стохастичних систем для обробки експериментальних даних у сфері комп'ютерних наук

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумови для вивчення дисципліни відсутні.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких **програмних результатів навчання**:

РН04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерних науках та дотичних міждисциплінарних напрямках.

РН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерних наук та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

РН06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

РН12. Застосовувати методи математичного моделювання випадкових процесів та стохастичних систем для обробки даних у власних дослідженнях у сфері комп'ютерних наук.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Моделювання випадкових процесів

Тема 1.1. Вступ. Основні поняття моделювання процесів та систем

Інформація щодо занять з дисципліни; вимог з оформлення завдань (постановку задачі, методику рішення задачі, алгоритм рішення задачі, побудову програми за розробленим алгоритмом, верифікацію програми, аналіз результатів, висновки); поточний та кінцевий контроль успішності.

Мета та завдання дисципліни. Поняття про випадковий процес та стохастичну систему. Основні поняття моделювання систем і процесів. Основні підходи до побудови математичних моделей систем і процесів. Неперервно-детерміновані моделі. Неперервно-стохастичні моделі. Дискретно-детерміновані моделі. Дискретно-стохастичні моделі. Похибки, які виникають при моделюванні систем і процесів на комп'ютері.

Тема 1.2. Моделювання випадкових величин

Загальні відомості про статистичне моделювання систем і процесів на комп'ютері. Загальна характеристика метода статистичного моделювання.

Псевдовипадкові числа та процедури їх генерації на комп'ютері. Перевірка якості генераторів псевдовипадкових чисел. Моделювання випадкових подій. Моделювання дискретних випадкових величин. Моделювання неперервних випадкових величин. Моделювання гаусівської випадкової величини. Моделювання системи неперервних випадкових величин. Моделювання залежних гаусівських випадкових величин.

Тема 1.3. Математичне моделювання випадкових процесів

Математичне моделювання випадкових процесів на комп'ютері. Білий шум. Моделювання білого шуму. Моделювання стаціонарних випадкових процесів. Моделювання стаціонарних випадкових процесів за методом формуючих фільтрів. Визначення початкового значення кроку інтегрування за часом при моделювання випадкових процесів. Умови збіжності при моделювання випадкових процесів за різницевиими рівняннями.

Тема 1.4. Моделювання випадкових процесів на комп'ютері

Статистичне моделювання випадкових процесів на комп'ютері. Моделювання білого шуму на комп'ютері. Моделювання стаціонарних випадкових процесів на комп'ютері. Перевірка якості моделювання випадкових процесів на комп'ютері. Характеристики, які використовуються для перевірки якості моделювання випадкових процесів на комп'ютері. Оцінювання статистичних моментів, автокореляційної функції та спектральної щільності. Перевірка гіпотези про закон розподілу ординат випадкового процесу.

Змістовий модуль 2. Моделювання стохастичних систем

Тема 2.1. Математичне моделювання стохастичних систем

Математичне моделювання стохастичних систем. Моделювання стохастичних диференційних систем (СДС). Моделювання випадкових впливів на систему. Моделювання випадкового впливу на систему за допомогою білого шуму. Визначення інтенсивності білого шуму у разі його застосування у якості моделі випадкового впливу на систему. Визначення початкового значення кроку інтегрування за часом при моделювання СДС у разі застосування різних моделей випадкових впливів. Умови збіжності при моделювання СДС за різницеви́ми рівняннями у разі застосування різних моделей випадкових впливів.

Тема 2.2. Моделювання стохастичних систем на комп'ютері

Статистичне моделювання стохастичних систем на комп'ютері. Моделювання стохастичних диференційних систем на комп'ютері. Моделювання випадкових впливів на систему. Перевірка якості моделювання випадкових процесів на комп'ютері.

Тема 2.3. Методи параметричної ідентифікації стохастичних систем

Задача ідентифікації. Класифікація ідентифікації. Структурна ідентифікація. Параметрична ідентифікація. Існуючі підходи до вирішення задач ідентифікації стохастичних систем і випадкових процесів. Функція правдоподібності та її застосування для вирішення задач ідентифікації стохастичних систем і випадкових процесів. Побудова функції правдоподібності. Існуючі методи параметричної ідентифікації стохастичних систем. Оцінювання параметрів математичних моделей за методом найменших квадратів, за методом максимальної правдоподібності, за методом моментів, за узагальненим методом моментів.

Тема 2.4. Методи структурної ідентифікації стохастичних систем

Існуючі підходи до вирішення задач структурної ідентифікації стохастичних систем і випадкових процесів. Методи ідентифікації стохастичних систем і випадкових процесів на основі нормалізуючих перетворень.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усьо- го	у тому числі			усьо- го	у тому числі		
		л	л.р.	с.р.		л	л.р.	с.р.
Модуль 1								
Змістовий модуль 1. Моделювання випадкових процесів								
Тема 1.1. Вступ. Основні поняття моделювання процесів та систем	21	3	3	15	21	3	3	15
Тема 1.2. Моделювання випадкових величин	23	4	4	15	23	4	4	15
Тема 1.3. Математичне моделювання випадкових процесів	23	4	4	15	23	4	4	15
Тема 1.4. Моделювання випадкових процесів на комп'ютері	23	4	4	15	23	4	4	15
Разом за змістовим модулем 1	90	15	15	60	90	15	15	60
Змістовий модуль 2. Моделювання стохастичних систем								
Тема 2.1. Математичне моделювання стохастичних систем	20	4	6	10	20	4	6	10
Тема 2.2. Моделювання стохастичних систем на комп'ютері	20	4	6	10	20	4	6	10
Тема 2.3. Методи параметричної ідентифікації стохастичних систем	25	4	3	18	25	4	3	18
Тема 2.4. Методи структурної ідентифікації стохастичних систем	25	3	-	22	25	3	-	22
Разом за змістовим модулем 2	90	15	15	60	90	15	15	60
Усього годин	180	30	30	120	180	30	30	120
Разом за курсом	180	30	30	120	180	30	30	120

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		д	з
1.1	Вступне заняття	3	3
1.2	Моделювання білого шуму	4	4
1.3	Моделювання стаціонарного випадкового процесу	4	4
1.4	Моделювання стаціонарного випадкового процесу	4	4
2.1	Моделювання нелінійної стохастичної диференціальної системи	6	6
2.2	Моделювання нелінійної стохастичної диференціальної системи	6	6
2.3	Оцінювання параметрів нелінійної стохастичної диференціальної системи	2	2
2.3	Оцінювання параметрів нелінійної стохастичної диференціальної системи	1	1
	Разом	30	30

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – 1 год./1 год. занять;
- підготовка до лабораторних робіт – 1 год./1 год. роботи;
- підготовка до заліку – 15 год. на 1 захід.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Підготовка до лекцій	30	30
2	Підготовка до лабораторних робіт	30	30
	Самостійне вивчення тем курсу		
3	Тема 1.1. Вступ. Основні поняття моделювання процесів та систем	3	3
4	Тема 1.2. Моделювання випадкових величин	6	6
5	Тема 1.3. Математичне моделювання випадкових процесів	6	6
6	Тема 1.4. Моделювання випадкових процесів на комп'ютері	6	6
7	Тема 2.1. Математичне моделювання стохастичних систем	6	6
8	Тема 2.2. Моделювання стохастичних систем на комп'ютері	6	6
9	Тема 2.3. Методи параметричної ідентифікації стохастичних систем	6	6
10	Тема 2.4. Методи структурної ідентифікації стохастичних систем	6	6
11	Підготовка домашньої контрольної роботи	–	–
12	Підготовка до заліку	15	15
	Разом	120	120

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних, лабораторних занять та самостійної роботи студентів.

Основними методами навчання з дисципліни є:

1. Пояснювально-ілюстративний метод, за допомогою повідомлення та засвоєння інформації на лекційних та лабораторних заняттях словесними й наочними засобами.

2. Проблемний метод, коли на лабораторних заняттях утворюються пошукові ситуації, розвивається активність, самостійність, творчі здібності здобувачів освіти.

Як наочний матеріал на лекціях застосовуються мультимедійні слайди та лекційні демонстрації.

Для зручної та ефективної організації навчального процесу, зроблено Google Classroom з навчальної дисципліни, де розташовані конспекти лекцій, завдання до лабораторних робіт та супроводжувальні матеріали. Доступ до класу надається на першому занятті за університетською електронною поштою.

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання завдань лабораторних робіт проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час карантину та воєнного стану заняття повністю проводяться дистанційно у Google Classroom.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є:

- виконання завдань на лабораторних заняттях;
- залік.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки за залік. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати максимум **80 балів**. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (активність, участь в дискусіях; виконання завдань та інше).

Питома вага заключного заліку в загальній системі оцінок – **20 балів**. Право здавати залік надається студенту, якій з урахуванням отриманих балів проміжних оцінок і заліку може набрати разом не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заліку.

Поточний контроль проводиться на кожному лабораторному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на лабораторних заняттях.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання лабораторних робіт	4 x 20 балів = 80 балів	4 x 20 балів = 80 балів
Залік	1 x 20 балів = 20 балів	1 x 20 балів = 20 балів
Всього	100	100

Критерії оцінювання лабораторної роботи

Бал	Критерії оцінювання
20	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів.
16-19	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; в цілому правильно складає звіт та робить висновки.
10-15	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.
6-9	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1-5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0	Робота не виконувалася

Залік	Критерії оцінювання (залік)
20	Відповідь логічно побудована, студент чітко та стисло викладає матеріал, показує глибокі знання з питань заліку, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
17-19	Студент спроможний чітко та стисло зробити доповідь, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
14-16	Студент спроможний чітко та стисло відповісти на питання заліку, належно обґрунтовує матеріал, але допускає неточності у відповідях на запитання.
11-13	Студент спроможний чітко та стисло відповісти на питання заліку, але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує відповіді.
8-10	Студент невпорядковано дає відповіді, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати свою позицію.
5-7	Студент невпорядковано дає відповіді на питання заліку, робить спроби аргументувати свою позицію, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання.
1-4	Студент демонструє задовільні знання з питань заліку, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати свою відповідь.
0	Студент невпорядковано дає відповіді на питання заліку, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію.

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів
ЗМ1	T1.3	Лабораторна робота №1	20
	T1.5	Лабораторна робота №2	20
ЗМ2	T2.3	Лабораторна робота №3	20
	T2.4	Лабораторна робота №4	20
Підсумковий контроль		Залік	20
Сума			100

9. Засоби навчання

У спеціальних засобах навчання потреби немає.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Довгай Б.В., Козаченко Ю.В., Розора І.В. Моделювання випадкових процесів у фізичних системах: навч. посібник – К: ВПЦ «Задруга», 2010. – 230 с.
2. Томашевський В.М. Моделювання систем [Текст] / В. М. Томашевський. – К: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.
3. Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» [Текст] / С. Б. Приходько, Н. В. Приходько, Л. М. Макарова, А. В. Пухалевич. – Миколаїв: НУК, 2020. – 40 с.

Допоміжна література

1. Скороход А. В. Лекції з теорії випадкових процесів. – Київ: Либідь, 1990. – 168 с.
2. Царков Є.Ф., Ясинський В.К. Лекції з теорії стохастичного моделювання. Частина 1. Основи теорії випадкових процесів.– Чернівці: Зелена Буковина, 1999.– 296 с.
3. Свердан М.Л., Царков Є.Ф., Ясинський В.К. Лекції з теорії стохастичного моделювання. Частина 2. Стохастичні динамічні системи зі скінченною післядією. – Чернівці: Зелена Буковина, 2000.– 560 с.
4. Методи математичного моделювання стохастичних систем [Текст] : [посібник] / П. П. Костробій [та ін.] ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів : Растр- 7, 2020. - 187 с.
5. Моделювання гауссових випадкових процесів та процесів Кокса: Монографія / Ю.В. Козаченко, О.О. Погоріляк, А. М. Тегза. - Уж.: "Карпати", 2012. – 194 с.
6. Козаченко Ю.В. Моделювання випадкових процесів / Ю. В. Козаченко, А. О. Пашко. — К. : Київський університет, 1999. — 223 с.
7. Гамаюн І.П., Чередніченко О.Ю. Моделювання систем: навчальний посібник для студентів спеціальностей 6.050103 “Програмна інженерія”, 6.050101 “Комп’ютерні науки” / І. П. Гамаюн, О. Ю. Чередніченко. – Харків : Факт, 2015. – 228 с.
8. Моделювання гауссових стаціонарних випадкових процесів з неперервним спектром / А. О. Пашко // Математичне та комп’ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки: зб. наук. пр. — Кам’янець-Подільський: Кам'янець-Подільськ. нац. ун-т, 2014. — Вип. 11. — С. 184-195.
9. Kulkarni, V.G. Brownian motion. Introduction to Modeling and Analysis of Stochastic Systems. STS, pp. 247–280. Springer, New York (2011). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1772-0_7
10. Kulkarni, V.G. Modeling and Analysis of Stochastic Systems. Chapman & Hall, 2020. – 606 p.
11. Prykhodko S. Mathematical Modeling of Non-Gaussian Dependent Random Variables by Nonlinear Regression Models Based on the Multivariate

Normalizing Transformations / S. Prykhodko, N. Prykhodko // In: Shkarlet S., Morozov A., Palagin A. (eds) Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020). MODS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1265, 2021. – P. 166-174. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_16

Інформаційні ресурси в Інтернет

1. Конспект лекцій з дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності - 172 «Телекомунікації та радіотехніка». /Укл.: С'янов О.М., Марченко С.В. - Кам'янське; ДДТУ, 2018 р. – 50 с. Режим доступу: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/3/20/3-20-kl9.pdf>
2. Моделювання гаусівських випадкових величин із використанням перетворення Джонсона із сім'ї SU / С. Б. Приходько // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2015. – т.5, №.1 – С.92-97. Режим доступу:
https://www.researchgate.net/publication/307212325_SIMULATION_OF_GAUSSIAN_RANDOM_VARIABLES_USING_JOHNSON_SU_TRANSFORMATION_in_Ukrainian_Modeluvanna_gausivskih_vipadkovih_velicin_iz_vikoristannam_peretvorennia_Dzonsona_iz_sim'i_SU_S_B_Prihodko_Informati
3. Новицький І.В. Випадкові процеси. [Текст], навчальний посібник / І.В. Новицький, С.А. Ус. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 125 с. Режим доступу:
[https://sau.nmu.org.ua/ua/osvita/metod/Random_processes\(Novitskiy_Us_NMU_SAU\).pdf](https://sau.nmu.org.ua/ua/osvita/metod/Random_processes(Novitskiy_Us_NMU_SAU).pdf)
4. Simulation of Stochastic Processes with Given Accuracy and Reliability: монографія/ Y.Kozachenko, O.Pogorilyak, I.Rozora, A.Tegza; editor Nikolaos Limnios. – London: ISTE Press Ltd, 2016. – 342 с. Режим доступу: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/16583/3/kozachenko_yv_et_al_simulation_of_stochastic_processes_with.pdf