



1. Загальна інформація про дисципліну:

Назва дисципліни	ТЕОРІЯ ІМОВІРНОСТЕЙ, ІМОВІРНІСНІ ПРОЦЕСИ І МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА
Викладач	Фриз Михайло Євгенович
Профайл викладача	https://tntu.edu.ua
Контактний тел.	Комутатор (0352) 51-97-00, внутрішній 1706 (із зовнішніх телефонів через комутатор, тоді в режимі тонального набору набрати внутрішній номер), 380931688324
E-mail:	m_fryz@tntu.edu.ua
Сторінка дисципліни в A-Tutor	https://dl.tntu.edu.ua , ID4743
Консультації	Згідно графіку консультацій

2. Коротка анотація до дисципліни

Навчальна дисципліна «Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси і математична статистика» належить до дисциплін обов'язкової частини освітньої програми «Інформаційні системи та технології» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Галузь знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології». Викладається у 3 та 4 семестрах (другий курс) обсягом 8,5 кредитів ECTS. Формами підсумковою контролю є залік у третьому семестрі та екзамен у четвертому семестрі.

3. Мета та завдання дисципліни

Мета дисципліни «Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси і математична статистика» полягає у засвоєнні студентами основ ймовірнісного підходу до побудови математичних моделей різноманітних явищ та процесів (інформаційних, технічних, біомедичних, екологічних, економічних, соціальних та ін.) та набуття компетенцій розробки та застосування інформаційних технологій статистичного аналізу даних із використанням мови програмування Python.

Завданням дисципліни є набуття студентами теоретичних знань та практичних навичок, що забезпечують здатність 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.

4. Формат дисципліни:

Дисципліна передбачає проведення лекційних, лабораторних занять та консультацій. Для кращого розуміння та засвоєння викладеного матеріалу дисципліна має супровід у вигляді електронного навчального курсу в системі A-Tutor (<https://dl.tntu.edu.ua>). Електронний навчальний курс має лекційний матеріал, лабораторні роботи, питання підсумкового контролю та систему оцінювання.

5. Результати навчання:

В результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати**:

- ✓ поняття стохастичного експерименту;
- ✓ означення ймовірності, основні властивості ймовірностей, умовні ймовірності;
- ✓ теореми додавання, множення ймовірностей, повної ймовірності, Бейєса;
- ✓ означення випадкової величини, її функції та щільності розподілу;
- ✓ числові характеристики випадкових величин: математичне сподівання, дисперсія, моменти вищих порядків;
- ✓ основні типи дискретних та неперервних розподілів: біноміальний, негативний біноміальний, Пуассона, рівномірний, експоненційний, геометричний, гіпергеометричний, нормальний та ін.;

- ✓ багатовимірні випадкові величини та їх розподіл, змішані моменти (зокрема, кореляційний та коваріаційний момент, коефіцієнт кореляції);
- ✓ закон великих чисел, центральну граничну теорему, теореми Муавра-Лапласа;
- ✓ означення випадкового процесу, випадкової послідовності та основні їх характеристики;
- ✓ стаціонарні випадкові процеси, їх характеристики у часовій та частотній областях;
- ✓ процеси з незалежними приростами;
- ✓ основи математичної статистики;
- ✓ основні властивості точкових та інтервальних оцінок, методи їх побудови;
- ✓ методи перевірки статистичних гіпотез і статистичного оцінювання параметрів випадкових величин.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен **вміти**:

- ✓ знаходити ймовірності випадкової події за класичним означенням;
- ✓ користуватися теоремами додавання та множення ймовірностей, повної ймовірності та Бейеса;
- ✓ знаходити функцію розподілу, щільність розподілу, математичне сподівання, дисперсію та середнє квадратичне відхилення неперервних та дискретних випадкових величин;
- ✓ застосовувати властивості основних неперервних та дискретних розподілів для побудови та аналізу моделей реальних явищ;
- ✓ визначати коефіцієнт кореляції випадкових величин, кореляційну матрицю багатовимірної випадкової величини;
- ✓ знаходити точкові та інтервальні оцінки параметрів випадкових величин та векторів;
- ✓ здійснювати перевірку статистичних гіпотез відносно параметрів випадкових величин за результатами експерименту;
- ✓ здійснювати статистичний аналіз взаємозв'язків випадкових величин;
- ✓ знаходити основні характеристики випадкових процесів (математичне сподівання, кореляційна функція, спектральна щільність потужності);
- ✓ використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерного імітаційного моделювання та статистичного аналізу даних;
- ✓ використовувати мову програмування Python (пакети Numpy, Scipy, Matplotlib, Pandas) для статистичного аналізу та візуалізації даних.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів **загальних компетентностей (КЗ) та спеціальних (фахових) компетентностей (КС)** згідно освітньої програми.

Загальні:

- КЗ 1.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
КЗ 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
КЗ 5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні (фахові):

- КС 11.** Здатність до аналізу, синтезу і оптимізації інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів;
КС 13. Здатність проводити обчислювальні експерименти, порівнювати результати експериментальних даних і отриманих рішень.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування у студента таких прикладних **результатів навчання (ПР)** згідно освітньої програми:

- ПР 1.** Знати теорію ймовірностей та математичну статистику в обсязі, необхідному для розробки та використання інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.

6. Обсяг дисципліни

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	50
лабораторні заняття	68
самостійна робота	137
Всього за дисципліну	255

7. Ознаки дисципліни:

Рік викладання	Семестр	Курс	Спеціальність	Нормативна/ вибіркова
2020	3	2	122 «Комп'ютерні науки»	Нормативна
2020	3	2	126 «Інформаційні системи та технології»	Нормативна
2021	4	2	122 «Комп'ютерні науки»	Нормативна
2021	4	2	126 «Інформаційні системи та технології»	Нормативна

8. Пререквізити

Студенти повинні володіти базовими знаннями з вищої математики та дискретної математики.

9. Технічне й програмне забезпечення /обладнання:

Студент повинен мати рівень впевненого користувача прикладних програм пакету Microsoft Office. Для виконання лабораторних робіт використовується IDE VS Code або JupyterLab (на вибір студента).

10. Політика дисципліни

Усі процедури навчального процесу під час викладання дисципліни відповідають положенню про академічну доброчесність учасників освітнього процесу та недопущення академічного плагіату в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя.

11. Схема дисципліни

Тиж./ дата/ год.	Тема, підтеми	Форма заняття, формат	Матеріали	Література, ресурси в інтернеті	Завдання, год	Засоби діагностики	Вага оцінки
1	2	3	4	5	6	7	8
Семестр 3							
Тиж. 1/ 24.09/ 4 акад. год.	Тема 1. Випадкові події. Поняття стохастичного експерименту. Простір випадкових подій. Випадкові події, алгебри подій, операції над подіями	Лекція, F2F Лаб. роб. № 1	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 1	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	1
Тиж. 2/ 01.10/ 4 акад. год.		Лекція, F2F Лаб. роб. № 1	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 1	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	1
Тиж. 3/ 08.10/ 4 акад. год.	Тема 2. Ймовірність випадкової події. Частота появи випадкової події. Аксиоми теорії ймовірностей. Основні властивості ймовірностей. Визначення ймовірності подій за умови рівноможливості елементарних подій	Лекція, F2F Лаб. роб. № 2	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 2	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	1
Тиж. 4/ 15.10/ 4 акад. год.	Тема 3. Умовні ймовірності. Поняття умовної ймовірності. Незалежні події. Формула повної ймовірності, формула Бейєса та їх практичне застосування	Лекція, F2F Лаб. роб. № 2	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 2	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб. 1	Усне опитування	1

Тиж. 5/ 22.10/ 4 академічного року.	Тема 4. Випадкова величина. Випадкова величина, дискретна випадкова величина та її розподіл. Функція розподілу. Неперервна випадкова величина та її щільність розподілу. Мода, медіана, квантиль	Лекція, F2F Лаб. роб. № 3	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 3	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	
Тиж. 6/ 29.10/ 4 академічного року.		Лекція, F2F Лаб. роб. № 3	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 3	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	1
Тиж. 7/ 05.11/ 4 академічного року.	Тема 5. Числові характеристики випадкових величин. Інтеграл Стільтьєса, математичне сподівання, дисперсія, моменти вищих порядків, коефіцієнт асиметрії, коефіцієнт ексцесу	Лекція, F2F Лаб. роб. № 4	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 4	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	1
Тиж. 8/ 07.11/ 4 академічного року.		Лекція, F2F Лаб. роб. № 4	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 4	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	32
Тиж. 9/ 12.11/ 4 академічного року.	Тема 6. Дискретні розподіли випадкових величин. Розподіл Бернуллі, біноміальний розподіл, розподіл Пуассона, геометричний розподіл, негативний біноміальний розподіл, гіпергеометричний розподіл, дискретний рівномірний розподіл	Лекція, F2F Лаб. роб. № 5	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 5	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	
Тиж. 10/ 19.11/ 4 академічного року.		Лекція, F2F Лаб. роб. № 5	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 5	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	1
Тиж. 11/ 26.11/ 4 академічного року.	Тема 7. Неперервні розподіли випадкових величин. Рівномірний, експоненційний розподіли, розподіл Гаусса, граничні теореми Муавра-Лапласа	Лекція, F2F Лаб. роб. № 6	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 6	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	1
Тиж. 12/ 03.12/ 4 академічного року.		Лекція, F2F Лаб. роб. № 6	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 6	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	1
Тиж. 13/ 10.12/ 4 академічного року.	Тема 8. Поняття про центральну граничну проблему. Закон великих чисел, центральна гранична теорема	Лекція, F2F Лаб. роб. № 7	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 7	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 2	Усне опитування	

Тиж. 14/ 12.12/ 4 акад. год.	Тема 9. Багатовимірні випадкові величини Випадковий вектор та його дискретні та неперервні розподіли, змішані моменти випадкового вектора, коваріаційний, кореляційний момент, коефіцієнт кореляції, кореляційна матриця	Лекція, F2F Лаб. роб. № 7	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 7	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 2	Усне опитування	1
Тиж. 15/ 17.12/ 4 акад. год.		Лекція, F2F Лаб. роб. № 8	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 8	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1	Усне опитування	
Тиж. 16/ 24.12/ 4 акад. год.		Лекція, F2F Лаб. роб. № 8	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 8	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1	Усне опитування	32
Семестр 4							
Тиж. 1/ 31.03/ 4 акад. год.	Тема 10. Випадкові процеси та їх розподіли. Випадковий процес, реалізації випадкового процесу, послідовність скінченновимірних функцій розподілу. Моментні функції випадкового процесу. Моментні функції другого порядку. Ймовірнісний аналіз неперервних випадкових величин з використанням NumPy і SciPy	Лекція, F2F Лаб. роб. № 9	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 9	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	Усне опитування	
Тиж. 2/ 31.03/ 2 акад. год.		Лаб. роб. № 9	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 9	Дистанційний курс	лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	
Тиж. 3/ 31.03/ 4 акад. год.	Тема 11. Стаціонарні випадкові процеси. Стаціонарні у широкому і вузькому розумінні випадкові процеси. Теорема Хінчина. Спектральна функція, спектральна щільність потужності. Стаціонарні випадкові послідовності. Теорема Герглотца. Білий шум	Лекція, F2F Лаб. роб. № 9	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 9	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	10
Тиж. 4/ 31.03/ 2 акад. год.	Тема 12. Випадкові процеси з незалежними приростами. Процеси з незалежними приростами та їх найважливіші підкласи: вінерівські процеси, пуассонівські процеси, узагальнені пуассонівські процеси. Ймовірнісний аналіз та комп'ютерне імітаційне моделювання нелінійних перетворень випадкових величин та процесів	Лаб. роб. № 10	Лекційний матеріал, Лаб. роб. № 10	Дистанційний курс	лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	
Тиж. 5/ 31.03/ 4 акад. год.	Тема 13. Точкове оцінювання параметрів випадкових величин. Математична статистика. Точкові оцінки, незсунені та слухні оцінки. Ефективні оцінки, асимптотично нормальні оцінки. Оцінювання	Лекція, F2F Лаб. роб. № 10	Лекційний матеріал, Лаб.роб.№10	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	

Тиж. 6/ 31.03/ 2 акад. год.	розподілів та числових характеристик випадкових величин.	Лаб. роб. № 10	Лекційний матеріал, Лаб.роб. №10	Дистанційний курс	лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	10
Тиж. 7/ 31.03/ 4 акад. год.	Тема 14. Методи побудови точкових оцінок. Метод максимальної правдоподібності. Емпіричні моменти. Метод моментів. Статистичний аналіз числа символів у sms-повідомленнях (ham і spam). Кореляційний та регресійний аналіз двовимірної випадкової величини з використанням Python.	Лекція, F2F Лаб. роб. № 11	Лекційний матеріал, Лаб. роб. №11	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	
Тиж. 8/ 31.03/ 2 акад. год.		Лаб. роб. № 11	Лекційний матеріал, Лаб. роб. №11	Дистанційний курс	лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	
Тиж. 9/ 31.03/ 4 акад. год.		Лекція, F2F Лаб. роб. № 11	Лекційний матеріал, Лаб. роб. №11	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	10
					Тестові завдання модуля 3, 12	Модульний контроль 3	7
Тиж. 10/ 31.03/ 2 акад. год.	Тема 15. Інтервальне оцінювання параметрів випадкових величин. Довірчі інтервали та їх властивості. Довірчі інтервали для параметрів гауссівських випадкових величин	Лаб. роб. № 12	Лекційний матеріал, Лаб. роб. №12	Дистанційний курс	лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	
Тиж. 11/ 31.03/ 4 акад. год.		Лекція, F2F Лаб. роб. № 12	Лекційний матеріал, Лаб. роб. №12	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	
Тиж. 12/ 31.03/ 2 акад. год.		Лаб. роб. № 12	Лекційний матеріал, Лаб. роб. №12	Дистанційний курс	лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	10
Тиж. 13/ 31.03/ 4 акад. год.	Тема 16. Перевірка статистичних гіпотез. Статистичні гіпотези, помилки при прийнятті рішень. Критерій Неймана-Пірсона, його типи та характеристики. Послідовний критерій Вальда	Лекція, F2F Лаб. роб. № 13	Лекційний матеріал, Лаб. роб. №13	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	

Тиж. 14/ 31.03/ 2 акад. год.		Лаб. роб. № 13	Лекційний матеріал, Лб.роб. №13	Дистанційний курс	лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	
Тиж. 15/ 31.03/ 4 акад. год.		Лекція, F2F Лаб. роб. № 13	Лекційний матеріал, Лаб. роб. №13	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	10
Тиж. 16/ 31.03/ 2 акад. год.		Лаб. роб. № 14	Лекційний матеріал, Лаб. роб. №14	Дистанційний курс	лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	
Тиж. 17/ 31.03/ 4 акад. год.	Тема 17. Критерій Бейєса. Бейєсівський підхід до перевірки статистичних гіпотез. Правило прийняття рішень. Ризик. Частинні випадки правила Бейєса	Лекція, F2F Лаб. роб. № 14	Лекційний матеріал, Лаб. роб. №14	Дистанційний курс	Опрацювання лекцій, 1 лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	
Тиж. 18/ 31.03/ 2 акад. год.		Лаб. роб. № 14	Лекційний матеріал, Лаб. роб. №14	Дистанційний курс	лаб. роб., 1	захист звіту з лаб. роб.	10
					Тестові завдання модуля 4, 12	Модульний контроль 4	∞

12. Система оцінювання та вимоги

Семестр 3

Форма підсумкового семестрового контролю – залік.

Підсумкова семестрова оцінка заліку складається з суми балів, отриманих студентом при проведенні проміжних (модульних) контролів рівня засвоєння теоретичних знань (за перший та другий модулі) та отриманих балів за лабораторні роботи.

Модуль 1			Модуль 2			Підсумкова семестрова оцінка	Разом з дисципліни
Аудиторна та самостійна робота			Аудиторна та самостійна робота				
Теоретичний курс (тестування)	Практична робота		Теоретичний курс (тестування)	Практична робота			
32	6		32	5		25	100
№ лекцій	Вид робіт	Бал	№ лекцій	Вид робіт	Бал	за кожних три бали семестрової оцінки студент отримує 1 бал підсумкової семестрової оцінки автоматично	
Лекції 1 - 3	Лаб. роб. 1	2	Лекції 4 - 9	Лаб. роб. 5	2		
	Лаб. роб. 2	2		Лаб. роб. 6	2		
	Лаб. роб. 3	1		Лаб. роб. 7	1		
	Лаб. роб. 4	1					

Семестр 4

Форма підсумкового семестрового контролю – екзамен.

Модуль 3			Модуль 4			Підсумковий контроль		Разом з дисципліни
Аудиторна та самостійна робота			Аудиторна та самостійна робота					
Теоретичний курс (тестування)	Практична робота		Теоретичний курс (тестування)	Практична робота				
7	30		8	30		25		100
№ лекцій	Вид робіт	Бал	№ лекцій	Вид робіт	Бал	Теоретичний курс	16	
Лекція 10	Лаб. роб. 9	10	Лекція 13	Лаб. роб. 12	10			
Лекція 11	Лаб. роб. 10	10	Лекція 14	Лаб. роб. 13	10	Практичне завдання	9	
Лекція 12	Лаб. роб. 11	10	Лекція 15	Лаб. роб. 14	10			
			Лекція 16					

До підсумкового семестрового контролю (складання семестрового заліку або екзамену) допускаються студенти, які протягом семестру виконали всі види навчальної роботи, успішно пройшли проміжні (модульні) контролю і набрали не менше 45 балів семестрової бальної оцінки та за умови отримання не менше 60% балів за результатами кожного проміжного (модульного) контролю рівня знань.

Підсумкова оцінка записується за 100-бальною шкалою із подальшим переведенням її у шкалу Європейської кредитно-трансферної системи (ECTS) відповідно А, В, С, D, E, F, FX при цьому чотирибальна шкала оцінок (з записом семестрової оцінки «відмінно» - А, «добре» - В,С, «задовільно» - D, E відповідають підсумковому результату «зараховано», «незадовільно» - F, FX відповідає підсумковому результату «незараховано»).

13. Навчально-методичне забезпечення

1. Бабак В.П., Марченко Б.Г., Фриз М.Є. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика. – К.: Техніка, 2004. – 288 с. (підручник з грифом МОН)
2. Марченко Б.Г., Приймак М.В., Щербак Л.М. Теоретичні основи аналізу стохастичних сигналів і шумів. Навчальний посібник. – Тернопіль: ТДТУ імені І. Пулюя, 2001. – 179 с.
3. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсу «Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси та математична статистика» / М.Є. Фриз. - Тернопіль: ТНТУ імені І.Пулюя, 2012. – 20 с.
5. M. Fryz, B. Mlynko, N. Zagorodna. Fundamentals of Discrete Mathematics: Lecture Notes. - Ternopil: TNTU Press, 2011. – 60 p.
6. Електронний навчальний курс «Теорія імовірностей, імовірнісні процеси і математична статистика» (ID: 4743)

14. Рекомендована література

Базова

1. Бабак В. П. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика / В. П. Бабак, Б. Г. Марченко, М. Є. Фриз. – К. : Техніка, 2004. – 288 с.
2. Боровков А. А. Теория вероятностей / А. А. Боровков. – М. : Наука, 1986. – 432 с.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
4. Вентцель Е. С. Задачи и упражнения по теории вероятностей / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М. : Академия, 2003. – 448 с.
5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М. : Высшая школа, 2001. – 480 с.
6. Гихман И.И., Скороход А.В., Ядренко М.И. Теория вероятностей и математическая статистика. – К.: Вища шк., 1979. – 408 с.
7. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей.–М.: Наука, 1988.–448 с.
8. Дороговцев А.Я., Сильвестров Д.С., Скороход А.В., Ядренко М.Й. Теорія ймовірностей. Збірник задач. – К.: Вища школа, 1980. – 480 с.
9. Жалдак М. І., Кузьміна Н. М., Берлінська С.Ю. Теорія ймовірностей і математична статистика з елементами інформаційної технології. - К. : Вища школа, 1995. – 351 с.
10. Коваленко И. Н., Гнеденко Б. В. Теория вероятностей. - К.: Вища школа, 1990. – 328 с.

11. Колемаев В. А., Староверов О. В., Турундаевский В. Б. Теория вероятностей и математическая статистика. - М. : Высшая школа, 1991. – 400 с.
12. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. - М.: Физматгиз, 1962. - 352с.
13. Марченко Б. Г. Теоретичні основи аналізу стохастичних сигналів і шумів: [навчальний посібник] / Б. Г. Марченко, М. В. Приймак, Л. М. Щербак. – Тернопіль: ТДТУ імені І. Пулюя, 2001. – 179 с.
14. Прохоров Ю.В. Теория вероятностей. Основные понятия. Предельные теоремы. Случайные процессы. – М.: Наука, 1987. – 397 с.
15. Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и теории случайных функций / Под ред. А.А. Свешникова. – М.: Наука, 1965. – 632 с.
16. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. - М.: Наука, 1969. – 512 с.
17. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника / В. И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.
18. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и её приложения. Том 1 / В. Феллер; пер. с англ. – М. : Мир, 1964. – 499 с.
19. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и её приложения. Том 2 / В. Феллер; пер. с англ. – М. : Мир, 1967. – 752 с.
20. Шефтель З.Г. Теорія ймовірностей. - К. : Вища школа, 1994. – 192 с.
21. Ширяев А.Н. Вероятность. – М.: Наука, 1980. – 576 с.
22. Jake VanderPlas, Python Data Science Handbook, O'Reilly Media, Inc., 2016,
23. Harris, C.R., Millman, K.J., van der Walt, S.J. et al. Array programming with NumPy. Nature 585, 357–362 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>

Допоміжна

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 755 с.
2. Бабак В.П., Хандецкий В.С., Шрюфер Е. Обробка сигналів. - К.: Либідь, 1999. - 496 с.
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник. – М.: Высш. школа, 1983. – 536 с.
4. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
5. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов: Прогноз и управление: Пер. с англ. – М.: Мир, 1974. - Вып. 1. – 406 с.
6. Быков В.В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике. – М.: Сов. радио, 1971. – 326 с.
7. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. – М.: Мир, 1971.–Вып. 1 –317с.
8. Дуб Дж.Л. Вероятностные процессы: Пер. с англ. – М.: Изд.-во ин. лит., 1956. – 607 с.
9. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. – М.: Наука, 1976. – 320 с.
10. Капустинкас А., Немура А. Идентификация линейных случайных процессов. – Вильнюс: Мокслас, 1983. – 160 с.
11. Кендалл М.Дж., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды: Пер. с англ. – М.: Наука, 1976. – 736 с.
12. Кендалл М.Дж., Стьюарт А. Статистические выводы и связи: Пер. с англ. – М.: Наука, 1973. – 900 с.
13. Кендалл М.Дж., Стьюарт А. Теория распределений: Пер. с англ. – М.: Наука, 1966. – 588 с.
14. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. – М.: Наука, 1974. – 120 с.
15. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Радио и связь, 1989. – 656 с.
16. Леман Э. Проверка статистических гипотез. – М.: Наука, 1979. – 408 с.
17. Леоненко М.М., Мішура Ю.С., Пархоменко В.М., Ядренко М.Й. Теоретико-ймовірнісні та статистичні методи в економіці, актуарній та фінансовій математиці. – К.: Інформтехніка, 1993. – 380 с.
18. Лозэ М. Теория вероятностей: Пер. с англ. – М.: Изд.-во ин. лит., 1962. – 720 с.
19. Лукач Е. Характеристические функции: Пер. с англ. – М.: Наука, 1979. – 424 с.
20. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
21. Марченко Б.Г. Метод стохастических интегральных представлений и его приложение в радиотехнике. - К.: Наукова думка, 1973. - 191 с.
22. Мюллер П., Нойман П., Шторм Р. Таблицы по математической статистике: Пер. с нем.– М.: Финансы и статистика, 1982. – 278 с.
23. Орлов В.Б., Скороход Н.С., Сосинский А.Б. Русско-англо-немецко-французский математический словарь. Основные термины. – М.: Рус. яз., 1987. – 304 с.
24. Петров В.В. Суммы независимых случайных величин. – М.: Наука, 1972. – 416с.
25. Рамачандран Б. Теория характеристических функций: Пер. с англ. – М.: Наука, 1975. – 224 с.
26. Російсько-український математичний словник / В.Я. Карачун, О.О. Карачун, Г.Г. Гульчук. – К.: Вища шк., 1995. – 258 с.

27. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. – М.: Наука, 1966. – 404с.
28. Скороход А.В. Лекції з теорії випадкових процесів. – К.: Либідь, 1990. – 166 с.
29. Случайные процессы: Справочник / Под. ред И.Н. Коваленко. – К.: Наукова думка, 1983. – 265 с.
30. Справочник по математике (для научных работников и инженеров): определения, теоремы, формулы / Г. Корн, Т. Корн. - М.: Наука, 1978. – 832 с.
31. Теория вероятностей / Под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 456 с. – (Серия “Математика в техническом университете”, вып. XVI).
32. Теория вероятностей. Сборник задач / Под ред. А.В. Скорохода. – К.: Вища школа, 1980. – 432 с.
33. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. – М.: Сов. радио, 1977. – 488 с.
34. Хургин Я. И. Популярная теория вероятностей / Я. И. Хургин. – М. : Техника, 2001. – 112 с.
35. Уилкс С. Математическая статистика: Пер. с англ.– М.: Наука, 1967.–632 с.
36. Шметтерер Л. Введение в математическую статистику: Пер. с нем. - М.: Наука, 1976. - 520 с.
37. Introduction to Probability Theory / Butsan G.P., Kyiv, Akadempriodyka, 2012
38. H. Pishro-Nik, "Introduction to probability, statistics, and random processes", available at <https://www.probabilitycourse.com>, Kappa Research LLC, 2014.
39. Michael Baron, "Probability and Statistics for Computer Scientists", Second Edition, Chapman and Hall/CRC, 2015
40. Dimitri P. Bertsekas and John N. Tsitsiklis, "Introduction to Probability", LECTURE NOTES, Massachusetts Institute of Technology, FALL 2000
41. Sheldon M. Ross, "A First Course in Probability", 5th. ed., Prentice Hall, 1998
42. Sheldon M. Ross, "Introduction to probability Models", Tenth Edition, Elsevier, 2010
43. Allan G. Bluman, "Probability Demystified", McGraw-Hill Education, 2005
44. Mike Le Van, "Probability and Statistics", McGraw-Hill, 2001
45. Douglas C. Montgomery and George C. Runger, "Applied Statistics and Probability for Engineers", 3rd ed., John Wiley & Sons, 2003

15. Інформаційні ресурси

1. Електронний навчальний курс «Теорія імовірностей, імовірнісні процеси і математична статистика» (ID: 4743)
2. Fundamentals of Probability, MIT OpenCourseWare, available at <https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-436j-fundamentals-of-probability-fall-2008>
3. Statistics and probability, Khan Academy, available at <https://www.khanacademy.org/math/statistics-probability>
4. Probability & Statistics, Carnegie Mellon University, Open Learning Initiative, available at <https://oli.cmu.edu/courses/probability-statistics-open-free/>
5. The Probability Web, available at <http://probweb.berkeley.edu>
6. Мізюк О. Путівник мовою програмування Python [Електронний ресурс] , доступ за посиланням <https://pythonguide.rozh2sch.org.ua>
7. Основи програмування. Python. Частина 1 [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 122 "Комп'ютерні науки / А. В. Яковенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,59 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 195 с., доступ за посиланням <http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25111/1/Python.pdf>
8. NumPy: the absolute basics for beginners, available at https://numpy.org/devdocs/user/absolute_beginners.html
9. Python Numpy Tutorial, available at <https://cs231n.github.io/python-numpy-tutorial/#numpy-arrays>
10. Scipy Lecture Notes, available at <http://scipy-lectures.org/index.html>