

Форма № Н-3.04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО
Навчально-науковий інститут електричної інженерії
та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної та
методичної роботи



Віктор КОСТІН

2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Імовірісно-статистичні методи інформаційних технологій»

першого (бакалаврського) освітнього рівня
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»
освітньо-професійної програми «Комп'ютерна інженерія»

КРЕМЕНЧУК 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Імовірно-статистичні методи інформаційних технологій» розроблена на основі освітньо-професійної програми «Комп'ютерна інженерія» підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» та відповідних нормативних документів

Робочу програму розробив:
доцент кафедри КІЕ, к. т. н.



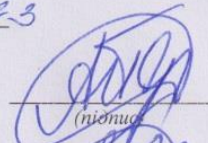
(підпис)

Валерій СИДОРЕНКО
(Власне ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-професійної програми «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»,

протокол № 11 від 30.06.2023

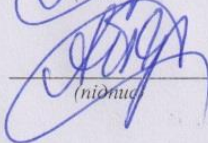
Гарант освітньої програми



(підпис)

Андрій ПЕРЕКРЕСТ
(Власне ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Завідувач кафедри



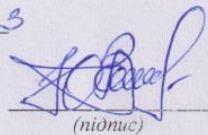
(підпис)

Андрій ПЕРЕКРЕСТ
(Власне ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методичної ради інституту електричної інженерії та інформаційних технологій,

протокол № 8 від 30.06.2023

Голова науково-методичної ради



(підпис)

Юрій ЗАЧЕПА
(Власне ім'я ПРИЗВИЩЕ)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма	
Кількість кредитів – 6	Галузь знань <u>12 Інформаційні технології</u>	Обов'язкова	
Модулів – <u>2</u>	Спеціальність (професійне спрямування): <u>123 Комп'ютерна інженерія</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 7		1-й	
Розрахунково-графічна робота	Освітньо-професійна програма «Комп'ютерна інженерія»	Семестр	
Загальна кількість годин – 180		2-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 6	Освітній ступінь: <u>бакалавр</u>	Лекції	
		30 год.	
		Практичні	
		14	
		Лабораторні	
		16 год.	
		Самостійна робота	
		120 год.	
		Індивідуальні завдання	
		–	
–			
Вид контролю: Іспит			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – $60/180=0,33$.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: є набуття студентами професійних компетенцій в області ймовірнісно-статистичних методів і підготовка студентів до ефективного їх використання в навчальному процесі, подальшій інженерній та науковій діяльності.

Завдання: набуття знань закономірностей випадкових явищ і вміння використовувати ймовірнісно-статистичні методи при аналізі, моделюванні та проектуванні апаратних і програмних складових комп'ютерних систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

отримати досвід з компетентностей:

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 7. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

набути навички та уміння:

ПРН 1. Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж.

ПРН 2. Мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах.

ПРН 6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.

ПРН 7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

ПРН 8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.

ПРН 11. Вміти здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії.

ПРН 14. Вміти поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціальності з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.

ПРН 17. Спілкуватись усно та письмово з професійних питань українською мовою та однією з іноземних мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською).

ПРН 18. Використовувати інформаційні технології для ефективного спілкування на професійному та соціальному рівнях.

ПРН 20. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.

ПРН 21. Якісно виконувати роботу та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1 Теорія ймовірностей та ймовірнісні процеси.

Змістовний модуль 1. Випадкові події та їх аналіз.

Тема 1. Основи комбінаторики.

Основні формули комбінаторики. Теорема про добуток шансів. Урни та кульки. Урнова схема: вибір без повернення та з урахуванням порядку. Урнова схема: вибір без повернення та без урахування порядку. Урнова схема: вибір з поверненням та з урахуванням порядку. Урнова схема: вибір з поверненням та без урахування порядку.

Тема 2. Класична ймовірнісна схема.

Основні поняття елементарної теорії ймовірностей. Предмет теорії ймовірностей. Статистичне визначення ймовірності. Простір елементарних подій. Операції над подіями (алгебра подій). Ймовірність на дискретному просторі елементарних подій. Класичне визначення ймовірності. Гіпергеометричний розподіл.

Тема 3. Геометрична ймовірність.

Задача про зустріч. Задача Бюффона. Парадокс Бертрана.

Тема 4. Аксиоматика теорії ймовірностей.

σ -алгебра подій. Аксиоми σ -алгебри. Поняття міри. Ймовірність як нормована міра. Аксиоми ймовірностей. Властивості ймовірностей, що витікають з аксіом.

Тема 5. Умовна ймовірність, незалежність.

Умовна ймовірність. Незалежність. Формула повної ймовірності. Формула Байеса. Роль байєсівської підхід в машинному навчанні.

Тема 6. Схема Бернуллі.

Розподіл числа успіхів у n випробуваннях. Найбільш ймовірне число успіхів. Номер першого успішного випробування. Наближення гіпергеометричного розподілу біноміальним. Наближені формули Лапласа. Наближена формула Пуассона.

Змістовний модуль 2. Випадкові величини.

Тема 7. Дискретні випадкові величини. Закони розподілу дискретних випадкових величин. Біноміальний розподіл. Розподіл Пуассона. Геометричний розподіл. Гіпергеометричний розподіл. Числові характеристики дискретних випадкових величин. Математичне сподівання дискретної випадкової величини. Дисперсія дискретної випадкової величини. Начальні та центральні моменти k -го порядку. Числові характеристики деяких дискретних законів.

Тема 8. Функція розподілу ймовірностей випадкової величини.

Неперервні випадкові величини. Щільність розподілу. Числові характеристики. Представлення функції розподілу та щільності розподілу дискретної випадкової величини за допомогою функції Хевісайда та δ -функції Дірака.

Тема 9. Числові характеристики неперервних випадкових величин.

Числові характеристики неперервних випадкових величин: математичне сподівання, дисперсія, початкові та центральні моменти k -го порядку. Закони розподілу ймовірностей неперервної випадкової величини: рівномірний, експоненціальний, нормальний. Властивості нормального розподілу. Правило «трьох сигм». Розподіл Вейбулла. Розподіл Парето.

Змістовий модуль 3. Системи і функції випадкових величин.

Тема 10. Багатовимірні випадкові величини.

Функція розподілу багатовимірної випадкової величини. Властивості функції сумісного розподілу. Типи багатовимірних розподілів. Властивості щільності сумісного розподілу. Залежність та незалежність випадкових величин.

Система двох випадкових величин. Числові характеристики системи двох випадкових величин. Кореляційний момент. Коефіцієнт кореляції. Властивості коваріації. Властивості коефіцієнта кореляції.

Тема 11. Корельованість та залежність випадкових величин.

Корельованість та залежність випадкових величин. Поняття регресії. Рівняння лінійної регресії для двох випадкових величин. Метод найменших квадратів (МНК). Лінійна кореляція. Нормальна кореляція.

Тема 12. Перетворення випадкових величин.

Закони розподілення функцій випадкових аргументів. Перетворення однієї випадкової величини. Закон розподілення монотонної функції одного випадкового аргументу. Закон розподілення лінійної функції від аргументу, що підпорядковується нормальному закону. Закон розподілення немонотонної функції одного випадкового аргументу.

Функції від двох випадкових величин. Приклади використання формули згортки.

Тема 13. Закон великих чисел.

Попередні зауваження. Нерівність Чебишова. Закон великих чисел у формі Чебишова. ЗВЧ у формі Бернуллі. ЦГТ.

Змістовий модуль 4. Випадкові процеси.

Тема 14. Найпростіший потік подій.

Випадкові процеси. Процес Пуассона. Вінеровський процес. Марківський процес.

Тема 15. Елементи теорії СМО. Елементи теорії СМО. Ланцюги Маркова

Модель черги на базі теорії СМО. Загальні відомості про СМО. n – канална СМО без черги. Граф станів СМО « n -клієнтів - сервер». Диференціальні рівняння і розрахунок ймовірності станів СМО. n – канална СМО з чергою. Задача обслуговування найпростішого потоку подій СМО з очікуванням та експоненціальним часом обслуговування.

Початкові відомості про ланцюг Маркова. Однорідний ланцюг Маркова. Перехідні ймовірності. Матриця переходу. Рівняння Маркова.

Модуль 2. Математична статистика.

Змістовий модуль 5. Математична статистика і обробка результатів вимірювань.

Тема 16. Основи вибіркового методу.

Поняття вибірки. Статистичний розподіл. Інтервальний статистичний розподіл. Міркування щодо вибору кількості інтервалів інтервальної таблиці. Гістограма і полігон. Вибіркові математичне сподівання, дисперсія, моменти вищих порядків, асиметрія, ексцес, медіана. Емпірична функція розподілу. Теорема Гливенко. Теорема Колмогорова, довірчі межі для емпіричної функції розподілу.

Тема 17. Точкові статистичні оцінки.

Точкові статистичні оцінки. Метод моментів та метод максимальної правдоподібності. Незміщені, обґрунтовані та ефективні оцінки. Нерівність Крамера-Рао. Точкові оцінки параметрів розподілів: нормального, рівномірного, експоненціального, Коші, логнормального, Пуассона, Бернуллі, біноміального.

Тема 18. Точні вибіркові розподілення.

Точні вибіркові розподіли, їхня сутність. Теореми про точне представлення для χ^2 -розподілу, розподілу Стюдента, розподілу Фішера.

Тема 19. Інтервальні статистичні оцінки

Інтервальні оцінки (ІО). ІО для параметрів нормального розподілу. ІО параметрів розподілів: рівномірного, експоненціального, Пуассона, Бернуллі. Загальний підхід до інтервального оцінювання на основі ЦГТ.

Змістовий модуль 6. Перевірка статистичних гіпотез.

Тема 20. Статистичні гіпотези. Основні поняття.

Нульова(основна) та альтернативна(конкуруюча) Проста і складна статистичні гіпотези. Статистичний критерій, критичні точки. Поняття критичної області. Лівостороння, правостороння та двостороння критичні області. Похибка першого та другого роду. Потужність статистичного критерію.

Тема 21. Перевірка статистичних гіпотез щодо закону розподілення.

Перевірка статистичної гіпотези щодо виду математичної моделі закону розподілу випадкової величини. Параметричні та непараметричні критерії. Критерії χ^2 -Пірсона, Романовського, Смірнова-Колмогорова, ω^2 .

Тема 22. Перевірка статистичних гіпотез щодо параметрів розподілень випадкових величин.

Перевірка статистичних гіпотез щодо рівності математичних сподівань двох вибірок. Пов'язані та непов'язані вибірки.

Перевірка статистичної гіпотези щодо однорідності дисперсій; критерії Фішера, Бартлетта, Кохрена. Проблеми робастності статистичних критеріїв.

Змістовий модуль 7. Прикладні методи математичної статистики

Тема 23. Основи дисперсійного аналізу.

Однофакторний дисперсійний аналіз за Фішером. Загальна, факторна та залишкова суми квадратів відхилень. Модель даних та оцінка її параметрів. Зв'язок між загальною, факторною та залишковою сумами. Загальна, факторна та залишкова суми квадратів відхилень. Порівняння декількох середніх методом дисперсійного аналізу.

Оцінка впливу фактора. Методи множинних порівнянь Тьюкі та Шеффе.

Дисперсійний аналіз з повтореннями.

Тема 24 Основи кореляційного аналізу

Елементи теорії кореляції. Функціональна, статистична та кореляційна залежність. Умовні середні. Кореляційна таблиця. Точкова та інтервальна оцінки коефіцієнта кореляції Пірсона. Перевірка значимості оцінки коефіцієнта кореляції.

Непараметрична кореляція. Номінальні та порядкові шкали. Коефіцієнти кореляції Спірмена та Кендала.

Тема 25 Основи регресійного аналізу

Елементи регресійного аналізу. Передумови лінійної регресії. Вибіркове рівняння лінійної регресії. МНК-оцінки рівняння лінійної регресії. Перевірка значимості коефіцієнтів моделі, критерій Стьюдента. Перевірка адекватності, критерій Фішера та коефіцієнт детермінації.

Внутрішньо лінійні регресійні моделі. Лінеаризація нелінійних моделей.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1 Теорія ймовірностей та ймовірнісні процеси					
Змістовний модуль 1. Випадкові події та їх аналіз					
Тема 1. Основи комбінаторики		1	1	-	-
Тема 2. Класична ймовірнісна схема		1	1	-	2
Тема 3. Геометрична ймовірність		1	1	-	2
Тема 4. Аксиоматика теорії ймовірностей		1	1	-	2
Тема 5. Умовна ймовірність, незалежність		1	1	-	3
Тема 6. Схема Бернуллі		1	1	-	3
Разом за змістовим модулем 1		6	6	-	12
Змістовий модуль 2. Випадкові величини.					
Тема 7. Дискретні випадкові величини		0,5	0,5	-	5
Тема 8. Функція розподілу ймовірностей випадкової величини.		1	1	-	5
Тема 9. Числові характеристики неперервних випадкових величин.		0,5	0,5	-	5
Разом за змістовим модулем 2		2	2	-	15
Змістовний модуль 3. Системи і функції випадкових величин					
Тема 10. Багатовимірні випадкові величини		1	-	-	5
Тема 11. Корельованість та залежність випадкових величин		1	1	-	5
Тема 12. Перетворення випадкових величин		1	1	-	5
Тема 13. Закон великих чисел		1	1	-	-
Разом за змістовим модулем 3		4	3	-	15
Змістовний модуль 4. Випадкові процеси					
Тема 14. Найпростіший потік подій.		4	1	-	7
Тема 15. Елементи теорії СМО. Елементи теорії СМО. Ланцюги Маркова		4	1	-	15
Разом за змістовим модулем 4		8	2	-	22
Модуль 2 Математична статистика					
Змістовний модуль 5. Математична статистика і обробка результатів вимірювань					
Тема 16. Основи вибіркового методу		1	1	2	2
Тема 17. Точкові статистичні оцінки		1	-	1	4
Тема 18. Точні вибіркові розподілення		1	-	-	-

Тема 19. Інтервальні статистичні оцінки		1	-	1	4
Разом за змістовим модулем 5		4	1	4	10
Змістовний модуль 6. Перевірка статистичних гіпотез					
Тема 20. Статистичні гіпотези. Основні поняття.		1	-	-	-
Тема 21. Перевірка статистичних гіпотез щодо закону розподілення.		1	-	2	3
Тема 22. Перевірка статистичних гіпотез щодо параметрів розподілень випадкових величин		-	-	2	3
Семестровий контроль по модулю 1				-	2
Разом за змістовим модулем 6		2	-	4	8
Змістовний модуль 7. Прикладні методи математичної статистики					
Тема 23. Основи дисперсійного аналізу		2	-	2	4
Тема 24. Основи кореляційного аналізу.		1	-	2	3
Тема 25. Основи регресійного аналізу.		1	-	4	5
Семестровий контроль по модулю 2				-	4
Разом за змістовим модулем 7		4	-	8	16
ІНДЗ (РГР)		-	-	-	22
Семестровий контроль (іспит)		-	-	-	-
Разом годин		30	14	16	120

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		дфн
1	Елементи комбінаторики. Класичне визначення ймовірності. Застосування комбінаторики для розрахунку ймовірностей	2
2	Геометрична ймовірність. Алгебра подій. Теорема множення та додавання ймовірностей. Формула повної ймовірності та формула Байєса	3
3	Схема Бернуллі	1
4	Закони розподілу та числові характеристики дискретних випадкових величин. Закони розподілу та числові характеристики неперервних випадкових величин. Нормальний закон	2
5	Закони розподілу функцій випадкових величин. Композиція законів розподілу. Розподіл екстремальних значень	3
6	Найпростіший потік подій. Елементи теорії СМО. Ланцюги Маркова	2
7	Основи вибіркового методу. Точкові статистичні оцінки. Точні вибіркові розподілення. Інтервальні статистичні оцінки	1
	Разом	14

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		дфн
1	Основи вибіркового методу	2
2	Точкові та інтервальні статистичні оцінки	2
3	Перевірка статистичних гіпотез	4
4	Основи дисперсійного аналізу	2
5	Основи кореляційного та регресійного аналізу	6
	Разом	16

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		дфн
1	Класична ймовірнісна схема	2
2	Геометрична ймовірність	2
3	Аксіоматика теорії ймовірностей	2
4	Умовна ймовірність, незалежність	3
5	Схема Бернуллі	3
6	Дискретні випадкові величини	5
7	Функція розподілу ймовірностей випадкової величини	5
8	Числові характеристики неперервних випадкових величин	5
9	Багатовимірні випадкові величини	5
9	Корельованість та залежність випадкових величин	5
10	Перетворення випадкових величин	5
11	Найпростіший потік подій	7
12	Елементи теорії СМО. Елементи теорії СМО. Ланцюги Маркова	15
13	Основи вибіркового методу	2
14	Точкові статистичні оцінки	4
15	Інтервальні статистичні оцінки	4
16	Перевірка статистичних гіпотез щодо закону розподілення	3
17	Перевірка статистичних гіпотез щодо параметрів розподілень випадкових величин	3
18	Семестровий контроль по модулю 1	2
19	Основи дисперсійного аналізу	4
20	Основи кореляційного аналізу	3
21	Основи регресійного аналізу	5
22	Семестровий контроль по модулю 2	4
23	Робота над індивідуальним завданням (РГР)	22
	Разом	120

7. Методи навчання

Пояснювально-ілюстративні, репродуктивні (опитування, тестування, розв'язування задач, виконання вправ за зразком).

Лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, консультації, самостійна робота.

Лекції викладаються зокрема з використанням мультимедійних засобів.

Самостійне опрацювання навчального матеріалу виконується з використанням конспекту лекцій, відеоматеріалів, основної та додаткової навчальної літератури, інформаційних ресурсів.

8. Методи контролю

Облік відвідування, опитування, захист лабораторних робіт, комплекти тестових завдань для проведення поточного та підсумкового контролю.

9. Розподіл балів, що отримують студенти

Вид занять	Модуль № 1	Модуль № 2	Сума
	T1 – T15	T16 – T25	
Лекції	6,9	3,1	10
Практ. зан., лаб. роб., семін. зан.	20	20	40
Поточн. контр.: РГР		15	50
опитування	5		
ін.види поточн. контр.	30		
Разом			100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за 100-бальною шкалою	Оцінка в ECTS	Значення оцінки ECTS	Критерії оцінювання	Рівень компетентості	Оцінка за національною шкалою
					іспит, диференційований залік
90-100	A	відмінно	Студент виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно здобувати знання, без допомоги викладача знаходить та опрацьовує необхідну інформацію, вміє використовувати набуті знання і вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує відповіді, самостійно розкриває власні обдарування і нахили	Високий (творчий)	відмінно
82-89	B	дуже добре	Студент вільно володіє вивченим обсягом матеріалу, застосовує його на практиці, вільно розв'язує вправи і задачі у стандартних ситуаціях, самостійно виправляє допущені помилки, кількість яких незначна	Достатній (конструктивно-варіативний)	добре
74-81	C	добре	Студент вміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; в цілому самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві, добирати аргументи для підтвердження думок		
64-73	D	задовільно	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень; з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих	Середній (репродуктивний)	задовільно

60-63	E	достатньо	Студент володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання семестрового контролю	Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу	Низький (рецептивно-продуктивний)	незадовільно
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням залікового кредиту	Студент володіє матеріалом на рівні елементарного розпізнання і відтворення окремих фактів, елементів, об'єктів		

10. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика» для студентів денної форми навчання зі спеціальностей 122 – «Комп'ютерні науки» та 123 – «Комп'ютерна інженерія», Частина I. 2023. – 43 с.

2. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних та самостійної робіт студентів з навчальної дисципліни «Імовірісно-статистичні методи інформаційних технологій» для студентів усіх форм навчання для спеціальностей 122 – «Комп'ютерні науки» та 123 – «Комп'ютерна інженерія». Частина II, 2023. – 42 с.

3. Методичні вказівки щодо виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Імовірісно-статистичні методи інформаційних технологій» для студентів денної форми навчання для спеціальностей 122 – «Комп'ютерні науки» та 123 – «Комп'ютерна інженерія», 2023. – 16 с.

11. Рекомендована література

Основна

1. Dembo, A. (2019, April 23). Probability Theory: STAT310/MATH230. Department of Mathematics, Stanford University. Email: amir@math.stanford.edu. URL: <https://web.stanford.edu/class/stats310a/lnotes.pdf>

2. McMullen, C. (2011). *Probability Theory: Course Notes*. Harvard University. Retrieved March 29, 2021. URL: <https://people.math.harvard.edu/~ctm/papers/home/text/class/harvard/154/course/course.pdf>

3. F. M. Dekking, C. Kraaikamp, H. P. Lopuhaä, L. E. A Modern Introduction to Probability and Statistics: Understanding Why and How Meester. Springer Science & Business Media, 2005 - 486 стор.

4. David F. Anderson, Timo Seppäläinen, Benedek Valkó. Introduction to Probability. Cambridge University Press, 2 лист. 2017 р.

5. Mark Ward, Ellen Gundlach, W. H. Freeman. Introduction to Probability. 12 черв. 2015 р. – 704 стор.

Допоміжна

6. NR Draper, H Smith. Applied regression analysis. John Wiley & Sons. New York 1981.

7. Stroock, D. W. (2011). *Probability Theory: An Analytic View* (2nd ed.). Cambridge University Press. ISBN-10: 0521132509, ISBN-13: 978-0521132503.

8. MIT OpenCourseWare. (2014). *Theory of Probability* (Spring 2014). Instructor: Prof. Scott Sheffield. Department: Mathematics. Course URL: <https://ocw.mit.edu/courses/18-175-theory-of-probability-spring-2014/>

9. Найко Д.А. Шевчук О. Ф. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. / Д.А. Найко, О.Ф. Шевчук – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 382 с. <http://repository.vsau.org/getfile.php/24513.pdf>

10. Сидоренко В. М., Садовнича С. А., Долударева Є. В. Оптимізація структури тестових завдань навчальних онлайн-курсів на основі ймовірнісної моделі / Інженерні та освітні технології. 2022. Т. 10. № 2. С. 27–36. doi: <https://doi.org/10.30929/2307-9770.2022.10.02.03>

11. Artem Artemenko, Oleksii Chorny, Valeriy Sydorenko, Serhii Serhiienko, Yurii Zachepa, Vitaliy Kuznetsov, & Alisa Kuznetsova. (2021). ESTIMATING THE PROBABILITY OF THE EMERGENCY OPERATION OF THE QUARRY ELECTRIC LOCOMOTIVE TRACTION ELECTRIC DRIVE. World Science, (2(63)). https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/28022021/7448

12. V. Sydorenko, Andriy Perekrest, Vira Shendryk & Sergii Shendryk Home New Technologies, Development and Application VI Conference paper Machine Learning Optimization of Air Heating Time in the Heating Control System of a Smart House Valeriy Lecture Notes in Networks and Systems, vol 707. Springer, Cham. pp. 36-
https://doi.org/10.1007/978-3-031-34721-4_5

13. Сидоренко В. М., Кирилах Н. Г. Дидактико-методичні аспекти викладання теорії ймовірностей та математичної статистики студентам ІТ напрямку. Інженерні та освітні технології. 2023. Т. 11. № 3. С. 17–23. Doi: <https://doi.org/10.32782/2307-9770.2023.11.03.02>

14. Guchenko M., Sydorenko V., Belska V., Liutenko M., Fesenko N. DComFra Project Learning Module M20 Advanced Spreadsheets in Mathematical Modeling Tasks of Electrical and Computer Engineers Education Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2021

12. Інформаційні ресурси

1. The Comprehensive R Archive Network. (n.d.). Retrieved from <https://cran.r-project.org/>

2. Posit. (n.d.). Put data into production with Posit Connect. Retrieved December 22, 2023, from <https://posit.co/>

3. Shiny. (n.d.). Easy web apps for data science without the compromises. Retrieved December 22, 2023, from <https://posit.co/>
4. The Comprehensive R Archive Network. (n.d.). Retrieved from <https://cran.r-project.org/>
5. Welcome to Quarto. (n.d.). Retrieved from <https://quarto.org/>
6. Wickham, H., Navarro, D., & Pedersen, T. L. (2023). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis (3e)*. Retrieved from <https://ggplot2-book.org/>
7. Wickham, H., Çetinkaya-Rundel, M., & Grolemund, G. (n.d.). *R for Data Science (2e)*. Retrieved from <https://r4ds.hadley.nz/>
8. Сидоренко, В. М. (2022, April 1). *Data Science на R. Лабораторный практикум (draft version)*. Retrieved from <https://vgamaley.github.io/DS-book-lab/>