

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра вищої математики та системного аналізу (№ 405)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи


(підпис)

О.Г.Ніколаєв
(ініціали та прізвище)

«01» 09 2020 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ТЕОРІЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ ТА МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: **12 «Інформаційні технології»**
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: **124 «Системний аналіз»**
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: **«Системний аналіз і управління»**
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2020 рік

Робоча програма «Теорія ймовірностей та математична статистика» для
студентів за спеціальністю
(назва дисципліни)
124 «Системний аналіз» освітньою програмою «Системний аналіз і управління»
«26 червня » 2020 р. – 18 с.

Розробник: Брисіна І.В., доцент кафедри вищої математики та
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)
системного аналізу, к.фіз.-мат.н., доцент


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри вищої математики та
(назва кафедри)
системного аналізу

Протокол № 11 від « 26 червня 2020» р.

Завідувач кафедри: д.фіз.-мат.н, професор
(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

О.Г.Ніколаєв
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 8.5 <i>денна</i>	Галузь знань 12 «Інформаційні технології» (шифр та найменування) Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки» 124 «Системний аналіз» _____ (код та найменування) Освітня програма «Інтелектуальні системи та технології» «Системний аналіз і управління» _____ (найменування) Галузь знань 11 «Математика та статистика» (шифр та найменування) Спеціальність 113 «Прикладна математика» _____ (код та найменування) Освітня програма «Математичне та комп'ютерне моделювання» Рівень вищої освіти: <i>перший (бакалаврський)</i>	ОК – 12	
Кількість модулів – 4		Навчальний рік	
Кількість змістових модулів – 5		2020/ 2021	
Індивідуальне завдання ____розрахункові роботи -2____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – денна – <i>255</i>		____3____-й	4____-й
		Лекції	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – <i>2/1+2/2 у 3 семестрі, 2/2+2/2 у 4.</i> самостійної роботи студента – <i>4год.у 3 сем. 4.5 годю у 4 сем</i>		____32____ годин	32
		Практичні, семінарські	
		____24____ години	32
		Лабораторні	
		Самостійна робота	
		____64____ годин	71
		Вид контролю	
		іспит	іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:

для денної форми навчання – *120/135*;

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета : вивчення методів які дозволяють аналітично досліджувати ймовірнісні моделі; обґрунтування застосування саме ймовірнісних засобів у сучасних розділах науки, техніки, інших галузях знань.

Завдання: вивчення методів теорії ймовірностей та математичної статистики, які дають можливість досліджувати найбільш загальні властивості процесів, абстрагуючись від тих властивостей, які не мають суттєвого значення.

Міждисциплінарні зв'язки: алгебра та геометрія, математичний аналіз, функціональний аналіз, випадкові процеси, актуарна математика.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК -1)
2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК -2)
3. Здатність знати та розуміти предметну область і професійну діяльність (ЗК-4)
4. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел(ЗК-7)
5. Здатність будувати математично-коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів(ФК-3).
6. Здатність визначати основні чинники, які впливають на розвиток фізичних, економічних, соціальних процесів, відокремлювати в них стохастичні та невизначені показники, формулювати їх у вигляді випадкових або нечітких величин, векторів, процесів та досліджувати залежності між ними (ФК-4)
7. Здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження і аналізувати дані, отримані в них (ФК-11)

Програмні результати навчання:

1. Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, векторну та лінійну алгебру, аналітичну геометрію та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу. (ПРН - 1)
2. Вміти визначати ймовірнісні розподіли стохастичних показників та факторів, що впливають на характеристики досліджуваних процесів, досліджувати властивості та знаходити характеристики багатовимірних випадкових векторів, використовувати їх для розв'язання прикладних задач, формалізувати стохастичні показники та фактори у вигляді випадкових величин, векторів, процесів. (ПРН -3)
3. Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов та конфліктів. (ПРН -6)

Програма навчальної дисципліни

Семестр 3

Модуль 1

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Вступ до дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика» Предмет та задачі курсу. Історичні етапи розвитку. Досягнення вітчизняної школи теорії ймовірностей. Сучасний стан та основні напрямки застосування.

Тема 2. Основні поняття теорії ймовірностей

Випадкові події. Класифікація подій. Аксиоматична побудова теорії ймовірностей. Теореми множення та додавання ймовірностей. Формула повної ймовірності. Теорема гіпотез. Геометрична ймовірність. Повторення випробувань. Формула Бернуллі. Граничні теореми Муавра-Лапласа та Пуассона. Похибки граничних теорем.

Змістовий модуль 2

Тема 3. Випадкові величини. Закон розподілу випадкової величини

Випадкові величини. Закон розподілу ймовірностей дискретної випадкової величини. Дискретні величини. Неперервні величини. Функція розподілу. Щільність розподілу. Числові характеристики та моменти випадкової величини. Твірна функція моментів.

Тема 4. Найбільш поширені закони розподілу

Найбільш поширені закони розподілу дискретних та неперервних випадкових величин: біномний, Пуассона, геометричний, показниковий, нормальний, рівномірний, Парето. Їх числові характеристики, властивості та застосування. Центрована та нормована величина. Розподіл Коші. Розподіл Гнеденка–Вейбулла.

Модуль 2.

Змістовий модуль 3

Тема 5. Двовимірні випадкові величини.

Закон розподілу ймовірностей двовимірної випадкової величини. Сумісна щільність. Ймовірність влучення випадкової величини у довільну область. Коефіцієнт кореляції, його властивості. Незалежні випадкові величини. Двовимірна дискретна величина. Розподіл. Числові характеристики. Незалежність. Маргинальні та сумісні щільності. Порядкові статистики. Розподіл Релея.

Тема 6. Багатовимірні випадкові величини. Функції випадкових величин

Багатовимірний нормальний розподіл та його властивості. Закони розподілу функцій випадкових величин. Суми випадкових величин. Згортка. Загальні властивості числових характеристик. Закони Ерланга, гамма, Сімпсона, χ^2 - та χ^2 -квадрат, Стюдента, Фішера. Негативний біномний розподіл. Розподіли heavy-tail та умови їх застосування у сучасних ймовірнісних моделях.

Семестр 2

Модуль 3

Змістовий модуль 4

Тема 7. Умовні розподіли.

Умовні розподіли та умовне математичне сподівання. Умовні закони розподілу. Тотожність Вальда. Формула «повної дисперсії».

Змістовий модуль 5

Тема 8. Центральна гранична теорема

Характеристична функція. Центральна гранична теорема. Теореми Ляпунова та Ліндеберга. Похибки граничних теорем.

Тема 9. Закон великих чисел.

Модуль 4

Тема 10. Вибірковий метод. Оцінки невідомих параметрів.

Тема 11. Перевірка статистичних гіпотез.

Перевірка гіпотез про параметри двох виборок. Перевірка гіпотези про незалежність. Перевірка гіпотез про вигляд закону розподілу. Критерії Колмогорова та Пірсона.

Регресивні моделі. Поняття про однофакторний дисперсійний аналіз.

Метод найменших квадратів для отримання оцінок невідомих параметрів. Довірчий інтервал для коефіцієнту кореляції.

[illegible]

ностей та математична статистика»												
Тема 2. Основні поняття теорії ймовірностей	25	9	6	–	–	10	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 1	26	10	6	–	–	10	–	–	–	–	–	–
Змістовий модуль 2. Випадкові величини												
Тема 3. Випадкові величини. Закон розподілу випадкової величини	18	4	4	–	–	10	–	–	–	–	–	–
Тема 4. Найбільш поширені закони розподілу	28	8	6	–	–	14	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 2	46	12	10	–	–	24	–	–	–	–	–	–
Модуль 2 Змістовий модуль 3. Випадкові вектори. Розподіл функцій випадкових величин.												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 6. Випадкові вектори. Закони розподілу функцій випадкових величин.	48	10	8	–	–	15	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 3	33	10	8			15						
Разом за семестр	120	32	24	–	–	49	–	–	–	–	–	–

Семестр 4												
Модуль 3												
Змістовий модуль 4. Умовні розподіли.												
Тема 7. Умовні розподіли.	18	4	4	–	--	10	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 4	18	4	4			10						
Змістовий модуль 5. Граничні теореми.												
Тема 8 . Центральна гранична теорема	18	4	4	–	--	10	–	–	–	–	–	–
Тема 9. Закон великих чисел. Види збіжності послідовностей	20	4	4	–	–	12	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 5	38	8	8			22						
Модуль 4												
Змістовий модуль 6. Математична статистика												
Тема 10. Основні поняття математичної статистики	22	6	6	–	--	10	–	–	–	–	–	–
Тема 11. Перевірка статистичних гіпотез	26	8	8	–	--	10	–	–	–	–	–	–
Тема 12. Елементи теорії кореляції та регресії	16	6	6	–	–	4	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 6	79	20	20			24						
Разом за семестр	120	32	32			56						
Разом за рік	225	64	56	–	--	105	–	–	–	–	–	–

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1-5	Алгебра випадкових подій, класична ймовірність. Умовна ймовірність. Незалежність. Теорема множення. Формула повної ймовірності.	10
6-7	Дискретні випадкові величини. Закон розподілу. Основні числові характеристики. Функція розподілу та щільність. Ймовірність влучення неперервної випадкової величини у множину. Числові характеристики неперервних величин. Нормальний розподіл.	4
8	Модульний контроль	2
9-10	Двовимірна величина. Розподіл. Числові характеристики. Незалежність випадкових величин. Маргинальні та сумісні щільності. Ймовірність влучення двовимірної випадкової величини у область на площині.	4
11	. Закон розподілу та числові характеристики функцій випадкових величин	2
12	Модульний контроль	2
13	Умовні розподіли. Тотожності Вальда	2
14-15	Характеристична функція. Центральна гранична теорема.	4
16	Закон великих чисел. Збіжність послідовностей випадкових величин.	2
17-19	Основні поняття математичної статистики. Варіаційний ряд. Полігон. Гістограма. Емпірична функція розподілу. Точкові оцінки невідомих параметрів розподілу. Довірчі інтервали.	6
20	Модульний контроль	2

21-23	Перевірка статистичних гіпотез. Перевірка гіпотез про параметри однієї та двох генеральних сукупностей. Перевірка гіпотез про вигляд закону розподілу генеральної сукупності. Критерій Колмогорова. Критерій Пірсона	6
24-25	Елементи теорії кореляції та регресії.	6
26	Модульний контроль	2

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Геометрична імовірність. Теорема гіпотез. Формула Стирлінга. Парадокс незалежності. Незалежність попарна та у сукупності. Схема незалежних випробувань (Тема 2)	10
2	Розподіл Коші. Розподіл Гнеденка–Вейбулла. Старіючий та молодіючий розподіли. Інтенсивність відмови. Рівномірний та показниковий розподіли Розподіли heavy-tail та їх застосування у сучасних ймовірнісних моделях. (Тема 4).	10
3	Багатовимірний нормальний розподіл. Еліпси та еліпсоїди розсіювання. Зв'язок нормальності розподілу системи та її компонент. Композиція законів розподілу. Суміш. Розподіл Релея. Посилений закон великих чисел Збіжність послідовностей випадкових величин.(Теми 5-9).	15
4	Оцінка параметрів класичних розподілів (Тема 10).	10
5	Перевірка гіпотез про параметри розподілу. Перевірка статистичних гіпотез. Перевірка гіпотез про параметри розподілу. Порівняння двох вибірок. Перевірка гіпотези про незалежність. (Тема 11).	24
5	Метод найменших квадратів для отримання оцінок невідомих параметрів. Довірчий інтервал для коефіцієнту кореляції. (Тема 12).	21
6.	Виконання індивідуальних завдань по двом семестрам	30
	Разом	135

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	
1	Контрольна робота на тему «Основні ймовірнісні закони розподілу» (Теми 4-5)	
2	Розрахункова робота на тему «Точкові та інтервальні оцінки невідомих параметрів розподілу. Перевірка гіпотези про вигляд закону розподілу» (Теми 10-11)	

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), проведення олімпіад.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю у вигляді тестів, усної здачі індивідуальних робіт, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді семестрового контролю: іспит (проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску).

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи за 3 семестр	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Робота на практичних заняттях	0...2	8	0...16
Самостійна робота	0...1	8	0...8
Модульний контроль	0...24	1	0...25
Модуль 2			
Робота на практичних заняттях	0...2	6	0...12
Самостійна робота	0...1	6	0...6

Модульний контроль	0...25	1	0...25
Виконання та захист розрахункової роботи	0...20	1	0...20
Всього за семестр (*)			0...112

Складові навчальної роботи за 4 семестр	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 3			
Робота на практичних заняттях	0...2	8	0...16
Самостійна робота	0...1	8	0...8
Модульний контроль	0...24	1	0...25
Модуль 4			
Робота на практичних заняттях	0...2	6	0...12
Самостійна робота	0...1	6	0...6
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Виконання та захист розрахункової роботи	0...20	1	0...20
Всього за семестр (*)			0...112

(*) Якщо кількість модульних балів у студента перевищує 100, то в якості підсумкової оцінки виставляється 100 балів.

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних та трьох практичних завдань. За кожне теоретичне питання та практичне завдання студент може отримати до 20 балів. Максимальна сума всіх балів – 100.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

знати:

- Основні означення та теореми теорії ймовірностей
- Формули повної ймовірності та Байєса. Схему Бернуллі
- Означення та властивості дискретних та неперервних випадкових величин
- Способи завдання ВВ, поняття про незалежність
- Числові характеристики

- Умовні розподіли
- Граничні теореми
- Основні точкові та інтервальні оцінки невідомих параметрів розподілів
- Принципи перевірки статистичних гіпотез.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання. Для семестру 3: Знати класичне означення ймовірності. Теореми додавання та множення. Формулу повної ймовірності. Схему незалежних випробувань. Означення функції розподілу та щільності. Означення та способи знаходження математичного сподівання та дисперсії дискретних та неперервних величин. Для семестру 4: Знати зміст основних граничних теорем. Знати основні означення математичної статистики – емпірична функція розподілу, гістограма, точкові оцінки невідомих параметрів. Відповіді студента розкривають суть питань без достатньої повноти і обґрунтування, або у відповідях є некоректне тлумачення окремих понять та неточність у формулюванні відповідних термінів.

Добре (75-89). Твердо знати матеріал, захистити всі індивідуальні завдання. Для 3 семестру знати 6 основні класи дискретних та неперервних величин. Приклади їх застосування. Сумісний розподіл. Незалежність, некорельованість та зв'язок між ними. Твірна функція моментів. Властивості числових характеристик випадкових величин. Закон розподілу функцій випадкових величин. Для 4 семестру: знати різні вигляди центральної граничної теореми та закону великих чисел. Знати властивості точкових та інтервальних оцінок невідомих параметрів розподілу. Знати основні задачі перевірки статистичних гіпотез, зокрема, про способи перевірки гіпотез про параметри розподілів, про вигляд розподілів та про незалежність. У відповідях студента можуть допускатися окремі помилки не принципового характеру, які не впливають на розкриття суті теоретичних питань. Завдання в цілому виконуються без помилок, але в обґрунтуванні розв'язання є певні недоліки.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Зокрема не лише знати зміст теорем, але й вміти доводити їх.

Курсову роботу не передбачено навчальним планом.

Протягом семестру студент отримує бали за накопичувальною системою згідно з таблицею наведеною в п. 12.1. Дано деякі пояснення до таблиці.

Робота на лекції – активна форма засвоєння матеріалу курсу: 0,5 бала ставиться за продумані питання, які студент задає лектору, участь в обговоренні предмета лекції, відповіді на питання, які по ходу лекції задає викладач. Активність студента може заохочуватися додатковими коефіцієнтами, які множаться на 0,5 бала.

Робота на практичному занятті оцінюється так: 2 бали за самостійно розв’язану задачу або за обґрунтовану відповідь на теоретичне питання з доведенням основних положень; 1 бал за розв’язану задачу за допомогою викладача.

Самостійна робота – 1 бал ставиться студенту за виконання домашнього завдання разом з його захистом.

Індивідуальне завдання включає виконання та захист розрахункової роботи за темами, зазначеними в назві роботи.

Модульний контроль проводиться на 8 і 16 тижнях на практичних заняттях.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни: <http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc>

Комплекс включає в себе такі обов’язкові складові:

- робоча програма дисципліни;
- конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для виконання розрахункових та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематики індивідуальних завдань;
- приклади розв’язування типових задач чи виконання типових завдань;
- питання для контрольних заходів;
- каталоги інформаційних ресурсів.

13. Методичне забезпечення

Робочі зошити та підручники:

1. Ніколаєв О.Г. Аналітична геометрія та лінійна алгебра. - Харків, "Основа", 2000.
2. І. В. Брисіна, О. В. Головченко, Г. І. Кошовий, О. Г. Ніколаєв та ін. Практичний курс вищої математики в чотирьох книгах: Навч. посібник для ВУЗів. – Харків: Нац. аерокос. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2004.
3. Навчально-методичне забезпечення дисципліни "Теорія ймовірностей та ма-

тематична статистика" для бакалаврів / Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" - Харків, 2019. - с. - <http://library.khai.edu/library/fulltexts>

4. Робочий зошит. Варіаційне числення. Диференціальні рівняння у частинних похідних. Теорія ймовірностей. Харків, ХАІ.

14. Рекомендована література

1

Базова

1. Барковський В.В. Теорія ймовірностей та математична статистика. К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 424 с.
2. І. В. Брисіна, О. В. Головченко, Г. І. Кошовий, О. Г. Ніколаєв та ін. Практичний курс вищої математики в чотирьох книгах: Навч. посібник для ВУЗів. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2004.
3. Брисіна І.В., Макарічев В.О. Випадкові процеси. Харків, ХАІ, 2009.
4. Горбань І.Т. Теорія ймовірностей і математична статистика для наукових працівників та інженерів. НАНУ, Інститут проблем математичних машин і систем, К., 2003 – с. 244
5. Карташов М.В. Ймовірність. Процеси. Статистика. К.: «Київський Університет», 2008, 494 с.
6. Кушлик – Дивульська О.І. та ін. Теорія ймовірностей та математична статистика. К: НТУУ «КПІ», 2014, - 212 с.
7. Медведєв. М.Г., Пашенко І.О. Теорія ймовірностей та математична статистика. Підручник. К.: Ліра, 2008. – 536 с.
8. Rotar, V. I. Actuarial Models: The Mathematics of Insurance [Text] / V. I. Rotar. – Chapman Hall/CRC, 2007. – 633 p. (Подарована випускником кафедри А.В.Ключком).

Допоміжна

9. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения.-М.-Наука,1991. -384 с.
10. Гнеденко Б.В. Теория вероятностей.-М.: Физматгиз ,1988.-406 с.
11. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике.- 1975 .
12. Коваленко И.Н., Филиппова А.А.,- Теория вероятностей и математическая статистика. -М.: Высшая школа, 1992.

13. Печинкин А.В., Тескин О.И., Цветокова Г.М. Теория вероятностей. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.
14. Прохоров Ю.В., Розанов Ю.А. Теория вероятностей.-К.:Вища школа,1990.-328 с.
15. Сборник задач по математике для ВТУЗов. Теория вероятностей и математическая статистика. Под ред. Ефимова А.В.-М.:Наука,1990.-432 с.
16. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А.- Статистический анализ данных на компьютере. М.: ИНФРА М.-1998,-528 с.
17. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А – Анализ данных на компьютере. М.: МЦНМО, 2015.–368 с.
- 18.Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения.- М.:Мир,1967,т.1-2..
- 19.Чистяков В.П. Курс теории вероятностей. -. М.:Ленанд, 2016.-304 с.
- 20.Bruce Hajek. Probability with Engineering Applications. ECE 313 Course notes. Department of Electronic and Computer Engineering, University of Illinois, 2013

15. Інформаційні ресурси

<http://probability.univ.kiev.ua/index.php?page=history>

<https://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-440-probability-and-random-variables-spring-2014/lecture-notes/>

<http://weberprobability.blogspot.com/2014/02/table-of-distributions.html>

https://zalsiary.kau.edu.sa/Files/0009120/Files/119387_A_First_Course_in_Probability_8th_Edition.pdf

<https://www.math.cuhk.edu.hk/course/2021/math4240>

<https://www.math.vu.nl/~koole/obp/obp.pdf>

<http://web2.uwindsor.ca/math/hlynka/stochOnline.html>

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни: <http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc>

