

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра Комп'ютерні та інформаційні системи

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор (заступник директора)
з науково-педагогічної та
методичної роботи

_____ Костін В.В.
“ _____ ” _____ 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Теорія ймовірностей і математична статистика»

(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія, 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

факультет електроніки та комп'ютерної інженерії

(назва інституту, факультету, відділення)

Робоча програма «Теорія ймовірностей і математична статистика» для студентів за спеціальностями 123 Комп'ютерна інженерія, 122 Комп'ютерні науки „___” _____, 2020 року – __ с.

Розробник: В. М. Сидоренко, к. т.н., доц., доц кафедри КІС
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри комп'ютерних та інформаційних систем

Протокол від “___” _____ 2020 року № _____

В. о. завідувача кафедри _____ (В. М. Сидоренко)

“___” _____ 2020 року

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри автоматизації та інформаційних систем

Протокол від “___” _____ 2020 року № _____

Завідувач кафедри _____ (А. П. Оксанич)

“___” _____ 2020 року

Схвалено методичною комісією вищого навчального закладу за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Протокол від “___” _____ 2020 року № _____

“___” _____ 2020 року Голова _____ (_____)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів* 6,0	Галузь знань 12 «Інформаційні технології»	Нормативна	
Модулів – 2	Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія», 122 «Комп'ютерні науки»	Рік підготовки: (курс)	
Змістових модулів – 7		1-й	
Розрахункова робота		Семестр	
Загальна кількість годин – 180		2-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,8 самостійної роботи студента – 5,22	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	Лекції	
		32 год.	
		Практичні	
		20	
		Лабораторні	
		34	
		Самостійна робота	
94 год.			
Вид контролю:			
іспит			

Примітка.

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

$$\text{для денної форми навчання} - 76/149 = 0,51$$

* 1 кредит = 30 год.

Кількість кредитів $180/30 = 6$.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: навчальної дисципліни "Теорія ймовірностей та математична статистика" є набуття студентами професійних компетенцій та умінь і підготовка студентів до ефективного їх використання в учбовому процесі та подальшій інженерній та науковій діяльності.

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

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- і визначення ймовірності (статистичне, класичне, геометричне, аксіоматичне);
 - теореми додавання, множення ймовірностей, повної ймовірності, формулу Байеса;
 - основні закони розподілень: біноміальний, Пуассона, геометричний, гіпергеометричний, рівномірний, нормальний, експоненціальний та ін.; їх числові характеристики;
 - багатовимірний нормальний закон розподілення та його параметри;
 - основи теорії кореляції випадкових величин;
 - закон великих чисел, теореми Чебишова, Маркова, Бернуллі, центральну граничну теорему, теорему Муавра-Лапласа;
 - точні вибіркові розподілення: „ χ -квадрат”, Стьюдента, Фішера;
 - основи статистичних методів визначення точкових та інтервальних оцінок параметрів розподілень; метод найменших квадратів; метод найбільшої правдоподібності;
 - основи теорії перевірки статистичних гіпотез; методи перевірки статистичних гіпотез щодо закону розподілення; методи перевірки статистичних гіпотез щодо параметрів розподілень;
 - основи кореляційного аналізу;
 - основи однофакторного дисперсійного аналізу за Фішером; непараметричні аналоги однофакторного дисперсійного аналізу; методи множинних порівнянь;
 - поняття найпростішого потоку подій;
 - основні моделі випадкових процесів: процес Пуассона, вінеровський процес, марківський процес;
 - початкові відомості про ланцюг Маркова.
- елементи систем масового обслуговування;

вміти:

- обчислювати ймовірності випадкових величин на основі статистичного, класичного, геометричного, аксіоматичного визначення з використанням комбінаторних формул;
- користуватися теоремами додавання та множення ймовірностей, формулами повної ймовірності та Байеса;
- знаходити математичне сподівання, дисперсію та середні квадратичні

відхилення неперервних та дискретних випадкових величин;

– визначати коваріацію та коефіцієнт кореляції випадкових величин;

– використовувати закон великих чисел, теореми Чебишова, Маркова, Бернуллі при розв'язанні практичних задач;

– знаходити числові та функціональні статистичні характеристики вибірки;

– знаходити точкові та інтервальні оцінки характеристик вибірки;

– вміти формулювати та перевіряти гіпотези щодо моделі закону розподілення випадкової величини;

– вміти формулювати та перевіряти гіпотези щодо параметрів розподілення;

– розв'язувати типові задачі кореляційного, регресійного та дисперсійного аналізу;

– розв'язувати типові задачі теорії випадкових процесів, зокрема із застосування теорії СМО: складати граф станів СМО, систему диференціальних рівнянь, що її описує, розраховувати ймовірності станів та інші характеристики.

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.

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	2	-	2
Тема 6. Схема Бернуллі		1	2	-	2
Разом за змістовим модулем 1		6	8	-	10
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	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	4	-	15
Змістовний модуль 4. Випадкові процеси					
Тема 14. Найпростіший потік подій.		5	2	-	5
Тема 15. Елементи теорії СМО. Елементи теорії СМО. Ланцюги Маркова		5	2	-	13
Разом за змістовим модулем 4		10	4	-	18
Модуль 2 Математична статистика					
Змістовний модуль 5. Математична статистика і обробка результатів вимірювань					
Тема 16. Основи вибіркового методу		1	1	4	2
Тема 17. Точкові статистичні оцінки		1	-	2	4
Тема 18. Точні вибіркові розподілення		1	-	-	-
Тема 19. Інтервальні статистичні оцінки		1	-	2	4
Разом за змістовим модулем 5		4	1	8	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	-	6	6
Змістовний модуль 7. Прикладні методи математичної статистики					
Тема 23. Основи дисперсійного аналізу		2	-	4	2
Тема 24. Основи кореляційного аналізу.		1	-	2	2
Тема 25. Основи регресійного аналізу.		1	1	2	4
Семестровий контроль по модулю 2				2	
Разом за змістовим модулем 7		4	1	10	8
ІНДЗ (Р)		-	-	10	12
Семестровий контроль (іспит)		-	-	-	-

Усього годин		32	20	34	94
--------------	--	----	----	----	----

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	2
3	Геометрична ймовірність. Алгебра подій. Теорема множення та додавання ймовірностей. Формула повної ймовірності та формула Байєса	2
4	Схема Бернуллі	2
5	Закони розподілу та числові характеристики дискретних випадкових величин. Закони розподілу та числові характеристики неперервних випадкових величин. Нормальний закон	2
6	Закони розподілу функцій випадкових величин. Композиція законів розподілу. Розподіл екстремальних значень	4
7	Найпростіший потік подій. Елементи теорії СМО. Ланцюги Маркова	4
8	Основи вибіркового методу. Точкові статистичні оцінки. Точні вибіркові розподілення. Інтервальні статистичні оцінки	1
9	Перевірка статистичних гіпотез щодо закону розподілення	–
10	Перевірка статистичних гіпотез щодо параметрів розподілень випадкових величин	–
11	Основи дисперсійного аналізу	–
12	Основи кореляційного аналізу	–
13	Основи регресійного аналізу	1
	Усього	20

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		ДФН
1	Перетворення випадкових величин	–
2	Найпростіший потік подій	–
3	Елементи теорії СМО. Елементи теорії СМО. Ланцюги Маркова	–

4	Основи вибіркового методу	4
5	Точкові та інтервальні статистичні оцінки	4
6	Перевірка статистичних гіпотез щодо закону розподілення	4
7	Семестровий контроль по модулю 1	2
8	Основи дисперсійного аналізу	4
9	Основи кореляційного аналізу	2
10	Основи регресійного аналізу	2
11	Робота над розрахунковою роботою	10
12	Семестровий контроль по модулю 2	2
	Усього	34

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		ДФН
1	Класична ймовірнісна схема	2
2	Геометрична ймовірність	2
3	Аксиоматика теорії ймовірностей	2
4	Умовна ймовірність, незалежність	2
5	Схема Бернуллі	2
6	Дискретні випадкові величини	5
7	Функція розподілу ймовірностей випадкової величини	5
8	Числові характеристики неперервних випадкових величин	5
9	Багатомірні випадкові величини	5
9	Корельованість та залежність випадкових величин	5
10	Перетворення випадкових величин	5
11	Найпростіший потік подій	5
12	Елементи теорії СМО. Елементи теорії СМО. Ланцюги Маркова	13
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	Основи дисперсійного аналізу	2
19	Основи кореляційного аналізу	2
20	Основи регресійного аналізу	4
	Забезпечення індивідуальних завдань (Р)	12
	Усього	94

7. Методи навчання

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

8. Методи контролю

2 тести, захист звітів з лабораторних робіт, опитування, розрахункова робота, іспит.

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		
Усього			100

T1, T2 ... T12 – теми

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Методичне забезпечення

Повний комплект методичного забезпечення існує у двох видах: паперовому та електронному. Електронні версії представлені в системі онлайн-навчання КрНУ на базі Moodle.

Тестування здійснюється у середовищі системи онлайн-навчання та оцінювання знань студентів.

За потреби будь яка форма заняття може бути проведена онлайн з використанням платформи zoom та MS Teams.

11. Рекомендована література

Базова

1. Чистяков В. П. Курс теории вероятностей: Учеб. - 3-е изд., испр. - М.: Наука, Гл. Ред. Физ.-мат. Лит. - 1987.
2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. Пособие для вузов. Изд-е 5-е, перераб и доп., М., "Высш. Школа", 1977.
3. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М.: Высшая школа, 1977 г.
4. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. Учеб. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский Ч. В. Курс теории вероятностей и математической статистики. М.: «Наука», 1969 г. Андрухаев Х. М. Сборник задач по теории вероятностей. М.: «Просвещение», 1985 г. Вентцель Е. С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. М.: «Наука», 1973 г. Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. М.: Высшая школа, 1987 г.
5. Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. 3. Павловский. Введение в математическую статистику. - М., "Статистика", 1967.
6. С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д, Мешалкин. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное издание. - М.: Финансы и статистика, 1983.
7. А.В. Крайников, Б.А. Курдинов и др. Вероятностные методы в вычислительной технике: Учебное пособие для вузов по спец. ЭВМ/ и др. Под ред. А.Н. Лебедева и Е.А. Чернявского. - М.: Высш. шк., 1986.
8. Методика установления вида математической модели распределения погрешностей МИ 199-79.
9. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим: Методические рекомендации. Часть I. Критерии типа χ^2 . Проект, 2-я редакция, Издательство стандартов, Москва.

Допоміжна

1. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кН. Кн. 1/ Пер.с англ. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 366 с.
2. С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д, Мешалкин. Прикладная статистика:

Основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное издание. - М.: Финансы и статистика, 1983.

3. В. П. Боровиков, И. П. Боровиков. STATISTICA - Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. - М.: Информационно-издательский дом "Филин", 1997.

4. В. П. Боровиков. Популярное введение в программу STATISTICA. - М.: КомпьютерПресс, 1998

12. Інформаційні ресурси

1. Бібліотека Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20.

2. Електронні джерела:

- <http://www.intuit.ru>;

- <http://www.twirpx.com/library/>;

- <http://habrahabr.ru/posts/telecommunications/>;

- <http://habrahabr.ru/posts/hardware/>;

- <http://www.studfiles.ru/dir/cat32/subj58/file8429/view78371.html>.