

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Введение в математическую статистику

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Анализ данных в прикладных областях

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.05 Введение в математическую статистику относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1: Знает современные методы решения задач фундаментальной и прикладной математики ОПК-1.2: Умеет использовать фундаментальные знания и практический опыт в профессиональной деятельности ОПК-1.3: Имеет навыки решения актуальных и значимых проблем фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1: Знает следующие понятия математической статистики: генеральная совокупность, выборка, методы её получения, преобразование выборки: вариационный ряд, группировка, эмпирическая функция, гистограмма, статистические гипотезы и критерии, описательная статистика, статистическое моделирование случайных величин, статистические функции дискретных и непрерывных распределений, методы проверки параметрических и непараметрических гипотез. ОПК-1.2: Умеет оценивать параметры генеральной совокупности инструментами ЭТ, рассчитывать доверительные интервалы для параметров распределения, проверять параметрические и непараметрические статистические гипотезы. ОПК-1.3: Владеет навыками статистического анализа данных и исследования	Задачи	Экзамен: Контрольные вопросы

		вероятностных распределений в табличном процессоре MS Excel		
ОПК-3: Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	<p>ОПК-3.1: Знает современные методы анализа математических моделей при решении задач в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-3.2: Умеет разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-3.3: Имеет навыки разработки новых математических моделей при решении задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-3.1: Знает следующие понятия и определения: модель, моделирование, переменные в моделях, модель парной регрессии: уравнение и вид парной регрессии, метод наименьших квадратов, оценки качества модели, нелинейной регрессии, модели множественной регрессии: уравнение и вид, стандартизированное уравнение, оценок адекватности модели, прогноза, анализа временных рядов, моделирование тенденций и сезонных составляющих ряда, методов выравнивания временных рядов, прогнозирования.</p> <p>ОПК-3.2: Умеет оценивать параметры парной и множественной регрессии, оценивать качество и адекватность моделей, выполнять прогнозы, выявлять тенденции и сезонные составляющие временного ряда, выполнять прогнозирование методами регрессии, скользящего среднего, экспоненциального сглаживания, оценивать точность прогноза.</p> <p>ОПК-3.3: Владеет навыками выполнения корреляционного и регрессионного анализа, анализа и прогнозирования временных рядов средствами табличного процессора MS Excel.</p>	Задачи	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	6
Часов по учебному плану	216
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	114
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1	36	6	8	14	22
Тема 2	32	6	4	10	22
Тема 3	32	6	4	10	22
Тема 4	42	8	10	18	24
Тема 5	36	6	6	12	24
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	216	32	32	66	114

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Существенные понятия математической статистики: Измерения, шкалы, величины. Генеральная совокупность. Выборка. Функции распределения. Статистические гипотезы и критерии. Описательная статистика.

Тема 2. Статистическое моделирование случайных величин в MS Excel: Компьютерная реализация вероятностно-статистического моделирования. Статистические функции непрерывных распределений. Статистические функции дискретных распределений.

Тема 3. Методы проверки параметрических гипотез в MS Excel: Двухвыборочный z-тест для средних. Двухвыборочный t-тест с одинаковыми и различными дисперсиями. Двухвыборочный F-тест для дисперсий. Парный двухвыборочный t-тест для средних

Тема 4. Статистические методы изучения взаимосвязей явлений и процессов в MS Excel: Ковариация и корреляция. Метод наименьших квадратов. Аппроксимация линейной, квадратичной, показательной функций. Средняя ошибка аппроксимации. Построение и анализ качества модели парной линейной регрессии.

Точечный и интервальный прогнозы по модели парной линейной регрессии. Стандартная ошибка точечного прогноза. Построение и анализ качества модели множественной регрессии инструментом «Регрессия». Интервальное оценивание параметров уравнения множественной линейной регрессии

Тема 5. 5. Статистические методы изучения динамики процессов в MS Excel: Понятие временного ряда. Структура трендовой модели временного ряда. Модели временных рядов. Выделение тенденций и сезонной составляющей. Методы сглаживания. Оценка адекватности модели. Прогнозирование. Скользящее среднее и экспоненциальное сглаживание. Анализ временного ряда и прогнозирование. Оценка точности прогноза.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Введение в математическую статистику (Гришин В.А.)" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=11170>).

Иные учебно-методические материалы: Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Задание 1. Для выборки, заданной в виде вариационного (рис.1), построить функцию распределения в дифференциальной и интегральной формах.

Возраст, лет		Частота
от	до	
18	21	1
21	24	3
24	27	6
27	30	10
30	33	5
33	36	3
36	39	2
	n=	30

Рис.1.

Задание 2. На телефонной станции проводились наблюдения над числом неправильных соединений в минуту. Наблюдения в течение 30 минут дали следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1

3	0	1	5	1	2	4	5	3	4
2	4	2	0	2	3	1	3	2	1
4	3	0	2	1	0	4	2	3	2

Требуется построить гистограмму, полигон и огиву в среде ЭТ MS Excel.

Задание 3. При статистической обработке результатов испытаний получена выборка значений величины X : 0,18 0,11 -0,31 -0,69 -0,35 -0,46 -2,16 -0,33 0,58 1,54 1,32 1,67 -0,77 -0,55 -0,40 -1,48 -1,32 0,89. Проверить гипотезу о том, что X подчиняется нормальному распределению, при различных уровнях значимости.

Задание 4. В MS Excel требуется смоделировать 20 подбрасываний двух игральных костей.

Задание 5. Выборочные данные о диаметре валиков (мм), изготовленных автоматом 1 и автоматом 2, приведены в таблице, сформированной на рабочем листе Microsoft Excel (табл. 2).

Таблица 2.

	С	Д	Е
	N, п.п	Автомат 1	Автомат 2
	1	182.3	185.3
	2	183	185.6
	3	181.8	184.8
	4	181.4	186.2
	5	181.8	185.8
	6	181.6	184
	7	183.2	184.2
	8	182.4	185.2
	9	182.5	184.2
	10	179.7	
	11	179.9	
	12	181.9	
	13	182.8	
	14	183.4	
	Среднее	182.0	185.0

Кроме того, предварительным анализом установлено, что размер диаметра валиков, изготовленных каждым автоматом, имеет нормальный закон распределения с дисперсией $= 5 \text{ мм}^2$ для автомата 1 $= 7 \text{ мм}^2$ для автомата 2. Можно ли при уровне значимости $\alpha = 0,05$ объяснить различие выборочных средних случайной величиной? Или, иными словами, при уровне значимости $\alpha = 0,05$ требуется проверить гипотезу $a_x = a_y$.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

Задание 6. Данные о росте безработицы, % и росте преступности, % приведены в таблице (рис. 2).

Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Уровень безработицы, х	0.5	1.2	2	3.1	4	5.2	5.9
Уровень преступности, у	4.25	4.32	4.4	4.51	4.6	4.72	4.79

Рис.2.

1. Методом наименьших квадратов по табличным данным найти аппроксимирующие (приближаемые) функции, то есть регрессии: линейную и квадратичную.

2. В каждом случае найти общую ошибку и среднюю ошибку аппроксимации. Указать функцию лучшей аппроксимации.

Задание 7. Предпринимателем даны сведения о товарообороте (млн руб.) и числе работников, представленные в таблице (рис. 3). Исследовать зависимость розничного товарооборота магазинов от числа занятых (числа работников) и дать рекомендации о целесообразности принятия на работу новых работников, то есть необходимо:

1. рассчитать вариации ESS, RSS и TSS ;
2. вычислить коэффициент детерминации;
3. вычислить среднюю ошибку аппроксимации;
4. вычислить стандартную ошибку регрессии;
5. вычислить стандартные ошибки параметров регрессии;
6. проверить гипотезу о наличии регрессионной зависимости при уровне значимости равном 0,05;
7. произвести интервальное оценивание параметров регрессионной модели;

Товарооборот, млн.руб.	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.4	1.7	1.9
Число работников, чел.	73	85	102	115	122	126	134	147

Рис.3.

Задание 8. Даны результаты объема товарооборота фирмы за три года поквартально (рис. 4).

Год	2014				2015				2016			
Квартал	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	4	
Объём товарооборота, тыс.шт.	16.8	16.2	14.7	15.8	15.8	15.4	16.3	15.8	17.9	18.5	19.3	

Рис.4.

Необходимо:

- 1) произвести сглаживание ряда (устранить циклические колебания из временного ряда);
- 2) определить вид модели временного ряда (аддитивная или мультипликативная);
- 3) выделить и устранить сезонные колебания из временного ряда;
- 4) определить вид функции тренда;
- 5) оценить параметры тренда и устранить его из временного ряда;
- 6) произвести анализ качества построенной модели временного ряда;

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю).

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала.	Уровень знаний ниже минимальных требований.	Минимально допустимый уровень	Уровень знаний в объеме, соответствующий	Уровень знаний в объеме, соответствующий	Уровень знаний в объеме, соответствующий	Уровень знаний в объеме, превышающий

	Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Имели место грубые ошибки	знаний. Допущено много негрубых ошибок	ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	ющем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	ующем программе подготовки и. Ошибок нет.	м программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

вопросы
1. Что называют дискретным вариационным рядом? Интервальным вариационным рядом? Что называют частотами вариационного ряда? Что называют накопленной частотой и накопленной частотью?
2. Что называют полигоном вариационного ряда? Что называют гистограммой частот (частостей) вариационного ряда? Что называют кумулятой вариационного ряда?
3. Дайте определение средней арифметической вариационного ряда. Сформулируйте ее свойства. Дайте определение моды и медианы дискретного вариационного ряда. Дайте определение дисперсии вариационного ряда, сформулируйте ее свойства. Дайте определение среднего квадратического отклонения вариационного ряда. Дайте определение коэффициента вариации вариационного ряда.
4. Дайте определения начальных и центральных моментов вариационного ряда. Дайте определение коэффициента асимметрии вариационного ряда. Дайте определение эксцесса вариационного ряда.
5. Что понимается под генеральной совокупностью? Что понимается под случайной выборкой из генеральной совокупности?
6. Каковы основные задачи математической статистики?
7. Дайте определение выборочной функции распределения. Дайте определение выборочной средней арифметической. Дайте определение выборочной дисперсии.
9. Дайте определение статистического ряда выборки.
10. Дайте определение эмпирической функции распределения. Дайте определение эмпирической плотности распределения.
11. Что называют точечной оценкой неизвестного параметра генеральной совокупности? Какую точечную оценку называют несмещенной? Какая точечная оценка является несмещенной, состоятельной и эффективной в классе линейных оценок для математического ожидания генеральной совокупности? Какая точечная оценка для дисперсии генеральной совокупности является: а) смещенной; б) несмещенной? Являются ли эти оценки состоятельными? В чем состоит метод максимального правдоподобия нахождения точечных оценок?
12. Что называют интервальной оценкой для неизвестного параметра распределения генеральной совокупности? Что такое коэффициент доверия (доверительная вероятность), нижняя и верхняя границы интервальной оценки неизвестного параметра? Какую статистику используют для построения интервальной оценки для математического ожидания в случае нормальной модели при известной дисперсии? По какому закону статистика распределена?

13. Какую статистику используют для построения интервальной оценки для математического ожидания в случае нормальной модели при неизвестной дисперсии? По какому закону статистика распределена? Какую статистику используют для построения интервальной оценки дисперсии нормально распределенной генеральной совокупности? По какому закону она распределена?
13. Какую статистику используют для построения интервальной оценки для математического ожидания в случае нормальной модели при неизвестной дисперсии? По какому закону статистика распределена? Какую статистику используют для построения интервальной оценки дисперсии нормально распределенной генеральной совокупности? По какому закону она распределена?
14. Какую статистику используют при интервальном оценивании генеральной средней в случае больших объемов выборки (n больше 30)? Укажите ее распределение. Какую статистику используют при интервальном оценивании генеральной доли в случае больших объемов выборки (n больше 30)? Укажите ее распределение.
15. Что такое статистическая гипотеза (гипотеза)? Какую статистическую гипотезу называют параметрической, однопараметрической, многопараметрической? Какую гипотезу называют основной, альтернативной, простой, сложной?
16. Что такое статистический критерий? Что такое уровень значимости критерия для проверки статистических гипотез? Какое множество называют критическим для проверки статистических гипотез? В чем состоит ошибка первого рода, второго рода? Что называют мощностью критерия?
17. Какова схема проверки гипотезы о значении генеральной средней нормально распределенной генеральной совокупности при известной дисперсии, при неизвестной дисперсии? Какова схема проверки гипотезы о значении генеральной дисперсии нормально распределенной генеральной совокупности?
18. Как проверить гипотезу о равенстве дисперсий двух нормально распределенных генеральных совокупностей? Как проверить гипотезу о равенстве математических ожиданий двух нормально распределенных генеральных совокупностей?
19. Какие критерии называются критериями согласия? Как при помощи критерия χ^2 проверить гипотезу о виде распределения непрерывной случайной величины? Какая статистика используется при проверке гипотезы об однородности выборок по критерию Колмогорова?

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

20. Какую функцию называют функцией регрессии? Какие переменные называют входными (факторами), выходными (откликами)? Какую регрессионную модель называют линейной?
21. Сформулируйте исходные предположения метода наименьших квадратов
22. В чем состоит анализ регрессионной модели?
23. Какую статистику используют для проверки значимости модели регрессии?
24. Какую линейную регрессионную модель называют адекватной?
25. Что понимается под парной регрессией?
26. Какие задачи решаются при построении уравнения регрессии?
27. Какие функции чаще всего используются для построения уравнения парной регрессии?
28. Какой вид имеет система нормальных уравнений метода наименьших квадратов в случае линейной регрессии?
29. По какой формуле вычисляется линейный коэффициент парной корреляции r_{xy} ?

30. Как строится доверительный интервал для линейного коэффициента парной корреляции?
31. Как проверяется значимость уравнения регрессии и отдельных коэффициентов?
32. Как строится доверительный интервал прогноза в случае линейной регрессии?
33. Что понимается под множественной регрессией?
34. Какие задачи решаются при построении уравнения регрессии?
35. Что понимается под коллинеарностью и мультиколлинеарностью факторов?
36. Как проверяется наличие коллинеарности и мультиколлинеарности?
37. Какой вид имеет система нормальных уравнений метода наименьших квадратов в случае линейной регрессии?
38. Как проверяется значимость уравнения регрессии и отдельных коэффициентов?
39. Что понимается под гомоскедастичностью?
40. Как проверяется гипотеза о гомоскедастичности ряда остатков?
41. Объясните, почему временной ряд представляет собой совокупность трендовой, циклической и случайной компоненты?
42. Какой вид связи между соседними уровнями ряда характеризует коэффициент автокорреляции?
43. В чем сходство и различие коэффициента корреляции в регрессионном анализе и коэффициента автокорреляции?
44. Объясните, что представляет собой структура временного ряда? Какой анализ позволяет ее определять?
45. Как регрессионный анализ применяется в моделировании одномерных временных рядов?
46. Какой критерий лежит при выборе построения аддитивной или мультипликативной модели временного ряда?
47. Охарактеризуйте понятие автокорреляции в остатках. Какими причинами может быть вызвана автокорреляция в остатках?
48. Что такое критерий Дарбина – Уотсона? Изложите алгоритм его применения для тестирования модели регрессии на автокорреляцию в остатках.
49. Что такое «скользящее среднее»? Каких видов оно бывает?
50. Приведите примеры, объясняющие сущность циклической составляющей в модели временных рядов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.

Оценка	Критерии оценивания
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Гмурман Владимир Ефимович. Введение в теорию вероятностей и математическую статистику : [учеб. пособие для инженер.-экон. ин-тов и фак.]. - 3-е изд., доп. - М. : Высшая школа, 1966. - 379 с. : с черт. - 0.41., 3 экз.
2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов. - Изд. 6-е, стер. - М. : Высшая школа, 1998. - 479 с. - 15.00., 3 экз.
3. Гмурман Владимир Ефимович. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике : учеб. пособие для студентов вузов. - 11-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2011. - 404 с. - (Основы наук). - ISBN 978-5-9916-1266-1 (Юрайт) : 288.97., 15 экз.

Дополнительная литература:

1. Боровков Александр Алексеевич. Математическая статистика : Оценка параметров. Проверка гипотез : учеб. пособие. - М. : Наука, 1984. - 472 с. - 1.30., 3 экз.
2. Кремер Наум Шевелевич. Теория вероятностей и математическая статистика = Probability theory and mathematical statistics : учеб. для студентов вузов, обучающихся по экон. специальностям. - М. : Юнити-Дана, 2000. - 543 с. - 94.00., 4 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Интернет-ресурсы электронного портала ИИТММ
<http://www.itmm.unn.ru/studentam/uchebno-metodicheskie-materialy/>
2. Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ им. Лобачевского
<http://www.unn.ru/books/resources.html>
3. Общероссийский математический интернет-портал <http://mathnet.ru>
4. Портал Планета Excel <https://www.planetaexcel.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Гришин Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Зорин Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.