

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
« 30 » _ноября_ 2022 г. № _13_

Рабочая программа дисциплины

Спецсеминар

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Вероятностное моделирование и анализ данных

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.8 «Спецсеминар» относится к обязательной части

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.8, «Спецсеминар» относится к обязательной части ООП направления подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

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**	
<i>ОПК-1</i> <i>Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий</i>	ОПК-1.1. <i>Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, теории коммуникаций.</i>	Знать: – типовые модели вероятностных пространств для реальных явлений и процессов – основы теории статистических решений – алгоритмы и методы машинного обучения	Собеседование доклад
	ОПК-1.2. <i>Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты.</i>	Уметь: – выбирать и строить адекватные вероятностные и статистические модели случайных явлений – проводить виды статистического анализа данных, рассмотренные в курсе – использовать методы машинного обучения на практике, оценивать качество методов	Задачи практические задачи
	ОПК-1.3. <i>Имеет практический опыт работы с решением математических задач и применяет его в профессиональной деятельности.</i>	Владеть методами анализа вероятностных свойств процессов, описывающих различные случайные явления	Задачи

ОПК-4: Способен оптимальным образом комбинировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	ОПК-4.1. Знает принципы сбора и анализа информации, создания информационных систем на стадиях жизненного цикла.	Знать популярные программные средства решения задач машинного обучения	Собеседование
	ОПК-4.2. Умеет осуществлять управление проектами информационных систем.	Уметь применять популярные программные средства решения задач машинного обучения	практические задания
	ОПК-4.3. Имеет практический опыт анализа и интерпретации информационных систем.	Владеть методом создания программ для популярных программных средств решения задач машинного обучения	практические задания
ОПК-5 Способен устанавливать и сопровождать программное обеспечение информационных систем, осуществлять эффективное управление разработкой программных средств и проектов	ОПК-5.1. Знает методику установки и администрирования информационных систем и баз данных. Знаком с перечнем ПО, входящим в Единый реестр российских программ	Знать основы языка Python или среды вычислений R	Собеседование
	ОПК-5.2. Умеет реализовывать техническое сопровождение информационных систем и баз данных.	Уметь – работать с библиотекой Python Pandas или средой для статистических вычислений R	тестовые задания
	ОПК-5.3. Имеет практические навыки установки и инсталляции программных комплексов.	Владеть – опытом реализации программных систем для решения практических задач с использованием компьютерных методов статистического анализа данных	практические задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

1 семестр

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	

аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа	32
- занятия лабораторного типа	0
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	111
Промежуточная аттестация – зачет	

2 семестр

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	65
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа	64
- занятия лабораторного типа	0
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	115
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы) Очная	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы Очная
		Занятия лекционного типа Очная	Занятия семинарского типа Очная	Занятия лабораторного типа Очная	Всего Очная	
Тема 1. Особенности первоначального этапа построения теоретико-множественной модели статистически устойчивых экспериментов. Типы вероятностных пространств при выборе элементарных исходов. Интерпретация случайных событий и их отношений при регулярном и нерегулярном вероятностном пространстве. Особенности первоначального этапа построения теоретико-множественной модели статистически устойчивых экспериментов. Теоретико-множественные модели эволюционных экспериментов. Субъективный способ измерения шанса наступления случайных событий.	29		6		6	23
Тема 2. Проблемы построения вероятностных моделей семейств статистически устойчивых	28		6		6	22

экспериментов. Решение нетрадиционных задач построения вероятностной модели эксперимента с использованием теоремы умножения. Решение задач построения вероятностной модели эволюционного эксперимента с использованием вероятностных моделей составных экспериментов. Семейство попарно несовместимых событий и формула полной вероятности.						
Тема 3. Классические подходы построения адекватных математических моделей реальных управляющих систем. Классические методы построения математических моделей управляющих систем. Особенности построения математических моделей для статистически устойчивых экспериментов с управлением. Парадокс Мостеллера и его решение традиционными методами.	30		8		8	22
Тема 4. Кибернетический подход построения математических моделей управляющих систем. Недостатки классических методов построения математических моделей управляющих систем. Общие свойства экспериментов с управлением. Представление эксперимента с управлением в виде конечного семейства вспомогательных управляющих систем. Построение общей схемы эксперимента с управлением	28		6		6	22
Тема 5. Кибернетический подход построения математических моделей управляющих систем и линейная модель обучения. Построение математической модели линейного обучения. Анализ модели линейного обучения анализу. Синтез модели линейного обучения. Оптимизация модели линейного обучения.	28		6		6	22
Текущий контроль (КСР)	1		0		1	0
Промежуточная аттестация в 1 семестре – зачет						
Итого в 1 семестре	144		32		33	111
Понятие о статистическом решении. Функция потерь, риск. Примеры. Оптимальность статистического решения. Байесовский и минимаксный подходы в статистике. Несмещенные и инвариантные решения. Несмещенность. Точечное оценивание с квадратичной функцией потерь. Несмещенные статистические критерии.	22		8		8	14
Фундаментальная лемма Неймана–Пирсона, необходимое и достаточное условия, строгая несмещенность оптимального критерия для двух простых гипотез. Монотонное отношение правдоподобия и РНМ критерии для односторонних гипотез с односторонними альтернативами. Примеры (сдвиги в распределениях нормальном, показательном – достижение значения 1 функцией мощности, Лапласа – разрывная ф-я распределения отношения правдоподобия для абсолютно	22		8		8	14

непрерывного распределения с непрерывной функцией плотности не обращающейся в нуль). Обобщения фундаментальной леммы. РНМ для двухсторонних гипотез в однопараметрическом экспоненциальном классе распределений.						
Элементы программирования на языке программирования Python. Библиотеки функций для статистического анализа данных.	22		8		8	14
Ядерное оценивание плотности. Непараметрическая локальная регрессия. Ядерная регрессия. LOWESS-регрессия.	28		10		10	18
Модели бинарного выбора. Логит- и пробит-модели. Модели скрытых переменных. Выборки с самоотбором. Полупараметрические методы. Мультиномиальные модели.	29		10		10	19
Анализ выживаемости. Функция выживания, функция риска. Цензурирование. Непараметрические и параметрические модели.	28		10		10	18
Модели счетных данных. Регрессия Пуассона. Параметрические модели регрессии для счетных данных. Частично параметрические модели.	28		10		10	18
Текущий контроль (КСР)	1		0		1	0
Промежуточная аттестация в 2 семестре – зачет						
Итого в 2 семестре	180		64		65	115
Итого	324		96		98	226

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет, экзамен)

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа заключается в чтении основной и вспомогательной литературы для подготовки к практическим семинарским занятиям и промежуточной аттестации.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс «Современные проблемы прикладной математической статистики» (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6167>), созданный в системе электронного обучения ННГУ – <https://e-learning.unn.ru/>.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем 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.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценивания при собеседовании

Результат ответов	Оценка
Студент дает верные развернутые ответы на вопросы преподавателя	зачтено
Студент отвечает только на часть вопросов, или отвечает с ошибками, или не дает развернутого ответа на вопросы	не зачтено

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы

Семестр 1

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Привести примеры конечного числа причинно-независимых испытаний в биномиальной схеме Бернулли.	ОПК-1
2. Указать достаточные условия, когда можно пользоваться предельными теоремами Муавра—Лапласа, Пуассона.	ОПК-1
3. Интуитивные понятия при построении теоретико-множественной модели	ОПК-1

статистически устойчивого эксперимента.	
4. Ограничения на отношение правдоподобия событий при вычислении субъективной вероятности.	ОПК-1
5. Построение системы моделей подобных экспериментов в задаче о гончарном круге в случае, когда при его изготовлении используются два полюса закрепления.	ОПК-1
6. Основные этапы построения вероятностной модели статистически устойчивого эксперимента.	ОПК-1
7. Различные подходы к определению вероятности.	ОПК-1
8. Какие типовые вероятностные пространства Вы знаете?	ОПК-1
9. Как строятся вероятностные пространства для последовательностей зависимых испытаний?	ОПК-1
10. Классические методы построения математических моделей управляющих систем	ОПК-1
11. . Парадокс Мостеллера и его решение традиционными методами	ОПК-1
12. Представление эксперимента с управлением в виде конечного семейства вспомогательных управляющих систем. Построение общей схемы эксперимента с управлением	ОПК-1

Семестр 2

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
Понятие о статистическом решении. Функция потерь, риск. Примеры.	ОПК-1
Оптимальность статистического решения. Байесовский и минимаксный подходы в статистике.	ОПК-1
Несмещенные и инвариантные решения. Несмещенность.	ОПК-1
Точечное оценивание с квадратичной функцией потерь.	ОПК-1
Несмещенные статистические критерии.	ОПК-1
Фундаментальная лемма Неймана–Пирсона	ОПК-1
Строгая несмещенность оптимального критерия для двух простых гипотез.	ОПК-1
Монотонное отношение правдоподобия и РНМ критерии для односторонних гипотез с односторонними альтернативами.	ОПК-1
Примеры (сдвиги в распределениях нормальном, показательном – достижение значения 1 функцией мощности, Лапласа – разрывная ф-я распределения отношения правдоподобия для абсолютно непрерывного распределения с непрерывной функцией плотности не обращающейся в нуль).	ОПК-1
Обобщения фундаментальной леммы. РНМ для двухсторонних гипотез в однопараметрическом экспоненциальном классе распределений.	ОПК-1
Основные библиотеки языка Python для статистического анализа данных	ОПК-5
Теорема о проверке сложных односторонних гипотез для распределений с монотонным отношением правдоподобия. Приближенное нахождение мощности и времени достижения границ как функций параметра	ОПК-1
Ядерное оценивание плотности. Непараметрическая локальная регрессия. Ядерная регрессия. LOWESS-регрессия.	ОПК-1
Модели бинарного выбора. Логит- и пробит-модели. Модели скрытых переменных. Выборки с самоотбором. Полупараметрические методы. Мультиномиальные модели.	ОПК-1
Анализ выживаемости. Функция выживания, функция риска. Цензурирование. Непараметрические и параметрические модели .	ОПК-1
Модели счетных данных. Регрессия Пуассона. Параметрические модели регрессии для счетных данных. Частично параметрические модели.	ОПК-1

5.2.2. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Построить σ -алгебру, порожденную событиями A и B . Проинтерпретировать такое математическое образование на примере.
2. Привести примеры конечного числа причинно-независимых испытаний в биномиальной схеме Бернулли.
3. При одном выстреле вероятность перелёта равна $3/4$, а вероятность недолёта — $1/4$. Найти наивероятнейшую комбинацию недолётов и перелётов при пяти независимых выстрелах. Определить вероятность такой комбинации.
4. Указать достаточные условия, когда можно пользоваться предельными теоремами Муавра—Лапласа, Пуассона.

5.2.3. Типовые темы докладов для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Понятие о статистическом решении. Функция потерь, риск. Примеры.
2. Оптимальность статистического решения. Байесовский и минимаксный подходы в статистике.
3. Несмещенные и инвариантные решения. Несмещенность.
4. Точечное оценивание с квадратичной функцией потерь.
5. Несмещенные статистические критерии.
6. Фундаментальная лемма Неймана–Пирсона
7. Строгая несмещенность оптимального критерия для двух простых гипотез.
8. Монотонное отношение правдоподобия и РНМ критерии для односторонних гипотез с односторонними альтернативами.
9. Примеры (сдвиги в распределениях нормальном, показательном – достижение значения 1 функцией мощности, Лапласа – разрывная ϕ -я распределения отношения правдоподобия для абсолютно непрерывного распределения с непрерывной функцией плотности не обращающейся в нуль).
10. Обобщения фундаментальной леммы. РНМ для двухсторонних гипотез в однопараметрическом экспоненциальном классе распределений.
11. Байесовский подход в проверке статистических гипотез. Случаи выборки фиксированной длины и бесконечной последовательности наблюдений.
12. Последовательный анализ. Определение последовательного статистического критерия. Определение оптимальности последовательного критерия.
13. Нижние оценки среднего времени принятия решения. Приближенное нахождение границ. Свойства приближенных границ.
14. Теорема Вальда об оптимальности последовательного критерия отношения правдоподобия (доказательство с использованием теории байесовской проверки гипотез).
15. Теорема о проверке сложных односторонних гипотез для распределений с монотонным отношением правдоподобия. Приближенное нахождение мощности и времени достижения границ как функций параметра
16. Ядерное оценивание плотности. Непараметрическая локальная регрессия. Ядерная регрессия. LOWESS-регрессия.
17. Модели бинарного выбора. Логит- и пробит-модели. Модели скрытых переменных. Выборки с самоотбором. Полупараметрические методы. Мультиномиальные модели.
18. Анализ выживаемости. Функция выживания, функция риска. Цензурирование. Непараметрические и параметрические модели.
19. Модели счетных данных. Регрессия Пуассона. Параметрические модели регрессии для счетных данных. Частично параметрические модели.

5.2.3. Типовые темы практических работ для оценки сформированности компетенции ОПК-5

1. Дана обучающая выборка (см. выше). Методом ридж-регрессии построить полиномиальную модель вида $f(x) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$, если параметр регуляризации $\lambda = 2$.
2. Доказать, что в случае квадратичной функции потерь минимум среднему риску доставляет условное среднее. Чему равен при этом средний риск?
3. Доказать, что если функция потерь равна модулю разности, то минимум среднему риску доставляет условная медиана. Чему равен при этом средний риск?

5.2.4. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-5

1. Проблема переобучения при решении задачи восстановления регрессии.

2. Методы борьбы с переобучением: сокращение числа параметров, регуляризация (ридж-регрессия), метод лассо. Трудоемкость методов.
3. Метод ближайших соседей для решения задачи классификации. Теорема об оценке риска в методе ближайшего соседа.

5.2.5. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Обосновать фундаментальное значение предельных теорем в теории вероятностей в связи с понятием статистической устойчивости случайного эксперимента?
2. Основные этапы построения вероятностной модели статистически устойчивого эксперимента.
3. Различные подходы к определению вероятности.

5.2.6. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-4

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)												
<p>Дана обучающая выборка:</p> <table><tr><td>x</td><td>-1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>y</td><td>1</td><td>-2</td><td>1</td><td>7</td><td>8</td></tr></table> <p>Методом наименьших квадратов построить полиномиальную модель вида $f(x) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$.</p>	x	-1	0	0	1	2	y	1	-2	1	7	8	ОПК-4
x	-1	0	0	1	2								
y	1	-2	1	7	8								

5.2.7. Типовые вопросы для собеседования для проверки компетенции ОПК-1

1. Что такое квадратичная функция потерь?
2. Что такое решающая функция?
3. Что такое несмещенный статистический критерий?
4. Что такое экспоненциальное семейство распределений?

5.2.8. Типовые вопросы для собеседования для проверки компетенции ОПК-4

1. Что такое дискриминирующая функция?
2. Что такое обучающая выборка?

5.2.9. Типовые вопросы для собеседования для проверки компетенции ОПК-5

1. Что такое ридж-регрессия?
2. Как оценить параметры регрессии в среде R или Python?

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Федоткин М.А. Модели в теории вероятностей. — Учебник. М.: Наука–Физматлит, 2012. 608 с. (Библиотека ННГУ – 196 экз.)
2. Федоткин М.А. Основы прикладной теории вероятностей и статистики. — Учебник. М.: Высшая школа, 2006. 368 с. (Библиотека ННГУ – 185 экз.)
3. Кэмерон К., Триведи П. Микроэконометрика: методы и их применения. Книга 1. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. – 664 с. (<http://znanium.com/catalog/product/982080>)
4. Кэмерон К., Триведи П. Микроэконометрика: методы и их применения. Книга 2. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. – 664 с. (<http://znanium.com/catalog/product/982081>)

б) дополнительная литература:

1. Боровков А.А. Теория вероятностей. □ М.: Эдиториал УРСС, 1999. 472 с.
2. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория вероятностей. Математическая статистика. □ М.: Гардарика, 1998. 328 с.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. □ М.: Академия, 2003. 576 с.
4. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика. □ М.: Высшая школа. 1992. 304 с.
5. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. □ М.: Наука, 1974. 119 с.
6. Крамер Г. Математические методы статистики. □ М.: Мир, 1975. 648 с.
7. Прохоров А.В. и др. Задачи по теории вероятностей. □ М.: Наука, 1986. 328 с.
8. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. В 2-х т. □ М.: Мир, 1984. Т. 1, 528 с. Т. 2, 738 с.
10. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 1999.
11. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: основы моделирования и первичная обработка данных. М.: Финансы и статистика, 1983.
12. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: исследование зависимостей. М.: Финансы и статистика, 1985.
13. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, проектор, экран.

Используемое лицензионное программное обеспечение:

- Операционные системы семейства Microsoft Windows, лицензия по подписке Microsoft Imagine.
- Любая свободно распространяемая реализация языка R (лицензия GNU).

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 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Авторы д.ф-м.н., профессор _____ М.А.Федоткин

д.ф-м.н., доцент _____ А.В.Зорин,

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой _____ А.В. Зорин

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики
от 30.11.2022 года, протокол № 3.