

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 Ученого совета ННГУ  
протокол № 10 от 27.08.2025

**Рабочая программа дисциплины**  
Математические методы биоинформатики

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы  
Системное программирование

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 Математические методы биоинформатики относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-Ф1: Способен планировать и организовывать аналитические работы с использованием технологий больших данных	<p>ПК-Ф1.1: Применяет методы машинного обучения и статистического анализа. Знает типы анализа больших данных, виды аналитики; теоретические и прикладные основы анализа больших данных; содержание этапов жизненного цикла больших данных</p> <p>ПК-Ф1.2: Обеспечивает соответствие результатов анализа бизнес-задачам заказчика. Умеет планировать и проводить аналитические работы с использованием технологий больших данных</p> <p>ПК-Ф1.3: Подготавливает отчеты и визуализации для презентации результатов. Умеет проводить анализ больших данных</p>	<p>ПК-Ф1.1:</p> <p>ПК-Ф1.1. 3-1. Знает основные алгоритмы машинного обучения</p> <p>ПК-Ф1.1. 3-2. Знает методы статистического анализа данных</p> <p>ПК-Ф1.1. 3-3. Знает критерии выбора алгоритмов для различных задач</p> <p>ПК-Ф1.1. У-1. Умеет реализовывать алгоритмы машинного обучения</p> <p>ПК-Ф1.1. У-2. Умеет интерпретировать результаты статистического анализа</p> <p>ПК-Ф1.2:</p> <p>ПК-Ф1.2. 3-1. Знает методы перевода бизнес-требований в аналитические задачи</p> <p>ПК-Ф1.2. 3-2. Знает ключевые бизнес-метрики в предметной области</p> <p>ПК-Ф1.2. 3-3. Знает принципы интерпретации результатов для бизнес-пользователей</p> <p>ПК-Ф1.2. У-1. Умеет адаптировать аналитические модели под бизнес-потребности</p> <p>ПК-Ф1.2. У-2. Умеет оценивать экономический эффект от аналитических решений</p>	Собеседование Практическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы Практическое задание

		ПК-Ф1.3: ПК-Ф1.3 3-1. Знает принципы эффективной визуализации данных ПК-Ф1.3 3-2. Знает инструменты создания аналитических отчетов ПК-Ф1.3 3-3. Знает методы сторителлинга на основе данных ПК-Ф1.3 У-1. Умеет выбирать оптимальные типы визуализации ПК-Ф1.3 У-2. Умеет создавать интерактивные дашборды		
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>12</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>12</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>47</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

#### 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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	

Тема 1. Основы прикладной математической статистики.	9	2	2	4	5
Тема 2. Статистический анализ в среде R	0			0	
2.1. Обзор функционала программного пакета R	9	1	1	2	7
2.2. Регрессионный анализ в среде R	13	1	1	2	11
Тема 3. Основы машинного обучения	20	4	4	8	12
Тема 4. Анализ транскриптомных данных	20	4	4	8	12
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	12	12	25	47

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины состоит в формировании у студентов базовых знаний в области математических методов биоинформатики (методов преимущественно статистических) и навыков их практической реализации на примере программного пакета R и в среде . Особое внимание уделяется формированию у студентов общенаучных навыков формулировки биологических задач на математическом языке и их решению.

#### Задачи изучения дисциплины:

Формирование у студентов профессиональной компетенции ПК-Ф1, связанной с использованием прикладной математической статистики и основ машинного обучения при исследовании математических моделей биоинформатики. Развитие умений и навыков построения моделей машинного обучения, обработки и анализа статистических данных на Python и R.

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основы прикладной математической статистики. – Описательные статистики. Случайные величины и их распределения. Основные дискретные и непрерывные распределения. Корреляционный анализ. Проверка статистических гипотез. Поправка на множественные сравнения. Основы прикладной статистики в Python. Построение диаграмм размаха, гистограмм, функций плотности вероятности, планок погрешностей, диаграмм рассеяния, тепловых карт.
2. Статистический анализ в среде R.
  - 2.1. Обзор функционала программного пакета R: установка R, преимущества и недостатки языка R, организация данных, визуализация данных.
  - 2.2. Регрессионный анализ в среде R: теория и примеры. Тест ANOVA в среде R: теория и примеры. Логистическая регрессия в среде R: теория и примеры.
3. Основы машинного обучения. – Основные классы задач машинного обучения. Анализ и предварительная обработка данных. Основные алгоритмы классификации и регрессии: метод k ближайших соседей, логистическая регрессия, машина опорных векторов, деревья решений и их ансамбли, нейронные сети. Линейная регрессия. Оценка качества обучения. Методы снижения размерности и отбора признаков. Методы борьбы с переобучением. Некоторые алгоритмы кластеризации: метод k-средних, DBSCAN, иерархическая кластеризация. Построение моделей машинного обучения в Python.
4. Анализ транскриптомных данных. Секвенирование нового поколения. Экспериментальные подходы. Выравнивания и псевдовыравнивания. Анализ дифференциальной экспрессии. Анализ функционального обогащения. Визуализация данных секвенирования. Обработка и анализ данных секвенирования на Python и R.

#### **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:  
Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Математические методы биоинформатики, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=2181>.

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.

1. Маккинли У. Python и анализ данных. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 481 с.
2. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными. – Из-во Вильямс, 2017. – 480 с.
3. Korpelainen E., Tuimala J., Somervuo P., Huss M., Wong G. RNA-seq Data Analysis: A Practical Approach. – Chapman and Hall/CRC, 2014. – 322 p.
4. Плас Дж.В. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. - СПб.: Питер, 2018. — 576 с.: ил.

#### **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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-Ф1:**

1. Какие существуют основные описательные статистики?
2. Какие знаете преимущества и недостатки языка R?
3. Организация данных в R.
4. Какие существуют функции для вычисления описательных статистик в R?
5. Что представляет собой диаграмма размаха («ящик с усами», boxplot)?
6. Что такое гистограмма и функция плотности вероятности?
7. Что такое корреляция и какие типы корреляции бывают?
8. В чём заключается разница между коэффициентами корреляции Пирсона и Спирмена?
9. Какие критерии нормальности Вам известны?
10. В чём заключается суть дисперсионного анализа (ANOVA)?
11. Что такое FDR-коррекция?
12. В чём заключается суть метода перекрёстного контроля?
13. В чём заключается суть метода k ближайших соседей?
14. В чём заключается суть логистической регрессии?

15. В чём заключается суть машины опорных векторов?
16. В чём заключается суть дерева решений?
17. Какие существуют способы объединения деревьев решений в ансамбль?
18. Что такое нейронная сеть?
19. Что такое глубокое обучение?
20. В чём заключается суть метода k средних?
21. Что такое иерархическая кластеризация?
22. Какие существуют экспериментальные подходы секвенирования нового поколения?
23. Какие существуют инструменты для выравнивания и псевдовыравнивания?
24. В чём заключается суть анализа дифференциальной экспрессии?
25. Какие инструменты можно использовать для анализа функционального обогащения набора генов?

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-Ф1:

#### Практическое задание 1. Регрессионный анализ в среде R.

Дано: Файл данных с двумя колонками значений.

Требуется: Посчитайте линейную регрессию переменной  $Y$  как функции от переменной  $X$ , и найдите два коэффициента регрессии:  $a$  и  $b$ , где  $b$  – это наклон прямой. Вычислите также  $r$ -значение для коэффициента “ $b$ ”.

#### Практическое задание 2. Тест ANOVA в среде R.

Дано: файл данных с двумя колонками значений.

Требуется: Используя тест ANOVA, протестируйте взаимодействие переменной  $Y$  и  $X$ . Соответствующее  $p$ -значение напишите справа.

#### Практическое задание 3.

Загрузите из файла heart.csv данные о сердечных заболеваниях. Выполните следующие задания (на языке программирования Python в Jupyter Notebook):

1. Вычислите описательные статистики для количественных признаков (среднее значение, медиана, мода, размах, дисперсия, среднеквадратичное отклонение, 1й/2й/3й квартили, межквартильный размах).
2. Постройте гистограммы для признаков age, trestbps, chol, thalach, oldpeak.
3. Постройте диаграммы размаха для признаков age, trestbps, chol, thalach, oldpeak.

4. Постройте на одном графике две кривые PDF (probability density function) для признака chol. Одна PDF для мужчин, другая – для женщин.
5. Для признаков, которые не были указаны в п.2-3, постройте полигоны частот.
6. Сгруппируйте данные по полу и вычислите для каждой группы среднее значение признака chol, применив функцию агрегации. Изобразите результаты в виде столбчатой диаграммы, где столбцы должны соответствовать полу, а высота столбцов - соответствующим средним значениям признака chol. Добавьте к каждому столбцу планку погрешности, отражающую среднеквадратичное отклонение.
7. Постройте следующие диаграммы рассеяния:
  - a. trestbps от age
  - b. chol от age
  - c. thalach от age
  - d. oldpeak от age

8. Изобразите точки на диаграммах разными цветами в зависимости от пола. Попробуйте визуально определить, коррелируют ли рассматриваемые переменные с возрастом. Проверьте свои предположения, вычислив коэффициенты корреляции Спирмена.

Проверьте признаки age, trestbps, chol, thalach, oldpeak на нормальность с помощью критерия Шапиро-Уилка.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все практические задания или большая часть этапов заданий выполнена 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		
<u>Знания</u>	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 подготовк 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	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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 ПК-Ф1

1. Описательные статистики. Построение диаграмм размаха, гистограмм, функций плотности вероятности, планок погрешностей на Python.
2. Случайные величины и их распределения. Основные дискретные и непрерывные распределения.
3. Корреляционный анализ.
4. Проверка статистических гипотез. FDR-коррекция.
5. Линейная регрессия. Метод наименьших квадратов.
6. Проверка статистической значимости модели. Коэффициент детерминации.
7. Алгоритм предварительной обработки данных для задач машинного обучения.
8. Алгоритм k ближайших соседей.
9. Логистическая регрессия. Логистическая функция, функция softmax.
10. Машина опорных векторов. Ядра и спрямляющие пространства. Случай с более чем двумя классами.
11. Деревья решений. Алгоритм CAR.
12. Ансамбли решающих правил. Баггинг. Случайный лес. Экстремально случайные деревья
13. Ансамбли решающих правил. Бустинг. AdaBoost. Градиентный бустинг деревьев решений.
14. Нейронные сети. Перцептрон Розенблатта. Алгоритм обратного распространения ошибки.
15. Экспериментальная оценка качества обучения и выбор параметров модели. Обучающая, проверочная и тестовая выборки. Метод перекрестного (скользящего) контроля. Метрики качества алгоритмов машинного обучения
16. Методы борьбы с переобучением.
17. Задача кластеризации. Метод k средних. Метод DBSCAN. Алгоритмы иерархической кластеризации.
18. Секвенирование нового поколения. Экспериментальные подходы.
19. Алгоритмы выравнивания и псевдовыравнивания.
20. Анализ дифференциальной экспрессии генов.
21. Анализ функционального обогащения набора генов.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-Ф1

#### Практическое задание 1.

Логистическая регрессия в среде R.

Дано: файл данных с тремя колонками, X, A (переменные) и Y (результат).

Требуется: Используя логистическую регрессию, найдите отношение шансов для того, чтобы результат Y был равен 1, при условии, что переменная X находится в своем пятом квантиле. Откорректируйте результат, учитывая переменную A. Вычислите четыре величины: отношение шансов, две границы доверительного интервала для отношения шансов и p-значение.

#### Практическое задание 2.

Загрузите из файла gnaseq.csv данные экспрессии генов. Выполните следующие задания (на языке программирования Python в Jupyter Notebook):

1. Выполните нормализацию признаков.
2. Разбейте данные на обучающую и тестовую выборку.

#### Практическое задание 3.

1. Обучите метод  $k$  ближайших соседей. Постройте графики зависимости ошибки классификации на обучающей и тестовой выборках от  $k$ .
2. Выполните процедуру перекрестного контроля (5-fold, 10-fold, LOO) с обучающей выборкой. Постройте графики зависимости CV-ошибки от числа используемых соседей  $k$ . Выберите наилучшую модель и проверьте ее качество на тестовой выборке.

#### Практическое задание 4.

1. Примените к рассматриваемым данным метод главных компонент для сокращения размерности пространства признаков. Спроецируйте данные в новое пространство.
2. Обучите метод  $k$  ближайших соседей на спроецированных данных, вычислите ошибки классификации на обучающей и тестовой выборках в зависимости от  $k$ .

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все практические задания или большая часть этапов выполнения заданий выполнено с соблюдением всех требований, указанных в условии заданий, или задания выполнены с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок. Ответ на вопросы по заданию изложен четко и логично.
не зачтено	Выполнены не все этапы решения практических заданий или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, не соблюдены требования, указанные в условии заданий, результаты работы не представлены преподавателю). Ответ на вопросы по заданию неполный и поверхностный.

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

Основная литература:

1. Кремер Наум Шевелевич. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник и практикум для вузов / Н. Ш. Кремер. - 5-е изд. - Москва : Юрайт, 2025. - 538 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-10004-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=925847&idb=0>.
2. Анализ данных : учебник для вузов / В. С. Мхитарян [и др.] ; под редакцией В. С. Мхитаряна. - Москва : Юрайт, 2025. - 448 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-19964-2. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=922172&idb=0>.
3. Бровкин А.А. Программирование на языке Python. Среды разработки PyCharm и Jupyter Notebook : учебное пособие / Бровкин А.А., Лаптев Н.А., Пылькин А.Н. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2023. - 144 с. - ISBN 978-5-9912-1001-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=935851&idb=0>.
4. Галиновский Н. Г. Введение в программирование на языке R / Галиновский Н. Г. - Гомель : ГГУ имени Ф. Скорины, 2022. - 222 с. - Рекомендовано Учебно-методическим объединением по естественно-научному образованию в качестве пособия для магистрантов, обучающихся по специальности «Биология». - Книга из коллекции ГГУ имени Ф. Скорины - Информатика. - ISBN 978-985-577-826-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=863330&idb=0>.
5. Котельников Е. В. Введение в машинное обучение и анализ данных : учеб. пособие / Котельников Е. В., Котельникова А. В. - Киров : ВятГУ, 2023. - 68 с. - Книга из коллекции ВятГУ - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=894096&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Гришин В. А. Методы обработки данных и моделирование на языке R : учебно-методическое пособие / Гришин В. А., Тихов М. С. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2019. - 54 с. - Рекомендовано Объединенной методической комиссией Института открытого образования и филиалов университета для студентов филиалов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=709331&idb=0>.
2. Программные системы статистического анализа. Обнаружение закономерностей в данных с использованием системы R и языка Python / Волкова В.М., Семнова М.А., Четвертакова Е.С., Вожов С.С. - Москва : НГТУ, 2017., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=654313&idb=0>.

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

1. Anaconda3 (дистрибутив Python): <https://www.anaconda.com/download>.
2. <https://www.python.org/>
3. <https://intuit.ru/>
4. Программный пакет R: <http://cran.r-project.org/>

## **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 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Вершинина Ольга Сергеевна, кандидат физико-математических наук  
Грезина Александра Викторовна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Иванченко Михаил Васильевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.06.2025, протокол № Протокол №11.