

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт биологии и биомедицины

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Научное программирование

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

30.05.03 - Медицинская кибернетика

Направленность образовательной программы

Медицинская кибернетика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.54 Научное программирование 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-6: Способен обеспечивать информационно-технологическую поддержку в области здравоохранения; применять средства информационно-коммуникационных технологий и ресурсы биоинформатики в профессиональной деятельности; выполнять требования информационной безопасности	ОПК-6.1: Знает биоинформационные технологии ОПК-6.2: Умеет применять информационные технологии в области здравоохранения, в профессиональной деятельности ОПК-6.3: Владеет требованиями информационной безопасности	ОПК-6.1: Знать основные способы визуализации научных данных; основы математической статистики; специфику машинного обучения; основные типы задач в машинном обучении. ОПК-6.2: Уметь обрабатывать, визуализировать научные данные; применять на практике технологии Numpy, Pandas, Matplotlib, Scipy, scikit-learn для разработки программ для решения задач научной деятельности. ОПК-6.3: Владеть навыками решения задач с помощью языка программирования Python.	Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-12: Способность планировать и осуществлять прикладные и практические проекты с использованием ИТ-технологий в области медицинских исследований	ПК-12.1: Формулирует в рамках практического проекта и иного мероприятия совокупность взаимосвязанных задач и методов использования ИТ-технологий в области медицинских исследований ПК-12.2: Решает конкретные задачи	ПК-12.1: Знать методологию, методы использования ИТ-технологий в медицинских исследованиях ПК-12.2: Уметь решать практические задачи с использованием ИТ-технологий в медицинских исследованиях	Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы Зачёт: Контрольные вопросы

	практического проекта и иного мероприятия с использованием ИТ-технологий. ПК-12.3: Публично представляет результаты решения практического проекта и иного мероприятия с использованием ИТ-технологий в области медицинских исследований	ПК-12.3: Владеет навыками представления решения практического проекта с использованием ИТ-технологий в медицинских исследованиях		
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	7
Часов по учебному плану	252
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	80
- КСР	3
самостоятельная работа	69
Промежуточная аттестация	36 Экзамен, Зачёт

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	
	0 ф о	0 ф о	0 ф о	0 ф о	0 ф о
Тема 1 Введение в предмет	10	2	2	4	6
Тема 2 Различные способы визуализации научных данных с использованием Matplotlib.	18	6	6	12	6
Тема 3 Описательные статистики	20	6	8	14	6
Тема 4 Построение диаграмм размаха	20	6	8	14	6
Тема 5 Построение гистограмм	20	6	8	14	6

Тема 6 Функции плотности вероятности	20	6	8	14	6
Тема 7 Построение планок погрешностей	20	6	8	14	6
Тема 8 Корреляционный анализ	20	6	8	14	6
Тема 9 Проверка статистических гипотез.	20	6	8	14	6
Тема 10 Решение дифференциальных уравнений с помощью библиотек SciPy и NumPy.	20	6	8	14	6
Тема 11 Решение систем линейных уравнений с помощью библиотек SciPy и NumPy.	15	6	4	10	5
Тема 12 Методы Монте-Карло. Численное моделирование динамики процесса Морана нейтрального дрейфа	10	2	4	6	4
Аттестация	36				
КСР	3			3	
Итого	252	64	80	147	69

Содержание разделов и тем дисциплины

Введение в предмет

Различные способы визуализации научных данных с использованием Matplotlib.

Описательные статистики

Построение диаграмм размаха

Построение гистограмм

Функции плотности вероятности

Построение планок погрешностей

Корреляционный анализ

Проверка статистических гипотез.

Решение дифференциальных уравнений с помощью библиотек SciPy и NumPy.

Решение систем линейных уравнений с помощью библиотек SciPy и NumPy.

Методы Монте-Карло. Численное моделирование динамики процесса Морана нейтрального дрейфа.

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.

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:
- компетенций: ОПК-6, ПК-12

Самостоятельная работа направлена на изучение всех тем, рассмотренных на лекциях и занятиях практического типа и включает работу в читальном зале библиотеки и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет.

Цель самостоятельной работы - подготовка современного компетентного специалиста и

формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию. Самостоятельная работа является наиболее деятельным и творческим процессом, который выполняет ряд дидактических функций: способствует формированию диалектического мышления, вырабатывает высокую культуру умственного труда, совершенствует способы организации познавательной деятельности, воспитывает ответственность, целеустремленность, систематичность и последовательность, развивает у них бережное отношение к своему времени, способность доводить до конца начатое дело. Виды самостоятельной работы в рамках освоения дисциплины: изучение понятийного аппарата и проработка тем дисциплины, подготовка к текущей и промежуточной аттестации. Вся система индивидуальной самостоятельной работы должна быть подчинена усвоению понятийного аппарата, поскольку одной из важнейших задач подготовки современного грамотного специалиста является овладение и грамотное применение профессиональной терминологии. Лучшему усвоению и пониманию дисциплины помогут учебники, монографии, справочники и интернет ресурсы, указанные в списке литературы. Особое место отводится самостоятельной проработке обучающимися отдельных разделов и тем по изучаемой дисциплине, подготовка доклада-презентации.

Требования к докладу:

при презентации материала на семинарском занятии можно воспользоваться следующим алгоритмом изложения темы: определение и характеристика основных категорий, эволюция предмета исследования, оценка его современного состояния, существующие проблемы, перспективы развития. Весьма презентабельным вариантом выступления следует считать его подготовку в среде PowerPoint, что существенно повышает степень визуализации, а, следовательно, доступности, понятности материала и заинтересованности аудитории. Время выступления – 7 минут, количество слайдов – до 10. При подготовке докладов студенты должны использовать современные информационно-коммуникационные средства, и технологии, в т.ч. сквозные (BigData), а также выполнять требования информационной безопасности.

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 - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

Загрузите из файла heart.csv данные о сердечных заболеваниях. Выполните следующие подзадания:

- 1) Сколько образцов (объектов) содержит данный датасет?
- 2) Сколько атрибутов (признаков) содержит данный датасет? Подробно опишите значение каждого признака.
- 3) Опишите тип каждого признака (числовой / дискретный / непрерывный / категориальный / номинальный / бинарный / ординальный)?

- 4) Вычислите, сколько мужчин/женщин в датасете?
 - 5) Вычислите описательные статистики для количественных признаков (среднее значение, медиана, мода, размах, дисперсия, среднеквадратичное отклонение, 1й/2й/3й кварти-ли, межквартильный размах).
 - 6) Постройте гистограммы для признаков age, trestbps, chol, thalach, oldpeak. Расположите гистограммы на одном графике в одну линию. Подпишите оси каждой гистограммы.
 - 7) Постройте диаграммы размаха для признаков age, trestbps, chol, thalach, oldpeak.
 - 8) Постройте на одном графике две кривые PDF (probability density function) для признака chol. Одна PDF для мужчин, другая - для женщин. Подпишите оси, добавьте легенду.
 - 9) Для признаков, которые не были указаны в п.6-7, постройте полигоны частот (под-графики расположите в нескольких строках и столбцах). Подпишите оси.
 - 10) 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.
 - 11) Постройте следующие диаграммы рассеяния:
 - trestbps от age
 - chol от age
 - thalach от age
 - oldpeak от age
- Изобразите точки на диаграммах разными цветами в зависимости от пола. Подпишите оси и добавьте легенду. Попробуйте визуально определить, коррелируют ли рассматриваемые переменные с возрастом. Проверьте свои предположения, вычислив коэффициенты корреляции Спирмена. Сделайте выводы.
- 12) Проверьте признаки age, trestbps, chol, thalach, oldpeak на нормальность с помощью критерия Шапиро-Уилка.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-12:

Загрузите датасет ISOLET (<https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/ISOLET>). Выполните следующие подзадания:

- 1) Опишите рассматриваемый датасет.
- 2) Выполните нормализацию признаков.

- 3) Разбейте данные на обучающую и тестовую выборку.
- 4) Вызовите метод k ближайших соседей. Постройте графики зависимости ошибки этого метода на обучающей и тестовой выборках от k . Сделайте вывод.
- 5) Выполните процедуру перекрестного контроля (5-fold, 10-fold, LOO) с обучающей выборкой. Постройте графики зависимости CV-ошибки от числа используемых соседей в методе k ближайших соседей. Выберите наилучшую модель и проверьте ее качество на тестовой выборке.
- 6) Примените к рассматриваемым данным
 - Линейный дискриминантный анализ
 - Квадратичный дискриминантный анализ
 - Логистическую регрессию

Для каждого метода вычислите ошибки на обучающей и тестовой выборках.

- 7) На рассматриваемых данных обучите следующие классификаторы:

- Random Forest
- Extremely Random Trees

Постройте графики зависимости ошибки на обучающей и тестовой выборке от количества используемых деревьев.

- 8) Натренируйте на рассматриваемых данных нейронную сеть с одним скрытым слоем ("vanilla") с 200 нейронами в нем (`hidden_layer_sizes = (200,)`). В качестве функции активации используйте положительную срезку (`activation = 'relu'`). Постройте графики зависимости ошибки на обучающей и тестовой выборке от параметра α (weight decay).

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	студент обладает системными теоретическими знаниями, правильно выполнил практическое задание, дал полный и развернутый ответ.
не зачтено	студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний, не справился с предложенным практическим заданием, не справился с дополнительным заданием.

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. 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. Ошибок нет.	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 и 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 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	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 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-6

1. Основы статистики в Python. Типы данных. Описательные статистики. Построение диаграмм размаха, гистограмм, функций плотности

вероятности, планок погрешностей.

2. Основы статистики в Python. Корреляционный анализ. Проверка статистических гипотез. FDR-коррекция.

3. Численное решение дифференциальных уравнений и их систем с

помощью библиотек SciPy и NumPy. Пример биологической системы, моделируемой дифференциальными уравнениями.

4. Решение систем линейных алгебраических уравнений с помощью библиотек SciPy и NumPy. Метод Монте-Карло.

5. Постановка задачи машинного обучения. Основные классы задач в

машинном обучении. Основные проблемы машинного обучения. Примеры практических задач.

6. Вероятностная постановка задачи обучения с учителем. Наивный

байесовский классификатор. Сглаживание Лапласа.

7. Методы предобработки данных. Метод k ближайших соседей в задачах

классификации и восстановления регрессии.

8. Экспериментальная оценка качества обучения и выбор параметров модели. Обучающая, проверочная и тестовая выборки. Метод перекрестного (скользящего) контроля. Метрики качества алгоритмов машинного обучения.

9. Метод сокращения размерности: метод главных компонент.

10. Линейная регрессия. Метод наименьших квадратов. Проверка статистической значимости модели. Коэффициент детерминации.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-12

11. Методы борьбы с переобучением в задаче восстановления регрессии. Отбор признаков. Регуляризация.

12. Логистическая регрессия. Логистическая функция и softmax.

13. Линейный дискриминантный анализ. Квадратичный дискриминантный анализ.

14. Машина опорных векторов. Оптимальная разделяющая гиперплоскость. Опорные векторы. Случай линейно-разделимых и неразделимых классов. Ядра и спрямляющие пространства. Случай с более чем двумя классами.

15. Деревья решений. Алгоритм CART. Борьба с переобучением.

16. Ансамбли решающих правил. Баггинг. Случайный лес. Экстремально случайные деревья.

17. Ансамбли решающих правил. Бустинг. AdaBoost. Градиентный бустинг деревьев решений.

18. Нейронные сети. Персептрон Розенблатта. Алгоритм обратного распространения ошибки. Борьба с переобучением.

19. Основные понятия доверенного искусственного интеллекта.

20. Обучение без учителя. Задача кластеризации. Метод центров тяжести. Метод медоидов. Алгоритмы иерархической кластеризации.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
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

Оценка	Критерии оценивания
	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»
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»

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

1. Какие типы переменных встречаются при анализе научных данных?
2. Какая выборка называется репрезентативной?
3. Что такое статистические выбросы?
4. Какие существуют основные описательные статистики?
5. Что представляет собой диаграмма размаха («ящик с усами», boxplot)?
6. Что такое гистограмма и функция плотности вероятности?
7. Для чего на графиках строятся планки погрешностей (error bar)?
8. Что такое корреляция и какие типы корреляции бывают?
9. Какой график используется для графического представления корреляционной связи?
10. Что такое ковариация?
11. В чём заключается разница между коэффициентами корреляции Пирсона и Спирмена?

12. Какие критерии нормальности вам известны?
13. В чём заключается суть дисперсионного анализа (ANOVA)?
14. Что такое FDR-коррекция?
15. Какие задачи машинного обучения являются задачами обучения с учителем?
16. Что такое нормализация данных?
17. Что такое переобучение?
18. В чём заключается суть метода k ближайших соседей?
19. Для чего используются обучающие и тестовые выборки?

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-12

20. В чём заключается суть метода перекрёстного контроля?
21. Какие существуют эвристические подходы для выбора количества главных компонент?
22. Для чего используется метод наименьших квадратов?
23. Что такое коэффициент детерминации?
24. Какие существуют причины переобучения в задаче восстановления регрессии?
25. Какие предположения задаются в линейном дискриминантном анализе?
26. Что такое логистическая регрессия?
27. Что такое оптимальная разделяющая гиперплоскость?
28. В чём заключается суть использования дерева решений?
29. Какие существуют алгоритмы построения деревьев решений и в чём их отличие?
30. В чём заключается суть баггинга?
31. Чем отличаются экстремально случайные деревья от случайного леса?
32. В чём заключается суть бустинга?
33. Что такое нейронная сеть?
34. Что такое глубокое обучение?

35. Какая задача является задачей обучения без учителя?
36. В чём заключается суть метода центров тяжести?
37. Чем метод медоидов отличается от метода центров тяжести?
38. Что такое иерархическая кластеризация?

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «незачтено»

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

Основная литература:

1. Python и анализ данных / Маккинли У. - Москва : ДМК-пресс, 2015., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=647164&idb=0>.
2. Борзунов С. В. Языки программирования. Python: решение сложных задач : учебное пособие для вузов / Борзунов С. В., Кургалин С. Д. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 192 с. - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-507-45923-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=862855&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Анализ данных : Учебник для вузов / под ред. Мхитаряна В.С. - Москва : Юрайт, 2020. - 490 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00616-2 : 1119.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=590044&idb=0>.

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

ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <http://urait.ru>.

ЭБС «Консультант студента». Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>.

ЭБС «Лань». Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>.

ЭБС «Znaniyum.com». Режим доступа: www.znaniyum.com.

Лицензионное ПО (операционная система Microsoft Windows, пакет прикладных программ Microsoft Office) и свободно распространяемое программное обеспечение.

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 30.05.03 - Медицинская кибернетика.

Автор(ы): Кривоносов Михаил Игоревич.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023г., протокол № 2.