

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
Президиумом Ученого совета ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4_

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Математические методы в медицине

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

30.05.03 Медицинская кибернетика

Квалификация (степень)

Врач-кибернетик

Форма обучения

Очная

Нижегород

2022 год

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.14 «Математические методы в медицине» относится к обязательной части ООП специальности **30.05.03 Медицинская кибернетика**

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**	
ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение	ОПК-4.1. Анализирует проблему исследования и находит необходимую информацию для выбора оптимальной стратегии.	<i>Знать</i> способы поиска и анализа информации для решения задачи <i>Уметь</i> искать необходимую информацию для выбора оптимальной стратегии <i>Владеть</i> навыками анализа типовых исследовательских задач	<i>Тестирование</i> <i>Собеседование</i> <i>Расчетно-графические задания</i> <i>Доклады</i>
	ОПК-4.2. Критически рассматривает возможные варианты решения задачи, определяет оптимальный вариант для формирования стратегии исследования.	<i>Знать</i> основные математические методы решения исследовательских задач <i>Уметь</i> ориентироваться в основных алгоритмах статистической обработки данных для решения практических задач и графического представления результатов <i>Владеть</i> навыками составления плана исследования	
	ОПК-4.3. Проводит системный анализ объектов исследования и формирует правильные и корректные выводы.	<i>Знать</i> критерии применимости различных методов анализа и представления данных <i>Уметь</i> формулировать обоснованные и корректные выводы <i>Владеть</i> соответствующими приемами программирования, компьютерными методами анализа данных биомедицинских исследований.	

	ОПК-4.4. Обосновывает эффективность внедрения полученных результатов практическое здоровоохранение	<i>Знать</i> условия статистической значимости результатов исследования <i>Уметь</i> анализировать полученные результаты на предмет целесообразности внедрения в практическое здравоохранение <i>Владеть</i> навыками формулировки результатов с целью возможного внедрения в практическое здоровоохранение	
ПК-13. Способность проводить научные исследования в области медико- биологических дисциплин на основе математических методов и вычислительных средств	ПК-13.1 Находит и использует необходимые математические методы и вычислительные средства при проведении научных исследований в области медико- биологических дисциплин	<i>Знать</i> принципы, технические средства и методы организации эксперимента при проведении научных исследований <i>Уметь</i> формулировать задачи исследования <i>Владеть</i> навыками проведения медико-биологических исследований	<i>Тестирование</i> <i>Собеседование</i> <i>Расчетно- графические</i> <i>задания</i> <i>Доклады</i>
	ПК-13.2. Обосновывает выбранные математические методы и вычислительные средства для успешного проведения научных исследований в области медико- биологических дисциплин	<i>Знать</i> основные понятия теории вероятностей и математической статистики, основные методы описания данных. <i>Уметь</i> обосновывать выбор математических методов и вычислительных средств для проведения исследования <i>Владеть</i> навыками использования программного обеспечения для анализа данных	
	ПК-13.3. Владеет методами проведения научных исследований в области медико- биологических дисциплин на основе математических методов и вычислительных средств	<i>Знать</i> типы графического представления результатов исследования <i>Уметь</i> проводить анализ данных и выбирать оптимальный вариант представления результатов <i>Владеть</i> навыками использования программного обеспечения для оформления результатов исследования	

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	30
- занятия семинарского типа	30
- занятия лабораторного типа	
самостоятельная работа	11
КСР	1
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Является ли работа обучающегося зачетом
		Занятия лабораторного типа	Занятия практического типа	Всего	
Тема 1. Основные понятия количественного анализа данных	8	8		8	
Тема 2. Основы программирования на языке R	9		8	8	1
Тема 3. Элементы теории вероятностей	9	8		8	1
Тема 4. Основы базовой графической системы R	9		8	8	1
Тема 5. Нормальное распределение	9	8		8	1
Тема 6. Описательная статистика и визуализация данных в R	9		8	8	1
Тема 7. Проверка статистических гипотез	7	6		6	1
Тема 8. Нормальное распределение и проверка гипотез	7		6	6	1
В т.ч. текущий контроль	1				
Промежуточная аттестация в форме зачета					
Итого	72	30	30	60	11

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

Практическая подготовка предусматривает: выполнение расчетно-графических заданий, собеседований, дискуссий.

На проведение практических занятий в форме практической подготовки отводится 30 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

Практических навыков в соответствии с областью знания ОП:

- подготовка и оформление научно-производственной и проектной документации;
- участие в планировании и проведении мероприятий по охране здоровья, улучшению здоровья населения;
- проведение медико-социальных и социально-экономических исследований

Компетенций

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение.

ПК-13. Способность проводить научные исследования в области медико-биологических дисциплин на основе математических методов и вычислительных средств.

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий практического и лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций, путем проверки расчетно-графических заданий. Промежуточная аттестация осуществляется на зачете.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Методические указания для обучающихся

Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление теоретических сведений и отработку конкретных навыков работы в программной среде R, формирование культуры работы с данными.

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 в работе студентов, развивает у них бережное отношение к своему времени, способность доводить до конца начатое дело.

Изучение понятийного аппарата дисциплины

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 различные энциклопедии, словари, справочники и другие материалы, указанные в списке литературы.

Изучение тем самостоятельной подготовки по учебно-тематическому плану

Особое место отводится самостоятельной проработке студентами отдельных разделов и тем по изучаемой дисциплине. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к увеличению объема знаний, выработке умений и навыков всестороннего овладения способами и приемами профессиональной деятельности.

Работа над основной и дополнительной литературой

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к нормативно-правовым актам, научным монографиям и материалам периодических изданий. Конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, требующая от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций.

Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую для учебной и научной работы литературу. При этом следует обращаться к предметным каталогам и библиографическим справочникам, которые имеются в библиотеках.

Для аккумуляции информации по изучаемым темам рекомендуется формировать личный архив, а также каталог используемых источников. При этом если уже на первых курсах обучения студент определяет для себя наиболее интересные сферы для изучения, то подобная работа будет весьма продуктивной с точки зрения формирования библиографии для последующего написания дипломного проекта на выпускном курсе.

Самоподготовка к практическим занятиям

При подготовке к практическому занятию необходимо помнить, что данная дисциплина тесно связана с ранее изучаемыми дисциплинами. На практических занятиях формируются навыки работы в программной среде R. При подготовке к практическим занятиям следует руководствоваться тематическим планом и рекомендованной литературой, для чего необходимо:

- 1) ознакомиться с соответствующей темой программы изучаемой дисциплины;
- 2) осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- 3) изучить рекомендованную учебно-методическим комплексом литературу по данной теме.

Самостоятельная работа студента при подготовке к зачету

Контроль выступает формой обратной связи и предусматривает оценку успеваемости студентов и разработку мер по дальнейшему повышению качества подготовки современных специалистов.

Итоговой формой контроля успеваемости студентов по учебной дисциплине «Математические методы в медицине» является зачет.

Бесспорным фактором успешного завершения очередного модуля является кропотливая, систематическая работа студента в течение всего периода изучения дисциплины (семестра). В этом случае подготовка к зачету будет являться концентрированной систематизацией всех полученных знаний по данной дисциплине.

В начале семестра рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к зачету по данной дисциплине, а также использовать в процессе обучения программу, другие методические материалы, разработанные кафедрой по данной дисциплине. Это позволит в

процессе изучения тем сформировать более правильное и обобщенное видение студентом существа того или иного вопроса за счет:

- а) уточняющих вопросов преподавателю;
- б) подготовки рефератов по отдельным темам, наиболее заинтересовавшим студента;
- в) самостоятельного уточнения вопросов на смежных дисциплинах;
- г) углубленного изучения вопросов темы по учебным пособиям.

После изучения соответствующей тематики рекомендуется проверить наличие и формулировки вопроса по этой теме в перечне вопросов к зачету, а также попытаться изложить ответ на этот вопрос. Если возникают сложности при раскрытии материала, следует вновь обратиться к материалам практических занятий, уточнить терминологический аппарат темы, а также проконсультироваться с преподавателем.

Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам.

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 («Математические методы в медицине», <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=3561>), 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	При решении стандартных	Продemonстрированы	Продemonстрированы все	Продemonстрированы все	Продemonстрированы все	Продemonстрированы все

	х умений . Невозможнос ть оценить наличие умений вследствие отказа обучающего я от ответа	задач не продемонстр ированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	основные умения, реше ны все основные задачи с отдельными несуществен ным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможнос ть оценить наличие навыков вследствие отказа обучающего я от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр ированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальны й набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстри рованы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр ированы навыки при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр ирован творческий подход к решению нестандартн ых задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета. Зачет включает устную и практическую часть. Устная часть зачета заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть зачета предусматривает решение расчетной задачи.

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», 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

Вопросы	Код формируемой компетенции
Общая структура научного исследования. Наблюдения и эксперименты.	ОПК-4
Принципы планирования эксперимента.	ОПК-4
Типы переменных. Матрица данных.	ОПК-4
Отношения между переменными.	ОПК-4
Выборочный метод.	ОПК-4
Репрезентативность.	ОПК-4
Описание количественных данных: меры положения.	ОПК-4
Описание количественных данных: меры разброса.	ОПК-4
Принципы построения гистограммы.	ОПК-4
Виды распределений: модальность, скошенность.	ОПК-4
Процентили и квантили.	ОПК-4
Диаграмма размахов.	ОПК-4
Описание качественных данных.	ОПК-4
Случайные события. Алгебра событий. Теорема сложения вероятностей.	ПК-13
Условная вероятность. Теорема умножения вероятностей.	ПК-13
Повторение испытаний. Формула Бернулли.	ПК-13
Случайные величины. Распределение вероятностей.	ПК-13
Общая характеристика нормального распределения.	ПК-13
z-преобразование.	ПК-13
Плотность распределения.	ПК-13
Функция распределения.	ПК-13
Диагностика нормального распределения: визуальные средства.	ПК-13
Диагностика нормального распределения: формальные критерии.	ПК-13
Структура статистического критерия. Гипотезы.	ПК-13
Процедура проверки гипотез.	ПК-13
Критериальная статистика. p-значение.	ПК-13
Ошибки статистических критериев.	ПК-13
Односторонние и двусторонние критерии.	ПК-13
Расчет вероятности попадания в интервал.	ПК-13
Расчет вероятностей отклонения от среднего.	ПК-13
Стандартная ошибка.	ПК-13
Доверительный интервал.	ПК-13
Доверительная вероятность.	ПК-13
Использование нормального распределения для проверки гипотез.	ПК-13

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции

ОПК-4

1. Классификация — ...

а) некоторый набор операций над базой данных, который рассматривается как единственное завершенное, с точки зрения пользователя, действие над некоторой информацией, обычно связанное с обращением к базе данных;

б) разновидность систем хранения, ориентированная на поддержку процесса анализа данных, обеспечивает целостность, непротиворечивость и хронологию данных, а также высокую скорость выполнения аналитических запросов;

в) высокоуровневые средства отражения информационной модели и описания структуры данных;

г) это установление зависимости дискретной выходной переменной от входных переменных.

2. Регрессия — ...

а) это установление зависимости непрерывной выходной переменной от входных переменных;

б) эта группировка объектов (наблюдений, событий) на основе данных, описывающих свойства объектов;

в) выявление закономерностей между связанными событиями;

г) это установление зависимости дискретной выходной переменной от входных переменных.

3. Кластеризация — ...

а) это установление зависимости непрерывной выходной переменной от входных переменных;

б) эта группировка объектов (наблюдений, событий) на основе данных, описывающих свойства объектов;

в) выявление закономерностей между связанными событиями;

г) это установление зависимости дискретной выходной переменной от входных переменных.

4. Ассоциация — ...

а) это установление зависимости непрерывной выходной переменной от входных переменных;

б) эта группировка объектов (наблюдений, событий) на основе данных, описывающих свойства объектов;

в) выявление закономерностей между связанными событиями;

г) это установление зависимости дискретной выходной переменной от входных переменных.

5. Машинное обучение — ...

а) специализированное программное решение (или набор решений), которое включает в себя все инструменты для извлечения закономерностей из сырых данных;

б) это группировка объектов (наблюдений, событий) на основе данных, описывающих свойства объектов;

в) набор данных, каждая запись которого представляет собой учебный пример, содержащий заданное входное влияние, а также правильный выходной результат;

г) подразделение искусственного интеллекта, изучающее методы построения алгоритмов, способных обучаться на данных.

ПК-13:

1. Число братьев и сестер у пациента является переменной следующего типа:
а) альтернативная; б) категориальная; в) дискретная; г) непрерывная.
2. Какая из переменных является категориальной?
а) рост; б) концентрация гемоглобина;
в) тип опухоли; г) возраст.
3. Выборочная статистика – это:
а) среднее и стандартное отклонение;
б) точечная оценка генерального среднего;
в) количественный показатель, рассчитываемый на основе выборочных данных;
г) количественный показатель, используемый для проверки статистической гипотезы.
4. Множество, представляющее интерес для исследователя, осуществляющего статистический анализ, называется:
а) выборка; б) генеральная совокупность; в) проба; г) описательная статистика.
5. 10 студентов писали тест и получили следующие баллы: 5, 7, 2, 1, 3, 4, 8, 8, 6, 6. Какова медиана этой выборки?
а) 4.5; б) 5; в) 5.5; г) 6.

5.2.3. Типовые практические расчетно-графические задания для проверки сформированности компетенций ОПК-4 и ПК-13:

Задание 1:

1. Вычислите следующее выражение:
$$1.06 + \frac{(3.85 - 2.77)^3}{4.56}$$
2. Вычислите следующее выражение:
$$\sin \frac{(3.68 + 2.93)^4}{1 + 1.71}$$
3. Создайте переменную a и присвойте ей значение 2.82. Создайте переменную b и присвойте ей значение 3.83.
4. Вычислите квадрат суммы значений a и b и присвойте результат переменной d.
5. Округлите d до третьего знака после запятой, результат присвойте той же переменной и выведите в консоль.
6. Вычислите остаток от деления d на 2 и присвойте результат переменной residual.
7. Выведите в консоль список имен всех переменных рабочего пространства.
8. Удалите переменную a из рабочего пространства.
9. Выведите в консоль текущую рабочую директорию.
10. Сохраните рабочее пространство в файл hw1.surname.rda, где surname - фамилия (предпочтительно - латиницей).
11. Сохраните итоговый скрипт в файл hw1.surname.r.
12. Отправьте два файла на адрес преподавателя в сообщении с темой group.surname.hw1, где group - номер группы.

Задание 2:

В пакете IsWR содержится набор данных juul, который содержит концентрации инсулин-подобного фактора роста (igf1) и описательные данные пациентов (sex - пол, age - возраст). Загрузите этот набор данных.

1. Создайте во фрейме новую переменную, содержащую квадратный корень из концентрации инсулин-подобного фактора роста.
2. Постройте регрессионную модель зависимости квадратного корня концентрации инсулин-подобного фактора роста от возраста для пациентов старше 23 лет.
3. Проанализируйте характер распределения остатков регрессионной модели. Постройте гистограмму их распределения, примените три критерия согласия. В комментарии приведите p-значения и сделайте итоговый вывод.
4. Проведите анализ гомоскедастичности регрессионной модели. В комментарии приведите название процедуры, p-значение и сделайте вывод.
5. Проведите анализ статистической значимости коэффициентов регрессионной модели. В комментарии приведите название процедуры, p-значение и сделайте вывод.
6. Как изменится ожидаемое значение переменной отклика в регрессионной модели при увеличении возраста на 20 месяцев?
7. Каково ожидаемое значение переменной отклика для следующих значений возраста: 32.18, 35.55, 40.33, 42.66, 70.26?
8. Рассчитайте и приведите в комментарии 99 %-ный доверительный интервал для коэффициента пересечения.
9. Постройте диаграмму рассеяния для данных, на основе которых построена анализируемая регрессионная модель. Используйте залитые полупрозрачные круги зеленого цвета. Подпишите оси. Добавьте на график линию регрессии.
10. Добавьте на график доверительные интервалы для положения линии регрессии и для прогнозируемых данных. Границы интервалов должны отличаться цветом от линии регрессии и друг от друга.
11. Рассчитайте расстояния Кука для всех наблюдений, по которым построена Ваша модель. Какие наблюдения характеризуются максимальным и минимальным расстояния Кука? (приведите номера этих наблюдений в комментарии)
12. Сравните значения расстояний Кука с рекомендованной границей для выявления влиятельных наблюдений. Сколько наблюдений можно считать влиятельными в соответствии с данным критерием?

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

а) основная литература:

1. Гмурман В. Е. - Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для студентов вузов. - М.: Высшая школа, 2003. - 479 с. (40 экземпляров в библиотеке ННГУ)

2. Динамические системы и модели в биологии [Электронный ресурс] / Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111928.html>

б) дополнительная литература:

1. Вуколов Э. А. - Основы статистического анализа: практикум по стат. методам и исслед. операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL : учеб. пособие по

специальности "Менеджмент организации". - М.: Форум, 2012. - 464 с. (50 экземпляров в библиотеке ННГУ)

2. Бычков А. Г. - Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и методам оптимизации: учеб. пособие для студентов учеб. заведений сред. проф. образования. - М.: Форум, 2011. - 224 с. (100 экземпляров в библиотеке ННГУ)

3. Наглядная статистика. Используем R! [Электронный ресурс] / А.Б. Шипунов, Е.М. Балдин, П.А. Волкова, А.И. Коробейников, С.А. Назарова, С.В. Петров, В.Г. Суфиянов. - М.: ДМК Пресс, 2012. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940748281.html>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. <http://www.r-project.org/> – R Project: The R Project for Statistical Computing.
2. <http://cran.r-project.org/> – CRAN: The Comprehensive R Archive.
3. <http://www.rstudio.com/> – R Studio web-site.
4. <http://www.statsoft.ru/home/textbook/> – электронный учебник по статистике и планированию эксперимента.
5. <http://r-analytics.blogspot.ru/> – R: Анализ и визуализация данных.
6. <http://www.r-bloggers.com/> – R-bloggers: R news and tutorials contributed by (552) R bloggers.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения (демонстрационное оборудование – проектор, ноутбук, экран). Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет»; и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ

Авторы _____ д.б.н., проф. кафедры экологии Якимов В.Н.

_____ к.б.н., доцент кафедры экологии Кудрин И.А.

Заведующий кафедрой экологии _____ д.б.н., проф. кафедры экологии Якимов В.Н.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии Института биологии и биомедицины от 6 декабря 2021 года, протокол № 3.