

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОПОП

_____ М.В. Коломина

«8» сентября 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ПМИ

_____ М.В. Коломина

«8» сентября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическая статистика»

Составители	Корнеев Г.А., к.т.н., доцент ФИТиП, ИТМО Буздалов М.В., к.т.н., доцент, ИТМО Ивашиненко Е.А., ст. пр. кафедры ПМИ
Направление подготовки / специальность	01.03.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) ОПОП	Программирование и искусственный интеллект
Квалификация (степень)	бакалавр
Форма обучения	очная
Год приёма	2023
Курс	3
Семестр(ы)	5

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целями освоения дисциплины «Математическая статистика» является:

- освоение понятийного аппарата математической статистики;
- приобретение практических навыков построения статистических моделей.

1.2. Задачи:

- изучение классических задач математической статистики;
- научить логически мыслить, разбираться в логических конструкциях математических теорий, привить навык абстрактно-дедуктивного мышления;
- выработать необходимые практические навыки решения прикладных задач.
- подготовить к изучению других дисциплин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина «Математическая статистика» относится к обязательной части и осваивается в 5 семестре.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами:

- Теория вероятностей;
- Математический анализ.

Знания: современного математического аппарата, основных методов дифференциального и исчисления функций нескольких переменных;

Умения: применять методы анализа для решения задач информатики, применять методы математического анализа к решению задач об изучении сходимости рядов, разложении в ряд и нахождении сумм числовых и степенных рядов.

Навыки: применения основных методов теории вероятности.

2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем):

- Теория сложности;
- Теория типов;
- Теория игр
- Машинное обучение.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки / специальности:

а) общепрофессиональных (ОПК)

- ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности.
- ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности

б) профессиональных (ПК)

- ПК-8. Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат

Таблица 1 – Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)

ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности.	ИОПК-1.1.1. Законы и методы естественных наук и математики, содержание процесса целеполагания и постановки задач	ИОПК-1.2.1. Планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач, использовать положения, законы и методы естественных наук и математики при решении задач профессиональной деятельности, обосновывать и применять инновационные идеи и альтернативные подходы к решению задач профессиональной деятельности с применением естественнонаучных и общепрофессиональных знаний	ИОПК-1.3.1. Навыками планирования своей деятельности, обоснования используемых методов и подходов
ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ИОПК-3.1.1. Математические модели, моделирование, методы описания объектов	ИОПК-3.2.1. Выявлять и формулировать целевые характеристики описания объекта моделирования, определять методы описания объектов и соответствующие им модели, строить модели объектов и процессов, апробировать и реализовывать математические модели в программной среде, осуществлять их корректировку, применять модели объектов и процессов, оценивать достижение целевых характеристик и показателей, интерпретировать и представлять результаты моделирования процессов и объектов в профессиональной деятельности	ИОПК-3.3.1. Навыками описания, построения, применения моделей объектов, оценки и интерпретации результатов моделирования процессов и объектов
ПК-8. Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	ИПК-8.1.1. Современный математический аппарат	ИПК-8.2.1. Применять методы функционального анализа для решения сложных задач информатики	ИОПК-8.3.1. Навыками применения современного математического аппарата

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объём дисциплины составляет 3 зачётные единицы, в том числе 68 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 34 часа – лекции, 34 часа – лабораторные работы) и 40 часов – на самостоятельную работу обучающихся.

Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины

Раздел, тема дисциплины	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации [по семестрам]
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Введение в математическую статистику	5	8		6		10	Лабораторные работы
Точечное и интервальное оценивание параметров	5	8		10		10	
Проверка статистических гипотез	5	8		8		10	Лабораторные работы

Раздел, тема дисциплины	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации [по семестрам]
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Линейные статистические модели	5	10		10		10	
Итого		34		34		40	Экзамен

Таблица 3 – Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых компетенций

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции			Общее количество компетенций
		ОПК-1	ОПК-3	ПК-8	
<i>Раздел I. Введение в математическую статистику</i>	24				
<i>Раздел II. Точечное и интервальное оценивание параметров</i>	28				
<i>Раздел III. Проверка статистических гипотез</i>	26	+	+	+	3
<i>Раздел IV. Линейные статистические модели</i>	30	+	+	+	3
Итого	108				3

Краткое содержание каждой темы дисциплины (модуля)

Раздел I. Введение в математическую статистику

Выборочные моменты и их свойства, выборочная квантиль, Выборка и генеральная совокупность. Эмпирическое распределение. Гистограмма и полигон частот. Эмпирическая функция распределения и её свойства.

Раздел II. Точечное и интервальное оценивание параметров

Сравнение точечных оценок и их эффективность, Доверительные интервалы. Асимптотические доверительные интервалы, Задача точечного оценивания параметров. Состоятельность, несмещённость и асимптотическая нормальность точечных оценок, Метод максимального правдоподобия, Метод моментов.

Раздел III. Проверка статистических гипотез

Ошибки первого и второго рода. Уровень значимости и мощность критерия, Постановка задачи проверки статистических гипотез. Нулевая и альтернативная гипотезы. Статистический критерий. Критическая область критерия, p-value, Критерии согласия, однородности и независимости.

Раздел IV. Линейные статистические модели

Теорема Гаусса-Маркова и следствия из неё, Модель линейной регрессии, Метод наименьших квадратов и его свойства.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

Основной формой реализации теоретического обучения является лекция, которая представляет собой систематическое, последовательное изложение преподавателем-лектором учебного материала теоретического характера. Цель лекции – организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом учебной дисциплины.

Порядок подготовки лекционного занятия включает в себя выполнение следующих этапов:

- изучение требований программы дисциплины;

- определение целей и задач лекции;
- разработка плана проведения лекции;
- подбор литературы (ознакомление с методической литературой, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия);
 - отбор необходимого и достаточного по содержанию учебного материала;
 - определение методов, приемов и средств поддержания интереса, внимания, стимулирования творческого мышления студентов;
 - написание конспекта лекции.

Лекция должна включать следующие разделы:

- формулировку темы лекции;
- указание основных изучаемых разделов или вопросов и предполагаемых затрат времени на их изложение;
- изложение вводной части;
- изложение основной части лекции;
- краткие выводы по каждому из вопросов;
- заключение;
- рекомендации литературных источников по излагаемым вопросам.

Лабораторные занятия

Лабораторное занятие – целенаправленная форма организации педагогического процесса, направленная на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения тех или иных учебных действий в данной сфере науки. Они развивают научное мышление и речь, позволяют проверить знания студентов и выступают как средства оперативной обратной связи.

Правильно организованные лабораторные занятия ориентированы на решение следующих задач:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы теоретических знаний по дисциплине (предмету);
- формирование практических умений и навыков, необходимых в будущей профессиональной деятельности, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Состав заданий для лабораторного занятия должен быть спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством учащихся.

Лабораторные занятия должны так быть организованы, чтобы студенты ощущали нарастание сложности выполнения заданий, испытывали бы положительные эмоции от переживания собственного успеха в учении, поисками правильных и точных решений.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, которую студент совершает в установленное время и в установленном объеме индивидуально или в группе, без непосредственной помощи преподавателя (но при его контроле), руководствуясь сформированными ранее представлениями о порядке и правильности выполнения действий.

В учебном процессе образовательного учреждения выделяются два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – выполняется на учебных занятиях, под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию (выполнение самостоятельных работ; выполнение контрольных и практических работ; решение задач);

- внеаудиторная – выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия (подготовка к аудиторным занятиям; изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку; выполнение домашних заданий разнообразного характера; выполнение индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы; подготовка к контрольной работе). Внеаудиторные самостоятельные работы представляют собой логическое продолжение аудиторных занятий, проводятся по заданию преподавателя, который инструктирует студентов и устанавливает сроки выполнения задания.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Лекция

- Лекция – основной вид обучения в вузе.
- В лекции излагаются основные положения теории, ее понятия и законы, приводятся факты, показывающие связь теории с практикой.
- Накануне лекции необходимо повторить содержание предыдущей лекции (а также теорию по изучаемой теме в школьных учебниках геометрии, если эта тема была представлена в них), а затем посмотреть тему очередной лекции по программе (по плану лекций).

Лабораторное занятие

- Лабораторное занятие – наиболее активный вид учебных занятий в вузе. Он предполагает самостоятельную работу над лекциями и учебными пособиями.
- К каждому лабораторному занятию нужно готовиться. Подготовку следует начинать с повторения теории (по записям лекций или по учебному пособию). После этого нужно решать задачи из предложенного домашнего задания.

Организация самостоятельной работы

Самостоятельность в учебной работе способствует развитию заинтересованности студента в изучаемом материале, вырабатывает у него умение и потребность самостоятельно получать знания, что весьма важно для специалиста с высшим образованием. Самостоятельная работа студентов представлена в следующих формах:

- работа с учебной литературой и конспектом лекций с целью подготовки к лабораторным занятиям, составление конспектов тем, выносимых на самостоятельную проработку;
- систематическое выполнение домашних работ.

Таблица 4 – Содержание самостоятельной работы обучающихся

Номер раздела (темы)	Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
Раздел 1	Введение в теорию вероятности	20	Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.
Раздел 2	Нейронные сети и машинное обучение	20	Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины (модуля), выполняемые обучающимися самостоятельно.

Лабораторная работа выполняется в рамках каждого раздела курса с целью усвоения прослушанного студентом теоретического материала.

Лабораторные работы должны быть сданы в период прочтения курса.

Сдача работы представляет собой предоставление отчета в свободной форме в письменном или электронном виде и, в случае необходимости, устные ответы на уточняющие вопросы по отдельным задачам.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине «Математическая статистика» могут использоваться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

6.1. Образовательные технологии

Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

Раздел, тема дисциплины	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
<i>Раздел I. Введение в математическую статистику</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Не предусмотрено</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение лабораторных работ</i>
<i>Раздел II. Точечное и интервальное оценивание параметров</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение лабораторных работ</i>
<i>Раздел III. Проверка статистических гипотез</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение лабораторных работ</i>
<i>Раздел IV. Линейные статистические модели</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение лабораторных работ</i>

6.2. Информационные технологии

При реализации различных видов учебной и внеучебной работы используются следующие информационные технологии:

- использование возможностей интернета в учебном процессе (использование сайта преподавателя (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление обучающихся с оценками и т. д.);
- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронных библиотек, журналов и т. д.) как источников информации;
- использование возможностей электронной почты преподавателя;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т. д.);
- использование интегрированных образовательных сред, где главной составляющей являются не только применяемые технологии, но и содержательная часть, т. е. информационные ресурсы (доступ к мировым информационным ресурсам, на базе которых строится учебный процесс);
- использование виртуальной обучающей среды (LMS Moodle «Электронное образование») или иных информационных систем, сервисов и мессенджеров.

6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
OpenOffice	Пакет офисных программ
R	Программная среда вычислений

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». <https://biblio.asu.edu.ru>
2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». www.studentlibrary.ru.
3. Электронная библиотечная система издательства ЮРАЙТ, раздел «Легендарные книги». www.biblio-online.ru
4. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем». <https://library.asu.edu.ru>

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Математическая статистика» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

Таблица 6 – Соответствие разделов, тем дисциплины, результатов обучения по дисциплине и оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы, темы дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции (компетенций)	Наименование оценочного средства
1	Введение в математическую статистику	ОПК-1, ОПК-3, ПК-8	лабораторные работы
2	Точечное и интервальное оценивание параметров	ОПК-1, ОПК-3, ПК-8	лабораторные работы
3	Проверка статистических гипотез	ОПК-1, ОПК-3, ПК-8	лабораторные работы
4	Линейные статистические модели	ОПК-1, ОПК-3, ПК-8	лабораторные работы

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Типовые контрольные задания, необходимые для оценки достижения запланированных результатов обучения приведены в таблице планирования результатов обучения по дисциплине (БаРС) (Приложение 1)*.

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Лабораторные работы

Лабораторная работа выполняется в рамках каждого раздела курса с целью усвоения прослушанного студентом теоретического материала.

Лабораторные работы должны быть сданы в период прочтения курса.

Сдача работы представляет собой предоставление отчета в свободной форме в письменном или электронном виде и, в случае необходимости, устные ответы на уточняющие вопросы по отдельным задачам.

Пример заданий к лабораторной работе 1

Проводится в аудиторное время не позднее 8 недели семестра. Задачи выдаются по темам разделов 1 и 2.

Решение каждой задачи оценивается условным единицами (далее – у.е.) в зависимости от сложности задачи (более сложные задачи оцениваются большим количеством у.е.).

Примеры задач:

1. Найти оценку параметра распределения Пуассона методом моментов.
2. Найти оценку параметра распределения Бернулли методом максимального правдоподобия.
3. Построить асимптотический доверительный интервал уровня γ для математического ожидания нормального распределения с неизвестной дисперсией.
4. Показать, что выборочное среднее является эффективной оценкой математического ожидания нормального распределения.
5. Найдите оценку параметра p распределения Бернулли. Смоделируйте 100 выборок длины 10 распределения Бернулли с параметром $p=2/5$. Сколько раз полученная оценка отличается от истинного значения параметра p более чем на 0.05? Повторите тот же эксперимент для объема выборки 250. Чем можно объяснить полученный результат?
6. В файле *input.csv* результаты замеров длины лепестков. Рассчитать выборочное среднее, выборочную дисперсию, медиану, асимптотические доверительные интервалы для математического ожидания длины лепестков. Построить гистограмму и полигон частот.

Пример заданий к лабораторной работе 2

Проводится в аудиторное время не позднее 16 недели семестра. Задачи выдаются по темам разделов 3 и 4.

Решение каждой задачи оценивается условным единицами (далее – у.е.) в зависимости от сложности задачи (более сложные задачи оцениваются большим количеством у.е.).

Примеры задач:

1. Монету бросили 200 раз. Герб появился 80 раз, решка – 120 раз. Проверить подозрение о "смещенности" монеты в сторону решки.
2. На потоке 30 юношей и 20 девушек, 20 юношей и 15 девушек получили "зачёт" по дисциплине, остальные – нет. Проверить подозрение о зависимости оценки от пола.
3. Постройте доверительный интервал уровня Y для параметра c_1 модели линейной регрессии:
4. В файле *input.csv* приведены данные о поле участников эксперимента и результаты испытаний (успех или неудача). Имеется подозрение, что мужчины лучше справляются с данным испытанием. Проверить данное подозрение с помощью статистических методов.
5. В файле *input.csv* приведены данные о росте, массе и длины прыжка с места. Имеется подозрение, что длина прыжка с места зависит от роста и массы. Проверить данное подозрение с помощью статистических методов.

Порядок предоставления отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Время, отводимое на выполнение – 4 часа. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Шаблон отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе № _____

«Название лабораторной работы»

1. Цель и задачи лабораторной работы: _____
2. Методика проведения исследования: _____
3. Анализ погрешностей: _____
4. Результаты: _____
5. Выводы: _____

Требования к выполнению лабораторной работы

Отчеты по лабораторным работам должны быть отправлены на электронную почту преподавателя не позднее, чем через две недели после выдачи задания. Полученные выводы и графический материал должны быть информативными и корректными.

Шкала оценивания и критерии оценки (на примере одной лабораторной работы):

№ п/п	Показатели	Оценка (уровень)		
		высокий	средний	низкий
1	Уровень оформления отчета	6	3,6	1,8
2	Навыки представления результатов работы	8	4,8	2,4
3	Умение применять полученные знания в новом окружении или для новых задач	8	4,8	2,4
4	Умение обосновывать принятые решения, анализировать ограничения их применимости	8	4,8	2,4

Перечень вопросов и заданий, выносимых на экзамен

1. Примеры задач, решаемых методами математической статистики.
2. Выборка. Эмпирическая функция распределения и её свойства.
3. Гистограмма, полигон частот, box-plot.
4. Выборочные моменты и их свойства.
5. Выборочное среднее. Выборочная дисперсия и несмещенная выборочная дисперсия.

6. Выборочные квантили. Асимптотическое поведение выборочных квантилей.
7. Линейные и квадратичные статистики от нормальных выборок. Теорема Фишера.
8. Задача точечного оценивания параметров. Несмещенность, состоятельность, асимптотическая нормальность оценок.
9. Метод моментов.
10. Метод максимального правдоподобия.
11. Сравнение точечных оценок. Эффективность. Неравенство Рао-Крамера.
12. Доверительные интервалы. Интервальное оценивание параметров нормального распределения.
13. Асимптотические доверительные интервалы.
14. Постановка задачи проверки статистических гипотез. Статистический критерий. Уровень значимости. Области принятия и опровержения нулевой гипотезы, p-value.
15. Ошибки первого и второго рода. Мощность критерия
16. Критерии, основанные на доверительных интервалах.
17. Критерии согласия и независимости хи-квадрат.
18. Ранговые критерии.
19. Лемма Неймана-Пирсона.
20. Модель линейной регрессии. Постановка задачи.
21. Метод наименьших квадратов и его свойства.
22. Теорема Гаусса-Маркова.
23. Следствия из теоремы Гаусса-Маркова. Основная теорема о регрессии. Доверительные интервалы для параметров регрессии. Критерии F и t.
24. Модель дисперсионного анализа.
25. Модель ковариационного анализа.
26. Обобщенные линейные модели. Логистическая регрессия.

Примеры задач:

1. Найти оценку параметра распределения Пуассона методом моментов.
2. Найти оценку параметра распределения Бернулли методом максимального правдоподобия.
3. Построить асимптотический доверительный интервал уровня γ для математического ожидания нормального распределения с неизвестной дисперсией.
4. Монету бросили 200 раз. Герб появился 80 раз, решка – 120 раз. Проверить подозрение о "смещенности" монеты в сторону решки.
5. На потоке 30 юношей и 20 девушек, 20 юношей и 15 девушек получили "зачёт" по дисциплине, остальные – нет. Проверить подозрение о зависимости оценки от пола.

Пример экзаменационного билета № 1

1. Вопрос «Примеры задач, решаемых методами математической статистики»
2. Вопрос «Ранговые критерии»
3. Задача 1: Найти оценку параметра распределения Пуассона методом моментов.
4. Задача 2: На потоке 30 юношей и 20 девушек, 20 юношей и 15 девушек получили "зачёт" по дисциплине, остальные – нет. Проверить подозрение о зависимости оценки от пола.

Таблица 9. Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

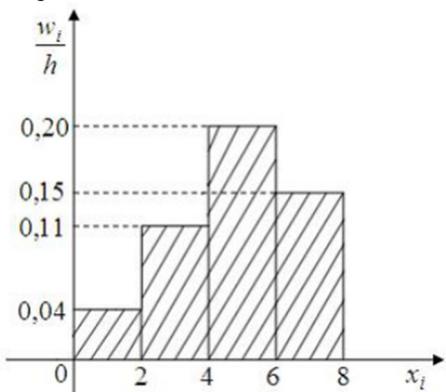
№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности.				
1.	Задание закрытого типа	Выберите верный ответ. Независимые случайные величины X_1, X_2 имеют стандартное нормальное распределение. Какое рас-	1	1-3

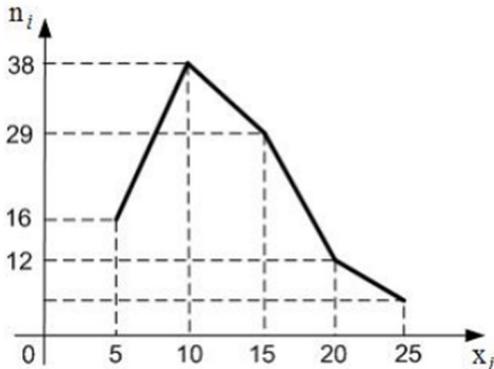
№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		<p>пределение имеет случайная величина $Y = \chi_1^2 + X_2^2$?</p> <p>1. распределение хи-квадрат с двумя степенями свободы ($\chi^2(2)$)</p> <p>2. распределение Стьюдента с двумя степенями свободы ($t(2)$)</p> <p>3. распределение Фишера $F(1,1)$</p>		
2.		<p><i>Выберите верный ответ.</i></p> <p>Квантиль уровня 0.95 для распределения Стьюдента с 6-ю степенями свободы равна 1.943. Чему равна квантиль уровня 0.05 для этого распределения?</p> <p>1. 1.943 2. -1.943 3. 0.043</p>	2	1-3
3.		<p><i>Выберите верный ответ.</i></p> <p>Вероятностью ошибки первого рода называют:</p> <p>1. вероятность принятия основной гипотезы в том случае, когда верна альтернативная гипотеза 2. вероятность принятия альтернативной гипотезы в том случае, когда верна основная гипотеза 3. вероятность принятия альтернативной гипотезы в том случае, когда верна альтернативная гипотеза</p>	2	1-3
4.		<p><i>Выберите верный ответ.</i></p> <p>Вероятностью ошибки второго рода называют:</p> <p>1. вероятность принятия основной гипотезы в том случае, когда верна альтернативная гипотеза 2. вероятность принятия альтернативной гипотезы в том случае, когда верна основная гипотеза 3. вероятность принятия альтернативной гипотезы в том случае, когда верна альтернативная гипотеза</p>	2	1-3
5.		<p><i>Выберите верный ответ.</i></p> <p>Уровнем значимости критерия называют:</p> <p>1. вероятность ошибки первого рода 2. вероятность ошибки второго рода 3. вероятность принять неверную гипотезу</p>	1	1-3
6.	Задание открытого типа	<p>Вероятность поражения цели первым стрелком равна 0,95, а вторым – 0,80. оба стрелка стреляют одновременно. Тогда вероятность того, что цель будет поражена только одним стрелком, равна...</p>	<p>Введем обозначения событий: А (цель поражена первым стрелком), В (цель поражена вторым стрелком). Так как эти события независимы, то искомую вероятность события С (цель будет поражена только одним стрелком) можно вычислить так:</p> $P(C) = P(A)P(\bar{B}) + P(\bar{A})P(B) = 0,95 * 0,2 + 0,05 * 0,8 = 0,23.$	5-7

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)										
7.		<p>Банк выдает 44% всех кредитов юридическим лицам, а 56% - физическим лицам. Вероятность того, что юридическое лицо не погасит а срок кредит, равна 0,2; а для физического лица эта вероятность составляет 0,1. Тогда вероятность того, что очередной кредит будет погашен в срок, равна...</p>	<p>Для вычисления вероятности события А (выданный кредит будет погашен в срок) применим формулу полной вероятности: $P(A) = P(B_1)P_{B_1}(A) + P(B_2)P_{B_2}(A)$. Здесь $P(B_1)$ – вероятность того, что кредит был выдан юридическому лицу; $P(B_2)$ – вероятность того, что кредит был выдан физическому лицу; $P_{B_1}(A)$ – условная вероятность того, что кредит будет погашен в срок, если он был выдан юридическому лицу; $P_{B_2}(A)$ – условная вероятность того, что кредит будет погашен в срок, если он был выдан физическому лицу. Тогда $P(A) = \frac{44}{100} * 0,8 + \frac{56}{100} * 0,9 = 0,856$</p>	7-10										
8.		<p>Для дискретной случайной величины X:</p> <table border="1" data-bbox="376 1189 959 1256"> <tr> <td>X</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>p</td> <td>p₁</td> <td>p₂</td> <td>p₃</td> <td>p₄</td> </tr> </table> <p>функция распределения вероятностей имеет вид:</p> $F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 2, \\ 0,25 & \text{при } 2 < x \leq 3, \\ 0,40 & \text{при } 3 < x \leq 4, \\ 0,75 & \text{при } 4 < x \leq 5, \\ 1 & \text{при } x > 5. \end{cases}$ <p>Тогда значения вероятностей p₁, p₃ и p₄ равны соответственно...</p>	X	2	3	4	5	p	p ₁	p ₂	p ₃	p ₄	<p>По определению $F(x) = P(X < x) = \sum_{x_k < x} p_k$. Следовательно, p₁ = 0,25, p₃ = 0,75 – 0,40 = 0,35 и p₄ = 1 – 0,75 = 0,25.</p>	5-7
X	2	3	4	5										
p	p ₁	p ₂	p ₃	p ₄										
9.		<p>Непрерывная случайная величина X задана функцией распределения вероятностей:</p> $F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{x^2}{25} & \text{при } 0 < x \leq 5, \\ 1 & \text{при } x > 5. \end{cases}$ <p>Найдите плотность распределения вероятностей.</p>	<p>Плотность распределения вероятностей непрерывной случайной величины вычисляется по формуле: $f(x) = F'(x)$. Тогда $(\frac{x^2}{25})' = \frac{2x}{25}$ и</p> $f(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{2x}{25} & \text{при } 0 < x \leq 5, \\ 0 & \text{при } x > 5. \end{cases}$	3-5										
10.		<p>Непрерывная случайная величина X задана функцией распределения вероятностей:</p>	<p>Эта случайная величина распределена равномерно в интервале (0; 7). Тогда ее дисперсию</p>	5-7										

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)								
		$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{x}{7} & \text{при } 0 < x \leq 5, \\ 1 & \text{при } x > 7. \end{cases}$ <p>Найдите ее дисперсию.</p>	<p>можно вычислить по формуле $D(X) = \frac{(b-a)^2}{12}$.</p> <p>То есть $D(X) = \frac{(7-0)^2}{12} = \frac{49}{12}$.</p>									
ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности												
11.	Задание закрытого типа	<p><i>Выберите верный ответ.</i></p> <p>Если увеличить уровень значимости статистического критерия, то размер критической области при этом:</p> <ol style="list-style-type: none"> увеличится уменьшится не изменится 	2	1-3								
12.		<p><i>Выберите верный ответ.</i></p> <p>Уровень значимости критерия равен 0.05. Чему равна вероятность того, что основная гипотеза будет справедливо принята?</p> <ol style="list-style-type: none"> 0.05 0.95 0.9 	2	1-3								
13.		<p><i>Выберите верные ответы.</i></p> <p>Имеются данные о потребительских расходах на душу населения по всем областям двух соседних регионов. Необходимо выяснить, одинаковы ли в среднем потребительские расходы на душу населения в этих регионах? Какой (какие) из перечисленных критериев позволяет решить данную задачу?</p> <ol style="list-style-type: none"> критерий Фишера критерий Колмогорова-Смирнова критерий Вилкоксона критерий Ансари-Брэдли 	2, 3	1-3								
14.		<p><i>Выберите верный ответ.</i></p> <p>Эмпирическая функция распределения выборки является состоятельной оценкой для:</p> <ol style="list-style-type: none"> истинной плотности распределения выборки истинной функции распределения выборки Математического ожидания Дисперсии 	2	1-3								
15.		<p><i>Выберите верный ответ.</i></p> <p>Из генеральной совокупности извлечена выборка объема $n = 10$:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td>x_i</td> <td>10,1</td> <td>10,4</td> <td>10,7</td> </tr> <tr> <td>n_i</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Тогда выборочное среднее квадратическое отклонение равно...</p> <ol style="list-style-type: none"> 0,0504 	x_i	10,1	10,4	10,7	n_i	2	4	4	2	5-7
x_i	10,1	10,4	10,7									
n_i	2	4	4									

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)						
		2. $\sqrt{0,0504}$ 3. 10,46 4. $\sqrt{10,46}$								
16.	Задание открытого типа	Непрерывная случайная величина X задана плотностью распределения вероятностей: $f(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{2x}{25} & \text{при } 0 < x \leq 5, \\ 0 & \text{при } x > 5. \end{cases}$ Найдите ее дисперсию.	Дисперсия непрерывной случайной величины X можно вычислить по формуле $D(X) = M(X^2) - (M(X))^2$. Тогда $D(X) = \int_0^5 x^2 \frac{2x}{25} dx - \left(\int_0^5 x \frac{2x}{25} dx \right)^2 = \frac{25}{2} - \left(\frac{10}{3} \right)^2 = \frac{25}{18}.$	5-7						
17.		Дисперсия дискретной случайной величины X , заданной законом распределения вероятностей: <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td>X</td> <td>1</td> <td>x_2</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> </tr> </table> равна 0,06. Тогда значение $x_2 > 1$ равно...	X	1	x_2	P	0,4	0,6	Дисперсию $D(X)$ дискретной случайной величины можно вычислить по формуле $D(X) = M(X^2) - (M(X))^2$. Тогда $D(X) = 1^2 - 0,4 + x_2^2 * 0,6 - (1 * 0,4 + x_2 * 0,6)^2 = 0,06,$ или $0,24x_2^2 - 0,48x_2 + 0,18 = 0.$ Решив последнее уравнение, получаем два корня $x_2 = 0,5$ и $x_2 = 1,5$.	5-7
X	1	x_2								
P	0,4	0,6								
18.		Проводится n независимых испытаний, в каждом из которых вероятность появления события A постоянна и равна 0,6. тогда математическое ожидание $M(X)$ и дисперсия $D(X)$ дискретной случайной величины X – числа появлений события A в $n = 100$ проведенных испытаниях равны...	Случайная величина X подчиняется биномиальному закону распределения вероятностей. Поэтому $M(X) = n * p = 100 * 0,6 = 60$, а $D(X) = n * p * q = 100 * 0,6 * 0,4 = 24$.	5-7						
19.		Непрерывная случайная величина X задана функцией распределения вероятностей: $F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{x^2}{36} & \text{при } 0 < x \leq 6, \\ 1 & \text{при } x > 6. \end{cases}$ Найдите ее математическое ожидание.	Вычислим предварительно плотность распределения вероятностей по формуле: $f(x) = F'(x)$, тогда $\left(\frac{x^2}{36}\right)' = \frac{x}{18}$ и $f(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{x}{18} & \text{при } 0 < x \leq 6, \\ 1 & \text{при } x > 6. \end{cases}$ Тогда $M(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx = \int_0^6 x \frac{x}{18} dx = \frac{1}{18} * \frac{x^3}{3} \Big _0^6 = 4$	5-7						
20.		Из генеральной совокупности извлечена выборка	Из определения частоты	5-7						

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)										
		<p>объема $n = 100$, гистограмма относительных частот которой имеет вид</p>  <p>Найдите статистическое распределение выборки.</p>	<p>$w_i = \frac{n_i}{n}$, следует, что $n_i = n \cdot w_i$. Тогда, с учетом того, что $h = 2$ частоты можно вычислить как $n_i = n \cdot w_i = n \cdot \frac{w_i}{h} \cdot h = 100 \cdot \frac{w_i}{h} \cdot 2$, то есть статистическое распределение выборки может иметь вид:</p> <table border="1" data-bbox="1013 582 1268 638"> <tr> <td>$x_i - x_{i-1}$</td> <td>0-2</td> <td>2-4</td> <td>4-6</td> <td>6-8</td> </tr> <tr> <td>n_i</td> <td>8</td> <td>22</td> <td>40</td> <td>30</td> </tr> </table>	$x_i - x_{i-1}$	0-2	2-4	4-6	6-8	n_i	8	22	40	30	
$x_i - x_{i-1}$	0-2	2-4	4-6	6-8										
n_i	8	22	40	30										
Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат ПК-8														
21.	Задание закрытого типа	<p><i>Выберите верный ответ.</i></p> <p>Если все варианты x_i исходного вариационного ряда увеличить в два раза, то выборочная дисперсия $D_B \dots$</p> <ol style="list-style-type: none"> увеличится в 4 раза; увеличится в два раза; не изменится; увеличится на четыре единицы. 	1	5-7										
22.		<p><i>Выберите верный ответ.</i></p> <p>Дан доверительный интервал $(-0,28; 1,42)$ для оценки математического ожидания нормально распределенного количественного признака. Тогда при уменьшении надежности (доверительной вероятности) оценки доверительный интервал может принять...</p> <ol style="list-style-type: none"> $(0; 1,42)$ $(-0,37; 1,51)$ $(-0,14; 1,42)$ $(-0,14; 1,28)$ 	4	5-7										
23.		<p><i>Соотнесите.</i></p> <p>Установите соответствие между доверительным интервалом для оценки математического ожидания нормально распределенного количественного признака и точностью этой оценки.</p> <ol style="list-style-type: none"> $(31,4; 44,0)$ $(28,5; 32,7)$ $(26,1; 34,5)$ <p>а. 2,1 б. 6,3 в. 4,2</p>	1-б 2-а 3-в	5-7										
24.		<p><i>Выберите верный ответ.</i></p> <p>Точечная оценка математического ожидания нормально распределенного количественного признака равна 0,4. Тогда его интервальная оценка может</p>	3	3-5										

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)												
		иметь вид... 1. (0;0,85) 2. (0,4; 0,85) 3. (-0,05;0,85) 4. (-0,15;1,15)														
25.		Выберите верный ответ. Выборочное уравнение прямой линии регрессии Y на X имеет вид $y = -4,8 + 1,2x$. Тогда выборочный коэффициент корреляции может быть равен... 1. 0,82 2. -0,82 3. 1,2 4. -1,2	1	3-5												
26.	Задание открытого типа	Из генеральной совокупности извлечена выборка объема $n = 80$: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"><tr> <td>$x_i - x_{i+1}$</td> <td>0-2</td> <td>2-4</td> <td>4-6</td> <td>6-8</td> <td>8-10</td> </tr> <tr> <td>n_i</td> <td>6</td> <td>14</td> <td>28</td> <td>n_4</td> <td>12</td> </tr> </table> Найдите значение n_4 .	$x_i - x_{i+1}$	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	n_i	6	14	28	n_4	12	Объем выборки вычисляется по формуле $n = \sum_{i=1}^k n_i$, где n_i – сумма частот вариантов частичного интервала $x_i - x_{i+1}$. Тогда $n_4 = 80 - 6 - 14 - 28 - 12 = 20$.	5-7
$x_i - x_{i+1}$	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10											
n_i	6	14	28	n_4	12											
27.		Из генеральной совокупности извлечена выборка объема $n = 100$, полигон частот которой имеет вид:  Тогда относительная частота варианта $x_5 = 25$ в выборке равна...	Относительная частота w_i вычисляется по формуле $w_i = \frac{n_i}{n}$, где n_i – частота варианты x_i , а $n = \sum_{i=1}^k n_i$ – объем выборки. Вычислим предварительно частоту варианты $x_5 = 25$ как $n_5 = 100 - 16 - 38 - 29 - 12 = 5$. тогда $w_5 = \frac{5}{100} = 0,05$.	5-7												
28.		Медиана вариационного ряда 11, 13, 13, 14, 15, x_6 , 18, 19, 21, 24, 25, 25 равна 17. Тогда значение варианты x_6 равно...	Медианой вариационного ряда называется значение признака генеральной совокупности, приходящееся на середину вариационного ряда. Так как в середине ряда располагаются две варианты: x_6 и 18, то медиана равна их средней арифметической, то есть $17 = \frac{x_6 + 18}{2}$. Тогда $x_6 = 16$.	5-7												
29.		Проведено 5 измерений (без систематических ошибок) некоторой случайной величины (в мм): 2,1; 2,3; x_3 ; 2,7; 2,9. Если несмещенная оценка математического ожидания равна 2,48, то x_3 равно...	Несмещенная оценка математического ожидания вычисляется по формуле:	5-7												

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			$\sum_{i=1}^n x_i$, то есть $\bar{x}_B = \frac{2,1+2,3+x_3+2,7+2,9}{5} = 2,48$. Следовательно, $x_3 = 2,4$.	
30.		При построении выборочного уравнения парной регрессии вычислены выборочный коэффициент корреляции $r_B = -0,66$ и выборочные средние квадратические отклонения $\sigma_X = 2,4$, $\sigma_Y = 1,2$. Тогда выборочный коэффициент регрессии X на Y равен...	Выборочный коэффициент регрессии X на Y вычисляется по формуле $\rho_{XY} = r_B \frac{\sigma_X}{\sigma_Y}$. Тогда $\rho_{XY} = -0,66 * \frac{2,4}{1,2} = -1,32$.	3-5
31.	Задание комбинированного типа	<i>Верно ли утверждение</i> Если все варианты x_i исходного вариационного ряда увеличиться в два раза, то выборочная дисперсия D_B увеличится в два раза. Ответ обоснуйте.	Утверждение неверно, поскольку если все варианты x_i исходного вариационного ряда увеличиться в два раза, то выборочная дисперсия D_B увеличится в четыре раза	1-3

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (модулю) (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины (модуля).

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество Мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Основной блок				
1.	<i>Выполнение практического задания</i>	2/20	40	По расписанию
Всего			40	-
Блок бонусов				
2.	<i>Посещение занятий</i>		5	
3.	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>		5	
Всего			10	-
Дополнительный блок**				
4.	<i>Экзамен</i>		50	
Всего			50	-
ИТОГО			100	-

Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)

Показатель	Балл
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-1
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-1

Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале
90–100	5 (отлично)
85–89	4 (хорошо)
75–84	
70–74	
65–69	3 (удовлетворительно)
60–64	

Сумма баллов	Оценка по 4-бальной шкале
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1. Основная литература

1. Задачи для самостоятельного решения по теории вероятностей и математической статистике : [метод. указания и задачи] / С. В. Решетов, И. А. Суслина ; М-во образования и науки РФ, СПбНИУ ИТМО, [Каф. ВМ] .— СПб. : НИУ ИТМО, 2014 .— 58, [2] с. : ил. — (Национальный исследовательский университет ИТМО) - http://books.ifmo.ru/book/1220/zadachi_dlya_samostoyatel'nogo_resheniya_po_teorii_veroyatnoste_y_i_matematicheskoy_statistike.htm
2. Рашка, С. Python и машинное обучение [Электронный ресурс] : рук. / С. Рашка ; пер. с англ. Логунова А.В.. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 418 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100905>
3. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учебник для академического бакалавриата / В. Д. Мятлев, Л. А. Панченко, Г. Ю. Ризниченко, А. Т. Терехин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 321 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-01698-7 <https://www.biblio-online.ru/book/3BE3DA5E-63AD-4D81-ABC6-8B5C7744D7B3>
4. Сизова, Т.М. Статистика: практикум. [Электронный ресурс] / Т.М. Сизова, Л.Г. Мишура. - СПб. : НИУ ИТМО, 2016. — 61 с. — Режим доступа: URL <http://e.lanbook.com/book/91473>
5. Энатская, Н. Ю. Теория вероятностей и математическая статистика для инженерно-технических направлений : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Н. Ю. Энатская, Е. Р. Хакимуллин. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 399 с. — (Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-02662-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/413151>

8.2. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся:

1. Кривцова, И. Е. Основы дискретной математики. Часть 1. Учебное пособие [Электронный ресурс] / И. Е. Кривцова, И. С. Лебедев, А. В. Настека. — Электрон. дан. — СПб: ИТМО, 2016. — 92 с. — Режим доступа: http://books.ifmo.ru/book/1869/osnovy_diskretnoy_matematiki_chast_1_uchebnoe_posobie.htm — Загл. с экрана.

8.3. Дополнительная литература

1. Вики-конспекты. — http://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Заглавная_страница

8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем»: <https://library.asu.edu.ru>
2. Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС): <http://mars.arbicon.ru>
3. Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для проведения лекционных занятий используется аудитория, оборудованная современной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Для выполнения лабораторных работ используются компьютерные классы с установленным в них необходимым программным обеспечением.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).