

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института инженерных и
цифровых технологии



К.А. Польщиков

18.05.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы статистической обработки информации в приложениях искусственного
интеллекта

наименование дисциплины

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению
подготовки

Направление подготовки 09.04.03 Прикладная информатика

Профиль подготовки Искусственный интеллект и наука о данных

Автор: доцент Кафедры статистического моделирования СПбГУ, к.ф.м.-н. Алексеева
Нина Петровна

должность, ученая степень, ученое звание, инициалы и фамилия

Программа одобрена Кафедрой прикладной информатики информационных технологий

Протокол заседания кафедры от 06.04.2022 № 8

дата

Программа согласована Кафедрой прикладной информатики и информационных
технологий

Протокол заседания кафедры от 06.04.2022 № 8

дата

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

Дисциплина «Методы статистической обработки информации» представляет обучающимся комплекс знаний, умений и навыков, позволяющих овладеть основными подходами математической статистики и базовыми приемами обработки информации с их применением. Такие знания необходимы для продолжения обучения другим дисциплинам в профиле, для успешной интеграции выпускников вузов в компании, занимающиеся промышленной разработкой программного обеспечения для обработки данных, а также для ведения полноценной исследовательской деятельности.

Цель изучения дисциплины: обучение обучающихся основам математической статистики; формирование навыка использования базовых приемов обработки данных методами математической статистики; умение проводить анализ полученных результаты и делать выводы; развитие способности дальнейшего освоения дисциплин, необходимых для работы с большими информационными системами.

Усвоение теоретических положений теории вероятностей и математической статистики важно для адекватного применения методов оценки параметров моделей и проверки статистических гипотез в анализе реальных данных.

1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Программа курса предназначена для обучающихся 1 курса магистратуры и рассчитана на обучающихся, изучавших основы математических дисциплин в объеме четырех курсов бакалавриата и владеющих базовыми навыками работы с компьютером. Максимальная эффективность программы будет обеспечена при условии, что обучающийся владеет понятиями и теоретическими результатами теории вероятностей и имеет навыками реализации программ (написания программного кода) на языке программирования R.

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны владеть основными понятиями и методами статистического анализа, указанными в разделе 2.2.

Кроме того, в результате изучения дисциплины обучающиеся должны:

- знать и уметь использовать основные понятия и методы статистического анализа данных;
- знать и уметь учитывать основные тенденции развития современного естествознания;
- обладать способностью активно применять общенаучные базовые знания естественных наук, математики и информатики в области прикладной математики и информатики;
- обладать способностью работы с информацией из различных источников, включая сетевые ресурсы сети Интернет, для решения профессиональных задач;
- знать и уметь использовать современные стохастические методы вычислений и адаптировать математические методы обработки данных при изменении условий эксперимента;
- иметь навыки применения проверки статистических гипотез и оценки параметров статистических моделей в реальных данных.

Курс способствует развитию следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения, обеспечивающие формирование компетенции	Код индикатора и индикатор достижения универсальной компетенции
<p>ПКП-3-ИИР-ОПК-3 — Способен использовать методы научных исследований и математического моделирования в области проектирования и управления системами искусственного интеллекта</p>	<p>умеет: применять логические методы и приемы научного исследования; методологические принципы современной науки, концепции, источники знания и приемы работы с ними; знает: логические методы и приемы научного исследования; методологические принципы современной науки, направления, концепции, источники знания и приемы работы с ними; основные особенности научного метода познания; программно-целевые методы решения научных проблем</p>	<p>ПКП-3-ИИР-ОПК-3.1. Применяет логические методы и приемы научного исследования, методологические принципы современной науки, направления, концепции, источники знания и приемы работы с ними, основные особенности научного метода познания, программно-целевые методы решения научных проблем в профессиональной деятельности</p>
<p>ПКП-4-ИИР-ПК-1. Способен исследовать и разрабатывать архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей на основе комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта</p>	<p>умеет: выбирать, применять и интегрировать методы и инструментальные средства систем искусственного интеллекта, критерии их выбора и методы комплексирования в рамках создания интегрированных гибридных интеллектуальных систем различного назначения знает: методы и инструментальные средства систем искусственного интеллекта, критерии их выбора и методы комплексирования в рамках создания интегрированных гибридных интеллектуальных систем различного назначения</p>	<p>ПКП-4-ИИР-ПК-1.2. Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области</p>

1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий

Объём активных и интерактивных форм учебных занятий 10 часов.

Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий.

- Ответы на вопросы обучающихся во время занятий.
- Обсуждение полученных на занятии результатов.
- Совместное решение задач, связанных с изученным материалом.
- Личные и групповые консультации.
- Совместный поиск ошибок в заведомо неправильных рассуждениях.

Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

2.1. Организация учебных занятий

2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся																
Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п.	Контактная работа обучающихся с преподавателем											Самостоятельная работа			Объём активных и интерактивных форм учебных занятий	Трудоёмкость
	лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная	итоговая аттестация	под руководством	в присутствии преподавателя	сам. раб. с использованием методических материалов	текущий контроль		
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																
Форма обучения: очная																
Семестр 2	30		2	16				2				62		32	10	4
	1-100		1-100	1-25				1-10 0				1-1		1-1		
ИТОГО	30		2	16				2				62		32		4

Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации						
Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п.	Формы текущего контроля успеваемости		Виды промежуточной аттестации		Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)	
	Формы	Сроки	Виды	Сроки	Виды	Сроки
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ						
Форма обучения: очная						
Семестр 2			экзамен, устно,	по графику	промежуто	

			традицион ная форма	чной аттестации		
--	--	--	------------------------	--------------------	--	--

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Период обучения (модуль): Семестр 2

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Кол-во часов
1	Введение и общие понятия. Описательная статистика	лекции	2
		практические занятия	2
		самостоятельная работа по методическим материалам	12
2	Статистические критерии независимости категориальных признаков	лекции	4
		практические занятия	2
		самостоятельная работа по методическим материалам	12
3	Статистические критерии однородности и независимости	лекции	8
		практические занятия	4
		самостоятельная работа по методическим материалам	12
4	Задачи систематизации наблюдений (факторный и кластерный анализы)	лекции	8
		практические занятия	4
		самостоятельная работа по методическим материалам	12
		лекции	8
		практические занятия	4

5	Классификация и прогнозирование	самостоятельная работа по методическим материалам	14
6	Промежуточная аттестация	самостоятельная работа	32
		консультации	2
		экзамен	2
Итого			144

Тема 1. Введение и общие понятия. Описательная статистика.

Описательная статистика. Выборка, эмпирическое распределение, гистограмма. Характеристики выборочного распределения.

Тема 2. Статистический анализ независимости категориальных признаков

1. Таблицы сопряженности. Коэффициент неопределенности. Формулы Хартли и Шеннона. Условная энтропия и количество информации.
2. Точный критерий Фишера.
3. Теорема Пирсона и ее приложения. Теорема о согласии эмпирического и генерального распределения в случае известных и неизвестных параметров. Проверка гипотезы согласия с нормальным распределением. Критерий хи-квадрат независимости.
4. Таблицы сопряженности для зависимых выборок. Критерии Мас Немара и Кохрена.

Тема 3. Статистические критерии однородности и независимости количественных данных

1. Распределения, связанные с нормальным. Гамма-функция и гамма распределение. Распределения хи-квадрат и Фишера. Асимптотическое свойство распределения Стьюдента.
2. Точные выборочные распределения. Совместное распределение выборочного среднего и второго центрального момента. Доверительный интервал. Статистики Стьюдента и Фишера. Распределение разности выборочных средних.
3. Однофакторный дисперсионный анализ. Статистика критерия Фишера. Мера изменчивости средних. Наведение контрастов.
4. Непараметрические критерии однородности. Критерии для двух независимых выборок. Критерии Вилкоксона и Манна-Уитни. Непараметрический критерий равенства дисперсий. Критерий Краскела-Уоллиса. Медианный критерий. Критерии для зависимых выборок: знаков, Вилкоксона.

Тема 4. Задачи систематизации наблюдений (факторный и кластерный анализы)

1. Кластерный анализ категориальных данных. Информационное разнообразие групп и информационный выигрыш. Процедуры кластеризации индивидов и признаков.
2. Факторный анализ. Линейные преобразования, приводящие к некоррелированным компонентам. Метод главных компонент. Факторные нагрузки и формула восстановления.

Тема 5. Классификация и прогнозирование

1. Множественная регрессия и канонический корреляционный анализ.
2. Дискриминантный анализ. Логистическая регрессия.
3. Многофакторные модели дисперсионного анализа. Многомерный дисперсионный анализ.
4. Анализ данных типа времени жизни. Кривая дожития или функция надежности. Функция риска. Цензурирование и оценка Каплана-Мейера. Оценка параметра постоянного риска. Регрессионная модель Кокса. Сравнение двух и несколько групп по кривым дожития.

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Успешное освоение дисциплины возможно благодаря посещению лекций, участию в обсуждении вопросов, подготовленных к занятию, самостоятельной работе, включающей в себя чтение специальной литературы по разделам темы.

3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающегося, как вид деятельности, стимулирующий активность, самостоятельность, познавательный интерес с целью поиска необходимой информации, приобретения знаний, использования этих знаний для решения учебных, научных и профессиональных задач, представляет собой важную составляющую учебного процесса, которой отводится не менее половины учебного времени при очной форме обучения.

Время, отводимое на самостоятельную работу, должно использоваться обучающимися для наиболее полного освоения учебной дисциплины. Следовательно, организация эффективной внеаудиторной самостоятельной работы в процессе обучения требует, с одной стороны, создание условий, призванных обеспечить рациональное и планомерное управление учебной деятельностью, протекающей в отсутствие преподавателя, и тщательной подготовки целого ряда учебных пособий, снабженных методическими указаниями, с другой стороны.

К числу методических пособий относятся общие методические рекомендации и указания по самостоятельной работе.

Роль преподавателя в организации самостоятельной работы состоит в координации действий обучающихся в освоении дисциплины, в методическом и организационном обеспечении учебного процесса. Взаимодействие между преподавателем и обучающимся осуществляется в форме консультаций. Преподаватели также оказывают помощь обучающимся по планированию и организации самостоятельной работы.

Методическое обеспечение самостоятельной работы обеспечивается наличием в библиотеке необходимых учебников и монографий, наличием электронных копий другой методической литературы, а также электронных копий комментариев к наиболее сложным частям материала, написанным преподавателем.

3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Для промежуточной аттестации должно быть выполнено:

Зачтены контрольные статистические обработки по описательной статистике, проверке независимости качественных признаков, проверке гипотез однородности, значимости коэффициентов корреляции, факторному, дисперсионному, дискриминантному анализу, по анализу данных типа времени жизни.

Промежуточная аттестация – экзамен.

На экзамене обучающемуся дается два теоретических вопроса из перечисленных в п.3.1.4, до экзамена должно быть выполнено пять задач тестового характера на темы, перечисленные выше. Если пять задач не сделаны до даты экзамена, то решение должно быть принесено на экзамен, но в этом случае оценка снижается на балл (а системе ECTS с А до В, с В и С до D, с D и E до F).

На основе ответов на вопросы и уровня выполнения практических заданий ставится оценка следующим образом.

Система ECTS.

Оценка А (отлично) ставится обучающемуся, полностью овладевшему теоретическим материалом и продемонстрировавшему принципы его применения на практике.

Оценка В (хорошо) ставится обучающемуся, полностью овладевшему теоретическим материалом и в основном продемонстрировавшему принципы его применения на практике.

Оценка С (хорошо) ставится обучающемуся, достаточно полно овладевшему теоретическим материалом и в основном продемонстрировавшему принципы его применения на практике.

Оценка D (удовлетворительно) ставится обучающемуся, имеющему пробелы в овладении теоретическим материалом или в его применении на практике, если эти пробелы не являются решающими.

Оценка E (удовлетворительно) ставится обучающемуся, имеющему пробелы как в овладении теоретическим материалом, так и в его применении на практике, если эти пробелы не являются решающими.

Оценка F (неудовлетворительно) ставится обучающемуся, имеющему существенные пробелы в овладении теоретическим материалом и в его применении на практике.

3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Достижение компетенций оценивается при помощи следующих контрольно-измерительных материалов.

№	Код индикатора и индикатор достижения компетенции	Контрольно-измерительные материалы (КИМ) (тестовые вопросы, контрольные задания, кейсы и пр.)
	1	2
1	ОПК-1.1 Знает математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности	Контрольно-измерительные материалы устного экзамена
2	ОПК-1.3. Проводит теоретическое и экспериментальное исследование объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	Контрольно-измерительные материалы устного экзамена
3	ПКП-3-ИИР-ОПК-3.1. Применяет логические методы и приемы научного исследования, методологические принципы современной науки, направления, концепции, источники знания и приемы работы с ними, основные особенности научного метода познания, программно-целевые методы решения научных проблем в профессиональной деятельности	Контрольно-измерительные материалы устного экзамена

4	ПКП-4-ИИР-ПК-1.2. Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области	Контрольно-измерительные материалы устного экзамена
---	--	---

3.1.4.1. Формируемые дисциплиной компетенции

ОПК-1 — Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.

Формируется дисциплиной.

✓ Развивается дисциплиной.

Полностью сформирована по результатам освоения дисциплины.

Шкала оценивания: линейная, определяется долей успешно выполненных заданий, проверяющих данную компетенцию.

ПКП-3-ИИР-ОПК-3. Способен использовать методы научных исследований и математического моделирования в области проектирования и управления системами искусственного интеллекта.

✓ Развивается дисциплиной.

Полностью сформирована по результатам освоения дисциплины.

Шкала оценивания: линейная, определяется долей успешно выполненных заданий, проверяющих данную компетенцию.

ПКП-4-ИИР-ПК-1. Способен исследовать и разрабатывать архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей на основе комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта

✓ Развивается дисциплиной.

Полностью сформирована по результатам освоения дисциплины.

Шкала оценивания: линейная, определяется долей успешно выполненных заданий, проверяющих данную компетенцию.

3.1.4.2. Контрольно-измерительные материалы (примеры)

Примерный краткий перечень вопросов к экзамену.

1. Виды наблюдений и природа признаков. Случайная выборка, статистический и вариационный ряд. Выборочное распределение и его характеристики. Теорема Гливленко.
2. Соотношение между начальными и центральными моментами. Нечетные моменты симметричного распределения. Эксцесс нормального распределения.
3. Распределения, связанные с нормальным: хи-квадрат, Стьюдента и Фишера. Асимптотическое свойство распределения Стьюдента.
4. Проверка статистических гипотез. Принцип маловероятных событий. Ошибки первого и второго рода. Мощность критерия.
5. Статистические критерии независимости категориальных признаков. Адаптация теоремы Пирсона к задаче проверки независимости категориальных признаков.
6. Непараметрические методы анализа категориальных признаков. Формулы Хартли и Шеннона. Условная энтропия и количество информации. Коэффициенты неопределенности.

7. Точный критерий Фишера. Критерий для проверки равенства частот. Таблицы сопряженности для зависимых выборок. Критерии Кохрена и Мак Немара.
8. Совместное распределение выборочного среднего и второго центрального момента. Доверительный интервал генерального среднего.
9. Вывод статистик Стьюдента и Фишера для проверки однородности нормально распределенных выборок по их математическим ожиданиям и дисперсиям.
10. Критерий Стьюдента для зависимых выборок. Распределение разности выборочных средних.
11. Однофакторный дисперсионный анализ и проблема наведения контрастов.
12. Оценка параметров линейной регрессии и их законы распределения.
13. Коэффициент детерминации и множественный коэффициент корреляции.
14. Статистика Фишера о значимости отклонения от нуля углового коэффициента регрессии.
15. Проверка значимости отклонения от нуля коэффициента корреляции.
16. Информационное разнообразие групп и информационный выигрыш. Процедуры кластеризации индивидов и признаков.
17. Факторный анализ. Факторные нагрузки и формула восстановления.
18. Оценка параметров множественной регрессии по методу наименьших квадратов. Значимость коэффициентов регрессии.
19. Множественный коэффициент корреляции и проверка значимости прогноза.
20. Дискриминантный анализ. Расстояние Махаланобиса.
21. Многофакторная модель дисперсионного анализа.
22. Кривая дожития или функция надежности. Функция риска. Цензурирование и оценка Каплана-Мейера.
23. Оценка параметра постоянного риска.
24. Регрессионная модель Кокса.
25. Сравнение двух и несколько групп по кривым дожития.

Примеры тестовых заданий:

- 1) Под выборочным наблюдением понимают:
 - a) наблюдение, при котором исследованию подвергаются единицы изучаемой совокупности, выбранные случайным образом; +
 - b) наблюдение, при котором в качестве объектов исследования выбраны единицы из разных совокупностей;
 - c) наблюдение, при котором исследуются все единицы выбранной совокупности, при этом в расчеты берется каждая вторая-третья-четвертая и т.д. единица;
 - d) наблюдение, при котором исследуются единицы генеральной совокупности, выбранные по определённому критерию.
- 2) Несмещенность оценки означает:
 - a) математическое ожидание остатков равно нулю; +
 - b) оценка имеет маленькую дисперсию;
 - c) остатки имеют случайный характер;
 - d) остатки подчиняются нормальному распределению.
- 3) Что не относится к типам гистограммы (полигона) частот:
 - a) гистограмма (полигон) абсолютных частот;
 - b) гистограмма (полигон) относительных частот;
 - c) гистограмма (полигон) накопленных частот;
 - d) гистограмма (полигон) условных частот. +
- 4) Что относится к категориальным признакам:
 - a) возраст человека;
 - b) пол; +
 - c) вес;

- d) число друзей в социальной сети.
- 5) Среднеквадратическое отклонение характеризует:
 - a) взаимосвязь данных;
 - b) разброс данных; +
 - c) динамику данных.
 - d) количество данных.
- 6) Какой коэффициент корреляции характеризует связь между Y и X:
 - a) линейный; +
 - b) частный;
 - c) однородный;
 - d) множественный.
- 7) Какая количественная характеристика ряда динамики определяет тенденцию развития явления:
 - a) автокорреляция;
 - b) регрессия;
 - c) тренд; +
 - d) автоковариация.
- 8) Подсчитайте необходимую численность выборки при определении среднего вклада населения в отделениях коммерческих банков города, чтобы с вероятностью 0.954 предельная ошибка выборки не превысила 50 руб. Ориентировочная дисперсия вкладов равна 200000.
 - a) 1600
 - b) 800
 - c) 160
 - d) 320 +
- 9) Что такое остатки в регрессионной модели:
 - a) это разности между опытными и предсказанными значениями зависимой переменной; +
 - b) элементы выборки, на которых регрессия выдаёт неверный ответ;
 - c) относительная мера отклонения измеренных значений от среднеарифметического значения выборки;
 - d) абсолютное отклонение измеренных значений от среднеарифметического значения выборки.
- 10) Необходимые условия для применения z-критерия Фишера:
 - a) Нормальное распределения выборки, известная дисперсия генеральной совокупности; +
 - b) Нормальное распределения выборки, известно среднее генеральной совокупности;
 - c) Равномерное распределение выборки, известная дисперсия генеральной совокупности;
 - d) Биномиальное распределение выборки, известно среднее генеральной совокупности.

Проверяемые компетенции: ОПК-1, ПКП-3-ИИР-ОПК-3, ПКП-4-ИИР-ПК-1

Критерии оценивания: по шкале от 0 (нет ответа или ответ неверный) до 1 (ответ верный).

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

Для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса применяется анкетирование в соответствии с методикой и графиком, утвержденными в установленном порядке.

3.2. Кадровое обеспечение

3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень доктора или кандидата наук (в том числе степень PhD, прошедшую установленную процедуру признания и установления эквивалентности) и/или ученое звание профессора или доцента.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Учебно-вспомогательный и инженерно-технический персонал должен иметь соответствующее образование и обладать навыками организации работы с пользовательскими программными продуктами в локальной сети компьютерного класса и в Интернете.

3.3. Материально-техническое обеспечение

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные стандартным оборудованием, используемым для обучения в СПбГУ в соответствии с требованиями материально-технического обеспечения.

3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

По желанию преподавателя в аудитории должен быть компьютер и проекционное оборудование.

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

По желанию преподавателя для подготовки к некоторым занятиям может потребоваться принтер, чтобы распечатать раздаточные материалы.

3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения

Не требуется.

3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов

В соответствии с разделом 3.3.3 может потребоваться белая бумага формата А4 для печати на принтере.

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список литературы

1. Дэви С., Арно М., Мохамед А. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. 2017. СПб: Питер. 336 с. ISBN: 9785496025171 – ЭР по подписке СПбГУ: <https://proxy.library.spbu.ru/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=catalog07918a&AN=spsu.ibooksruRUIBOOKbooks354390&lang=ru&site=eds-live&scope=site>
2. Боровков, А. А. Математическая статистика : учебник для вузов / А. А. Боровков. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 704 с. — ISBN 978-5-8114-7677-0. — ЭР по подписке СПбГУ: <https://proxy.library.spbu.ru/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=catalog07918a&AN=spsu.lanbook164711&lang=ru&site=eds-live&scope=site>
3. Лагутин, М. Б. Наглядная математическая статистика : учебное пособие / М. Б. Лагутин. — 7-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2019. — 475 с. — ISBN 978-5-00101-

642-7. – ЭР по подписке СПбГУ:

<https://proxy.library.spbu.ru/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cac07918a&AN=spsu.lanbook116104&lang=ru&site=eds-live&scope=site>

4. Сапожников, П. Н. Теория вероятностей, математическая статистика в примерах, задачах и тестах : учебное пособие / П. Н. Сапожников, А. А. Макаров, М. В. Радионова. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2020. — 496 с. - ISBN 978-5-906818-47-8 – ЭР по подписке СПбГУ:

<https://proxy.library.spbu.ru/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cac07918a&AN=spsu.znaniy355899&lang=ru&site=eds-live&scope=site>

5. Бочаров, П. П. Теория вероятностей. Математическая статистика / П. П. Бочаров, А. В. Печинкин. - 2-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 296 с. - ISBN 5-9221-0633-3. – ЭР по подписке СПбГУ:

<https://proxy.library.spbu.ru/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cac07918a&AN=spsu.znaniy263808&lang=ru&site=eds-live&scope=site>

3.4.2 Перечень иных информационных источников, в том числе современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Электронные ресурсы Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ

● Сайт Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ:

<http://www.library.spbu.ru/>

● Электронный каталог Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ:

http://www.library.spbu.ru/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS

● Перечень электронных ресурсов, находящихся в доступе СПбГУ:

<http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/>

● Перечень ЭБС, на платформах которых представлены российские учебники, находящиеся в доступе СПбГУ:

http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?name=rures&resource_type=8

● Математика: тематическая рубрика

<http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?subject=1>

● Информатика: тематическая рубрика

<http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?subject=93>

Раздел 4. Разработчики программы

Алексеева Нина Петровна, к.ф.м.-н., доцент Кафедры статистического моделирования СПбГУ, тел. 428-42-31.