

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
М.В.ЛОМОНОСОВА»**

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан экономического факультета МГУ
профессор. _____ А.А.Аузан

«» 202_ год

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Вероятностные модели

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки (специальность)
38.04.01 Экономика

Направленность (профиль) ОПОП
Анализ данных в экономике

Форма обучения
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией экономического факультета
(протокол № _____, дата)

Москва 202_

На оборотной стороне титульного листа указывается:

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «_____» магистратуры

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от _____ 20 _____ года (протокол № ____).

Год (годы) приема на обучение: 2020 и последующие

Целью освоения дисциплины «Вероятностные модели» является изучение принципов выбора математических моделей статистических закономерностей в массивах больших данных, накопленных в результате процессов, протекающих в условиях стохастической неопределенности. Основной упор делается на описание асимптотических аппроксимаций и на энтропийный подход. Значительное внимание уделяется обсуждению условий применимости вероятностных моделей и, в частности, условий применимости предельных теорем теории вероятностей. Обсуждаются обобщения классических предельных теорем на выборки случайного объема. Определяется роль и место дисциплины в системе математических знаний. Устанавливаются связи между различными разделами математики и стохастическим анализом. Рассматриваются многочисленные примеры анализа конкретных данных, в частности, финансовых индексов.

1. Место и статус дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы подготовки магистра

Статус дисциплины: *обязательная (по выбору программы)*

Триместр: 1

2. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения данного курса требуются знания и навыки, полученные в следующих дисциплинах: теория вероятностей и математическая статистика (в объеме программы вступительных испытаний)

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
МПК-1. Способен разрабатывать эконометрические модели и модели машинного обучения исследуемых экономических процессов и явлений, интерпретировать полученные результаты	МПК-1.И-1. Применяет продвинутый эконометрический инструментарий и методы машинного обучения для построения моделей экономических процессов и явлений. Интерпретирует результаты проведенного моделирования, делает выводы и дает рекомендации на его основе	МПК-1.И-1.У-2. Умеет интерпретировать результаты моделирования, как эконометрического, так и основанного на применении методов машинного обучения МПК-1.И-1.У-3. Умеет делать выводы из результатов моделирования, как эконометрического, так и основанного на применении методов машинного обучения, и давать рекомендации на основе сделанных выводов
МПК-4. Способен видеть логические связи в системе собранной, обработанной и проанализированной информации, и на	МПК-4.И-1. Анализирует и систематизирует собранные данные, разрабатывает рекомендации для лиц, принимающих решения на	МПК-4.И-1.У-1. Умеет строить логические взаимосвязи в системе собранной информации

основании этого разрабатывать рекомендации для лиц, принимающих решения на микро- и макро уровне, или бизнес-решения	основе собранных данных	
ОПК-2. Способен применять продвинутое инструментальные методы экономического анализа в прикладных и (или) фундаментальных исследованиях.	ОПК-2.И-1. Владеет современными методами экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики для решения теоретических и прикладных задач ОПК-2.И-2. Обработывает статистическую информацию и получает статистически обоснованные выводы	ОПК-2.И-1.3-1. Знает современные методы экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики ОПК-2.И-1.У-2. Умеет использовать современные методы экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики для решения прикладных задач ОПК-2.И-2.3-1. Знает основные виды статистической информации ОПК-2.И-2.У-2. Умеет делать статистически обоснованные выводы, оценивать силу альтернативных гипотез на основе полученных результатов
ОПК-5. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении профессиональных задач	ОПК-5.И-1. Применяет общие или специализированные пакеты прикладных программ, предназначенные для обработки, визуализации и анализа данных, в том числе эконометрического анализа и имитационного моделирования	ОПК-5.И-1.3-1. Знает общие и специализированные пакеты прикладных программ, предназначенные для обработки, визуализации и анализа данных, в том числе эконометрического анализа и имитационного моделирования, в соответствии со своими профессиональными задачами ОПК-5.И-1.У-1. Умеет применять общие или специализированные пакеты прикладных программ (MS Excel, Eviews, Stata, SPSS, AnyLogic, Tableau и др.) или языки программирования (R,

		Python и др.), предназначенные для обработки, визуализации и анализа данных, в том числе эконометрического анализа и имитационного моделирования в, в соответствии со своими профессиональными задачами
ПК-7. Способен использовать различные источники информации для проведения экономических расчетов и построения экономических прогнозов	ПК-7.И-1. Осуществляет самостоятельный поиск, сбор и обработку данных, необходимых для проведения экономических расчетов и построения экономических прогнозов	ПК-7.И-1.У-2. Умеет осуществлять первичную статистическую обработку данных, в том числе заполнять пропуски в данных и удалять выбросы, тестировать данные на непротиворечивость, релевантность и полноту

4. Объем дисциплины по видам занятий

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы: 108 академических часов, из которых 52 академических часа составляет контактная работа с преподавателем, из них 28 академических часов — лекции, 24 академических часа — групповая контактная работа, 0 академических часов — индивидуальная контактная работа, 56 академических часов составляет самостоятельная работа магистранта.

5. Формат обучения: используется электронная информационная среда экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова «ON.ECON».

6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Название раздела/темы	Всего, часы	В том числе			
		Контактная работа с преподавателем			Самостоятельная работа магистранта, часы
		Лекции, часы	Групповая, часы	Индивидуальная, часы	
Тема 1. Понятие вероятностной модели. Математические модели характеристик случайных величин	8	2	2	—	4
Тема 2. Основные предельные теоремы теории вероятностей	12	4	4	—	4
Тема 3. Математические модели информации и неопределенности	12	4	4	—	4
Тема 4. Пуассоновский процесс	8	2	2	—	4

Тема 5. Случайные суммы. Предельные теоремы для случайных сумм	12	4	4	—	4
Тема 6. Процессы Кокса. Предельные теоремы для процессов Кокса	8	2	2	—	4
Тема 7. Смеси вероятностных распределений	8	2	2	—	4
Тема 8. Математические модели эволюции финансовых индексов	8	2	2	—	4
Текущая аттестация: — <i>написание рефератов</i>	12	—	—	—	12
Текущая аттестация: — <i>сдача коллоквиума</i>	8	2	2	—	4
Текущая аттестация: — <i>письменная контрольная работа</i>	6	2	—	—	4
Промежуточная аттестация (контроль): — <i>письменная итоговая работа</i>	6	2	—	—	4
Всего	108	28	24	—	56

Краткое содержание тем дисциплины

Тема 1. Понятие вероятностной модели. Математические модели характеристик случайных величин. Стохастические ситуации, основные признаки стохастических ситуаций. Математическое описание стохастической ситуации. Парадокс Бертрона. Аксиоматика Колмогорова. Условия практической применимости вероятностных моделей, основанных на аксиоматике Колмогорова. Случайная величина. Математические модели центрального значения случайной величины. Математические модели разброса значений случайной величины. Независимость и зависимость событий и случайных величин. Ковариация и коэффициент корреляции.

Основная литература по теме:

1. В.Ю. Королев. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Изд-во Проспект. 2006.
2. В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. Математические основы теории риска. 2-е изд. -- М.: Физматлит. 2011.

Дополнительная литература:

1. Б.В. Гнеденко. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, 1990.
2. В. Феллер. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. -- М.: Мир. 1984.
3. Ю.В. Прохоров, Л.С. Пономаренко. Лекции по теории вероятностей и математической статистике. – М: Изд-во Московского университета, 2012.

Тема 2. Основные предельные теоремы теории вероятностей. Асимптотические вероятностные модели. Виды сходимости последовательностей случайных величин. Закон больших чисел, усиленный закон больших чисел, теорема Пуассона, центральная предельная теорема. Оценки скорости сходимости в законе больших чисел и центральной предельной

теореме. Теорема Линдберга-Феллера. Безгранично делимые и устойчивые распределения вероятностей.

Основная литература по теме:

1. В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. Математические основы теории риска. 2-е изд. -- М.: Физматлит. 2011.
2. В. Феллер. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. М.: Мир. 1984.

Дополнительная литература:

1. Б.В. Гнеденко. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, 1990.
2. В.М. Золотарев. Современная теория суммирования случайных величин. – М.: Наука, 1986.
3. В.М. Золотарев. Одномерные устойчивые распределения. – М.: Наука, 1983.

Тема 3. Математические модели информации и неопределенности. Энтропия Шеннона как мера неопределённости. Свойства энтропии эксперимента. Дифференциальная энтропия. Экстремальные информационные свойства равномерного, показательного и нормального законов распределения. Информационный подход к построению вероятностных моделей в условиях неопределённости.

Основная литература по теме:

1. В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. Математические основы теории риска. 2-е изд. -- М.: Физматлит. 2011.

Дополнительная литература:

1. B.V. Gnedenko, V. Yu. Korolev. Random Summation: Limit Theorems and Applications. – Boca Raton, FL: CRC Press, 1996.

Тема 4. Пуассоновский процесс. Пуассоновский процесс как модель хаотических распределений во времени. Информационные свойства пуассоновского процесса.

Основная литература по теме:

1. В.Ю. Королев. Вероятностно-статистические методы декомпозиции волатильности хаотических процессов. М.: Изд-во МГУ. 2011.
2. В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. Математические основы теории риска. 2-е изд. -- М.: Физматлит.
3. В. Феллер. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. М.: Мир. 1984.

Дополнительная литература:

1. Б.В. Гнеденко. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, 1990.
2. B.V. Gnedenko, V. Yu. Korolev. Random Summation: Limit Theorems and Applications. – Boca Raton, FL: CRC Press, 1996.

Тема 5. Случайные суммы. Предельные теоремы для случайных сумм. Элементарные свойства случайных сумм. Пуассоновские и геометрические случайные суммы. Пуассоновские и геометрические случайные суммы. Теорема Реньи. Теорема переноса. Аналог теоремы Пуассона для случайных сумм. Предельные теоремы для случайных сумм как источник вероятностных моделей с тяжёлыми хвостами.

Основная литература по теме:

1. В.Ю. Королев. Вероятностно-статистические методы декомпозиции волатильности хаотических процессов. М.: Изд-во МГУ. 2011.
2. В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. Математические основы теории риска. 2-е изд. --

М.: Физматлит, 2011.

Дополнительная литература:

4. B.V. Gnedenko, V. Yu. Korolev. Random Summation: Limit Theorems and Applications. – Boca Raton, FL: CRC Press, 1996.

Тема 6. Процессы Кокса. Предельные теоремы для процессов Кокса. Дважды стохастические пуассоновские процессы (процессы Кокса) как модели неоднородных хаотических потоков событий. Обобщенный процесс Кокса. Центральная предельная теорема и закон больших чисел для обобщенных процессов Кокса. Обобщенные процессы Кокса с дискретным временем.

Основная литература по теме:

1. В.Ю. Королев. Вероятностно-статистические методы декомпозиции волатильности хаотических процессов. М.: Изд-во МГУ. 2011.
2. В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. Математические основы теории риска. 2-е изд. -- М.: Физматлит. 2011.

Дополнительная литература:

1. B.V. Gnedenko, V. Yu. Korolev. Random Summation: Limit Theorems and Applications. – Boca Raton, FL: CRC Press, 1996.

Тема 7. Смеси вероятностных распределений. Смеси нормальных законов, как предельные распределения в теоремах для случайных сумм. Идентифицируемость смесей. Островершинность масштабных смесей нормальных законов. Устойчивость прямой и обратной задач разделения смесей.

Основная литература по теме:

1. В.Ю. Королев. Вероятностно-статистические методы декомпозиции волатильности хаотических процессов. М.: Изд-во МГУ. 2011.
2. В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. Математические основы теории риска. 2-е изд. -- М.: Физматлит. 2011.

Дополнительная литература:

1. B.V. Gnedenko, V. Yu. Korolev. Random Summation: Limit Theorems and Applications. – Boca Raton, FL: CRC Press, 1996.

Тема 8. Математические модели эволюции финансовых индексов. Построение математических моделей эволюции финансовых индексов с помощью обобщенных процессов Кокса. Предельные теоремы для моделей цен финансовых индексов.

Основная литература по теме:

1. В.Ю. Королев. Вероятностно-статистические методы декомпозиции волатильности хаотических процессов. М.: Изд-во МГУ. 2011.
2. B.V. Gnedenko, V. Yu. Korolev. Random Summation: Limit Theorems and Applications. – Boca Raton, FL: CRC Press, 1996.

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания результатов (баллы) по дисциплине:

Результаты обучения по дисциплине	Виды оценочных средств
МПК-1.И-1.У-2. Умеет интерпретировать результаты	Коллоквиум

моделирования, как эконометрического, так и основанного на применении методов машинного обучения МПК-1.И-1.У-3. Умеет делать выводы из результатов моделирования, как эконометрического, так и основанного на применении методов машинного обучения, и давать рекомендации на основе сделанных выводов	
МПК-4.И-1.У-1. Умеет строить логические взаимосвязи в системе собранной информации	Коллоквиум, письменная итоговая работа, письменная контрольная работа
ОПК-2.И-1.3-1. Знает современные методы экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики ОПК-2.И-1.У-2. Умеет использовать современные методы экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики для решения прикладных задач ОПК-2.И-2.3-1. Знает основные виды статистической информации ОПК-2.И-2.У-2. Умеет делать статистически обоснованные выводы, оценивать силу альтернативных гипотез на основе полученных результатов	Реферат
ОПК-5.И-1.3-1. Знает общие и специализированные пакеты прикладных программ, предназначенные для обработки, визуализации и анализа данных, в том числе эконометрического анализа и имитационного моделирования, в соответствии со своими профессиональными задачами ОПК-5.И-1.У-1. Умеет применять общие или специализированные пакеты прикладных программ (MS Excel, Eviews, Stata, SPSS, AnyLogic, Tableau и др.) или языки программирования (R, Python и др.), предназначенные для обработки, визуализации и анализа данных, в том числе эконометрического анализа и имитационного моделирования в, в соответствии со своими профессиональными задачами	Реферат
ПК-7.И-1.У-2. Умеет осуществлять первичную статистическую обработку данных, в том числе заполнять пропуски в данных и удалять выбросы, тестировать данные на непротиворечивость, релевантность и полноту	Реферат, письменная итоговая работа, письменная контрольная работа

Виды оценочных средств	Баллы
Письменная контрольная работа	40
Коллоквиум	40
Реферат	40
Промежуточная аттестация: письменная итоговая работа	30

Оценка по дисциплине выставляется, исходя из следующих критериев:

Оценка	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
<i>Отлично</i>	127,5	150
<i>Хорошо</i>	97,5	127,4
<i>Удовлетворительно</i>	60	97,4
<i>Неудовлетворительно</i>	—	59,9

Примечание: в случае, если магистрант за триместр набирает менее 20% баллов от максимального количества по дисциплине, то уже на промежуточном контроле (и далее на пересдачах) действует следующее правило сдачи: «магистрант может получить только оценку «Удовлетворительно», и только если получит за промежуточный контроль, включающий весь материал дисциплины, не менее, чем 85% от баллов за промежуточный контроль».

Типовые задания, методические рекомендации по их подготовке и требования к их выполнению:

За выполнение **реферата** можно получить треть от суммарного числа баллов в триместре. Реферат пишется студентом индивидуально в электронном виде, на его выполнение отводится 1 неделя. Задание сдается в формате .docx или .pdf в виде отчета, раскрывающего заданную тему. Ниже приведены примерные темы рефератов.

1. Предложить решение парадокса Бертрана, в котором ответом является число, отличное от $1/2$, $1/3$ и $1/4$.

2. Пациент проходит обследование на предмет наличия у него некоторого редкого заболевания. Известно, что результат иногда (но довольно редко) бывает ошибочным. Результат обследования показывает наличие у него этой болезни. Стоит ли пациенту отчаиваться? Почему?

3. В конце 90-х годов некоторые эксперты министерства просвещения в качестве аргументации "за" введение ЕГЭ приводили следующие доводы: при "обкатке" комплекта заданий, содержащего 50 задач, результаты его выполнения двумя тысячами учеников хорошо согласовались с нормальным распределением". Что они имели в виду? (Как можно понять эту аргументацию?) Корректна ли эта аргументация? Каким должно быть распределение числа правильно решенных задач?

4. Покупатель хочет приобрести, скажем, помидоры на рынке. Продавец взвешивает товар. Весы продавца показывают, скажем, X килограммов. Пусть a – реальный вес товара. Тогда $X=a+\varepsilon$, где ε – случайная погрешность весов. Какое распределение можно предложить в качестве модели истинного распределения погрешности? Почему? Отдельно рассмотреть ситуации, в которых продавец честен или нечестен.

5. В чем заключается принцип неубывания неопределенности в сложных (в том числе биологических или социальных) замкнутых системах? Привести математическую

аргументацию.

6. Дана независимая однородная выборка $X_1, \dots, X_n$. Как на практике проверить, существует или нет математическое ожидание случайной величины X_1^k , k – фиксированное число, $-\infty < k < +\infty$, $k \neq 0$?

7. Коэффициент корреляции случайных величин X и Y равен нулю. Можно ли утверждать, что величины X и Y не связаны никакой функциональной зависимостью?

8. Предположим, что некий человек на перемещение из точки a в точку b затрачивает усилия, равные $|b-a|$. Это означает, что его затраты на перемещение пропорциональны длине пути. Скажем, мы рассматриваем делового человека, для которого фактор времени имеет решающее значение и который может перемещаться в любую точку с постоянной скоростью. Пусть X – случайная величина, характеризующая координату точки, куда необходимо переместиться этому человеку. Спрашивается: где должен жить этот человек, чтобы минимизировать свои ожидаемые усилия, связанные с перемещениями?

9. В странах западной Европы наблюдается следующая закономерность: коэффициент корреляции между числом гнезд аистов в районе и рождаемостью в этом же районе близок к 0.9. Служит ли это подтверждением того, что детей приносят аисты? Предложите разумное объяснение наблюдаемой закономерности.

10. На примере таблиц логарифмов, нормального распределения или каких-либо других (на выбор) проверить справедливость закона Бенфорда.

11. Можно ли центральную предельную теорему использовать для характеристики скорости сходимости в законе больших чисел?

12. Можно ли схему испытаний Бернулли считать дискретным аналогом пуассоновского процесса? Почему?

За **коллоквиум** можно получить треть от суммарного числа баллов в триместре. Коллоквиум проводится в аудитории по следующему алгоритму. Студентам предоставляется индивидуальное задание и дается время на подготовку. После этого происходит устная сдача решения преподавателю и дальнейшая устная беседа по темам, пройденным в рамках курса к этому моменту. Ниже приведены примерные вопросы для коллоквиума.

1. Вероятностные модели и парадокс Бертрана.
2. Математическая модель центра случайной величины.
3. Математическая модель разброса случайной величины.
4. Случайные величины. Зависимость событий и случайных величин.
5. Виды сходимости случайных величин. Центральная предельная теорема, оценка скорости сходимости в ЦПТ.
6. Закон больших чисел, оценка скорости сходимости в ЗБЧ.
7. Распределение Пуассона, теорема Пуассона и ее обобщение.
8. Устойчивые и безгранично делимые распределения. Теоремы Леви и Хинчина.
9. Информация и энтропия. Свойства.
10. Дифференциальная энтропия, свойства некоторых распределений.
11. Определение пуассоновского процесса.
12. Информационные свойства пуассоновского процесса.

13. Случайные суммы, основные свойства, пуассоновские случайные суммы.
14. Геометрические случайные суммы, теорема Реньи, связь между геометрическими и пуассоновскими случайными суммами.
15. Теорема переноса. Аналог теоремы Пуассона для случайных сумм.
16. Смеси вероятностных распределений, идентифицируемость, примеры.
17. Обобщения пуассоновского процесса, дважды стохастический пуассоновский процесс.
18. Обобщенный процесс Кокса. ЦПТ и ЗБЧ для обобщенных процессов Кокса.
19. Островершинность масштабных смесей нормальных законов.
20. Устойчивость нормальных смесей относительно смешивающего распределения: прямая задача.
21. Устойчивость нормальных смесей относительно смешивающего распределения: обратная задача.
22. Моделирование распределений приращений финансовых индексов смесями нормальных законов.

За **письменную контрольную работу** можно получить треть от суммарного числа баллов в триместре. Она проводится в аудитории письменно по индивидуальным вариантам. Продолжительность работы – полтора часа. Работа содержит практические задания и теоретические вопросы.

Промежуточная аттестация по курсу проводится в форме **письменной итоговой работы**. Работа содержит практические задания и теоретические вопросы.

Ниже приведены образцы заданий письменной контрольной работы и письменной итоговой работы.

1. *Определение вероятностного пространства.*
2. *Закон больших чисел. Оценка скорости сходимости с помощью центральной предельной теоремы.*
3. *Случайные суммы. Определение и элементарные свойства.*
4. *Найти дифференциальную энтропию случайной величины, имеющей показательное распределение с параметром 1.*
5. *Определение функции распределения. Основные свойства.*
6. *Теорема Пуассона.*
7. *Смеси вероятностных распределений. Определение. Идентифицируемость.*
8. *Случайная величина принимает значения 1, 4, 5 и 8 с вероятностями $1/2$, $1/4$, $1/8$ и $1/8$ соответственно. Найти ее энтропию.*

8. Ресурсное обеспечение

Наличие литературы в библиотеке учебных пособий.

Наличие электронного варианта лекций.

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература:

3. В.Ю. Королев. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Изд-во Проспект. 2006.
4. В.Ю. Королев. Вероятностно-статистические методы декомпозиции волатильности хаотических процессов. М.: Изд-во МГУ. 2011.

5. В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. Математические основы теории риска. М.: Физматлит. 2007. **(базовый учебник)**
6. В. Феллер. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. М.: Мир. 1984.

Дополнительная литература:

5. Б.В. Гнеденко. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, 1990.
6. В.М. Золотарев. Современная теория суммирования случайных величин. – М.: Наука, 1986.
7. В.М. Золотарев. Одномерные устойчивые распределения. – М.: Наука, 1983.
8. Ю.В. Прохоров, Л.С. Пономаренко. Лекции по теории вероятностей и математической статистике. – М: Изд-во Московского университета, 2012.
9. B.V. Gnedenko, V. Yu. Korolev. Random Summation: Limit Theorems and Applications. – Boca Raton, FL: CRC Press, 1996.

8.2. Перечень лицензионного программного обеспечения

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

8.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

8.5. Описание материально-технической базы

Используются традиционные технологии проведения лекций в аудиториях.

Язык преподавания: русский.

Преподаватель (преподаватели): д.ф.-м.н., проф. Королев В.Ю.

Авторы программы: д.ф.-м.н., проф. Королев В.Ю., д.ф.-м.н. , проф. Шестаков О.В.