

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ, ФИНАНСОВ И БИЗНЕСА

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол от « 20» апреля 2020г. № 6

Зав. кафедрой  /Р.Х.Бахитова

Согласовано:  
Председатель УМК института

 /Л.Р. Абзалилова

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Байесовские методы статистического анализа

Вариативная часть

**программа магистратуры**

Направление подготовки (специальность)  
01.04.05 Статистика

Направленность (профиль) подготовки  
«Технологии анализа данных»

Квалификация  
магистр

Разработчики (составители):

Доцент, к. т. н.



Прудников В.Б.

Уфа 2020 г.

Составитель / составители: Прудников В.Б.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры Цифровой экономики и коммуникаций протокол от «20» апреля 2020 г. № 6.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся).....	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине .....	7
4.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	9
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	11
Экзаменационный билет № 1.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	17
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	17
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины .....	17
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать: основные положения Байесовского подхода к теории вероятностей, на основе меры незнания, методов рассуждения в условиях неопределенности	ПК-6 способность анализировать количественные данные с применением методов математической и дескриптивной статистики и формулировать содержательные выводы	
Умения	Уметь: применять байесовский подход при решении задач машинного обучения, в зависимости от различных предпочтений относительно решающих правил прогноза.	ПК-6 способность анализировать количественные данные с применением методов математической и дескриптивной статистики и формулировать содержательные выводы	
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть: навыками построения комплексных байесовских вероятностных моделей, учитывающие структуру рассматриваемых задач машинного обучения, навыков реализации моделей на компьютере с применением современных инструментальных средств	ПК-6 способность анализировать количественные данные с применением методов математической и дескриптивной статистики и формулировать содержательные выводы	

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Байесовские методы статистического анализа» является дисциплиной вариативной части.

Дисциплина изучается на 2-м году обучения (в 4 семестре) при очной форме обучения.

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов комплексного представления о применении основных положений байесовского подхода при решении задач машинного обучения.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках образования на уровне бакалавриата («Математический анализ», «Экономико-математические методы», «Теория вероятностей и математическая статистика»), а также изучение дисциплины «Дополнительные главы математической статистики».

Дисциплина «Байесовские методы статистического анализа» является необходимой для успешного прохождения преддипломной практики, написания ВКР и прохождения государственной итоговой аттестации.

**3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ, ФИНАНСОВ И БИЗНЕСА

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Байесовские методы статистического анализа  
на 4 семестр

очной формы обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	10
практических/ семинарских	
лабораторных	26
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	107,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма(ы) контроля:  
Зачет 4 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<b>Модуль 1. Теорема Байеса, байесовское оценивание и предсказание</b>								
1.	Теорема Байеса. Диахроническая интерпретация. Задача Монти Холла.	17	1		2	14	1, 2	Вопросы для самоконтроля	Индивидуальные практические задания, лабораторные работы
2.	Оценивание байесовских доверительных интервалов и кумулятивных функций распределения	19	1		4	14	1, 2	Вопросы для самоконтроля	Индивидуальные практические задания, лабораторные работы
3.	Байесовская оптимизация. Бета-распределение. Функция плотности вероятности и ее представление.	17	1		2	14	1, 2, 3	Вопросы и задания для самоконтроля	Индивидуальные практические задания, лабораторные работы
4.	Пуассоновский процесс. Задача о времени ожидания. Двумерное измерение. Совместные и условные распределения.	20	2		4	14	1, 2	Вопросы и задания для самоконтроля	Индивидуальные практические задания, лабораторные работы
	<b>Модуль 2. Байесовская аппроксимация, проверка гипотез и моделирование</b>								
5.	Априорное и апостериорное распределение. Аппроксимация при байесовских вычислениях.	18	2		4	12	2	Вопросы и задания для самоконтроля	Индивидуальные практические задания, лабораторные работы

6.	Проверка гипотез на основе справедливого сравнения. Приор и постериор.	17	1		2	14	1, 2	Вопросы для самоконтроля	Индивидуальные практические задания, лабораторные работы
7.	Моделирование на основе совместного и условного распределений. Последовательная корреляция.	17	1		4	12	1, 2	Вопросы для самоконтроля	Индивидуальные практические задания, лабораторные работы
8.	Иерархические байесовские модели и оптимизация.	18.8	1		4	13.8	2	Вопросы для самоконтроля	Индивидуальные практические задания, лабораторные работы
	Зачет	0.2							
	<b>Всего часов:</b>	144	10		26	107,8			

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

**ПК-6** способность анализировать количественные данные с применением методов математической и дескриптивной статистики и формулировать содержательные выводы

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
Первый этап (уровень)	Знать: основные положения Байесовского подхода к теории вероятностей, на основе меры незнания, методов рассуждения в условиях неопределенности	Отсутствие или фрагментарные представления об основных положениях Байесовского подхода к теории вероятностей, на основе меры незнания, о методах рассуждения в условиях неопределенности	Сформированные представления об основных положениях Байесовского подхода к теории вероятностей, на основе меры незнания, о методах рассуждения в условиях неопределенности
Второй этап (уровень)	Уметь: применять байесовский подход при решении задач машинного обучения, в зависимости от различных предпочтений относительно решающих правил прогноза	Отсутствие или фрагментарные умения применять байесовский подход при решении задач машинного обучения, в зависимости от различных предпочтений относительно решающих правил прогноза	В целом успешное умение применять байесовский подход при решении задач машинного обучения, в зависимости от различных предпочтений относительно решающих правил прогноза
Третий этап (уровень)	Владеть: навыками построения комплексных байесовских вероятностных моделей, учитывающие структуру рассматриваемых задач машинного обучения, навыков	Отсутствие или фрагментарные владение навыками построения комплексных байесовских вероятностных моделей, учитывающие структуру рассматриваемых задач машинного	В целом успешное владение навыками построения комплексных байесовских вероятностных моделей, учитывающие структуру рассматриваемых задач машинного обучения, навыков реализации моделей на компьютере с

	реализации моделей на компьютере с применением современных инструментальных средств	обучения, навыков реализации моделей на компьютере с применением современных инструментальных средств	применением современных инструментальных средств
--	---	---	--

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочное средство
Знания	Знать: основные положения Байесовского подхода к теории вероятностей, на основе меры незнания, методов рассуждения в условиях неопределенности	ПК-6	Практические задания
Умения	Уметь: применять байесовский подход при решении задач машинного обучения, в зависимости от различных предпочтений относительно решающих правил прогноза	ПК-6	Лабораторные работы, индивидуальные практические задания
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть: навыками построения комплексных байесовских вероятностных моделей, учитывающие структуру рассматриваемых задач машинного обучения, навыков реализации моделей на компьютере с применением современных инструментальных средств	ПК-6	Лабораторные работы, индивидуальные практические задания

Формы и содержание текущего контроля:

- контроль посещаемости лекционных и практических занятий;
- оценка подготовки к семинарским и практическим занятиям;
- выборочная проверка ответов на вопросы самоконтроля;
- оценка уровня развития компетенций в ходе анализа проблемных ситуаций и решения практических ситуаций.

–  
Изучение дисциплины предполагает самостоятельное выполнение **лабораторных работ**.

На оценку степени сформированности компетенций при выполнении заданий лабораторной работы влияет полнота и правильность выполнения работы.

Перед проведением итогового контроля преподаватель вычисляет процент полноты и правильности выполнения лабораторных работ, соответствующих проверке формирования каждой компетенции в ходе учебного семестра.

**Итоговый контроль по дисциплине «Байесовские методы статистического анализа» проводится в виде зачета. Оценка «Зачтено» выставляется в случае, если**

**средний балл за выполнение лабораторных работ (с учетом дополнительных баллов за выполнение индивидуальных практических заданий) составит не менее 3.**

Компетенции	Результаты	Оценка (по пятибалльной шкале)	Оценка
ПК-6 способность анализировать количественные данные с применением методов математической и дескриптивной статистики и формулировать содержательные выводы	Оценка полноты и правильности выполнения лабораторных работ, выполнения индивидуальных практических заданий	1-2	«не зачтено»
		3	«зачтено»
		4	
		5	

**Критерии оценивания выполнения лабораторных работ в Deductor Academic:**

Критерии оценивания	Количество баллов
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания решены без ошибок с первого раза, правильно выбраны решения заданий; правильно выполнены расчёты, обучающийся понимает, что они значат; полно даны ответы на контрольные вопросы; отчёт оформлен аккуратно, сделаны выводы.	5
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания решены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, правильно выбраны методики решения заданий; расчёты выполнены с консультацией преподавателя; полно даны ответы на контрольные вопросы; отчёт оформлен аккуратно, сделаны выводы	3-4
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания выполнены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, правильно выбраны методики решения заданий; с ошибками выполнены расчёты, даже с консультацией преподавателя или обучающийся не может объяснить, как выполнялись расчеты; даны ответы на контрольные вопросы	2
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый не знает цель лабораторной работы; задачи решены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, неверно выбраны методы решения задач; не выполнены расчёты; не даны ответы на устные контрольные вопросы; отчёт оформлен небрежно, выводы не сделаны	менее 2

**Перечень вопросов для зачета:**

1. Байесовский подход к теории вероятностей. Оценка параметров в байесовском и частотном подходе. Примеры байесовских рассуждений.

2. Сопряжённые распределения. Примеры. Экспоненциальный класс распределений, его свойства.
3. Решение задачи выбора модели по Байесу. Обоснованность модели. Полный байесовский вывод.
4. Вероятностная модель линейной регрессии. Метод релевантных векторов для задачи регрессии.
5. Логистическая и мультиномиальная регрессия. Метод релевантных векторов для задачи классификации.
6. EM-алгоритм в общем виде. Примеры применения. Общая схема EM-алгоритма. Формулы для оптимизируемого функционала, для E и M шагов.
7. Вариационный подход для приближенного байесовского вывода.
8. Задача уменьшения размерности в данных. Вероятностная модель главных компонент, ее обучение с помощью метода максимального правдоподобия и EM-алгоритма.
9. Байесовская модель разделения смеси гауссиан. Вариационный вывод для неё.
10. Методы генерации выборки из одномерных распределений.
11. Методы MCMC для оценки статистик вероятностных распределений. Теоретические свойства марковских цепей.
12. Схема Метрополиса-Хастингса и схема Гиббса. Примеры использования.
13. Гауссовские процессы для задачи регрессии. Подбор параметров ковариационной функции.
14. Гауссовские процессы для задачи регрессии. Байесовская оптимизация гиперпараметров.
15. Гауссовские процессы и их применение для задачи классификации.
16. Базовые понятия. Мат.ожидание, мода, медиана, дисперсия и матрица ковариаций случайной величины. Понятие случайного процесса, мат.ожидание и ковариационная функция, стационарность, примеры процессов. Функция правдоподобия, метод максимального правдоподобия, его недостатки.
17. Условная вероятность. Правило суммы и произведения для вероятностей. Формула Байеса. Условная независимость случайных величин.
18. Сопряженные распределения: определение и примеры. Связь сопряженных распределений и полного байесовского вывода.
19. Табличные распределения: одномерное и многомерное нормальное распределение, биномиальное, мультиномиальное, гамма, бета, Уишарта, Дирихле, Стюдента, Гаусс-гамма и Гаусс-Уишарта - функциональная форма плотности распределения, где и почему применяются. Основные свойства нормального распределения (свертка двух нормальных, маргинальное распределение на часть переменных, условное распределение). Представление Стюдента через бесконечную смесь гауссиан.
20. Общая схема вариационного вывода для приближенного байесовского вывода. Формулы для оптимизируемого функционала, формулы для каждого шага.

**Лабораторная работа** является основной формой промежуточного контроля знаний студентов, она позволяет структурировать знания обучаемых. Это одна из форм проверки и оценки усвоенных знаний, получения информации о характере познавательной деятельности, уровня самостоятельности и активности студентов в учебном процессе, эффективности методов, форм и способов учебной деятельности. Эта форма самостоятельной работы студента выявляет умение применять теоретические знания на практике, помогает проверить усвоение курса перед экзаменом.

Цель выполняемой работы: получить специальные знания по выбранной теме.

Основные задачи выполняемой работы:

- 1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
- 2) выработка навыков самостоятельной работы;

3) выяснение подготовленности студента к будущей практической работе.

Лабораторные работы выполняются по тематике дисциплины, допускают неоднозначность трактовок предположений в рамках сформулированного задания и условия.

**Инструментальная среда выполнения: R, Python.**

**Критерии оценивания выполнения задания по лабораторным работам:**

Критерии оценивания	Количество баллов
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания решены без ошибок с первого раза, правильно выбраны решения заданий; правильно выполнены расчёты, обучающийся понимает, что они значат; полно даны ответы на контрольные вопросы; отчёт оформлен аккуратно, сделаны выводы.	5
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания решены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, правильно выбраны методики решения заданий; расчёты выполнены с консультацией преподавателя; полно даны ответы на контрольные вопросы; отчёт оформлен аккуратно, сделаны выводы	3-4
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый знает цель лабораторной работы; задания выполнены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, правильно выбраны методики решения заданий; с ошибками выполнены расчёты, даже с консультацией преподавателя или обучающийся не может объяснить, как выполнялись расчёты; даны ответы на контрольные вопросы	2
Лабораторная работа подготовлена к выполнению, обучаемый не знает цель лабораторной работы; задачи решены с ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, неверно выбраны методы решения задач; не выполнены расчёты; не даны ответы на устные контрольные вопросы; отчёт оформлен небрежно, выводы не сделаны	менее 2

**Лабораторная работа №1. Байесовское оценивание. Задача о локомотиве.**

Задача о локомотиве была найдена в книге Фредерика Мостеллера (Frederick Mosteller) «Пятьдесят интересных вероятностных задач с решениями» (Fifty Challenging Problems in Probability with Solutions, Dover, 1987).

**Исходная информация.** Железная дорога присваивает номера своим локомотивам в порядке  $1 \dots N$ . Однажды вы увидели локомотив с номером 60. Оцените, сколько локомотивов у этой железной дороги.

**Задание.**

1. Оцените приор – каково распределение  $N$  до того, как был замечен локомотив с номером 60.

2. Расчитайте байесовские апостериорные вероятности увидеть локомотив с номером 60 для каждого конкретного числа  $N$  из некоторого конечного интервала.

3. Постройте график апостериорного распределения для  $N$ .

**Инструментальные средства: R, Python.**

## Лабораторная работа №2. Байесовское оценивание и обесценивание приора. Задача о монете.

В книге «Теория информации, вывод и обучающие алгоритмы» (**Information Theory, Inference, and Learning Algorithms**) Дэвид МакКей (David MacKay) ставит такую задачу:

В газете «Гардиан» (The Guardian) 4 января 2002 года появилась статистическая заметка:

«Монета в 1 евро бельгийского производства после 250 вращений на ребре 140 раз упала вверх орлом и 110 раз вверх решкой. “Это мне кажется очень подозрительным, – заявил Барри Блайт (Barry Blight), читающий лекции по статистике в Лондонской экономической школе. – Если центр массы монеты был несмещенным, то вероятность получения такого экстремального результата составляла бы менее 7%”».

Но свидетельствуют ли такие данные о том, что центр массы монеты, скорее, смещен или нет?

**Задание.** Ответьте на вопрос задачи.

**Инструментальные средства: R, Python.**

## Лабораторная работа №3. Пуассоновский процесс. Байесовское предсказание.

### Задача о Бостон Брюинс

В финальной игре сезона 2010–2011 годов Национальной хоккейной лиги (НХЛ) команда Бостон Брюинс сыграла свои лучшие серии из семи чемпионатов против Ванкувер Кэнакс. Бостон проиграл первые две игры 0:1 и 2:3, затем выиграл следующие две игры 8:1 и 4:0. Какова вероятность на этом этапе серии игр, что Бостон выиграет следующую (пятую) игру, и какова вероятность, что он выиграет чемпионат (то есть первым выиграет четыре игры)?

**Предположения:** процесс забивания голов в хоккее – пуассоновский процесс, который характеризуется конкретной интенсивностью, рассчитываемой по статистике личных встреч с конкретной командой-противником.

**Задание.**

1. Подберите апостериорное распределение для интенсивности на основе статистики (на основе первых четырех игр и статистики НХЛ сезона 2010-2012 годов о встречах между этими соперниками – среднее число голов каждой из команд 2.8 и стандартное отклонение 0.3).

2. Используйте апостериорное распределение интенсивности для вычисления распределения голов для каждой команды, дифференциального распределения голов и вероятности выиграть следующую игру для каждой команды?

3. Вычислите вероятности выиграть серию для каждой из команд.

**Инструментальные средства: R, Python.**

## Лабораторная работа №4. Иерархическая модель. Задача о счетчике Гейгера.

### Задача Тома Кемпбелл-Рикеттса

(Tom Campbell-Ricketts) – автора блога «Максимальная энтропия» на <http://maximum-entropy-blog.blogspot.com>. Он, в свою очередь, получил эту идею от Е. Т. Джейнса (Е. Т.

Jaynes) – автора классического труда «Теория вероятности: логика науки» (*Probability Theory: The Logic of Science*).

Предположим, что радиоактивный источник излучает частицы в сторону счетчика Гейгера со средней скоростью  $r$  частиц в секунду. Но счетчик регистрирует только часть  $f$  частиц, падающих на него. Если  $f$  равно 10%, а число регистраций 15 частиц в интервале 1 секунда, каково апостериорное распределение  $n$  действительного числа частиц, которые попали на счетчик, и каково  $r$  средней скорости излученных частиц?

Примечание: причинная обусловленность задачи:

- источник излучает частицы со средней скоростью  $r$ ;
- в течение любой секунды источник излучает  $n$  частиц в направлении счетчика;
- из  $n$  этих частиц счетчик считает некоторое число частиц  $k$ .

Для моделирования радиоактивного **распада** используйте процессом Пуассона с параметром  $r$ .

**Задание.**

1. Для известной интенсивности  $r$  и величины  $f$  оцените  $n$ , составьте его апостериорное распределение.
2. Создайте иерархическую модель и оцените  $r$ . Получите апостериорное распределение  $r$ .

**Инструментальные средства: R, Python.**

### Примерные индивидуальные практические задания

1. Если автобус прибывает на автобусную остановку каждые 20 минут, а вы приходите на остановку в случайное время, время вашего ожидания до прибытия автобуса распределено на интервале 0–20 минут.

Но в реальности существуют колебания во времени прибытия автобусов.

Предположим, вы ждете автобус и знаете архивное распределение времени между прибытиями автобусов. Вычислите распределение времени вашего ожидания.

2. Предположим, пассажиры приходят на остановку автобуса в соответствии с процессом Пуассона с параметром  $\lambda$ . Если вы приходите на остановку и находите там трех ожидающих автобуса пассажиров, каким будет апостериорное распределение вашего времени ожидания с момента прибытия предыдущего автобуса?

3. Предположим, вы эколог, собирающий популяцию насекомых в новом районе. Вами было расставлено 100 ловушек в проверяемой местности. На следующий день вы пришли проверить ловушки. Обнаружено, что 37 ловушек сработали и внутри них находятся пойманные насекомые. Если ловушка сработала, то она не может поймать еще одно насекомое, пока не будет переустановлена. Если вы переустановили ловушки и вернулись через два дня, как много ловушек вы ожидаете найти сработавшими?

4. Предположим, что вы менеджер здания с апартаментами, где в местах общего пользования установлены 100 лампочек освещения. Вам необходимо менять перегоревшие лампочки.

Первого января все лампочки горели. Во время проверки лампочек первого февраля вы обнаружили, что нити накаливания трех лампочек перегорели.

Если бы вы пришли первого апреля, сколько лампочек бы перегорело?

## Примерные вопросы для самоконтроля

1. Байесовский вывод. Сравнение байесовского и вероятностного подходов.
2. Выбор априорного распределения. Виды априорных распределений.
3. Асимптотические результаты в байесовской статистике.
4. Неасимптотические результаты в байесовской статистике. Теорема Бернштейна-фон Мизеса.
5. Аналитические подходы к приближенному байесовскому выводу
6. Подходы на основе методов Монте-Карло к приближенному байесовскому выводу.
7. Использование байесовского вывода в анализе данных.
8. Априорные распределения в непараметрической байесовской статистике. Случайный процесс Дирихле.
9. Свойства непараметрических байесовских оценок
10. Регрессия и классификация на основе гауссовских случайных процессов.
11. Оценки риска для регрессии на основе гауссовских случайных процессов.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Ветров Д.П., Кропотов Д.А. Байесовские методы машинного обучения, учебное пособие по спецкурсу. Формирование системы инновационного образования в МГУ им. М.В. Ломоносова, 2007.
2. Дауни Аллен Б. Байесовские модели / пер. с англ. В. А. Яроцкого. - М.: ДМК-Пресс, 2018. -182 с.: ил.
3. Ибрагимов И.А., Хасьминский Р.З. Асимптотическая теория оценивания. М.: Наука, 1979.

#### Дополнительная литература:

4. C.M. Bishop. Pattern recognition and machine learning, volume 4. Springer New York, 2006.
5. J.K. Ghosh, D. Mohan, and S. Tapas. An introduction to Bayesian analysis. Springer New York, 2006.
6. J.K. Ghosh and R.V. Ramamoorthi. Bayesian nonparametrics. Springer, 2003.
7. B. Kleijn, A. van der Vaart, and H. van Zanten. Lectures on Nonparametric Bayesian Statistics. Springer, 2013.
8. M. La zaro-Gredilla and M. Titsias. Variational heteroscedastic gaussian process regression. ICML, 2011.
9. D.J.C. MacKay. Information theory, inference and learning algorithms. Cambridge university press, 2003.
10. C.E. Rasmussen and C.K.I. Williams. Gaussian processes for machine learning, volume 1. MIT press Cambridge, MA, 2006.
11. V. Spokoiny. Basics of Modern Parametric Statistics. Springer, 2013.
12. L. Wasserman. All of statistics: a concise course in statistical inference.  Springer, 2003.

## 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

Пользователям библиотеки БашГУ предоставляется возможность использования следующих электронных информационных ресурсов:

1. База данных периодических изданий на платформе EastView: «Вестники Московского университета», «Издания по общественным и гуманитарным наукам» - <https://dlib.eastview.com/>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» - <http://window.edu.ru>
3. Научная электронная библиотека eLibrary.ru - <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
4. Справочно-правовая система Консультант Плюс - <http://www.consultant.ru/>
5. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» – <https://biblioclub.ru/>
6. Электронная библиотечная система «ЭБ БашГУ» – <https://elib.bashedu.ru/>
7. Электронная библиотечная система издательства «Лань» – <https://e.lanbook.com/>
8. Электронный каталог Библиотеки БашГУ – <http://www.bashlib.ru/catalogi>.
9. Архивы научных журналов на платформе НЭИКОН (Cambridge University Press, SAGE Publications, Oxford University Press) - <https://archive.neicon.ru/xmlui/>
10. Издательство «Annual Reviews» - <https://www.annualreviews.org/>
11. Издательство «Taylor&Francis» - <https://www.tandfonline.com/>
12. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.
13. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.  
Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
<p><b>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 110 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 111 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 301 (гуманитарный корпус), аудитория № 305 (гуманитарный корпус), аудитория № 307 (гуманитарный корпус), аудитория № 308 (гуманитарный корпус), аудитория № 309 (гуманитарный корпус).</p>	<p>Лекции</p>	<p>Учебная мебель, доска, проекционный экран, проектор, персональные компьютеры. Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition</p>
<p><b>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> лаборатория социально-экономического моделирования № 107 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), лаборатория анализа данных № 108 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 110 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 111 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 114 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 122 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 204 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 207 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 208 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 209 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 210 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 212 (гуманитарный корпус), аудитория № 213 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 218 (гуманитарный корпус), аудитория № 220 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 221 (гуманитарный корпус), аудитория № 222 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 301 (гуманитарный корпус), аудитория № 305 (гуманитарный корпус), аудитория № 307 (гуманитарный корпус), аудитория № 308 (гуманитарный корпус), аудитория № 309 (гуманитарный корпус), лаборатория исследования процессов в экономике и управлении № 311а (гуманитарный корпус), лаборатория информационных технологий в экономике и управлении № 311в (гуманитарный корпус).</p>	<p>Практические (семинарские) занятия</p>	<p>Учебная мебель, доска, проекционный экран, проектор, персональные компьютеры. Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition</p>
<p><b>Учебная аудитория для проведения групповых и</b></p>	<p>Групповые и</p>	<p>Учебная мебель, доска, проекционный экран, проектор,</p>

<p><b>индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b>  лаборатория социально-экономического моделирования № 107 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), лаборатория анализа данных № 108 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 110 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 111 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 114 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 122 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 204 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 207 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 208 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 209 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 210 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 212 (гуманитарный корпус), аудитория № 213 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 218 (гуманитарный корпус), аудитория № 220 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 221 (гуманитарный корпус), аудитория № 222 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4), аудитория № 301 (гуманитарный корпус), аудитория № 305 (гуманитарный корпус), аудитория № 307 (гуманитарный корпус), аудитория № 308 (гуманитарный корпус), аудитория № 309 (гуманитарный корпус), лаборатория исследования процессов в экономике и управлении № 311а (гуманитарный корпус), лаборатория информационных технологий в экономике и управлении № 311в (гуманитарный корпус).</p>	<p>индивидуальные консультации, текущий контроль и промежуточная аттестация</p>	<p>персональные компьютеры. Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition</p>
<p><b>Помещения для самостоятельной работы:</b> 302 читальный зал (гуманитарный корпус).</p>	<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Учебная мебель, персональные компьютеры в комплекте HP, моноблок, персональный компьютер в комплекте моноблок iRU.</p>
<p><b>Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:</b> аудитория № 115 (помещение, ул. Карла Маркса, д.3, корп.4), 118 (помещение, ул.Карла Маркса, д.3, корп.4)</p>	<p>Хранение и профилактическое обслуживание учебного оборудования</p>	<p>Учебная мебель, колонки (2 шт.), динамики, dvd плеер tochiba, магнитола sony (4 шт.).</p>