ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНА

Приказом ректора
АНО ВО «Центральный университет»
от «02» июня 2026 г. № 0602.30

Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Байесовские статистические модели»
дополнительной профессиональной программы – программы профессиональной переподготовки «Машинное обучение в индустрии»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0215B0C000D1B3FEB44A37EE631E0C27D4
Владелец: Ивашкевич Евгений Васильевич
Действителен: с 13.01.2026 до 13.04.2027

Электронный документ

Москва
2026

Содержание

1. **Краткая характеристика дисциплины (модуля)** 3
2. **Тематический план** 5
3. **Содержание дисциплины (модуля)** 5
4. **Учебно-методическое обеспечение** 6
5. **Материально-техническое обеспечение** 6
6. **Методические и оценочные материалы** 8

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Изучение дисциплины (модуля) «Байесовские статистические модели» позволяет слушателям освоить вероятностный подход к анализу данных, который эффективно учитывает неопределенность и интегрирует априорные знания с новыми наблюдениями, обеспечивая более точные и обоснованные выводы по сравнению с традиционными методами. Это особенно ценно в бизнес-контексте, где такие навыки применяются для оптимизации A/B-тестирования, прогнозирования временных рядов и разработки предиктивных моделей, способствуя принятию стратегических решений и повышению качества аналитических проектов.

Цель изучения дисциплины (модуля): формирование знаний и навыков в области байесовских статистических моделей для применения вероятностного подхода к анализу данных и решению бизнес-задач с учетом неопределенности.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

- освоить теоретические основы байесовской статистики, включая различия с частотным подходом, и механизмы интеграции априорных знаний с эмпирическими данными для обновления вероятностей;
- развить умения в формулировании гипотез, настройке и интерпретации ABCDE-тестов с байесовским выводом для анализа бизнес-сценариев;
- научиться строить и оценивать байесовские линейные регрессионные модели, а также применять Гауссовские процессы к анализу временных рядов для предсказаний;
- сформировать навыки построения вероятностных моделей, оценки параметров распределений с помощью приближенных методов и применения байесовского подхода в реальных проектах;
- научиться разрабатывать, презентовать и защищать прикладные аналитические проекты, интегрирующие байесовские методы для обоснованных выводов и решений в бизнес-аналитике.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

- основы байесовской статистики и её отличие от частотного подхода;
- как применять байесовский подход к бизнес-задачам;
- механизмы ABCDE-тестирования и интерпретации результатов;
- принципы байесовской линейной регрессии;
- методы анализа временных рядов с помощью Гауссовских процессов;
- подходы к построению вероятностных моделей и их применению в реальных проектах.

уметь:

- формулировать гипотезы и пересчитывать априорные вероятности с учётом новых данных;
- настраивать и интерпретировать ABCDE-тесты с байесовским выводом;
- строить и анализировать байесовские регрессионные модели;
- применять Гауссовские процессы к анализу временных данных;
- оценивать параметры распределений с помощью приближённых методов;
- разрабатывать и защищать прикладной аналитический проект.

владеть:

- навыками применения байесовского подхода к анализу данных в бизнес-контексте;
- навыками выполнения A/B/n-тестов с использованием байесовской логики;
- навыками построения предиктивных моделей на основе линейной регрессии;
- навыками работы с временными рядами и использования Гауссовских процессов для прогноза;
- навыками представления результатов анализа и составления обоснованных выводов;
- навыками уверенного использования инструментов байесовского анализа в прикладных проектах.

2. Тематический план

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
		Лекции	Семинары (практические занятия)			
1	Введение	4	4		20	Домашние задания
2	Основные методы	6	6		44	Домашние задания
3	Модели временных рядов	4	4		20	Домашние задания
	Зачет с оценкой			***2***		
	Итого:	***14***	***14***	***2***	***84***	
Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)		***114***				
Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)		***3***				

3. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Введение	Введение Байесовская статистика и принципы моделирования
2	Основные методы	Иерархические модели Байесовские ABCDE-тесты и восстановление параметров Байесовская линейная регрессия
3	Модели временных рядов	Гауссовские процессы Временные ряды и гауссовские процессы

4. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый слушатель в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Слушателям обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Основная литература:

1. Курт, У. Байесовская статистика: Star Wars, LEGO, резиновые уточки и многое другое : практическое руководство / У. Курт. - Санкт-Петербург : Питер, 2021. - 304 с. - (Библиотека программиста). - ISBN 978-5-4461-1655-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1817495.

2. Вэй Цзи Ма, Байесовские модели восприятия и действия : современный взгляд на принципы работы мозга : практическое руководство / Вэй Цзи Ма, К. Кёрдинг, Д. Голдрайх ; пер. с англ. В. С. Яценкова. – Москва : ДМК Пресс, 2023. - 460 с. – ISBN 978-5-93700-229-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2204250.

3. Сукар, Л. Вероятностные графовые модели. Принципы и приложения : практическое руководство / Л. Сукар ; пер. с англ. А. В. Снастина. — Москва : ДМК Пресс, 2021. — 338 с. — ISBN 978-5-97060-874-6. — Текст : электронный // ЭБС Znanium. — URL: https://znanium.ru/catalog/product/2109479.

Дополнительная литература:

1. Коэн, М. Прикладная линейная алгебра для исследователей данных. От ключевых концепций до приложений с использованием Python : практическое руководство / М. Коэн ; пер. с англ. А. В. Логунова. – Москва : ДМК Пресс, 2023. - 330 с. – ISBN 978-6-01798-945-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2205123.

2. Груздев, А. В. Прогнозирование временных рядов с помощью Facebook Prophet, ETNA, sktime и LinkedIn Greykite : строим, настраиваем, улучшаем модели прогнозирования временных рядов с помощью специальных библиотек : практическое руководство / А. В. Груздев. – Москва : ДМК Пресс, 2023. - 782 с. – ISBN 978-5-93700-212-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2204240.

5. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и

индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

— столами и стульями;

— компьютерной техникой;

— механическими калькуляторами;

— специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование"	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		

Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное
Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое
Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое
Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CopelliaSim	зарубежное	свободно распространяемое
Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
Пакеты программных средств и библиотек:		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

6. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Байесовские статистические модели» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удается, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Семинар — это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где слушатели активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

Домашнее задание – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

Бонусные баллы — это оценки, которые слушатели могут получить за выполнение дополнительных заданий.

Формат бонусных баллов позволяет слушателям улучшить общую оценку по дисциплине (модулю) и стимулирует углубленное изучение материала.

Самостоятельная работа – работа слушателей, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы слушатели взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи слушателя включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Оценивание уровня учебных достижений обучающихся по дисциплине (модулю) осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме ***зачета с оценкой***.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом, если иное не указано в силлабусе дисциплины:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Слушатель полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину (модуль). Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Слушатель хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
9	Отлично	
8	Отлично	
7	Хорошо	Слушатель обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Слушатель хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
6	Хорошо	
5	Удовлетворительно	Слушатель обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Слушатель способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
4	Удовлетворительно	
3	Не сдан	Слушатель не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	
1	Не сдан	

Дисциплина (модуль) «Байесовские статистические модели» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Описание
Домашние задания	60%	Набор задач по темам недели

Активность	Вес	Описание
Зачет с оценкой	40%	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

В рамках изучения дисциплины (модуля) возможно получение бонусных баллов.

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Байесовские статистические модели»: «0,6 × среднее за домашние задания + 0,4 × зачет с оценкой».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание: Байесовская статистика в бизнесе и принципы моделирования

1. Используя формулу Байеса, рассчитайте апостериорную вероятность успеха нового продукта на основе априорных данных о рынке (например, 30% шанс успеха) и новых наблюдений (5 успешных продаж из 10 тестов), представив результаты в виде графика.

2. Выберите бизнес-сценарий (например, прогноз продаж), задайте априорное нормальное распределение, обновите его с помощью данных о прибыли за месяц и визуализируйте изменения с помощью Python (matplotlib или seaborn), объяснив влияние новых данных.

3. Для гипотезы о вероятности оттока клиентов (априорная бета-распределение) постройте функцию правдоподобия на основе выборки из 50 клиентов (20 оттоков) и рассчитайте обновленную апостериорную вероятность, используя библиотеку PyMC3.

4. Опишите процесс построения простой байесовской модели для оценки эффективности маркетинговой кампании, включая выбор априорных распределений, интеграцию данных и интерпретацию результатов; реализуйте модель в Python и сравните с частотным подходом.

5. Создайте интерактивный дашборд (с помощью Plotly) для бизнес-метрики (например, конверсия сайта), отображающий априорное распределение, правдоподобие и апостериорное распределение на основе симулированных данных, и объясните, как это помогает в принятии решений.

Домашнее задание: Байесовские ABCDE-тесты и восстановление параметров

1. Проанализируйте результаты A/B-теста для двух версий landing page (конверсии: 15% vs 18% на выборке 1000 пользователей), рассчитайте байесовскую вероятность превосходства одной версии и сравните с p-значением частотного теста, используя PyMC3.

2. Для теста с несколькими вариантами (A, B, C, D, E) восстановите параметры бета-распределения на основе наблюдаемых конверсий (например, A: 120/1000, B: 150/1000), постройте апостериорные распределения и определите наиболее вероятный победитель.

3. Проведите сравнение байесовского и частотного A/B-тестирования на примере данных о CTR рекламы (байесовский вывод с априорными знаниями о рынке),

визуализируйте различия в интерпретации и объясните преимущества байесовского метода для раннего остановки теста.

4. Используя данные о пользовательском поведении в приложении, постройте байесовскую модель для оценки среднего времени сессии, визуализируйте апостериорные интервалы и плотности распределений с помощью ggplot2 в R, и интерпретируйте результаты для бизнес-рекомендаций.

5. Разработайте сценарий ABCDE-теста для оптимизации цены продукта, задайте априорные распределения для каждого варианта, обновите их на основе симулированных продажных данных и создайте отчет с графиками, показывающими вероятность выбора лучшей цены.

Домашнее задание: Байесовская линейная регрессия

1. Сравните классическую линейную регрессию с байесовской на примере данных о зависимости продаж от цены и рекламы (выборка 200 наблюдений), рассчитайте коэффициенты и интервалы неопределенности, используя PyMC3, и обсудите различия.

2. Постройте байесовскую линейную регрессионную модель для предсказания прибыли компании на основе факторов (инвестиции, рынок), задайте априорные нормальные распределения для параметров, оцените апостериорные распределения и визуализируйте предсказательные интервалы.

3. Реализуйте модель R2D2M2 для байесовской регрессии на данных о временных рядах продаж, интегрируя априорные знания о сезонности, сравните с классическим подходом по точности прогноза и постройте графики остатков.

4. Анализируйте влияние маркетинговых расходов на рост клиентов с помощью байесовской линейной регрессии (данные 500 наблюдений), оцените параметры с учетом априорных убеждений и создайте предсказания для будущих сценариев.

5. Для модели прогнозирования спроса на продукт проведите кросс-валидацию байесовской регрессии, сравните с обычной OLS-регрессией по метрикам (RMSE, MAE), и визуализируйте апостериорные распределения коэффициентов для интерпретации значимости факторов.

Домашнее задание: Временные ряды и Гауссовские процессы

1. Опишите и реализуйте простой гауссовский процесс (с квадратичным ядром) для моделирования временного ряда цен акций (данные за 100 дней), постройте предсказания и визуализируйте неопределенность с помощью GPy или scikit-learn.

2. Выберите временной ряд (например, уровень безработицы), задайте различные априорные гауссовские процессы (с разными ядрами: RBF, Matérn), обновите их на данных и сравните влияние априоров на точность прогноза на 10 шагов вперед.

3. Для большого временного ряда (1000 точек) примените аппроксимацию (например, FITC или sparse GP) к моделированию температуры, рассчитайте вычислительную эффективность и точность предсказаний, используя библиотеку GPflow.

4. Создайте смесь гауссовских процессов для анализа многомодального временного ряда (например, продажи с сезонными пиками), определите компоненты смеси, оцените параметры и визуализируйте предсказания с доверительными интервалами.

5. Моделируйте временной ряд выручки компании с помощью гауссовского процесса, интегрируя априорные знания о трендах, оцените параметры и постройте прогноз на квартал вперед, сравнив с ARIMA-моделью по метрикам точности.