

**Санкт-Петербургский филиал федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

Факультет Санкт-Петербургская школа экономики и менеджмента

Департамент экономики

**Рабочая программа дисциплины
«Байесовская эконометрика и модели биостатистики»**

для образовательной программы «Прикладная экономика и математические методы»
направления подготовки 38.04.01 «Экономика»
уровень магистратура

Разработчик программы

Мясникова Е.М., к.ф.-м.н., доцент, emyasnikova@hse.ru

Согласована начальником ОСУП

« ____ » _____ 2019 г.

М.А. Неклюдова _____ [подпись]

Утверждена Академическим советом образовательной программы

« ____ » _____ 2019 г., № протокола _____

Академический руководитель образовательной программы

Ф.А.Ущев _____ [подпись]

Санкт-Петербург, 2019

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения кафедры-разработчика программы.

1 Область применения и нормативные ссылки

Настоящая рабочая программа дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента, а также определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину «Байесовская эконометрика и модели биостатистики» и студентов направления подготовки 38.04.01 «Экономика», обучающихся по образовательной программе «Прикладная экономика и математические методы».

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом НИУ ВШЭ, утвержденным Ученым Советом НИУ ВШЭ, протокол от 27.06.2014 г. №05
<https://www.hse.ru/data/2017/03/10/1169305366/38.04.01%20%20Экономика.pdf>
- Образовательной программой 38.04.01 «Экономика».
- Объединенным учебным планом университета по образовательной программе «Прикладная экономика и математические методы», утвержденным в 2019 г.

2 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Байесовская эконометрика и модели биостатистики» являются построение и исследование методов выбора вероятностных моделей, наилучшим образом отражающих существенные особенности биомедицинских данных, а также методов сбора, систематизации и обработки данных. В основе курса лежит концепция байесовского использования априорной информации в сочетании с накапливаемыми результатами наблюдений для выработки рациональных решений.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Уровни формирования компетенций:

РБ - ресурсная база, в основном теоретические и предметные основы (знания, умения)

СД - способы деятельности, составляющие практическое ядро данной компетенции

МЦ - мотивационно-ценностная составляющая, отражает степень осознания ценности компетенции человеком и готовность ее использовать

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Код по ОС ВШЭ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции	Форма контроля уровня сформированности компетенции
СК-1	Демонстрирует умение оценивать и перерабатывать освоенные научные методы байесовской концепции теории вероятности.	Работа на лекциях и семинарах, самостоятельная работа	Домашнее задание
СК-6	Демонстрирует умение анализировать, верифицировать, оценивать полноту информации в ходе профессиональной деятельности, при необходимости восполнять и синтезировать недостающую информацию и работать в	Подготовка к семинарам, работа на лекциях и семинарах, самостоятельная работа	Домашнее задание, экзамен



Код по ОС ВШЭ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции	Форма контроля уровня сформированности компетенции
	условиях неопределенности с использованием методов статистического байесовского анализа.		
ПК-1	Владеем методами обобщения и критического оценивания результатов, полученных отечественными и зарубежными исследователями, может выявлять перспективные направления, составлять программу биомедицинских исследований с использованием методов статистического байесовского анализа	Подготовка к семинарам, работа на лекциях и семинарах, самостоятельная работа	Домашнее задание, экзамен.
ПК-3	Демонстрирует умение проводить самостоятельные исследования в области анализа биомедицинских данных с использованием методов статистического байесовского анализа.	Подготовка к семинарам, работа на лекциях и семинарах, самостоятельная работа	Домашнее задание
ПК-5	Использует специальные программы (R) для решения поставленных задач	Подготовка к семинарам, работа семинарах, самостоятельная работа	Домашнее задание
ПК-7	Может оценить разработанные алгоритмы с точки зрения эффективности	Подготовка к семинарам, работа семинарах, самостоятельная работа	Домашнее задание, экзамен.
ПК-10	Находит данные, которые необходимы для решения поставленных задач.	Подготовка к семинарам, работа семинарах, самостоятельная работа	Домашнее задание

4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к блоку дисциплин по выбору.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- Линейная алгебра
- Математический анализ
- Эконометрика;
- Эконометрика временных рядов.

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- **Знать** основные теории в области современной статистики, теоретические основы построения, применения и анализа байесовских моделей биостатистики, принципы построения, оценивания, тестирования и интерпретации байесовских моделей в применении к биомедицинским исследованиям.
- **Уметь** подобрать актуальную литературу по тематике биомедицинских исследований, составить обзор литературы, выявить ограничения существующих мето-



дов исследования, сопоставить возможности применения этих методов в контексте реальной исследовательской задачи, оформить результаты собственного исследования в виде отчета о проделанной работе, доклада на научном/методическом семинаре, предлагать подходы к построению и анализу моделей биомедицинских данных, ставить статистические гипотезы, делать содержательные выводы по результатам моделирования, выявлять сильные и слабые стороны применяемых моделей и давать рекомендации относительно качества и надежности получаемых результатов.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при написании магистерской диссертации.

5 Тематический план учебной дисциплины

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ - 4 зачетных единицы.

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	
1	Основные положения Байесовского подхода	38	5	6	0	27
2	Введение в Байесовский вывод	39	6	6	0	27
3	Распределения с двумя и более параметрами	38	5	6	0	27
4	Байесовские методы в прикладных приложениях	37	4	6	0	27
ИТОГО		152	20	24	0	108

6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	2 год				Параметры
		1	2	3	4	
Текущий	Домашнее задание		*			Расчетное задание
Итоговый контроль по дисциплине	Экзамен		*			Письменный экзамен 170 мин.

7 Критерии оценки знаний, навыков

Критерии оценки домашнего задания

Расчетное задание выдается преподавателем и предполагает проверку умения четко обосновать результаты полученные при решении задания, аргументировано изложить пути решения задачи, обосновать полученные результаты с учетом корректности принятых методов расчетов.

Оценка	Критерии
«Отлично»: 10	Данная оценка может быть выставлена только при условии



	соответствия домашнего задания всем предъявляемым требованиям и высшей оценки по всем критериям.
«Отлично»: 9, 8	Данные оценки могут быть выставлены только при условии соответствия домашнего задания всем предъявляемым требованиям и высокой оценке по всем критериям.
«Хорошо»: 7, 6	«7» - данная оценка может быть выставлена только при условии наличия достаточно полных и качественных материалов домашнего задания при выполнении более 80% задания. «6» - данная оценка может быть выставлена только при условии наличия достаточно полных и качественных материалов домашнего задания при выполнении более 60% задания.
«Удовлетворительно»: 5, 4	«5» - данная оценка может быть выставлена только при условии наличия достаточно полных и качественных материалов домашнего задания при выполнении более 40% задания. «4» - данная оценка может быть выставлена только при условии наличия достаточно полных и качественных материалов домашнего задания при выполнении более 20% задания
«Неудовлетворительно»: 3, 2, 1	В работе выполнено менее 20% задания.
«Работа не принимается»: 0	Работа не выполнена

Критерии оценки экзамена

Экзаменационная работа (письменный экзамен) состоит из заданий, где каждому соответствует свой балл. Каждое задание оценивается по полноте и правильности выполнения. Баллы по каждому заданию суммируются.

Оценка	Критерии
«Отлично»: 10	Данная оценка может быть выставлена только при условии соответствия ответа всем предъявляемым требованиям и высшей оценки по всем критериям.
«Отлично»: 9, 8	Данные оценки могут быть выставлены только при условии соответствия ответа всем предъявляемым требованиям и высокой оценке по всем критериям.
«Хорошо»: 7, 6	«7» - данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия решения заданий 2 из 3 предъявляемым критериям и 1 задание может быть выполнено частично. «6» - данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия задания 2 из 3 предъявляемым критериям.
«Удовлетворительно»: 5, 4	«5» - данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия задания 1 из 3 предъявляемым критериям и 2 задания могут быть выполнены частично. «4» - данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия 1 задания предъявляемым критериям.
«Неудовлетворительно»: 3, 2, 1	Ответ не соответствует большинству предъявляемых критериев
«Ответ не принимается»: 0	Экзамен не сдан.

8 Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные положения Байесовского подхода

Теорема Байеса для бинарных, категориальных и непрерывных случайных величин. Байесовский подход и метод максимального правдоподобия. Байесовский и частотный подходы к вероятности.

Раздел 2. Введение в Байесовский вывод.

Распределения, сопряженные с распределением наблюдаемой генеральной совокупности, их генезис и роль в байесовском анализе (биномиальное, нормальное и Пуассона). Байесовский анализ распределений, зависящих от единственного параметра. Числовые характеристики постериорного распределения. Постериорное интервальное оценивание. Байесовский и вероятностный подходы к предсказаниям. Численные методы вычисления постериорных распределений. ICDF и AR- алгоритмы. Проверка гипотез. Байес фактор.

Раздел 3. Распределения с двумя и более параметрами.

Совместные, маргинальные и условные распределения. Теорема Байеса и характеристики постериорного в двумерном случае. Байесовский вывод для нормального распределения с неизвестными средним и дисперсией. MCMC. Семплирование по Гиббсу.

Раздел 4. Байесовские методы в прикладных приложениях.

Примеры клинических исследований. Байесовский анализ данных лонгитюдных исследований. Смешанная модель. Методы сравнения моделей: Байес фактор и DIC критерий.

9 Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины на практических занятиях студенты разбирают различные проблемные ситуации. Таким образом, студенты учатся находить связи между теоретическими положениями и реальными экономическими ситуациями.

9.1. Методические рекомендации преподавателю

В ходе лекционных занятий преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, разъясняет концептуальные положения, дает представления о внутренних и внешних связях изучаемых понятий и явлений с другими отраслями науки. Лектор также дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

9.2. Методические указания студентам по освоению дисциплины

Самостоятельная работа может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью по освоению знаний и умений в области учебной деятельности без посторонней помощи. Студенту нужно четко понимать, что самостоятельная работа – не просто обязательное, а необходимое условие для получения знаний по дисциплине и развитию компетенций, необходимых в будущей профессиональной деятельности.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует источники для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине на практических занятиях.

10 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

10.1 Оценочные средства для оценки качества освоения дисциплины в ходе текущего контроля

Примеры заданий домашней работы:

- I. Выполнить расчетные задания по распределениям Пуассона, нормальному и биномиальному.
 1. Сгенерировать выборку из пуассоновского (норм, бином) распределения (любого объема и с любым параметром) - y_0
 2. Построить функцию правдоподобия и найти оценку максимального правдоподобия (ОМП) параметра $\hat{\theta}_0$
 3. Построить априорное распределение (гамма, норм, бета) по этой выборке.
 4. Сгенерировать выборку наблюдений из пуассоновского (норм, бином) распределения (другого объема и с другим параметром) - y
 5. Построить функцию правдоподобия и найти оценку максимального правдоподобия (ОМП) параметра $\hat{\theta}$
- II. Расчетное задание по семплированию одномерной плотности методом выборки с отклонением (AR алгоритм)

Просемплировать методом выборки с отклонением (AR алгоритм) одномерное распределение $p(x)$, $a \leq x \leq b$.

Найдите максимальное значение $p(x)$. В качестве огибающей (вспомогательной) плотности возьмите $q(x) = U[a, b]$ и найдите A такое, чтобы $p(x) < A \cdot q(x)$ на интервале $[a, b]$.

Алгоритм:

- 1) Возьмите любое \tilde{x} из $U[a, b]$.
- 2) Затем возьмите любое u из $U[0, 1]$ и проверьте $u \leq A \cdot p(\tilde{x})$.

Повторить несколько раз.

III. Расчетное задание по семплированию двумерной плотности по Гиббсу

Просемплировать по Гиббсу двумерную плотность $p(x, y)$ $a \leq x, y \leq b$. Одномерное семплирование проводить методом обратной функции распределения (ICDF).

Сделать несколько циклов.

Алгоритм:

Задать y_0

- 1) найти по условной плотности $p(x|y_0)$ (не забудьте норм. коэффициент) функцию распределения $F(x | y_0)$.
- 2) задать случайное число u из $U[0, 1]$ и найти $x_1 = F^{-1}(u)$.
- 3) найти по условной плотности $p(y|x_1)$ функцию распределения $F(y|x_1)$.
- 4) задать случайное число u из $U[0, 1]$ и найти $y_2 = F^{-1}(u)$.

10.2 Примеры заданий итогового контроля по дисциплине

Примеры задач для экзамена.

1. Найти нормировочный коэффициент двумерного распределения. Построить маргинальные, условные распределения для двумерного распределения с плотностью:

$$p(x, y) \propto (2x + 3y + 2) \quad 0 \leq x, y \leq 2.$$
2. Найти нормировочный коэффициент двумерного распределения. Построить маргинальные, условные распределения для двумерного распределения с плотностью:

$$p(x, y) \propto (x + y + 3) \quad 0 \leq x, y \leq 3.$$

3. Построить оценки максимального правдоподобия параметра θ биномиального распределения $Bin(n, \theta)$ при $n = 100$:

$$p(y|\theta) = \binom{n}{y} \theta^y (1 - \theta)^{n-y}$$

по выборке y :

22 27 36 33 27 28 33 31 29 32

Найти мат. ожидание и дисперсию y .

4. Параметр θ может принимать только два значения θ_1 и θ_2 . Условные функции вероятности дискретной случайной величины y в зависимости от θ :

$$p(y|\theta_1) = \begin{cases} 0.2 & \text{при } y = 1 \\ 0.8 & \text{при } y = 2 \\ 0 & \text{в ост.сл.} \end{cases} \quad p(y|\theta_2) = \begin{cases} 0.5 & \text{при } y = 1 \\ 0.5 & \text{при } y = 2 \\ 0 & \text{в ост.сл.} \end{cases}$$

Априорные вероятности: (а) $P(\theta_1) = P(\theta_2) = 0.5$ (б) $P(\theta_1) = 0.4$ $P(\theta_2) = 0.6$

Найти:

- (а) Постериорные вероятности $P(\theta|y = 1)$ и $P(\theta|y = 2)$.
 - (б) постериорный Байесовский фактор при $y = 2$ для гипотез $H_0: \theta_1$ и $H_1: \theta_2$.
5. Сгенерировать выборку из распределения

$$p(y|\theta) = \frac{2(\theta y + 1)}{9\theta + 6}, \quad 0 \leq y \leq 3.$$

методом ICDF по выборке из $U[0,1]$ (u_1, u_2, \dots, u_n). Просто напишите формулу.

11 Порядок формирования оценок по дисциплине

Накопленная оценка по дисциплине рассчитывается с помощью взвешенной суммы оценок за отдельные формы текущего контроля знаний следующим образом:

$$O_{\text{накопленная}} = 0.5 \cdot O_{\text{домашняя работа1}} + 0.5 \cdot O_{\text{домашняя работа2}}$$

Результирующая оценка по дисциплине (которая идет в диплом) рассчитывается следующим образом:

$$O_{\text{результ}} = 0.5 \cdot O_{\text{накопл}} + 0.5 \cdot O_{\text{экз}},$$

где $O_{\text{накопл}}$ – накопленная оценка по дисциплине



$O_{\text{экс}}$ – оценка за экзамен

k_1 – вес накопленной оценки по дисциплине

k_2 – вес экзаменационной оценки по дисциплине

Способ округления экзаменационной и результирующей оценок: в пользу студента.

12 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1 Основная литература

- 1) Елисеева И.И., Эконометрика : учебник для бакалавриата и магистратуры [Электронный ресурс] / И. И. Елисеева [и др.] ; под ред. И. И. Елисеевой. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 449 с. — (Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-6639-8. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/155C29A1-8000-475E-BFD8-466549487339. (ЭБС ЮРАЙТ)

12.2 Дополнительная литература

- 2) Lesaffre, E. and Lawson, A.B. Bayesian Biostatistics [Electronic Resource] / Emmanuel Lesaffre and Andrew B. Lawson. – John Wiley & Sons, 2012. – 539 p. – Authorized access: <https://ebookcentral.proquest.com> – (ProQuest Ebook Central)
- 3) Ghosh, J.K., Mohan, D., Tapas, S. An Introduction to Bayesian analysis. New York [Electronic Resource] / Jayanta K. Ghosh. – Springer, New York, NY, 2006. – 356 p. – Authorized access: <https://link.springer.com/book/10.1007/> - (Springer Texts in Statistics)

12.3 Программные средства

Для успешного освоения дисциплины, студент использует следующие **программные средства**:

- Пакет для статистической обработки данных R r-project.org .

13 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекций требуются: Компьютер и проектор

14. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться следующих варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

1) для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

2) для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.



3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.