

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

С. Сергеев
«5» *марта* 2021г.

Фонд оценочных средств

| Код модуля | Модуль |
|------------|---|
| 1156701 | Статистические методы в технике и экономике |

Екатеринбург, 2021

Фонд оценочных средств составлен авторами:

| № п/п | ФИО | Ученая степень, ученое звание | Должность | Кафедра |
|-------|-----------------------------------|--|-----------|--------------------------|
| 1 | Тырсин Александр Николаевич | доктор технических наук, профессор | Профессор | прикладной математики |

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Прикладная математика»

И.о.зав. кафедрой «Прикладная математика»



Н.В. Гредасова

Протокол № 1 от 05.03.21 г.

1. Критерии и шкалы оценивания компетенций

Критерии и шкалы оценивания компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации

| Шкала оценивания | | Критерии оценивания | Уровни освоения компетенций |
|---------------------------------------|-----------|--|-----------------------------|
| «отлично» (80-100 баллов) | «зачтено» | Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Продемонстрировал владение профессиональным языком в определенной предметной области. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы | Высокий |
| «хорошо» (60-79 баллов) | | Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов | Повышенный |
| «удовлетворительно» (40-59 баллов) | | Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных | Пороговый |

| | | | |
|--|--------------|---|-----------------------------|
| | | знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы | |
| «неудовлетворительно» (менее 40 баллов) | «не зачтено» | Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов | Компетенции не сформированы |

Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении текущей аттестации представлены в «Методических рекомендациях по критериям и шкалам оценивания в рамках БРС».

2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

Дисциплина «Планирование эксперимента»

2.1. Примерные задания для проведения домашней работы

Задание 1. Планирование многофакторных экспериментов.

Состав типового задания по планированию многофакторного эксперимента:

1. Для рассматриваемой задачи составить план эксперимента, связывающий функцию отклика со случайными факторами (случайные факторы могут быть случайными и не случайными величинами).
2. Произвести вычислительный эксперимент с целью определения функции отклика в точках плана.
3. Определить коэффициенты регрессионного полинома.
4. С помощью метода β -коэффициентов проанализировать значимость членов регрессионного полинома.
5. По критерию Фишера определить уровень значимости гипотезы об адекватности полученного регрессионного полинома истинной функциональной связи между функцией отклика и факторами.
6. Получить полином относительно не кодированных факторов.
7. С помощью полинома решить практическую задачу, связанную с тематикой рассматриваемой задачи (например, при заданных законах распределения случайных факторов найти закон распределения функции отклика, определить значения факторов, отвечающих экстремуму функции отклика и др.).

Составить пояснительную записку, отразив в ней выполненную работу и сформулировав выводы.

Задание 2. Парная корреляция и множественный корреляционный анализ. Анализ результатов экспериментов.

В задании входит по исходным экспериментальным данным построение и анализ парных и многомерных линейных и нелинейных корреляционных зависимостей, построение и исследование качества регрессионных зависимостей..

2.2. Примерные контрольные работы

Контрольная работа 1. Статистическое моделирование одномерных и многомерных случайных величин с заданными законами распределения.

Задание включает в себя:

- 1) генерацию одномерных дискретных и непрерывных случайных величин с заданными законами распределения и исследование соответствия их выборочных распределений теоретическим законам;
- 2) генерацию гауссовских случайных векторов с заданными математическими ожиданиями и ковариационными матрицами.

Контрольная работа 2. Задача дисперсионного анализа. Проверка нулевой гипотезы по критерию Фишера.

Задание включает в себя проведение многофакторного дисперсионного анализа с зависимыми факторами для заданных экспериментальных данных и анализ полученных результатов.

2.3. Перечень примерных вопросов для зачета

1. История планирования эксперимента.
2. Применение планирования эксперимента.
3. Основные требования, предъявляемые к планированию эксперимента. Задачи планирования эксперимента.
4. Схема объекта исследований.
5. Классификация факторов. Требования, предъявляемые к факторам и их совокупности при планировании эксперимента.
6. Виды параметров оптимизации. Требования, предъявляемые к параметру оптимизации.
7. Задачи с несколькими выходными параметрами.
8. Построение обобщенного отклика.
9. Шкала желательности Харрингтона. Преобразование частных откликов в частные функции желательности.
10. Выбор модели. Требования, предъявляемые к модели. Шаговый принцип. Полиномиальные модели.
11. Принятие решения перед планированием эксперимента. Выбор основного уровня. Выбор интервалов варьирования.
12. Полный факторный эксперимент типа 2^2 : матрица планирования, геометрическая интерпретация.
13. Полный факторный эксперимент типа 2^3 : матрица планирования, геометрическая интерпретация.
14. Линейный корреляционный анализ.
15. Нелинейный корреляционный анализ.
16. Свойства полного факторного эксперимента типа 2^k .
17. Полный факторный эксперимент и математическая модель: вычисление коэффициентов линейной модели и оценка эффекта взаимодействия.
18. Минимизация числа опытов.
19. Дробная реплика. Условные обозначения дробных реплик и число опытов. Выбор полуреплик. Генерирующие соотношения и определяющие контрасты.
20. Планы 2_{III}^{3-1} и 2_{IV}^{4-1}
21. Однофакторный дисперсионный анализ.
22. Двухфакторный дисперсионный анализ.
23. Проведение эксперимента. Анкета для сбора априорной информации: постановка задач, выбор параметров оптимизации; выбор факторов; число опытов; учет априорной информации. Реализация плана эксперимента: оформление журнала.
24. Критерий Стьюдента.
25. Ошибки параллельных опытов: среднее, дисперсия, стандарт. Классификация ошибок.
26. Исключение из экспериментальных данных грубых ошибок.
27. Дисперсия параметра оптимизации. Проверка однородности дисперсий.

28. Рандомизация: влияние неоднородности на параметр оптимизации; применение таблицы случайных чисел.
 29. Разбиение матрицы типа 2^k на блоки: общие правила.
 30. Обработка результатов эксперимента: принцип минимизации невязок в методе наименьших квадратов, наименьших кубов.
 31. Метод наименьших квадратов: расчет коэффициентов регрессии.
 32. Вычисление коэффициентов линейной регрессии для полного многофакторного эксперимента.
 33. Вычисление коэффициентов линейной регрессии для дробного многофакторного эксперимента.
 34. Регрессионный анализ: постулаты: проверка адекватности модели; качественная интерпретация задачи; проверка значимости коэффициентов.
 35. Метод наименьших квадратов для одного фактора.
 36. Обобщение метода наименьших квадратов на многофакторный линейный случай.
 37. Взвешенный метод наименьших квадратов и статистический анализ.
 38. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий – критерии оптимальности планов.
 39. Метод эволюционного планирования
 40. Планирование эксперимента в производственных условиях.
- 3.4.** Задания, по которым проводится аттестация, оформляются и хранятся в составе ФОС согласно установленным требованиям (Положение о ФОС) и не размещаются в электронной информационно-образовательной среде УрФУ.

Дисциплина «Робастные статистические методы»

2.1. Примерные задания для проведения домашней работы

Задание. Непараметрические методы регрессионного анализа.

Дана экспериментальная многомерная выборка статистических данных. Требуется построить с помощью робастных и непараметрических методов оценки регрессионных зависимостей.

2.2. Примерные контрольные работы

Контрольная работа 1. Робастные и непараметрические методы оценки параметров сдвига и масштаба.

Имеется выборка данных. Вероятность засорения данных выбросами задана. Определить с помощью робастного метода Хьюбера и метода наименьших модулей оценку математического ожидания исходных данных.

Контрольная работа 2. Робастные методы оценивания линейных регрессионных зависимостей.

Даны двумерные и многомерные выборки экспериментальных данных с засорением по математическому ожиданию и дисперсии. Требуется построить регрессионные зависимости: методом Хьюбера, робастным методом с асимптотически ограниченной функцией потерь, методом наименьших модулей и методом наименьших квадратов.

Сравнить полученные результаты и сделать выводы.

2.3. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Возможности робастных и непараметрических методов статистического анализа.
2. Понятие статистической структуры и статистического фильтра. Примеры формирования статистической структуры.
3. Построение статистической структуры на базе параметрической модели.
4. Понятие о робастном статистическом решении.
5. Регуляризирующий функционал и предъявляемые к нему требования.
6. Выбор статистической модели исходя из качества имеющихся статистических данных. Правило выбора целевой функции решающего правила.
7. Большие уклонения и их влияние на выбор статистической модели и решающего правила.
8. Задача оценивания параметров распределений, заданных с ошибками.

9. Свойства оценок параметров распределений, если наблюдаемое распределение не принадлежит предполагаемому параметрическому множеству.
 10. Правила выбора функции риска для построения робастных оценок параметров.
 11. Информационные расстояния между вероятностными мерами и их свойства.
 12. Гарантийное решающее правило. Правила построения решающих правил при ограниченном носителе данных.
 13. Влияние скорости убывания хвостов распределений на гарантийное решающее правило. Рекомендации по учету «выбросов» в статистических данных.
 14. Вероятностные модели статистической зависимости. Понятие о слабой и сильной зависимости. Регрессионные модели.
 15. Статистические методы проверки независимости и однородности.
 16. Непараметрическая статистика как система методов. Предмет, возможности, перспективы развития и примеры задач.
 17. Постановка задачи о сдвиге.
 18. Критерий знаковых рангов Уилкоксона, точечная и интервальные оценки.
 19. Критерий знаков Фишера, точечная и интервальные оценки.
 20. Постановка задачи о масштабе.
 21. Критерии Ансари-Бредли, Мозеса, Миллера. Точечное и интервальное оценивание.
 22. Критерии, сконструированные для обнаружения произвольных альтернатив.
 23. Критерии однородности, независимости, двумерной симметрии.
 24. Случаи неприменимости параметрических методов оценивания регрессионных зависимостей. Достоинства и недостатки непараметрических методов оценивания.
 25. Непараметрическое сглаживание. Основные методы сглаживания регрессии.
- 2.4.** Задания, по которым проводится аттестация, оформляются и хранятся в составе ФОС согласно установленным требованиям (Положение о ФОС) и не размещаются в электронной информационно-образовательной среде УрФУ.

Дисциплина «Современные методы эконометрики»

2.1. Примерные задания для проведения домашней работы

Домашняя работа 1. Построение одномерных и многомерных моделей временных рядов по реализациям: идентификация моделей; оценка параметров; прогнозирование поведения рядов.

1. По реализации одномерного временного ряда идентифицировать с помощью критерия Акаике вид модели ряда и оценить параметры модели. Исследовать реализацию ряда на стационарность.

2. По имеющейся многомерной реализации динамических данных построить модель с лагами в независимых переменных. Исследовать качество модели. Построить доверительный интервал для прогноза значений зависимой динамической переменной.

2.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

Задача 1.

Известно, что величины X и Y связаны следующим соотношением регрессии $Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$. По исходным данным найдите оценки коэффициентов регрессии α и β , используя метод наименьших квадратов.

Постройте доверительные интервалы для α и β с надежностью 0,9, 0,95 и 0,99.

Задача 2.

Рассматривается зависимость издержек производства Y (тыс. руб.) от основных производственных фондов (ОПФ) X_1 (тыс. руб.) и численности занятых в производстве X_2 (чел.).

1. Оцените методом наименьших квадратов множественную линейную зависимость Y от X_1 и X_2 .

2. Определите значимость коэффициентов регрессии. Сделайте выводы.

3. Оцените согласованность выборки с построенной моделью. Сделайте выводы.

4. Оцените значимость построенного уравнения регрессии. Сделайте выводы.

5. Найдите интервалы, в которых точные значения коэффициентов регрессии находятся с 95% уровнем доверия.

6. Определите уровень издержек производства, если ОПФ составляет 1500 тыс. руб., а численность занятых в производстве 12 чел.

Задача 3.

Имеются следующие данные по 20 сельскохозяйственным районам:

Y – урожайность зерновых культур (ц/га);

X_1 – число колесных тракторов (приведенной мощности) на 100 га;

X_2 – число зерноуборочных комбайнов на 100 га;

X_3 – число орудий поверхностной обработки почвы на 100 га;

X_4 – количество удобрений, расходуемых на гектар;

X_5 – количество химических средств оздоровления растений, расходуемых на гектар.

1. Требуется провести пошаговый регрессионный анализ урожайности Y на основе исходных данных.

2. Найдите методом наименьших квадратов оценки коэффициентов регрессии;

3. Исследуйте полученную модель на мультиколлинеарность.

4. При выявлении эффекта мультиколлинеарности постройте и оцените новое уравнение регрессии.

5. Интерпретируйте окончательные результаты.

Задача 4.

Исследуется зарплата в Нидерландах. Исходные данные содержат информацию о 75 мужчинах и 75 женщинах работавших на полную ставку (не менее 4 дней в неделю в 1997 г.). Данные получены на основании опроса. В исследование включены следующие переменные:

W – зарплата гильденов/час до вычета налогов,

AGE – возраст, лет,

$$S = \begin{cases} 0, & \text{мужчина,} \\ 1, & \text{женщина,} \end{cases}$$

$EI, I = 1, \dots, 5$ – уровень образования:

$E1 = 1$ – если только начальная школа или менее,

$E2 = 1$ – низшее ремесленное,

$E3 = 1$ – среднее,

$E4 = 1$ – высшее ремесленное,

$E5 = 1$ – университет.

Одновременно работник может иметь только один максимальный уровень образования.

1. Постройте модель зависимости зарплаты от возраста, пола и уровня образования.

2. Проведите тест на гетероскедастичность и при необходимости получите оценки Уайта стандартных отклонений коэффициентов в МНК оценивании.

3. Меняя зависимости и формы (квадратичные, полулогарифмические) регрессии постройте наиболее точную модель, позволяющую определить влияние пола, возраста и уровня образования на зарплату.

Задача 5.

Пусть, исследуется спрос и предложение холодильников в Зимбабве от их цены, дохода населения и некоторого неценового фактора предложения. Согласно этому кривые спроса и предложения описываются следующими уравнениями:

$$\begin{cases} Q_t = \alpha_1 + \alpha_2 P_t + \alpha_3 X_t + \varepsilon_t & (\text{предложение}), \\ Q_t = \beta_1 + \beta_2 P_t + \beta_3 Y_t + u_t & (\text{спрос}), \end{cases}$$

где X_t – неценовые факторы предложения в момент t , Y_t – доход в момент t , P_t – цена товара в момент t , Q_t – спрос (предложение) на товар в момент t , ε_t, u_t – ошибки, $t = \overline{1, n}$, $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ – параметры.

По условию равновесия на рынке спрос и предложение равны.

Исходя из содержания модели, P_t и Q_t определяются одновременно и коррелированы с ошибками, поэтому они считаются эндогенными. Y_t и X_t – экзогенные переменные (некоррелированы с ошибками).

Задания:

По имеющимся исходным данным X , Y , P и Q с ежеквартальными значениями состояния рынка за период 25 лет:

1. Проверьте на идентифицируемость каждое уравнение системы и модели в целом.
2. Определите, какие переменные мы будем использовать в качестве инструментальных.
3. Оцените модель спроса и предложения с помощью двухшагового метода наименьших квадратов.
4. Сделайте выводы о влиянии неценовых факторов предложения и цены холодильников на предложение их на рынке, а также влияние цены и дохода на спрос на товар.

Задача 6.

В рамках государственной программы «Гуманитарная помощь США» осуществляется выпуск стратегических ракет СС-18. Засекреченное оборонное предприятие проводит ежегодный тендер на поставки спецсплавов для производства оболочек для ядерных боеголовок. В результате отбора по критерию надежности поставщика выбирается предприятие, которое будет осуществлять поставки сплавов в течение всего года.

Основными критериями, определяющими надежность поставщика являются: цена сплава; качество сплава (физические характеристики, определяемые экспертами по 10-балльной шкале); время функционирования поставщика; географическая близость поставщика; сумма взяток чиновникам.

Требуется исследовать зависимость решения о выборе предприятия от показателей его надежности. Информация о предприятиях, участвовавших в тендерах за предыдущий период времени представлена в таблице:

Y – решение о выделении средств (1 – принять, 0 – отклонить);

X_1 – цена сплава (тыс. \$ за 1 тн);

X_2 – качество сплава (баллов);

X_3 – время функционирования поставщика (лет);

X_4 – удаленность поставщика (тыс. км.);

X_5 – представительские расходы (тыс.\$).

1. Постройте logit- и probit-модели зависимости решения о выделении средств на закуп спецсплавов от показателей надежности поставщика и оцените коэффициенты данных моделей.
2. Интерпретируйте полученные модели.

Задача 7.

По исходным данным в виде последовательности наблюдений:

1. Постройте несколько моделей с различным количеством лагов.
2. Исследуйте ряд исходных данных на стационарность с помощью визуального тестирования рядов и статистических тестов.
3. Оцените параметры построенных моделей с помощью метода наименьших квадратов и выберите из всех моделей ту, которая наиболее адекватна данным.
4. Интерпретируйте полученные результаты выбранной модели.

2.3. Примерная тематика контрольных работ

Контрольная работа 1. Построение линейной модели множественной регрессии по экспериментальным данным: отбор наиболее существенных объясняющих переменных; исследование качества модели; интерпретация результатов моделирования.

По имеющимся многомерным экспериментальным данным требуется:

- 1) отбор наиболее существенных объясняющих переменных;
- 2) построить уравнение линейной множественной регрессии по существенным объясняющим переменным;
- 3) исследовать качество построенной модели: проверить статистическую значимость коэффициентов регрессии, найти интервальные оценки коэффициентов; оценить статистическую

значимость уравнения регрессии в целом, построить доверительную область для условного математического ожидания зависимой переменной;

4) дать содержательную интерпретацию результатов моделирования.

Контрольная работа 2. Оценивание параметров системы эконометрических уравнений косвенным методом наименьших квадратов и двухшаговым метод наименьших квадратов по экспериментальным данным.

Для заданной модели системы эконометрических уравнений по имеющимся статистическим данным необходимо оценить косвенным методом наименьших квадратов и двухшаговым метод наименьших квадратов. Выполнить сравнение полученных разными методами результатов. Сделать выводы.

2.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Раздел 1.

1. Предмет эконометрики и ее место в ряду экономических и математико-статистических дисциплин.
2. Эконометрическая модель и проблемы эконометрического моделирования.
3. Примеры эконометрических моделей в экономике: спроса и предложения на конкурентном рынке; функции потребления; производственная функция Кобба-Дугласа; макро модель Клейна, модели кривой Филипса, инфляции; чистого экспорта.
4. Основные этапы прикладного эконометрического исследования.
5. Классификация методов эконометрики.
6. Парная регрессия и корреляция. Спецификация модели.
7. Линейная регрессия и корреляция: смысл и оценка параметров. Метод наименьших квадратов. Интервальный прогноз на основе линейной регрессии.
8. Парная нелинейная регрессия. Подбор линеаризующего преобразования. Преобразование случайного отклонения.
9. Выбор формы нелинейной регрессии. Проблема спецификации. Корреляция для нелинейной регрессии.

Раздел 2.

1. КЛММР. Описание модели. Основные допущения.
2. Оценивание параметров КЛММР: метод наименьших квадратов и метод максимального правдоподобия.
3. Мультиколлинеарность и отбор наиболее существенных объясняющих переменных в КЛММР.
4. КЛММР с линейными ограничениями на параметры.
5. Анализ точности оцененной КЛММР.
6. ОЛММР. Описание модели. Оценивание параметров по обобщенному методу наименьших квадратов.
7. ОЛММР с гетероскедастичными остатками.
8. ОЛММР с автокоррелированными остатками.
9. Анализ точности оцененной ОЛММР.
10. Линейные модели регрессии со стохастическими объясняющими переменными: случайные остатки не зависят от объясняющих переменных.
11. Линейные модели регрессии со стохастическими объясняющими переменными: стохастические объясняющие переменные коррелированы с регрессионными остатками.
12. Линейные модели регрессии со стохастическими объясняющими переменными: случайные ошибки в измерении значений объясняющих переменных.
13. Линейные регрессионные модели с переменной структурой: введение фиктивных переменных.
14. Проверка регрессионной однородности двух групп наблюдений (критерий Чоу)
15. Построение КЛММР по неоднородным данным.

Раздел 3.

1. Модели бинарного выбора: probit-модели; оценивание параметров.
2. Модели бинарного выбора: logit-модели; оценивание параметров.
3. Модели множественного выбора.

4. Связь моделей бинарного и множественного выбора с дискриминантным анализом. Логистическая регрессия.
5. Модели с урезанными и цензурированными выборками.
6. Модель с дискретно-непрерывной зависимой переменной.

Раздел 4.

1. Общее понятие о системах уравнений, используемых в эконометрике. Примеры.
2. Системы эконометрических уравнений: структурная и приведенная формы модели: проблема идентификации.
3. Системы эконометрических уравнений: оценивание параметров структурной модели.
4. Косвенный метод наименьших квадратов.
5. Двухшаговый метод наименьших квадратов.

Раздел 5.

1. Нелинейная модель множественной регрессии: подбор линеаризующего преобразования; оценка параметров модели.
2. Индекс детерминации для нелинейной множественной регрессии.
3. Теснота нелинейной корреляционной связи между переменными.
4. Нелинейная регрессия: численное нахождение оценки методом наименьших квадратов.
5. Нелинейная регрессия: статистические свойства оценки наименьших квадратов.

Раздел 6.

1. Одномерные модели временных рядов: определения; стационарные временные ряды.
2. Неслучайная составляющая временного ряда и методы его сглаживания.
3. Модели стационарных временных рядов и их идентификация.
4. Модели нестационарных временных рядов и их идентификация.
5. Прогнозирование экономических показателей на основе одномерных моделей временных рядов.
6. Многомерные модели временных рядов: динамические модели со стационарными переменными.
7. Многомерные модели временных рядов: динамические модели с нестационарными переменными.
8. Векторные модели авторегрессии: определения, оценивание.
9. Коинтеграция в векторных моделях авторегрессии.

2.5. Задания, по которым проводится аттестация, оформляются и хранятся в составе ФОС согласно установленным требованиям (Положение о ФОС) и не размещаются в электронной информационно-образовательной среде УрФУ.