

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

**Институт информационных технологий, математики и механики**

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
президиумом Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«14» декабря 2021 г. № 4

## **Рабочая программа дисциплины**

**Методы моделирования и прикладной анализ данных – 2**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**01.03.02 «Прикладная математика и информатика»**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Прикладная математика и информатика (общий профиль)**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

**Нижний Новгород**

**2022 год**

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Код дисциплины: **Б1.В.ДВ.11.01** (Методы моделирования и прикладной анализ данных – 2)

Осваивается в 8 семестре четвертого года обучения.

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы                              | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД   |
|------------|---|---|
| 2          | Блок 1. Дисциплины (модули)<br>Часть, формируемая участниками образовательных отношений | Дисциплина : <b>Б1.В.ДВ.11.01</b> (Методы моделирования и прикладной анализ данных – 2) относится к части ООП направления подготовки <i>01.03.02 «Прикладная математика и информатика»</i> , формируемой участниками образовательных отношений. |

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции<br>(код, содержание компетенции)  | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции   |   | Наименование оценочного средства          |
|---|---|---|---|
|   | Индикатор достижения компетенции*<br>(код, содержание индикатора)   | Результаты обучения по дисциплине   |   |
| <b>ПК-6.</b><br>Способен изучать и применять программное обеспечение, проводить расчётные работы и выполнять обработку результатов исследований | <b>ПК-6.1.</b> Знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований | <i>Знает математические модели прикладного анализа данных, их понятийный аппарат, основные утверждения, их доказательство (обоснование модели) и способ применения.</i><br><br><i>Знает типы и источники данных, регрессионный анализ и статистический вывод</i><br><br><i>Знает постановки модельных задач для применения методов, понятийный аппарат, критерии качества построенных решений, способы представления решений в пакетах прикладных статистических программ, компьютерную диагностику построения решений.</i> | Собеседование, практическое задание, тест |
|   | <b>ПК-6.2.</b> Умеет самостоятельно проводить расчётные работы, выбирать и применять современные программные комплексы, пакеты прикладных программ и автоматизированные системы,            | <i>На предложенных комплектах данных умеет формализовать задачу, сформулировать цели исследования.</i><br><br><i>С помощью пакетов прикладных программ умеет применять <b>разведочный анализ</b>, регрессионный анализ и статистический вывод, проверять корректность применения методов и способов оценки параметров.</i>  | Практическое задание                      |

|  |  |   |                                     |
|--|--|---|-------------------------------------|
|  | обрабатывать и анализировать полученные результаты   | <i>Умеет формулировать результаты, обосновать применение метода, предложить интерпретацию.</i>  |                                     |
|  | <b>ПК-6.3.</b> Имеет практический опыт применения современного программного обеспечения для решения прикладных задач | <i>Владеет навыками самостоятельного выполнения проектов с использованием пакетов статистических программ, включая выбор цели исследования, выбор метода, его теоретическое обоснование, анализ результатов, их структуризацию, интерпретацию, проверку качества решения, сравнительный анализ.</i> | <i>Практическое задание, проект</i> |

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

|  | Очная форма обучения |
|--|----------------------|
| <b>Общая трудоемкость</b>                      | <b>2 ЗЕТ</b>         |
| <b>Часов по учебному плану</b>                 | <b>72</b>            |
| <b>в том числе</b>                             |                      |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b> | <b>43</b>            |
| - занятия лекционного типа                     | <b>28</b>            |
| - занятия семинарского типа                    | <b>14</b>            |
| - занятия лабораторного типа                   |                      |
| - текущий контроль (КСР)                       | <b>1</b>             |
| <b>самостоятельная работа</b>                  | <b>29</b>            |
| <b>Промежуточная аттестация – зачет</b>        |                      |

#### 3.2. Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины  | Всего (часы) | В том числе   |                           |                            |       |   |
|--|--------------|---|---------------------------|----------------------------|-------|---|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них |                           |                            |       | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|  |              | Занятия лекционного типа  | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего |   |
| Тема 1. Примеры задач прогнозирования и анализа взаимосвязей. Инструменты описательной статистики  | 6            | 2   |                           |                            | 2     | 4   |
| Тема 2. Основы и практика регрессионного анализа. Аксиоматика моделей простой линейной регрессии. Оценка параметров. Проверка значимости фактора. Построение доверительных интервалов, интервалов прогнозирования. | 12           | 6   | 2                         |                            | 8     | 4   |

|  |           |           |           |  |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|--|-----------|-----------|
| Тема 3. Аксиоматика моделей множественной линейной регрессии. Оценка параметров. Проверка значимости факторов и значимости в целом. Статистический вывод для проверки предположений модели.  | 10        | 4         | 2         |  | 6         | 4         |
| Тема 4. Статистические методы проверки выполнения исходных предположений модели. Введение в проблемы построения моделей и практику их решения (избыточность исходных переменных, неоднородная дисперсия ошибок, автокорреляция). Пошаговые методы отбора переменных. | 12        | 4         | 2         |  | 6         | 6         |
| Тема 5. Статистический вывод. Непараметрические методы.  | 16        | 6         | 4         |  | 10        | 6         |
| Тема 6. Логлинейные модели для анализа бинарных признаков. Logit-модели. Методы анализа временных рядов. Примеры приложений.   | 10        | 4         | 2         |  | 6         | 4         |
| Тема 7. Таблицы дожития как модель стационарного населения. Статистическое моделирование выживаемости.   | 5         | 2         | 2         |  | 4         | 1         |
| Текущий контроль (КСР)   | 1         |           |           |  | 1         |           |
| Итого  | <b>72</b> | <b>28</b> | <b>14</b> |  | <b>43</b> | <b>29</b> |

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Методы моделирования и прикладной анализ данных – 2» включает:

- ❖ выполнение практических заданий (Практикум)
- ❖ выполнение проектов (тематика в разделах Практикума)
- ❖ теоретическую проработку материала (практические задания теоретического характера)
- ❖ подготовку к собеседованию (зачету)
- ❖ тестирование

Практикум включает задания:

Практикум 1. Первичный анализ данных. Простая линейная регрессия (в SPSS®)

Практикум 2. Анализ уравнения множественной линейной регрессии. (в STATISTICA®)

Практикум 3. Анализ неоднородной дисперсии ошибок. (в SPSS®)

Практикум 4. Процедуры отбора переменных. (в SPSS®)

Практикум 5. Анализ корреляции ошибок. (в SPSS®)

Практикум 6. Самостоятельный анализ данных (*проект*)

Практикум 7. Анализ номинальных и порядковых переменных. (в STATISTICA®)

Практикум 8. Статистический вывод для числовых переменных. (в STATISTICA®)

Практикум 9. Другие статистические выводы. (в STATISTICA®)

а также подготовку отчетов и презентаций с целью обсуждения результатов.

Содержание и порядок выполнения заданий, а также файлы данных приведены в [1], [3].

Практические задания теоретического характера приведены в п. 5.2.2.

Для самоконтроля у студента имеется возможность удаленного тестирования по дистанционному лекционному курсу и выполнения заданий из УМК «Методы моделирования: регрессионный анализ» ННГУ (<https://e-learning.unn.ru/course/enrol/index.php?id=827>, требуется регистрация).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций   |  |   |   |  |  |  |
|--|---|--|---|---|--|--|--|
|  | Не зачтено  |  | Зачтено   |   |  |  |  |
| <u>Знания</u>  | Отсутствие знаний теоретического материала.<br><br>Невозможно оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.                                 | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.   | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок   | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок                                | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.   | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.   |
| <u>Умения</u>  | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа                  | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.<br><br>Имели место грубые ошибки. | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций  |  |  |   |   |   |  |
|--|--|--|--|---|---|---|--|
|  | Не зачтено   |  | Зачтено  |   |   |   |  |
| <u>Навыки</u>  | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами. | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. |

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

| Оценка     | Уровень подготовки   |
|------------|--|
| Зачтено    | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»   |
|            | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»                     |
|            | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»           |
|            | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»                       |
|            | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| Не зачтено | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»  |
|            | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»  |

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1. Контрольные вопросы

| Вопросы  | Код формируемой компетенции |
|--|-----------------------------|
| 1. Принцип наименьших квадратов. Теорема о существовании и единственности МНК-приближения. | ПК-6                        |

| Вопросы  | Код формируемой компетенции |
|--|-----------------------------|
| 2. Запись прямой МНК-приближения, свойства коэффициентов и <u>вывод формул для их вычисления.</u>  | ПК-6                        |
| 3. Теорема о свойствах оценочных значений отклика и остатков.  | ПК-6                        |
| 4. Коэффициент детерминации $R^2$ . <u>Диапазон изменения <math>R^2</math>.</u> Приведенный коэффициент детерминации.  | ПК-6                        |
| 5. <u>Связь коэффициентов корреляции и детерминации. Диапазон и свойства коэффициента корреляции.</u>  | ПК-6                        |
| 6. Уравнение простой линейной регрессии; множественной линейной регрессии; уравнения регрессии, линейные относительно параметров. <i>Задачи регрессионного анализа.</i>  | ПК-6                        |
| 7. Модель простой линейной регрессии. Ее предположения в канонической записи и их запись через математические ожидания. <i>Интерпретация предположений в задачах обработки экспериментальных данных.</i>   | ПК-6                        |
| 8. Модель простой линейной регрессии и МНК-оценочное уравнение регрессии, истинные и предсказанные значения параметров, истинные и предсказанные значения отклика, ошибки и остатки: <i>графический сравнительный анализ.</i>                                  | ПК-6                        |
| 9. Теорема о дисперсии линейной комбинации независимых случайных величин. Теорема о линейных свойствах ковариации случайных величин. Теорема о дисперсии линейной комбинации двух признаков. Теорема о линейных свойствах ковариации признаков (формулировки). | ПК-6                        |
| 10. Модель простой линейной регрессии. <u>Теорема о статистических свойствах параметров МНК-оценочного уравнения регрессии.</u> Влияние объема выборки, разброса точек наблюдения и дисперсии ошибок на дисперсию параметров МНК-уравнения.                    | ПК-6                        |
| 11. Модель простой линейной регрессии. <u>Теорема об оценке дисперсии ошибок (идея доказательства).</u> Стандартная ошибка оценки. <u>Литература:</u> [1], с. 42-44.   | ПК-6                        |
| 12. Интервал $(1-\alpha)\cdot 100\%$ доверия для случайных величин, имеющих стандартное нормальное распределение, нормальное распределение, распределение Стьюдента. Квантили распределений.   | ПК-6                        |
| 13. Модель простой линейной регрессии. Смысл величин $Y_p$ , $\hat{Y}_p$ , $Y_p - \hat{Y}_p$ . <u>Теоремы о статистических свойствах случайной величины <math>\hat{Y}_p</math> и случайной величины <math>Y_p - \hat{Y}_p</math>.</u>                          | ПК-6                        |
| 14. Модель простой линейной регрессии. <u>Интервал доверия для <math>M(Y_p)</math>, построенный на основе дисперсии ошибок. Интервал доверия для <math>M(Y_p)</math>, построенный на основе стандартной ошибки оценки.</u>                                     | ПК-6                        |
| 15. Модель простой линейной регрессии. <u>Интервал прогнозирования для <math>Y_p</math>, построенный на основе стандартной ошибки оценки.</u>  | ПК-6                        |
| 16. Модель простой линейной регрессии. <u>Проверка значимости уравнения на основе доверительного интервала для коэффициента <math>\beta_1</math> с использованием стандартной ошибки оценки.</u>   | ПК-6                        |
| 17. Модель простой линейной регрессии. Проблема включения в уравнение константы $\beta_0$ . Проверка на основе доверительного интервала для коэффициента $\beta_0$ с использованием стандартной ошибки оценки.   | ПК-6                        |

| Вопросы   | Код формируемой компетенции |
|---|-----------------------------|
| 18. Модель множественной линейной регрессии. Предположения модели. Запись МНК-оценочного уравнения регрессии. Проверка значимости каждой переменной на основе доверительных интервалов с использованием стандартной ошибки оценки (формулировки).   | ПК-6                        |
| 19. Модель множественной линейной регрессии. Точка наблюдения $X_p$ . Замер $Y_p$ . Прогнозное (оценочное) значение $\hat{Y}_p$ . Интервал доверия и интервал прогнозирования (формулировки).   | ПК-6                        |
| 20. Основные термины теории статистических проверок (нулевая и альтернативная гипотезы, статистика проверки, ошибки первого и второго рода, уровень значимости проверки ( $\alpha$ ), мощность критерия ( $\beta$ )). Решающее правило проверки ( $\alpha$ -правило). Формулировка результатов проверки.                                | ПК-6                        |
| 21. Модель простой линейной регрессии. Проверка значимости уравнения. Статистика проверки. Решающее правило ( $\alpha$ -правило). Собственный уровень значимости проверки ( $p$ ). Решающее $p$ -правило. <u>Эквивалентность <math>\alpha</math>-правила и <math>p</math>-правила.</u>  | ПК-6                        |
| 22. Модель множественной линейной регрессии. Проверка значимости переменной. Статистика проверки. Решающее правило проверки ( $\alpha$ -правило). Собственный уровень значимости проверки ( $p$ ). Решающее $p$ -правило. <u>Эквивалентность <math>\alpha</math>-правила и <math>p</math>-правила.</u>                                  | ПК-6                        |
| 23. Модель множественной линейной регрессии. Проверка значимости в целом. Идея проверки. Статистика проверки. Решающее правило проверки ( $\alpha$ -правило). Решающее $p$ -правило. <u>Эквивалентность правил.</u>   | ПК-6                        |
| 24. <i>Критерии качества регрессионной модели</i> (остатки, значимость, надежность оценки параметров, объясняющая способность уравнения). <u>Взаимосвязь критериев.</u>   | ПК-6                        |
| 25. Краткая характеристика проблем избыточности, разнородной дисперсии ошибок и автокорреляции.   | ПК-6                        |
| 26. Проблема избыточных факторов (определение). Геометрическая интерпретация избыточности. Влияние избыточности факторов на статистические свойства МНК-уравнения (примеры). <i>Основной индикатор избыточности.</i> Задачи отбора переменных. Общие свойства методов отбора переменных, применяемых в пакетах статистических программ. | ПК-6                        |
| <i>Представление математических моделей в табличном виде</i>  |                             |
| 27. Многомерная статистическая модель «Территория. Год. Показатели». Анализ структуры, динамики, территориальной динамики. Средства визуализации анализа.   | ПК-6                        |
| 28. Модели поколения и населения. Показатели таблиц дожития.  | ПК-6                        |
| 29. Статистический анализ таблиц дожития.   | ПК-6                        |

### 5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-6, индикатор ПК-6.1

#### Примеры тестовых вопросов:

##### Вопрос 1

Тип вопроса: сопоставление

**Формулировка вопроса:** *Метод наименьших квадратов (два и более фактора)*



Сопоставить символьной записи текстовую:

Ответ 1:  $X^{(j)}$ ,  $j = 1, \dots, K$ , **Верное значение** – объясняющие переменные, факторы

Ответ 2:  $K$ , **Верное значение** – число факторов

Ответ 3:  $j$ , **Верное значение** – индекс для факторов

Ответ 4:  $Y$ , **Верное значение** – объясняемая переменная, отклик

Ответ 5:  $n$ , **Верное значение** – число объектов (наблюдений)

Ответ 6:  $i$ , **Верное значение** – индекс для объектов (наблюдений)

Ответ 7:  $X_i^{(j)}$ , **Верное значение** – значение фактора на объекте

Ответ 8:  $Y_i$ , **Верное значение** – значение отклика на объекте

### Вопрос 2

Тип вопроса: сопоставление

**Формулировка вопроса:** *Метод наименьших квадратов (два и более фактора)*

Сопоставить символьной записи текстовую:

Ответ 1:  $(X_i^{(1)}, X_i^{(2)}, \dots, X_i^{(K)}, Y_i), i = 1, \dots, n$ , **Верное значение** – характеристики объектов (наблюдений), или «набор исходных данных»

Ответ 2:  $\hat{Y} = b_0 + b_1 X^{(1)} + \dots + b_K X^{(K)}$ , **Верное значение** – МНК-поверхность (уравнение)

Ответ 3:  $Y_i, i = 1, \dots, n$ , **Верное значение** – истинные значения отклика на объектах

Ответ 4:  $\hat{Y}_i, i = 1, \dots, n$ , **Верное значение** – оценочные значения отклика на объектах

Ответ 5:  $\hat{\varepsilon}_i = Y_i - \hat{Y}_i, i = 1, \dots, n$ , **Верное значение** – остатки

Ответ 6:  $S(b_0, \dots, b_K) = \sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2$ , **Верное значение** – функционал метода

Ответ 7:  $S(b_0, \dots, b_K) \rightarrow \min$  при  $b_j \in R, j = 0, \dots, K$ , **Верное значение** – подбор параметров уравнения с помощью МНК

### Вопрос 3

Тип вопроса: сопоставление

**Формулировка вопроса:** *Метод наименьших квадратов (два и более фактора)*

Сопоставить символьной записи текстовую:

Ответ 1:  $\frac{\partial S}{\partial b_j} = 0, j = 0, \dots, K$ , **Верное значение** – нормальная система уравнений (НСУ)

$$\text{Ответ 2: } \begin{bmatrix} n & \Sigma X_i^{(1)} & \Sigma X_i^{(2)} & \Sigma X_i^{(K)} \\ \Sigma X_i^{(1)} & \Sigma [X_i^{(1)}]^2 & \Sigma X_i^{(1)} X_i^{(2)} & \Sigma X_i^{(1)} X_i^{(K)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Sigma X_i^{(K)} & \Sigma X_i^{(K)} X_i^{(1)} & \Sigma X_i^{(K)} X_i^{(2)} & \Sigma [X_i^{(K)}]^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \dots \\ b_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma Y_i \\ \Sigma Y_i X_i^{(1)} \\ \dots \\ \Sigma Y_i X_i^{(K)} \end{bmatrix}, \text{ Верное}$$

**значение** – запись НСУ с учетом характеристик объектов

#### Вопрос 4

Тип вопроса: сопоставление

**Формулировка вопроса: Метод наименьших квадратов (два и более фактора)**

Сопоставить символьной записи текстовую:

$$\text{Ответ 1: } \mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \dots \\ b_K \end{bmatrix}, \text{ Верное значение – вектор МНК-коэффициентов}$$

$$\text{Ответ 2: } \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_n \end{bmatrix}, \text{ Верное значение – вектор наблюдаемых значений}$$

$$\text{Ответ 3: } \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & X_1^{(1)} & X_1^{(2)} & \dots & X_1^{(K)} \\ 1 & X_2^{(1)} & X_2^{(2)} & \dots & X_2^{(K)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & X_n^{(1)} & X_n^{(2)} & \dots & X_n^{(K)} \end{bmatrix}, \text{ Верное значение – матрица наблюдений (матрица регрессоров)}$$

$$\text{Ответ 4: } \mathbf{X}^T \mathbf{X} \mathbf{b} = \mathbf{X}^T \mathbf{Y}, \text{ Верное значение – запись НСУ в векторном виде}$$

$$\text{Ответ 5: } \mathbf{b} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y}, \text{ Верное значение – решение НСУ в векторном виде}$$

Ответ 6:  $\text{rang}(\mathbf{X}) = K + 1 >$ , **Верное значение** – условие на ранг матрицы регрессоров (достаточное условие существования и единственности МНК-уравнения)

#### 5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-6

##### ❖ Типовые практические задания для оценивания сформированности компетенции ПК-6, индикатор ПК-6.1

##### *Простая линейная регрессия*

1. Теорема о существовании и единственности МНК-приближения.
2. Теорема о свойствах оценочных значений отклика и остатков.
3. Теорема о статистических свойствах параметров МНК-оценочного уравнения регрессии.

4. Теорема об оценке дисперсии ошибок (идея доказательства). Стандартная ошибка оценки.
5. Интервал доверия для  $M(Y_p)$ , построенный на основе стандартной ошибки оценки.
6. Интервал прогнозирования для  $Y_p$ , построенный на основе стандартной ошибки оценки.
7. Проверка значимости уравнения на основе доверительного интервала для коэффициента  $\beta_1$  с использованием стандартной ошибки оценки.

#### Множественная линейная регрессия

8. Модель множественной линейной регрессии. Проверка значимости каждой переменной на основе доверительных интервалов с использованием стандартной ошибки оценки.
9. Модель множественной линейной регрессии. Точка наблюдения  $X_p$ . Замер  $Y_p$ . Прогнозное (оценочное) значение  $\hat{Y}_p$ . Интервал доверия и интервал прогнозирования.
10. Модель множественной линейной регрессии. Проверка значимости переменной. Статистика проверки. Решающее правило проверки ( $\alpha$ -правило). Собственный уровень значимости проверки ( $p$ ). Решающее  $p$ -правило. Эквивалентность  $\alpha$ -правила и  $p$ -правила.
11. Модель множественной линейной регрессии. Проверка значимости в целом. Идея проверки. Статистика проверки. Решающее правило проверки ( $\alpha$ -правило). Решающее  $p$ -правило. Эквивалентность правил.
12. Критерии качества регрессионной модели (остатки, значимость, надежность оценки параметров, объясняющая способность уравнения). Взаимосвязь критериев.
13. Краткая характеристика проблем избыточности, разнородной дисперсии ошибок и автокорреляции.
14. Проблема избыточных факторов (определение). Геометрическая интерпретация избыточности. Влияние избыточности факторов на статистические свойства МНК-уравнения (примеры). Основной индикатор избыточности. Задачи отбора переменных. Общие свойства методов отбора переменных, применяемых в пакетах статистических программ.

#### ❖ Типовые практические задания для оценивания сформированности компетенции ПК-6, индикатор ПК-6.2

Практикум 1. Первичный анализ данных. Простая линейная регрессия (в SPSS®)

Практикум 2. Анализ уравнения множественной линейной регрессии. Пакет STATISTICA®

Практикум 3. Анализ неоднородной дисперсии ошибок. Пакет SPSS®

Практикум 4. Процедуры отбора переменных. Пакет SPSS®

Практикум 5. Анализ корреляции ошибок. Пакет SPSS®

Практикум 7. Анализ номинальных и порядковых переменных. Пакет STATISTICA®

Практикум 8. Статистический вывод для числовых переменных. Пакет STATISTICA®

Практикум 9. Другие статистические выводы. Пакет STATISTICA®

Содержание и порядок выполнения заданий, а также комплекты данных, приведены в [1]–[3].

#### *Контрольные вопросы к практическим заданиям*

1. Опишите исходные данные.
2. Сформулируйте цель и задачу исследования.
3. Проведите первичный анализ данных.
4. Аргументируйте применение предложенного в задании метода.

5. Опишите понятийный аппарат проведенного исследования, сформулируйте его основные свойства. Комментируйте компьютерную диагностику построения решения.
6. Проверьте корректность применения метода (если нужно, используйте статистический вывод), и определите качество решения.
7. Сформулируйте результаты исследования.

❖ **Типовое практическое проектное задание для оценивания сформированности компетенции ПК-6, индикатор ПК-6.3**

**Практикум 6. Самостоятельный анализ данных**

Используйте данные в соответствии с *индивидуальным заданием*, полученным от преподавателя. Поставьте задачу, то есть *определитесь с откликом и массивом исследуемых факторов*. Определите цель исследования.

Используйте *методы регрессионного анализа* и постройте наилучшее значимое уравнение.

Инструмент: EXCEL или *статистический пакет*. По проведенной работе подготовьте *отчет*.

*Отчет начинается* с постановки задачи, описания отклика и факторов, указания объема выборки, полноты данных, используемой группировки и т.п. Указывается цель исследования.

*Отчет включает* ключевые характеристики качества и значимости итогового уравнения, ход отбора переменных, графики остатков, гистограммы, доверительные интервалы и другие выходные формы компьютерной обработки, изученные в рамках практикума.

*Отчет завершается* описанием (интерпретацией) полученных результатов.

Готовый отчет должен быть дополнен (на полях) *рукописным указанием обозначений и свойств всех существенных характеристик*, используемых в выходных формах компьютерной обработки.

При подготовке формульных фрагментов отчета *рукописная форма обязательна*. При подготовке постановочной и заключительной части *рукописная форма приветствуется*.

При отсутствии доступа к программным средствам анализируется материал с описанием файла данных и выходными формами, указанными в *индивидуальном задании*.

Отчет высылают в формате сканированного документа или в форматах doc, pdf.

*Контрольные вопросы к практическому заданию (проекту)*

1. Опишите исходные данные, целесообразность их фильтрации и (или) группировки. Опишите первоначальные и окончательные цели и задачи исследования (их может быть несколько).
2. Сформулируйте результаты первичного анализа данных.
3. Аргументируйте выбор методов для дальнейшего исследования. Опишите их понятийный аппарат.
4. Опираясь на компьютерную диагностику, опишите этапы применения методов.
5. Проверьте корректность применения методов (если нужно, используйте статистический вывод), определите качество предложенных решений.
6. Структурируйте полученные результаты, сформулируйте выводы.
7. Проведите сравнительный анализ использованных подходов и методов.

**5.2.4. Вопросы для собеседования по проверке компетенции ПК-6**

***Собеседование по результатам выполнения практических заданий – Практикум***

1. Опишите исходные данные.
2. Сформулируйте цель и задачу исследования.
3. Проведите первичный анализ данных.
4. Аргументируйте применение предложенного в задании метода.

5. Опишите понятийный аппарат проведенного исследования, сформулируйте его основные свойства. Комментируйте компьютерную диагностику построения решения.
6. Проверьте корректность применения метода (если нужно, используйте статистический вывод), и определите качество решения.
7. Сформулируйте результаты исследования.

***Собеседование по результатам выполнения проекта (в рамках Практикума)***

1. Опишите исходные данные, целесообразность их фильтрации и (или) группировки. Опишите первоначальные и окончательные цели и задачи исследования (их может быть несколько).
2. Сформулируйте результаты первичного анализа данных.
3. Аргументируйте выбор методов для дальнейшего исследования. Опишите их понятийный аппарат.
4. Опираясь на компьютерную диагностику, опишите этапы применения методов.
5. Проверьте корректность применения методов (если нужно, используйте статистический вывод), определите качество предложенных решений.
6. Структурируйте полученные результаты, сформулируйте выводы.
7. Проведите сравнительный анализ использованных подходов и методов.

**5.2.5. Типовые задания (оценочные средства), выносимые на зачет**

***На зачет по дисциплине «Методы моделирования и прикладной анализ данных – 2» выносятся:***

1. Собеседование по результатам выполнения практических заданий теоретического характера, см. п. 5.2.4.
2. Тестирование, см. п. 5.2.2.
3. Собеседование по результатам выполнения проекта, см. п. 5.2.4.
4. Собеседование по вопросам, указанным в п. 5.1.

**6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Стронгина Н.Р. Методы моделирования: регрессионный анализ. ЭУК, учебно-методический комплекс. Фонд электронных образовательных ресурсов ННГУ. Н. Новгород, 2014. Идентификационный номер 793Е.14.08 <https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=827>. Требуется регистрация.
2. Российский статистический ежегодник. Росстат (ежегодное официальное издание). [http://www.gks.ru/bgd/regl/b16\\_13/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b16_13/Main.htm), сайт Федеральной службы государственной статистики.

б) дополнительная литература:

3. Стронгина Н.Р., Марчева И.А. - Регрессионный анализ в экономических приложениях: учеб. пособие. – Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2003. - 214 с. (5 экз.).
4. Стронгина Н.Р. Методы моделирования: анализ данных. ЭУК, учебно-методический комплекс. Фонд электронных образовательных ресурсов ННГУ. Н. Новгород, 2014. Идентификационный номер 814Е.14.08 <https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=827>. Требуется регистрация.
5. Романов В.П. Интеллектуальные информационные системы в экономике: Учебное пособие. /Под редакцией д.э.н., профессора Н.П. Тихомирова. – М.: Изд-во «Экзамен», 2003. – 496 с. (108 экз.).

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Специализированное программное обеспечение SPSS или Statistica (лицензия), а также MS Excel, Word.

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: терминал-класс с лицензионным программным обеспечением (специализированное лицензионное программное обеспечение SPSS или Statistica, а также Excel, Word); применяются презентации и

проекционное оборудование (персональный компьютер, проектор, экран).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор: к.ф.-м.н., доцент кафедры ДУМиЧА Стронгина Н.Р.

Рецензент: д.т.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева Ломакина Л.С.

Заведующий кафедрой ДУМиЧА: д.ф.-м.н. Калинин А.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 1 декабря 2021 года, протокол № 2.