

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт экономики и предпринимательства

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Многомерные статистические методы

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

38.03.05 - Бизнес-информатика

Направленность образовательной программы

Аналитические методы и информационные технологии поддержки принятия
решений в экономике и бизнесе

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.05 Многомерные статистические методы относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства | |
|--|---|---|---|---------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| ПК-3: Способен осуществлять разработку и исследование математических и компьютерных моделей поддержки принятия решений в экономике и бизнесе | ПК-3.2: Разрабатывает и применяет компьютерные модели в экономических исследованиях | ПК-3.2: Знать многомерные статистические методы для разработки и исследования математических и компьютерных моделей поддержки принятия решений в экономике и бизнесе. Уметь использовать многомерные статистические методы для разработки и исследования математических и компьютерных моделей поддержки принятия решений в экономике и бизнесе. Владеть многомерными статистическими методами для разработки и исследования математических и компьютерных моделей поддержки принятия решений в экономике и бизнесе. | Задания Опрос Расчетно-графическая работа | Экзамен: Контрольные вопросы |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|---------------------------------|--------------|
| | очная |
| Общая трудоемкость, з.е. | 4 |
| Часов по учебному плану | 144 |
| в том числе | |

| | |
|--|-----------------------------|
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 32 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 32 |
| - КСР | 2 |
| самостоятельная работа | 42 |
| Промежуточная аттестация | 36 Экзамен |

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование 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 (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего | |
| | о ф о | о ф о | о ф о | о ф о | о ф о |
| Тема 1. Введение в многомерные статистические методы | 12 | 4 | 4 | 8 | 4 |
| Тема 2. Корреляционный анализ данных. | 10 | 2 | 4 | 6 | 4 |
| Тема 3. Регрессионный анализ данных. | 12 | 4 | 4 | 8 | 4 |
| Тема 4. Кластерный анализ данных. | 14 | 4 | 4 | 8 | 6 |
| Тема 5. Дискриминантный анализ данных. | 14 | 4 | 4 | 8 | 6 |
| Тема 6. Компонентный анализ данных. | 14 | 4 | 4 | 8 | 6 |
| Тема 7. Факторный анализ данных. | 14 | 4 | 4 | 8 | 6 |
| Тема 8. Анализ многомерных статистических данных на базе нейросетевого моделирования. | 16 | 6 | 4 | 10 | 6 |
| Аттестация | 36 | | | | |
| КСР | 2 | | | | 2 |
| Итого | 144 | 32 | 32 | 66 | 42 |

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Введение в многомерные статистические методы. Основные понятия математической статистики. Повторение

Тема 2. Корреляционный анализ данных. Цели корреляционного анализа. Виды коэффициентов корреляции: Пирсона, множественный, частный. Корреляционное отношение. Ранговые коэффициенты корреляции.

Тема 3. Регрессионный анализ данных. Основная задача регрессионного анализа. Метод наименьших квадратов. Коэффициент детерминации. Значимость и проверка критериев. Мультиколлинеарность. Автокорреляция в остатках. Гетероскедастичность.

Тема 4. Кластерный анализ данных. Назначение кластерного анализа. Математические характеристики кластеров. Меры расстояний между объектами в кластерах. Правила связи между кластерами.

Процедуры кластеризации данных.

Тема 5. Дискриминантный анализ данных. Дискриминантный анализ и его отличительное свойство. Расстояние между объектами в дискриминантном анализе. Каноническая дискриминантная функция и ее предназначение. Число дискриминантных функций и их разделительная способность. Проверка значимости дискриминантных функций.

Тема 6. Компонентный анализ данных. Снижении размерности p -мерного исходного пространства данных. Ортогональные преобразования пространств. Метод главных компонент и его свойства. Дисперсионный критерий сжатия пространства. Критерии Кайзера и Кэттелла.

Тема 7. Факторный анализ данных. Факторный анализ и его виды. Модели факторного анализа. Цель и методы эксплораторного факторного анализа. Методы вращения факторов. Этапы процедуры факторного анализа.

Тема 8. Анализ многомерных статистических данных на базе нейросетевого моделирования.

Прикладные возможности нейронных сетей. Основные элементы модели искусственного нейрона. Фазы жизненного цикла нейронной сети. Парадигмы обучения нейронных сетей. Виды нейронных сетей. Программные средства для работы с нейронными сетями. Применение нейронных сетей в социально-экономических исследованиях.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Многомерные статистические методы (Капитанова О.В.)" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=11286>).

Иные учебно-методические материалы: . Виды самостоятельной работы по дисциплине:

1. Подготовка к практическим занятиям, в частности выполнение заданий и решение задач, выдаваемых на самостоятельную подготовку, наполнение портфолио.
2. Выполнение аудиторных и домашних самостоятельных работ.
3. Самостоятельное изучение отдельных вопросов теории по учебникам и методическим пособиям.
4. Самостоятельное решение задач с использованием математических методов и информационных технологий.
5. Подготовка к практическим занятиям и активное участие в них.

Методические указания по выполнению заданий для самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающихся – это планируемая работа, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Она способствует углублению и расширению знаний, формированию интереса к познавательной деятельности, овладению приемами процесса познания, развитию познавательных способностей.

Обучающиеся выполняют домашние задания, дают письменные ответы на вопросы, выполняют индивидуально и в группах задания, конспектируют научную и учебную литературу по изучаемым темам.

Качество самостоятельной работы обучающегося проверяется преподавателем во время практических занятий, при выполнении расчетно-графических работ, по результатам выполнения заданий, опросов, а также по степени активности участия во время занятий. По

мере изучения дисциплины по составленным программным вопросам самим обучающимся осуществляется самоконтроль. Итоговый контроль представляет собой аттестацию обучающихся по всем видам работы.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Провести процедуру кластеризации методом ближнего/дальнего соседа, используя евклидово расстояние в качестве расстояния между объектами.
2. Анализ эффективности использования земельных угодий в сельскохозяйственных районах области позволил выделить регионы с низким А и высоким В уровнями использования земли (табл. 1). С помощью дискриминантного анализа провести классификацию района (10, 11 или 12) по показателям объема реализованной продукции растениеводства и животноводства с 1 га посевной площади.
3. С помощью факторного анализа вычислить нагрузки главных компонент и их относительный вклад в суммарную вариацию признаков.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|--|
| превосходно | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. |
| отлично | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. |
| очень хорошо | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. |
| хорошо | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами |
| удовлетворительно | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. |
| неудовлетворительно | При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. |
| плохо | Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. |

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Что такое «Корреляционный анализ»?
2. Какова основная задача корреляционного анализа?
3. Назовите связи между переменными.
4. Какая связь между переменными называется корреляционной?
5. Назовите меры корреляционной связи между двумя переменными.
6. Назовите варианты зависимостей, которые исследуются в корреляционном анализе.
7. Какие значения принимает коэффициент корреляции?
8. Если коэффициент корреляции $r = 0$, означает ли это отсутствие вообще корреляционной зависимости?
9. Что такое ложная корреляция и с помощью чего она выявляется?
10. Какую связь оценивает коэффициент корреляции Пирсона?
11. Какие коэффициенты используют для измерения взаимозависимости качественных признаков?
12. Опишите понятие канонической корреляции. Для чего она предназначена?
13. С помощью какой статистики можно проверить статистическую зависимость коэффициентов корреляции?
14. Какова основная задача регрессионного анализа?
15. Что показывает коэффициент регрессии в уравнении регрессии, и каковы его свойства?
16. Что отражает коэффициент детерминации R^2 ?
17. Для чего используется метод наименьших квадратов (МНК)?
18. Для каких моделей применим МНК?
19. Что представляет собой система нормальных уравнений?
20. На какие классы делятся нелинейные регрессионные модели?
21. Что такое доверительный интервал?
22. Для каких величин может быть построен доверительный интервал?
23. По какой схеме осуществляется проверка параметров регрессионной модели на статистическую значимость?
24. Какой критерий применяется для проверки значимости уравнения регрессии в целом?
25. Что представляет собой мультиколлинеарность?
26. Что представляет собой гетероскедастичность?
27. Назовите главное назначение кластерного анализа.
28. Перечислите математические характеристики кластеров.
29. В чем заключается задача кластерного анализа?
30. Какие меры расстояний используются между объектами в кластерах?
31. Какие меры расстояний (правила связи) используются между кластерами?
32. Что представляет собой матрица расстояний?
33. Перечислите виды стандартизации данных.
34. Назовите основные процедуры кластеризации данных.
35. В чем состоит цель дискриминантного анализа многомерных данных?
36. Какое отличительное свойство имеет дискриминантный анализ?
37. В каком случае применяется дискриминантный анализ?
38. Какое расстояние в дискриминантном анализе может применяться между объектами?
39. Какую информацию содержит классификационная матрица?
40. Каково предназначение канонической дискриминантной функции?
41. Что определяют дискриминантные функции с точки зрения геометрии?
42. В чем заключается метод поиска наилучшей дискриминации данных?
43. Какие условия должны соблюдаться в модели дискриминации?
44. Каково количество дискриминантных функций?

45. Как определяется разделительная способность дискриминантных функций?
46. Какая дискриминантная функция обладает наибольшей разделительной способностью?
47. Чем является каноническая корреляция?
48. Напишите формулу коэффициента канонической корреляции для i -ой дискриминантной функции.
49. Какой критерий применяется для проверки значимости дискриминантных функций и что он оценивает?
50. Что важно при снижении размерности p -мерного исходного пространства данных X в другое пространство Y ?
51. В каком случае используются ортогональные преобразования пространств?
52. Какие из ортогональных преобразований наиболее часто применяются при исследовании многомерных статистических данных?
53. В каких методах преобразования многомерных данных используется в качестве основы метод главных компонент (МГК)?
54. Что реализует МГК, и какими важными свойствами он обладает?
55. Что представляет собой обобщенная дисперсия матрицы данных X ?
56. Изменяется ли обобщенная дисперсия при использовании метода главных компонент?
57. Какими значимыми свойствами обладают главные компоненты?
58. К решению какой задачи сводится задача нахождения оптимального ортогонального преобразования?
59. Сколько степеней свободы имеет ортогональное преобразование?
60. Что означает ортогональное преобразование с геометрической точки зрения?
61. В чем суть дисперсионного критерия сжатия пространства?
62. Какие действия необходимо выполнить при использовании дисперсионного критерия?
63. Каково предназначение критерия Кайзера и в чем заключается его суть?
64. Каково предназначение критерия каменистой осыпи Кэттелла и в чем заключается его суть?
65. Перечислите преимущества и недостатки критерия Кайзера и критерия каменистой осыпи Кэттелла.
66. Что такое факторный анализ?
67. Назовите виды факторного анализа.
68. Что такое фактор?
69. Перечислите задачи факторного анализа.
70. Опишите модель факторного анализа.
71. Что представляют собой факторные нагрузки?
72. Как определяется общность и специфичность?
73. Какова цель эксплораторного факторного анализа?
74. Перечислите методы эксплораторного факторного анализа.
75. Для чего применяется вращение факторов?
76. Назовите ортогональные методы вращения факторов.
77. Назовите косоугольные методы вращения факторов.
78. Опишите этапы процедуры факторного анализа.
79. Назовите прикладные возможности нейронных сетей.
80. Каковы основные элементы модели искусственного нейрона?
81. Охарактеризуйте детерминированные модели нейрона.
82. Опишите стохастическую модель нейрона.
83. Сколько фаз содержит жизненный цикл нейронной сети?
84. Что понимается под обучением нейронной сети?
85. Что такое алгоритм обучения?
86. Существует ли универсальный алгоритм обучения для всех архитектур нейронных сетей?
87. Какие существуют парадигмы обучения нейронных сетей?

88. Назовите парадигмы обучения нейронных сетей и дайте им характеристику.
89. К какому типу нейронных сетей относится персептрон?
90. Какова архитектура многослойного персептрона?
91. Назовите программные средства для работы с нейронными сетями. В чем их преимущества и недостатки?
92. Перечислите сферы применения нейронных сетей в социально-экономических исследованиях.

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|--|
| превосходно | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| отлично | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. |
| очень хорошо | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок |
| хорошо | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок |
| удовлетворительно | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. |
| плохо | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. |

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Расчетно-графическая работа) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Расчетно-графическая работа №1

Распределения

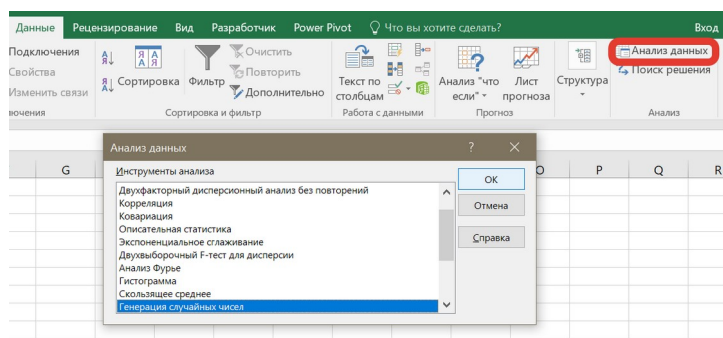
Целью занятия является генерация случайных выборок, которые распределены нормально или равномерно. Для выполнения работы используется Python и Excel.

Для выполнения работы в Python применяется Google Colab, ссылка на который закреплена в e-learning. Перед работой в колаб, не забудьте создать собственную копию.

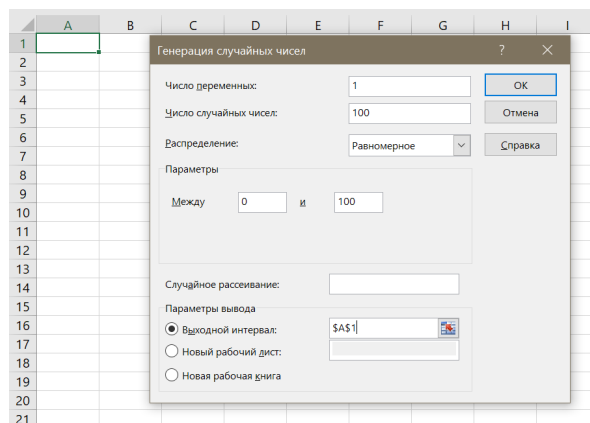
Для выполнения работы в Excel вам потребуется инструмент Анализ данных (Пакет анализа). Если он у вас не установлен откройте соответствующую ссылку в e-learning.

Равномерное распределение

Сгенерируем выборку из 100 случайных значений, которые равномерно распределены и лежат в интервале от 0 до 100. Для этого на вкладке *Данные* нажмите кнопку *Анализ данных* и в появившемся окне *Анализ данных* выберите пункт *Генерация случайных чисел*. Нажмите *ОК*.

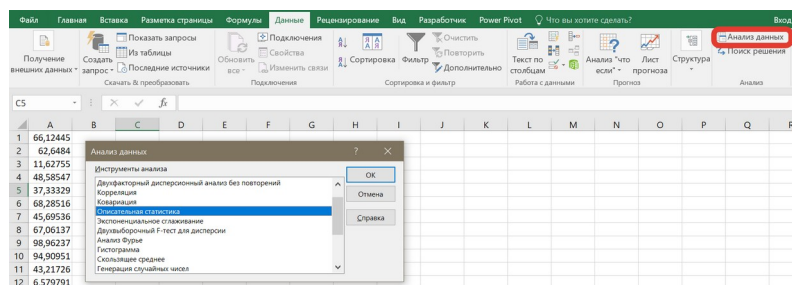


Откроется окно *Генерация случайных чисел*, задайте параметры как на рисунке и нажмите *ОК*. *Число переменных* – это количество столбцов, которые будут заполнены случайными значениями. *Число случайных чисел* – количество строк. В списке *Распределение* можно выбрать разные виды распределений и *Параметры* будут зависеть от того, что вы выберете. Для равномерного распределения нужно задать интервал (у нас от 0 до 100). Параметр *Случайное рассеивание* позволяет зафиксировать случайный набор (чтобы на разных компьютерах выводились одни и те же числа, например).



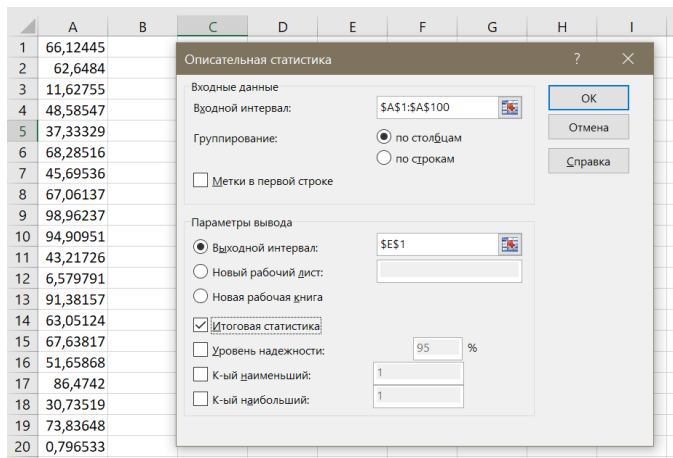
В результате у вас появится столбец из ста случайных чисел.

Для этих значений выведем описательную статистику. Для этого на вкладке *Данные* нажмите кнопку *Анализ данных* и в появившемся окне *Анализ данных* выберите пункт *Описательная статистика*. Нажмите *ОК*.



В открывшемся окне *Описательная статистика* задайте *Входной интервал* – это столбец из 100 случайных значений (группирование по столбцам). Флажок *Метки* ставить не нужно, потому что у нас нет заголовка столбца. Задаем *Выходной интервал* и ставим флажок *Итоговая статистика*, чтобы

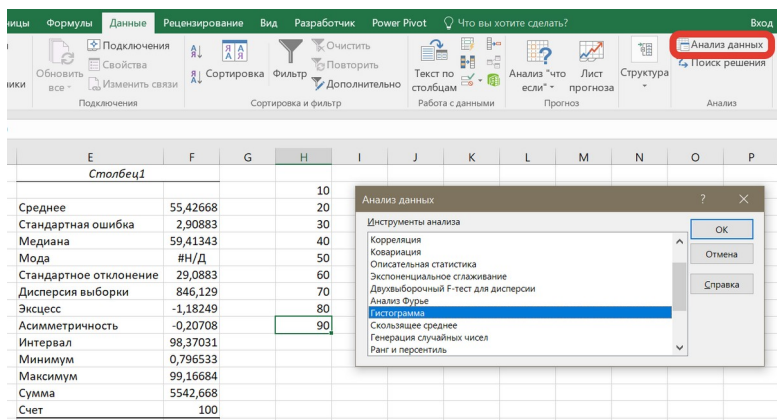
увидеть результат. Нажимаем **ОК**, появится таблица значений, которая содержит среднее, стандартную ошибку, медиану, моду, стандартное отклонение, дисперсию, эксцесс, асимметрию, интервал (размах), минимум, максимум, сумму и количество (счет). Значение моды может отсутствовать, так как численные значения могут встречаться каждое в единственном экземпляре.



Далее построим гистограмму нашей выборки. Предварительно нужно задать интервалы (карманы) для построения будущей гистограммы. Для этого в свободном месте создаем столбец значений от 10 до 90 с шагом 10 (хотим построить гистограмму с 10 интервалами):

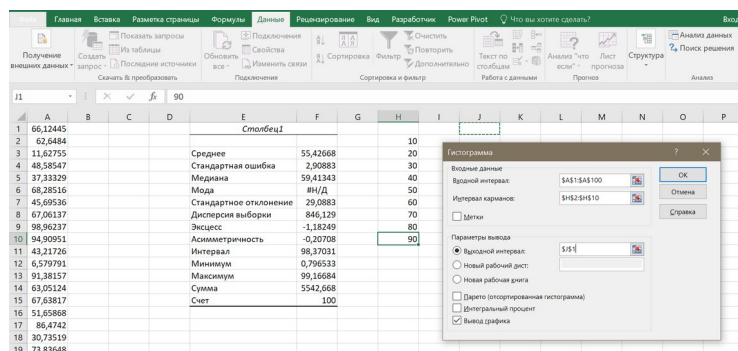
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|----------|---|---|---|------------------------|----------|---|----|---|
| 1 | 66,12445 | | | | Столбец1 | | | 10 | |
| 2 | 62,6484 | | | | Среднее | 55,42668 | | 20 | |
| 3 | 11,62755 | | | | Стандартная ошибка | 2,90883 | | 30 | |
| 4 | 48,58547 | | | | Медиана | 59,41343 | | 40 | |
| 5 | 37,33329 | | | | Мода | #Н/Д | | 50 | |
| 6 | 68,28516 | | | | Стандартное отклонение | 29,0883 | | 60 | |
| 7 | 45,69536 | | | | Дисперсия выборки | 846,129 | | 70 | |
| 8 | 67,06137 | | | | Эксцесс | -1,18249 | | 80 | |
| 9 | 98,96237 | | | | Асимметричность | -0,20708 | | 90 | |
| 10 | 94,90951 | | | | Интервал | 98,37031 | | | |
| 11 | 43,21726 | | | | Минимум | 0,796533 | | | |
| 12 | 6,579791 | | | | Максимум | 99,16684 | | | |
| 13 | 91,38157 | | | | Сумма | 5542,668 | | | |
| 14 | 63,05124 | | | | Счет | 100 | | | |
| 15 | 67,63817 | | | | | | | | |
| 16 | 51,65868 | | | | | | | | |

Теперь на вкладке **Данные** нажмите кнопку **Анализ данных** и в появившемся окне **Анализ данных** выберите пункт **Гистограмма**. Нажмите **ОК**.

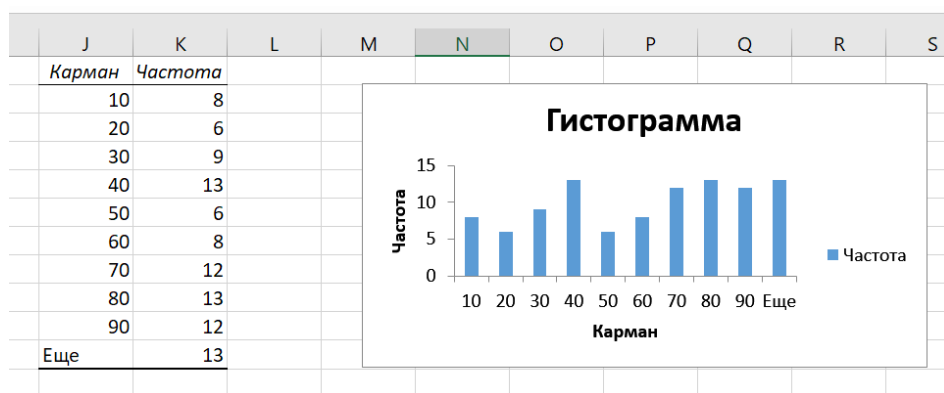


В появившемся окне **Гистограмма** в качестве **Входного интервала** выбираем столбец из 100 случайных значений. **Интервал карманов** – это дополнительный столбец из значений от 10 до 90. Флажок **Метки**

не ставим, потому что заголовки отсутствуют. *Выходной интервал* – любая ячейка на листе, чтобы было достаточно свободного места правее и ниже. Ставим флажок *Вывод графика*. Нажимаем *ОК*.

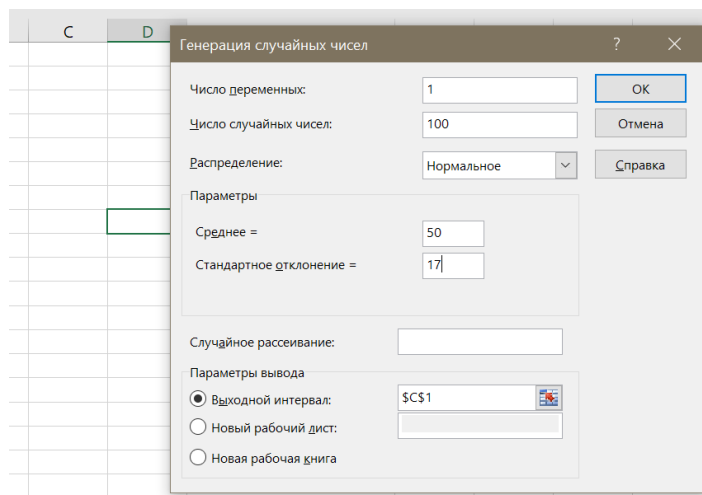


Будет показана таблица с количеством значений в каждом интервале: например, в строке 10 – это сколько значений в интервале от 0 до 10 и т.д. В строке *Еще* содержатся значения из интервала (кармана) 90-100. А также будет построена сама гистограмма:



Нормальное распределение

Построим теперь нормальное распределение из 100 случайных значений с параметрами: мат.ожидание =50, стандартное отклонение=17. Согласно правилу «3х сигма» с вероятностью более 99% такая выборка будет лежать в том же интервале от 0 до 100, как и в предыдущем примере. Воспользуемся тем же инструментом Генерация случайных чисел и зададим соответствующие параметры:



Аналогично предыдущему разделу, постройте для полученной выборки описательную статистику и гистограмму. Можно использовать тот же самый интервал карманов. Сделайте выводы.

Расчетно-графическая работа №2

Корреляционный анализ

Рассмотрим набор данных по 5 строительно-монтажным предприятиям: X - объем выполненных работ в млн.руб., Y - численность рабочих, чел., Z - фонд заработной платы в млн.руб. (ФЗП):

| | A | B | C | D | |
|---|---|-------------------------------|------------------------|-----|--|
| | | Объем выполненных работ | Численность рабочих | ФЗП | |
| 1 | | X | Y | Z | |
| 2 | | | | | |
| 3 | 1 | 13 | 320 | 3,2 | |
| 4 | 2 | 14 | 570 | 5,5 | |
| 5 | 3 | 16 | 780 | 8 | |
| 6 | 4 | 12 | 200 | 2,5 | |
| 7 | 5 | 15 | 700 | 7,2 | |
| 8 | | | | | |

1. Парные коэффициенты корреляции (Пирсона)

Расчет коэффициентов корреляции Пирсона в Excel можно выполнить тремя способами:

$$\rho_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

1. по формуле

Скопируйте столбцы X и Y в отдельное место, посчитайте по каждому из этих столбцов среднее значение (СРЗНАЧ()). Посчитайте в отдельных столбцах вспомогательные значения для числителя и знаменателя.

| F | G | H | I | J | K | L |
|---|---------|-----|-----------------------------|------------|------------|--------------|
| | X | Y | (X-X_cp)*(Y-Y_cp) | (X-X_cp)^2 | (Y-Y_cp)^2 | |
| | 13 | 320 | = (G3-\$G\$8)*(\$H3-\$H\$8) | | 37636 | |
| | 14 | 570 | | 0 | 3136 | |
| | 16 | 780 | 532 | 4 | 70756 | |
| | 12 | 200 | 628 | 4 | 98596 | |
| | 15 | 700 | 186 | 1 | 34596 | |
| | среднее | 14 | 514 | 1540 | 10 | 244720 сумма |

По этим столбцам посчитайте сумму. Далее вычислите коэффициент корреляции Пирсона между X и Y.

| | I | J | K | L |
|------------|-------------------|------------|------------|-------|
| | | | | |
| | (X-X_cp)*(Y-Y_cp) | (X-X_cp)^2 | (Y-Y_cp)^2 | |
| 20 | 194 | 1 | 37636 | |
| 70 | 0 | 0 | 3136 | |
| 80 | 532 | 4 | 70756 | |
| 00 | 628 | 4 | 98596 | |
| 00 | 186 | 1 | 34596 | |
| 14 | 1540 | 10 | 244720 | сумма |
| корреляция | =18/КОРЕНЬ(J8*K8) | | | |

Получится 0,9844.

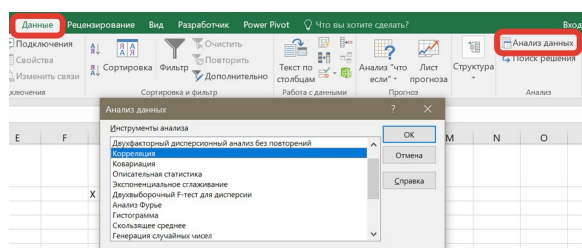
2. с помощью встроенной функции КОРРЕЛ()

Функция КОРРЕЛ() имеет два параметра-массива, каждый из которых представляет собой набор значений соответствующей переменной. Рассчитайте парные корреляции для X и Y, X и Z, Y и Z.

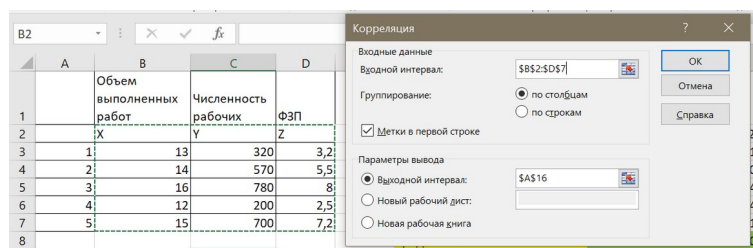
| | A | B | C | D |
|----|----|-------------------------------|------------------------|-----|
| | | Объем выполненных работ | Численность рабочих | ФЗП |
| 1 | | X | Y | Z |
| 2 | | | | |
| 3 | 1 | 13 | 320 | 3,2 |
| 4 | 2 | 14 | 570 | 5,5 |
| 5 | 3 | 16 | 780 | 8 |
| 6 | 4 | 12 | 200 | 2,5 |
| 7 | 5 | 15 | 700 | 7,2 |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | К-т корреляции Пирсона | | |
| 11 | XY | 0,984432604 | | |
| 12 | XZ | =КОРРЕЛ(B3:B7;D3:D7) | | |
| 13 | YZ | КОРРЕЛ(массив1; массив2) | | |

3. с помощью инструмента анализа данных Корреляция

На вкладке Данные нажмите кнопку Анализ данных (если она отсутствует, смотрите <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/загрузка-средства-анализа-в-excel-6a63e598-cd6d-42e3-9317-6b40ba1a66b4>). В окне Анализ данных выберите инструмент Корреляция.



Входной интервал – это все необходимые переменные (X,Y,Z). Если выделены заголовки, то нужно поставить флажок метки. Выходной – интервал – любая пустая ячейка, чтобы было достаточно столбцов справа и строк снизу (k+1).



В результате расчетов вы получите матрицу корреляции, где на пересечении строки и столбца стоит соответствующий коэффициент корреляции:

| | X | Y | Z |
|---|-------------|-------------|---|
| X | 1 | | |
| Y | 0,984432604 | 1 | |
| Z | 0,985053034 | 0,994653938 | 1 |

Далее следует оценить значимость полученных коэффициентов корреляции. Для этого следует

вычислить расчетное значение критерия по формуле $t_{\text{набл}} = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}$, для этого нам

нам понадобятся миноры A_{11}, A_{22}, A_{12} . Рассмотрим построение на примере A_{12} . Исключим из матрицы R первую строку и второй столбец:

| | | | | |
|----|---|-------------|-------------|----------|
| 20 | | | | |
| 21 | R | 1 | 0,984432604 | 0,985053 |
| 22 | | 0,984432604 | 1 | 0,994654 |
| 23 | | 0,985053034 | 0,994653938 | 1 |
| 24 | | | | |

Скопируем оставшиеся данные в отдельный массив ячеек и вычислим значение дополняющего минора, для чего умножим $(-1)^{(1+2)}$ на определитель получившейся матрицы (МОПРЕД()).

| G | H | I | J |
|-----|--|-------------|-----------|
| | A12 | 0,984432604 | 0,9946539 |
| det | $=((-1)^{(1+2)}) * \text{МОПРЕД}((16;17))$ | | 1 |

Аналогично рассчитываем остальные дополняющие миноры, после чего по формуле вычисляем частный коэффициент корреляции:

| | G | H | I | J |
|-----|---|--------------|----------------------------|-----------|
| | | | Частный к-т корреляции | |
| | | XY/Z | $=(-1)*H17/\sqrt{H20*H23}$ | |
| | | A12 | 0,984432604 | 0,9946539 |
| det | | -0,004645724 | 0,985053034 | 1 |
| | | A11 | 1 | 0,9946539 |
| det | | 0,010663544 | 0,994653938 | 1 |
| | | A22 | 1 | 0,985053 |
| det | | 0,029670519 | 0,985053034 | 1 |

Для определения значимости частного коэффициента корреляции следует определить наблюдаемое значение t-статистики Стьюдента по формуле:


$$t_{\text{набл}} = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-l-2}$$

Здесь l – это количество зафиксированных переменных. В данном примере, $l = 1$.

| | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P |
|----|---|---|------|---|------------------------|---|---|--------------------|---|---|------|
| 9 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | 5 | | | | | | критич 4,302653 | | | 1 |
| 11 | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | Частный и-т корреляции | | | | | | |
| 15 | | | XY/Z | | 0,261180089 | =14*КОРЕНЬ(5F\$10-\$P\$10-2)/КОРЕНЬ(1+14^2) | | | | | YZ/X |
| 16 | | | | | КОРЕНЬ(число) | | | | | | |

Аналогичным образом рассчитайте два других частных коэффициента корреляции и их значимость.

| | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
|------|---|------------------------|-----------|---|------|--------------------|----------|---|------|----------|----------|
| | | корреляция | 0,9844326 | | | критич 4,302653 | | 1 | | | |
| | | Частный к-т корреляции | | | | | | | | | |
| XY/Z | | 0,261180089 | 0,382646 | | XZ/Y | 0,324147 | 0,484577 | | YZ/X | 0,823628 | 2,053827 |

Для проверки гипотезы о равенстве нулю частного коэффициента корреляции нужно определить табличное значение t-статистики Стьюдента. Метод его расчета и алгоритм проверки гипотезы описан выше, разница только в том, что число степеней свободы равно .

Таким образом, все полученные частные коэффициенты корреляции не значимы.

3. Множественный коэффициент корреляции

Множественный коэффициент корреляции рассчитывается по формуле:

$$\rho_{1/2,3,\dots,k} = \sqrt{1 - \frac{\det R}{A_{11}}}$$

Вычислите определитель матрицы R (МОПРЕД()) и рассчитайте три множественных коэффициента корреляции воспользовавшись значениями дополняющих миноров A_{11}, A_{22}, A_{33} .

| | | | | | | | | |
|-----|------------------------------|-------------|-------------|--------------------|---|---|-----|-------------|
| B28 | | fx | | =КОРЕНЬ(1-A25/H20) | | | | |
| | A | B | C | D | E | F | G | H |
| 19 | Z | 0,985053034 | 0,994653938 | 1 | | | | A11 |
| 20 | | | | | | | det | 0,010663544 |
| 21 | R | 1 | 0,984432604 | 0,985053 | | | | |
| 22 | | 0,984432604 | 1 | 0,994654 | | | | A22 |
| 23 | | 0,985053034 | 0,994653938 | 1 | | | det | 0,029670519 |
| 24 | | | | | | | | |
| 25 | 0,000295 определитель | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | |
| 27 | множественный к-т корреляции | | | | | | | |
| 28 | X/YZ | 0,986079843 | 105,5126605 | | | | | |
| 29 | Y/XZ | 0,995019532 | 298,9284126 | | | | | |
| 30 | Z/XY | 0,995217005 | 311,3628147 | | | | | |
| 31 | значимость | | | | | | | |

Для определения значимости множественных коэффициентов корреляции нужно воспользоваться F-критерием Фишера, расчетное значение которого определяется по формуле:

$$F_{\text{набл}} = \frac{\frac{1}{k-1} r_{1/2,\dots,k}^2}{\frac{1}{n-k} (1 - r_{1/2,\dots,k}^2)}$$

Здесь k=2 (это количество переменных, от которых зависит исследуемый фактор).

| | A | B | C | D | E | F |
|----|------------------------------|-------------|---|---|---|---|
| 26 | | | | | | |
| 27 | множественный к-т корреляции | | | | | |
| 28 | X/YZ | 0,986079843 | =(\$C\$32-\$C\$33)*((B28^2)/(((\$C\$33-1)*(1-B28^2))) | | | |
| 29 | Y/XZ | 0,995019532 | 298,9284126 | | | |
| 30 | Z/XY | 0,995217005 | 311,3628147 | | | |
| 31 | | | значимость | | | |
| 32 | n | | 5 | | | |
| 33 | k | | 2 | | | |

Табличное значение критерия рассчитывается с помощью функции F.ОБР.ПХ(), где вероятность ошибки $\alpha=0,05$, а число степеней свободы определяется по формулам: $\nu_1 = k - 1, \nu_2 = n - k$.

| | | | | | |
|-----|------------------------------|-------------|-------------|---|---|
| C34 | | | | | |
| | A | B | C | D | E |
| 27 | множественный к-т корреляции | | | | |
| 28 | X/YZ | 0,986079843 | 105,5126605 | | |
| 29 | Y/XZ | 0,995019532 | 298,9284126 | | |
| 30 | Z/XY | 0,995217005 | 311,3628147 | | |
| 31 | | | значимость | | |
| 32 | n | | 5 | | |
| 33 | k | | 2 | | |
| 34 | F_крит | | 10,12796449 | | |

Если $F_{\text{набл}} > F_{\text{кр}}$, то гипотеза H_0 отвергается с вероятностью ошибки α , следовательно, множественный коэффициент корреляции считается значимым. В противном случае гипотеза H_0 не отвергается.

Таким образом, в рассматриваемом примере все множественные коэффициенты корреляции значимы.

4. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена

Этот коэффициент корреляции применяется в тех случаях, когда данные порядковые, либо распределение данных отличается от нормального.

Для расчета коэффициента корреляции Спирмена скопируйте столбцы X и Y. Нужно определить ранги соответствующих значений. Для этого воспользуйтесь функцией РАНГ.СП(), первый параметр которой – это текущее значение переменной, а второй – это весь массив возможных значений.

| | | | | | | |
|--|--|-----|-----------------------------------|--------|-----|---|
| | U | V | W | X | Y | Z |
| | | | | | | |
| | Ранговый коэффициент корреляции Спирмена | | | | | |
| | X | Y | Ранг X | Ранг Y | d^2 | |
| | 13 | 320 | =РАНГ.СП(U3;\$U\$3:\$U\$7) | | | |
| | 14 | 570 | РАНГ.СП(число; ссылка; [порядок]) | | | |
| | 16 | 780 | 1 | 1 | 0 | |
| | 12 | 200 | 5 | 5 | 0 | |
| | 15 | 700 | 2 | 2 | 0 | |
| | | | сумма | | 0 | |

После этого определите квадраты разностей между рангами переменных, и вычислите сумму получившегося столбца.

| | | | | | |
|--|--|-----|--------|--------|-------------|
| | U | V | W | X | Y |
| | | | | | |
| | Ранговый коэффициент корреляции Спирмена | | | | |
| | X | Y | Ранг X | Ранг Y | d^2 |
| | 13 | 320 | 4 | 4 | = (W3-X3)^2 |
| | 14 | 570 | 3 | 3 | 0 |
| | 16 | 780 | 1 | 1 | 0 |
| | 12 | 200 | 5 | 5 | 0 |
| | 15 | 700 | 2 | 2 | 0 |
| | | | сумма | | 0 |

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена вычисляется по формуле:

$$\hat{\rho} = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

| | T | U | V | W | X | Y | Z |
|----|---|----|-----|---|-----------------------|---|---|
| 4 | | 14 | 570 | 3 | 3 | 0 | |
| 5 | | 16 | 780 | 1 | 1 | 0 | |
| 6 | | 12 | 200 | 5 | 5 | 0 | |
| 7 | | 15 | 700 | 2 | 2 | 0 | |
| 8 | | | | | сумма | 0 | |
| 9 | | n | 5 | | | | |
| 10 | | | | | го Спирмена | | |
| 11 | | | | | =1-6*Y8/(V9*(V9^2-1)) | | |
| 12 | | | | | | | |

Для проверки значимости рассчитанного коэффициента применяется следующая формула:

$$T_{кр} = t_{табл}(\alpha, v = n - 2) \cdot \sqrt{\frac{1 - \rho^2}{n - 2}}$$

Вычислите соответствующее значение:

| | U | V | W | X | Y | Z | AA | AB | AC |
|--|---|---|------|--|---|---|----|----|----|
| | | | | сумма | 0 | | | | |
| | n | 5 | | | | n | | 5 | |
| | | | | го Спирмена | | | | | |
| | | | | 1 | | | | | |
| | | | T_кр | =СТЫОДЕНТ.ОБР.2X(0,05;V9-2)*КОРЕНЬ((1-X11^2)/(V9-2)) | | | | | |

Если $|\rho| < T_{кр}$, то гипотеза H_0 не отвергается, следовательно, ранговая корреляция между признаками не значима. В противном случае гипотеза H_0 об отсутствии корреляции отвергается с вероятностью ошибки α . Таким образом, совпадение рангов нельзя считать случайным.

Вычислите все коэффициенты Спирмена для рассматриваемого набора данных и оцените их значимость. Сделайте выводы.

5. Ранговый коэффициент корреляции Кендалла

Отсортируйте данные по признаку X по возрастанию, определите соответствующие ранги Y. Воспользуйтесь функцией РАНГ.РВ(), чтобы обеспечить натуральность рангов. Значение третьего параметра порядок=1 позволяет сделать сортировку по возрастанию.

| | U | V | W | X | Y | Z |
|----|--|-----|-----------------------------------|--------|----|---|
| 16 | Ранговый коэффициент корреляции Кендалла | | | | | |
| 17 | X | Y | Ранг X | Ранг Y | P | Q |
| 18 | 12 | 200 | =РАНГ.РВ(U18;\$U\$18:\$U\$22;1) | | | 0 |
| 19 | 13 | 320 | РАНГ.РВ(число; ссылка; [порядок]) | | | 0 |
| 20 | 14 | 570 | 3 | 3 | 2 | 0 |
| 21 | 15 | 700 | 4 | 4 | 1 | 0 |
| 22 | 16 | 780 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| 23 | | | | | 10 | 0 |

В столбцах с заголовками P и Q вручную поставьте количество последующих рангов, больших по своей величине, чем взятый ранг (P); и количество последующих рангов, меньших по своей величине, чем взятый ранг (Q). Подсчитайте сумму по столбцам. Вычислите значение рангового коэффициента корреляции Кендалла по формуле:

$$\tau = \frac{2(P - Q)}{n(n - 1)}$$

| | U | V | W | X | Y | Z | |
|----|--|-----|--------|--------|--------------------|---|--|
| 16 | Ранговый коэффициент корреляции Кендалла | | | | | | |
| 17 | X | Y | Ранг X | Ранг Y | P | Q | |
| 18 | 12 | 200 | 1 | 1 | 4 | 0 | |
| 19 | 13 | 320 | 2 | 2 | 3 | 0 | |
| 20 | 14 | 570 | 3 | 3 | 2 | 0 | |
| 21 | 15 | 700 | 4 | 4 | 1 | 0 | |
| 22 | 16 | 780 | 5 | 5 | 0 | 0 | |
| 23 | | | | | 10 | 0 | |
| 24 | | | | | | | |
| 25 | | | | tau | =2*(Y23-Z23)/(5*4) | | |

Критерии оценивания (оценочное средство - Расчетно-графическая работа)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|---|
| превосходно | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. |
| отлично | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. |
| очень хорошо | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. |
| хорошо | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |
| удовлетворительно | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами. |
| неудовлетворительно | При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. |
| плохо | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа. |

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|--|---|--|--|---|---|---|--|
| | не зачтено | | зачтено | | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность 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 несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | 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. 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 и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие базовых навыков. 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 | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|---------|-------------|--|
| зачтено | превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |

| | | |
|-------------------|----------------------------|--|
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». |
| | удовлетворительно | 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 | неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |
| | плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

| |
|---|
| Основные понятия математической статистики |
| Коэффициент корреляции Пирсона |
| Множественный коэффициент корреляции |
| Частный коэффициент корреляции |
| Корреляционное отношение |
| Ранговые коэффициенты корреляции |
| Парная и множественная линейные регрессии |
| Нелинейные регрессии |
| Метод наименьших квадратов |
| Проверка качества и адекватности регрессионной модели |
| Мультиколлинеарность. |
| Автокорреляция в остатках. |
| Гетероскедастичность. |

| |
|--|
| |
| Назначение кластерного анализа. |
| Математические характеристики кластеров. |
| Меры расстояний между объектами в кластерах. |
| Правила связи между кластерами. |
| Процедуры кластеризации данных. |
| Дискриминантный анализ и его отличительное свойство. |
| Расстояние между объектами в дискриминантном анализе. |
| Каноническая дискриминантная функция и ее предназначение. |
| Число дискриминантных функций и их разделительная способность. |
| Проверка значимости дискриминантных функций. |
| Снижении размерности p -мерного исходного пространства данных. |
| Ортогональные преобразования пространств. |
| Метод главных компонент и его свойства. |
| Дисперсионный критерий сжатия пространства. |
| Критерии Кайзера и Кэттелла. |
| Факторный анализ и его виды. |
| Модели факторного анализа. |
| Цель и методы эксплораторного факторного анализа. |
| Методы вращения факторов. |
| Этапы процедуры факторного анализа. |
| Прикладные возможности нейронных сетей. |
| Основные элементы модели искусственного нейрона. |
| Фазы жизненного цикла нейронной сети. |

| |
|---|
| Парадигмы обучения нейронных сетей. |
| Виды нейронных сетей. |
| Программные средства для работы с нейронными сетями. |
| Применение нейронных сетей в социально-экономических исследованиях. |

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|--|
| превосходно | Уровень знаний, умений и навыков в объеме, превышающем программу подготовки. |
| отлично | Уровень знаний, умений и навыков в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. |
| очень хорошо | Уровень знаний, умений и навыков в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок |
| хорошо | Уровень знаний, умений и навыков в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок |
| удовлетворительно | Минимально допустимый уровень знаний, умений и навыков. Допущено много негрубых ошибки. |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. |
| плохо | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Чураков Е. П. Введение в многомерные статистические методы / Чураков Е. П. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 148 с. - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-507-44731-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=806888&idb=0>.
2. Ниворожкина Людмила Ивановна. Многомерные статистические методы в экономике : Учебник / Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), ф-л в г. Миллерово. - 1. - Москва : Издательский Центр РИОР, 2023. - 203 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-369-01621-3. - ISBN 978-5-16-105629-5. - ISBN 978-5-16-012482-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=835185&idb=0>.
3. Анализ данных : учебник / В. С. Мхитарян [и др.] ; под редакцией В. С. Мхитаряна. - Москва :

Юрайт, 2023. - 490 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00616-2. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=847079&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Алексеев Д. С. Технологии интеллектуального анализа данных / Алексеев Д. С., Щекочихин О. В. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 176 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-8114-8299-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=782179&idb=0>.
2. Козлов Андрей Юрьевич. Статистический анализ данных в MS Excel : Учебник / Пензенский государственный университет; Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"; Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва, ф-л г. Пенза. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2021. - 320 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-004579-5. - ISBN 978-5-16-101024-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=770671&idb=0>.
3. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник / В. Е. Гмурман. - 12-е изд. - Москва : Юрайт, 2023. - 479 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00211-9. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=842020&idb=0>.
4. Демидова Л. А. Интеллектуальный анализ данных на языке Python : учебно-методическое пособие / Демидова Л. А. - Москва : РТУ МИРЭА, 2021. - 92 с. - Книга из коллекции РТУ МИРЭА - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=801444&idb=0>.

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

ОС Windows Корпоративная.

Прикладное программное обеспечение Microsoft Office (Word, Excel, Power Point)

Язык программирования Python и приложение для него (например, Jupiter Notebook)

Программные пакеты Viscosity SOMine и Deductor Academic (свободная лицензия, бесплатные)

Интернет-ресурсы:

<https://www.kaggle.com/datasets>

<https://datahub.io/search>

www.gks.ru / Федеральная служба государственной статистики

<https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/?lang=en> / Penn World Table

data.worldbank.org/

www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html

stats.oecd.org/index.aspx

<https://colab.research.google.com/?hl=ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 38.03.05 - Бизнес-информатика.

Автор(ы): Капитанова Ольга Владимировна, кандидат физико-математических наук
Перова Валентина Ивановна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Круглов Евгений Валентинович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Кузнецов Юрий Алексеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 12.12.2023, протокол № 6.