

Министерство образования и науки РФ  
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный  
университет»

Институт психологии и образования  
Кафедра общей и практической психологии

Шишова Евгения Олеговна

# Качественные и количественные методы исследований в психологии

Краткий конспект лекций



Казань-2014

## **КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПСИХОЛОГИИ**

**Направление подготовки:**

030300.68 «Психология», профиль «Консультативная психология» (магистратура, 1 курс, очное обучение).

**Учебный план:** «Консультативная психология» очное 2013г.

**Дисциплины:** «Качественные и количественные методы исследований в психологии» (магистратура, 1 курс, очное обучение).

**Количество часов:** 72 (в том числе лекции – 16, практические занятия – 16, самостоятельная работа – 40), форма контроля: зачет.

**Аннотация курса:** Выявление и исследование закономерностей в психологии, в настоящее время, невозможно без использования количественных и качественных методов, основанных на использовании математического аппарата. Математические методы позволяют психологу качественнее провести эксперимент, лучше понять результаты исследований, выявить закономерности. Знание основных принципов и правил математической статистики позволяет психологу проводить более глубокий анализ данных, основное внимание, уделяя получаемым результатам и их интерпретации.

Однако в силу сложности математических расчетов психологу целесообразнее воспользоваться готовыми статистическими пакетами, предлагаемыми на рынке компьютерных программ. Компьютеризация изменила исследовательский процесс. Это позволило исследователю проводить более глубокий анализ данных, особое внимание, уделяя получаемым результатам и их интерпретации. В связи с этим, в рамках данного курса, студенты знакомятся с методами и процедурами обработки результатов психологического тестирования с использованием электронных таблиц Excel, а также программ статистической обработки информации типа STATISTICA, SPSS.

**Темы:**

1. Основы измерения и количественного описания данных в психологии.
2. Методы статистического вывода: проверка гипотез.
3. Методы изучения взаимосвязи психологических явлений.
4. Дисперсионный анализ.
5. Многомерные методы статистического анализа.

**Ключевые слова:** математические методы, измерение, типы шкал, виды измерений, корреляционный анализ, дисперсионный анализ, кластерный анализ, факторный анализ.

**Дата начала использования:** 1 сентября 2014г.

**Автор-составитель:** Шишова Евгения Олеговна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры общей и практической психологии ИПО КФУ.

**Адрес (URL) электронного курса в системе электронного обучения КФУ:**

<http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=843>

## Содержание

<b>Тема 1. Основы измерения и количественного описания данных в психологии.....</b>	<b>5</b>
<b>Лекция 1. Введение. Измерение в психологии.....</b>	<b>5</b>
1.1. Основы измерения в психологических и педагогических исследованиях.....	7
1.2. Генеральная совокупность и выборка.....	7
1.3. Репрезентативность выборки.....	8
<b>Лекция 2. Типы измерительных шкал.....</b>	<b>9</b>
2.1. Шкала наименований.....	<b>Ошибка!</b>
<b>Закладка не определена.</b>	
2.2. Шкала порядка.....	<b>Ошибка!</b>
<b>Закладка не определена.</b>	
2.3. Шкала интервалов.....	<b>Ошибка!</b>
<b>Закладка не определена.</b>	
2.4. Шкала равных отношений.....	13
<b>Тема 2. Методы статистического вывода: проверка гипотез.....</b>	<b>13</b>
<b>Лекция 3. Статистические гипотезы. Этапы принятия статистического решения.....</b>	<b>13</b>
3.1. Статистическая значимость результатов исследования.....	15
3.2. Классификация задач и методов статистического вывода.....	17
<b>Лекция 4. Статистические тесты. Проведение t-теста.....</b>	<b>18</b>
4.1. T-тест для двух выборок с различными дисперсиями.....	19
4.2. Парный t-тест для средних двух выборок.....	24
<b>Тема 3. Методы изучения взаимосвязи психологических явлений.....</b>	<b>29</b>
<b>Лекция 5. Корреляция. Классификация коэффициентов корреляции.....</b>	<b>29</b>

- 5.1. Корреляционный анализ признаков измеренных в интервальных шкалах.31
- 5.2. Корреляционный анализ признаков измеренных в ранговых шкалах.....31
- 5.3. Корреляционный анализ признаков измеренных в номинативных шкалах31
- 5.4. Корреляционный анализ признаков измеренных в смешанных шкалах....31

## **Лекция 6. Коэффициент линейной корреляции Пирсона. Ранговая**

<b>корреляция.....</b>	<b>32</b>
6.1. Коэффициент линейной корреляции Пирсона.....	34
6.2. Ранговая корреляция Спирмена.....	40
Тема 4. Дисперсионный анализ.....	41
<b>Лекция 7. Дисперсионный анализ.....</b>	<b>41</b>
7.1. Однофакторный дисперсионный анализ.....	42
7.2. Двухфакторный дисперсионный анализ.....	49
Тема 5. Многомерные методы статистического анализа.....	59
<b>Лекция 8. Факторный и кластерный анализы.....</b>	<b>59</b>
8.1. Сравнение кластерного и факторного анализов.....	61
8.2. Факторный анализ.....	63
8.3. Кластерный анализ.....	64
<b>Глоссарий.....</b>	<b>66</b>
<b>Рекомендуемые информационные ресурсы.....</b>	<b>73</b>
<b>Примерные вопросы для итогового контроля.....</b>	<b>73</b>

# Тема 1. Основы измерения и количественного описания данных в психологии

## Лекция 1

### Введение. Измерение в психологии

**Аннотация.** Данная тема раскрывает основные понятия математических основ измерения и количественного описания данных в психологических и педагогических исследованиях.

**Ключевые слова.** Измерение, признаки и переменные, математическая обработка.

### Методические рекомендации по изучению темы.

- Изучите текст лекции;
- В качестве самостоятельной работы необходимо: написать рефераты по методам психологических исследований и выступить с устными докладами;
- Ответить на вопросы по изученному тексту и файл с ответами прикрепить для проверки преподавателем.

### Рекомендуемые информационные ресурсы:

- <http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=843>
- <http://window.edu.ru/resource/026/41026/files/dvgu147.pdf>
- <http://book.tr200.net/v.php?id=2384993>
- <http://www.elib.kspu.ru/upload/documents/2013/10/18/0d05f1f3/dyachuk-matematicheskie-metody-v-psihologicheskikh-i-pedagogicheskikh-issledovaniyah-pdf.pdf>
- [http://mhp-journal.ru/upload/2007\\_v2\\_n1/2007\\_v2\\_n1\\_10.pdf](http://mhp-journal.ru/upload/2007_v2_n1/2007_v2_n1_10.pdf)
- <http://antisga.ru/list/module/339656/>
- <http://cxemo.pф/shemy/psihologija/aismontas-b-b-obschaja-psihologija-shemy-2003-g/29.html>
- <http://www.klex.ru/7im>
- <http://www.klex.ru/13r>
- <http://www.klex.ru/8bz>
- <http://www.klex.ru/14q>

## ГЛОССАРИЙ

**Выборка** — часть популяции. По результатам анализа выборки делают выводы о всей популяции, что правомерно только в случае репрезентативности выборки по отношению к популяции.

**Генеральная совокупность** — см. Популяция.

**Гипотеза научная** — утверждение, которое можно подтвердить или опровергнуть на основании результатов исследования.

**Гипотеза статистическая** — представление научной гипотезы в форме, приемлемой для проверки методами статистического анализа данных.

**Измерение** – это приписывание числовых форм объектам или событиям в соответствии с определенными правилами.

**Математическая обработка** – это оперирование со значениями признака, полученными у испытуемых в психологическом исследовании. Значения признака определяются при помощи специальных шкал измерения.

**Независимые (несвязанные) выборки** — выборки, в которые объекты исследования набирались независимо друг от друга. Альтернатива независимым выборкам — зависимые (связанные, парные) выборки.

**Популяция (генеральная совокупность)** — группа субъектов, из которой набрана выборка и на которую следует распространять результаты исследования.

**Признак (переменная)** — характеристика объекта исследования (наблюдения). Различают качественные и количественные признаки.

**Репрезентативность выборки** – возможность распространить полученные на выборке выводы на всю генеральную совокупность. Репрезентативность имеет две стороны – по составу и по количеству.

**Связанные (зависимые) выборки** — выборки, в которые участники исследования набирались парами (или с использованием какого-либо иного

принципа) или состоящие из одних и тех же объектов исследования, обследованных в разные моменты времени.

**Вопросы для изучения:**

1. Основы измерения в психологических и педагогических исследованиях
2. Генеральная совокупность и выборка
3. Репрезентативность выборки

**Введение. Измерение в психологии.** Психологическое исследование начинается с некоторого предположения, которое требуется либо подтвердить, либо опровергнуть. Это предположение – **гипотеза** – формулируется в отношении связи явлений или свойств в некоторой совокупности элементов.

Для проверки такого рода предположений исследователям нужно измерить соответствующие свойства у участников психологического исследования. **Измерение** – это приписывание числовых форм объектам или событиям в соответствии с определенными правилами (С.Стивенс).

В связи с этим в психологических исследованиях рассматриваются понятия **генеральная совокупность** и **выборка**.

**Генеральная совокупность** – это все множество элементов, в отношении которого формулируется предположение (гипотеза). Теоретически считается, что объем генеральной совокупности не ограничен.

**Выборка** – это любая группа элементов (испытуемых, респондентов), выделенная из генеральной совокупности для проведения психологического исследования.

Объем выборки, обычно обозначается буквой ***n***, может быть любым, но не меньшим чем два респондента. В статистике различают малую ( $n < 30$ ), среднюю  $30 < n < 100$  и большую выборку ( $n > 100$ ). Следует отметить, что в психологии известны исследования, в которых в качестве респондента выступал один человек (лонгитюдное наблюдение).

Основные критерии обоснованности выводов исследования – **репрезентативность выборки** и **статистическая достоверность результатов**.

**Репрезентативная выборка** – это такая выборка, в которой все основные признаки генеральной совокупности представлены приблизительно в той же пропорции и с той же частотой, с которой данный признак встречается в генеральной совокупности. Первый и основной прием получения репрезентативной выборки – **простой случайный отбор** (*рандомизация*). Второй метод получения репрезентативной выборки – **стратифицированный случайный отбор**.

Статистическая достоверность результатов исследования определяется при помощи методов статистического вывода, которые предъявляют определенные требования к объему выборки.

Для разработки и адаптации диагностического инструментария требуемый объем выборки составляет от 200 до 1000-2500 человек. Если необходимо сравнить результаты, полученные в двух выборках, то их общая численность должна быть не менее 50 человек. Если изучается взаимосвязь между какими-либо свойствами, то объем выборки должен быть не менее 30-35 человек.

Различают **зависимые** (связные) и **независимые** (несвязные) выборки. Выборки называются независимыми (несвязными), если процедура психологического исследования и полученные результаты измерения некоторого свойства у испытуемых одной выборки не оказывают влияния на особенности протекания этого же исследования и результаты измерения этого же свойства у испытуемых другой выборки. Зависимые (связные) выборки – выборки, если процедура исследования и полученные результаты измерения некоторого свойства, проведенные на одной выборке, оказывают влияние на другую.

Математическая обработка – это оперирование со значениями признака, полученными у испытуемых в психологическом исследовании. Значения признака определяются при помощи специальных шкал измерения.

## Вопросы и задания для самопроверки и контроля

1. Дайте определение статистики как дисциплины.
2. Что такое качественные и количественные методы исследования?
3. Перечислите особенности количественных методов исследования.  
В чем их преимущества и недостатки?
4. Что такое измерение? Опишите процедуру построения шкалы измерения.

## Лекция 2

### Типы измерительных шкал

**Аннотация.** Данная тема раскрывает классификацию шкал из 4 типов шкал измерений.

**Ключевые слова.** Шкала наименований, ранговая шкала, шкалы интервалов и отношений.

### Методические рекомендации по изучению темы.

- Изучите текст лекции;
- В качестве самостоятельной работы необходимо: написать рефераты по методам психологических исследований и выступить с устными докладами;
- Ответить на вопросы по изученному тексту и файл с ответами прикрепить их для проверки преподавателем

### Рекомендуемые информационные ресурсы:

- <http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=843>
- <http://window.edu.ru/resource/026/41026/files/dvgu147.pdf>
- <http://book.tr200.net/v.php?id=2384993>
- <http://www.elib.kspu.ru/upload/documents/2013/10/18/0d05f1f3/dyachuk-matematicheskie-metody-v-psihologicheskikh-i-pedagogicheskikh-issledovaniyah-pdf.pdf>

- [http://mhp-journal.ru/upload/2007\\_v2\\_n1/2007\\_v2\\_n1\\_10.pdf](http://mhp-journal.ru/upload/2007_v2_n1/2007_v2_n1_10.pdf)
- <http://antisga.ru/list/module/339656/>
- <http://cxemo.pф/shemy/psihologija/aismontas-b-b-obschaja-psihologija-shemy-2003-g/29.html>
- <http://www.klex.ru/7im>
- <http://www.klex.ru/13r>
- <http://www.klex.ru/8bz>
- <http://www.klex.ru/14q>

## ГЛОССАРИЙ

**Метрическая шкала** – совокупность чисел для обозначения величин признака, интервал между которыми определен: равным интервалам в числовой шкале соответствуют равные интервалы интенсивности измеряемого признака. Метрические шкалы могут быть двух видов: шкала интервалов и шкала отношений.

**Номинативная (номинальная, обозначений) шкала** – совокупность символов для обозначения категорий признака (например, символы "м" и "ж" для признака "пол").

**Порядковые признаки** — признаки, значения которых могут быть упорядочены (ранжированы), но интервал между этими значениями не может быть выражен количественно. Отражают только степень выраженности какого-либо качества изучаемых объектов.

**Порядковая (ранговая) шкала** – совокупность чисел для обозначения величин признака, значения которых могут быть упорядочены (по возрастанию или по убыванию), но интервал между которыми не определен: равным интервалам в числовой шкале не сопоставлены равные интервалы интенсивности измеряемого признака (например, интервалу в один балл в шкале школьных оценок не обязательно соответствует равное количество знаний между отличником, четверочником, троечником и двоечником).

**Шкала интервалов** – совокупность чисел для обозначения величин признака, интервал между которыми определен (равным интервалам в числовой шкале соответствуют равные интервалы интенсивности измеряемого признака), но нулевая точка является договорной отметкой, а не показателем отсутствия измеряемого качества (например, шкала измерения температуры по Цельсию).

**Шкала отношений** – совокупность чисел для обозначения величин признака, интервал между которыми определен (равным интервалам в числовой шкале соответствуют равные интервалы интенсивности измеряемого признака), а нулевая точка является показателем отсутствия измеряемого качества (например, шкала измерения скорости).

**Шкала рангов** – частный случай порядковой шкалы, в которой значения признака проранжированы (по возрастанию или по убыванию).

**Вопросы для изучения:**

1. Шкала наименований
2. Шкала порядка
3. Шкала интервалов

**Типы измерительных шкал.** В настоящее время в теории измерений С.С. Стивенсом была предложена классификация четырех типов шкал измерения, эти шкалы устанавливают определенные соотношения между свойствами чисел и измеряемым свойством объектов. Шкалы разделяют на метрические (если есть или может быть установлена единица измерения) и неметрические (если единицы измерения не могут быть установлены).

*1. Шкала наименований (номинальная или номинативная шкала)*

Неметрическая шкала. Это шкала, классифицирующая по названию, по определенным атрибутивным (качественным) признакам. Номинальное измерение - это процесс группирования предметов в классы, когда объекты принадлежащие к одному классу, идентичны в отношении какого-либо признака или свойства. Соответствующее числовое значение или имя

приписывается объекту в зависимости от того, к какому классу объектов он принадлежит или относится.

Простейший случай номинальной шкалы – дихотомическая шкала, состоящая из двух классов, например: «мужской пол - женский пол», «курящий – не курящий», «с высшим образованием - без высшего образования», «экстраверт - интроверт», «успевающий - неуспевающий» и т.д. Более сложный вариант, когда классов 3 и более (холерик-флегматик-меланхолик-сангвиник, русский-татарин-беларус). Числа, применяемые для обозначения классов должны быть различными друг от друга. Шкала наименований позволяет измерять частоты встречаемости объектов, имеющих разные значения (наименования) признака.

### *2. Шкала порядка (ранговая шкала)*

Неметрическая шкала. Принцип измерения по этой шкале состоит в ранжировании или упорядоченном распределении объектов по определенному признаку в зависимости от меры (степени выраженности) этого признака у каждого из объектов.

С данной шкалой мы имеем дело, когда упорядочиваем испытуемых по некоторому качеству или когда один испытуемый упорядочивает некоторые объекты (например, ценности в тесте Рокича по значимости). В порядковой шкале мы не знаем истинного расстояния между классами, знаем лишь то, что они образуют последовательность. Единица измерения в шкале порядка это расстояние в один класс или ранг, при этом расстояние может быть между классами и рангами разными.

### *3. Шкала интервалов*

Метрическая шкала. Шкала, классифицирующая по принципу «больше – меньше на определенное количество единиц». Интервальное значение возможно, когда измеряющий способен определить не только количество свойства в предметах, но также фиксировать равные различия между предметами.

Для интервального измерения устанавливается единица измерения. Предмету присваивается число, равное количеству единиц измерения, которое эквивалентно количеству имеющегося свойства. Точка «0» на интервальной шкале произвольна. Ноль не соответствует полному отсутствию измеряемого свойства. Следовательно, применяя эту шкалу, мы можем судить, насколько больше или насколько меньше выражено свойство при сравнении объектов, но не можем судить о том, во сколько раз больше или меньше выражено свойство.

Значения показателей, полученные при измерении по шкале интервалов, можно преобразовать в соответствующие значения шкал более низкого уровня: шкалы порядка или шкалы наименований. Переход от менее мощной шкалы к более мощной невозможен.

#### *4. Шкала равных отношений*

Метрическая шкала, классифицирующая объекты или субъекты пропорционально степени выраженности измеряемого свойства. Шкала равных отношений содержит информацию о том, во сколько раз расстояние между двумя значениями признака больше или меньше расстояния между двумя другими значениями признака шкалы.

Измерение в этой шкале отличается от интервального только тем, что в ней устанавливается нулевая точка, соответствующая полному отсутствию выраженности измеряемого свойства. Примеры измерения в этой шкале – измерение роста, веса, времени выполнения задачи и т.д.

В психологии эта шкала почти не используется, так как трудно себе представить абсолютный нуль в какой-либо измеряемой психологической переменной.

При описании психологических явлений необходимо всегда знать, какая именно шкала используется, поскольку каждый способ обработки экспериментальных данных рассчитан на определенный тип шкал.

## Вопросы и задания для самопроверки и контроля

1. Дайте характеристику шкале наименований. Приведите примеры.
2. Дайте характеристику шкале порядка. Приведите примеры.
3. Дайте характеристику шкале интервалов. Приведите примеры.

## Тема 2. Методы статистического вывода: проверка гипотез

### Лекция 3

**Статистические гипотезы и этапы принятия статистического решения.**

**Аннотация.** Данная тема раскрывает этапы принятия статистического решения.

**Ключевые слова.** Статистические гипотезы, статистические критерии, этапы проведения статистического теста.

#### **Методические рекомендации по изучению темы.**

- Изучите текст лекции;
- В качестве самостоятельной работы необходимо: написать рефераты по параметрическим и непараметрическим методам психологических исследований и выступить с устными докладами;
- Ответить на вопросы по изученному тексту, выполнить контрольную работу и файл с ответами прикрепить для проверки преподавателю.

#### **Рекомендуемые информационные ресурсы:**

- <http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=843>
- <http://window.edu.ru/resource/026/41026/files/dvgu147.pdf>
- <http://book.tr200.net/v.php?id=2384993>

- <http://www.elib.kspu.ru/upload/documents/2013/10/18/0d05f1f3/dyachuk-matematicheskie-metody-v-psihologicheskikh-i-pedagogicheskikh-issledovaniyah-pdf.pdf>
- [http://mhp-journal.ru/upload/2007\\_v2\\_n1/2007\\_v2\\_n1\\_10.pdf](http://mhp-journal.ru/upload/2007_v2_n1/2007_v2_n1_10.pdf)
- <http://antisga.ru/list/module/339656/>
- <http://cxemo.pф/shemy/psihologija/aismontas-b-b-obschaja-psihologija-shemy-2003-g/29.html>
- <http://www.klex.ru/7im>
- <http://www.klex.ru/13r>
- <http://www.klex.ru/8bz>
- <http://www.klex.ru/14q>

## ГЛОССАРИЙ

**Альтернативная гипотеза** — статистическая гипотеза о наличии различий между выборками по тем или иным характеристикам (например, по средним значениям того или иного признака) или о значимости той или иной характеристики (например, коэффициента корреляции) в одной выборки. Альтернативная гипотеза – противоположность нулевой гипотезе.

**Нулевая гипотеза** – статистическая гипотеза в форме утверждения об отсутствии различий (нулевых различиях) между теми или иными характеристиками двух распределений (например, между двумя средними значениями признака в двух выборках) или о равенстве нулю одной характеристики распределения (например, коэффициента корреляции Пирсона). Нулевая гипотеза – противоположность альтернативной гипотезе.

**Проверка (статистической) гипотезы** – математический способ тестирования статистической гипотезы на конкретных данных.

**Уровнем значимости** называется вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы.

### **Вопросы для изучения:**

1. Статистическая значимость результатов исследования
2. Классификация задач и методов статистического вывода

**Статистические гипотезы и этапы принятия статистического решения.** Полученные в результате исследований выборочные данные всегда ограничены и носят случайный характер. Именно поэтому для анализа таких результатов используют математическую статистику.

В психологических исследованиях невозможно учесть все возможные влияния на элементы выборки, поэтому оценка параметров генеральной совокупности, сделанная на основании выборочных данных, как указывает О.Ю.Ермолаев, всегда будет сопровождаться погрешностью, и поэтому подобного рода оценки должны рассматриваться как предположительные, а не как окончательные утверждения. Такие предположения о свойствах и параметрах генеральной совокупности получили название **статистических гипотез**.

При проверке статистических гипотез используются два понятия: **нулевая гипотеза** и **альтернативная гипотеза**. **Нулевая гипотеза** (обозначение  $H_0$ ) – это гипотеза о сходстве, **альтернативная гипотеза** (обозначение  $H_1$ ) – это гипотеза о различии.

Уровень статистической значимости результата исследования (*p-уровень*) – это количественно выраженная вероятность, свидетельствующая о том, что результаты достоверны. **Уровнем значимости** называется вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы.

В психологии считается, что низшим уровнем статистической значимости является уровень  $p=0,10$ ; достаточным –  $p=0,05$ ; высшим –  $p=0,01$ .

Используя методы математической статистики, исследователь получает так называемую эмпирическую статистику ( $K_{эмп.}$  – *коэффициент эмп.*).  $K_{эмп.}$  – это условное название. Полученную эмпирическую статистику необходимо сравнить с двумя критическими величинами, которые соответствуют

рассмотренным выше уровням статистической значимости. Критические величины для используемых коэффициентов находятся в специальных таблицах.

Для принятия статистического решения выделяют следующие этапы.

1) Формулировка нулевой и альтернативной гипотез.

2) Определение объема выборки  $N$ .

3) Выбор соответствующего уровня значимости или вероятности отклонения нулевой гипотезы. Это может быть величина меньшая или равная 0,05 (5% уровень значимости). В зависимости от важности исследования можно выбрать уровень значимости в 0,1% или даже в 0,01%.

4) Выбор статистического метода, который зависит от типа решаемой психологической задачи.

5) Вычисление соответствующего эмпирического значения по экспериментальным данным, согласно выбранному статистическому методу.

6) Нахождение по таблице для выбранного статистического метода критических значений, соответствующих уровню значимости для  $P=0,05$  и для  $P=0,01$ .

7) Построение оси значимости и нанесение на нее табличных критических значений и эмпирического значения. Для этого целесообразно пользоваться каждый раз приведенными выше рисунками.

8) Формулировка принятия решения.

Е.В.Сидоренко и О.Ю.Ермолаев предложили следующую классификацию задач и методов их решения (таблица 1):

Таблица 1

Задачи	Условия	Методы
1. Выявление различий в уровне исследуемого признака	а) Две выборки испытуемых	Критерий Макнамары $Q$ критерий Розенбаума $U$ критерий Манна-Уитни $\phi$ - критерий (угловое преобразование Фишера)
	б) Три и больше выборок испытуемых	$S$ критерий Джонкира $H$ критерий Крускала-

		Уоллиса
Задачи	Условия	Методы
2. Оценка сдвига значений исследуемого признака	а) Два замера на одной и той же выборке испытуемых	$T$ критерий Вилкоксона $G$ критерий знаков $\varphi$ критерий (угловое преобразование Фишера) $t$ –критерий Стьюдента
	б) Три и более замеров на одной и той же выборке испытуемых	$\chi^2_{ФР}$ критерий Фридмана $L$ критерий тенденций Пейджа $t$ –критерий Стьюдента
3. Выявление различий в распределении признака	а) При сопоставлении эмпирического распределения с теоретическим	$\chi^2$ критерий Пирсона $\lambda$ критерий Колмогорова - Смирнова $t$ –критерий Стьюдента
	б) При сопоставлении двух эмпирических распределений	$\chi^2$ критерий Пирсона $\lambda$ критерий Колмогорова - Смирнова $\varphi$ критерий (угловое преобразование Фишера)
4. Выявление степени согласованности изменений	а) Двух признаков	$\varphi$ коэффициент корреляции Пирсона $\eta$ корреляционное отношение Пирсона $\tau$ коэффициент корреляции Кендела $\rho$ коэффициент ранговой корреляции Спирмена

### Вопросы и задания для самопроверки и контроля

1. Перечислите уровни гипотез в научном исследовании.
2. Как формулируются статистические гипотезы?
3. Каков общий принцип проверки статистических гипотез?
4. Дайте определение понятия уровень значимости статистического критерия.

### Статистические тесты. Проведение t-теста.

**Аннотация.** Данная тема раскрывает алгоритм проведения статистических тестов в пакете Анализа Excel.

**Ключевые слова.** Статистические тесты, статистические критерии, пакет Анализа

### Методические рекомендации по изучению темы.

- Изучите текст лекции;
- В качестве самостоятельной работы необходимо: написать рефераты по параметрическим и непараметрическим методам психологических исследований и выступить с устными докладами;
- Ответить на вопросы по изученному тексту, выполнить контрольную работу и файл с ответами прикрепить для проверки преподавателю.

### Рекомендуемые информационные ресурсы:

- <http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=843>
- <http://window.edu.ru/resource/026/41026/files/dvgu147.pdf>
- <http://book.tr200.net/v.php?id=2384993>
- <http://www.elib.kspu.ru/upload/documents/2013/10/18/0d05f1f3/dyachuk-matematicheskie-metody-v-psihologicheskikh-i-pedagogicheskikh-issledovaniyah-pdf.pdf>
- [http://mhp-journal.ru/upload/2007\\_v2\\_n1/2007\\_v2\\_n1\\_10.pdf](http://mhp-journal.ru/upload/2007_v2_n1/2007_v2_n1_10.pdf)
- <http://antisga.ru/list/module/339656/>
- <http://cxemo.pф/shemy/psihologija/aismontas-b-b-obschaja-psihologija-shemy-2003-g/29.html>
- <http://www.klex.ru/7im>
- <http://www.klex.ru/13r>
- <http://www.klex.ru/8bz>

- <http://www.klex.ru/14q>

## ГЛОССАРИЙ

**t-критерий Стьюдента** – параметрический критерий, используемый для проверки статистических гипотез о достоверности различий средних значений признака между двумя выборками.

**Непараметрический критерий** – критерий проверки статистических гипотез, не требующий допущения о метрическом уровне измерения и нормальности распределения признака.

**Непараметрические методы статистики** – класс статистических методов, которые используются для анализа порядковых и качественных данных.

**Параметрический критерий** – критерий проверки статистических гипотез, включающий в формулу расчета параметры распределения.

**Проверка (статистической) гипотезы** — математический способ тестирования статистической гипотезы на конкретных данных.

### **Вопросы для изучения:**

1. T-тест для двух выборок с различными дисперсиями
2. Парный t-тест для средних двух выборок

**Статистические тесты. Проведение t-теста.** Среди набора средств, поставляемый с надстройкой Пакет анализа Excel, есть три инструмента, предназначенных для проведения *t-теста* и вычисления t-статистик. Данный инструмент используется для выявления достоверных различий по изучаемому показателю между испытуемыми двух групп. Это инструменты:

- *t-тест* для двух выборок с одинаковыми дисперсиями;
- *t-тест* для двух выборок с различными дисперсиями;
- парный *t-тест* для средних двух выборок.

В случае независимых выборок, когда анализируется проявление конкретного признака в двух разных группах испытуемых, используется

первые два *t-теста*. Если в исследовании необходимо сопоставление эмпирических данных, полученных на одной выборке испытуемых до и после эксперимента, т.е. отмечается зависимость выборочной совокупности, то применяется парный *t-тест* для средних двух выборок.

Рассмотрим проведение *t-теста для двух выборок с различными дисперсиями* по интеллектуальным способностям студентов первого и пятого курсов (рисунок 1).

1. Выберите команду *Анализ данных* в меню *Данные*.

2. В диалоговом окне *Анализ данных* в списке *Инструменты анализа* выделите пункт *t-тест для двух выборок с различными дисперсиями* и нажмите кнопку ОК.

3. Диалоговое окно *t-тест для двух выборок с различными дисперсиями* содержит следующие параметры:

*Интервал переменной 1* - ссылка на первый столбец анализируемых данных, т.е. значения по изучаемому показателю первой выборки испытуемых (C4:C19).

*Интервал переменной 2* - ссылка на второй столбец анализируемых данных, в котором содержатся значения показателя второй выборки (D4:D19).

55. t-тест для двух выборок с различными дисперсиями [Режим совместимости] - Microsoft Excel (Сбой активации продукта)

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид ABBYY FineReader 11

Из Access Из Интернета Из текста Подключения Свойства Изменить связи Подключения: Обновить все

Сортировка Фильтр Сортировка и фильтр

Очистить Повторить Дополнительно

Текст по столбцам Удалить дубликаты Работа с данными

Проверка данных Консолидация Анализ "что если"

Группировать Разгруппировать Промежуточный итог Структура Анализ

F3

№ исп-го	Уровень IQ	
	1 курс	5 курс
1	90	120
2	95	115
3	110	150
4	120	145
5	95	150
6	100	130
7	90	130
8	100	120
9	110	100
10	105	110
11	85	120
12	100	110
13	110	130
14	100	100
15	95	110

Двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями

Входные данные

Интервал переменной 1: \$C\$5:\$C\$19

Интервал переменной 2: \$D\$5:\$D\$19

Гипотетическая средняя разность:

Метки

Альфа: 0,05

Параметры вывода

Выходной интервал: \$F\$3

Новый рабочий лист:

Новая рабочая книга

OK Отмена Справка

Рисунок 1.  $t$  – тест для двух выборок с различными дисперсиями (Microsoft Excel 2010)

56. Результаты t-теста для двух выборок с различными дисперсиями. [Режим совместимости] - Microsoft Excel (Сбой активации продукта)

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид ABBYY FineReader 11

Буфер обмена Вставить Шрифт Arial 10 Выравнивание Число Общ. Условное форматирование Форматировать как таблицу Стили Вставить Удалить Формат Ячейки Сортировка и фильтр Найти и выделить Редактирование

Уровень IQ		Двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями		
1 курс	5 курс		1 курс	5 курс
90	120			
95	115	Среднее	100,33	122,67
110	150	Дисперсия	87,38	267,38
120	145	Наблюдения	15	15
95	150	Гипотетическая разность средних	0,00	
100	130	df	28,00	
90	130	t-статистика	-4,59	
100	120	P(T<=t) одностороннее	0,00007099	
110	100	t критическое одностороннее	1,70	
105	110	P(T<=t) двухстороннее	0,00014199	
85	120	t критическое двухстороннее	2,05	
100	110			
110	130			
100	100			
95	110			

Рисунок 2. Результаты t – теста для двух выборок с различными дисперсиями (Microsoft Excel 2010)

*Метки* используются, если первая строка исходного диапазона содержит название поля. Если входной диапазон не содержит меток, то необходимые заголовки в выходном диапазоне будут созданы автоматически (столбец 1, столбец 2).

Текстовое поле *Гипотетическая средняя разность* остается незаполненным.

В текстовом поле *Альфа* задается доверительный уровень, который будет использоваться при проведении *t-теста*. Значение может быть задано в интервале от 0 до 1. По умолчанию значение доверительного уровня равно числу 0,5, что соответствует 95-% вероятности достоверности.

В разделе *Параметры вывода* определите место размещения результатов *t-теста*.

*Выходной интервал* предполагает размещение основных данных на том же рабочем листе, где были создан список данных. Для этого активируется любая ячейка. Например, F3. Как видно из рисунка 58, справа и снизу от выделенной ячейки достаточно пространства для размещения отчета, представляющего собой три столбца сведений.

*Новый лист* предлагается для того, чтобы открыть новый лист в книге и вставить результаты анализа, начиная с ячейки A1. Если в этом есть необходимость, нужно ввести имя нового листа в поле, расположенном напротив соответствующего положения переключателя.

*Новая книга* используется в случае необходимости записать результаты в ячейку A1 на первом листе в новой книге.

Результаты *t-теста* для двух выборок с различными дисперсиями представлены на рисунке 2.

Данные, полученные после проведения *t-теста*, показывают вычисленные средние арифметические значения и дисперсии по показателю в двух группах, количество наблюдений (количество испытуемых в выборках), *df* (количество степеней свободы). Значение *t-статистики* соответствует эмпирическому значению *t-критерия* Стьюдента. Значение *t-*

критического одностороннего отображает уровень достоверности вычислений на 90%, а  $t$ -критическое двухстороннее – на 95%.

В нашем примере  $t_{эм} = |-4,59|$  превышает критические значения, из чего следует, что существуют достоверные различия в проявлении интеллектуальных способностей студентов первого и пятого курсов.

В случае зависимых выборок используется **Парный двухвыборочный  $t$ -тест для средних**. Рассмотрим применение данного инструмента анализа на примере исследования творческого мышления до и после проведения тренинга развития креативного мышления учащихся старших классов (рисунок 3).

1. Выберите команду *Анализ данных* в меню *Сервис*.

2. В диалоговом окне *Анализ данных* в списке *Инструменты анализа* выделите пункт *Парный двухвыборочный  $t$ -тест для средних* и нажмите кнопку ОК.

3. Диалоговое окно *Парный двухвыборочный  $t$ -тест для средних* содержит следующие параметры:

*Интервал переменной 1* - ссылка на первый столбец анализируемых данных, т.е. значения по изучаемому показателю первой выборки испытуемых (B2:B25).

*Интервал переменной 2* - ссылка на второй столбец анализируемых данных, в котором содержатся значения показателя второй выборки (C2:C25).

*Метки* используются, если первая строка исходного диапазона содержит название поля. Если входной диапазон не содержит меток, то необходимые заголовки в выходном диапазоне будут созданы автоматически (столбец 1, столбец 2).

Текстовое поле *Гипотетическая средняя разность* остается незаполненным.

В текстовом поле *Альфа* задается доверительный уровень, который будет использоваться при проведении *t*-теста. Значение может быть задано в интервале от 0 до 1. По умолчанию значение доверительного уровня равно числу 0,5, что соответствует 95-% вероятности достоверности.

В разделе *Параметры вывода* определите место размещения результатов *t*-теста.

*Выходной интервал* предполагает размещение основных данных на том же рабочем листе, где были создан список данных. Для этого активируется любая ячейка. Например, E2. Как видно из рисунка 4, справа и снизу от выделенной ячейки достаточно пространства для размещения отчета, представляющего собой три столбца сведений.

*Новый лист* предлагается для того, чтобы открыть новый лист в книге и вставить результаты анализа, начиная с ячейки A1. Если в этом есть необходимость, нужно ввести имя нового листа в поле, расположенном напротив соответствующего положения переключателя.

*Новая книга* используется в случае необходимости записать результаты в ячейку A1 на первом листе в новой книге.

Результаты парного двухвыборочного *t*-теста для средних представлены на рисунке 4.

Данные, полученные после проведения *t*-теста показывают вычисленные средние арифметические значения и дисперсии по показателю в двух группах, количество наблюдений (количество испытуемых в выборках), *df* (количество степеней свободы). Значение *t*-статистики соответствует эмпирическому значению *t*-критерия Стьюдента. Значение *t*-критического одностороннего отображает уровень достоверности вычислений на 90%, а *t*-критическое двухстороннее – на 95%.

В нашем примере  $t_{эм} = |-4,83|$  превышает критические значения, из чего следует, что существуют произошли существенные изменения в

характеристиках творческого мышления учащихся старших классов после проведения тренинговых занятий по развитию креативности.

Microsoft Excel - 4.5.3. Парный двухвыборочный t-тест для средних

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка Введите

E2 23

	A	B	C	D	E	F	G
1	№ исп	Творческое мышление					
2		До тренинга	После тренинга				
3	1	28	47				
4	2	50	43				
5	3	35	45				
6	4	34	48				
7	5	40	32				
8	6	36	54				
9	7	42	51				
10	8	33	48				
11	9	37	42				
12	10	39	46				
13	11	33	42				
14	12	39	37				
15	13	38	34				
16	14	32	38				
17	15	38	47				
18	16	38	44				
19	17	38	44				
20	18	35	49				
21	19	41	47				

Парный двухвыборочный t-тест для средних

Входные данные

Интервал переменной 1: \$B\$2:\$B\$25

Интервал переменной 2: \$C\$2:\$C\$25

Гипотетическая средняя разность: [ ]

Метки

Альфа: 0,05

Параметры вывода

Выходной интервал: \$E\$2

Новый рабочий лист: [ ]

Новая рабочая книга

Лист1 / Лист2 / Лист3 /

Укажите

Рисунок 3. Парный двухвыборочный t – тест для средних (Microsoft Excel 1997-2003)

	D	E	F	G	H	I
1						
2		<b>Парный двухвыборочный t-тест для средних</b>				
3						
4			<b>До тренинга</b>	<b>После тренинга</b>		
5		Среднее	38	45,87		
6		Дисперсия	28,64	54,21		
7		Наблюдения	23,00	23		
8		Корреляция Пирсона	0,28			
9		Гипотетическая разность средних	0,0			
10		df	24,00			
11		<b>t-статистика</b>	<b>-4,83</b>			
12		P(T<=t) одностороннее	0,000039			
13		t критическое одностороннее	1,71			
14		P(T<=t) двухстороннее	0,000079			
15		t критическое двухстороннее	2,06			
16						
17						
18						
19						
20						
21						

Рисунок 4. Результаты парного двухвыборочного t – теста для средних  
(Microsoft Excel 1997-2003)

### Вопросы и задания для самопроверки и контроля

1. В чем специфика параметрических критериев? К каким типам данных они применимы?
2. Что такое зависимые и независимые выборки? Приведите примеры из области психологических исследований.
3. Какой параметрический критерий применяется для сравнения средних значений зависимых выборок? Приведите примеры из области психологических исследований.

4. Какой параметрический критерий применяется для сравнения средних значений независимых выборок? Приведите примеры из области психологических исследований.

### **Тема 3. Методы изучения взаимосвязи психологических явлений**

#### **Лекция 5**

#### **Корреляция. Классификация коэффициентов корреляции.**

**Аннотация.** Данная тема раскрывает понятие «корреляция» и дает представление о многообразии методов корреляционного анализа.

**Ключевые слова.** Корреляция, проверка значимости, уровень значимости.

#### **Методические рекомендации по изучению темы.**

- Изучить текст лекции;
- В качестве самостоятельной работы необходимо провести сравнительный анализ методов корреляционного анализа и выступить с устными докладами по результатам исследования;
- Для проверки усвоения темы необходимо выполнить контрольные задания к лекции.

#### **Рекомендуемые информационные ресурсы:**

- <http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=843>
- <http://window.edu.ru/resource/026/41026/files/dvgu147.pdf>
- <http://book.tr200.net/v.php?id=2384993>
- <http://www.elib.kspu.ru/upload/documents/2013/10/18/0d05f1f3/dyachuk-matematicheskie-metody-v-psihologicheskikh-i-pedagogicheskikh-issledovaniyah-pdf.pdf>
- [http://mhp-journal.ru/upload/2007\\_v2\\_n1/2007\\_v2\\_n1\\_10.pdf](http://mhp-journal.ru/upload/2007_v2_n1/2007_v2_n1_10.pdf)
- <http://antisga.ru/list/module/339656/>

- <http://cxemo.pф/shemy/psihologija/aismontas-b-b-obschaja-psihologija-shemy-2003-g/29.html>
- <http://www.klex.ru/7im>
- <http://www.klex.ru/13r>
- <http://www.klex.ru/8bz>
- <http://www.klex.ru/14q>

## ГЛОССАРИЙ

**Корреляция** – взаимосвязь между двумя переменными (порядковыми или метрическими), характеризующая её направление, силу и уровень значимости.

**Корреляционная матрица** – квадратная таблица, столбцы и строки которой соответствуют признакам, между которыми высчитаны коэффициенты корреляции, а в ячейках находятся значения этих коэффициентов.

**Коэффициент корреляции** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя и более переменными. Интервал возможных значений коэффициента корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент линейной корреляции Пирсона** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя метрическими переменными. Интервал возможных значений коэффициента линейной корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент ранговой корреляции** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя порядковыми (ранговыми) переменными. Интервал возможных значений коэффициента ранговой корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент сопряженности** – числовая характеристика силы взаимосвязи двух признаков, измеренных в номинальной шкале. Интервал

возможных значений коэффициента сопряженности: от 0 до +1.

**Вопросы для изучения:**

1. Корреляционный анализ признаков измеренных в интервальных шкалах
2. Корреляционный анализ признаков измеренных в ранговых шкалах
3. Корреляционный анализ признаков измеренных в номинативных шкалах
4. Корреляционный анализ признаков измеренных в смешанных шкалах

**Корреляция. Классификация коэффициентов корреляции.**

Корреляция – это согласованность изменения признаков. Корреляции бывают линейные и нелинейные. Линейную корреляцию можно количественно измерить. Степень связи между признаками выражается величиной, называемой коэффициентом корреляции. Значения коэффициентов корреляции могут находиться в интервале [-1; +1].

По знаку коэффициент корреляции может быть положительным и отрицательным. Положительный коэффициент корреляции свидетельствует о прямой зависимости, а отрицательный коэффициент корреляции – об обратной.

Коэффициенты корреляции характеризуются силой и значимостью.

Таблица 2

**Классификация коэффициентов корреляции**

		Тип шкалы значений показателя <i>x</i>		
		Интервалов	Порядка	Наименований
Тип шкалы	Интервалов	Коэффициент корреляции Пирсона		Точечный бисериальный коэффициент корреляции

	Порядка		1) Коэффициент корреляции Спирмена 2) Коэффициент конкордации	Коэффициент бисериальный ранговой корреляции
	Наименований	Точечный бисериальный коэффициент корреляции	Коэффициент бисериальный ранговой корреляции	1) Коэффициент ассоциации и сопряженности 2) Множественный коэффициент квадратичной сопряженности

### Вопросы и задания для самопроверки и контроля

1. Какие существуют основные меры связи случайных величин?
2. Раскройте содержание понятия «корреляция». Приведите примеры из области психологических исследований.
3. В каких случаях следует применять методы корреляционного анализа?

### Лекция 6

#### Коэффициент линейной корреляции Пирсона. Ранговая корреляция.

**Аннотация.** Данная тема раскрывает алгоритм проведения корреляционного анализа.

**Ключевые слова.** Корреляция Пирсона, ранговая корреляция

#### Методические рекомендации по изучению темы.

- Изучить текст лекции;
- В качестве самостоятельной работы необходимо провести корреляционный анализ и представить результаты корреляционного анализа в графической форме. Проинтерпретировать полученный результат, написать отчет по исследованию и выступить с устными докладами по результатам исследования;

- Для проверки усвоения темы необходимо выполнить контрольные задания к лекции.

#### **Рекомендуемые информационные ресурсы:**

- <http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=843>
- <http://window.edu.ru/resource/026/41026/files/dvgu147.pdf>
- <http://book.tr200.net/v.php?id=2384993>
- <http://www.elib.kspu.ru/upload/documents/2013/10/18/0d05f1f3/dyachuk-matematicheskie-metody-v-psihologicheskikh-i-pedagogicheskikh-issledovaniyah-pdf.pdf>
- [http://mhp-journal.ru/upload/2007\\_v2\\_n1/2007\\_v2\\_n1\\_10.pdf](http://mhp-journal.ru/upload/2007_v2_n1/2007_v2_n1_10.pdf)
- <http://antisga.ru/list/module/339656/>
- <http://cxemo.pф/shemy/psihologija/aismontas-b-b-obschaja-psihologija-shemy-2003-g/29.html>
- <http://www.klex.ru/7im>
- <http://www.klex.ru/13r>
- <http://www.klex.ru/8bz>
- <http://www.klex.ru/14q>

## **ГЛОССАРИЙ**

**Корреляция** – взаимосвязь между двумя переменными (порядковыми или метрическими), характеризующая её направление, силу и уровень значимости.

**Корреляционная матрица** – квадратная таблица, столбцы и строки которой соответствуют признакам, между которыми высчитаны коэффициенты корреляции, а в ячейках находятся значения этих коэффициентов.

**Коэффициент корреляции** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя и более переменными. Интервал возможных значений коэффициента корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент линейной корреляции Пирсона** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя метрическими переменными. Интервал возможных значений коэффициента линейной корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент ранговой корреляции** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя порядковыми (ранговыми) переменными. Интервал возможных значений коэффициента ранговой корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент сопряженности** – числовая характеристика силы взаимосвязи двух признаков, измеренных в номинальной шкале. Интервал возможных значений коэффициента сопряженности: от 0 до +1.

**Вопросы для изучения:**

1. Коэффициент линейной корреляции Пирсона
2. Ранговая корреляция Спирмена

**Коэффициент линейной корреляции Пирсона. Ранговая корреляция.** В психолого-педагогических исследованиях наиболее часто возникает необходимость нахождения взаимосвязи между показателями, измеренными в единицах интервальной шкалы. Для этого используется коэффициент линейной корреляции Пирсона. Это параметрический критерий, позволяющий определить наличие (или отсутствие) достоверной связи между различными статистическими совокупностями, полученными на одной и той же выборке, который вычисляется по следующей формуле:

$$r_{xy} = \frac{N \cdot \sum x_i y_i - (\sum x_i) \cdot (\sum y_i)}{\sqrt{[N \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] \cdot [N \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

где N - объем выборки,  $r_{xy}$  – коэффициент корреляции.

Численное значение коэффициента корреляции Пирсона удобно вычислять с применением Мастера функций Microsoft Excel.

1. Создайте список данных в листе Excel с изучаемыми показателями (рис. 5). Активизируйте ячейку D18.

2. Выберите команду *Функция* в меню *Вставка* (Microsoft Excel 2003) или команду *Вставить функцию* в меню *Формулы* (Microsoft Excel 2010). Также можно воспользоваться пиктограммой  $f_x$  на стандартной панели инструментов.

3. Укажите категорию *Статистические функции*.

4. В предлагаемом спектре функций отметьте КОРРЕЛ или ПИРСОН. Нажмите ОК или клавишу Enter.

5. В открывшемся диалоговом окне *Шаг 2* мастера функций введите *Массив 1*, соответствующий первому диапазону значений показателя успеваемости учащихся C3:C17, щелкнув по ячейке C3 и протянув указателем мыши до ячейки C17 (рис. 6).

6. В открывшемся диалоговом окне *Шаг 2* мастера функций введите *Массив 2*, соответствующий второму диапазону значений показателя интеллекта учащихся D3:D17, щелкнув по ячейке D3 и протянув указателем мыши до ячейки D17 (рис. 7). Нажмите ОК или клавишу Enter.

8. В ячейке D18 приводится значение коэффициента корреляции Пирсона между показателями успеваемости и интеллектуальными способностями испытуемых  $r_{xy} = 0,88$ .

17. Списки данных (Excel 2010) [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид ABBYY FineReader 11

Буфер обмена Вставить Шрифт Arial 10 Выравнивание Число Общ. Условное форматирование Форматировать как таблицу Стили Ячейки Вставить Удалить Формат Σ Сортировка и фильтр Найти и выделить Редактирование

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2		<b>№ исп</b>	<b>Успеваемость</b>	<b>Интеллект</b>													
3		1	5	120													
4		2	4	110													
5		3	3,5	100													
6		4	4,5	105													
7		5	3	90													
8		6	5	130													
9		7	4,7	125													
10		8	4,3	110													
11		9	3,5	115													
12		10	3,3	100													
13		11	4,9	118													
14		12	5	125													
15		13	5	130													
16		14	4,5	115													
17		15	3	95													
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	

Рисунок 5. Списки данных (Microsoft Excel 2010)

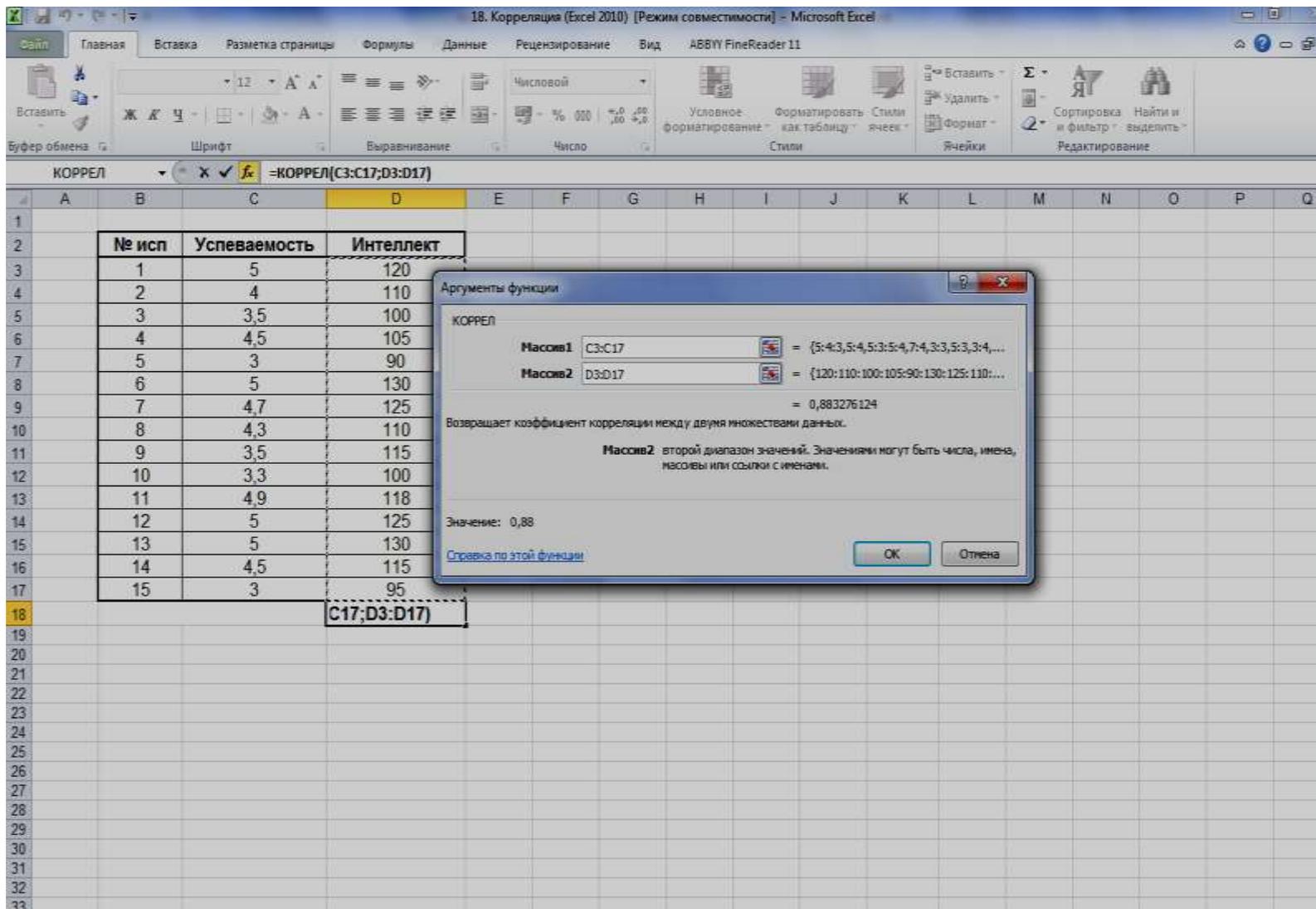


Рисунок 6. Корреляция. Аргументы функции (Microsoft Excel 2010)

19. Корреляция [Excel 2010] [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Вставка · Разметка страницы · Формулы · Данные · Рецензирование · Вид

Буфер обмена · Шрифт · Выравнивание · Число · Условное форматирование · Форматировать как таблицу · Стили · Вставить · Удалить · Формат · Ячейки · Σ · Найти и выделить · Редактирование

В18 Коэф. корреляции Пирсона

	№ исп	Успеваемость	Интеллект
1			
2			
3	1	5	120
4	2	4	110
5	3	3,5	100
6	4	4,5	105
7	5	3	90
8	6	5	130
9	7	4,7	125
10	8	4,3	110
11	9	3,5	115
12	10	3,3	100
13	11	4,9	118
14	12	5	125
15	13	5	130
16	14	4,5	115
17	15	3	95
18	Коэф. корреляции Пирсона		0,88
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			

Рисунок 7. Корреляция (Microsoft Excel 2010)

Следующим этапом в проведении корреляционного анализа является процедура проверки значимости коэффициента корреляции, т.е. достоверности его отличия от нуля. Для этого вычисляется эмпирическое значение  $t_{y\ddot{r}}$  :

$$t_{y\ddot{r}} = \sqrt{n} * |r_{xy}|,$$

$n$  – объем выборки,  $r_{xy}$  - коэффициент корреляции Пирсона.

Коэффициент корреляции является достоверным, если эмпирическое значение превышает критическое  $t_{y\ddot{r}} > t_{\epsilon\delta}$  на соответствующем уровне значимости, значение которого находится из специальной статистической таблицы.

Для малой выборки, когда  $n < 30$ ,  $t_{y\ddot{r}}$  определяется из следующего соотношения:

$$t_{y\ddot{r}} = \sqrt{n-2} * \frac{|r_{xy}|}{\sqrt{1-r_{xy}^2}}$$

Проверим значимость коэффициента корреляции Пирсона между показателями успеваемости и интеллекта  $r_{xy} = 0,88$ .

$$t_{y\ddot{r}} = 6,6$$

Для объема выборки  $n=15$  найдем критические значения  $t_{\epsilon\delta}$ , определив число степеней свободы  $\nu = n - 1$ :

$$t_{\epsilon\delta 1} = 1,76, \text{ при } p \leq 0,1;$$

$$t_{\epsilon\delta 2} = 2,14, \text{ при } p \leq 0,05;$$

$$t_{\epsilon\delta 3} = 2,98, \text{ при } p \leq 0,01;$$

В нашем примере коэффициент корреляции  $r_{xy} = 0,88$  явился достоверным на уровне значимости  $p \leq 0,01$ .

**Ранговая корреляция.** Если в психолого-педагогических исследованиях возникает необходимость нахождения взаимосвязи между показателями, измеренными в единицах порядковой шкалы, или распределение хотя бы одного из двух признаков является отличным от нормального, то для этого используется *коэффициент ранговой корреляции Спирмена*, численное значение которого вычисляется по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{6 * \sum(r_i^x - r_i^y)^2}{n * (n^2 - 1)},$$

где  $r_i^x$  - ранг индивидуального значения по показателю  $x$ ,

$r_i^y$  - ранг индивидуального значения по показателю  $y$ ,

$n$  – количество испытуемых.

Значение коэффициента корреляции Спирмена варьирует в диапазоне от -1 до +1. Значимость полученного значения корреляции Спирмена определяется с помощью  $t$  - критерия Стьюдента, аналогично процедуре проверки достоверности корреляции Пирсона.

Численное значение коэффициента корреляции Спирмена можно вычислить двумя способами: с помощью создания формулы в рабочем листе Excel или с применением Мастера функций Microsoft Excel.

Наиболее удобным способом вычисления ранговой корреляции является использование Мастера функций. Первоначально для каждого значения переменных находятся соответствующие ранги, а затем к рангам применяется функция ПИРСОН или КОРРЕЛ.

### **Вопросы и задания для самопроверки и контроля**

1. Что такое линейная зависимость? Как рассчитывается коэффициент линейной корреляции Пирсона? Как он рассчитывается?
2. Каков алгоритм расчета ранговой корреляции Спирмена?
3. Опишите принцип построения и основные свойства корреляционной матрицы.

#### **Дисперсионный анализ.**

**Аннотация.** Данная тема раскрывает понятие «дисперсионный анализ» и дает представление о многообразии инструментов дисперсионного анализа.

**Ключевые слова.** Дисперсионный анализ, однофакторный дисперсионный анализ, двухфакторный дисперсионный анализ.

#### **Методические рекомендации по изучению темы.**

- Изучить текст лекции;
- В качестве самостоятельной работы необходимо провести дисперсионный анализ. Проинтерпретировать полученный результат, написать отчет по исследованию и выступить с устными докладами по результатам исследования;
- Для проверки усвоения темы необходимо выполнить контрольные задания к лекции.

#### **Рекомендуемые информационные ресурсы:**

- <http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=843>
- <http://window.edu.ru/resource/026/41026/files/dvgu147.pdf>
- <http://book.tr200.net/v.php?id=2384993>
- <http://www.elib.kspu.ru/upload/documents/2013/10/18/0d05f1f3/dyachuk-matematicheskie-metody-v-psihologicheskikh-i-pedagogicheskikh-issledovaniyah-pdf.pdf>
- [http://mhp-journal.ru/upload/2007\\_v2\\_n1/2007\\_v2\\_n1\\_10.pdf](http://mhp-journal.ru/upload/2007_v2_n1/2007_v2_n1_10.pdf)
- <http://antisga.ru/list/module/339656/>
- <http://cxemo.pф/shemy/psihologija/aismontas-b-b-obschaja-psihologija-shemy-2003-g/29.html>
- <http://www.klex.ru/7im>
- <http://www.klex.ru/13r>

- <http://www.klex.ru/8bz>
- <http://www.klex.ru/14q>

## ГЛОССАРИЙ

**Дисперсионный анализ** позволяет определить изменчивость переменной под влиянием каких-либо контролируемых переменных факторов.

**При однофакторном дисперсионном анализе** рассматриваются две переменные: зависимая и независимая. Независимая переменная – это фактор, который предположительно оказывает влияние на зависимую переменную. Фактор всегда имеет номинативную оценку. Зависимая переменная – это количественно измеренный признак.

**В двухфакторном дисперсионном анализе** участвует одна *зависимая переменная*, количественно измеренная, и *две независимые переменные - факторы*.

### **Вопросы для изучения:**

1. Однофакторный дисперсионный анализ
2. Двухфакторный дисперсионный анализ

### **Дисперсионный анализ**

Инструменты *дисперсионного анализа*.

С надстройкой Пакет анализа поставляется три инструмента дисперсионного анализа: Однофакторный дисперсионный анализ, Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями и Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений. Также как и t-критерий Стьюдента, дисперсионный анализ позволяет сравнивать средние значения по изучаемому показателю. Преимущество дисперсионного анализа заключается в возможности сопоставления сразу нескольких выборок испытуемых по нескольким независимым переменным. Выбор конкретного

инструмента определяется числом факторов и числом выборок в исследуемой совокупности данных.

Дисперсионный анализ позволяет определить изменчивость переменной под влиянием каких-либо контролируемых переменных факторов. Различия между группами интерпретируются как межгрупповая вариативность признака под влиянием известного фактора, а наличие различий внутри группы испытуемых указывает на случайные причины результатов, а не на влияние предполагаемого фактора.

### ***1. Однофакторный дисперсионный анализ***

При однофакторном дисперсионном анализе рассматриваются две переменные: зависимая и независимая. Независимая переменная – это фактор, который предположительно оказывает влияние на зависимую переменную. Фактор всегда имеет номинативную оценку. Зависимая переменная – это количественно измеренный признак.

Рассмотрим пример изучения влияния *фактора* срока обучения в ВУЗе на изменчивость интеллектуальных способностей студентов. Выборку испытуемых поделим на три группы (три градации): студенты 1 курса, студенты 3 курса, студенты 5 курса. На данной выборке была проведена диагностика уровня Интеллекта (*зависимая переменная*). С помощью однофакторного дисперсионного анализа сравним результаты тестирования интеллектуальных способностей для трех групп испытуемых, находящихся на различных ступенях обучения.

Важно отметить, что при определении градаций фактора, которых должно быть *не менее трех*, т.е. при формировании групп испытуемых, необходимо соблюдать правило равенства наблюдений. В каждой группе количество испытуемых должно быть одинаковым.

1. Выберите команду *Анализ данных* в меню *Сервис*.

2. В диалоговом окне *Анализ данных* в списке *Инструменты анализа* выделите пункт *Однофакторный дисперсионный анализ* и нажмите кнопку ОК.

3. Диалоговое окно *Однофакторный дисперсионный анализ* содержит следующие параметры:

В текстовом поле *Входной интервал* необходимо указать ссылку на ячейки, содержащие данные, которые должны быть проанализированы (C4:E19). Ссылка должна состоять не менее чем из трех смежных диапазонов данных (исходя из трех градаций фактора), данные в которых расположены по строкам или столбцам.

*Группирование* - способ организации данных в выделенном диапазоне ячеек. В нашем примере устанавливаем переключатель в группировании по столбцам.

Если диапазон ячеек содержит в себе подписи данных, установите флажок *Метки в первой строке*. Если входной диапазон не содержит меток, то необходимые заголовки в выходном диапазоне будут созданы автоматически (столбец 1, столбец 2 и т.д.).

В текстовом поле *Альфа* задается доверительный уровень, который будет использоваться при проведении *однофакторного дисперсионного анализа*. Значение может быть задано в интервале от 0 до 1. По умолчанию значение доверительного уровня равно числу 0,5, что соответствует 95-% вероятности достоверности.

В разделе *Параметры вывода* определите место размещения результатов анализа.

*Выходной интервал* предполагает размещение основных данных на том же рабочем листе, где были создан список данных. Для этого активируется любая ячейка. Например, G3. Как видно из рисунка 8, справа и снизу от выделенной ячейки достаточно пространства для размещения отчета, представляющего собой две таблицы сведений.

*Новый лист* предлагается для того, чтобы открыть новый лист в книге и вставить результаты анализа, начиная с ячейки A1. Если в этом есть необходимость, нужно ввести имя нового листа в поле, расположенном напротив соответствующего положения переключателя.

*Новая книга* используется в случае необходимости записать результаты в ячейку A1 на первом листе в новой книге.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа для трех выборок испытуемых представлены на рисунке 9.

Microsoft Excel - 4.6.1. Однофакторный дисперсионный анализ

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка Введите вопрос

G3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3			Уровень IQ							
4		№ исп-го	1 курс	3 курс	5 курс					
5		1	90	120	110					
6		2	95	115	150					
7		3	110	150	140					
8		4	120	145	130					
9		5	95	150	100					
10		6	100	130	110					
11		7	90	130	120					
12		8	100	120	115					
13		9	110	100	110					
14		10	105	110	110					
15		11	85	120	120					
16		12	100	110	130					
17		13	110	130	150					
18		14	100	100	145					
19		15	95	110	140					
20										
21										
22										
23										

Однофакторный дисперсионный анализ

Входные данные

Входной интервал:

Группирование:

по столбцам

по строкам

Метки в первой строке

Дельта:

Параметры вывода

Выходной интервал:

Новый рабочий лист:

Новая рабочая книга

OK Отмена Справка

Лист1 Лист2 Лист3

Готово NUM

Рисунок 8. Парный двухвыборочный t – тест для средних (Microsoft Excel 1997 - 2003)

Microsoft Excel - 4.6.2. Результат однофакторного дисперсионного анализа

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка Введите вопрос

F12 0,0000295154002097957

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Однофакторный дисперсионный анализ</b>							
2								
3	ИТОГИ							
4	<b>Группы</b>	<b>Счет</b>	<b>Сумма</b>	<b>Среднее</b>	<b>Дисперсия</b>			
5	1 курс	15	1505	100,33	87,38			
6	3 курс	15	1840	122,67	267,38			
7	5 курс	15	1880	125,33	273,10			
8								
9								
10	<b>Дисперсионный анализ</b>							
11	<b>Источник вариации</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P-Значение</b>	<b>F критическое</b>	
12	Между группами	5654,44	2	2827,22	13,51	2,95E-05	3,22	
13	Внутри групп	8790	42	209,29				
14								
15	Итого	14444,44	44					
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

Лист1 Лист2 отчет Лист3

Готово NUM

Рисунок 9. Результат однофакторного дисперсионного анализа (Microsoft Excel 1997 - 2003)

В отчете однофакторного дисперсионного анализа выводятся следующие данные:

*Источник вариации* указывает на то, как происходило изучение изменчивости фактора: сравнение зависимой переменной между группами или внутри каждой группы.

*SS (sum of squares) между группами* – численное значение вариативности признака под действием фактора: сумма квадратов разностей между общим средним значением и средними значениями каждой группы, умноженными на весовые коэффициенты, равные числу объектов в группе.

*SS (sum of squares) внутри группы* – численное значение случайной вариативности признака: сумма квадратов разностей среднего значения каждой группы и каждого значения этой группы.

*Df* - количество степеней свободы:

$$df_{ме} = k - 1,$$

где  $df_{ме}$  - количество степеней свободы между группами,  $k$  – количество групп (число градаций фактора).

$$df_{вг} = n - k$$

где  $df_{вг}$  - количество степеней свободы внутри групп,  $k$  – количество групп (число градаций фактора),  $n$  – общее число испытуемых.

*MS (mean square)* – средний квадрат, т.е. отношение суммы квадратов к числу степеней свободы  $MS = \frac{SS}{df}$ .

*F* – эмпирическое значение критерия F Фишера, являющееся отношением среднего квадрата между группами к среднему квадрату внутри

группы  $F = \frac{MS_{ме}}{MS_{вг}}$ .

*F<sub>критическое</sub>* – критическое значение критерия F Фишера при заданном уровне достоверности.

Данные, полученные после проведения однофакторного дисперсионного анализа, показывают, что значение  $F_{эмп} > F_{кр}$ , из чего следует, что различия в проявлении интеллектуальных способностей между группами студентов первого, третьего и пятого курсов являются более выраженными, чем случайные различия внутри каждой группы. Таким образом, фактор срока обучения студентов влияет на их интеллектуальные способности, т.е. в процессе обучения повышается уровень интеллекта студентов.

## ***2. Двухфакторный дисперсионный анализ***

В отличие от однофакторного в двухфакторном дисперсионном анализе участвует одна *зависимая переменная*, количественно измеренная, и *две независимые переменные* - факторы.

Двухфакторный дисперсионный анализ позволяет решить следующие задачи:

- изучить влияние каждого фактора в отдельности на признак в выделенных группах испытуемых;
- изучить одновременное влияние двух факторов на признак в выделенных группах испытуемых.

Формирование выборки испытуемых должно быть равномерным, т.е. в каждой градации факторов должно быть одинаковое количество испытуемых.

Для проведения двухфакторного дисперсионного анализа с помощью *Пакета анализа* необходимо составить дисперсионный комплекс в виде специальной таблицы. Пошаговый алгоритм использования данного инструмента рассмотрим на конкретном примере изучения влияния фактора «пол» и фактора стадии обучения в ВУЗе на интеллектуальные способности студентов (рис. 10). Всю выборку испытуемых поделим на три группы в зависимости от стадии обучения (студенты 1 курса, студенты 3 курса,

студенты 5 курса) и на две группы по половому признаку. Соответственно, были выделены три и две градации факторов. Объем каждой выборки составляет 7 испытуемых.

Применение двухфакторного дисперсионного анализа позволит нам решить три задачи:

1) выявить различия в показателях интеллекта для юношей и девушек, обучающихся в ВУЗе (изучить влияние фактора «пол» на интеллект испытуемых);

2) выявить различия в показателях интеллекта для студентов, находящихся на разных ступенях обучения в ВУЗе (изучить влияние фактора «стадия обучения» на интеллект испытуемых);

3) выявить взаимодействие факторов «пол» и «стадия обучения» на интеллектуальные способности испытуемых, т.е. определить, существует ли влияние одного из факторов на разных уровнях другого фактора.

На рисунке 10 приведен график средних значений, по которому легко интерпретировать взаимодействие факторов «пол» и «стадия обучения» во влиянии на интеллектуальные способности студентов. Так, средний балл уровня интеллекта и для девушек, и для юношей отличен в зависимости от стадии обучения в ВУЗе. Однако близкие по форме профили линий на графике предположительно свидетельствуют об отсутствии взаимодействия факторов. В случае заметного различия формы профилей соответствующих линий, наблюдалось бы статистически достоверное взаимодействие факторов.

Для проведения двухфакторного дисперсионного анализа необходимо выполнить следующие действия:

1. Выберите команду *Анализ данных* в меню *Сервис*.
2. В диалоговом окне *Анализ данных* в списке *Инструменты анализа* выделите пункт *Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями* и нажмите кнопку ОК.

3. Диалоговое окно *Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями* содержит следующие параметры (рис. 11):

Microsoft Excel - 4.6.3. Дисперсионный комплекс

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

КЗ6

	A	B	C	D		E	F	G	H	I
2				<b>фактор пол</b>						
3				<b>женский</b>	<b>мужской</b>					
4		<b>фактор стадия обучения</b>	<b>1 курс</b>	90	100					
5	95			110						
6	110			105						
7	120			95						
8	95			100						
9	100			110						
10	90		100							
11	120		120	<b>3 курс</b>						
12	100		115							
13	110		150							
14	120	145								
15	110	150								
16	130	130								
17	100	130	<b>5 курс</b>							
18	110	115								
19	150	120								
20	140	110								
21	130	120								
22	100	130								
23	110	150								
24	120	145								

Лист1 Лист2 Лист3

Готово NUM

Рисунок 10. Дисперсионный комплекс (Microsoft Excel 1997 - 2003)

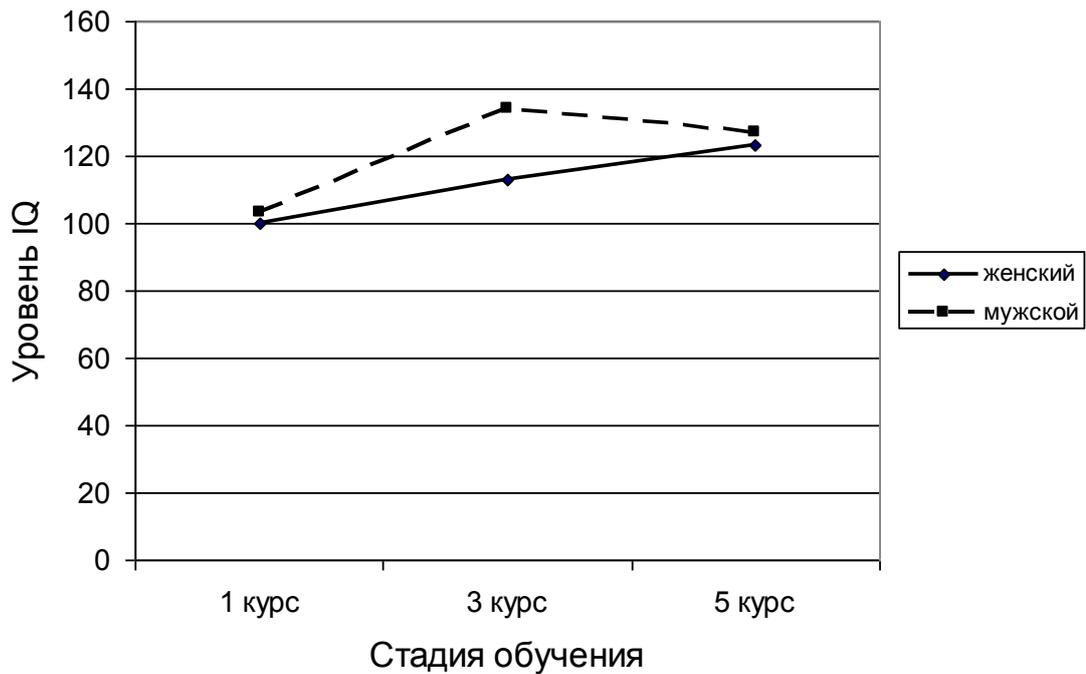


Рис. 11. Кривые изменения уровня интеллекта на разных стадиях обучения юношей и девушек

В текстовом поле *Входной интервал* необходимо указать ссылку на ячейки, содержащие данные, которые должны быть проанализированы (С3:Е24). Ссылка должна состоять не менее чем из шести смежных диапазонов данных (исходя из трех градаций одного фактора и двух градаций другого).

*Число строк на выборку* – это число строк, содержащихся в одной выборке, т.е. число испытуемых в каждой выборке.

В текстовом поле *Альфа* задается доверительный уровень, который будет использоваться при проведении *двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями*. Значение может быть задано в интервале от 0 до 1. По умолчанию значение доверительного уровня равно числу 0,5, что соответствует 95-% вероятности достоверности.

В разделе *Параметры вывода* определите место размещения результатов анализа.

Microsoft Excel - 4.6.5. Двухфакторный дисперсионный анализ

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

G7

		фактор пол		
		женский	мужской	
фактор стадия обучения	1 курс	90	100	
		95	110	
		110	105	
		120	95	
		95	100	
		100	110	
		90	100	
	3 курс	120	120	
		100	115	
		110	150	
		120	145	
		110	150	
		130	130	
		100	130	
	5 курс	110	115	
		150	120	
		140	110	
		130	120	
		100	130	
		110	150	
			120	145

**Двухфакторный дисперсионный анализ с повторени...**

**Входные данные**

Входной интервал:

Число строк для выборки:

Дельфа:

**Параметры вывода**

Выходной интервал:

Новый рабочий лист:

Новая рабочая книга

OK Отмена Справка

Лист1 Лист2 Лист3

Готово NUM

Рисунок 12. Двухфакторный дисперсионный анализ (Microsoft Excel 1997 - 2003)

Microsoft Excel - 4.6.6. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

F21 0,0000300363618440635

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями</b>							
2	<b>ИТОГИ</b>	<b>женский</b>	<b>мужской</b>	<b>Итого</b>		<b>Итого</b>	<b>женский</b>	<b>мужской</b>
3	<b>1 курс</b>					Счет	21	21
4	Счет	7	7	14		Сумма	2350	2550
5	Сумма	700	720	1420		Среднее	111,90	121,43
6	Среднее	100	102,86	101,4286		Дисперсия	263,69	330,36
7	Дисперсия	125	32,14	74,73				
8	<b>3 курс</b>	<b>женский</b>	<b>мужской</b>	<b>Итого</b>				
9	Счет	7	7	14				
10	Сумма	790	940	1730				
11	Среднее	112,86	134,29	123,57				
12	Дисперсия	123,81	203,57	274,73				
13	<b>5 курс</b>	<b>женский</b>	<b>мужской</b>	<b>Итого</b>				
14	Счет	7	7	14				
15	Сумма	860	890	1750				
16	Среднее	122,86	127,14	125				
17	Дисперсия	323,81	232,14	261,54				
18								
19	<b>Дисперсионный анализ</b>							
20	<b>Источник вариации</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P-Значение</b>	<b>F критическое</b>	
21	Выборка	4890,48	2	2445,24	14,10	3,00364E-05	3,26	
22	Столбцы	952,38	1	952,38	5,49	0,02	4,11	
23	Взаимодействие	747,62	2	373,81	2,16	0,13	3,26	
24	Внутри	6242,86	36	173,41				
25	Итого	12833,33	41					
26								

Лист1 / Лист2 / Отчет / Лист3 /

Готово NUM

Рисунок 13. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа (Microsoft Excel 1997 - 2003)

*Выходной интервал* предполагает размещение основных данных на том же рабочем листе, где были создан список данных. Для этого активируется любая ячейка.

*Новый лист* предлагается для того, чтобы открыть новый лист в книге и вставить результаты анализа, начиная с ячейки A1. Если в этом есть необходимость, нужно ввести имя нового листа в поле, расположенном напротив соответствующего положения переключателя.

*Новая книга* используется в случае необходимости записать результаты в ячейку A1 на первом листе в новой книге.

В результате вычислений получается некоторое количество таблиц, определяемое числом градаций независимых переменных, в которых приводятся результаты двухфакторного дисперсионного анализа (рис. 13).

В отчете двухфакторного дисперсионного анализа выводятся следующие данные:

*Источник вариации* указывает на то, как происходило изучение влияния факторов на признак: сравнение зависимой переменной по каждому фактору в отдельности и в результате их взаимодействия. *Выборка* соответствует фактору «стадия обучения», а *столбцы* – половому признаку.

*SS* (sum of squares) – численное значение вариативности признака под действием факторов и их взаимодействием.

*SS* (sum of squares) *внутри* – численное значение случайной вариативности признака, не обусловленной влияниями со стороны независимых переменных и их взаимодействием.

*Df* - количество степеней свободы:

$$df = k - 1,$$

где *df* - количество степеней свободы для каждого фактора (выборка / столбцы), *k* – количество групп фактора (число градаций фактора).

$$df_s = df_{\text{выборка}} * df_{\text{столбцы}},$$

где  $df_e$  - количество степеней свободы для взаимодействия факторов,  $df_{\text{выборки}}$  - количество степеней свободы для первого фактора,  $df_{\text{столбцы}}$  - количество степеней свободы для второго фактора.

$MS$  (mean square) – средний квадрат, т.е. отношение суммы квадратов к числу степеней свободы  $MS = \frac{SS}{df}$ .

$F$  – эмпирическое значение критерия  $F$  Фишера, являющееся отношением среднего квадрата по фактору или взаимодействия к среднему квадрату ошибки.

$F_{\text{критическое}}$  – критическое значение критерия  $F$  Фишера при заданном уровне достоверности.

Данные, полученные после проведения двухфакторного дисперсионного анализа, показывают, что значение  $F_{\text{эмт}} > F_{\text{кр}}$  по каждому фактору в отдельности, но  $F_{\text{эмт}} < F_{\text{кр}}$  при взаимодействии этих факторов. Исходя из результатов двухфакторного дисперсионного анализа, можно сделать следующие выводы:

1) Различия в уровне интеллекта студентов, обусловленные фактором «стадия обучения», существенны, т.е. в процессе обучения повышается уровень интеллекта студентов ( $F_{\text{эмт}} = 14,10$ ). Таким образом, различия в проявлении интеллектуальных способностей между группами студентов первого, третьего и пятого курсов являются более выраженными, чем случайные различия внутри каждой группы.

2) Различия в уровне интеллекта студентов первого, третьего и пятого курсов, обусловленные фактором «пол», являются более выраженными, чем случайные различия внутри каждой группы ( $F_{\text{эмт}} = 5,49$ ). Средние значения по показателю интеллектуальных способностей достоверно выше в группе юношей, чем в группе девушек.

3) Влияние полового признака на уровень интеллекта студентов одинаково на разных стадиях обучения в ВУЗе ( $F_{эмт} = 2,16$ ).

### **Вопросы и задания для самопроверки и контроля**

1. Что такое зависимая и независимая переменные в терминах дисперсионного анализа?
2. Как рассчитывается внутригрупповая и межгрупповая дисперсии? В чем их смысл и различие?
3. На основании какого основного показателя принимается решение о степени влияния фактора на зависимую переменную? Как рассчитывается этот показатель?
4. Что такое взаимодействие факторов в рамках дисперсионного анализа?

## **Тема 5. Многомерные методы статистического анализа**

### **Лекция 8**

#### **Факторный и кластерный анализы**

**Аннотация.** Данная тема раскрывает назначение многомерных методов в психологии. Методы классификации: варианты кластерного анализа и дискриминантного анализа. Структурные методы: факторный анализ и многомерное шкалирование.

**Ключевые слова.** Факторный анализ, корреляция, кластерный анализ.

#### **Методические рекомендации по изучению темы.**

- Изучить текст лекции;
- В качестве самостоятельной работы необходимо провести кластерный и факторный анализ и представить интерпретацию результатов исследования. Написать отчет по исследованию и выступить с устными докладами по результатам исследования;
- Для проверки усвоения темы необходимо выполнить контрольные задания к лекции.

### Рекомендуемые информационные ресурсы:

- <http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=843>
- <http://window.edu.ru/resource/026/41026/files/dvgu147.pdf>
- <http://book.tr200.net/v.php?id=2384993>
- <http://www.elib.kspu.ru/upload/documents/2013/10/18/0d05f1f3/dyac>

[huk-matematicheskie-metody-v-psihologicheskikh-i-pedagogicheskikh-issledovaniyah-pdf.pdf](http://www.elib.kspu.ru/upload/documents/2013/10/18/0d05f1f3/dyac_huk-matematicheskie-metody-v-psihologicheskikh-i-pedagogicheskikh-issledovaniyah-pdf.pdf)

- [http://mhp-journal.ru/upload/2007\\_v2\\_n1/2007\\_v2\\_n1\\_10.pdf](http://mhp-journal.ru/upload/2007_v2_n1/2007_v2_n1_10.pdf)
- <http://antisga.ru/list/module/339656/>
- <http://cxemo.pф/shemy/psihologija/aismontas-b-b-obschaja->

[psihologija-shemy-2003-g/29.html](http://cxemo.pф/shemy/psihologija/aismontas-b-b-obschaja-psihologija-shemy-2003-g/29.html)

- <http://www.klex.ru/7im>
- <http://www.klex.ru/13r>
- <http://www.klex.ru/8bz>
- <http://www.klex.ru/14q>

## ГЛОССАРИЙ

**Дерево иерархической классификации** – дендрограмма, интерпретация которой состоит в описании полученных классов объектов на основе их содержательных характеристик.

**Кластерный анализ** — многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы.

**Корреляция** – взаимосвязь между двумя переменными (порядковыми или метрическими), характеризующая её направление, силу и уровень значимости.

**Корреляционная матрица** – квадратная таблица, столбцы и строки которой соответствуют признакам, между которыми высчитаны

коэффициенты корреляции, а в ячейках находятся значения этих коэффициентов.

**Факторный анализ** — многомерный метод, применяемый для изучения взаимосвязей между значениями переменных. Предполагается, что известные переменные зависят от меньшего количества неизвестных переменных и случайной ошибки.

**Фактор** – это латентная причина, обуславливающая объединение признаков в одну группу.

**Вопросы для изучения:**

1. Кластерный анализ. Этапы кластеризации.
2. Факторный анализ. Выбор и вращение факторов.
3. Интерпретация результатов кластерного и факторного анализов.

**Факторный и кластерный анализ в STATISTICA**

Основные понятия. Вычисление корреляционной матрицы. Извлечение факторов. Выбор и вращение факторов. Интерпретация факторов. Пошаговые алгоритмы вычислений. Сравнение кластерного и факторного анализов. Этапы кластерного анализа. Кластерный анализ матрицы различий (сходства). Пошаговые алгоритмы вычислений.

**Сравнение кластерного и факторного анализов**

Кластерный и факторный анализы предназначены для перехода от исходной совокупности множества переменных (или объектов) к существенно меньшему числу факторов (кластеров).

Основные отличия факторного и кластерного анализа:

- 1) Целью факторного анализа является замена большого числа исходных переменных меньшим числом факторов. Кластерный анализ применяется для того, чтобы уменьшить число объектов путем их

группировки. Кластерный анализ исходит из сходства объектов по измеренным признакам.

2) Кластерный анализ может выступать как более простой аналог факторного анализа.

3) Действия, выполняемые в ходе статистических операций в каждом из вариантов анализа, различаются.

Факторный анализ применяется для уменьшения большого числа изучаемых переменных до некоторого набора признаков. В образующихся группах прослеживается связь фактора с входящими в него переменными. Данный вид анализа позволяет оптимально минимизировать размерность исходных данных, но не их содержание.

В основе факторного анализа лежит процедура корреляционного анализа, когда строится корреляционная матрица для всех изучаемых переменных. Необходимость подвергать полученные взаимосвязи факторизации возникает при наличии слишком большого множества признаков в связи с тем, что введение факторов упрощает структуру явления.

Фактор – это латентная причина, обуславливающая объединение признаков в одну группу. Соответственно, задачами факторного анализа являются:

- 1) Исследование структуры взаимосвязи переменных;
- 2) Идентификация факторов как скрытых переменных – причин взаимосвязи исходных переменных;
- 3) Сокращение количества признаков с минимальными потерями исходной информации.

Этапы факторного анализа:

1. Выбор и подготовка исходных данных для факторного анализа. Для дальнейшей факторизации признаков исходные эмпирические данные необходимо разместить в правильной последовательной форме. Сводный

протокол должен иметь следующий вид: столбцы – признаки, строки – испытуемые.

2. Определение исследователем количества факторов. Заранее заданное число факторов влияет на результаты факторного анализа. Для этого обычно применяют анализ главных компонент и используют график собственных значений (screen plot). Количество факторов определяется приблизительно по точке перегиба на графике. Исследователь может варьировать число факторов до получения оптимальной для интерпретации картины.

3. Определение метода вращения факторов. Одним из наиболее часто используемых методов факторного анализа является метод варимакса, который обеспечивает минимизацию количества показателей, связанных с каждым из выделенных факторов. В каждый фактор группируются только показатели, которые в большей степени с ним связаны.

4. Факторизация матрицы интерпретаций. Результатом варимакс вращения является таблица факторов и факторных нагрузок. Изначально заданное количество факторов на втором этапе определяет количество столбцов таблицы. Строки содержат информацию о признаках и факторных нагрузок. Факторные нагрузки – корреляции переменных с выделенным фактором. Чем больше величина факторной нагрузки, тем сильнее связь этой переменной с фактором, то есть факторная нагрузка (степень взаимосвязи) показывает, насколько данная переменная обусловлена действием соответствующего фактора. Обозначение фактора вводится на основе содержания самых весомых признаков, входящих в него, то есть обладающих максимальной факторной нагрузкой. Переменные с минимальной факторной нагрузкой по всем факторам исключаются из дальнейшего анализа и не учитываются при интерпретации.

5. Составление нового сводного протокола исходных данных. Вычисляются значения выделенных факторов для каждого испытуемого, результаты представляются в графической форме. График факторов

представляет собой пересечение двух прямых (фактор 1, фактор 2). На графике отмечается точка, являющаяся соотношением исходных значений по двум выделенным факторам.

б. Интерпретация факторов. Интерпретация факторов осуществляется на основе анализа факторных нагрузок. По каждому столбцу (фактору) выделяются переменные с доминирующими факторными нагрузками. Именно эти переменные определяют содержание фактора. Факторные нагрузки могут быть представлены как отрицательными, так и положительными коэффициентами корреляции. Отрицательный знак переменной указывает на её противоположный полюс. Соответственно, после анализа названия переменных с учетом их факторных нагрузок определяется название самого фактора.

### **Кластерный анализ в программах STATISTICA и SPSS**

Кластерный анализ позволяет выявлять взаимосвязи между исследуемыми объектами (испытуемыми) имеющими сходные значения показателей. Кластерный анализ предполагает процедуру классификации данных, т.е. разбивает исходное множество объектов на группы (классы, кластеры). Объектами могут быть, в зависимости от цели исследования: а) испытуемые; б) объекты, которые оцениваются испытуемыми; в) признаки, измеренные на выборке испытуемых. Каждый кластер характеризуется объединением наиболее сходных в своих оценках испытуемых на основе их попарного сравнения по заранее определенным критериям. Кластеры могут образовываться методом слияния или методом дробления. Метод слияния предполагает последовательное объединение кластеров в один кластер, содержащий все данные. Метод дробления основан на обратной операции: объединенные данные в один кластер разбиваются до определенного множества кластеров.

Результатом кластерного анализа служит дерево иерархической классификации – дендрограмма, интерпретация которой состоит в описании полученных классов объектов на основе их содержательных характеристик.

### **Вопросы и задания для самопроверки и контроля**

1. Каково предназначение процедуры кластерного анализа?
2. Использование какого типа данных возможно в кластерном анализе?
3. В чем основная идея кластерного анализа? На основании чего происходит классификация данных?
4. Какие разновидности кластерного анализа существуют? В чем их отличия?
5. Каковы критерии определения количества выделяемых кластеров при проведении кластерного анализа?
6. Что такое дендрограмма?
7. Что такое фактор в терминах факторного анализа?
8. Какого типа данные могут использоваться в факторном анализе?
9. Перечислите основные этапы проведения факторного анализа.
10. На основании каких параметров проводится интерпретация результатов факторного анализа?

## ГЛОССАРИЙ

**Альтернативная гипотеза** — статистическая гипотеза о наличии различий между выборками по тем или иным характеристикам (например, по средним значениям того или иного признака) или о значимости той или иной характеристики (например, коэффициента корреляции) в одной выборки. Альтернативная гипотеза – противоположность нулевой гипотезе.

**В двухфакторном дисперсионном анализе** участвует одна *зависимая переменная*, количественно измеренная, и *две независимые переменные - факторы*.

**Выборка** — часть популяции. По результатам анализа выборки делают выводы о всей популяции, что правомерно только в случае репрезентативности выборки по отношению к популяции.

**Генеральная совокупность** — см. Популяция.

**Гипотеза научная** — утверждение, которое можно подтвердить или опровергнуть на основании результатов исследования.

**Гипотеза статистическая** — представление научной гипотезы в форме, приемлемой для проверки методами статистического анализа данных.

**Дерево иерархической классификации** – дендрограмма, интерпретация которой состоит в описании полученных классов объектов на основе их содержательных характеристик.

**Дисперсионный анализ** позволяет определить изменчивость переменной под влиянием каких-либо контролируемых переменных факторов.

**Измерение** – это приписывание числовых форм объектам или событиям в соответствии с определенными правилами.

**Кластерный анализ** — многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы.

**Корреляционная матрица** – квадратная таблица, столбцы и строки которой соответствуют признакам, между которыми высчитаны коэффициенты корреляции, а в ячейках находятся значения этих коэффициентов.

**Корреляционная матрица** – квадратная таблица, столбцы и строки которой соответствуют признакам, между которыми высчитаны коэффициенты корреляции, а в ячейках находятся значения этих коэффициентов.

**Корреляционная матрица** – квадратная таблица, столбцы и строки которой соответствуют признакам, между которыми высчитаны коэффициенты корреляции, а в ячейках находятся значения этих коэффициентов.

**Корреляция** – взаимосвязь между двумя переменными (порядковыми или метрическими), характеризующая её направление, силу и уровень значимости.

**Корреляция** – взаимосвязь между двумя переменными (порядковыми или метрическими), характеризующая её направление, силу и уровень значимости.

**Коэффициент корреляции** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя и более переменными. Интервал возможных значений коэффициента корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент корреляции** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя и более переменными. Интервал возможных значений коэффициента корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент линейной корреляции Пирсона** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя метрическими

переменными. Интервал возможных значений коэффициента линейной корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент линейной корреляции Пирсона** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя метрическими переменными. Интервал возможных значений коэффициента линейной корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент ранговой корреляции** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя порядковыми (ранговыми) переменными. Интервал возможных значений коэффициента ранговой корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент ранговой корреляции** – число, отражающее силу (тесноту) и направление взаимосвязи между двумя порядковыми (ранговыми) переменными. Интервал возможных значений коэффициента ранговой корреляции: от -1 до +1.

**Коэффициент сопряженности** – числовая характеристика силы взаимосвязи двух признаков, измеренных в номинальной шкале. Интервал возможных значений коэффициента сопряженности: от 0 до +1.

**Корреляция** – взаимосвязь между двумя переменными (порядковыми или метрическими), характеризующая её направление, силу и уровень значимости.

**Коэффициент сопряженности** – числовая характеристика силы взаимосвязи двух признаков, измеренных в номинальной шкале. Интервал возможных значений коэффициента сопряженности: от 0 до +1.

**Математическая обработка** – это оперирование со значениями признака, полученными у испытуемых в психологическом исследовании. Значения признака определяются при помощи специальных шкал измерения.

**Метрическая шкала** – совокупность чисел для обозначения величин признака, интервал между которыми определен: равным интервалам в числовой шкале соответствуют равные интервалы интенсивности

измеряемого признака. Метрические шкалы могут быть двух видов: шкала интервалов и шкала отношений.

**Независимые (несвязанные) выборки** — выборки, в которые объекты исследования набирались независимо друг от друга. Альтернатива независимым выборкам — зависимые (связанные, парные) выборки.

**Непараметрические методы статистики** — класс статистических методов, которые используются для анализа порядковых и качественных данных.

**Непараметрический критерий** — критерий проверки статистических гипотез, не требующий допущения о метрическом уровне измерения и нормальности распределения признака.

**Номинативная (номинальная, обозначений) шкала** — совокупность символов для обозначения категорий признака (например, символы "м" и "ж" для признака "пол").

**Нулевая гипотеза** — статистическая гипотеза в форме утверждения об отсутствии различий (нулевых различиях) между теми или иными характеристиками двух распределений (например, между двумя средними значениями признака в двух выборках) или о равенстве нулю одной характеристики распределения (например, коэффициента корреляции Пирсона). Нулевая гипотеза — противоположность альтернативной гипотезе.

**Параметрический критерий** — критерий проверки статистических гипотез, включающий в формулу расчета параметры распределения.

**Популяция (генеральная совокупность)** — группа субъектов, из которой набрана выборка и на которую следует распространять результаты исследования.

**Порядковая (ранговая) шкала** — совокупность чисел для обозначения величин признака, значения которых могут быть упорядочены (по возрастанию или по убыванию), но интервал между которыми не определен: равным интервалам в числовой шкале не сопоставлены равные интервалы

интенсивности измеряемого признака (например, интервалу в один балл в шкале школьных оценок не обязательно соответствует равное количество знаний между отличником, четверочником, троечником и двоечником).

**Порядковые признаки** — признаки, значения которых могут быть упорядочены (ранжированы), но интервал между этими значениями не может быть выражен количественно. Отражают только степень выраженности какого-либо качества изучаемых объектов.

**При однофакторном дисперсионном анализе** рассматриваются две переменные: зависимая и независимая. Независимая переменная – это фактор, который предположительно оказывает влияние на зависимую переменную. Фактор всегда имеет номинативную оценку. Зависимая переменная – это количественно измеренный признак.

**Признак (переменная)** — характеристика объекта исследования (наблюдения). Различают качественные и количественные признаки.

**Репрезентативность выборки** – возможность распространить полученные на выборке выводы на всю генеральную совокупность. Репрезентативность имеет две стороны – по составу и по количеству.

**Связанные (зависимые) выборки** — выборки, в которые участники исследования набирались парами (или с использованием какого-либо иного принципа) или состоящие из одних и тех же объектов исследования, обследованных в разные моменты времени.

**Проверка (статистической) гипотезы** – математический способ тестирования статистической гипотезы на конкретных данных.

**Проверка (статистической) гипотезы** — математический способ тестирования статистической гипотезы на конкретных данных.

**t-критерий Стьюдента** – параметрический критерий, используемый для проверки статистических гипотез о достоверности различий средних значений признака между двумя выборками.

**Уровнем значимости** называется вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы.

**Фактор** – это латентная причина, обуславливающая объединение признаков в одну группу.

**Факторный анализ** — многомерный метод, применяемый для изучения взаимосвязей между значениями переменных. Предполагается, что известные переменные зависят от меньшего количества неизвестных переменных и случайной ошибки.

**Шкала интервалов** – совокупность чисел для обозначения величин признака, интервал между которыми определен (равным интервалам в числовой шкале соответствуют равные интервалы интенсивности измеряемого признака), но нулевая точка является договорной отметкой, а не показателем отсутствия измеряемого качества (например, шкала измерения температуры по Цельсию).

**Шкала отношений** – совокупность чисел для обозначения величин признака, интервал между которыми определен (равным интервалам в числовой шкале соответствуют равные интервалы интенсивности измеряемого признака), а нулевая точка является показателем отсутствия измеряемого качества (например, шкала измерения скорости).

**Шкала рангов** – частный случай порядковой шкалы, в которой значения признака проранжированы (по возрастанию или по убыванию).

### **Рекомендуемые информационные ресурсы:**

- <http://tulpar.kpfu.ru/course/view.php?id=843>
- <http://window.edu.ru/resource/026/41026/files/dvgu147.pdf>
- <http://book.tr200.net/v.php?id=2384993>
- <http://www.elib.kspu.ru/upload/documents/2013/10/18/0d05f1f3/dyac>

[huk-matematicheskie-metody-v-psihologicheskikh-i-pedagogicheskikh-issledovaniyah-pdf.pdf](#)

- [http://mhp-journal.ru/upload/2007\\_v2\\_n1/2007\\_v2\\_n1\\_10.pdf](http://mhp-journal.ru/upload/2007_v2_n1/2007_v2_n1_10.pdf)
- <http://antisga.ru/list/module/339656/>
- <http://cxemo.pф/shemy/psihologija/aismontas-b-b-obschaja->

[psihologija-shemy-2003-g/29.html](#)

- <http://www.klex.ru/7im>
- <http://www.klex.ru/13r>
- <http://www.klex.ru/8bz>
- <http://www.klex.ru/14q>

### **Примерные вопросы для итогового контроля**

В программе Microsoft Excel создать и разместить электронную таблицу.

2. Внести данные психологического исследования.

3. Представить данные психологического исследования в графической форме.

4. Вычислить меры центральной тенденции, меры рассеивания и степень асимметрии и эксцесса для распределения данных психологического исследования.

5. Спланировать и смоделировать психологический эксперимент.

6. Выполнить сравнительный анализ с использованием Т-критерия Стьюдента. Проинтерпретировать полученный результат, написать отчет по исследованию.

7. Провести корреляционный анализ. Представить результаты корреляционного анализа в графической форме. Проинтерпретировать полученный результат, написать отчет по исследованию.

8. Спланировать и смоделировать психологический эксперимент. Ввести данные в таблицу программы STATISTICA.

9. Проверить данные на возможность использования кластерного анализа.

10. Провести кластерный анализ. Проинтерпретировать полученный результат, написать отчет по исследованию.

11. Спланировать и смоделировать психологический эксперимент. Ввести данные в таблицу программы STATISTICA.

12. Проверить данные на возможность использования факторного анализа.

13. Провести факторный анализ. Проинтерпретировать полученный результат, написать отчет по исследованию.