



ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«АКАДЕМИЯ ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

Н. В. Смирнова, М. В. Чайковская

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Минск 2023

Министерство образования Республики Беларусь
Государственное учреждение образования
«Академия последипломного образования»

Н. В. Смирнова, М. В. Чайковская

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ОБРАБОТКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Учебно-методическое пособие

Минск ♦ АПО
2023

УДК 159.9
ББК 88.3
С50

Р е ц е н з е н т ы :

доцент кафедры социальной и организационной психологии УО «Белорусский государственный университет», кандидат психологических наук *А. В. Галуза*; директор Института психологии УО «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», кандидат психологических наук, доцент *Н. В. Дроздова*

Смирнова, Н. В.

С50 Математические методы обработки психологических данных [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Н. В. Смирнова, М. В. Чайковская ; ГУО «Акад. последиплом. образования». – Минск : АПО, 2023.

ISBN 978-985-495-535-3.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с разделами учебной программы по дисциплине «Математические методы обработки психологических данных» для слушателей переподготовки по специальности 1-03 04 72 «Практическая психология». Содержание пособия включает материал для формирования и отработки навыков работы в пакете статистических программ «STATISTICA», глоссарий статистических терминов и приложения.

Адресуется слушателям переподготовки Академии последипломного образования по специальности 1-03 04 72 «Практическая психология». Может быть полезным студентам, преподавателям в рамках изучения учебных дисциплин «Системный анализ данных в психологии», «Информационные технологии в работе психолога», «Статистическая обработка данных», «Многомерные методы статистического анализа», педагогам-психологам.

**УДК 159.9
ББК 88.3**

ISBN 978-985-495-535-3

© ГУО «Академия последипломного образования», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Измерение в психологическом исследовании	5
Разновидности данных исследования	5
Типы измерительных шкал	7
Психологические и статистические гипотезы	9
Обработка эмпирических данных	11
Корреляционное исследование	12
Работа в программе STATISTICA	13
Интерфейс программы. Создание и сохранение файла	13
Импорт данных из Excel	16
Вычисление описательных статистик	17
Осуществление проверки выборочного распределения на нормальность. Тесты Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка	19
Расчет корреляционного анализа	22
Коэффициент корреляции Пирсона	22
Коэффициент корреляции Спирмена	24
Сравнение двух коэффициентов корреляции	26
Сравнительный анализ данных	27
Сравнение двух групп	27
Независимые выборки	27
t-тест Стьюдента	27
U-тест Манна-Уитни	28
Зависимые выборки	30
t-критерий Стьюдента (для зависимых выборок)	30
T-тест Вилкоксона	31
Сравнение нескольких групп	32
Независимые выборки	32
Однофакторный дисперсионный анализ	32
H-критерий Краскела-Уоллиса	34
Зависимые выборки	35
Параметрический дисперсионный анализ для повторных измерений	35
Дисперсионный анализ Фридмана	36
Словарь статистических терминов	38
Приложение 1 Параметрические и непараметрические методы: сравнительная таблица	49
Приложение 2 Алгоритм выбора метода математической обработки эмпирических данных	50

ВВЕДЕНИЕ

При изучении социально-психологических феноменов будущие педагоги-психологи должны иметь практические навыки решения различных исследовательских задач, которые предполагают у исследователя умения организовать, обработать и проинтерпретировать данные, что невозможно без применения статистических методов, позволяющих получить научно обоснованные достоверные заключения. Именно поэтому изучение слушателями переподготовки по специальности 1-03 04 72 «Практическая психология» дисциплины «Математические методы обработки психологических данных» вносит существенный вклад в формирование профессиональной компетентности будущих педагогов-психологов, ориентированных не столько на исследовательскую, сколько на практическую деятельность.

Учебная дисциплина «Математические методы обработки психологических данных» является компонентом общепрофессиональной подготовки педагогов-психологов. Цель изучения данной дисциплины – сформировать у слушателей систему научных знаний о принципах, методологии и методах обработки психологических данных. При этом основными задачами будут выделяться формирование у слушателей системы знаний о методах и способах описательной статистики; ознакомление с методами вычисления основных статистических показателей; формирование умения выстраивания и проверки статистических гипотез и выявления статистически значимых взаимосвязей на основе корреляционного, факторного или кластерного анализа данных.

Обработка числовой информации в наши дни немислима без применения компьютера. Современный специалист-психолог обязан обладать навыками компьютерной обработки данных и иметь представление о программном обеспечении, с помощью которого ее можно выполнять. Сегодня существует большое количество специализированных приложений для статистического анализа.

Одним из несомненных лидеров среди таких продуктов признан пакет статистических программ STATISTICA фирмы StatSoft, Inc., США. Помимо очень мощного набора процедур статистического и графического анализа, эта программа обладает весьма дружелюбным интерфейсом, что делает ее достаточно легкой для освоения и удобной в работе. Для использования в учебных целях специализированных продуктов STATISTICA для обучающихся (студентов, слушателей, магистрантов, аспирантов, соискателей, докторантов и др.) предусмотрена бесплатная триал-версия STATISTICA 13.3 EN. Указанная триал-версия после установки действительна в течение 30 дней.

В предлагаемом учебно-методическом пособии содержится материал по применению знаний математической статистики в психологии, призванный помочь слушателям в обработке полученных первичных эмпирических данных и облегчить процедуру проведения расчетов, грамотно применяя пакет статистических программ STATISTICA.

ИЗМЕРЕНИЕ В ПСИХОЛОГИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ

Психологическое измерение проводится с максимальным использованием инструментария, способствующего объективному фиксации поведения. Инструментарием психологического измерения являются различные задания, тесты, опросники.

Измерение – непосредственное получение «сырых» результатов – непосредственных реакций, регистрируемых в процессе измерения-эксперимента.

На основе этих «сырых» результатов – в психодиагностике они называются «сырыми» оценками – в рамках определенной психолого-математической модели строится шкала. Данные психологического измерения могут быть представлены в различных шкалах, что позволяет использовать аппарат математической статистики.

Как правило, «сырые» оценки стремятся преобразовать в числа. Считается, что информативность результатов обработки числовых значений самая высокая. Но это удается не всегда. Часто приходится ограничиваться, например, дихотомическим представлением типа «да-нет» («0-1») или разбиением всего массива «сырых» оценок на некоторое количество классов по какому-либо критерию.

Сбор данных – основная задача первого этапа эмпирического исследования. Под ними следует понимать фиксируемые параметры состояния объекта изучения.

Данные – это элементы, подлежащие анализу, любая информация, которая может быть классифицирована с целью обработки.

Таким образом, эмпирически получаемые данные могут считаться таковыми, если они несут информацию об объекте исследования, т. е. соответствуют заранее намеченному плану и предполагаемым результатам.

РАЗНОВИДНОСТИ ДАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Виды данных психологического исследования выделяются по различным основаниям (критериям):

по научному обоснованию:

научные и

ненаучные, т. е. сведения, полученные из житейского опыта;

по вкладу в проверку гипотезы и решение проблемы:

решающие,

значительные,

незначительные;

по области и характеру источников информации:

социологические,

психологические,

педагогические,

физиологические и т. д.;

по методу исследования:

данные наблюдения,

данные опроса,

экспериментальные данные и т. д.;

по методам в сочетании с источниками:

L-данные (*life data*) – сведения, полученные путем регистрации фактов реальной жизни (успеваемость, дисциплина, обращения к врачу), например, с помощью метода наблюдения. Жизненные данные, или информация, касающаяся человека, которую можно получить из его биографии или различных документов; путем сбора оценок экспертов, наблюдающих поведение испытуемых.

Внешние оценки могут быть не объективными, возникают искажения, связанные с субъективными особенностями самого эксперта. Для повышения надежности L-данных необходимо не менее 8–10 экспертов на одного оцениваемого.

Q-данные (*questionnaire data*) – сведения, получаемые с помощью опросников, тестов интересов и прочих методов, основанных на самоотчетах испытуемых.

Q-данные также подвержены действию инструментальных искажений. Причины искажений носят познавательный (низкий интеллектуальный или культурный уровень, отсутствие навыков самонаблюдения, использование неверных эталонов – сравнивают себя с близким окружением, а не со всей популяцией) и мотивационный характер (искажение ответов испытуемых в сторону социальной желательности, симуляция). Мотивационные искажения могут иметь сознательный и бессознательный характер.

T-данные (*test data*) – сведения, полученные с помощью объективных тестов, проективных методик, а также физиологических измерений. Без обращения к самооценкам или экспертам.

Повышение объективности данных возможно несколькими способами, например, с использованием маскировки истинной цели исследования (ложная цель, неопределенность цели тестирования, отвлечение внимания, создание эмоциональной ситуации), с фиксированием вегетативных изменений, сопровождающих психические процессы, физиологических показателей – КГР, ЭКГ, ЭЭГ, а также при применении тестов умений и навыков, тестов на восприятие, тестов способностей;

по информативности:

неметрические – качественные данные, представленные в шкале наименований, и порядковые, обозначенные в шкале порядка;

метрические данные – представленные в шкале интервалов и в шкале отношений.

СЛЕДУЕТ ОТЛИЧАТЬ ИЗМЕРЕНИЕ ОТ ЭКСПЕРИМЕНТА:

суть измерения состоит в том, что исследователь не стремится воздействовать на объект, но регистрирует его характеристики такими, какими они являются «объективно», независимо от исследователя и методики измерения.

При измерении невозможно выявить причинно-следственные зависимости, но можно установить связи между уровнями разных параметров объектов. Так измерение превращается в корреляционное исследование.

Измерение обычно определяют как некоторую операцию, с помощью которой вещам приписываются числа. Числовые значения на шкале прибора мы считаем не показателями прибора, а количественными характеристиками состояния объекта.

Итак, *измерение* можно определить, как эмпирический метод выявления свойств или состояний объекта путем организации взаимодействия объекта с измерительным прибором.

Прибором может быть не только внешний по отношению к исследователю предмет, например, линейка – прибор для измерения длины. Сам исследователь может быть измерительным инструментом. И действительно, ступня, палец, предплечье служили первичными мерами длины (фут, дюйм, локоть и пр.). Так же и с «измерением» человеческого поведения: особенности поведения другого человека исследователь может оценивать непосредственно – тогда он превращается в *эксперта*. Такой вид измерения сходен с наблюдением. Но существует *инструментальное измерение*, когда психолог применяет какую-нибудь измерительную методику.

Измерения нужны, чтобы описать мир вокруг нас. Это означает, что когда мы используем статистику и думаем, что работаем просто с цифрами, сами по себе цифры вряд ли нам интересны.

Если мы хотим описать типичный рост студента третьего курса, мы должны были бы расставить студентов по росту, выбрать среднего и сказать: «Вот типичный, или средний, рост». Но это довольно обременительно. Если мы знаем рост каждого студента в сантиметрах, более удобно будет расположить эти числа по порядку и выбрать среднее число, или средний рост.

И так во всех статистических измерениях: мы используем числа, а не людей, предпочитая работать с числами, а не с объектами.

Измерение – процесс приписывания числовых значений объектам в соответствии с определенными правилами.

Числовое значение, приписанное объекту, должно представлять (репрезентировать) ту характеристику объекта, которая интересует исследователя. Репрезентировать в данном случае означает, что по приписанному значению исследователь будет вправе сделать вывод об изучаемом свойстве.

ТИПЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ШКАЛ

Существует четыре группы правил, по которым свойства чисел в разной степени передаются номерам. В одном, крайнем, случае свойства объекта совершенно не идентичны его номеру; в другом – номера, которые мы приписываем объектам, имеют все свойства настоящих чисел. Используя эти правила, мы можем обращаться с номерами, приписанными объектам, как с числами и использовать по отношению к ним все техники арифметики и математики.

Каждому из четырех наборов правил соответствует свой вид измерения или своя шкала: номинальная, ординарная (порядковая), интервальная и шкала отношений.

1. Если все, что мы можем сказать об объекте, – это то, что он отличается от другого, то мы имеем **НОМИНАЛЬНУЮ ШКАЛУ, или ШКАЛУ НАИМЕНОВАНИЙ**.

Изучаемому свойству приписывается некий отличительный знак. Списочный состав группы студентов – пример измерения группы в шкале наименований.

Если вместо фамилий поставить номера по списку, то получится представление состава группы в числовой шкале. В шкале наименований не допускаются никакие арифметические действия. Числа в этой шкале – формальные символы. Она выделяет интересующие нас объекты из множества остальных явлений. В этой шкале действует только одно математическое отношение – принадлежность к классу, отношение равенства: $x = A$.

2. Если мы можем сказать, что один объект больше или лучше, или в чем-либо превосходит другой, мы имеем **ПОРЯДКОВУЮ ШКАЛУ, или ранговую**. Происходит упорядочивание объектов по степени выраженности какого-нибудь признака. Можно проранжировать 10 знакомых по степени симпатии (обозначить цифрой – измерение в шкале наименований – и первой буквой его фамилии, затем записать ряд по степени возрастания симпатии). Здесь действует три математических операции: больше, меньше и равно.

3. Если мы можем сказать, что один объект на сколько-то единиц (градусов, сантиметров) больше, чем другой, мы имеем **ИНТЕРВАЛЬНУЮ ШКАЛУ**.

Для **шкалы интервалов** выполняется требование равномерности ее делений, соотносимых с выбранными числовыми значениями переменной. Так, при измерении какого-либо свойства можно сказать, на сколько условных единиц балл испытуемого А отличается от балла испытуемого Б, а не только указать, что испытуемый А имеет более высокий показатель, чем испытуемый Б. Однако **шкала интервалов не имеет нулевой отметки**, относительно которой можно было бы проводить сравнения индивидуальных значений. Тем самым она не позволяет ответить на вопрос, во сколько раз тот или иной субъект имеет более высокие или более низкие значения, чем другой (по измеренной зависимой переменной).

4. Если мы можем сказать, что один объект в какое-то количество раз больше, чем другой, мы имеем **ШКАЛУ ОТНОШЕНИЙ**.

Шкала отношений предполагает возможность ответа на вопрос, во сколько раз одно значение больше или меньше другого, поскольку на ней появляется нулевая отметка. Самая мощная шкала – в ней разрешены многие арифметические операции.

Собственно, знакомая каждому со школьной скамьи *система евклидовых координат* и представляет такой случай, когда обе переменные (расположенные на осях абсцисс и ординат) заданы шкалами отношений. Однако построить шкалы отношений применительно к результатам использования психологических методик очень сложно. Измерение на уровне *шкал отношений* допускает такие операции со значениями переменной, как умножение или деление.

Наконец, следует учитывать различия в способах реализации статистических решений о значимости полученных экспериментальных эффектов, а именно: когда выборочные значения зависимой переменной предполагают использование критериев *непараметрической* и *параметрической* статистики.

Необходимость применения **непараметрических критериев** возникает там, где устанавливаемый эффект представлен в измерениях на уровнях **номинативных (номинальных)** или **порядковых шкал**. Непараметрической шкала порядка является в том смысле, что она не предполагает указания метрики

делений, а значит, расстояния между соседними значениями переменной могут быть неравными.

Приведенный пример измерения свойства позволяет установить метрику шкалы, переводимой тем самым в ранг **параметрической, в данном случае шкалы интервалов.**

При установлении связей между переменными, измеренными в разных шкалах, требуются решения об их преобразованиях (приведение к одному виду, например, на основе их нормирования). Эти и другие решения принимаются не на основе знаний по статистике, а на основе содержательных переходов от целей исследования к поиску процедур, соответствующих установлению необходимых психологических шкал и способов количественной оценки полученных эффектов.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ГИПОТЕЗЫ

Уровень **статистических гипотез** – это необходимый компонент проверки психологических гипотез, если исследователь претендует на признание полученных результатов в качестве достоверных или значимых.

Экспериментальная гипотеза служит для организации эксперимента, а статистическая – для организации процедуры сравнения регистрируемых параметров.

Статистическая гипотеза необходима на этапе математической интерпретации данных эмпирических исследований.

Экспериментальная гипотеза – первична, статистическая – вторична.

В статистических гипотезах уже нет утверждения о каузальном характере влияния независимой переменной.

Статистические гипотезы – это гипотезы о выборочных значениях фиксируемых показателей. Такие гипотезы основаны на представлениях о распределении вероятностей в некотором «выборочном пространстве» событий. Статистическая проверка гипотезы состоит в выяснении того, насколько совместима эта гипотеза с имеющимся (наблюдаемым) результатом «случайного выбора».

Уровень значимости (p) есть вероятность отвергнуть статистическую гипотезу H_0 , когда она верна. Уровень значимости связан с оценкой количества опытов или величиной выборок.

Обычно указывается минимальный уровень значимости, на котором можно отвергнуть гипотезу. С этим уровнем связано установление того *минимального экспериментального эффекта*, который будет признан экспериментатором достаточным для суждения: «в экспериментальном и контрольном условиях наблюдалось такое-то различие между выборочными значениями переменной».

Различают формулировки **нуль-гипотезы (H_0)** как гипотезы об отсутствии различий и **направленной гипотезы (H_1)** о наличии значимых различий.

Нуль-гипотеза – статистическая гипотеза, которая в экспериментальном исследовании противоположна по направленности утверждения об ожидаемых изменениях в зависимой переменной экспериментальной, то есть она обычно предполагает отсутствие различий или отсутствие связи между выборочными значениями переменных.

Нуль-гипотеза – это гипотеза об отсутствии различий (например, девушки такие же умные, как и юноши).

Альтернативная гипотеза (гипотеза исследования, рабочая гипотеза) – это гипотеза о значимости различий.

Альтернативные гипотезы бывают направленные и ненаправленные. *Направленные гипотезы* указывают направление отношений между переменными (например, девушки умнее, чем юноши). *Ненаправленные гипотезы* не указывают направление отношений (юноши и девушки отличаются по интеллекту).

Нуль-гипотеза никогда не может быть доказана. Например, нарисуйте две линии на листе бумаги и определите, одинаковой ли они длины. Вы сравниваете их и говорите: «Ну, конечно, они не равны. Следовательно, они разной длины». Отвергая равенство (нуль-гипотезу), вы утверждаете, что различие существует.

Статистическая логика точно такая же. Мы не можем доказать нуль-гипотезу. Однако, если мы можем отвергнуть нуль-гипотезу, то можем принять альтернативную ей.

Статистическая нуль-гипотеза может быть отвергнута на определенном уровне значимости.

Если вы взяли уровень статистической значимости $p = 0,05$, то вы отвергаете нуль-гипотезу, если данный результат появляется случайно в 5 % случаев или еще реже.

Если вы взяли уровень статистической значимости $p = 0,01$, то вы отвергаете нуль-гипотезу, если данный результат появляется случайно в 1 % случаев или еще реже.

Уровень статистической значимости p представляет собой, таким образом, вероятность неправильного отвержения нуль-гипотезы.

Статистический критерий можно рассматривать как инструмент, позволяющий определить вероятность того, что полученные результаты случайны. Если эта вероятность достаточно мала (например, $< 0,05$), то можно сделать вывод о том, что данные результаты получились неслучайно (т. е. отвергнуть нуль-гипотезу).

А раз эти результаты получились не случайно, то, видимо, это из-за разницы условий независимой переменной. Например, если мы исследовали физическую агрессивность юношей и девушек, и оказалось, что агрессивность юношей выше, то следует применить статистический критерий, который поможет определить уровень статистической значимости – вероятность того, что такая разница в физической агрессивности, которая есть в нашем исследовании, получилась случайно.

Если эта вероятность мала, то, следовательно, разница в агрессивности не случайна. Следовательно, физическая агрессивность зависит от пола испытуемого. Если же эта вероятность достаточно велика, т. е. разница в агрессивности вполне могла получиться случайно, то делается вывод о невозможности отвергнуть нуль-гипотезу о равенстве физической агрессивности юношей и девушек.

Таким образом, несмотря на довольно запутанную логику, процедура проверки гипотез проста. Следует при помощи соответствующего статистического критерия определить уровень статистической значимости p (вероятность того,

что полученная вами разница случайна) и сравнить его с заранее выбранным порогом ошибки (например, 0,05). Если $p > 0,05$, то у вас нет оснований для отвержения нуль-гипотезы. Если $p < 0,05$, то можно отвергнуть нуль-гипотезу и сделать вывод о том, что предложенная вами гипотеза подтвердилась.

Развитие гипотез в научном исследовании

ОБЩАЯ ГИПОТЕЗА	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГИПОТЕЗА	СТАТИСТИЧЕСКАЯ ГИПОТЕЗА
Теоретическая гипотеза, которая базируется на проблеме исследования и общих теоретических знаниях	Конкретизированная и операционализованная гипотеза, выведенная на основе общей гипотезы	Математически проверенная и статистически доказанная гипотеза про особенности связи между явлениями

ОБРАБОТКА ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Если на этапе сбора данных исследователи хотят добиться большего разнообразия сведений, то, приступая к их обработке, они желают ограничить это разнообразие, чтобы облегчить последующий анализ и интерпретацию результатов. Обработка данных направлена на решение следующих задач:

упорядочивание исходного материала, преобразование множества данных в целостную систему сведений, на основе которой возможно дальнейшее описание и объяснение изучаемого объекта;

обнаружение и ликвидация ошибок;

выявление скрытых от непосредственного восприятия закономерностей; обнаружение новых фактов, не замеченных в ходе эмпирического процесса;

выяснение уровня достоверности, надежности и точности полученных результатов.

Необходимость применения математической статистики. Основным недостатком эмпирических исследований в психологии признается высокая изменчивость их результатов.

Изменчивость вызвана двумя качественно разными причинами. Первая обусловлена множеством неконтролируемых факторов, воздействующих на предмет исследования. Вторая кроется в природе самого предмета изучения (качественная характеристика предмета психологического исследования).

Для того чтобы свести к разумному минимуму изменчивость результатов, оценить ее степень, мы и вынуждены использовать методы математической статистики.

Наиболее часто в курсовых и дипломных работах, в прикладных психологических исследованиях используется метод корреляционного исследования. Рассмотрим его подробнее.

КОРРЕЛЯЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Теория корреляционного исследования, основанная на представлениях о мерах корреляционной связи, разработана К. Пирсоном и подробно излагается в учебниках по математической статистике.

План корреляционного исследования несложен. Исследователь выдвигает гипотезу о наличии статистической связи между несколькими психическими свойствами индивида или между определенными внешними уровнями и психическими состояниями. При этом предположения о причинной зависимости не обсуждаются.

Корреляционным называется исследование, проводимое для подтверждения или опровержения гипотезы о статистической связи между несколькими (двумя и более) переменными. В психологии в качестве переменных могут выступать психические свойства, процессы, состояния и др.

«Корреляция» в прямом переводе означает «соотношение». Если изменение одной переменной сопровождается изменением другой, то можно говорить о корреляции этих переменных.

Наличие корреляции двух переменных ничего не говорит о причинно-следственных зависимостях между ними, но дает возможность выдвинуть такую гипотезу. Отсутствие же корреляции позволяет отвергнуть гипотезу о причинно-следственной связи переменных. Различают несколько интерпретаций наличия корреляционной связи между двумя измерениями.

Корреляционные связи различаются по своему виду.

Если повышение уровня одной переменной сопровождается повышением уровня другой, то речь идет о **положительной корреляции**. Например, чем выше личностная тревожность, тем больше риск заболеть язвой желудка или возрастание громкости звука сопровождается ощущением повышения его тона.

Если рост уровня одной переменной сопровождается снижением уровня другой, то мы имеем дело с **отрицательной корреляцией**. Так, например, по данным Зайонца, число детей в семье отрицательно коррелирует с уровнем их интеллекта.

Нулевой называется корреляция при отсутствии связи переменных. В психологии практически нет примеров строго линейных связей (положительных или отрицательных). Большинство связей – нелинейные. Классический пример нелинейной зависимости – закон Йеркса-Додсона: возрастание мотивации первоначально повышает эффективность научения, а затем наступает снижение продуктивности (эффект «перемотивации»). Другим примером является связь между уровнем мотивации достижений и выбором задач различной трудности. Лица, мотивированные надеждой на успех, предпочитают задания среднего диапазона трудности – частота выборов на шкале трудности описывается колоколообразной кривой.

Математическую теорию линейных корреляций разработал Пирсон. Ее основания и приложения излагаются в соответствующих учебниках и справочниках по математической статистике. Коэффициент линейной корреляции Пирсона (r) варьируется от -1 до $+1$.

РАБОТА В ПРОГРАММЕ STATISTICA

ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММЫ. СОЗДАНИЕ И СОХРАНЕНИЕ ФАЙЛА

STATISTICA предоставляет мощные и удобные в использовании инструменты для статистического и графического анализа, прогнозирования, data mining, создания собственных пользовательских приложений, интеграции, совместной работы, web-доступа и др.

STATISTICA – это интегрированная система анализа и управления данными. Это инструмент разработки пользовательских приложений в бизнесе, экономике, финансах, промышленности, медицине, психологии и других областях. *STATISTICA* проста в освоении и использовании.

Все аналитические инструменты, имеющиеся в системе, доступны пользователю и могут быть выбраны с помощью альтернативного пользовательского интерфейса. Пользователь может всесторонне автоматизировать свою работу, начиная с применения простых макросов для автоматизации рутинных действий вплоть до создания углубленных проектов, включающих, в том числе интеграцию системы с другими приложениями или интернет.

Процедуры системы *STATISTICA* имеют высокую скорость и точность вычислений.

Гибкая и мощная технология доступа к данным позволяет эффективно работать как с таблицами данных на локальном диске, так и с удаленными хранилищами данных.

Интерфейс *STATISTICA* является интуитивно понятным, легко настраивается в соответствии с пользовательскими задачами и аналогичен интерфейсу стандартных Windows-приложений, поэтому легко осваивается пользователем.

Анализ данных проводится интерактивно, в режиме последовательно открывающихся диалоговых окон. Любое окно анализа сконструировано таким образом, что на первой вкладке содержатся только самые необходимые кнопки, а на последующих вкладках – углубленные методы и специальные опции.

Программа *STATISTICA*, являясь продуктом зарубежной компании, имеет англоязычный интерфейс. Существующие русификаторы использовать не рекомендуется, поскольку в ряде случаев они грешат некорректным переводом статистических терминов. Все важные термины и опции меню будут при изложении материала сопровождаться переводом.

При запуске программы видно, что ее рабочее окно похоже на окна всех Windows-приложений. В самом верху слева находится заголовок окна в формате «Statistica – Data: Имя файла.sta (размер таблицы)».

Далее следует строка основного меню, ряд разделов которого также стандартен для Windows-приложений: File (Файл), Edit (Правка), View (Вид), Insert (Вставка), Format (Формат), Tools (Инструменты), Window (Окно), Help (Помощь).

Имеются, однако, и специфические разделы – Statistics (Статистические процедуры), Graphs (Графики), Data Mining (Данные), Scorecard (Скоринговые модели). За строкой меню следуют настраиваемая пользователем панель инструментов и рабочая область, занимающая большую часть окна программы.

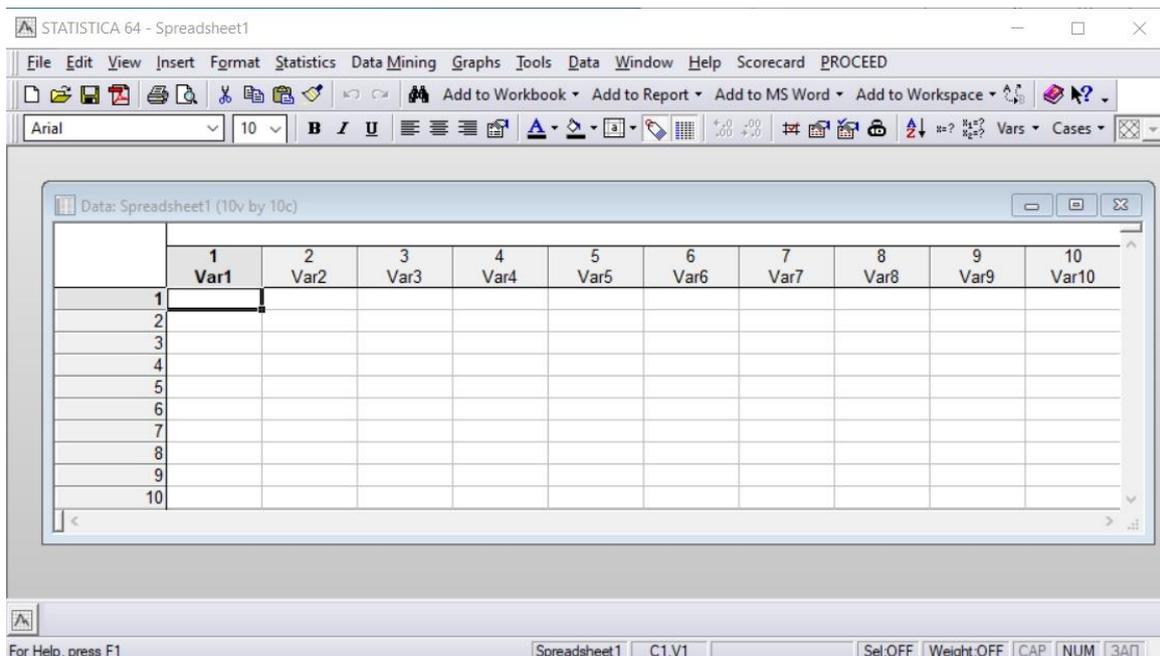


Рисунок 1. Внешний вид рабочего окна программы STATISTICA

При запуске программы STATISTICA по умолчанию откроется последний файл, с которым выполнялась работа в ходе предыдущего сеанса (если таковой имеется).

Для создания нового файла можно воспользоваться одним из трех способов: в пункте основного меню File (Файл) выбрать New (Новый);

нажать кнопку  на панели инструментов и выбрать вкладку Spreadsheet (Таблица);

применить сочетание клавиш «Ctrl + N».

В результате произведенной манипуляции появится диалоговое окно создания нового документа (Create new document – Spreadsheet), в котором необходимо указать необходимое количество столбцов и строк.

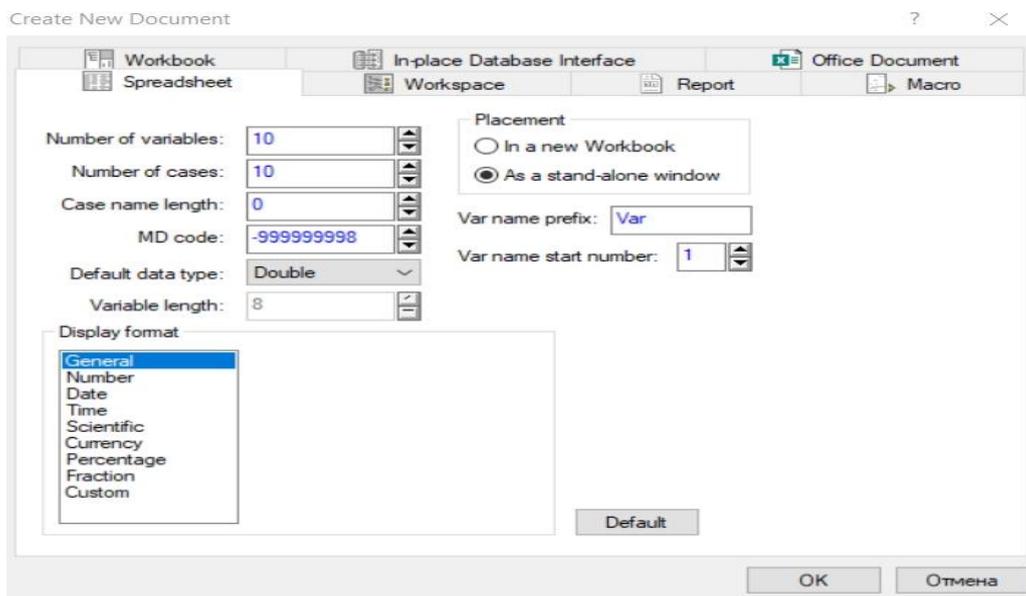


Рисунок 2. Диалоговое окно для создания нового документа

Допустим, нам необходимо изучить одну переменную у выборочной совокупности в 30 человек, соответственно в таблице требуется 1 столбец и 30 строк. В поле Number of variables (Количество переменных) необходимо выставить 1, а в поле Number of cases (Количество наблюдений) – 30. Остальные опции вкладки требуется оставить без изменений. После нажатия кнопки ОК (или клавиши «Ввод» на клавиатуре) в рабочей области программы появится таблица с 1 столбцом и 10 строками.

Далее необходимо выполнить определенную предварительную подготовку электронной таблицы – внести названия переменных (столбцов). Стандартно имена столбцов содержат имя типа «Var1» (от англ. variable – переменная). Для переименования необходимо подвести курсор мыши к заголовку соответствующего столбца и дважды кликнуть по нему левой кнопкой мыши. Появится окно, в котором осуществляется настройка свойств переменной. Имя переменной указывается в поле Name. Формат надписи (шрифт, его размер и т. п.) можно задать с помощью стандартных инструментов для форматирования текста.

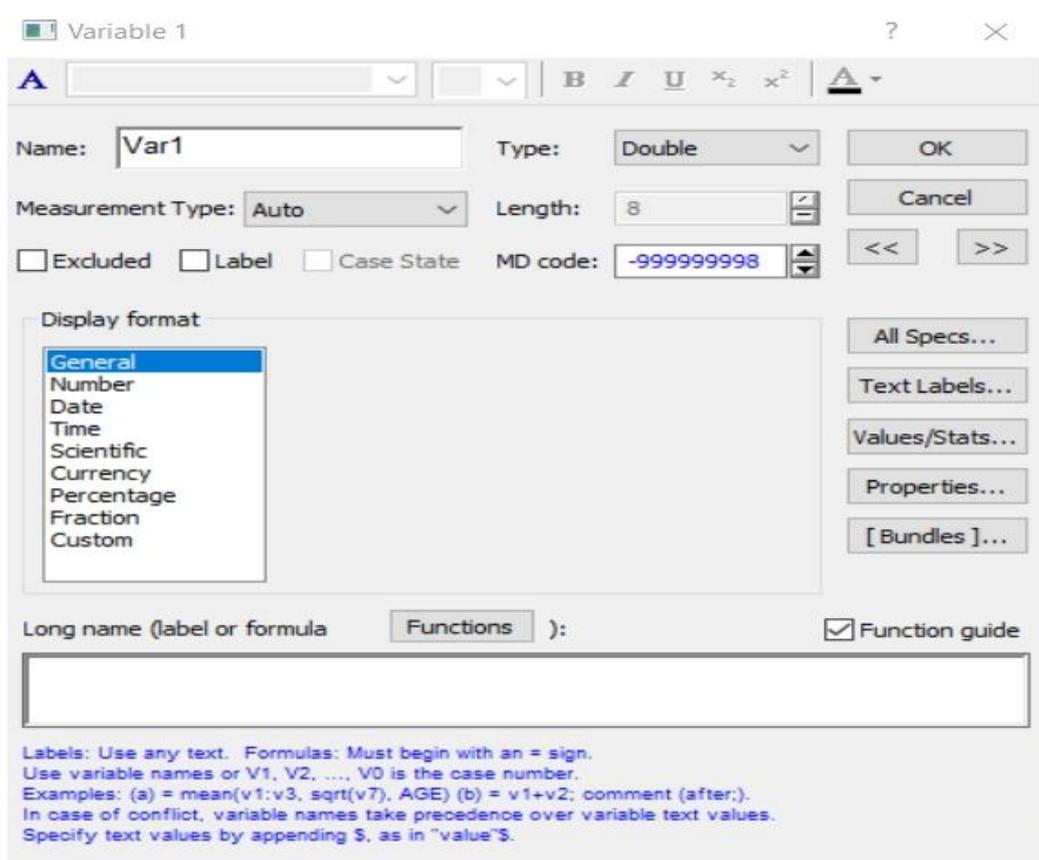


Рисунок 3. Диалоговое окно настройки свойств переменных

В поле Type (Тип), расположенном справа от Name, указывается тип переменной. По умолчанию он выставлен на Double (Двойной), что подходит для случаев, когда значения переменной выражаются числами, лежащими в интервале $\pm 1,7 \times 10^{308}$. Если анализируемые данные представляют собой только целые числа, то следует выбрать тип Integer (Целое). Для переменных, которые выражаются целыми числами от 0 до 255 включительно можно установить специальный

тип Byte (Байт). Если же переменная содержит текстовые значения, то выбирают Text (Текст). Остальные опции вкладки требуется оставить без изменений.

Настройки переменной завершаются нажатием кнопки ОК.

Для того, чтобы добавить столбцы в таблицу, следует подвести курсор к заголовку столбца, после которого необходимо вставить столбец, и нажать правую клавишу мыши. В появившемся контекстном меню следует выбрать пункт Add variables (Добавить переменные). Далее появится диалоговое окно, в котором нужно указать необходимое количество добавляемых переменных (поле How many – Сколько).

ИМПОРТ ДАННЫХ ИЗ EXCEL

Зачастую данные исследования представлены в таблице первичных эмпирических данных в программе Microsoft Excel. Для импортирования данных таблицы в программу STATISTICA необходимо нажать вкладку Open (Открыть)  или применить сочетание клавиш «Ctrl + O».

В результате произведенной манипуляции появится диалоговое окно с тремя вариантами импортирования данных:

Import all sheets to a Workbook (Импортировать все листы в Рабочую книгу).

Import selected sheet to a Spreadsheet (Импортировать выбранный лист в Таблицу данных).

Open as an Excel Workbook (Открыть как Рабочую книгу Excel).

Также можно выбрать пункт Set as default (По умолчанию) для того, чтобы программа в дальнейшем импортировала заданный вариант.

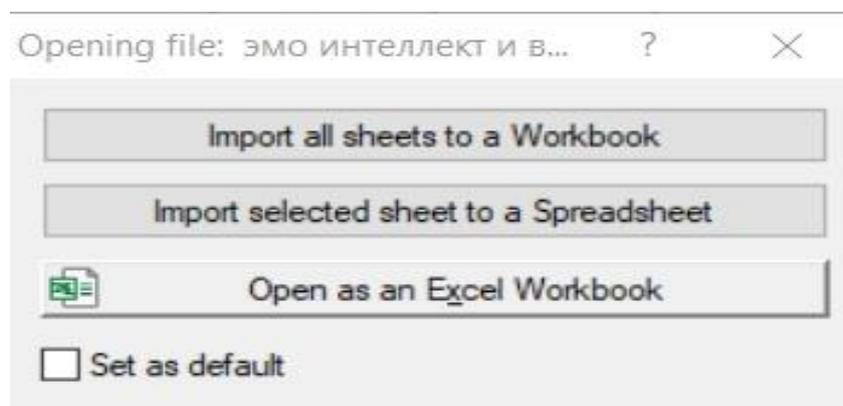


Рисунок 4. Диалоговое окно открытия файла Excel

Если была нажата вторая кнопка, то далее необходимо выбрать номер листа в таблице Excel, который содержит нужную информацию. Появится следующее диалоговое окно с выбором параметров указания диапазона значений во внешнем файле данных (Range: Columns (Столбцы), Rows (Строки)), который будет импортирован, с необходимостью импорта имен переменных (Get variables names from first row) и наблюдений (Get case names from first column), сохранения формата ячеек из исходной таблицы (Import cell formatting).

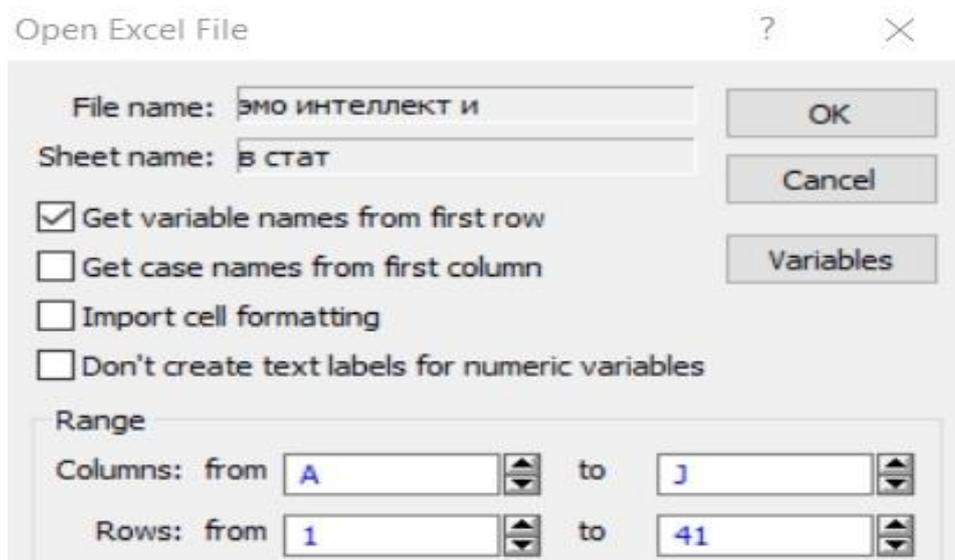


Рисунок 5. Диалоговое окно открытия файла Excel (выбор параметров)

!!! Данные в таблице Excel должны быть представлены в цифровом значении с именами переменных в первой строке.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ОПИСАТЕЛЬНЫХ СТАТИСТИК

!!! Любой анализ в программе STATISTICA можно запустить, только если предварительно был открыт файл с данными.

Вычисление описательных статистик в системе STATISTICA выполняется при помощи модуля Descriptive statistics (Описательная статистика). Для его запуска необходимо войти в раздел Statistics основного меню и выбрать в нем пункт Basic statistics/Tables (см. разд. 2.2). В появившемся окне выбираем пункт Descriptive statistics и нажимаем ОК. В итоге откроется диалоговое окно модуля Descriptive statistics.

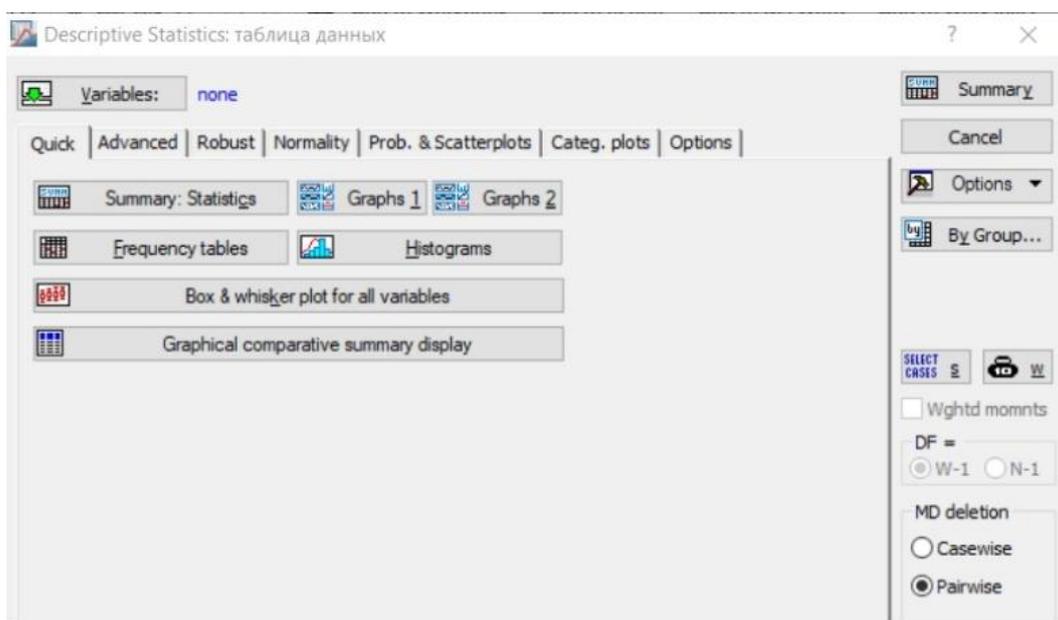


Рисунок 6. Диалоговое окно модуля Descriptive statistics (вкладка Quick)

В диалоговом окне имеются следующие элементы:
кнопка Variables, с помощью которой выбираются анализируемые переменные;
кнопка Summary (Результат) – выводит результаты анализа;
кнопка Options (Опции) – позволяет настроить внешний вид программы и окон вывода результатов анализа;
кнопка Cancel (Отмена).

Кроме того, окно имеет несколько вкладок. Рассмотрим наиболее часто используемые. По умолчанию перед пользователем первой предстает закладка Quick (Быстро). С помощью нее можно рассчитать показатели описательной статистики – кнопка Summary: Descriptive statistics.

Перечень рассчитываемых показателей определяется настройками, заданными на другой закладке окна – Advanced. Основную часть этой закладки занимает список статистических показателей:

- Valid N – объем выборки;
- Mean – арифметическая средняя;
- Sum – сумма значений анализируемой переменной;
- Median – медиана;
- Mode – мода;
- Geom. mean – геометрическая средняя;
- Harm. mean – гармоническая средняя;
- Standard Deviation – стандартное отклонение;
- Variance – дисперсия;
- Std. err. of mean – стандартная ошибка средней;
- Conf. limits for means: Interval % – доверительные пределы для средних:
ширина доверительного интервала;
- Skewness – коэффициент асимметрии;
- Std. err., Skewness – стандартная ошибка коэффициента асимметрии;
- Kurtosis – коэффициент эксцесса;
- Std. err., Kurtosis – стандартная ошибка коэффициента эксцесса;
- Minimum & maximum – минимальное и максимальное значения;
- Lower & upper quartiles – нижний и верхний квартили;
- Percentile boundaries: First & Second: первый и второй процентиля;
- Range – размах;
- Quartile range – интерквартильный размах.

!!! В психологических исследованиях чаще всего применяются показатели: Valid N, Mean, Sum, Median, Standard Deviation, Minimum & maximum.

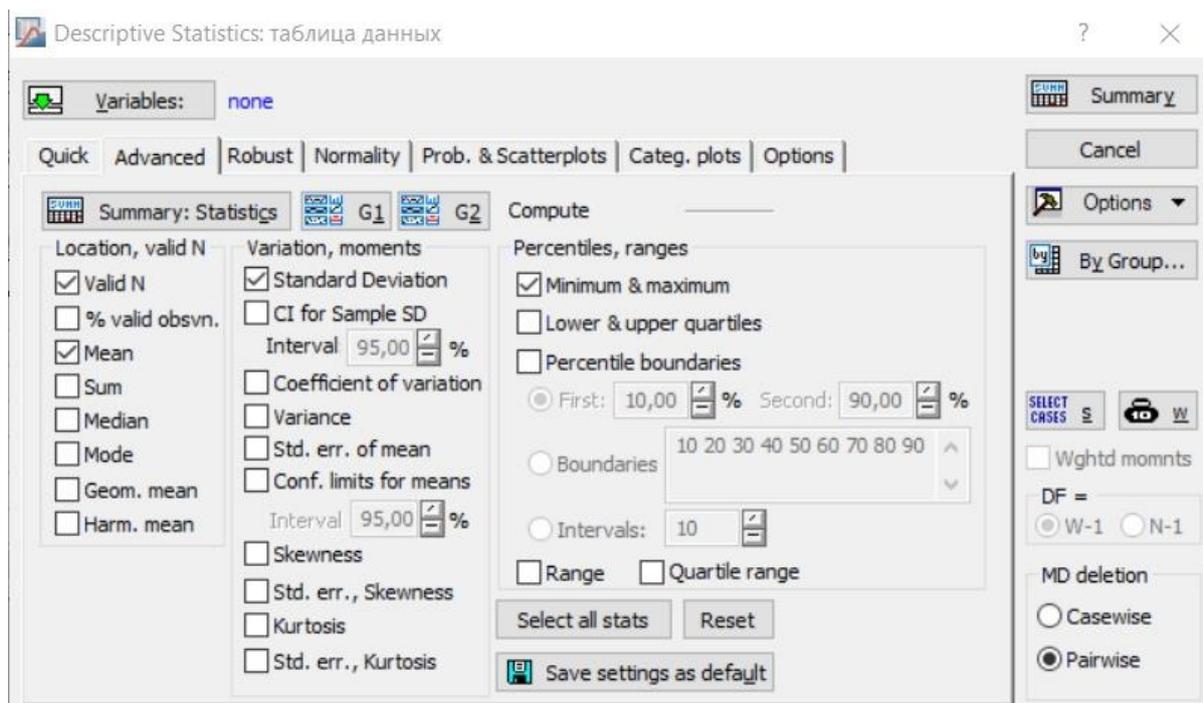


Рисунок 7. Диалоговое окно модуля Descriptive statistics (вкладка Advanced)

С помощью кнопки Variables определяем переменные для обработки. Если необходимо отметить переменные не по порядку их следования в таблице, щелкайте клавишей мыши на их именах, придерживая клавишу клавиатуры Ctrl.

После выбора переменных и необходимых параметров нажимаем кнопку Summary и получаем результаты анализа.

Variable	Descriptive Statistics (таблица данных)						
	Valid N	Mean	Median	Sum	Minimum	Maximum	Std.Dev.
агрессия	40	36,60000	39,00000	1464,000	13,00000	53,00000	13,45801

Рисунок 8. Результаты расчета модуля Descriptive statistics

Стандартные описательные статистики вычисляются для каждой выбранной переменной.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОВЕРКИ ВЫБОРОЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА НОРМАЛЬНОСТЬ. ТЕСТЫ КОЛМОГорова-СМИРНОВА И ШАПИРО-УИЛКА

Как известно, существующие методы статистического анализа можно подразделить на две группы – параметрические и непараметрические. Важным условием, определяющим возможность применения параметрических методов, является подчинение анализируемых данных закону нормального (Гауссова) распределения, которое имеет характерный колоколообразный вид. В то же время непараметрические методы выполнения этого условия не требуют. Установлено, что в подавляющем большинстве случаев распределения психологических признаков существенно отличаются от нормального. Тем не менее, очень многие исследователи совершают ошибку, применяя параметрические методы анализа данных с

отличным от нормального распределения признаков. Часто это приводит к выводам, не соответствующим действительности. Во избежание указанной ошибки, любой анализ должен сопровождаться проверкой нормальности их распределения. Для этого существует достаточно широкий набор методов. Мы рассмотрим два основных подхода, реализованные в программе STATISTICA.

!!! Проверка на нормальность осуществляется для данных, которые отнесены к интервальной шкале или шкале отношений (не для номинальной и не для порядковой шкал).

!!! Объем выборки для проверки на нормальность должен быть ≥ 51 .

Проверка выборочного распределения на нормальность осуществляется в модуле Descriptive Statistics (Описательная статистика). Путь: Statistics – Basic Statistic Tables – Descriptive statistics. После запуска модуля Descriptive Statistics необходимо открыть закладку Normality и в поле Distribution (Распределение) выбрать опции Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test for normality (Тест Колмогорова-Смирнова и Лиллиефорса на нормальность) и Shapiro-Wilk's W test (W-тест Шапиро-Уилка).

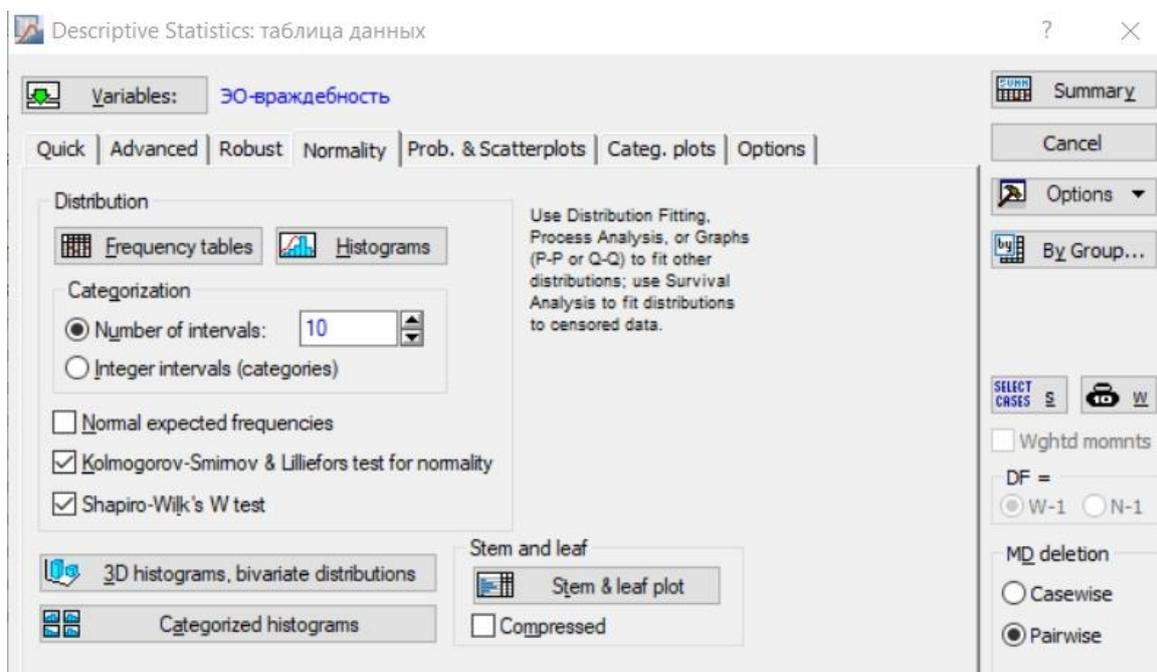


Рисунок 9. Диалоговое окно модуля Descriptive statistics (вкладка Normality)

Указанные тесты проверяют нулевую гипотезу об отсутствии различий между наблюдаемым распределением признака и теоретическим ожидаемым нормальным распределением. Наиболее предпочтительным является использование сочетания критериев Колмогорова-Смирнова и Лиллиефорса и W-критерия Шапиро-Уилка, поскольку совместно они обладают большей мощностью. После выбора анализируемой переменной (кнопка Variables) и нажатия кнопки Histograms программа создаст гистограмму распределения значений признака и ожидаемую нормальную кривую.

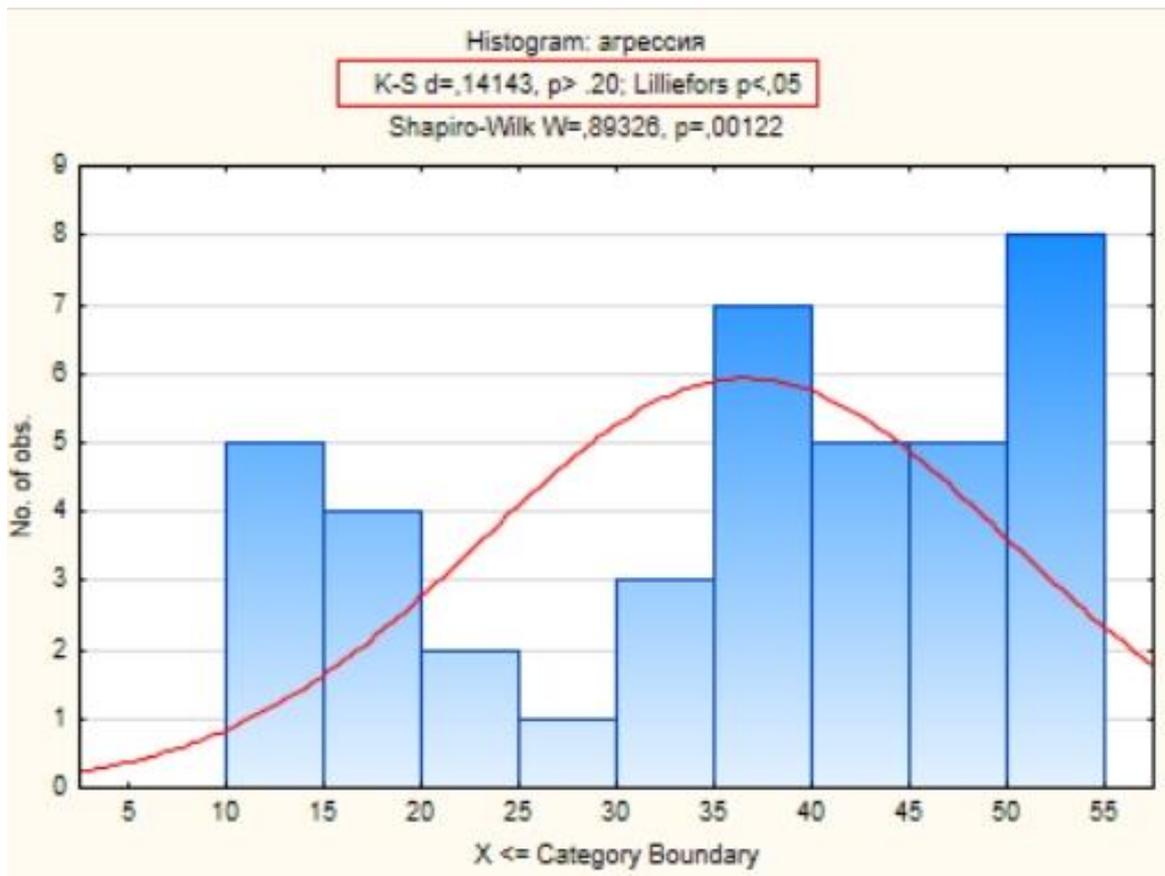


Рисунок 10. Пример гистограммы близкого к нормальному распределению по переменной «Агрессия»

Результаты выбранных тестов на нормальность автоматически располагаются в заголовке этого графика. Для анализа необходимо посмотреть на значения К-S p (значение Колмогорова-Смирнова) и Lilliefors p (поправка Лиллиефорса) в верхней части гистограммы (выделена прямоугольником).

ЕСЛИ:

К-S $p > 0,05$

Lilliefors $p > 0,05$

Распределение нормальное – параметрический метод

К-S $p > 0,05$

Lilliefors $p < 0,05$

Но сами значения К-S $p > 0,05$

Распределение близкое к нормальному – параметрический метод

К-S $p < 0,05$

Lilliefors $p < 0,05$

Распределение отличное от нормального – непараметрический метод

К-S $p < 0,05$

Lilliefors $p < 0,05$

Но сами значения К-S $> 0,05$

Распределение близкое к отличному от нормального – непараметрический метод.

РАСЧЕТ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

Коэффициент корреляции Пирсона

Использование коэффициента корреляции Пирсона для оценки степени связи между двумя признаками предполагает выполнение следующих двух обязательных условий:

- 1 – значения обоих анализируемых признаков распределены нормально;
- 2 – связь между признаками является линейной.

Способ проверки данных на нормальность распределения мы рассмотрели ранее.

Для расчета коэффициента корреляции Пирсона необходимо выполнить следующее:

Запустить модуль анализа из меню Statistics – Basic Statistics/Tables – Correlation Matrices (Корреляционные матрицы) – ОК.

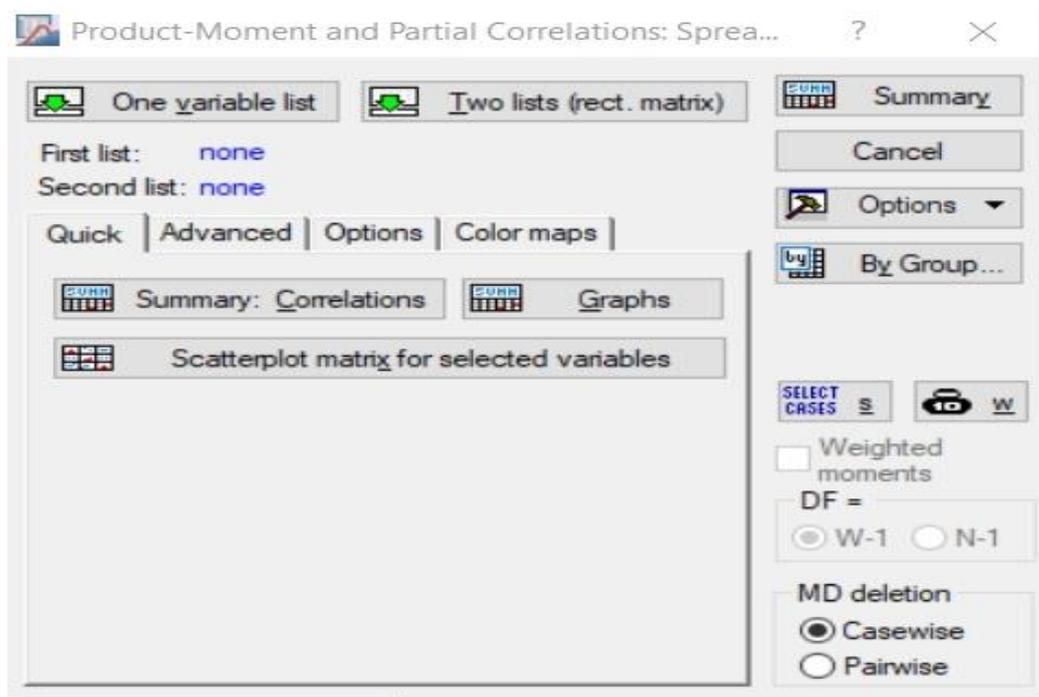


Рисунок 11. Диалоговое окно модуля Correlation Matrices

В появившемся окне выбрать переменные, которые должны участвовать в анализе. Для этого нужно нажать либо кнопку One variable list (Один список переменных), либо Two lists (rect. matrix) (Два списка (прямоугольная матрица)). В первом случае анализируемые переменные последовательно выбираются из одного списка, а во втором – из двух.

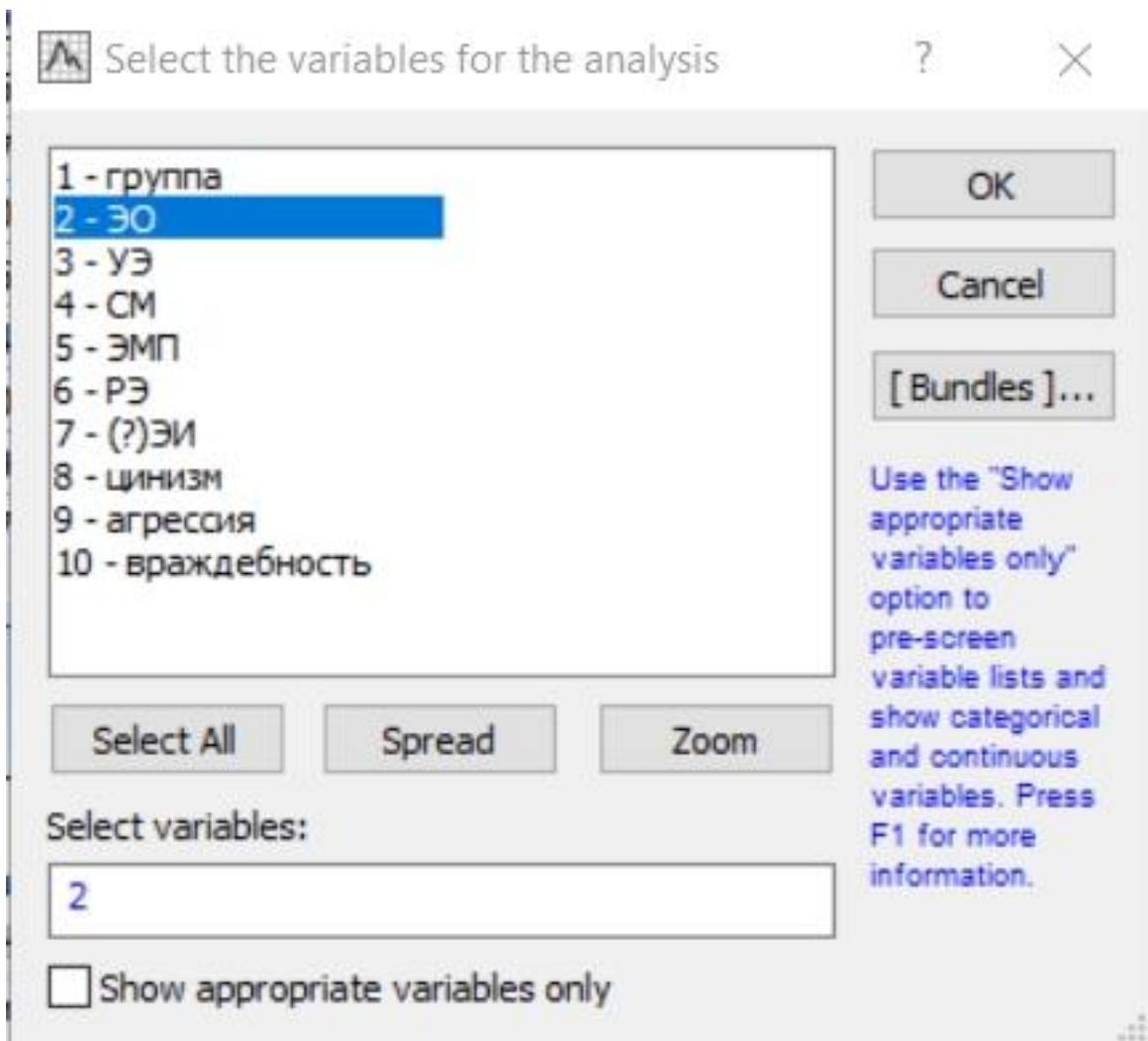


Рисунок 12. Диалоговое окно One variable list

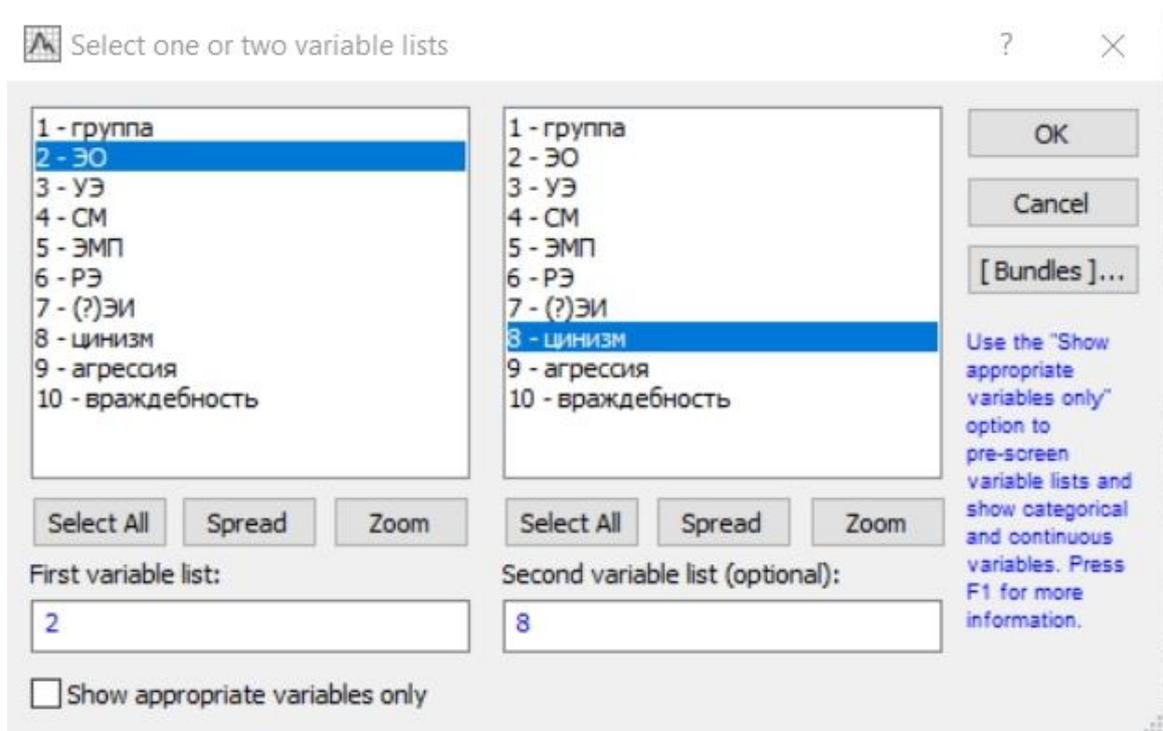


Рисунок 13. Диалоговое окно Two lists (rect. matrix)

Выбор переменных подтверждается нажатием кнопки ОК. Затем в **диалоговом окне модуля Correlation Matrices** следует кликнуть на клавише Summary: Correlation matrix (Результат: Корреляционная матрица). В результате появится таблица, содержащая рассчитанный программой коэффициент корреляции.

Correlations (Spreadsheet2_(Recovered))	
Marked correlations are significant at $p < ,05000$	
N=40 (Casewise deletion of missing data)	
Variable	ЦИНИЗМ
ЭО	-0,013718

Рисунок 14. Результаты расчета коэффициента корреляции Пирсона

Интерпретация коэффициента корреляции производится исходя из уровня силы связи:

- $r > 0,01 \leq 0,29$ – слабая положительная связь,
- $r > 0,30 \leq 0,69$ – умеренная положительная связь,
- $r > 0,70 \leq 1,00$ – сильная положительная связь,
- $r > -0,01 \leq -0,29$ – слабая отрицательная связь,
- $r > -0,30 \leq -0,69$ – умеренная отрицательная связь,
- $r > -0,70 \leq -1,00$ – сильная отрицательная связь.

Одновременно с расчетом коэффициента программа оценивает и его статистическую значимость, т. е. проверяет нулевую гипотезу о том, что в действительности связь между признаками отсутствует. Статистически значимые коэффициенты корреляции Пирсона ($p \leq 0,05$) в программе STATISTICA выделяются красным цветом.

Традиционно р-уровень корреляции дифференцируется на три уровня:

- $p \leq 0,05 > 0,01$ – низкая статистическая значимость,
- $p \leq 0,01 > 0,001$ – средней силы статистическая значимость,
- $p \leq 0,001$ – высокая статистическая значимость.

Коэффициент корреляции Спирмена

Непараметрическим аналогом линейной корреляции Пирсона является ранговый коэффициент корреляции Спирмена. Для его расчета необходимо:

запустить модуль Nonparametric correlations (Непараметрические корреляции), далее – Statistics – Nonparametrics – Correlations (Spearman, Kendall tau, gamma) (Корреляции (Спирмена, тау Кендалла, гамма)).

В появившемся окне выбрать в графе Compute – Detailed report, нажать на кнопку Variables и выбрать столбцы, содержащие необходимые данные.

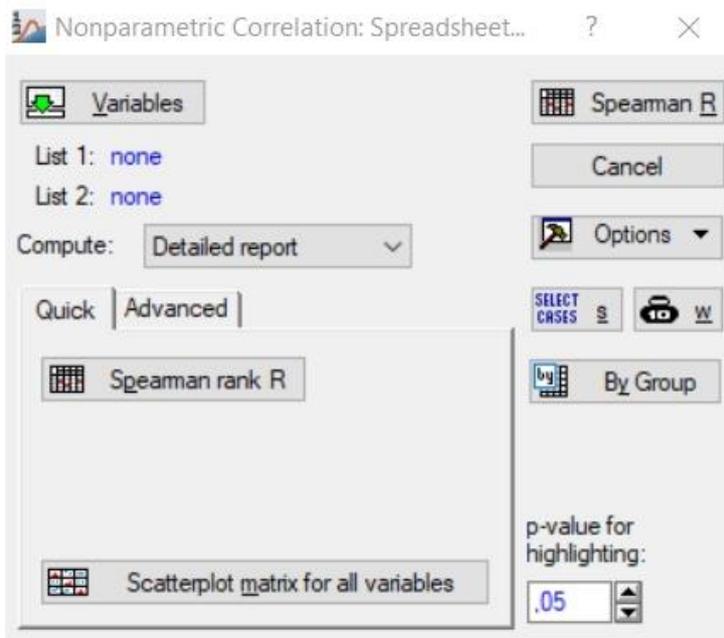


Рисунок 15. Диалоговое окно модуля Correlations (Spearman, Kendall tau, gamma)

Далее необходимо нажать кнопку Spearman R. В результате появится таблица, содержащая рассчитанный программой коэффициент корреляции со следующими столбцами:

- Valid N (число наблюдений);
- Spearman R (коэффициент корреляции Спирмена);
- t(N-2) (значение критерия Стьюдента для числа степеней свободы n-2);
- p-value (вероятность ошибки для нулевой гипотезы об отсутствии связи между признаками).

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet2_(Recovered))					
MD pairwise deleted					
Marked correlations are significant at p < .05000					
Pair of Variables	Valid N	Spearman R	t(N-2)	p-value	
ЭМП & цинизм	40	0,070937	0,438388	0,663588	
ЭМП & агрессия	40	0,389938	1,867517	0,049557	
ЭМП & враждебность	40	-0,147662	-0,920337	0,363203	

Рисунок 16. Результаты расчета коэффициента корреляции Спирмена

Интерпретация коэффициента корреляции производится исходя из уровня силы связи:

- $r > 0,01 \leq 0,29$ – слабая положительная связь,
- $r > 0,30 \leq 0,69$ – умеренная положительная связь,
- $r > 0,70 \leq 1,00$ – сильная положительная связь,
- $r > -0,01 \leq -0,29$ – слабая отрицательная связь,
- $r > -0,30 \leq -0,69$ – умеренная отрицательная связь,
- $r > -0,70 \leq -1,00$ – сильная отрицательная связь.

Одновременно с расчетом коэффициента программа оценивает и его статистическую значимость, т. е. проверяет нулевую гипотезу о том, что в

действительности связь между признаками отсутствует. Статистически значимые коэффициенты корреляции Спирмена ($p \leq 0,05$) в программе STATISTICA выделяются красным цветом.

Традиционно p -уровень корреляции дифференцируется на три уровня:

- $p \leq 0,05 > 0,01$ – низкая статистическая значимость,

- $p \leq 0,01 > 0,001$ – средней силы статистическая значимость,

- $p \leq 0,001$ – высокая статистическая значимость.

Сравнение двух коэффициентов корреляции

Зачастую возникает необходимость сравнить два коэффициента корреляции, рассчитанных на основе разных выборок. Для установления различий коэффициентов следует воспользоваться модулем Difference tests (Тесты на различие): Statistics – Basic Statistics/Tables – Difference tests: r, %, means.

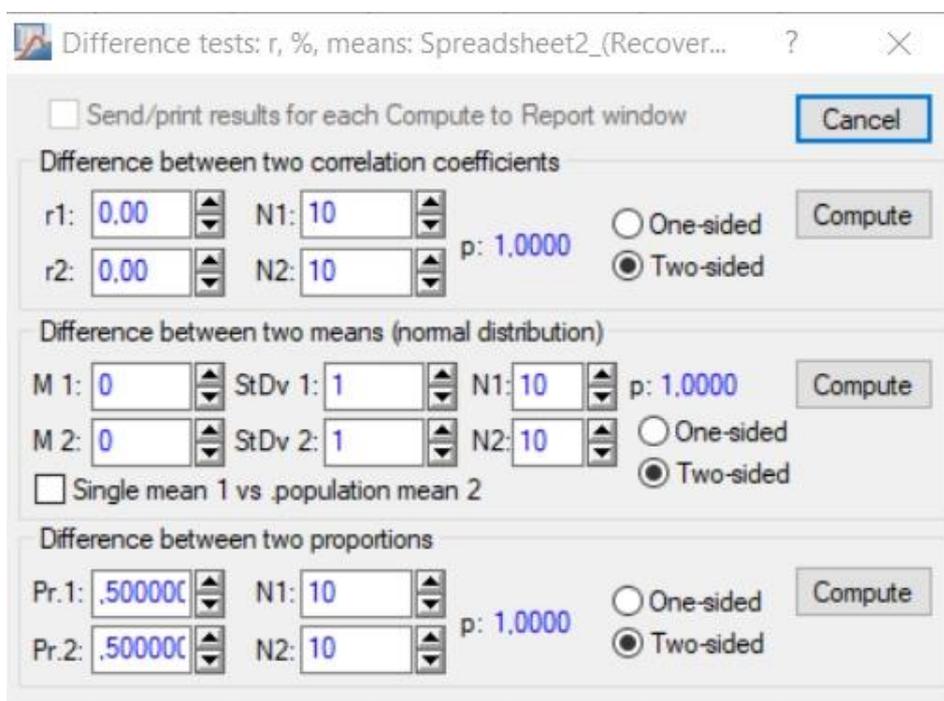


Рисунок 17. Диалоговое окно модуля Difference tests: r, %, means

В верхней части диалогового окна имеется поле Difference between two correlation coefficients (Различие между двумя коэффициентами корреляции) с четырьмя ячейками, в которые необходимо ввести соответствующие данные для выполнения анализа:

ячейки r_1 и r_2 – значения сравниваемых коэффициентов корреляции,

ячейки N_1 и N_2 – объемы выборок, на основе которых эти коэффициенты были рассчитаны.

После заполнения ячеек следует нажать кнопку Compute (Рассчитать). Рядом с ячейками будет показан уровень значимости p , наличие различий выявляется при $p \leq 0,05$.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

Сравнение двух групп

Независимые выборки

t-тест Стьюдента

Классическим методом для сравнения 2 групп является t-тест Стьюдента, или просто «t-тест». Тест Стьюдента относится к группе параметрических методов анализа и предназначен для формирования 2 исключительных выборок. Его корректное применение требует обязательного выполнения следующих условий:

– обе выборки должны быть независимыми, т. е. свойства одной из них никак не должны быть связаны со свойствами другой;

– обе выборки должны подчиняться нормальному закону распределения.

Для расчета t-теста Стьюдента необходимо выполнить следующее:

Запустить модуль анализа из меню Statistics – Basic statistics/Tables – t-test, independent, by groups (если в таблице с данными есть группирующая переменная) или t-test, independent, by variables (если данные внесены в самостоятельные столбцы). Предпочтительнее использовать t-test, independent, by groups.

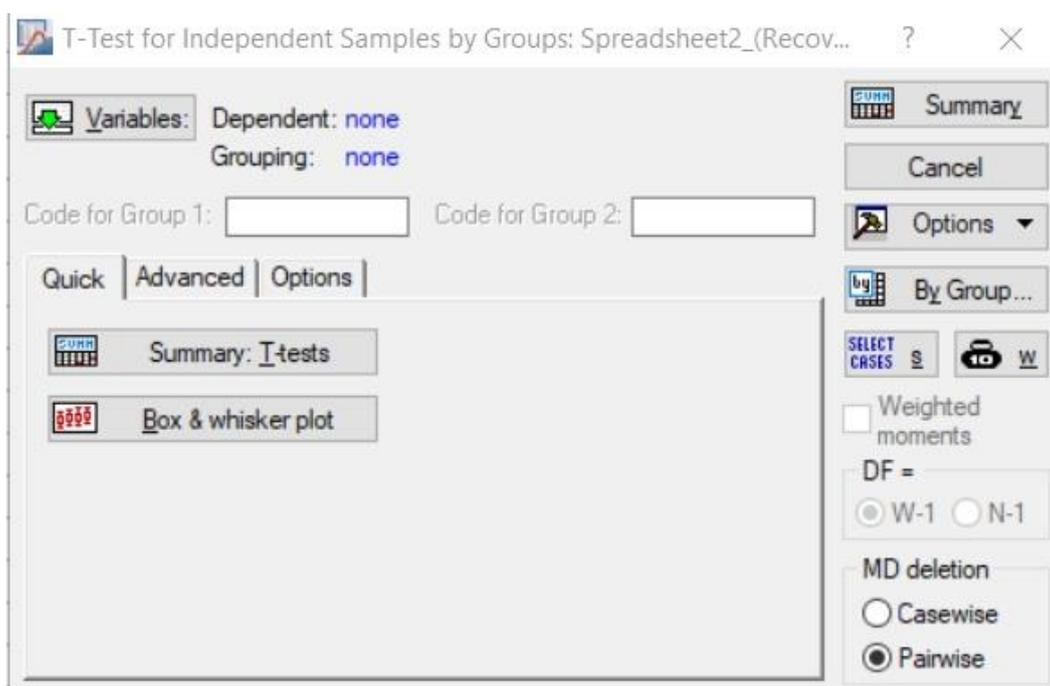


Рисунок 18. Диалоговое окно модуля t-test, independent, by groups

В открывшемся окне следует нажать кнопку Variables и указать, какая из переменных является группирующей (независимой), а какая – зависимой.

Далее необходимо нажать кнопку Summary. В результате появится таблица, содержащая рассчитанный программой t-тест Стьюдента со следующими столбцами:

Mean 1: среднее значение переменной в группе 1;
 Mean 2: среднее значение переменной в группе 2;
 t-value: значение рассчитанного программой t-критерия Стьюдента;
 df: число степеней свободы;
 p*: уровень значимости;
 Valid N 1: объем выборки 1;
 Valid N 2: объем выборки 2;
 Std. dev. 1: стандартное отклонение выборки 1;
 Std. dev. 2: стандартное отклонение выборки 2;
 F-ratio Variances: значение F-критерия Фишера, с помощью которого проверяется гипотеза о равенстве дисперсий в сравниваемых выборках;
 p Variances: вероятность ошибки для F-теста Фишера.
 Значимые результаты t-теста Стьюдента программа STATISTICA выделяет красным.

*

- $p \leq 0,05 > 0,01$ – низкая статистическая значимость,
- $p \leq 0,01 > 0,001$ – средней силы статистическая значимость,
- $p \leq 0,001$ – высокая статистическая значимость.

T-tests: Grouping: группа (Spreadsheet2_(Recovered))					
Group 1: 1					
Group 2: 2					
Variable	Valid N 2	Std.Dev. 1	Std.Dev. 2	F-ratio Variances	p Variances
ЭО	20	4,19116	5,54669	1,751461	0,230969
УЭ	20	4,45888	2,76967	2,591767	0,044209
СМ	20	3,28433	3,66312	1,243962	0,638997

Рисунок 19. Результаты расчета t-теста Стьюдента

U-тест Манна-Уитни

Если значения признака в двух сравниваемых группах распределены от-лично от нормального распределения, применение параметрического t-теста для их сравнения будет часто приводить к искаженным результатам. В таких случаях следует воспользоваться соответствующим непараметрическим аналогом теста Стьюдента. Для сравнения двух независимых выборок может использоваться U-тест Манна-Уитни (Mann-Whitney U-test).

Для расчета U-теста Манна-Уитни необходимо выполнить следующее:

Запустить модуль анализа из меню Statistics – Nonparametrics – Comparing two independent samples (Сравнение двух независимых выборок).

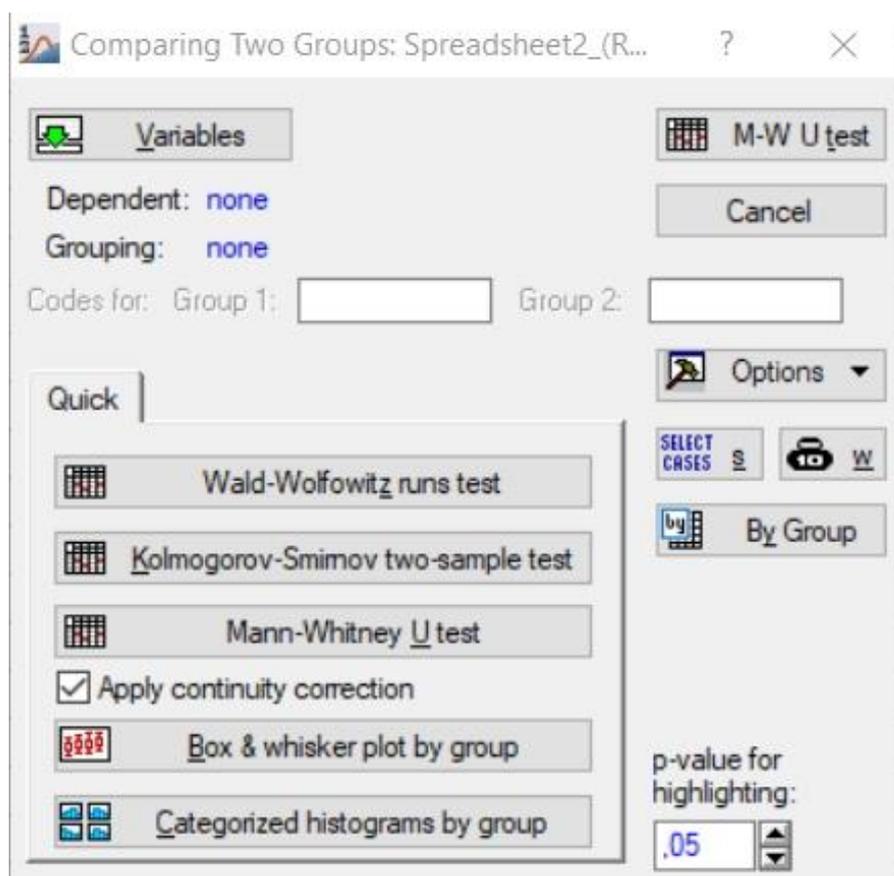


Рисунок 20. Диалоговое окно модуля Comparing two independent samples

В появившемся окне следует нажать на кнопку Variables и выбрать зависимую (Dependent) и группирующую/независимую (Grouping) переменные.

Далее нажать на кнопку M-W U test. В результате появится таблица, содержащая рассчитанный программой U-тест Манна-Уитни со следующими столбцами:

Rank Sum Group 1: сумма рангов в группе 1;

Rank Sum Group 2: сумма рангов в группе 2;

U: значение рассчитанного программой U-критерия Манна-Уитни;

Z: число степеней свободы;

p-value: уровень значимости;

Z-adjusted: скорректированное число степеней свободы;

Valid N Group 1: объем выборки 1;

Valid N Group 2: объем выборки 2;

2*1sided exact p: 2 * 1-сторонняя точная p.

Значимые результаты U-критерия Манна-Уитни программа STATISTICA выделяет красным.

При большом числе наблюдений в выборках (20 и более) значение P необходимо искать в 5-м столбце таблицы (вслед за «Z»), иначе – в 7-м (вслед за «Z-adjusted»). При $P < 0,05$ делается вывод о наличии статистически значимой разницы между сравниваемыми выборками:

- $p \leq 0,05 > 0,01$ – низкая статистическая значимость,

- $p \leq 0,01 > 0,001$ – средней силы статистическая значимость,

- $p \leq 0,001$ – высокая статистическая значимость.

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Spreadsheet2_(Recovered))										
By variable rpyrna										
Marked tests are significant at p < .05000										
variable	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 2	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
ЭО	431,5000	388,5000	178,5000	0,56805	0,570000	0,57103	0,567978	20	20	0,564832
УЭ	513,0000	307,0000	97,0000	2,77263	0,005561	2,78665	0,005326	20	20	0,004681
СМ	518,0000	302,0000	92,0000	2,90788	0,003639	2,93527	0,003333	20	20	0,002915
ЭМП	479,5000	340,5000	130,5000	1,86646	0,061978	1,87518	0,060768	20	20	0,059564

Рисунок 21. Результаты расчета U-теста Манна-Уитни

Зависимые выборки

t-критерий Стьюдента (для зависимых выборок)

Параметрическим методом для сравнения результатов диагностики (произведенной 2 раза) одной и той же выборки является t-критерий Стьюдента (для зависимых выборок). Для выполнения этого варианта t-теста необходимо:

Запустить соответствующий модуль из меню Statistics – Basic statistics/Tables – t-test, dependent samples.

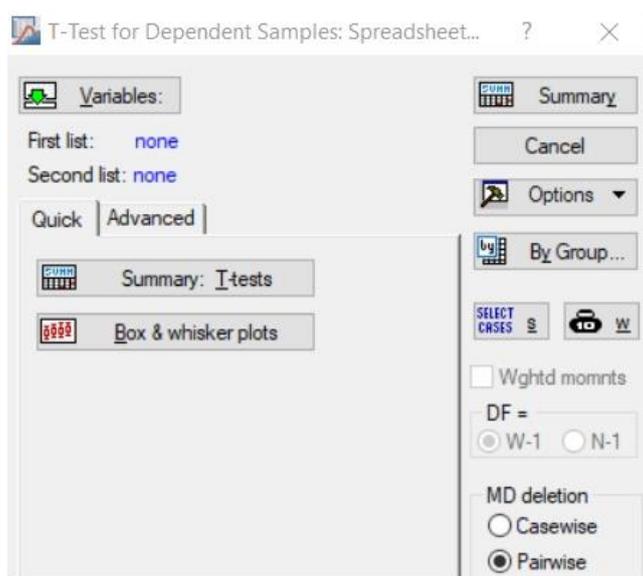


Рисунок 22. Диалоговое окно модуля t-test, dependent samples

В открывшемся окне необходимо выбрать в Variables переменные – первый срез (First variable) и второй срез (Second variable), переменные, участвующие в анализе. Затем нажать на кнопку Summary.

Появится таблица с результатами расчета t-критерия Стьюдента, содержащая следующие столбцы:

Mean – средние значения признака для каждого из срезов;

Std. dv. – стандартные отклонения для каждого из срезов;

N – число наблюдений;

Diff. – средняя разница;

Std. dv. diff. – стандартное отклонение для средней разницы;

t – значение t-критерия;

df – число степеней свободы;

p* – уровень значимости.

Значимые результаты t-критерия Стьюдента программа STATISTICA выделяет красным.

-p ≤ 0,05 > 0,01 – низкая статистическая значимость,

-p ≤ 0,01 > 0,001 – средней силы статистическая значимость,

-p ≤ 0,001 – высокая статистическая значимость.

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet2_(Recovered))								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
ЭО 1	9,450000	4,919610						
ЭО 2	5,750000	4,186364	40	3,700000	5,374202	4,354294	39	0,000094

Рисунок 23. Результаты расчета t-критерия Стьюдента

T-тест Вилкоксона

Непараметрическим аналогом для сравнения результатов диагностики (произведенной 2 раза) одной и той же выборки является T-тест Вилкоксона. Для расчета T-критерия Вилкоксона необходимо выполнить следующее:

Запустить модуль анализа из меню Statistics – Nonparametrics – Comparing two dependent samples (Сравнение двух зависимых выборок).

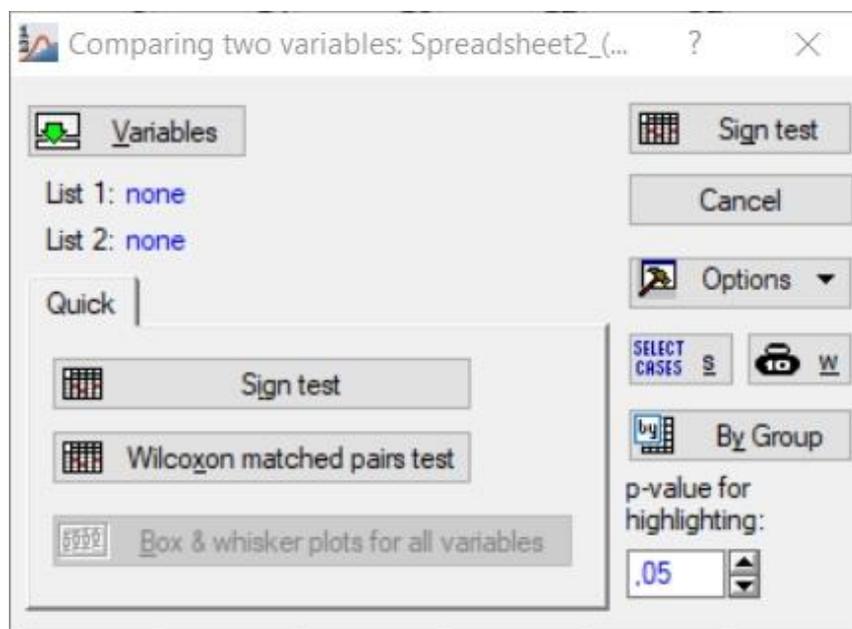


Рисунок 24. Диалоговое окно модуля Comparing two dependent samples

В появившемся окне следует нажать на кнопку Variables (Переменные) – первый срез (List 1) и второй срез (List 2), переменные, участвующие в анализе. Затем нажать на кнопку Wilcoxon matched pair test.

В результате появится таблица, содержащая рассчитанный программой T-тест Вилкоксона со следующими столбцами:

Valid N: объем выборки;
 T: значение T-критерия Вилкоксона;
 Z: число степеней свободы;
 p-value: уровень значимости.

Значимые результаты T-критерия Вилкоксона программа STATISTICA выделяет красным.

- $p \leq 0,05 > 0,01$ – низкая статистическая значимость,
- $p \leq 0,01 > 0,001$ – средней силы статистическая значимость,
- $p \leq 0,001$ – высокая статистическая значимость.

		Wilcoxon Matched Pairs Test (Spreadsheet2_(Recovered))			
		Marked tests are significant at $p < ,05000$			
Pair of Variables		Valid N	T	Z	p-value
ЭО	& УЭ	38	114,0000	3,719834	0,000199

Рисунок 25. Результаты расчета T-критерия Вилкоксона

Сравнение нескольких групп

Независимые выборки

Однофакторный дисперсионный анализ

Параметрическим методом для выявления различий по преобладанию какого-либо признака у испытуемых трех (и более) разных выборок используется однофакторный дисперсионный анализ.

Для расчета однофакторного дисперсионного анализа необходимо выполнить следующее:

Запустить модуль анализа из меню Statistics – ANOVA – One-way ANOVA.

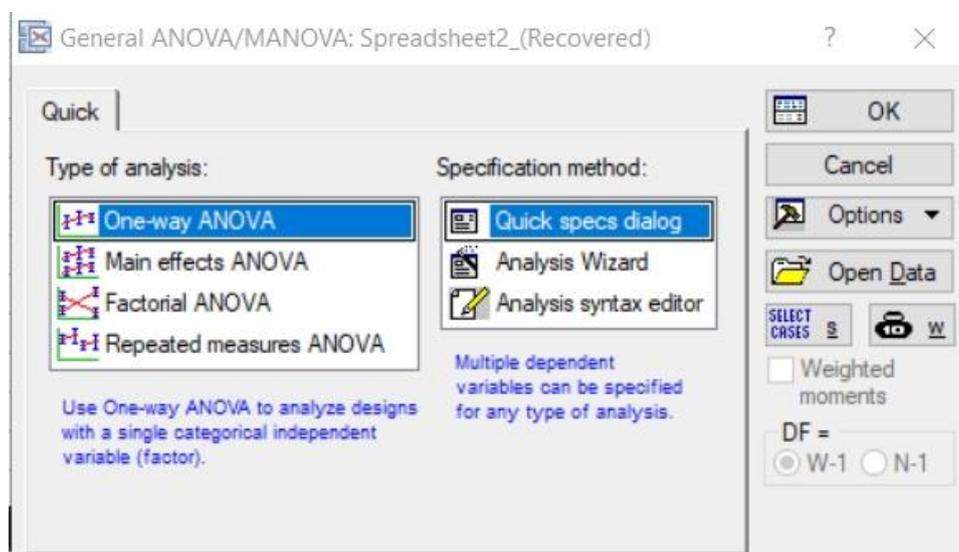


Рисунок 26. Диалоговое окно модуля ANOVA

Далее с помощью кнопки Variables следует выбрать зависимую (Dependent variables) и группирующую/независимую переменные (Categorical factor) – ОК.

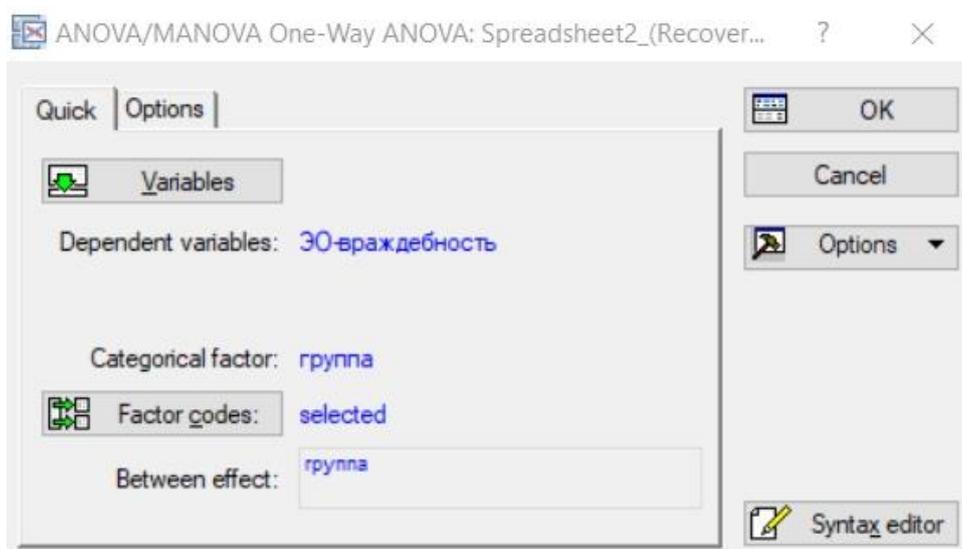


Рисунок 27. Диалоговое окно модуля One-way ANOVA

Затем нажать на кнопки: Factor codes – All (так мы укажем программе, что в анализе должны участвовать все задействованные группы) – ОК – ОК. В итоге появится окно с 8 закладками:

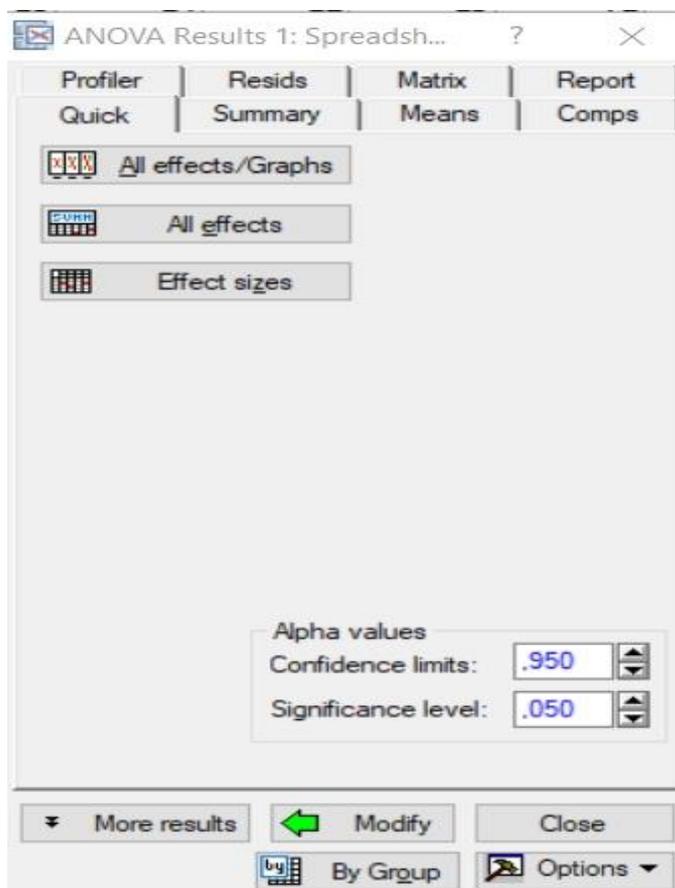


Рисунок 28. Диалоговое окно модуля One-way ANOVA results

Автоматически программа откроет его на закладке Quick (Быстро). Результаты анализа можно получить, если нажать на кнопку All effects (Все эффекты).

Multivariate Tests of Significance (Spreadsheet2_(Recovered))						
Sigma-restricted parameterization						
Effective hypothesis decomposition						
Effect	Test	Value	F	Effect df	Error df	p
Intercept	Wilks	0,022655	161,7742	8	30	0,000000
группа	Wilks	0.400364	2.1766	16	60	0.015706

Рисунок 29. Результаты расчета однофакторного дисперсионного анализа

В появившейся таблице результатов необходимо разыскать ячейку с уровнем значимости p:

- $p \leq 0,05 > 0,01$ – низкая статистическая значимость,
- $p \leq 0,01 > 0,001$ – средней силы статистическая значимость,
- $p \leq 0,001$ – высокая статистическая значимость.

Н-критерий Краскела-Уоллиса

Непараметрическим аналогом однофакторного дисперсионного анализа является непараметрический Н-критерий Краскела-Уоллиса (или Н-теста) (Kruskal-Wallis ANOVA).

Для расчета Н-критерия Краскела-Уоллиса необходимо выполнить следующее:

Запустить модуль анализа из меню Statistics – Nonparametrics – Comparing multiple independent samples (Сравнение нескольких независимых выборок).

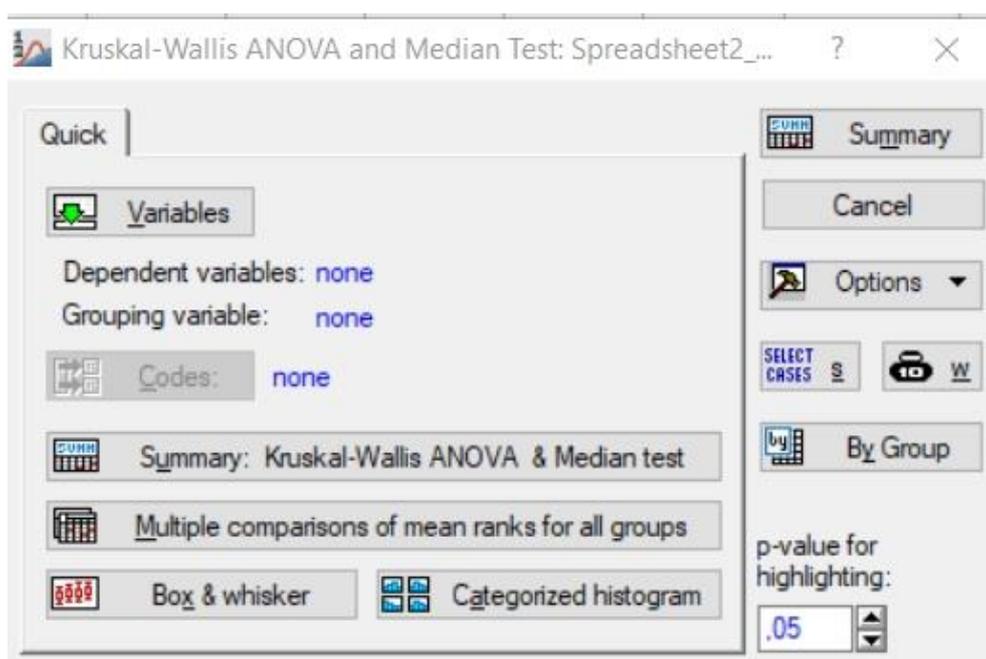


Рисунок 30. Диалоговое окно Kruskal-Wallis ANOVA

В появившемся окне следует нажать на кнопку Variables и выбрать зависимую (Dependent) и группирующую/независимую (Grouping) переменные. Нажать на кнопки: Factor codes > All > ОК > ОК.

Далее нажать на кнопку Summary: Kruskal-Wallis ANOVA and Median test (Результат: ANOVA по Краскелу-Уоллису и медианный тест). В результате появятся таблицы, содержащие рассчитанный программой Н-критерий и таблицы с медианным тестом. Нас интересуют таблицы Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks. В шапке таблицы присутствует значение Н, N (объем выборочной совокупности), а также р – уровень значимости.

При $P < 0,05$ делается вывод о наличии статистически значимой разницы между сравниваемыми выборками:

- $p \leq 0,05 > 0,01$ – низкая статистическая значимость,
- $p \leq 0,01 > 0,001$ – средней силы статистическая значимость,
- $p \leq 0,001$ – высокая статистическая значимость.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; ЭО (Spreadsheet2_(Recovered))					
Independent (grouping) variable: группа					
Kruskal-Wallis test: H (2, N= 40) =1,444897 p =,4856					
Depend.:	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank	
ЭО					
1	1	11	264,5000	24,04545	
2	2	20	388,5000	19,42500	
3	3	9	167,0000	18,55556	

Рисунок 31. Результаты расчета Н-критерия Краскела-Уоллиса

Зависимые выборки

Параметрический дисперсионный анализ для повторных измерений

Для сравнения результатов диагностики (произведенной более 2 раз) одной и той же выборки необходим параметрический дисперсионный анализ для повторных измерений.

Для расчета двухфакторного дисперсионного анализа необходимо выполнить следующее:

Запустить модуль анализа из меню Statistics – ANOVA – Factorial ANOVA.

Далее с помощью кнопки Variables следует выбрать зависимую (Dependent variables) и группирующую/независимую переменные (Categorical factor) – ОК.

Затем нажать на кнопки: Factor codes – All (так мы укажем программе, что в анализе должны участвовать все задействованные группы) – ОК – ОК. В итоге появится окно с 8 закладками:

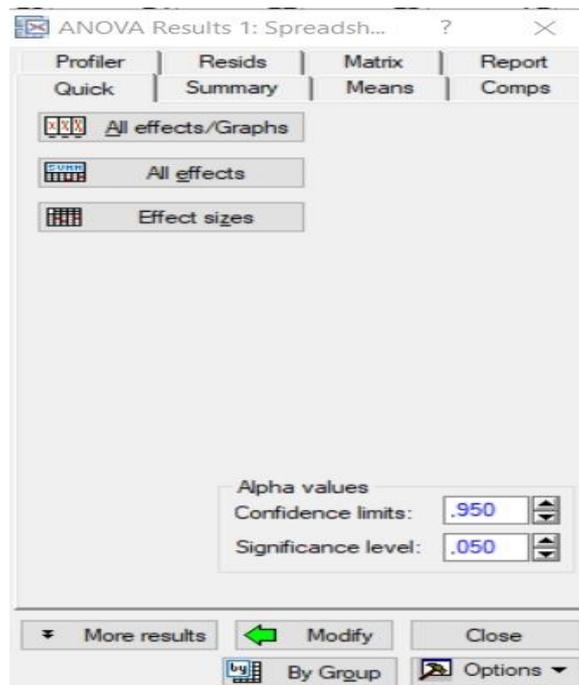


Рисунок 32. Диалоговое окно модуля Factorial ANOVA results

Автоматически программа откроет его на закладке Quick (Быстро). Результаты анализа можно получить, если нажать на кнопку All effects (Все эффекты).

В появившейся таблице результатов необходимо разыскать ячейку с уровнем значимости p :

- $p \leq 0,05 > 0,01$ – низкая статистическая значимость,
- $p \leq 0,01 > 0,001$ – средней силы статистическая значимость,
- $p \leq 0,001$ – высокая статистическая значимость.

Дисперсионный анализ Фридмана

Непараметрическим аналогом дисперсионного анализа для повторных измерений является анализ Фридмана.

Для расчета критерия Фридмана необходимо выполнить следующее:

Запустить модуль анализа из меню Statistics – Nonparametrics – Comparing multiple dependent samples (Сравнение нескольких зависимых выборок).

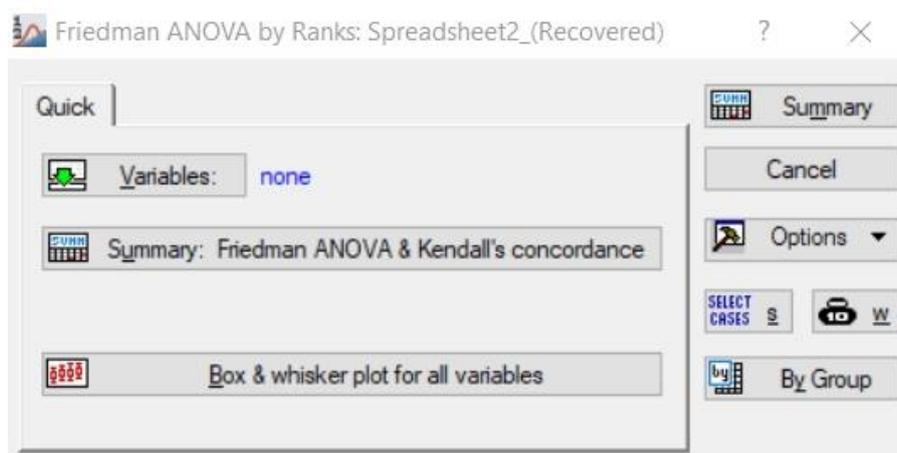


Рисунок 33. Диалоговое окно Friedman ANOVA

Далее нажать кнопку Variables и выбрать переменные, которые должны участвовать в анализе.

Нажать кнопку Summary: Friedman ANOVA and Kendall's concordance (Результат: ANOVA по Фридману и критерий согласованности Кендалла).

В заголовке появившейся таблицы с результатами необходимо отыскать величину уровня значимости p . При $p < 0,05$ (как в нашем случае) можно сделать вывод о наличии статистически значимых различий. В этом же заголовке приводится т. н. коэффициент согласованности Кендалла. Он рассчитывается путем усреднения коэффициентов корреляции Спирмена для каждой пары участвующих в анализе групп. Чем больше различия между группами, тем ближе коэффициент Кендалла к 1.

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet2_(Recovered))					
ANOVA Chi Sqr. (N = 40, df = 2) = 16,29677 p = ,00029					
Coeff. of Concordance = ,20371 Aver. rank r = ,18329					
Variable	Average Rank	Sum of Ranks	Mean	Std.Dev.	
ЭО	2,275000	91,00000	9,450000	4,919610	
УЭ	1,487500	59,50000	5,750000	4,186364	
СМ	2,237500	89,50000	8,500000	3,961352	

Рисунок 34. Результаты расчета критерия Фридмана

СЛОВАРЬ СТАТИСТИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

Абсолютное значение

Неотрицательное число, обозначаемое $|x|$ и определяемое следующим образом:
если $x < 0$, то $|x| = -x$,
если $x \geq 0$, то $|x| = x$. Синоним: абсолютная величина (модуль) числа.

Альтернативная гипотеза, альтернатива

Предположение, принимаемое в случае отклонения нулевой гипотезы (H_0). Как правило, альтернативная гипотеза (H_1) – это единственное утверждение, являющееся логическим отрицанием нулевой гипотезы. Часто альтернативная гипотеза означает наличие связи между изучаемыми переменными.

Валидность, обоснованность

Валидность (validity) – мера соответствия того, насколько методика и результаты исследования соответствуют поставленным задачам.

Внутренняя валидность (internal validity) исследования указывает на полноту и целостность экспериментального плана.

Внешняя обоснованность (external validity) исследования указывает на правомерность, с которой результаты могут быть распространены на генеральную совокупность (т. е. применены к не включенным в исследование объектам).

Верхняя квартиль

0,75-квантиль (75%-процентиль) распределения.

Синонимы: upper quartile point – верхняя квартильная точка.

Взаимодействие

Количественный результат, обусловленный соотношением между действием двух или нескольких независимых переменных, выделенный в факторном эксперименте. Вычисляется как разность между различиями значений зависимой переменной, полученных при действии равных условий первой, второй и т. д. переменных, и иллюстрируется графически.

Выборка

Часть популяции, полученная путем отбора. По результатам анализа выборки делают выводы о всей популяции, что правомерно только в случае, если отбор был случайным.

Поскольку случайный отбор из популяции осуществить практически невозможно, следует стремиться к тому, чтобы выборка была, по крайней мере, репрезентативна по отношению к популяции.

Выборочное среднее, среднее значение выборки

Пусть X_1, \dots, X_n – выборка.

Среднее значение выборки оценивается по формуле:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Для обозначения среднего значения выборки чаще всего используются обозначения M и \bar{X} .

Выброс

Резко отклоняющееся значение наблюдаемой величины.

Выбросом считается наблюдение, которое лежит аномально далеко от остальных из серии параллельных наблюдений. То есть выбросы – это значения количественного признака, располагающиеся на краях интервала допустимых значений.

Гетерогенная выборка

Неоднородная выборка; выборка, состоящая из неоднородных объектов (например, выборки из городского и сельского населения, «генетически гетерогенные выборки мух» и т. п.).

Употребляется также понятие «степень гетерогенности выборки».

В клинических исследованиях этот термин чаще всего означает несовместимость между исследованиями, включенными в систематический обзор: клиническая неоднородность (исследования различны клинически), или статистическая неоднородность (один результат отличается от другого).

Гипотеза

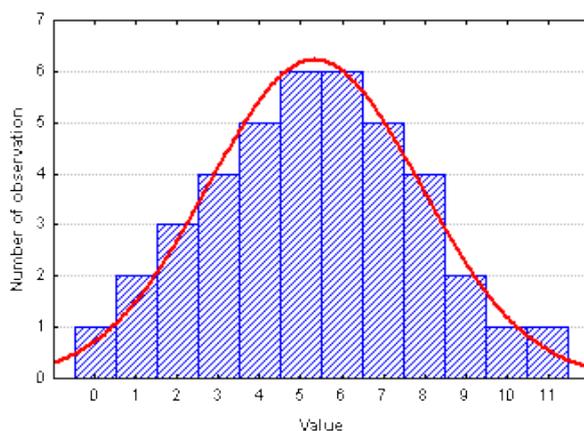
Научная гипотеза – утверждение, которое можно подтвердить или опровергнуть на основании результатов исследования; статистическая гипотеза – представление научной гипотезы в форме, приемлемой для проверки методами статистического анализа данных.

Гистограмма

Гистограмма является удобным инструментом для визуализации формы распределения переменной.

Гистограмма представляет распределение частот значений переменной (или частот значений на каждом из интервалов, на которые разбита выбранная переменная).

Огибающая гистограммы демонстрирует форму функции плотности распределения.



Гомогенная выборка

Выборка, все объекты которой одинаково распределены, то есть выбраны из одного и того же распределения.

Группирующая (или кодирующая) переменная

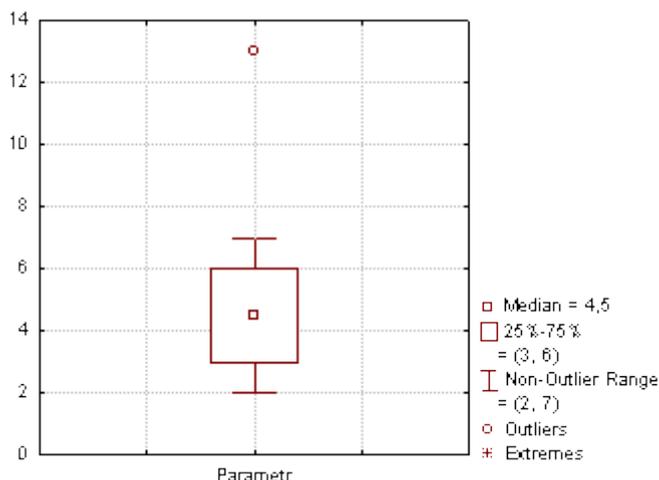
Группирующая (или кодирующая) переменная используется для разбиения на группы наблюдений в файле данных. Обычно группирующая переменная является категориальной, т. е. содержит дискретные значения, например, 1, 2, 3..., или несколько текстовых значений, например, MALE, FEMALE.

Значения такой переменной называются кодами (они могут быть целочисленными или целочисленными с текстовыми эквивалентами).

Диаграмма размаха

Вид графического отображения данных, когда диапазоны или характеристики распределения значений переменной изображаются отдельно для групп наблюдений, заданных значениями другой, категориальной (группирующей), переменной. Для каждой группы вычисляется статистика центра (медиана или среднее) и статистики диапазона (например, квартили или стандартные отклонения), и выбранные значения изображаются на диаграмме размаха.

Также могут быть изображены точки выбросов (outliers).



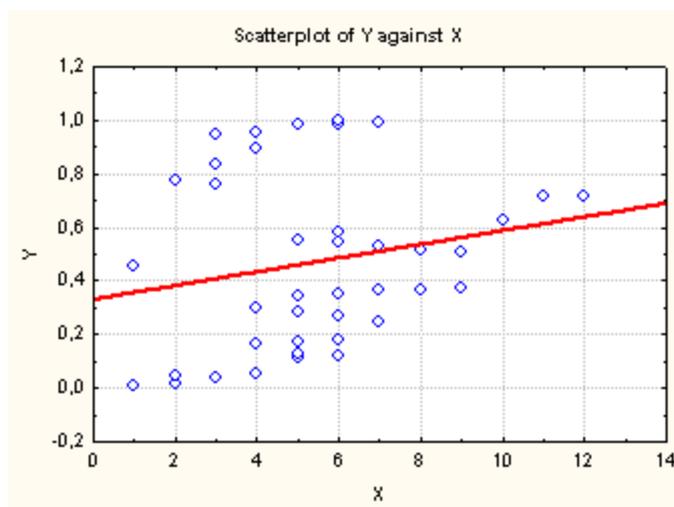
Визуально анализируя диаграмму размаха, можно получить представление об изменчивости переменной. На данной диаграмме размаха отмечены три выброса – два «слишком больших» значения и одно «слишком маленькое».

Например, значение «Тромбоциты = 73» оказывается выбросом для группы мужчин, но при рассмотрении группы женщин это наблюдение оказывается «нормальным».

Сравнение групп, изображенных на диаграмме размаха, производится с помощью критериев парных сравнений (t-критерий, критерий Манна-Уитни и др.) в случае двух групп и с помощью дисперсионного анализа (ANOVA) или введения поправки Бонферрони в случае нескольких (более двух) групп.

Диаграмма рассеяния

Вид графического отображения данных, когда каждое наблюдение изображается точкой на координатной плоскости, где оси соответствуют переменным (X – горизонтальной, а Y – вертикальной оси).



Две координаты, которые определяют положение каждой точки, соответствуют значениям двух переменных для этой точки.

Диаграмма рассеяния визуализирует зависимость между двумя переменными X и Y (например, весом и ростом пациента).

Данные

Первоначальные, еще не обработанные результаты исследования (обследования), зафиксированные в протоколе (например, время выполнения задачи, субъективный отчет испытуемого и т. п.).

Дискретная случайная величина

Случайная величина, множество возможных значений которой конечно.

Дискриминантный анализ

Многомерный статистический метод построения моделей и выявления комбинаций наиболее информативных признаков, характеризующих номинальные категории (группы).

Наиболее общим применением дискриминантного анализа является включение в исследование многих переменных с целью определения тех из них, которые наилучшим образом разделяют (дискриминируют) выборку на заранее заданные группы.

Например, какой набор факторов наилучшим образом предсказывает возникновение девиации?

Дисперсионный анализ

Метод многомерного статистического анализа, целью которого является проверка значимости различия между средними в группах с помощью сравнения дисперсий.

Дисперсионный анализ является наиболее общим методом сравнения средних, поскольку позволяет выявлять значимые различия средних в нескольких группах. Основой дисперсионного анализа является критерий Фишера (обобщение t-критерия на случай сравнения более двух групп).

Дисперсия (рассеяние, разброс)

Мера разброса данной случайной величины, т. е. ее отклонения от математического ожидания. Обозначается $D[X]$ в русской литературе и $\text{var}(X)$ (от англ. *variance*) – в зарубежной.

Также часто употребляется обозначение σ_x^2 или σ^2 . Квадратный корень из дисперсии σ называется *стандартным отклонением*.

Стандартное отклонение измеряется в тех же единицах, что и сама случайная величина, а дисперсия измеряется в квадратах этой единицы измерения.

Достоверность

Степень, с которой изменение отражает истинное значение измеряемого признака. Достоверность исследования (внутренняя обоснованность исследования) определяется тем, в какой мере полученные результаты справедливы в отношении данной выборки.

Значимость результатов

Статистическая достоверность полученных различий между средними значениями зависимой переменной (при воздействии разных условий независимой переменной), отвечающих экспериментальной гипотезе. Для повышения внутренней валидности эксперимента (исследования) проводится проверка значимости – проверка отвержения (или неотвержения) нуль-гипотезы. Значимость результатов – необходимое условие достоверности вывода об исследуемой гипотезе.

Интервальная шкала

Эта шкала измерений позволяет не только упорядочить наблюдения, но и количественно выразить расстояния между ними (при этом на шкале не обязательно присутствует абсолютная нулевая отметка).

Испытуемый

Субъект, привлеченный к участию в исследовании для испытания воздействия независимой переменной. Потенциальными испытуемыми являются специально отобранные или имеющиеся в наличии представители изучаемой популяции.

Квантиль

Число такое, что заданная случайная величина не превышает его лишь с фиксированной вероятностью.

Например, 0,25-квантиль – число, ниже которого лежит примерно 25 % выборки.

Кластерный анализ (кластеризация)

Совокупность методов многомерного статистического анализа, включающая в себя набор различных алгоритмов классификации объектов.

Классификация состоит в разбиении заданной выборки объектов (пациентов, признаков и др.) на непересекающиеся подмножества, называемые кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались.

Коды (значения группирующих переменных)

Коды представляют собой значения группирующей переменной (например, 1, 2, 3... или Муж, Жен), которые определяют уровни группирующей переменной для анализа.

Коды могут быть как целочисленными, так и текстовыми значениями.

Количественные данные

Данные, измеряемые с помощью чисел, имеющих содержательный смысл. Количественные данные могут быть непрерывными (continuous data) или дискретными (discrete data).

Контрольная группа

Выделенная группа при проведении клинических исследований.

Как правило, пациенты контрольной группы не получают лекарство (плацебо) или к ним применяется традиционный метод лечения.

Контрольная группа служит базой при сравнении результатов лечения. Различают контроль исторический (historical control group) и контроль параллельный (parallel control group).

Корреляционный анализ

Метод обработки статистических данных, заключающийся в изучении коэффициентов корреляции между переменными.

При этом сравниваются коэффициенты корреляции между одной парой или множеством пар признаков для установления между ними статистических взаимосвязей.

Корреляционный анализ применяется только для анализа связи количественных и/или качественных порядковых признаков.

Корреляция

Статистическая связь двух переменных (количественных или порядковых), показывающая, что большему значению одной величины в определенной части случаев соответствует большее (в случае положительной, прямой корреляции) или меньшее (в случае отрицательной, обратной корреляции) значение другой величины.

Коэффициент корреляции

Численная мера силы и направления связи между двумя количественными или качественными порядковыми признаками.

Коэффициент корреляции может принимать значения от -1 до +1. Если значение по модулю находится ближе к 1, то это означает наличие сильной связи, а если ближе к 0 – связь слабая или вообще отсутствует.

Различают параметрические (Пирсона) и непараметрические (Спирмена, Кендалла, тау) способы подсчета коэффициента корреляции.

Для обозначения параметрического коэффициента корреляции Пирсона обычно используется обозначение r , для рангового коэффициента корреляции Спирмена – обозначение ρ .

Критерий Колмогорова-Смирнова

Одновыборочный критерий проверки нормальности Колмогорова-Смирнова основан на максимуме разности между кумулятивным распределением выборки и предполагаемым кумулятивным распределением:

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - F(x)|$$

$F_n(x)$ – кумулятивное распределение выборки;

$F(x)$ – ожидаемое кумулятивное распределение (с известными параметрами).

Если **D** статистика Колмогорова-Смирнова значима, то гипотеза о том, что соответствующее распределение нормально, должна быть отвергнута.

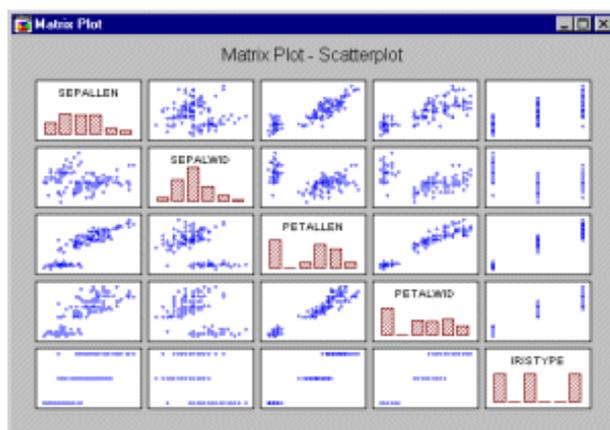
Выводимые значения вероятности основаны на предположении, что среднее и стандартное отклонение нормального распределения известны априори и не оцениваются из данных.

Однако на практике обычно параметры вычисляются непосредственно из данных.

В этом случае критерий нормальности включает сложную гипотезу («насколько вероятно получить **D** статистику данной или большей значимости, зависящей от среднего и стандартного отклонения, вычисленных из данных»), и приводятся вероятности Лиллиефорса (Lilliefors, 1967).

Матричные графики – диаграммы рассеяния

На матричном графике этого типа изображаются 2М диаграммы рассеяния, организованные в форме матрицы (значения переменной по столбцу используются в качестве координат X, а значения переменной по строке – в качестве координат Y). Гистограммы, изображающие распределение каждой переменной, располагаются на диагонали матрицы (в случае квадратных матриц) или по краям (в случае прямоугольных матриц).



Медиана

Это значение, которое разбивает выборку на две равные части. Половина наблюдений лежит ниже медианы, и половина наблюдений лежит выше медианы.

Медиана вычисляется следующим образом. Изучаемая выборка упорядочивается в порядке возрастания (N – объем выборки). Получаемая последовательность a_k , где $k=1, \dots, N$ называется вариационным рядом или порядковыми статистиками.

Если число наблюдений N нечетно, то медиана оценивается как $m = a_{(N+1)/2}$.

Если число наблюдений N четно, то медиана оценивается как $m = (a_{N/2} + a_{N/2+1}) / 2$.

Независимые (несвязанные) выборки

Выборки, в которые объекты исследования набирались независимо друг от друга. Альтернатива независимым выборкам – зависимые (связанные, парные) выборки.

Например, если основная и контрольная группы при сравнении различных методов лечения формируются с помощью случайного выбора из некоторого набора пациентов, то такие выборки являются независимыми.

Независимые и зависимые переменные

Термины зависимая и независимая переменная обычно применяются в экспериментальных исследованиях, где приходится манипулировать некоторыми переменными. В этом смысле «независимость» переменной определяется как независимость от реакции, свойств и намерений объектов эксперимента и т. п.

Некоторые переменные предполагаются «зависимыми» от действий объекта эксперимента или условий эксперимента. Эти переменные, возможно в неявной форме, содержат некоторую информацию о поведении или реакции объекта в ходе эксперимента.

Независимые переменные – это переменные, значениями которых можно управлять, а зависимые переменные – это переменные, которые можно только измерять или регистрировать.

Например, если в эксперименте сравнивается число лейкоцитов (WCC) в крови мужчин и женщин, то Пол можно назвать независимой переменной, а WCC – зависимой переменной.

Независимый признак

Признак, который включается в статистическую модель с целью анализа его влияния на зависимый (объясняемый) признак.

С учетом совокупности значений независимых признаков можно рассчитать значение зависимого признака (задача регрессионного анализа).

Непараметрические статистические методы

Статистические методы с (некоторыми) желательными свойствами, сохраняющимися при относительно слабых допущениях о рассматриваемых генеральных совокупностях.

Непараметрические методы позволяют обрабатывать данные «низкого качества» из выборок малого объема с переменными, про распределение которых мало что или вообще ничего неизвестно.

Непараметрические методы не основываются на оценке параметров (таких как среднее или стандартное отклонение) при описании выборочного распределения интересующей величины. Поэтому эти методы иногда также называются свободными от параметров или свободно распределенными.

Синонимы: nonparametric procedure/technique, distribution-free method.

Нижняя квартиль

0,25-квантиль (25%-процентиль) распределения.

Номинальная шкала

Это категориальная (т. е. качественная, а не количественная) шкала измерения, где каждое значение определяет отдельную категорию, в которую попадают значения переменной (каждая категория «отличается» от других, но это отличие не может быть количественно измерено).

Нормальное распределение

Симметричное колоколообразное распределение. У нормального распределения среднее, мода и медиана совпадают. Большинство параметрических тестов разработаны для анализа параметров, имеющих нормальное распределение.

Нуль-гипотеза

Гипотеза об отсутствии различия между условиями независимой переменной (по их действию на зависимую переменную). Проверка нуль-гипотезы возможна только в лабораторном эксперименте и необходима для установления статистической значимости экспериментальных результатов.

Описательные статистики

Параметры выборки, описывающие набор данных: например, среднее, медиана, дисперсия, стандартное отклонение.

Отклонение

В радиальных элементах – величина, на которую умножается квадрат расстояния от элемента до входного вектора, в результате чего получается уровень активации элемента, который затем пропускается через функцию активации.

p-уровень

Рассчитанная в ходе статистического теста вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы. Для принятия решения о том, необходимо ли отклонить нулевую гипотезу по результатам статистического теста, значение p сравнивают с принятым исследователем критическим (пороговым) уровнем значимости (α -level). Если p-уровень меньше уровня значимости (α -level), то нулевая гипотеза отклоняется. В обратном случае говорят, что данные не противоречат нулевой гипотезе.

Чем меньше p -уровень, тем более значимой называется тестовая статистика. Чем меньше p -уровень, тем сильнее основания отвергнуть нулевую гипотезу. Таким образом, p -уровень находится в убывающей зависимости от надежности результата.

Параллельная контрольная группа

Контрольная группа, формируемая одновременно с формированием основной группы.

Параметрические методы статистики

Класс статистических методов, используемых для анализа данных, которые образуют известное распределение (обычно нормальное).

Названы так потому, что основываются на оценке параметров (таких как среднее или стандартное отклонение) выборочного распределения интересующей величины.

Примеры параметрических критериев: t -критерий Стьюдента, хи-квадрат Пирсона и др.

Параметры центральной тенденции

Статистические параметры распределения, отражающие наиболее типичное значение признака на выборке (среднее значение, медиана, мода).

Первичный анализ данных

Оценка параметров распределения выборки и проверка гипотез, сформулированных на этапе планирования исследования (до сбора данных).

Порядковая шкала

Порядковая шкала измерений позволяет ранжировать значения переменных.

Измерения в порядковой шкале содержат информацию только о порядке следования величин, но не позволяют сказать, насколько одна величина больше другой или насколько она меньше другой.

Признак

Характеристика объекта исследования (наблюдения). Различают качественные (attribute, qualitative) и количественные (quantitative) признаки.

Процентили

Процентиль распределения – это такое число x_p , что значения p -й части совокупности меньше или равны x_p .

Например, 25-я процентиль (также называемая квантилью .25 или нижней квартилью) переменной – это такое значение (x_p), что 25 % (p) значений переменной попадают ниже этого значения.

Аналогичным образом вычисляется 75-я процентиль (также называемая квантилью .75 или верхней квартилью) – такое значение, ниже которого попадают 75 % значений переменной.

Ранжирование

Процедура присвоения рангов элементам выборки.

Среднее значение

Описательная статистика (точечная оценка), являющаяся мерой центральной тенденции для приближенно нормально распределенных данных.

Если распределение не соответствует закону нормального распределения, то для характеристики центральной тенденции следует использовать медиану, а не среднее.

Факторный анализ

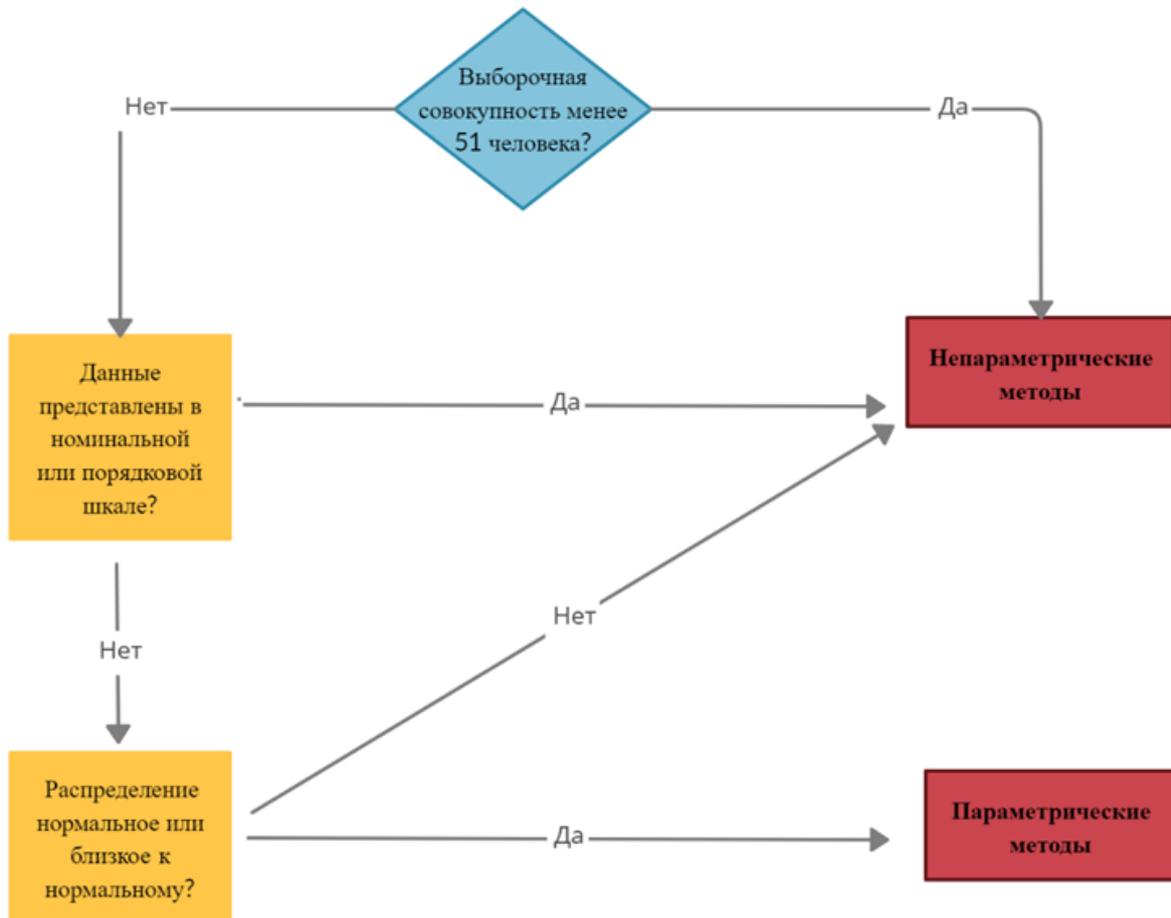
Многофакторный статистический метод, главными целями которого являются: сокращение числа переменных (редукция данных), определение структуры взаимосвязей между переменными, т. е. классификация переменных.

Обычно факторный анализ применяется для перехода от большого числа взаимосвязанных переменных (признаков), описывающих выборку, к малому числу переменных.

Параметрические и непараметрические методы: сравнительная таблица

	ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ	НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
	<i>Количество испытуемых > 50 (средние и большие выборки)</i>	<i>Количество испытуемых < 51 (малые выборки)</i>
На каких шкалах базируется	<i>Проверка на нормальность выборочного распределения осуществляется</i>	<i>Проверка на нормальность выборочного распределения НЕ осуществляется</i>
	Интервальная шкала	Интервальная шкала
	(в баллах, например IQ от 0 до 200 баллов)	(в баллах, например IQ от 0 до 200 баллов)
	Шкала отношений (похожа на интервальную – данные, например: 3,75; 6,33)	Шкала отношений (похожа на интервальную – данные, например: 3,75; 6,33)
		Номинальная (дихотомическая) шкала (признак принимает одно из 2 значений)
		Порядковая (ординарная) шкала (признак представлен в уровнях или рангах)
МЕТОДЫ	Линейная корреляция Пирсона	Ранговая корреляция Спирмена
	Устанавливает взаимосвязи между двумя признаками	
	t-критерий Стьюдента (для независимых выборок)	U-критерий Манна-Уитни (для независимых выборок)
	Выявляет различия по преобладанию какого-либо признака у испытуемых <i>двух разных</i> выборок	
	Однофакторный дисперсионный анализ	H-критерий Краскела-Уоллиса
	Выявляет различия по преобладанию какого-либо признака у испытуемых <i>трех (и более) разных</i> выборок	
	t-критерий Стьюдента (для зависимых выборок)	T-критерий Вилкоксона (для зависимых выборок)
	Сравнивает результаты диагностики (произведенной 2 раза) одной и той же выборки	
	Дисперсионный анализ для повторных измерений	Критерий Фридмана
	Сравнивает результаты диагностики (произведенной более 2 раз) одной и той же выборки	
		$\chi^2_{э}$ – критерий Работает ТОЛЬКО на НОМИНАЛЬНОЙ шкале. Устанавливает различия

**Алгоритм выбора метода математической обработки
эмпирических данных**



Учебное электронное издание

Смирнова Наталья Викторовна
Чайковская Мария Владимировна

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. С. Стройлова*
Компьютерная верстка *О. А. Бобко*
Дизайн обложки *О. А. Бобко*

Дата размещения на ресурсе: 23.05.2023
Объем издания: 6 700 КБ

Государственное учреждение образования
«Академия последипломного образования».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/234 от 24.03.2014.
220040, г. Минск, ул. Некрасова, 20.