

**Министерство здравоохранения Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московская медицинская академия им.И.М.Сеченова
Факультет управления здравоохранением**

Кафедра общественного здравоохранения с курсом профилактической медицины

**Основы эпидемиологии и статистического анализа
в общественном здоровье и управлении
здравоохранением**

Учебное пособие для ординаторов и аспирантов

**Москва
2003**

Авторы: Сырцова Л.Е., профессор, д.м.н., зав.кафедрой общественного здравоохранения с курсом профилактической медицины

Косаговская И.И., к.м.н., доцент кафедры общественного здравоохранения с курсом профилактической медицины

Авксентьева М.В., к.м.н., доцент кафедры управления здравоохранением

Раздел «Использование компьютерных статистических программ» написан Э.Салаховым и К.Данишевским.

В настоящем пособии представлены основы эпидемиологии и статистического анализа, являющиеся базовыми при изучении и анализе проблем общественного здоровья и здравоохранения, а также при организации и проведении научно-практических исследований и принятии управленческих решений.

Предлагается в качестве учебного пособия для практических занятий ординаторов и аспирантов медицинских вузов и слушателей курсов тематического усовершенствования в системе последипломного медицинского образования, а также для всех организаторов и исполнителей научно-практических исследований в медицине и здравоохранении.

Оглавление

Предисловие

Часть 1. Основы статистического анализа данных

Введение

Тема 1 Введение в медицинскую статистику.

Тема 2 Организационно-методические основы планирования и проведения научно-практического исследования.

Тема 3. Виды распределений. Обобщающие коэффициенты. Вариационный ряд и его характеристики.

Тема 4. Выборочный метод и оценка его результатов

Тема 5. Методы сравнения статистических совокупностей

Тема 6 Корреляционный анализ. Регрессионный анализ

Тема 7 . Методы анализа динамики явлений

Тема 8. Использование компьютерных статистических программ

Заключение

Список литературы

Часть 2. Основы эпидемиологии

Введение

Тема 1. Эпидемиология как наука. Эпидемиологические методы исследования

Тема 2. Обработка и анализ данных эпидемиологических исследований

Тема 4. Клиническая эпидемиология. Эпидемиологические аспекты скрининга. Причинно-следственные связи в эпидемиологии

Тема 5 Применение эпидемиологических методов исследования в общественном здоровье и управлении здравоохранением

Заключение

Список литературы

Контрольное занятие по модулям «Медико-биологическая статистика» и «Основы эпидемиологии». Анализ научной публикации.

Приложения

Предисловие

Настоящее учебное пособие подготовлено в соответствии с Учебной программой и планом подготовки ординаторов Факультета управления здравоохранением Московской медицинской академии им.И.М.Сеченова по специальности «Общественное здоровье и здравоохранение».

Программа рассчитана на двухгодичное обучение в ординатуре и начинается с изучения базового раздела «Теоретические, организационно-экономические и социально-психологические основы общественного здоровья и здравоохранения», в состав которого входят модули «Основы эпидемиологии неинфекционных болезней» и «Медико-биологическая статистика».

Модули изучаются ординаторами Факультета управления здравоохранением в 1-м семестре параллельно и данная методическая разработка предназначена для самоподготовки обучающихся к практическим занятиям и самостоятельной аудиторной работе.

В настоящее время не вызывает сомнения необходимость и потребность широкого применения эпидемиологических подходов и методов математической статистики при изучении проблем общественного здоровья и здравоохранения, а также при принятии управленческих решений.

В настоящем пособии мы хотели бы остановиться на общих методологических подходах к организации и проведению научного исследования в медицине и здравоохранении. Результаты всех медицинских исследований, и аналитических, и описательных зависят от правильной организации научного исследования, надлежащего сбора, анализа и интерпретации соответствующих числовых данных. Состоятельность таких исследований и их результатов приобретает особую актуальность в связи с повсеместным распространением и принятием концепции **«медицины, основанной на доказательствах» (evidence-based medicine, EBM)**, которая предполагает, что к широкому применению в медицинской практике должны рекомендоваться те вмешательства, эффективность и безопасность которых подтверждена в высококачественных исследованиях, выполненных на основе единых методологических принципов.

В связи с этим предлагаемое пособие будет полезно не только для ординаторов и аспирантов, но и для всех организаторов и исполнителей научно-практических исследований в медицине и здравоохранении.

Часть 1

ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

ВВЕДЕНИЕ

Вероятностная природа медицины делает очевидной необходимость хорошего знания соответствующих методов решения проблем, связанных с неоднородностью и неопределенностью. В медицине и здравоохранении часто используются, сознательно или неосознанно, различные статистические концепции при принятии решений по таким вопросам как оценка состояния здоровья, его прогноз, выбор стратегии и тактики профилактики и лечения, оценка отдаленных результатов и выживаемости.

Знание статистики является важным для понимания и критической оценки сообщений в медицинских журналах, монографиях, докладах и т.д. Статистический анализ является одним из элементов «доказательной» (evidence-based) медицины.

Знания принципов статистики абсолютно необходимо для планирования, проведения и анализа научных исследований в медицине. Особенно это актуально для области общественного здоровья и здравоохранения, базирующихся на данных популяционных исследований. Состоятельность таких исследований и их результатов зависит от применения на всех стадиях разумных статистических принципов.

Целью данного пособия является помощь обучающимся в овладении наиболее простыми и часто встречающимися методами и подходами статистического анализа и попытка предупредить наиболее распространенные ошибки.

Несмотря на то, что в настоящее время предпочтительнее проводить статистическую обработку данных на персональном компьютере с помощью программного пакета для статистического анализа (например, SPSS, «Statistica for Windows»), мы считаем важным понимание сути статистических методик для их адекватного применения и правильной интерпретации результатов. На это и направлены методические материалы учебного пособия и выполнение практических заданий.

К сожалению, до сих пор нет оптимального по содержанию и простоте изложения учебника по медико-биологической статистике, что существенно затрудняет преподавание и освоение этого материала в медицинских вузах. Возможно, предлагаемое пособие некоторым образом восполнит этот пробел, что, безусловно, не решает проблему в целом. Приведенная в конце раздела литература поможет в обучении статистики, однако чтение ее часто требует определенных математических знаний. Для облегчения пользования нерусифицированными компьютерными программами мы старались приводить англоязычные аналоги статистических терминов.

Цель модуля

Обучить ординаторов правильно выбирать и использовать статистические методы для принятия управленческих решений в области общественного здоровья и здравоохранения с применением компьютерных статистических программ.

Для достижения поставленной цели ординатор должен

Уметь:

- формулировать цели и задачи исследования;
- планировать, организовывать и проводить статистическое наблюдение в соответствии с поставленными задачами.

- формировать репрезентативную выборку для изучения и оценки общественного здоровья и здравоохранения
- выбирать адекватный статистический метод, исчислять и анализировать различные статистические показатели с использованием компьютерных статистических программ;
- создать компьютерную базу данных своего научно-практического исследования
- освоить методику телефонного опроса (совместно с кафедрой социологии и экономики здравоохранения)
- использовать табличный и графический способы представления материалов статистического наблюдения;
- формулировать выводы, вытекающие из результатов статистического наблюдения, и давать по ним обобщающее заключение;
- проводить критический анализ и аргументированную интерпретацию результатов собственного исследования и аналогичных статистических наблюдений;
- применять статистические знания для анализа и принятия решений в сфере своей профессиональной деятельности.

Знать:

- сущность, основные понятия медико-биологической статистики
- общие методологические подходы к организации и проведению научного исследования по проблемам общественного здоровья и здравоохранения
- основные направления применения статистических методов в медицине и здравоохранении
- методологию, планирование и организацию проведения статистического наблюдения (формы, виды, способы и этапы статистического наблюдения)
- методы и технологии сбора и получения информации
- принципы и методы обработки материалов статистического наблюдения (выбор методов, сводка и группировка статистических данных; статистические таблицы, графики и показатели);
- сущность, применение, методики расчета и основы анализа описательной и аналитической статистики;
- правила оформления и представления результатов статистического наблюдения.
- возможности компьютерных статистических пакетов, их преимущества и недостатки.

Тематический план занятий

№	Название раздела / модуля / темы	Всего часов	Из них			Контроль
			лекции	практ. зан.	самост. раб.	
1.2.2	Медико-биологическая статистика	72	6	38	24	4
	Введение в статистику	2				
	Организационно-методические основы планирования и проведения научно-практического исследования	4	1	2	2	Групп. зад, инд. зад., тесты
	Виды распределений. Обобщающие коэффициенты Вариационный ряд и его характеристики	6	1	4	1	Задания, тесты
	Выборочный метод. и оценка его результатов	6	1	4	1	Решение задач, тесты
	Методы сравнения статистических совокупностей Метод стандартизации	18	2	10	6	Решение задач, тесты
	Корреляционный анализ Регрессионный анализ	10	2-	5	3	Решение задач, тесты
	Методы анализа динамики явлений	4	-	2	2	Решение задач, тесты
	Компьютерные статистические программы	12		8	4	Тесты, задания
	Анализ статьи	2				Тесты, задания
	Контрольное занятие	2				
	Зачет	6				

Тема 1: ВВЕДЕНИЕ В МЕДИЦИНСКУЮ СТАТИСТИКУ.

Цель изучения темы: Показать роль и место медицинской статистики в изучении общественного здоровья и здравоохранения.

Для достижения поставленной цели ординатор должен:

Знать:

- основные термины и понятия медицинской статистики;
- предмет изучения и методы медицинской статистики;
- основные задачи, стоящие перед медицинской статистикой;
- области применения статистики в медицине и здравоохранении.

Основные термины и понятия:

Медицинская статистика, статистика общественного здоровья, статистика здравоохранения, статистика научно-практических исследований, вероятностная природа медицины и процессов в общественном здоровье, вероятность, мера вероятности, формула вероятности, закон больших чисел, событие случайное, невозможное, достоверное.

Краткое содержание учебного материала

Статистика – наука, изучающая количественные закономерности материальных явлений в неразрывной связи с их качественной стороной.

Статистика, изучающая вопросы, связанные с медициной и здравоохранением, называется медицинской. В ней различают следующие разделы:

- Статистика здоровья населения
- Статистика системы здравоохранения
- Статистика медико-биологических исследований

Статистика –

- это инструмент для анализа экспериментальных данных и результатов популяционных исследований;
- это язык, с помощью которого исследователь сообщает полученные им результаты и благодаря которому он понимает медико-статистическую информацию;
- это элемент доказательной медицины;
- это база для обоснования принятия управленческих решений.

Вероятностная природа медицины и вероятностный характер процессов в общественном здоровье позволяют повсеместно применять методы математической статистики и теории вероятностей и выбирать их в зависимости от уровня решаемых задач (Таблица 1) с целью сведения к минимуму набора и степени проявления случайностей. Основным инструментом для этого является теория вероятностей – математическая наука, устанавливающая закономерности случайных явлений.

Таблица 1

Применение статистических методов в медицине в зависимости от уровня решаемых задач

Популяционный уровень	Индивидуальный уровень
1. Трактовка нормы и патологии	
Оценка состояния здоровья популяции (заболеваемость, демографические процессы, физическое развитие, инвалидность) Оценка состояния здоровья по группам населения (дети, женщины и др.)	Оценка состояния здоровья пациента (клинико-диагностические показатели)
2. Диагностика заболеваний	
Разделение население по группам здоровья, скриннинг	Проведение дифференциальной диагностики
3. Прогнозирование процессов	
Возможный результат программы борьбы с отдельной болезнью	Исход заболевания отдельного больного
4. Выбор подходящего воздействия	
Разработка лечебно-профилактической программы для определенной группы населения	Подбор индивидуальной тактики ведения и лечения больного
5. Организация медицинской помощи	
Управление здравоохранением (сеть и деятельность системы здравоохранения: планирование, финансирование, анализ деятельности)	Анализ деятельности врача
6. Планирование и проведение медицинских исследований. Анализ и подготовка публикаций. Чтение и понимание медицинских сообщений.	

Основные понятия теории вероятности.

Вероятность – количественная мера объективной возможности появления события при реализации определенного комплекса условий.

Вероятность события A обозначается как $p(A)$ и выражается в долях единицы или в процентах. **Мера вероятности** – диапазон ее числовых значений: от 0 до 1 или от 0 до 100%.

Случайное событие – событие, которое при реализации определенного комплекса условий может произойти или не произойти. Его вероятность будет находиться в пределах $0 < p(A) < 1$ или $0 < p(A) < 100\%$.

Достоверное событие – событие, которое при реализации определенного комплекса условий произойдет непременно. Его вероятность будет равна 1 или 100%.

Невозможное событие – событие, которое при реализации определенного комплекса условий не произойдет никогда. Его вероятность будет равна 0.

В медицинских исследованиях достаточной считается вероятность появления события не менее 0,95 или 95%. При изучении заболеваний или ситуаций, имеющих важнейшие медико-социальные последствия или высокие показатели летальности и инвалидности, а также при фармакологических исследованиях вероятность появления события должна быть не менее 0,99 (99%).

Частота появления события (статистическая вероятность) – это отношение числа случаев, в которых реализовался определенный комплекс условий (m), к общему числу случаев (n): $p(A) = m/n$.

Вероятность отсутствия события: $q = 1 - p$.

Случайная величина – величина, которая при реализации определенного комплекса условий может принимать различные значения.

Закон больших чисел: при достаточно большом числе наблюдений случайные отклонения взаимно погашаются и проявляется устойчивость некоторых параметров, которая выражается в основной тенденции (закономерности). При этом наблюдаемая частота случайного события будет сколь угодно мало отличаться от вероятности появления события в отдельном опыте.

Приступая к изучению основ статистического анализа необходимо выделить два основных его этапа:

- **Описание полученного в ходе исследования массива данных**
- **Анализ данных и проверка различных статистических гипотез**

Основные направления применения математико-статистических методов в медицине и здравоохранении:

- 1) Наиболее эффективный сбор данных и обобщение полученных результатов;
- 2) Сравнение и определение достоверности различия двух и более групп результатов;
- 3) Изучение взаимосвязи между факторами и явлениями;
- 4) Анализ динамики процессов;
- 5) Анализ прогностических факторов.

Прежде чем приступить к анализу данных и проверке различных гипотез:

1. **Сформулируйте вопрос, на который Вы хотите ответить с помощью статистического анализа.**
2. **Выберите наиболее адекватный для ответа на данный вопрос статистический критерий или метод.**
3. **Правильно интерпретируйте его результаты.**

Контрольные вопросы:

1. Что изучает статистика и какова ее роль в здравоохранении?
2. Назовите основные разделы медицинской статистики.
3. Назовите основные области применения статистических методов в медицине.
4. Покажите возможность и необходимость применения теории вероятности и математической статистики в анализе процессов и явлений в общественном здоровье и здравоохранении.
5. Приведите примеры возможного применения статистики в изучении общественного здоровья и здравоохранения.

Тесты

(Выберите один или несколько правильных ответов)

1. Выберите правильное определение вероятности события
 - А) частота события, которое при реализации определенного комплекса условий произойдет непременно
 - Б) величина, которая при реализации определенного комплекса условий может принимать различные значения
 - В) численная мера объективной возможности появления данного события при реализации определенного комплекса условий
 2. В каких границах может находиться вероятность появления случайного события:
 - А) $0 < p(A) < 1$
 - Б) $p(A) > 1$
 - В) $0 < p(A) < 1$
 3. Какой уровень значимости считается допустимым для большинства медико-биологических исследований?
 - А) $p < 0,5$
 - Б) $0,05 < p < 0,01$
 - В) $p < 0,05$
-
1. Назовите разделы медицинской статистики:
 - А) статистика здоровья населения
 - Б) статистика системы здравоохранения
 - В) статистика научно-практических исследований
 2. Выберите определение статистики как науки:
 - А) наука, изучающая закономерности распространенности заболеваний и факторов, их определяющих
 - Б) наука, изучающая количественные закономерности материальных явлений в неразрывной связи с их качественной стороной
 - В) наука, изучающая числовые данные учетно-отчетной документации в системе здравоохранения

Тема 2: ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.

Цель изучения темы: Научить формулировать цель и задачи научно-практического исследования и составлять план и программу его практического проведения.

Для достижения поставленной цели ординатор должен:

Уметь:

- Обосновать актуальность выбранной проблемы.
- Сформулировать тему научно-практического исследования в рамках выбранной проблемы.
- Сформулировать цель и задачи исследования.
- Определить единицу наблюдения и перечень учетных признаков.
- Выбрать вид исследования
- Сформировать статистическую совокупность.
- Составить регистрационный документ.
- Составить макеты статистических таблиц.
- Определить сроки исследования.
- Выбрать способ сбора информации.
- Предложить виды внедрения результатов исследования в практику.

Знать:

- Основные термины и понятия;
- Этапы организации и проведения научно-практического исследования и содержание каждого из них;
- Требования к составлению программы исследования;
- Правила и требования к составлению статистических таблиц (простых, групповых, комбинационных);
- Подходы к формулированию рабочей гипотезы;
- Виды статистических исследований
- Классификацию признаков единицы наблюдения
- Виды и формы практического внедрения результатов научного исследования;
- Основные виды ошибок научного исследования.

Основные термины и понятия

Системный анализ, системный подход .Виды систем. Цель системы. Критерии цели. Типы взаимодействия и виды связи. Вход системы. Выход системы. Условия для проведения системного анализа. Методы системного анализа.

Этапы научного исследования: определение цели и задач исследования, организация исследования, сбор информации, анализ результатов, внедрение результатов исследования в практику и оценка эффективности внедрения.

Программа исследования, статистическая совокупность, единица наблюдения и ее признаки, регистрационный документ, виды исследований, статистическая таблица и ее виды, пилотажное (пробное) исследование, план исследования, способы сбора данных, виды внедрения результатов исследования в практику, ошибки исследования (регистрационные, методические, логические)

Краткое содержание учебного материала

Системный анализ – методология комплексного изучения системы (объекта, службы, процесса) как единого целого, ее целей, функций, структуры, органа зации, выявление положительных и отрицательных сторон системы и разработки мероприятий для ее коррекции.

С позиций системного анализа необходимо рассматривать медицинский объект не только как сложную систему, но и как составную часть (подсистему) другой системы, взаимодействующую со многими другими внешними системами.

Система - это совокупность составных элементов, взаимодействующих между собой и внешней средой и объединенных общими законами функционирования. Каждый элемент системы рассматривается как прямо или косвенно взаимодействующий со всеми другими элементами системы.

Виды систем: реальные и абстрактные; закрытые и открытые; детерминированные и вероятностные; статические и динамические.

Цель системы – это понятие, выражающее желаемые, достижимые результаты деятельности системы.

Критерии цели – те показатели, по которым можно судить о степени достижения цели.

Изучение взаимодействия подсистем, параметров и переменных является важным моментом системного исследования.

Типы взаимодействия: информационное, материальной, собственно медицинской, комбинированное.

Взаимодействия осуществляются через различные **виды связи:** прямая, обратная, нейтральная.

Вход системы – те показатели, которые отражают поступление больных, рецепты, заявки, запросы и т.д.

Выход системы – результаты деятельности системы. Таким образом система преобразовывает входные показатели в выходные результативные. При этом преобразование осуществляется с помощью имеющихся в распоряжении средств, структурных подразделений (состояние системы) и действующих норм, нормативов, инструкций, правил (параметры системы).

Условия для проведения системного анализа

1. Наличие проблемной ситуации
2. Наличие междисциплинарной рабочей группы.
3. Наличие качественной информации.
4. Наличие вычислительной техники и средств передачи информации.

Методы системного анализа в зависимости от содержания

1. Вербальные
2. Графические
3. Экспертные
4. Математические
5. Динамические

Методы системного анализа в зависимости от цели

1. Методы декомпозиции и композиции
2. Методы упрощения систем
3. Методы оценки взаимодействия структурных частей
4. Методы оценки адекватности структурных частей
5. Методы оценки устойчивости систем во времени и пространстве.

Основные понятия и положения системного анализа и системного подхода необходимо знать для применения их в организации и проведении научно-практического исследования.

Как правило, научное исследование проводится по следующим этапам :

- I. Формирование цели и задач исследования.
- II. Организация исследования.
- III. Сбор информации.
- IV. Обработка информации.
- V. Анализ результатов исследования.
- VI. Внедрение результатов исследования в практику и оценка эффективности внедрения.

Рассмотрим последовательно все этапы.

I этап: Формирование цели и задач исследования.

Этот этап включает в себя обоснование актуальности проблемы и цели исследования. **Цель** – это конечный конкретный результат или желаемое состояние, которого можно добиться, работая вместе в команде единомышленников. Цель должна быть сформулирована четко и недвусмысленно. Она должна быть ясной не только автору, но и представителям других специальностей и профессий. Название **темы** должно соответствовать цели исследования.

Для раскрытия поставленной цели необходимо определить **задачи** исследования, т.е. те конкретные действия, которые последовательно ведут к достижению цели исследования. Для небольших исследований намечают обычно 4-6 задач. Большую помощь при формировании цели и задач исследования может оказать **рабочая гипотеза**, т.е. основная идея исследования, предвидение ожидаемых результатов.

Крайне важен анализ литературы по выбранной проблеме с целью оценки степени разработки темы, методов исследований, полученных ранее результатов, а также с целью изучения исторических аспектов проблемы, её возникновения и подходов к решению.

II этап: Организация исследования.

В процессе организационного этапа исследования решается комплекс различных задач. Прежде всего устанавливается объект исследования и единица наблюдения. Под объектом наблюдения понимают **статистическую совокупность**, состоящую из отдельных предметов или явлений - единиц наблюдений, взятых в определённых границах времени и пространства.

Единица наблюдения - первичный элемент статистической совокупности, являющейся носителем признаков, подлежащих регистрации, изучению в ходе исследования. Например, группа пациентов, на которых проводится исследование будет являться объектом наблюдения, т.е. статистической совокупностью, а каждый пациент, входящий в эту группу и являющийся носителем интересующих исследователя признаков, будет единицей наблюдения.

Учитывая необходимость использования современных математических методов и вычислительной техники для обработки данных, вместо привычного деления всех признаков на количественные и качественные в настоящее время используется более подробная классификация признаков:

- количественные признаки (масса тела, рост, возраст, лабораторные данные и т.п.);
- качественные;

- номинальные или классификационные признаки (пол, место жительства, должность, профессия и т.п.);
- порядковые признаки, у которых можно выделить различные степени выраженности изучаемого явления и которые в свою очередь, делятся на расплывчатые (например, результаты лечения: хорошие, удовлетворительные, неудовлетворительные; самооценка здоровья: отличное, очень хорошее, хорошее, удовлетворительное, плохое) и ранговые (например, порядковый номер родов).

В зависимости от отношения между признаками различают факторный (причина) и результативный (следствие) признаки. Приняты и определённые обозначения этих признаков; $y=f(x)$ или $y=f(x_1, x_2, x_3...x_n)$, т.е. от факторного признака x или от группы факторов $(x_1, x_2, x_3...x_n)$. Важное значение имеет всесторонний качественно-логический анализ причинно-следственных закономерностей. Это позволит избежать неправильных выводов, выделить ложные связи, которые могут быть случайно получены в ходе количественного анализа.

Принципиально важным моментом на II этапе является составление **программы исследования**, которая включает в себя составление программы сбора материала, программы обработки и программы анализа.

Программа сбора информации представляет собой перечень признаков, подлежащих изучению в ходе исследования. Эта программа оформляется в виде **регистрационного документа** (анкета, бланк, карта и т.п.), включающего вопросы и признаки, которые исследователь хочет изучить в ходе эксперимента и в дальнейшем заполняется на каждую единицу наблюдения. Для этой цели можно использовать официальные учетные документы или разработать специальный для данного исследования регистрационный документ.

Регистрационный документ должен отвечать определенным требованиям.

- В него должны быть включены обязательные вопросы (номер единицы наблюдения, дата заполнения, название учреждения, паспортная часть, подпись лица, заполнившего документ).
- Формулировка вопросов должна быть однозначной, т.е. предполагать унифицированность заполнения документа для любого лица.
- Документ должен быть удобен для чтения и заполнения, а также для шифровки и обработки данных. Для этой цели используются альтернативные ответы или подсказ ответов.

Программа обработки результатов предполагает составление макетов статистических таблиц, включающих в себя те сочетания признаков, которые исследователь хочет проверить и изучить в ходе эксперимента. **Статистические таблицы** делятся на простые (анализ одного признака), групповые (сочетание двух признаков), комбинационные (сочетание трех и более признаков). Статистические таблицы должны иметь название, отражающее основную закономерность, которая в таблице изучается; итоговые вертикальные и горизонтальные графы и единицы измерения приведенных признаков.

Программа анализа подразумевает разработку рабочей гипотезы исследования, т.е. основной идеи эксперимента.

Важнейшее место на этапе организации исследования принадлежит выбору **метода формирования** статистической совокупности. В зависимости от степени охвата объекта исследования принято различать сплошное и выборочное статистическое исследование. Сплошным называется такое наблюдение, при котором изучаются все единицы наблюдения объекта исследования, т.е. так называемая **генеральная совокупность**.

Выборочное наблюдение - это вид несплошного наблюдения, при котором отбор подлежащих обследованию единиц наблюдения осуществляется случайно из генеральной совокупности, после чего результаты распространяются на всю исходную совокупность. Сформированная таким образом совокупность называется выборочной или **выборкой**.

Для того, чтобы можно было распространить результаты, полученные на части единиц наблюдения, на всю совокупность (объект наблюдения), выборка должна быть репрезентативной.

Репрезентативность - это представительность выборочной совокупности по отношению ко всей (генеральной) совокупности, при этом репрезентативность должна быть количественной и качественной. Под количественной репрезентативностью понимают достаточное число единиц наблюдения в выборке для проявления закона больших чисел. Под качественной репрезентативностью понимают соответствие признаков у единиц наблюдения генеральной и выборочной совокупностей.

Репрезентативность выборки зависит от её численности и от способов формирования выборочной совокупности, т.е. способов отбора единиц наблюдения (способов рандомизации). Главное требование, предъявляемой к отбору - это его случайность (рандомизированный отбор). При этом каждой единице наблюдения обеспечивается одинаковая вероятность попадания в выборку благодаря случайности отбора. Случайность отбора достигается путем выбора и применения адекватного метода рандомизации, что является очень важным моментом в исследовании, от которого будет зависеть полноценность получаемых данных и, в конечном итоге, успех всего исследования. Более подробно этот вопрос рассматривается в теме «Выборочное исследование и оценка его результатов».

Существует много различных классификаций видов научных исследований. В зависимости **от времени регистрации** различают следующие виды исследований:

- Единовременные (в виде пролонгированного исследования или моментного среза)
- Текущее

- Ретроспективное
- Проспективное

В зависимости **от целей исследования** выделяют:

- Deskриптивное (для описания и прогнозирования тенденций)
- Оптимизационное (для решения проблемы и принятия управленческих решений)

В зависимости **от методического подхода** к исследованию со стороны исполнителя различают:

- Пассивные исследования (без активного вмешательства исследователя в изучаемую совокупность или окружающую ее среду)
- Активные исследования
- Поисковые эксперименты (создание специальных условий для совокупности или устранение действия факторов внешней среды)
- Управляемые эксперименты (внесение коррекции в методику исследования в зависимости от получаемых результатов)

Современная классификация видов исследования, которая повсеместно используется за рубежом и постепенно становится общепринятой и у нас в стране, была приведена в разделе эпидемиологии

Важное место при решении организационных вопросов исследования принадлежит так называемому пробному, предварительному (**пилотажному**) исследованию. Это небольшое по численности исследование позволяет решить следующие основные задачи:

- отработать программу исследования;
- проверить различные варианты сбора данных;
- оценить вариабельность (разнообразие) признаков;
- оценить затраты (время, деньги, штаты), необходимые для проведения исследования.

Проведение исследования и получение желаемых результатов во многом зависит от правильности составления **организационного плана**. Организационный план - это документ, в котором представлены вопросы организации и проведения исследования с указанием конкретных сроков. В организационном плане должны найти своё отражение такие вопросы, как обеспечение информационными материалами (регистрационными документами), финансовыми и техническими средствами, кадрами. Необходимо также уточнить время и место проведения исследования.

Все вышеизложенное составляет содержание организационного этапа исследования.

III этап: Сбор информации.

На этом этапе основное внимание должно быть уделено соблюдению правил регистрации, охвату всех включенных в исследование единиц наблюдения, достоверности собранных данных. Нельзя нарушать порядок отбора единиц наблюдения, пропускать, исключать отдельные случаи, подменять отдельные единицы наблюдения другими.

Выбор способа сбора данных определяется целью и задачами исследования и зависит от программы наблюдения, численности обследуемых единиц, уровня подготовки как организаторов исследования, так и изучаемых лиц. В настоящее время наибольшее распространение получили следующие способы сбора данных:

- отчетный, с помощью системы учетно-отчетной документации;
- экспедиционный, при обследовании деятельности отдельных учреждений, служб здравоохранения и т.п.;
- саморегистрация, которая предполагает самостоятельное заполнения обследуемым регистрационного документа;
- анкетный, когда сведения получают при помощи специальных вопросников, анкет, рассылаемых или публикуемых в печати;
- корреспондентский, предполагающий динамическое наблюдение за определенной группой лиц.

В процессе сбора данных необходимо периодически отслеживать качество собранных материалов, контролировать соблюдение принятых на организационном этапе правил и принципов. Все это позволяет правильно собрать доброкачественный статистический материал.

IV этап: Обработка данных.

Собранный в процессе наблюдения статистический материал нуждается в определенной обработке, сведении разнородных данных воедино. Научно организованная обработка материалов наблюдения (по заранее разработанной программе) включает в себя кроме обязательного контроля собранных данных,

шифровки, систематизацию, классификацию (группировку) материала, составление таблиц, получение итоговых и производных показателей.

V этап: Анализ результатов исследования.

На этом этапе важное значение имеет качественный логический анализ полученных результатов. Использование формальных методов обработки данных без должного логического анализа собранного материала и полученных результатов может привести к неправильным выводам.

Анализ результатов проводится с использованием современных математико-статистических методов при условии их соответствии природе изучаемого явления. Их можно разделить на несколько больших групп:

1. Методы расчета обобщающих коэффициентов, характеризующие различные стороны каждого из признаков программы:

- методы расчета относительных величин;
- методы расчета средних величин;
- методы оценки достоверности относительных и средних величин.

2. Методы сравнения различных статистических совокупностей:

- методы оценки достоверности различия обобщающих коэффициентов;
- методы оценки достоверности различия распределения признаков;
- методы стандартизации обобщающих коэффициентов.

3. Методы дифференциации, оценки взаимодействия и интеграции факторов.

Эти методы позволяют решить следующие задачи:

а) разложить многофакторный комплекс на составные факторы, выделяя важные и незначительные;

б) изучить взаимодействие факторов

в) получить интегрированную оценку на основе комплекса факторов. К этой группе относятся :

- дисперсионный анализ;
- корреляционный анализ;
- регрессионный анализ;
- факторный анализ;
- метод главных компонент;
- дискриминантный анализ;
- последовательный анализ.

4. Методы анализа динамики явлений (анализ динамических или временных рядов).

Каждая из этих групп методов статистической обработки результатов требует отдельного рассмотрения и анализа практического применения. При выборе статистического критерия или метода обратите внимание на условия их применения.

VI этап: Внедрение результатов исследования в практику.

Научные исследования заканчиваются внедрением их результатов в практику. В зависимости от цели и задач исследования возможны различные варианты практического использования результатов работы:

- доклад или лекция, практическое занятие для обучения и повышения квалификации;
- опубликование в печати (статья, монография, обзор и т.п.);
- методический материал (рекомендации, инструкция, положение);
- директивный материал (приказ, положение, закон и.др.)

- реорганизация деятельности медицинского учреждения;
- научное открытие, рационализаторское предложение и т.п.

Основные виды ошибок научного исследования

1. Ошибки регистрации
 - Случайные (взаимно погашаются и не влияют на результат исследования)
 - Систематические (плохая юстировка прибора, неоднозначность инструкции, недостаточная унификация методов и т.д. – могут существенно исказить результат исследования)
2. Методические
 - Недостаточность числа наблюдений
 - Нарушение случайности отбора
 - Неправильная группировка данных
 - Использование средних величин в неоднородных группах и другие.
3. Логические
 - Сравнение данных без учета их качественной характеристики
 - Смещение причины и следствия
 - Недоучет взаимосвязи явлений

Задание для самостоятельной работы

В рамках выбранной проблемы провести I и II этапы научно-практического исследования по следующим пунктам (вопросам):

1. Выбрать тему исследования.
2. Сформулировать цель и задачи исследования.
3. Определить единицу наблюдения и перечень учетных признаков.
4. Составить регистрационный документ.
5. Составить макеты таблиц.
6. Выбрать вид исследования (по времени проведения, по охвату совокупности, по цели, по степени участия экспериментатора).
7. Определить место и срок исследования.
8. Выбрать способ сбора информации.
9. Предположить вид внедрения.

Проблемы для самостоятельной разработки

1. Изучение состояния здоровья населения г.Москвы (района).
2. Влияние окружающей среды на состояние здоровья населения.
3. Изучение распространенности факторов риска хронических неинфекционных заболеваний.
4. Изучение эффективности профилактических программ.
5. Изучение отношения населения к собственному здоровью.
6. Роль неправительственных организаций в здравоохранении.
7. Изучение организации и эффективности специализированной медицинской помощи.
8. Роль питания в формировании здоровья населения.
9. Школы общественного здравоохранения.
10. Изучение распространенности и эффективности профилактики инфекционных заболеваний.
11. Самостоятельно выбранная проблема.

Задача-эталон

Проблема: Изучение условий труда врачей – терапевтов в стационаре

Тема: Социально-гигиеническая медико-физиологическая характеристика труда врачей-терапевтов стационара и пути его оптимизации.

Цель: Разработать комплекс мероприятий по оптимизации труда врачей – терапевтов.

Задачи:

1. Изучить социально-гигиенические условия труда врачей-терапевтов стационара и выявить факторы, влияющие на их распространенность.
2. Определить закономерность динамики функционального состояния их организма в течение рабочего дня.
3. Разработать рекомендации по оптимизации режима труда.
4. Экспериментально проверить эффективность предложенных мероприятий.

Единица наблюдения: врач-терапевт городского многопрофильного стационара.

Учетные признаки: пол, возраст, специальность, условия труда, режим труда и отдыха, жалобы на самочувствие, функциональные пробы.

Вид исследования: единовременное, выборочное, оптимизационное.

Способ сбора: анкетный, непосредственные наблюдения.

Виды внедрения: методические рекомендации, нормативные документы.

Место проведения (объект исследования): 55 городских многопрофильных больниц 16-ти городов, расположенных на различных экономико-географических зонах страны.

Срок исследования: I – 2003 г. – XII – 2003 г.

Регистрационный документ

Дата

Больница №

№

Анкета

врача – терапевта городского стационара

1. ФИО
2. Пол м ж
3. Возраст до 30 30 – 40 41 – 50 ст. 50
4. Категория аттестации III II I высшая
5. Стаж работы до 5 лет 5 – 10 11 – 15 16 – 20 ст. 20
6. Стаж работы в стационаре : до 5 лет 5 – 10 11 – 15 16 – 20 ст. 20
7. Условия труда - благоприятные
- неблагоприятные
8. Причины неблагоприятных условий труда:
 - психоэмоциональное напряжение
 - физическое напряжение
 - санитарно-гигиенические условия
9. Факторы психоэмоционального напряжения (оцените по 5-ти бальной системе):
 - необходимость систематического наблюдения за больным
 - многообразие диагнозов
 - тяжесть состояния больного
 - необходимость срочно принимать решение по диагностике и лечению больного
 - конфликтные больные
 - окончание экстренной мед. помощи
 - ночные дежурства
 - сложность контакта с больными, их родственниками и официальными лицами
10. Удовлетворены ли Вы своей специальностью
 да нет
11. Жалобы на самочувствие
 есть нет
12. Если есть, то какие
 - быстрая утомляемость
 - снижение внимания
 - рассеянность

Подпись лица, заполнившего анкету

Макеты таблиц

1. Простая таблица

Распределение врачей – терапевтов по полу (в % к итогу)

	М		Ж		Всего	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Врачи - терапевты						100

2. Групповая таблица

Распределение врачей – терапевтов по полу и возрасту

Врачи - терапевты	Всего больных		Возраст (в годах)								
			До 30		30 - 40		41 - 50		Ст. 50		
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
Мужчины		100									
Женщины		100									
Оба пола		100									

3. Комбинационная таблица

Частота различных жалоб на самочувствие среди врачей – терапевтов в зависимости от пола и возраста (на 100 больных соответствующей группы)

Жалобы	Возраст (в годах)											
	До 30			30 - 40			41 - 50			Ст.50		
	М	Ж	Оба пола	М	Ж	Оба пола	М	Ж	Оба пола	М.	Ж	Оба пола
Быстрая утомляемость												
Снижение внимания												
Рассеянность												
Всего												

Контрольные вопросы

1. Объясните основные положения системного анализа и системного подхода.
2. Назовите основные этапы научного исследования.
3. Раскройте содержание I этапа.
4. В чем заключается II этап?
5. Дайте определение понятия «статистическая совокупность», «единица наблюдения» и приведите примеры.
6. Какие Вы знаете классификации признаков единиц наблюдения?
7. Что включает в себя программа исследования?
8. Что такое регистрационный документ, его виды и требования к составлению?
9. Виды статистических таблиц.
10. Какие Вы знаете виды исследований?
11. Что такое пилотажное исследование.
12. В чем заключается надежность, состоятельность, чувствительность и специфичность метода?
13. Какие вопросы включает план исследования?
14. Какие существуют способы сбора данных?
15. Какие Вы знаете виды внедрения результатов исследования в практику?
16. В чем заключается содержание III этапа?
17. В чем заключается содержание IV этапа?
18. В чем заключается содержание V этапа?
19. В чем заключается содержание VI этапа?
20. Какие Вы знаете шкалы измерения?
21. Назовите основные виды ошибок научного исследования?

Тесты

(Выберите один или несколько правильных ответов)

1. Укажите виды научных статистических исследований в зависимости от времени регистрации
 - А) сплошное
 - Б) текущее
 - В) единовременное
 - Г) выборочное
 - Д) ретроспективное
 - Е) проспективное
2. Пилотажное исследование проводится с целью:
 - А) установления корреляционной зависимости
 - Б) отработки программы сбора материала
 - В) оценки вариабельности признака
 - Г) выбора вида исследования
 - Д) оценки затрат
 - Е) оценки динамики явления
3. Укажите виды научных статистических исследований в зависимости от степени охвата объекта исследования:
 - А) сплошное
 - Б) текущее
 - В) единовременное
 - Г) выборочное

- Д) ретроспективное
 - Е) проспективное
4. Сколько этапов включает в себя научное статистическое исследование?
- А) три
 - Б) четыре
 - В) пять
 - Г) шесть
 - Д) зависит от цели исследования
 - Е) зависит от вида исследования
5. Выберите правильное определение статистической совокупности
- А) группа отдельных единичных наблюдений, объединенных исследователем
 - Б) группа относительно однородных элементов, взятых вместе в известных границах времени и пространства
 - В) объект наблюдения статистического научно-практического исследования

Тема 3. ВИДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ.

ОБОБЩАЮЩИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ. ВАРИАЦИОННЫЙ РЯД И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Цель изучения темы: Научить применять методику вычисления и анализа обобщающих коэффициентов и мер рассеяния для оценки явлений, связанных с общественным здоровьем и здравоохранением.

Для достижения поставленной цели ординатор должен:

Уметь:

- определять виды распределения и выбирать адекватную ему статистику.
- вычислять относительные показатели и их анализировать.
- вычислять средние величины и их оценивать.
- применять обобщающие коэффициенты для оценки общественного здоровья и здравоохранения.
- построить вариационный ряд.
- проверять нормальность распределения.
- вычислять центральные характеристики (mean, moda, mediana) и их оценить.
- определять разнообразие изучаемой совокупности по мерам рассеяния (A, SD, дисперсия, CV).
- уметь применять на практических примерах методику анализа вариационного ряда.
- определять виды распределения и выбирать адекватную ему статистику.
- вычислять относительные показатели и их анализировать.
- вычислять средние величины и их оценивать.
- применять обобщающие коэффициенты для оценки общественного здоровья и здравоохранения
- формулировать выводы и делать обобщающее заключение.

Знать:

- Основные термины и понятия.
- Основные виды распределения.
- Методику расчета и анализа относительных величин (долевых показателей).
- Методику расчета и анализа средних величин.
- Условия и области применения обобщающих коэффициентов в практическом здравоохранении.
- Методику построения вариационных рядов
- Методику проверки нормальности распределения.
- Методику расчета центральных характеристик вариационного ряда (средних величин, моды, медианы), их значение и применение.
- Методику расчета мер рассеяния (амплитуды, стандартного отклонения, дисперсии, коэффициента вариации), их назначение и применение.
- Правило исключения «выскакивающих» вариант.

Основные термины и понятия:

Виды распределений случайной величины (нормальное, биномиальное, альтернативное, Пуассона, асимметричное). Описательная статистика. Абсолютные величины. Обобщающие коэффициенты: относительные величины (доля) (интенсивные, экстенсивные, соотношения и наглядности). Средние величины

(средняя арифметическая, средняя геометрическая).. Параметрическая и непараметрическая статистика.

Вариационный ряд. Варианта. Частота варианты. Накопленная частота (частость). Средняя арифметическая, мода, медиана; среднее квадратическое (стандартное) отклонение, дисперсия, размах (амплитуда), коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, проверка нормальности распределения. Квантили; Правило «трех сигм». «Выскакивающая» варианта.

Краткое содержание учебного материала

В результате сводки материала получают абсолютные числа, которые применяются в анализе для характеристики объема, размера явления (число больниц, число коек, число больных, бюджет здравоохранения и т. д.). При малых числах наблюдений, когда не требуется выявление закономерностей, тоже могут быть использованы абсолютные числа.

Однако в большинстве случаев для анализа полученных данных необходимо предварительно описать полученную статистическую совокупность с помощью ряда параметров. Начинается описание статистической совокупности с расчета и анализа обобщающих коэффициентов. В здравоохранении и медицине чаще всего для этой цели используются относительные величины и средние величины.

Прежде чем приступать к описанию признака, определите его тип и вид распределения! От этого зависит выбор статистического пути его обобщения.

Признаки, или переменные (variables), могут принимать различные конкретные значения (values). Различают следующие виды признаков:

Качественные или номинальные (categorical/nominal) – не поддающиеся непосредственному измерения, например, характеристики пациента: диагноз, пол, профессия, семейное положение. Качественные данные, которые могут быть отнесены только к двум противоположным категориям да – нет, принимающие одно из двух значений (выжил – умер; курит – не курит)) называются **дихотомическими** (dichotomous) .

Порядковые или ранжируемые (ordinal) – эти признаки можно расположить в естественном порядке (ранжировать), но при этом отсутствует количественная мера расстояния между величинами. Примером являются оценка тяжести состояния пациента, стадия болезни, самооценка состояния здоровья. При этом допускается, что тяжелое течение заболевания «хуже», чем среднетяжелое, а очень тяжелое – «еще хуже», однако нельзя сказать во сколько или на сколько хуже. Можно сказать, что порядковые данные занимают промежуточное положение между количественными и качественными типами. Их можно упорядочить как количественные данные, но над ними нельзя производить арифметические действия, как над качественными данными.

Количественные или интервальные (interval) – признаки, количественная мера которых четко определена; наиболее удобный для статистического анализа тип данных.

Количественные признаки могут быть

- **непрерывными** (continuous), принимающими любое значение на непрерывной шкале, например масса тела, температура, биохимические показатели крови;

- **дискретными** (discrete), принимающие лишь определенные значения из диапазона измерения, обычно целые, например, число рецидивов, число детей в семье, число заболеваний у одного больного, число выкуриваемых сигарет.

Для правильного выбора пути статистического анализа необходимо знать вид распределения изучаемого признака.

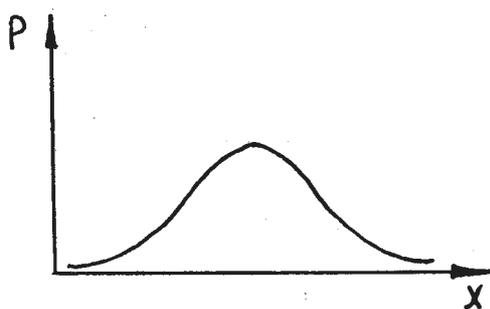
Под **видом распределения** случайной величины понимают соответствие, устанавливаемое между всеми возможными числовыми значениями случайной величины и вероятностями их появления в совокупности.

Вид (закон) распределения может быть представлен:

- аналитической зависимостью в виде формулы;
- в виде графического изображения
- в виде таблицы

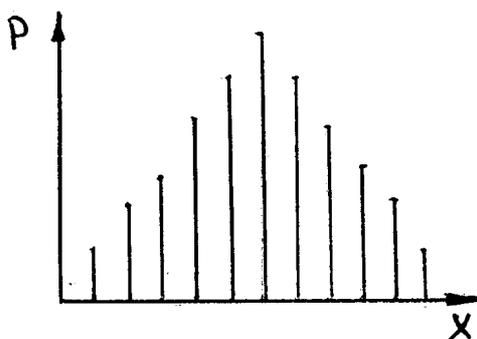
Виды распределений

Нормальное (гауссово, симметричное, колоколообразное) распределение (**normal, Gaussian distribution**) – описывает совместное воздействие на изучаемое явление небольшого числа случайно сочетающихся факторов (по сравнению с общей суммой факторов), число которых неограничено велико. Встречается в природе наиболее часто, за что и получило название «нормального». Характеризует распределение непрерывных случайных величин.



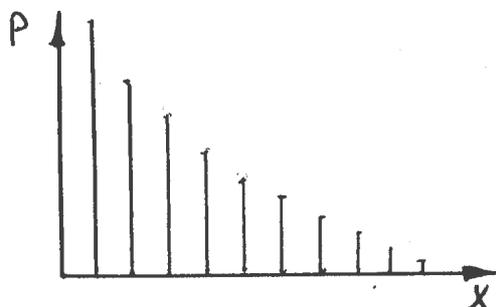
x - значения случайной величины;
p - вероятность появления данного значения в совокупности.

Биномиальное распределение (распределение Бернулли) (**binomial distribution, Bernoulli distribution**) – описывает распределение частоты события, обладающего постоянной вероятностью появления при многократных испытаниях. При большом числе испытаний стремится к нормальному. Крайним вариантом биномиального распределения является **альтернативное** распределение, при котором вся совокупность распределяется на две части (две альтернативы). Биномиальное распределение характеризует распределение дискретных случайных величин.



x - значения случайной величины;
p - вероятность появления данного значения в совокупности.

Распределение Пуассона – описывает события, при которых с возрастанием значения случайной величины, вероятность появления ее в совокупности резко уменьшается. Распределение Пуассона характерно для редких событий и может рассматриваться также как крайний вариант биномиального. Характеризует распределение дискретных случайных величин.



x - значения случайной величины;
p - вероятность появления данного значения в совокупности.

Относительные величины

Качественные и порядковые признаки описываются (обобщаются) путем расчета долевых (частотных) или, как традиционно они называются в отечественной литературе, относительных величин. Относительные величины – обобщающие коэффициенты, выражающие сопоставление (соотношение) двух величин. Они классифицируются в отечественной статистической литературе в зависимости от того, как они рассчитаны и для какой задачи используются. Однако такое разделение отсутствует в зарубежной статистической литературе, и постепенно от него отказываются и у нас в стране.

Этот путь обобщения данных используется при альтернативном распределении, т.е. когда вся изучаемая совокупность делится на две части (две альтернативы) по какому-либо признаку, чаще качественному. Единственный способ описать качественные признаки заключается в расчете доли от общего числа объектов (или пропорции), которая приходится на то или иное значение. Доля может быть выражена в процентах:

$$p = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \cdot 100\% = \frac{n_1}{n} \cdot 100\% ,$$

где n_1 и n_2 – численности альтернативных групп (имеющих не имеющих изучаемый признак), а $n = n_1 + n_2$ – численность всей совокупности.

Эти величины чаще всего используются для характеристики структуры изучаемой совокупности или оценки частоты изучаемого явления в популяции. Масштабирующим коэффициентом может быть 100 (%), 1000 (‰), 10 000 (‱), 100 000 (‱‱).

Графически относительные величины изображаются в виде диаграмм (см. тему «Диаграммы, графики, таблицы»).

Задание для самостоятельной работы по относительным величинам:

1. Рассчитайте требуемые относительные величины (долевые показатели).
2. Представьте их в графическом виде.
3. Сделайте краткий вывод.

Задача – эталон.

Число умерших жителей за истекший год наблюдения составило 2200 человек, из них детей в возрасте до 1 года – 110. Общая численность населения на данной территории составила 200 000 человек.

Каков уровень общей смертности населения и каков удельный вес детей, умерших в возрасте до 1 года?

Общая смертность населения =

$$= (\text{число умерших} / \text{общая численность населения}) \times 1000 =$$

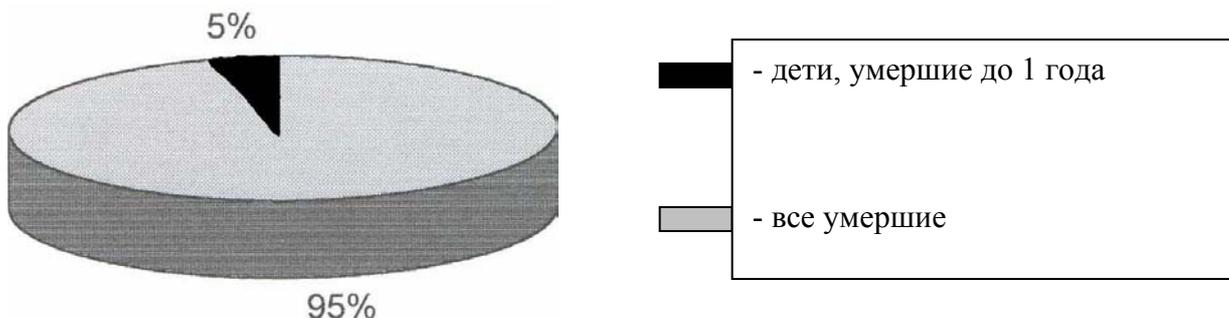
$$= (2200 / 200\ 000) \times 1000 = 11,0\text{‰}$$

Удельный вес умерших до 1 года =

$$= (\text{число детей, умерших в возрасте до 1 года} / \text{число умерших}) \times 100 =$$

$$= (110 / 2200) \times 100 = 5,0\%$$

Рис.1 Удельный вес детей, умерших до 1 года, среди всех умерших на данной территории за истекший год.



Вывод: Уровень общей смертности за истекший год на данной территории составил 11,0 ‰. Удельный вес детей, умерших до 1 года, составил 5% от общего числа умерших.

ЭТАПЫ ОПИСАНИЯ (ОБОБЩЕНИЯ) КОЛИЧЕСТВЕННОГО ПРИЗНАКА

Описание (обобщение) количественного признака проводится по следующим этапам:

1. Определение вида распределения признака.
2. Оценка центральной тенденции изучаемой совокупности..
3. Оценка ее разнообразия (разброса).

Анализ совокупности начинается с установления вида распределения изучаемого признака. Для этого полученные данные представляются в виде вариационного ряда, изображаются графически и делаются соответствующие расчеты.

В случае распределения близкого к нормальному мы вправе для дальнейшего статистического анализа применять параметрическую статистику, если распределение отлично от нормального или при неизвестном распределении рекомендуется применять непараметрическую статистику.

Непараметрические методы:

- -не требуют предварительного знания вида распределения;
- -не требуют предварительного расчета параметров распределения(средних величин, стандартного отклонения и др.);
- -позволяют сравнивать совокупности с номинальными и порядковыми признаками;
- -просты в применении.

Отрицательные стороны непараметрических методов:

- -обладают меньшей мощностью, чем параметрические;
- -имеют существенные ограничения в применении по числу наблюдений.

Вариационный ряд (frequency table)- ранжированный ряд распределения по величине какого-либо признака. Этот признак носит название варьирующего, а его отдельные числовые значения называются вариантами и обозначаются через "х". Число, показывающее, сколько раз данная варианта встречается в вариационном ряду, называется частотой и обозначается через "р"

Вариационный ряд можно разбивать на отдельные (по возможности равные) части, которые называются **квантилями (quantile)**. Наиболее часто употребляемые квантили представлены в таблице.

Название квантилей	Число частей, на которые разбивается ряд
Медиана	2
Терциль	3
Квартиль	4
Дециль	10
Процентиль	100

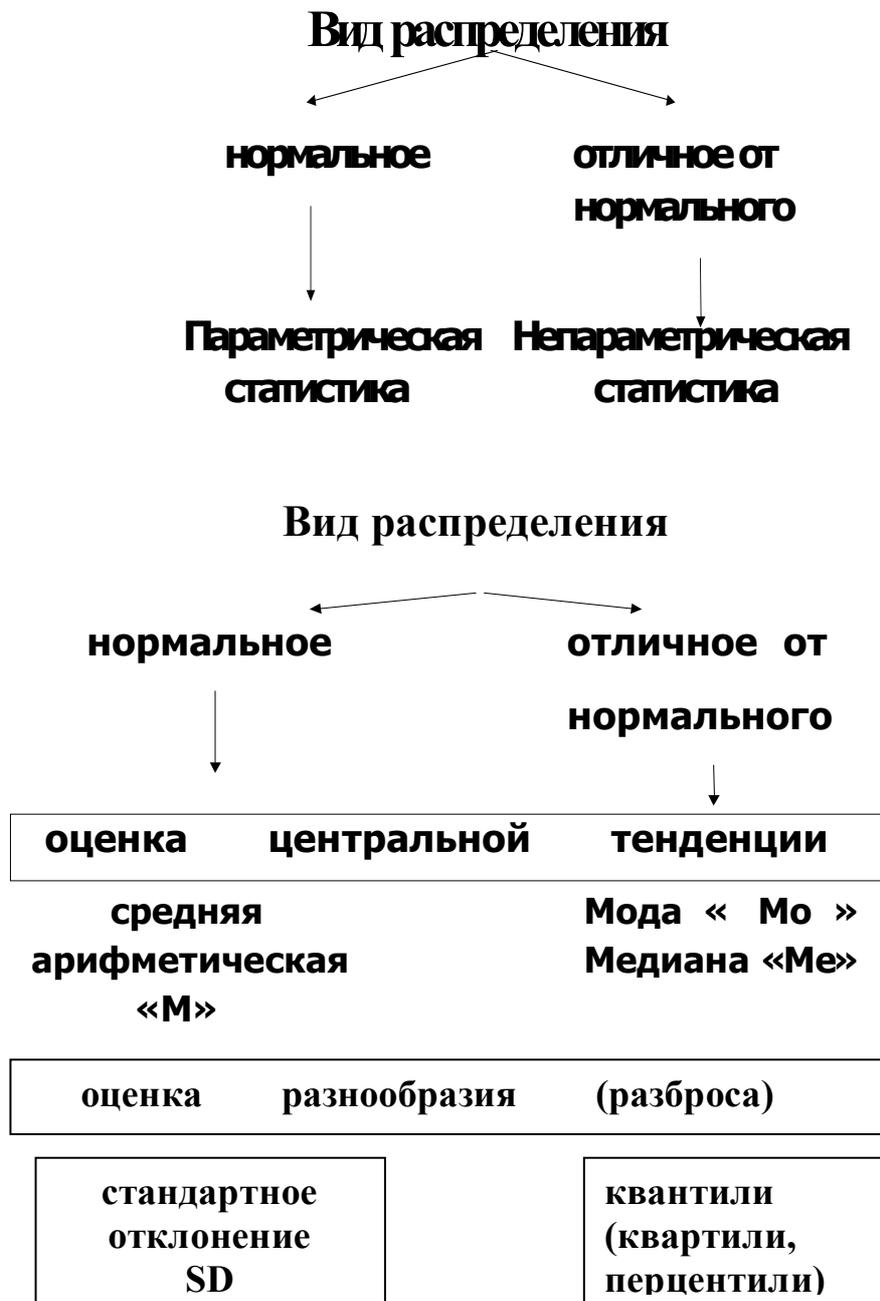
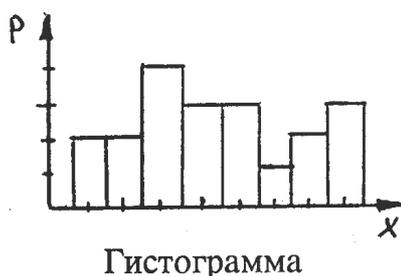


Рис. Этапы описания (обобщения) количественного признака

Виды вариационных рядов:

1. В зависимости от вида случайной величины :
 - дискретный;
 - непрерывный .
2. В зависимости от группировки вариант:
 - негруппированный;
 - сгруппированный (интервальный):
3. В зависимости от частоты, с которой каждая варианта встречается в вариационном ряду:
 - простой ($p = 1$);
 - взвешенный ($p > 1$).

Графическое изображение вариационных рядов



где
 x - варианты;
 p - частоты.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРИАЦИОННОГО РЯДА:

- 1). Показатели, характеризующие **центральную тенденцию (central tendency)** или уровень ряда: средние величины или меры расположения (собственно средние и структурные средние).
- 2). Показатели, характеризующие **разнообразие (рассеяние, вариацию, разброс) (spread)** признака: стандартное отклонение, дисперсия, размах.

Выбор характеристик центральной тенденции и разнообразия признака прежде всего зависит от вида распределения. В случае нормального распределения используют показатели параметрической статистики, в случае распределения, отличного от нормального и при неизвестном виде распределения применяют показатели непараметрической статистики.

Средние величины

Средняя величина - обобщающий коэффициент, который характеризует наиболее типичный размер определенного признака в целом для совокупности или для отдельных ее частей. Расчет средних величин имеет смысл только для качественно однородной совокупности, в связи с этим в одной совокупности может быть столько средних, на сколько однородных групп она может быть разбита.

Виды средних величин

Средняя арифметическая (mean) - применяется, если варианты возрастают (убывают) в арифметической прогрессии.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i \cdot p_i}{n}$$

\bar{x} - средняя арифметическая;
 x_i - варианта;
 p_i - частота встречаемости варианты;
 n - число наблюдений

Свойства средней арифметической

- носит обобщающий характер;
- имеет абстрактное значение;
- алгебраическая сумма отклонений отдельных вариантов от средней равна 0: (сущность средней и способ проверки правильности расчета средней);
- сумма квадратов отклонений отдельных вариантов от средней меньше суммы квадратов отклонений вариантов от любой другой величины, неравной средней;
- сумма произведений отдельных вариантов на свои частоты равна произведению средней на число наблюдений (единство суммарного действия и способ проверки правильности расчета средней);
- если каждую из вариантов увеличить или уменьшить на определенное число (в определенное число раз), то средняя арифметическая увеличится или уменьшится на столько же (во столько же);
- если частоту всех вариантов пропорционально изменить, то средняя арифметическая от этого не изменится.

Средняя геометрическая вычисляется, если варианты возрастают (убывают) в геометрической прогрессии.

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1^{p_1} \cdot x_2^{p_2} \cdot \dots \cdot x_i^{p_i}} = \sqrt[n]{\prod x_i^{p_i}}$$

На практике используют логарифмированную формулу:

$$\log \bar{x}_g = 1/n \cdot (\log x_1 p_1 + \log x_2 p_2 + \log x_3 p_3 + \dots + \log x_i p_i)$$

Структурные средние

Мода (Mo) (mode)- наиболее часто встречающаяся в вариационном ряду варианта.

Мода используется:

- при малом числе наблюдений, когда велико влияние состава совокупности на среднюю ;
- для характеристики центральной тенденции при ассиметричных распределениях, когда велико влияние на среднюю крайних вариант;

Медиана (Me)(median) - варианта, которая делит вариационный ряд на две равные части.

Медиана используется:

- при необходимости знать, какая часть вариант лежит выше и ниже среднего значения ;
- для характеристики центральной тенденции при ассиметричных распределениях .

Характеристики разнообразия вариационного ряда

1. Размах вариации (амплитуда) (range): $A = X_{\max} - X_{\min}$

2. Стандартное отклонение (среднее квадратическое отклонение) (standard deviation, SD)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot p}{n}}$$

- приблизительный расчет стандартного отклонения по амплитуде:

$$\sigma = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{K}$$

где K - коэффициент Ермолаева, рассчитывается по специальной таблице с учетом числа наблюдений.

При числе наблюдений больше 30:

$$\sigma = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{6}$$

Стандартное отклонение наиболее часто используется при определении нормы и патологии, в основе которого лежит "правило трех сигм", справедливое только для нормального распределения.

"Правило трех сигм"

68.3 % всех вариант отклоняются от своей средней не более, чем на σ

95.4% вариант находятся в пределах $X \pm 2\sigma$

99.7% вариант находятся в пределах $X \pm 3\sigma$

Отклонение параметра от его средней арифметической в пределах σ расценивается как норма, субнормальным считается отклонение в пределах $\pm 2\sigma$ и — патологическим - сверх этого предела, т.е. $> \pm 2\sigma$ " (рис.)

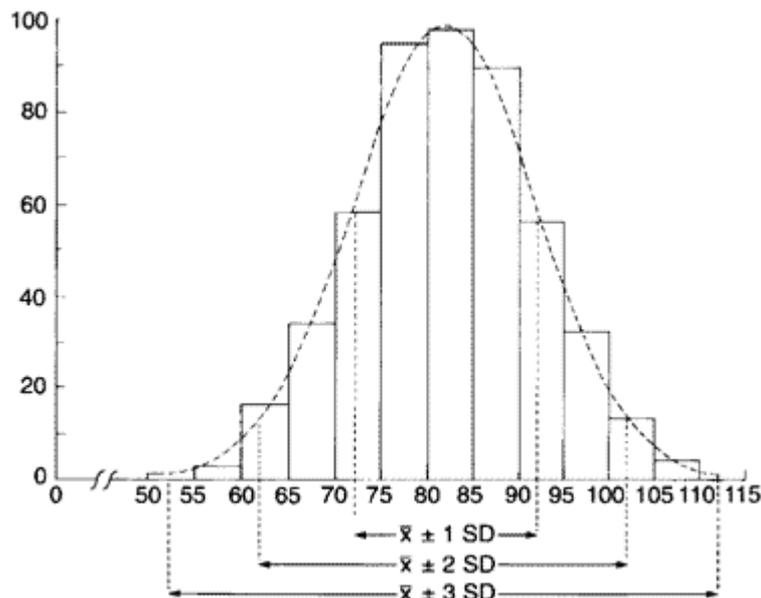


Рис. Правило «трех сигм» (SD – стандартное отклонение).

3. Дисперсия (варианса) (variance)

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot p}{n}$$

При распределении Пуассона дисперсия равна средней: $\sigma^2 = x$.

4. Коэффициент вариации (variation coefficient):

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Вариационный ряд считается однородным при $C_v < 10\%$, обладающим средней вариабельностью (разнообразием) при $C_v = 10-15\%$ и обладающим значительной вариабельностью при $C_v > 15\%$.

Коэффициент вариации используется при сравнении вариационных рядов, имеющих различную размерность, или одной размерности, но обладающими резкими различиями в своих значениях, затрудняющими их сопоставление.

5. Интерквартильный интервал (inter-quartile range, IQR)

Вариационный ряд разбивают на четыре интервала, получая, соответственно, 25%, 50% и 75% квантили; 25% и 75% квантили называют также нижним (low quartile) и верхним квартилями (high quartile). 50% квантиль – это медиана. Внутри интерквартильного интервала (между 25% и 75% квантилями) лежат 50% наиболее типичных (близких к центральному) значений.

Таким образом, в случае нормального распределения вариационный ряд описывается средней величиной и стандартным отклонением, если распределение неизвестно или оно отлично от нормального центральную тенденцию и разброс можно описать с помощью медианы, нижнего и верхнего квартиля (интерквартильным интервалом).

Соответствие экспериментального распределения нормальному проверяется следующими способами:

1. По числам Вестергарда при нормальном распределении в пределах:

$x \pm 0.3 \sigma$ находится 25 % всех единиц наблюдения;

$x \pm 0.7 \sigma$ находится 50 % всех единиц наблюдения;

$x \pm 1.1 \sigma$ находится 75 % всех единиц наблюдения;

$x \pm 3.0 \sigma$ находится 99 % всех единиц наблюдения.

2. По соотношению средней арифметической и структурных средних:

- при нормальном распределении, которое обладает симметричностью:

$$\bar{x} = Me = Mo, \text{ или } \bar{x} = \frac{3Me - Mo}{2}$$

- правило "двух третей" Юла:

$$Mo = 3(Me - 2/3\bar{x})$$

а). если распределение симметрично: $Me = Mo$;

б). если распределение обладает правосторонней асимметрией: $Me > Mo$;

в). если распределение имеет левостороннюю асимметрию $Me < Mo$

3. По коэффициенту асимметрии (skewness):

$$As = \frac{x - Mo}{\sigma}; \quad -3 \leq As \leq +3$$

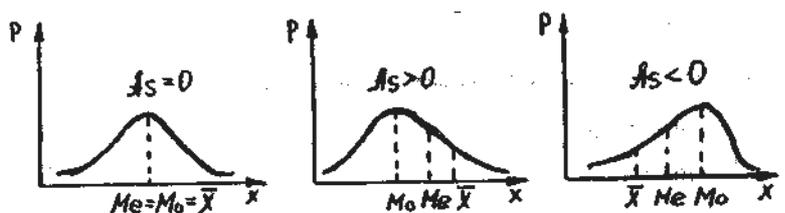
а), если распределение симметрично: $As = 0$

б), при правосторонней асимметрии: $As > 0$

в). при левосторонней асимметрии: $As < 0$

4. Если Me занимает срединное положение между 25-м и 75-м процентилем, то распределение близко к нормальному.

Графическое изображение симметричного и асимметричного распределений:



Так как значительная часть статистических методов (параметрическая статистика) основана на предположении, что распределение близко к нормальному, то, если экспериментальные данные не ложатся на кривую нормального распределения, их пытаются преобразовать таким образом, чтобы полученная кривая соответствовала нормальному распределению. Наиболее часто используются следующие способы "нормализующего преобразования" (**transformation to normality**) данных :

- гармоническое преобразование: $1/x$;
- извлечение квадратного корня: $\sqrt{x_i}$;
- логарифмирование {дает наиболее точное приближение}: $\log x_i$

Успешность преобразования данных оценивают по коэффициенту асимметрии: чем ближе он к 0, тем ближе экспериментальное распределение к нормальному.

Исключение "выскакивающих" вариант.

Иногда в небольших совокупностях встречаются варианты резко отличающиеся по своему значению от других, так называемая «**выскакивающая**» **варианта (outlying case)**. Если данное отличие обусловлено случайными колебаниями изучаемой величины, то такие варианты оставляют в совокупности и включают в общее число наблюдений. Если отличие обусловлено ошибками в исследовании или ее причину точно нельзя установить, то "выскакивающие" варианты необходимо исключить из исследования. Методика исключения вариант:

- рассчитываются средняя величина и стандартное отклонение без учета "выскакивающих" вариант;
- анализируется соотношение:
 - если $X_{\text{выск}} - x > \sigma * f$, то "выскакивающая" варианта исключается из исследования;
 - если $X_{\text{выск}} - x < \sigma * f$ то "выскакивающая" варианта должна быть оставлена в общем числе наблюдений.

При этом f - коэффициент Романовского, который определяется по специальной таблице с учетом числа наблюдений и вероятностью исключения варианты.

Задание для самостоятельной работы по средним величинам и мерам рассеяния:

1. Сформируйте вариационный ряд из предложенных данных.
2. Вычислите среднюю величину, стандартное отклонение, моду, медиану, коэффициент вариации (оцените его).
3. Можно ли считать, что предложенный для анализа признак имеет нормальное распределение?

Задача – эталон

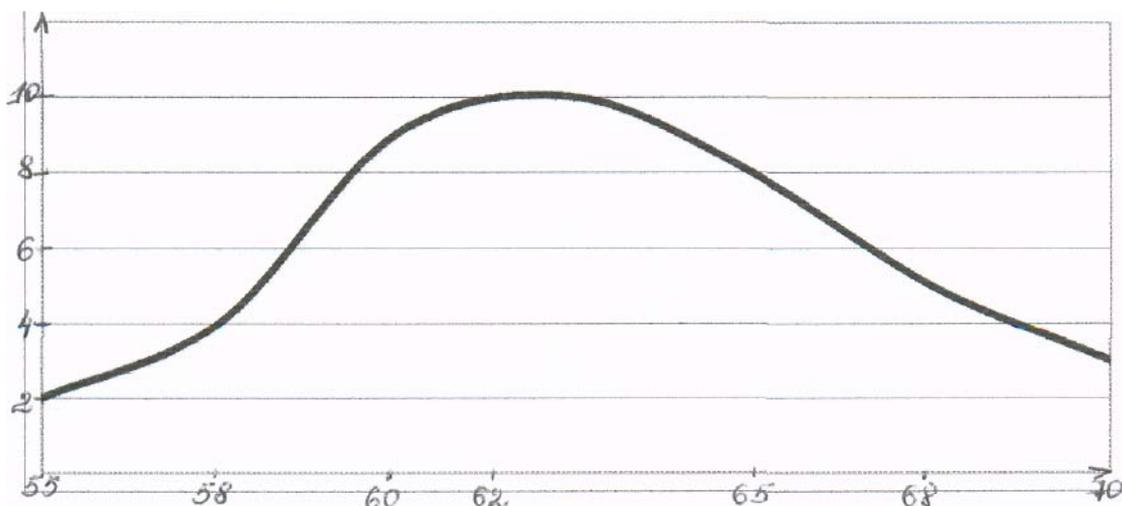
Приведены результаты измерения частоты пульса у некурящих студентов-медиков в возрасте 20 лет:

68,58,65,55,70,62,60,65,70,58,62,58,62,60,60,65,62,55,62,58,60,70,62,65,60,68,65,62,68,65,60,62,60,68,65,60,62,60,65,62,68

Построим вариационный ряд:

x	55	58	60	62	65	68	70
n	2	4	9	10	8	5	3

Графическое изображение распределения результатов измерения частоты пульса у студентов-медиков



Средняя величина – средняя частота пульса у некурящих студентов-медиков

$$x = \frac{\sum(x * p)}{n}$$

$$X = 2 \times 55 + 4 \times 58 + 9 \times 60 + 10 \times 62 + 8 \times 65 + 5 \times 68 + 3 \times 70 / 41 = 2572 / 41 = 62,73 \text{ ударов в минуту}$$

$$M_0 = 62 \text{ удара в минуту}$$

$$M_e = 62 \text{ удара в минуту}$$

Стандартное отклонение $\delta = \sqrt{\frac{\sum(xi - x) * p}{n}} = \sqrt{\frac{711,29}{41}} = 4,2 \text{ уд. в минуту}$

Коэффициент вариации $CV = \frac{\delta}{x} \times 100 = \frac{4,2}{62,7} \times 100 = 6,7\%$

Проверка нормальности распределения

Коэффициент асимметрии $g = \frac{x - M_0}{\delta} = \frac{62,7 - 62,0}{4,2} = 0,16$

Вывод: Так как коэффициент асимметрии близок к 0, можно предположить нормальное распределения. Тогда центральная тенденция оценивается по средней величине, $x=62.7$ уд. в минуту (частота пульса у некурящих студентов-медиков), а разброс характеризует стандартное отклонение $\delta = 4,2$ уд. в минуту. Так как коэффициент вариации $CV < 10\%$ ($CV=6,7$), то изучаемую совокупность можно считать однородной.

Контрольные вопросы:

1. Приведите примеры использования в здравоохранении абсолютных чисел для анализа явлений и процессов.
2. Почему при анализе результатов исследования возникает потребность в обобщении полученных данных и каковы основные виды этого обобщения?
3. Назовите виды относительных величин и приведите примеры их использования в анализе общественного здоровья.

4. Назовите виды средних величин, условия их использования и приведите примеры их практического применения.
5. Что такое вид распределения случайной величины и какие виды распределения знаете (примеры)?
6. Проведите сравнительный анализ параметрической и непараметрической статистики.
7. Для чего необходимо формирование вариационного ряда и каковы его правила?
8. Покажите на примерах виды вариационных рядов.
9. Расскажите об основных направлениях анализа вариационного ряда.
10. Какие характеристики относятся к показателям центральной тенденции ряда и каково их практическое применение?
11. Что такое «меры рассеяния» и какие показатели к ним относятся?
12. Опишите достоинства и недостатки критериев разнообразия вариационного ряда.
13. В чем заключается правило «трех сигм» на конкретных примерах здравоохранения?
14. Как проверить нормальность распределения?
15. В чем заключается правило исключения «выскакивающих» вариант?

Тесты

(Выберите один или несколько правильных ответов)

1. Модой называется:

- А. Варианта с наибольшей частотой
- Б. Варианта с наименьшей частотой
- В. Варианта, находящаяся в середине ряда
- Г. Выскакивающая варианта

Ответ: А

2. Медианой называется:

- А. Варианта с наибольшей частотой
- Б. Варианта с наименьшей частотой
- В. Варианта, находящаяся в середине ряда
- Г. Выскакивающая варианта

Ответ: В

3. Какая зависимость между степенью разнообразия вариационного ряда и значением среднего квадратического отклонения:

- А. Прямая
- Б. Обратная

Ответ: А

4. Коэффициент вариации применяется в целях:

- А. Определения разности между наибольшей и наименьшей вариант
- Б. Определения частоты вариант в вариационном ряду
- В. Сравнения признаков, выраженных в разных единицах измерения

Ответ: В

5. Средняя арифметическая величина применяется для:

- А. Обобщения качественных признаков
- Б. Обобщения числовых значений варьирующего признака
- В. Выявления взаимосвязи между явлениями

Ответ: Б

6. Из всех видов распределения в медико-биологических исследованиях наиболее часто встречается:

- А. Биномиальные
- Б. Нормальное
- В. Пуассона
- Г. Альтернативное
- Д. Все вышеперечисленные встречаются с одинаковой частотой

Ответ: Б

7. Основным условием применения параметрических методов анализа является:

- А. Формирование случайной выборки
 - Б. Наличие двух независимых выборок
 - В. Корреляционная связь между признаками
 - Г. Невозможность применения непараметрических методов
 - Д. Нормальное распределение признака
- Ответ: Д

8. Вариационный ряд состоит из:

- А. Набора вариант
 - Б. Набора ошибок репрезентативности
 - В. Набора частот
 - Г. Набора отклонений
- Ответ: А, В

9. Укажите виды вариационных рядов:

- А. Непрерывный
 - Б. Частотный
 - В. Полный
 - Г. Прерывный (дискретный)
 - Д. Интервальный (сгруппированный)
- Ответ: А, Г, Д

10. К показателям разнообразия вариационного ряда относятся

- А. Размах (амплитуда)
 - Б. Мода
 - В. Медиана
 - Г. Среднее квадратическое отклонение
 - Д. Коэффициент вариации
- Ответ: А, Г, Д

11. Укажите виды средних арифметических величин:

- А. Простая
 - Б. Взвешенная
 - В. Алгебраическая
 - Г. По способу моментов
 - Д. Квадратическая
- Ответ: А, Б, Г

12. Для графического изображения структурных показателей следует применять:

- А. Столбиковые диаграммы
 - Б. Секторные диаграммы
 - В. Линейные графики
 - Г. Внутрестолбиковые диаграммы
 - Д. Диаграммы рассеивания
- Ответ: Б, Г

13. Для графического изображения динамики изучаемого явления следует применять:

- А. Линейные графики
 - Б. Радиальные графики
 - В. Секторные диаграммы
 - Г. Внутрестолбиковые диаграммы
 - Д. Все вышеперечисленное
- Ответ: А, Б

14. Статистические таблицы:

- А. Являются рациональной формой представления сводных количественных данных
 - Б. Должны иметь четкое и краткое заглавие, отражающее содержание статистического материала
 - В. Не требуют итоговых граф/строк
 - Г. Используются для группировки материалов статистического наблюдения
 - Д. Содержат только абсолютные величины
- Ответ: А, Б, Г

15. К статистической таблице можно отнести:

- А. Таблицу умножения

- Б. Таблицу, содержащую показатели заболеваемости населения
 - В. Таблицу «Периодическая система элементов Д.И. Менделеева»
 - Г. Таблицу, характеризующую численность населения по полу и возрасту
 - Д. Табличную форму анкеты
- Ответ: Б, Г

16. Перцентилями называют значения изучаемого количественного признака:

- А. Повторяющиеся в вариационном ряду с наибольшей частотой
 - Б. Делящие вариационный ряд на десять равных частей
 - В. Находящиеся в центре вариационного ряда
 - Г. Делящие вариационный ряд на сто равных частей
 - Д. Делящие вариационный ряд на четыре равновеликие части
- Ответ: Г

17. Квартили – это значения изучаемого количественного признака:

- А. Повторяющиеся в вариационном ряду с наибольшей частотой
 - Б. Делящие вариационный ряд на десять равных частей
 - В. Находящиеся в центре вариационного ряда
 - Г. Делящие вариационный ряд на сто равных частей
 - Д. Делящие вариационный ряд на четыре равновеликие части
- Ответ: Д

18. Децили – это значения изучаемого количественного признака:

- А. Повторяющиеся в вариационном ряду с наибольшей частотой
 - Б. Делящие вариационный ряд на десять равных частей
 - В. Находящиеся в центре вариационного ряда
 - Г. Делящие вариационный ряд на сто равных частей
 - Д. Делящие вариационный ряд на четыре равновеликие части
- Ответ: Б

Тема 5. ВЫБОРОЧНЫЙ МЕТОД И ОЦЕНКА ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ

Цель изучения темы: Научить организации и проведению выборочного исследования, а также интерпретации его результатов.

Для достижения поставленной цели ординатор должен:

Уметь:

- Сформировать репрезентативную по количеству и качеству выборку.
- Вычислять ошибку репрезентативности для средних и относительных величин в больших и малых выборках
- Вычислять доверительный интервал для средних и относительных величин и уметь правильно его интерпретировать.

Знать:

- основные термины и понятия.
- методы формирования репрезентативной выборки.
- точечную оценку параметра.
- интервальную оценку параметра.

Основные термины и понятия

Закон больших чисел. Генеральная совокупность. Выборочная совокупность (выборка), репрезентативность выборки (качественная и количественная), рандомизированный отбор, методы формирования выборки (случайный, механический, типический, серийный, когортный, парный, моментный срез).

Оценка параметра, ее состоятельность, несмещенность и эффективность. Достоверность результатов и ее оценка.

Точечная оценка параметра, ошибка репрезентативности, критерий достоверности t (Стьюдента), уровень значимости, предельная ошибка выборки, интервальная оценка, доверительный интервал. Определение объема выборки.

Краткое содержание учебного материала

Выборочное наблюдение - вид несплошного наблюдения, при котором отбор подлежащих обследованию единиц наблюдения из **генеральной совокупности (population)** осуществляется случайно, отобранная часть (**выборка (sample)**) подвергается обследованию, после чего результаты распространяются на всю исходную совокупность.

Положительные стороны выборочного метода:

- может быть единственным доступным способом сбора данных, если единицы наблюдения во время исследования подвергаются порче или уничтожению;
- экономичность;
- сжатые сроки исследования, что ускоряет получение результата;
- большая точность получения результата за счет уменьшения случайных ошибок при сборе материала;
- возможность задать надежность и точность исследования.

Отрицательные стороны выборочного метода:

- неизбежна ошибка в исследовании, связанная с тем, что не все единицы наблюдения подвергаются отбору;
- может быть нежелательным, если по официальным предписаниям необходимо регистрировать каждую единицу наблюдения;
- для редких событий малые выборки могут не накопить достаточного числа случаев;

- при социологических исследованиях может вызвать чувство дискриминации у населения.

Эпидемиологические аспекты выборочного исследования были подробно рассмотрены в соответствующем разделе (часть 1). Здесь мы остановимся на статистических аспектах данной проблемы, хотя эти два подхода неразрывно связаны между собой, составляя единую оболочку для научного исследования.

Основное требование, предъявляемое к формированию выборки – **случайность отбора** единиц наблюдения из генеральной совокупности, при котором каждой единице наблюдения обеспечивается равная вероятность попадания в выборку (**рандомизированный отбор**) (**randomization**).

Виды выборок:

1. *В зависимости от способа отбора единиц наблюдения (от способа организации совокупности):*

- **случайная**: отбор единиц наблюдения производится непосредственно из генеральной совокупности. Случайность отбора достигается путем применения жеребьевки или использования таблицы случайных чисел. Различают бесповторную выборку и повторную (после регистрации единицы вновь возвращаются в генеральную совокупность)
- **механическая**: генеральная совокупность разбивается на равные части, из которых затем в заранее обусловленном порядке отбирают единицы наблюдения под определенным номером (например, каждую пятую), так, чтобы обеспечить необходимое число наблюдений.
- **типологическая (типическая)**: генеральная совокупность разбивается на качественно однородные по изучаемому признаку группы, а затем из этих групп производят случайный отбор необходимого числа единиц наблюдения; объем выборки в каждой типической группе устанавливается пропорционально ее удельному весу в генеральной совокупности (пропорциональный отбор), а иногда и с учетом вариации в ней изучаемого признака (оптимальный отбор)
- **серийная (гнездовая)**: отбору подлежат не отдельные единицы наблюдения, а целые их группы (серии или гнезда), в составе которых единицы наблюдения связаны определенным образом: территориально (районы, селения и др.) или организационно (студенческие группы, больницы, предприятия и др.) и которые отбираются из генеральной совокупности по принципу случайного или механического отбора. Внутри серии производится сплошной отбор единиц наблюдения.
- **комбинированная**

2. *По этапам отбора:*

- одноступенчатая
- многоступенчатая

3. *В зависимости от числа программ отбора:*

- однопрограммная (однорядная)
- многопрограммная (многорядная)

Модификации видов выборок:

- метод направленного отбора
- метод парных выборок
- когортный метод
- метод моментного среза

Теоретическая основа выборочного метода

Взаимосвязь статистических показателей выборочной и генеральной совокупностей определяется законом больших чисел, выражаясь в теореме П. Л.Чебышева: чем больше число некоторых случайных величин, тем их средняя арифметическая ближе к средней арифметической генеральной совокупности, т.е. тем меньше разница между показателями выборочной и генеральной совокупностей. По мере увеличения числа наблюдений вероятность осуществления приближения показателя выборки к показателю генеральной совокупности становится все больше, стремясь к единице, если число наблюдений стремится к бесконечности. Для того, чтобы могла проявиться эта закономерность, выборка должна быть репрезентативна (представительна) по отношению к генеральной совокупности.

Репрезентативность - это способность выборочной совокупности как количественно, так и качественно отражать свойства генеральной совокупности. Количественная репрезентативность достигается достаточностью числа наблюдений, качественная - соответствием признаков единиц наблюдения в выборочной и генеральной совокупностях.

Любое значение параметра, вычисленное на основе ограниченного числа наблюдений, непременно содержит элемент случайности. Такое приближенное, случайное значение называется **оценкой параметра**. Оценка параметра должна быть доброкачественной, что определяется тремя факторами, которые дают наименьшие ошибки расхождения показателей выборочной и генеральной совокупностей:

- состоятельность оценки, т.е. при увеличении числа наблюдений оценка параметра приближается к его значению в генеральной совокупности;
- несмещенность оценки, т.е. при оценке отсутствуют систематические ошибки в сторону завышения или занижения параметра генеральной совокупности;
- эффективность оценки, т.е. оценка должна обладать минимальной вариабельностью.

Как правило проводят точечную и интервальную оценку параметра.

Точечная оценка параметра

Точечная оценка параметра выражается в **ошибке репрезентативности (standard error)**, которая показывает на сколько отличаются обобщающие коэффициенты (показатели), полученные при выборочном исследовании, от тех коэффициентов, которые могли бы быть получены при сплошном исследовании.

Вычисление ошибки репрезентативности (m):

1. Для количественных признаков: $m_x = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$;

2. Для номинальных и порядковых признаков: $m_p = \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}$;

при показателях (коэффициентах), близких к 0 или к 100%:

$$m_p = \frac{t^2 \cdot 100}{n + t^2}$$

3. При распределении Пуассона:

$$m = \sqrt{\frac{x}{n}}$$

Условные обозначения:

σ - стандартное отклонение (sample variance)

n - число наблюдений в выборке (sample size)

- p - частота появления признака в совокупности (significance level)
- q - показатель, альтернативный
- t - доверительный коэффициент
- x - средняя величина (sample mean)

Способы, уменьшающие ошибку репрезентативности:

- увеличение числа наблюдений
- уменьшение вариабельности признака

Интервальная оценка параметра

Знание величины ошибки репрезентативности недостаточно, чтобы быть уверенным в результатах выборочного исследования, т.к. конкретная ошибка одного выборочного наблюдения может быть больше (меньше) средней ошибки выборки. Поэтому на практике определяют так же пределы возможных ошибок выборки или **предельную ошибку выборки (Δ)**. Т.к. предельная ошибка может быть как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения, то говорят о **доверительном интервале** или **доверительных границах (confidence interval, CD)**, в пределах которых будет находиться показатель генеральной совокупности на основании данных выборочного исследования

Выход результата за пределы доверительных границ в следствие случайных колебаний имеет незначительную вероятность. Пределы возможных отклонений, выраженные в долях t, оценивают по формуле:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{x}}{m_x}; \quad \bar{x} - \bar{x} = t \cdot m_x; \quad \Delta = t \cdot m_x;$$

где

x - значение показателя в выборке

x - значение показателя в генеральной совокупности

m - ошибка репрезентативности

t - доверительный коэффициент (критерий достоверности или критерий Стьюдента), который показывает с какой вероятностью данные выборки совпадут с данными генеральной совокупности.

Существует таблица соответствия интеграла вероятности-и значения t (Таблица Стьюдента). При числе наблюдений больше 30 можно пользоваться следующей закономерностью: вероятности безошибочного прогноза p = 0,68 приблизительно соответствует t ≅ 1; при p = 0,95 t ≅ 2, при p = 0,99 t ≅ 3.

При малом числе наблюдений (не более 30) вероятности нахождения выборочных значений в пределах значений t, которые характерны для больших выборок, значительно снижаются, т.е. для достижения тех же вероятностей нужно взять значительно большие интервалы $x \pm tm$. В этих случаях оперируют значениями t, приведенными в таблице Стьюдента.

Для большинства медицинских исследований допускают p = 0,95 или 95%. В этом случае вероятность выхода результата выборочного исследования за границы доверительного интервала, т.е. вероятность ошибки составляет 0,05 или 5%. Поэтому говорят, что результат исследования получен с уровнем значимости 0,05 (p=0,05). При необходимости более строгой оценки p=0,99 (99%), вероятность ошибки составит 0,01 (1%) и следовательно уровень значимости будет p=0,01

Часто на практике необходимо оценить надежность и точность исследования, т.е. нужно знать, к каким ошибкам может привести замена параметра (результата в генеральной совокупности) его точечной оценкой (результатом в выборке с учетом ошибки репрезентативности) и с какой уверенностью можно ожидать, что эти ошибки не выйдут за известные пределы.

Точность оценки определяется доверительным интервалом (границами), надежность оценки определяется доверительной вероятностью, с которой оценка воспроизводится в

пределах доверительных границ. Чем выше точность исследования, тем меньше его надежность. В результате при больших доверительных границах, уровень вероятности (или уровень значимости) может не достигать значений, принятых для медицинских исследований

Определение доверительных границ (доверительного интервала):

- для количественных признаков

$$\bar{x} = \bar{x} \pm t \cdot m_x; \bar{x} - t \cdot m_x \leq \bar{x} \leq \bar{x} + t \cdot m_x;$$

- для номинальных и порядковых признаков

$$\bar{p} = \bar{p} \pm t \cdot m_p; \bar{p} - t \cdot m_p \leq \bar{p} \leq \bar{p} + t \cdot m_p.$$

Определение объема выборки

1. По специальным таблицам с заданной предельной ошибкой (таблица Боярского)
2. По формулам:
 - а) для количественных признаков:
 - при неизвестной численности генеральной совокупности:

$$n = \frac{\sigma^2 \cdot t^2}{\Delta^2};$$

- при известной численности генеральной совокупности:

$$n = \frac{\sigma^2 \cdot t^2 \cdot N}{\Delta^2 \cdot N + \sigma^2 \cdot t^2};$$

б) для номинальных и порядковых признаков:

- при неизвестной численности генеральной совокупности:

$$n = \frac{p \cdot q \cdot t^2}{\Delta^2};$$

- при известной численности генеральной совокупности:

$$n = \frac{p \cdot q \cdot t^2 \cdot N}{\Delta^2 \cdot N + p \cdot q \cdot t^2};$$

в) при выборке по методу контрольных групп или парных групп:

- если число наблюдений в группах одинаково:

для количественных признаков:

$$n = \frac{\sigma_1^2 \cdot t^2 + \sigma_2^2 \cdot t^2}{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2};$$

для номинальных признаков:

$$n = \frac{p_1 \cdot q_1 \cdot t^2 + p_2 \cdot q_2 \cdot t^2}{(p_1 - p_2)^2};$$

- если число наблюдений в группах неодинаково:

- для количественных признаков:

$$n_1 = \frac{t^2 \cdot \sigma_1^2}{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}; \quad n_2 = \frac{t^2 \cdot \sigma_2^2}{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2} \cdot \frac{t^2 \cdot \sigma_1^2}{n_1}$$

для номинальных признаков:

$$n_1 = \frac{p_1 \cdot q_1 \cdot t^2 + p_2 \cdot q_2 \cdot t^2}{(p_1 - p_2)^2}$$

$$n_2 = \frac{t^2 \cdot p_2 \cdot q_2}{(p_1 - p_2)^2 - \frac{t^2 \cdot p_1 \cdot q_1}{n_1}}$$

Условные обозначения:

σ – стандартное отклонение;

t - доверительный коэффициент,

n - число наблюдений в выборке;

Δ - предельная ошибка выборки;

p - частота появления признака в совокупности;

q - показатель, альтернативный p;

N – число наблюдений в генеральной совокупности.

Расчет объема выборки производят на начальных этапах исследования, когда неизвестны параметры распределения и предельная ошибка. Источниками для определения σ и Δ служат:

- результаты пилотажного исследования;
- данные литературы (аналогичные исследования);

Как крайний вариант определения этих параметров для альтернативного распределения можно взять максимально возможное значение $\sigma^2 = p \times q = 0.5 \times 0.5 = 0,25$, что существенно увеличивает необходимый объем наблюдений. Для количественных признаков приблизительное значение σ можно определить как

$$\sigma = \frac{X_{max} - X_{min}}{6},$$

что также увеличивает необходимый объем выборки.

3. Объем выборки зависит от чувствительности критерия. С увеличением объема выборки чувствительность критерия увеличивается. Расчет чувствительности – важный этап планирования исследования.

Задание для самостоятельной работы

1. По условию задачи определите генеральную совокупность, на которую предполагается перенести результаты данного выборочного исследования.
2. Проведите точечную оценку параметра выборочной совокупности.
3. Проведите интервальную оценку параметра выборочной совокупности.
4. Сделайте соответствующие выводы.

Задача – эталон

При медицинском осмотре 300 учащихся специализированных школ и колледжей в 48,0% случаев были выявлены жалобы на головную боль и быструю утомляемость.

1. Генеральной совокупностью в данном случае являются все учащиеся специализированных школ и колледжей.
2. Точечная оценка параметра (расчет ошибки репрезентативности):

$$m_p = \pm \frac{pq}{\sqrt{n}} = \pm \frac{48 \times 52}{\sqrt{300}} = \pm 2,9(\%),$$

- где p - частота признака в изучаемой совокупности (48%)
q- альтернативный “p” показатель (100%-48%=52%)
n – число наблюдений (300)

3. Интервальная оценка параметра (определение доверительного интервала)

Будем определять доверительный интервал с вероятностью безошибочного прогноза 0,95 или вероятностью ошибки (уровнем значимости) 0,05.

Тогда доверительный критерий «t» при условии, что число наблюдений больше 30 (в нашем случае – 300) можно условно принять равным 2.

Теперь найдем доверительный интервал:

$$P_{\text{ген}} = P_{\text{выб}} \pm t_m = 48\% \pm 2 * 2,9\% = 48\% \pm 5,8\% \quad 42,2\% \leq p \leq 53,8\%$$

Вывод: По данным выборочного исследования частота жалоб на головную боль и быструю утомляемость среди учащихся специализированных школ и колледжей будет находиться в пределах от 42,2% до 53,8% ($p = 0,95$ или $p = 0,05$).

Контрольные вопросы

1. В чем суть выборочного исследования и каковы основные области его применения?
2. Покажите положительные и отрицательные стороны выборочного исследования.
3. Приведите примеры выборочных исследований из общественного здравоохранения.
4. Дайте определение выборки и понятия ее репрезентативности.
5. Какие вы знаете методы формирования выборки?
6. Что такое рандомизированный отбор?
7. Что понимается под оценкой параметра генеральной совокупности и какие требования к ней предъявляются?
8. Что понимается под оценкой достоверности результатов исследования и уровнем значимости его?
9. В чем заключается точечная оценка параметра генеральной совокупности?
10. Объясните суть ошибки репрезентативности и пути ее минимизации.
11. В чем заключается интервальная оценка параметра генеральной совокупности и как она проводится?
12. Какие способы определения объема выборки вы знаете?

Тесты

(Выберите один или несколько правильных ответов)

1. Какое из приведенных ниже требований к выборочной совокупности является основным:

- А. Однородность
- Б. Типичность
- В. Репрезентативность
- Г. Достаточность количества наблюдений
- Д. Качественность

Ответ: В

2. Для большинства медико-биологических исследований оптимальной является вероятность безошибочного прогноза:

- А. 60,0%
- Б. 68,3%
- В. 95,5%
- Г. 99,7%
- Д. 100%

Ответ: В

3. В основе выборочного метода исследования лежит закон:

- А. Нормального распределения
 - Б. Бесконечности пространства
 - В. Больших чисел
- Ответ: В

4. Главным свойством выборки является:

- А. Вариабельность
 - Б. Достоверность
 - В. Репрезентативность
- Ответ: В

5. Главным требованием к формированию выборки является:

- А. Направленность отборки
 - Б. Случайность отбора
 - В. Точность отбора
- Ответ: Б

6. Под количественной репрезентативностью понимается:

- А. Охват всех возможных единиц наблюдений
 - Б. Количественное соотношение изучаемых признаков
 - В. Достаточное число наблюдений
- Ответ: В

7. Под качественной репрезентативностью понимается:

- А. Качественная полноценность выборочной совокупности
 - Б. Соответствие признаков единиц наблюдения в выборочной и генеральной совокупностях
 - В. Наличие качественных признаков в выборочной совокупности
- Ответ: Б

8. Ошибка репрезентативности показывает:

- А. Степень разнообразия изучаемого признака
 - Б. На сколько отличаются показатели выборочной и генеральной совокупностей
 - В. Уровень вероятности безошибочного прогноза
- Ответ: Б

9. Что такое малая выборка?

- А. $n \leq 100$
 - Б. $n \leq 50$
 - В. $n \leq 30$
- Ответ: В

10. Под доверительным интервалом понимают:

- А. Пределы возможных колебаний показателя в генеральной совокупности
 - Б. Интервал, в пределах которого колеблется средняя арифметическая в вариационном ряду
 - В. Доверительный коэффициент
- Ответ: А

11. Репрезентативность выборки должна быть:

- А. Качественной
 - Б. Количественной
 - В. Полной
 - Г. Случайной
 - Д. Характеризуется всеми вышеперечисленными признаками
- Ответ: А, Б

12. Величина доверительного коэффициента (t) определяется:

- А. Уровнем вероятности
- Б. Разнообразием
- В. Способом расчета показателя
- Г. Всем вышеперечисленным

Д. Ничем из вышеперечисленного

Ответ: А

13. Что устанавливает закон больших чисел?

А. Распределение случайных величин с заданной достоверностью

Б. Тенденцию показателя выборочной совокупности при увеличении числа наблюдений максимально приближаться к генеральной совокупности

В. Закономерную устойчивость некоторых средних в массовых случайных явлениях

Г. Все вышеперечисленное

Ответ: Б

14. Основными методами формирования выборки являются:

А. Типологический

Б. Механический

В. Качественный

Г. Случайный

Д. Серийно-гнездовой

Ответ: А, Б, Г, Д

Тема 6. МЕТОДЫ СРАВНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ СОВОКУПНОСТЕЙ.

Цель изучения темы: Научить выбирать и применять адекватный природе изучаемого признака и условиям эксперимента метод сравнения статистических совокупностей и правильно интерпретировать его результаты.

Для достижения поставленной цели ординатор должен

Уметь:

- Выбрать и применить адекватный метод сравнения статистических совокупностей.
- Оценить достоверность полученных результатов.
- Сделать правильные выводы и принять соответствующее решение.

Знать:

- Основные термины и понятия.
- Общие принципы оценки и различия статистических совокупностей.
- Условия применения, методику и оценку результатов параметрических методов сравнения статистических совокупностей (критерий t, разностный метод, критерий Фишера).
- Условия применения, методику и оценку результатов непараметрических методов сравнения статистических совокупностей (χ^2 , критерий Вилкоксона, критерий Колмогорова-Смирнова, критерий Манна-Уитни).

Основные термины и понятия:

Оценка значимости (достоверности) различия между выборками, ее содержание и смысл на конкретных примерах из здравоохранения. Уровень значимости. Интерпретация результатов проверки значимости. Независимые и сопряженные совокупности. Нулевая (H_0) гипотеза. Параметрические методы сравнения (критерий t, разностный метод, критерий Фишера). Непараметрические методы сравнения (χ^2 , критерии Вилкоксона, Колмогорова-Смирнова, Манна-Уитни).

Краткое содержание учебного материала.

Статистические методы сравнения совокупностей включают в себя следующие методы

1. Оценка достоверности различия обобщающих коэффициентов (параметрические и непараметрические);
2. Оценка достоверности различий в распределении совокупностей ;
3. Стандартизация обобщающих коэффициентов.

Общие принципы сравнения совокупностей основываются на анализе так называемой нулевой гипотезы (H_0). Согласно этой гипотезе первоначально принимается, что между совокупностями (показателями) различия случайны (не достоверны), т.е., что обе группы вместе составляют один и тот же однородный материал, одну совокупность. Статистический анализ должен привести или к отклонению H_0 -гипотезы, если доказана достоверность полученных различий, или к ее сохранению, если достоверность различий не доказана, т.е. различия признаны случайными.

Т.к. статистические различия всегда характеризуются определенным уровнем значимости, то принятие решения по отбрасыванию или сохранению H_0 - гипотезы связано с оценкой уровня значимости. В медико-биологических исследованиях общепризнанным минимальным уровнем значимости является $p=0.05$, следовательно:

-если при сравнении совокупностей полученный при исследовании уровень значимости меньше 0,05 ($p < 0,05$), то Но-гипотеза отбрасывается и различия в совокупностях признаются достоверными, воспроизводимыми при повторных исследованиях с определенной вероятностью;

-если при сравнении совокупностей полученный в исследовании уровень значимости больше 0,05 ($p > 0,05$), то Но- гипотеза признается верной (подтверждается), что свидетельствует об отсутствии достоверных различий между совокупностями. Последнее может быть связано как с реальным отсутствием различий, так и с недостаточным объемом выборки, который не позволяет проявиться основным закономерностям изучаемого явления.

Параметрические методы оценки достоверности различий обобщающих коэффициентов

Параметрические методы оценки требуют знания характера распределения (только для нормального распределения) изучаемого признака и его параметров (средних величин, стандартного отклонения и др.). Уровень значимости в этих методах определяется с помощью расчета критерия t и сравнения его значения с табличным, который соответствует определенному уровню значимости:

- если $t_{\phi} > t_{0,05}$, то $p < 0,05$ и Но - гипотеза отвергается;
 - если $t_{\phi} < t_{0,05}$, то $p > 0,05$ и Но- гипотеза принимается,
- при этом t_{ϕ} - фактический критерий, рассчитанный исследовании; $t_{0,05}$ - табличное значение критерия t для $p = 0.05$.

Методы расчета критерия. t .

1. При сопоставлении двух независимых серий наблюдений:

для частотных показателей:

$$t = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

для средних величин:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

где P_1 и P_2 - частотные показатели в сравниваемых совокупностях; \bar{X}_1 и \bar{X}_2 - средние величины в сравниваемых совокупностях; m_1 и m_2 - ошибки репрезентативности показателей и средних величин в сравниваемых совокупностях.

Для оценки достоверности полученного критерия « t » при числе наблюдений больше 30 можно пользоваться следующей закономерностью: если критерий $t \geq 2$, то он достоверен, т.к. соответствует $p \geq 0,95$ или $p \leq 0,05$. Если критерий $t \geq 3$, то он достоверен с большей степенью достоверности, т.к. соответствует $p \geq 0,99$ или $p \leq 0,01$.

Для числа наблюдений меньше 30 достоверность критерия t определяется по таблице Стьюдента. Для определения табличного значения критерия t необходимое число степеней свободы рассчитывается по формуле: $n^1 = n_1 + n_2 - 2$ где n_1 - число наблюдений в одной совокупности; n_2 - число наблюдений в другой совокупности.

Для оценки различий в частотных показателях можно пользоваться таблицей, в которой приводятся минимальные значения разности двух частотных величин достижения которой достаточно для двукратного превышения своей средней ошибки разности, что подтверждает достоверность различий. Для пользования таблицей достаточно знать

меньшее значение из двух показателей и число наблюдений, которое должно быть не меньше 20.

2. При сопоставлении сопряженных совокупностей (двух серий наблюдений на одной и той же совокупности) («до» и «после») критерий t рассчитывается разностным методом:

$$t = \frac{\bar{X}_{\text{разн}}}{m_{\text{разн}}} > t_{0,05}, \quad \text{где } \bar{X}_{\text{разн}} = \frac{\sum (X_2 - X_1)}{n-1};$$

$$m_{\text{разн}} = \frac{S_{\text{разн}}}{\sqrt{n-1}}; \quad S_{\text{разн}} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}}; \quad d = (X_2 - X_1) - \bar{X}_{\text{разн}}$$

Условные обозначения:

X_1 и X_2 - значения показателей в сравниваемых сериях наблюдений (до опыта и после опыта);

$\bar{X}_{\text{разн}}$ - средняя разность этих показателей

$m_{\text{разн}}$ - ошибка репрезентативности разности между показателями

$S_{\text{разн}}$ - стандартное отклонение разности между показателями

n - число пар наблюдений.

3. Для сравнения степени однородности статистических групп используется **критерий Фишера**. Его значение велико в ряде специальных разделов статистики, особенно в дисперсионном анализе. За H_0 -гипотезу в этом случае принимается признание равенства дисперсий в сравниваемых совокупностях. Критерий Фишера рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} > F_{0,05}, \quad \text{где } \sigma_1^2 \text{ и } \sigma_2^2 - \text{дисперсии в сравниваемых совокупностях.}$$

Таблица стандартных значений критерия Фишера учитывает объемы сравниваемых групп и выбираемый уровень значимости.

Непараметрические методы оценки достоверности различий обобщающих коэффициентов

Положительные стороны непараметрических методов:

- не требуют предварительного расчета параметров распределения (средних величин, стандартного отклонения и др.);
- не требуют предварительного знания характера распределения;
- позволяют сравнивать совокупности с номинальными и порядковыми признаками;
- просты в применении.

Отрицательные стороны непараметрических методов:

- дают менее точные результаты, чем параметрические методы;
- имеют существенные ограничения в применении по числу наблюдений.

Основные непараметрические методы и условия их применения

Область применения	Название непараметрического критерия	Число наблюдений	Условия достоверности различий
1. При сравнении сопряженных (взаимосвязанных) совокупностей"	критерий знаков (Z)	число пар <50	$Z < Z_{0.05}$
	критерий Вилкоксона (T)	число пар=6-25	$T < T_{0.05}$
	критерий Манна-Уитни-модификация()	число пар>20	$\omega > \omega_{0.05}$
2. При сравнении независимых совокупностей	критерий Манна-Уитни (U)	число пар>20	$U > U_{0.05}$
	критерий Розенбаума (Q)	$n_x > 10$ и $n_y > 10$	$Q > Q_{0.05}$
	критерий Уайта (K или T)	$n_x = 4-20$ и $n_y = 2-15$	$T < T_{0.05}$
	критерий Ван дер Вандена (X)	число пар=8-26	$X > X_{0.05}$
	серийный критерий (S)	$n_x = 6-18$ и $n_y = 4-18$	$S < S_{0.05}$
	критерий Колмогорова - Смирнова (λ)		$\lambda^2 > \lambda^2_{0.05}$
3. При альтернативном распределении совокупностей	точный метод Фишера для четырехпольных таблиц (P)	$n_x = 2-20$ и $n_y = 2-16$	$P < P_{0.05}$

Оценка достоверности различий по методу "хи-квадрат"(критерию соответствия, критерию Пирсона, коэффициенту согласия)

Область применения метода:

- определение достоверности различий в нескольких сравниваемых группах и при нескольких результатах с определенной степенью достоверности;
- определение наличия связи между явлениями без измерения ее величины;
- оценка идентичности (близости) распределений двух и более вариационных рядов.

Преимущества метода:

- не зависит от формы распределения;
- может использоваться для сравнения нескольких групп (признаков)
- используется на абсолютных цифрах;

Ограничения метода:

- величина полученного "хи -квадрата" зависит от перегруппировки материала. Если группировки не ярко выражены, результат не показателен;
- действует лишь как суммарный показатель различия, не устанавливая отклонение каких именно групп друг от друга обусловило конечный результат,
- группы должны быть как можно более однородны для предупреждения "погашения влияний";
- "ожидаемые числа" при расчете должны быть не менее 5;
- не следует применять, если число наблюдений < 20

- служит для оценки независимых совокупностей.

Суть метода заключается в том, что в сравниваемых группах предполагается отсутствие различий в распределении совокупностей (отсутствие связи между исследуемыми факторами), т.е. формулируется Но-гипотеза. На основании этой гипотезы рассчитывается новое распределение признаков в совокупности по группам (расчет т.н. "ожидаемых чисел"). "Ожидаемые числа" сопоставляются с фактическим. Если Но-гипотеза верна, то теоретические и фактические числа должны совпасть, и рассчитанный "хи - квадрат" будет равен 0, либо отклонение теоретических чисел от фактических будет незначительно и полученный "хи - квадрат" не превысит своего критического значения.

Чем больше теоретические числа, рассчитанные на основе Но-гипотезы, будут отличаться от фактических, тем более "хи - квадрат" будет отличаться от 0, тем с большей вероятностью можно отклонить Но-гипотезу и говорить о статистической достоверности имеющихся различий в сравниваемых совокупностях.

"Хи - квадрат" рассчитывается по формуле:

$$\chi^2 = \sum \left(\frac{p - p_1}{p_1} \right)^2,$$

где

p - фактические данные;

p¹ - "ожидаемые", теоретические числа, рассчитанные на основе Но- гипотезы.

При альтернативном распределении применяется упрощенная формула, которая рассчитывается на основе таблицы взаимной сопряженности (четырёхпольной таблицы):

	P ₂	q ₂	всего.
P ₁	a	b	a+b
q ₁	c	d	c+d
всего	a+c	b+d	N

$$\chi^2 = \frac{(ad - bc)^2 \cdot N}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)},$$

где

p - частота встречаемости признака в одной (p₁) и другой (p₂) группе;

q - альтернативный p показатель;

n - число наблюдений; a;b;c;d - абсолютные числа в клетках таблицы.

Оценка достоверности результатов:

1. Рассчитанный по формуле "хи-квадрат" оценивается по таблице χ^2 : достоверности различий подтверждается и Но-гипотезы отклоняется, если $\chi^2_{\text{факт.}} > \chi^2_{0,05}$ при числе степеней свободы (f) • не более 30.

Расчет f проводится по формуле: f = (c-1)(r-1),

где c - число групп по горизонтали (без итоговых);

r - число граф по вертикали (без итоговых).

2. Приближенную оценку можно провести по формуле Романовского: для f < 30:

$$R = \frac{|\chi^2 - f|}{\sqrt{2f}} > 3$$

$$\text{для } f \geq 30: R = \sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2f - 1} > 1,64$$

Метод стандартизации

Стандартизация - метод статистической обработки данных, позволяющий провести сопоставление (сравнение) обобщающих коэффициентов в неоднородных совокупностях при условии элиминации этой неоднородности.

Методика проведения-стандартизации:

I этап : расчет истинных обобщающих коэффициентов в целом по совокупностям и по частям совокупностей, которые различаются между собой;

II этап : формулирование Но-гипотезы и выбор стандарта в зависимости от метода стандартизации ;

III этап: расчет "ожидаемых" абсолютных величин на основе стандарта при данном уровне истинного обобщающего коэффициента;

IV этап: расчет стандартизованных показателей (коэффициентов) в целом по стандарту;

V этап : проверка Но-гипотезы путем сопоставления (соотношения) стандартизованных и истинных коэффициентов (показателей)

Методы стандартизации

Метод	Совокупность (среда)	Изучаемое явление	Стандарт (S)	Формула стандартизованного показателя
Прямой	Есть абсолютные данные в целом по совокупности и по её группам	Есть абсолютные данные в целом по совокупности и по её группам	<ul style="list-style-type: none"> – Сумма совокупностей; – Одна из совокупностей; – Данные статистики 	Ожидаемое число ----- x K стандарт, где K – масштабирующий коэффициент
Косвенный	Есть абсолютные данные в целом по совокупности и по её группам	<ul style="list-style-type: none"> – Явление, выраженное малыми цифрами; – Данные отсутствуют или их нет по группам 	Показатели признака по литературе или статистике	Фактическое число ----- x S ожидаемое число
Обратный	Нет данных по группам (только в целом по совокупности)	Есть данные в целом по совокупности и по её группам	Показатели признака по литературе или статистике	Ожидаемое число ----- x S фактическое число

Задание для самостоятельной работы

1. Выберите адекватный статистический критерий и оцените достоверность различия приведенных результатов исследования (для средних и относительных величин).
2. Сделайте соответствующие выводы.

Задача-эталон №1

При оценке двух методов операции в двух группах больных ($n_1=145$; $n_2=147$) в качестве критерия была взята средняя длительность послеоперационного периода. Необходимо оценить достоверность различия по этому критерию. (Предполагается нормальное распределение изучаемого признака.)

Средняя длительность послеоперационного периода в соответствующих группах больных:

метода №1: $\bar{X}_1=9$ дней, $m_1=0,3$ дн.

метода №2: $\bar{X}_2=11$ дней, $m_2=0,2$ дн.

Так как представлены результаты сравнения средних величин в двух независимых совокупностях, и распределение изучаемого признака предполагается нормальным, то для оценки достоверности различия можно использовать соответствующий критерий t .

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{m^2_1 + m^2_2}} = \frac{11 - 9}{\sqrt{0,3^2 + 0,2^2}} = 5,0$$

Так как $n > 30$ для оценки достоверности критерия t можно использовать следующую закономерность: $t_{0,05} \geq 2$; $t_{0,01} \geq 3$.

Вывод: Т.к. $t_{\text{факт.}}(5,0) > t_{0,01}(3)$, следовательно различия в средней длительности послеоперационного периода достоверны ($p < 0,01$), и по этому показателю метод №1 **достоверно** лучше метода №2.

Задача-эталон №2

Для оценки эффективности вакцинации против гриппа провели изучение заболеваемости среди привитых и непривитых. Необходимо оценить достоверность различия между этими показателями.

Заболеваемость непривитых: $P_1=13,2$ ‰, $m_1=0,9$ ‰

Заболеваемость привитых: $P_2=10,6$ ‰, $m_2=1,1$ ‰

Так как представлены результаты сравнения двух относительных величин в двух независимых совокупностях, то для оценки достоверности различия можно использовать соответствующий критерий t .

$$t = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{m^2_1 + m^2_2}} = \frac{13,2 - 10,6}{\sqrt{1,1^2 + 0,9^2}} = 1,8$$

Так как $n_{1,2} > 30$ для оценки достоверности критерия t можно использовать следующую закономерность: $t_{0,05} \geq 2$; $t_{0,01} \geq 3$.

Вывод: Т.к. $t_{\text{факт.}}(1,8) < t_{0,05}(2)$, следовательно различия в уровнях заболеваемости гриппом среди привитых и непривитых статистически недостоверно, и нет оснований считать противогриппозную вакцину эффективной.

Задача-эталон №3

Сравнение двух сопряженных совокупностей по "разностному методу".

Необходимо определить достоверно ли изменение среднего уровня минимального АД до и после применения тонизирующего препарата.

Больные	Min АД (мм рт. ст.)		$x_1 - x_2$	d $(x_1 - x_2) - \bar{X}_{\text{разн.}}$	d^2
	до инъекции x_1	после инъекции x_2			
А	98	102	4	-4	16
Б	86	96	10	+2	4
В	88	100	12	+4	16
Г	98	98	0	-8	64
Д	72	90	18	+10	100
Е	97	101	4	-4	16
n	6	6	$\Sigma=48$		$\Sigma=216$

Алгоритм решения.

1. Выстраивают фактические данные до и после эксперимента (x_1 и x_2).
2. Определяют разность между ними ($x_1 - x_2$).
3. Находят среднюю арифметическую разность ($\bar{X}_{\text{разн.}} = \frac{\sum x_1 - x_2}{n} = \frac{48}{6} = 8,0$ (мм рт.ст.)
4. Находят отклонение каждой разности от средней разности (d): $(x_1 - x_2) - \bar{X}_{\text{разн.}}$ и $d^2=216$.
5. Определяют $\sigma_{\text{разн.}} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{216}{5}} = 6,6$ (мм рт.ст.)
6. Определяют $m_{\text{разн.}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} = \frac{6,6}{\sqrt{5}} = 2,9$ (мм рт.ст.)
7. Определяют критерий t:

$$t = \frac{\bar{X}_{\text{разн.}}}{m_{\text{разн.}}} = \frac{8,0}{2,9} = 2,7$$

Т.к. $n_{1,2} < 30$, то достоверность критерия t определяется по таблице t :

для $n^1=6-1=5$ $t_{0,05} = 2,57$; $t_{0,01} = 4,03$.

Вывод: Т.к. $t_{\text{факт.}}(2,7) > t_{0,05}(2,57)$, следовательно различия в уровнях минимального АД до и после опыта можно признать достоверными и изучаемый тонизирующий препарат можно считать **достоверно** эффективным.

Задача-эталон №4

Сравнение однородности двух статистических совокупностей по критерию Фишера (F).

Необходимо проанализировать деятельность двух однотипных отделений больниц А и Б по средней длительности пребывания больных и их дисперсий:

отделение больницы А: $n=500$; $\bar{X}=14$ дней; $\sigma^2=20$ дней

отделение больницы Б: $n=400$; $\bar{X}=14$ дней; $\sigma^2=63$ дней

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{63}{20} = 3,15$$

Табличное значение F: для $n_1=500$ и $n_2=400$ $F_{0,05} = 1,16$

Вывод: $F_{\text{факт.}}(3,15) > F_{0,05}(1,16)$, следовательно различия между дисперсиями достоверно и, несмотря на совпадение средней длительности пребывания больных на койке, отмечается достоверно большая разность в сравниваемых отделениях, которая требует дальнейшего изучения.

Задача – эталон №5

Сравнение двух независимых выборок (опытной и контрольной) с помощью критерия Колмогорова-Смирнова.

Применение критерия Колмогорова-Смирнова основано на предположении, что если сравниваемые группы наблюдения представляют собой выборки из одной совокупности, то ранги отдельных вариант обеих групп при объединении в один ранжированный ряд должны передаваться

Критерий основан на сопоставлении рядов накопленных частотей, то есть отношение накопленных частот к числу наблюдений, сравниваемых групп и нахождении наибольшей абсолютной разности между ними.

Рассмотрим методику вычисления критерия на примере изучения сроков гибели животных (в минутах) после введения токсического вещества.

Ряд x – контрольная группы.

Ряд y – опытная группа.

X: 6, 25, 25, 30, 38, 39, 44. $n_x=7$

Y: 8, 30, 32, 41, 41, 46, 68, 100 $n_y=8$

Необходимо определить достоверность различий в контрольной и основной группах.

Алгоритм решения.

1. Объединяются в один ряд в возрастающем порядке все варианты сравниваемых групп.

Варианта x и y в возрастающем порядке	Частоты вариант по группам		Накопленные частоты по группам		$\frac{S_x}{n_x}$	$\frac{S_y}{n_y}$	Разности $\frac{S_x}{n_x} - \frac{S_y}{n_y}$ (без учета знаков)
	P_x	P_y	S_x	S_y			
6	1	-	1	0	0,14	0	0,14
8	-	1	1	1	0,14	0,125	0,015
25	2	-	3	1	0,43	0,125	0,302
32	-	1	4	3	0,57	0,37	0,2
38	1	-	5	3	0,71	0,37	0,34
39	1	-	6	3	0,86	0,37	0,49 – D
41	-	2	6	5	0,86	0,62	0,24
44	1	-	7	5	1,0	0,62	0,38
46	-	1	7	6	1,0	0,75	0,25
68	-	1	7	7	1,0	0,88	0,12
100	-	1	7	8	1,0	1,00	0

2. Записывают частоты вариант для одной и другой групп.
3. Представляют частоты в накопленном виде (S_x и S_y).
4. Определяют накопленные частоты, т.е. накопленные частоты делят на число наблюдений ($\frac{S_x}{n_x}$ и $\frac{S_y}{n_y}$).
5. Вычисляют разности накопленных частот групп x и y без учета знаков ($\frac{S_x}{n_x} - \frac{S_y}{n_y}$).
6. Находят максимальную разность D .
7. Определяют критерий $\lambda^2 = D^2 \frac{n_x \times n_y}{n_x + n_y}$.
8. Сравнивают полученное значение λ^2 с граничными $\lambda^2_{0,05}$ и $\lambda^2_{0,01}$ ($\lambda^2_{0,05}=1,84$; $\lambda^2_{0,01}=2,65$). Если найденная $\lambda^2 > \lambda^2_{0,05}$, различия признаются существенными, если $\lambda^2 \leq \lambda^2_{0,05}$, то принимается H_0 - гипотеза, т.е. различия признаются несущественными.

Для примера:

$$\lambda^2 = D^2 \frac{n_x \times n_y}{n_x + n_y} = 0,49^2 \frac{7 \times 8}{7 + 8} = 0,89$$

Вывод: Т.к. $0,89 < 1,84$, т.е. $\lambda^2_{\text{факт.}} < \lambda^2_{0,05}$, следовательно различия в опытной и контрольной группах несущественны и влияние изучаемого токсического вещества на сроки гибели животных недостоверно, случайно.

Задача – эталон №6

Сравнение двух сопряженных совокупностей («до и после») с помощью критерия Вилкоксона

Критерий Вилкоксона (Уилкоксона, Wilcoxon test, T) является ранговым непараметрическим критерием для оценки достоверности различия результатов, полученных на сопряженных парах наблюдений, т.е. на одной и той же группе больных до и после проведенного эксперимента.

Алгоритм решения:

1. Находят разность значений изучаемого признака для каждой сравниваемой сопряженной пары (до и после эксперимента). Пары наблюдений, которым соответствует нулевое изменение, из дальнейшего анализа исключают.
2. Присваивают ранги полученным разностям по возрастанию их абсолютной величины (без учета знака). Рангами одинаковых величин являются средние тех рангов (мест), которые они должны занять в упорядоченном ряду.
3. Присваивают каждому рангу знак в соответствии с направлением изменения: если значение увеличилось – «+», если уменьшилось – «-».
4. Определяют суммы рангов, имеющих одинаковые знаки и берут наименьшую из них. Эта сумма и является критерием Вилкоксона.
5. Сравнивают полученную величину критерия Вилкоксона с критическим значением его в таблице. Если она больше критического значения, изменение показателя считается статистически значимым.

Рассмотрим методику вычисления критерия на примере изучения изменения количества билирубина в желчи до и после введения антибиотика (см. таблицу).

Больные	Количество билирубина		Разность	Ранги
	до введения антибиотика	после введения		
А	68	110	+42	(+) 4
Б	83	101	+18	(+) 2
В	70	120	+50	(+) 5
Г	100	180	+80	(+) 8
Д	110	100	- 10	(-) 1
Е	100	100	0	
Ж	180	240	+60	(+) 6,5
З	60	120	+60	(+) 6,5
И	200	160	- 40	(-) 3
К	210	300	+90	(+) 9

Сумма рангов со знаком «+» = 41.

Сумма рангов со знаком «-» = 4.

Наименьшая сумма (T_{ϕ}) = 4.

Критическое значение T по таблице (см. приложение) для $n = 9$ (число пар наблюдений в эксперименте, за исключение пары, где результаты были одинаковые):

$T_{0,05} = 6$ и $T_{0,01} = 2$.

Вывод: Так как $T_{0,05} > T_{\phi} > T_{0,01}$, следовательно с $p < 0,05$ можно утверждать, что введение антибиотика достоверно повышает количество билирубина в желчи.

Задача – эталон №7

Оценка достоверности различий по методу "хи-квадрат (χ^2)".

Суть метода заключается в том, что в сравниваемых группах предполагается отсутствие различий в распределении совокупностей (отсутствие связи между исследуемыми факторами), т.е. формулируется Но-гипотеза. На основании этой гипотезы рассчитывается новое распределение признаков в совокупности по группам (расчет т.н. "ожидаемых чисел"). "Ожидаемые числа" сопоставляют с фактическим. Если Но-гипотеза верна, то теоретические и фактические числа должны совпасть, и рассчитанный "хи -квадрат" будет равен 0, либо отклонение теоретических чисел от фактических будет незначительно и полученный "хи-квадрат" не превысит своего критического значения.

Чем больше теоретические числа, рассчитанные на основе Но-гипотезы, будут отличаться от фактических, тем более "хи -квадрат" будет отличаться от 0, тем с большей вероятностью можно отклонить Но-гипотезу и говорить о статистической достоверности имеющихся различий в сравниваемых совокупностях.

Рассмотрим методику вычисления и оценки критерия на примере изучения влияния степени нарушения кровообращения на результаты комиссуротомии (см. таблицу).

Степень	Всего	Выписаны с результатами (P)
---------	-------	-----------------------------

нарушения кровообращения	больных	хорошими	удовлетворительными	ухудшение
II	30	20	8	2
III	80	43	20	17
IV	60	10	40	10
всего	170	73	68	29
H ₀ - гипотеза	100%	43%	40%	17%

Алгоритм решения.

1. Определяем H₀- гипотезу.

Предполагаем, что при любой степени нарушения кровообращения результаты после операции будут одинаковыми (например, как соотношение результатов в целом по всей группе больных: 43% - хорошие; 40% - удовлетворительные; 17% - ухудшение).

2. Рассчитываем так называемые «ожидаемые величины» в соответствии с H₀- гипотезой.

3. Если результаты после комиссуротомии во всех группах больных с разной степенью нарушения кровообращения будут одинаковыми, то какое число больных с соответствующим результатом будет в каждой группе, т.е. мы перераспределяем больных в группах в соответствии с H₀- гипотезой.

Степень нарушения кровообращения	Всего больных	«ожидаемые» данные (P ₁)		
		хорошими	удовлетворительными	ухудшение
II	30	13	12	5
III	80	34	32	14
IV	60	26	24	10
всего	170	73	68	29
H ₀ - гипотеза	100%	43%	40%	17%

4. Сопоставим фактические и «ожидаемые» данные по группам и вычислим отклонение между ними в каждой группе.

Степень нарушения кровообращения	P - P ₁		
	хорошими	удовлетворительными	ухудшение
II	+5	- 4	- 3
III	+9	- 12	+3
IV	- 16	+16	0
всего	0	0	0

5. Вычисляем «хи-квадрат» (χ²). Для этого вычисляем квадрат отклонений (P - P₁)² и средний квадрат отклонений на одно «ожидаемое» лицо или χ²:

$$\chi^2 = \sum \frac{(P - P_1)^2}{P_1}$$

Степень нарушения кровообращения	$(P - P_1)^2$			$\frac{(P - P_1)^2}{P_1}$		
	хорошим и	удовлетв.	ухудшени	хорошим и	удовлетв.	ухудшени
II	49	16	9	3,8	1,3	1,8
III	81	144	9	2,4	4,5	0,6
IV	256	256	0	9,8	10,7	0
всего				16,0	16,5	2,4

$$\chi^2 = \sum \frac{(P - P_1)^2}{P_1} = 16,0 + 16,5 + 2,4 = 34,9$$

6. Оцениваем достоверность χ^2 , т.е. достоверность полученных различий между фактическими и «ожидаемыми» данными.

Для этого находим табличное значение $\chi^2_{0,05}$ (см. таблицу в приложении), соответствующее числу степеней свободы в нашем исследовании:

$n^1 = (s - 1)(r - 1)$, где s – число сравниваемых групп (число строк в исходной таблице без итоговой) и r – число групп результатов (число столбцов в исходной таблице без итоговой), т.е. в нашем случае $n^1 = (3 - 1)(3 - 1) = 4$.

Для $n^1 = 4$ $\chi^2_{0,05} = 9,5$ (по таблице), следовательно $\chi^2_{\text{факт.}} (34,9) > \chi^2_{0,05} (9,5)$, что говорит о его достоверности.

Вывод: Таким образом, результаты комиссуротомии достоверно зависят от степени нарушения кровообращения до операции ($p < 0,05$).

Задача – эталон №8

Оценка достоверности различий по методу "хи-квадрат (χ^2)" для альтернативного распределения

Рассмотрим методику вычисления и оценки критерия на примере изучения эффективности вакцинации. В этом случае результаты исследования представляются в виде 4-х полевой таблицы (2×2) (см. таблицу).

	заболело	не заболело	ИТОГО
привитые	56 (a)	6 (b) 759	6 815 (a+b)
непривитые	272 (c)	11 396 (d)	11 668 (c+d)
всего	328 (a+c)	18 155 (b+d)	18 483(a+b+c+d=n)

Далее находим

$$\chi^2 = \frac{(ad - bc)^2 (a + b + c + d)}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)} = 56,2$$

Оцениваем достоверность χ^2 , для чего сначала определяем число степеней свободы:

$n^1 = (2 - 1)(2 - 1) = 1$. Далее находим табличное значение $\chi^2_{0,05}$ (см. таблицу в приложении). Для $n^1 = 1$ $\chi^2_{0,05} = 3,8$ (по таблице), следовательно $\chi^2_{\text{факт.}} (56,2) > \chi^2_{0,05} (3,8)$, что говорит о его достоверности.

Вывод: Таким образом, результаты исследования говорят о достоверном снижении числа заболевших среди привитых, т.е. об эффективности вакцинации ($p < 0,05$).

Контрольные вопросы

1. Что понимается под оценкой достоверности различия статистических совокупностей?
2. От чего зависит выбор метода оценки достоверности различия статистических совокупностей?
3. Что понимается под уровнем значимости (достоверности) различия статистических совокупностей?
4. Чем отличаются независимые статистические совокупности от сопряженных?
5. Объясните суть нулевой гипотезы.
6. Дайте характеристику параметрическим методам сравнения.
7. Дайте характеристику непараметрическим методам сравнения.
8. Объясните критерия t в оценке достоверности различия статистических совокупностей.
9. В чем заключается методика расчета критерия t для двух независимых статистических совокупностей.
10. В чем заключается методика разностного метода оценки достоверности различия
11. В чем заключается особенность оценки критерия t для больших и малых выборок?
12. Объясните область применения, суть методики расчета и оценки метода χ^2 .
13. Объясните область применения, суть методики расчета и оценки критерия Вилкоксона.
14. Объясните область применения, суть методики расчета и оценки критерия Колмогорова-Смирнова.
15. Объясните область применения, суть методики расчета и оценки критерия Манна-Уитни.

Тесты

(Выберите один или несколько правильных ответов)

1. Разность между сравниваемыми величинами при $n > 30$ считается существенной (достоверной) если:

А. $t = 2$

Б. $t \geq 2$

В. $1 \leq t \leq 2$

Г. $t = 0$

Ответ: Б

2. Оценка достоверности полученного значения критерия t для малых выборок проводится по:

А. Специальной формуле

Б. По принципу $t \geq 2$

В. По таблице Стьюдента

Г. Все вышеперечисленное возможно

Ответ: В

3. Что устанавливает закон больших чисел?

А. Распределение случайных величин с заданной достоверностью

Б. Тенденцию показателя выборочной совокупности при увеличении числа наблюдений максимально приближаться к генеральной совокупности

В. Закономерную устойчивость некоторых средних в массовых случайных явлениях

Г. Все вышеперечисленное

Ответ: Б

4. Непараметрические методы оценки достоверности различий характеризуются тем, что:

А. Требуют предварительного знания характера распределения признака в совокупности

Б. Позволяют проводить оценку по качественным признакам

В. Дают более точные результаты, чем параметрические методы

Г. Обычно применяются для малых выборок

Д. Просты в применении

Ответ: Б, Г, Д

5. К непараметрическим критериям в статистике относят:

А. Критерий Стьюдента

Б. Критерий Вилкоксона

В. Критерий Манна-Уитни

Г. Критерий Колмогорова-Смирнова

Ответ: Б, В, Г

Тема 7. МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ КАЧЕСТВЕННЫМИ И КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ ПРИЗНАКАМИ

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Цель изучения темы: Научить выбирать и применять адекватный природе изучаемого признака и условиям эксперимента метод изучения взаимосвязи между явлениями и правильно интерпретировать его результаты.

Для достижения поставленной цели ординатор должен

Уметь:

- Выбрать и применить адекватный метод оценки взаимосвязи между изучаемыми явлениями .
- Оценить достоверность полученных результатов.
- Сделать правильные выводы и принять соответствующее решение.

Знать:

- Основные термины и понятия.
- Общие принципы оценки наличия взаимосвязи между изучаемыми явлениями .
- Условия применения, методику и оценку результатов параметрических методов оценки взаимосвязи между изучаемыми явлениями (на примере критерия Пирсона).
- Условия применения, методику и оценку результатов непараметрических методов оценки взаимосвязи между изучаемыми явлениями (на примере критерия Спирмена).

Основные термины и понятия:

Корреляционная и функциональная взаимосвязи, корреляционный анализ, корреляционное поле (диаграмма, облако), корреляционная матрица (таблица, решетка), сила, направление и характер корреляционной связи, коэффициент корреляции и методы его расчета (Пирсона, Спирмена и др.)

Краткое содержание учебного материала:

Виды взаимосвязей явлений:

1. Функциональная взаимосвязь характеризуется строгим соответствием изменения одного признака при изменении другого.
2. Корреляционная взаимосвязь характеризуется изменением одного признака (результативного) в ответ на изменение другого признака (факторного) в определенных пределах.

Корреляционный анализ устанавливает:

- наличие связи;
- силу связи: слабая (коэффициент корреляции до 0.29), средняя (0.3 - 0.69), сильная (0.7 и выше);
- направление связи: прямая (изменения признаков происходят в одном направлении) и обратная (изменения признаков происходят в разных направлениях);
- характер связи: парциальная (частная) (взаимосвязь между парой признаков) и множественная (взаимосвязь группы признаков).

Виды представления корреляционной связи:

- корреляционное поле (точечная диаграмма);
- корреляционная решетка (матрица);
- коэффициент корреляция.

Методика корреляционного анализа

1. Качественный и логический анализ совокупности с целью выяснения причинно-следственной связи.

2. Построение корреляционных матриц или полей для выявления парных взаимосвязанных факторов.

3. Вычисление коэффициентов корреляции между взаимосвязанными факторами для установления силы и направления связи (см. таблицу).

4. Оценка достоверности коэффициента корреляции.

Достоверность коэффициента корреляция оценивается:

а) по таблице при числе коррелируемых пар до 9. Фактический коэффициент корреляции должен быть больше табличного, выбранного для определенного уровня значимости.

Табличное значение учитывает число степеней свободы, которое при парной корреляции равно: $f = n - 2$

б) по критерию t:

$$t = \frac{r_{xy}}{m_r} \quad ; \quad m_r = \frac{1 - r_{xy}^2}{\sqrt{n}}$$

где

r_{xy} - коэффициент корреляции;

m_r - ошибка коэффициента корреляции;

n - число пар коррелирующих признаков.

Полученный критерий t должен быть больше табличного значения для уровня значимости 0,05. В этом случае корреляционная взаимосвязь между признаками признается статистически достоверной (значимой).

Выбор метода расчета коэффициента корреляции

Коэффициент корреляции	Число пар наблюдений		Признаки			Характер корреляции	
	<30	>30	количественные		не количественные	парная	множественная (> 2 рядов)
			несгруппированные	сгруппированные			
Коэффициент Пирсона а) $r = \frac{\sum (d_x d_y)}{\sqrt{\sum d_x^2 \sum d_y^2}}$	+		+	+ коррелл решетка		+	
б) $r = \sqrt{\frac{\chi^2}{n}}$				+	+		+
Коэффициент рангов Спирмена $S = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$, где $d = R_x - R_y$	+		+	+	+	+	
Корреляционное отношение $\eta = \frac{\sigma_{xm}}{\sigma_x}; \eta = \frac{\sigma_{ym}}{\sigma_y}$	+				+		+
Приближённый метод Фортунатовой $r = \frac{N_1}{N_2}$		+	+		+	+	
Коэффициент ассоциации $Q = \frac{ad - cb}{\sqrt{(a+b)(b+d)(a+c)(c+d)}}$	+ 4-х поль- ная табл.				+	+	
Коэффициент рангов Кэндела $\tau = \frac{s}{\sqrt{(\frac{n^2 - n}{2} - U_x)(\frac{n^2 - n}{2} - U_y)}}$		+	+	+	+	+	

Коэффициент взаимной сопряжённости Пирсона							
$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + n}}$				+	+		+

Условные обозначения к таблице:

d_x - отклонение значения факторного признака от своего среднего значения;

d_y - отклонение значения результативного признака от своего среднего значения;

n - число пар наблюдений;

χ^2 - критерий соответствия между признаками;

d - отклонения рангов, присвоенных признакам;

δ_x ; δ_y - стандартное отклонение по признакам;

δ_{x_m} ; δ_{y_m} - стандартное отклонение для средних величин признаков;

N_1 ; N_2 - число диагоналей корреляционной таблицы;

a, b, c, d - числа в клетках четырехпольной таблицы;

s - показатель соответствия между рядами рангов: $U_x(U_y) = \frac{t(t-1)}{2}$,

где t - численность группы объединенных рангов.

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

Цель изучения темы: Научить применять регрессионный анализ и интерпретировать его результаты адекватно природе изучаемого признака и условиям эксперимента.

Для достижения поставленной цели ординатор должен

Уметь:

- Выбрать и применить адекватную методику регрессионного анализа.
- Оценить достоверность полученных результатов.
- Сделать правильные выводы и принять соответствующее решение.

Знать:

- Основные термины и понятия.
- Общие принципы регрессионного анализа.
- Условия применения, методику и оценку результатов регрессионного анализа

Основные термины и понятия:

Регрессия, виды регрессии; уравнение регрессии; методика регрессионного анализа, коэффициент регрессии, шкала регрессии; корреляционный анализ, сила, направление и характер корреляционной связи, коэффициент корреляции.

Краткое содержание учебного материала:

Регрессионный анализ - метод статистической обработки данных, позволяющий по средней величине одного признака определить среднюю величину другого признака, корреляционно связанного с первым.

Виды регрессии

- **простая** (результативный признак рассматривается как функция от одного аргумента,

т.е. одного факторного признака): $y = f(x)$

- **множественная** (результативный признак рассматривается как функция от нескольких аргументов, т.е. факторных признаков): $y = f(x_1 x_2 x_3 \dots x_n)$

Уравнение регрессии - математическое уравнение, описывающее зависимость между признаками, корреляционно связанными между собой

а) линейная зависимость: $y = a_0 + a_1 x$

б) экспоненциальная зависимость: $y = a_1 e^x$

в) показательная зависимость: $y = a_1^x$

г) параболическая зависимость: $y = a_2 + a_0 x + a_1 x^2$

и др.

где a_0, a_1, a_2 - параметры уравнения;

y - результативный признак;

x - факторный признак.

Методика регрессионного анализа (на примере линейной зависимости)

1. Выбор формы аналитической зависимости между признаками, т.е. уравнения регрессии.

2. Определение параметров уравнения регрессии: $y = a_0 + a_1 x$

$$\left\{ \begin{array}{l} na_0 + a_1 \sum x = \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 = \sum xy \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} a_0 = \frac{\sum y - a_1 \sum x}{n} \\ a_1 = R_{y/x} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \end{array}$$

где n - число пар наблюдений;

$R_{y/x}$ - коэффициент регрессии: показывает на сколько изменится результативный признак при изменении факторного на единицу измерения.

3. Нахождение теоретических значений «у» путем подставления в уравнение регрессии фактических значений «х» и построение графика.

4. Построение **шкалы регрессии**, которая включает в себя кривую, построенную на основе уравнения регрессии, и две кривых, показывающих отклонение средних теоретических значений результативного признака в пределах « σ » регрессии.

« σ » регрессии вычисляется по формуле:

$$\sigma_{R_{y/x}} = \sigma_y \sqrt{1 - r_{xy}^2}$$

где σ_y - среднее квадратическое отклонение по результативному признаку;

r_{xy} - коэффициент корреляции между признаками.

На основании шкалы регрессии разрабатываются стандарты и нормативные шкалы для проведения индивидуальной оценки и определения нормы и патологии.

5. Проверка допустимости расхождения между реальной и теоретической кривыми регрессии, т.е. проверка правильности выбранного уравнения регрессии проводится различными способами. Наиболее часто применяется критерий Фишера.

$$F = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{ост.}^2}; \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - a - 1}}$$

- где σ_y - стандартное отклонение результативного признака;
 \bar{y} - значение результативного признака, полученное в исследовании;
 y - значение результативного признака, полученного при решении уравнения регрессии;
 n - число пар наблюдений;
 a - число параметров уравнения (например, для уравнения прямой ($a=2$)).

При $F_{факт.} > F_{0,05}$ расхождение между реальной и теоретической кривой считается допустимым, и шкала регрессии может применяться на практике.

При $F_{факт.} < F_{0,05}$ уравнение регрессии подобрано неверно.

Задание для самостоятельной работы по темам «Корреляционный анализ. Регрессионный анализ»

1. Представить данные задачи в графическом виде (для задач №№1, 2).
2. Рассчитать коэффициент корреляции, оценить его достоверность и сделать выводы (для задач №№1, 2).
3. Построить уравнение регрессии (найти его параметры), найти доверительный интервал для коэффициента регрессии, изобразить графически и сделать выводы (для задачи № 1).

Задача – эталон №1

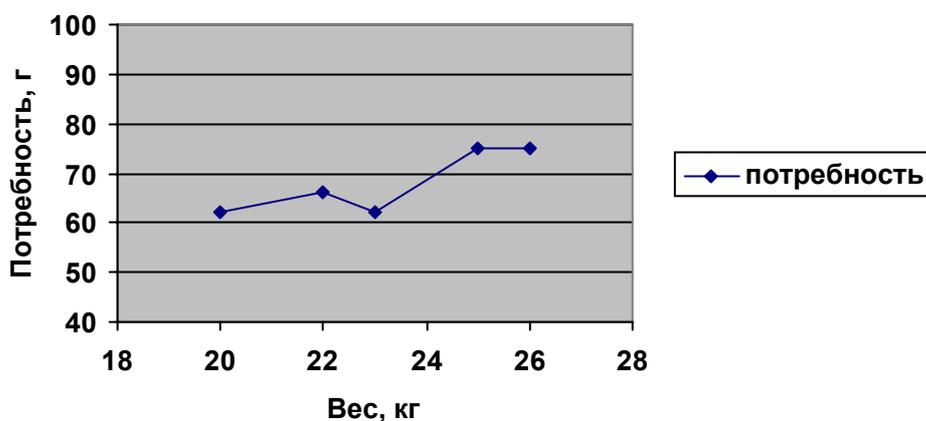
Оценка коэффициента корреляции по методу Пирсона (параметрический критерий)

Рассмотрим методику вычисления и оценки коэффициента корреляции Пирсона на примере изучения взаимосвязи между суточной потребностью в белке у 8-летних девочек и их весом.

Вес (кг), X	20	22	23	25	26
Потребность в белке (г), Y	62	66	62	75	75

Представим результаты графически:

Рисунок 1 «Суточная потребность в белке у 8-летних девочек»



Расчет коэффициент корреляции по методу Пирсона представлен в виде таблицы:

	Вес (кг), X	Потребность в белке (г), Y	d_x	d_y	$d_x * d_y$	d_x^2	d_y^2
1	20	62	-3,2	-6	19,2	10,24	36
2	22	66	-1,2	-2	2,4	1,44	4
3	23	62	-0,2	-6	1,2	0,04	36
4	25	75	1,8	7	12,6	3,24	49
5	26	75	2,8	7	19,6	7,84	49
Σ	116	340			55	22,8	174
средние арифмет.	23,2	68,0					

Алгоритм расчета:

1. Находим средние арифметические для признаков X и Y: $\bar{x} = 23,2(\text{кг})$ $\bar{y} = 68,0(\text{г})$
2. Находим отклонение каждого значения признаков X и Y от их средних арифметических: $d_x = x_i - \bar{x}$; $d_y = y_i - \bar{y}$
3. Далее находим $d_x * d_y$; d_x^2 ; d_y^2 и их суммы.
4. Определяем коэффициент корреляции по методу Пирсона:

$$r_{xy} = \frac{\sum d_x * d_y}{\sqrt{\sum d_x^2 * \sum d_y^2}}$$

$$r_{xy} = \frac{55}{62,98} = 0,87 - \text{корреляционная связь прямая, сильная}$$

5. Определяем достоверность коэффициента корреляции

$$m_r = \frac{1 - r_{xy}^2}{\sqrt{n}} \quad m_r = \frac{1 - 0,87^2}{\sqrt{5}} = \frac{1 - 0,7569}{2,236} = 0,108$$

$$t = \frac{r_{xy}}{m_r} \quad t = \frac{0,87}{0,108} = 8,05$$

Критерий t больше табличного (0,94) при $p < 0,05$, следовательно связь статистически достоверна.

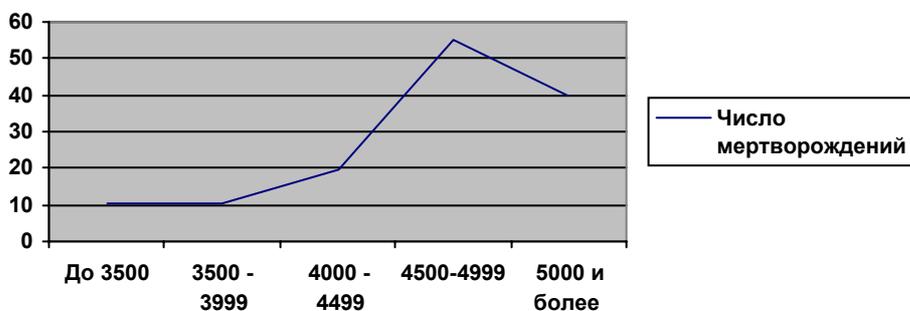
Вывод: Между потребностью в белке и весом у 8-летних девочек существует достоверная прямая сильная корреляционная связь ($p < 0,05$).

Задача – эталон №2 Оценка коэффициента корреляции по методу Спирмена (непараметрический критерий)

Рассмотрим методику вычисления и оценки коэффициента корреляции Спирмена на примере изучения взаимосвязи между частотой мертворождений и весом ребенка при рождении.

Вес ребенка при рождении(г)	До 3500	3500 - 3999	4000 - 4499	4500-4999	5000 и более
Число мертворождений на 1000 родов	10,5	10,5	19,5	54,9	40,0

Представим результаты графически:



Расчет коэффициент корреляции по методу Спирмена представлен в виде таблицы:

Вес ребенка при рождении (x)	Число мертворождений на 1000 родов (y)	Ранги		a (x _i -y _i)	a ² (x _i -y _i) ²
		x _i	y _i		
До 3500	10,5	5	4,5	0,5	0,25
3500 – 3999	10,5	4	4,5	-0,5	0,25
4000 – 4499	19,5	3	3	0	0
4500 - 4999	54,9	2	1	1	1
5000 и более	40,0	1	2	-1	1
					$\sum a^2 = 2.5$

Алгоритм расчета:

1. Присваиваем ранги всем значениям признаков “х” и “у” от наибольшего (1) до наименьшего. При одинаковых значениях им присваивается средняя арифметическая из рангов, приходящихся на них по порядку.
2. Находим для каждой пары разность между рангами (а), ее квадрат (а²) и сумму а².
3. Определяем коэффициент корреляции по методу Спирмена:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum a^2}{n(n^2 - 1)} = +0,88 - \text{корреляционная связь прямая, сильная}$$

4. Определяем достоверность коэффициента корреляции:

$$m_\rho = \sqrt{\frac{1 - \rho^2}{n - 2}} = \pm 0,28 \quad t_{\text{фактич.}} = \frac{\rho}{m_\rho} = 3,1$$

t фактич. > t табличн. для p < 0,05 , следовательно связь статистически достоверна.

Вывод: Между средним весом новорожденных и частотой мертворождений. существует достоверная прямая сильная корреляционная связь (p < 0,05).

Задача – эталон №3 Регрессионный анализ.

Рассмотрим методику регрессионного анализа на примере изучения взаимосвязи между суточной потребностью в белке у 8-летних девочек и их весом.(см.задачу-эталон №1).

Вес (кг), X	20	22	23	25	26
Потребность в белке (г), Y	62	66	62	75	75

Коэффициент регрессии – абсолютная величина, на которую в среднем изменяется признак при изменении другого признака на единицу.

1) нахождение коэффициент регрессии

$$R_{xy} = r_{xy} \times \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2 p}{n-1} - \left(\frac{\sum dp}{n}\right)^2}$$

$$\sigma_x = \pm 2,387(\text{кг})$$

$$\sigma_y = \pm 6,59(\text{г})$$

$$R_{xy} = 0,87 \times \frac{6,59}{2,387} = 2,401(\text{г} / \text{кг})$$

2) уравнение регрессии $a_0 = M_{\bar{y}} - R_{y/x} M_x = 68 - 2,401 * 23,2 = 12,2968$

3) Нахождение теоретических значений «у»

$$y = a_0 + R_{xy} * x$$

a ₀	R _{x/y}	x	y _i
12,2968	2,401	20	60,3168
		22	65,1188
		23	67,5198
		25	72,3218
		26	74,7228

4) Построение шкалы регрессии и ее графическое изображение

Сигма регрессии

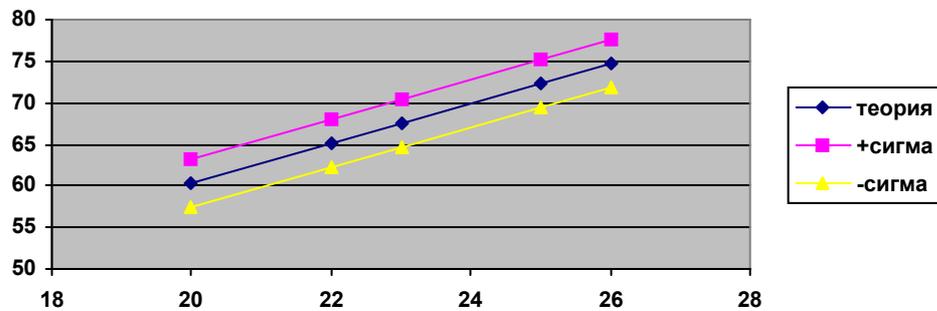
$$\sigma_{R_{y/x}} = \sigma_y \sqrt{1 - r_{xy}^2}$$

$$\sigma_{R_{y/x}} = \pm 2,9 \text{ кг}$$

y	y + σ	y - σ
60,3168	63,2168	57,4168
65,1188	68,0188	62,2188
67,5198	70,4198	64,6198
72,3218	75,2218	69,4218

74,7228	77,6228	71,8228
---------	---------	---------

Рисунок 2 "Зависимость суточной потребности в белке от веса у 8-летних девочек"



Вывод: согласно коэффициенту регрессии, при изменении среднего веса 8 – летних девочек на 1 кг суточная потребность в белке будет изменяться на $2,401 \pm 2,9_{кг}$

Контрольные вопросы

1. Что описывает корреляционная зависимость?
2. Назовите характеристики корреляционной зависимости?
3. Что такое коэффициент корреляции?
4. Что определяет коэффициент корреляции?
5. Свойства коэффициента корреляции.
6. Корреляционная взаимосвязь и причинно-следственная связь?
7. Какие задачи помогает решить регрессионный анализ?
8. Условия и область применения регрессионного анализа.
9. Что такое уравнение регрессионной зависимости ?
10. Что такое уравнение линейной регрессии?
11. Методика составления и проверки нулевой гипотезы.
12. Что такое регрессионная (корреляционная) диаграмма .

Тесты

(Выберите один или несколько правильных ответов)

1. Регрессионный анализ позволяет:

- А. Установить достоверность различия между показателями
- Б. Устранить неоднородность сравниваемых групп
- В. Определить взаимосвязь между признаками без измерения ее величины
- Г. Дать количественную оценку взаимосвязи между признаками
- Д. Оценить динамику явления

Ответ: Г

2. Корреляционный анализ устанавливает:

- А. Наличие связи
- Б. Силу связи
- В. Длительность связи
- Г. Направление связи
- Д. Все вышеперечисленное

Ответ: А, Б, Г

3. Укажите способы представления корреляционной связи:

- А. Корреляционная таблица
 - Б. Корреляционный ряд
 - В. Корреляционное поле
 - Г. Коэффициент корреляции
 - Д. Все вышеперечисленное
- Ответ: А, В, Г

4. Укажите методы расчета коэффициента корреляции:

- А. Метод квадратов (Пирсона)
 - Б. Метод Фишера
 - В. Метод рангов (Спирмена)
 - Г. Все вышеперечисленное
 - Д. Ничего из вышеперечисленного
- Ответ: А, В

5. Под корреляцией понимается:

- А. Взаимосвязь между изучаемыми признаками
 - Б. Взаимопроникновение изучаемых признаков
 - В. Изучение изменения явления во времени
- Ответ: А

6. Какие значения может принимать коэффициент корреляции:

- А. $-1 \div +1$
 - Б. $0 \div +1$
 - В. $0 \div -1$
 - Г. $0 \div +3$
 - Д. $0 \div \infty$
- Ответ: А

ТЕМА №8. ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ЯВЛЕНИЙ

Цель изучения темы: научить слушателей применять анализ динамики явлений в своей профессиональной деятельности (для проведения ситуационного анализа и принятия на его основе управленческих решений в области общественного здоровья и здравоохранения).

Для достижения поставленной цели ординатор должен

Уметь:

- Преобразовывать и выравнивать динамический ряд методами укрупнения периодов, вычисления групповой и скользящей средней, наименьших квадратов;
- Вычислять показатели динамического ряда;
- Представлять динамический ряд графически;
- Делать выводы о динамике явлений, основываясь на изученных методах анализа.

Знать:

- Основные термины и понятия;
- Методы преобразования и выравнивания динамического ряда;
- Показатели динамического ряда;
- Условия применения анализа динамического ряда.

Основные термины и понятия

Динамический ряд, преобразование динамического ряда, выравнивание динамического ряда, групповая средняя, скользящая средняя, метод наименьших квадратов, абсолютный прирост (убыль), темп прироста (убыли), темп роста (убыли), значение 1% прироста (убыли), тренд

Краткое содержание учебного материала

Динамический ряд - ряд однородных величин, характеризующих изменение явления во времени.

Целью анализа динамических рядов является:

- выявление закономерности изменения изучаемого явления во времени;
- прогнозирование (экстраполирование) полученных данных на последующие годы.

Числовые значения, составляющие динамический ряд, называются уровнями ряда (y).

Типы динамических рядов:

1. В зависимости от вида уровня ряда:
 - а) простые (уровень ряда выражен абсолютными числами);
 - б) сложные (уровень ряда выражен обобщающими коэффициентами).
2. В зависимости от способа формирования временного интервала:
 - а) моментные (данные собираются на определенный момент времени);
 - б) интервальные (данные собираются за определенный период времени).
3. В зависимости от выраженности изменений явления во времени (определяется по коэффициенту корреляции между временем и изучаемым явлением).
 - а) с выраженной тенденцией ($r = 0,7 - 1,0$);
 - б) с неустойчивой тенденцией ($r = 0,3 - 0,69$);
 - в) с отсутствием тенденции ($r = 0 - 0,29$).

Основное требование, предъявляемое к анализируемым динамическим рядам, заключается в сопоставимости их уровней. Для оценки сопоставимости проводят предварительный анализ полученных данных по следующим критериям:

- единство территории, на которой проводился сбор данных;
- единая методология учета данных;
- единые временные интервалы, в течение которых проводилась регистрация данных.

Методика анализа динамических рядов

1. Представить полученные данные графически и выявить форму зависимости изучаемого явления от времени.
2. Оценить наличие и силу корреляции изучаемого явления от времени.
3. Если установлено, что ряд обладает выраженной тенденцией, проводят анализ компонентов динамики ряда: основной тенденции (эволюции, тренда), кратковременных систематических движений и случайных колебаний. Основная задача анализа - разделить эти компоненты и выявить основную закономерность изменения явления во времени. Для выявления и описания тренда динамический ряд подвергают обработке - выравниванию.

Способы выравнивания динамических рядов:

1. Укрупнение временных интервалов (периодов), в течение которых изучается явление.
2. Сглаживание ряда методом скользящей средней.
3. Аналитический способ.

При этом способе на основании фактических данных подбирается наиболее подходящее для отражения тенденции развития явления математическое уравнение (аппроксимирующая функция), которое принимается за модель развития явления во времени. Т.е. уровни ряда рассматриваются как функция времени, и задача выравнивания сводится к определению вида функции, отысканию ее параметров по эмпирическим данным и расчету по найденной формуле теоретических выровненных уровней. Наиболее часто используются следующие функции:

- а) линейная зависимость: $y = a_0 + a_1 t$
- б) экспоненциальная зависимость: $y = a_1 e^t$
- в) показательная зависимость: $y = a_1^t$
- г) параболическая зависимость: $y = a_2 + a_0 t + a_1 t^2$

и др.

где a_0, a_1, a_2 - параметры уравнения;
 y – теоретический уровень;
 t – временной интервал.

Чаще всего стремятся выровнить ряд по прямой, используя для нахождения параметров уравнения a_0, a_1 способ наименьших квадратов. Способ наименьших квадратов позволяет найти теоретическую кривую, максимально приближенную к эмпирической, а условие минимума суммы квадратов отклонений теоретических данных от фактических позволяет свести математическое решение задачи к системе нормальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} na_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum yt \end{array} \right\}$$

где y - уровни фактического ряда;

n - количество уровней;
t - порядковый номер временного периода.

Эта система уравнений легко упрощается, если «t» присвоить ранги (порядковые номера), ведя отсчет времени от середины ряда. При нечетном ряде середина обозначается через 0, а отсчет рангов ведется через единицу с соответствующим знаком в ту или иную сторону от середины (например: -5,-4,-3,-2,-1, 0,+1,+2,+3,->:4,+5). При четном ряде две средние временные точки обозначаются через +1 и -1, а остальные ранги присваиваются через две единицы (например: -5,-3,-1,+1,+3,+5).

При отсчете времени от середины ряда $\sum t = 0$ и система нормальных уравнений принимает вид:

$$\begin{cases} na_0 = \sum y \\ a_1 \sum t^2 = \sum yt \end{cases}$$

Отсюда находим параметры уравнения:

$$a_0 = \frac{\sum y}{n}; a_1 = \frac{\sum yt}{\sum t^2}$$

Подставляя в уравнение $y = a_0 + a_1 t$ вместо «t» его ранги, находим выравненные (теоретические) значения уровней ряда и строим теоретическую кривую выравненного динамического ряда.

При использовании аналитического способа всегда отмечается отклонение теоретических уровней от фактических уровней ряда, которое может быть обусловлено как случайными колебаниями, так и неправильно подобранным аппроксимирующим уравнением. В связи с этим заключительным этапом выравнивания динамического ряда аналитическим способом является оценка точности аппроксимации с определенным уровнем значимости.

Оценка точности аппроксимации возможна с помощью нахождения:

а) коэффициента вариации:

$$C_v = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100\% ; \quad S = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - k - 1}}$$

где y - фактический уровень ряда;
y_t - теоретический уровень ряда;
k - число параметров уравнения;
n - число уровней ряда.

Аппроксимация считается точной при C_v не более 15%.

б) коэффициент расхождения Тейла:

$$U = \frac{\sqrt{\sum (y - \bar{y}_t)^2}}{\sqrt{\sum y^2} + \sqrt{\sum y_t^2}}$$

где y - фактический уровень ряда;
y_t - теоретический уровень ряда.

Аппроксимация считается точной при U не более 5%

После аналитического выравнивания динамического ряда и описания тренда возможно экстраполировать полученные данные. Экстраполяция - предположение о сохранении тренда, базирующееся на допущении неизменности влияющих факторов и предшествующей тенденции. Осуществляется путем подставления в найденное уравнение аппроксимации не фактического значения временного интервала, а тех лет, на которые прогнозируется результат.

Вычисление основных показателей динамического ряда:

Условные обозначения:

y_i - текущий уровень (сравниваемый);

y_m - базисный уровень (с каким сравнивают);

t - период времени, в течение которого уровень предполагается неизменным.

1. Абсолютный прирост (убыль) :

$$\Delta y = y_i - y_{i-1}$$

2. Темп роста (убыли):

$$T_A = \frac{\Delta y}{y_{i-1}} \cdot 100\%$$

3. Темп прироста (относительная скорость), темп убыли :

4. Средний темп прироста (убыли) :

$$\bar{T}_A = \frac{a_1 \cdot k}{a_0} \cdot 100\%,$$

где

a_0, a_1 - параметры уравнения;

k - 1 при нечетном ряде;

k - 2 при четном ряде.

5. 1% прироста (убыли) : используются при сравнении динамических рядов с уровнями, выраженными различными обобщающими коэффициентами.

$$1\% = \frac{\Delta y}{T_A}$$

Задание для самостоятельной работы

На основании условия задачи необходимо;

1. Выровнять динамический ряд методом наименьших квадратов.

2. Рассчитать показатели динамического ряда (абсолютный прирост, темп прироста, средний темп прироста, значение 1% прироста).

3. Изобразить ряд графически.

4. Провести анализ и сделать выводы.

Задача-эталон

Заболееваемость сифилисом в Российской Федерации на 100 тыс. населения в год:

Год	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Случай	33,8 ‰	85,5 ‰	177 ‰	264,6 ‰	277,3 ‰	234,8 ‰	? (найти)
Ранги	-5	-3	-1	1	3	5	

Выравнивание аналитическим способом

В качестве модели (аппроксимирующей функции) выбираем линейную зависимость:

$$y = a_0 + a_1 t$$

$$\begin{cases} n a_0 = \sum y \\ a_1 \sum t^2 = \sum y t \end{cases}$$

$$a_0 = \frac{\sum y}{n} \quad a_0 = 179 \text{ ‰}$$

$$a_1 = \frac{\sum yt}{\sum t^2} \quad a_1 = 23,8\text{‰}$$

Показатели выровненного ряда

1993	1994	1995	1996	1997	1998
60‰	107,6‰	155,2‰	202,8‰	250,4‰	298‰

Показатели динамического ряда

Абсолютный прирост (убыль) – разность между последующим и предыдущим уровнем.

$$\Delta y = y_t - y_{t-1} \quad \Delta y = 47.6\text{‰}$$

Темп прироста (убыли) - процентное отношение абсолютного прироста к предыдущему уровню.

$$T\Delta = \frac{\Delta y}{y_{i-1}} * 100\% \quad T\Delta = 79\%$$

Темп роста - процентное отношение последующего уровня к предыдущему

$$Tp = \frac{y_i}{y_{i-1}} * 100\% \quad Tp = 179.3\%$$

Средний темп прироста

$$T\Delta = \frac{a_1 * k}{a_0} * 100\% \quad T\Delta = \frac{23.8\% * 2}{179} * 100\% = 26.52\%$$

1% роста (убыли)

$$1\% = \frac{\Delta y}{T\Delta} \quad 1\% = \frac{47.6\%}{26.5\%} = 1.79$$

Прогноз на 1999 год: $y = 345,6\text{‰}$

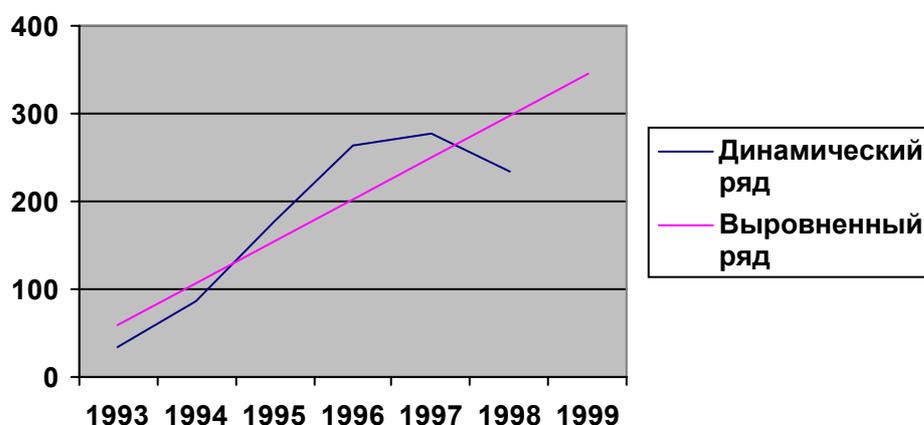


Диаграмма 1 «Заболеваемость сифилисом в РФ на 100 тыс. населения»

Вывод: Заболеваемость сифилисом в РФ имеет выраженную тенденцию к росту (абсолютный прирост $\Delta y = 47.6 \text{‰}$; темп прироста $T\Delta = 79\%$; темп роста $Tp = 179.3\%$ средний темп прироста $T\Delta = 26.52\%$; 1% роста = 1.79)
Прогноз на 1999 год: $y = 345,6 \text{‰}$

Контрольные вопросы

1. В чем состоит значение анализа динамического ряда в статистическом исследовании?
2. Каковы принципы построения динамического ряда?
3. Какие различают виды динамических рядов?
4. Назовите аналитические показатели динамического ряда.
5. Какие методы выравнивания ряда вы знаете?
6. Каким образом можно проверить гипотезу о существовании тенденции в динамике явления?
7. Каким образом можно использовать анализ динамического ряда для прогнозирования тенденции?

Тема 9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПРОГРАММ.

Статистический программный пакет Epi -Info

Цель изучения темы:

Изучить возможности статистического пакета Epi - Info для проведения математического анализа данных эпидемиологического исследования.

Для достижения поставленной цели ординатор должен

Уметь:

- Создавать файлы данных в программе Epi - Info и открывать файлы данных, созданные другими приложениями
- Проводить подготовку файла для проведения анализа данных
- Проводить основные аналитические тесты, изученные во время курса статистики
- Применять свойства «Калькулятор», для работы с суммированными данными
- Представлять результаты обработки данных как в табличной так и в графической формах
- Интерпретировать результаты компьютерной обработки данных

Знать:

- Основные виды файлов используемых в программе
- Основные команды для анализа данных

Общие сведения

Программа Epi – Info была создана центром CDC для проведения статистического анализа «в полевых условиях». Традиционно программу отличает простота в использовании, низкие требования как к компьютеру на котором она будет использоваться, так и к программному обеспечению (Epi – Info работает с среде DOS).

В программе используются файлы:

- *.qes – вопросник
- *.chk – проверка ввода
- *.rec – файл данных
- *.bak – копия файла данных

Создание файла данных / Ввод данных

Одно из преимуществ программы – возможность создать простейшую программу для ввода данных (электронную версию анкеты)

Проверка достоверности электронной версии данных

Для проверки достоверности данных в файле данных применяется команда Verify

Обработка данных/составление списка команд для обработки данных

Для проведения математической обработки данных возможно разовое использование команд и запись команд в файл для автоматической обработки, что удобно при необходимости повторного анализа данных.

Основные команды

T-test

Tables

Сохранение и распечатка результатов машинной обработки данных

Результаты анализов возможно как сохранить в файл, так и распечатать.

Задача – эталон

Задача для самостоятельной работы

Задачи использованные в процессе изучения программы SPSS будут применяться и в процессе изучения Epi – Info.

Литература

Файлы помощи, встроенные в статистический пакет SPSS.

Статистический программный пакет SPSS

Цель изучения темы:

Изучить возможности статистического пакета SPSS для проведения математического анализа данных эпидемиологического исследования.

Для достижения поставленной цели ординатор должен

Уметь:

- Создавать файлы данных в программе SPSS и открывать файлы данных, созданные другими приложениями
- Проводить подготовку файла для проведения анализа данных
- Проводить основные аналитические тесты, изученные в курсе статистики
- Представлять результаты обработки данных как в табличной, так и в графической формах
- Интерпретировать результаты компьютерной обработки данных

Знать:

- Основные виды файлов используемых в программе
- Этапы компьютерной обработки статистических данных
- Основные команды для анализа данных

Общие сведения

Программа SPSS – статистический пакет.

Три основных типа файлов, с которыми предстоит работать пользователю, имеют следующие расширения:

*.sps – содержащий данные

*.rpn – результаты статистической обработки

*.syn – содержащий команды обработки данных

Стадии компьютерной обработки данных:

Ввод данных

Проверка достоверности электронной версии данных

Обработка данных/составление списка команд для обработки данных

Распечатка результатов машинной обработки данных

Интерпретация полученных результатов

Создание файла данных / Ввод данных

Создание файла данных для обработке с помощью пакета SPSS:

Ввод данных в таблицу файла данных

Экспорт данных из файлов, созданных в других пакетах (dbase, excel ...)

Создание файла данных посредством простейших программ для создания баз данных с последующим экспортом данных в таблицы SPSS.

Свойства признаков (Variables)

Read ASCII file

Format

Variable label

Проверка достоверности электронной версии данных

При машинной обработке данных вероятность ошибки, существующей при сборе данных, дополняется вероятностью ошибки при вводе данных, поэтому перед началом процесса машинной обработки следует убедиться в достоверности электронной версии статистических данных.

Для этого:

- Запускается команда Verify, чтобы определить ошибку возникшую при вводе данных с твердых носителей
- Запускается команда Frequencies для каждого признака в базу данных и вручную проверяется какие значения присутствуют для каждого признака в базе данных

Подготовка базы данных к процессу обработки

Создание дополнительных признаков для:

Возможности анализа определенной группы единиц наблюдения (исключение остальных ЕН)

Возможности отдельного анализа различных групп единиц наблюдения (раздельный анализ, сравнение)

Возможности использования различных методов статистической обработки (создание качественных признаков из количественных или других качественных)

Create new variable

Recode

Compute

Split

Select

Filter file

Обработка данных/составление списка команд для обработки данных

Для обработки данных возможно разовое использование команд либо запись команд в файл синтаксиса (*.syn)

Основные команды

Frequencies

Descriptives

List Cases / variables

Means

T-test groups

Correlation

Regression

Вывод данных обработки (Графическое представление)

Graph / Bar

Graph / Pie

Graph / ScatterPlot

Graph / Histogram

Сохранение и распечатка результатов машинной обработки данных

Результаты анализа данных можно сохранить в выходном файле SPSS либо скопировать в другие программы (Word, Excel, Power Point ...)

Интерпретация полученных результатов

Задача – эталон

Задача для самостоятельной работы и контрольные вопросы

В задачах будет проверяться умение слушателей выполнять следующие операции:

1. Создать файл данных
2. Присвоить названия и характеристики каждому признаку
3. Создать новый качественный показатель на основе количественного
4. Создать новый качественный показатель на основе другого качественного (2 значения вместо 3)
5. Создать новый признак на основе нескольких (произвести вычисление)
6. Описать качественные и количественные признаки
7. Применить аналитические тесты для количественных и качественных показателей (T-test, tables, correlations, regression) и дать интерпретацию полученным результатам.
8. Представить данные в графической форме
9. Написать заключение по выполняемой методике (интерпретировать результаты).

Литература

Руководство, прилагаемое к статистическому пакету SPSS.

Файлы помощи, встроенные в статистический пакет SPSS.

Список литературы

1. Гланц С. Медико-биологическая статистика.-М.: Практика, 1999
2. Рунион Р. Справочник по непараметрической статистике.- М.: Финансы и статистика, 1982
3. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины.- М.: Медиа Сфера, 1998
4. Реброва О. Статистический анализ медицинских данных.-М.: Медиа Сфера, 2002.
5. Сергиенко В.И., Бондарева И.Б. Математическая статистика в клинических исследованиях. – Гэотар Медицина, Москва, 2000, 256 с.
6. Платонов А.Е. Статистический анализ в медицине и биологии. – Издательство РАМН, Москва, 2000, 51 с.
8. Making Sense Of Data. J.H. Abramson. Second edition. OUP, 1994.
9. An Introduction to Medical Biostatistics. Martin Bland. Third edition. Oxford Medical Publications, 2000, 405 p.
10. Statistics. David Freedman. W.W. Norton & Company. Third edition, 1998, 850 p.

Приложения.

1. Таблица Ермолаева.
2. Таблица Романовского.
 1. Таблица случайных чисел.
 2. Таблица значений критерия t.
 3. Таблица Боярского.
4. Таблицы критических значений критериев Вилкоксона, Колмогорова-Смирнова, χ^2 , Фишера, Манна-Уитни.

Контрольное занятие по модулям «Медико-биологическая статистика» и «Основы эпидемиологии»

«АНАЛИЗ НАУЧНОЙ ПУБЛИКАЦИИ»

Цель занятия: Закрепление и практическое применение знаний, навыков и умений, полученных в ходе изучения модулей «Медико-биологическая статистика» и «Основы эпидемиологии» на примере анализа научной публикации по проблемам эпидемиологии и общественного здоровья.

Задачи занятия:

1. Оценить адекватность дизайна научного исследования решению той или иной проблемы эпидемиологии и общественного здоровья.
2. Анализ технологии приведенного исследования.
3. Оценка полученных результатов.
4. Практическое применение полученных результатов.

Задание для самостоятельной работы

Найдите в периодической медицинской печати за последний год статью, представляющую результаты аналитического или экспериментального эпидемиологического исследования.

Статья должна быть представлена в полнотекстовом варианте – тезисы и рефераты исключаются! – и структурирована в соответствии со стандартными требованиями с выделением разделов «Резюме (реферат)», «Введение», «Материалы и методы» (или «Методика исследования»), «Результаты», «Обсуждение», «Выводы».

Примерный перечень периодических изданий, в которых можно осуществлять поиск статьи для анализа:

- Акушерство и гинекология;
- Аллергология;
- Анналы хирургии;
- Антибиотики и химиотерапия;
- Здоровоохранение Российской Федерации;
- Клиническая геронтология;
- Клиническая медицина;
- Клиническая фармакология и терапия
- Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины;
- Профилактика заболеваний и укрепление здоровья;
- Пульмонология
- Терапевтический архив.

Возможно осуществление поиска статьи в других периодических изданиях и в сети Интернет, однако должны быть известны выходные данные публикации (название периодического издания, год, номер выпуска, страницы).

Статью необходимо ксерокопировать и сохранить до конца изучения модуля.

Прочитайте статью и ответьте письменно на следующие вопросы:

По разделам «Резюме (реферат)» и «Введение»:

1. Какой научной или практической проблеме, и какой конкретной теме посвящена статья?
2. Докажите, что данное исследование является эпидемиологическим. Для этого определите объект исследования, его цели и задачи?
3. Какова рабочая гипотеза исследования? Когда была сформулирована: до, в течение или после исследования?)
4. Какого типа эпидемиологическое исследование представлено? Докажите и представьте схематично дизайн исследования.
5. Какие потенциальные ошибки могут быть в исследованиях такого типа? Каковы способы их компенсации? Были ли эти способы использованы авторами статьи, и если да, то какие именно?
6. Какие еще методы компенсации потенциальных ошибок возможно использовать в исследованиях такого типа?

По разделу «Материалы и методы» («Методика исследования»):

1. Определите группы исследуемых, критерии включения и исключения их из исследования.
2. Каково планируемое вмешательство и время его проведения?
3. Дано ли обоснование объема выборки?
4. Какой метод рандомизации использовался?
5. Какие способы ослепления применялись?
6. Если в статье описаны результаты аналитического исследования, ответьте на следующие вопросы:
 - Какие показатели использовались авторами для оценки состояния здоровья лиц, включенных в исследование?
 - Как рассчитывались эти показатели?
 - Чем обосновывают авторы выбор именно этих показателей? Какие еще показатели можно было бы использовать? Считаете ли вы выбор авторов обоснованным – докажите.
7. Если в статье описаны результаты клинического исследования, ответьте на следующие вопросы:
 - Какие критерии эффективности вмешательства использовали авторы?
 - Являются ли эти критерии, на ваш взгляд, оптимальными? Какие еще критерии оценки эффективности вмешательства, соответствующие цели исследования, вы можете предложить?
8. Указан ли минимальный уровень статистической значимости различий?
9. Какие метода статистического анализа применены и какой пакет компьютерных программ для этого был выбран?

По разделу «Результаты»:

- Оцените форму представления результатов исследования (приведена ли схема исследования, продвижения больных по группам, число больных в каждой группе, проведенные вмешательства, измерения в каждой группе).
- Оцените проведенный статистический анализ результатов (выбор видов показателей, наличие точечной и интервальной их оценки, примененные статистические методы и критерии и адекватность их применения, какие методы могли быть применены дополнительно).

По разделу «Обсуждение»:

1. Оцените интерпретацию результатов, включая источники смещения (систематической ошибки) и неточностей (внутренняя обоснованность исследования), обсудите внешнюю обоснованность (обобщаемость) результатов.
2. И в аналитических, и в экспериментальных исследованиях авторы делают выводы о наличии причинно-следственных связей. Независимо от типа исследования (аналитическое или экспериментальное), описанного в вашей статье, ответьте на следующие вопросы:
 - Что в исследовании являлось причиной, и что – следствием.
 - Обоснованы ли выводы авторов о наличии (или отсутствии) причинно-следственной связи? Для ответа на этот вопрос используйте алгоритм определения причинно-следственной связи на стр.
3. Оцените достоверность и практическую значимость результатов исследования, описанного в статье, используя примерный перечень контрольных вопросов в табл.
4. Считаете ли вы выводы авторов обоснованными? Если результаты представляются вам недостаточно обоснованными, то почему?
5. Сформулируйте предложения по совершенствованию построения и организации исследования. Если выводы обоснованы, то предложите сферу практического применения результатов исследования.
6. Какие дополнительные исследования вы бы рекомендовали провести, чтобы принять решение о целесообразности практического внедрения результатов работы, описанной в статье?