# Статистика в биологии

Зачем она нужна?

Основные понятия и допущения.

Как правильно выбрать критерий?

# Доказательная и …иная биология и медицина

- Теоретическая
- Описательная
- Народная [медицина]
- «Эмпирическая»
- Интуитивная
- **Сомнительная**
- …
- Народная [агрономия, селекция]

Зачем она нужна?

# Черты доказательного подхода

- Элемент редукционистского, аналитического подхода к познанию;
- Наличие этапа планирования, целенаправленный поиск;
- Наличие ясных формулировок проверяемых гипотез;
- Ясное описание условий проводимых исследований и установленных эффектов;
- Частая сопряженность с экспериментальным подходом;
- Повторные исследования и повторяющиеся эффекты;
- **Статистическое подтверждение выводов;**
- **Осторожность, критичность, скептицизм**.

Зачем она нужна?

# Статистика – инструмент генерализации заключений

- НЕ формальное требование; НЕ причуда высоколобых; НЕ требование «рецензентов» ; НЕ средство «давления» редколлегий журналов на авторов;
- НЕ признак «научности», «современности» etc .;
- НЕ способ «запутать» результаты там, где «и так все ясно»;
- НЕ способ «впихнуть невпихуемое, чтобы STATISTICA там сама все посчитала»;

- НЕ средство установления «достоверности»;
- НЕ способ доказательства ЗНАЧИМОСТИ или ОБЪЕКТИВНОСТИ полученных данных.

Зачем она нужна?

# Законы природы

- Динамические (100%)

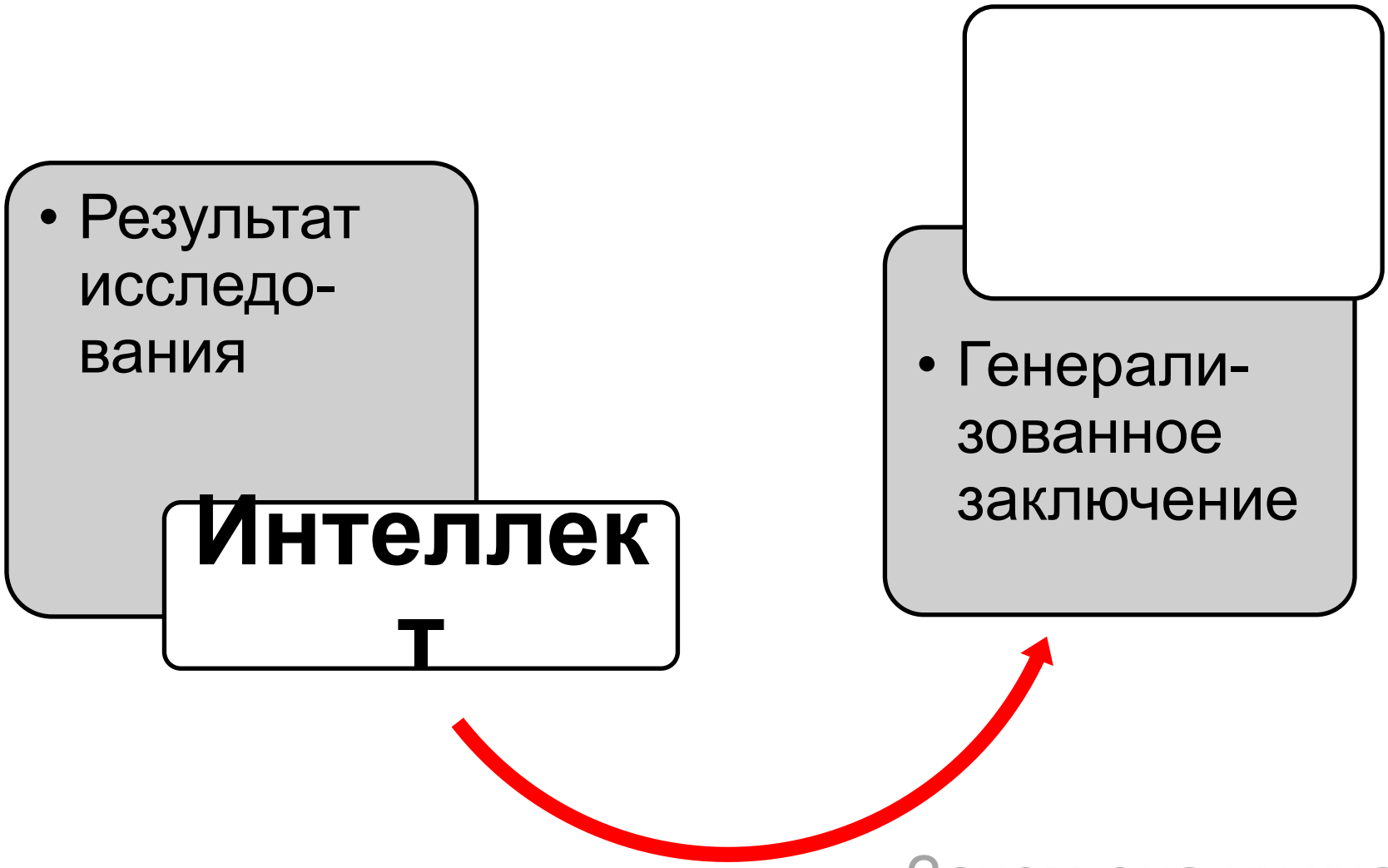
…

- Динамические : Статистические ( 75:25 %)
- **Динамические : Статистические ( 50:50 %)**
- *Динамические : Статистические ( 25:75 %)*

…

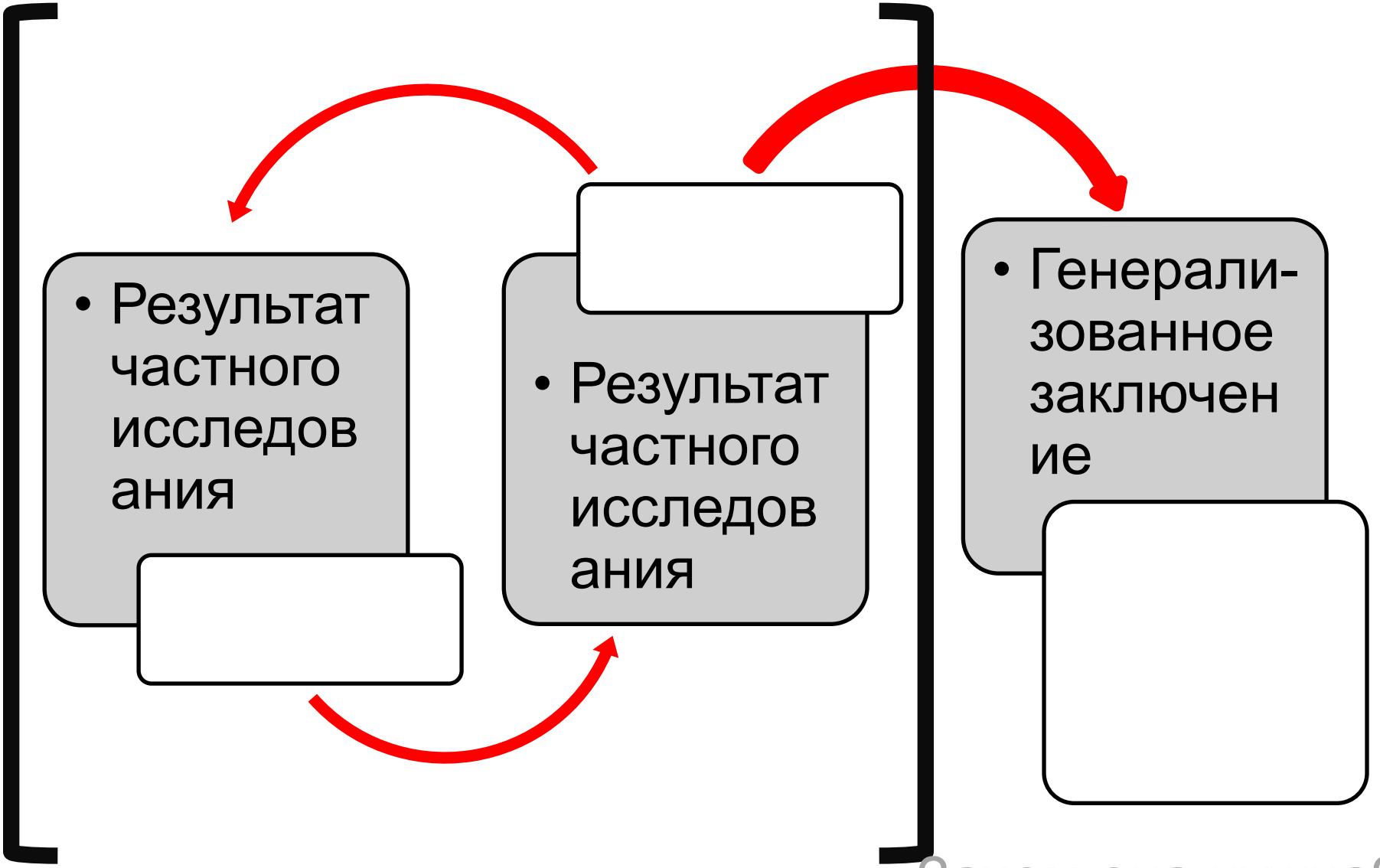
- *Статистические (100%) ?* Зачем она нужна?

# Познание динамических или сильных статистических законов



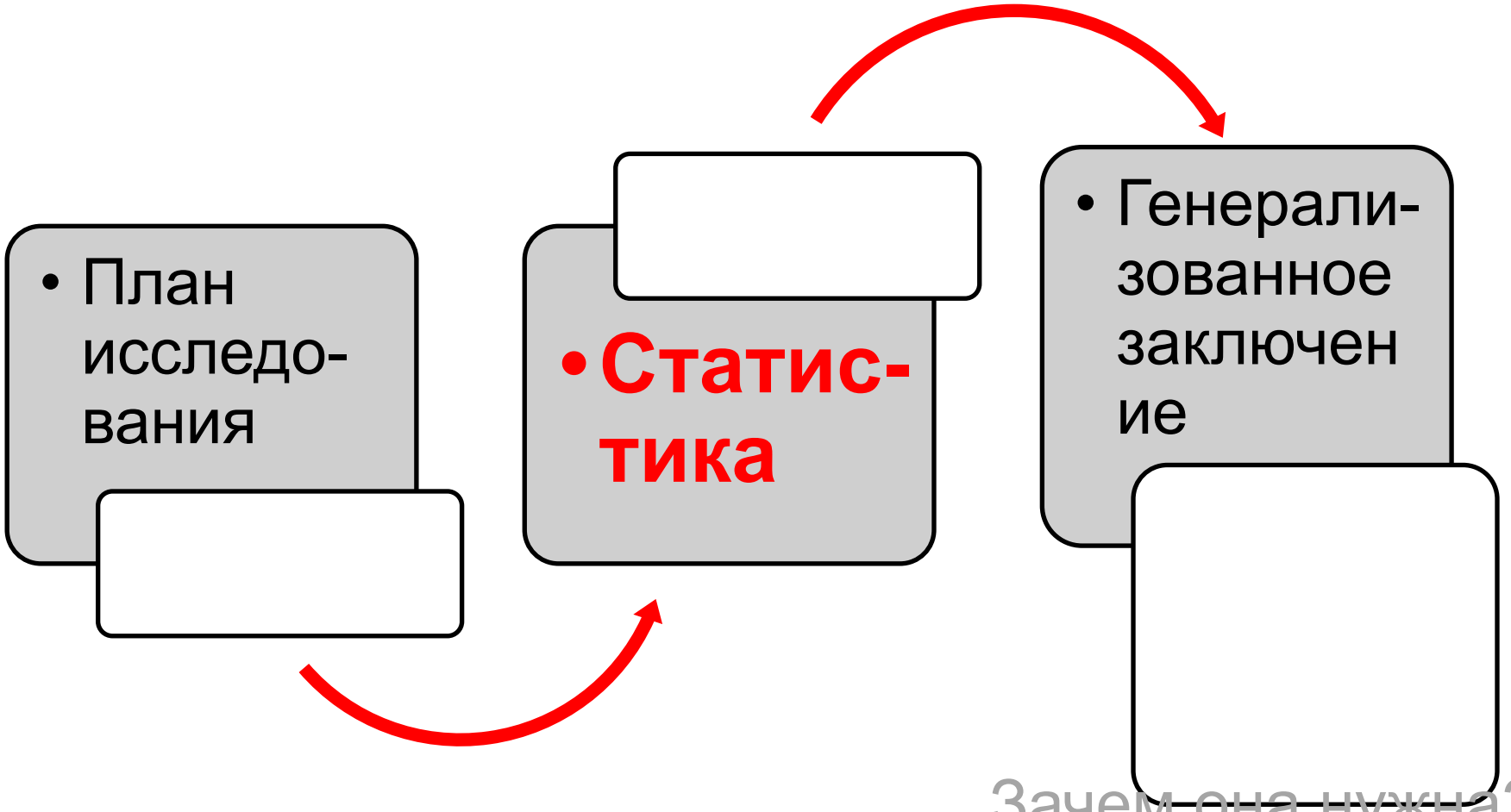

Зачем она нужна?

# Традиционный эмпирический путь познания статистических законов




Зачем она нужна?

# Статистика – инструмент генерализации заключений при познании «слабых» закономерностей




Зачем она нужна?

# Биологические законы – статистические законы

## Общие источники изменчивости систем:

1) Ошибки измерения;

2) Систематические ошибки;

## Специфические источники изменчивости живых систем:

**3) Изменчивость живого на всех уровнях организации;**

4) Суммирование изменчивости на более высоких уровнях организации.

Зачем она нужна?

# Статистика – способ вынесения надежного суждения об общем (о «генеральной совокупности») на основании анализа части («выборки»)

**Генеральная совокупность – все реально существующее или воображаемое количество изучаемых объектов:**

- генеральная совокупность может быть ограниченной / конечной или практически бесконечной величиной;
- как предмет изучения, генеральная совокупность – идеальная конструкция;

**Выборка – реально анализируемое (измеряемое) количество объектов:**

- выборка – реальное подмножество;
- выборка – в идеале – случайное подмножество из генеральной совокупности;
- разные выборки из одной генеральной совокупности – разные;
- надежные выборки –большие и случайные; **ненадежные** – маленькие и **неслучайные**.

Зачем она нужна?

# Статистика – это:

1. Способ вынесения надежного суждения об общем на основании анализа части этого общего; средство оценки надежности заключений;
2. Стандарт представления результатов в доказательной науке;
3. Средство коммуникации (язык) науки и исследователей;
4. Средство регуляции доверия качеству исследования и уровню исследователя (но это неоднозначно);

***Кардинал (Лэнгдон*** Статистика гия несовершенна. Но только потому, что человек не совершенен. Любой человек, включая и этого.

# Как это возможно?

1. Создание гипотезы.

2. Формирование выборки из генеральной совокупности.

3. Измерения; расчет и анализ средних.

4. Расчет статистик, проверка гипотезы .

# Гипотезы

Гипотезы – утверждение, предполагающее доказательство.

Научная гипотеза – утверждение, которое потенциально может быть проверено критическим экспериментом.

# Статистические гипотезы

Статистическое оценивание, по сути, это проверка нескольких статистических гипотез, одна их которых называется нулевой, а другая, конкурирующая с первой, называется альтернативной.

Гипотезы относятся к ГЕНЕРАЛЬНОЙ СОВОКУПНОСТИ!

Первая гипотеза, обычно, предполагает ОТСУТСТВИЕ различий или эффекта или связи. Например, для случая сравнения средних эти гипотезы принято записывать следующим образом:

$H0: \mu 1 = \mu 2$ («нулевая», т.к. $\mu 1 - \mu 2 = 0$) $H1: \mu 1 \neq \mu 2$

## Критичный этап: определение или формирование генеральной совокупности и взятие выборки

- Никакая статистика не скомпенсирует ошибки, совершенные на этапе планирования или осуществления наблюдения и экспериментов;

- Статистику как  инструмент планирования надо использовать уже на этом этапе;

# Проверка статистических гипотез – это расчет и оценка критериев (статистик)

Критерии рассчитываются на основании ВЫБОРКИ!

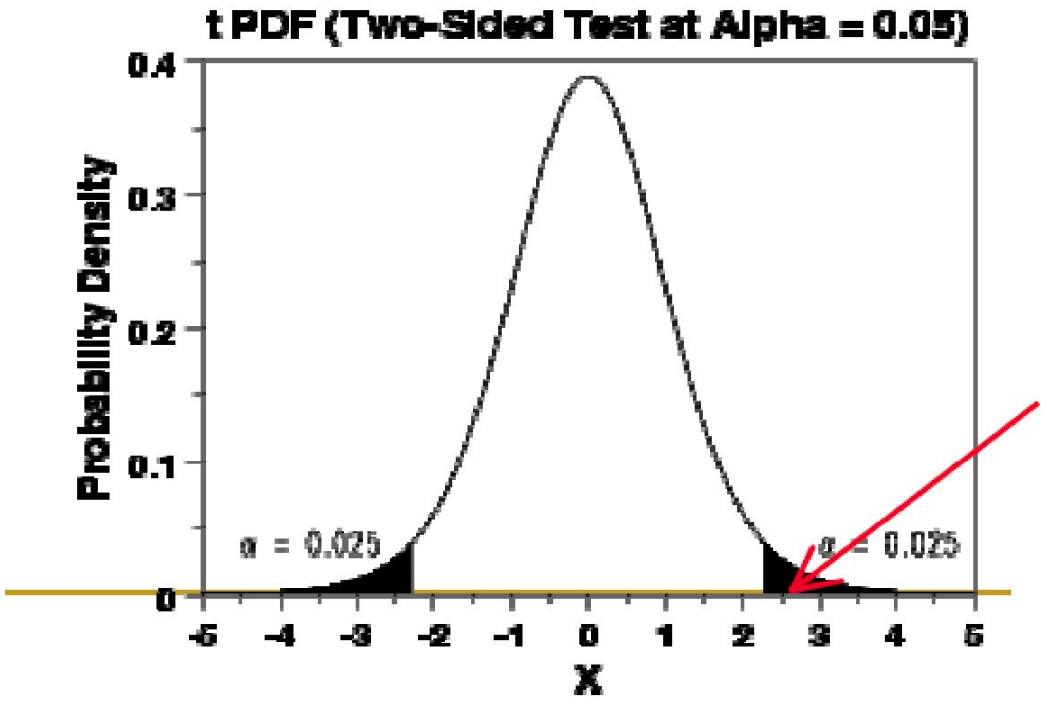
Для разных типов данных и для разных типов задач критерии РАЗНЫЕ.

В зависимости от типа критерия и объема наблюдений (размера выборки) определяется ЗНАЧИМОСТЬ критерия, на основании которого принимаются или отвергаются предварительные гипотезы.

Знание условий использования критериев, умение их рассчитывать и интерпретировать является умением «выполнять статистический анализ»

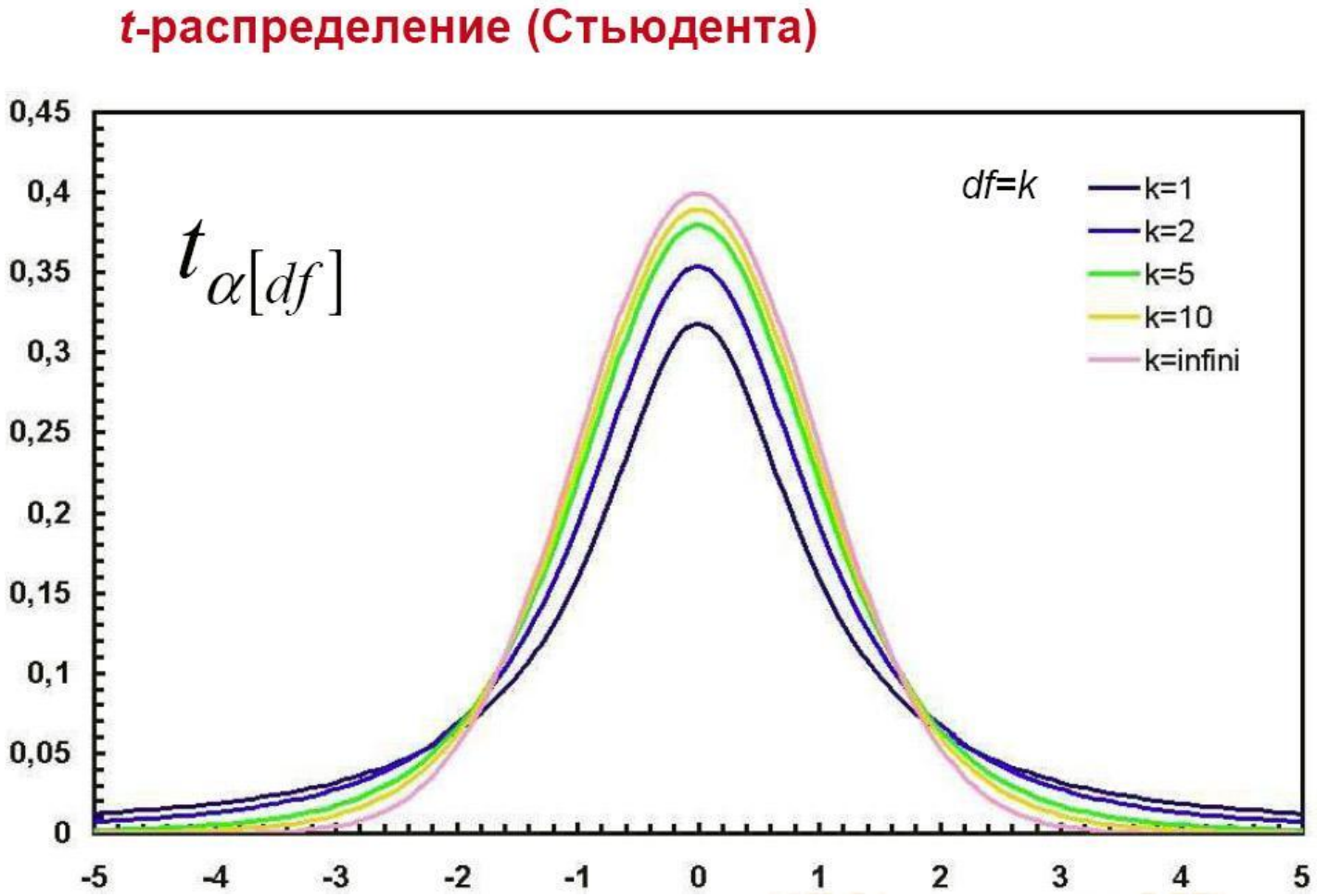
# Суть статистических критериев

Статистическое критерий – некоторая теоретическая функция (распределение), которая используется для описания анализируемых фактических данных и при заданном числе наблюдений (числе степеней свободы) получает СТРОГОЕ




Это число сравнивается с эталонным (табличным) и на основании этого сравнения делается вывод о значимости/существенности/надежности искомого/оцениваемого эффекта.

# Оценка надежности критерия ЖЕСТКО связана с количеством наблюдений



# Возможные исходы при проверке статистических гипотез

| | | Принята гипотеза | |
|---|---|---|---|
| | | $H_0$ | $H_1$ |
| Верна гипотеза | $H_0$ | вероятность правильно *принять* $H_0$, когда *верна* $H_0$ (*чувствительность критерия*) | вероятность ошибочно *принять* $H_1$, когда *верна* $H_0$ (*ошибка 1-го рода, уровень значимости*) |
| | $H_1$ | вероятность ошибочно *принять* $H_0$, когда *верна* $H_1$ (*ошибка 2-го рода*) | - вероятность правильно *принять* $H_1$, когда *верна* $H_1$ (*мощность критерия*) |

# Возможные исходы при проверке статистических гипотез

| | | Принята гипотеза | |
|---|---|---|---|
| | | $H_0$ | $H_1$ |
| Верна гипотеза | $H_0$ | | **Ошибка 1 рода:** вероятность найти различия, где их нет. Это – нездоровые сенсации, которые могут принести большой вред. Вероятность ошибки первого рода – это уровень значимости (*a* или *P*). |
| | $H_1$ | **Ошибка 2 рода**: вероятность не увидеть различий, где они есть. Это «близорукость», или «слепота» критерия, вред от неё не очень большой. | |

# Условия принятия / отвержения гипотез *P>0,05* и *P<0,05* – в чем разница и что это значит?

Достигнутый уровень значимости (*P*) – это вероятность получить такое же (или более экстремальное) значение критерия в длинной серии повторных выборок при условии справедливости H0.

Проще: "*P*" – это вероятность ошибочно отвергнуть нулевую гипотезу при отсутствии различий.

Еще проще: "*P*" – это вероятность справедливости нулевой гипотезы при условии ее отвержения.

Совсем просто, но не совсем корректно: "*P*" – это вероятность найти различия или другой эффект при их реальном отсутствии.

Граничные условия *P* – ВНЕ ЛОГИКИ, просто результат договора (заговора?) специалистов: $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$.

# Свойства «идеального» статистического анализа

- Большие, случайно сформированные выборки;
- Ограниченное число независимых друг от друга или, наоборот, значительно коррелирующих между собой признаков биологических объектов;
- Ограниченное число ярко выраженных и независимых «факторов», в соответствие с которыми варьирует строение биологических объектов;
- Нормальное распределение количественных признаков;
- Сильные (разницы более 0,5 – 1,0 σ) значимые ($P$<0,001) эффекты и связи, легко интерпретируемые биологически.

# Статистика – это язык: необходимый минимум описания результатов статистического анализа

Пример: как описать результаты применения критерия МАННА-УИТНИ при сравнении средних?

$Me_1$=12,5; $Me_2$=14,0; $U_{(n1=12;\ n2=11)}$=41,5; $P$=0,1316.

Характеристика центральных тенденций распределения значений признаков; здесь д.б. медианы

Вид крите-рия

Описание объема наблюдений: размер выборок или число степеней свободы (в зависимости от критерия)

Полученное (рассчитанное) значение критерия

Достигнутый уровень значимости критерия

# Типы статистических задач

| Задачи | Инструменты |
|---|---|
| Описание совокупностей объектов | Анализ одной выборки; расчет параметров распределений (положения, формы); проверка нормальности распределений; построение доверительных интервалов |
| Сравнение параметров | Парные и множественные сравнения средних; сравнение распределений; сравнение частот; t-критерий; тест Манна-Уитни или Краскела-Уоллеса; дисперсионный анализ; |
| Анализ зависимостей | Установление взаимосвязи между двумя переменными или между многими переменными; установление силы влияния одной или многих переменных на одну результирующую; корреляционный анализ, парная и множественная регрессия, логит-регрессия; |
| Снижение размерности, ординация, классификация | Кластерный, факторный, дискриминантный анализ; анализ соответствий; многомерное шкалирование и др. |

# Как выполнить «статистический анализ»?

1. Определить задачу (в т.ч. в статистических терминах);
2. Провести исследование; собрать данные; выполнить измерения;

3(1) Сформулировать нулевую и альтернативную статистические гипотезы;

4(2) Выбрать адекватный критерий;

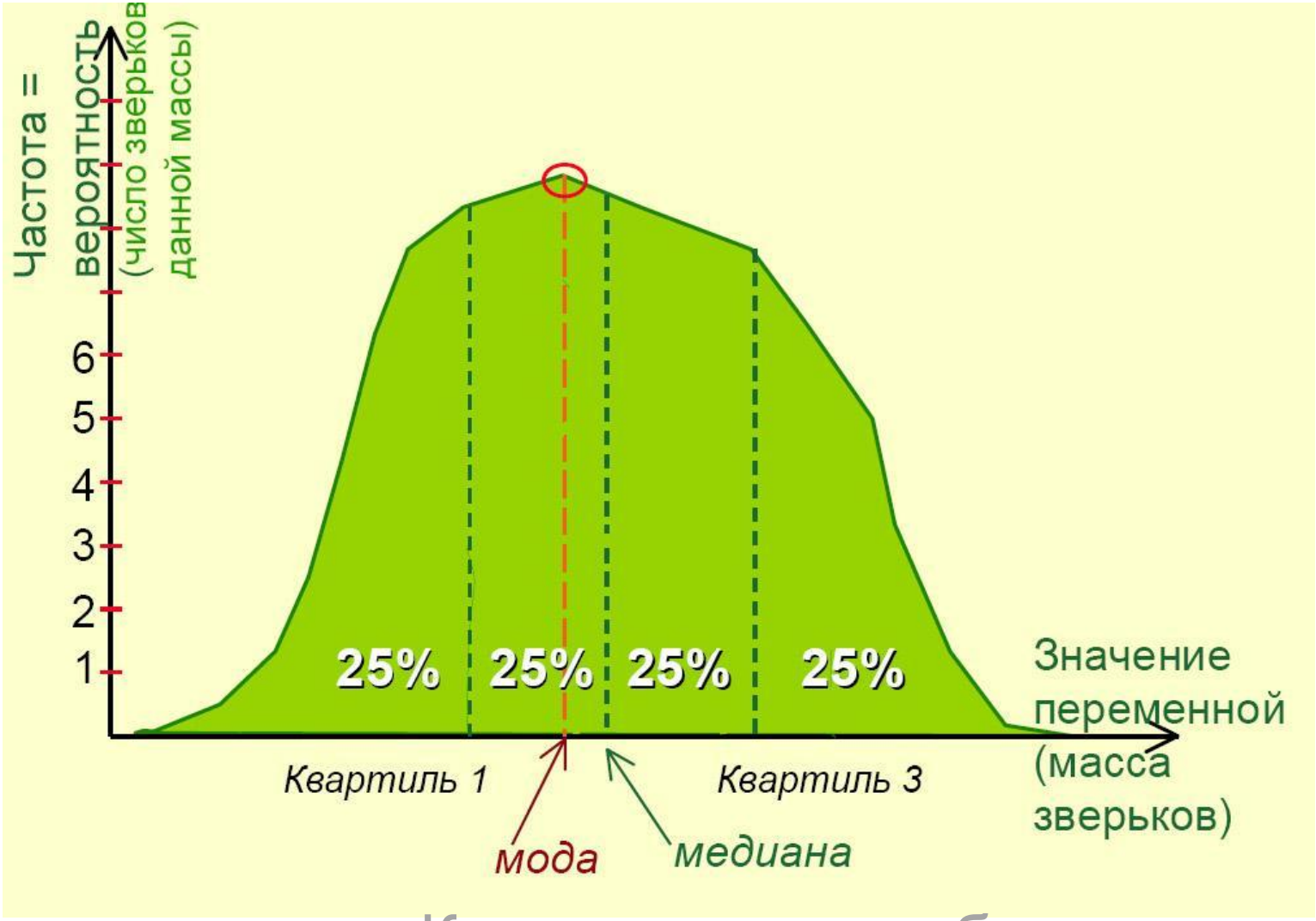
5(3) Выполнить расчеты и принять одну из статистических гипотез;

6(4) Опубликовать результаты применения статистики и интерпретировать статистические вводы в биологических терминах.

# Выбор статистического теста при сравнении распределений (сравнении центральных тенденций)

| Задача | Количественная шкала, нормальное распределение | Порядковая шкала или отклонение от нормального распределения | Номинальная шкала |
|---|---|---|---|
| **Сравнить одну группу с гипотетическим значением** | t-тест Стьюдента для одной выборки | Тест Вилкоксона | Тест хи-квадрат |
| **Сравнить две не связанные совокупности** | **t-тест Стьюдента для не связанных совокупностей** | **Тест Манна-Уитни** | **Тест Фишера (тест хи-квадрат)** |
| **Сравнить две связанные совокупности** | t-тест Стьюдента для связанных совокупностей | Тест Вилкоксона | Тест Мак-Неймера |
| **Сравнить более двух не связанных совокупностей** | **Однофакторный дисперсионный анализ** | **Тест Краскела-Уоллиса** | **Тест хи-квадрат** |
| **Сравнить более двух связанных совокупностей** | **Дисперсионный анализ с повторными** | Тест Фридмана | Тест Кохрана |

# Основные центральные тенденции распределений




Как правильно выбрать критерий?

# Типы биологических данных. Шкалы

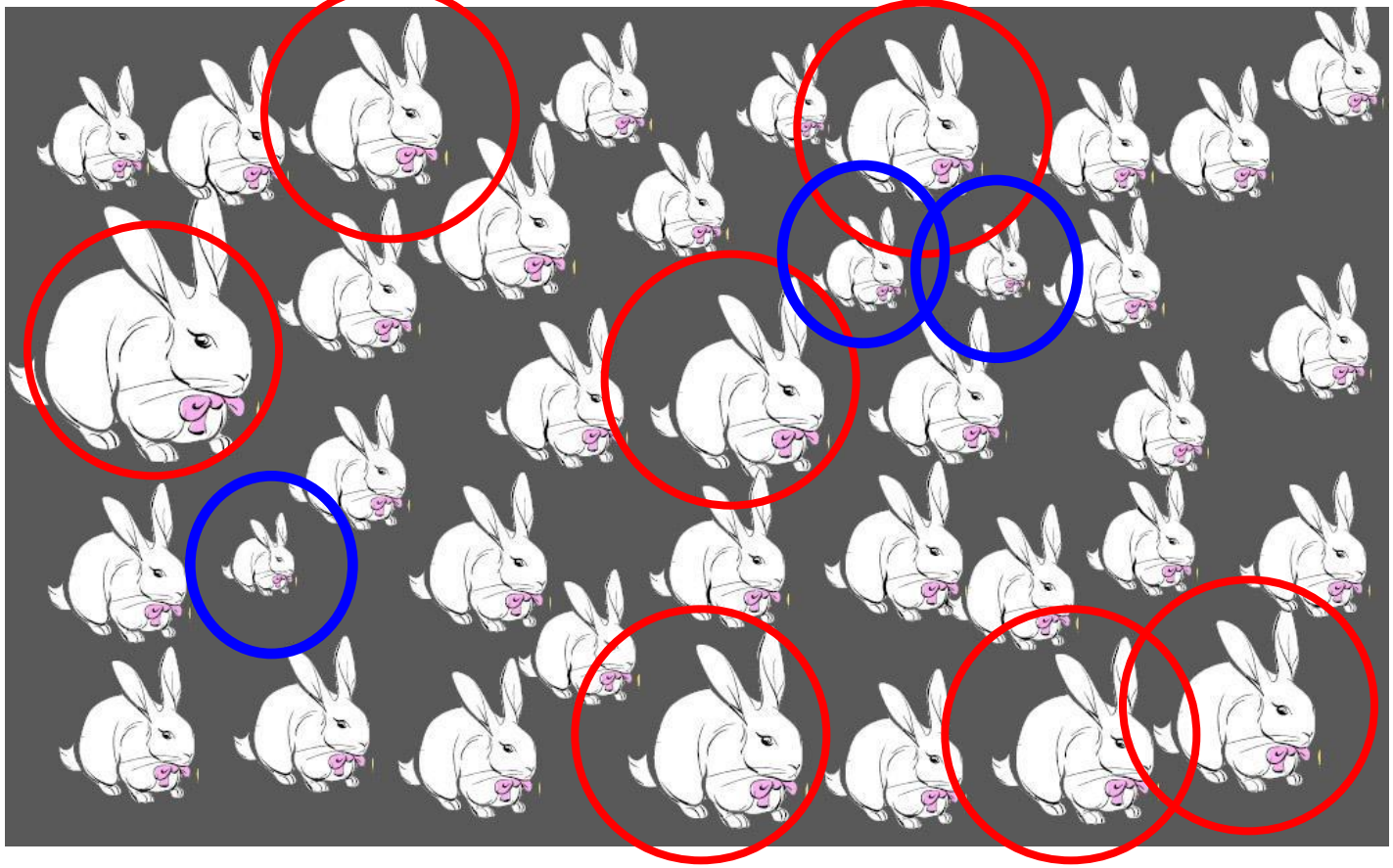
| Шкала | Свойства | Пример | Характеристики центральных тенденций |
|---|---|---|---|
| **Наименований** | Используется при …е | Вид организма; пол | Мода |
| **Порядковая** | …, …ь в …количественном порядке (но не оценить интервалы) | мало – много – очень много; неокрашенный – средняя окраска – меланист; | Мода; *медиана* |
| **Интервальная** | Интервалы между … | Температура в …дусах Цельсия …и Фаренгейта | Мода, медиана, среднее (арифметическое) |
| **Отношений** | … категориями (единицы измерения), а нуль пункт задан естественно | …ст в см, масса в …аммах; число организмов или их частей в штуках | Мода, медиана, среднее (арифметическое) |

**Качественные**

**Количественные**

Как правильно выбрать критерий?

# Типы биологических данных. Шкалы



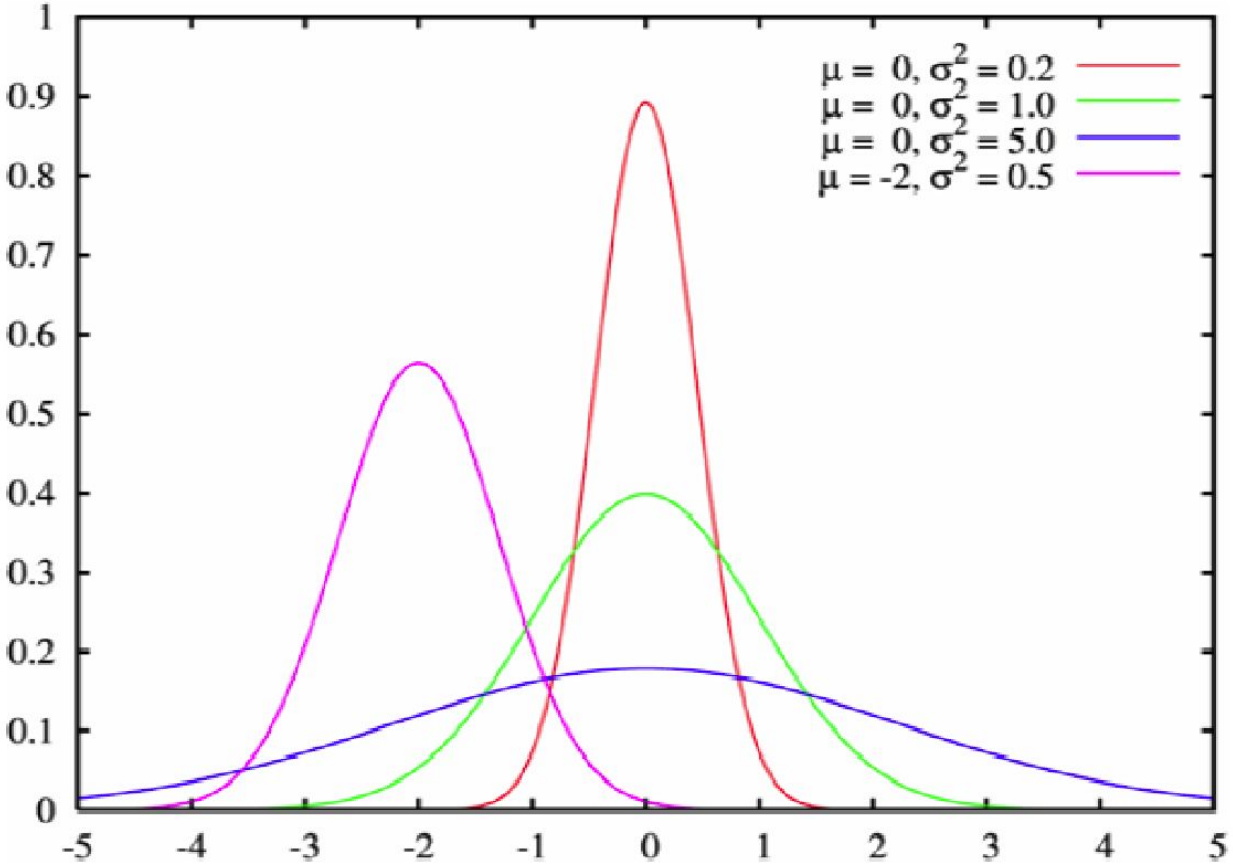
**Номинальная**: самец или самка; родитель или потомок.

**Ординальная**: **крупный**, средний или **мелкий** кролик; зараженный или незараженный гельминатами.

Интервальная шкала : температура тела; масса кролика, выраженная в единицах массы новорожденного кролика.

Шкала отношений: масса в граммах; длина уха в см; количество волосков в вибриссах.

# Нормальное распределение (Гауссово)



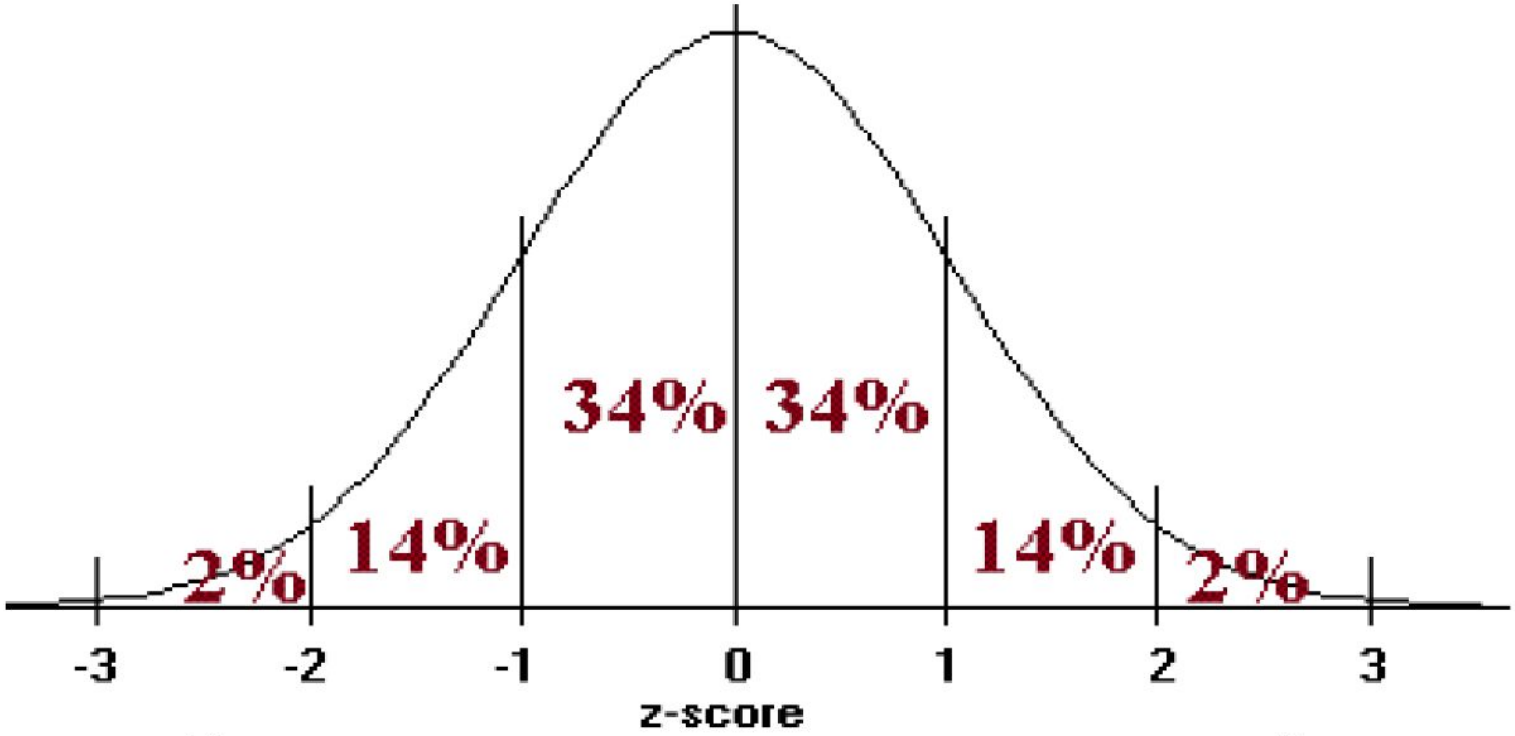

**Нормальное распределение;**

**1) унимодальное;**

**2) симметричное.**

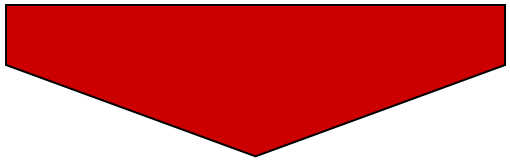
**Описывает случайно изменяющуюся непрерывно варьирующую величину, измеренную в номинальной шкале или шкале отношений.**

# Нормальное распределение (Гауссово)



# Правильный выбор статистического критерия зависит от:

1. Задачи;
2. Шкалы, в которой измерены данные;
3. Соответствия/несоответствия количественных данных (т.е. измеренных в шкале отношений или шкале интервалов) нормальному распределению.



**Проверка «нормальности» – первый и обязательный этап анализа количественных данных!**

**Соответствие «нормальному» распределению: параметрические статистики**

**Не соответствие «нормальному» распределению: непараметрические статистики**

# Выбор статистического теста при сравнении распределений (сравнении центральных тенденций)

| Задача | Количественная шкала, нормальное распределение | Порядковая шкала или отклонение от нормального распределения | Номинальная шкала |
|---|---|---|---|
| **Сравнить одну группу с гипотетическим значением** | t-тест Стьюдента для одной выборки | Тест Вилкоксона | Тест хи-квадрат |
| **Сравнить две не связанные совокупности** | **t-тест Стьюдента для не связанных совокупностей** | **Тест Манна-Уитни** | **Тест Фишера (тест хи-квадрат)** |
| **Сравнить две связанные совокупности** | t-тест Стьюдента для связанных совокупностей | Тест Вилкоксона | Тест Мак-Неймера |
| **Сравнить более двух не связанных совокупностей** | **Однофакторный дисперсионный анализ** | **Тест Краскела-Уоллиса** | **Тест хи-квадрат** |
| **Сравнить более двух связанных совокупностей** | **Дисперсионный анализ с повторными** | Тест Фридмана | Тест Кохрана |


# Учебники – вещь сугубо полезная

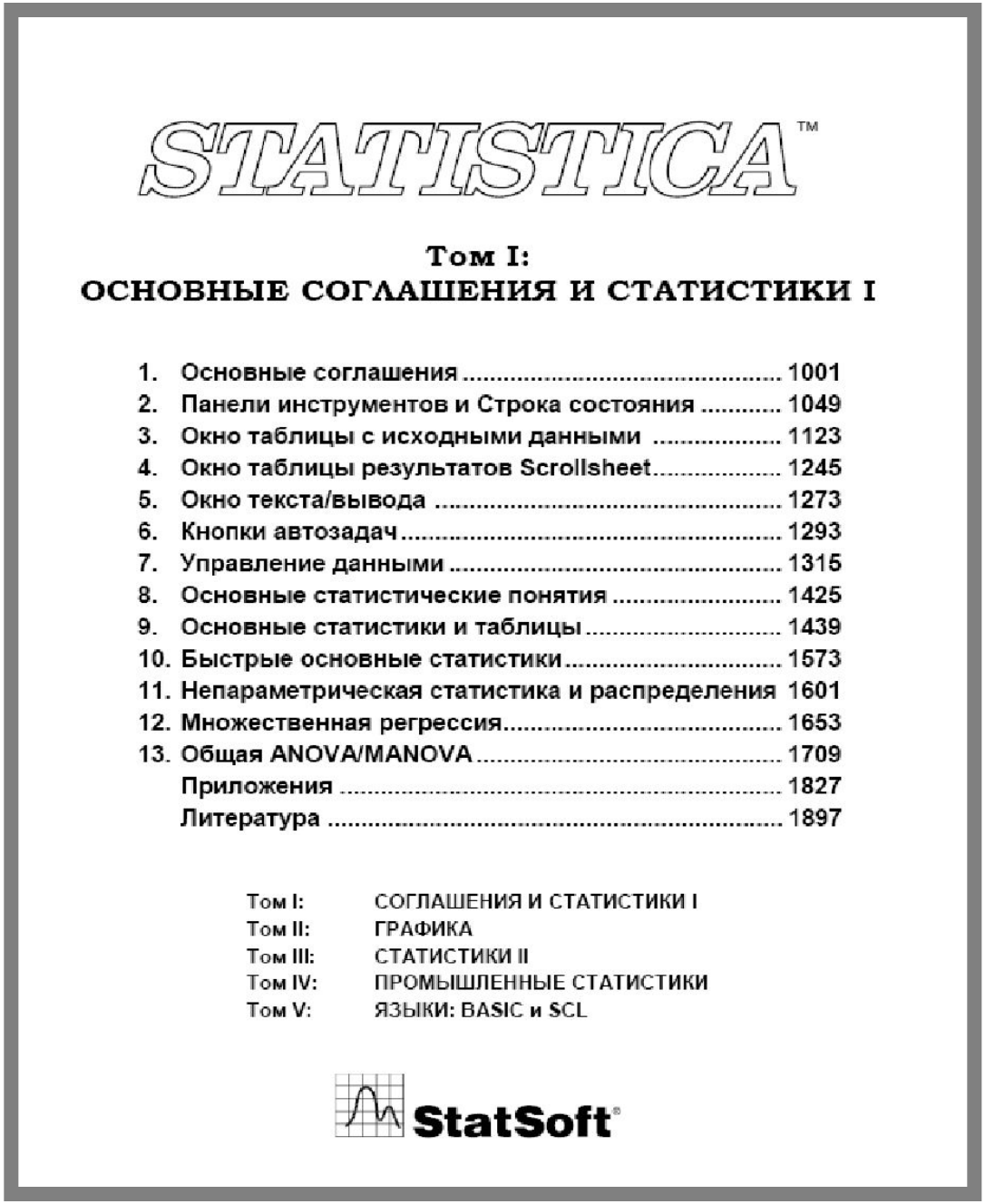
# Почему «Statistica» «лучшая»?

(из SPSS, SAS, Statistica, NCSS97, S-Plus, STATA/StatTransfer, SYSTAT, MINITAB, STATGRAPHICS+)

- Большой набор тестов.
- «Интуитивный» кнопочный интерфейс с разворачивающимися подменю и взаимодействием «компьютер – пользователь» по типу «вопрос –ответ».
- Высококачественная графика с автоматическим предложением адекватных данным типов иллюстраций.
- Модульный принцип организации меню.
- Развитая система подсказки(!).
- Достаточно развиты возможности экспорта и импорта данных.

*«Таким образом, Statistica является одной из наиболее простых для неподготовленного пользователя систем, с наименьшим периодом овладения ее возможностями и удачным набор графических возможностей.*

*К недостаткам системы можно отнести ее малую расширяемость, отсутствие модулей третьих фирм и пользователей, а также недостаточно эффективный командный язык»*


STATISTICA™

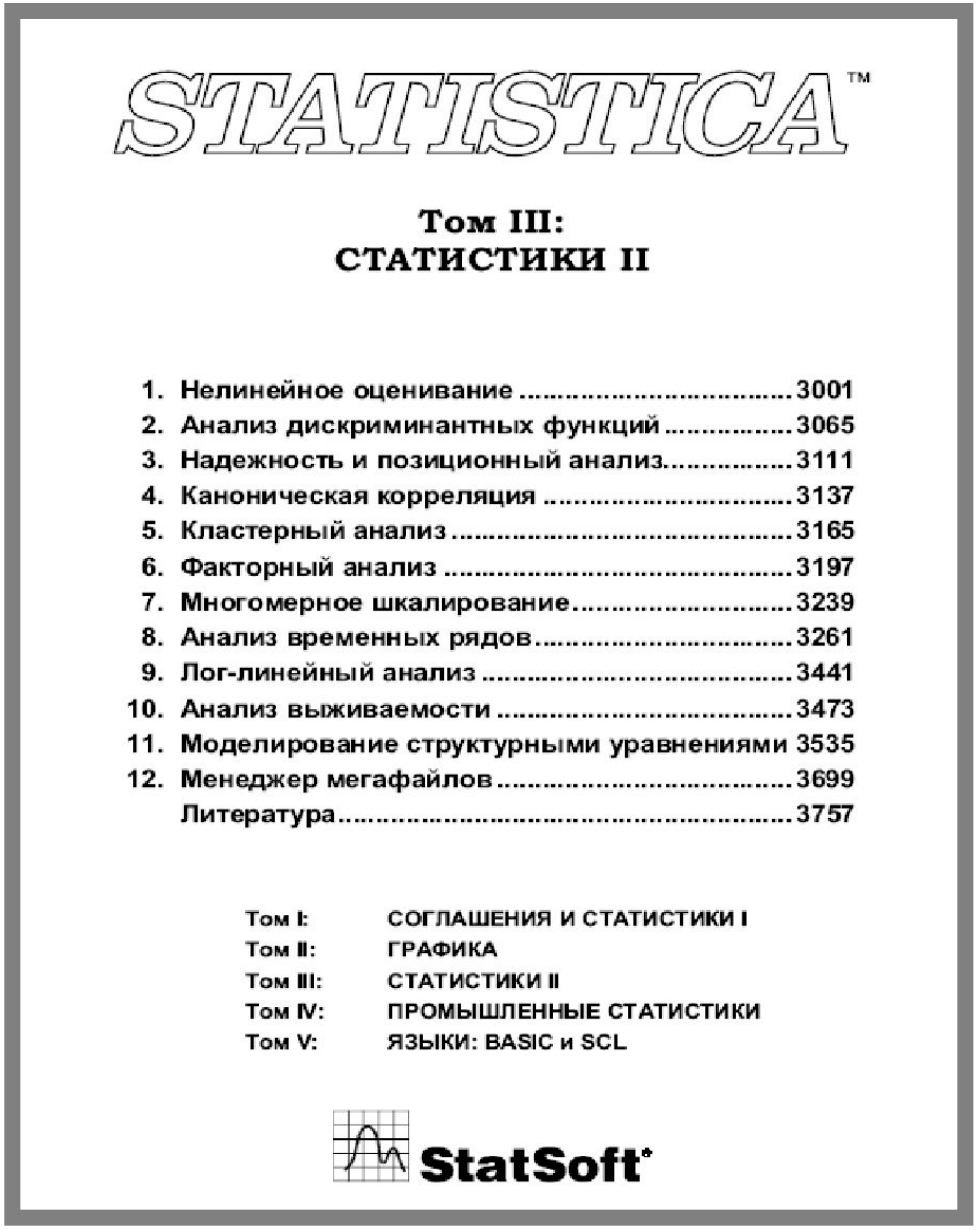
Том I:
ОСНОВНЫЕ СОГЛАШЕНИЯ И СТАТИСТИКИ I



Том I: СОГЛАШЕНИЯ И СТАТИСТИКИ I
Том II: ГРАФИКА
Том III: СТАТИСТИКИ II
Том IV: ПРОМЫШЛЕННЫЕ СТАТИСТИКИ
Том V: ЯЗЫКИ: BASIC и SCL

StatSoft®

**Вместе с официальным и копиями программы поставляется ОЧЕНЬ ПРИЛИЧНОЕ руководство**


STATISTICA™

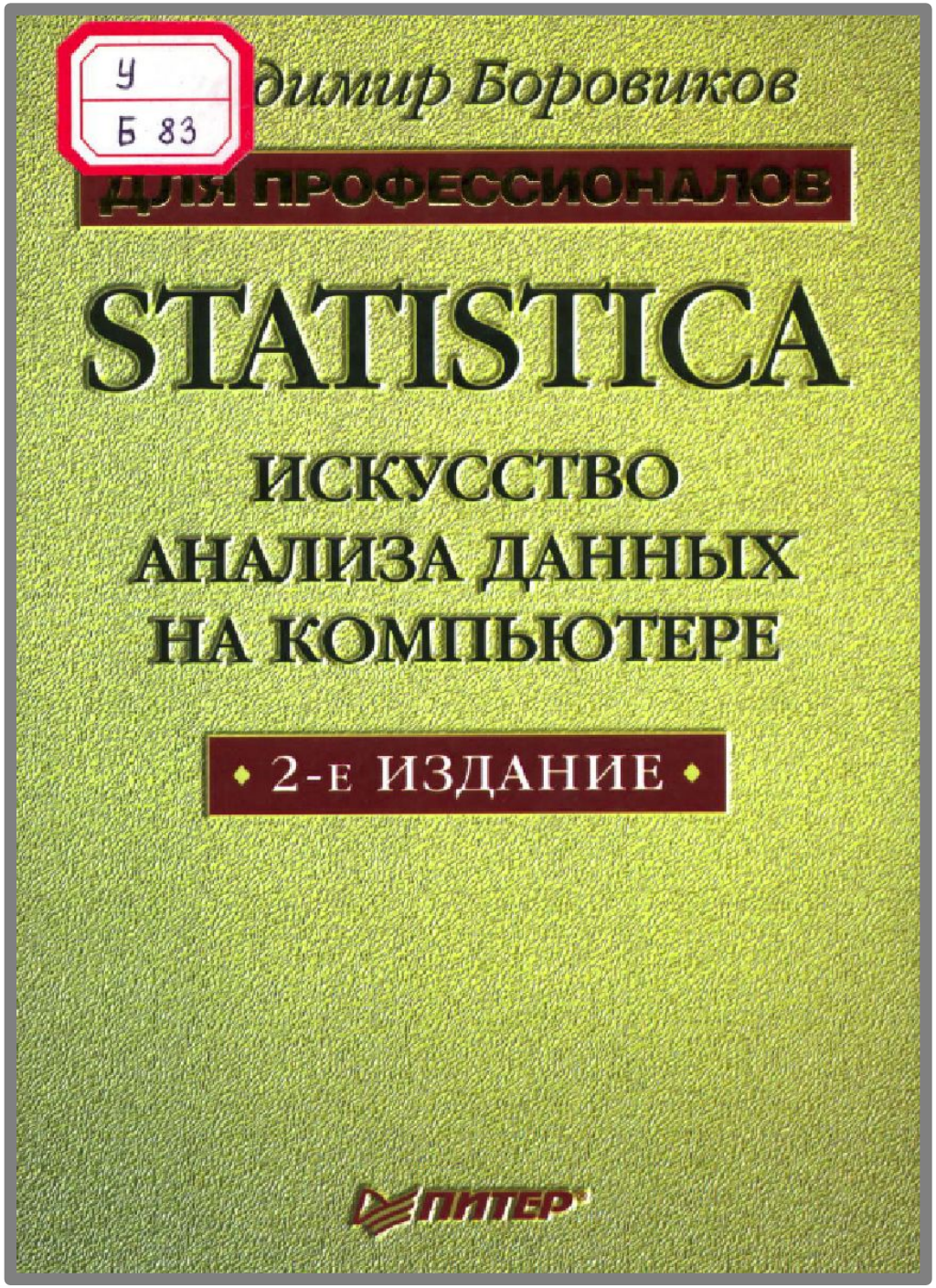
Том III:
СТАТИСТИКИ II



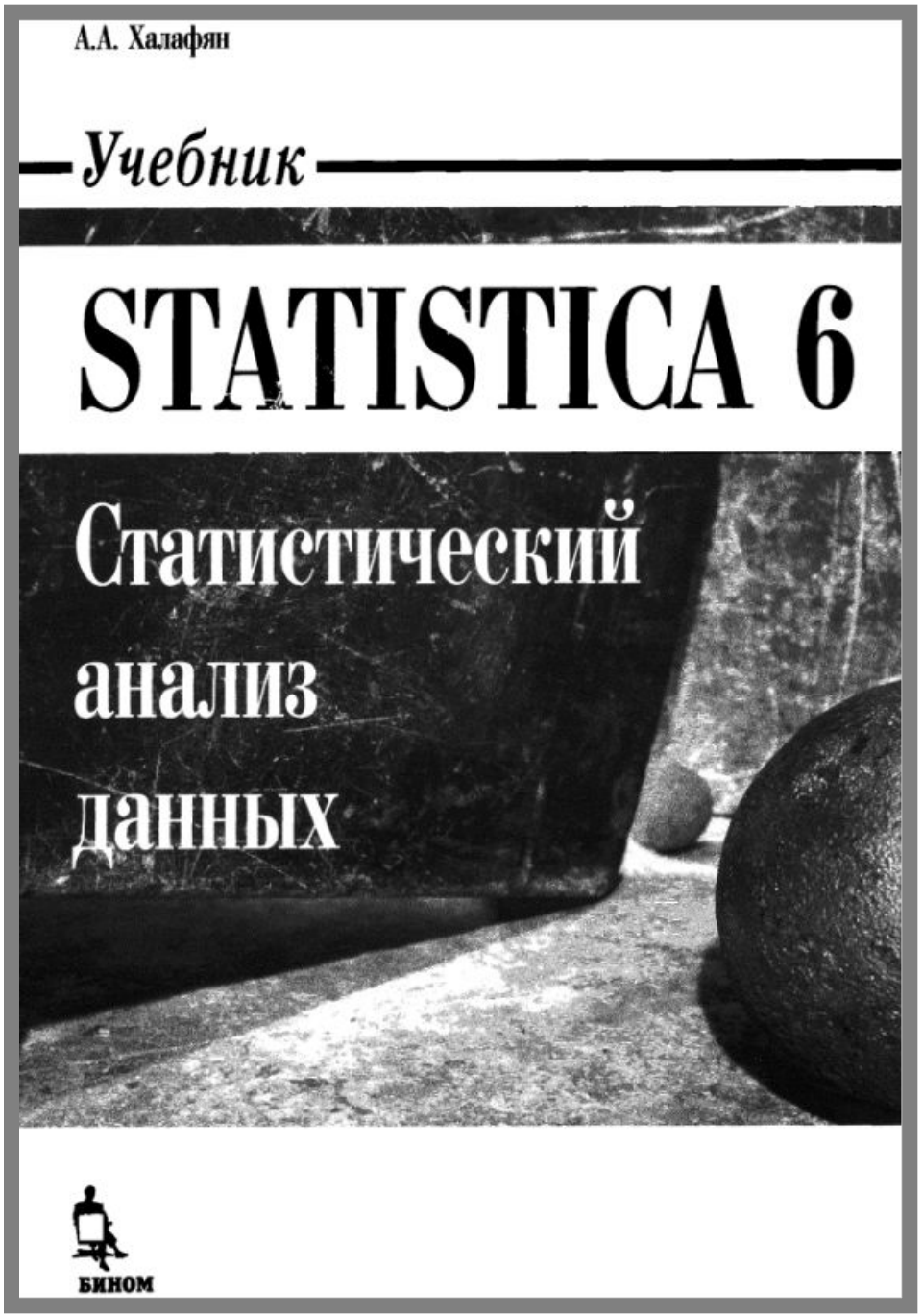
Том I: СОГЛАШЕНИЯ И СТАТИСТИКИ I
Том II: ГРАФИКА
Том III: СТАТИСТИКИ II
Том IV: ПРОМЫШЛЕННЫЕ СТАТИСТИКИ
Том V: ЯЗЫКИ: BASIC и SCL

StatSoft®

**Вместе с официальными копиями программы поставляется ОЧЕНЬ ПРИЛИЧНОЕ руководство**




**Не жалейте время на изучение учебников**




**Не жалейте время на изучение учебников**