

# Биостатистика

## 2. Статистическое оценивание и проверка гипотез.

Рубанович А.В.

*Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН*

# Чем мы занимались на предыдущем занятии?

## Фактически теорией вероятностей!

- Мы вычисляли вероятность наблюдаемого расклада (комбинации событий) при условии случайности и независимости этих событий
- Эту вероятность мы вычисляли «в лоб», используя комбинаторику и биномиальное распределение Бернулли. Это была статистика «на пальцах», точнее говоря на монетах
- На этом пути мы освоили точный тест Фишера, предназначенный для сравнения частот событий
- К сожалению, для решения большинства других задач статистики такой «честный путь» невозможен.
- Вместо этого по результатам измерений вычисляется новая величина, т.н. статистика теста ( $t$ ,  $\chi^2$ ,  $Z$ , ...), и уже по ее значениям косвенно судят о неслучайности эффекта.

# Несколько обязательных общих понятий

- 1 Статистика - это экспериментальный анализ случайных величин. Мы пытаемся судить о неизвестных случайных величинах по конечной совокупности наблюдений за ними (выборке).
- 2 Неизвестный нам закон распределения наблюдаемой случайной величины называется генеральным.
- 3 Выборка - это последовательность чисел  $x_1, \dots, x_n$ , полученных при  $n$ -кратном повторении эксперимента в неизменных условиях, например это могут быть значения признака для  $n$  различных особей
- 4 Характеристики выборки (среднее, дисперсия) являются приблизительными оценками истинных параметров неизвестного нам генерального распределения

# Обычно по результатам биологического эксперимента появляется некий Excel-файл

|         | Признак 1 | Признак 1 | ... |
|---------|-----------|-----------|-----|
| Особь 1 |           |           |     |
| Особь 1 |           |           |     |
| ...     |           |           |     |

Признаки могут быть:

- ☐ Количественные  
(непрерывные или счетные)
- ☐ Качественные  
(номинальные или порядковые)

## Несколько советов по хранению данных:

- 1 Вносите все данные в одну электронную таблицу. Не надо для каждой популяции создавать новый файл
- 1 Тщательно продумывайте названия столбцов и обозначения для номинальных признаков
- 1 При внесении текстовых данных следите за унификацией:  
Генотип «А С» - это не то же самое, что «АС» или « АС».  
Следите также за раскладкой клавиатуры

# Познакомьтесь: наша учебная «база данных».

## Она будет использована для иллюстраций

|    | A   | B      | C   | D       | E     | F     | G       | H        | I       | J           |
|----|-----|--------|-----|---------|-------|-------|---------|----------|---------|-------------|
| 1  | ФИО | Регион | Пол | Возраст | Вес   | Рост  | Болезнь | АберХр   | GSTM1   | GSTP1_A313G |
| 2  | 1   | Москва | М   | 47      | 111,8 | 181,8 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 3  | 2   | Омск   | Ж   | 53      | 81,0  | 154,9 | 0       | 0,610178 | del/del | A/G         |
| 4  | 3   | Омск   | Ж   | 52      | 79,8  | 158,1 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 5  | 4   | Омск   | Ж   | 52      | 79,8  | 158,1 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 6  | 5   | Киев   | Ж   | 52      | 79,8  | 158,1 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 7  | 6   | Киев   | Ж   | 52      | 79,8  | 158,1 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 8  | 7   | Москва | М   | 53      | 56,8  | 151,9 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 9  | 8   | Киев   | Ж   | 49      | 58,5  | 142,9 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 10 | 9   | Москва | М   | 48      | 78,0  | 172,0 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 11 | 10  | Омск   | М   | 43      | 85,2  | 189,8 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 12 | 11  | Москва | М   | 42      | 76,7  | 179,1 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 13 | 12  | Москва | Ж   | 58      | 78,7  | 145,6 | 1       | 0,013907 | I/*     | A/A         |
| 14 | 13  | Москва | Ж   | 42      | 71,8  | 166,4 | 1       | 0,815971 | del/del | G/G         |
| 15 | 14  | Киев   | Ж   | 53      | 60,7  | 145,1 | 1       | 0,75661  | I/*     | A/G         |
| 16 | 15  | Москва | Ж   | 41      | 91,5  | 154,6 | 0       | 0,177917 | I/*     | A/G         |
| 17 | 16  | Киев   | М   | 41      | 104,3 | 180,2 | 0       | 0,208379 | I/*     | A/A         |
| 18 | 17  | Омск   | Ж   | 56      | 77,2  | 158,7 | 1       | 0,376719 | I/*     | A/G         |
| 19 | 18  | Москва | Ж   | 44      | 77,9  | 145,4 | 1       | 0,504461 | del/del | A/A         |
| 20 | 19  | Москва | М   | 48      | 89,8  | 181,6 | 0       | 0,114204 | del/del | A/A         |
| 21 | 20  | Омск   | Ж   | 43      | 58,0  | 142,4 | 0       | 0,191457 | I/*     | G/G         |
| 22 | 21  | Киев   | М   | 46      | 82,2  | 152,6 | 1       | 0,032043 | I/*     | A/A         |
| 23 | 22  | Москва | Ж   | 56      | 80,7  | 164,1 | 0       | 0        | I/*     | A/G         |
| 24 | 23  | Киев   | М   | 47      | 86,3  | 163,1 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 25 | 24  | Омск   | Ж   | 43      | 46,9  | 140,4 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 26 | 25  | Киев   | Ж   | 53      | 61,4  | 152,4 | 0       | 0        | I/*     | A/G         |
| 27 | 26  | Москва | Ж   | 48      | 85,6  | 193,5 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 28 | 27  | Киев   | М   | 41      | 84,7  | 141,6 | 0       | 0        | I/*     | A/A         |
| 29 | 28  | Киев   | Ж   | 50      | 94,1  | 166,2 | 1       | 0        | del/del | A/G         |
| 30 | 29  | Москва | Ж   | 42      | 60,3  | 142,1 | 0       | 0,701922 | I/*     | A/A         |
| 31 | 30  | Москва | Ж   | 56      | 80,4  | 181,4 | 1       | 0,204385 | I/*     | A/A         |
| 32 | 31  | Омск   | Ж   | 46      | 87,0  | 143,0 | 0       | 0        | del/del | A/A         |
| 33 | 32  | Киев   | М   | 38      | 92,5  | 178,5 | 1       | 0        | I/*     | A/G         |
| 34 | 33  | Москва | М   | 43      | 79,2  | 130,9 | 0       | 0        | I/*     | A/G         |
| 35 | 34  | Москва | Ж   | 46      | 61,7  | 136,2 | 0       | 0        | I/*     | A/A         |
| 36 | 35  | Москва | Ж   | 43      | 85,2  | 147,6 | 0       | 0,295014 | del/del | A/A         |
| 37 | 36  | Омск   | М   | 43      | 82,6  | 166,1 | 0       | 0,658415 | del/del | A/A         |

Качественные  
номинальные

Количественные  
признаки

Качественный  
порядковый признак:  
0 – контроль  
1 – больной



# Обзор данных: описательные статистики

■ Среднее – основная характеристика «положения» случайной величины

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Близкие характеристики «положения»

- Медиана – значения больше и меньше равновероятны
- Мода – наиболее вероятное значение случайной величины
- Среднее геометрическое  $\overline{x_G} = \sqrt[n]{x_1 x_2 \dots x_n}$

■ Дисперсия – основная характеристика разброса случайной величины около среднего

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Дисперсия имеет размерность  $[x]^2$ . Корень из дисперсии называется стандартным отклонением ( $SD$ ) и имеет размерность  $[x]$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

# Упражняемся...



| Оценка | Число учеников (из 100) |             |
|--------|-------------------------|-------------|
|        | Физика                  | Физкультура |
| 2      | 10                      | 0           |
| 3      | 50                      | 10          |
| 4      | 30                      | 20          |
| 5      | 10                      | 70          |

1 Чему равны средние оценки по физике и физкультуре?

$$\begin{aligned}
 \text{Средняя оценка по физике} &= 0.1 \cdot 2 + 0.5 \cdot 3 + 0.3 \cdot 4 + 0.1 \cdot 5 = 0.2 + 1.5 + 1.2 + 0.5 = 3.4 \\
 \dots \text{ по физкультуре} &= 0 \cdot 2 + 0.1 \cdot 3 + 0.2 \cdot 4 + 0.7 \cdot 5 = 0 + 0.3 + 0.8 + 3.5 = 4.6
 \end{aligned}$$

1 Для какого предмета дисперсия оценок выше?

$$\begin{aligned}
 \text{Дисперсия оценок по физике} &= \\
 &= 0.1 \cdot (2-3.4)^2 + 0.5 \cdot (3-3.4)^2 + 0.3 \cdot (4-3.4)^2 + 0.1 \cdot (5-3.4)^2 = 0.64
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Дисперсия оценок по физкультуре} &= \\
 &= 0 \cdot (2-4.6)^2 + 0.1 \cdot (3-4.6)^2 + 0.2 \cdot (4-4.6)^2 + 0.7 \cdot (5-4.6)^2 = 0.44
 \end{aligned}$$

# Обзор данных: описательные статистики с помощью Excel

В Excel есть встроенные функции описательных статистик:

=СРЗНАЧ(число1; число2; ...)

или

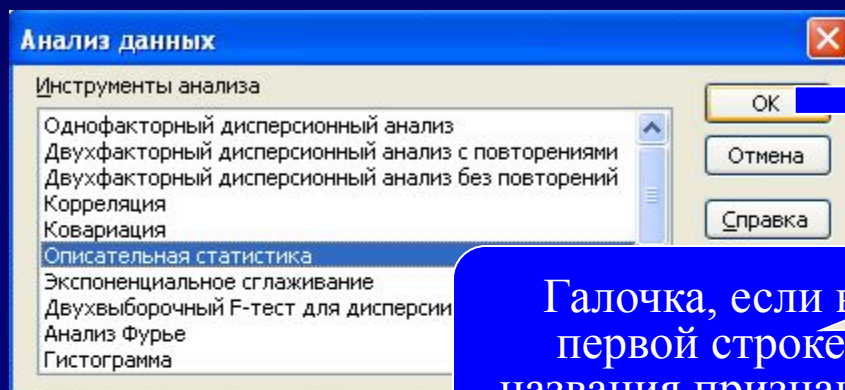
=СРЗНАЧ(диапазон)

=ДИСП(число1; число2; ...)

или

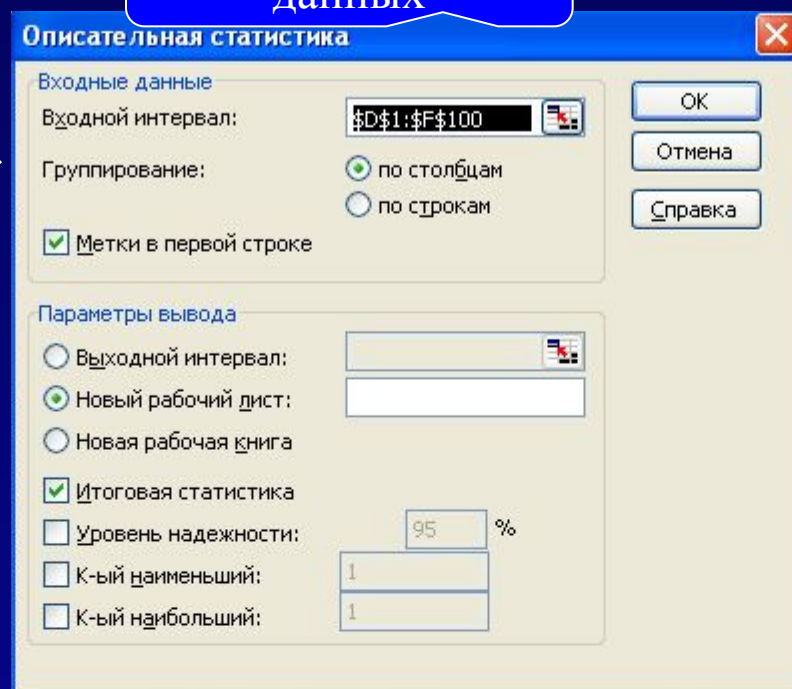
=ДИСП(диапазон)

Кроме того в пункте «Сервис» имеется пакет «Анализ данных» поддерживающий различные статистические процедуры



Галочка, если в первой строке названия признаков

Куда поместить результаты вычислений





# Обзор данных: описательные статистики с помощью WinStat



| A  |                        |  |  | B            | C            | D            |
|----|------------------------|--|--|--------------|--------------|--------------|
| 1  | Descriptive Statistics |  |  |              |              |              |
| 2  |                        |  |  |              |              |              |
| 3  |                        |  |  |              |              |              |
| 4  |                        |  |  | Возраст      | Вес          | Рост         |
| 5  |                        |  |  |              |              |              |
| 6  | Valid cases            |  |  | 99           | 99           | 99           |
| 7  | Mean                   |  |  | 48,67720924  | 75,56888785  | 155,2551985  |
| 8  | Std. error of mean     |  |  | 0,612441431  | 1,681251514  | 1,986356806  |
| 9  | Variance               |  |  | 37,13336609  | 279,8340588  | 390,6157227  |
| 10 | Std. Deviation         |  |  | 6,093715294  | 16,72824135  | 19,76400067  |
| 11 | Variation Coefficient  |  |  | 0,125186209  | 0,221364133  | 0,12730009   |
| 12 | rel. V.coefficient(%)  |  |  | 1,258168741  | 2,224793248  | 1,279414039  |
| 13 | Skew                   |  |  | 0,074821071  | 0,450596197  | -0,081924548 |
| 14 | Kurtosis               |  |  | -1,029953747 | -0,162232983 | -0,215678205 |
| 15 | Minimum                |  |  | 36           | 37,5662325   | 100,3829276  |
| 16 | Maximum                |  |  | 59,85886972  | 119,2256577  | 193,4524363  |
| 17 | Range                  |  |  | 23,85886972  | 81,65942518  | 93,06950878  |
| 18 | Sum                    |  |  | 4819,043715  | 7481,319897  | 15370,26465  |
| 19 | 1st percentile         |  |  | 36           | 37,5662325   | 100,3829276  |
| 20 | 5th percentile         |  |  | 40,10946582  | 50,11152952  | 121,7423638  |
| 21 | 10th percentile        |  |  | 41           | 56,75133539  | 130,7781302  |
| 22 | 25th percentile        |  |  | 43,20692048  | 62,59939618  | 142,9585111  |
| 23 | Median                 |  |  | 48,7467943   | 71,78347332  | 153,8706742  |
| 24 | 75th percentile        |  |  | 53,74813396  | 85,62020379  | 167,4604568  |
| 25 | 90th percentile        |  |  | 57,42476592  | 98,54430714  | 181,906705   |
| 26 | 95th percentile        |  |  | 58,37346676  | 109,4477106  | 189,1289279  |
| 27 | 99th percentile        |  |  | 59,85886972  | 119,2256577  | 193,4524363  |
| 28 | Geom. mean             |  |  | 48,29769591  | 73,76001415  | 153,9762538  |



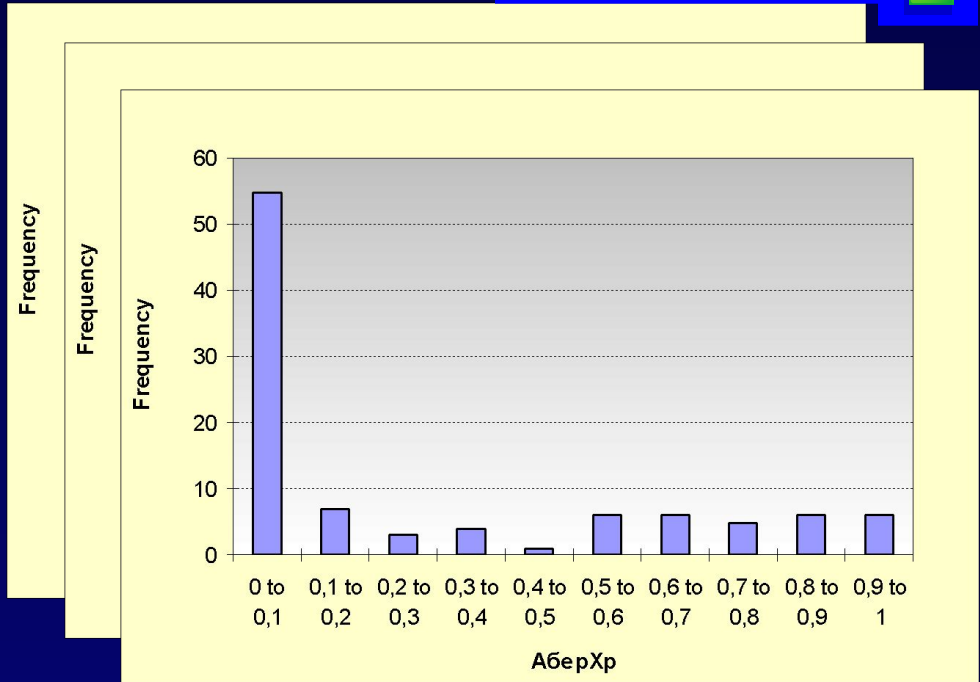
# Обзор данных: смотрим характер распределений



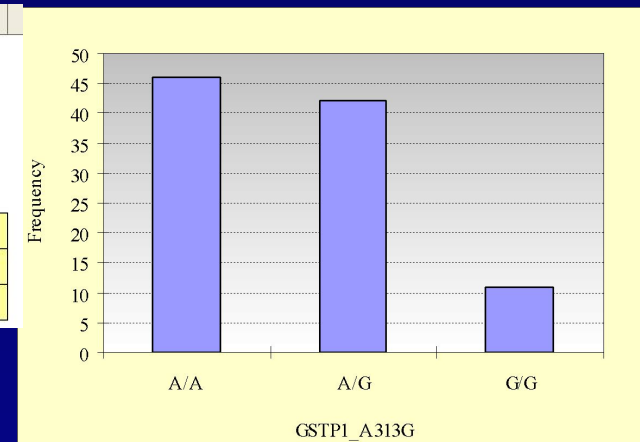
Всегда необходимо просматривать:

■ гистограммы распределений количественных признаков

■ ... и частоты встречаемости для качественных признаков, например, частоты генотипов



|   | A           | B         | C       | D                  |
|---|-------------|-----------|---------|--------------------|
| 1 | Frequencies |           |         |                    |
| 2 |             |           |         |                    |
| 3 |             | Frequency | Percent | Cumulative Percent |
| 4 | GSTP1_A313G |           |         |                    |
| 5 | A/A         | 46        | 46,46   | 46,46              |
| 6 | A/G         | 42        | 42,42   | 88,89              |
| 7 | G/G         | 11        | 11,11   | 100,00             |



Можно использовать встроенный в Excel пакет «Анализ данных:

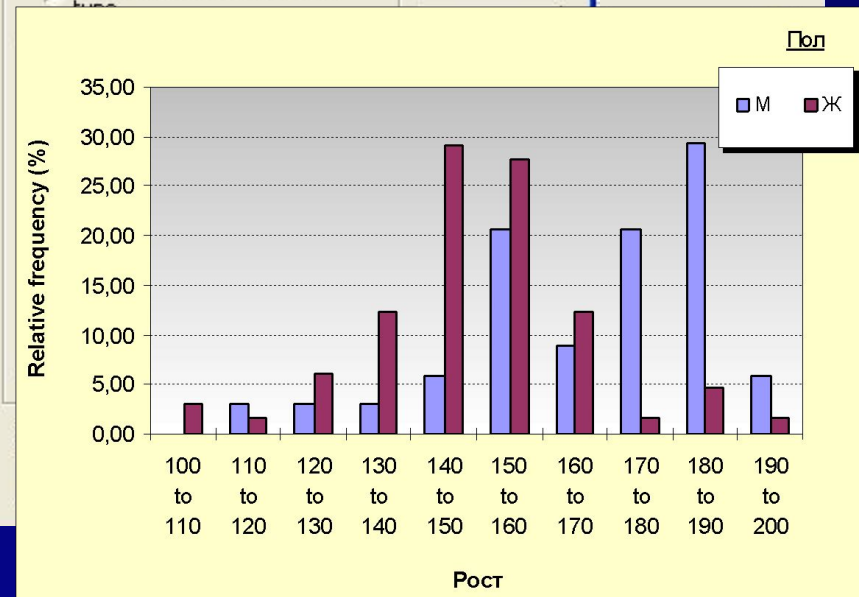
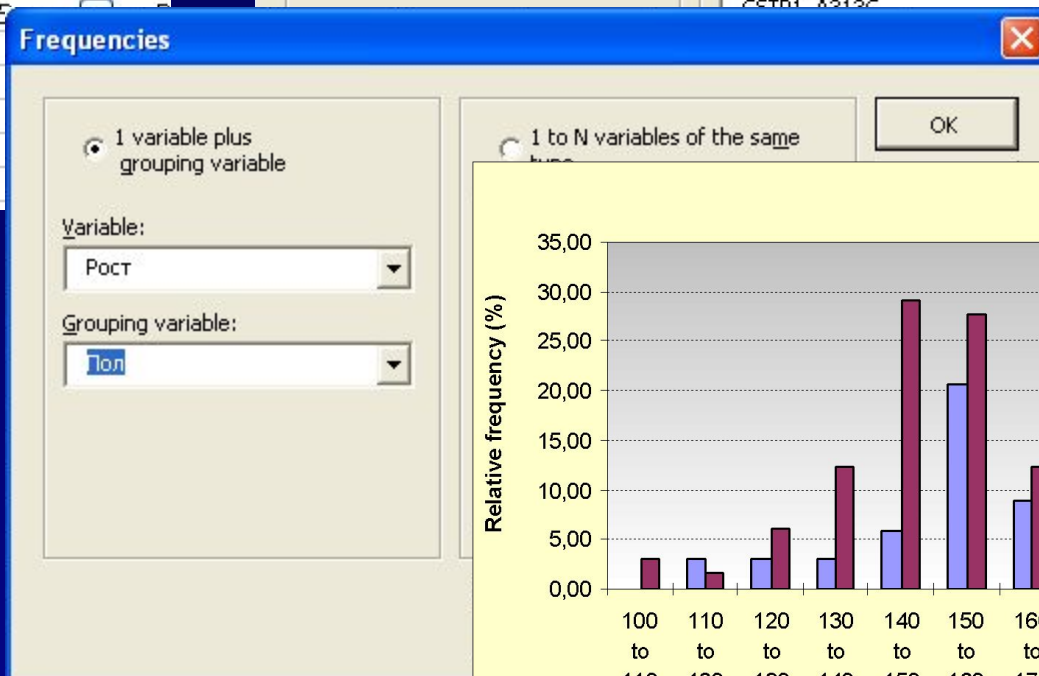
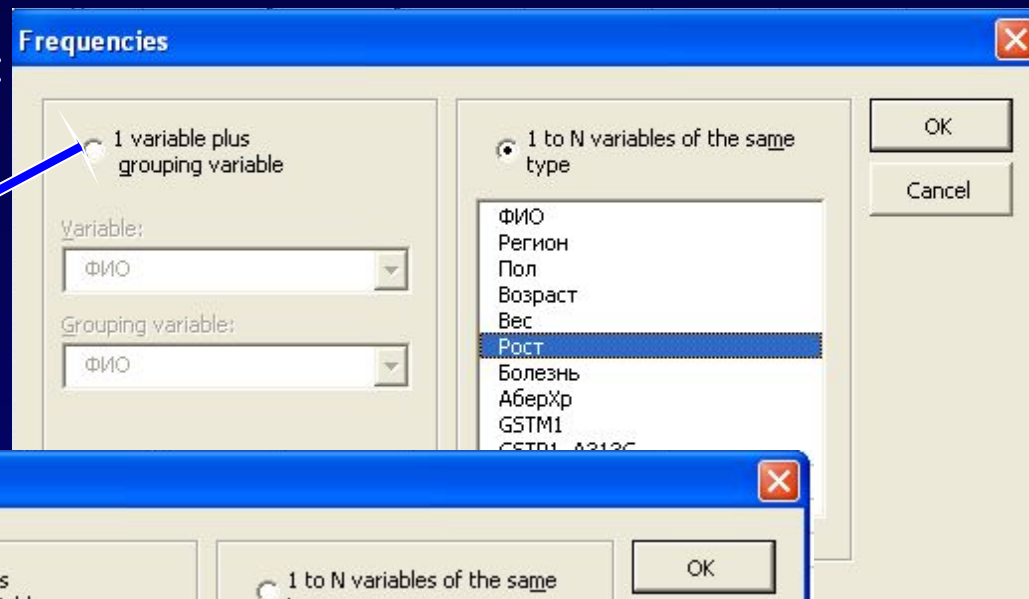
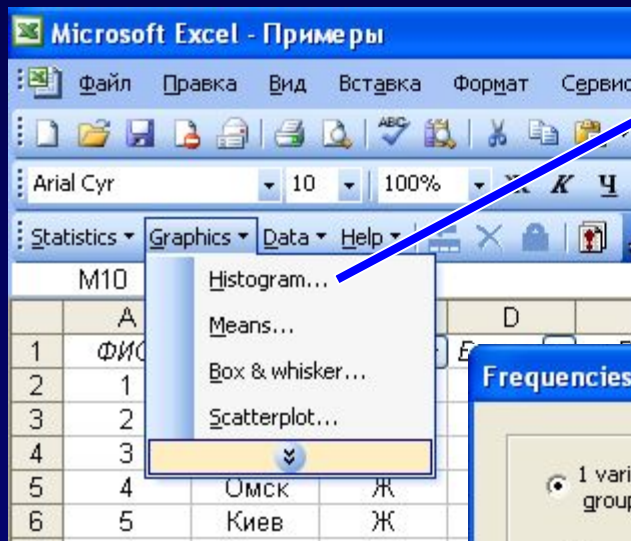


# Обзор данных: смотрим характер распределений

С группировкой по  
номинальному  
признаку



Всегда необходимо просматривать:



Упражняемся...

# Ошибки средних и доверительные интервалы

Выборочное среднее  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$  является величиной случайной!

Стандартное отклонение этой случайной величины называется ошибкой среднего ( $SE$ ). Можно показать, что

$$SE = \frac{SD}{\sqrt{n}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

|    | A                      | B           | C           | D           |
|----|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 1  | Descriptive Statistics |             |             |             |
| 2  |                        |             |             |             |
| 3  |                        |             |             |             |
| 4  |                        | Возраст     | Вес         | Рост        |
| 5  |                        |             |             |             |
| 6  | Valid cases            | 99          | 99          | 99          |
| 7  | Mean                   | 48,67720924 | 75,56888785 | 155,2551985 |
| 8  | Std. error of mean     | 0,612441431 | 1,681251514 | 1,986356806 |
| 9  | Variance               | 37,13336609 | 279,8340588 | 390,6157227 |
| 10 | Std. Deviation         | 6,093715294 | 16,728      |             |
| 11 | Variation Coefficient  | 0,125186209 | 0,2213      |             |

Слабо зависят  
размеров выборки

Среднее уменьшается  
при увеличении  
размеров выборки

В отчетах можно писать:  $\bar{x} \pm SE$

А можно указывать 95%-ый доверительный интервал

Почему 1.96 ?  
Мы еще об этом  
поговорим!

$$(\bar{x} - 1.96SE; \bar{x} + 1.96SE)$$

Это интервал, накрывающий истинное значение среднего с вероятностью 95%

# Упражняемся...

| Оценка | Число учеников (из 100) |             |
|--------|-------------------------|-------------|
|        | Физика                  | Физкультура |
| 2      | 10                      | 0           |
| 3      | 50                      | 10          |
| 4      | 30                      | 20          |
| 5      | 10                      | 70          |

Средняя оценка по физике = 3.4.      Дисперсия = 0.64

Средняя оценка по физкультуре = 4.6.      Дисперсия = 0.44

Чему равны стандартные отклонения и ошибки самих оценок ( $SD$  и  $SE$ )?

По физике:  $3.4 \pm 0.1$       Можно записать так  $3.40 \pm 0.08$ , но не так  $3.4 \pm 0.08$

$$SD = \sqrt{0.64} = 0.8 \quad SE = \frac{0.8}{\sqrt{100}} = 0.08$$

По физкультуре:  $4.6 \pm 0.1$

$$SD = \sqrt{0.44} = 0.66 \quad SE = \frac{0.66}{\sqrt{100}} = 0.07$$



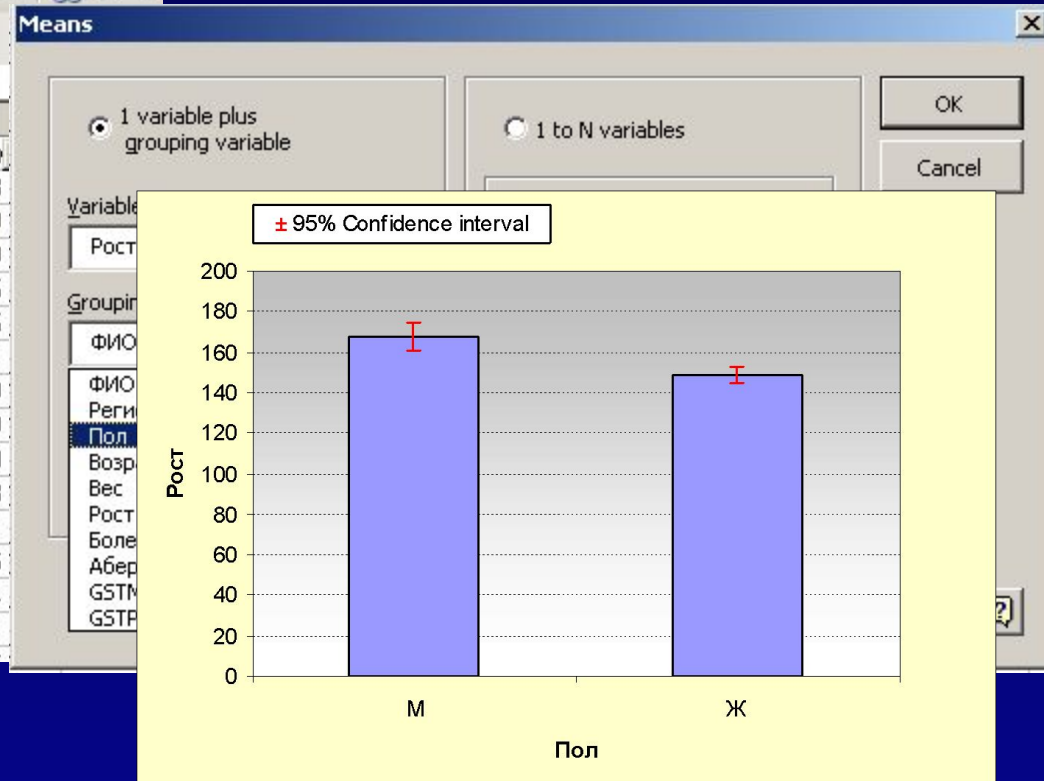
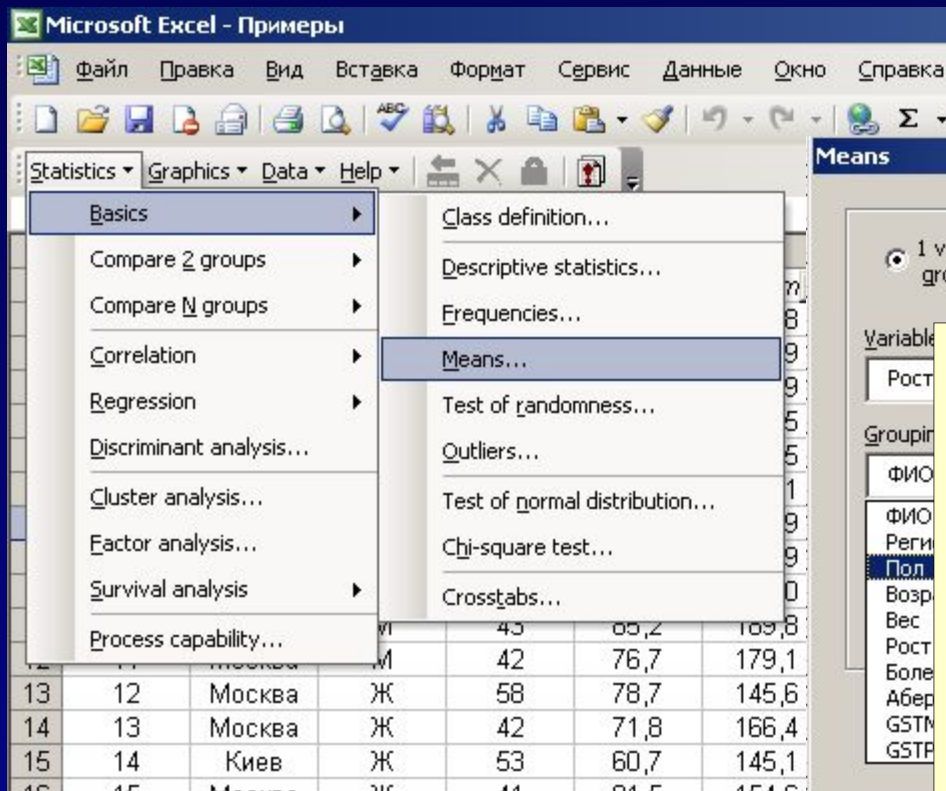
# Упражняемся...

Конечно вручную это никто не считает!

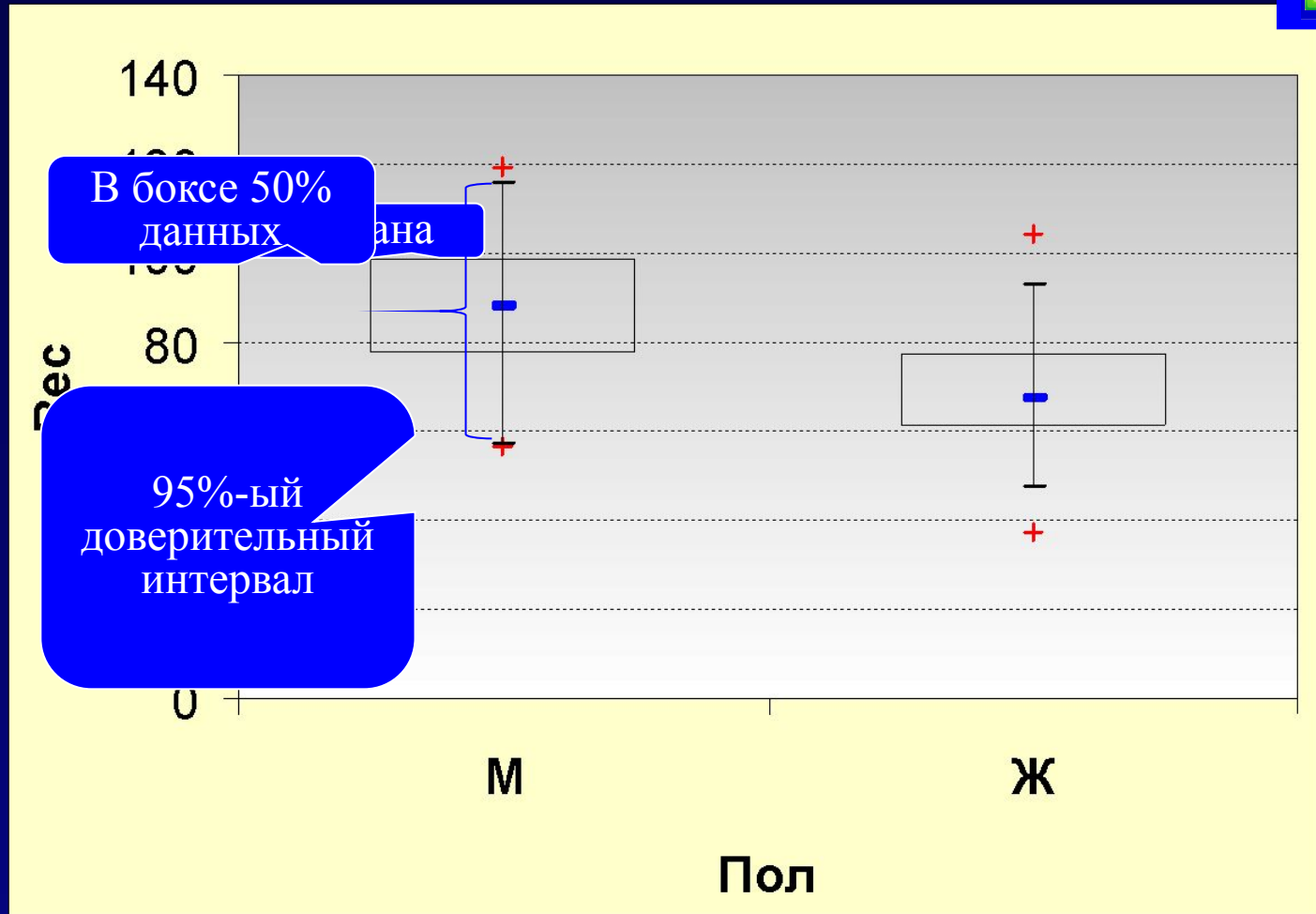
Можно использовать встроенный в Excel пакет «Анализ данных:



Еще удобней:



# Боксы с усами (Box & Whisker) - еще один способ представления данных



# Оценки частот тоже имеют ошибки и доверительные интервалы

|           | Количественный признак                                       | Номинальный признак       |
|-----------|--------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Выборка   | $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$                                   | $\{m, n\}$                |
| Среднее   | $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$                       | $p = \frac{m}{n}$         |
| <i>SD</i> | $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ | $\sqrt{p(1-p)}$           |
| <i>SE</i> | $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$                                    | $\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$ |



95%-ый доверительный интервал для частоты:

$$\left( p - 1.96 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}; p + 1.96 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \right)$$

Еще лучше

WinPepi

PORTAL  
Copyright J.H. Abramson, Jan. 9, 2010, Version 10.0

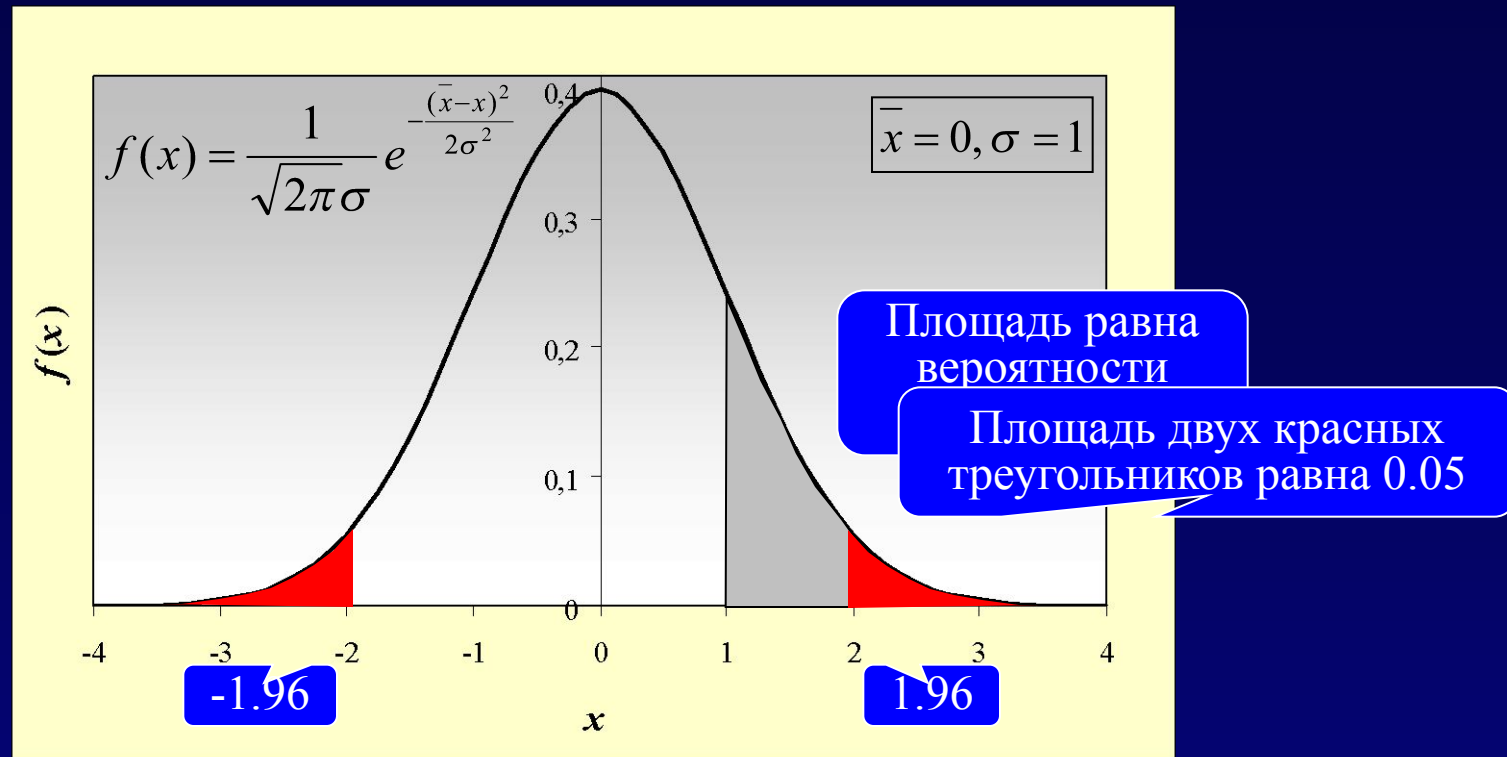


WhatIs/CI/Proportion



# Поговорим о нормальном распределении

Вы его много раз видели:



Это плотность распределения (кривая, огибающая гистограмму). Площадь под кривой равна вероятности попадания  $x$  в соответствующий интервал.

Площадь хвостов:

$$P(-1.96 < x < 1.96) = 0.95$$

Отсюда 95%-ый доверительный интервал:  $(\bar{x} - 1.96SE; \bar{x} + 1.96SE)$

# Почему нормальное распределение встречается на каждом шагу?

■ Нормальное распределение имеет любая величина, которая определяется суммой большого числа случайных слагаемых (ЦПТ).  
Чем больше слагаемых – тем «нормальней»!

■ Например, биномиальный закон – это вероятность суммарного числа независимых событий в  $N$  испытаниях. Поэтому, если биномиальное распределение становится нормальным.

■ Проверим ... К 20 годам 80% молодых людей курит. Какова вероятность, что среди 100 окажется 15 некурящих?

С помощью биномиального распределения:

$$P(15) = 0.048$$

или

$$= \text{ЧИСЛКОМБ}(100; 15) * 0,2^{15} * 0,8^{85}$$

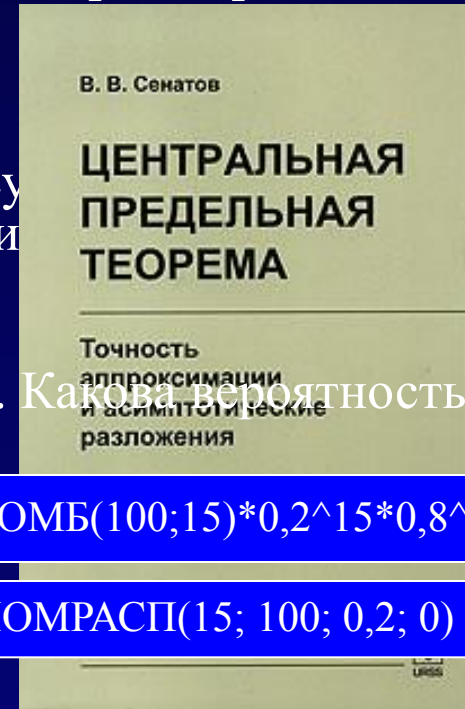
$$= \text{БИНОМРАСП}(15; 100; 0,2; 0)$$

С помощью нормального распределения:

$$= \text{НОРМРАСПР}(15; 20; 4; 0)$$

Среднее число некурящих  $Np = 100 \cdot 0.2 = 20$ ,  
дисперсия равна  $Np(1-p) = 100 \cdot 0.2(1-0.2) = 16$ ,  $\sigma = 4$ .

$$P(15) = 0.046$$



# Гипотезы и статистики

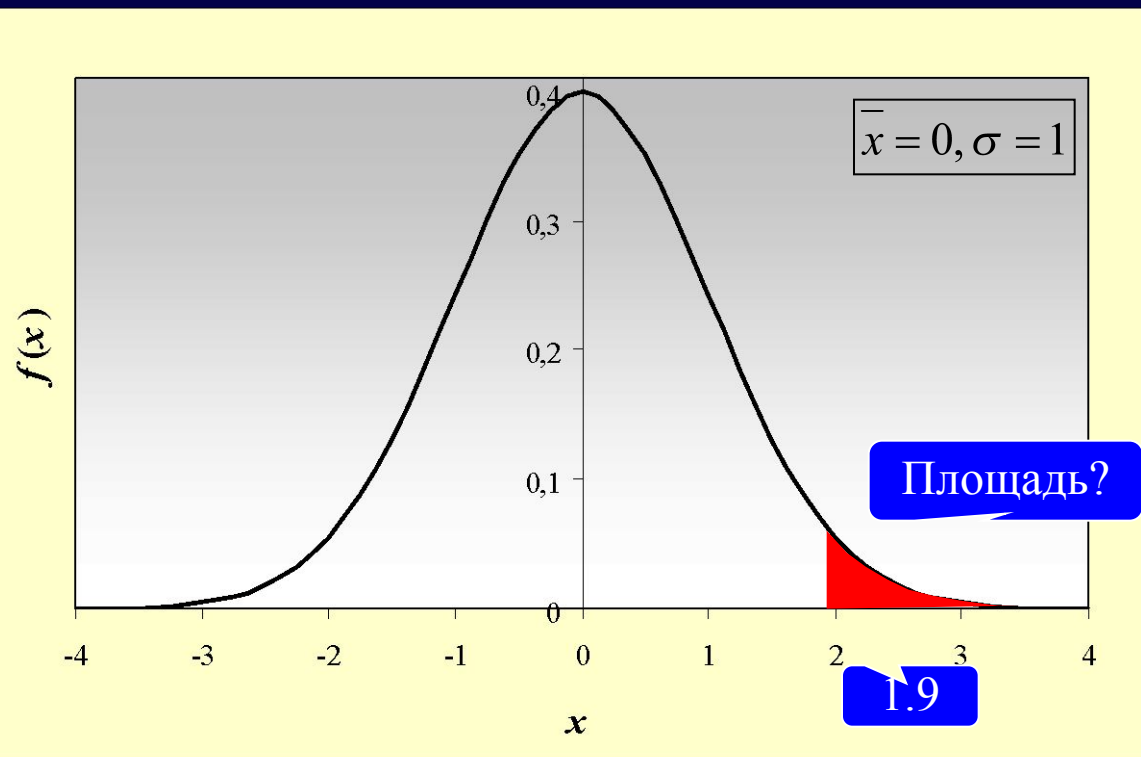
## Ключевые понятия



- Гипотеза – это предположение о виде распределения или значении параметра генерального распределения (например о среднем)
- Нулевая гипотеза ( $H_0$ ) - обычно предположение о случайном характере наблюдаемых различий или об отсутствии эффектов
- Альтернативная гипотеза ( $H_1$ ) формулируется в зависимости от характера теста – односторонний или двусторонний
- Статистический критерий – это правило, согласно которому принимается или отвергается гипотеза.
- Статистика – это функция от выборочных наблюдений на основе которой принимается или отвергается нулевая гипотеза

# Гипотезы и статистики

## Знакомый пример



оценка  $p = 0.47$  при  $n = 1000$

ний тест

«менее 470 из 1000» при  
НОМРАСП(470; 1000; 0,5;  
1)

ь правильную  $H$  мапа:

Считать сумму от 0  
до 470

у. Вычисляется некая  
(теста), характер

Z - статистика

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_{x - \bar{x}}} = \frac{p - 0.5}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}} = 1.9$$

$$\alpha = 0.029$$

$$= (0,5 - 0,47) / \text{КОРЕНЬ}(0,47 * 0,53 / 1000)$$

$$= 1 - \text{НОМРАСП}(1,9; 0; 1; 1)$$

Однако по двустороннему тесту ( $p \neq 1/2$ ) нам следует отвергнуть  $H_0$ :  $2 \cdot 0.031 > 0.05$

О том же говорит размер доверительного интервала:

# Вероятность упустить и вероятность обознаться

В жизни, а также при проведение статистических тестов возможны два типа ошибок:

- отвергнуть правильную нулевую гипотезу
- принять неправильную нулевую гипотезу

**Нулевая гипотеза** — обычно предположение об отсутствии различий, например, 2 выборки взяты из одной генеральной совокупности

## Ошибка I рода ( $\alpha$ )

Вероятность отвергнуть правильную нулевую гипотезу =  
Вероятность обнаружить различия там, где их нет = **Вероятность совершить фальшивое открытие**



## Ошибка II рода ( $\beta$ )

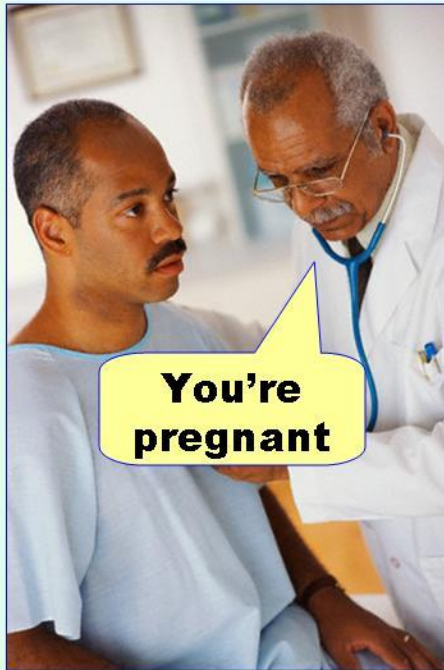
Вероятность принять неправильную нулевую гипотезу =  
Вероятность не обнаружить существующие различия =  
**Вероятность упустить открытие**



# Вероятность упустить и вероятность обознаться

$H_0$  – беременности нет

**Type I error**  
(false positive)



Отвергнута  
правильная нулевая  
гипотеза. Сделано  
фальш-положительное  
открытие

**Type II error**  
(false negative)



Принята неправильная  
нулевая гипотеза.  
Фальш-негативный  
вывод. Открытие  
упущено

# Вероятность упустить и вероятность обознаться

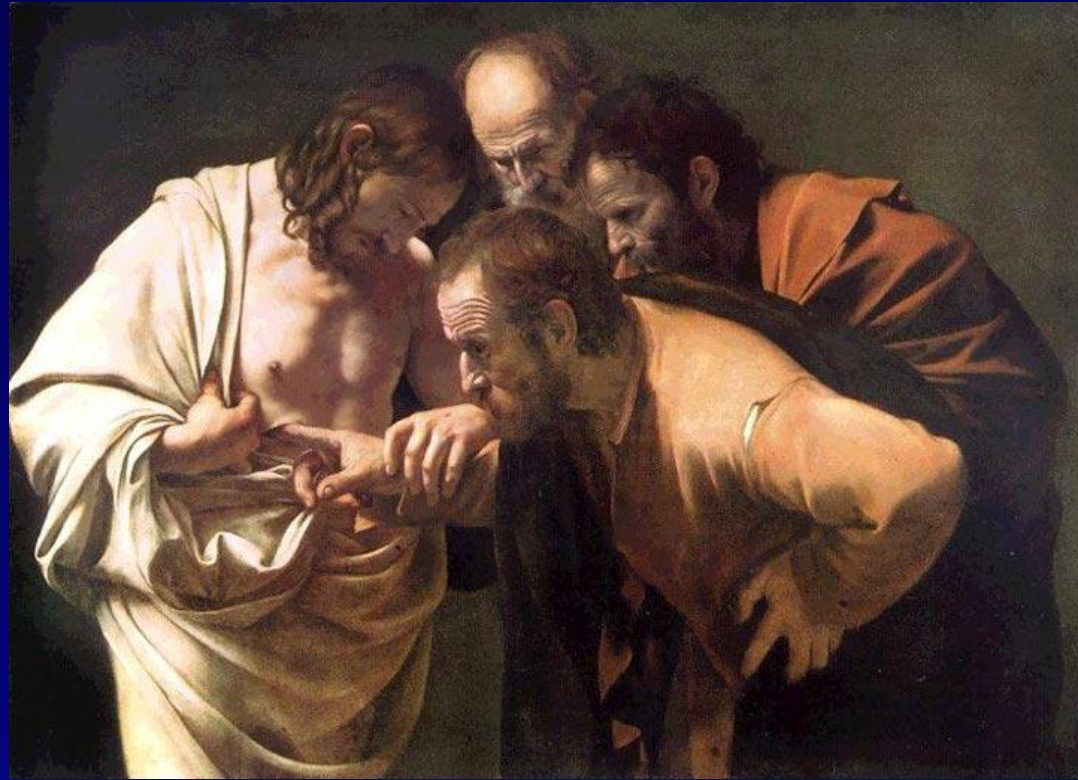
От чего зависят ошибки статистических тестов?

- От размаха реально существующих отличий и разброса данных
- От объемов выборок
  - Ошибка I рода (вероятность фальшивого открытия) слабо зависит от объемов выборок, если они сравнимы по величине
  - С увеличением объема выборки вероятность ошибки II рода (вероятность упустить открытие) всегда уменьшается
- Ошибки I и II рода однозначно не связаны. В целом ошибка II рода растет при уменьшении ошибки I рода



# Вероятность упустить и вероятность обознаться

«Критерий» св. Фомы Неверующего (0033):  
всегда принимаем  $H_0$  😊  
(т.е. различий нет, и все всегда случайно )



Караваджо (1573-1610). Фома Неверующий

Ошибка I рода = 0  $\Leftrightarrow$  Ошибка II рода = 1



# Вероятность упустить и вероятность обознаться

$\alpha$  vs.  $\beta$  :  
противоборство показателей теста

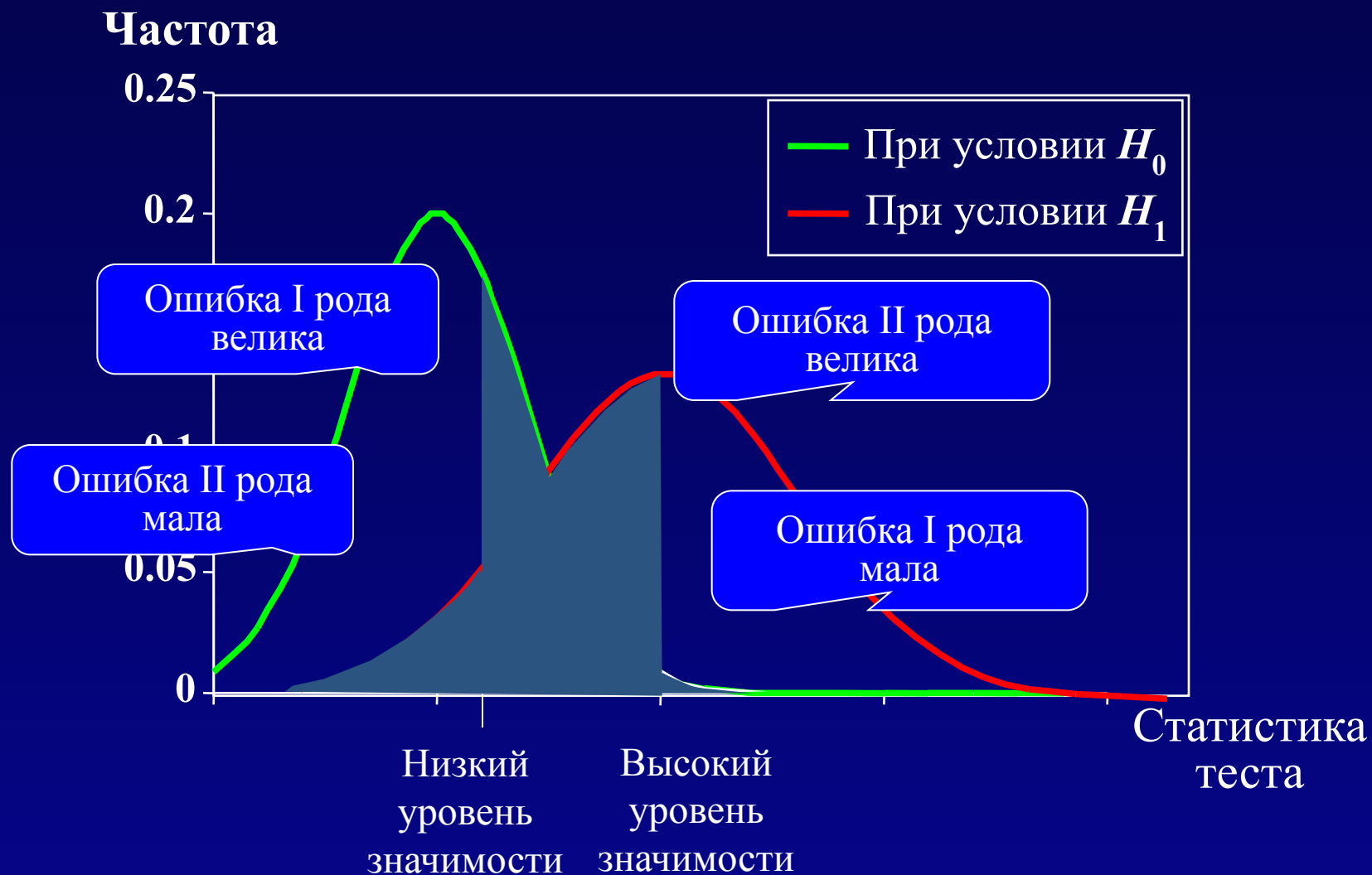
Всегда принимаем  
 $H_0$   $\alpha=0$ ,  $\beta=1$

Всегда  
отвергаем  $H_0$   
 $\alpha=1$ ,  $\beta=0$



Уменьшая ошибку I рода, увеличиваем ошибку II рода,  
т.е. теряем мощность теста (*et converso*)

# Вероятность упустить и вероятность обознаться



# Вероятность упустить и вероятность обознаться

$$\text{Мощность теста} = 1 - \beta$$

т.е. вероятность правильно отвергнуть нулевую гипотезу  
или вероятность не упустить открытие

- ☐ Мощность 80% считается приемлемой
- ☐ Консервативный тест - это тест с низкой мощностью
- ☐ Мощностью теста резко возрастает при увеличении объемов выборок
- ☐ При планировании экспериментов имеет смысл прикинуть возможную мощность тестов



Например, Compare2/ Power/ Comparison of proportions

Size A - 100      Size B - 100  
a/A - 0.2      b/B - 0.1

Мощность = 44%

... и необходимый объем выборок

Например, Compare2/ Sample size/ Proportions

Size A/ Size B = 1  
a/A - 0.2      b/B - 0.1

Общий объем выборок = 398

# На сегодня это все 😊

Напоследок хочу посоветовать:

- 1] Если Вы этого никогда не делали, составьте базу данных в Excel и посчитайте самостоятельно описательные статистики
- 2] Поставьте на свой компьютер WinPeri и оцените возможности этой программы
- 3] Подумайте над тем, ошибки какого рода Вы чаще совершаете – I или II ? Это полезно для усвоения настоящего материала.

