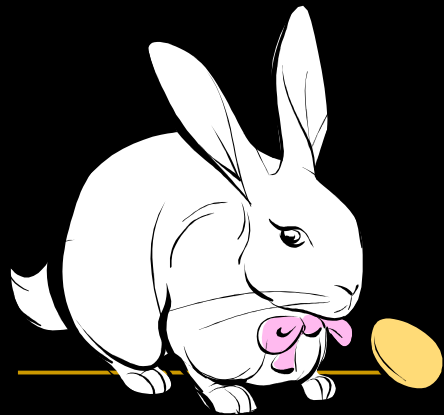


ANOVA (продолжение)

Непараметрические методы ANOVA.



Занятие 4

Сложная «омнибусная» гипотеза АНОВЫ:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \dots = \mu_k$$

Похожа на стрельбу из дробовика: не нужно особенно точно целиться, непонятно, какая дробинка попала в какую мишень — какая из маленьких гипотез не верна.



Что делать, если мы изначально хотим проверить не все эти гипотезы? Хотим выстрелить из винтовки в строго определённую мишень?



A priori Tests (ANOVA) = Planned comparisons

Вся мощность теста направляется на одну гипотезу, остальные игнорируются.



Важно: то, какую гипотезу тестировать, выбирают **ЗАРАНЕЕ**, до проведения какого-либо анализа! В идеале – ещё при постановке исследования.

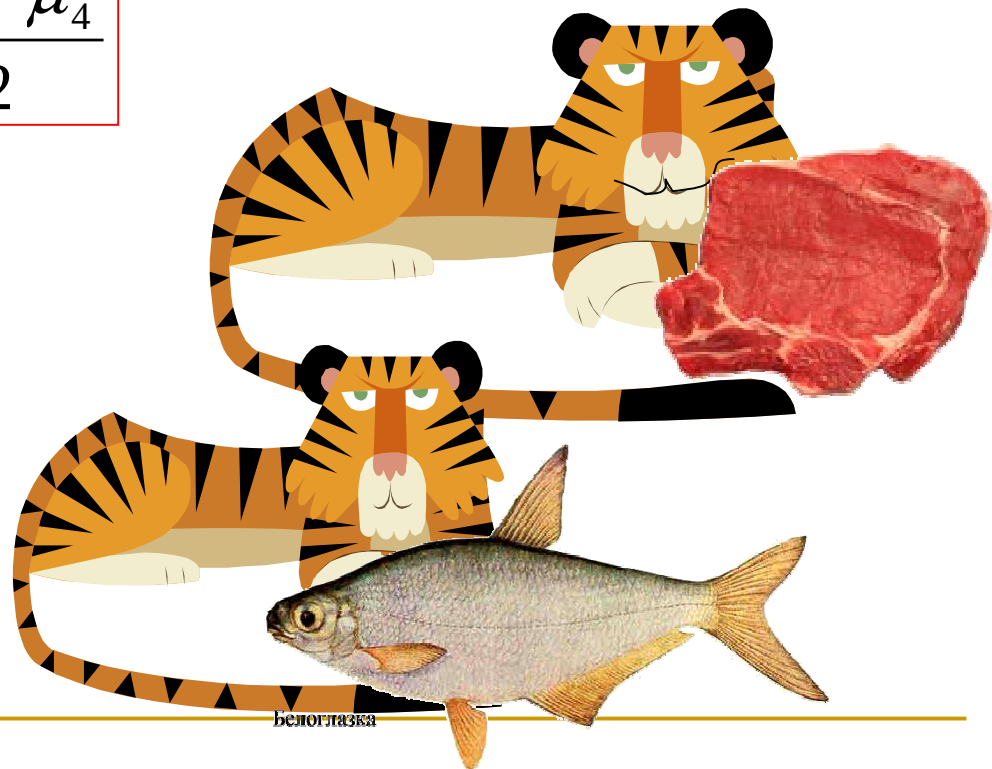
Процедура тестирования – почти как t-критерий Стьюдента.

Снова вернёмся к тиграм.

Теперь группы 4, их кормили: овощами; фруктами; рыбой; мясом.

Вопрос: отличалась ли масса тигров, питавшихся животной и растительной едой?

$$H_0 : \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} = \frac{\mu_3 + \mu_4}{2}$$



Planned comparisons

Data: тигры и еда.sta (10v by 48c)

	1 масса тела	2 тип еды	3 пол
1	151	овощи	самец
2	135	овощи	самец
3	137	овощи	самец
4	118	овощи	самец
5	132	овощи	самец
6	135	овощи	самец
7	131	овощи	самец
8	137	овощи	самец
9	121	овощи	самка
10	140	овощи	самка
11	152	овощи	самка
12	133	овощи	самка
13	151	овощи	самка

General ANOVA/MANOVA: тигры и еда

Quick

Type of analysis:

- ☒ One-way ANOVA
- ☐ Main effects ANOVA
- ☐ Factorial ANOVA
- ☐ Repeated measures ANOVA

Use One-way ANOVA to analyze designs with a single categorical independent variable (factor).

Specification method:

- ☒ Quick specs dialog
- ☐ Analysis Wizard
- ☐ Analysis syntax editor

Multiple dependent variables can be specified for any type of analysis.

OK Cancel Options Open Data SELECT CASES W

DF = ☒ W-1 ☐ N-1

ANOVA Results 1: тигры и еда

Profiler Resids Matrix Report
Quick Summary Means **Comps**

Effect:
"тип еды"

Planned comparisons of LS means

☒ Display least squares means

? Contrasts for LS means ☐ Compute

Enter contrasts separately or together

- ☒ Separately for each factor
- ☐ Together (contrast vectors)

Contrasts for dependent variables

- ☒ No In multivariate designs, contrasts can be specified for the dependent variables. Press F1 for more help.
- ☐ Yes

For post-hoc comparison, click on the More results button, and then use the Post-hoc tab.

More results Modify Close Options

Specify Contrasts for this Factor: тигры и е...

тип еды	1.	2.	3.
овощи	-1		
фрукты	-1		
мясо	1		
рыба	1		

Quick Fill (Insert Value)

-2 -1 0 1 2

☒ Cell ☐ Row ☐ Column

Enter at least one set (column) of contrasts. Select a Predefine or enter a custom set (type them in or use Quick Fill); to ignore level enter a zero; to compare levels assign integers with opposite signs; to collapse over levels assign all 1's.

Univariate Test of Significance for Planned Comparison (тигры и еда)

Dependent variable: масса тела

Source	Sum of Squares	Degr. of Freedom	Mean Square	F	p
Effect	25600,00	1	25600,00	401,7222	0,00
Error	3759,81	59	63,73		

Contrast Estimates (тигры и еда) Univariate Test of Significance for Planned Comparison

и еда)

Contrast Estimates (тигры и еда)

Dependent variable: масса тела

Contrast	Estimate	Std.Err	t	p	-95,00% Cnf.Lmt	+95,00% Cnf.Lmt
CNTRST1	80,00000	3,991417	20,04301	0,00	72,01319	87,98681

мы отвергаем H_0 .

Масса тигров, питавшихся растительной и животной едой, различалась

Planned comparisons:

МОЩНОСТЬ такого теста **ВЫШЕ**, чем последовательное использование АНОВЫ и методов множественного сравнения!



Repeated measures (ANOVA)

Сравнение связанных групп

К тиграм-самцам пришёл новый служитель, а потом – новая уборщица. И возможно, они стали по-другому питаться. Мы хотим узнать, менялась ли их масса.

Мы анализируем влияние служителя на массу тигров-самцов.

Зависимая переменная – масса.

Независимая – измерения: 1. до служителя; 2. со служителем; 3. с новой уборщицей.



Каждый тигр **ТРИ** раза участвует в наблюдениях.

	ДО	СЛУЖ	УБОР
1 тигр	356	363	200
2 тигр	351	361	182
3 тигр	353	358	193
4 тигр	355	356	194
5 тигр	354	359	184
6 тигр	355	355	173

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Изменчивость:

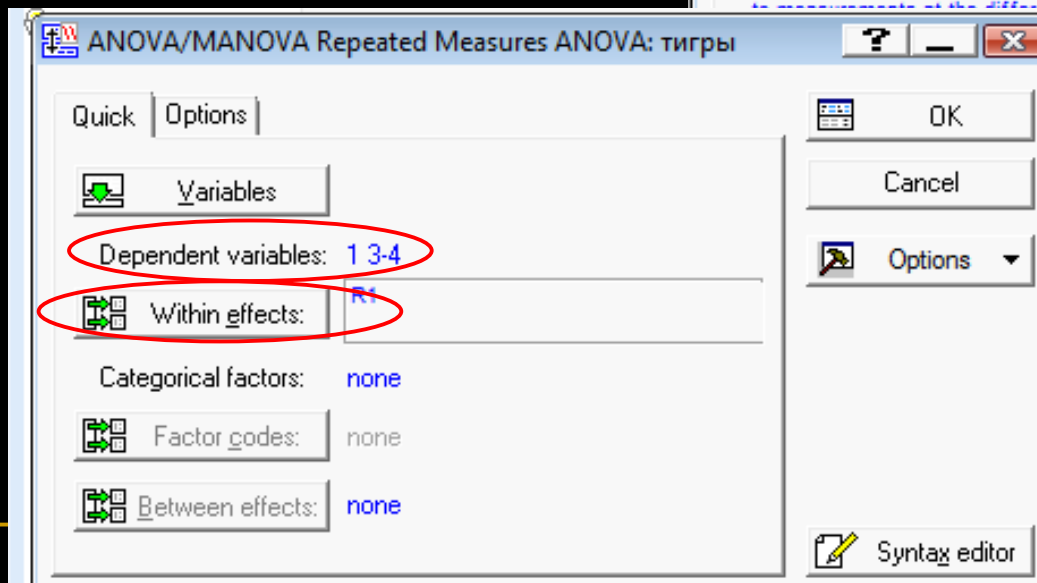
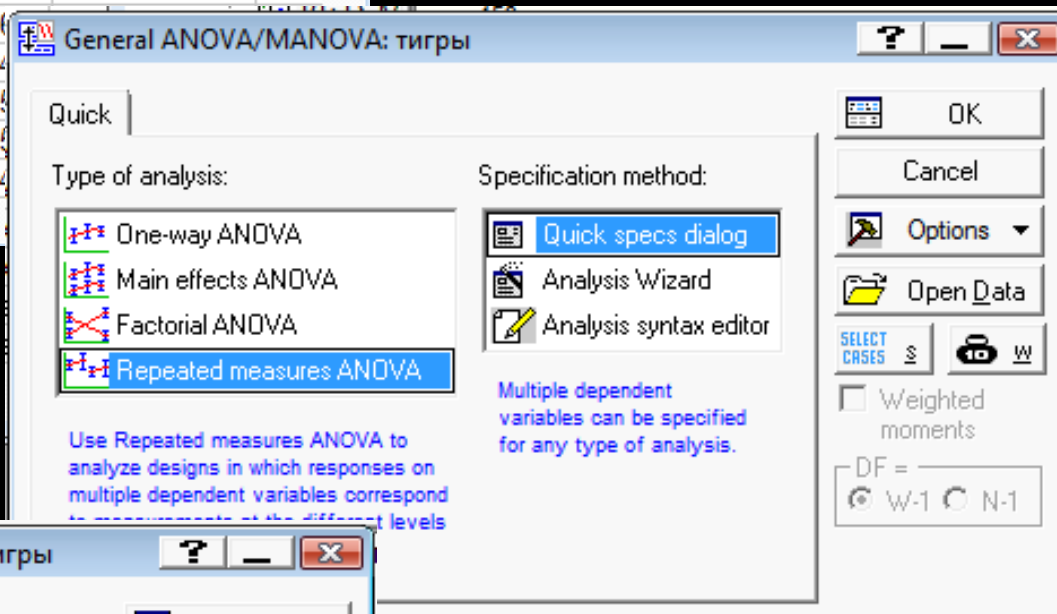
1. Между **измерениями**;
2. Между **особями** (*получается из средних значений для особей!*);
3. «ошибка» (= общая – первые две изменчивости) - residual

статистика:

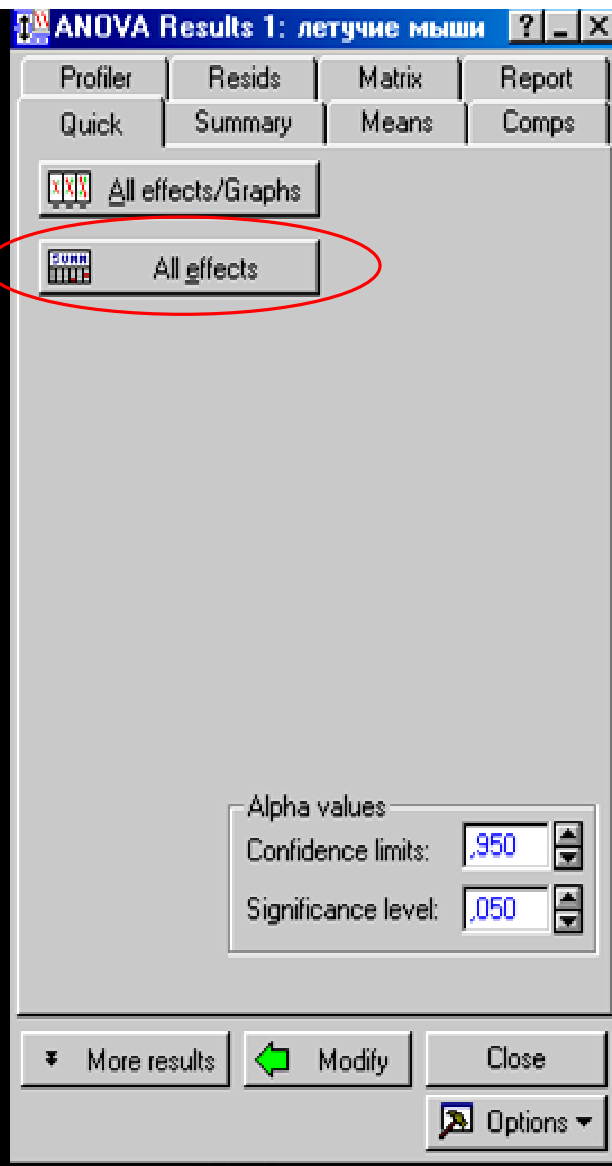
$$F = \frac{\text{оценка дисперсии между измерениями}}{\text{«ошибка»}}$$

Data: тигры* (10v by 48c)

	1	2	3	4	5
	вес тигра, кг	пол тигра	вес (новый служитель)	вес уборщица	Вес
1	567	самец	589	345	
2	653	самец			
3	465	самец			
4	547	самец			
5	564	самец			
6	457	самец			



В Statistica каждый столбик измерений называется dependent variable



Repeated Measures Analysis of Variance (тигры)

Repeated Measures Analysis of Variance (тигры)
Sigma-restricted parameterization
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	8433647	1	8433647	84,37399	0,000000
Error	3098622	31	99956		
R1	352664	2	176332	87,51863	0,000000
Error	124917	62	2015		

между
группами



Отвергаем H_0 :
Масса тигров в среднем
достоверно изменялась после
прихода нового служителя и новой
уборщицы.

Factorial ANOVA



Мы изучали земляных белок из Африки. Ловили их, взвешивали, измеряли зубы, голову. Определяли пол, возраст.

А теперь хотим знать, как разные факторы влияют на размер и вес белок.

У нас **МНОГО** факторов, и они могут быть **СВЯЗАНЫ**.

Фактор 1: пол.

Фактор 2: возраст.

Зависимая переменная: масса тела.

	1 год	2 года	≥3 года
самцы	440	892	1575
	438	868	849
	429	855	759
	502	866	1602
	602	932	1327
самки	308	737	1000,5
	328	798,5	901
	326	876	958
	326	810	1032
	325	861	883

У нас несколько нулевых гипотез:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

и для каждой ячейки таблички:

$$H_{0RC} : \mu_{\text{RowColumn}} - \mu_{\text{row}} - \mu_{\text{column}} + \mu_G = 0$$



среднее в
ячейке



среднее в
столбце

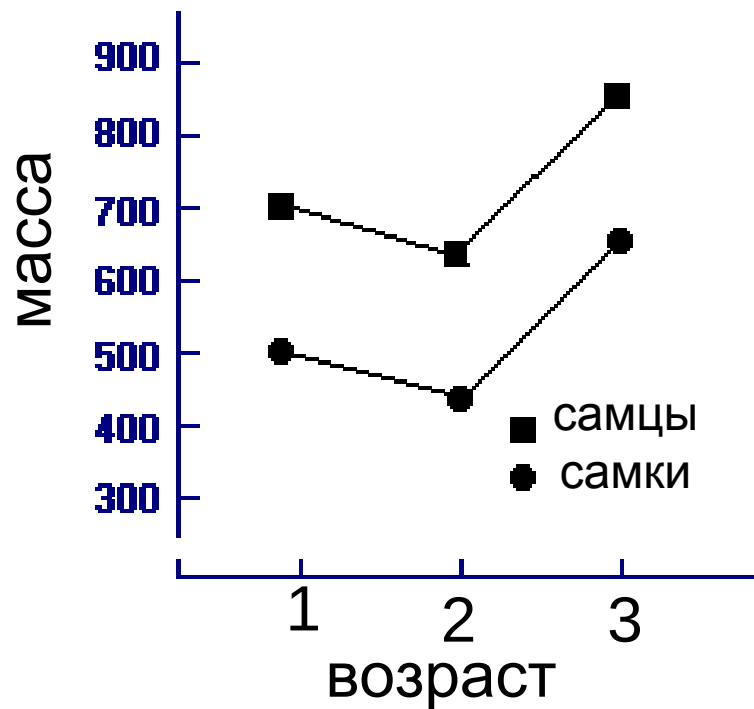


среднее
в строке

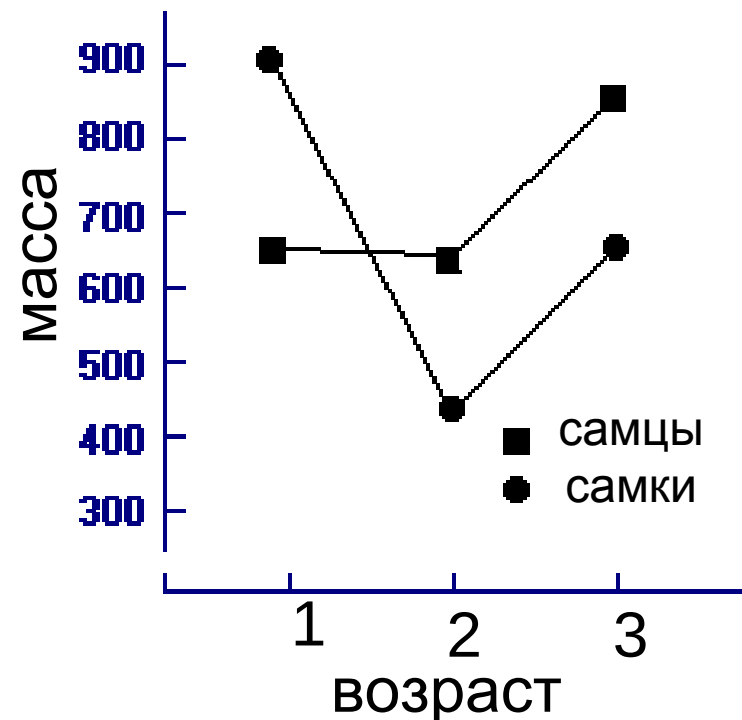


общее
среднее

это гипотеза о наличии связи между факторами



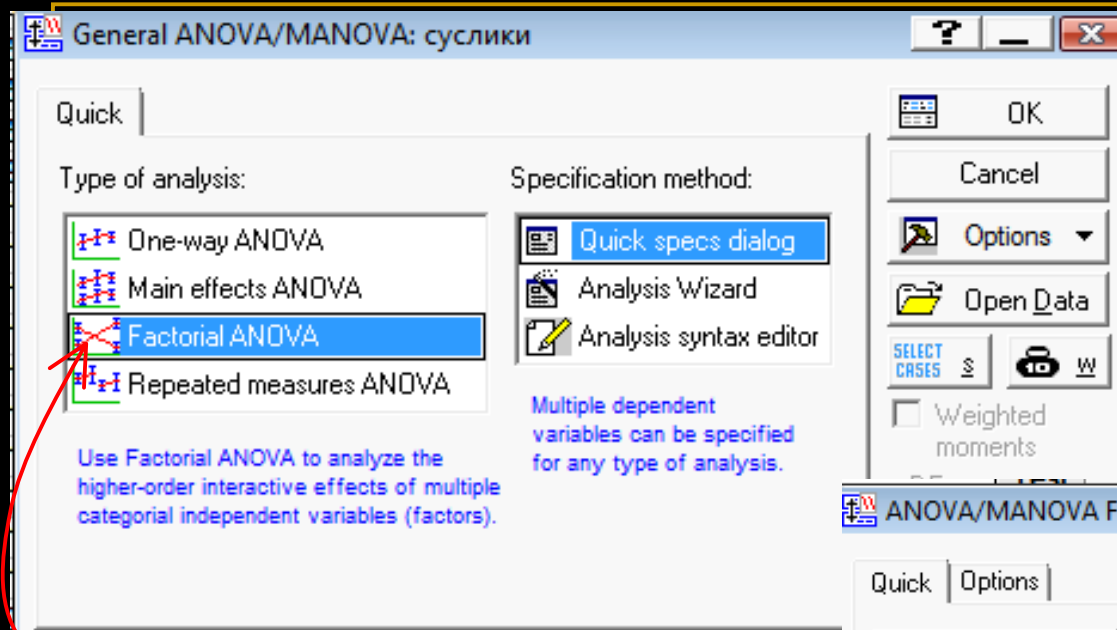
и пол, и возраст влияют на массу;
взаимодействия факторов НЕТ



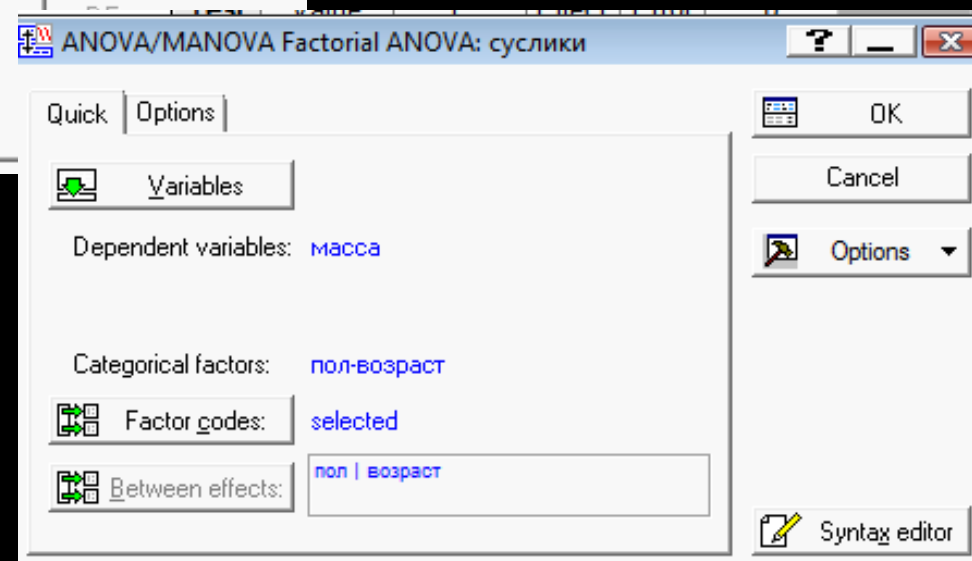
возраст влияет на массу, пол – нет;
взаимодействие ЕСТЬ

если линии на рисунке ПАРАЛЛЕЛЬНЫ, взаимодействия факторов НЕТ.

если НЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫ, взаимодействие ЕСТЬ.



даже здесь линии
пересекаются



Univariate Tests of Significance for масса (суслики)

Univariate Tests of Significance for масса (суслики) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	97234968	1	97234968	1171,993	0,000000
пол	1901243	1	1901243	22,916	0,000004
возраст	700892	2	350446	4,224	0,016126
пол*возраст	44962	2	22481	0,271	0,762953
Error	14850820	179	82965		

Table of All Effects: суслики					
Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	D...	MS	F	p
пол	190E4	1	190E4	22,92	,000*
возраст	701E3	2	350E3	4,22	,016*
пол*возраст	450E2	2	225E2	,27	,763

Double-click on an effect to produce a graph or a Spreadsheet of means.

Copy to Clipboard

ANOVA Results 1: суслики

Profiler

Resids

Matrix

Report

Quick

Summary

Means

Comps

All effects/Graphs

All effects

Alpha values

Confidence limits: .950

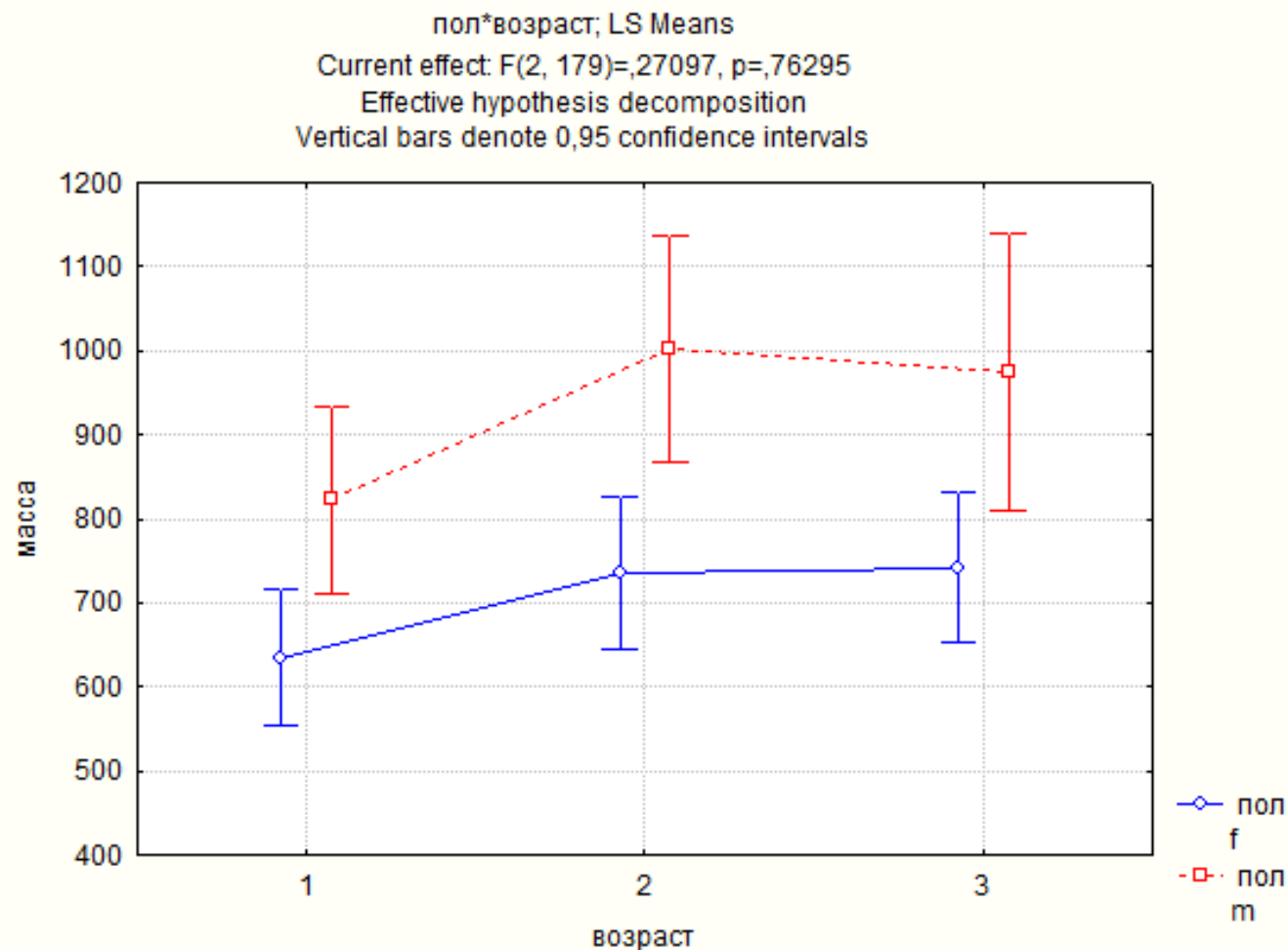
Significance level: .050

More results

Modify

Close

Options



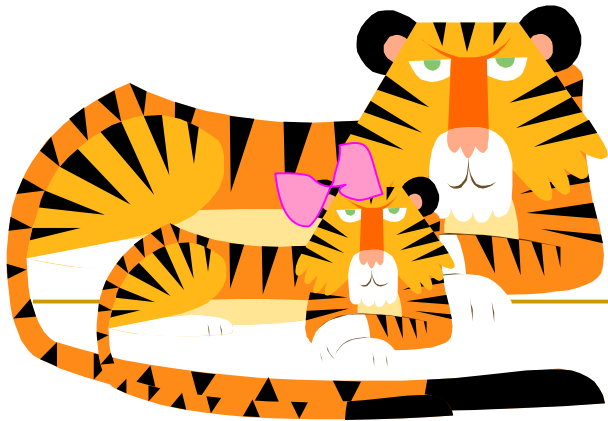
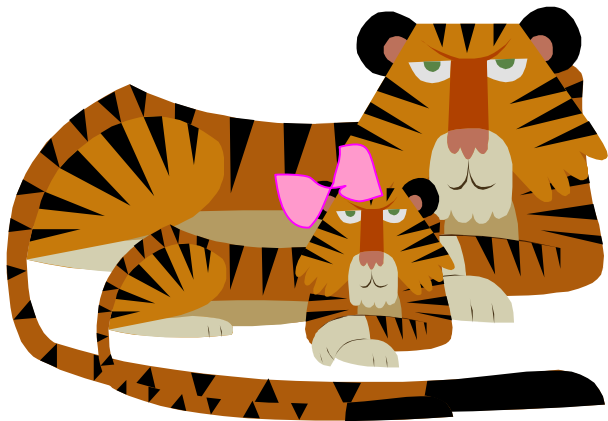
первые две гипотезы мы отвергаем: и пол, и возраст
влияют на массу белок.

третью не отвергаем: **взаимодействия факторов НЕТ!**

Multivariate factorial ANOVA

Мы провели **НЕСКОЛЬКО** повторных измерений (или имеем несколько связанных выборок), и проверяем действие **НЕСКОЛЬКИХ** ФАКТОРОВ.

зависимые переменные: 1. масса до служителя; 2. со служителем; 3. с новой уборщицей.



фактор 1: пол
фактор 2: цвет



General ANOVA/MANOVA: тигры

Quick

Type of analysis:

- One-way ANOVA
- Main effects ANOVA
- Factorial ANOVA
- Repeated measures ANOVA**

Use Repeated measures ANOVA to analyze designs in which responses on multiple dependent variables correspond to measurements at the different levels of one or more varying factors.

Specification method:

- Quick specs dialog**
- Analysis Wizard
- Analysis syntax editor

Multiple dependent variables can be specified for any type of analysis.

OK

Cancel

Options

ANOVA/MANOVA Repeated Measures ANOVA: тигры

Quick Options

Variables

Dependent variables: 1 3-4

Within effects: R1

Categorical factors: пол тигра цвет тигра

Factor codes: selected

Between effects: "пол тигра" | "цвет тигра"

OK

Cancel

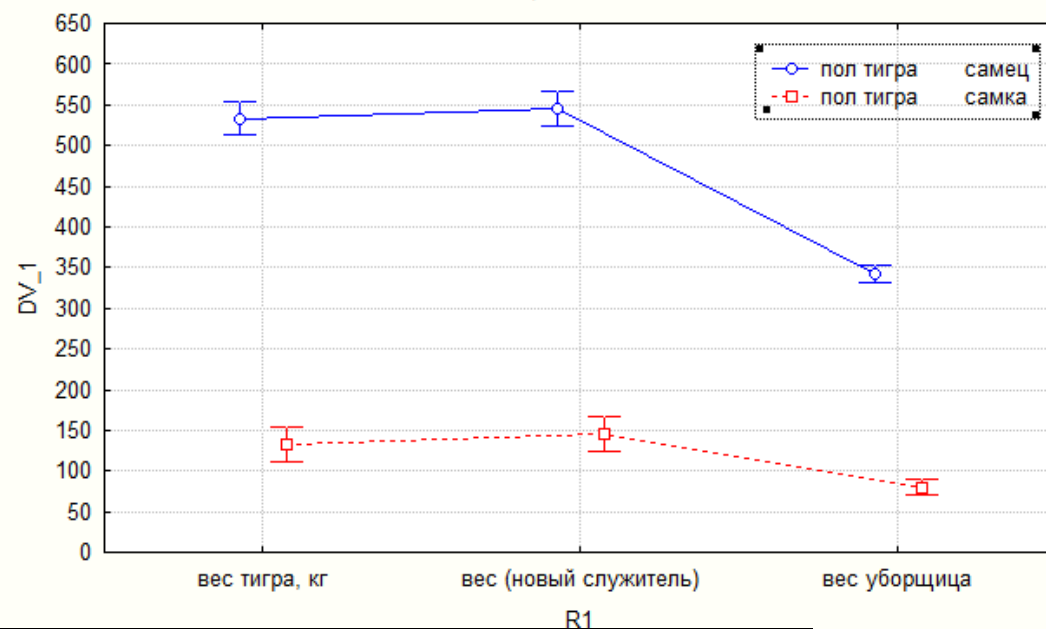
Options

Syntax editor

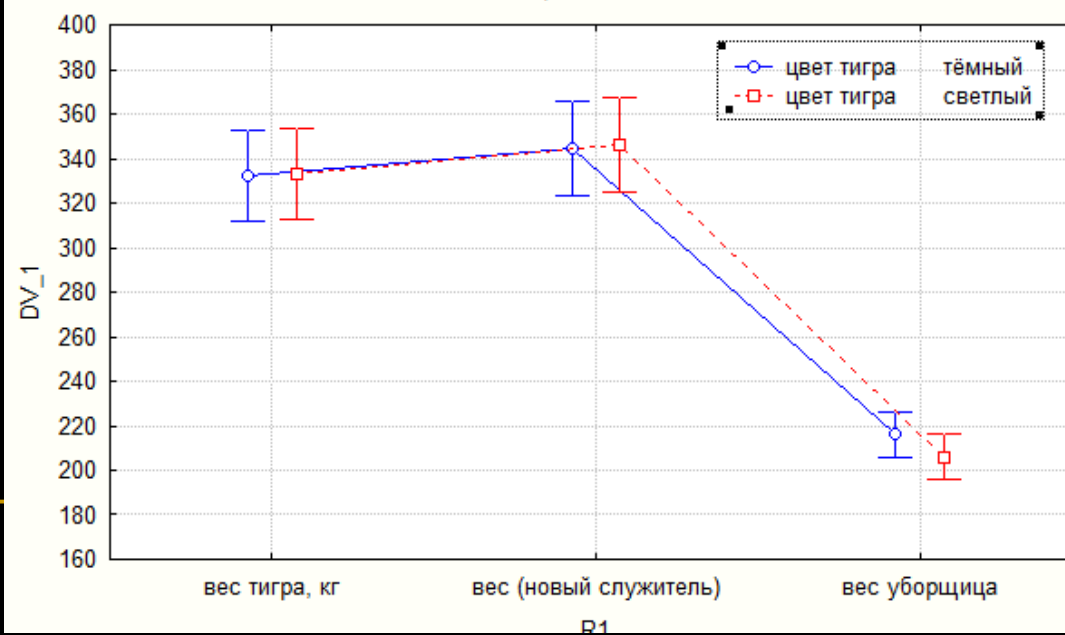
ated Measures Analysis of Variance (тигры)

Repeated Measures Analysis of Variance (тигры)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	8433647	1	8433647	2876,394	0,000000
пол тигра	3016086	1	3016086	1028,671	0,000000
цвет тигра	145	1	145	0,049	0,825606
пол тигра*цвет тигра	294	1	294	0,100	0,753852
Error	82097	28	2932		
R1	352664	2	176332	462,480	0,000000
R1*пол тигра	102676	2	51338	134,648	0,000000
R1*цвет тигра	684	2	342	0,897	0,413529
R1*пол тигра*цвет тигра	206	2	103	0,270	0,764505
Error	21351	56	381		

R1*пол тигра; LS Means
 Current effect: $F(2, 56)=134,65$, $p=0,0000$
 Effective hypothesis decomposition
 Vertical bars denote 0,95 confidence intervals

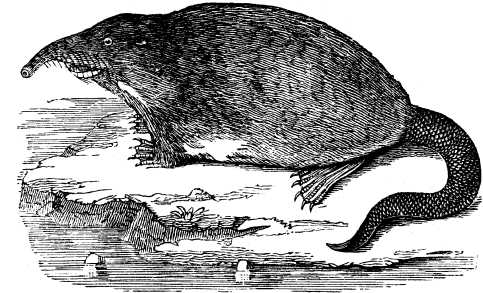


R1*цвет тигра; LS Means
 Current effect: $F(2, 56)=,89710$, $p=,41353$
 Effective hypothesis decomposition
 Vertical bars denote 0,95 confidence intervals



Повторение из предыдущего занятия

Особенности выборки, необходимые для проведения параметрических тестов

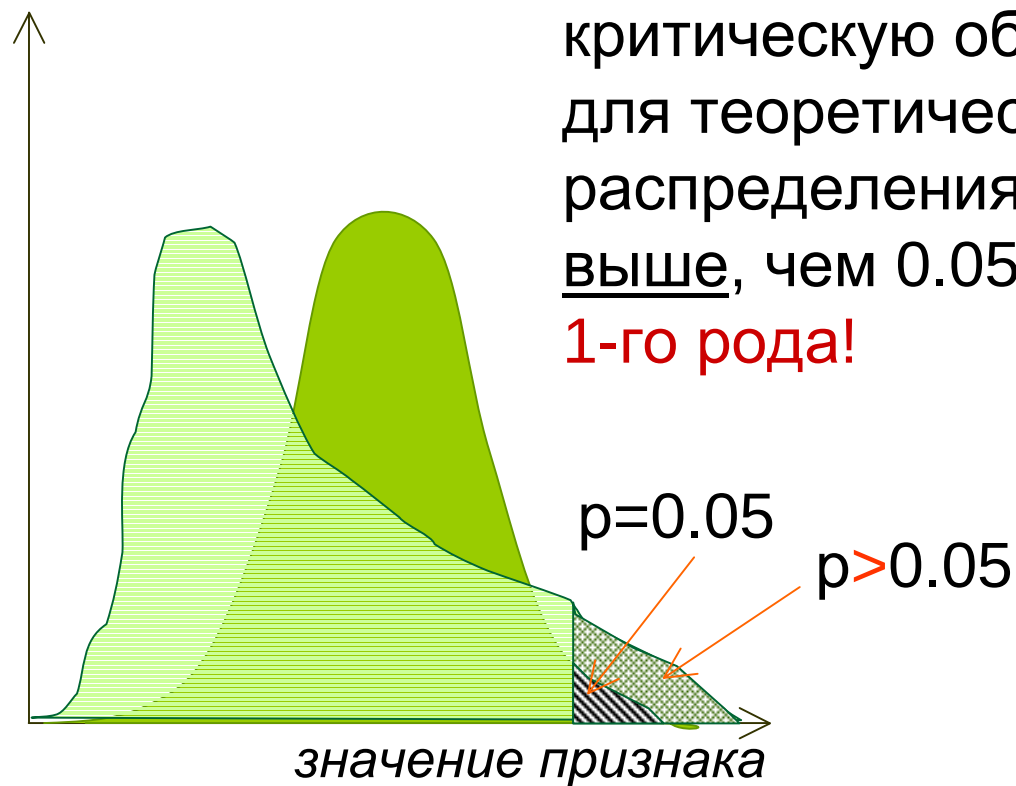


1. **Случайность** измерений (*randomness*)
2. **Независимость** измерений (*independence*)
3. **Гомогенность** дисперсии (*homogeneity = homoscedasticity*)
4. **Нормальность**
5. **Аддитивность** (*additivity*) – для Two-way ANOVA и MANOVA

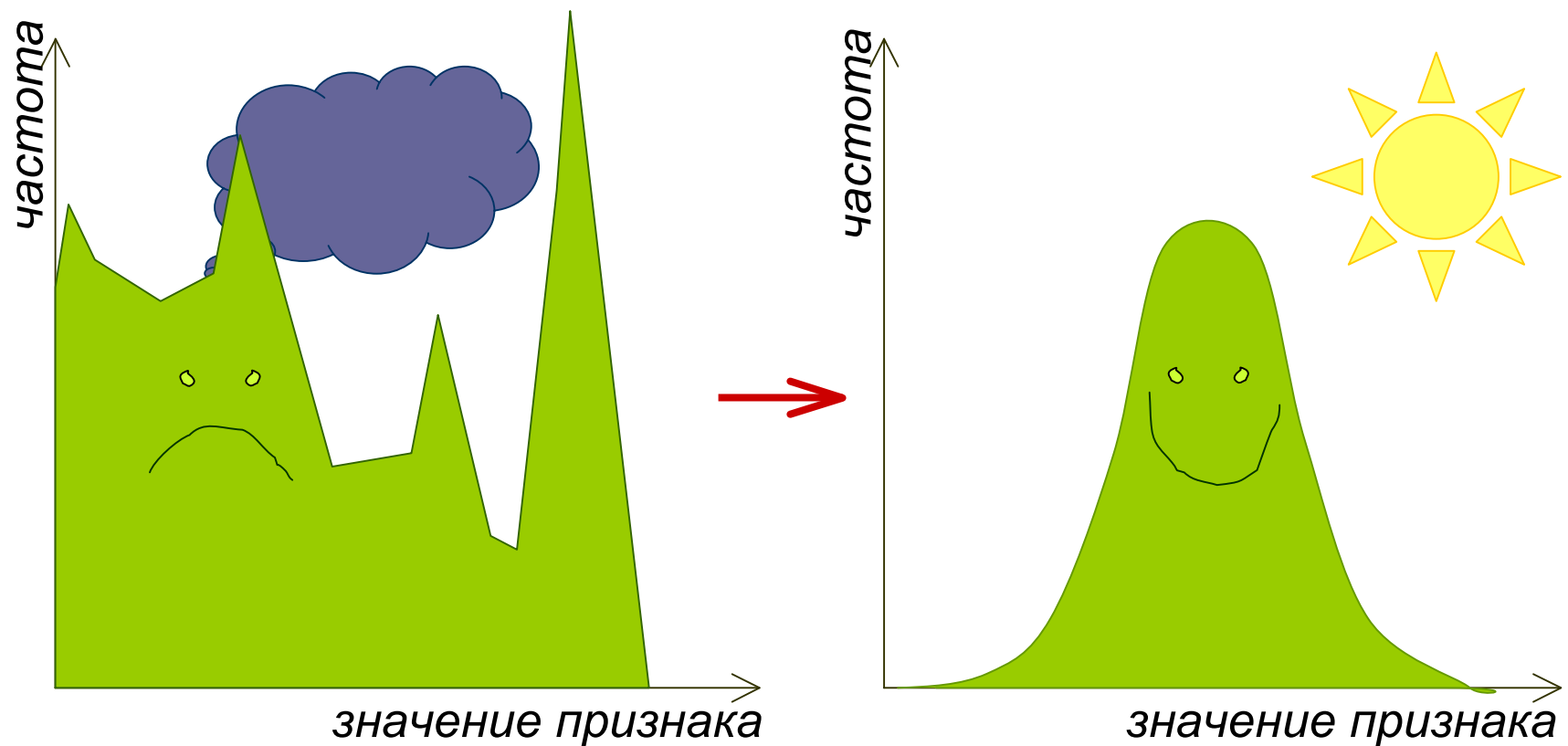
ANOVA

распределение статистики критерия тоже не будет нормальным, если в выборке не нормальное распределение

Пусть оно, например, скошено вправо. Тогда вероятность попасть в критическую область, рассчитанную для теоретического нормального распределения для $p=0.05$ будет выше, чем 0.05 – **увеличится ошибка 1-го рода!**



если распределение не удовлетворяет требованию
нормальности, можно попробовать использовать
ТРАНСФОРМАЦИЮ данных



ANOVA

Трансформации выборки для приведения к нормальному распределению

1. Логарифмическая трансформация (*logarithmic transformation*)

$$X'_i = \lg X_i$$

$$X'_i = \lg(X_i + 1)$$

2. Извлечение квадратного корня (*square root transformation*)

Подходит, когда данные – натуральные числа

$$X'_i = \sqrt{X_i}$$

$$X'_i = \sqrt{X_i + 0,5}$$

Например, размер выводка, число колючек, чешуек и т. п.

3. The Box-Cox transformation

Когда изначально не понятно, какая трансформация лучше

4. Арсинусная трансформация (*arcsine transformation*)

Особенно подходит для процентов и долей ($X_i \leq 1$)

$$X'_i = \arcsin \sqrt{X_i}$$

Например, мы исследуем долю от общего времени наблюдений, которую зверьки проводили во сне



Принципиально не годятся параметрические методы, если данные **РАНГОВЫЕ**:
мы не знаем, насколько одно значение отличается от другого.

Тут не спасёт никакая трансформация.



Если этим требованиям наше распределение не удовлетворяет и ни одна трансформация не помогает, наш выбор -

Непараметрические методы (nonparametric methods)

- ✓ Свойства распределения неизвестны, и **параметры распределения** (среднее, дисперсию и т. п.) мы использовать не можем
- ✓ Основной подход – ранжирование (*ranking*) наблюдений (выстраиваем их по порядку от самого маленького значения к наибольшему).

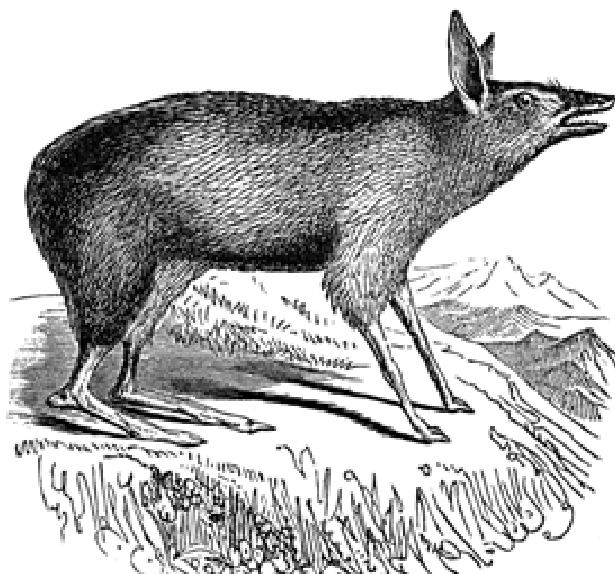


Nonparametric methods

Мы исследуем два редких вида сумчатых. Нам важно узнать, различаются ли виды по тому, в светлых местообитаниях они живут, или в тёмных.

Светлость и темноту мы оценивали на глаз по 100-бальной шкале.

Фактор – вид. Группы: 1. длинноухие; 2. пятнистые



длинноухий



пятнистый

Nonparametric methods

Сравнение независимых групп по одному признаку

Сравнение 2-х групп

а) Манн-Уитни тест (*Mann-Whitney U-test*)

длинноухие		пятнистые	
свет	ранг	свет	ранг
8	15.5	4	5
7	13	7	13
4	5	5	8.5
7	13	8	15.5
9	17.5	3	2
3	2	3	2
5	8.5	5	8.5
6	11	4	5
9	17.5		
5	8.5		
111.5		59.5	

H_0 : **распределение** в популяции, из которой мы получили выборку длинноухих, **такое же**, как и в популяции, из которой выборка пятнистых.

H_1 : распределения не одинаковые.

Мы ничего не говорим про параметры распределений!

Ранжируем данные от меньшего к большему.

Число 3 встретилось трижды:
ранги у них будут одинаковы = $(1+2+3)/3=2$

Nonparametric methods

Данные ранжируем независимо от того, в какой они группе!

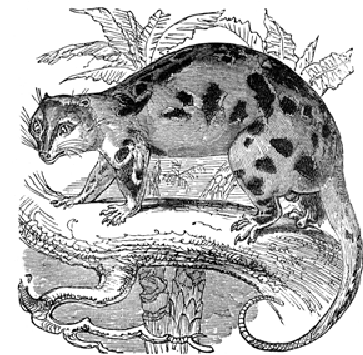
Статистика:

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

n_1 и n_2 – размер выборок,

R_1 и R_2 – суммы рангов в выборках.



Статистикой критерия будет **МЕНЬШЕЕ** из этих двух значений.

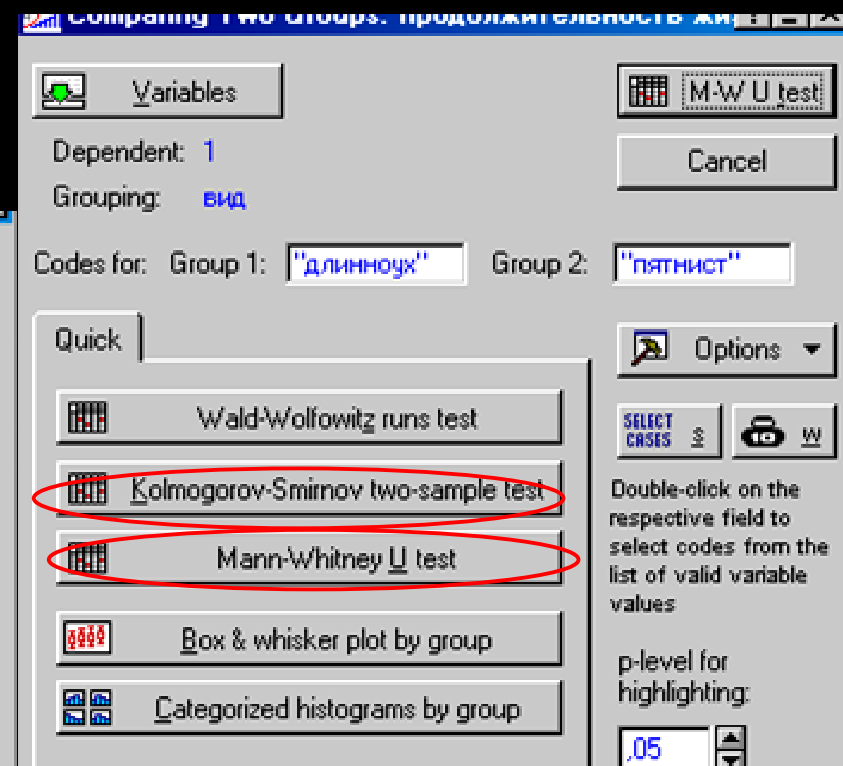
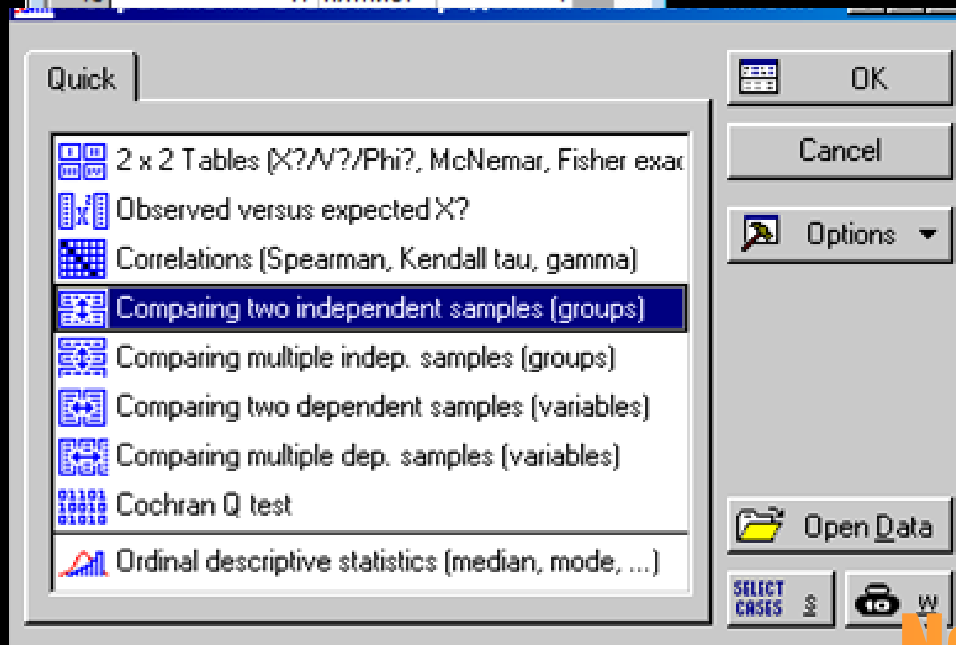
b) Тест Колмогорова-Смирнова (*Kolmogorov-Smirnov two-sample test*)

Отличается от теста Манн-Уитни тем, что М-У более чувствителен к различиям средних значений, медианы и т.п., а К-С тест учитывает ещё и различия распределений по форме.

Data: освещённость.sta (3v by 24c)

	1	2	3
	освещённость	вид	пища, кг
1	20	длинноу	3,4
2	21	длинноу	3,2
3	34	длинноу	2,8
4	51	длинноу	3,1
5	19	длинноу	2,5
6	24	длинноу	1,9
7	37	длинноу	2,4
8	40	длинноу	3
9	49	пятнист	4,2
10	50	пятнист	3,9
11	38	пятнист	2,8
12	43	пятнист	2,6
13	39	пятнист	3,5
14	42	пятнист	4,1
15	47	пятнист	4

Mann-Whitney U-test
Kolmogorov-Smirnov two-sample test



Nonparametric methods

Сравнение независимых групп по одному признаку

В обоих тестах отвергаем H_0 : оба теста показали, что освещённость, в которой обитают звери разных видов **неодинаковая**

Mann-Whitney U Test (освещённость)										
Mann-Whitney U Test (освещённость)										
By variable вид										
Marked tests are significant at p < .05000										
variable	Rank Sum длинноух	Rank Sum пятнист	U	Z	p-level	Z adjusted	p-level	Valid N длинноух	Valid N пятнист	2*1sided exact p
освещённость	46,00000	90,00000	10,00000	-2,31046	0,020863	-2,31046	0,020863	8	8	0,020668

Kolmogorov-Smirnov Test (освещённость)										
Kolmogorov-Smirnov Test (освещённость)										
By variable вид										
Marked tests are significant at p < .05000										
variable	Max Neg Differnc	Max Pos Differnc	p-level	Mean длинноух	Mean пятнист	Std.Dev. длинноух	Std.Dev. пятнист	Valid N длинноух	Valid N пятнист	
освещённость	-0,750000	0,125000	p < .025	30,75000	44,25000	11,58509	4,464143	8	8	

Тест Манн-Уитни может быть односторонним и двусторонним.

При больших выборках U-статистика стремится к нормальному распределению (к Z-статистике).



Сравнение связанных групп по одному признаку

Изучаем редких зверьков – утконосов, и хотим знать – различается ли отношение самки к самцу и самца к самке в парах

Мы считаем число дружелюбных контактов со стороны самки к самцу и наоборот. У *каждого самца* есть по *жене*, а у каждой *самки* – по *мужу*!

Фактор – пол. (1. самцы; 2. самки)



Nonparametric methods

Сравнение связанных групп по одному признаку

Сравнение 2-х связанных групп

Критерий Вилкоксона (*Wilcoxon matched pair test*)

	самец	самка
1 пара	356	363
2 пара	351	361
3 пара	353	358
4 пара	355	356
5 пара	354	359
6 пара	355	355

$$D_i = X_{i1} - X_{i2}$$

1. Считают разности между значениями в парах;
2. исключают нулевые разности;
3. присуждают их абсолютным (по модулю) значениям ранги;
4. суммируют отдельно ранги положительных и отрицательных разностей;
5. Наименьшая сумма - статистика **T**.

Подходит для маленьких выборок.

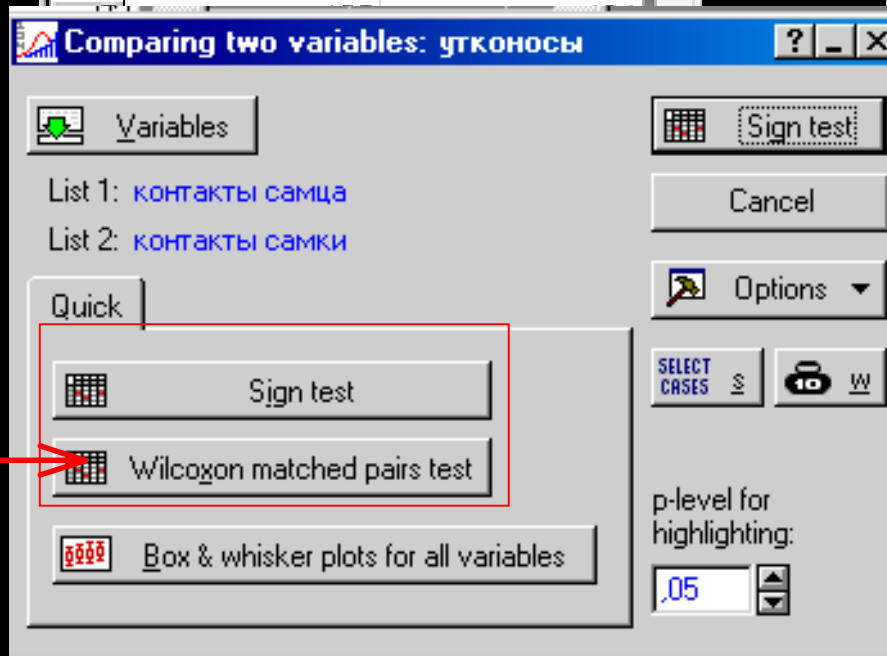
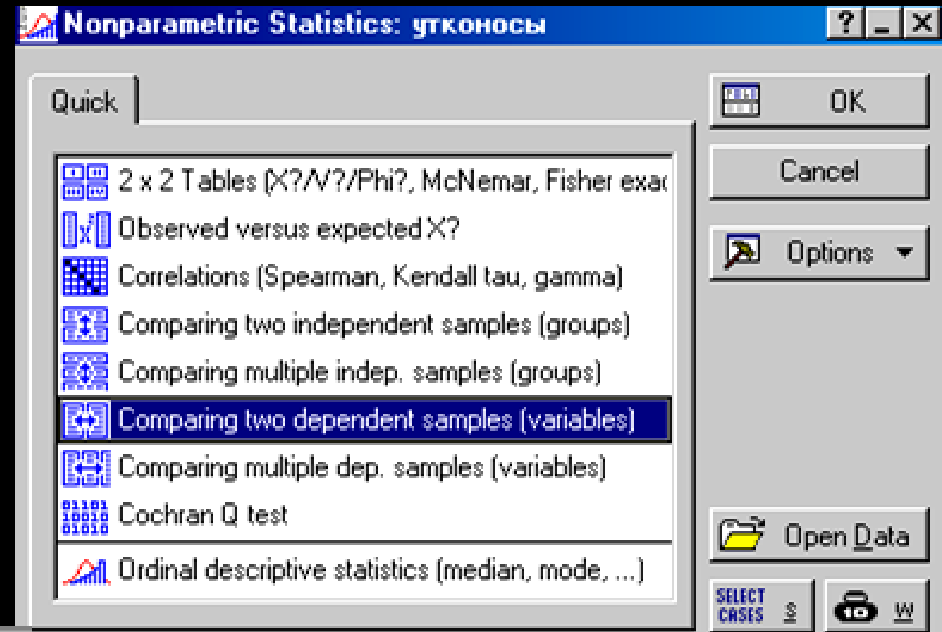
H_0 : **распределение** контактов в популяции, из которой мы получили выборку самцов, **такое же**, как и в популяции, из которой выборка самок.
 H_1 : распределения не одинаковые.



Wilcoxon matched pair test

Data: утконосы.sta (2v by 10c)

	1	2
	контакты самца	контакты самки
1	151	78
2	145	85
3	99	73
4	123	91
5	134	85
6	147	79



on Matched Pairs Test (утконосы)

	Valid N	T	Z	p-level
са & контакты самки	10	0,00	2,803060	0,005062

Число дружелюбных контактов у самцов и самок в парах было неодинаковым

Nonparametric methods

Знаковый тест (*Sign test*)

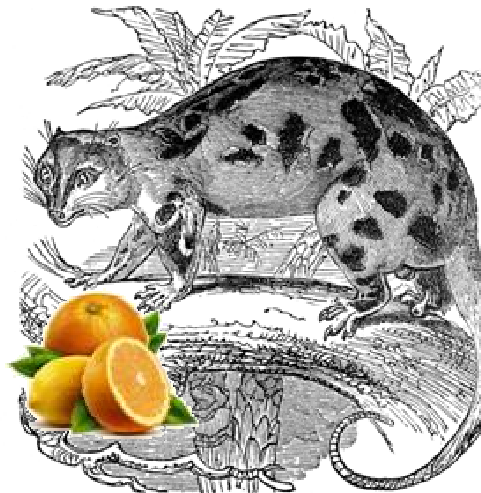
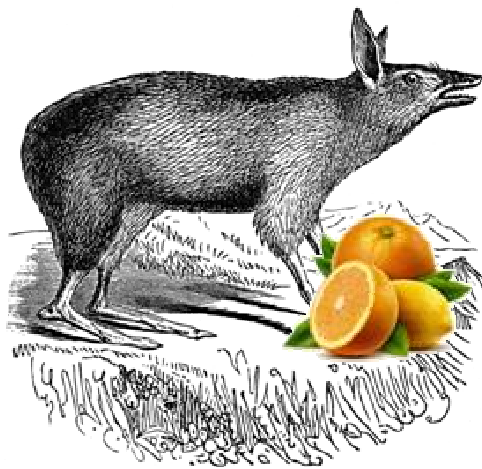
Считают количество случаев, когда значение из одной выборки меньше, чем из другой, и сравнивают с 50%.

Подходит для случаев, когда точные значения не известны, но размер выборок больше 20.
Имеет низкую мощность.

Сравнение независимых групп по одному признаку

Мы получили возможность включить в работу третий, особенно редкий вид сумчатого. Теперь нас интересует, различается ли масса пищи, которую съедают за день особи этих видов, но выборки малы для АНОВЫ.

Фактор – вид. Группы: 1. длинноухие; 2. пятнистые; 3. хвостатые



Nonparametric methods

Сравнение независимых групп по одному признаку

Сравнение 3 и более НЕЗАВИСИМЫХ групп

а) Критерий Крускал-Уоллиса (*Kruskal-Wallis test*)

1. все значения ранжируются от меньшего к большему (игнорируя деление на группы);
2. Считается сумма рангов в каждой группе;
3. считается статистика $H(df, N)$.

H_0 : **распределение** в популяциях, из которых мы получили выборки, **одинаковое**.

H_1 : распределения не одинаковые.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1)$$

общий размер выборки

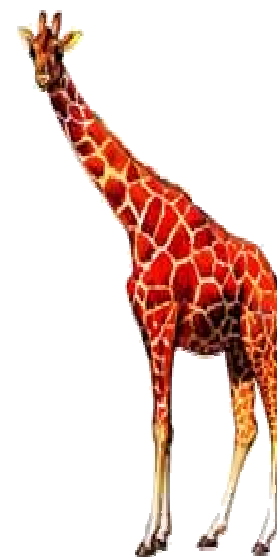
сумма рангов в каждой группе

размер группы

Nonparametric methods

Медианный тест (*Median test*)

Считается и сравнивается критерием χ^2 число значений, которые больше и которые меньше общей медианы. Подходит для выборок, в которых часть наблюдений выходит за пределы шкалы



Сравнение независимых групп по одному признаку

Kruskal-Wallis test

Median test

Nonparametric Statistics: продолжительность жизни

Quick

- 2 x 2 Tables (X²/N²/Phi², McNemar, Fisher exact)
- Observed versus expected X²
- Correlations (Spearman, Kendall tau, gamma)
- Comparing two independent samples (groups)
- Comparing multiple indep. samples (groups)**
- Comparing two dependent samples (variables)
- Comparing multiple dep. samples (variables)

OK Cancel Options

Open Data

Kruskal-Wallis ANOVA and Median Test: продолжительность

Quick

Variables

Dependent variables: **пища, кг**

Grouping variable: **вид**

Codes: **3**

Summary: Kruskal-Wallis ANOVA & Median test

Box & whisker Categorized histogram

Nonparametric methods

1	2	3
получен	вид	пища, кг
20	длинноу	3,4
21	длинноу	3,2
34	длинноу	2,8
51	длинноу	3,1
19	длинноу	2,5
24	длинноу	1,9
37	длинноу	2,4
40	длинноу	3
49	пятнист	4,2
50	пятнист	3,9
38	пятнист	2,8
43	пятнист	2,6
39	пятнист	3,5
42	пятнист	4,1
47	пятнист	4
46	пятнист	3,4
17	хвостаты	10,2
18	хвостаты	9,8
19	хвостаты	10,5
20	хвостаты	11
21	хвостаты	8,6
22	хвостаты	9,2
23	хвостаты	9,9
24	хвостаты	10

Особи разных
видов съедали
за день разное
количество
пищи

Data: Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; пища, кг (продолжительность жи...

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; пища, кг (продолжительность жи...

Independent (grouping) variable: вид

Kruskal-Wallis test: $H(2, N=24) = 17,79547$ $p = ,0001$

Depend.: пища, кг	Code	Valid N	Sum of Ranks				
длинноух	101	8	46,0000				
пятнист	102	8	90,0000				
хвостатые	103	8	164,0000				

Data: Median Test, Overall Median = 3,70000; пища, кг (прод...

Median Test, Overall Median = 3,70000; пища, кг (прод...

Independent (grouping) variable: вид

Chi-Square = 16,00000, $df = 2$, $p = ,0003$

Dependent: пища, кг	длинноух	пятнист	хвостатые	Total
<= Median: observed	8,00000	4,00000	0,00000	12,00000
expected	4,00000	4,00000	4,00000	
obs.-exp.	4,00000	0,00000	-4,00000	
> Median: observed	0,00000	4,00000	8,00000	12,00000
expected	4,00000	4,00000	4,00000	
obs.-exp.	-4,00000	0,00000	4,00000	
Total: observed	8,00000	8,00000	8,00000	24,00000

Nonparametric methods

Сравнение **3** и более СВЯЗАННЫХ групп

Критерий Фридмана (*Friedman ANOVA*)

Основан на том, что все значения выстраиваются в ряд от меньшего к большему внутри каждой группы. Считают статистику и сравнивают с χ^2 -распределением

Гипотезы - по аналогии с предыдущими, о сходстве выборок.

Сравнение связанных групп по одному признаку

У утконосов родились детёныши, и мы хотим знать, изменялось ли физическое состояние самок после беременности и после выкармливания потомства (оценивали его в баллах).

1. состояние до беременности;
2. после рождения детей;
3. после выкармливания детёнышей

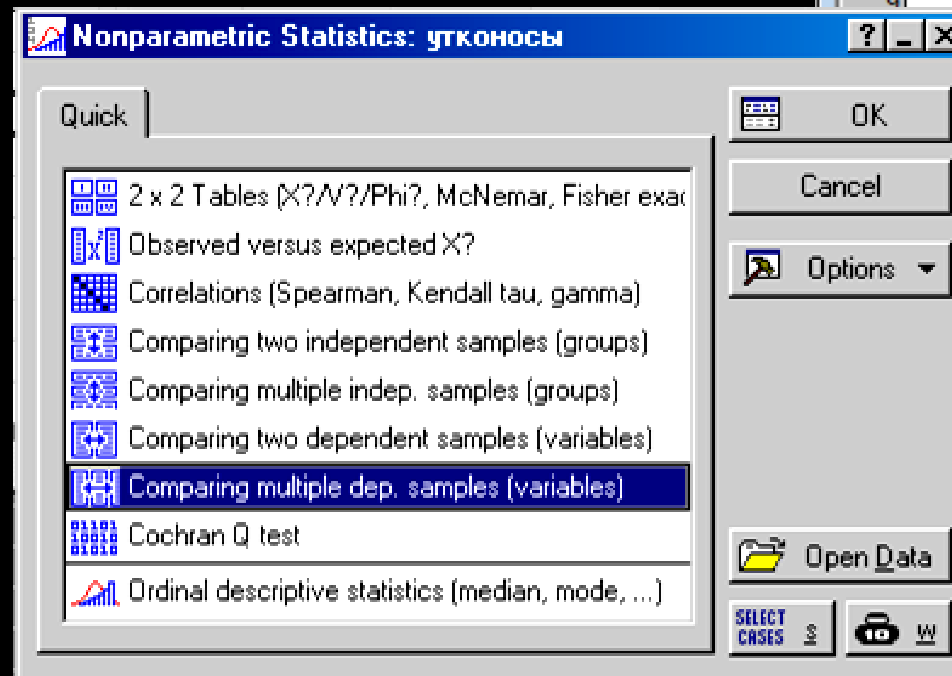


Friedman ANOVA



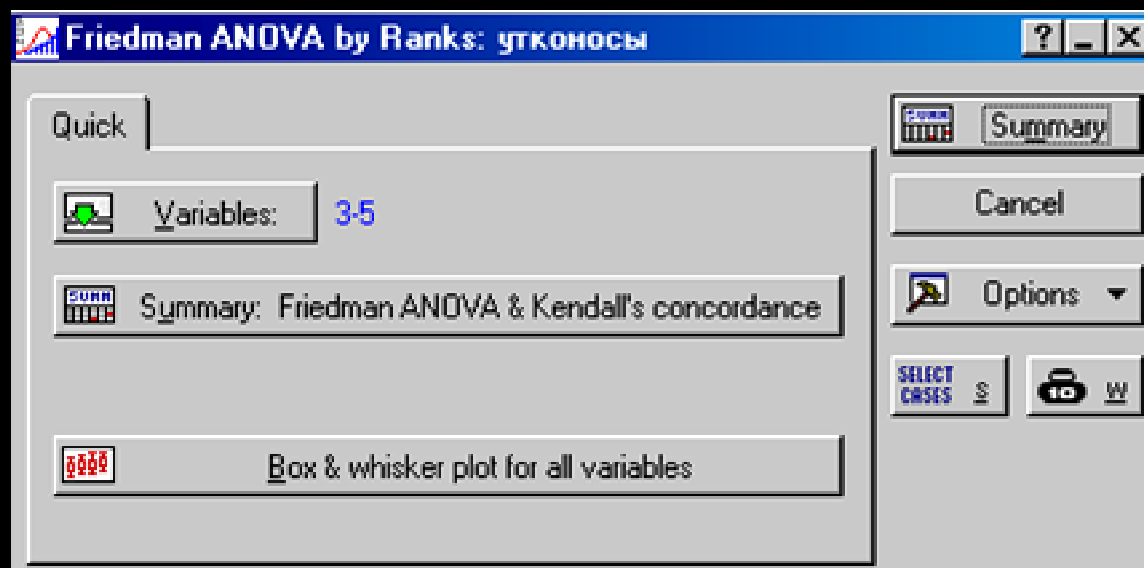
Data: утконосы* (5v by 10c)

	1	2	3	4	5
	акты с	акты с	состояние самки	осле беременности	сле выкармли
1	151	78	125	98	
2	145	85	134	102	
3	99	73	129	92	
4	123	91	138	96	
5	134	85	135	100	
6	147	79	139	89	
7	135	104	137	96	
8	139	98	140	98	
9	140	87	138	95	
10	143	83	131	103	



Сравнение связанных групп по одному признаку

Отвергаем H_0 –
масса самок
изменялась



Data: Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (утконосы)

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (утконосы)					
ANOVA Chi Sqr. (N = 10, df = 2) = 20,00000 p < ,00005					
Coeff. of Concordance = 1,0000 Aver. rank r = 1,0000					
Variable	Average Rank	Sum of Ranks	Mean	Std.Dev.	
масса самки до	3,000000	30,00000	134,6000	4,880801	
после беременности	2,000000	20,00000	96,9000	4,306326	
после выкармливания	1,000000	10,00000	52,3000	4,056545	

Итак, при выборе теста важно, что:

1. Параметрические тесты более мощные, чем непараметрические;
2. Непараметрические безопаснее в плане ошибок;
3. Чем больше размер выборки, тем менее критичны требования к распределению (по Центральной предельной теореме);
4. АНОВА не очень чувствительна к небольшим отклонениям от нормального распределения.

