Занятие 3

Факторы – Файлы - Статистика

16 сентября 2016

План

- Факторы
- Работа с файлами
- Элементарная статистика

Факторы

Факторы

Используются для представления категориальных данных (да/нет, низкий/средний/высокий, мужчина/женщина…)

```
> f <- factor(c("yes", "yes", "no", "yes", "no"))
> f
[1] yes yes no yes no
Levels: no yes
> levels(f)      # возможные значения в факторе
[1] "no" "yes"

> levels(f) <- c(levels(f), "maybe")
> table(f)
f
 no  yes  maybe
  2    3      0
```

Факторы

Уровни можно упорядочивать при создании фактора (может быть важно в линейной регрессии):

```
> f <- factor(c("yes", "yes", "no", "yes",
"no"), levels = c("yes", "no"))
```

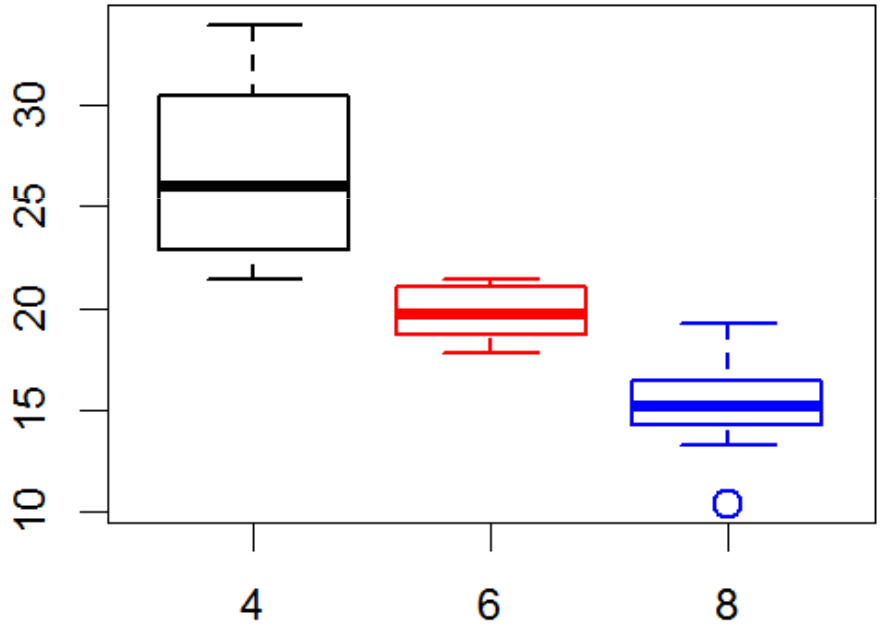
```
> f
[1] yes yes no yes no
Levels: yes no
```

(по умолчанию, уровни в факторе упорядочиваются в лексикографическом порядке)

Факторы

Разбиение вектора по фактору:

```
> boxplot(mtcars$mpg ~ mtcars$cyl)
```




```
mpg: 21.0 21.0 22.8 21.4 18.7 18.1 14.3 24.4 …
cyl:  6    6    4    6    8    6    8    4   …
```

Работа с файлами

Работа с файлами: основные функции

Чтение	Запись	Применение
read.table	***write.table***	Чтение/запись табулированных текстовых файлов
read.csv	***write.csv***	Чтение/запись файлов в формате CSV
readLines	***writeLines***	Чтение/запись текстовых файлов по строкам
load	***save***	Загрузка/сохранение объектов R из/в бинарные файлы (.RData)

Работа с файлами: рабочая директория

Узнать рабочую директорию:

```
> getwd()
[1] "C:/Users/anna/FBB/R"
```

Поменять рабочую директорию:

```
> setwd("Week3")  # путь указан относительно рабочей директории!
> getwd()
[1] "C:/Users/anna/FBB/R/Week3"
```

Узнать список файлов в рабочей директории

```
> dir()
```

Узнать список файлов в указанной директории

```
> dir("C:/Users/anna/FBB/R/")
```

В RStudio:

закладка Files (справа внизу) -> выбрать нужную директорию -> More -> Set As Working Directory

Работа с файлами: *read.table*

- Читает файл с разделителями
- Возвращает ***data.frame***

```
> students <- read.table("FBBRStudents.tab",sep="\t",
  header=T)

> students[101:102,]
                 Name       Faculty         Level Year
  101 Широкий В. Р.    химический  специалитет    4
  102 Базылев С. С. биологический  бакалавриат    1
```

Работа с файлами: *read.table*

Основные аргументы:

- `file` – имя файла или соединение (connection)
- `header` – есть ли в файле заголовок? (по умолчанию, FALSE)
- `sep` – разделитель полей (колонок) (по умолчанию, пробел)
- `colClasses` – вектор с названиями классов колонок
- `nrows` – количество строчек, которые нужно прочитать
- `skip` – количество строчек, которые нужно пропустить
- `comment.char` – знак комментариев
- `stringsAsFactors` – преобразовывать строковые поля в фактор? (по умолчанию, TRUE)

Работа с файлами: *read.table*

```
> students<-read.table("FBBRStudents.tab",sep="\t",header=T,
+ colClasses = c("character","factor","factor","integer"))

> str(students)
'data.frame': 141 obs. of 4 variables:
 $ Name : chr "Антонов С. В." "Дмитриев Д. И." "Золотов И.
А." "Иванова Т. В." ...
 $ Faculty: Factor w/ 10 levels "биологический",..: 3 3 3 3
3 3 3 3 3 3 ...
 $ Level : Factor w/ 3 levels "бакалавриат",..: 3 3 3 3 3 3
3 3 3 3 ...
 $ Year : int 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 ...
```

Работа с файлами: *read.csv, write.csv, readLines*

- ***read.csv*** – то же, что read.table, но с другими дефолтными значениями параметров (header=TRUE, sep=“,”)
- ***write.csv:***

```
> write.csv(students, "FBBRStudents.csv")
```

- ***readLines***:

```
> lines <- readLines("FBBRStudents.txt“,3)
> lines
[1] "Name\tFaculty\tLevel\tYear"
[2] "Антонов С. В.\tмеханико-
математический\tспециалитет\t3"
[3] "Дмитриев Д. И.\tмеханико-
математический\tспециалитет\t3"
```

Работа с файлами: *save, load*

Сохраняем объекты *students* и *lines* в файл:

```
> save(students, lines, file="Students.RData")
```

Удаляем все объекты из рабочего пространства:

```
> rm(list=ls())
> ls()
character(0)
```

Загружаем объекты из файла:

```
> load("Students.RData")
> ls()
[1] "lines" "students“ # объекты появляются в
                        # рабочем пространстве
```

Соединения

- **file** – открывает соединение с файлом
- **gzfile, bzfile** – открывает соединение с архивированным файлом
- **url** – открывает соединение с веб-страницей

```
> con <- file("FBBRStudents.tab", "r")
> readLines(con, 1)
[1] "Name\tFaculty\tLevel\tYear"
> readLines(con, 1)
[1] "Антонов С. В.\tмеханико-математический\tспециалитет\t3"
> close(con)

> con <- gzfile("FBBRStudents.gz")
> read.csv(con, nrow=2)
X Name Faculty Level Year
   1 1 Антонов С. В. механико-математический специалитет 3
   2 2 Дмитриев Д. И. механико-математический специалитет 3
   > close(con)
```

Элементарная статистика

Эксперимент:
как отличить «честную» монетку от «нечестной»?

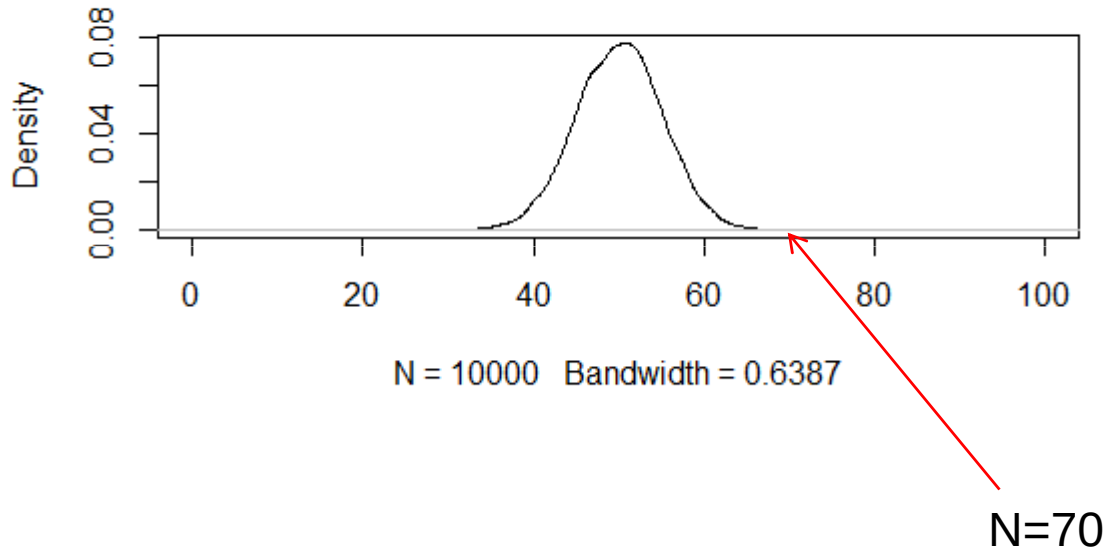
Честная монетка: вероятность орла 0.5, вероятность решки 0.5

Нечестная монетка: вероятность орла 0.2, вероятность решки 0.8

Подбросим монетку 100 раз.

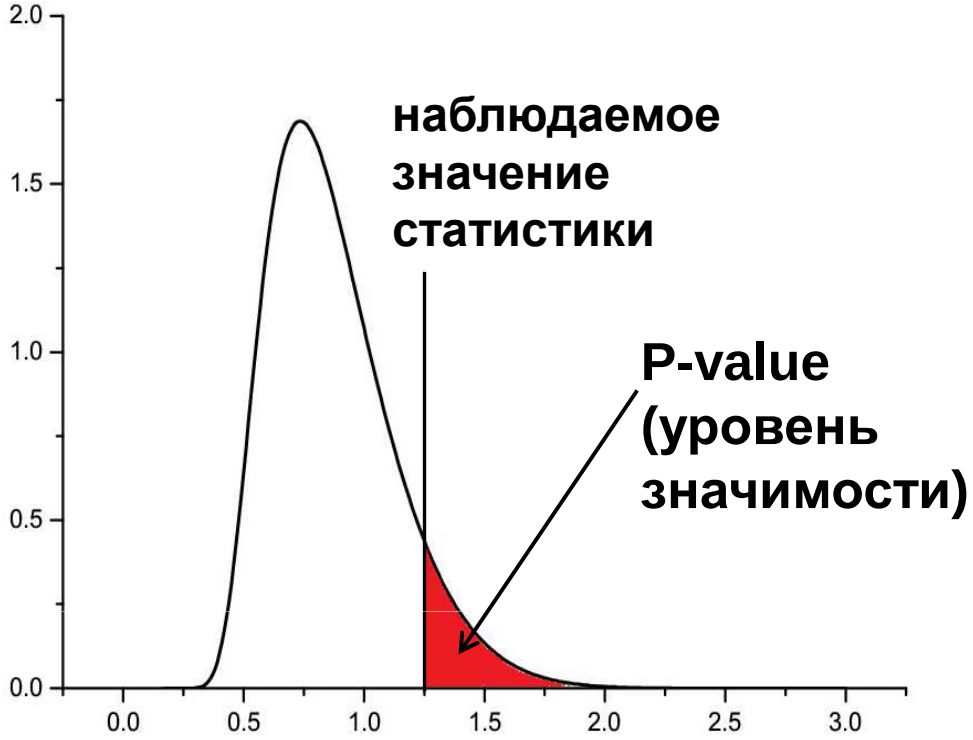
Решка выпала 70 раз. Какая у нас монетка?
Насколько можно быть уверенным в этом?

Распределение частот выпадения решки у честной монеты (биномиальное распределение):



H0 – нулевая гипотеза: мы кидали честную монету

H1 – альтернативная гипотеза: монета кривая



Что такое P-value?

- ✓ Вероятность наблюдаемого при нулевой гипотезе
- ✓ Вероятность ошибочно отвергнуть нулевую гипотезу (когда она верна)

Не строгие математические определения, главное – понять смысл!

Данные: вес цыплят в зависимости от рациона питания

```
> chick.w <- read.table("ChickWeight.tab", header=T)

> dim(chick.w)
[1] 20 2

> head(chick.w)    # weight – вес цыпленка (в граммах)
    weight Diet    # Diet – тип рациона (2 или 3)
232    331    2
244    167    2
256    175    2
268     74    2
280    265    2
292    251    2
> tail(chick.w,3)
    weight Diet
436    290    3
448    272    3
460    321    3
```

Задача:
понять, влияет ли рацион на вес

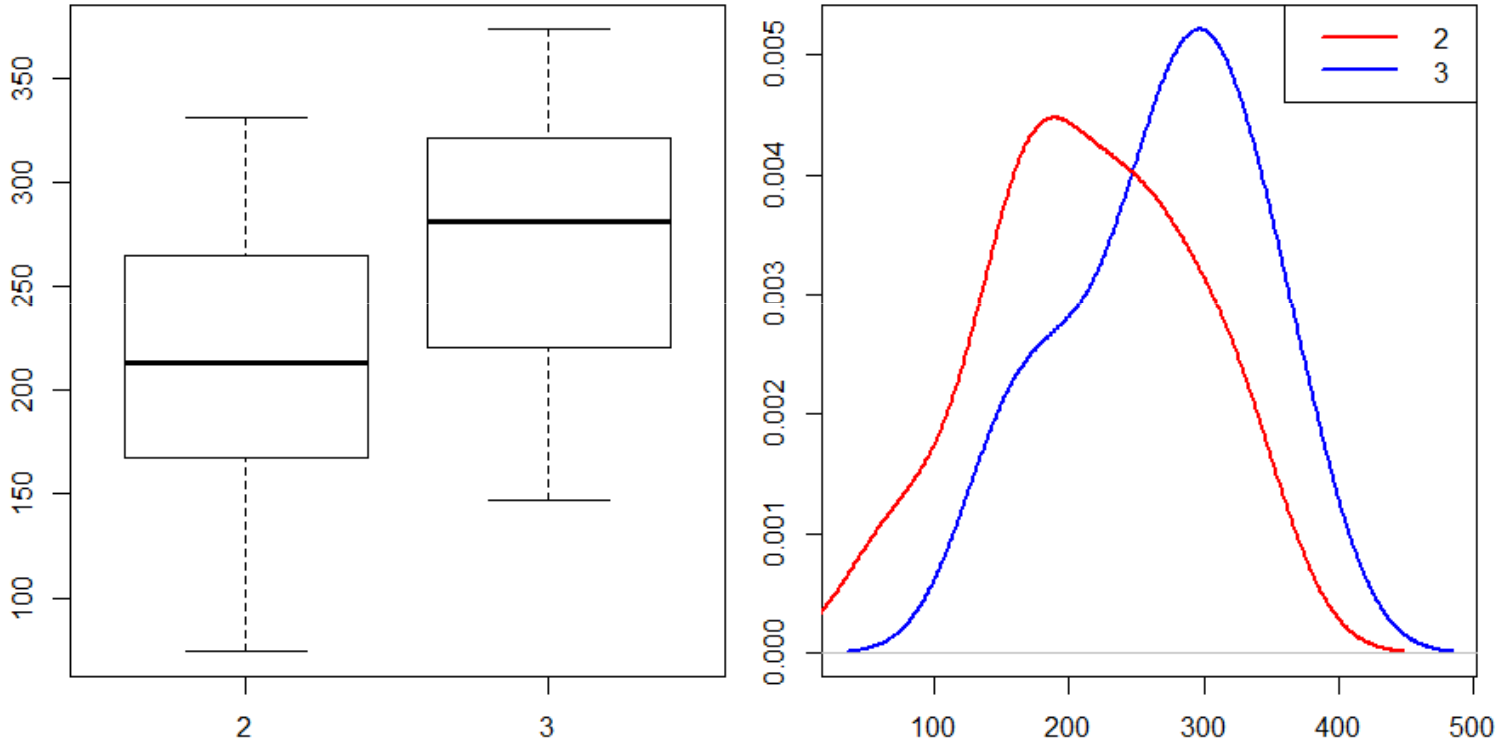
Вопрос №1

Как распределена каждая выборка?

Сравнение распределения выборки с заданным теоретическим распределением

1. Графический анализ выборок

Вес цыплят в зависимости от рациона питания



Являются ли выборки нормальными?

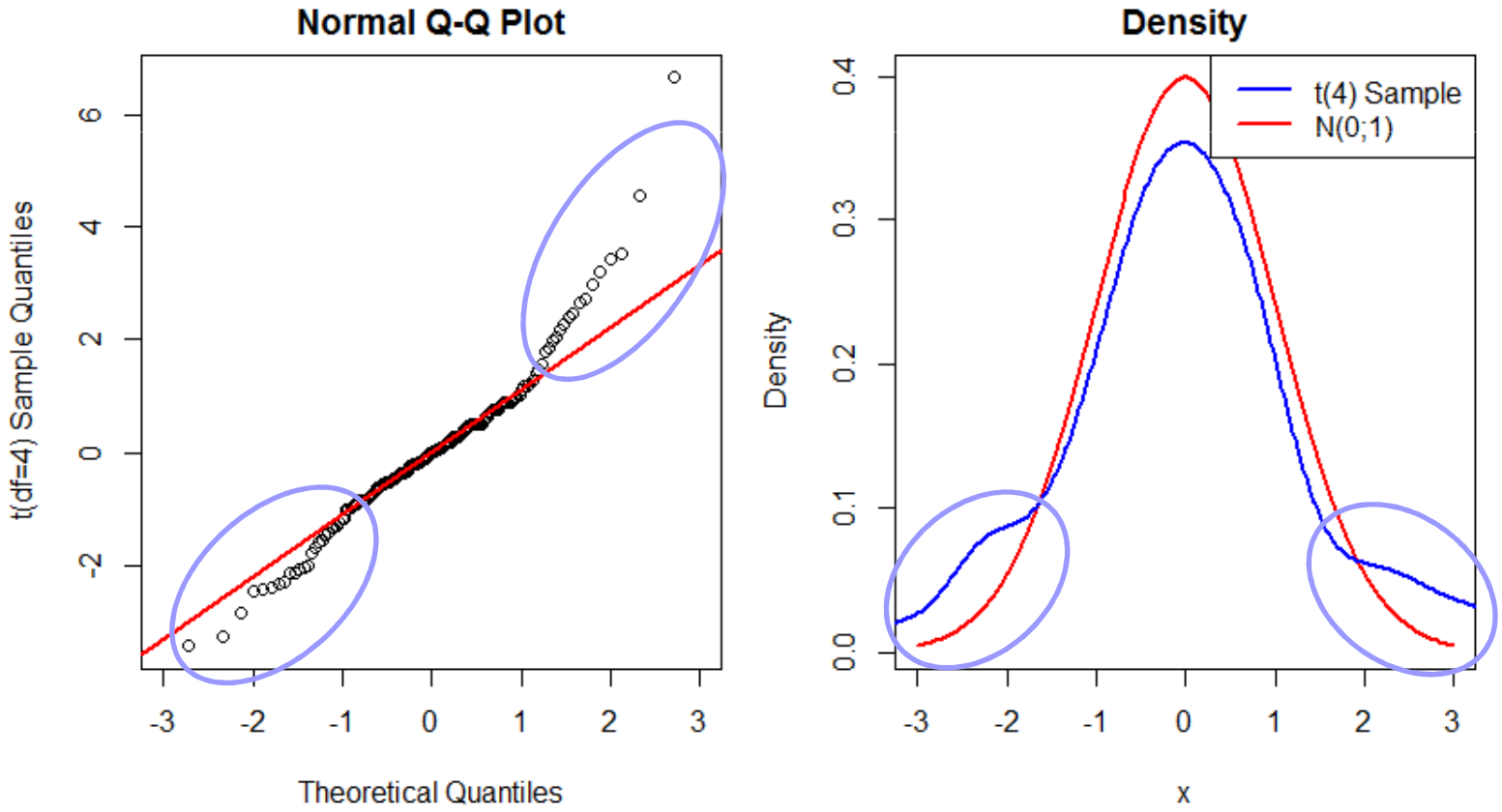
Из одного ли они распределения?

Сравнение формы распределений графически

qqplot – рисует квантили одной выборки напротив другой

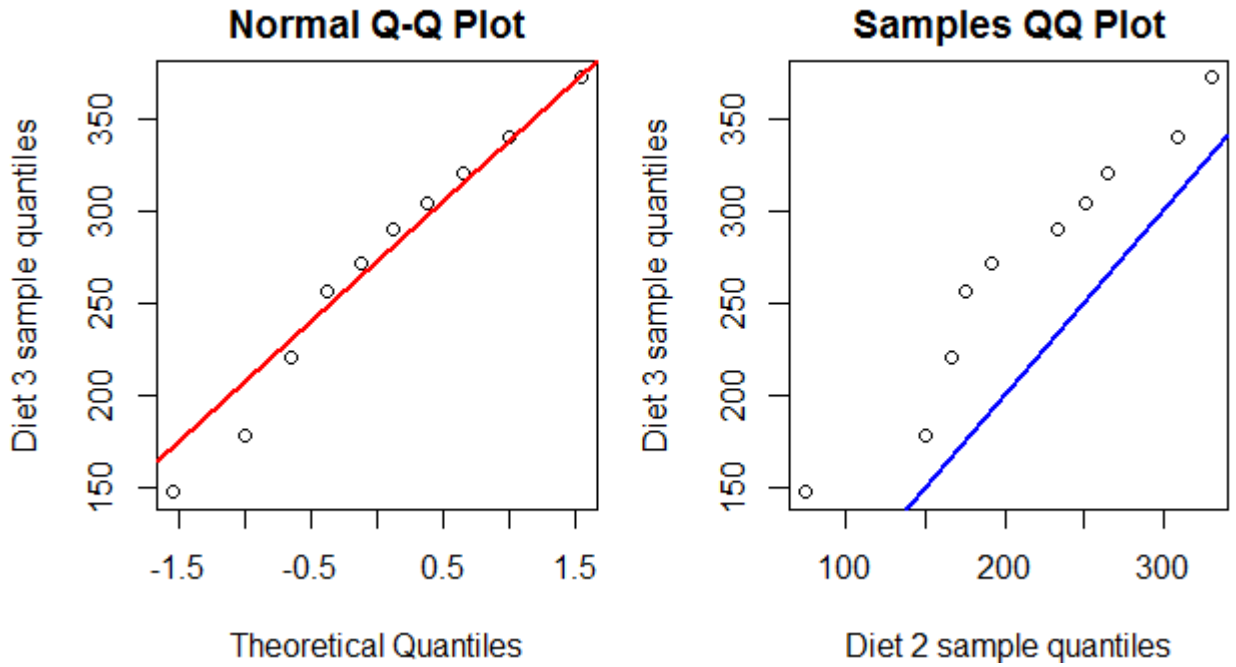
qqnorm – рисует квантили выборки против квантилей нормального распределения

qqline – рисует линию, проходящую через 1 и 3 квартили теоретического (нормального) распределения



QQ Plot для веса цыплят

```
> par(mar=c(4,4,2,1),mfrow=c(1,2))
> w.diet.2 <- chick.w[chick.w$Diet==2,"weight"]
> w.diet.3 <- chick.w[chick.w$Diet==3,"weight"]
> qqnorm(w.diet.3, ylab="Diet 3 sample quantiles")
> qqline(w.diet.3,col="red",lwd=2)
> qqplot(w.diet.2,w.diet.3,xlab="Diet 2 sample quantiles",
+ ylab="Diet 3 sample quantiles", main="Samples QQ Plot")
> abline(0,1,col="blue",lwd=2)
```

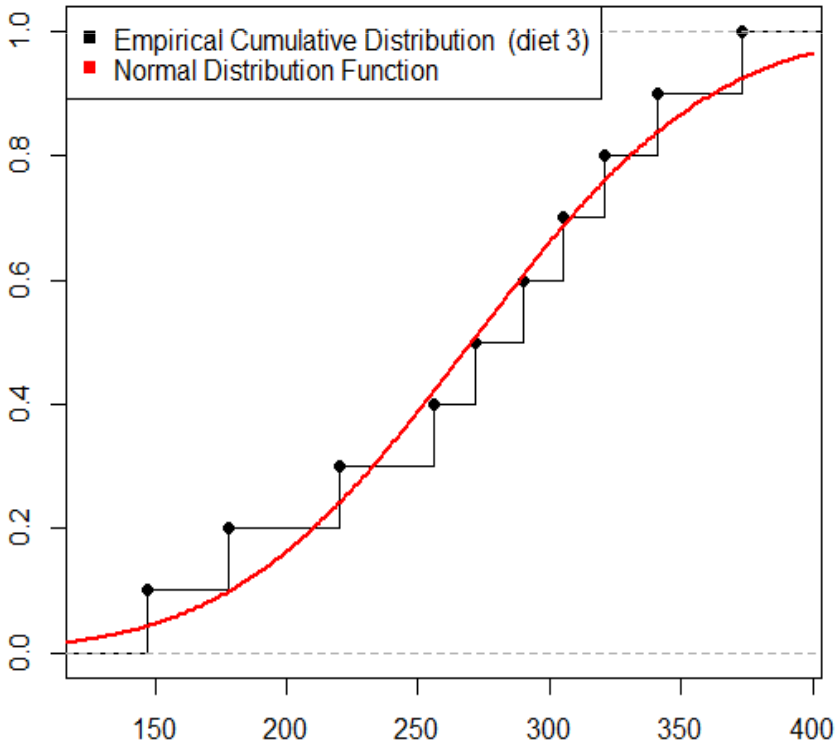


Статистические тесты для сравнения распределений

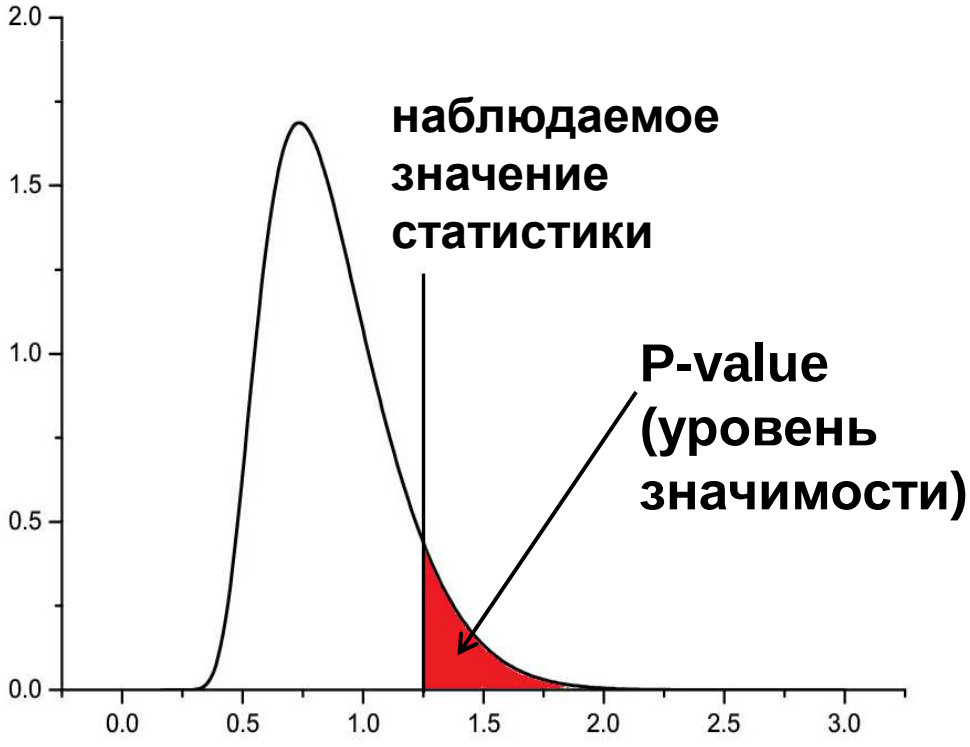
Тест Колмогорова-Смирнова:

- чувствителен к отличиям в форме распределений и их сдвигу относительно друг друга
- H_0: распределения совпадают
- плохо работает на маленьких выборках
- применим только для непрерывных распределений

Сравнение эмпирического и теоретического распределений



Распределение статистики при нулевой гипотезе



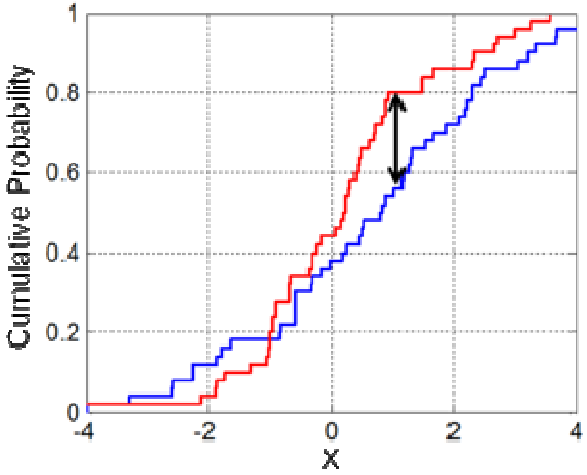
Статистические тесты для сравнения распределений

Сравнение эмпирического распределения с теоретическим:

```
# тест на нормальность
> ks.test(w.diet.3,"pnorm",mean(w.diet.3),sd(w.diet.3))

        One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  w.diet.3
D = 0.1209, p-value = 0.9944
alternative hypothesis: two-sided
```

Сравнение распределений двух выборок:

```
> ks.test(w.diet.2,w.diet.3)

        Two-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  w.diet.2 and w.diet.3
D = 0.4, p-value = 0.4175
alternative hypothesis: two-sided
```



Объект класса ***htest***

Многие статистические тесты в R возвращают объект класса ***htest***:

```
> diet3.ks <- ks.test(w.diet.2,w.diet.3)
> diet3.ks

        Two-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  w.diet.2 and w.diet.3
D = 0.4, p-value = 0.4175
alternative hypothesis: two-sided

> class(diet3.ks)
[1] "htest"

> names(diet3.ks)
[1] "statistic" "p.value" "alternative" "method"
[5] "data.name"

> diet3.ks$statistic
D
0.4

> diet3.ks$p.value
[1] 0.4175
```

Статистические тесты для сравнения распределений

Тест Shapiro-Wilk:

- проверяет гипотезу, что выборка пришла из нормального распределения
- H_0: выборка является нормальной
- мощнее, чем тест Колмогорова-Смирнова (то есть с меньшей вероятностью ошибочно принимает H_0)
- размер выборки от 3 до 5000

```
> shapiro.test(w.diet.3) # возвращает объект htest

        Shapiro-Wilk normality test

data:  w.diet.3
W = 0.9705, p-value = 0.895

> shapiro.test(w.diet.2)$p.value
[1] 0.948785
```

Вопрос №2

Сдвинуты ли выборки друг относительно друга?

	Выборки (почти) нормальные	Выборки совсем не нормальные
Выборки независимые	• **t-тест** – проверяет равенство средних	• **U-критерий Манна-Уитни (Критерий суммы рангов Уилкоксона)** • **Kolmogorov-Smirnov test**
Парные выборки	• **Парный t-test** – проверяет равенство разности случайных величин нулю	• **T-Критерий Вилкоксона**

Student’s (Gosset’s) t-тест

- Введен Вильямом Госсетом в 1908 для оценки качества пива на пивоварне Guinness
- Используется для:
  - проверки равенства выборочного среднего заданному значению
  - проверки равенства средних значений двух серий измерений, сделанных для тех же объектов в разных условиях (например, состояние пациентов до и после лечения) – paired t-test
  - проверки равенства средних двух независимых выборок

- Предполагается, что случайные величины распределены примерно нормально
- При больших размерах выборок, распределение t-статистики приближается к нормальному

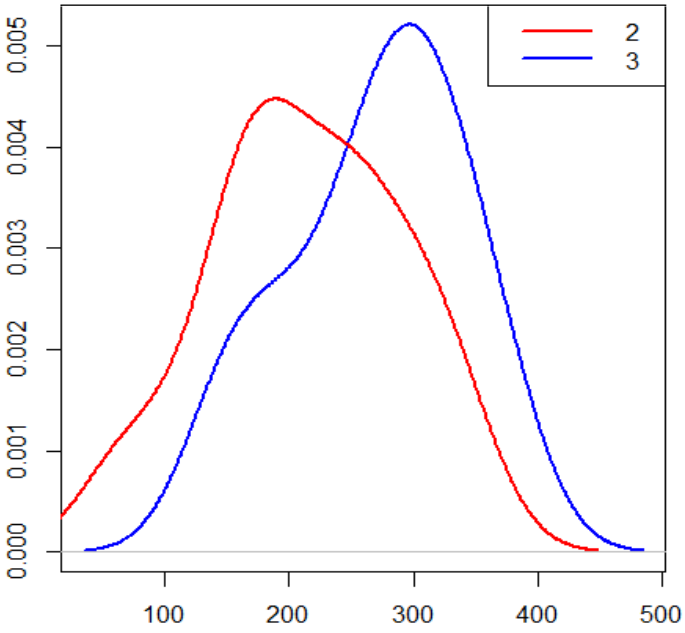
t-test для независимых выборок

Способ №1:

```
> chick.test <- t.test(w.diet.2, w.diet.3,
alternative="less")
```

Способ №2:

```
> chick.test <-t.test(chick.w$weight ~ chick.w$Diet,
alternative="less")
> chick.test$p.value
        Welch Two Sample t-test
data:  chick.w$weight by chick.w$Diet
t = -1.6588, df = 17.865, p-value = 0.05731
alternative hypothesis: true difference in
means is less than 0
95 percent confidence interval:
     -Inf 2.548154
sample estimates:
mean in group 2 mean in group 3
          214.7           270.3
```

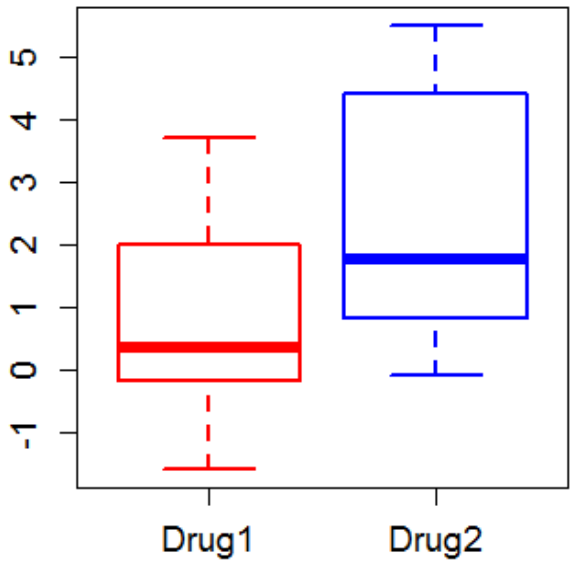


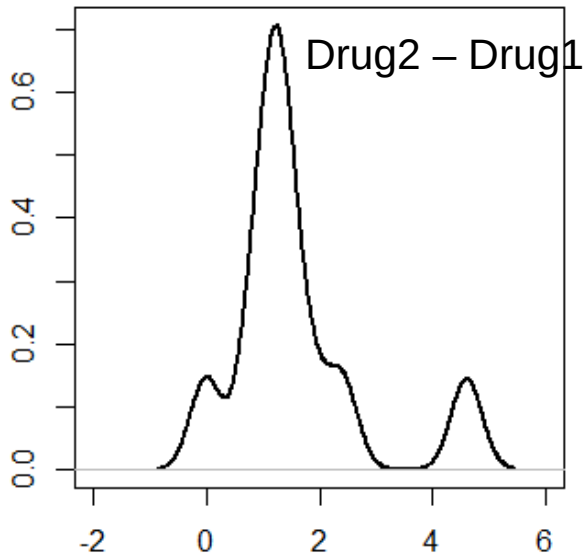
Данные: изменение длительности сна пациентов в зависимости от принимаемого лекарства

```
> sleep.paired <- read.table("sleep.paired.tab“,header=T)
# ID – идентификатор пациента
# Drug1 и Drug2 – изменение длительности сна (в часах) при
# приеме лекарств 1 и 2
> sleep.paired
```

	ID	Drug1	Drug2
1	1	0.7	1.9
2	2	-1.6	0.8
3	3	-0.2	1.1
4	4	-1.2	0.1
5	5	-0.1	-0.1
6	6	3.4	4.4
7	7	3.7	5.5
8	8	0.8	1.6
9	9	0.0	4.6
10	10	2.0	3.4

Изменение длительности сна в зависимости от лекарства





Вопрос №2

Сдвинуты ли выборки друг относительно друга?

	Выборки (почти) нормальные	**Выборки совсем не нормальные**
Выборки независимые	• **t-тест** – проверяет равенство средних	• **U-критерий Манна-Уитни (Критерий суммы рангов Уилкоксона)** • **Kolmogorov-Smirnov test**
Парные выборки	• **Парный t-test** – проверяет равенство разности случайных величин нулю	• **T-Критерий Вилкоксона**

Парный t-тест

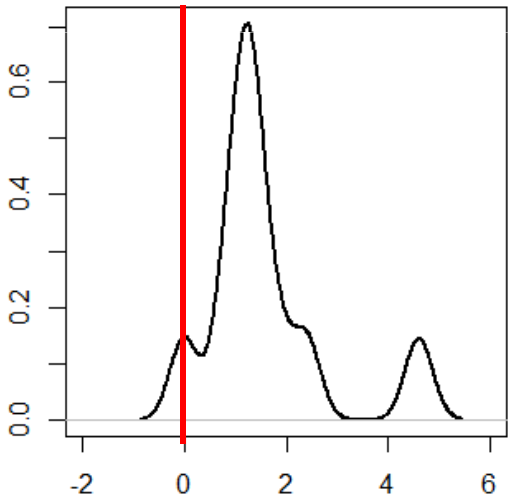
Помогло ли лекарство - стали ли пациенты дольше спать?

Способ №1:

```
> sleep.test <- t.test(sleep.paired$Drug1,
+ sleep.paired$Drug2, paired=T, alternative="less")
```

Способ №2:

```
> diff <- sleep.paired$after - sleep.paired$before
> t.test(diff) # объект htest

        One Sample t-test

data:  diff
t = 4.0621, df = 9, p-value = 0.001416
alternative hypothesis: true mean is greater than
95 percent confidence interval:
 0.8669947       Inf
sample estimates:
mean of x
     1.58
```



Если забыть указать, что тест парный:

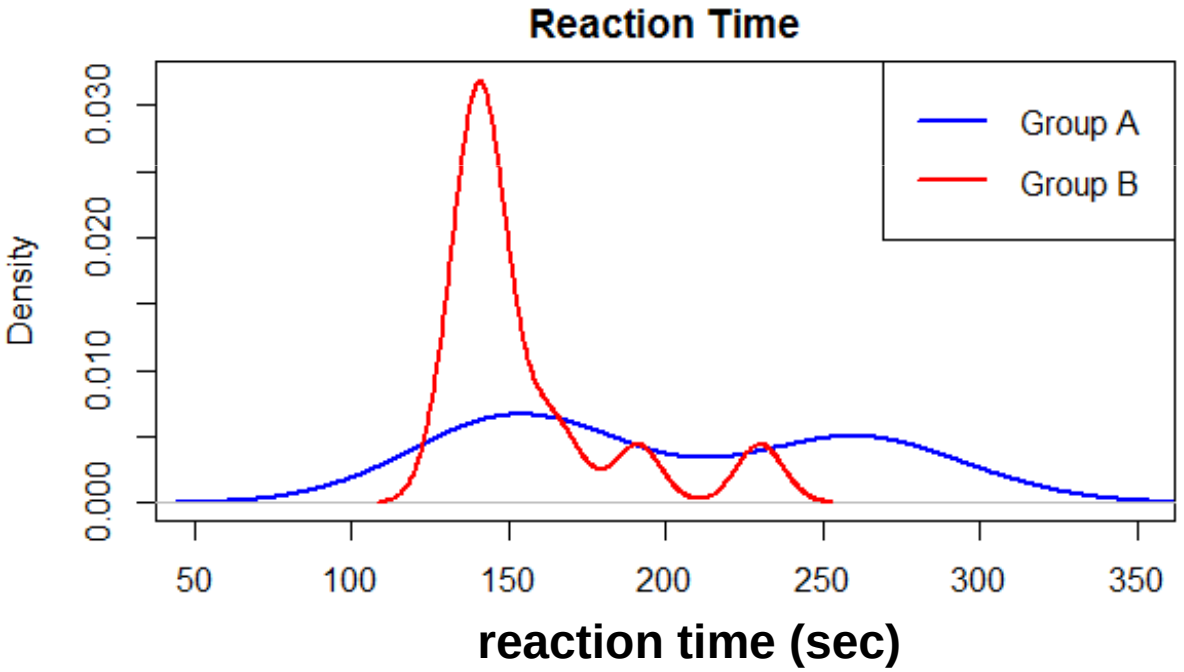
```
> t.test(sleep.paired$Drug1, sleep.paired$Drug2,
alternative="less")$p.value
[1] 0.03969707
```

Данные: влияние анестетика на время реакции пациентов на световой раздражитель

```
rt <- read.table("anaesthetic.reaction.time.tab",
sep="\t", header=T)
```

Mean.RT – среднее время реакции; Group: A/B – with/without anesthetic

```
> head(rt)
   Mean.RT Group
1      131     B
2      135     A
3      138     B
4      138     B
5      139     A
6      141     B
```



Больше ли время реакции у пациентов под воздействием анестетика?

Вопрос №2

Сдвинуты ли выборки друг относительно друга?

	Выборки (почти) нормальные	**Выборки совсем не нормальные**
Выборки независимые	• **t-тест** – проверяет равенство средних	• **U-критерий Манна-Уитни (Критерий суммы рангов Уилкоксона)** • **Kolmogorov-Smirnov test**
Парные выборки	• **Парный t-test** – проверяет равенство разности случайных величин нулю	• **T-Критерий Вилкоксона**

U-критерий Манна-Уитни

- Используется для тестирования гипотезы, что значения в одной из выборок в среднем (стохастически) больше, чем в другой
- H_0: выборки не отличаются
- Позволяет выявлять различия в значении параметра между малыми выборками
- При больших размерах выборок, распределение U-сстатистики приближается к нормальному

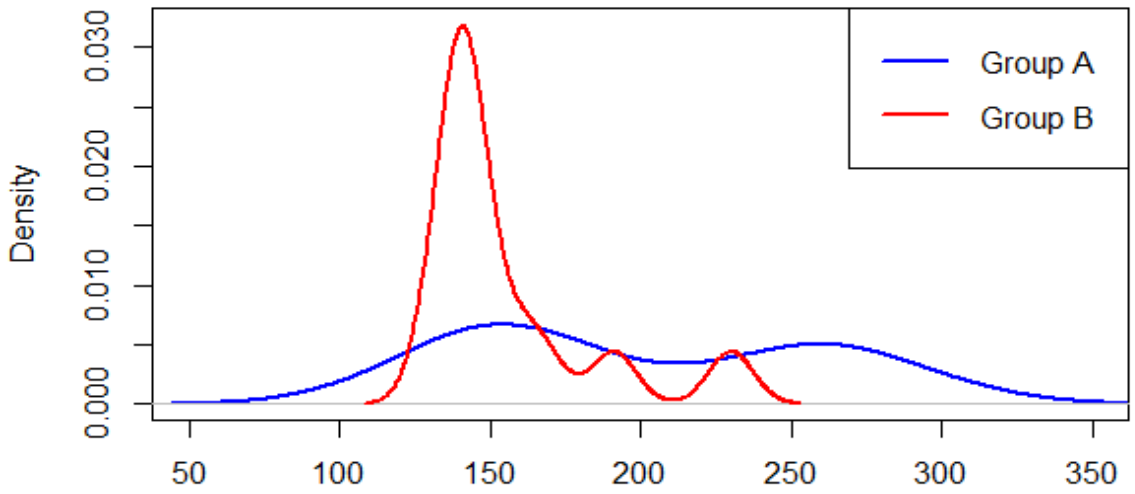
U-критерий Манна-Уитни

Способ №1:

```
> wilcox.test(rt$Mean.RT~rt$Group, alternative="greater")

 Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data:  rt$Mean.RT by rt$Group
W = 126, p-value = 0.01633
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
```

Способ №2:

```
> wilcox.test(rt[rt$Group=="A","Mean.RT."],
rt[rt$Group=="B","Mean.RT."], alternative="greater")
```

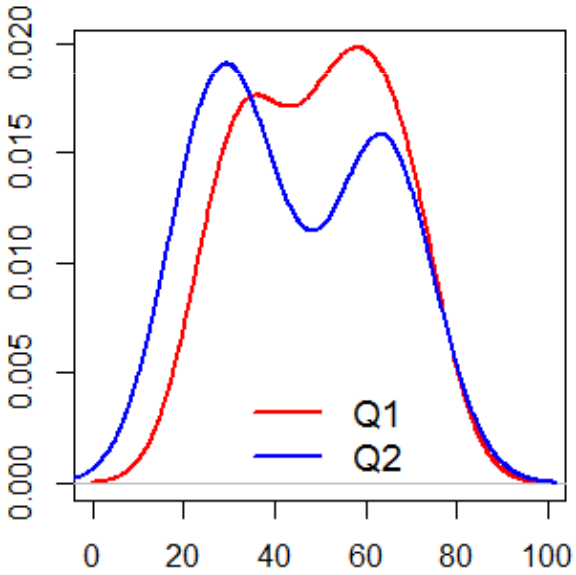


Данные: ответы студентов на вопросы теста

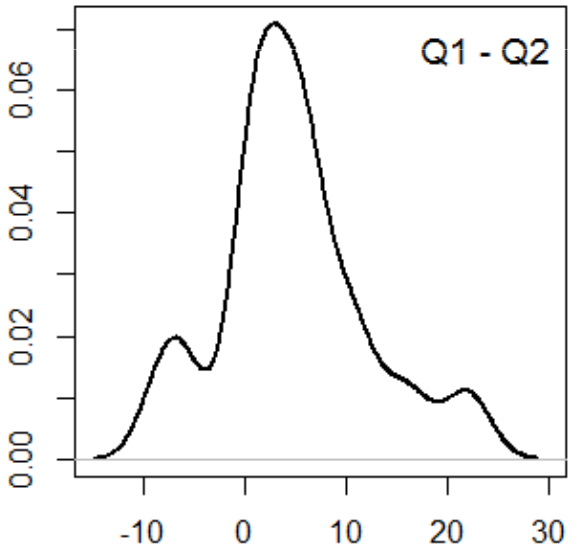
```
> test <- read.csv("StudentTest.csv")
# Student – студент, отвечающий на вопрос
# Q1, Q2 – баллы (от 0 до 100) за 1 и 2 вопросы
```

```
> head(test)
  Student Q1 Q2
1       1 78 67
2       2 24 24
3       3 64 62
4       4 55 58
5       5 74 28
6       6 52 36
```

Распределения баллов за вопросы



Распределения разницы баллов за вопросы



Предположение: студенты лучше отвечали на первый вопрос.

Вопрос №2

Сдвинуты ли выборки друг относительно друга?

	Выборки (почти) нормальные	**Выборки совсем не нормальные**
Выборки независимые	• **t-тест** – проверяет равенство средних	• **U-критерий Манна-Уитни (Критерий суммы рангов Уилкоксона)** • **Kolmogorov-Smirnov test**
Парные выборки	• **Парный t-test** – проверяет равенство разности случайных величин нулю	• **T-Критерий Вилкоксона**

T-Критерий Вилкоксона

Способ №1:

```
> wilcox.test(test$Q1, test$Q2, paired=T,
alternative="greater", exact=F)

        Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data:  test$Q1 and test$Q2
V = 114.5, p-value = 0.008503
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
```

Способ №2:

```
> wilcox.test(test$Q1-test$Q2, alternative="greater",
exact=F)
```

Предположение, что студены лучше отвечали на первый вопрос, подтвердилось на 1% уровне значимости.

Элементарная статистика: типичные вопросы

- Как распределены наблюдения в выборке?
  - является ли выборка нормальной? (ks.test, shapiro.test)
- Сравнение двух выборок:
  - из одного ли они распределения? (ks.test)
  - сдвину-ты ли они друг относительно друга? (t.test, wilcox.test, ks.test)