



# Статистические методы обработки информации. Математическая статистика



Статистической обработкой данных занимается  
Математическая статистика.

В математической статистике разрабатываются  
теории и методы *обработки информации* о  
массовых явлениях и их назначении

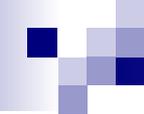
Для этого проводится *статистическое*  
*исследование*, материалом для которого являются  
статистические данные



**Статистические данные** – это сведения о числе объектов какого - либо множества, обладающих некоторым признаком

**Пример.**

Сведения о числе отличников в каждом ВУЗе,  
сведения о числе разводов на число  
вступивших в брак



На основании статистических данных можно  
делать научно – обоснованные выводы

Для этого статистические данные определенным  
образом должны быть систематизированы и  
обработаны

Математическая статистика *изучает*  
*математические методы систематизации,*  
*обработки и использования* статистических  
данных для научных и производственных целей

# Статистическое исследование

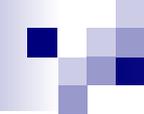
**Сплошное**

Исследуется каждый объект совокупности

**Выборочное**

Исследуется отобранные некоторым образом объекты





Основной метод обработки данных – *выборочный*  
Основа - *теория вероятности*, в которой изучаются  
математические модели реальных случайных  
явлений

Математическая статистика *связывает реальные  
случайные явления и их математические  
вероятностные модели*

Математическая статистика возникла в 17 веке  
одновременно с теорией вероятности

**Генеральная совокупность** – совокупность всех исследуемых объектов

**Выборочная совокупность (выборка)** – совокупность случайно отобранных объектов

**Случайный отбор** – это такой отбор, при котором все объекты генеральной совокупности имеют одинаковую вероятность попасть в выборку

# Выборка

```
graph TD; A[Выборка] --> B[повторная]; A --> C[бесповторная];
```

## повторная

Объект извлекается из генеральной совокупности, исследуется и возвращается в генеральную совокупность, берется следующий, исследуется и возвращается и т.д.

## бесповторная

Объект извлекается из и не возвращается, берется генеральной совокупности, исследуется следующий

**Объём выборки** – это число равное количеству объектов генеральной или выборочной совокупности

**Пример.**

Из 10000 изделий для контроля отобрали 100 изделий

Объем генеральной совокупности равен 10000, объем выборки – 100

Математическая статистика занимается *вопросом*: можно ли установив *свойство выборки*, считать, что оно присуще *всей генеральной совокупности*

Для этого выборка должна быть достаточно *представительной*, т.е. достаточно полно отражать изучаемое свойство объектов

Поэтому отбор объектов в выборку осуществляется *случайно*, а изучаемому свойству должна быть присуща *статистическая устойчивость*: при многократном повторении исследования наблюдаемые события повторяются достаточно часто (статистическая устойчивость частот)



Для статистической обработки результаты исследования объектов, составляющих выборку, представляют в виде **числовой выборки** (последовательность чисел)  $x_1, x_2, \dots, x_n$

Разность между наибольшим значением числовой выборки и наименьшим называется **размахом выборки**



Рассмотрим числовую выборку объема  $n$ , полученную при исследовании некоторой генеральной совокупности

Значение  $x_1$  встречается в выборке  $n_1$  раз

$x_2$  встречается  $n_2$  раза

.....

$x_n$  встречается  $n_n$  раз

Числа  $n_1, n_2, \dots, n_n$  называются **частотами значений**

Отношения частот к объему выборки

$$\frac{n_1}{n}, \frac{n_2}{n}, \dots, \frac{n_n}{n}$$

называются **относительными частотами значений**

$$n_1 + n_2 + \dots + n_n = n$$

$$\frac{n_1}{n} + \frac{n_2}{n} + \dots + \frac{n_n}{n} = 1$$

Если составлена таблица в первой строке значения выборки, а во второй частоты значений, то она задает **статистический ряд**, если второй строке относительные частоты значений, то такая таблица задает **выборочное распределение**

$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$x_n$
$n_1$	$n_2$	$n_3$	...	$n_n$

$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$x_n$
$n_1/n$	$n_2/n$	$n_3/n$	...	$n_n/n$

## Пример.

Для выборки определить объем, размах, найти статистический ряд и выборочное распределение:

3, 8, -1, 3, 0, 5, 3, -1, 3, 5

Объем:  $n = 10$ , размах =  $8 - (-1) = 9$

*Статистический ряд:*

$x_i$	-1	0	3	5	8
$n_i$	2	1	4	2	1

*Выборочное распределение:*

$x_i$	-1	0	3	5	8
$\frac{n_i}{n}$	0,2	0,1	0,4	0,2	0,1

(убеждаемся  $0,2 + 0,1 + 0,4 + 0,2 + 0,1 = 1$ )

# Графические изображения выборки

Если выборка задана значениями и их частотами или статистическим рядом, то строится *полигон*



## Полигон частот

## Полигон относительных частот

Это ломаная с вершинами в точках

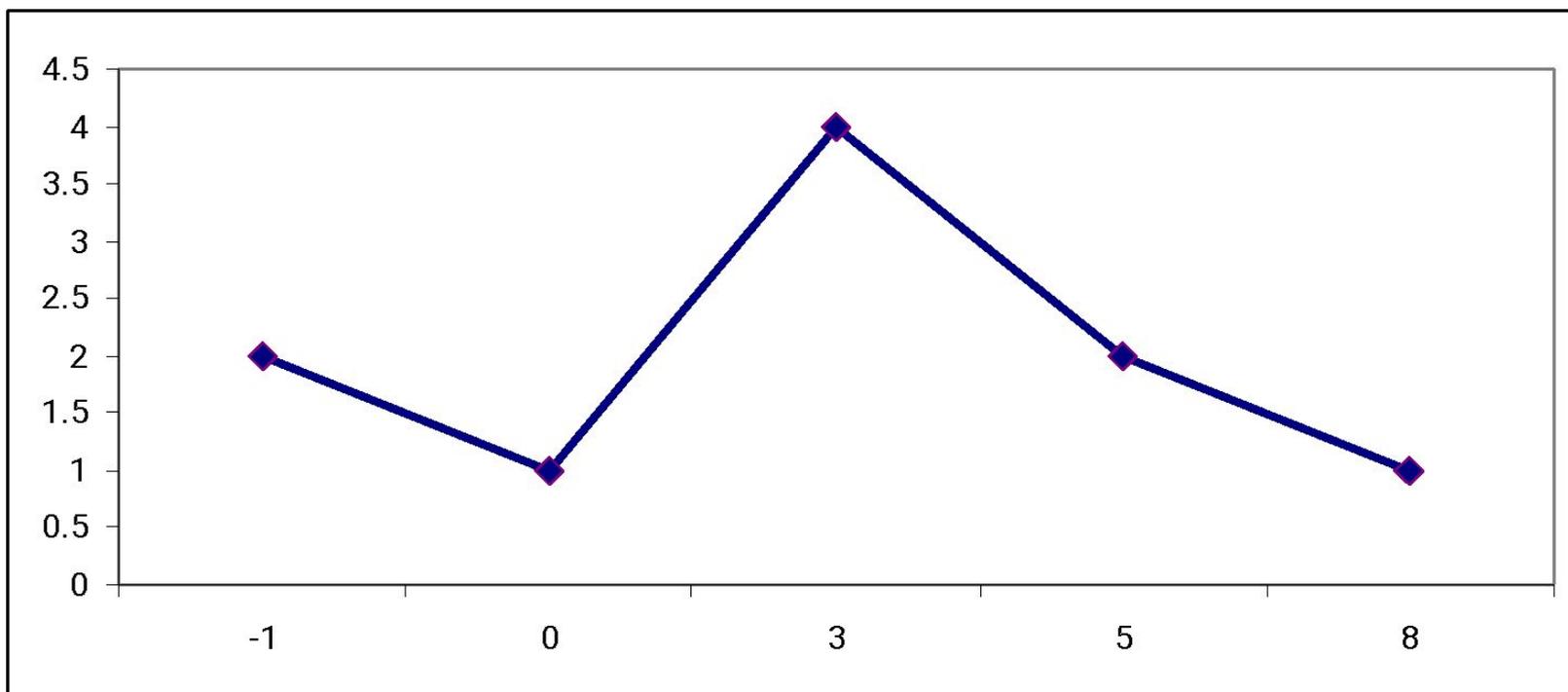
$$(x_1; n_1), (x_2; n_2), \dots, (x_n; n_n)$$

Это ломаная с вершинами в точках

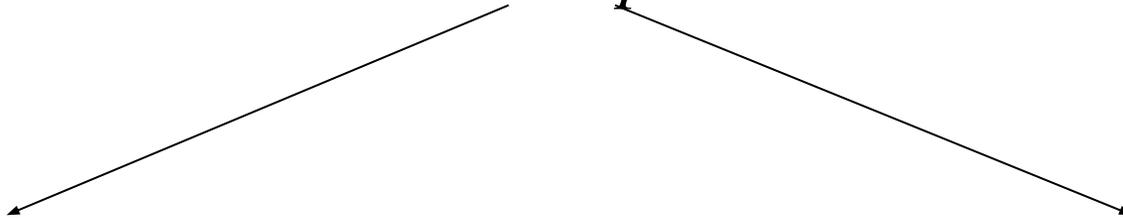
$$\left(x_1; \frac{n_1}{n}\right), \left(x_2; \frac{n_2}{n}\right), \dots, \left(x_n; \frac{n_n}{n}\right)$$



# Полигон частот



# При большом объеме выборки строится *гистограмма*



## **Гистограмма частот**

Для построения гистограммы **промежутков** от наименьшего значения выборки до наибольшего разбивают на несколько **частичных промежутков** длины  **$h$**

Для каждого частичного промежутка подсчитывают **сумму частот значений** выборки, попавших в этот промежуток ( **$S_i$** )

Значение выборки, совпавшее с **правым концом частичного промежутка** (кроме последнего промежутка), относится к следующему промежутку

Затем на каждом промежутке, как на основании, **строим прямоугольник с высотой**  $\frac{S_i}{h}$

Ступенчатая фигура, состоящая из таких прямоугольников, называется **гистограммой частот**

Площадь такой фигуры равна **объёму выборки**

**Гистограммой относительных частот** называют ступенчатую фигуру, состоящую из прямоугольников, основанием которых являются **частичные промежутки длины  $h$** , а высотой отрезки длиной

$$\frac{\omega_i}{h}$$

где  $\omega_i$  – **сумма относительных частот значений выборки**, попавших в  $i$  промежуток

Площадь такой фигуры *равна 1*

**Пример.**

В результате измерения напряжения в электросети получена выборка. Построить гистограмму частот, если число частичных промежутков равно 5

218, 224, 222, 223, 221, 220, 227, 216, 215, 220, 218,  
224, 225, 219, 220, 227, 225, 221, 223, 220, 217, 219,  
230, 222

$n = 24$

Наибольшее значение – 230

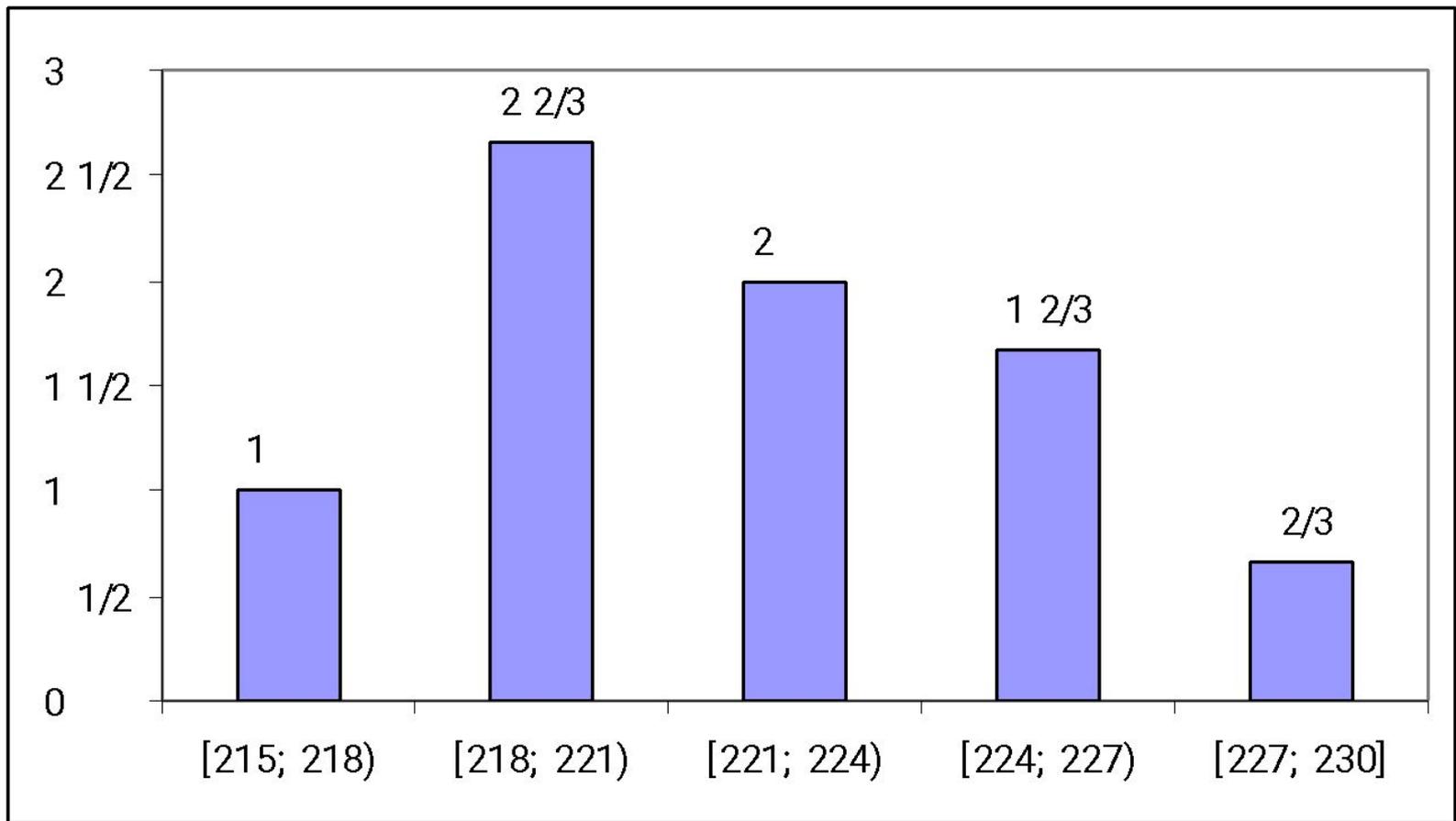
Наименьшее значение – 215

Интервал:  $230 - 215 = 15$

Длина частичных промежутков:  $h = \frac{15}{5} = 3$

Составим таблицу:

№	интервал	$S_i$	$\frac{S_i}{h}$
1	[215; 218)	3	$\frac{3}{3} = 1$
2	[218; 221)	8	$\frac{8}{3} = 2\frac{2}{3}$
3	[221; 224)	6	$\frac{6}{3} = 2$
4	[224; 227)	4	$\frac{4}{3} = 1\frac{1}{3}$
5	[227; 230]	3	$\frac{3}{3} = 1$



# Выборочные характеристики

Для выборки объема  $n$   $x_1, x_2, \dots, x_n$

## Выборочное статистическое ожидание

(выборочное среднее) – это среднее арифметическое значений выборки

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Если выборка задана статистическим рядом, то

$$\bar{x} = \frac{n_1 x_1 + n_2 x_2 + \dots + n_n x_n}{n}$$



**Выборочная дисперсия** – это среднее арифметическое квадратов отклонений значений выборки от выборочного среднего

$$S_0 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}$$

Если выборка задана статистическим рядом, то

$$S_0 = \frac{n_1(x_1 - \bar{x})^2 + n_2(x_2 - \bar{x})^2 + \dots + n_n(x_n - \bar{x})^2}{n}$$

## Несмещенная выборочная дисперсия

$$S = \frac{n}{n-1} \cdot S_0$$

Пример.

Для выборки найти  $\bar{x}$ ,  $S_0$ ,  $S$

Выборка: 4, 5, 3, 2, 1, 2, 0, 7, 7, 3

$n = 10$

$$\bar{x} = \frac{4 + 5 + 3 + 2 + 1 + 2 + 0 + 7 + 7 + 3}{10} = \frac{34}{10} = 3,4$$

$$S_0 = \frac{(4 - 3,4)^2 + (5 - 3,4)^2 + (3 - 3,4)^2 + (2 - 3,4)^2 + (1 - 3,4)^2 + (2 - 3,4)^2 + (0 - 3,4)^2 + (7 - 3,4)^2 + (7 - 3,4)^2 + (3 - 3,4)^2}{10} = \frac{50,4}{10} = 5,04$$

$$S = \frac{10}{9} \cdot 5,04 = \frac{50,4}{9} = 5,6$$

# Медиана выборки

**Медианой** выборки называют такое число, которое разделяет набор на две равные по численности части.

**Пример 1.** Возьмём какой-нибудь набор различных чисел, например 1,4,7,9,11.

Медианой в этом случае оказывается число, стоящее в точности посередине,  $m=7$ .

**Пример 2.** Рассмотрим набор 1,3,6,11. Медианой этого набора служит любое число, которое больше 3 и меньше 6. По определению в качестве медианы в таких случаях берут центр срединного интервала. В нашем случае это центр интервала (3,6). Это полусумма его концов

$$(3+6):2=4,5$$

Медианой этого набора считают число 4,5.



# Мода выборки

- Элемент выборки, который встречается чаще других в выборке называется **МОДОЙ** выборки.
- Мод в выборке может быть несколько
- Пример: Дана выборка (3; 8; 2; 2; 10; 6; 7; 7; 7; 11). Её мода – 7.

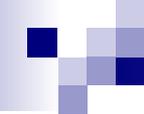
# Наибольшее и наименьшее значение. Размах

Разность между наибольшим и наименьшим значением в выборке называется *размахом* выборки.

**Пример.** Производство пшеницы в России в 2014 – 2020 гг.

Год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Производство, млн. тонн	30,1	34,9	44,3	27,0	31,0	34,5	47,0

Самый большой урожай пшеницы в эти годы был получен в 2001г. Он составил 47,0 млн. тонн. Самый маленький урожай 27,0 млн. тонн был собран в 1998г. Размах производства пшеницы в эти годы составил 20 млн. тонн. Это довольно большая величина по сравнению со средним значением производства в эти годы 35,5 млн. тонн.



# **Пакеты прикладных программ по статистическому анализу данных**



## Основные пакеты прикладных программ по статистической обработке данных

- Все программы статистической обработки данных можно разделить на профессиональные, полупрофессиональные (популярные) и специализированные.
- Программа для работы с электронными таблицами. Она предоставляет возможности экономико-статистических расчетов, графические инструменты и, язык макропрограммирования VBA (Visual Basic для приложений). **MS Excel, Calc** - это электронные таблицы с достаточно мощными математическими возможностями, где некоторые статистические функции являются просто дополнительными встроенными формулами.
- **SPSS (Statistical Package for Social Science)**. *SPSS Statistics* (аббревиатура англ. «Statistical Package for the Social Sciences» — «статистический пакет для социальных наук») — компьютерная программа для статистической обработки данных, один из лидеров рынка в области коммерческих статистических продуктов, предназначенных для проведения прикладных исследований в социальных науках.
- **STATISTICA**. *Statistica* (торговая марка — STATISTICA) — пакет для всестороннего статистического анализа, разработанный компанией StatSoft. В пакете STATISTICA реализованы процедуры для анализа данных (data analysis), управления данными (data management), добычи данных (data mining), визуализации данных (data visualization). Несложный в освоении этот статистический пакет включает большое количество методов статистического анализа (более 250 встроенных функций) объединенных специализированными статистическими модулями.

- **MATLAB** MATLAB (сокращение от англ. «Matrix Laboratory») — термин, относящийся к пакету прикладных программ для решения задач технических вычислений, а также к используемому в этом пакете языку программирования. MATLAB используют более 1 000 000 инженерных и научных работников.
- **STATGRAPHICS PLUS.** Довольно мощная статистическая программа. Содержит более 250 статистических функций, генерирует понятные, настраиваемые отчеты. Последняя доступная версия - 5.1. Ее можно получить на сайте <http://www.statgraphics.com/>.
- **SYSTAT** Статистическая система для персональных компьютеров <http://systat.com/>. Компания Systat Software также разрабатывает популярные у отечественных исследователей SigmaStat и SigmaPlot, которые являются соответственно, программой статистической обработки и программой построения диаграмм. При совместной работе становятся единым пакетом для статистической обработки и визуализации данных.
- **NCSS.** Программа развивается с 1981 года и рассчитана на непрофессионалов в области статистической обработки. Интерфейс системы многооконный и как следствие этого явления - немного непривычный в использовании. Все действия пользователя сопровождаются подсказками. Сайт <http://www.ncss.com/>.