

Типовой расчет №1  
по математической статистике.

Часть I

Ким В.Р.  
Группа М3207  
Вариант №5

**Выборка (100 элементов) :** 5.13 11.95 13.60 12.27 16.62 15.37 17.00 17.06 14.20 17.76  
16.31 14.51 12.81 13.21 12.58 11.54 15.92 14.11 11.00 15.96 14.91 15.75 15.31 13.46 15.46 14.68  
15.70 16.86 13.96 14.28 13.83 13.56 13.01 15.64 16.43 14.28 13.91 16.41 14.18 16.59 13.00 13.57  
12.10 15.82 16.37 16.29 14.13 13.66 12.95 17.08 15.73 14.02 15.63 16.58 14.85 12.50 15.16 14.94  
14.36 12.46 14.52 15.31 15.97 16.00 13.44 16.80 13.83 14.67 17.37 15.40 14.85 17.24 17.27 15.06  
13.15 15.03 14.74 15.64 16.09 13.28 17.81 17.28 18.20 14.61 13.75 14.03 14.25 14.67 14.09 14.29  
12.00 9.97 14.48 13.23 17.88 19.89 16.38 14.70 13.97 15.25

**Отсортированная:** 5.13 9.97 11.00 11.54 11.95 12.00 12.10 12.27 12.46 12.50 12.58 12.81  
12.95 13.00 13.01 13.15 13.21 13.23 13.28 13.44 13.46 13.56 13.57 13.60 13.66 13.75 13.83 13.83  
13.91 13.96 13.97 14.02 14.03 14.09 14.11 14.13 14.18 14.20 14.25 14.28 14.28 14.29 14.36 14.48  
14.51 14.52 14.61 14.67 14.67 14.68 14.70 14.74 14.85 14.85 14.91 14.94 15.03 15.06 15.16 15.25  
15.31 15.31 15.37 15.40 15.46 15.63 15.64 15.64 15.70 15.73 15.75 15.82 15.92 15.96 15.97 16.00  
16.09 16.29 16.31 16.37 16.38 16.41 16.43 16.58 16.59 16.62 16.80 16.86 17.00 17.06 17.08 17.24  
17.27 17.28 17.37 17.76 17.81 17.88 18.20 19.89

**Задача 1.** Представить выборку из  $n=100$  значений в виде вариационного ряда. Найти размах ряда  $R = X_{max} - X_{min}$

**Решение:**

$$R = 19.89 - 5.13 \approx 14.76$$

**Ответ:** 14.76

**Задача 2.** Построить интервальный статистический ряд, используя требуемое количество интервалов  $m$  (формула Стерженса) и вычислив ширину интервала  $h = R/m$

**Решение:**

Число интервалов по формуле Стерженса:  $m = \log_2(N) + 1 = 7$

Ширина интервала:  $h = R/m = 14.76/7 \approx 2.109$

Интервальный статистический ряд - это столбцы "границы интервала" и "частота" в следующем задании

**Ответ:** 7 интервалов, шириной 2.109

### Задача 3. Результаты группировки свести в таблицу:

Номер интервала $i$	Границы интервала $i$	Середина интервала $x_i$	Частота $n_i$	Отн. частота $W_i = \frac{n_i}{N}$	Накопл. частота $\sum_j^i n_i$	Накопл. отн. частота $\sum_j^i \frac{n_i}{N}$	Плотность отн. частоты $\frac{W_i}{h}$
...	...	...	...	...	...	...	...

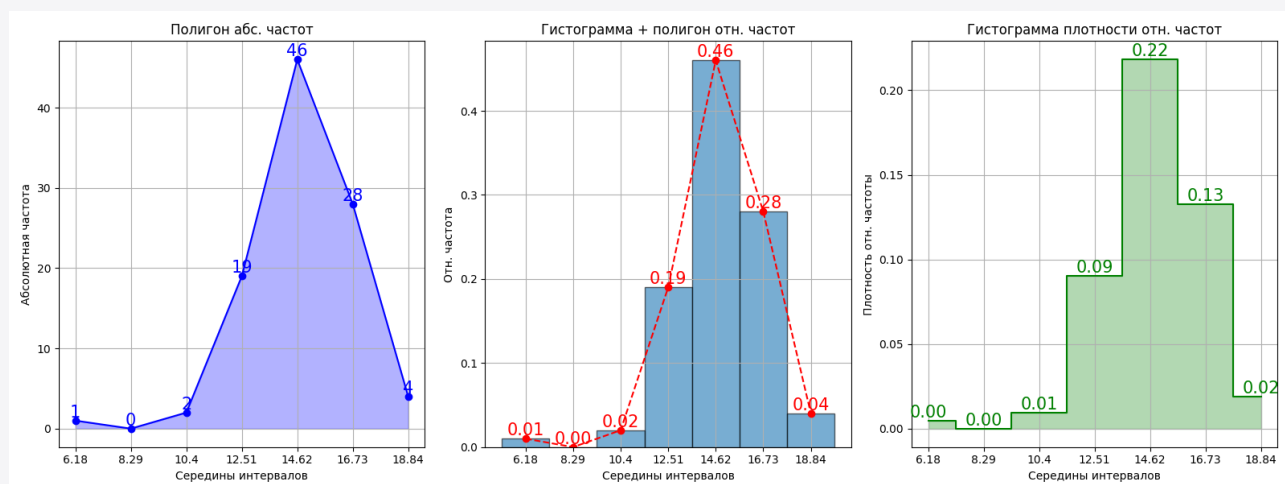
### Решение:

Номер интервала $i$	Границы интервала $i$	Середина интервала $x_i$	Частота $n_i$	Отн. частота $W_i = \frac{n_i}{N}$	Накопл. частота $\sum_j^i n_i$	Накопл. отн. частота $\sum_j^i \frac{n_i}{N}$	Плотность отн. частоты $\frac{W_i}{h}$
1	[5.13; 7.24)	6.18	1	0.01	1	0.01	0.0047
2	[7.24; 9.35)	8.29	0	0	1	0.01	0
3	[9.35; 11.46)	10.40	2	0.02	3	0.03	0.0095
4	[11.46; 13.56)	12.51	19	0.19	22	0.22	0.0901
5	[13.56; 15.67)	14.62	46	0.46	68	0.68	0.2182
6	[15.67; 17.78)	16.73	28	0.28	96	0.96	0.1328
7	[17.78; 19.89)	18.84	4	0.04	100	1	0.019

### Задача 4. По результатам группировки построить

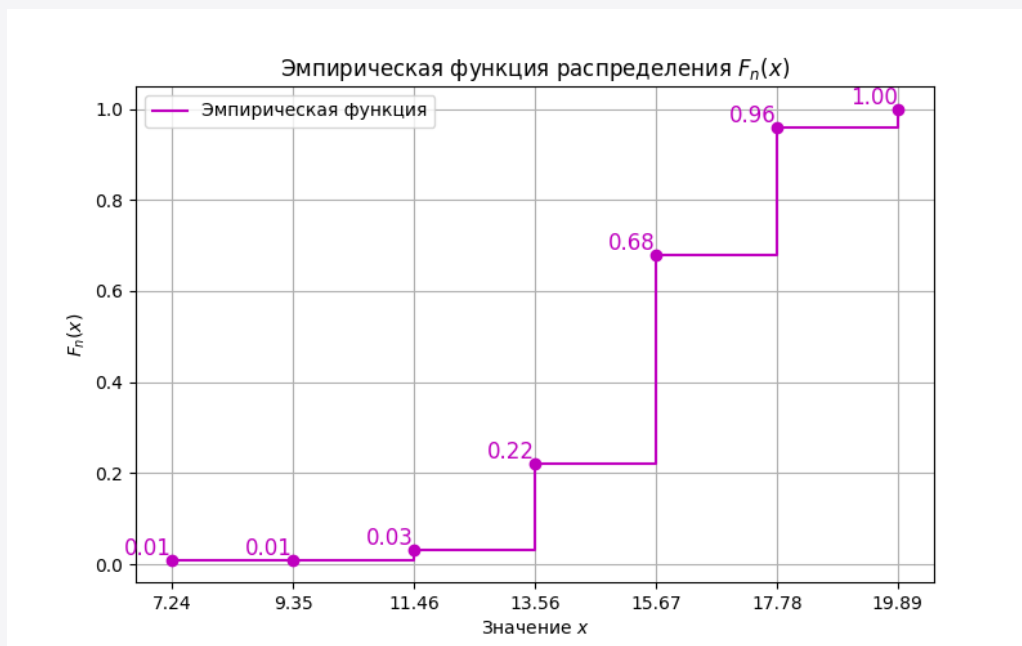
- Полигон абсолютных частот (ломаная с вершинами в точках  $(x_i; n_i)$ )
- Гистограмму относительных частот
  - и на ней полигон относительных частот, соединив отрезками прямой середины верхних сторон прямоугольников гистограммы.
- Гистограмму плотностей относительных частот (ступенчатую фигуру из прямоугольников с основаниями, равными интервалам значений признака, и высотами, равными частостям/плотностям частот интервалов)

### Решение:



**Задача 5.** Построить эмпирическую функцию распределения интервального ряда  $F_n(x)$ , то есть относительную частоту (частость) того, что признак (случайная величина  $X$ ) примет значение, меньшее заданного  $x$ , т.е.  $F_n(x) = w(X < x)$ . Для данного эмпирическая функция распределения представляет накопленную частость  $w_x^{acc} = \frac{n_x^{acc}}{n}$ . Графиком эмпирической функции распределения является кумулята накопленных относительных частот, то есть ломаная, вершины которой имеют абсциссы, совпадающие с правыми границами интервалов группировки, и ординаты, совпадающие со значениями накопленных частот для соответствующих интервалов.

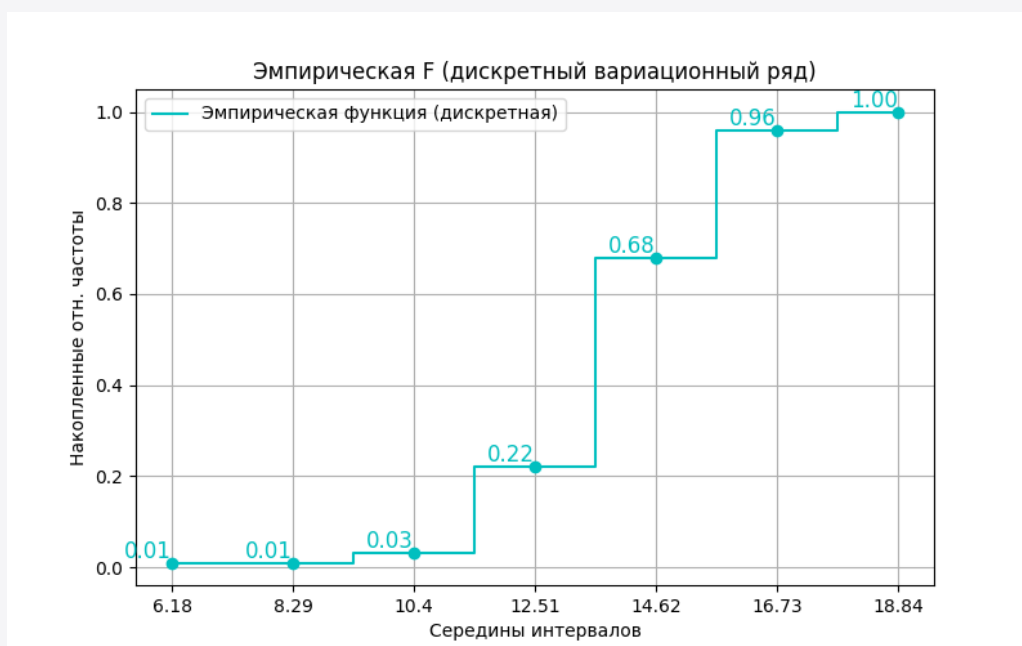
**Решение:**



**Задача 6.** Найти эмпирическую функцию распределения дискретного вариационного ряда (середины интервалов – накопленные относительные частоты). Здесь эмпирическая функция распределения представляет собой разрывную ступенчатую функцию по аналогии с функцией распределения для дискретной случайной величины с той разницей, что по оси ординат вместо вероятностей – накопленные частоты

**Решение:**

**Решение:**



**Задача 7.** Найти оценки математического ожидания (выборочное среднее), несмещенную и смещенную оценки дисперсии и среднего квадратического отклонения.

**Решение:**

Выборочное среднее

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^m x_i w_i = 14.81,$$

где  $w_i$  - это отн. частота  $i$

Смещенная оценка дисперсии

$$s^2 = \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 w_i = 3.84$$

Несмещенная оценка дисперсии

$$\hat{s}^2 = \frac{n}{n-1} s^2 = 3.88$$

Среднеквадратичное отклонение =

$$s = \sqrt{s^2} = 1.97$$

**Ответ:**

**Задача 8.** Найти медиану вариационного ряда  $\hat{M}_e$  (значение признака, приходящегося на середину вариационного ряда). Для интервального вариационного ряда медиана находится с помощью линейного интерполирования медианного интервала ряда или с помощью кумуляты накопленных частот, как значение признака, для которого накопленная частота равна 0.5

**Решение:**

Для вариационного ряда с  $n = 100$ , значение посередине равно среднему между значениями под номерами 50 и 51:

$$\hat{M}_e = (14.68 + 14.7)/2 = 14.69$$

Решение для интервального вариационного ряда:

$$n/2 = 100/2 = 50.$$

Медианным интервалом  $[L_m, U_m]$  является интервал, в котором лежит накопленная частота, равная либо наименьшая превышающая 50, то есть, интервал  $[13.56; 15.67)$  с частотой  $f_m = 46$

Кумулятивная частота  $F_{m-1}$  интервала предшествующего медианному равна 19 Ширина интервалов  $h$  равна 2.109

$$\hat{M}_e = L_m + \frac{h(\frac{n}{2} - F_{m-1})}{f_m}$$
$$\hat{M}_e = 13.56 + \frac{2.109(50 - 19)}{46} \approx 14.98$$

**Ответ:** 14.98

**Задача 9.** Найти моду вариационного ряда  $\hat{M}_o$  (вариант, которому соответствует наибольшая частота). Для интервального ряда значение моды определяется с помощью линейного интерполирования модального интервала

**Решение:**

Для вариационного ряда: максимальная частота в выборке равна 2, ее имеют элементы 13.83, 14.28, 14.67, 14.85, 15.31, 15.64.

Решение для интервального вариационного ряда:

модальный интервал  $[L_m; U_m]$  (или интервал с наибольшей частотой) -  $[13.56; 15.67)$ .

Его частота  $f_m$  равна 46.

Частота интервала до него  $f_{m-1}$  равна 19, после ( $f_{m+1}$ ) - 28 (из задачи №3).

Ширина интервалов  $h$  равна 2.109

Тогда по методу линейного интерполирования модального интервала, мода  $\hat{M}_e$  вычисляется по формуле:

$$\hat{M}_o = L_m + \frac{h(f_m - f_{m-1})}{2(f_m - f_{m-1}) + (f_m - f_{m+1})},$$

$$\hat{M}_o = 13.56 + \frac{2.109(46 - 19)}{2(46 - 19) + (46 - 28)} \approx 14.35$$

**Ответ:** 14.35

**Задача 10.** Вычислить коэффициент асимметрии вариационного ряда

$$\tilde{A} = \frac{\tilde{\mu}_3}{s^3},$$

$$\tilde{\mu}_k = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^k n_i}{n},$$

где  $m$  - число неповторяющихся вариантов или число интервалов

**Решение:**

$$s = 1.97, s^3 = 1.97^3 \approx 7.65$$

$$\bar{x} = 14.81 \text{ (из задания 7)}$$

Вычислим третий момент:

$$\begin{aligned} \tilde{\mu}_3 &= \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^3 n_i}{n} = \frac{(-642.71 \cdot 1 - 85.76 \cdot 2 - 12.17 \cdot 19 - 0.01 \cdot 46 + 7.08 \cdot 28 + 65.46 \cdot 4)}{100} \\ &\approx \frac{-585.84}{100} \approx -5.86 \end{aligned}$$

$\hat{\mu}_3 < 0$  говорит о левосторонней асимметрии.

Теперь считаем коэффициент асимметрии:

$$\tilde{A} = \frac{\tilde{\mu}_3}{s^3} = \frac{-5.86}{7.65} \approx -0.77$$

**Ответ:** -0.77

**Задача 11.** Вычислить коэффициент эксцесса вариационного ряда

$$\tilde{E} = \frac{\tilde{\mu}_4}{s^4} - 3$$

**Решение:**

$$s = 1.97, s^4 = 1.97^4 \approx 15.06$$

$$\bar{x} = 14.81 \text{ (из задания 7)}$$

Вычислим четвертый момент:

$$\tilde{\mu}_4 = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^4 n_i}{n} = \frac{(5547 \cdot 1378 \cdot 228 \cdot 1914 \cdot 28264 \cdot 4)}{100}$$

$$\approx \frac{8270.23}{100} \approx 82.7$$

$\hat{\mu}_4 > 0$  говорит о сосредоточенности значений вокруг среднего (заостренная вершина графика по сравнению с нормальным распределением).

Теперь считаем коэффициент эксцесса:

$$\tilde{A} = \frac{\tilde{\mu}_4}{s^4} = \frac{82.7}{15.06} \approx 5.49$$

**Ответ:** 5.49