

## Корреляционный и регрессионный анализ.

Существуют две категории связей между признаками:

- 1) **Функциональные** - каждому значению одной переменной величины соответствует одно вполне определенное значение другой переменной (высота столба ртути соответствует определённой температуре);
- 2) **Корреляционные** - (статистические) - численному значению одной переменной соответствует много значений другой переменной (одному росту соответствует множество значений веса).

Если есть результаты наблюдения, то первый шаг в анализе процесса состоит в построении различного рода графиков, с помощью которых можно было бы исследовать его основные характеристики. Наиболее простую иллюстрацию парных наблюдений даёт график (диаграмма) рассеяния.

Графики дают первую наглядную информацию о наличии связи между переменными величинами. Поэтому возникает потребность в количественном измерении корреляции. Одним из способов является вычисление коэффициента корреляции.

**Коэффициент корреляции-это число, показывающее степень зависимости одной переменной величины от другой.**

**Свойства коэффициента корреляции:**

1.  $r$  - число; лежащее в интервале от  $-1$  до  $+1$  ( $-1 \leq r \leq 1$ ).
2. если  $r = \pm 1$ , то точки лежат на одной прямой, следовательно, зависимость между  $x$  и  $y$  – функциональная
3. если ( $0 < r < 0.5$ )- то зависимость между переменными слабая.
4. если ( $0.5 \leq r < 0.7$ )- то зависимость между переменными средняя
5. если  $r \geq 0.7$  существует **сильная** линейная зависимость между переменными.

**Рассчитывают коэффициент корреляции по формуле:**

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Коэффициент корреляции указывает лишь на степень связи в вариации двух переменных величин, т.е. даёт меру тесноты этой связи, но не даёт возможность судить о том, как количественно меняется одна величина по мере изменения другой. На этот вопрос позволяет ответить другой метод определения связи между вариационными признаками - метод регрессии.

Зависимость между биологическими признаками может быть самой разнообразной. В большем числе случаев эмпирические регрессии выражаются простыми уравнениями линейной регрессии:

$$y = ax + b$$

Формулы для вычисления коэффициентов **a** и **b**:

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x_i \cdot \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

### Задача:

В анализах крови определяли: X-содержание гемоглобина(%), Y-оседание эритроцитов крови за 2 часа(мм). Построить график рассеяния. Найти уравнение регрессии. Найти коэффициент корреляции.

|          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <b>X</b> | 77 | 80 | 82 | 79 | 84 | 75 | 82 | 79 | 87 | 87 | 87 | 90 | 97 | 96 | 92 |
| <b>Y</b> | 32 | 33 | 33 | 34 | 34 | 34 | 34 | 35 | 36 | 37 | 37 | 38 | 40 | 40 | 40 |

|            | $x_i$ | $y_i$ | $x_i - x_{cp}$ | $y_i - y_{cp}$ | $(x_i - x_{cp}) \cdot (y_i - y_{cp})$ | $(x_i - x_{cp})^2$ | $(y_i - y_{cp})^2$ | $x_i^2$ | $x_i \cdot y_i$ |
|------------|-------|-------|----------------|----------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------|---------|-----------------|
|            | 77    | 32    | -7,9           | -3,8           | 62,9                                  | 14,44              | 30,14              | 5929    | 2464            |
|            | 80    | 33    | -4,9           | -2,8           | 24,3                                  | 7,84               | 13,81              | 6400    | 2640            |
|            | 82    | 33    | -2,9           | -2,8           | 8,6                                   | 7,84               | 8,21               | 6724    | 2706            |
|            | 79    | 34    | -5,9           | -1,8           | 35,2                                  | 3,24               | 10,68              | 6241    | 2686            |
|            | 84    | 34    | -0,9           | -1,8           | 0,9                                   | 3,24               | 1,68               | 7056    | 2856            |
|            | 75    | 34    | -9,9           | -1,8           | 98,7                                  | 3,24               | 17,88              | 5625    | 2550            |
|            | 82    | 34    | -2,9           | -1,8           | 8,6                                   | 3,24               | 5,28               | 6724    | 2788            |
|            | 79    | 35    | -5,9           | -0,8           | 35,2                                  | 0,64               | 4,74               | 6241    | 2765            |
|            | 87    | 36    | 2,1            | 0,2            | 4,3                                   | 0,04               | 0,41               | 7569    | 3132            |
|            | 87    | 37    | 2,1            | 1,2            | 4,3                                   | 1,44               | 2,48               | 7569    | 3219            |
|            | 87    | 37    | 2,1            | 1,2            | 4,3                                   | 1,44               | 2,48               | 7569    | 3219            |
|            | 90    | 38    | 5,1            | 2,2            | 25,7                                  | 4,84               | 11,14              | 8100    | 3420            |
|            | 97    | 40    | 12,1           | 4,2            | 145,6                                 | 17,64              | 50,68              | 9409    | 3880            |
|            | 96    | 40    | 11,1           | 4,2            | 122,5                                 | 17,64              | 46,48              | 9216    | 3840            |
|            | 92    | 40    | 7,1            | 4,2            | 49,9                                  | 17,64              | 29,68              | 8464    | 3680            |
| $\Sigma =$ | 1274  | 537   |                |                | 630,9                                 | 104,4              | 235,8              | 108836  | 45845           |
| $\bar{X}$  | 84,9  | 36    |                |                |                                       |                    |                    |         |                 |

### Ход решения задачи:

1. Находят средние значения первой и второй переменной ( $\bar{X}_i$  и  $\bar{Y}_i$ ).
2. Находят разность между каждым значением случайной величины и средним значением для переменной X и Y ( $X_i - X_{cp}$  и  $Y_i - Y_{cp}$ ).
3. Находят произведение полученных разностей  $(X_i - X_{cp}) \cdot (Y_i - Y_{cp})$  для каждого значения случайной величины X и Y.
4. Возводят в квадрат полученные разности  $(X_i - X_{cp})^2$  и  $(Y_i - Y_{cp})^2$
5. Суммируют значения полученных квадратов разностей и получают суммы:  $\sum (X_i - X_{cp})^2$ ,  $\sum (Y_i - Y_{cp})^2$  и  $\sum (X_i - X_{cp}) \cdot (Y_i - Y_{cp})$
6. Подставляют полученные суммы в формулу коэффициента корреляции и рассчитывают его значение.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{235}{\sqrt{631 \cdot 104}} = 0.92$$

7. Делают вывод:  $R=0,92$  – зависимость сильная, прямопропорциональная.

8. Для построения линии регрессии рассчитывают коэффициенты  $a$  и  $b$ .

Для этого находят суммы:  $\sum X_i^2$  и  $\sum X_i \cdot Y_i$ .

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad b = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x_i \cdot \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$a = \frac{15 \cdot 45845 - 1274 \cdot 537}{15 \cdot 108836 - 1274^2} = 0.37 \quad b = \frac{537 \cdot 108836 - 1274 \cdot 45845}{15 \cdot 108836 - 1274^2} = 4.06$$

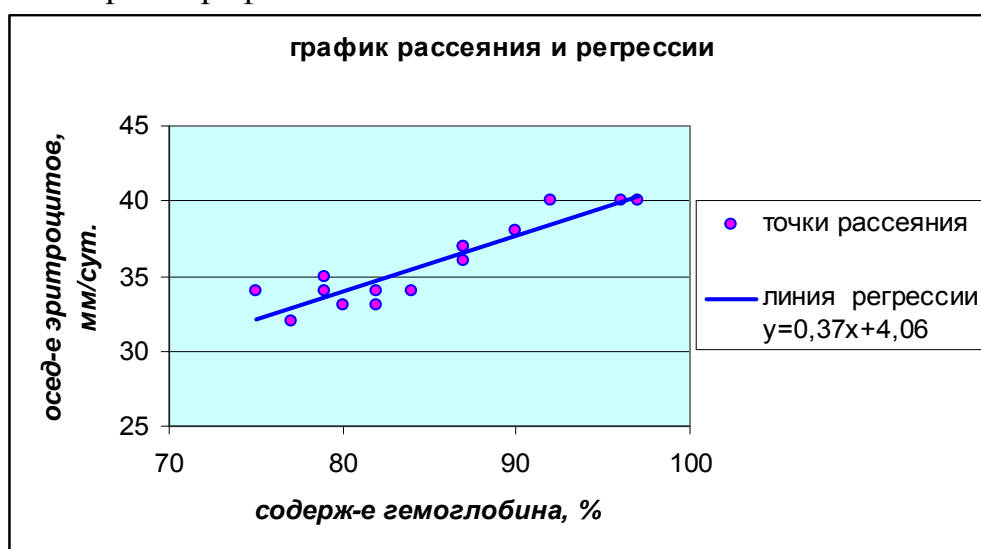
9. Строят уравнение регрессии:  $y=ax+b$

$$Y=0,37x+4,06$$

$$X_1=77 \quad Y_1=32.55$$

$$X_2=90 \quad Y_2=37.36$$

10. Строят график:



### Ранговая корреляция.

Из непараметрических показателей связи наиболее широкое применение нашел коэффициент корреляции рангов.

Для вычисления обычного коэффициента корреляции необходимо, чтобы исходные данные были выражены достаточно точно. Однако это далеко не всегда возможно. Существуют такие количественные признаки, которые с трудом поддаются точной оценке. Кроме того, распределение одного или обоих коррелирующих признаков может быть очень неравномерным или неправильным. Эти трудности можно обойти, если применить оценку вариант по каждому признаку порядковыми номерами от меньших значений к большим (или наоборот). Порядковый номер по каждому признаку является его рангом. Отсюда название этого метода - определение коэффициента ранговой корреляции.

Формула для его вычисления:  $r = 1 - \frac{6 \sum (x_i - y_i)^2}{n(n^2 - 1)}$

$X_i$  и  $Y_i$  -ранги по первому и второму признаку;

**n**- число пар коррелирующих величин.

**Задача:**

Имеются данные о суточной потребности в белках у восьмилетних девочек. Определить коэффициент корреляции рангов между весом девочек (X) и суточной потребностью у них в белках (Y).

|              |           |           |           |           |           |           |           |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>X(кг)</b> | <b>20</b> | <b>22</b> | <b>23</b> | <b>25</b> | <b>26</b> | <b>27</b> | <b>28</b> |
| <b>Y(г)</b>  | 62        | 66        | 62        | 75        | 75        | 78        | 82        |

**Решение:** Используют формулу коэффициента ранговой корреляции :

$$r = 1 - \frac{6 \sum (x_i - y_i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

Для решения задачи составляют таблицу:

| Ранг<br><b>X<sub>i</sub></b> | Вес<br>(в порядке<br>возрастания) | Вес       | потр<br>в<br>белка<br><b>x</b> | потр в<br>белках<br>(в порядке<br>возрастания) | Ранг<br><b>Y<sub>i</sub></b> | <b>X<sub>i</sub>-Y<sub>i</sub></b> | <b>(X<sub>i</sub>-Y<sub>i</sub>)<sup>2</sup></b> |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------|--------------------------------|--|------------------------------|------------------------------------|--|
| 1                            | 20                                | <b>20</b> | <b>62</b>                      | 62   | 1,5                          | -0,5                               | 0,25   |
| 2                            | 22                                | <b>22</b> | <b>66</b>                      | 62   | 1,5                          | -1                                 | 1  |
| 3                            | 23                                | <b>23</b> | <b>62</b>                      | 66   | 3                            | 1,5                                | 2,25   |
| 4                            | 25                                | <b>25</b> | <b>75</b>                      | 75   | 4,5                          | -0,5                               | 0,25   |
| 5                            | 26                                | <b>26</b> | <b>75</b>                      | 75   | 4,5                          | 0,5                                | 0,25   |
| 6                            | 27                                | <b>27</b> | <b>78</b>                      | 78   | 6                            | 0                                  | 0  |
| 7                            | 28                                | <b>28</b> | <b>82</b>                      | 82   | 7                            | 0                                  | 0  |
|                              |                                   |           |                                |  |                              |                                    | <b>∑ =4</b>                                      |

**Ход решения задачи:**

1. Выстраивают данные задачи в порядке возрастания.
2. Ранжируют полученные ряды (нумеруют) \*.
3. Находят разность рангов для каждой пары чисел.
4. Возводят в квадрат полученную разность рангов.
5. Находят сумму квадратов разности рангов.
6. Находят коэффициент корреляции рангов по формуле:

$$r = 1 - \frac{6 \sum (x_i - y_i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

$$R = 1 - 6 \cdot 4 / 7(7^2 - 1) = 1 - 0,07 = 0,93$$

**Вывод:** **R = 0,93** – связь между весом девочек и суточной потребностью белка сильная, прямопропорциональная.

## Примечание:

### Правила ранжирования

1. Меньшему значению начисляется меньший ранг.  
Наименьшему значению начисляется ранг 1.  
Наибольшему значению начисляется ранг, соответствующий количеству ранжируемых значений. Например, если  $n=7$ , то наибольшее значение получит ранг 7, за возможным исключением для тех случаев, которые предусмотрены правилом 2.
2. В случае, если несколько значений равны, им начисляется ранг, представляющий собой среднее значение из тех рангов, которые они получили бы, если бы не были равны.
3. Общая сумма рангов должна совпадать с расчётной, определяемой по формуле:

$$\sum(R_i) = \frac{N*(N+1)}{2} \quad \text{где } N\text{-общее количество наблюдений.}$$

### Задачи для самостоятельного решения.

1. Имеются следующие результаты тестирования (в баллах) 10-ти студентов. Первый тест проверяет память (x), второй способность к логическому мышлению(y). Построить график рассеяния. Найти коэффициент корреляции между X и Y. Найти уравнение регрессии.

|   |   |   |   |    |   |   |    |   |   |   |
|---|---|---|---|----|---|---|----|---|---|---|
| X | 5 | 8 | 7 | 10 | 4 | 7 | 9  | 6 | 8 | 6 |
| Y | 7 | 9 | 6 | 9  | 6 | 7 | 10 | 7 | 6 | 8 |

2. В анализах крови определяли: X-содержание гемоглобина(%), Y-оседание крови за 24 часа(мм). Построить график рассеяния. Найти уравнение регрессии. Найти коэффициент корреляции.

|   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| X | 77 | 80 | 82 | 79 | 84 | 75 | 82 | 79 | 87 | 87 | 87 | 90 | 97 | 96 | 92 |
| Y | 32 | 33 | 33 | 34 | 34 | 34 | 34 | 35 | 36 | 37 | 37 | 38 | 40 | 40 | 40 |

3. В анализах крови определяли: X-число эритроцитов (в миллионах), Y-содержание гемоглобина (в %). Построить график рассеяния. Найти уравнение регрессии. Найти коэффициент корреляции.

|   |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| X | 3,46 | 3,32 | 3,11 | 3,28 | 3,66 | 3,90 | 4,33 | 3,8 | 3,82 | 3,81 | 4,20 | 4,47 | 3,71 |
| Y | 77   | 80   | 82   | 79   | 84   | 75   | 82   | 79  | 87   | 87   | 87   | 90   | 97   |

4. Определить коэффициент корреляции между весом обезьян и содержанием гемоглобина в крови. Построить график рассеяния. Найти уравнение регрессии.

|           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| X(кг) вес | 18 | 17 | 19 | 18 | 19 | 22 | 21 | 20 | 30 |
| Y(%) Hb   | 70 | 74 | 72 | 80 | 77 | 80 | 89 | 76 | 86 |

5. Определить коэффициент корреляции между весом обезьян и содержанием кальция (мг%) в сыворотке крови. Построить график рассеяния. Найти уравнение регрессии.

|                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>X(кг)вес</b>      | 18   | 17   | 19   | 18   | 19   | 22   | 21   | 20   | 30   | 18   | 23   | 25   |
| <b>Y(мг%)<br/>Са</b> | 13,6 | 14,7 | 13,1 | 11,6 | 11,9 | 12,2 | 12,7 | 11,5 | 14,5 | 11,6 | 12,9 | 13,5 |

6. При облучении фермента гамма лучами наблюдается падение его активности. Найти коэффициент корреляции между дозой облучения и активностью фермента. Построить график рассеяния. Найти уравнение регрессии.

|                      |     |    |     |      |      |      |      |
|----------------------|-----|----|-----|------|------|------|------|
| <b>X(доза)</b>       | 0   | 3  | 7,5 | 15   | 30   | 45   | 60   |
| <b>Y(активность)</b> | 100 | 83 | 77  | 39,9 | 21,8 | 10,7 | 4,43 |

7. Определить коэффициент корреляции между температурой внешней среды X и количеством потребляемого крысами кислорода Y в (мл/г) веса крыс. Построить график рассеяния и найти уравнение регрессии

|          |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>X</b> | 0   | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  |
| <b>Y</b> | 3,8 | 3,4 | 2,6 | 2,0 | 1,7 | 1,4 | 1,3 |

8. На белых крысах была показана следующая зависимость между температурой внешней среды-X (в град.) и количеством поглощенного кислорода-Y (в мл/г веса). Определить коэффициент корреляции. Построить график рассеяния и найти уравнение регрессии

|          |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>X</b> | 0    | 5    | 10  | 15   | 20   | 25   | 28   | 29   | 30   | 31   | 32   | 33   | 34   |
| <b>Y</b> | 3,83 | 3,35 | 2,6 | 2,02 | 1,69 | 1,42 | 1,39 | 1,38 | 1,29 | 1,39 | 1,39 | 1,45 | 1,65 |

9. Найти коэффициент корреляции между весом (Xi) и содержанием холестерина (Yi) в крови у больных, перенесших инфаркт миокарда. Построить график рассеяния и найти уравнение регрессии.

|          |     |     |     |     |     |     |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>X</b> | 147 | 194 | 166 | 149 | 186 | 231 |
| <b>Y</b> | 209 | 258 | 296 | 254 | 311 | 325 |

10. Найти коэффициент корреляции между весом (X) и содержанием холестерина (Y) в крови у больных страдающих стенокардией. Построить график рассеяния и найти уравнение регрессии.

|          |     |     |     |     |     |     |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>X</b> | 172 | 139 | 174 | 164 | 173 | 135 |
| <b>Y</b> | 230 | 255 | 178 | 299 | 185 | 134 |

11. Для установления связи между содержанием фосфора в почве -X и содержанием фосфора в злаковых растениях-Y было проведено 9 анализов со следующими результатами:

|          |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| <b>X</b> | 1  | 4  | 5  | 9  | 13 | 11 | 23 | 23 | 28  |
| <b>Y</b> | 64 | 71 | 54 | 81 | 93 | 76 | 77 | 95 | 109 |

Найти коэффициент корреляции. Построить график рассеяния. Построить линию регрессии.

12. Имеются данные о влиянии толщины угольного пласта (X) на заболеваемость шахтеров гипертонической болезнью (Y). Найти коэффициент корреляции. Построить график рассеяния. Построить линию регрессии.

|      |     |     |     |     |     |     |      |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| X(м) | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6  |
| Y    | 3,5 | 4,2 | 5,6 | 6,3 | 7,4 | 8,9 | 10,0 |

13. Найти ранговый коэффициент корреляции между средним суточным содержанием йода (мг) в воде и пище и увеличением щитовидной железы населения (на 10000 человек).

|                    |     |     |     |     |     |    |     |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| Кол-во йода в воде | 201 | 178 | 155 | 154 | 126 | 81 | 71  |
| Кол-во заболеваний | 0,2 | 0,6 | 1,1 | 0,8 | 2,5 | 3  | 2,4 |

14. Определить коэффициент корреляции рангов между величиной pH (x) и количеством выделившегося желудочного сока (мл/час) у эзофаготомированной собаки (y).

|   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| X | 3  | 4  | 5  | 3  | 4  | 5  | 3  | 1  | 4  | 6  |
| Y | 40 | 52 | 57 | 42 | 39 | 51 | 56 | 37 | 43 | 63 |

15. Вычислить коэффициент корреляции рангов между абсолютным количеством лейкоцитов (X) и моноцитов (Y) в крови здоровых людей.

|   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X | 6,8  | 9,1  | 9,6  | 10,1 | 10,5 | 13,0 | 17,1 | 19,1 | 22,7 |
| Y | 0,52 | 1,09 | 0,67 | 2,83 | 1,37 | 1,95 | 4,1  | 3,82 | 1,59 |

16. Вычислить коэффициент корреляции рангов между среднесуточной температурой воздуха и помесечными показателями заболеваемости инфарктом миокарда.

|   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T | -7.6 | -7.7 | -7.1 | -5.8 | -4.1 | -1.0 | 6    | 9    | 13.0 | 14.9 | 15.6 | 18.8 |
| X | 1.23 | 1.4  | 1.6  | 1.14 | 1.13 | 1.33 | 1.22 | 1.06 | 1.12 | 1.02 | 0.82 | 0.91 |

17. Вычислить коэффициент корреляции рангов между количеством эритроцитов (X) и гликолитическим индексом (Y).

|   |     |      |      |      |     |      |      |     |      |
|---|-----|------|------|------|-----|------|------|-----|------|
| X | 2,9 | 2,27 | 1,98 | 1,81 | 1,8 | 1,38 | 1,27 | 1,2 | 0,83 |
| Y | 7,2 | 6,6  | 13,4 | 7,4  | 5,8 | 6,4  | 2,8  | 5,0 | 2,8  |

18. Вычислить коэффициент корреляции рангов между заболеваемостью населения дизентерией (X) и средней численностью мух (Y).

|   |    |    |      |    |     |    |    |      |      |      |
|---|----|----|------|----|-----|----|----|------|------|------|
| X | 88 | 77 | 60,4 | 67 | 117 | 60 | 67 | 68,2 | 59,8 | 31,8 |
| Y | 17 | 30 | 22   | 7  | 15  | 5  | 2  | 1,3  | 1,3  | 0,7  |

19. Вычислить коэффициент корреляции рангов между заболеваемостью населения дизентерией(X) и средней температурой летнего сезона (Z).

|          |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>X</b> | 88   | 77 | 60,4 | 67   | 117  | 60   | 67   | 68,2 | 59,8 | 31,8 |
| <b>Z</b> | 14,3 | 15 | 14,6 | 13,2 | 15,4 | 15,0 | 14,1 | 15,2 | 15,7 | 14,6 |

20. Определить путем исчисления коэффициента корреляции рангов размер и характер связи между насыщением крови кислородом (X) и объемом одного эритроцита (Y) у больных силикозом.

|          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>X</b> | 94,3 | 94,0 | 93,8 | 93,0 | 92,5 | 92,0 | 92,0 | 92,0 | 91,3 | 91,0 | 90,8 |
| <b>Y</b> | 78   | 90   | 108  | 114  | 130  | 118  | 130  | 140  | 140  | 138  | 144  |

21. Определить коэффициент корреляции между количеством кальция в воде (X) и ее жесткостью (Y), дать ему оценку. Построить график рассеяния и найти уравнение регрессии.

|                   |    |    |    |     |     |     |
|-------------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| <b>X (мг/л)</b>   | 28 | 56 | 77 | 191 | 241 | 262 |
| <b>Y(градусы)</b> | 4  | 8  | 11 | 27  | 34  | 37  |

22. Имеется зависимость между поражённостью населения кариесом зубов X(%) и содержанием фтора в питьевой воде Y (мг). Вычислить коэффициент корреляции рангов.

|          |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| <b>X</b> | 94,7 | 88,3 | 93,1 | 95,1 | 93,3 | 97,6 | 92,8 | 94  | 97,5 | 94,5 | 90,4 | 94,2 |
| <b>Y</b> | 0,15 | 0,6  | 0,15 | 0,25 | 0,15 | 0,35 | 0,3  | 0,2 | 0,2  | 0,1  | 0,25 | 0,1  |

23. Изучалась зависимость между массой тела и содержанием гемоглобина в крови павианов- гамадрилов. Вычислить коэффициент корреляции рангов.

|                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <b>Масса (кг)</b>     | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 25 |
| <b>Содерж. Нв (%)</b> | 70 | 74 | 78 | 72 | 77 | 76 | 88 | 80 | 77 | 86 |

24. Получены следующие данные о весе ( г) левой камеры сердца и длине ядер (мк) в мышцах сердца:

|                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Вес</b>        | 207  | 221  | 256  | 262  | 273  | 289  | 291  | 292  | 304  | 328  | 372  | 397  | 460  |
| <b>Длина ядер</b> | 16,6 | 18,0 | 15,9 | 20,7 | 19,4 | 19,8 | 11,7 | 21,0 | 23,0 | 13,6 | 19,6 | 22,9 | 19,4 |

Ввиду резко асимметричного распределения вариант по ряду применить для установления связи коэффициент ранговой корреляции.

25. Используя данные о систолическом давлении у женщин различных возрастов, определить коэффициент ранговой корреляции.

|                            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Возраст</b>             | 71  | 33  | 31  | 55  | 63  | 49  | 58  | 38  | 36  | 64  | 45  | 42  | 68  |
| <b>Давление (мм рт ст)</b> | 173 | 118 | 125 | 155 | 153 | 161 | 148 | 142 | 110 | 142 | 128 | 136 | 160 |

26. Определить коэффициент корреляции (ранговой) между количеством заболеваний безжелтушным лептоспирозом (водной лихорадкой) и количеством осадков в определенной местности.

|                           |    |     |     |    |    |     |     |    |    |     |
|---------------------------|----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|----|-----|
| <b>Кол-во заболеваний</b> | 0  | 19  | 4   | 1  | 2  | 68  | 131 | 14 | 11 | 2   |
| <b>Кол-во осадков</b>     | 54 | 101 | 185 | 85 | 30 | 128 | 143 | 74 | 28 | 132 |