

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)

Кафедра «Управление качеством»

СЕМЬ ПРОСТЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ.

ДИАГРАММА РАЗБРОСА

Методические указания к практической работе по дисциплине

«Управлении качеством»

Ростов-на-Дону  
2018

УДК 311:658.62.018

Составители: В.П. Димитров,  
С.М.Харахашян,  
Е.М.Зубрилина.

Семь простых статистических методов. Диаграмма разброса: Методические указания к практической работе по дисциплине «Статистические методы в управлении качеством»/ Ростов-на-Дону, Издательский центр ДГТУ, 2018, 7 с.

Методические указания предназначены для проведения практических работ по дисциплинам «Управление качеством» и «Статистические методы контроля и управления качеством» со студентами специальности 27.03.02, и других специальностей.

УДК 311:658.62.018

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Управление качеством» д-р техн.  
наук, профессор В.П. Димитров

© Донской государственный  
технический университет, 2018

## ВВЕДЕНИЕ

*Цель* работы состоит в приобретении навыков использования диаграммы разброса при решении задач управления качеством.

**Диаграмма разброса** (рассеивания) – инструмент, позволяющий определить вид и тесноту связи между парами соответствующих факторов.

Диаграмма рассеивания дает возможность выдвинуть гипотезу о наличии или отсутствии корреляционной связи между двумя случайными величинами, например: показателем качества и влияющим на нее фактором; двумя различными показателями качества; двумя факторам, влияющими на качество.

### 1 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ЭТАПОВ ПОСТРОЕНИЯ И АНАЛИЗА ДИАГРАММЫ РАЗБРОСА

1.1 Сбор парных данных ( $X$ ,  $Y$ ), между которыми исследуется зависимость. Желательно наличие не менее 30 пар данных.

1.2 Нанесение каждой пары данных на координатную плоскость  $OXY$  точкой с координатами ( $X$ ,  $Y$ ). Если в разных наблюдениях получаются одинаковые значения, покажите эти точки, например, рисуя концентрические кружки.

1.3 Нанесение всех необходимых обозначений: название диаграммы, интервал времени, число пар данных, названия и единицы измерения для каждой оси, данные о составителе диаграммы.

1.4 Анализ диаграммы. Чем сильнее связь между величинами, тем теснее будут группироваться точки вокруг определенной линии, выражающей форму связи.

На рис. 1 показан пример прямой (положительной) связи (при увеличении  $X$  значения  $Y$  увеличиваются), а на рис. 2 – обратной (отрицательной) связи (при увеличении  $X$  значения  $Y$  уменьшаются). В этих случаях управляя величиной  $X$  можно получать требуемое значение  $Y$ .

На рис. 1а и 2а точки расположены более тесно к гипотетической прямой линии, чем на рис. 1б и 2б, поэтому можно говорить о более сильной связи.

На рис. 3 показан пример, когда никакой выраженной зависимости между  $X$  и  $Y$  не наблюдается. В этом случае необходимо продолжить поиск факторов, влияющих на  $Y$ , исключив из этого поиска фактор  $X$ .

Между параметрами  $X$  и  $Y$  возможны также случаи нелинейной зависимости (рис. 4). В этом случае диаграмму разброса можно разделить на участки, имеющие прямолинейный характер, и исследовать каждый участок в отдельности.

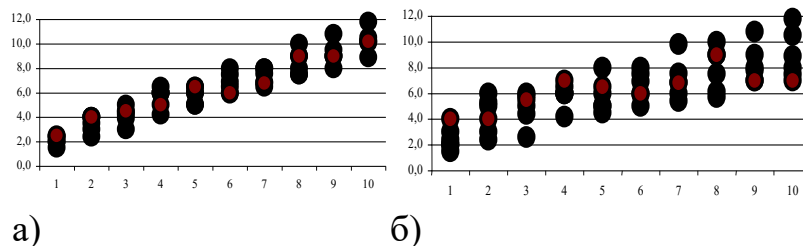


Рисунок 1 – Прямо пропорциональная связь (положительная)

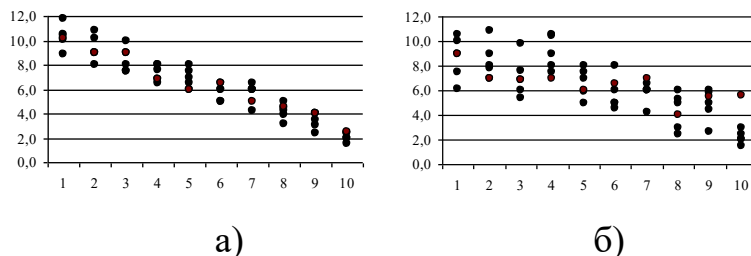


Рисунок 2 – Обратно пропорциональная связь (отрицательная)

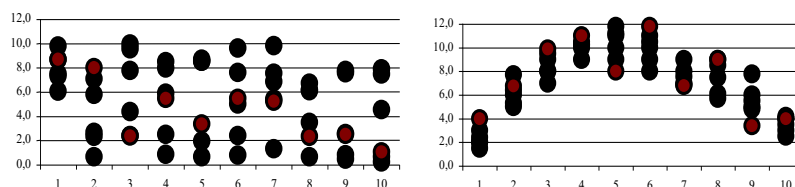


Рисунок 3 – Связь отсутствует

Рисунок 4 – Связь нелинейная

Количественная оценка силы связи между исследуемыми факторами определяется посредством коэффициента корреляции  $r$  по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{n \cdot \sigma_X \cdot \sigma_Y} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}}, \quad (1)$$

где  $n$  – число пар значений исследуемых факторов;  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$ ,  $\sigma_X$ ,  $\sigma_Y$  – средние значения и среднеквадратические отклонения.

Если  $r = \pm 1$ , можно предположить наличие корреляционной зависимости близкой к функциональной.

Если  $r = 0$ , можно предположить, что линейная корреляционная связь отсутствует, либо связь существенно нелинейная.

Чем ближе коэффициент корреляции к единице, тем теснее зависимость между параметрами. Принято считать, что:

при  $r \approx 0,3$  – слабая связь, при  $r = 0,3 - 0,7$  – средняя связь,

при  $r \approx 0,7$  – сильная связь, при  $r \geq 0,9$  – весьма сильная связь.

Для оценки значимости  $r$  при малом объеме выборки ( $n \leq 30$ ) используется  $z$ -преобразование Фишера. Статистика  $z$  определяется по формуле:

$$z = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right), \quad (2)$$

Область принятия гипотезы о нулевой корреляции имеет вид:

$$-z_{\alpha/2} \leq \frac{\sqrt{n-3}}{2} \ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right) < z_{\alpha/2}, \quad (3)$$

где  $z$  – стандартная, нормально распределенная случайная величина (таблица 1). Если расчетное значение окажется вне этого интервала, то это будет признаком наличия статистической корреляции с уровнем значимости  $\alpha$ .

Таблица 1 – Значения  $z$

$\alpha$	0,05	0,02	0,01	0,1
$z_{\alpha/2}$	1,96	2,32	2,58	1,64

## 2 МОДЕЛЬНЫЙ ПРИМЕР

Рассмотрим статистические данные для двух факторов  $X$  и  $Y$ , приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Данные к примеру

$Y$	9	9	9	9	8	8	9	8	8	8	7	7	7	7	5
$X$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

*Задание.* Построить диаграмму разброса; рассчитать выборочный коэффициент корреляции и проверить его значимость при  $\alpha = 0,05$ .

*Решение.* По данным таблицы 2 строится диаграмма разброса (рис. 5). На диаграмме видно, что связь между исследуемыми факторами обратно пропорциональная, т. е. с увеличением  $X$  значения  $Y$  уменьшаются.

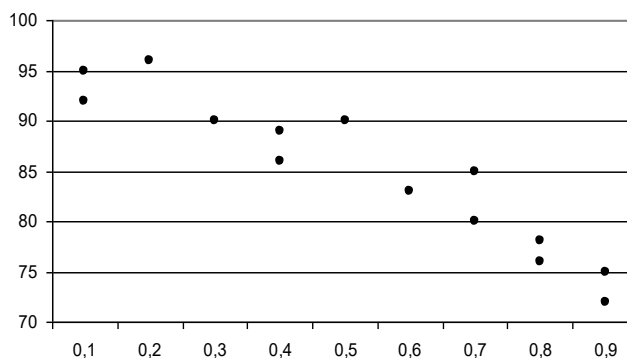


Рисунок 5 – Диаграмма разброса для примера

Рассчитанное значение коэффициента корреляции  $r = -0,945$  говорит о наличии достаточно сильной обратно пропорциональной зависимости между данными факторами.

Проверка значимости коэффициента корреляции проведена с помощью  $z$ -преобразования Фишера. Расчеты показали, что  $z_{\text{расч.}} = 5,87 > z_{\alpha/2} = 1,96$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ . Таким образом, нет оснований сомневаться в наличии связи между исследуемыми факторами.

### 3 ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

По данным таблицы 3 построить диаграмму разброса. Определить значение коэффициента корреляции. Оценить его значимость при различных уровнях значимости.

Таблица 3 – Исходные данные

№ варианта	Параметры	Значения	$\alpha$
1	Y	4,1; 3,4; 3,3; 3,0; 4,7; 4,6; 3,0; 4,6; 4,6; 3,6; 3,5; 4,0; 3,6; 3,1; 3,3; 4,5; 2,8; 3,7; 3,8; 3,9	0,05
	X	3,4; 3,1; 3,0; 2,8; 3,7; 3,5; 2,9; 3,7; 3,5; 3,2; 3,0; 3,5; 3,3; 3,1; 3,3; 3,9; 2,9; 3,2; 3,4; 3,4	0,01
2	Y	66; 59; 86; 87; 80; 31; 64; 45; 24; 31; 31; 71; 52; 66; 66; 17; 24; 24; 31; 31; 43; 38; 51; 38; 38; 38; 24; 30; 38; 10; 16; 21; 17; 24; 31; 3; 8; 6; 14	0,01
	X	3; 3; 5; 5; 7; 7; 9; 9; 9; 9; 11; 11; 11; 11; 11; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 15; 15; 15; 17; 17; 17; 17; 17; 17; 19; 19; 19; 21	0,02
3	Y	66; 59; 86; 87; 80; 31; 64; 45; 24; 31; 31; 71; 52; 66; 66; 17; 24; 24; 31; 31; 43; 38; 51; 38; 38; 38; 24; 30; 38; 10; 16; 21; 17; 24; 31; 3; 8; 6; 14	0,05
	X	3; 3; 3; 5; 7; 7; 9; 9; 9; 9; 9; 11; 11; 11; 11; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 15; 15; 15; 15; 15; 17; 17; 17; 17; 17; 19; 21; 21; 21	0,01
4	Y	98; 90; 56; 78; 45; 76; 65; 67; 65; 45; 45; 70; 54; 45; 50; 34; 2; 28; 32; 12; 23; 23; 21; 8; 4; 16; 12; 4; 6; 9	0,01
	X	3; 3; 3; 5; 5; 5; 5; 7; 7; 7; 11; 11; 11; 13; 13; 13; 15; 15; 15; 17; 17; 17; 19; 19; 19; 21; 21; 21; 23; 23; 23	0,02
5	Y	98; 90; 56; 78; 45; 76; 65; 67; 65; 45; 45; 70; 54; 45; 50; 34; 25; 28; 32; 12; 23; 23; 21; 8; 4; 16; 12; 4; 6; 9	0,1
	X	3; 3; 3; 5; 5; 5; 5; 7; 7; 7; 11; 11; 11; 13; 13; 13; 15; 15; 15; 17; 17; 17; 19; 19; 19; 21; 21; 21; 23; 23; 23	0,01
6	Y	6; 12; 4; 24; 17; 16; 23; 14; 26; 34; 25; 28; 32; 12; 23; 53; 48; 60; 58; 76; 67; 58; 69 ;78; 78; 76; 71; 67;87; 80	0,01
	X	3; 3; 3; 5; 5; 5; 5; 7; 7; 7; 11; 11; 11; 13; 13; 13; 15; 15; 15; 17; 17; 17; 19; 19; 19; 21; 21; 21; 23; 23; 23	0,02

---

Подписано в печать 30.08.2018  
Объем 0,75 усл. п.л., Офсет. Формат 60×84/16.  
Бумага тип №3. Заказ №      Тираж 50 экз. Цена свободная

---

Издательский центр ДГТУ  
Адрес университета и полиграфического предприятия: