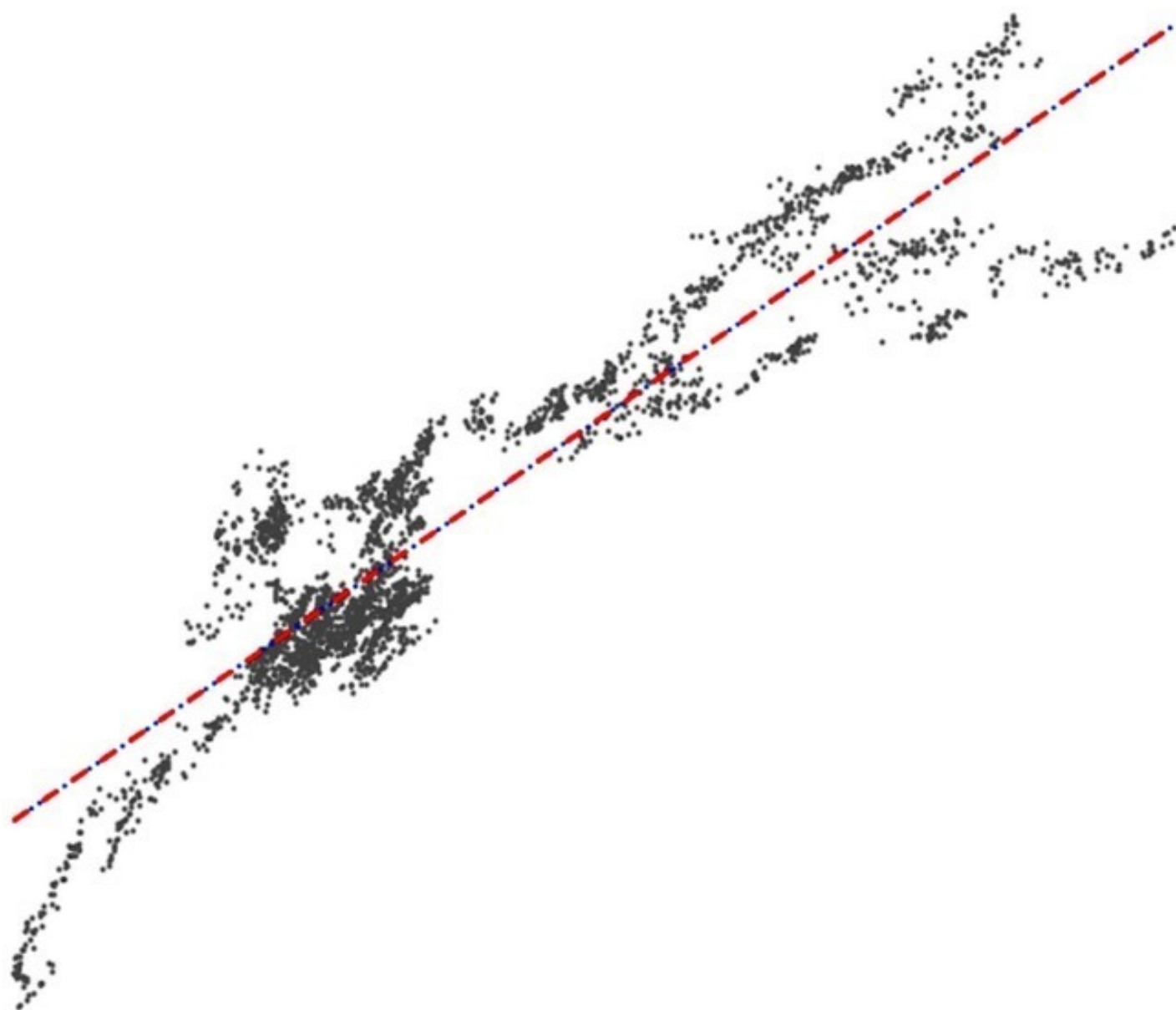


Валентин Юльевич Арьков
Статистический анализ
взаимосвязи

Учебное пособие



Валентин Арьков

**Статистический анализ
взаимосвязи. Учебное пособие**

«Издательские решения»

Арьков В. Ю.

Статистический анализ взаимосвязи. Учебное пособие /
В. Ю. Арьков — «Издательские решения»,

ISBN 978-5-00-504525-6

Рассматриваются такие инструменты статистического анализа взаимосвязи, как корреляционный и регрессионный анализ. Техника работы в электронных таблицах изучается на примере смоделированных данных. Затем полученные навыки применяются к анализу реальных данных по ценам в интернет-магазине и биржевым котировкам.

ISBN 978-5-00-504525-6

© Арьков В. Ю.
© Издательские решения

Содержание

Предисловие	6
Введение	7
Общие сведения	8
Варианты задания	10
Зарисовка линейной функции	12
Зарисовка нелинейной функции	14
Исходные данные	17
Диаграмма разброса	20
Корреляционный анализ	24
Надстройка	25
Функция CORREL / КОРРЕЛ	27
Формулы	28
Конец ознакомительного фрагмента.	29

Статистический анализ взаимосвязи

Учебное пособие

Валентин Юльевич Арьков

© Валентин Юльевич Арьков, 2020

ISBN 978-5-0050-4525-6

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

Предисловие

Предлагаемое учебное пособие позволяет освоить базовые методы исследования взаимосвязей в пакете Microsoft Excel. Все действия описаны подробно, шаг за шагом, с примерами и комментариями. Попутно можно улучшить навыки работы в Excel, что само по себе уже полезно как элемент современной компьютерной грамотности.

Данное учебное пособие представляет собой второй выпуск серии «Бизнес-аналитика и статистика в Excel». При выполнении работы советуем использовать знания и навыки, полученные при изучении первого выпуска под названием «Анализ распределения в Excel». Рекомендуем изучать материал последовательно – и в рамках данной работы, и в рамках данной серии.

Мы будем использовать простые условные обозначения и названия:

- **жирный шрифт** – названия функций и пунктов меню;
- **ЗАГЛАВНЫЕ БУКВЫ** – выделение основных терминов и ключевых данных;
- **КНОПКИ** – кнопки на экране компьютера;
- **КЛАВИШИ** – клавиши на клавиатуре компьютера.

В тексте описана работа в текущей англоязычной версии Microsoft Excel из пакета Microsoft Office 365. Далее будем называть этот программный продукт просто Excel. При указании функций и пунктов меню мы будем давать оба варианта – на английском и на русском языке. На рисунках будем давать примеры англоязычного интерфейса.

Введение

Взаимосвязи между явлениями бывают самые разные. В данном выпуске мы будем рассматривать самый популярный вид взаимосвязи между случайными величинами, когда текущее значение одной случайной величины **Y** В СРЕДНЕМ определяется значением другой случайной величины **X**. Вокруг этого предсказуемого среднего имеется случайный непредсказуемый разброс. Лучше всего, если этот разброс постоянного размаха, то есть «сигма» разброса не меняется. Это так называемая **КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ**.

Эта две случайные величины называют по-разному:

X – факторный признак, фактор, независимая переменная, independent variable;

Y – результативный признак, результат, зависимая переменная, dependent variable.

На графике «иксы» откладывают по горизонтальной оси, а «игреки» – по вертикальной. В математике принято откладывать аргумент функции по оси **X**, а значение функции – по оси **Y**. В данном случае мы поступаем точно так же. Это намекает, что **Y** зависит от **X**. Например, люди высокого роста в среднем весят больше. Поэтому рост можно будет обозначить через **X**, а вес – через **Y**.

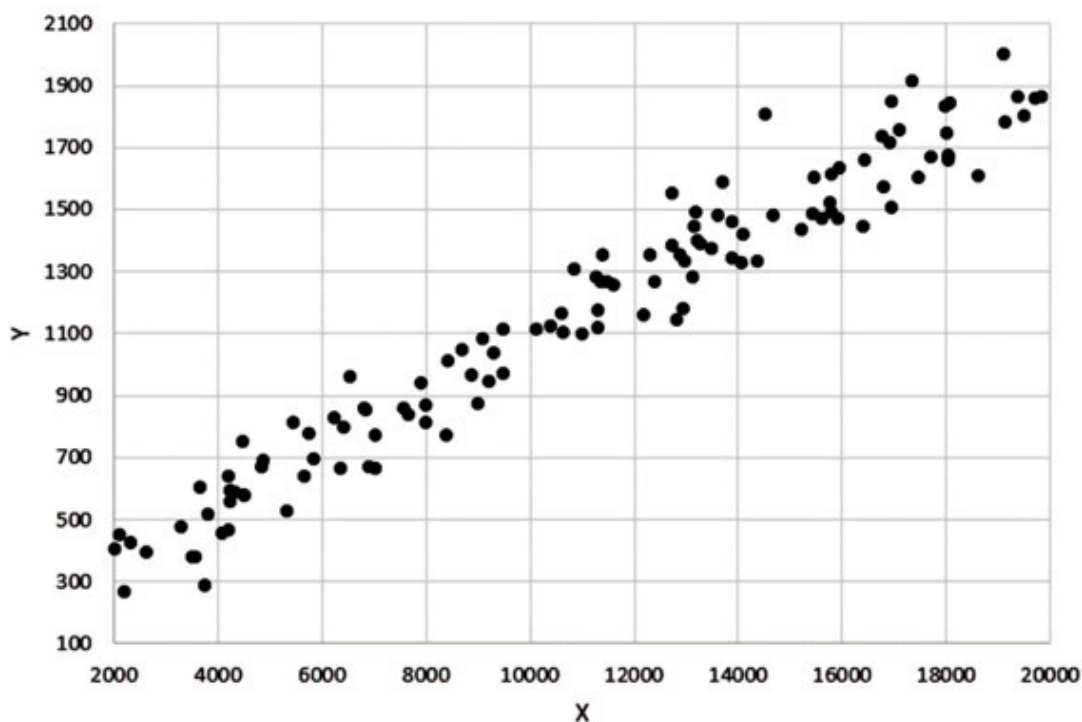
Корреляционная зависимость изучается с помощью методов **КОРРЕЛЯЦИОННОГО И РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА**. Кроме того, здесь мы снова проведём **СВОДКУ И ГРУППИРОВКУ ДАННЫХ**, но не для изучения распределения, а для анализа взаимосвязи.

Отчёт о работе оформляется по общим правилам, которые мы уже описали в первом выпуске серии и которые (как мы надеемся) уже удалось освоить в процессе выполнения заданий. Поэтому повторять рекомендации не будем, а сразу займёмся делом.

Общие сведения

В данной работе мы будем исследовать взаимосвязь между случайными величинами статистическими методами.

Мы познакомимся с одним из самых известных видов взаимосвязи под названием **КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ**, или просто **КОРРЕЛЯЦИЯ**. Можно сказать, что это «зависимость в среднем». Пример показан на рисунке ниже.



Корреляционная зависимость

На нашем рисунке видно, что с увеличением «икса» В СРЕДНЕМ увеличивается «игрек». Можно сказать, что здесь просматривается линия и разброс точек вокруг этой воображаемой линии. В этом случае говорят, что между «иксом» и «игреком» есть **КОРРЕЛЯЦИЯ**, или корреляционная зависимость, или корреляционная взаимосвязь.

Изображение того, как разбросаны точки по графику, называют по-разному:

- корреляционное поле;
- поле корреляции;
- диаграмма разброса;
- диаграмма рассеяния;
- «точечная диаграмма»;
- scatter plot.

Далее мы будем использовать название **ДИАГРАММА РАЗБРОСА**.

Корреляционная зависимость встречается в жизни. Вот некоторые примеры такой зависимости «в среднем»:

- рост и вес человека;
- площадь квартиры и её цена;
- уровень доходов и продолжительность жизни;
- доходы и расходы домашнего хозяйства;

- длина поездки и расход бензина;
- посещаемость занятий и оценка на экзамене.

Если рассматривать картину в целом, то здесь будет какая-то общая тенденция (прямая или кривая линия), а в каждом конкретном случае к ней добавляется случайный разброс, непредсказуемость, погрешность. По реальным данным можно оценить наличие (силу, степень, тесноту) взаимосвязи и даже построить уравнение такой зависимости. Такое уравнение даст нам только ориентир, среднюю картину и позволит делать приблизительные прогнозы.

Мы будем строить модель в виде одного уравнения, в котором есть один факторный признак и один результативный. Такая модель называется ПАРНАЯ РЕГРЕССИЯ. Это означает, что у нас рассматривается ПАРА случайных величин, то есть в уравнении участвуют ДВЕ переменные.

Как и в предыдущей работе, вначале мы смоделируем исходные данные и познакомимся со статистическими методами. Затем мы возьмём реальные данные и применим к ним эти изученные технологии. Моделирование даёт идеальные, «красивые» данные, по которым можно начать обучение. Реальные данные всегда «угловатые», «шершавые», «некрасивые», неидеальные. Но это жизнь, и именно с реальными данными приходится иметь дело исследователям, инженерам, программистам, экономистам.

Модели описывают реальную жизнь очень приблизительно, но даже такое приближённое описание может быть полезно при решении реальных задач на производстве и в бизнесе. Слово ПРИБЛИЖЁННОЕ указывает, что есть некоторая погрешность и что наша модель, наше уравнение ПРИБЛИЖАЕТСЯ к реальной жизни. То есть близко, но не точно. И это уже лучше, чем полная неизвестность и неопределённость. А полной, абсолютной точности никогда не бывает. Даже на рынке можно поторговаться, и цена изменится, причём у разных покупателей получится по-разному. Так что, выходя из дома за покупками, человек только очень приблизительно может оценить предстоящие расходы.

Варианты задания

Варианты заданий представлены в таблице ниже. Здесь мы используем следующие условные обозначения.

X – факторный признак, или фактор, или независимая переменная. Мы моделируем **X** как случайную величину с РАВНОМЕРНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ в указанном диапазоне.

E – случайная составляющая. Будем моделировать **E** как случайную величину со СТАНДАРТНЫМ НОРМАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ, то есть с нулевым средним и единичной дисперсией.

Y – результативный признак, или результат, или зависимая переменная. При моделировании мы вычисляем **Y** по формуле, в которой участвуют фактор **X** и случайность **E**. Коэффициент при случайной составляющей определяет её СИГМУ (стандартное отклонение) и, соответственно, разброс вокруг среднего.

n – объём выборки. Это количество изучаемых объектов (статистических единиц), например, людей, квартир или жёстких дисков. У каждого объекта будут свои значения **X** и **Y**. Например, у каждого человека будет своя пара значений: роста и вес. Можно сказать, что в нашем случае объём выборки – это число строк в таблице с данными, или число записей в базе данных, или КОЛИЧЕСТВО ПАР случайных чисел **{X, Y}**. Для каждого объекта будет своя пара чисел **X** и **Y**. В нашей работе объём выборки равен **200** для всех вариантов.

Оформление отчёта подробно описано в предыдущем выпуске серии. Создадим новую рабочую книгу. Сохраним отчёт в файле с коротким информативным названием. Сделаем титульный лист отчёта и заготовку оглавления.

В данной работе мы будем вначале рассматривать линейную функцию, а затем нелинейную. Соответственно, у нас имеется две таблицы с вариантами заданий.

Выберем свой вариант задания и опишем его на новом листе отчёта.

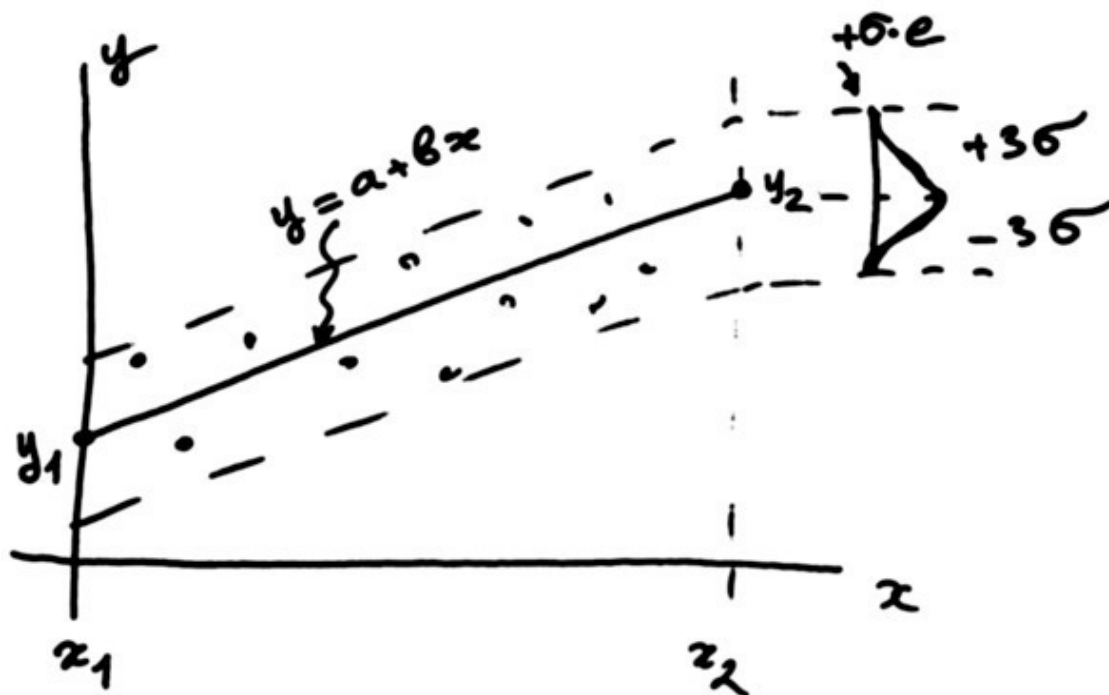
Варианты заданий. Линейные функции

Вариант	X	Y
0	1000 ... 2000	$y = 1400 + 0,65 \cdot x + 50 \cdot e$
1	1000 ... 3000	$y = 1000 + 0,55 \cdot x + 60 \cdot e$
2	2000 ... 5000	$y = 2000 + 0,25 \cdot x + 40 \cdot e$
3	1000 ... 4000	$y = 1700 + 0,45 \cdot x + 150 \cdot e$
4	2000 ... 4000	$y = 3500 + 1,55 x + 250 \cdot e$
5	2000 ... 3000	$y = 500 + 1,25 \cdot x + 100 \cdot e$
6	3000 ... 5000	$y = 2700 + 1,35 \cdot x + 250 \cdot e$
7	3000 ... 4000	$y = 3100 + 0,15 x + 10 \cdot e$
8	2000 ... 4000	$y = 1100 + 1,15 \cdot x + 200 \cdot e$
9	1000 ... 5000	$y = 950 + 1,65 \cdot x + 550 \cdot e$
10	4000 ... 6000	$y = 750 + 0,45 \cdot x + 100 \cdot e$

Зарисовка линейной функции

Вначале надо представить себе, что представляют собой наши данные, как будет выглядеть график. Для этого сделаем зарисовку на бумаге – как в предыдущей работе.

Нам предстоит изобразить расположение нашей линии и форму диаграммы разброса – в самых общих чертах.



Зарисовка диаграммы разброса

Изобразим оси координат и займём нужное место на листе бумаги.

Масштаб на графике необязательно должен начинаться от нуля. Главное, чтобы диаграмма разброса занимала всё поле графика. Метки на осях – «красивые», круглые числа.

В нулевом варианте задания **X** изменяется в пределах от **1000** до **2000**. По оси «икс» указываем крайние значения **1000** и **2000** в начале и конце оси.

Теперь оценим диапазон значений **Y**. Берём формулу для **Y**, пока без учёта случайности **E**:

$$Y = 1400 + 0,065 \cdot X$$

Подставляем крайние значения **X**:

$$Y(1000) = 1400 + 0,065 \cdot 1000 = 2050$$

$$Y(2000) = 1400 + 0,065 \cdot 2000 = 2700$$

Выбираем масштаб по оси «игрек» от **2000** до **3000**.

Получаем 2 точки, через них проводим прямую линию.

Добавим разброс вокруг линии. Для этого используем ПРАВИЛО ТРЁХ СИГМ: почти все значения случайной величины находятся в диапазоне «среднее плюс-минус три сигмы». Когда мы строим разброс вокруг линии, в роли среднего значения будет точка на линии.

В нулевом варианте случайный разброс равен **50 · E**. Случайная составляющая **E** имеет единичную дисперсию. Сигма **E** тоже будет равна единице, потому что сигма – это квадратный корень из дисперсии. Если умножить случайную величину **E** на **50**, то её сигма тоже увеличится в **50** раз. Стало быть, сигма равна **50**, а три сигмы равно

$$3 \cdot 50 = 150.$$

Вокруг первой и последней точек на графике строим разброс «плюс-минус три сигмы».

$$2050 - 150 = 1900$$

$$2050 + 150 = 2200$$

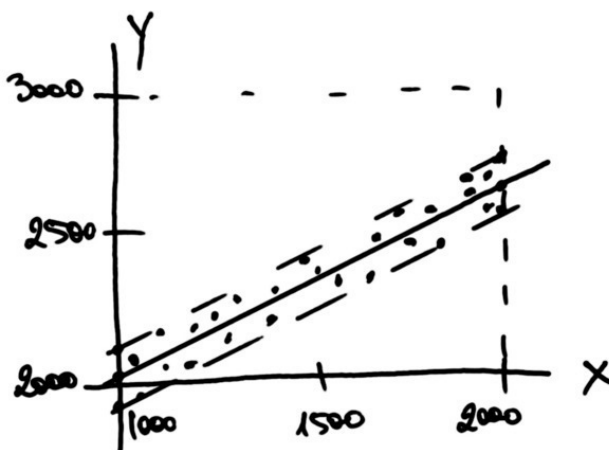
$$2700 - 150 = 2550$$

$$2700 + 150 = 2850$$

Проводим пунктиром две параллельные линии. Это будут границы случайного разброса.

Заполняем эту «полосу» точками – случайным образом.

Вот что мы ожидаем увидеть, когда смоделируем исходные данные – см. рисунок.



Зарисовка

Зачем в этой работе мы делаем зарисовку? При любых вычислениях нужно уметь ЗАРАНЕЕ ОЦЕНИВАТЬ и МЫСЛЕННО ПРЕДСТАВЛЯТЬ себе будущие результаты. Тогда сразу будут видны ГРУБЫЕ ОШИБКИ. И эти ошибки можно будет сразу же выявить и исправить. Ну а ошибки будут всегда.

Если не оценивать будущий результат, то можно легко сказать: «Это компьютер так посчитал». Проблема в том, что исходные данные вводит человек и результаты будет использовать тоже человек. Программу тоже написал человек, и не один. Поэтому ОТВЕТСТВЕННОСТЬ за результаты расчётов несёт не компьютер, а человек.

Зарисовка нелинейной функции

Вторая часть задания – это нелинейная функция второго порядка. Варианты заданий приводятся в таблице. Другие названия: квадратичная функция, парабола – см. формулу.

Варианты заданий. Нелинейные функции

Вар.	X	Y
0	1000 ... 3000	$y = 7000 - 7 \cdot x + 0,002 \cdot x^2 + 200 \cdot e$
1	1000 ... 4000	$y = 4500 - 3,5 \cdot x + 0,00085 \cdot x^2 + 250 \cdot e$
2	2000 ... 4000	$y = 10000 - 5,5 \cdot x + 0,001 \cdot x^2 + 150 \cdot e$
3	2000 ... 3000	$y = 33000 - 25 \cdot x + 0,0055 \cdot x^2 + 150 \cdot e$
4	1000 ... 3000	$y = 6500 - 5,5 \cdot x + 0,0015 \cdot x^2 + 150 \cdot e$
5	2000 ... 5000	$y = 7500 - 3,5 \cdot x + 0,0006 \cdot x^2 + 200 \cdot e$
6	1000 ... 3000	$y = 1500 + 4,5 \cdot x - 0,0015 \cdot x^2 + 250 \cdot e$
7	1000 ... 4000	$y = 1850 + 2,2 \cdot x - 0,0006 \cdot x^2 + 150 \cdot e$
8	2000 ... 4000	$y = -5000 + 7 \cdot x - 0,0013 \cdot x^2 + 200 \cdot e$
9	2000 ... 3000	$y = -37000 + 37 \cdot x - 0,008 \cdot x^2 + 150 \cdot e$
10	1000 ... 3000	$y = 1500 + 5,2 \cdot x - 0,0015 \cdot x^2 + 200 \cdot e$

Уравнение параболы можно записать разными способами, поэтому нужно следить за тем, в каком порядке расположены члены уравнения.

$$y = a_2 x^2 + a_1 x + a_0$$

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

Уравнение параболы

В первом примере степени аргумента расположены по убыванию. Во втором – по возрастанию. Как записать уравнение – не так важно. Главное – правильно прочесть те результаты, которые нам выдаст программа.

На новом листе отчёта опишем свой вариант задания. Напомним, что мы в качестве примера рассматриваем нулевой вариант.

Пределы изменения факторного признака: от **1000** до **3000**.

Уравнение функции:

$$y = 7000 - 7 \cdot x + 0,002 \cdot x^2 + 200 \cdot e$$

Коэффициенты уравнения:

$$a_0 = 7000$$

$$a_1 = -7$$

$$a_2 = 0,002$$

$$s = 200$$

Коэффициент при случайной составляющей E обозначим буквой S , поскольку он определяет значение «сигмы».

Чтобы сделать зарисовку параболы, нужно определить два основных момента.

Вначале определим знак старшего коэффициента при второй степени фактора a_2 . Если коэффициент a_2 положителен, то ветви параболы направлены вверх. И наоборот.

В нулевом варианте старший коэффициент равен

$$a_2 = 0,002.$$

Коэффициент положительный, следовательно ветви параболы смотрят вверх.

Затем определим положение вершины параболы.

$$x_0 = -\frac{a_1}{2a_2}$$

$$y_0 = a_0 - \frac{a_1^2}{4a_2}$$

Вершина параболы

Докажите справедливость формул для нахождения координат вершины параболы, приравняв первую производную функции к нулю. Затем подставьте полученное значение x_0 в уравнение параболы и упростите выражение.

Подставляем наши коэффициенты и находим координаты вершины – см. формулы.

$$x_0 = -\frac{a_1}{2a_2} = \frac{7}{2 \cdot 0,002} = 1750$$

$$y_0 = a_0 - \frac{a_1^2}{4a_2} = 7000 - \frac{7^2}{4 \cdot 0,002} = 875$$

Координаты вершины

Далее определим значения функции на границах диапазона значений – см. формулы.

$$x_1 = 1000; \quad y_1 = 7000 - 7 \cdot 1000 + 0,002 \cdot 1000^2 = 2000$$

$$x_2 = 3000; \quad y_1 = 7000 - 7 \cdot 3000 + 0,002 \cdot 3000^2 = 4000$$

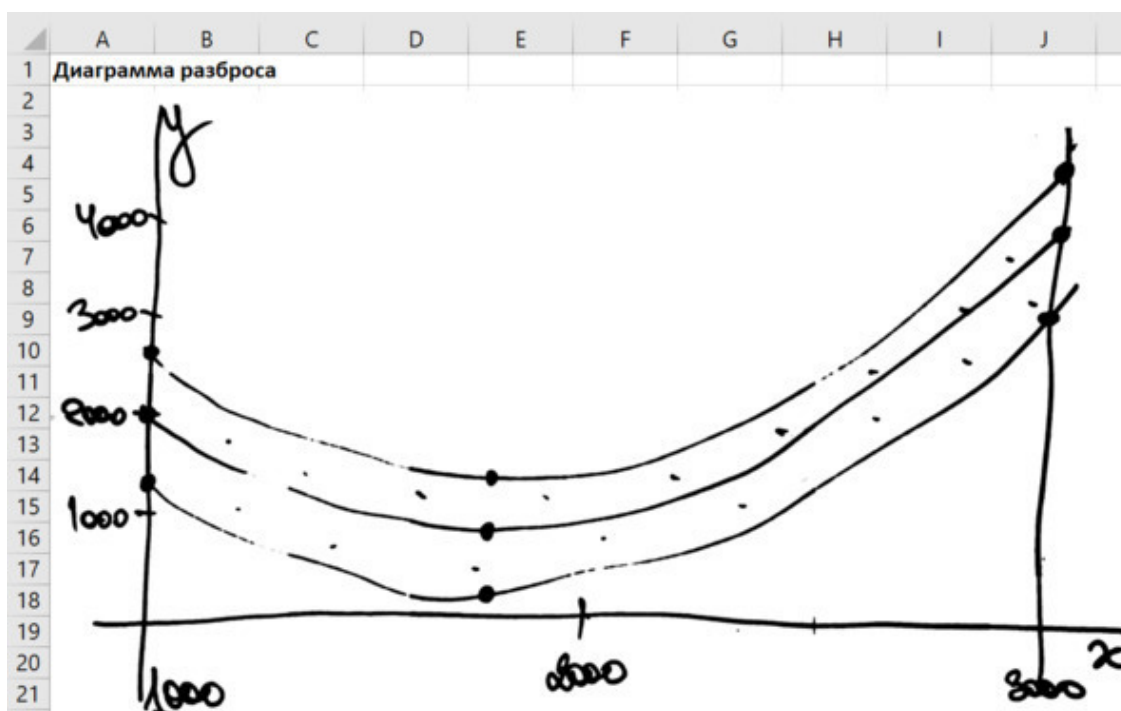
Крайние значения

И наконец добавляем границы случайного разброса по «правилу трёх сигм». Сигма в нулевом варианте равна **200**, соответственно, три сигмы равно **600**. Добавляем и отнимаем **600** в каждой из трёх точек – см. формулы.

Значения функции

x	$y - 3\sigma$	y	$y + 3\sigma$
1000	1400	2000	2600
1750	275	875	1475
3000	3400	4000	4600

Делаем зарисовку и вставляем в отчёт, как описано в предыдущем выпуске. Цель этого упражнения – представить общую форму графика, а не демонстрировать художественный талант или способности к черчению.



Зарисовка

Исходные данные

Сгенерируем исходные данные – значения двух переменных x и y – в соответствии с вариантом задания. В качестве примера разбираем нулевой вариант. Используем функцию

Random Number Generation

Генерация случайных чисел

настройки

Data Analysis

Анализ данных.

Подробности использования генератора мы уже описали в предыдущей работе. Числа округляем до целых.

Создаём столбец случайных чисел X .

Распределение – **Равномерное**

Левая и правая границы – **1000** и **2000**.

Начальное состояние – **1234**. Можно взять любые другие числа, но их нужно зафиксировать в отчёте, чтобы не использовать второй раз.

The screenshot shows the 'Random Number Generation' dialog box with the following settings:

- Number of Variables:** 1
- Number of Random Numbers:** 200
- Distribution:** Uniform
- Parameters:** Between 1000 and 2000
- Random Seed:** 1234
- Output options:**
 - ☒ **Output Range:** \$D\$3
 - ☐ **New Worksheet Ply:**
 - ☐ **New Workbook**

Настройки генератора

Полученные значения X округляем до целых и записываем в другой столбец. Для округления используем функцию

ROUND (number, num_digits)

ОКРУГЛ (число; число разрядов).

Обратим внимание, что в английской версии аргументы функции разделяют ЗАПЯТОЙ, а в русской – ТОЧКОЙ С ЗАПЯТОЙ. Причина в том, что в английской версии десятичный разделитель целой и дробной частей – точка, а в русской – запятая.

Пример результата генерации данных и округления можно видеть на рисунке ниже. В дальнейшей работе используются именно округлённые значения **X** и **Y**.

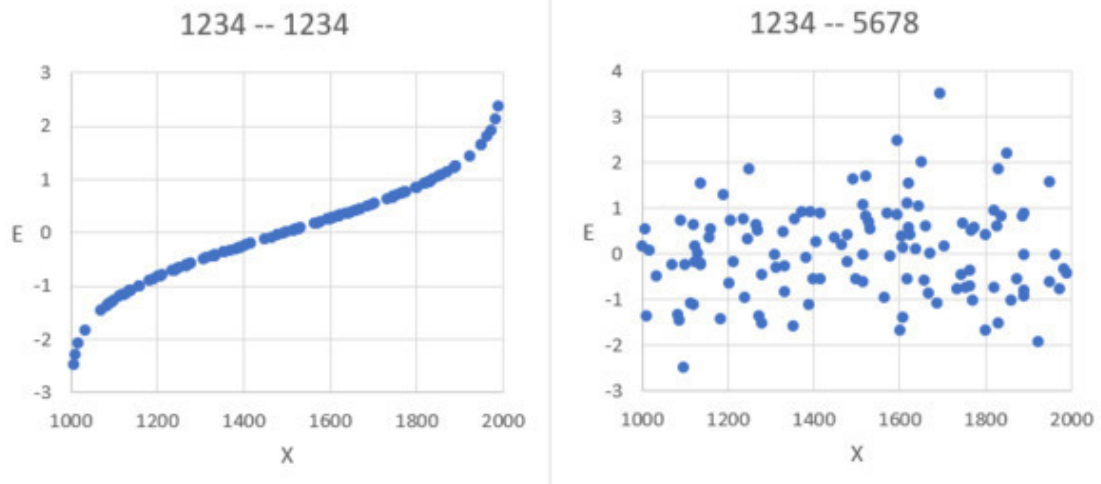
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Задание			Генератор			Округление	
2	Вариант	0		x	e	y	x	y
3				1124.149	0.168827	2139.138	1124	2139
4	Фактор			1006.5	0.543641	2081.407	1007	2081
5	X			1389.447	-1.12419	2246.931	1389	2247
6	равномерное			1267.281	0.633256	2255.396	1267	2255
7	от	1000		1703.635	0.169759	2515.851	1704	2516
8	до	2000		1235.511	0.76918	2241.541	1236	2242
9	начальное	1234		1466.14	0.194493	2362.715	1466	2363
10				1747.948	0.676291	2569.981	1748	2570
11	Разброс			1123.783	-0.18242	2121.338	1124	2121
12	E			1406.018	0.264644	2327.144	1406	2327
13	нормальное			1608.692	0.124747	2451.887	1609	2452
14	среднее	0		1516.312	-0.02529	2384.339	1516	2384
15	сигма	1		1755.974	-0.72947	2504.909	1756	2505
16	начальное	5678		1121.555	-1.09739	2074.141	1122	2074
17				1354.564	-1.57007	2201.963	1355	2202
18	Результат			1415.693	0.876516	2364.026	1416	2364
19	Y			1203.497	-0.63447	2150.55	1203	2151
20	1400 + 0,65·x + 50·e			1671.987	0.007459	2487.165	1672	2487
21				1033.937	-0.478	2048.159	1034	2048
22	Выборка			1356.304	0.754862	2319.34	1356	2319
23	N	200		1533.128	0.539656	2423.516	1533	2424

Сгенерированные данные

Вспомогательная случайная составляющая **E** поможет нам сформировать случайный разброс вокруг линии. Она имеет нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием и единичным стандартным отклонением. Значения **E** следует сгенерировать в отдельном столбце с ДРУГИМ начальным состоянием генератора.

Программный генератор случайных чисел на самом деле создаёт ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫЕ числа. Другими словами, они только кажутся случайными. Если задавать одно и то же начальное состояние генератора, мы получим одну и ту же последовательность «случайных» чисел.

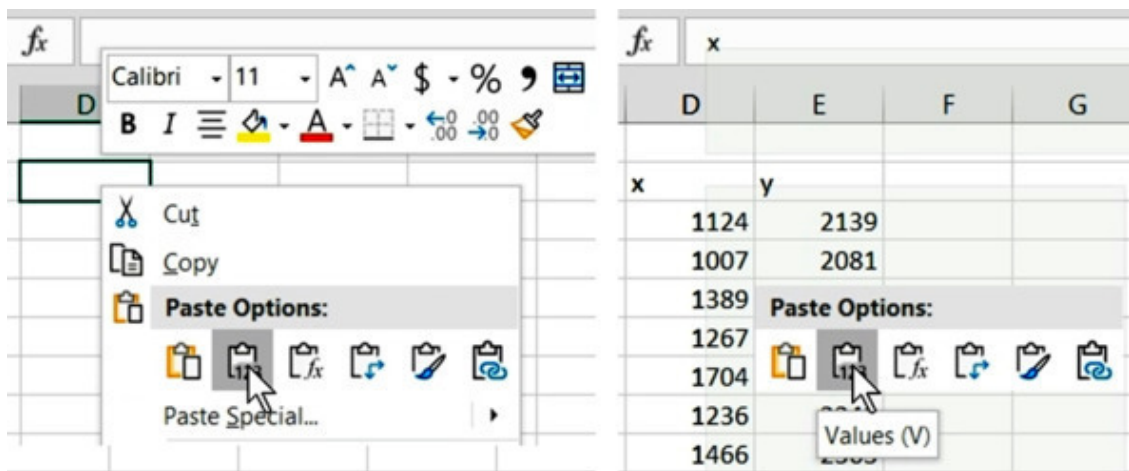
Проведём опыт и убедимся, к чему приводят одинаковые настройки генератора. Сгенерируем столбцы **X** и **E** с одинаковым начальным состоянием генератора: **1234**. Результат – на рисунке слева. Теперь сгенерируем **X** и **E** с настройками 1234 и 5678. Результат показан справа.



Влияние начального состояния

На левом графике можно видеть явную связь (точную функциональную зависимость) между случайными числами X и E – при одинаковой настройке генератора: **1234** и **1234**. На этом графике просматривается кривая нормального распределения. Она используется для создания случайного числа с заданным распределением. Разные настройки **1234** и **5678** дают действительно независимые случайные числа. Учтём на будущее.

Выделим два столбца с готовыми данными – с заголовками. Вставим данные на новый лист. Выберем режим вставки значений из буфера обмена.



Вставка значений

При выборе режима вставки из буфера можно сразу увидеть результат на экране. Нажимаем кнопку

Values

Значения.

После вставки получаем числа вместо формул в ячейках таблицы. Теперь никакие наши действия не приведут к обновлению и изменению данных.

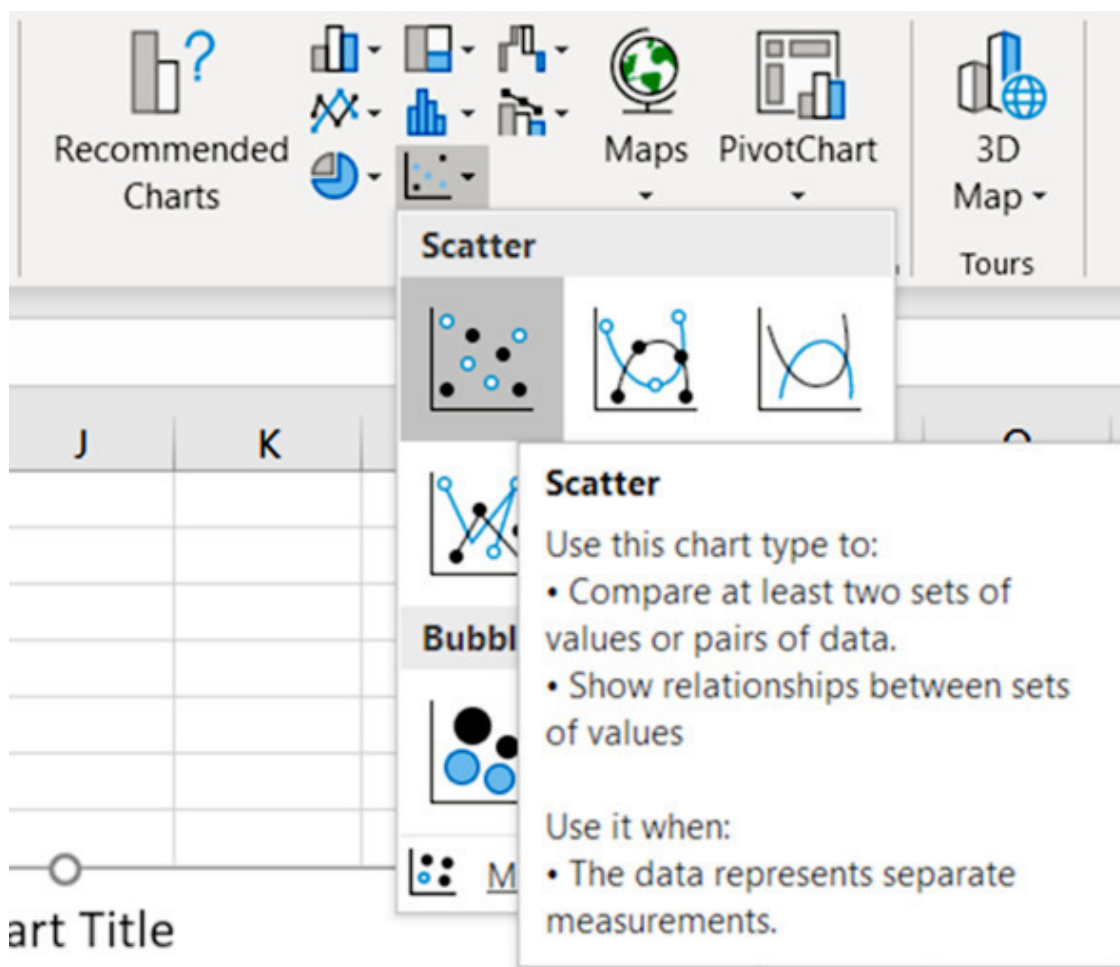
Диаграмма разброса

Пришло время посмотреть на график наших исходных данных. На диаграмме разброса каждая пара чисел X и Y изображается отдельной точкой. Точки на графике НЕ СОЕДИНЯЮТ линиями. В примере «Рост – Вес» нет никакой связи между параметрами соседей по парте. Поэтому каждый человек – это отдельная точка на графике.

Выделяем два столбца с округлёнными значениями X и Y . Выбираем в меню:

Insert – Charts – Insert Scatter (X, Y) or Bubble Chart – Scatter – Scatter

Вставка – Диаграммы – Вставить точечную (X, Y) или пузырьковую диаграмму – Точечная – Точечная.



Вставка диаграммы разброса

По умолчанию диаграмма разброса выглядит не слишком привлекательно – см. график. Настроим оформление графика.

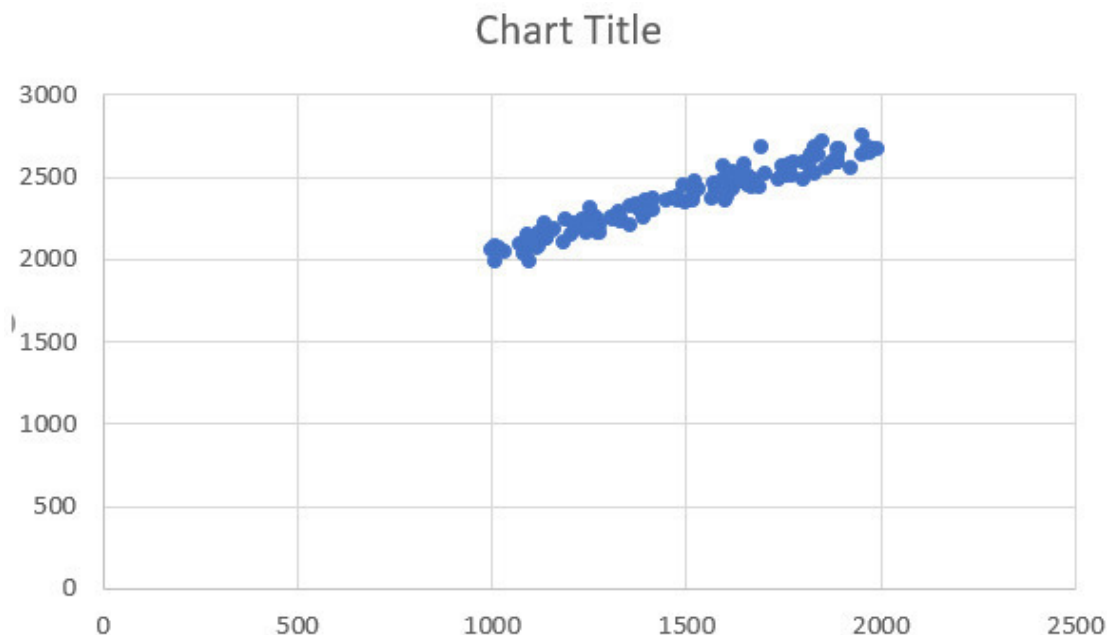


Диаграмма разброса по умолчанию

Настроим масштаб по осям, чтобы диаграмма заполняла всё поле графика. Дважды щёлкнем по горизонтальной оси. В диалоговом окне

Format Axis

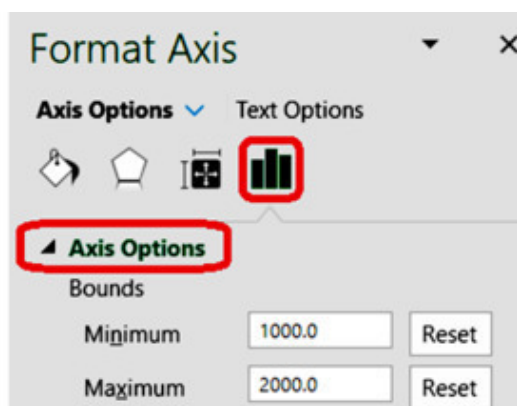
Формат оси

выбираем раздел

Axis Options

Параметры оси.

Устанавливаем пределы по горизонтальной оси от **1000** до **2000**.



Масштаб по оси

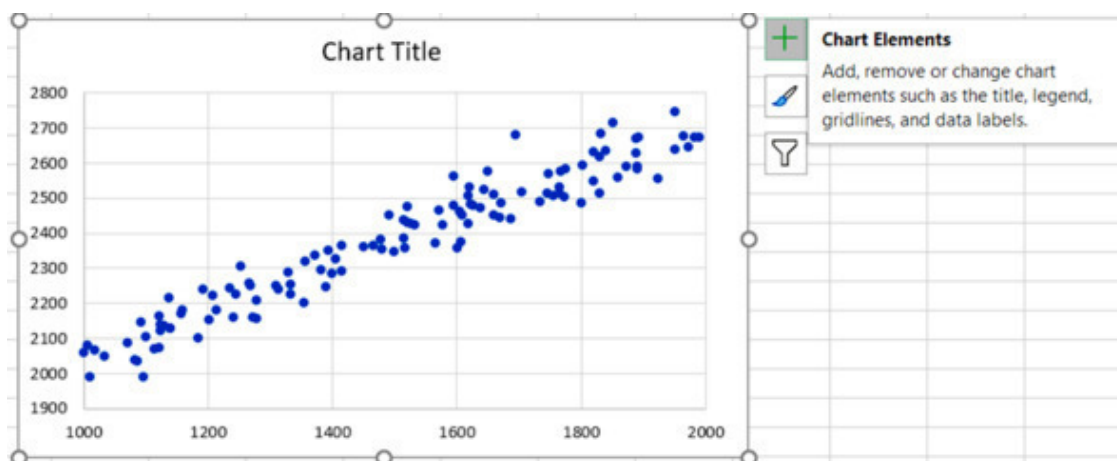
Щёлкнем по вертикальной оси и выберем такие значения, чтобы диаграмма разброса занимала всё место на графике.

Теперь настроим заголовки. Щёлкнем по графику и нажмём на кнопку

Chart Elements

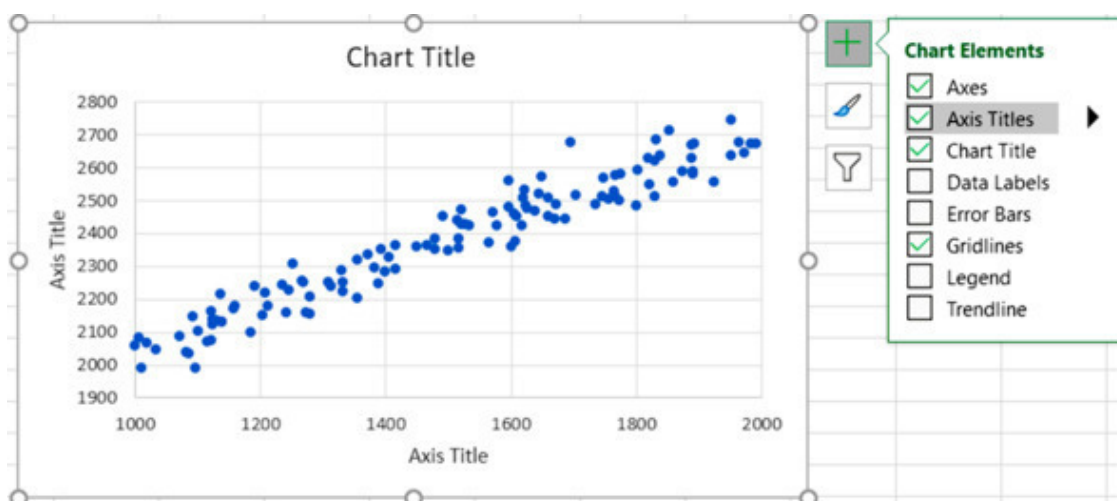
Элементы диаграммы.

Это квадратная кнопка с символом ПЛЮС справа сверху.



Элементы графика

Отмечаем пункт
Axis Titles
Названия осей.



Заголовки осей

Отредактируем заголовки и укажем, где находятся наши «иксы» и «игреки». Для дальнейшего украшения развернём заголовок вертикальной оси на 45 градусов. Щёлкнем по заголовку вертикальной оси и выберем в меню:

Format Axis Title – Text Options – Text Box – Text Box – Text direction – Horizontal

Формат названия оси – Параметры текста – Надпись – Надпись – Направление текста – Горизонтально.

Далее установим чёрный цвет для точек-маркеров. Щёлкнем по маркерам и установим в меню чёрный цвет:

Format Data Series – Series Options – Fill & Line – Marker – Marker Options – Fill – Solid fill – Color – Black

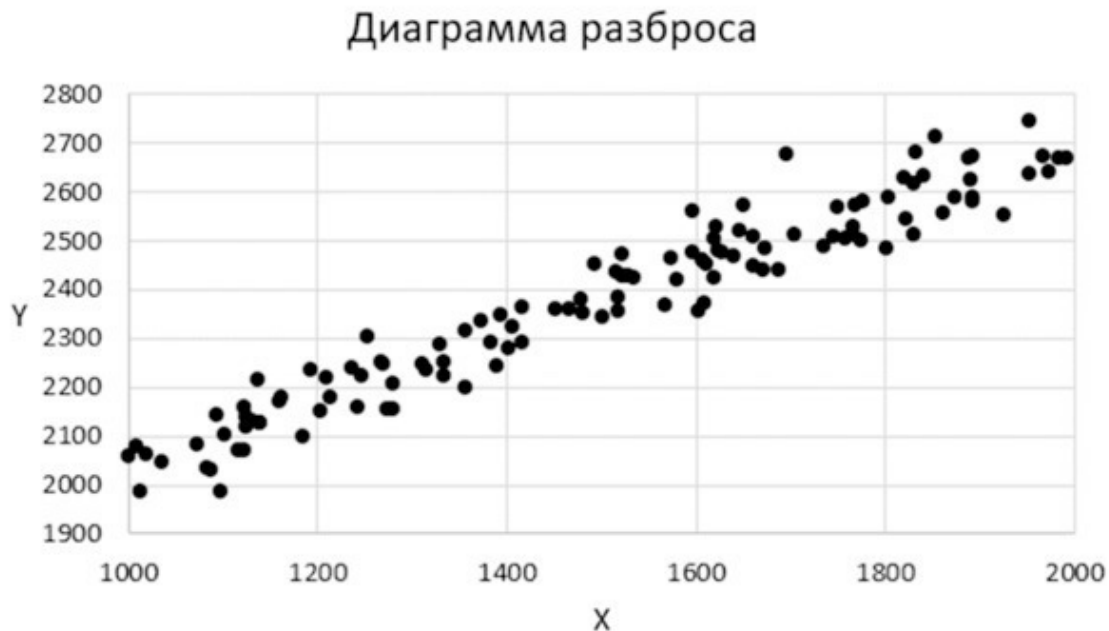
Формат ряда данных – Параметры ряда – Заливка и границы – Маркер – Параметры маркера – Заливка – Сплошная заливка – Цвет – Чёрный.

Здесь же отключим обрамление маркеров:

Format Data Series – Series Options – Fill & Line – Marker – Marker Options – Border – No line

Формат ряда данных – Параметры ряда – Заливка и границы – Маркер – Параметры маркера – Граница – Нет линий.

После настроек диаграмма разброса должна выглядеть следующим образом – см. рисунок.



Оформленная диаграмма

Корреляционный анализ

Корреляционный анализ позволяет исследовать тесноту связи, то есть степень разброса точек вокруг линии. Чем ближе точки к линии регрессии, тем лучше **ТЕСНОТА СВЯЗИ**. Имеется в виду линия, которую **МОЖНО** построить в среднем по этим точкам. На самом деле при анализе взаимосвязи перед нами находятся только точки, а линии пока ещё **НЕТ**.

Теснота линейной связи оценивается с помощью **КОЭФФИЦИЕНТА ЛИНЕЙНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ r** . Здесь говорится именно о **ЛИНЕЙНОЙ** связи и анализируется разброс вокруг будущей, возможной **ПРЯМОЙ** линии. Другими словами, мы выясняем, есть ли смысл в построении прямой линии в среднем по нашим точкам.

Коэффициент корреляции принимает значения от **—1** до **+1** включительно.

Знак коэффициента указывает на **НАПРАВЛЕНИЕ** связи – прямую или обратную связь. Положительная корреляция означает, что с увеличением фактора в среднем возрастает результативный признак. Это прямая связь. Отрицательная корреляция – это обратное направление связи, то есть снижение, убывание, падение графика. С увеличением фактора убывает результат.

Величина (модуль, абсолютное значение) коэффициента характеризует **ТЕСНОТУ** линейной связи. Чем ближе значение к единице, тем меньше разброс, тем ближе точки к прямой линии. Чем ближе коэффициент к нулю, тем сильнее разброс вокруг прямой. Традиционное толкование величины коэффициента корреляции приводится в таблице.

Коэффициент корреляции

Величина r	Характер связи
$ r < 0,3$	Практически отсутствует
$0,3 \leq r < 0,5$	Слабая
$0,5 \leq r < 0,7$	Умеренная
$0,7 \leq r < 1,0$	Сильная
$ r = 1,0$	Функциональная

Возможна и другая ситуация – **НЕЛИНЕЙНАЯ** зависимость, которая тоже представляет собой отсутствие линейной связи. Нелинейной зависимостью является всё, что не является линейным, например, кривая или ломаная линия. В этом случае коэффициент линейной корреляции будет близок к нулю. Но при этом точки могут быть очень тесно расположены вокруг кривой или ломаной линии. Для анализа степени нелинейной связи используют другие коэффициенты корреляции. В данной работе мы ограничимся только анализом тесноты линейной зависимости.

Как и во многих других случаях, для вычисления коэффициента корреляции в Excel имеются несколько способов:

- надстройка;
- функции;
- формулы.

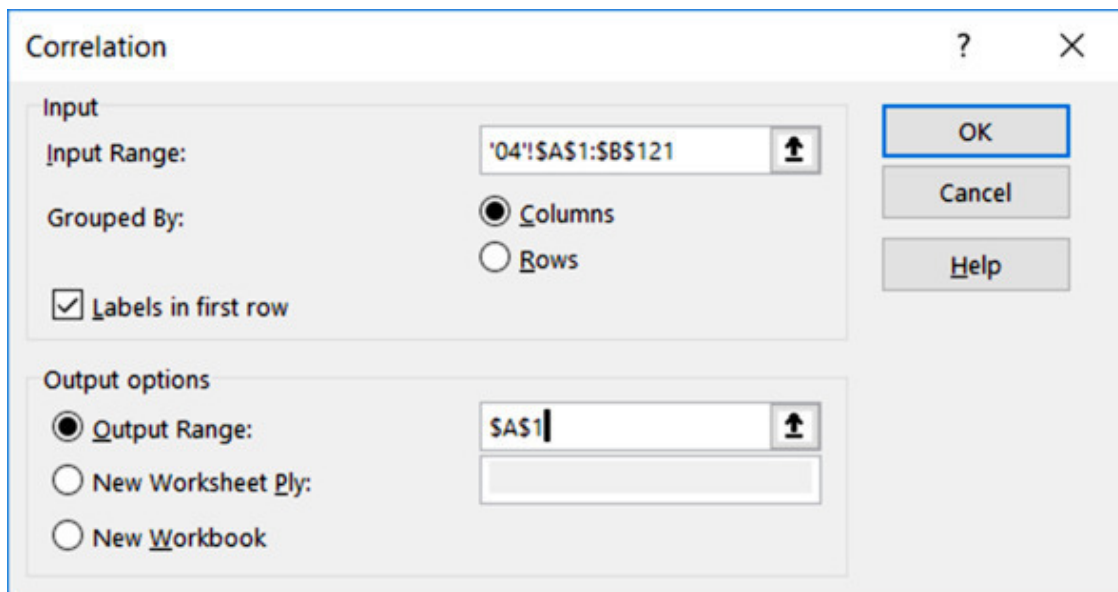
В следующих разделах мы рассмотрим все эти возможности, а затем сравним полученные результаты.

Надстройка

Вызываем модуль **Корреляция** статистической надстройки:

Data – Analysis – Data Analysis – Correlation

Данные – Анализ – Анализ данных – Корреляция.



Параметры корреляционного анализа

В диалоговом окне

Correlation

Корреляция

указываем следующие параметры:

Input – Input Range

Входные данные – Входной интервал.

В выбранном диапазоне ячеек должны быть два столбца значений **X** и **Y**.

Затем указываем расположение исходных данных:

Labels in first row

Метки в первой строке.

Выделяем значения в столбцах **X** и **Y** вместе с их заголовками. В этом случае в таблице с результатами анализа будут выводиться названия переменных.

Указываем, что наши исходные данные расположены по столбцам:

Grouped By – Columns

Группирование – по столбцам.

Обратите внимание, что здесь имеется в виду расположение данных по столбцам, а не статистическая группировка, хотя на экране и присутствует слово ГРУППИРОВАНИЕ. Как говорил Козьма Прутков: «Не верьте глазам своим». Мы пока что просто описываем исходные данные и даже не начинали заниматься группировкой.

Отмечаем первую ячейку, начиная с которой будут выводиться результаты анализа:

Output options – Output Range

Параметры вывода – Выходной интервал.

	A	B	C
1		x	y
2	x	1	
3	y	0.9659	1

Результаты корреляционного анализа

На экран выводится таблица коэффициентов корреляции. На пересечении строки **Y** и столбца **X** выводится искомый коэффициент. Единичные коэффициенты на диагонали – это корреляция переменной с самой собой.

Чтобы получить больше разрядов в дробной части, увеличим ширину столбца.

	A	B	C
1		x	y
2	x	1	
3	y	0.965899837	1

Точное значение коэффициента

Функция CORREL / КОРРЕЛ

Второй способ вычисления коэффициента корреляции – это готовая функция

CORREL (array1, array2)

КОРРЕЛ (диапазон_х; диапазон_у).

Два обязательных аргумента – это диапазоны ячеек **X** и **Y**. Здесь «иксы» и «игреки» задаются по отдельности. Напомним, что в английской версии программы аргументы функции разделяют запятой, а в русской – точкой с запятой.

E1 ✕ ✓ <i>fx</i> =CORREL('04'!A2:A121,'04'!B2:B121)							
	A	B	C	D	E	F	G
1		x	y		0.965899837		
2	x		1				
3	y	0.965899837	1				

Вызов функции **CORREL**

Увеличиваем ширину столбца и сравниваем результаты расчётов с предыдущим разделом. Пока всё сходится.

Теперь на новом листе сгенерируйте данные с разным разбросом, то есть с разным множителем **S** в уравнении. Определите значение коэффициента корреляции. Подберите величину случайного разброса, чтобы получить

0,3

0,5

0,7

1,0.

В электронной таблице формулы пересчитываются автоматически, а графики сами обновляются при изменении данных. Поэтому можно будет легко подобрать нужный разброс. Скопируйте графики и соберите их на отдельном листе с комментариями – какая корреляция и какая это теснота связи. При вставке графиков используйте режим вставки как изображение – **Picture (U)**, а не как исходный график. В этом случае картинки не будут изменяться и обновляться.

Формулы

Вычислим коэффициент линейной корреляции вручную с помощью формул Excel. Вот соотношение для расчётов – см. формулу.

$$r_{yx} = \frac{n \cdot \sum(y \cdot x) - \sum y \cdot \sum x}{\sqrt{(n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2) \cdot (n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2)}}$$

Коэффициент корреляции

Для вычислений нам понадобятся промежуточные расчёты. Найдём суммы «иксов», «игреков», их квадратов и произведений, которые участвуют в формуле. Для этого на новом листе организуем вспомогательную таблицу. Внизу столбцов подсчитываем суммы, воспользовавшись кнопкой экспресс-анализа.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.