

Федеральное государственное образовательное бюджетное
учреждение высшего образования
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации



Корреляционно-регрессионный анализ в Excel

Конспект лекции

Разработал: доцент Департамента анализа данных и машинного обучения
Финансового университета при Правительстве Российской Федерации
Смирнов Михил Викторович

Москва - 2021

1 Спецификация модели

Различают простую (парную) и множественную регрессию.

- Парная регрессия

$$\hat{y} = f(x)$$

- Множественная регрессия

$$\hat{y} = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

\hat{y} - объясняемая переменная Предпосылка моделирования - гипотеза о влиянии тех или иных факторов на объясняемую переменную. Пусть спрос y на товар находится в обратной зависимости от цены x :

$$\hat{y} = a - b \cdot x$$

Связь проявляется как закономерность в среднем по совокупности наблюдений. Например, $y = 500 - 2 \cdot x$ означает, что с ростом цены на 1 д.е. спрос **в среднем** уменьшается на 2 единицы.

Каждое фактическое значение можно выразить через теоретическое значение и случайную величину отклонения, найденную по уравнению регрессии

$$y_j = \hat{y}_j + \epsilon_j$$

Величина ϵ обусловлена факторами:

- спецификация модели;
- выборочный характер данных;
- ошибки измерения.

Тогда можем записать $y = 500 - 2 \cdot x + \epsilon$. Функция может быть нелинейной:

- $\hat{y} = a \cdot x^{-b}$;
- $\hat{y} = a + \frac{b}{x}$;
- $\hat{y} = \frac{1}{a+b \cdot x}$

Ошибки спецификации модели. Величина ошибки тем меньше, чем качественнее спецификация модели. К другим ошибкам спецификации относится неучет каких-либо дополнительных факторов.

Ошибки выборки. Происходят из-за неоднородности данных, из-за наличия выбросов и пропусков, а также из-за недостаточного объёма выборки. Выбор конкретного временного интервала, в котором измерены показатели, также влияет на результаты регрессии.

Ошибки измерения. На практике представляют наибольшую опасность. Например, реальные запасы полезных ископаемых могут существенно отличаться от их оценки из-за неверной интерпретации сопутствующих месторождению признаков.

Линейные и нелинейные модели. В большинстве случаев (в социально-экономических системах) линейные модели предпочтительнее нелинейных. Например, ввиду ограниченности выборки данных, нелинейность может не проявиться. Поэтому, вместо $y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + \epsilon$ вполне достаточно использовать $y = a + b \cdot x$. Кроме того, при грубых измерениях, линейные модели менее чувствительны к ошибкам измерения.

Выбор вида математической функции. Выбор вида функции может осуществляться методами:

- графическим;
- аналитическим;
- экспериментальным.

Графический метод нагляден. На рис. 1 представлены основные виды используемых в ходе количественной оценки связей.

Аналитический метод основан на изучении природы связи исследуемых признаков. Допустим, изучается потребность предприятия в электроэнергии в зависимости от объема продукции. Потребление y можно разделить на потребление связанное с выпуском продукции на прямую ($b \cdot x$), и связанную с организацией деятельности предприятия в целом (a), например, отопление, водоснабжение и т.д. Тогда запишем уравнение регрессии

$$\hat{y} = a + b \cdot x$$

Разделив обе части уравнения на x получим выражение зависимости удельного расхода электроэнергии $z = \frac{\hat{y}}{x}$ на единицу продукции от объема выпущенной продукции в форме гиперболы:

$$\hat{z} = b + \frac{a}{x}$$

В Excel выбор конкретной функции можно осуществлять с помощью величины остаточной дисперсии D_ϵ , которая могла бы быть равной нулю в случае, если $y = \hat{y}$. Однако, в реальной жизни такого не происходит и остаточная дисперсия всегда положительна. Поэтому одним из оснований выбора функции является величина остаточной дисперсии, которая тем меньше, чем ближе теоретические данные к фактическим.

$$D_\epsilon = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Если D_ϵ примерно одинаково для разных функций, то выбирают по-возможности, более простую функцию.

Опытным путем установлено, что число наблюдений должно в 6-7 раз превышать число рассчитываемых параметров при переменных. Так, например, для параболы второй степени

$$\hat{y} = a + b \cdot x + c \cdot x^2$$

требуется не менее 14 наблюдений. При прочих равных условиях предпочтительна модель с меньшим числом параметров.

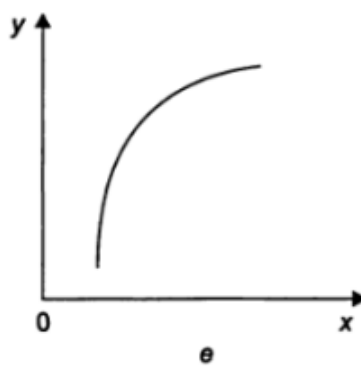
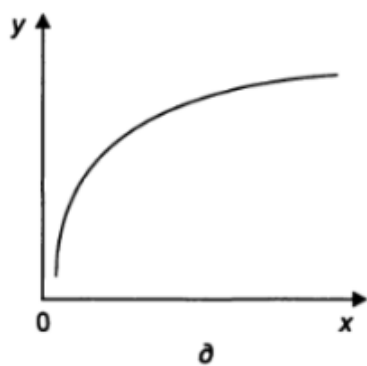
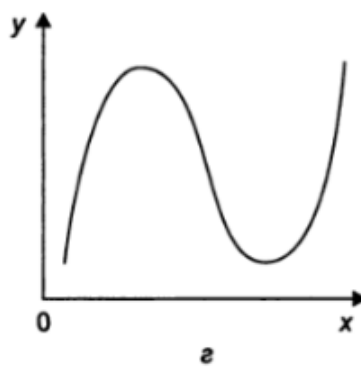
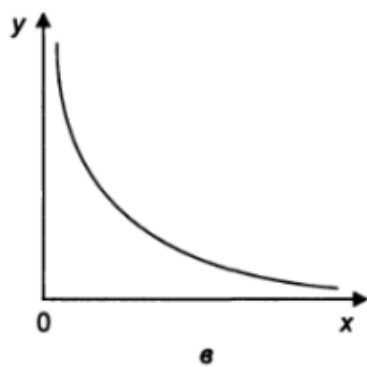
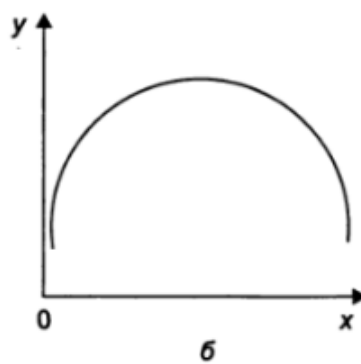
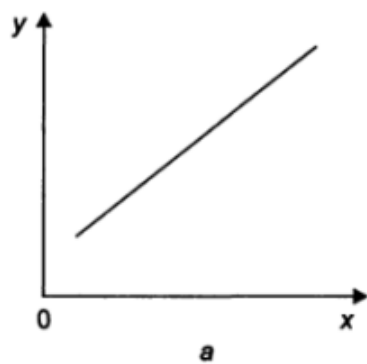


Рис. 1. Основные типы кривых, используемые при количественной оценке связей между двумя переменными:

$$а - \hat{y}_x = a + b \cdot x;$$

$$в - \hat{y}_x = a + b/x;$$

$$д - \hat{y}_x = a \cdot x^b;$$

$$б - \hat{y}_x = a + b \cdot x + c \cdot x^2;$$

$$г - \hat{y}_x = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3;$$

$$е - \hat{y}_x = a \cdot b^x$$

2 Линейная регрессия и корреляция

Парная линейная регрессия

Парная линейная регрессия сводится к нахождению параметров a и b уравнения вида

$$\hat{y} = a + b \cdot x$$

или

$$y = a + b \cdot x + \epsilon$$

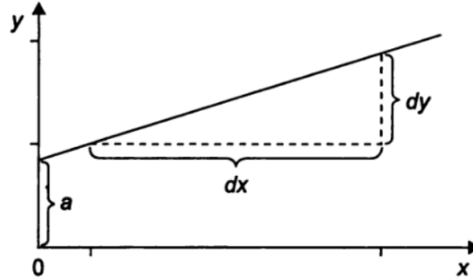


Рис. 2. Графическая оценка параметров линейной регрессии

Параметр a определим как точку пересечения линии регрессии с осью Oy , а параметр b — исходя из угла наклона линии регрессии как dy/dx , где dy — приращение результата y , а dx — приращение фактора x .

Классическим подходом к оцениванию a и b является использование метода наименьших квадратов (МНК), позволяющего получить такие значения a, b , при которых сумма квадратов разностей фактических и теоретических значений минимальна

$$S(a, b) = \sum_{m=1}^M (y_m - \hat{y}_m)^2 = \sum_{m=1}^M (y_m - a - b \cdot x_m)^2 \rightarrow \min$$

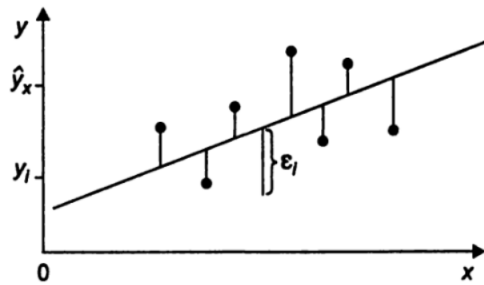


Рис. 3. Линия регрессии с минимальной дисперсией остатков

Чтобы найти минимум функции $S(a, b)$ надо вычислить частные производные по каждому из параметров a и b и приравнять их к нулю. Решение системы уравнений приводит к результату:

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} \quad (1)$$

$$b = \frac{\bar{x}\bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\bar{x}^2 - (\bar{x})^2} \quad (2)$$

Докажем это.

$$\frac{dS}{da} = -2 \sum_{m=1}^M (y_m - a - b \cdot x_m) = 0$$

$$\frac{ds}{db} = -2 \sum_{m=1}^M (y_m - a - b \cdot x_m) \cdot x_m = 0$$

Получена система из двух уравнений с двумя неизвестными. Сократим на два и раскроем скобки.

$$\begin{aligned} M \cdot a + b \cdot \sum_{m=1}^M x_m &= \sum_{m=1}^M y_m \\ a \cdot \sum_{m=1}^M x_m + b \cdot \sum_{m=1}^M x_m^2 &= \sum_{m=1}^M y_m x_m \end{aligned}$$

Разделим оба уравнения на M .

$$\begin{aligned} a + b \cdot \bar{x} &= \bar{y} \\ a \cdot \bar{x} + b \cdot \bar{x}^2 &= \bar{x}\bar{y} \end{aligned}$$

В первом уравнении выразим a через b

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

Подставим a во второе уравнение

$$\bar{x} \cdot \bar{y} - b \cdot (\bar{x})^2 + b \cdot \bar{x}^2 = \bar{x}\bar{y}$$

Приведем подобные члены

$$b \cdot (\bar{x}^2 - (\bar{x})^2) = \bar{x}\bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y}$$

Оставим b в левой части уравнения

$$b = \frac{\bar{x}\bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\bar{x}^2 - (\bar{x})^2}$$

Можно показать, что $\bar{x}\bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y} = Cov_{xy}$, а $\bar{x}^2 - (\bar{x})^2 = D_x$, тогда

$$b = \frac{Cov_{xy}}{D_x}$$

Параметр b называется коэффициентом регрессии. Знак b показывает направление связи: при $b > 0$ связь прямая, при $b < 0$ связь обратная.

Параметр a может не иметь социально-экономического содержания, особенно, если $a \leq 0$.

3 Задача построения регрессионной модели в Excel

Рассмотрим задачу построения регрессионной модели в Excel. Воспользуемся данными о цене акций Газпрома и Сбербанка за период с 1 августа по 1 октября 2021 года. Источник данных - [finam.ru](https://www.finam.ru)

The screenshot shows the 'Финанс.ру' website interface for exporting stock data. The main heading is 'МосБиржа акции' and 'Сбербанк'. The date range is set from '01.08.2021' to '01.10.2021' with a frequency of '1 день'. The file name is 'SBER_210801_211001' and the format is 'CSV'. The 'Выдавать время' section has 'окончания свечи' selected. The 'Разделитель' is 'точка с запятой (;)' and 'разрядов' is 'нет'. The 'Формат записи в файл' is 'TICKER, PER, DATE, TIME, OPEN, HIGH, LOW, CLOSE, VOL'. The 'Добавить заголовок файла' checkbox is checked. The 'Заполнять периоды без сделок' checkbox is unchecked. A 'Получить файл' button is at the bottom. The left sidebar contains links: 'Обзор new', 'Обзор old', 'О компании', 'Новости', 'Комментарии', 'Календарь событий', 'Календарь статистики', 'Корпоративные события', 'Теханализ Live! new', and 'Теханализ Live!'.

Рис. 4. Форма запроса на получение данных