

Эвристические и  
экстраполяционные методы  
прогнозирования



# Эвристика

Совокупность методов и приёмов, облегчающих поиск и принятие решений, основанных на мысленном упрощении задачи.

Среди наук эвристика находится на стыке философии, психологии, теории искусственного интеллекта, структурной лингвистики, теории информации, математики и физики.



# Эвристический метод

При эвристическом подходе задача подвергается упрощению, визуальному изменению, представляется в другом свете, ремасштабируется; может сводиться к наблюдению за ограниченным количеством параметров.

Из-за такого изменения условий задачи итоговое решение может оказаться неверным или неполным. Однако при правильном применении эвристический метод позволяет извлечь большую ценность при тех же вложениях.



# Расчёт ценности эвристического метода

Допустим, что имеется известный, но чрезвычайно сложный алгоритм решения задачи, и эвристический, который требует в 1000 раз меньше затрат и чаще всего даёт приемлемое решение (допустим 95% случаев).

Тогда в среднем решение эвристическим методом будет стоить  $(T/1000 + 0.05 * E)$ , где  $T$  – цена точного решения,  $E$  – цена ошибки.

Средняя разница в цене будет  $(T - T/1000 + 0.05 * E)$ , то есть  $(0,999 * T - E/20)$ .

Таким образом, эвристика оказывается выгоднее точного решения, если только цена ошибки не превышает двадцатикратную цену точного решения.



# Экстраполяция

Экстраполяция – метод прогнозирования, заключающийся в изучении сложившихся в прошлом и настоящем устойчивых тенденций развития процессов и явлений и переносе их на будущее



# Когда метод применим?

Метод экстраполяции применим, если используются следующие допущения:

- период времени, для которого построена функция, должен быть достаточным для выявления тенденции развития
- анализируемый процесс является устойчиво динамическим и обладает инерционностью, т.е. для значительных изменений характеристик процесса требуется время
- не ожидается внешних воздействий на изучаемый процесс, способных серьезно повлиять на тенденцию развития



# Виды экстраполяции

- 1) Простая экстраполяция – предполагает, что все действовавшие в прошлом и настоящем тенденции сохранятся в полном объёме, так как все действовавшие факторы останутся неизменными
- 2) Прогнозная экстраполяция – базируется на предположении об изменении факторов, определяющих динамику изучаемого процесса или явления



# Динамические ряды

- Основу экстраполяции составляет изучение динамических рядов, представляющих собой упорядоченные во времени наборы измерений тех или иных показателей исследуемого объекта. В основе динамического анализа лежит понятие траектории, которая описывает состояние изучаемого процесса как функцию от времени  $Q = Q(t)$ , где  $t$  – отрезок времени.

При этом время может учитываться как по интервалам, так и непрерывно. В случае когда время учитывается по интервалам функция называется динамическим рядом.



Регулярная составляющая называется трендом, тенденцией и характеризует существующую динамику развития процесса в целом. Случайная составляющая отражает случайные колебания (шумы процесса).

Показателями развития процесса являются абсолютный прирост, темп роста, темп прироста. Показатели изменения динамического ряда могут вычисляться на постоянной и переменной базе. Для обобщающей оценки скорости и интенсивности изменения динамического ряда используются различные средние характеристики, среди которых являются средний темп роста и средний темп прироста.



Методика построения трендовых моделей представляет сочетание качественного экономического анализа и формальных математико-статистических методов и включает несколько этапов:

1. Выбор класса функции тренда
2. Оценка параметров функции
3. Расчет значений формальных критериев аппроксимации
4. Анализ остаточной компоненты динамического ряда
5. Выбор функции тренда

Результатом предшествующих этапов является построение нескольких функций тренда для одного показателя. Выбор лучшей осуществляется путем сопоставления значений, возможностей экономической интерпретации и использования в прогнозировании.



# Метод линейной экстраполяции

- Сущность метода заключается в том, что прогнозные величины определяются на основе среднего прироста (снижения) исследуемого показателя за определенный период времени.



*Пример.* Предположим, у нас имеются данные об объёме ВВП страны за ряд лет:

| Год  | Объем ВВП | Прирост ВВП |
|------|-----------|-------------|
| 1995 | 16,0      | -           |
| 1996 | 21,8      | 5,8         |
| 1997 | 27,0      | 5,2         |
| 1998 | 32,0      | 5,0         |
| 1999 | 36,8      | 4,8         |

Рассчитаем средний темп прироста за четыре года:  $(5,8 + 5,2 + 5,0 + 4,8)/4 = 5,2$

Определив средний темп прироста, рассчитаем прогнозное значение ВВП страны на 2000 год:

$$Y_{2000} = Y_{1999} + \Delta Y = 36,8 + 5,2 = 42,0$$

В тех случаях, когда показатели базисного и конечного прогнозного периода известны и следует определить годовые промежуточные показатели, используют *метод линейной интерполяции*, рассчитывая средний прирост за данный период времени:

Например:  $Y_{2000} = 205, Y_{2005} = 240$ .  $\Delta Y = \frac{240-205}{5} = 7$

$$Y_{2002} = Y_{2000} + 2\Delta Y = 205 + 2*7 = 219$$



# Метод простой средней

- Применяется в тех случаях, когда в уравнении линейной зависимости  $Y = a + bx$ , коэффициент  $b = 0$ . При таком условии график будет представлен прямой параллельной горизонтальной оси графика, а прогноз будет состоять в расчете простой средней из всех имеющихся данных:  $Y = \sum \frac{Y}{N}$

Расчеты простой средней часто связывают с сезонными колебаниями, происходящими внутри общего тренда.



*Пример. Имеются данные об объеме ВВП за ряд лет по кварталам:*

| Год           | 1 квартал | 2 квартал | 3 квартал | 4 квартал | В целом за год |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| 1995          | 190       | 370       | 300       | 220       | 1080           |
| 1996          | 280       | 420       | 310       | 180       | 1190           |
| 1997          | 270       | 360       | 280       | 190       | 1100           |
| 1998          | 300       | 430       | 290       | 200       | 1220           |
| 1999          | 320       | 440       | 320       | 220       | 1300           |
| Итого         | 1360      | 2020      | 1500      | 1010      | 5890           |
| Средний объем | 272       | 404       | 300       | 203       | 294,5          |

Рассчитываем квартальный индекс:

1 квартал =  $272:294,5 = 0,92$ ; 2 квартал =  $404:294,5 = 1,37$ ;

3 квартал =  $300:294,5 = 1,02$ ; 4 квартал =  $203:294,5 = 0,69$ .

Для того, чтобы составить *прогноз объема ВВП по кварталам на 2000 год*, надо прогнозное значение ВВП за данный год разделить на 4(количество кварталов) и умножить на соответствующий квартальный индекс. Предположим, что в 2000 году ВВП будет равен 1450. Тогда в 1 квартале будет произведено:  $(1450:4)*0,92= 333,5$ ; 2 квартал =  $(1450:4)*1,37 = 496,625$  и т.д.



# Метод наименьших квадратов

- Позволяет подогнать функцию под некоторый набор численных значений и построить график функции по некоторой совокупности точек. Выбор этой функции считается наилучшим, если стандартное отклонение оказывается сведено к минимальному значению.

$$\sum (d_t - d'_t)^2 \rightarrow \min \quad , \text{ где}$$

$d_t$  - фактические данные,  $d'_t$  - данные рассчитанные формулой



- Как правило, используется линейная функция  $Y = a + bx$ .

Задача состоит в том, чтобы определить значения  $a$  и  $b$ , где

$a$  – значение  $Y$  в базисном периоде,

$b$  – угол наклона прямой.

Чтобы определить значения используется система уравнений

$$\sum Y = N * a + b \sum x$$

$$\sum xY = a \sum x + b \sum x^2$$

Где  $N$  – число периодов,  $x$  – номер периода.



*Пример.* Имеются данные об объеме ВВП.

| Год      | Y(ВВП) | x  | x <sup>2</sup> | xY   | Усглаженный            |
|----------|--------|----|----------------|------|------------------------|
| 1995     | 108    | 0  | 0              | 0    | 108,4                  |
| 1996     | 119    | 1  | 1              | 119  | 108,4 + 4,7 = 113,1    |
| 1997     | 110    | 2  | 4              | 220  | 108,4 + 2* 4,7 = 117,8 |
| 1998     | 122    | 3  | 9              | 366  | 108,4 + 3* 4,7 = 122,5 |
| 1999     | 130    | 4  | 16             | 520  | 108,4 + 4* 4,7 = 127,2 |
| $\Sigma$ | 589    | 10 | 30             | 1225 |                        |

Система уравнений выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} 589 = 5a + 10b \\ 1225 = 10a + 30b \end{cases}$$

Решая их, находим  $a = 108,4$ ;  $b = 4,7$ .

Можно рассчитать ВВП 2000 года:

$$Y_{2000} = Y_{1995} + 5b = 108,4 + 5 * 4,7 = 131,9.$$



# Метод скользящей средней

Движение скользящей средней во времени дает возможность учесть самую последнюю информацию и отказаться от использования более старых данных. Использование скользящей средней позволит подготовить качественный прогноз только тогда, когда данные будут относительно стабильны.

Индекс сезонных колебаний, вычисленный на основе скользящей средней, дает возможность улучшить качество прогноза. Индекс получают путем деления объема фактического производства в соответствующем периоде на величину центрированной скользящей средней за тот же период. Повысить надежность можно за счет усреднения значения нескольких индексов общих временных периодов.



| Год  | Квартал | Объем производства | Скользкая средняя         | Центрированная скользящая средняя | Индекс сезонных колебаний |
|------|---------|--------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 1995 | 1       | 190                |                           |                                   |                           |
|      | 2       | 370                | $(190+370+300+220):4=270$ |                                   |                           |
|      | 3       | 300                | $(370+300+220+280):4=292$ | $(270+292):2 = 281$               | 1,07                      |
|      | 4       | 220                | $(300+220+280+420):4=305$ | $(292+305):2=298,5$               | 0,74                      |
| 1996 | 1       | 280                | $(220+280+420+310):4=307$ | $(305+307):2= 306$                | 0,91                      |
|      | 2       | 420                | $(280+420+310+180):4=297$ | $(307+297):2= 302$                | 1,39                      |
|      | 3       | 310                | 295                       | 296                               | 1,04                      |
|      | 4       | 180                | 280                       | 287,5                             | 0,63                      |
| 1997 | 1       | 270                | 273                       | 276,5                             | 0,98                      |
|      | 2       | 360                | 275                       | 274                               | 1,32                      |
|      | 3       | 280                | 283                       | 279                               | 1,00                      |
|      | 4       | 190                | 300                       | 286,5                             | 0,66                      |
| 1998 | 1       | 300                | 303                       | 301,5                             | 1,00                      |
|      | 2       | 430                | 305                       | 304                               | 1,42                      |
|      | 3       | 290                | 310                       | 307,5                             | 0,94                      |
|      | 4       | 200                | 312                       | 311                               | 0,64                      |
| 1999 | 1       | 320                | 320                       | 316                               | 1,01                      |
|      | 2       | 440                | 325                       | 322,5                             | 1,37                      |
|      | 3       | 320                |                           |                                   |                           |
|      | 4       | 220                |                           |                                   |                           |

*Пример.* Для разработки прогноза на 2000 год используем данные о квартальных объемах производства. Скользящие средние определяются исходя из разбивки года на кварталы.

Центрированная скользящая средняя находится только для третьего квартала путем деления суммы данных скользящей средней за 2 и 3.

Индекс сезонных колебаний получают путем деления фактического объема производства на величину центрированной скользящей средней за тот же период.



На основе рассчитанных данных индекса сезонных колебаний заполняем вторую таблицу и делаем расчет скорректированного индекса.

| Год   | 1 квартал | 2 квартал | 3 квартал | 4 квартал |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1995  |           |           | 1,07      | 0,74      |
| 1996  | 0,91      | 1,39      | 1,04      | 0,63      |
| 1997  | 0,98      | 1,32      | 1,00      | 0,66      |
| 1998  | 1,00      | 1,42      | 0,94      | 0,64      |
| 1999  | 1,01      | 1,37      |           |           |
| Итого                                       | 3,90      | 5,50      | 4,05      | 2,67      |
| Средний индекс сезонных колебаний           | 0,975     | 1,375     | 1,0125    | 0,6675    |
| Скорректированный индекс сезонных колебаний | 0,97      | 1,37      | 1,00      | 0,66      |

Средний индекс сезонных колебаний рассчитываем путем деления суммы индексов за данный квартал на количество данных: для 1 квартала:  $3,90:4 = 0,975$  и т.д.

Полученные средние индексы сезонных колебаний проверяют на точность расчета. Среднее значение всех квартальных индексов не должна превышать 1. В нашем случае:  $(0,975 + 1,375 + 1,0125 + 0,6675): 4 = 1,0075$ . Следовательно его необходимо скорректировать, уменьшив на 0,0075.

Завершающая стадия – *составление прогноза*. Для этого берут центрированную скользящую среднюю за определенный период и умножают на скорректированный индекс сезонных колебаний. Для 2000 года мы должны взять центрированную скользящую среднюю за 1 квартал 1999 года (316) и умножить на скорректированный индекс сезонных колебаний за 1 квартал (0,97): 1квартал 2000 года =  $316*0,97 = 307$  и т.д.



Спасибо за внимание