

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

Нагметуллаев Айдос Абатбай-улы

Магистр Ташкентского Государственного Экономического Университета

Аннотация

В статье рассматриваются основные статистические методы анализа и прогнозирования временных рядов. Актуальность исследования обусловлена широким применением статистических методов при изучении экономических, социальных, демографических и производственных процессов. Временные ряды позволяют исследовать изменение показателей во времени, выявлять закономерности, сезонные колебания и тенденции развития. В работе рассматриваются понятие временного ряда, его основные компоненты, методы сглаживания данных, скользящая средняя, экспоненциальное сглаживание, анализ тренда и показатели точности прогнозирования. Особое внимание уделяется практическому значению статистического прогнозирования и его ограничениям. Сделан вывод о том, что применение методов статистического анализа временных рядов позволяет повысить обоснованность управленческих решений и получить количественную оценку будущего развития исследуемых процессов.

Ключевые слова: статистика, временной ряд, прогнозирование, тренд, сезонность, скользящая средняя, экспоненциальное сглаживание, статистический анализ.

Введение

Современное развитие экономики, науки и общества сопровождается постоянным накоплением статистической информации. Практически любое явление можно представить в виде числовых показателей, изменяющихся во времени. К таким показателям относятся объем производства, уровень инфляции, численность населения, продажи товаров, доходы населения, уровень безработицы, объем экспорта и импорта и многие другие показатели.

**FAN, TA'LIM, TEXNOLOGIYA VA ISHLAB CHIQARISH
INTEGRATSIYASI ASOSIDA RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI
RESPUBLIKA ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
VOLUME-3, ISSUE-09**

Изучение динамики статистических показателей имеет большое значение, поскольку информация о прошлом позволяет выявлять закономерности развития исследуемого явления и использовать их для построения прогнозов. Для этой цели в статистике широко применяются методы анализа временных рядов.

Временным рядом называется последовательность статистических значений определенного показателя, расположенных в хронологическом порядке. Например, данные о годовом объеме производства предприятия за десять лет образуют временной ряд. Анализ такого ряда позволяет определить, увеличивается или уменьшается показатель, насколько быстро происходят изменения и существуют ли регулярные колебания.

Актуальность исследования временных рядов связана с необходимостью принятия решений в условиях неопределенности. Государственные органы используют прогнозы при разработке социально-экономических программ, предприятия — при планировании производства и продаж, финансовые организации — при анализе экономических показателей. Поэтому развитие методов статистического прогнозирования является важным направлением современной прикладной статистики.

Целью данной работы является рассмотрение основных статистических методов анализа и прогнозирования временных рядов и определение возможностей их практического применения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть понятие и структуру временного ряда;
- изучить основные методы анализа динамики;
- охарактеризовать методы сглаживания данных;
- рассмотреть способы выявления тренда и сезонности;
- изучить основные подходы к статистическому прогнозированию;
- определить показатели оценки точности прогнозов.

1. Понятие и структура временного ряда

В статистике временной ряд представляет собой упорядоченную совокупность значений статистического показателя, относящихся к последовательным моментам или периодам времени.

**FAN, TA'LIM, TEXNOLOGIYA VA ISHLAB CHIQARISH
INTEGRATSIYASI ASOSIDA RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI
RESPUBLIKA ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
VOLUME-3, ISSUE-09**

В зависимости от характера изучаемого показателя выделяют моментные и интервальные временные ряды. Моментный ряд характеризует состояние явления на конкретный момент времени. Например, численность населения страны на начало каждого года. Интервальный ряд отражает результат процесса за определенный период. Например, объем произведенной продукции за каждый месяц.

Основными элементами временного ряда являются время и уровень ряда. Время обозначается как t , а соответствующее ему значение показателя — как y_t .

Одной из главных задач анализа временных рядов является выявление закономерностей изменения показателя. Для этого используются абсолютные и относительные показатели динамики.

Абсолютный прирост показывает, насколько изменился показатель по сравнению с предыдущим или базисным периодом:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1}.$$

Если результат положительный, показатель увеличился, а если отрицательный — уменьшился.

Темп роста определяется отношением текущего уровня к предыдущему:

$$T_p = \frac{y_t}{y_{t-1}} \cdot 100\%.$$

Темп прироста показывает относительное изменение показателя:

$$T_{\text{пр}} = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}} \cdot 100\%.$$

Рассмотрим условный пример. Предположим, объем продаж предприятия составил в 2022 году 10 млн сум, в 2023 году — 12 млн сум, а в 2024 году — 15 млн сум.

Абсолютный прирост в 2023 году по сравнению с 2022 годом составит:

$$12 - 10 = 2 \text{ млн сум.}$$

Темп роста составит:

$$1210 \cdot 100\% = 120\%.$$

Следовательно, объем продаж увеличился на 20%.

В 2024 году абсолютный прирост относительно 2023 года равен:

$$15 - 12 = 3 \text{ млн сум.}$$

Темп роста:

$$1512 \cdot 100\% = 125\%.$$

Таким образом, статистические показатели динамики позволяют не только определить направление изменения показателя, но и количественно оценить скорость его изменения.

2. Основные компоненты временного ряда

Изменение временного ряда обычно определяется несколькими составляющими. К основным компонентам относятся тренд, сезонность, циклические колебания и случайная составляющая.

Тренд представляет собой долгосрочное направление изменения показателя. Он может выражаться в устойчивом росте, снижении или относительно стабильном состоянии.

Например, постепенный рост численности населения в течение нескольких десятилетий может рассматриваться как долгосрочная тенденция.

Сезонная составляющая связана с регулярными изменениями показателя внутри года. Сезонность характерна для многих экономических процессов. Например, объем продаж некоторых товаров может значительно увеличиваться в определенные месяцы года.

Циклические колебания связаны с более длительными периодическими изменениями. Они могут наблюдаться, например, в экономической активности.

Случайная составляющая отражает влияние факторов, которые невозможно полностью предсказать заранее. К ним относятся неожиданные изменения

спроса, природные явления, внешние экономические события и другие обстоятельства.

В общем виде временной ряд можно представить следующим образом:

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + E_t, Y_{-t} = T_{-t} + S_{-t} + C_{-t} + E_{-t},$$

где T_t — трендовая составляющая, S_t — сезонная составляющая, C_t — циклическая составляющая, E_t — случайная составляющая.

В некоторых моделях используется мультипликативное представление:

$$Y_t = T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot E_t, Y_{-t} = T_{-t} \cdot S_{-t} \cdot C_{-t} \cdot E_{-t}.$$

Выбор модели зависит от характера исследуемых данных.

3. Методы сглаживания временных рядов

Реальные статистические данные часто содержат значительные случайные колебания. Поэтому перед построением прогноза бывает необходимо сгладить временной ряд.

Одним из наиболее распространенных методов является **метод скользящей средней**.

При использовании простой скользящей средней рассчитывается среднее значение нескольких последовательных наблюдений. Например, трехчленная скользящая средняя определяется по формуле:

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-1} + y_t + y_{t+1}}{3}.$$

Предположим, объем продаж за три последовательных месяца составляет 100, 120 и 140 единиц. Тогда трехмесячная скользящая средняя равна:

$$\bar{y} = \frac{100 + 120 + 140}{3} = 120.$$

Сглаживание позволяет уменьшить влияние случайных колебаний и лучше увидеть общую тенденцию.

Недостатком простой скользящей средней является то, что при выборе большого периода сглаживания информация о последних наблюдениях может иметь недостаточный вес. Кроме того, крайние значения ряда могут не иметь соответствующих сглаженных значений.

Другим методом является **экспоненциальное сглаживание**. В его основе лежит идея о том, что более поздние наблюдения должны иметь больший вес при прогнозировании будущего значения.

Простейшая модель экспоненциального сглаживания имеет вид:

$$S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) S_{t-1}, S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) S_{t-1},$$

где S_t — сглаженное значение, Y_t — фактическое значение показателя, S_{t-1} — предыдущее сглаженное значение, а α — коэффициент сглаживания, принимающий значения от 0 до 1.

Если α близко к 1, прогноз сильнее реагирует на последние изменения данных. Если α имеет небольшое значение, модель сильнее учитывает предыдущие значения.

Таким образом, выбор параметра сглаживания имеет важное значение для качества прогноза.

4. Анализ тренда

Одной из основных задач статистического анализа временных рядов является определение тенденции развития показателя.

Для этого может использоваться метод аналитического выравнивания. При линейном тренде зависимость показателя от времени представляется уравнением:

$$Y_t = a + bt, Y_t = a + bt,$$

где a — уровень показателя при условном начальном моменте времени, а b — среднее изменение показателя при увеличении времени на одну единицу.

**FAN, TA'LIM, TEXNOLOGIYA VA ISHLAB CHIQARISH
INTEGRATSIYASI ASOSIDA RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI
RESPUBLIKA ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
VOLUME-3, ISSUE-09**

Если $b > 0$, наблюдается тенденция к росту, а если $b < 0$, показатель имеет тенденцию к снижению.

Рассмотрим условный пример. Предположим, что в течение пяти лет объем производства предприятия составлял:

Год Объем производства

2020 100

2021 108

2022 115

2023 123

2024 130

Видно, что показатель в целом увеличивается. Для более точного определения тенденции можно построить линейную модель тренда.

Одним из распространенных способов оценки параметров линейного тренда является метод наименьших квадратов. Суть метода заключается в нахождении такой линии, которая минимизирует сумму квадратов отклонений фактических значений от расчетных.

После определения параметров уравнения можно использовать его для оценки будущих значений показателя. Однако полученный прогноз необходимо интерпретировать осторожно, поскольку продолжение выявленной тенденции в будущем не гарантируется.

5. Прогнозирование временных рядов

Статистическое прогнозирование представляет собой процесс получения оценок будущих значений показателя на основе имеющейся информации.

Прогноз может быть краткосрочным, среднесрочным или долгосрочным. Краткосрочные прогнозы часто используются для оперативного планирования, а долгосрочные — для стратегического анализа.

Простейшим способом прогнозирования является использование среднего уровня ряда. Однако такой подход целесообразен преимущественно в случаях, когда показатель не демонстрирует выраженной тенденции.

Если в данных наблюдается тренд, может применяться линейная модель:

$$Y^t = a + bt, \hat{Y}_t = a + bt.$$

Для данных с сезонностью необходимо учитывать сезонные факторы. Например, если продажи ежегодно увеличиваются в декабре, прогноз, построенный без учета сезонности, может существенно отличаться от фактического значения.

Современный статистический анализ использует также более сложные модели, включая модели авторегрессии, скользящего среднего и комбинированные модели. Одним из известных классов являются модели ARIMA, которые позволяют учитывать зависимость текущего значения временного ряда от его прошлых значений и ошибок предыдущих прогнозов.

Выбор конкретной модели зависит от структуры данных, продолжительности временного ряда, наличия тренда и сезонности, а также целей исследования.

6. Оценка качества прогнозирования

Построение прогноза не завершается получением прогнозного значения. Важно определить, насколько хорошо модель описывает реальные данные.

Для оценки качества прогноза применяются различные показатели ошибки.

Одним из наиболее простых показателей является средняя абсолютная ошибка:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|, MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|,$$

где Y_t — фактическое значение, $\hat{Y}_t$ — прогнозное значение, а n — количество наблюдений.

Другим показателем является средняя абсолютная процентная ошибка:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|. MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|.$$

Чем меньше значение ошибки, тем ближе прогнозные значения к фактическим.

Однако использование одного показателя ошибки не всегда достаточно. Например, MAPE может создавать проблемы при наличии фактических

значений, близких к нулю. Поэтому при выборе модели необходимо учитывать особенности конкретного набора данных.

Для проверки качества модели целесообразно разделять данные на обучающую и тестовую части. На обучающей выборке модель строится, а на тестовой оценивается ее способность прогнозировать ранее не использованные наблюдения.

Такой подход позволяет снизить риск того, что модель хорошо описывает прошлые данные, но плохо работает при прогнозировании новых значений.

7. Практическое значение статистического прогнозирования

Статистическое прогнозирование применяется во многих сферах деятельности.

В экономике прогнозы используются для оценки будущих объемов производства, потребительского спроса, цен и других показателей. Предприятия могут использовать прогнозирование для планирования запасов, производства и финансовых ресурсов.

В демографии статистические модели позволяют исследовать изменение численности населения, рождаемости, смертности и миграционных процессов.

В сфере торговли анализ временных рядов применяется для оценки спроса на продукцию. Например, магазин может изучить данные о продажах за несколько лет и определить, в какие месяцы спрос на конкретные товары увеличивается.

В государственном управлении прогнозирование может использоваться для подготовки социально-экономических программ и оценки будущих потребностей в ресурсах.

Вместе с тем статистический прогноз не является гарантированным описанием будущего. Он основан на определенных предположениях и имеющейся информации. Если структура исследуемого процесса существенно изменяется, прогнозная модель может потерять точность.

Например, модель, построенная на данных периода относительно стабильного экономического развития, может хуже работать при возникновении резких

внешних изменений. Поэтому статистический прогноз необходимо регулярно пересматривать по мере поступления новых данных.

Заключение

Анализ временных рядов является одним из важных направлений статистики, позволяющим исследовать изменение различных социально-экономических и производственных показателей во времени.

В ходе исследования было установлено, что временной ряд может содержать несколько составляющих: тренд, сезонные и циклические колебания, а также случайную составляющую. Их выделение позволяет более глубоко понять характер исследуемого процесса.

Для анализа временных рядов применяются различные статистические методы. К наиболее распространенным относятся расчет показателей динамики, метод скользящей средней, экспоненциальное сглаживание и аналитическое выравнивание. При наличии более сложной структуры данных могут применяться специальные модели прогнозирования.

Особое значение имеет оценка качества полученных прогнозов. Использование MAE, MAPE и других показателей позволяет определить степень расхождения прогнозных и фактических значений. При этом выбор метода оценки должен соответствовать особенностям исследуемых данных.

Таким образом, статистические методы анализа и прогнозирования временных рядов являются эффективным инструментом количественного исследования динамических процессов. Их применение позволяет выявлять тенденции, оценивать закономерности и формировать обоснованные прогнозы. Однако результаты статистического прогнозирования следует рассматривать с учетом ограничений используемой модели, качества исходных данных и возможного изменения условий развития исследуемого процесса.

Список использованной литературы

1. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. — М.: ЮНИТИ-ДАНА.

**FAN, TA'LIM, TEXNOLOGIYA VA ISHLAB CHIQARISH
INTEGRATSIYASI ASOSIDA RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI
RESPUBLIKA ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
VOLUME-3, ISSUE-09**

2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшее образование.
3. Елисеева И. И. Общая теория статистики. — М.: Финансы и статистика.
4. Доугерти К. Введение в эконометрику. — М.: ИНФРА-М.
5. Бокс Дж. Е. П., Дженкинс Г. М., Рейнсел Г. Анализ временных рядов: прогнозирование и управление.
6. Орлов А. И. Эконометрика. — М.: Экзамен.
7. Статистические методы и модели в экономике: учебные и научные материалы по применению методов анализа данных.