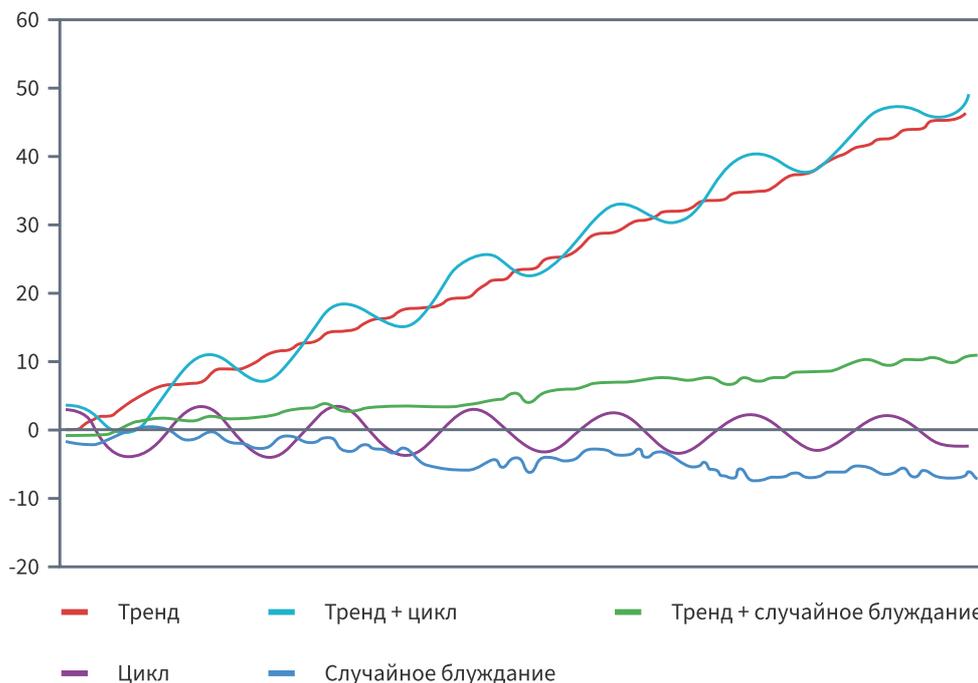


Нестационарность (Non-stationarity)

Нестационарность — это свойство временного ряда, которое выражается в изменении, статистических характеристик, таких как математическое ожидание и дисперсия, с течением времени. Нестационарное поведение ряда может проявляться как тренд, цикличность, сезонность или случайное блуждание, либо их сочетание.

Примеры нестационарного поведения



Нестационарные временные ряды трудно поддаются моделированию и прогнозированию, поскольку результаты, полученные с их использованием часто оказываются ложными: анализ выявляет несуществующие зависимости и закономерности. Для получения корректных и надежных результатов анализа нестационарные временные ряды необходимо преобразовать в стационарные.

Тренд (основная тенденция) временного ряда представляет собой неслучайную функцию, которая формируется под действием долговременных тенденций, влияющих на временной ряд. Модель тренда задается с помощью формулы:

$$Y_t = \beta t + \varepsilon_t,$$

где t — номер элемента ряда (во временных рядах имеет смысл времени), β — величина, показывающая насколько изменяется значение ряда от предыдущего элемента Y_{t-1} к текущему Y_t , ε_t — случайный компонент, значения которого являются независимыми и одинаково распределенными с нулевым средним, т.е. представляет собой белый шум.

Если $\beta > 0$, то тренд является восходящим, в противном случае — нисходящим.

Таким образом, при наличии тренда оказывается, что среднее значение ряда смещается вместе с линейной тенденцией, что и является признаком нестационарности.

Случайное блуждание может быть с трендом или без него. Чистое случайное блуждание может быть представлено с помощью формулы:

$$Y_t = Y_{t-1} + \varepsilon_t.$$

Таким образом, при случайном блуждании значение текущего элемента временного ряда Y_t определяется как значение предыдущего Y_{t-1} плюс шумовая составляющая. Следовательно, модель случайного блуждания выражается через начальное значение и сумму белых шумов.

Математическое ожидание временного ряда, таким образом, равно его начальному значению, а дисперсия будет:

$$V(Y_t) = E\left(\left[\sum_{i=0}^t \varepsilon_i\right]^2\right).$$

Дисперсия временного ряда со случайным блужданием зависит от времени, что и определяет сам факт нестационарности.

Случайное блуждание со смещением. Это разновидность случайного блуждания, в которой значение ряда в момент времени t определяется как предыдущее значение ряда плюс константа (смещение, дрейф) α , плюс компонент белого шума, т.е.

$$Y_t = Y_{t-1} + \alpha + \varepsilon_t.$$

Сезонность является еще одним источником нестационарности временного ряда и представляет собой колебания, происходящие через определенные промежутки времени. Модель временного ряда с учетом сезонности имеет вид:

$$Y_t = \xi_t + \varepsilon_t,$$

где $\xi_t = a_t \cdot f_t$. Здесь a_t — коэффициент, учитывающий тенденцию;

$(f_t, f_{t-1}, f_{t-2}, \dots, f_{t-n+1})$ — коэффициенты сезонности; n — число фаз в полном цикле сезонности.

Циклическая составляющая представляет собой изменения временного ряда, достаточно плавные и заметные для того, чтобы не включать их в случайную составляющую, но при этом их нельзя отнести ни к тренду, ни к периодической компоненте, ни к случайному блужданию. Она описывает длительные периоды относительного подъема и спада, состоит из циклов, которые меняются по амплитуде и протяженности.

Обычно в моделях временных рядов циклическую составляющую и тренд объединяют в одну тренд-циклическую компоненту:

$$Y_t = \beta t \cdot c_t + \varepsilon_t.$$

Отсутствие нестационарности временного ряда является важным условием получения результатов его корректного прогнозирования. Если ряд является стационарным, это означает, что его статистические характеристики остаются стабильными с течением времени. Иными словами, статистическое поведение стационарных временных рядов будет согласованным во времени.

К наиболее популярным методам определения стационарности во временных рядах можно отнести:

- Расширенный тест Дики-Фуллера (Augmented Dickey-Fuller test, ADF).
- Тест Кватковского-Филлипса-Шмидта-Шина (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test, KPSS).
- Визуальное изучение графика временных рядов и разбивка его на трендовые, сезонные и циклические компоненты.

Одной из ключевых причин, почему временные ряды должны быть приведены к стационарному виду перед их анализом, является то, что многие его методы предполагают стационарность. Например, широко используемая модель ARIMA для прогнозирования временных рядов предполагает, что ряд является стационарными. В противном случае прогнозы будут некорректными.

Временные ряды можно привести к стационарному виду с помощью различных методов, например:

- Дифференцирование – включает в себя удаление тренда путем вычитания последовательных значений ряда друг из друга.
- Декомпозиция временных рядов – разделение временных рядов на трендовые, сезонные и циклические компоненты.
- Логарифмические преобразования – используются для уменьшения трендовой составляющей и стабилизации дисперсии.

Тем не менее преобразование временных рядов к стационарному виду для их последующего анализа нужно производить с осторожностью, поскольку при этом значения ряда искажаются, и анализ может дать некорректные результаты.