

Модель ETS

В основе моделей ETS лежит экспоненциальное сглаживание – метод прогнозирования, при котором значения переменной за все предыдущие периоды входят в прогноз, экспоненциально теряя свой вес со временем. Это позволяет модели с достаточной степенью гибко реагировать на новейшие изменения в данных, сохраняя при этом информацию об историческом поведении временного ряда. Простое экспоненциальное сглаживание выглядит как $\hat{y}_{T+1|T} = \alpha \sum_{i=0}^{\infty} (1 - \alpha)^i y_{t-i}$, где y_t – значение переменной y в момент t , $\hat{y}_{T+1|T}$ – прогноз на период $T + 1$ по значениям y до t , α – калибруемый параметр. Иначе это можно записать по компонентам:

$$\begin{aligned} \text{Прогноз:} \quad & \hat{y}_{t+h|t} = l_t \\ \text{Сглаживание:} \quad & l_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)l_{t-1} \end{aligned}$$

Модели ETS могут быть использованы для прогнозирования рядов с выраженным трендом и сезонностью. В таком случае экспоненциальное сглаживание также используется для оценки вклада последних двух факторов. Каждый из трех компонентов модели – ошибки (Errors), тренд (Trend), сезонный фактор (Seasonality) – может быть специфицирован отдельно, откуда класс моделей и несет свое название. Ошибки ε могут быть аддитивными (A ; $y_{T+1} = l_t + b_t + \varepsilon_{T+1}$) и мультипликативными (M ; $y_{T+1} = (l_t + b_t)(1 + \varepsilon_{T+1})$). Тренд b может отсутствовать (N ; $\hat{y}_{T+h} = l_t$), быть постоянным (A ; $\hat{y}_{T+h} = l_t + hb_t$) или сходиться на нет со временем (A_d ; $y_t = l_t + \phi_h b_t$, $\phi_h = \sum_{i=1}^h \phi^i$). Сезонный фактор s может отсутствовать (N ; $\hat{y}_{T+h} = l_t$), быть аддитивным (A ; $\hat{y}_{T+h} = l_t + s_{t+h-m(k+1)}$, где m – период, $k = [(h - 1)/m]$) или мультипликативным (M ; $\hat{y}_{T+h} = l_t s_{t+h-m(k+1)}$). В итоге, из этого конструктора складывается модель, которая обозначается тремя буквами: например, $ETS(A, A_d, N)$. Калибровка параметров модели производится с помощью минимизации целевой функции – например, суммы квадрата ошибок $\sum_{i=0}^{\infty} \varepsilon_{t-i}$ или функции максимального правдоподобия.

Полная классификация моделей ETS по компонентам приложена ниже:

Источник: Hyndman & Athanasopoulos (2018).

Источники:

Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and Practice*. OTexts.