

ТЕМА 9. АДАПТИВНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ

1. Поняття та класифікація адаптивних методів прогнозування
2. Адаптивні методи при наявності у вхідних даних трендової складової
3. Методи декомпозиції при наявності сезонної складової

1. Поняття та класифікація адаптивних методів прогнозування

З попереднього розгляду методів простої екстраполяції було з'ясовано, що збільшення обсягу ретроспективних даних дозволяє отримувати регресії з більш високим рівнем адекватності.

З іншої сторони, слід визнати, що тенденції соціально-економічного розвитку багаторічної давнини (десятки років тому) не можуть об'єктивно визначати, які процеси будуть відбуватись з об'єктом управління у майбутньому, оскільки за цей час зміни зовнішнього середовища часто мають кардинальний характер.

Наприклад, якщо продукція підприємства була конкурентоспроможною й користувалась попитом на ринку, а обсяг її реалізації зростає, це не означає, що воно буде утримувати лідерство й в майбутньому.

Тому, особливе місце у прогнозуванні займають адаптивні методи та моделі, що враховують вказаний недолік. Їхньою відмінністю є врахування різних рівнів часового ряду з різною вагою. При цьому, події які відбувались раніше, автоматично отримують меншу вагу та ступінь впливу при складанні прогнозу й навпаки. До них відносять:



Рис. 1. Класифікація адаптивних методів прогнозування

Особливості використання цих груп методів:

1. Сфера застосування адаптивних методів першої групи не відрізняється від методів простої екстраполяції, а саме: діаграма розсіювання вхідних даних повинна чітко вказувати на наявність певної узагальнюючої тенденції зміни цільового показника в часі. До їх складу належать:

- метод ковзної середньої – полягає в усередненні суміжних рівнів часового ряду за формулою простої середньої. Адаптація полягає у виборі ширини цього інтервалу й обґрунтовується експериментальним шляхом. Ковзна середня виступає методичною основою наступного методу гармонійних ваг. Фільтрація даних за допомогою ковзної середньої дозволяє зменшувати випадковий шум, з метою виявлення основного тренду;

- метод гармонійних ваг – заснований на екстраполяції тренду, отриманого методом ковзної середньої. Апроксимація до цих даних виконується відрізками лінії, точки якої зважуються за допомогою гармонійних ваг;

- метод експоненційного згладжування – передбачає, що вага кожного попереднього рівня часового ряду зменшується за експоненційною функцією. ще один метод математичного перетворення динаміки економічних показників при їхньому прогнозуванні. На вхід даного методу послідовно подаються рівні динамічного ряду, а на виході отримуємо експоненційні середні величини, відповідно до обраного параметру адаптації. Чим меншим є його значення, тим сильнішою є фільтрація вхідного шуму. Може використовуватись лише для короткострокового прогнозування. Перевагами даного підходу до прогнозування є висока відповідність загальному тренду та низька реакція на випадкові коливання. Відповідно, недоліком є систематична похибка, якщо вхідні дані мають тенденцію лінійного зростання. Також, не враховується фактор сезонності;

- метод лінійного згладжування – його призначенням є неможливість використання експоненційного згладжування для вхідних даних, що мають лінійну динаміку розвитку. Отже, даний метод має обмежену сферу застосування;

- метод авторегресій – виходить з того, що майбутні значення економічних показників пов'язані лінійним взаємозв'язком із визначеною кількістю попередніх значень. Дане припущення можна застосовувати лише для опису стаціонарних випадкових процесів, характерною особливістю яких є незмінність ймовірнісних властивостей досліджуваного ряду в часі. За певного удосконалення, такі авто регресійні моделі також можна використовувати для прогнозування сезонних коливань;

- модель ARIMA – поєднує модель авторегресії та ковзної середньої. Може застосовуватись для стаціонарних динамічних рядів, або нестаціонарних, шляхом їх приведення до стаціонарних.

Важливою науковою проблемою першої групи методів є вибір та обґрунтування значень параметрів адаптації (співвідношення між вагами теперішніх й минулих спостережень). На сьогоднішній день вона не вирішена

й в кожному конкретному випадку розглядається окремо, в залежності від мети аналізу.

2. Декомпозиція зводиться до окремого виділення основного тренду, сезонних коливань та оцінки випадкових відхилень. До складу цієї групи входять:

- модель Хольта-Уінтерса – в основі даної моделі покладені результати експоненційного згладжування, які коригуються на сезонний профіль;

- модель Тейла-Вейджа – дана модель базується на основі лінійного згладжування, яке також коригується на сезонний профіль.

3. Як зазначалось вище, фундаментальною проблемою прогнозування є вибір параметру адаптації, який впливає на якість прогнозу. В більшості випадків, виконується серія прогнозів з різними параметрами, оцінюється їхня адекватність та обирається найкращий. Одночасно із цим, поступово з'являються методи, де сам параметр адаптації починає автоматично адаптуватись до вхідних даних. Саме тому було виділено окрему групу методів адаптивного згладжування: метод контрольного сигналу стеження, модель Тригга-Лича та інші.

4. Швидкий розвиток інформаційних технологій зумовив появу методів адаптивної селекції та композиції:

- адаптивна селекція моделей прогнозування – передбачає автоматизовану побудову та вибір найкращої прогнозної функції з переліченої вище множини методів та моделей;

- адаптивна композиція моделей прогнозування – в даному випадку кінцевий результат прогнозування формується на основі зважування різних методів зі складу базової множини.

2. Адаптивні методи при наявності у вхідних даних трендової складової

Метод ковзних середніх – це метод короткострокового прогнозування, заснований на процедурі згладжування (фільтрації) його рівнів. Згладжений часовий ряд має меншу варіацію, тому краще відображає дію основних факторів.

На практиці переважно використовують лінійні фільтри з інтервалом згладжування m , тобто:

$$\bar{y}_{n+1} = \frac{y_{n-m} + y_{n-m+1} + \dots + y_n}{m}$$

Відповідно до наведеної формули, якщо інтервал згладжування $m = 3$, прогнозне значення рівня ряду буде розраховуватися по формулі:

$$\bar{y}_{n+1} = \frac{y_{n-2} + y_{n-1} + y_n}{3} = \frac{1}{3}y_{n-2} + \frac{1}{3}y_{n-1} + \frac{1}{3}y_n$$

Ковзна середня з однаковими ваговими коефіцієнтами для кожного рівня ряду (у розглянутому випадку ваговий коефіцієнт дорівнював 1/3) погашає не тільки випадкові, а й властиві для конкретного періодичного ряду коливання.

В таблиці нижче для вхідного часового ряду Y методом ковзних середніх розраховані значення $Y_{КС}$ з інтервалом згладжування $m = 3$. Для останнього інтервалу часу ($t = 14$) розраховане прогнозне значення:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Y	4,63	9,8	9,42	13,31	8,4	14,12	17,2	15,65	13,5	15,6	20,4	22,6	23,8	
Y _{КС}				7,95	10,84	10,38	11,94	13,24	15,66	15,45	14,92	16,5	19,53	22,27

Графічно, вхідний та отриманий ряди динаміки мають вигляд, рис. 2.

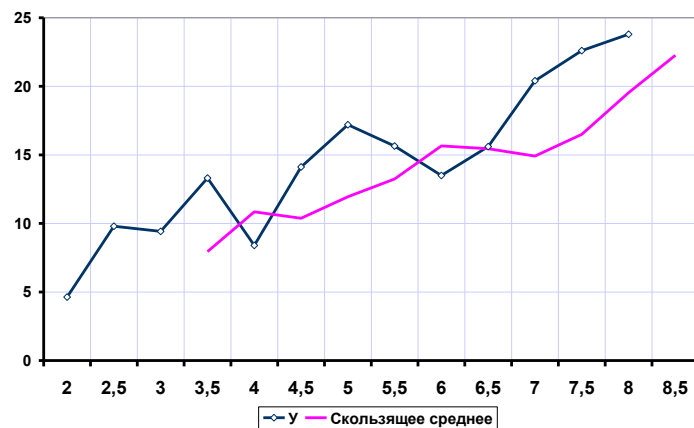


Рис. 2. Прогнозування методом ковзних середніх

Подальший розвиток методу ковзних середніх приводить до використання зважених ковзних середніх, тобто, кожному рівню ряду, в межах інтервалу згладжування, відповідає певна вага.

Метод експоненційного згладжування – є найбільш популярним методом прогнозування часових рядів. Він базується на припущенні, що майбутнє значення ряду залежить від попередніх значень, але вага кожного попереднього значення експоненційно зменшується з часом.

Існують різні варіації даного методу, такі як:

1. Просте експоненційне згладжування;
2. Подвійне експоненційне згладжування;
3. Тривимірне експоненційне згладжування тощо.

На практиці найчастіше використовуються перші два. Розглянемо їх більш детально.

1. Просте експоненційне згладжування, формули якого мають вигляд:

$$S_0 = Y_1$$

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

Де S_t – значення експонентної середньої в момент часу t ;
 S_{t-1} – значення експонентної середньої в момент часу $t-1$;
 Y_t – рівень тимчасового ряду в момент часу t ;
 α – вага t -ого рівня тимчасового ряду (параметр згладжування).

Зазвичай, значення параметру α обирається експериментальним шляхом й найчастіше належить інтервалу $0,01 \dots 0,3$.

Незважаючи на свою простоту, даний метод є ефективним й використовується для прогнозування часових рядів в різних областях, таких як фінанси, логістика, та інші. Однак, прогнозування може здійснюватися лише на 1 період наперед.

2. Подвійне експоненційне згладжування.

Для розрахунку параметру згладжування α запропонована наступна формула:

$$\alpha = \frac{2}{n+1}$$

Де n – кількість спостережень вхідного часового ряду.

Далі, на основі вхідних даних обчислюють параметри лінійної регресії $Y = a_0 + a_1 t$. Для цього можна використовувати вбудовану функцію Microsoft Excel `=ЛИНЕЙН()`.

Обчислені параметри лінійної регресії a_0 та a_1 використовуються для розрахунку початкових значень експоненційних середніх S_0 :

$$S_0^{[1]} = a_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} a_1; \quad S_0^{[2]} = a_0 - \frac{2 \times (1-\alpha)}{\alpha} a_1$$

Експоненційна середня першого порядку обчислюється за формулою:

$$S_t^{[1]} = \alpha y_t + (1-\alpha) S_{t-1}^{[1]}$$

де S_t – значення експонентної середньої в момент часу t ;
 S_{t-1} – значення експонентної середньої в момент часу $t-1$;
 y_t – рівень часового ряду в момент часу t ;
 α – вага t -ого рівня тимчасового ряду (параметр згладжування)..

Щоб уточнити тенденцію, процедуру згладжування повторюють, обчислюючи експонентну середню другого порядку:

$$S_t^{[2]} = \alpha S_t^{[1]} + (1-\alpha) S_{t-1}^{[2]}$$

На основі останніх значень розрахованих експоненційних середніх, обчислюють коефіцієнти b_0 та b_1 :

$$b_0 = 2S^{[1]} - S^{[2]}; \quad b_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha} \times (S^{[1]} - S^{[2]})$$

Тоді, прогнозування рівнів часового ряду виконується за формулою:

$$Y_{\text{расчети}} = b_0 + b_1 T$$

Де T – номер періоду прогнозування ($T = 1, 2, \dots$)

3. Методи декомпозиції при наявності сезонної складової

Метод Хольта-Вінтерса включає три основні компоненти: рівень (level), тренд (trend) та сезонність (seasonality). Формули оновлення для цих компонентів виглядають наступним чином:

1. Рівень (Level):

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

2. Тренд (Trend):

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

3. Сезонність (Seasonality):

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

Де s – тривалість сезонного періоду

4. Прогноз (Forecast):

$$F_{t+h} = L_t + hT_t + S_{t+h-s}$$

Де h – горизонт прогнозування

У цих рівняннях:

Y_t – значення часового ряду в момент часу t ;

L_t – рівень часового ряду в момент часу t ;

T_t – тренд часового ряду в момент часу t ;

S_t – сезонність часового ряду в момент часу t ;

α, β, γ – коефіцієнти згладжування, які визначають ваги спостережень, тренду та сезонності, відповідно.