

Сіданченко В.В., аспірант кафедри безпеки інформації та телекомунікацій

Науковий керівник: Гусєв О.Ю., к.ф.-м.н., професор кафедри безпеки інформації та телекомунікацій

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

ФРАКТАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ І ПРОГНОЗУ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЧАВУНУ НА ВИПУСКУ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

Характерні особливості доменного виробництва зумовлюють необхідність проведення досліджень властивостей часових рядів, якими представлені результати хімічного аналізу чавуну на випуску [1].

Дана робота передбачає обґрунтування гіпотези про фрактальний (самоподібний) характер часових рядів, якими представлені результати хімічного аналізу чавуну на випуску, а також розробку модифікованого алгоритму калманівської фільтрації для оцінки та прогнозу реальних даних.

Аналіз часових рядів на самоподібність виконувався на основі реальних даних про вміст кремнію в чавуні, отриманих у різні часові періоди на доменній печі №3 (ДП-3) Маріупольського металургійного комбінату ім. Ілліча (ММК) за допомогою показника Херста «Н».

Розрахункові значення показника Херста склали $H = 0,9866 \pm 0,1329$, що підтвердило гіпотезу про самоподібний характер процесів. Оцінка показника Н виконувалася методом R/S-аналізу [2].

Для оцінки та прогнозу часових рядів, що представляють дані про хімічний аналіз, було запропоновано алгоритм, що ґрунтується на модифікації процедури калманівської фільтрації.

Відомо, що рівняння фільтра Калмана можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned}\hat{X}_n &= F_n \hat{X}_{n-1} + K_n [S_n - H_n F_n X_{n-1}] \\ K_n &= A_n H_n^T [H_n A_n H_n^T + R]^{-1} \\ A_n &= F_n P_{n-1} F_n^T \\ P_n &= A_n - K_n H_n A_n.\end{aligned}\tag{1}$$

де: \hat{X}_n - оціночний вектор стану; F_n - матриця переходу зі стану $n - 1$ в n ; K_n - коефіцієнт підсилення фільтра Калман (ФК); S_n - виміряне значення сигналу; P_n - матриця коваріації станів; H_n - матриця умов вимірювання. Індекс "Т" означає транспонування матриці.

Рівняння (1) можна застосовувати для отримання оцінки, якщо матриця переходу F_n відома. На практиці, як правило, аналітичний вираз для сигналу, що оцінюється, невідомо, тому нами запропонована наступна модифікація ФК.

Відомо, що сигнал довільної форми можна подати у вигляді розкладання в ряд, наприклад, ряд Тейлора. Обмежившись членами не вище m порядку, для кожного елемента матриці F можна записати:

$$F_{ij} = \begin{cases} \frac{j!}{i!(j-i)!} - (j-i), & 0 \leq i \leq m, i \leq j \leq m, \\ 0, & j < i. \end{cases} \quad (2)$$

Розбіжність ФК, пов'язана, переважно, з кінцевим значенням m , контролювалася підрахунком статистики:

$$B_M = \sum_{l=1}^M b_l, \quad B_0 = 0, \quad l = 1, 2, \dots, M \quad (3)$$

$$b_l = \text{sgn}(S_l - \hat{X}_l) = \begin{cases} +1, & S_l - \hat{X}_l \geq 0 \\ -1, & S_l - X_l < 0 \end{cases} \quad (4)$$

У разі виконання умови $B_M = h$, де h - порогове значення суми (3), приймається рішення про розлад і процес триває з моменту $n-h$ спочатковими параметрами для (1).

Для реалізації процедури прогнозу достатньо в (1) ввести $H_n = [000]$, а індекс n представити як $n = n + k$, де k - кількість заздалегідь заданих кроків.

Результати роботи алгоритму представлені на рисунку 1, де стовпчаста діаграма відображає результати оцінки (червоний колір) і прогнозу (зелений колір).

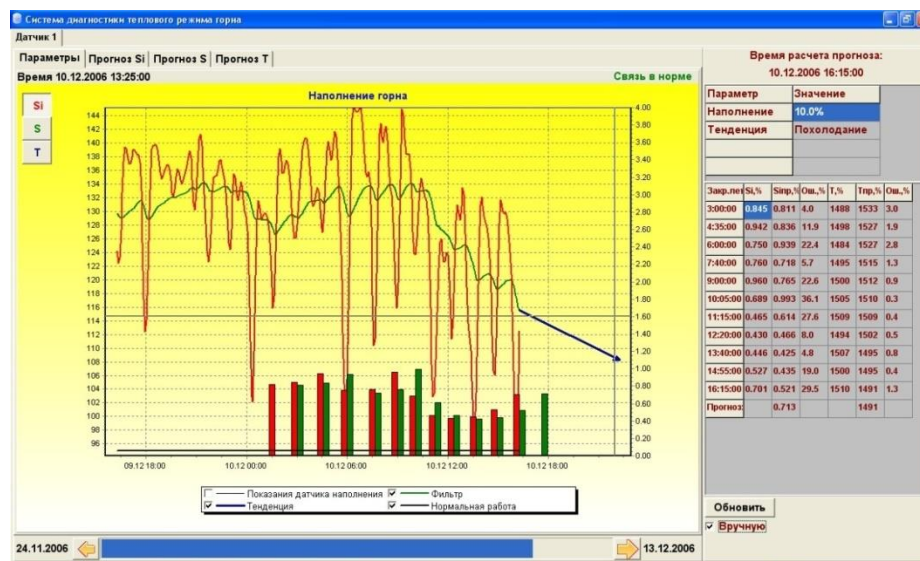


Рисунок 1 - Результаты работы алгоритму

Перелік посилань

1. Gusev O.Yu., Gerasina O.V., Kornienko V.I. Methods and principles of control over the complex objects of mining and metallurgical production. In book "Energy Efficiency Improvement of Geotechnical Systems". – Taylor & Francis Group, London. – 2013. – p.p. 183-192.
2. Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991. – 262 с.

