

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРЕНДІВ НА ОСНОВІ КЛАСИФІКАЦІЙНОГО ПІДХОДУ

Анотація. Показано переваги застосування класифікаційного підходу до аналізу технологічних трендів. Проілюстровані вимоги до вибору часового ряду та його ознак, типу класифікатора. Наведено результати аналізу часового ряду температури в другій зоні дифузійної установки застосуванням бінарного класифікатора.

Ключові слова: технологічний об'єкт (ТО), часовий ряд, класифікаційний підхід, аналіз технологічного тренду.

Сьогодні на промислових підприємствах країни все більш актуальним постає питання підвищення ефективності виробництва на основі поточних технологічних змінних процесу – трендів. Сучасні статистичні методи, що базуються на точнісних діаграмах, добре зарекомендував себе на дискретних виробництвах, однак для неперервних виробництв вони виявилися неефективними, оскільки стан «статистичного контролю» не характерний для неперервних ТО і є наслідком усунення збурюючі факторів, що діють на об'єкт.

Основне завдання аналізу технологічних змінних – це своєчасне виявлення нештатних (передаварійних) ситуацій на ТО для подальшого їх усунення та вдосконалення процесу в цілому. Аналіз технологічних трендів неперервного ТО необхідно проводити, в першу чергу, для виявлення стійкості технологічного об'єкта. При цьому під стійкістю ТО розуміють властивість технологічних змінних об'єкта не виходити за межі діапазону, що вказаний в технологічному регламенті. Вказані технологічні змінні, прямо або опосередковано є регульовальними величинами контурів автоматичного керування, і як наслідок постійно знаходяться в перехідних режимах, що зумовлено діючими збуреннями та шумами.

Аналіз технологічних трендів проводиться на основі їх характеристик. Характеристики змінних ТО повинні бути чіткими, зрозумілими, підтвердженими, надійними та вимірюваними, лаконічними, відноситься до однієї області знань. Досліджуючи властивості технологічних змінних, можна зробити висновок: аналіз стійкості ТО на основі технологічних трендів необхідно проводити за інтегральними показниками, враховуючи інерційність об'єкта за каналом керування.

Застосуємо класифікаційний підхід до аналізу технологічних трендів на виявлення нестійкості ТО. Дану задачу також можна віднести до задач виявлення групової аномалій. Нехай дано:

$$X = \{ \mathbf{x}_i = [x_i^1, \dots, x_i^t] \}, i = 1, 2, \dots \quad (1)$$

часові ряди (X), що побудовані з технологічного тренду шляхом ковзної сегментації заданої довжини t . Кожен сегмент часового ряду описується набором ознак $\mathbf{f}(\mathbf{x}) \in R^n$, який може містити як статистичні характеристики сегментів часових рядів, так і параметри моделі або їх розподіл, що отримуються шляхом апроксимації даних регресійними або іншими типами моделей. Крім того, для технологічних трендів обов'язково необхідно включати інтегральні показники, наприклад:

$$f_1 = \sum_{j=1}^t |x_j|, \quad (2)$$

або векторні норми, наприклад:

$$f_2 = \|\mathbf{x}\|_1 = \sum_{j=1}^t |x_j|, \quad f_3 = \|\mathbf{x}\|_2 = \left(\sum_{j=1}^t |x_j|^2 \right)^{1/2}, \quad f_4 = \|\mathbf{x}\|_\infty = \max_{j=1, \dots, t} |x_j|. \quad (3)$$

Також задані Y – мітки класів на навчальній вибірці $D \subset X \times Y$. Тоді отримуємо алгоритм класифікації часових рядів:

$$a(\mathbf{x}) = b(\mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{g}, t)), \quad (4)$$

де b – алгоритм класифікації; \mathbf{g} – статистичні характеристики трендів і властивості моделей часових рядів; t – час сегментації часового ряду.

Якщо міток класів дві $Y \in [1;-1]$, то за обраними ознаками можна побудувати бінарний класифікатор розпізнавання стійкості чи нестійкості ТО за технологічним трендом. Таким чином, задача поточного контролю стійкості ТО зводиться до перевірки мітки класу за заздалегідь настроєним класифікатором.

Приклад. Використаємо описаний класифікаційний підхід для температури в другій зоні дифузійної установки (відхилення від заданого значення), час в секундах. Як бачимо на проміжку часу [31000 47000] ТО нестійкий так як виходить за межі технологічного регламенту, хоча і стабілізований. Цей проміжок можна взяти за навчальну вибірку.

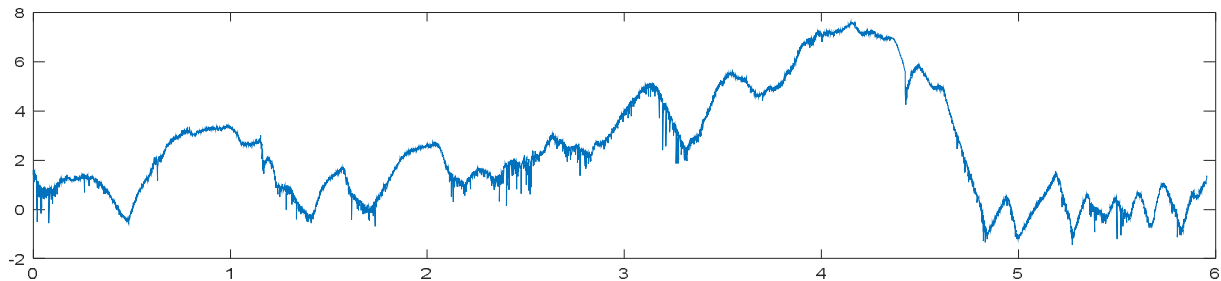


Рис. 1.

В якості ознак обираємо математичне сподівання, середньо-квадратичне відхилення та $\|\mathbf{x}\|_2$ - та $\|\mathbf{x}\|$ -норми сигналів на проміжку $t = 4T$, де T – інерційність об'єкта за каналом керування.

Класифікатор побудовано методом опорних векторів з поліноміальною функцією ядра, а графік перших трьох ознак на навчальній вибірці наведений на рис. 2, а. на рис. 2, б наведено розпізнавання класів на перевірочній вибірці.

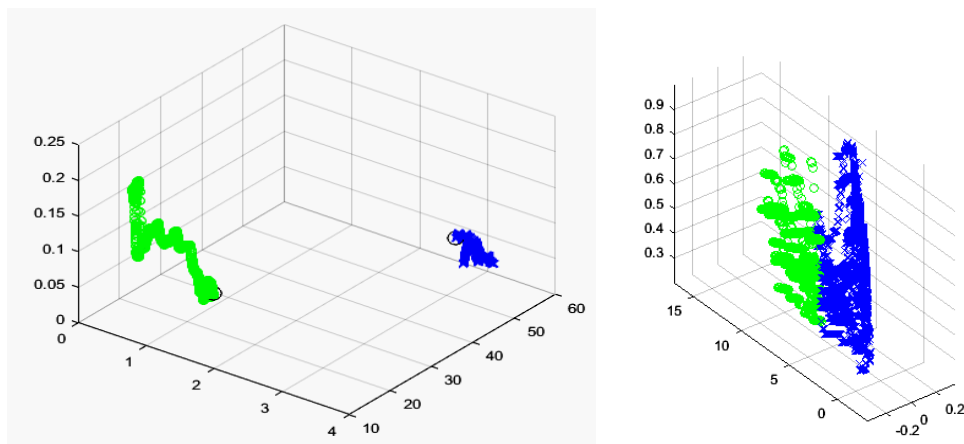


Рис. 2.

Отже, аналіз трендів на основі класифікаційного підходу, доцільно використовувати для аналізу технологічних трендів на виявлення нестійкості ТО. Крім того, кількість класів можна розширити, ввівши поняття стабілізованого ТО, а в класифікатор можна ввести регресійну модель, що буде відслідковувати динаміку зміни технологічної змінної.