

УДК 681.51:664.1.03

*Є.С. Проскурка
В.Д. Кишенько,
канд. техн. наук
Національний університет
харчових технологій*

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ НА ОСНОВІ ПРЕЦЕДЕНТІВ

Розглянуті питання розробки інтелектуальних систем керування технологічними комплексами на основі прецедентного підходу. Запропонована структура підсистеми підтримки прийняття рішень при прецедентному керуванні харчовими виробництвами; охарактеризовані основні її компоненти. Здійснений опис функціонування системи прецедентного керування технологічними комплексами. Наведена методика виділення патернів-прецедентів в часових рядах технологічних змінних цукрового заводу з використанням вейвлет-аналізу, яка передбачає формування бази даних часових рядів, очищення часових рядів від шумів та подальшу їх сегментацію з метою виділення патернів-прецедентів. Встановлені перспективи розвитку інтелектуальних систем керування прецедентного типу, формування баз прецедентів та визначені задачі наукових досліджень в області прецедентного керування технологічними процесами в різних галузях харчової промисловості.

Ключові слова: *прецедентне керування, цукрове виробництво, часовий ряд, вейвлет-аналіз.*

Сучасний етап розвитку систем керування складними технологічними комплексами, до яких відносяться і харчові виробництва, характеризується застосуванням інтелектуальних методів. «Класичні» підходи, що базуються на використанні такого математичного інструментарію, розрахованого на побудові аналітично заданих функціональних залежностей, що зв'язують технологічні та техніко-економічні змінні об'єкта керування з можливим уточненням (адаптацією) параметрів та структури математичної моделі, не враховують всі можливі аспекти поведінки технологічних процесів, що часто приводить до невиправданих втрат при виробництві харчової продукції. Інтелектуальні системи керування на базі динамічних експертних систем чи підсистем підтримки прийняття рішень, в своїй основі побудовані на використанні знань та досвіду спеціалістів у предметній галузі, можуть своєчасно відреагувати в умовах невизначеності на виникнення виробничих ситуацій проблемного характеру, застосовуючи неформалізовані процедури та моделі мислення операторів-технологів.

Пропонується реалізація інтелектуального керування технологічними комплексами харчових виробництв на основі логічного висновку за прецедентами [1] — метод прийняття рішень, коли використовуються знання про ситуації-прецеденти, які мали місце в минулому. Це дозволить значно підвищити ефективність технологічних процесів: на відміну від ситуаційного керування, коли процедуру пошуку рішення здійснюють проходячи всі етапи, при прецедентному керуванні можливе використання рішення, отриманого в подібних умовах з деякою незначною адаптацією до конкретного випадку. Для цього за допомогою методів кластеризації та класифікації формуються на основі експериментальної та апріорної інформації узагальнені образи — класи станів об'єкта [2]. Якщо поточний стан об'єкта керування відповідає певному визначеному класу, то відома така стратегія керування, яка оптимальним чином переводить об'єкт керування в цільовий стан. Прецедент — це подія, яка мала місце в минулому. При виникненні ситуації s , що склалася на об'єкті,

© Є.С. Проскурка, В.Д. Кишенько, 2012

прецедентний аналіз полягає в пошуку в часових рядах прецедентів p , які мали місце в минулому, та надати об'єкту керуючі дії u за такою послідовністю, що надавалися раніше, при аналогічних випадках

$$p = \langle s, u \rangle, s \in OS, u \in OU$$

де S — множина всіх можливих ситуацій, U — множина керуючих дій.

Структурна схема системи підтримки та прийняття рішень на основі прецедентів наведена на рис. 1.

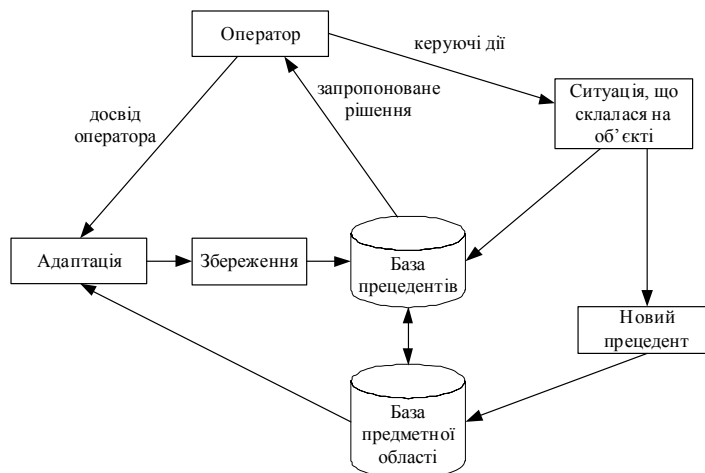


Рис. 1. Структурна схема системи підтримки та прийняття рішень на основі прецедентів

Система підтримки та прийняття рішень на основі прецедентів складається з таких компонентів:

- база прецедентів;
- база предметної області.

В базі предметної області знаходяться інформація про технологічний об'єкт, вказівки по керуванню ним, межі, за які не повинні виходити технологічні змінні при керуванні технологічним об'єктом, та інформація, яка необхідна оператору для ефективного керування цим об'єктом.

В базі прецедентів знаходяться прецеденти, що були занесені, та описують стан технологічного об'єкта раніше і дії оператора при керуванні технологічним об'єктом в даній ситуації.

Наведемо алгоритм функціонування системи підтримки та прийняття рішень на основі прецедентів.

Інформація про стан технологічного об'єкта, тобто значення технологічних змінних, надходить до SCADA-системи, де оператор на моніторі спостерігає цю інформацію. Також ця інформація надходить до системи підтримки та прийняття рішень. В цій системі інформація оброблюється на основі інтелектуального аналізу. Виділений патерн, тобто прецедент, що склався на об'єкті, порівнюють з базою прецедентів та шукають в ній прецеденти, що подібні до даного. Коли такі прецеденти були знайдені, то оператору система підтримки та прийняття рішень видає пораду у вигляді дій, які виконувалися в минулому при керуванні об'єктом в такій же ситуації. Виходячи з цього, оператор приймає рішення по керуванню технологічним об'єктом.

Якщо при пошуку в базі прецедентів не було знайдено прецедентів, подібних до даної ситуації, тоді опираючись на свій досвід роботи та інформацію, що знаходиться в базі предметної області, оператор приймає рішення по керуванню об'єктом в даній ситуації (процес адаптації). Виконані дії оператора та прецедент, що склався на об'єкті зберігаються в базі прецедентів.

В базі прецедентів прецеденти зберігаються групами, тобто кластерами. Прецеденти мають певні ознаки, за якими їх віднесли до певного кластеру. Ці ознаки в прецедентах знаходяться за допомогою методів розпізнавання образів.

Пошук прецедентів в часових рядах проводиться наступним чином. В часовому ряді витрати дифузійного соку, що наведений на рис. 2, проводиться фільтрація, видалення шумів, за допомогою дискретного вейвлет-перетворення [3].

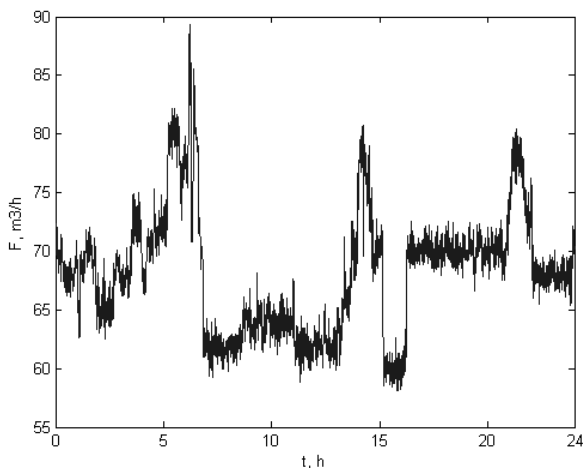


Рис. 2. Часовий ряд витрати дифузійного соку

Під час фільтрації сигнал розкладається до третього рівня за допомогою материнського вейвлета Добеші другого порядку:

$$\psi(t) = \sqrt{2} \sum_{k=0}^{2M-1} g_k \varphi(2\pi - k) \quad (1)$$

де $g_k = (-1)^k h_{2M-k-1}$, $\varphi = \begin{cases} 0, & \pi < 0 \text{ і } \pi \geq 1 \\ 1, & 0 \leq \pi \leq 1 \end{cases}$, M (ціле число) — число коефіцієнтів h .

У відфільтрованому від шумів ряді (рис. 3) для виділення в ньому патернів необхідно провести сегментацію. Для сегментації часового ряду витрати дифузійного соку спочатку проведемо неперервний вейвлет-аналіз [4]:

$$W_{a,b} = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_{a,b}(t) f(t) dt \quad (2)$$

де $\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$, $\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$ — функція материнського вейвлета, a — коефіцієнт масштабу; b — коефіцієнти зсуву; $f(t)$ — функція, що досліджується.

Розклад проводився за допомогою материнського вейвлета Добеші другого порядку (1). Отримуємо спектрограму (рис. 4), що складається з коефіцієнтів a та b .

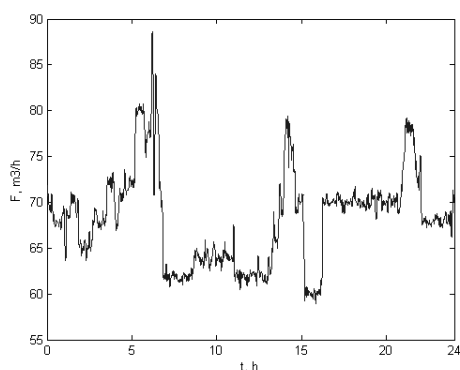


Рис. 3. Очищений від шумів часовий ряд витрати дифузійного соку

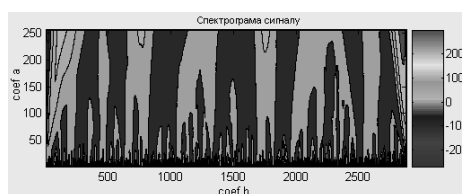


Рис. 4. Спектрограма розкладеного сигналу

На отриманій спектрограмі масштаб a змінюється від 0 до 256, тобто від високих частот на маленьких масштабах до низьких частот на великих масштабах. Для сегментації візьмемо масштаб $a = 128$, таким чином будемо аналізувати сигнал на низьких частотах, де він має більшу інформативність. На рис. 5 зображено результати сегментації. Сегментація проводилася за наступною формулою:

$$\text{local max}(W_{a,b}) > \overline{W}_{a,b} \quad (3)$$

На рис. 6 зображено виділені сегменти в часовому ряді. Виділені сегменти є патернами, що підлягають кластеризації та занесенню в базу прецедентів.

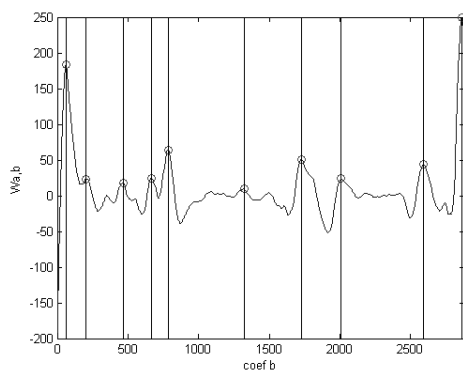


Рис. 5. Визначення меж сегментів

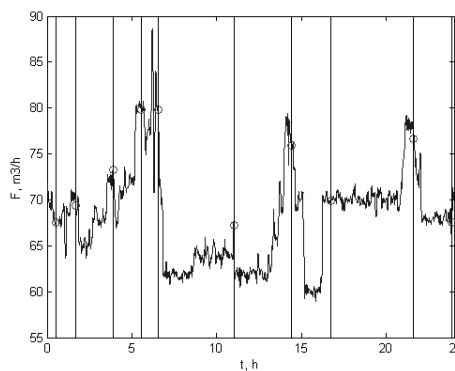


Рис. 6. Результати сегментації часового ряду

Висновки

Запропонований прецедентний підхід до керування складними технологічними комплексами харчових виробництв, який дозволяє підвищити ефективність керування завдяки використанню встановлених патернів поведінки об'єкта керування в минулому. Розглянутий алгоритм та структура інтелектуальної системи прецедентного керування.

Методика визначення прецедентів за часовими рядами технологічних змінних об'єкта керування побудована на сучасних засадах вейвлет-аналізу та розпізнавання образів. Подальші дослідження будуть направлені на формування баз прецедентів в цукровій, спиртовій та пивоварній промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нечипоренко О.А. Использование технологии Case-Based Reasoning в проектировании программных систем / О.А. Нечипоренко // Перспективные информационные технологии и информационные среды. — Таганрог. — 2002. — № 3. — С. 27 — 32.
2. Карпов Л.Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов. / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин // М.: Труды ИСП РАН. — 2007. — С. 135 — 155.
3. Кишенько В.Д. Фільтрація вхідної інформації в підсистемах технологічного моніторингу систем керування цукровим виробництвом. / В.Д. Кишенько, Є.С. Проскурка // Х.: «Восточно-Европейский журнал передовых технологий», (Математика и кибернетика — фундаментальные и прикладные аспекты). — 4/8 (40). — 2009. — С. 16 — 20.
4. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. / Н.К. Смоленцев // М.: ДМК. — 2005. — 304 с.

*Е.С. Проскурка,
В.Д. Кишенько*

Интеллектуализация процессов управления технологическими комплексами на основе прецедентов

Рассмотренные вопросы разработки интеллектуальных систем управления технологическими комплексами на основе прецедентного подхода. Предложенная структура подсистемы поддержки принятия решений при прецедентном управлении пищевыми производствами; охарактеризованы основные ее компоненты. Осуществленное описание функционирования системы прецедентного управления технологическими комплексами. Приведенная методика выделения паттернов-прецедентов в часовых рядах технологических переменных сахарного завода с использованием вейвлет-анализа, которая предусматривает формирования базы данных часовых рядов, очистки часовых рядов от шумов и дальнейшую их сегментацию с целью выделения паттернов-прецедентов. Установленные перспективы развития интеллектуальных систем управления прецедентного типа, формирования баз прецедентов и определенные задачи научных исследований в области прецедентного управления технологическими процессами в разных отраслях пищевой промышленности.

Ключевые слова: прецедентное управление, сахарное производство, временной ряд, вейвлет-анализ.

*Y. Proskurka,
V. Kyshenko*

Intellection of management of processes technological complexes is on basis of precedents

The considered questions of development of intellectual control system by technological complexes are on the basis of precedent approach. The offered structure of supporting subsystem of making decision is at precedent management of food productions; its basic components are described. Realizable description of the functioning of the system of precedent management technological complexes. The given methodology over of selection of pattern-precedent selection is in the sentinel rows of technological variables of sugar-house with the use of wavelet analyze, that foresees forming of data of these sentinel rows, cleaning of sentinel rows from noises and their further segmentation with the aim of selection of pattern-precedent. There are the set of prospects of the development of intellectual control system of precedent type, forming of bases of

АВТОМАТИЗАЦІЯ

precedents and certain tasks of scientific researches in the area of precedent management technological processes in different branches of food industry.

Keywords: *precedent management, sugar production, sentinel row, wavelet analyze.*

e-mail: mjevgen@meta.ua

Стаття надійшла в редакцію 8.07.2011 року