

НАУКОВІ ПРАЦІ

**НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
ХАРЧОВИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

42

УДК 004.942:378.147

Р.О. Бойко, асп.,
Л.О. Власенко, канд. техн. наук
Національний університет
харчових технологій

ОЦІНКА СТАНУ СКЛАДНОГО ОБ'ЄКТА НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Розглядається підхід до оцінки стану складного динамічного об'єкта на основі аналізу часових рядів — статистичних оцінок та випадкових сигналів. Показана можливість використання карт Шухарта для виявлення відхилень режимів функціонування об'єкта від заданих.

Мета побудови контрольної карти Шухарта — виявлення точок виходу процесу із стійкого стану для подальшого встановлення причин відхилення і їх усунення. Завдання побудови контрольної карти Шухарта: визначити можливості процесу, визначити точки флуктуації, спрогнозувати якість процесу.

Параметр процесу, що виходить, завжди має мінливість унаслідок дії різних шумів. Чинників слабких шумів зазвичай багато, і тому вони частково компенсують один одного. Внаслідок цього в стійкому стані виходу процесу лежать в певному коридорі. Вірогідність виходу параметра за межі коридору під дією лише шумів мала.

Ключові слова: стан динамічного об'єкта, часові ряди, випадкові сигнали, карти Шухарта.

При створенні інформаційних керуючих систем складними об'єктами, насамперед технологічними комплексами (ТК), завжди виникає задача оцінки їх стану, що викликано неперервною зміною як зовнішнього середовища, так і параметрів об'єкта. Таким чином, об'єкти керування є динамічними, для опису їх стану використовуються динамічні моделі — як детерміновані, так і стохастичні. Методи аналізу динаміки складних динамічних об'єктів включають: детерміновані, статистичні, ймовірнісні, логічні, нечіткі та нейромережеві моделі [1]. Різні методи та моделі мають свої особливості: статистичні методи достатньо доступні, для них існує необхідне програмне забезпечення, але потрібні значні обсяги експериментальних даних, а для багатовимірних об'єктів отримати моделі достатньої точності досить складно.

Нейромережеві та логічні, а також методи нечіткої логіки мають кращі можливості щодо отримання моделей з необхідною точністю, але характеризуються відносною складністю. Останнім часом все більшу популярність отримують евристичні методи, засновані на досвіді та інтуїції розробника, які дають можливість конструювати моделі достатньої точності, насамперед, для багатовимірних нелінійних об'єктів.

На основі доступної інформації можлива така постановка задач управління динамічним об'єктом на множині станів функціонування [2, 3]:

- в межах часового інтервалу $[t_1, t_2]$ значення стану Z як багатовимірний ряд — постійне та не змінюється, для задач управління використовується одна модель;
- значення Z — постійне, але йому можуть відповідати кілька моделей, наприклад, для фазових координат;
- змінна Z міняє свої значення, які в реальному часі ідентифікуються та використовуються, наприклад, моделі в координатах стану;
- для змінної Z відома лише підмножина її значень, що визначається аналітичною моделлю;
- можливі суттєві координатні та параметричні збурення, аналітична модель зміни станів функціонування не повністю визначена, що відображається в нелінійному характері тренда часового ряду.

© Р.О. Бойко, Л.О. Власенко, 2012

В технічній літературі для визначення множини станів функціонування динамічного об'єкта використовують різні підходи: підмножина фазового простору з певними властивостями (обмеженнями); сегмент часового ряду; узагальнений опис особливостей фазової траєкторії [2].

Таким чином, розпізнавання станів складного динамічного об'єкта потребує використання сучасних методів, насамперед, розробки інтелектуальних інформаційних моделей на основі інформації у вигляді часового ряду, який може бути нестационарним з нелінійним трендом.

Випадковий процес задається у вигляді, який характеризує стан об'єкта:

$$\{X, Y\} = \{X(t), Y(t), t_1 \leq t \leq t_2, Y(t) = f(x(t), \zeta(t))\} \quad (1)$$

де X — вектор змінних стану об'єкта, який не спостерігається; $Y(t)$ — випадкова векторна функція, яка спостерігається (може бути $Y(t) = Z(t)$); $\zeta(t)$ — шум (перешкода) достатньо загальної природи з обмеженою дисперсією.

Приймається, що часовий фрагмент реалізації випадкового процесу може знаходитись в одній із заданих експертом або за навчальною вибіркою областей (класів) Ω_i , $i = \overline{1, I}$. При цьому виділено $I > 1$ альтернативних гіпотез $\Omega = \{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_I\}$, які характеризують повну групу подій та інтерпретуються як класи станів об'єкта. На реальному об'єкті або його моделі спостерігається випадковий процес у дискретні моменти часу, $t \in \{t_0, t_1, \dots, t_N\}$, $t_j = t_0 + j\Delta$; $j = \overline{0, N}$. Δ — інтервал дискретизації, $\Delta > 0$. Тоді значення реалізації $Y(t)$ на інтервалі $[t_1, t_2]$ відноситься до класу Ω_i , $i = \overline{1, I}$.

Ця задача може розв'язуватись також з використанням навчальної вибірки та інформації від необхідних датчиків, що утворює багатомірний часовий ряд. В теоретичному плані, існує можливість задання неперервного оператора, який взаємно однозначно відображає елементи $f(t, \theta)$ одного метричного простору в елементи іншого, наприклад, за допомогою операторного рівняння:

$$Af(t, \theta) = y(t) + n(t) \quad (2)$$

де θ — вектор параметрів моделі; A — оператор відображення функціональної залежності, наприклад, диференціальне рівняння; n — вектор похибок (помилки) спостережень та моделювання. Розв'язок рівняння (2), тобто визначення його в класі функцій $f(t, \theta)$ за вимірами y , є некоректним, тому що як завгодно малим змінам $Y(t)$ можуть відповідати як завгодно великі зміни $f(t)$. В загальному випадку задача передбачає відновлення функції $f(t)$ за спостережними даними та їх вхідних вимірюваних змінних.

Таким чином, інтелектуальна інформаційна модель для оцінки стану складного динамічного об'єкта, визначається за існуючими вибірками випадкового процесу, для чого:

- розробляються алгоритми розпізнавання, тобто віднесення стану об'єкта до одного з визначених за реалізаціями випадкових процесів;
- визначається вектор залежності до кожного з можливих станів об'єкта;
- синтезується загальне правило, яке забезпечує узгодженість частинних рішень та мінімізацію критерію якості (точності) розпізнавання — середній ризик втрат або ймовірність невірної розпізнавання;
- оцінюється узагальнена здатність множини розроблених алгоритмів розпізнавання та розв'язуючих правил щодо мінімуму обраного критерію якості (ковзний контроль, інформаційні критерії Шеннона, Байеса-Шварца, Акаїке);
- визначається закон розподілу, якому відповідає вибірка, кореляційні і автокореляційні функції;
- діагностується стан об'єкта за допомогою контрольних карт, зокрема карт Шухарта, що застосовуються для вибірок з нормальним законом розподілу.

Для визначення стану об'єкта доцільно використовувати контрольні карти, оскільки їх аналіз інтерпретується як:

- сигнал про те, що в процесі відбулися деякі зміни;
- в якості оцінки величини зміни, для усунення якої необхідна коригувальна дія;

АВТОМАТИЗАЦІЯ

- для визначення оцінок числа подібних випадків в минулому і визначення на їх основі причин, що викликали ці зміни;
- як міра якості продукції для класифікації по періодам [4].

Наприклад, для незалежних змінних з нормальним законом розподілу і відносно невеликою інерційністю, що задовольняють вимозі по забезпеченню керованості процесу або некастрофічній зміні значення спостережної змінної за час проведення її аналізу — контрольні карти Шухарта.

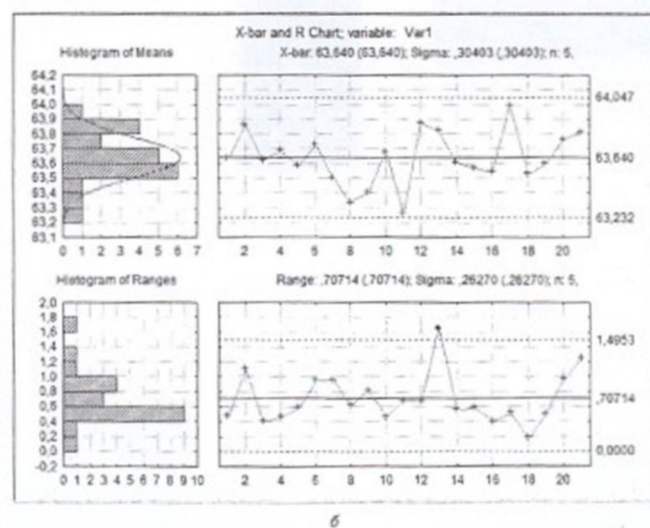
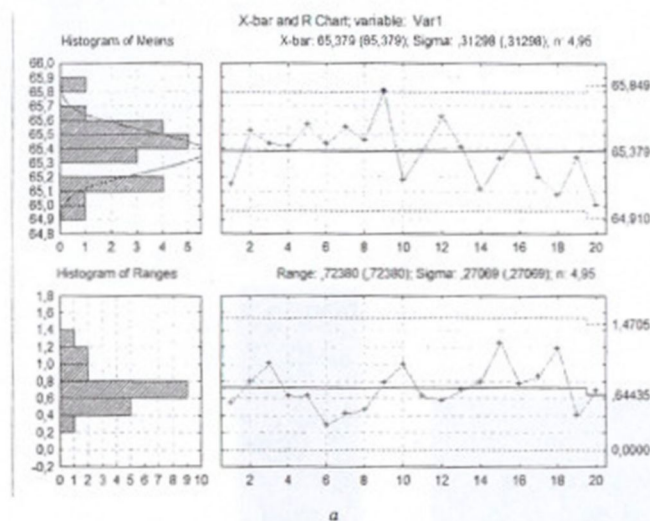


Рис. 1. а, б Контрольні карти Шухарта
для вмісту сухих речовин в сиропі після ВУ

На рис. 1 а, б представлені контрольні карти Шухарта для аналізу якісного показника — вмісту сухих речовин в сиропі після випарної установки (ВУ) цукрового заводу. Як видно на одному листі побудовано контрольна карта Шухарта для середнього $\bar{X}$, призначена для керування за кількісною ознакою і карта стандартних відхилень R . В обох контрольних картах по горизонтальній осі відкладається час, по вертикальній в $\bar{X}$ — карті — відкладається значення вмісту сухих речовин у % СР, а в R — карті — відхилення вибірок, яка показує мінливість процесу — чим більша мінливість, тим більше відхилення від стандарту.

Центральна лінія на карті для середнього $\bar{X}$ відповідає номінальному значенню змінної, яка аналізується, а на R — карті — прийнятний розмах для тієї ж змінної. Розмах являється грубою мірою швидкості зміни змінної, за якою ведуть спостереження.

$$\mu = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (3)$$

де μ — загальне вибірове середнє; X_i — i -те вимірне вибірове значення; $\bar{X}$ — середнє арифметичне всіх значень; n — об'єм вибірки.

На рис. 1 а показано появу сигналу тривоги при викиді значення контролюємої змінної за верхню контрольну межу. Контрольні межі нижньої і верхньої контрольних меж (НКМ та ВКМ відповідно) (4, 5) на контрольних картах Шухарта знаходяться на відстані 3σ від центральної лінії, де σ — стандартне відхилення (дисперсія) і для даного типу карти оцінюється середнім арифметичним ковзних розмахів, використовуючи спеціальні формули, виведені статистично [4]. При нормальному законі розподілу в межах між НКМ і ВКМ розташовується 99,73% можливих значень X_i . Процес вважається статистично керованим, якщо 99,97% значень потрапляють в межі 3σ . Значення, що виходить за контрольні межі, є сигналом для введення коригувальних впливів, оскільки ймовірність, що це є випадковою подією, а не реальним сигналом про появу відхилення дуже мала.

$$\text{НКМ} = \mu - 3\sigma, \quad (4)$$

$$\text{ВКМ} = \mu + 3\sigma, \quad (5)$$

$$R_i = |X_i - X_{i-1}|, \quad (6)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}, \quad (7)$$

де R_i — значення ковзного розмаху; $\bar{R}$ — середнє арифметичне ковзних розмахів.

На рис. 1 б представлено випадок, який ілюструє об'єктивну необхідність аналізу одночасно обох карт: $\bar{X}$ і R , оскільки точка, яка знаходиться поза контролем на R -карті, коли середнє $\bar{X}$ на $\bar{X}$ -карті знаходиться ще в контрольних межах, дає сигнал тривоги набагато раніше, ніж якщо аналізувати лише $\bar{X}$ -карту. В результаті використання карт Шухарта можна визначити стан об'єкта, а також необхідність введення коригуючих дій.

Висновки. Аналіз складного динамічного об'єкта на множині станів функціонування передбачає введення множини Ω , формування набору моделей, які відповідають цій множині, виконання аналізу моделей, визначення стану об'єкта та прогнозування його розвитку.

В основі задачі лежать часові ряди (випадкові процеси). Для умов функціонування ТК цукрового заводу виявлення на ранніх стадіях появи технологічних відхилень при роботі ТК доцільно здійснювати за допомогою проведення статистичного аналізу, зокрема карт Шухарта, які дозволяють визначити стан об'єкта керування, та оцінити знаходження контролюємої змінної в заданих контрольних межах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.Н. Анализ временных рядов и прогнозирование / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев — М.: Финансы и статистика.
2. Колесникова С.И. Выявление закономерностей во временных рядах при распознавании состояний сложных объектов управления. / С.И. Колесникова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2010, №5, с. 66 — 71.
3. Мирошник И.В. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами / И.В. Мирошник, В.О. Никифоров, А.Л. Фрадков — СПб: Наука 2000.
4. Статистический контроль. Контрольные карты Шухарта (ISO 8258:1991, ИДТ): ДСТУ ISO 8258-2001. / М. Шарапов (пер. і наук.-техн.ред.). — К.: Держспоживстандарт України, 2003. — V, 32 с. — (Національний стандарт України).

Р.О. Бойко

Л.А. Власенко

Оценка состояния сложного объекта на основе анализа часовых рядов

Рассматривается подход к оценке состояния сложного динамического объекта на основе анализа часовых рядов — статистических оценок и случайных сигналов. Показана возможность использования карт Шухарта для выявления отклонений режимов функционирования объекта от заданных.

Цель построения контрольной карты Шухарта — выявление точек выхода процесса из стойкого состояния для последующего установления причин отклонения и их устранения. Задание построения контрольной карты Шухарта: определить возможности процесса, определить точки флуктуации, спрогнозировать качество процесса.

Параметр процесса, который выходит, всегда имеет изменчивость в результате действия разных шумов. Факторов слабых шумов обычно много, и потому они частично компенсируют друг друга. Вследствие этого в стойком состоянии выходы процесса лежат в определенном коридоре. Достоверность выхода параметра за пределы коридора под действием лишь шумов имела.

Ключевые слова: состояние динамического объекта, часовые ряды, случайные сигналы, карты Шухарта.

R.O. Boiko

L.O. Vlasenko

An estimation of the state of difficult object
on the basis of analysis of sentinels rows

Under the investigation is the approach to the assessment of complex dynamic objects on the basis of time series analysis — statistical estimators and random signals. The possibility of using maps to detect variations of Shuhart regimes of the object is functioning is demonstrated from the target.

A purpose of construction of check card of Shukhart is an exposure of points of output of process from the proof state for subsequent establishment of reasons of rejection and their removal. Task of construction of check card of Shukhart are: to define possibilities of process, define the points of fluctuation, to forecast a quality of process.

The parameter of process which goes out always has changeability as a result of action of different noises. There are usually many factors of weak noises, and that is why they partly compensate each other. Hereupon in the proof state the outputs of process lie in a certain corridor. Authenticity of output of parameter outside of a corridor under the influence of noises is very low.

Key words: the state of a dynamic object, sentinels rows, casual signals, maps of Shuhart.

e-mail: jimp@ukr.net

Одержана редколлегію 10.04.2012 р.