

УДК 62-80

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧНОЇ СТРУКТУРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ

Ладаюк А.П., Кипенько В.Д., Опиценко Ю.В.

Практика управління складними технологічними комплексами харчових виробництв свідчить про те, що на різних рівнях ієрархії управління параметрична ідентифікація не завжди забезпечує необхідну точність та якість математичних моделей внаслідок високої лабільності характеристик сировини, переналаджування технологічного обладнання на випуск різних видів продукції, змінювання планових завдань, ресурсів та критеріїв вищими рівнями управління,

тобто виникає неадекватність по причині неспівпадання структур моделі та об'єкта.

Така обставина вимагає адаптації структури моделі методами структурної ідентифікації, зокрема, шляхом переходу від однієї альтернативної моделі до іншої. При цьому альтернативи можуть відрізнятися числом і характером входів-виходів моделі, варіантами декомпозиції та структурних елементів моделі [1]. Вирішення задачі структурної ідентифікації, як відомо, вимагає застосування неформальних процедур прийняття рішень людиною, наприклад, експертних оцінок, що значно зменшує ефективність систем управління внаслідок неоперативності та суб'єктивності прийняття рішень, тобто процедуру структурної ідентифікації потрібно автоматизувати, виключивши повністю або звести до мінімуму участь людини у вирішенні цієї проблеми.

Задачу адаптивної ідентифікації можна записати у вигляді:

$$Q(S, C) \rightarrow \min \Rightarrow S^*, C_{S^*}^*, \\ S \in E_S \\ C \in E_{CS}$$

де E_S - множина допустимих структур математичної моделі S ; E_{CS} - множина допустимих параметрів математичної моделі, що відповідають структурі S ; S^* - оптимальна структура; $C_{S^*}^*$ - оптимальні параметри цієї структури; $Q(\cdot)$ - критерій чи сукупність критеріїв оцінки адаптації.

Нехай E_S - множина можливих альтернатив структур математичної моделі

$$E_S = \{ S_1, S_2, \dots, S_r \},$$

де r - кінцеве число альтернатив структури.

Задача адаптації у даному випадку полягає у виборі альтернативної до існуючої структури S_i структури S_j , яка в більший мірі задовольняє критерію Q по реальній ситуації в об'єкті, що визначається векторами входів X та виходів Y . Ця задача вирішується алгоритмом A

$$S_j = A(X, Y, S_i),$$

за допомогою якого в обмеженій множині структур $S_i \in S$ (виключається повний перебір варіантів структур) визначається та реалізується та структура моделі, що задовольняє критерію ідентифікації

$$Q(X, Y) \rightarrow \min. \\ S_i$$

Задача структурного синтезу моделей спрощується, якщо орієнтуючись на конкретний клас прикладних функцій управління, вибрати для її побудови один клас структур. Таких вибір можливий, якщо є інформація про властивості структур і стратегії управління, що відповідають певним класам прикладних задач. Відомо, що більшість задач управління технологічними комплексами

харчових виробництв вирішується в класі стохастичних статичних нелінійних об'єктів [2].

У цьому випадку модель об'єкта будемо представляти у вигляді

$$y=F(C,X)=\sum_{k=1}^K c_k \Phi_k(x_k),$$

де $\Phi_k(x_k)$ - система функцій однієї k -змінної, що визначається на стадії структурної ідентифікації.

Автоматизація процедури структурної ідентифікації об'єктів управління здійснюється алгоритмом А, який вирішує такі основні задачі:

- формування бази експериментальних даних, необхідних для структурної ідентифікації;

- визначення вектора інформативних входів моделі X ;

- вибір системи функцій $\Phi_k(x_k)$;

- визначення структури оператора F , тобто його функціональний опис з точністю до параметрів математичної моделі C .

Запуск алгоритму структурної ідентифікації здійснюється аналізатором якості роботи параметричного ідентифікатора за командами оператора, а також при відсутності математичної моделі на початку функціонування системи управління.

Технологічна інформація (сигнали від датчиків, результати лабораторних аналізів) проходить попередню обробку по алгоритмах [3], фільтрування по методу Бокса-Дженкінса [4], виділення та відбраковування аномальних вимірів (викидів) по критерію Грабса [5]. Задача моделювання статичних об'єктів вимагає виділення статичних режимів їх роботи. Така проблема вирішується шляхом аналізу кривих змінювання технологічних змінних $f(t)$ на відрізок часу $t \in [0, T]$, розбитому на кінцеве число сегментів ω_p , та визначення функцій складності $L(f, \omega)$, по яких здійснюється класифікація режимів функціонування об'єкта управління з використанням теорії нечітких множин [6].

Для відбору суттєвих входних змінних використовується алгоритм об'єктивної кластеризації даних, який передбачає розбиття даних на кластери і визначення оптимальної кластеризації, що задовільняє критеріям несуперечності та точності [7].

Визначення функцій $\Phi_k(x_k)$ проводиться розбиттям вибірки даних на непересічні класи - таксоми (згустки) локальної області, де в основному зосереджено розподілення ймовірностей $P(x_k)$ [8]. Вибір функцій $\Phi_k(x_k)$ проводиться по всіх таксонах для кожної змінної x_k із фіксованого набору нелінійних функцій однієї змінної по ознаках, виділених у процесі навчання ЕОМ розпізнавання образів без вчителя [9]. Вибір претендентів-функцій здійснюється по критерію подібності Расела і Рао [10]. Число вибраних функцій $\Phi_k(x_k) \geq 1, \forall k (k=\overline{1, K})$.

Визначення оператора $F(C, X)$ з точністю до параметрів математичної моделі C здійснюється в області відібраних функцій $\Phi_k(x_k)$ по методу мінімізації емпіричного ризику [8].

Розроблений алгоритм структурної ідентифікації складних об'єктів управління входить в склад алгоритмічного забезпечення систем оптимального управління технологічними комплексами харчових виробництв і проїшов випробування у виробничих умовах на ряді цукрових заводів України.

The algorithm of structural identification of complex technological objects of management in a class of static nonlinear models is considered. The synthesis of algorithm is made with application of methods of recognition of images and analysis of the clusters. The realization of algorithm allows to increase a level of automation of acceptance of the decisions in computer built-in control systems.

1. Растринин Л.А. Адаптация сложных систем. - Рига: Зинатне, 1981. - 375с.
2. Ладанюк А.П., Перепечаско В.Г. Оперативное управление технологическими процессами в пищевой промышленности. - К.: Урожай, 1987. - 160 с.
3. Голант А.И., Альперович Л.С., Васин В.М. Системы цифрового управления в химической промышленности. - М.: Химия, 1985. - 256 с.
4. Химминг Р.В. Цифровые фильтры. - М.: Советское радио., 1980. - 224 с.
5. Фомин А.Ф., Новоселов О.Н., Плосцев А.В. Отбраковка аномальных результатов измерений. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 200 с.
6. Моттль В.В., Мучник И.Б. Лингвистический анализ экспериментальных кривых // ТИИЭР.-1979.- т.67 - №5. - С. 12-39.
7. Применение самоорганизации для разбиения множества данных на ранее незаданное число кластеров. / А.Г.Ивахненко, Ю.В.Копна, М.А.Ивахненко, С.А.Петухова. // Автоматика. - 1985. - №5. - С.33-45.
8. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей / Под.ред. В.Н.Вапника. - М.: Наука, 1984. - 816 с.
9. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов (статистические проблемы обучения). - М.: Наука, 1974. - 416 с.
10. Фор А. Восприятие и распознавание образов. - М.: Машиностроение, 1989.