

ВІСНИК

ВІННИЦЬКОГО
ПОЛІТЕХНІЧНОГО
ІНСТИТУТУ

A U T O M A T I C S
2006

Спеціальний випуск за матеріалами
XIII Міжнародної конференції з автоматичного управління
(АВТОМАТИКА-2006)

6

2006

УДК 681.518.5:303.732.4

А. П. Ладанюк, д. т. н., проф; Н. А. Заєць, асп.; Л. О. Власенко;
Н. М. Луцька, к. т. н.

КООРДИНАЦІЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДІЛЬНИЦЬ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ З УРАХУВАННЯМ ЗАДАЧ ПРОГНОЗУВАННЯ

Розглянуто задачу уніфікації процедури координації для технологічних комплексів на прикладі технологічного комплексу цукрового заводу. Запропоновано метод ухвалення оперативних рішень з використанням нечіткої логіки. Метод направлений на узгодження розв'язків за рівнями в багаторівневій ієрархічній системі.

Технологічні комплекси (ТК) харчових виробництв завжди складаються з ряду взаємозв'язаних підсистем. Ці підсистеми характеризуються рядом особливостей: характером процесів, тобто їх нестаціонарністю та нелінійністю, невизначеністю параметрів, наявністю зв'язків з суміжними підсистемами тощо. В зв'язку з впровадженням в сучасних системах підсистем підтримки прийняття рішень, виникає *задача* уніфікувати процедури координації для технологічних комплексів.

В загальному випадку задача координації складається з:

- узгодження матеріальних потоків між підсистемами, коли немає необхідності змінювати технологічні режими $N^{(-1)}$ та $N^{(+1)}$ підсистем, при управлінні N підсистемою;
- узгодження технологічних режимів суміжних підсистем, коли загальний показник функціонування суттєво залежить від цих режимів;
- змінювання матеріальних потоків та технологічних режимів підсистем для досягнення найвищих техніко-економічних показників функціонування ТК. Цей випадок найскладніший, а тому потребує додаткового обґрунтування.

ТК цукрового заводу відносяться до складних об'єктів, тому що мають ієрархічну структуру і є можливість проведення декомпозиції системи на окремі підсистеми, що пов'язані між собою складними структурними та функціональними відношеннями. Взнявши за цільову функцію $F(\bar{x}_N)$, де \bar{x}_N – координати стану об'єкта, показник «максимум прибутку», і провівши аналіз собівартості цукру, можна зробити висновок, що з усіх складових витрат найбільшу вагу мають витрати на стадії сокодобування, очищення та згущення дифузійного соку [1]. Очевидним є зведення задачі оптимального керування багатостадійним виробництвом до задачі оптимального керування окремими стадіями, з урахуванням взаємодії між ними, що потребує створення багаторівневої ієрархічної системи, коли кожна з цих стадій

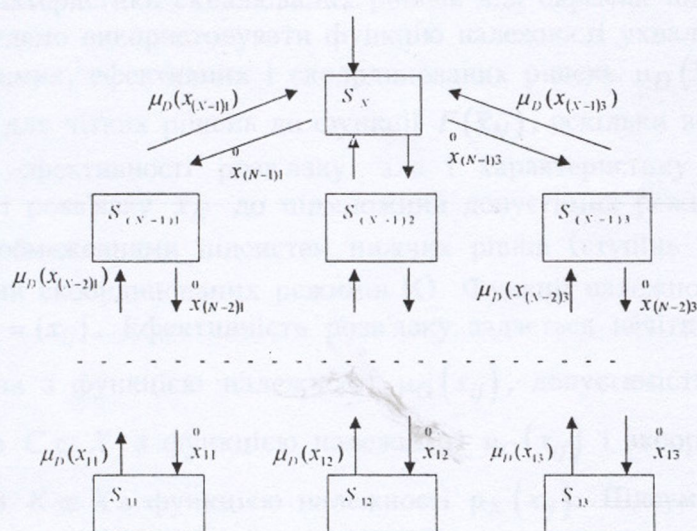


Рис. 1. Структурна схема багаторівневої ієрархічної системи

розбито на окремі підсистеми (рис. 1), де S_N – ТК цукрового заводу, $S_{11} - S_{(N-1)1}$ – дифузійне відділення цукрового заводу, $S_{12} - S_{(N-1)2}$ – ТК очистки, $S_{13} - S_{(N-1)3}$ – випарна станція, $\mu_D(\bar{x}_N)$ – функція належності схвалюваних рішень до підмножини допустимих, ефективних і скоординованих рішень.

При ухваленні оперативних рішень в складній ієрархічній системі (див. рис. 1) основною ціллю є знаходження на кожному рівні $i = \overline{1, N}$ вектора розв'язків, що забезпечує максимум системного вектора цільових функцій $F(x_1^0, \dots, x_N^0)$ при координаційному

завданні $x_{N+1}^0(t)$, отриманому від $(N+1)$ -го рівня управління. Процес прийняття рішень здійснюється дискретно в моменти часу $t = \overline{1, T}$ і в загальному випадку крок дискретизації з управління зростає від нижніх рівнів до верхніх. Частина розв'язків (в основному на нижніх рівнях) носить характер управляючих дій, а велика частина лише координує роботу підсистем різних рівнів. Призначення підсистемам нижчих рівнів цільових функцій також є засобом координації, проте в даній задачі передбачається, що вони вже вибрані. Знайдений розв'язок $\{x_i^0\}, i = \overline{1, N}$ повинен належати підмножині допустимих для системи режимів (технологічних, надійнісних, економічних і т. д.), $C \subset X$ тобто бути злагодженим з можливостями технології.

Спроба безпосереднього використання єдиного глобального критерію верхнього рівня $F(\bar{x}_N)$ з подальшою його декомпозицією для підсистем всіх рівнів робить задачу оптимізації надто складною і ігнорує наявність власних цільових функцій у виділених підсистем. До того ж, глобальна цільова функція $F(\bar{x}_N)$ не залежить явним чином від рішень, що приймаються підсистемами нижчих рівнів, що ускладнює вибір режимів роботи підсистем і шляхів його поліпшення. Тому будемо передбачати, що для кожної підсистеми задані свої цілі $F(\bar{x}_{ij})$, а системна цільова функція $F(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_N)$ є векторною і залежить як від глобального критерію, так і від цільових функцій підсистем. При цьому як цільову функцію виділених стадій виробництва пропонується використовувати поняття економічної ефективності їх функціонування.

Основою типової задачі координації підсистем є дворівнева структура, але для конкретного виробництва та ТК завжди існує ряд нетривіальних підходів, які потребують оперативного розв'язання, особливо при розробці та впровадженні корпоративних систем управління. В наш час прийнято досліджувати питання оптимізації для дворівневої системи і приймати цю задачу як основний модуль для будь-якої системи N -рівня, причому для вирішення задачі на $(i-1)$ -му рівні вважається заданим результат оптимізації на рівні (i) . Або, якщо записати \bar{x}_N у вигляді $\bar{x}_N = \{x_{ij}\}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, M}$, де $M = m_i$ число підсистем на i -му рівні управління (в нашому випадку $M = 3$), то передбачається, що при знаходженні розв'язків $x_{(i-1)j}, j = \overline{1, m_{i-1}}$, всі оцінки $\bar{x}_{ij}^0, j = \overline{1, m_i}$ вже прийняті, тому для оптимізації в багаторівневих системах в основному використовуються різні ітераційні методи. Загальні підходи до формування та розв'язку задачі координації підсистем цукрового заводу (ЦЗ) викладені в [2].

Як характеристики схвалюваних рішень для окремих підсистем і для всієї системи в цілому, будемо використовувати функцію належності ухвалюваних рішень до підмножини допустимих, ефективних і скоординованих рішень $\mu_D(\bar{x}_N)$, причому ця функція не зводиться для чітких рішень до функції $F(\bar{x}_N)$, оскільки вона включає не тільки характеристику ефективності розв'язку, але і характеристику його допустимості (ступінь належності розв'язку \bar{x}_N до підмножини допустимих режимів C) і зкоординованості з цілями і обмеженнями підсистем нижчих рівнів (ступінь належності розв'язку \bar{x}_N до підмножини скоординованих режимів K). Функції належності визначаються на множині рішень $X = \{x_{ij}\}$. Ефективність розв'язку задається нечіткою ціллю $G \subset X$ як нечітка підмножина з функцією належності $\mu_G(x_{ij})$, допустимість розв'язку — нечіткою підмножиною $C \subset X$ з функцією належності $\mu_C(x_{ij})$ і зкоординованість — нечіткою підмножиною $K \subset X$ з функцією належності $\mu_K(x_{ij})$. Підсумковий вплив нечіткої цілі G , нечіткого обмеження C і нечіткої координації K на вибір розв'язку x_{ij} може бути представлено перетином $G \cap C \cap K$. Функція належності для перетину задається співвідношенням

$$\mu_{G \cap C \cap K}(x_{ij}) = \mu_G(x_{ij}) \wedge \mu_C(x_{ij}) \wedge \mu_K(x_{ij}) = \max\{\mu_G(x_{ij}), \mu_C(x_{ij}), \mu_K(x_{ij})\}; \quad (1)$$

$$x_{ij} \in X.$$

Тоді нечітку підмножину $D = G \cap C \cap K$ будемо називати нечітким розв'язком підсистеми j рівня i , причому

$$\mu_D(x_{ij}) = \mu_{G \cap C \cap K}(x_{ij}). \quad (2)$$

Згідно (1) функція належності $\mu_D(\bar{x}_N)$ характеризує міжрівневу координацію.

Розв'язки можуть бути більш складними і характеризуватися вектором параметрів \bar{x}_{ij} , наприклад, тиском P_{ij} , витратою q_{ij} і температурою T_{ij} пари, що гріє. Очевидно, що системний зкоординований розв'язок на рівні N визначається виразом вигляду

$$D(x_N) = D(x_{11}) \cdot \dots \cdot D(x_{1M}) \cdot D(x_{21}) \cdot \dots \cdot D(x_{2M}) \times \dots \times D(x_{(N-1)1}) \cdot \dots \cdot D(x_{(N-1)M}) \cap C(x_N) \cap G(x_N). \quad (3)$$

Таким чином, даний метод направлений не на узгодження розв'язків, що приймаються для однієї і тієї ж системи в певні проміжки часу, а для узгодження розв'язків по рівнях в багаторівневій ієрархічній системі в певний момент t , причому для кожного, у тому числі і нижнього рівня (основного технологічного процесу), може бути вирішена і динамічна задача.

Процес координації в системі здійснюється у зв'язку з певною метою або задачею так, щоб вся система досягала поставленої цілі. Конфлікт між підсистемами нижчих рівнів виникає через наявність у них власних індивідуальних цілей і через різні види системних обмежень і зв'язків. Дії координатора направлені на зменшення такого внутрішньосистемного конфлікту. Існує процес координації, що відбувається до прийняття рішення елементами нижчих рівнів або після прийняття рішення (корекція). Запропонований метод координації погоджує рішення в процесі прийняття рішень з оперативного управління системою. Елементи вищих та нижчих рівнів зв'язані між собою двома видами сигналів. Сигнал, що посиляється вгору $\mu(x_{(N-1)1})$, несе елементу вищих рівнів інформацію про допустимість і ефективність режимів роботи, а сигнал $x_{(N-1)1}^0$, що йде зверху вниз, конкретизує завдання, що виконується на нижчому рівні. Елемент вищого рівня в зв'язку з пріоритетом дій повинен вибрати для елементів нижчого рівня стратегію поведінки (вибір способу координації), зміни в структурі і параметрах елементів нижчого рівня (аспект самоорганізації) і координуючу дію при фіксованій структурі і параметрах (аспект управління). Інформація про елементи нижчого рівня, що необхідна елементу вищого рівня для ухвалення розв'язку, залежить від цілі розв'язуваної задачі, від моделей підсистем і зв'язків між ними.

Для підвищення ефективності керування ТК необхідно розв'язувати додаткові задачі, серед яких можна виділити адаптацію та прогнозування очікуваних результатів. Адаптація здійснюється на різних рівнях ієрархічної системи, різними методами. В підсистемах різного рівня доцільно використовувати адаптивні системи з еталонною моделлю, які враховують параметричні збурення, тобто зміни динамічних характеристик об'єкта в процесі тепло- та масообміну.

Прогнозування очікуваних техніко-економічних показників роботи підсистем та ТК в цілому базується на системному аналізі змінних технологічного режиму (координат стану) та оцінки функції ефективності з різним горизонтом прогнозування. Наприклад, для ТК ЦЗ необхідно контролювати і регулювати в середньому від 350 до 400 технологічних змінних, підтримання яких в заданих межах впливає на якість вихідного продукту, ефективність переробки цукрових буряків, на величину прибутку, на ефективне використання виробничих потужностей і оптимальність роботи заводу в цілому [1].

Висновки

Для підсистем ТК, які розглядалися в статті, основною задачею координації є узгодження матеріальних потоків з обмеженнями на якісні показники напівпродуктів та продуктів. В той же час, особливого значення набуває додаткова задача – узгодження технологічних режимів, особливо на початку та в кінці сезону. Таким чином, на основі розробленої задачі, можна виконати алгоритмічне та програмне забезпечення, що дасть можливість використання задач координації в системах управління ТК різних харчових виробництв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сапронов Р. А. Технология сахарного производства. — М.: Колос, 1998. — 495 с.
2. Ладанюк А. П. Основи системного аналізу: Навчальний посібник. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 176 с.

Ладанюк Анатолій Петрович – завідувач кафедри, **Заєць Наталія Анатоліївна** – аспірантка, **Власенко Лідія Олександрівна** – асистент, **Луцька Наталя Миколаївна** – асистент.

Кафедра автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій, Національний університет харчових технологій