

SITUATIONAL CONTROL IN TECHNOLOGICAL COMPLEX BASED ON COGNITIVE MAPS

A. Ladanyuk, R. Boiko, D. Shumygai, Ya. Smityuh
National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
cognitive maps, decomposition, consonance, causal relationships, directed graph	This article describes the possibility of using fuzzy cognitive maps as a method of control of technological objects in conditions of uncertainty. Various methods for constructing cognitive maps situations are described. There are the basic parameters for each subsystem of sugar factory complex, which deviation from the calculated optimal values gives us the opportunity to find possible causes and take appropriate management decisions. It is noted that when using the integrated model of decision support in dynamic situations it is necessary to develop such methods: creating a cognitive model that corresponds to the evaluation hierarchy of scales sheet criteria, taking into account the influence of the consonants factor values of the cognitive model to evaluate alternatives in a hierarchical model.
Article history: Received 12.03.2014 Received in revised form 15.04.2014 Accepted 14.11.2014	
Corresponding author: ladanyuk@ukr.net	

УПРАВЛІННЯ СИТУАЦІЯМИ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ КОМПЛЕКСІ НА ОСНОВІ КОГНІТИВНИХ КАРТ

А.П. Ладанюк, д-р техн. наук, Р.О. Бойко, асист.
Д.А. Шумигай, асп., Я.В. Смітюх, канд. техн. наук, доц.
Національний університет харчових технологій

В статті розглядаються можливості використання нечітких когнітивних карт як засобів управління технологічними об'єктами в умовах невизначеності. Описані різні методи побудови когнітивних карт ситуацій. Для кожної підсистеми технологічного комплексу цукрового заводу визначено основні показники, відхилення яких від розрахункових або оптимальних значень дає можливість знайти можливі причини та прийняти відповідні керувальні рішення. Зазначено, що при використанні інтегрованої моделі підтримки прийняття рішень в динамічних ситуаціях необхідна розробка методів: створення когнітивної моделі, яка відповідає оцінювальній ієрархії, побудови шкал листових критеріїв; урахування впливу консонансів значень факторів когнітивної моделі на оцінку альтернативи в ієрархічній моделі.

Ключові слова: когнітивні карти, декомпозиція, консонанс, причинно-наслідкові відношення, орієнтований граф.

Вступ. Розглядається технологічний комплекс (ТК) цукрового заводу, функціонування якого відбувається в умовах невизначеності, що потребує формування альтернативних керувальних дій.

В статичних ситуаціях оцінки альтернатив рішень за багатьма критеріями можливо отримати різними методами, наприклад на основі методу ієрархії Т. Сааті, коли порівнюються дві складові: на основі декомпозиції цілі з виділенням ієрархії критеріїв та множиною альтернатив, які пропонують експерти. В динамічних ситуаціях доцільно мінімізувати усталені

переконавання експертів за допомогою побудови моделей динаміки ситуацій на основі когнітивних карт, які описують ситуацію множиною факторів, зв'язаних причинно-наслідковими відношеннями. Таким чином, можна отримати прогнози розвитку ситуацій та сформулювати рішення для переведення ситуацій з початкового в цільовий стан.

Методика дослідження. Когнітивна карта визначає структуру ситуації і формально представляє собою орієнтований граф, вершина якого є фактором ситуації, а зважені дуги — причинно-наслідкові відношення, вага яких відображає силу впливу факторів ситуації:

$$G = (F, W), \quad (1)$$

де F — множина вершин — факторів ситуації, $W = [w_{ij}]$ — матриця суміжності.

Для отримання прогнозів, розвитку ситуації використовуються нечіткі когнітивні карти, в яких для кожного фактора визначена впорядкована множина лінгвістичних значень $Z_i = \{Z_{iq}\}$ та шкала фактора як відображення лінгвістичних значень на відрізок числової осі $[0, 1]$, тобто $\phi: Z_i \rightarrow X_i$, де $X_i = \{X_{iq}\}$, $X_{iq} \in [0, 1]$, $\forall i, q$. Задаються також початковий стан ситуації як вектор значень всіх факторів ситуації $X(0) = (X_1^0, \dots, X_m^0)$ та початковий вектор приростів факторів ситуації $\rho(t) = (\rho_1, \dots, \rho_m)$.

Прогноз розвитку ситуації за допомогою когнітивних карт $X(t), X(t+1), \dots, X(t+n)$ — вектори стану ситуацій в послідовності дискретні моменти часу $t, t+1, \dots, t+n$ (t — крок моделювання). Стан ситуації в послідовні моменти часу в нечітких когнітивних моделях визначається парою $\langle X(t+1), C(t+1) \rangle$, де $C(t+1)$ — вектор когнітивного консонансу значення фактора. Когнітивний консонанс значення фактора $C_i(t+1) \in C(t+1)$ використовується для підтвердження впевненості у результатах моделювання: при $C_i(t) \approx 1$ впевненість в значенні фактора максимальна, при $C_i(t) \rightarrow 0$ — мінімальна.

Використовується також модель ієрархічного оцінювання ситуації, коли мета, яка сформульована в загальному виді, подається у формі дерева критеріїв шляхом декомпозиції мети на критерії частинного характеру. Ієрархія будується методом структурної декомпозиції сформульованої експертом мети «зверху вниз» і закінчується, коли визначено рівень «листових» критеріїв k_1, \dots, k_n , які далі не підлягають декомпозиції.

За допомогою експертної процедури парного порівняння або нечіткого інтервального парного порівняння визначаються ваги всіх листових критеріїв $V_i \in [0, 1]$, $\sum_{i=1}^n V_i = 1$. Після

рівня листових критеріїв визначається рівень альтернатив $A = \{A^j\}$, $j = \overline{1, M}$, кожна з яких визначає рішення, що характеризується набором з назвами листових критеріїв K_j .

Для оцінки досяжності мети кожною альтернативою використовується функція $F: (A^j, V_i) \rightarrow R, i \in [1, n]$, де V_i — ваги листових критеріїв у ієрархічній моделі, $A^j \in A$, $j = \overline{1, M}$. Тоді оцінка досяжності мети для альтернативи A^j має вигляд лінійної згортки:

$$F(A^j, V_i) = \sum_{i=1}^n Y_{K_i}^j V_i,$$

де $Y_{K_i}^j \in [0, 1]$ — оцінка інтенсивності проявлення властивості альтернативи A^j , яка співпадає з назвою критерію K_i .

В динамічних ситуаціях можуть проявлятися суб'єктивні оцінки експертів, зменшити які можна також за допомогою моделей на основі когнітивних карт. Класичний підхід (рис. 1) передбачає попарне порівняння альтернатив, які генеруються експертом. Для 6-ти альтернатив та 3-х критеріїв необхідно виконати 45 парних порівнянь. При цьому таку кількість порівнянь в динамічній ситуації необхідно виконати для всіх альтернатив.

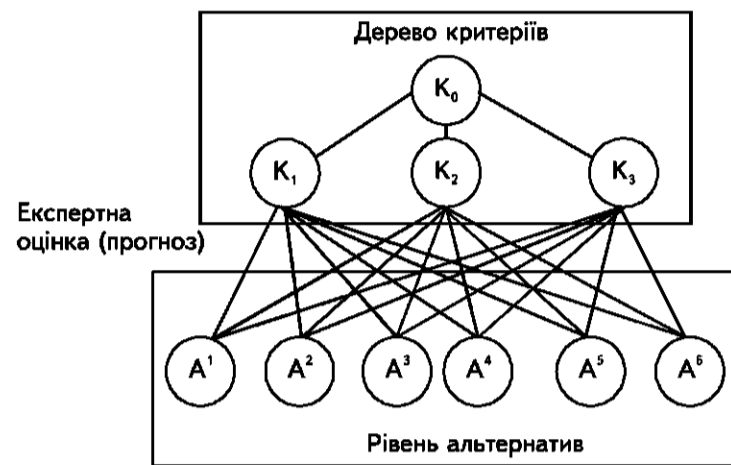


Рис. 1. Парне порівняння альтернатив

Додавання однієї додаткової альтернативи передбачає проведення ще 18-ти парних порівнянь та отримання 18-ти прогнозів.
В технічній літературі описано інший підхід з використанням інтегрованої моделі (рис. 2).

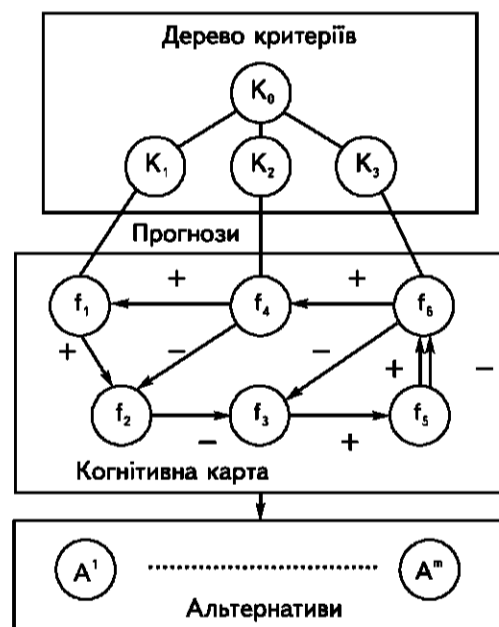


Рис. 2. Інтегрована модель

Суть підходу полягає в тому, що побудована когнітивна карта ситуації, фактори якої зв'язуються з близькими за змістом листовими критеріями, а експерт генерує альтернативи і прогнози їх застосування, які отримані за допомогою когнітивної моделі, автоматично передаються в оцінювальну ієрархію. У кількість альтернатив управління динамічною ситуацією у цьому випадку необмежена, а додавання нової альтернативи не приводить до необхідності додаткової експертної роботи [1, 2].

В той же час використання такої інтегрованої моделі підтримки прийняття рішень в динамічних ситуаціях потребує розробки методів: створення когнітивної моделі, яка відповідає оцінювальній ієрархії, побудови шкал листових критеріїв; урахування впливу консонансів значень факторів когнітивної моделі на оцінку альтернативи в ієрархічній моделі.

Результати та висновки. Для технологічного комплексу цукрового заводу для 3-х підсистем (дифузійного відділення, очистки дифузійного соку та випарювання) на основі літературного аналізу, експертних оцінок та експериментальних даних визначено комплекс виробничих ситуацій, насамперед нештатних, які викликані різними причинами (відхилення від технологічних режимів, незадовільна робота технологічного обладнання, засобів автоматизації, енергетичних пристроїв тощо). Кожна така ситуація для переведення її в штатну потребує формування відповідних керувальних дій, а загальна кількість нештатних ситуацій для кожної підсистеми сягає 20—30. Для ТК цукрового заводу у відповідності до викладеної методики глобальним критерієм є оцінка прибутку, отримана на певному часовому інтервалі $\Delta t = t_2 - t_1$, який може визначатись як доба, декада, місяць або виробничий сезон. Цей критерій виражається як адаптивна функція (сума) показників ефективності підсистем. Листовими критеріями є, наприклад, оцінка кількості та якості продуктів (напівпродуктів) на виході підсистем — витрати дифузійного соку, його якість, очищеного соку, сиропу. Альтернативні керувальні дії реалізуються за рахунок стабілізації або цілеспрямованості зміни технологічних режимів окремих підсистем шляхом зміни матеріальних та (чи) енергетичних потоків. В цьому випадку розробка нечітких когнітивних карт з відображенням причинно-наслідкових зв'язків є ефективним методом зменшення невизначеностей при формуванні керувальних дій [3]. Зокрема, для кожної підсистеми визначено основні показники, відхилення яких від розрахункових або оптимальних значень дає можливість знайти можливі причини та прийняти відповідні рішення. Наприклад, для дифузійної установки збільшення втрат цукру в жомі може викликатись 8—12 причинами, а для випарної установки зменшення концентрації сиропу — більш ніж 15-ма.

На рисунку 3 показана лише типова нечітка ситуація S^1 .

Для простоти графічного зображення обрано лише дві лінгвістичні змінні для ситуації:

1-й рівень: S_{11} — суттєве зниження вмісту сухих речовин у сиропі; S_{12} — мале зниження вмісту сухих речовин у сиропі — $CP_{сир}$;

2-й рівень: S_{21} , S_{22} — суттєве та мале зниження тиску граючої пари першого корпусу ($P_{п1}$);

3-й рівень: S_{31} , S_{32} — суттєве та мале зниження температури в корпусах, крім останнього (Т);

4-й рівень: S_{41} , S_{42} — суттєве та незначне відхилення від графіку роботи вакуум-апаратів (ВА);

5-й рівень: S_{51} , S_{52} — суттєве та мале відхилення від оптимальних значень рівнів за корпусами (Н);

6-й рівень: S_{61} , S_{62} — суттєве та незначне зниження вмісту сухих речовин у соку, який поступає на перший корпус ($CP_{сик}$);

7-й рівень: S_{71} , S_{72} — незначне відхилення від норми, норма (СР).

Приклад нечіткої когнітивної карти процесу випарювання показаний на рис. 3. На основі цієї карти розроблена нечітка ієрархічна ситуаційна мережа (рис.) для ситуації, яка відображає зниження концентрації сиропу. На рисунках цифрами показані ймовірні зв'язки між концептами, які відповідають функціям належності. Ці значення отримано на основі існуючих аналітичних залежностей, які у виробничих умовах не виконуються, за результатами обробки експериментальних даних та думок фахівців експертів.

Нечіткі когнітивні карти з відповідним програмним забезпеченням є ефективним засобом управління технологічними об'єктами в умовах невизначеності.

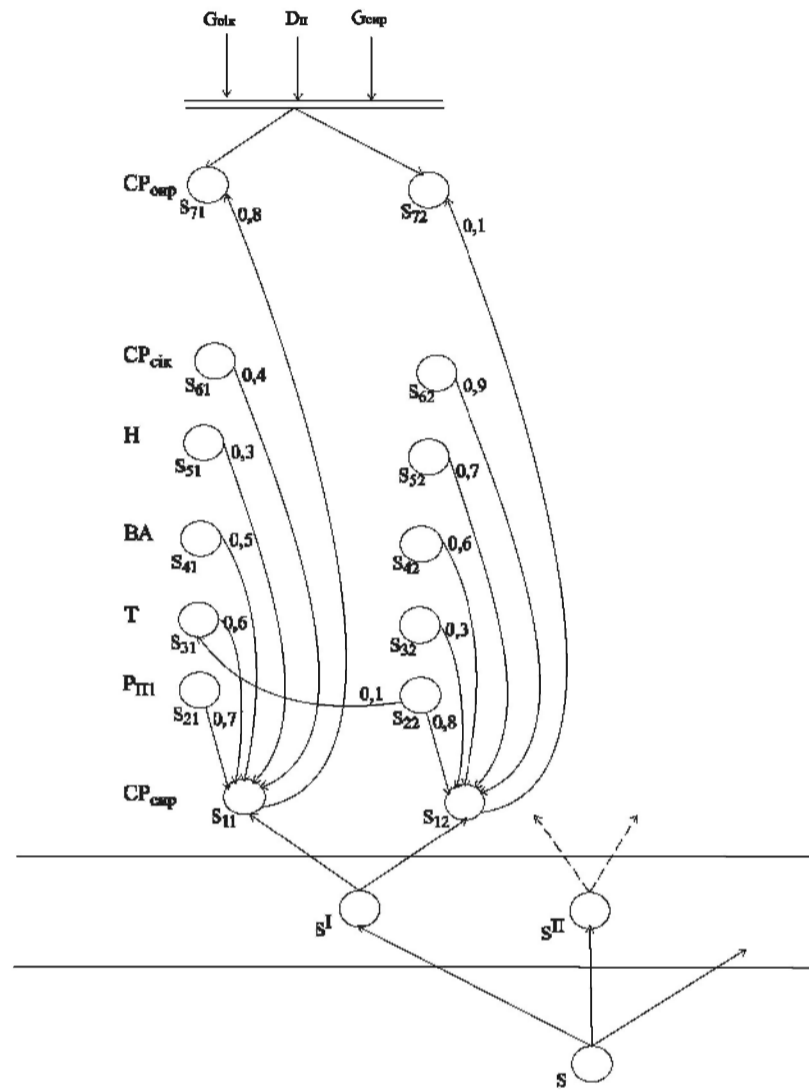


Рис. 3. Ієрархічна нечітка ситуаційна мережа

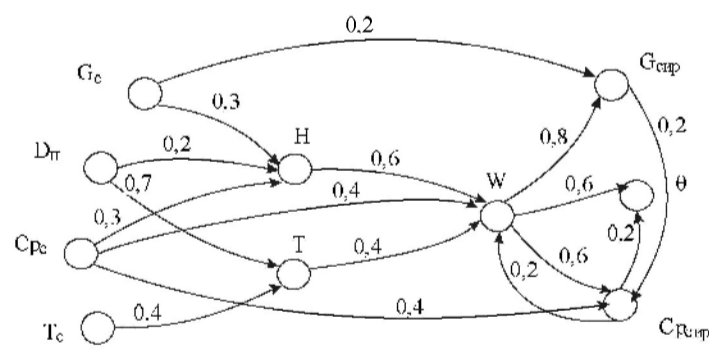


Рис. 4. Нечітка когнітивна карта процесу випарювання

$G_c, G_{сир}, D_n$ — відповідно витрати соку, сиропу, граючої пари; $CP_c, CP_{сир}$ — вміст сухих речовин соку, сиропу; T_c — температура соку; T — температурний режим в межах випарної установки; θ — якість сиропу; H — рівні за корпусами; W — кількість випареної води

ЛІТЕРАТУРА

1. Кулинич, А.А. Интегрированная модель поддержки принятия решений в условиях неопределенности / А.А. Кулинич, Н.В. Титова. Труды Института проблем управления. — 2005. — Том 26. — С. 19—38.
2. Аверкин, А.Н. Поддержка принятия решений в слабоструктурированных предметных областях. Анализ ситуаций и оценка альтернатив / А.Н. Аверкин, О.П. Кузнецов, А.А. Кулинич, Н.В. Титова // Терия систем и управление. — 2006. — Вып. 3. — С. 139—149.
3. Бойко, Р.О. Використання нечітких когнітивних карт в системі управління технологічним комплексом / Р.О. Бойко // 79-а наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів. — К.: НУХТ, 2013. — С. 601—602.

УПРАВЛЕНИЕ СИТУАЦИЯМИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНЫХ КАРТ

А.П. Ладанюк, Р.О. Бойко, Д.А. Шумигай, Я.В.Смитюх

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассматриваются возможности использования нечетких когнитивных карт как средств управления технологическими объектами в условиях неопределенности. Описаны различные методы построения когнитивных карт ситуаций. Для каждой подсистемы комплекса сахарного завода определены основные показатели, отклонение которых от расчетных или оптимальных значений дает возможность найти возможные причины и принять соответствующие управляющие решения. Отмечено, что при использовании интегрированной модели поддержки принятия решений в динамических ситуациях необходима разработка методов: создание когнитивной модели, которая соответствует оценочной иерархии, построения шкал листовых критериев; учета влияния консонансов значений факторов когнитивной модели на оценку альтернативы в иерархической модели.

Ключевые слова: когнитивные карты, декомпозиция, консонанс, причинно-следственные отношения, ориентированный граф.