

УДК 625.736

В.Г. Мелкумян, д-р техн. наук

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРО МОДЕРНІЗАЦІЮ СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Інститут інформаційно-діагностичних систем НАУ, e-mail: ans@nau.edu.ua

Розглянуто метод використання експертних оцінок варіантів модернізації структури технологічної системи з застосуванням результатів теорії нечітких множин. Запропоновано спосіб вибору оптимальних рішень з альтернативних варіантів структури технологічних систем при нечітких вхідних умовах, який дозволить мінімізувати економічні та соціальні наслідки її модернізації. Наведено результати дослідження, які можна використати на початкових етапах проектування складних технічних систем при недостатньому обсязі або відсутності необхідних статистичних даних.

Вступ

Необхідність модернізації технологічних систем обумовлена рядом зовнішніх та внутрішніх факторів.

Розробка програми модернізації таких поліергачичних систем потребує застосування чіткої, науково обґрунтованої структури організації і проведення робіт від формулювання основних завдань до розробки альтернативних варіантів і остаточного вибору раціональної структури й оптимальних рівнів характеристик структурних елементів системи.

Під терміном “технологічна система” будемо розуміти сукупність певних функціонально взаємозалежних структур (елементів), які забезпечують цілеспрямовану взаємодію основних і допоміжних ресурсів та персоналу в рамках заданих (регламентованих) технологічних процесів, необхідних для досягнення основної мети функціонування (створення) системи.

Технологічні системи можуть розрізнятися за характеристиками технологічних процесів (ТП), особливостями функціонування, за вихідним продуктом тощо.

Водночас об'єднаним у кожну з груп технологічних систем належить мати загальні принципи побудови.

Для узагальненого опису технологічних систем можна використовувати такий складений функціонал:

$$S_{TC}(s,t)=S(S_C(y,t);$$

$$F_{TP}(s,t);T_C(z,t);$$

$$R_C(r,t);D_C(\xi,t),$$

де $S_C(y,t)$ – функціонал, який визначає структуру і характеристики елементів технологічних систем; $F_{TP}(s,t)$ – функціонал опису класу ТП; $T_C(z,t)$ – функціонал опису алгоритму (технології) функціонування і взаємодії структурних елементів технологічних систем; $R_C(r,t)$ – функціонал, який характеризує комплекс вимог до ресу-

рсів (додаткових до ресурсів ТП), необхідних для функціонування технологічних систем (із урахуванням до складу управлінського і допо-міжного персоналу, який безпосередньо не бере участь у реалізації ТП); $D_{TC}(\xi,t)$ – функціонал, який враховує характер і ступінь впливу зовнішніх умов на якість функціонування технологічних систем.

Техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки і створення (або корінної модернізації) технологічних систем, спрямоване на визначення допустимих з погляду безумовного забезпечення необхідних рівнів характеристик, які мінімізують рівні техніко-економічних витрат на створення і забезпечення функціонування проектованої системи та способу їхнього досягнення. можна робити з використанням визначеного обсягу статистичних даних за відомими методиками [1; 2].

При цьому мають бути враховані особливості функціонування системи за умов подальшого вдосконалювання структури системи і підвищення її ефективності.

Тому одним із завдань, яке потребує вирішення у процесі модернізації системи, є вдосконалення її структури, мінімізація кількості елементів (ділянок, цехів, відділів) з оптимальним співвідношенням адміністративно-управлінського апарату, фахівців технологічного процесу й допоміжного обслуговуючого персоналу з необхідним рівнем кваліфікації з метою раціоналізації рівня витрат на утримання персоналу структурних підрозділів без зниження вимог до ефективності функціонування системи.

Потрібно вибрати з можливих альтернативних варіантів спосіб модернізації структури системи з найменшими економічними і соціальними наслідками при одночасному забезпеченні рівня середнього прибутку.

Тому особи, які приймають рішення, стикаються з певними труднощами через необхідність збору, обробки великого обсягу інформації про процеси в системі, наявність недостатнього об-

сягу або відсутність необхідних статистичних даних, а також через необхідність врахування економічних і соціальних аспектів реалізації прийнятих рішень.

Мета – знайти спосіб розв’язання задачі вибору альтернативних рішень з модернізації структури технологічних систем з найменшими економічними і соціальними наслідками та одночасному забезпеченні рівня середнього прибутку при нечітких вихідних умовах.

Розв’язання задачі

Формалізація задач вибору альтернативних рішень з модернізації структури технологічних систем пов’язана з великими труднощами через необхідність врахування різних, часто суперечливих, чинників.

Оскільки існує багато чинників, супутніх прийняттю рішень, що не піддаються чіткому опису, то часто відповідальні особи приймають рішення, базуючись на своїй інтуїції, здоровому глузді, а також досвіді, накопиченому в цій галузі. Тому після збирання статистичної інформації її напрацювання зазвичай ґрунтується на висновках експертів.

Часто обмеження, які засновані на постулатах поведінки, з урахуванням суб’єктивних оцінок експертів за умов неточної інформації, при моделюванні задають занадто спрощеними, що в остаточному підсумку призводить до неадекватних реальним ситуаціям прийнятих рішень.

Це призводить до небажаних як економічних (великим додатковим витратам на реалізацію прийнятих рішень), так і соціальних наслідків (необґрунтоване скорочення штатів, зміна кваліфікаційних вимог до персоналу, неоптимальна раціоналізація структури керування тощо).

З появою в середині 70-х років ХХ ст. теорії нечітких множин і з розвитком ряду прикладних її напрямів, включаючи нечітке математичне програмування, з’явилися нові підходи до розв’язання подібних задач [3; 4].

Розглянемо один із способів їх розв’язання.

Фундаментальну роль у теорії нечітких множин відіграють нечіткі відношення.

Якщо множини X і U кінцеві, нечітке відношення R між X і U можна подати за допомогою його матриці, рядкам і стовпчикам якої ставляться у відповідність елементи множин X і U , а на перетинанні рядки x і стовпчика y поміщається елемент $x R y$. У випадку, коли множини X і U збігаються, матриця $x R x$ називається нечітким відношенням на множині X [4]. З урахуванням специфіки функціонування технологічної системи, завдання вибору альтернативних рішень при

нечітких вихідних умовах сформулюємо так.

Нехай ϵ множина альтернативних способів модернізації структури технологічної системи

$$M = \{M_1, M_2, \dots, M_{m-1}, M_m\}.$$

За оцінками експертів реалізація рішень може призвести до економічних $x \in E_m$ і соціальних $y \in E_m$ наслідків.

Потрібно вибрати з можливих альтернативних варіантів спосіб із найменшими економічними і соціальними наслідками при одночасному забезпеченні рівня середнього прибутку D_0 від реалізації “вихідного продукту” технологічних систем.

Представимо взаємозв’язок множин альтернативних рішень M і економічних x наслідків та наслідків соціального плану y в вигляді матриці нечітких відношень, відповідно xEM і ySM .

Відповідно до теорії нечітких множин матриці нечітких відношень xEM і ySM набувають вигляду:

$$E = \begin{matrix} & \begin{matrix} \nearrow M_1 & M_2 & M_3 & \dots & M_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \dots \\ x_m \end{matrix} & \begin{matrix} | \mu_E(x_1, M_1) & \mu_E(x_1, M_2) & \mu_E(x_1, M_3) & \dots & \mu_E(x_1, M_m) \\ \mu_E(x_2, M_1) & \mu_E(x_2, M_2) & \mu_E(x_2, M_3) & \dots & \mu_E(x_2, M_m) \\ \mu_E(x_3, M_1) & \mu_E(x_3, M_2) & \mu_E(x_3, M_3) & \dots & \mu_E(x_3, M_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_E(x_m, M_1) & \mu_E(x_m, M_2) & \mu_E(x_m, M_3) & \dots & \mu_E(x_m, M_m) \end{matrix} \end{matrix} \quad (1)$$

$$S = \begin{matrix} & \begin{matrix} \nearrow M_1 & M_2 & M_3 & \dots & M_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \dots \\ y_m \end{matrix} & \begin{matrix} | \mu_S(y_1, M_1) & \mu_S(y_1, M_2) & \mu_S(y_1, M_3) & \dots & \mu_S(y_1, M_m) \\ \mu_S(y_2, M_1) & \mu_S(y_2, M_2) & \mu_S(y_2, M_3) & \dots & \mu_S(y_2, M_m) \\ \mu_S(y_3, M_1) & \mu_S(y_3, M_2) & \mu_S(y_3, M_3) & \dots & \mu_S(y_3, M_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_S(y_m, M_1) & \mu_S(y_m, M_2) & \mu_S(y_m, M_3) & \dots & \mu_S(y_m, M_m) \end{matrix} \end{matrix} \quad (2)$$

Представимо стовпчики матриць (1) і (2) у вигляді таких нечітких множин:

$$\begin{aligned} M_{1E} &= \{ \mu_E(x_1, M_1)M_1, \mu_E(x_1, M_2)M_1, \dots, \mu_E(x_m, M_1)M_1 \} \\ M_{2E} &= \{ \mu_E(x_1, M_2)M_2, \mu_E(x_1, M_2)M_{12}, \dots, \mu_E(x_m, M_2)M_2 \} \\ M_{3E} &= \{ \mu_E(x_1, M_3)M_3, \mu_E(x_1, M_2)M_1, \dots, \mu_E(x_m, M_3)M_3 \} \\ &\dots \dots \dots \\ M_{mE} &= \{ \mu_E(x_1, M_m)M_m, \mu_E(x_1, M_2)M_1, \dots, \mu_E(x_m, M_m)M_m \} \\ M_{1S} &= \{ \mu_S(x_1, M_1)M_1, \mu_S(x_2, M_1)M_1, \dots, \mu_S(x_m, M_1)M_1 \} \\ M_{2S} &= \{ \mu_S(x_1, M_2)M_2, \mu_S(x_2, M_2)M_2, \dots, \mu_S(x_m, M_2)M_2 \} \\ M_{3S} &= \{ \mu_S(x_1, M_3)M_3, \mu_S(x_2, M_3)M_3, \dots, \mu_S(x_m, M_3)M_3 \} \\ &\dots \dots \dots \\ M_{mS} &= \{ \mu_S(x_1, M_m)M_m, \mu_S(x_2, M_m)M_m, \dots, \mu_S(x_m, M_m)M_m \} \end{aligned}$$

Визначимо $\inf_x \min \mu_E(x, M)$ і $\inf_y \min \mu_S(y, M)$.

Необхідне рішення має знаходитися в межах:

$$\exists M: (\mu_E(x, M) \leq \inf_x \mu_C(x, M);$$

$$\mu_S(y, M) \leq \inf_y \mu_S(y, M)), \quad (3)$$

при цьому має зберігатися умова економічної ефективності реалізації прийнятого рішення:

$$D(M) \geq D_0. \quad (4)$$

Таким чином, аналізована задача зводиться до класу задач математичного програмування.

Задачі математичного програмування, які є процедурами прийняття рішення з використанням деякої функції корисності за умов нечіткого опису цілей і (або) альтернатив, являють собою клас задач нечіткого математичного програмування [5].

Вибирають рішення $M(x, y)$, при якому виконуються умови (3) і (4). Якщо існує декілька рішень, що відповідають умові (3), то вибирають рішення, що відповідає умові:

$$\exists M: (\min_x \mu_E(x, M) < \inf_x \mu_E(x, M);$$

$$\min_y \mu_S(y, M) < \inf_y \mu_S(y, M)).$$

Сукупність додаткових витрат, очевидно, не повинна призвести до порушення умов корисності прийнятих рішень, тобто

$$D_U - \left(\sum_{j=1}^N C_{kj} + \sum_{i=1}^M \Delta C_i \right) \geq \varphi(c),$$

де D_U – можливий сумарний прибуток після модернізації; $C_k, \Delta C$ – відповідно капіталовкладення і додаткові витрати, необхідні для реалізації обраної програми модернізації системи; $\varphi(c)$ – функція корисності (очікуваний прибуток).

Висновки

Пропонований спосіб з використанням результатів теорії нечітких множин на основі експертних оцінок дозволить розв'язати завдання вибору структури технологічної системи з альтернативних варіантів за умови недостатнього обсягу або відсутності необхідних статистичних даних на початкових етапах корінної її модернізації.

Отримані результати можуть бути використані при проектуванні складних технологічних систем, а також можуть застосовуватися для оцінювання ефективності стратегій і алгоритмів керування станом окремих її елементів та при необхідності раціоналізації рівнів поточних витрат.

Список літератури

1. Мушак Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
2. Беляев Л.С. Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности. – Новосибирск: Наука, 1987. – С. 126.
3. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. – М.: Знание, 1974. – С. 5–49.
4. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта /Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
5. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981. – 208 с.

Стаття надійшла до редакції 27.10.04

В.Г. Мелкумян

Принятие решений о модернизации структуры технологических систем

Рассмотрен метод использования экспертных оценок вариантов модернизации структуры технологической системы с применением результатов теории нечетких множеств. Предложен способ выбора оптимальных решений из альтернативных вариантов структуры технологических систем при нечетких входных условиях, который позволит минимизировать экономические и социальные последствия ее модернизации. Приведены результаты исследования, которые можно применять на начальных этапах проектирования сложных технических систем при недостаточном объеме или отсутствии необходимых статистических данных.

V.H. Melkumyan

Decision-making at technological systems structure upgrade.

The method based on use of expert ratings of variants of upgrade of structure of technological system with result application of the theory of fuzzy sets is considered. The suggested way of a choice of optimum decisions from alternative variants of structure of technological systems under unsympathetic target conditions, will allow to minimize economic and social consequences of its upgrade. Results of research can be used at the initial stages of complex technical systems designing at insufficient volume on absence of the necessary statistical data.