

АЕРОКОСМІЧНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ

УДК 006.83 (045)

¹ В.П. Харченко, д-р техн. наук, проф.² В.О. Кучеренко, канд. техн. наук, старш. наук. співр.³ О.О. Семенов, канд. техн. наук. доц.

АНАЛІЗ ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НАДАННЯ НАВІГАЦІЙНИХ ПОСЛУГ

¹НАУ, кафедра аеронавігаційних систем
E-mail: kharch@nau.edu.ua

²НАУ, відділ науково-технічної інформації та комерціалізації інтелектуальної власності
E-mail: kucher_volod@ukr.net

³НАУ, кафедра радіоелектронних комплексів
E-mail: semen_alex@ukr.net

Розглянуто особливості аналізу і синтезу інтегрованих систем управління якістю надання послуг з метою поліпшення характеристик навігаційних послуг у технологічному та експлуатаційному процесах згідно з вимогами стандартів ISO серії 9000.

The of the analysis of the Quality Management Systems are reviewed with the purpose of characteristics assurance of production in a master schedule pursuant to the requirements of the standards ISO of a series 9000.

Вступ

Системи управління якістю (СУЯ) сприяють організаціям у підвищенні задоволеності замовників, що вимагають продукцію з певними очікуваними характеристиками [1]. Потреби щодо продукції оформлюють у вигляді технічних вимог на продукцію і позначають як вимоги замовників. Зміна потреб та очікувань замовників, а також конкурентний тиск технічного прогресу змушують організації постійно вдосконалювати свою продукцію та процеси.

Постановка завдання

Підхід, що ґрунтується на застосуванні інтегрованих СУЯ, спонукає організації аналізувати вимоги замовників, визначати процеси, які сприяють отриманню продукції, прийнятної для замовника, і забезпечувати постійний контроль цих процесів. Підхід до проектування, розроблення та впровадження СУЯ передбачає декілька етапів [1, розд. 2.3]:

- визначення потреб і очікувань замовників та інших зацікавлених сторін;
- установлення політики та цілей організації у сфері якості;
- визначення процесів та відповідальності, необхідних для досягнення цілей у сфері якості;
- установлення методів, які дають змогу вимірювати результативність та ефективність кожного процесу;
- визначення та постачання ресурсів, необхідних для досягнення цілей у сфері якості;

– використання результатів цих вимірювань для визначення результативності та ефективності кожного процесу;

– визначення засобів, які дають змогу запобігати невідповідностям і усувати їхні причини;

– запровадження та застосування процесу постійного вдосконалення СУЯ.

Проектування здійснюється як єдиний процес, що складається з сукупності скоординованих і контрольованих видів діяльності з датами початку та закінчення, для досягнення мети, яка відповідає конкретним вимогам і містить обмеження щодо термінів, вартості та ресурсів [1; 2].

Окремий проект може становити частину структури більшого проекту. У деяких проектах цілі уточнюють і характеристики продукції визначають поступово під час реалізації проекту.

Проектування СУЯ в рамках методології системного підходу до дослідження складних систем [2] потребує застосування чіткої, науково обґрунтованої структури організації та проведення робіт – від формулювання основних завдань проектування до розробки альтернативних варіантів і остаточного вибору раціональної структури й оптимальних рівнів характеристик проектованої системи (рис. 1). Проектування можна подати як сукупність процесів, які перетворюють вимоги в установлені характеристики або технічні умови на продукцію, процес чи систему. Досвід проектування складних технічних систем дозволяє згрупувати роботи зі створення нових або модернізації функціонуючих СУЯ на узагальнені етапи зовнішнього і внутрішнього проектування.

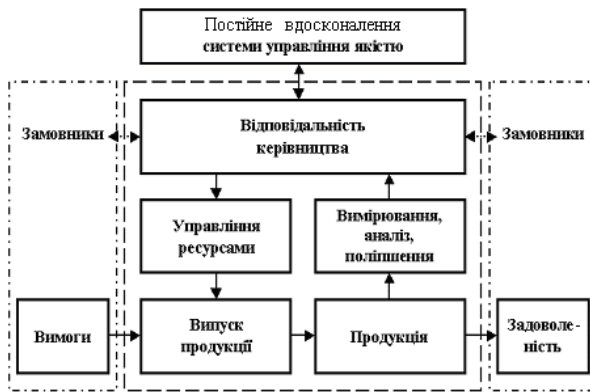


Рис. 1. Процес проектування за ISO 9000:
 — шляхи продукції; - - - - - інформаційні шляхи

Під зовнішнім проектуванням розуміють процес обґрунтування вимог до зовнішніх (вихідних) характеристик проектованої системи, визначення нормативної бази функціонування і техніко-економічне обґрунтування доцільності створення системи.

До етапу внутрішнього проектування належать роботи з визначення організаційної структури, характеристик та взаємодії елементів системи й алгоритмів (методик), які в сукупності забезпечують відповідність вихідних характеристик проектованої системи встановленим вимогам.

До понять, на яких ґрунтуються роботи з проектування СУЯ, належать (рис. 2):

вимога – сформульована потреба або сподівання, загальнозрозумілі або обов'язкові;

градація – категорія або розряд, присвоєні різним вимогам до якості продукції, процесів або систем, що мають те саме функціональне застосування;

якість – ступінь, до якого сукупність власних характеристик задовольняє вимоги;

спроможність – здатність організації, системи або процесу створювати продукцію чи надавати послуги, які відповідадуть вимогам до цієї продукції або послуги;

задоволення замовника – сприйняття замовником ступеня виконання його вимог.



Рис. 2. Поняття стосовно якості

У проведенні робіт на етапі зовнішнього проектування СУЯ класу систем надання послуг за функціональним призначенням можна поділити на дві групи. Першу групу утворюють системи, які можуть функціонувати як суб'єкти господарювання на ринку певних послуг.

До другої групи входять СУЯ, які є підсистемами більш складної виробничої або сервісної структури. До першої групи належать різні структури служб надання побутових послуг населенню (торгівельно-посередницькі, транспортні системи тощо). До структури більш складних систем входять СУЯ експлуатації виробничого і технологічного устаткування, інформаційно-вимірювальних систем, автоматизованих систем управління технологічними процесами виробничих і транспортних підприємств тощо.

У структурній схемі організації та проведення робіт із розроблення проекту створення системи надання послуг (рис. 1) залежно від класу СУЯ зміняться напрям і зміст робіт етапу зовнішнього проектування.

Для систем надання послуг першої групи роботи з аналізу області функціонування спрямовані на вивчення ринку послуг. Результати аналізу ринку послуг використовують для визначення переліку послуг, умов їхньої конкурентоспроможності, вибору критеріїв. За цими критеріями оцінюють економічну доцільність створення нової (або модернізації існуючої) системи та вибирають й обґрунтовують вимоги до зовнішніх (вихідних) характеристик проектованої системи.

Для систем надання послуг другої групи етап зовнішнього проектування зводиться до дослідження умов функціонування складної системи, у структуру якої входить проектована СУЯ. На цьому етапі визначаються області припустимих значень вихідних характеристик проектованої системи, які в сукупності забезпечують необхідний рівень якості функціонування більш складної технологічної системи.

Роботи з техніко-економічного обґрунтування доцільності розробки і створення (або корінної модернізації) СУЯ на етапі зовнішнього проектування спрямовуються на визначення припустимих із погляду безумовного забезпечення необхідних рівнів вихідних характеристик, які мінімізують рівні техніко-економічних витрат на створення і забезпечення функціонування проектованої системи та шляху їхнього досягнення.

Область функціонування СУЯ багато в чому визначатиметься припустимими межами фазового простору зміни її характеристик під впливом зовнішніх і внутрішніх збурень та методами усунення впливу деградаційних процесів.

Причини виникнення процесів деградації в СУЯ зумовлені впливом зовнішніх і внутрішніх збурень. Математичний опис процесу впливу збурень на вихідні характеристики досліджуваної СУЯ пов'язаний із великими труднощами через значну апіорну невизначеність умов їхнього виникнення.

На початкових етапах проектування враховують найбільш імовірний набір збурень добре вивченими методами компенсації їхнього впливу на характеристики проєктованих СУЯ.

Для опису процесу компенсації впливу збурень при проєктуванні системи введемо функцію у вигляді матриці:

$$F = |f_{ij}|, \quad (1)$$

де f_{ij} – функціонал опису процесу усунення впливу j -го збурення, який призводить до зміни i -го параметра проєктованої системи [2].

У параметризації функції усунення впливу зовнішніх і внутрішніх збурень необхідно врахувати, що значна частина робіт із забезпечення якості функціонування СУЯ за очікуваних умов провадиться на всіх етапах проектування – розроблення, створення і дослідної експлуатації.

З урахуванням граничних умов характеристик системи і матриці (1) визначають вимоги до проєктованої СУЯ як продукції проєктування.

Нормативну базу функціонування проєктованих систем визначають на етапі зовнішнього проєктування СУЯ.

Заключним етапом зовнішнього проєктування є ітеративний процес вибору, обґрунтування припустимих областей існування вихідних характеристик системи, стратегій побудови структури та інфраструктури і методик функціонування її підсистем з урахуванням результатів техніко-економічного обґрунтування доцільності створення проєктованої системи.

У виборі критеріїв техніко-економічної ефективності функціонування системи на цьому етапі проєктування має враховуватися суперечливість вимог замовника (організації або особи, яка отримує послугу) і постачальника (організації або особи, яка надає послугу).

Стосовно організації замовник може бути внутрішнім або зовнішнім. Постачальник також може бути внутрішнім або зовнішнім.

З погляду замовника найбільш повно мають забезпечуватися вимоги до усунення впливів деградаційних збурень протягом експлуатації, які враховані матрицею (1).

З погляду постачальника мають бути мінімізовані витрати на створення й експлуатацію проєктованої СУЯ.

На практиці зазвичай знаходять компромісний варіант, що задовольняє умову – одержання найбільшого ефекту $E_{СУЯ}$ від цільового застосування системи і мінімуму витрат C_0 на підтримку розмірів її вихідних характеристик на необхідному рівні за умов впливу певного класу збурень:

$$E_{СУЯ} = \max_{y \in Y} E(y), C_0 = \min_{x \in X} C(x),$$

де Y, X – множина припустимих умов аналізованих варіантів (y, x) досягнення мети проєктування.

Визначення розміру прогнозованих сумарних витрат на створення СУЯ на етапі зовнішнього проєктування є самостійним завданням дослідження. Для цього можна скористатися значенням необхідних сумарних середньозважених витрат на підтримку n вихідних характеристик проєктованої системи в області припустимих значень за умови виникнення m збурень.

З урахуванням матриці (1) для визначення прогнозованих значень сумарних витрат протягом експлуатації можна використати матрицю

$$C_F^T = |P_j(t), C_{ij}^T|, j \in m, i \in n, \quad (2)$$

де $P_j(t), C_{ij}^T$ – імовірність появи j -го збурення і витрати на усунення його впливу за i -м вихідним параметром системи протягом експлуатації T відповідно.

Варіацією значень вихідних параметрів і стратегій побудови раціональної структури проєктованої системи на етапі зовнішнього проєктування провадиться вибір номенклатури і припустимих значень параметрів, які задовольняють умови матриці (2).

На етапі внутрішнього проєктування СУЯ провадиться вибір структури, обґрунтування характеристик її елементів. На цьому етапі провадиться техніко-економічне обґрунтування згідно з вимогами чинних нормативів до проєктування такого класу систем, а також розроблення й оформлення відповідної проєктної документації.

Задача зовнішнього проєктування інтегрованих систем управління якістю з надання послуг

До завдань зовнішнього проєктування належать:

- вивчення ринку послуг щодо розроблення СУЯ;

- визначення потенційної можливості збільшення якості продукції підприємств промисловості України чи якоїсь галузі;

- визначення перспектив відкриття нових виробництв із метою формування вимог до рівня і глибини модернізації системи промислового комплексу України.

Формалізація завдань вивчення ринку послуг сервісних систем пов'язана з великими труднощами внаслідок необхідності врахування різних, часто суперечливих чинників.

Після збирання статистичної інформації її опрацювання ґрунтується на висновках експертів. Часто обмеження про сприйняття замовниками наданих послуг, які засновані на постулатах поведінки з урахуванням суб'єктивних оцінок експертів за умов неточної інформації, при моделюванні задаються занадто спрощеними, що в остаточному підсумку призводить до неадекватних реальним ситуаціям прийнятих рішень.

На підставі теорії нечітких множин і розвитку її прикладних напрямів, у т. ч. нечіткого математичного програмування, з'явилися нові підходи до розв'язання подібних задач [3].

Під нечіткою множиною розуміють сукупність упорядкованих пар

$$A = \{x, \mu_A(x)\}, x \in X,$$

де $\mu_A(x)$ – ступінь приналежності x до A .

У загальному випадку $\mu_A : x \rightarrow \mu$ є функцією відображення на простір приналежності μ в інтервалі $(0, 1)$, де 0 і 1 – нижній і верхній ступінь приналежності відповідно.

Якщо множина μ містить тільки граничні значення, тобто 0 і 1, то $\mu_A(x)$ нечіткої множини збігається з характеристичною функцією звичайної (чіткої) множини.

Задачі математичного програмування, які є процедурами прийняття рішення з використанням деякої функції корисності за умов нечіткого опису мети і (або) альтернатив, складають клас задач нечіткого математичного програмування.

Позначимо множину потенційних споживачів X , ознаки запропонованих послуг Y , обмеження Z і витрати на зменшення рівня обмежень C у вигляді таких упорядкованих множин:

$$\begin{aligned} X &= \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}; \\ Y &= \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}; \\ Z &= \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_k\}; \\ C &= \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_p\}. \end{aligned} \quad (3)$$

Завдання СУЯ з надання послуг полягає в забезпеченні умов для задоволення вимог замовників до ознак запропонованих послуг із можливо найменшими додатковими витратами.

Взаємозв'язок елементів множин, наведених у виразах (3), подамо у вигляді нечітких відношень xRy , zGy , cSy із функціями приналежності $\mu_R(x, y) \rightarrow |0, 1|$, $\mu_G(z, y) \rightarrow |0, 1|$, $\mu_S(c, y) \rightarrow |0, 1|$ відповідно:

$$R = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & \dots & y_m \\ x_1 & \mu_R(x_1, y_1) & \mu_R(x_1, y_2) & \dots & \mu_R(x_1, y_m) \\ x_2 & \mu_R(x_2, y_1) & \mu_R(x_2, y_2) & \dots & \mu_R(x_2, y_m) \\ x_3 & \mu_R(x_3, y_1) & \mu_R(x_3, y_2) & \dots & \mu_R(x_3, y_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n & \mu_R(x_n, y_1) & \mu_R(x_n, y_2) & \dots & \mu_R(x_n, y_m) \end{matrix} \cdot \quad (4)$$

Матриця (4) є узагальненою оцінкою потенційних споживачів запропонованої послуги з даними ознаками й певною мірою може інтерпретуватися як вимоги до характеристик послуги, тому що за нею можна визначити ступінь значущості її ознак для окремих груп потенційних споживачів:

$$G = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & \dots & y_m \\ z_1 & \mu_G(z_1, y_1) & \mu_G(z_1, y_2) & \dots & \mu_G(z_1, y_m) \\ z_2 & \mu_G(z_2, y_1) & \mu_G(z_2, y_2) & \dots & \mu_G(z_2, y_m) \\ z_3 & \mu_G(z_3, y_1) & \mu_G(z_3, y_2) & \dots & \mu_G(z_3, y_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_k & \mu_G(z_k, y_1) & \mu_G(z_k, y_2) & \dots & \mu_G(z_k, y_m) \end{matrix} \cdot \quad (5)$$

Залежно від постановки завдання матриця (5) може бути оцінкою ступеня впливу наявних у системі ресурсів на ознаки запропонованої послуги або рівень задоволення ними процесу формування послуги з такими ознаками:

$$S = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & \dots & y_m \\ c_1 & \mu_S(c_1, y_1) & \mu_S(c_1, y_2) & \dots & \mu_S(c_1, y_m) \\ c_2 & \mu_S(c_2, y_1) & \mu_S(c_2, y_2) & \dots & \mu_S(c_2, y_m) \\ c_3 & \mu_S(c_3, y_1) & \mu_S(c_3, y_2) & \dots & \mu_S(c_3, y_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_p & \mu_S(c_p, y_1) & \mu_S(c_p, y_2) & \dots & \mu_S(c_p, y_m) \end{matrix} \cdot \quad (6)$$

Матриця (6) оцінює ступінь впливу додаткових витрат на зменшення обмеження або збільшення можливостей СУЯ за рахунок нових капіталовкладень.

Узагалі необхідно забезпечити умову домінування можливостей системи відносно вимог потенційних споживачів послуг.

Нечітке відношення zGy домінує відносно xRy за параметром y , якщо при еквівалентному оцінюванні виконується умова

$$Y_R \subset Y_G, \quad (7)$$

де Y_R , Y_G – множини елементів стовпчиків матриць (4), (5) відповідно:

$$Y_R = \{y_{R1}, y_{R2}, y_{R3}, \dots, y_{Rm}\};$$

$$Y_G = \{y_{G1}, y_{G2}, y_{G3}, \dots, y_{Gm}\}.$$

Недомінуюче нечітке відношення zGy умовно домінує відносно xRy за параметром y , якщо при еквівалентному оцінюванні виконується умова

$$\exists Z(c): Y_R \subset Y_G.$$

Для уточнення наведених визначень розглянемо такі твердження.

Нехай

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\};$$

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\};$$

$$Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_k\}$$

упорядковані множини, а

$$xRy : \mu_R(x, y) \rightarrow |0, 1| \text{ і } zGu : \mu_G(z, y) \rightarrow |0, 1|$$

відповідні нечіткі відношення.

Тоді

$$\forall x, y \in E_1 xE_2, \forall z, y \in E_3 xE_2$$

нечітке відношення zGu строго домінує відносно xRu за параметром y , якщо за еквівалентного оцінювання виконуються умови:

$$\forall Y_R, Z_G : \mu_G(z_l, y_i) \geq \mu_R(x_i, y_j),$$

$$l = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \text{ якщо } k \geq n, \quad (8)$$

або

$$\forall Y_R, Z_G : \mu_{G^{-1}}(z_l, y_i) < \mu_{R^{-1}}(x_i, y_j),$$

$$l = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \text{ якщо } k < n.$$

Подамо стовпчики матриць R і G у вигляді таких упорядкованих нечітких множин:

$$Y_{R1} = \{\mu_R(x_1, y_1)y_1, \mu_R(x_2, y_1)y_1, \dots, \mu_R(x_n, y_1)y_1\};$$

$$Y_{R2} = \{\mu_R(x_1, y_2)y_2, \mu_R(x_2, y_2)y_2, \dots, \mu_R(x_n, y_2)y_2\};$$

$$Y_{Rm} = \{\mu_R(x_1, y_m)y_m, \mu_R(x_2, y_m)y_m, \dots, \mu_R(x_n, y_m)y_m\}; \quad (9)$$

$$Y_{G1} = \{\mu_G(z_1, y_1)y_1, \mu_G(z_2, y_1)y_1, \dots, \mu_G(z_n, y_1)y_1\};$$

$$Y_{G2} = \{\mu_G(z_1, y_2)y_2, \mu_G(z_2, y_2)y_2, \dots, \mu_G(z_n, y_2)y_2\};$$

$$Y_{Gm} = \{\mu_G(z_1, y_m)y_m, \mu_G(z_2, y_m)y_m, \dots, \mu_G(z_k, y_m)y_m\}.$$

Якщо у множинах (9) виконується умова:

$$\mu_G(z_l, y_i) \geq \mu_R(x_i, y_j),$$

то згідно з

$$l = \overline{1, k}, j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}, \text{ якщо } k \geq n,$$

за умов домінування нечітких множин множина

$$Y_G = \{y_{G1}, y_{G2}, y_{G3}, \dots, y_{Gm}\}$$

домінує відносно множини

$$Y_R = \{y_{R1}, y_{R2}, y_{R3}, \dots, y_{Rm}\}.$$

Отже, виконується умова домінування нечітких відношень (7), тобто $Y_R \subset Y_G$, що і треба було довести.

Для доведення умови домінування нечітких відношень за $k < n$ у наведених нечітких множинах (9) достатньо замінити функції приналежності $\mu_R(x, y)$ і $\mu_G(z, y)$ на доповнення:

$$\mu_{R^{-1}} = 1 - \mu_R(x, y); \quad \mu_{G^{-1}} = 1 - \mu_G(z, y).$$

Розглянемо декілька прикладів застосування наведеного твердження. Нехай $X \in E_1$ і $Z \in E_2$ – потенційні споживачі послуг системи надання послуг областей E_1, E_2 зведені за відстанню до місця надання послуг у такі групи:

$$X = \{x_1, x_2, x_3\};$$

$$Z = \{z_1, z_2, z_3\}.$$

Оцінки споживачів ознак запропонованої послуги $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$ областей E_1 і E_2 визначені експертами системи і зведені до матриці xRu і zGu відповідно:

$$R = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ x_1 & 0,4 & 0,7 & 0,6 \\ x_2 & 0,6 & 0,8 & 0,8 \\ x_3 & 0,5 & 0,6 & 0,7 \end{matrix};$$

$$G = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & 0,5 & 0,7 & 0,7 \\ z_2 & 0,7 & 0,8 & 0,9 \\ z_3 & 0,7 & 0,7 & 0,8 \end{matrix}.$$

Необхідно визначити кращу для надання послуг область.

Стовпчики матриць (9) подамо у вигляді таких нечітких множин:

$$Y_{R1} = \{0,4y_1, 0,6y_1, 0,5y_1\}, \quad Y_{G1} = \{0,5y_1, 0,7y_1, 0,7y_1\};$$

$$Y_{R2} = \{0,7y_2, 0,8y_2, 0,6y_2\}, \quad Y_{G2} = \{0,7y_2, 0,8y_2, 0,9y_2\};$$

$$Y_{R3} = \{0,6y_3, 0,8y_3, 0,7y_3\}, \quad Y_{G3} = \{0,7y_3, 0,9y_3, 0,8y_3\}.$$

Оцінки споживачів області E_2 домінують відносно оцінок споживачів області E_1 за всіма ознаками запропонованих послуг:

$$\mu_G(z, y_i) \geq \mu_R(x, y_j), j = \overline{1, m} \quad Y_R \subset Y_G,$$

тобто виконується умова (7).

Із результатів цього прикладу впливає перший наслідок.

Нечітке відношення zGu домінує щодо xRu за тах y , якщо за еквівалентного оцінювання другі проекції цих відношень задовольняють умови:

$$\mu_R^{(2)}(x, y) \subset \mu_G^{(2)}(z, y). \quad (10)$$

З матриць (4), (5) визначимо другі проекції нечітких відношень:

$$\mu_G^{(2)}(z, y) = V_y \mu_G(z_l, y_i), l = \overline{1, k}, j = \overline{1, m}, \quad (11)$$

$$\mu_R^{(2)}(x_i, y_j) = V_y \mu_R(x, y), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}. \quad (12)$$

Вирази (11) і (12) подамо у вигляді відповідних множин:

$$\mu_G^{(2)}(z, y) = \left\{ \max \mu_G(z, y_1), \max \mu_G(z, y), \max \mu_G(z, y_3), \dots, \max \mu_G(z, y_m) \right\}, \quad (13)$$

$$\mu_R^{(2)}(x, y) = \left\{ \max \mu_R(x, y_1), \max \mu_R(x, y), \max \mu_R(x, y_3), \dots, \max \mu_R(x, y_m) \right\}. \quad (14)$$

Якщо в аналізованих нечітких множинах (13), (14)

$$\max \mu_G(z, y_j) \geq \mu_R(x, y_j), j = \overline{1, m},$$

то виконується умова (10).

Розглянемо другий приклад, коли матриці відношень мають вигляд:

$$R = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ x_1 & 0,4 & 0,7 & 0,6 \\ x_2 & 0,6 & 0,8 & 0,8 \\ x_3 & 0,5 & 0,6 & 0,7 \end{matrix},$$

$$G = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & 0,5 & 0,7 & 0,7 \\ z_2 & 0,7 & 0,8 & 0,9 \\ z_3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 \end{matrix},$$

тобто відношення xRy і zGy не відповідають умовам строгого домінування за параметром y .

Визначимо другі проекції відношень і згідно з множинами (13), (14) подамо у вигляді таких множин:

$$\mu_R^{(2)}(x, y) = \{0,6; 0,8; 0,8\};$$

$$\mu_G^{(2)}(z, y) = \{0,7; 0,8; 0,9\}.$$

Максимальні оцінки споживачів послуг області E_2 більші за максимальні оцінки споживачів області E_1 або однакові з ними, тобто виконується умова (10) першого наслідку. З попереднього твердження випливає також другий наслідок.

Нечітке відношення xRy міститься в нечіткому відношенні xGy , якщо

$$\forall x, y \in E_1 xE_2, \mu_R(z, y) \leq \mu_G(x, y).$$

За умови (8), замінивши z на x , неважко переконатися у справедливості цього твердження.

Наведемо третій приклад.

Ті самі групи замовників (організацій, які отримують послуги) $X = \{x_1, x_2, x_3\}$ оцінюють послуги конкуруючих постачальників E_1 і E_2 за ознаками $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$.

Нехай ці оцінки зведені до матриці xRy і xGy відповідно

$$R = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ x_1 & 0,4 & 0,7 & 0,6 \\ x_2 & 0,6 & 0,8 & 0,8 \\ x_3 & 0,5 & 0,6 & 0,7 \end{matrix};$$

$$G = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & 0,8 & 0,9 & 0,8 \\ z_2 & 0,8 & 0,8 & 0,9 \\ z_3 & 0,8 & 0,9 & 0,9 \end{matrix}.$$

З матриці R і G випливає, що $\mu_R(x, y)$ будь-якого (x, y) у матриці R менше або дорівнює відповідним $\mu_G(x, y)$ у матриці G , тобто виконується умова другого наслідку.

У загальному випадку може не виконуватися жодна з умов домінування нечітких відношень.

Доведемо друге твердження.

Нехай

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\},$$

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\},$$

$$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_k\},$$

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_p\}$$

упорядковані множини, а

$$xRy: \mu_R(x, y) \rightarrow |0, 1|,$$

$$zGy: \mu_G(z, y) \rightarrow |0, 1|,$$

$$cSy: \mu_S(c, y) \rightarrow |0, 1|$$

відповідні нечіткі відношення.

Тоді

$$\forall x, y \in E_1 xE_2, \forall z, y \in E_3 xE_2$$

недомінуюче нечітке відношення zGy умовно домінує відносно xRy за параметром y , якщо при еквівалентному оцінюванні $\exists Z(c)$, для яких виконуються:

$$\forall Y_R, Z_G: \mu_G(z_l(c), y_i) \geq \mu_R(x_i, y_j),$$

$$l = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad \text{якщо } k \geq n, \quad (15)$$

або

$$\forall Y_R, Z_G: \mu_{G^{-1}}(z_l(c), y_i) < \mu_{R^{-1}}(x_i, y_j),$$

$$l = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad \text{якщо } k < n. \quad (16)$$

За умов (15), (16) нечітке недомінуюче відношення zGy умовно домінує відносно xRy за $\max y$, якщо при еквівалентному оцінюванні $\exists Z(c)$, для яких другі проекції цих відношень задовольняють умови:

$$\mu_R^{(2)}(x, y) \subset \mu_G^{(2)}(z(c), y). \quad (17)$$

Заміною у виразах, використовуваних у доведенні першого твердження і умов першого наслідку множини Z на множину $Z(c)$, доводимо справедливість умов (15), (16), (17). Під умовним домінуванням тут розуміють наявність умов для збільшення можливостей СУЯ за рахунок додаткових капіталовкладень, що дозволяють коригувати рівні тих ознак послуг, за якими не виконуються умови домінування. При цьому сукупність додаткових витрат очевидно не має призвести до порушення умов корисності розв'язків для сервісних систем, тобто

$$D_U - \left(\sum_{j=1}^N C_{kj} - \sum_{i=1}^M \Delta C_i \right) \geq \varphi(c), \quad (18)$$

де D_U – можливий сумарний прибуток від послуги; $C_k, \Delta C_i$ – капіталовкладення і додаткові витрати сервісної системи відповідно; $\varphi(c)$ – функція корисності (очікуваний прибуток).

Розглянемо один із підходів розв'язання подібних задач із використанням простого прикладу.

Нехай вивчаються потенційні можливості ринку послуг із розроблення СУЯ і запропоновані послуги оцінюються потенційними замовниками трьох груп $X = \{x_1, x_2, x_3\}$ за ознаками y_1 – термін виконання послуги, y_2 – вартість обслуговування і y_3 – витратні ресурси.

До ресурсів системи, яка забезпечує ці показники запропонованої послуги, належать методологія z_1 , експлуатаційна база z_2 і кваліфікація персоналу z_3 .

Для задоволення вимог потенційних замовників послуг необхідно оцінити можливості системи і з потреби визначити додаткові витрати, спрямовані на підвищення рівнів показників запропонованої послуги.

Нехай у процесі аналізу отриманих даних експерти системи зіставили рівні вимог потенційних споживачів послуг і можливостей системи, збільшивши їх у відповідній матриці відношень

$xRy : \mu_R(x,y) \rightarrow |0,1|$ і $zGy : \mu_G(z,y) \rightarrow |0,1|$:

$$R = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{matrix} & \left| \begin{array}{ccc} 0,6 & 0,9 & 0,8 \\ 0,7 & 0,9 & 0,8 \\ 1 & 0,3 & 0,7 \end{array} \right. \end{matrix},$$

$$G = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ \begin{matrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{matrix} & \left| \begin{array}{ccc} 0,7 & 0,8 & 0,9 \\ 0,7 & 0,8 & 0,8 \\ 0,7 & 0,8 & 0,7 \end{array} \right. \end{matrix}.$$

Перші дві групи замовників висувують певні вимоги до вартості обслуговування і ресурсів. Для споживачів x_3 термін виконання послуги є найбільш важливою ознакою переваги послуги.

Порівняльний аналіз наведених нечітких відношень показує, що можливості СУЯ не дозволяють забезпечити в повному обсязі вимоги всіх трьох груп потенційних споживачів до показників запропонованої послуги. Уведемо середньозважені оцінки можливостей системи, взявши:

$$\mu(z,y) = \begin{cases} 0, \mu_G(z,y) < \mu_R(x,y); \\ 1, \mu_G(z,y) \geq \mu_R(x,y). \end{cases}$$

Складемо матрицю відношень середньозважених оцінок можливостей системи

$$G_M = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ \begin{matrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{matrix} & \left| \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{array} \right. \end{matrix}.$$

Таким чином, для повного задоволення вимог усіх груп споживачів необхідно зменшити ресурси, терміни надання послуг для задоволення вимог перших двох груп і вартість послуг для третьої групи потенційних споживачів послуг.

Нехай для виконання цих умов додаткові витрати системи складають множину

$$C = (c_1, c_2, c_3, c_4),$$

де c_1 – зменшення прибутків системи за рахунок зниження вартості послуги; c_2 – витрати на

збільшення ефективності СУЯ; c_3 – витрати на вдосконалювання експлуатаційно-технологічної бази СУЯ; c_4 – витрати на підвищення кваліфікації персоналу.

Результати оцінювання експертами впливу додаткових витрат на забезпечення вимог до показників послуги також подано у вигляді матриці відношень $cSy : \mu_S(c,y) \rightarrow |0,1|$:

$$S = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 \\ \begin{matrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{matrix} & \left| \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0,8 & 0 \\ 0 & 0,7 & 0,6 \\ 0 & 0,6 & 0,7 \end{array} \right. \end{matrix}.$$

Визначимо другі проекції нечіткого відношення S за тими ознаками послуги, що потребують коригування:

$$\mu_S^{(2)}(c, y_1) = 14;$$

$$\mu_S^{(2)}(c, y_2) = 0,8;$$

$$\mu_S^{(2)}(c, y_3) = 0,7.$$

З отриманих значень проекції відношень перелік додаткових витрат, необхідних для задоволення вимог споживачів, набуває вигляду:

$$C = \{1c_1, 0,8c_2, 0,7c_4\}.$$

Висновки

Для подальшого дослідження надалі вирішується задача математичного програмування, тобто провадиться вибір оптимальних значень складових додаткових витрат у сукупності, яка задовольняє умови (5). У випадках, коли виконання вимог усіх потенційних споживачів запропонованої послуги не відповідає умові (18), вирішується задача звуження області надання послуги або припустимого рівня зменшення заданого прибутку за рахунок утрати певної кількості потенційних споживачів різних груп. У цьому випадку задача оптимізації розмірів додаткових витрат за припустимого рівня рентабельності підприємства зводиться до задач нечіткого математичного програмування.

Література

1. ДСТУ ISO 9000 – 2001. Системи управління якістю. Основні положення та словник. – Чинний від 2001–10–01.
2. Харченко В.П., Кучеренко В.О., Семенов О.О. Методологічні основи аналізу і синтезу системи управління якістю надання послуг // Вісн. НАУ. – 2005. – № 4. – С. 30–33.
3. Мелкумян В.Г., Семенов О.О. Деякі проблеми експертних оцінок результатів апробації нормативно-керуючої документації цивільної авіації // Вісн. КМУЦА. – №1. – 1999. – С. 45–48.

Стаття надійшла до редакції 19.06.06.