

УДК 004.04

Беркман Л. Н., докт. техн. наук, проф. (Тел.: +389 44 249 25 70. E-mail : berkman@duikt.edu.ua)

Копійка О. В., канд. техн. наук, с.н.с. (Тел.: +380 44 249 29 23. E-mail : okopiyka@gmail.com)

(Державний університет телекомунікацій, м. Київ)

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДОЛОГІЇ СИНТЕЗУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Беркман Л. Н., Копійка О. В. Теоретичні основи методології синтезу інформаційно-комунікаційних систем. У статті розглядається задача розробки методології синтезу інформаційно-комунікаційних систем на базі єдиної інформаційної платформи. Методологія складається з трьох основ: концептуальної, теоретичної та технологічної. Під теоретичною основою методології синтезу інформаційно-комунікаційних системи розуміємо використання методів векторного синтезу, динамічного програмування та багатокритеріальної оптимізації для обґрунтування принципів концептуальної частини методології та вибору сценаріїв застосування інформаційно-комунікаційних системи.

Ключові слова: інформаційно-комунікаційні системи, векторний синтез, динамічне програмування, багатокритеріальна оптимізація

Беркман Л. Н., Копейка О. В. Теоретические основы методологии синтеза информационно-коммуникационных систем. В статье рассматривается задача разработки методологии синтеза информационно-коммуникационных систем на базе единой информационной платформы. Методология состоит из трех основ: концептуальной, теоретической и технологической. Под теоретической основой методологии синтеза информационно-коммуникационных систем понимаем использование методов векторного синтеза, динамического программирования и многокритериальной оптимизации для обоснования принципов концептуальной части методологии и выбора сценариев применения информационно-коммуникационных систем.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные системы, векторный синтез, динамическое программирование, многокритериальная оптимизация

Berkman L. N., Kopiyka O. V. Theoretical bases methodology synthesis of information and communication systems. The article deals with the task of developing the methodology of synthesis of information and communication systems based on a unified information platform. The methodology consists of three pillars: the conceptual, theoretical and technological. Under the theoretical basis of the methodology of synthesis of information and communication systems to understand the use of methods of vector synthesis, dynamic programming and multi-criteria optimization to support the principles of the methodology and conceptual scenario selection of information and communication systems.

Keywords: information and communication systems, vector synthesis, dynamic programming, multiobjective optimization

Постановка проблеми. Вирішується задача створення гнучко масштабованої, високоавтоматизованої і надпотужної інформаційної платформи, яка складається з інформаційно-комунікаційних систем (ІКС). Реалізація такої платформи неможлива за допомогою невпорядкованих і часто різноспрямованих дій з об'єднання розрізнених процесів і систем, які так поширені серед постачальників послуг сьогодні. Щоб конкурувати і досягти успіху, компанії повинні чітко уявляти, як створити максимально ефективну, інтегровану, але притому гнучку систему на базі існуючих бізнес-процесів та інформаційних технологій [1...6]. Тому, треба провести синтез ІКС для надання їм властивості єдиної інформаційної платформи.

Іншими словами необхідно провести синтез ІКС, які забезпечують автоматизацію виробничого та управлінського процесів, операційну діяльність, засоби виробництва (чи у випадку інформаційної інфраструктури транспортування інформації) та загальносистемне забезпечення, а також забезпечують створення, обробку, збереження, видалення та транспортування інформації.

Задача синтезу інформаційно-комунікаційні системи. Ставиться задача синтезувати інформаційно-комунікаційні системи на базі єдиної інформаційної платформи яка

складається із таких компонентів: *структури* бізнес-процесів; *структури* додатків; *інформаційної* структури.

Побудова єдиної інформаційної платформи базується на п'яти основних принципах: загальна *інформаційна модель*; загальна спільно використовувана *телекомунікаційна інфраструктура*; чітко встановлені *інтерфейси*; розділ *бізнес-процесів* і застосовуваних додатків; використання *розподіленої системи* з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

Для телекомунікаційного оператора пропонуються удосконалені елементи Framework:

- у якості структури бізнес-процесів використовується модифікована карта бізнес-процесів Telecom Operations Map (eTOM);
- у якості структури структури додатків – модифікована карта додатків Telecom Application Map (TAM);
- у якості структури інформаційної структури – модифікована модель даних Shared Information/Data (SID) model;
- у якості структури інтеграційної структури – модифіковане інтеграційне середовище Integration Program (TIP).

Для автоматизації інших об'єктів використовуються індивідуально розроблені структури з використанням рекомендацій Frameworks.

Під теоретичною основою методології синтезу ІКС розуміємо використання методів векторного синтезу, динамічного програмування та багатокритеріальної оптимізації для обґрунтування задекларованих принципів в концептуальній частині методології та вибору сценаріїв застосування ІКС [7].

Загальне математичне формулювання задачі. За рахунок виконання *першого принципу* – побудови загальної інформаційної моделі – ми отримуємо єдину інформаційну модель для даних, якими обмінюються додатки ІКС. При виконанні *другого принципу* – при побудові загальної спільно використовуваної телекомунікаційної інфраструктури – ми розглядаємо мережеву інфраструктуру як інформаційну систему, яка управляє спільною телекомунікаційною інфраструктурою.

Таким чином, ми будуємо систему ІКС, стан якої характеризується додатками (x, y) , які набувають n дискретних значень x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) і y_j ($j = 1, 2, \dots, n$).

При використанні *третього принципу*, коли проектується чітко встановлені інтерфейси ми можемо сформулювати наступну задачу: на площині існує множина додатків, які за рахунок інтерфейсів можуть визначати траєкторії переходу системи із стану (x_1, y_1) в стан (x_n, y_n) (Рис. 1). Уся множина траєкторій утворюється переходом зображуючої точки з якого-небудь додатка в додаток, який лежить праворуч (ліворуч), або в додаток, що лежить зверху. Всього зображуюча точка при оптимальній траєкторії пройде через $N=2(n-1)$ етапів або зробить $N=2(n-1)$ переходів.

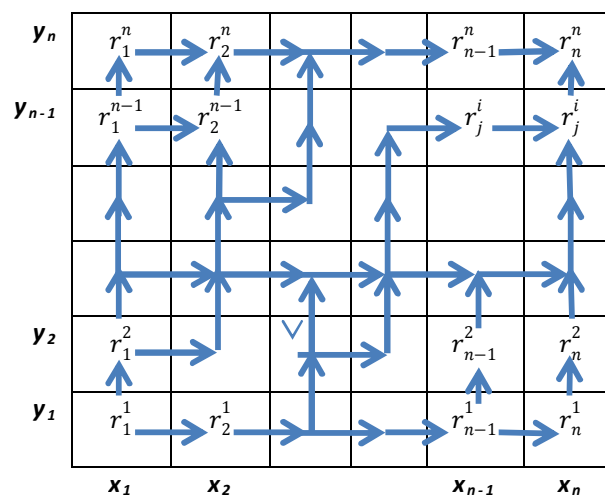


Рис. 1. Траєкторії переходу системи

За рахунок описаних інтерфейсів можна для кожної траєкторії переходу зі стану (x_1, y_1) в стан (x_n, y_n) визначити функцію вигоди R , яка утвориться як сума збільшень функцій вигоди r_i^j у всіх додатках, через які пройде процес.

Таким чином, ми моделюємо виконання **четвертого принципу** – розділ бізнес-процесів і застосовуваних додатків. Тепер ми можемо моделювати бізнес-процеси, які використовують різні ІКС та їх додатки.

Нашу єдину інформаційну платформу ми представляємо у вигляді стану який характеризується вектором x з m координатами в m -вимірному просторі. Для використання глобальних для платформи бізнес-процесів протягом етапів відбувається перетворення вектору x , починаючи із свого початкового значення x_0 , шляхом отримання ще $N-1$ значення x_0, x_1, \dots, x_{N-1} . Вважатимемо, що перехід вектору з одного стану в інший на кожному етапі відбувається відповідно до залежності

$$x_{k+1} = T(x_k, y_k),$$

де y_k – векторна величина, що складається на кожному етапі з визначеного числа скалярних компонентів $y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn}$, i є параметром переходу.

При заданому векторі стану додатків x_k на початку якого-небудь етапу стан додатків наприкінці цього етапу або на початку наступного залежить від вибору параметра перетворення y_k . Задаючи всі можливі значення параметру перетворення на кожному етапі, одержуємо всі можливі варіанти багатоетапного процесу або всі можливі способи переходу бізнес процесів з одного додатку x_0 до кінцевого x_k . Вибір параметра перетворення y_k на кожному етапі відповідає розв'язанню способу переходу або перетворення додатків зі стану x_k в стан x_{k+i} . Обрана послідовність параметрів перетворення y_0, y_1, \dots, y_{N-1} , називається програмою.

Нехай метою багатоетапного процесу перетворення є досягнення оптимуму деякої скалярної величини R , що характеризує наявність інтерфейсів між додатками. Для визначеності вважатимемо R функцією вигоди і вимоги такого моменту багатоетапного процесу, щоб функція вигоди була максимальною. На кожному етапі функція вигоди залежатиме від початкового стану системи x_0 й обраної програми y_0, y_1, \dots, y_{N-1} , тобто

$$\begin{aligned} R_1 &= R_1(x_0, y_0); \\ R_2 &= R_2(x_0, y_0, y_1); \\ &\dots\dots\dots \\ &\dots\dots\dots \\ R_N &= R_N(x_0, y_0, y_1, \dots, y_{N-1}). \end{aligned}$$

При оптимальній програмі y_0, y_1, \dots, y_{N-1} функція вигоди набуде максимального значення і залежатиме тільки від початкового стану системи. Позначивши максимуми функцій вигоди як $f_k(x_0)$, будемо мати

$$\begin{aligned} f_1(x_0) &= \max_{y_0} R_1(x_0, y_0); \\ f_2(x_0) &= \max_{y_0, y_1} R_2(x_0, y_0, y_1); \\ &\dots\dots\dots \\ &\dots\dots\dots \\ f_N(x_0) &= \max_{y_0, y_1, \dots, y_{N-1}} R_N(x_0, y_0, y_1, \dots, y_{N-1}). \end{aligned} \tag{1}$$

Індекси y_0, y_1 позначають, що найбільше значення T шукається по всій множині програм або послідовностей y_0, y_1, \dots, y_{N-1} . Безпосереднє визначення максимуму виразу (1) сліпим пошуком часто є практично нездійсненною задачею. Застосування методу динамічного програмування, заснованого на принципі оптимальності, спрощує в багатьох випадках визначення максимальної функції вигоди $f_N(x_0)$ й оптимальної програми y_0, y_1, \dots, y_{N-1} , що забезпечує цю максимальну функцію вигоди.

Відповідно до принципу оптимальності, який би не був початковий стан x_0 і початковий розв'язок y_0 , програма y_0, y_1, \dots, y_{N-1} має бути оптимальною і функція вигоди на $N-1$ -у етапі має бути максимальною.

Застосуємо цей принцип послідовно до дво-, три-, ... і N -етапного процесу.

Для першого етапу *двоетапного процесу*, як уже вказувалося, маємо

$$f_1(x_0) = \max_{y_0} R_1(x_0, y_0).$$

Стан системи на другому етапі $x_1 = T(x_0, y_0)$.

За умовою, які б не були x_0, y_0 , другий етап має бути оптимальним, тобто

$$f_1(x_1) = f_1|T(x_0, y_0)| \text{ та } x_{y1} R_1(x_1, y_1).$$

Сумарна функція вигоди двоетапного процесу

$$R_2(x_0, y_0, y_1) = R_1(x_0, y_0) + f_1|T(x_0, y_0)|.$$

Відповідно максимальне значення функції вигоди для двоетапного процесу

$$f_2(x_0) = \max_{y_0} \{R_1(x_0, y_0) + f_1|T(x_0, y_0)|\}.$$

Для *триетапного процесу* аналогічно матимемо:

$$f_3(x_0) = \max_{y_0} \{R_1(x_0, y_0) + f_2|T(x_0, y_0)|\}.$$

І, нарешті, для *N етапів*

$$f_N(x_0) = \max_{y_0} \{R_1(x_0, y_0) + f_{N-1}|T(x_0, y_0)|\}. \quad (2)$$

Рекурентне співвідношення (2) дає змогу послідовно обчислити шукане значення $f_N(x_0)$ й оптимальний розв'язок y_0 на першому етапі для N -етапного процесу, що буде деякою функцією початкового стану системи, тобто $y_0 = y_N(x_0)$.

У нашому випадку ми маємо 5 систем:

- $y_1(x)$ – функція, яка характеризує автоматизацію управлінської діяльності;
- $y_2(x)$ – функція, що характеризує автоматизацію виробничої діяльності;
- $y_3(x)$ – функція, яка характеризує автоматизацію засобів транспортної інфраструктури (виробництва для оператора телекомунікацій);
- $y_4(x)$ – функція, яка характеризує автоматизацію загальносистемного забезпечення (працездатність дата-центрів);
- $y_5(x)$ – функція, що характеризує автоматизацію допоміжних функцій.

В такому випадку стан платформи характеризується координатами (x, y) , які набувають n дискретних значень x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) і y_j ($j = 1, 2, \dots, 5$). Потрібно перевести систему зі стану (x_1, y_1) у стан (x_n, y_5) (див. Рис. 1). На площині існує множина процесів або траєкторій переходу системи зі стану (x_1, y_1) у стан (x_n, y_5) . Нехай далі для кожної траєкторії переходу зі стану (x_1, y_1) у стан (x_n, y_5) визначена функція вигоди R , яка утвориться як сума збільшень функцій вигоди r_i^j у всіх додатках, через які пройде точка.

Потрібно забезпечити перехід даних з положення (x_1, y_1) в положення (x_n, y_n) по такій траєкторії, щоб сумарна функція вигоди була найбільшою. Отже, весь процес переходу системи з початкового стану в кінцевий – це $N=2(n-1)$ -етапний процес. При цьому на кожному етапі варто прийняти такий напрямок руху (нагору або вправо чи вліво на Рис. 1), щоб одержати найбільше значення сумарної функції вигоди R .

Розв'язок поставленої задачі можна спробувати одержати методом сліпого пошуку або перебором усіх можливих траєкторій. Однак такий підхід можливий тільки в дуже простих випадках. У більш-менш складних, для яких і розроблений власне метод динамічного програмування, сліпий пошук оптимальних розв'язків вимагає непомірної обчислювальної роботи.

В основі методу динамічного програмування лежить інтуїтивний принцип оптимальності, що дає змогу розв'язувати задачі оптимізації багатоетапних процесів

послідовно побудовою рекурентних співвідношень. Для застосування принципу оптимальності в розглянутому прикладі поділимо траєкторію зображуючої точки на дві ділянки: від початку до деякого проміжного (x_i, y_j) етапу і від цього проміжного етапу до кінця (x_n, y_5) .

Відповідно до принципу оптимальності, якою б не була початкова ділянка траєкторії і яке б значення функція вигоди не мала на етапі (x_i, y_j) , для того щоб у сформованій ситуації все-таки одержати найвищий ефект, остання ділянка траєкторії від (x_i, y_j) до (x_n, y_5) , має бути оптимальною. Очевидно, чим ближче проміжний етап (x_i, y_j) до кінцевого, тим простіше визначити оптимальну траєкторію.

Так, для проміжного етапу (x_{n-1}, y_{n-1}) найбільше значення функції вигоди R_{n-1}^{n-1} буде дорівнювати найбільшій з двох сум:

$$R_{n-1}^{n-1} = \max \left(\begin{matrix} R_{n-1}^n + r_{n-1}^{n-1} \\ R_n^{n-1} + r_{n-1}^{n-1} \end{matrix} \right),$$

де $R_{n-1}^n = R_n^n + r_{n-1}^n$, $R_n^{n-1} = R_n^n + r_n^{n-1}$.

Разом з визначенням R_{n-1}^{n-1} визначається і траєкторія від (x_{n-1}, y_{n-1}) до (x_n, y_n) , тобто рух праворуч чи ліворуч або вгору. Після визначення R_{n-1}^{n-1} можна знайти:

$$R_{n-2}^{n-1} = \max \left(\begin{matrix} R_{n-1}^{n-1} + r_{n-2}^{n-1} \\ R_{n-2}^n + r_{n-2}^{n-1} \end{matrix} \right), \quad R_{n-1}^{n-2} = \max \left(\begin{matrix} R_{n-1}^{n-1} + r_{n-1}^{n-2} \\ R_n^{n-2} + r_{n-1}^{n-2} \end{matrix} \right),$$

де $R_{n-2}^n = R_{n-1}^n + r_{n-2}^n$, $R_n^{n-2} = R_n^{n-1} + r_n^{n-2}$.

Далі аналогічно можна для будь-якого проміжного етапу (x_i, y_j) визначити найбільше значення функції вигоди R_j^i при переміщенні від цього проміжного етапу до кінця. Одночасно з визначенням R_j^i визначається і траєкторія переміщення з (x_1, y_1) в положення (x_n, y_n) , що і є розв'язком поставленої задачі.

У таблицях 1 і 2 наведено числовий приклад для $n = 5$. В Табл. 1, наведено числові значення r_j^i , а в Табл. 2, — числові значення R_j^i й оптимальна траєкторія від (x_1, y_1) до (x_5, y_5) . Приклад досить ясно ілюструє основну ідею методу.

r_j^i Табл. 1

y_5	7	3	2	6	12
y_4	4	8	9	10	7
y_3	1	5	1	5	3
y_2	4	9	3	7	6
y_1	6	1	9	11	8
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5

R_j^i Табл. 2

y_5	30	23	20	19	12
y_4	50	49	38	29	19
y_3	52	51	39	34	22
y_2	64	60	44	41	36
y_1	70	62	51	52	36
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5

При виконанні **п'ятого принципу** – використання розподіленої системи з нежорсткими зв'язками між її компонентами, вирішується наступна задача. Використання розподіленої системи передбачає набір інтегрованих і взаємодіючих один з одним додатків, а не монолітного додатка для управління всіма операціями підприємства.

Таким чином, в оточенні з нежорсткими зв'язками, в один додаток можуть бути внесені зміни без впливу на інші програми. В цьому випадку проводиться корегування функції вигоди R , тобто, виникає необхідність вирішення задачі (1) для нової функції вигоди R .

Під технологічною основою методології синтезу ІКС розуміємо об'єднання інформаційно-комунікаційні системи в перспективну архітектуру інформаційно-комунікаційних систем (ПАІКС).

ПАІКС адекватна поняттю “велика система”. Остання характеризується кількома специфічними ознаками. Це, насамперед, багатомірність розмаїття структури;

багатозв'язність елементів (взаємозв'язок підсистем на одному рівні та між різними рівнями ієрархії); різномірність бази елементів; багатократність зміни складу і стану (змінність структури, зв'язків і складу системи); багатокритерійність; багатоплановість.

Оптимізація систем такого типу містить у собі оптимізацію як самої системи, так і процесу її проектування.

Знаходженням оптимальної ПАІКС будемо називати процес синтезу системи. Задача синтезу полягає в знаходженні такої ПАІКС, яка компромісно оптимізує показники при обмежених вхідних даних та спектра визначених умов. Зазначимо, що синтез ПАІКС такого типу має бути векторним, тобто виконуватися з урахуванням значень сукупності (векторів) показників, включаючи технологічні та економічні, які заздалегідь враховані (прогнозуються) в критерії переваги (критерії оптимальності системи).

Векторним називається синтез, який виконується з урахуванням декількох показників, тобто на основі векторів $K(k_1, k_2, \dots, k_m)$. Це обумовлено властивостями багатокритерійної складної системи, тобто якою і є ПАІКС. На відміну від векторного синтезу, проведений за одним показником якості, називається *скалярним*.

Отже, при проведенні векторного синтезу потрібно визначити такі значення керуючих змінних $x \in D$ які забезпечують одночасно мінімум усіх уведених критеріїв оптимальності $Q_k(x)$, $k=1, 2, \dots, s$. Звичайно ці критерії суперечливі, оптимізація за кожним з них призводить до різних значень керуючих змінних x . У зв'язку з цим для врахування всієї сукупності часткових критеріїв необхідно проаналізувати векторний критерій оптимальності $Q(x) = [Q_1(x), \dots, Q_s(x)]$, який призводить до розв'язку задачі багатокритерійної оптимізації.

Розв'язання задачі оптимального синтезу – це процес вибору змінних x , що належать допустимій області D і забезпечують оптимальне значення характеристики ПАІКС $Q(x)$. Характеристика, яка показує відносну “перевагу” одного варіанта порівняно з іншими, називається *критерієм оптимальності* (цільовою функцією, критерієм ефективності, функцією корисності тощо).

Екстремальне значення критерію оптимальності $Q(x)$ (кількісне значення) характеризує одну з найважливіших властивостей ПАІКС. Залежно від конкретного завдання потрібно отримати або максимум, або мінімум цієї функції.

Таким чином, для кожного критерію $Q_1(x), Q_2(x), \dots, Q_s(x)$ необхідно знайти вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, що забезпечує мінімальне (максимальне) значення критерію оптимальності

$$Q = Q(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (3)$$

при розв'язанні системи нерівностей

$$Q(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0, \quad (4)$$

$$x_{j-} < x_j < x_{j+}, \quad j=1, 2, \dots, n, \quad (5)$$

де x_{j-}, x_{j+} – значення j -ї керованої змінної, які характеризують область її можливих змін виходячи з реальних умов.

Отже, розв'язання задачі оптимізації ПАІКС зводиться до вирішення умови оптимізації виразів (3)...(5), тобто до визначення оптимального значення що задовольняє нерівностям (4), (5) та знаходження мінімального (максимального) значення критерію оптимальності (3).

Для ПАІКС, наприклад, маємо такі часткові критерії:

$Q_1(x)$ – функція, яка характеризує автоматизацію управлінської діяльності;

$Q_2(x)$ – функція, що характеризує автоматизацію виробничої діяльності;

$Q_3(x)$ – функція, яка характеризує автоматизацію засобів транспортної інфраструктури (виробництва для оператора телекомунікацій);

$Q_4(x)$ – функція, яка характеризує автоматизацію загальносистемного забезпечення (працездатність дата-центрів);

$Q_5(x)$ – функція, що характеризує автоматизацію допоміжних функцій.

При однокритерійному розв'язанні таких задач перевага надавалася одному з вищенаведених критеріїв, а для інших визначалася область припустимих рішень.

Для ПАІКС такий підхід недостатньо ефективний, оскільки перелічені критерії мають забезпечити виконання поставлених задач, при цьому всі критерії приймають у цьому участь.

Розв'язання задачі багатокритерійної оптимізації в загальному випадку неоптимальне для жодного з часткових критеріїв, але є компромісним для вектора $Q(x)$ в цілому. Потрібно зазначити, що розв'язання задачі багатокритерійної оптимізації (компромісне рішення) $x \in D$ є ефективною точкою, якщо для неї слушною є нерівність $Q(x^*) \leq Q(x)$ при $x \in D$, тобто, будь-який компонент $Q_k(x^*) \leq Q_k(x)$ де $k = 1, 2, \dots, s$, але хоча б для одного j з s чисел знайдеться точка x не належить D , в якій виконується жорстка нерівність $Q_j(x^*) > Q_j(x)$. З визначення ефективної точки випливає, що вона не єдина. Множиною всіх ефективних точок називається область визначення, або область рішень. Оптимальність векторного критерію $Q(x)$ означає, що не можна далі зменшувати значення одного з часткових критеріїв, не збільшуючи значення хоча б одного з інших.

Для визначення мінімуму векторного критерію $Q(x)$ необхідно перейти від задачі векторної оптимізації до задачі нелінійної оптимізації зі спеціально сформульованою цільовою функцією:

$$Q(x) = \Phi[Q_1(x), Q_2(x), \dots, Q_s(x)]. \quad (6)$$

Процес пошуку скалярної функції (4), який є узагальненим критерієм для задачі багатокритерійної оптимізації, називається об'єднанням (згортанням) векторного критерію оптимальності.

Методи об'єднання часткових критеріїв

Об'єднання кількісно сумісних критеріїв. Критерії оптимальності $Q_k(x)$, $k=1,2,\dots, s$ будемо вважати кількісно сумісними, якщо вони характеризують важливість кожного з них порівняно з іншими критеріями. Параметри λ_k називаються ваговими коефіцієнтами (ступенем корисності k -го критерію, вагою критерію і т. д.). Розмірності вагових коефіцієнтів λ_k такі: в чисельнику – загальна розмірність, а в знаменнику – розмірність часткового критерію $Q_k(x)$. Це дає змогу одержати узагальнений скалярний критерій $Q(x)$, який називається адитивною функцією корисності, утворенням суми часткових критеріїв та множенням її на свої вагові коефіцієнти (метод зважених сум):

$$Q(x) = \sum_{k=1}^s \lambda_k Q_k(x), \quad (7)$$

де $\lambda_k \geq 0$, $\sum_{k=1}^s \lambda_k = 1$.

У деяких випадках допускається порівнювати не критерії оптимальності, а втрати за кожним з них. Втрати визначаються як різниця між $Q_k(x)$ і його оптимальною величиною

$$Q_k^*: Q_k^* = Q_k(x), \quad x \in \Delta$$

При цьому адитивна функція корисності має вигляд:

$$Q(x) = \sum_{k=1}^s \lambda_k [Q_k(x) - Q_k^*]. \quad (8)$$

Вираз (7) об'єднує часткові критерії $Q_k(x)$ різних розмірностей, а рівність (8) приводить ці критерії до загального початку відліку і до однієї розмірності.

Недоліком методу зважених сум є те, що компромісне та оптимальне рішення у складі узагальненого критерію $Q(x)$ може виявитися незадовільним за одним з часткових рішень $Q_k(x)$, тобто при забезпеченні мінімального значення для $Q(x)$ може виявитися, що один критерій компенсується за рахунок інших, які можуть виявитися дуже великими. Для усунення цього недоліку необхідно ввести параметр C_{kl} , що дає змогу визначити відхилення оптимального значення одного з часткових критеріїв від його значення, отриманого оптимальним рішенням для інших критеріїв:

$$C_{kl} = |[Q_k(x_k^*) - Q_k(x_l^*)] / Q_k(x_k^*)|.$$

Значення параметра C_{kl} характеризує вплив вектора x_l^* на критерій $Q_k(x)$.

Об'єднання критеріїв, несумісних між собою. За відсутності інформації про вагомість часткових критеріїв можна припустити, що вони рівноцінні. Це дає можливість як узагальнений критерій використовувати суму відносних відхилень часткових критеріїв від їх оптимальних значень:

$$Q(x) = \sum_{k=1}^S [Q_k(x) - Q_k^*] / Q_k^* \quad (9)$$

Розв'язок задачі нелінійної оптимізації з цільовою функцією, заданою виразом (9), забезпечує одержання компромісного рішення, тобто – найкращим “середнім”. Для отримання рішення, яке забезпечує найкраще наближення до критерію, “найбільш” віддаленого від свого оптимального значення, необхідно розглянути узагальнені критерії:

$$Q(x) = \max_{1 \leq k \leq S} |[Q_k(x) - Q_k^*] / Q_k^*| \quad (10)$$

Якщо про вагові коефіцієнти λ відомо тільки те, що вони належать до множини:

$$\Delta\lambda = \{ \lambda / \lambda_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, S; \sum_{k=1}^S \lambda_k = 1 \},$$

тоді узагальнений критерій оптимальності можна зобразити як

$$Q(x) = \max_{\lambda \in D} \sum_{k=1}^S \lambda_k Q_k(x). \quad (11)$$

Розв'язок задачі нелінійної оптимізації з критерієм оптимальності (11) дає змогу одержати найкраще рішення x^* для найгіршого розкладу вагових коефіцієнтів λ_k .

За допомогою поданих методів об'єднання часткових критеріїв оптимальності можна отримати тільки кількісні дані про задачу багатокритерійної оптимізації.

Висновки.

1. Удосконалено методику оптимізації послідовних процесів між додатками різних інформаційно-комунікаційних систем, що мають декомпозиційну природу на основі метода динамічного програмування, в якості функції вигоди використовує інтеграційну структуру єдиної інформаційної платформи, що дозволило реалізувати принципи розділу бізнес-процесів і застосовуваних додатків та використання розподіленої системи з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

2. Набув подальшого розвитку метод векторного синтезу інформаційно-комунікаційних систем телекомунікаційного оператора, який відрізняється використанням багатокритеріальної оптимізації за рахунок об'єднання критеріїв, для яких визначено співвідношення переваги за вагомістю, що дозволяє моделювати різні сценарії розвитку телекомунікаційного оператора.

Література

1. Копейка О. В. Архитектура системы управления ИТ-инфраструктурой в современных Дата-центрах / О. В. Копейка // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2014. – № 1(29). – С.29-37.
2. Довгий С. О. Засади регіональної інформатизації / С. О. Довгий, О. В. Копійка, Ю. Т. Черепін. – К.: ВПЦ «ТИРАЖ», 2004. – 304 с.
3. Jew Jonathan. BICSI Data Center Standard: A Resource for Today's Data Center Operators and Designers / Jew Jonathan // BICSI News Magazine, May/June 2010. – P. 28.
4. Niles Susan. Standardization and Modularity in Data Center Physical Infrastructure / Niles Susan // 2011, Schneider Electric. – P. 4.
5. Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers // TIA STANDARD TIA-942. Telecommunications Industry Association. – April 2005. – 135 p.
6. Data Center Design and Implementation Best Practices // ANSI/BICSI 002-2011. Committee Approval. – January 2011. First Published : March 2011. – 367 p.
7. Стеклов В. К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман, Є. В. Кільчицький. – К.: Техніка, 2004. – 576 с.

Дата надходження в редакцію: 09.10.2014 р.

Рецензент: д.т.н., проф. К. С. Сундучков