

УДК 621.396.662.072.078

Дищук А.С.; Федюнін С.А.; Стец О.С., к.т.н.; Довженко Н.М., аспірант

ВИКОРИСТАННЯ РАНГОВИХ МЕТОДІВ ПРИ СТРУКТУРНОМУ СИНТЕЗІ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

Dyshchuk A.S., Fedyunin S.A., Stets A.S., Dovzhenko N.M. Using of grade methods for the structural synthesis of model of management object. Research of methods of grade treatment of information on the entrance channels of the telecommunication systems is one of actual tasks. Grades own many properties, and the theory of grade procedures is considerably more effective for practical application than non-parametric methods. The widest spectrum of invariant properties is owned by procedure of ranging, that comes forward both the stage of analysis of data and measuring method. Grading the row of detains is situated in order of their importance or equivalent task of determination of grades. Grades on the essence are discrete quantities that take on besides integer values. Therefore for their calculation the simplest operations are required as comparison and summarization.

In the article the structural synthesis of model of difficult object of management is presented on the stage of determination of entrances and exits by means of grade methods: direct ranging and pair comparisons. For determination of grades, grading entrances and exits the rule of calculation of grades is considered for the matrices of Q . The rule of degree of advantage of i -element of factor of l -element is analyzed by and rule of strengthening of contrast, by introduction of threshold δ .

Keywords: system management, grade methods, ranging, difficult object, structural synthesis

Дищук А.С., Федюнін С.А., Стец О.С., Довженко Н.М. Використання рангових методів при структурному синтезі моделі об'єкта управління. Дослідження методів рангової обробки інформації на входних каналах телекомунікаційних систем є однією з актуальних задач. Ранжирування може виступати як етап аналізу даних, так і метод виміру. В статті представлено структурний синтез моделі складного об'єкта управління на стадії визначення входів і виходів за допомогою рангових методів.

Ключові слова: система управління, рангові методи, ранжирування, складний об'єкт, структурний синтез

Дищук А.С., Федюнін С.А., Стец А.С., Довженко Н.М. Использование ранговых методов при структурном синтезе модели объекта управления. Исследование методов ранговой обработки информации на входных каналах телекоммуникационных систем является одной из актуальных задач. Ранжирование может выступать как этап анализа данных, так и метод измерения. В статье представлен структурный синтез модели сложного объекта управления на стадии определения входов и выходов с помощью ранговых методов.

Ключевые слова: система управление, ранговые методы, ранжирование, сложный объект, структурный синтез

Вступ

Сучасні системи зв'язку, які використовуються в різномірних телекомунікаційних мережах за своїми функціями і структурою відносяться до класу великих систем. Такі складні системи, мають свої особливості:

- кожна є упорядкованою певним чином множина взаємозалежних між собою елементів, що становлять єдине ціле, причому внаслідок об'єднання її складових (елементів) або розчленування на групи та підсистеми утворюються сукупності, котрі у процесі функціонування телекомунікаційних систем (ТС) мають власне цільове завдання;

- єдність мети функціонування для всієї системи;
- ієрархічну структуру зв'язків підсистем;
- складність поведінки системи, зумовлену характером випадкових зовнішніх впливів;
- стійкість щодо зовнішніх завад.

Якщо перші три особливості є спільними для всіх типів систем, то дві останні (випадковий характер зовнішніх впливів і стійкість щодо них) характеризують широкий клас систем проблемно-орієнтованого типу, використовуваних для обробки сигналів управління [1, 2]. Тому на практиці традиційні методи оптимального прийому для ТС неприйнятні.

При синтезі процесу управління складною системою неминує використовувати поєднання формальних (математичних) та неформальних (експертних) методів – це пов'язано з специфікою управління складними системами. На сьогодні розроблено безліч ефективних формальних методів синтезу управління, які базуються як на визначених математичних моделях типу ідентифікації, планування експериментів, математичного програмування, так і на неформальних методах рішення задач, які реалізуються експертами. Поєднання цих методів формальних та неформальних дозволяють вирішити найскладніші задачі управління і створюють основу (базу) для дослідження управління складними об'єктами.

Експертний підхід проявляється в основному на перших етапах управління, а формальний – на наступних. Структура моделі об'єкта управління визначає вид і характер зв'язку між входами (X , U) і виходами (Y) моделі об'єкта незалежно від конкретних значень параметрів, які визначаються на наступних етапах управління – етапах ідентифікації і планування експериментів. Процес структурного синтезу моделі об'єкта розіб'ємо на наступні стадії:

- визначення входів і виходів;
- експертне ранжирування входів і виходів;
- декомпозиція моделі;
- вибір структурних елементів моделі.

Основна частина

Для визначення структури моделі як багатополосника (тобто перетворювача типу “чорного ящика” з багатьма входами та виходами) необхідно з'ясувати, які саме входи і виходи об'єкта будуть включені в модель. Для цього перш за все виявляють всі можливі претенденти на роль входів і виходів і з них виділяють найбільш суттєві, які і утворюють багатополосник моделі. Але відразу виникає питання про те, які фактори в цьому випадку є суттєвими – найбільш важливими. Відповідь однозначна: так як модель об'єкта створюється для цілей управління, то визначальними є ті фактори, які найбільш сильно впливають на здійснення цілей управління в об'єкті. Це пов'язано з тим, що при формуванні структури системи управління перш за все необхідно знати, які дії буде і може відчувати об'єкт управління та які результати цих впливів, пов'язаних з досягненням цілей управління об'єктом [3]. Об'єкт пов'язаний з мережами та середовищем безліччю зав'язків (рис. 1), які визначають його стан. При синтезі моделі виявляють найбільш сильні, суттєві зв'язки, щоб, відкинувши слабкі зв'язки отримати мінімальне число взаємодій об'єкта з мережами та середовищем. Однак спочатку необхідно перерахувати всі зв'язки. Очевидно, що це тільки спостережувані зв'язки, так як неспостережені не включаються в модель.

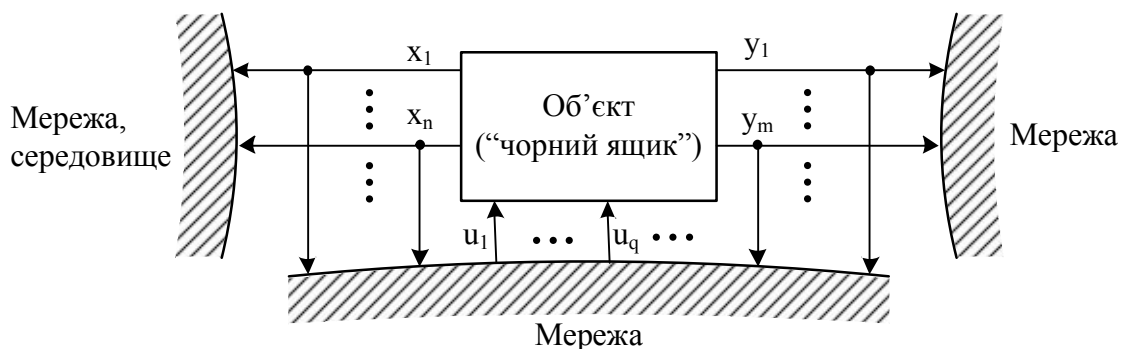


Рис.1. Схема взаємодії об'єкта («чорного ящика») з мережами та середовищем

Поділимо їх на три типи:

- некеровані, але контрольовані зв'язки (X), що характеризують вплив середовища на об'єкт (з них утворюються некеровані входи);
- керовані зв'язки (U), за допомогою яких, можна цілеспрямовано змінювати стан об'єкта (з них утворюються керовані входи);
- інформуючі зв'язки (Y), що дозволяють визначити стан об'єкта (з них утворюються виходи об'єкта).

Проаналізуємо кожен тип зв'язку окремо [4]. Некеровані зв'язку X повинні задовольняти наступним вимогам. По-перше, вони повинні впливати на реалізацію цілей $\{Z^*\}$ в об'єкті управління. Нехай об'єкт знаходиться в стані Y^* , яке відповідає заданій меті Z^* , тобто мета досягнута (наприклад, за допомогою необхідного для цього випадку керування U^*).

Нехай параметр x_i , що змінюється, (характеризує стан i -го зв'язку об'єкту з мережами та середовищем, тобто змінюється тільки i -й зв'язок з об'єктом). Якщо ця зміна може змінити стан об'єкта настільки, що мета Z^* не досягається, то зв'язок x_i істотний для управління об'єктом, так як впливає на процес реалізації цілей в об'єкті. В іншому випадку цим зв'язком можна знехтувати. По-друге, ці зв'язки повинні ефективно і просто вимірюватися. Якщо параметр x_i не контрольований, тобто не існує методів його вимірювання або вони занадто складні чи дорогі, то цей зв'язок не враховують при синтезі управління і він повинний розглядатися як випадкова завада ε . Таким чином, для відбору чинників, які повинні враховуватися при управлінні, необхідна їх важливість для реалізації цілей управління в об'єкті і ефективна вимірюваність (контрольованість) [5].

Через відсутність моделей мереж та середовища і об'єкта процес відбору врахованих факторів проводиться експертним методом, тобто із залученням фахівців, які добре знають об'єкт, мережу та середовище. При цьому рівень обізнаності експертів визначає ефективність процесу з'ясування істотних зв'язків об'єкту з середовищем. Нехай за цим принципом відібрано n зв'язків

$$x_1, \dots, x_n. \quad (1)$$

Це означає, що змістовно визначено кожний зв'язок (наприклад, x_1 – прийнятий сигнал, x_2 – достовірність повідомлень і т. д.) та встановлено, що ці зв'язки впливають на реалізацію цілей в об'єкті.

Тепер розглянемо процес визначення *керованих* зв'язків U - каналів майбутнього управління. Тут найважливішими критеріями відбору є:

- вплив зв'язку на стан об'єкта, тобто можливість компенсувати негативні зміни цього стану, викликані різними факторами як мережі та середовища X , так і самого об'єкта F^o ,
- керованість, тобто можливість оперативно і без істотних затрат змінювати стан U каналів впливу на об'єкт. За цими критеріями також експертним шляхом змістовно визначаються зв'язки

$$u_1, \dots, u_n, \quad (2)$$

(наприклад, u_1 – середньо-квадратичне відхилення, u_2 – коефіцієнт підсилення, тощо).

І, нарешті, *інформуючі* зв'язки Y . Вони повинні задовольняти двом вимогам:

- нести інформацію про виконання (або невиконання) цілей в об'єкті управління;
- надійно і оперативно контролюватися (вимірюватися).

Виділені таким чином інформуючі зв'язки

$$y_1, \dots, y_m \quad (3)$$

закінчують опис об'єкта як “чорного ящика”, тобто як багатополісника з невідомою (поки) внутрішньою структурою (наприклад, y_1 – затримка, y_2 – пропускна здатність і т. д.).

Таким чином, етап визначення входів і виходів полягає в змістовному опису всіх тих контрольованих входів і виходів об'єкта, незалежно від його внутрішньої структури, які пов'язані з реалізацією цілей в складному об'єкті. Очевидно, що їх число повинно бути більше, ніж буде реалізовано в моделі об'єкта. Така надмірність необхідна для здійснення ефективного відбору найбільш істотних факторів (зв'язків) [5, 6].

Щоб ефективно застосувати вхідні дані, наприклад, критерій В.А. Котельникова, необхідно мати інформацію про апріорний розподіл імовірностей. Коли такий розподіл невідомий, доцільно використовувати непараметричні методи. Якщо зміни умов функціонування достатньо плинні і прогнозовані, то вдаються до адаптивних методів в умовах непередбачених ситуацій - методи обробки сигналу мають бути інваріантними.

Адаптивні методи застосовується тоді, коли невідома невелика кількість параметрів сигналів і завад, у разі ж великої кількості – адаптація неефективна. Надання інваріантних

властивостей непараметричним процедурам досягається загальним технічним прийомом: на початковому етапі обробки надмірність вхідної інформації скорочується редуцією спостережування вибіркового даних, які чутливі до величин, розподіл яких є інваріантним щодо розподілу вхідних даних. Найбільш широким спектром інваріантних властивостей володіє процедура ранжирування вхідних відліків, яка перетворює їх на послідовність цілих чисел – рангів, залежних від відносного рівня даного відліку серед спостережуваної множини. Ранги володіють багатьма властивостями, а теорія рангових процедур значно ефективніша ніж непараметричні методи для практичного застосування. Дослідження прикладних аспектів рангової обробки інформації на вхідних каналах телекомунікаційних систем є однією з актуальних задач [4, 7].

Неформальні методи – *експертне ранжирування входів і виходів*. Визначені вище зв'язки ще не є входами і виходами моделі. Це лише “претенденти”. Входами і виходами вони стануть після того, як будуть визначені найважливіші з них і відкинуті несуттєві. Дійсно, модель зовсім не повинна відображати абсолютно всі сторони об'єкта, тобто не має (і не може) бути у всьому адекватною об'єкту. Для цілей управління цілком достатньо виявити найбільш суттєві зв'язки із мережами та середовищем, необхідні для управління, тобто модель може бути наближеною.

Дослідимо процес ранжирування факторів x_i ($i=1, \dots, n$). Ранжирування факторів U і Y відбувається аналогічно. Під ранжируванням розуміємо процедуру розташування факторів x_i в порядку їх важливості: на першому місці стоїть найсуттєвіший, наступний за ним менш істотний, але найважливіший з решти і т. д. Отриманий таким чином ранжирований ряд має вигляд

$$x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_n}, \quad (4)$$

де i_1 – номер найсуттєвішого фактора, i_2 – номер менш істотного і т. д. до i_n – номер самого несуттєвого фактора в цьому ряду.

Однак можна, а іноді і зручніше чинити інакше. Кожному фактору x_i поставити у відповідність деяке ціле число – його ранг k_i тобто номер фактора в ранжированому ряду (4):

$$x_1, x_2, \dots, x_n, k_1, k_2, \dots, k_n. \quad (5)$$

Очевидно, що перший ранг ($k_1=1$) має вхід x_{i_1} , котрий найбільш впливає на реалізацію мети в об'єкті. Другий і наступні ранги ($k_2=2$ і т. д.) у порядку зменшення їх важливості мають входи, вплив яких не настільки суттєвий. Таким чином, зв'язок ранжированого ряду (4) і рангів (5) визначається простою і очевидною формулою

$$k_{i_j} = j, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad (6)$$

тобто ранг чинника з номером i_j дорівнює j .

Наприклад, якщо ранги (5) виявилися рівними

$$x_i = x_1, x_2, x_3, x_4, x_5; \quad k_i = 3, 1, 5, 4, 2, \quad (5a)$$

то ранжирований ряд має вигляд x_2, x_5, x_1, x_4, x_3 .

Дійсно, з (5a) видно, що перший ранг $k_i=3$, $k_i=1$ має другий фактор, третій $k_i=5$ і т. д. Тепер, якщо доведеться створювати систему управління з обмеженою інформацією про середовище ($n=3$), вибір істотних факторів (5a) очевидний. Це фактори x_2, x_5 , і x_1 . Самими несуттєвими 4-м і 3-м факторами при цьому нехтуємо.

Завдання побудови ранжированого ряду (4) або еквівалентне завдання визначення рангів (5) вирішується експертами і зводиться до організації експертного опитування і обробки результатів цього опитування, з тим щоб отримати шукані ранги та оцінити їх достовірність.

Проаналізуємо методи експертного ранжирування: *безпосереднього ранжирування і парних порівнянь*. В першому методі експерти відразу присвоюють ранги факторам, які представлені їм для ранжирування, а в другому — використовується парне порівняння факторів, що спрощує завдання експерта, але вимагає подальшої обробки результатів для отримання ранжированого ряду [8].

Метод безпосереднього (прямого) ранжирування. Нехай N експертів ранжують n факторів x_1, \dots, x_n . Кожному фактору кожен експерт присвоює ранг – ціле число від 1 до n . Так, i -му фактору (x_i) j -й експерт (E_j) присвоює ранг k_{ij} . У результаті виходить матриця висновків експертів розмірністю $N \times n$

$$\begin{matrix} & x_1 & x_2 & & x_n \\ E_1 & \left\| \begin{matrix} k_{11} & k_{21} & \dots & k_{n1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{1N} & k_{2N} & \dots & k_{nN} \end{matrix} \right\| & & & \\ E_N & & & & \end{matrix}, \quad (7)$$

де номери рядків відповідають номерам експертів, а номери стовпців – номерам ранжированих факторів, тобто j -й рядок є висновки j -го експерта, j -й стовпець – висновки всіх експертів з приводу i -го фактору (x_i).

При призначенні рангів експертами потрібно дотримуватися наступних умов:

– сума рангів, призначених всім факторам кожним експертом, повинна бути однаковою.

Це означає, що сума елементів будь-якого рядка матриці дорівнює

$$\sum_{i=1}^n k_{ij} = \sum_{i=1}^n i = \frac{n(n+1)}{2}, \quad j = 1, \dots, N;$$

– якщо експерт деякі q фактори вважає еквівалентними або однаковими за важливістю, то він присвоює їм один ранг. Цей ранг дорівнює середньому з q цілих рангів, таких, які вийшли б за умови, що експерту вдалося їх проранжувати. Наприклад, еквівалентність чотирьох факторів ($q=4$): x_1, x_2, x_5, x_6 , що стоять на п'ятому місці в ранжированому ряду, призводить до рівності їх рангів:

$$k_1 = k_2 = k_5 = k_6 = (5+6+7+8)/4 = 6,5.$$

Як видно, у цьому випадку ранги можуть бути дробовими числами.

Тепер, для остаточного визначення шуканих рангів слід обчислити середні ранги кожного фактора: $\bar{k}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N k_{ij}$.

Ці ранги і дозволяють проранжувати фактори. На першому місці ставиться фактор, що має мінімальний середній ранг $\bar{k}_i = \min_{i=1, \dots, n} \{\bar{k}_i\}$, тобто фактор x_i ; на другому – фактор, що має мінімальний з решти середній ранг і т. д. Отримані ранги дозволяють побудувати ранжирований ряд факторів, що і буде відповідати усередненому висновку N експертів.

Очевидно, що не будь-який результат експертного опитування слід вважати задовільним. Дійсно, якщо висновки експертів сильно розходяться (наприклад, одна половина експертів фактору x_i присвоїли перший ранг, а інша — останній), то таке ранжирування не може бути покладено в основу рішення про вибір істотних факторів. Тому для оцінки результатів експертного опитування вводиться *критерій*, що характеризує узгодженість експертів. Чим вища ця узгодженість, тим з більшою вірогідністю можна довірити результатам експертного опитування, і навпаки.

Узгодженість експертів зручно визначати як ступінь «розсіювання» середніх рангів $\bar{k}_i (i=1, \dots, n)$. Дійсно, якщо висновки експертів повністю збігаються, то середні ранги є цілі числа, але не дорівнюють одному й тому ж числу. Якщо ж висновки експертів повністю розходяться, то середні ранги приблизно дорівнюють $n/2$. Ступінь «розсіювання», як відомо, зручно визначати з допомогою дисперсії. Дисперсія середніх рангів за визначенням дорівнює

$$D(\bar{k}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{k}_i - M(\bar{k}))^2$$

де $M(\bar{k}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{k}_i = \frac{n+1}{2}$ – математичне очікування середнього рангу.

Визначимо максимальну дисперсію (вона буває при повністю співпадаючих висновках експертів) $D_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (i - \frac{n+1}{2})^2 = \frac{n^2-1}{12}$.

Критерій узгодженості експертів зручно представити у вигляді відношення

$$W = \frac{D\bar{k}}{D_{max}} = \frac{1_2}{n(n^2-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{k}_i - \frac{n+1}{2})^2.$$

Як видно, $0 \leq W \leq 1$. При $W=0$ висновки експертів повністю розходяться, а при $W=1$ вони висловлюються одноголосно. Таким чином, критерій узгодженості W характеризує ступінь узгодженості експертів. Чим ближче W до одиниці, тобто чим більш однотайні висновки експертів, тим більш достовірним можна вважати результат ранжирування.

При цьому умова, що експерти повинні висловлювати свої висновки незалежно один від одного, тобто до ранжирування вони не повинні знати висновки інших експертів. У іншому випадку можлива поява залежних висновків, що підвищує критерій узгодженості W , але не покращує результатів експертного опитування.

Для того щоб отримати уявлення з приводу конкретного значення критерію узгодженості, який ніколи не буває рівним ні нулю, ні одиниці, користуються наступним простим методом. Припустимо, що m з N експертів абсолютно компетентні, а решта $N-m$ приймають рішення чисто випадково. Тоді дисперсія середніх рангів буде створена сумою

$$D(\bar{k}) = \frac{1}{n} [mD_{max} + (N-m)0] = \frac{m}{N} D_{max}.$$

Розділивши результат на D_{max} отримаємо критерій узгодженості $W=m/N$. Відсутність узгодженості експертів може свідчити, з одного боку, про некомпетентність експертів, пов'язаної з новизною або слабкою вивченістю об'єкта дослідження, з іншого – про складність об'єкта, що ускладнює винесення рішення про ранги факторів.

Експерту простіше зіставити важливість деяких факторів попарно, тобто вказати, ранг якого з двох факторів буде вищий. Саме в таких ситуаціях звертаються до методу *парних порівнянь*. Експерту пропонується проранжувати фактори попарно, тобто кожній парі факторів x_i, x_l поставити у відповідність число

$$q_{il} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } x_i > x_l \\ 0, \text{ якщо } x_i \sim x_l \\ -1, \text{ якщо } x_i < x_l. \end{cases}$$

Вираз $x_i > x_l$; означає, що i -й фактор кращий при ранжируванні, ніж l -й. Знак \sim є знаком еквівалентності факторів з точки зору ранжирування (або відмови від ранжирування). Числа q_{il} мають очевидну властивість $q_{il} = -q_{li}$.

Таким чином, кожен j -й експерт свій результат представляє у вигляді матриці

$$Q^j = \| \| q_{il}^j \| \|, \quad i, l = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, N,$$

де верхній індекс вказує номер експерта (рис. 2). Усереднимо результати експертів. Для цього достатньо побудувати усереднену матрицю розмірністю $n \times n$

$$\bar{Q} = \| \| \bar{q}_{il} \| \|,$$

де $\bar{q}_{il} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N q_{il}^j$ – середня перевага i -го фактора l -му.

Це і є результати даної групи експертів.

Визначимо узгодженість цих експертів. В якості критерію узгодженості аналогічно попередньому природно вибрати дисперсію величин \bar{q} . В зв'язку з тим, що їх середнє значення дорівнює нулю, отримуємо $D(\bar{q}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i,l=1}^n (\bar{q}_{il})^2$, де підсумок проводиться по всій матриці \bar{Q} .

Максимальне значення дисперсії $D_{max}=1$ буде мати місце при повній узгодженості експертів. Тоді, вводячи критерій узгодженості як відношення дисперсії середніх переваг до максимальної дисперсії, отримуємо $W = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i,l=1}^n (\bar{q}_{il})^2$.

І в цьому випадку $0 \leq W \leq 1$ де, очевидно, при $W=1$ результати експертів повністю узгоджені, а при $W=0$ вони суперечать один одному. Однак і при повній узгодженості

експерти можуть суперечити один одному (приклад такої матриці наведено на рис. 3, де протиріччя має вигляд $x_1 > x_2 > x_3 > x_1$ тобто виявилось, що вигляд $x_1 > x_3$ і $x_3 > x_1$ одночасно).

Виявлення таких протиріч необхідно не тільки в усередненій матриці, але і в висновку кожного експерта. Це висновок на основі наступного досить очевидного правила – правила транзитивності:

$$\begin{cases} \text{для переваг:} & \text{якщо } x_1 > x_2 \text{ і } x_2 > x_3, \text{ то } x_1 > x_3; \\ \text{для еквівалентності:} & \text{якщо } x_1 \sim x_2 \text{ і } x_2 \sim x_3, \text{ то } x_1 \sim x_3. \end{cases} \quad (8)$$

	x_i	...	x_n
x_1	0	...	q_{1n}^j
\vdots	\vdots		\vdots
x_n	q_{n1}^j	...	0

Рис. 2. Таблиця переваг при методі парних порівнянь

	x_1	x_2	x_3
x_1	0	1	-1
x_2	-1	0	1
x_3	1	-1	0

Рис. 3. Приклад суперечливої матриці

Матриці, що представляють висновки кожного експерта, повинні відповідати зазначеному правилу транзитивності. При виявленні суперечності вони повертаються відповідному експерту для виправлення помічених протиріч.

Для визначення рангів, що цікавлять нас, слід мати правило обчислення рангів по матриці Q . Таких правил може бути багато [8, 9]. Розглянемо деякі з них.

Правило 1. Як легко помітити, величина \bar{q}_{il} виражає ступінь переваги i -го фактора l -му. Визначимо середню перевагу кожного фактора всім іншим:

$$\bar{q}_{il} = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n q_{il}, \quad i = 1, \dots, n.$$

Природно вважати, що перший ранг має фактор, середня перевага якого максимальна. Так, при $\bar{q}_v = \max_{i=1 \dots n} \{\bar{q}_i\}$ перший ранг має фактор x_v , тобто $k_v = 1$. Аналогічно утворюються ранги інших факторів. Це правило, однак, надмірно усереднює переваги. Так, фактор, що має ряд явних (великих) переваг, які легко виявляють експерти, отримає перший ранг тільки тому, що його другорядність по відношенню до інших факторів була, не настільки яскраво виражена. Саме в цьому випадку часто доводиться звертатися до іншого правила.

Правило 2. Це правило спирається на ідею посилення контрасту. З цією метою вводиться поріг δ . Якщо перевага вища цього порогу, то вона має явний характер, а якщо нижча, то вона сумнівна, тобто фактори швидше рівноцінні. Виходить наступне перетворення матриці середніх переваг \bar{Q} в контрастну матрицю, елементами якої є

$$\varphi_{il} = \varphi(q_{il}), \quad i \neq l = 1, \dots, n,$$

де
$$\varphi(q) = \begin{cases} -1, & \text{якщо } q \leq -\delta \\ 0, & \text{якщо } |q| < \delta \\ 1, & \text{якщо } q \geq \delta. \end{cases}$$

Як видно, це перетворення цілком і повністю визначається порогом δ ($0 < \delta < 1$). При $\delta = 1$ контрастна матриця стає нульовою і всі фактори еквівалентні. При $\delta = 0$ вона повністю заповнюється одиницями, але при цьому неминуча поява протиріч, тобто порушень транзитивності переваг (8). Тому при виборі порогу δ слід пам'ятати, що його збільшення призводить до відмови від ранжирування, а зменшення - до збільшення числа явних переваг і небезпеки появи протиріч. Щодо визначення оптимального порогу: є вибір величини δ на "порозі протиріч", тобто такого значення δ^* , невелике зменшення якого призводить до суперечностей.

Висновки

Дослідження методів рангової обробки інформації на вхідних каналах телекомунікаційних систем є однією з актуальних задач. Ранжирування може виступати як етап аналізу даних, так і метод виміру. Проведено структурний синтез моделі складного об'єкта управління на стадії визначення входів і виходів за допомогою рангових методів: безпосереднього ранжирування і парних порівнянь. Ранги за своєю суттю є дискретними величинами, що приймають до того ж цілочисельні значення. Тому для їх обчислення вимагаються найпростіші операції типу порівняння і підсумовування.

Література

1. Стеглов В.К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку / В.К. Стеглов, Л.Н. Беркман, С.В. Кільчицький. – Підручник для ВНЗ. Київ: Техніка, 2004. – 576 с.
2. Стеглов В.К. Проектування телекомунікаційних мереж / В.К. Стеглов, Л.Н. Беркман. – Підручник для ВНЗ. Київ: Техніка, 2002. – 792 с.
3. Стеглов В.К. Сучасні системи управління в телекомунікаціях / В.К. Стеглов, Б.Я. Костік, Л.Н. Беркман – Київ: Техніка, 2005. – 400 с.
4. Гаранин М. В. Системы и сети передачи информации / М.В. Гаранин, В.И. Журавлев, С.В. Кунегин. – Москва: Радио и связь, 2001. – 320 с.
5. Бертсекас Д. Сети передачи данных / Д. Бертсекас, Р. Галлагер. – Москва: Мир, 1989. – 544 с.
6. Окунев Ю.Б. Принципы системного перехода к проектированию в технике связи / Ю.Б. Окунев, В.Г. Плотников. – Москва: Связь, 1976. – 184 с.
7. Стеглов В.К. Вимоги до системи управління інтелектуальною надбудовою / В.К. Стеглов, Л.Н. Беркман, О.І. Чумак // Радиотехника. – 2001. – №123. – С. 104-109.
8. Лапий В.Ю. Устройство ранговой обработки информации / В.Ю. Лапий, Л.Г. Калюжний, Л.Г. Красной // Київ: Техніка, 1986. – 120 с.
9. Поповський В.В. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / В.В. Поповський, В.Ф. Олійник В.Ф. та ін. – Харків: СМІТ, 2006. – 564 с.

Автори статті

Дишук Анатолій Станіславович – директор центру документального інформаційного забезпечення та контролю, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +38 067 273 46 82. E-mail: adishuk@mail.ru

Федюнін Сергій Анатолійович – директор навчально-наукового інституту менеджменту та підприємництва, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +38 063 121 64 91. E-mail: s.fediunin@gmail.com

Стец Олександр Сергійович – кандидат технічних наук, директор ЦТОЕ-2 ТОВ “Атраком”, Вінниця, Україна. Тел. +38 067 405 47 20. E-mail: alexander_stets@atracom.com.ua

Довженко Надія Михайлівна – аспірант, ст. викладач кафедри Інфокомунікацій. Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +38 063 863 97 30. E-mail: dnm_ovr@mail.ru

Authors of the article

Dyshchuk Anatoliy Stanislavovych – director of center of the documentary informative providing and control, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel. +38 067 273 46 82. E-mail: adishuk@mail.ru

Fedyunin Serhiy Anatoliyovych – director of educational-science institute of management and enterprise, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel. +38 063 121 64 91. E-mail: s.fediunin@gmail.com

Stets Oleksandr Serhiyovych – candidate of science (technic), chief of CTSE-2 LLC “Atracom”, Vinnitsa, Ukraine. Tel.+38 067 405 47 20. E-mail: alexander_stets@atracom.com.ua

Dovzhenko Nadiya Michaylivna – post-graduate student, senior teacher of Department of Infocommunication, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel. +38 063 863 97 30. E-mail: dnm_ovr@mail.ru

Дата надходження в редакцію: 10.12.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Л.Н. Беркман