

УДК 621.3

І.Ю. Субач

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ НАПРЯМКІВ ЗВ'ЯЗКУ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

Для вирішення задачі визначення вагових коефіцієнтів напрямків зв'язку інформаційно-телекомунікаційної мережі запропоновано методику в основу якої покладено метод парних порівнянь Сааті.

Ключові слова: інформаційно-телекомунікаційна мережа, напрямки зв'язку, експертне оцінювання.

Вступ

Існуюча стаціонарна мережа зв'язку вимагає істотної модернізації з метою структурної переорієнтації до нових задач ЗС України [1]. Тому в прийнятій Концепції реформування ЗС України до 2017 року і в Державній цільовій оборонній програмі розвитку озброєння та військової техніки ЗС України на 2012–2017 викладені основні напрямки розвитку системи зв'язку.

Для обґрунтування значень параметрів обладнання інформаційно-телекомунікаційних мереж (ІТМ) при обмежених ресурсах на модернізацію (побудову) є доцільним здійснювати розподіл виділених обмежених ресурсів (коштів) між напрямками зв'язку відповідно з коефіцієнтами важливості (ваговими коефіцієнтами) кожного напрямку. Неправильний вибір методу вирішення даної задачі приводить, як правило, до недостатньої обґрунтованості операцій над маловірогідними початковими експертними даними.

Сучасна ІТМ представляє собою складну, багатомірну, багатопараметричну, розподілену технічну систему. Тому, теоретичне дослідження її, в цілому, представляє значні труднощі. У наслідок цього, доцільно провести декомпозицію ІТМ, яка полягає в тому, що складну систему можна розподілити на ряд менш складних підсистем [1].

В якості підсистеми загальної ІТМ можуть виступати сукупності технічних засобів, що здійснюють інформаційний обмін між територіально розосередженими користувачами за напрямками та маршрутами (шляхами) зв'язку. Кожний напрям складається зі шляхів зв'язку, котрі представляють собою сукупність ліній зв'язку та комутаційних центрів (КЦ), що певним чином взаємодіють між собою.

Таким чином, під напрямком зв'язку розуміють сукупність всіх існуючих або можливих шляхів між i -м та j -м комутаційними центрами ІТМ. У свою

чергу, під маршрутом (шляхом) зв'язку розуміють послідовність КЦ і пучків каналів (ліній), у якій жоден вузол не зустрічається двічі [2].

На рис. 1, 2 представлено фрагмент ІТМ і деякі варіанти структур інформаційних напрямів та можливість їх перетворення в паралельно-послідовні структури.

Під час вирішення практичних задач прийняття рішень щодо комплексного обслуговування вимог до функціональних і (або) експлуатаційно-технічних характеристик ІТМ виникає питання раціонального вибору методу визначення вагових коефіцієнтів напрямку зв'язку ІТМ. Неправильний вибір методу приводить, як правило, до недостатньої обґрунтованості операцій над маловірогідними початковими експертними даними.

Однак **аналіз останніх досліджень і публікацій** [3 – 6] дозволяє визначити основні фактори, які впливають на вибір методу оцінки вагових коефіцієнтів: фізична сутність критеріїв та відношення між ними; складність проведення експертизи та трудомісткість отримання експертної інформації; ступінь узгодженості думок експертів; трудомісткість обробки експертних даних та ін.

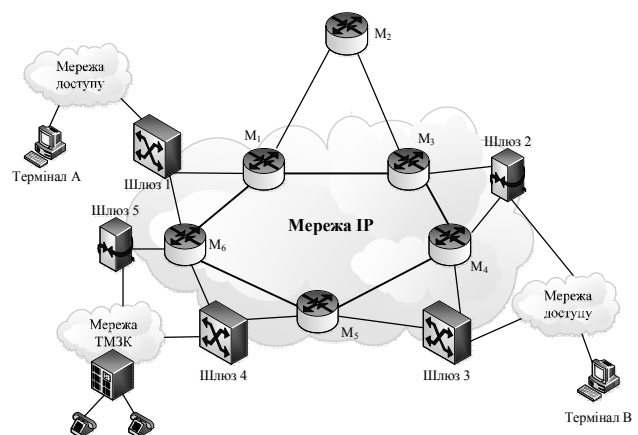


Рис. 1. Варіант фрагменту інформаційно-телекомунікаційної мережі

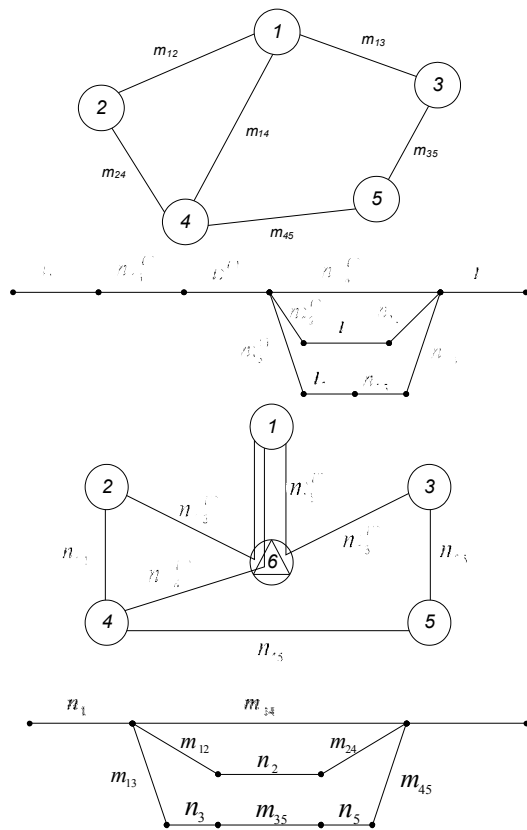


Рис. 2. Варіанти інформаційних напрямів ІТМ та можливість їх перетворення в паралельно-послідовні структури

Урахування наведених факторів дозволяє зробити висновок про доцільність визначення вагових коефіцієнтів напрямків зв'язку ІТМ методом Сааті [7]. Метод парних порівнянь Сааті, у даному випадку, полягає у порівнянні напрямків зв'язку ІТМ, що досліджуються між собою. Напрямки зв'язку порівнюються попарно по відношенню до їх впливу на вирішення поставленої задачі (забезпечення функціональних і (або) експлуатаційно-технічних характеристик ІТМ). Тому **метою даної статті** є розробка методики визначення вагових коефіцієнтів напрямків зв'язку ІТМ.

Результати досліджень

Сформулюємо змістовну постановку задачі. Нехай мається ІТМ, що включає в себе сукупність різних напрямків зв'язку, де кожний напрямок складається з декількох маршрутів зв'язку.

Позначимо через A_1, A_2, \dots, A_n напрямки зв'язку ІТМ та сформуємо матрицю попарних порівнянь (матрицю Сааті):

$$A = \|\lambda_i / \lambda_j\|; i, j \in \overline{1, n}. \quad (1)$$

Якщо доля напрямку зв'язку A_i задається через λ_i (оцінка, яку визначає експерт у відповідності з обраною шкалою), то елементами матриці A є: $a_{ij}; i, j = \overline{1, n}$, причому очевидно, що $a_{ij} = 1 / a_{ji}$.

Слід зауважити, що матриця попарних порівнянь у даному випадку є позитивно визначеною, зворотно-симетричною та має ранг, який дорівнює 1. Особливістю зворотно-симетричної матриці є те, що:

на головній діагоналі завжди повинна знаходитися оцінка, що дорівнює 1 (рівна важливість напрямків), тобто $a_{ij} = a_{ji}$ при $i = j$;

завжди необхідно дотримуватися відношення, що відповідає умові: якщо при порівнянні i -го напрямку з j -м ставиться оцінка a_{ij} , то при порівнянні j -го напрямку з i -м оцінка a_{ji} повинна бути зворотною a_{ij} , тобто $a_{ji} = 1 / a_{ij}$.

Робота експерта полягає у заповненні матриці парних порівнянь (1), шляхом попарного порівняння напрямків зв'язку A_1, A_2, \dots, A_n , причому якщо $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ є невідомими, то попарні порівняння напрямків здійснюється із застосуванням суб'єктивних суджень, які чисельно оцінюються за шкалою Сааті (табл. 1) та знаходженні вектору ваг напрямків зв'язку – вектору Сааті.

Таблиця 1

Шкала відносної важливості

Інт-сть важливості	Якісна оцінка	Пояснення
0	Незрівнянність	Немає сенсу порівнювати елементи
1	Рівна важливість елементів, що порівнюються	Елементи є рівними за значимістю
3	Помірна (слаба) перевага одного над іншим	Існують показання про перевагу одного елемента над іншим, але вони не є переконливими
5	Сильна (суттєва) перевага	Існують гарні докази і логічні критерії, котрі можуть показати, що елемент є більш важливим
7	Очевидна перевага	Існує переконливий доказ більшої значимості одного елемента над іншим
9	Абсолютна перевага	Максимально підтверджується відчутність одного елемента над іншим
2, 4, 6, 8	Проміжні значення між двома сусідніми оцінками	Коли є необхідним компроміс

Оскільки матриця A є зворотно-симетричною та узгодженою, тобто $a_{ij} = 1/a_{ji}$ та $a_{ii} = 1$, то є справедливим наступне твердження: позитивна зворотно-симетрична матриця є узгодженою тоді, якщо порядок матриці та її найбільше власне значення співпадають, тобто $\lambda_{\max} = n$.

Таким чином, власний вектор матриці (1) забезпечує упорядкування пріоритетів, а власне значення є мірою узгодження суджень. Відносна вага окремого напрямку зв'язку визначається оцінкою, якій відповідає елемент власного вектору W матриці (1), нормалізованою до 1.

Існує декілька методів знаходження даного вектору, наприклад, методом лінійної алгебри, де даний вектор є власним вектором матриці парних порівнянь, що відповідає максимальному власному числу λ_{\max} . У даному випадку спочатку знаходиться λ_{\max} , а потім вирішується векторне рівняння

$$A \cdot W = \lambda_{\max} \cdot W.$$

Проте, процедура визначення власного вектору матриці є досить трудомісткою задачею, тому цілком доцільно вирішити задачу знаходження вагових коефіцієнтів напрямків зв'язку шляхом застосування методу розрахунку середнього геометричного відстані між оцінками об'єктів [1]:

$$\hat{K}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} / \sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, \quad (2)$$

де \hat{K}_i - нормалізована оцінка j -го напрямку зв'язку, j - позначення напрямку у рядку матриці парних порівнянь; $i, j \in \overline{1, n}$.

Отже, алгоритм обчислення середнього геометричного складається з наступних кроків [7]:

Крок 1. Знайти добуток елементів $\prod_{j=1}^n a_{ij}$ кожного рядку матриці (1).

Крок 2. Розрахувати корінь n -ої степені $\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$ з кожного знайденого добутку.

Крок 3. Знайти суму елементів $\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$ розрахованих значень.

Крок 4. Поділити значення, що були отримані на кроці 2 на суму, яка була розрахована на кроці 3.

Сума всіх нормалізованих оцінок (вектору Сааті) дорівнює 1.

Проте, слід зауважити, що застосування дискретної шкали для заповнення матриці парних порівнянь (1) приводить до деякої статистичної помилки, яку необхідно враховувати під час визначення значимості кожного напрямку зв'язку. Після визна-

чення власного вектору матриці (1), необхідно знайти головне власне значення матриці λ_{\max} , яке застосовується для оцінки узгодженості, яка відображує пропорційність переваг [7]: чим ближче λ_{\max} до розміру n матриці Сааті, тим більш узгодженим є результат. λ_{\max} матриці (1) представляє собою відхилення оцінок парних порівнянь від ідеального значення та розраховується як добуток нормалізованої оцінки для кожного об'єкту (напряму зв'язку) на сумарне значення оцінок для об'єкту, який досліджується, що виставлені експертом (сума оцінок по стовпцю матриці парних порівнянь):

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n \left(\hat{K}_j \cdot \sum_{i=1}^n a_{ij} \right), \quad (3)$$

де \hat{K}_j - значення нормалізованої оцінки для j -го об'єкту (по рядку матриці); a_{ij} - значення оцінки парного порівняння об'єкту (напряму зв'язку) i з об'єктом j (елементи вибираються по стовпцях матриці).

Для виявлення суперечливості результатів, які запропонував експерт під час заповнення матриці парних порівнянь застосовується кількісна міра - індекс узгодженості:

$$IU = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1), \quad (4)$$

де λ_{\max} - головне власне значення матриці; n - ранг матриці.

Якщо відхилення перевищують встановлені обмеження, то експерту може бути запропоновано перевірити свої оцінки, що були занесені до матриці парних порівнянь. Крім того, слід зауважити, що для формування матриці парних порівнянь, експертом застосовується дискретна шкала (табл. 1). Це, у свою чергу, може привести до неузгодженості його оцінок з ідеальними. Для остаточного з'ясування узгодженості результатів парних порівнянь застосовується кількісна оцінка - відносна узгодженість порівнянь, яка представляє собою відношення індексу узгодженості до середньостатистичного значення індексу узгодженості при випадковому виборі коефіцієнтів матриці парних порівнянь [7].

Наведемо приклад. Нехай необхідно визначити відносну важливість чотирьох напрямків зв'язку A_1, A_2, A_3, A_4 ІТМ. У результаті експертного опитування (з урахуванням оцінок по табл. 1) отримана наступна матриця парних порівнянь:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 6 & 7 \\ 1/5 & 1 & 4 & 6 \\ 1/6 & 1/4 & 1 & 4 \\ 1/7 & 1/6 & 1/4 & 1 \end{pmatrix}.$$

У відповідності до (2), матриця парних порівнянь з розрахованими вектором ваг напрямків зв'язку та нормалізованими оцінками цього вектору прийме вигляд, представлений табл. 2.

Таблиця 2

Матриця парних порівнянь з вектором ваг та нормалізованими оцінками

	Напрямок А ₁	Напрямок А ₂	Напрямок А ₃	Напрямок А ₄	Вектор ваг напрямків зв'язку	Нормалізовані оцінки вектору ваг
Напрямок А ₁	1	5	6	7	3,8068	0,6418
Напрямок А ₂	1/5	1	4	6	1,4802	0,2495
Напрямок А ₃	1/6	1/4	1	4	0,6389	0,1078
Напрямок А ₄	1/7	1/6	1/4	1	0,0059	0,0009
Сума	1,5095	6,4167	11,2500	18,0000	5,9318	1

З табл. 2 видно, що найбільшу вагу (найбільший пріоритет) має ІН ІТМ А₁.

Відхилення оцінок парних порівнянь від ідеального значення: $\lambda_{\max} = 4,4219$, індекс узгодженості ІU = 0,1406, відносна узгодженість порівнянь VU = 0,1563.

Висновок

Запропонована методика була застосована на практиці під час вирішення задачі обґрунтування значень параметрів обладнання ІТМ при обмежених ресурсах на її модернізацію під час розподілу виділених обмежених ресурсів між напрямками зв'язку у відповідності до коефіцієнтів важливості кожного напрямку, що, у свою чергу, підвищило ефективність вирішення даної задачі у цілому.

Напрямок подальших досліджень – розробка комплексної методики послідовної оптимізації розподілу обмежених ресурсів між параметрами ІТМ.

Список літератури

1. Барабаш О.В. Побудова структури мережі передачі даних за критерієм максимуму функціональної

стійкості / О.В. Барабаш // Збірник наукових праць «Проблеми інформатизації та управління». – К.: НАУ, 2003. – № 8. – С. 66 – 71.

2. Чеснов В.М. Системы распределения информации. Синтез структуры и управления / В.М. Чеснов. – М.: Связь, 1980. – 43 с.

3. Методы определения коэффициентов важности критериев / [Анохин А.М., Готов В.А., Павельев В.В. та ін.]. – М.: Автоматика и телемеханика, 1997. – № 8. – С.3–35.

4. Герасимов Б.М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач – Севастополь: Издательский центр СНИЯЭиП, 2004. – 320 с.

5. Самохвалов Ю.Я. Экспертное оценивание. Методический аспект / Ю.Я. Самохвалов, Е.М. Науменко. – К.: ДУИКТ, 2007. – 262 с.

6. Коробов В.Б. Сравнительный анализ методов определения весовых коэффициентов «влияющих факторов» / В.Б. Коробов // Социология. – 2005. – № 20. – С.54–72.

7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1991.

Надійшла до редколегії 21.03.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Національний університет оборони України, Київ.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЙ СВЯЗИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

И.Ю. Субач

Для решения задачи определения весовых коэффициентов направлений связи информационно-телекоммуникационной сети предложена методика, в основу которой положен метод парных сравнений Саати.

Ключевые слова: информационно телекоммуникационная сеть, направления связи, экспертное оценивание.

THE METHOD OF DETERMINED WEIGHT DIRECTION OF COMMUNICATION INFORMATION AND TELECOMMUNICATIONS NETWORK

I.Yu. Subach

To solve the problem of determining the weighting factors directions of communication of information and telecommunications network proposed a method, which is based on the method of paired comparisons Saaty.

Keywords: information and telecommunications network, communication direction, expert evaluation.