

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКИХ ВІДНОШЕНЬ ПЕРЕВАГИ В ЕКСПЕРТИЗИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

*У статті автор пропонує підхід, який може застосовуватись в процедурі експертизи телекомунікаційних проектів. На сьогоднішній день стан розвитку телекомунікаційних систем в значній мірі визначає стан розвитку сучасного суспільства. Експертиза телекомунікаційних проектів є важливим етапом у життєвому циклі телекомунікаційних систем, яка здійснюється на більшості етапів проектування і може розглядатись як задача прийняття рішень в умовах неточної інформації або за наявності нечітких цілей та обмежень.*

*Запропоновано застосовувати апарат нечітких відношень переваги з теорії нечітких множин для вирішення задачі вибору альтернативних варіантів проектних рішень. Нечіткі відношень переваги можуть бути отримані в результаті опитування експертів та заповнення відповідних матриць нечітких відношень переваги. Кожний елемент відповідної матриці представляє собою значення функції належності, яка відтворює ступінь переваги варіантів рішення задачі по кожному з показників.*

*Ключові слова: експертиза, телекомунікаційні проекти, задача вибору, нечітке відношення переваги.*

**Вступ.** Сучасний етап розвитку суспільства характеризується підвищеними темпами розвитку засобів та способів автоматизованої обробки інформації. До найбільш ефективних засобів обробки інформації можна віднести інформаційно-телекомунікаційні системи (ІТС), основою функціонування яких є телекомунікаційні системи (ТКС).

У життєвому циклі телекомунікаційної системи важливим етапом є проектування ТКС. Проектування ТКС являє собою складний багатоетапний процес формування взаємопов'язаних технічних рішень, спрямованих на створення телекомунікаційної системи, здатної забезпечити надання послуг користувачам у необхідній кількості і з необхідною якістю.

В процесі проектування телекомунікаційної системи важливим етапом є здійснення експертної оцінки отриманих результатів, як проміжних так і кінцевих. Тобто актуальною задачею в процесі проектування ТКС є організація експертизи телекомунікаційних проектів.

Методологія експертизи телекомунікаційних проектів розглядалась у роботах [1-3]. Разом з тим, у цих роботах процес експертизи не розглядався як задача вибору в умовах необхідності оцінювання якісної вихідної інформації. Враховуючи сказане вище, завдання формування підходів щодо експертизи як задачі вибору альтернативних проектних рішень в умовах нечіткості є актуальною задачею.

**Метою** даного дослідження є формування підходів до експертизи як до задачі вибору в умовах аналізу якісної (нечіткої) інформації про альтернативні варіанти рішень.

**Основні результати дослідження.** Організація експертної діяльності у сфері телекомунікаційних проектів у більшості випадків зводиться до суб'єктивної оцінки замовником ступеня відповідності поданих розробником матеріалів (звітів, обладнання, сегментів або дослідних ділянок ТКС і т.д.) суб'єктивним вимогам технічного завдання.

Процедура експертизи ТКС може бути віднесена до задачі прийняття рішень і характеризується необхідністю оцінювати ситуацію і приймати рішення в умовах неточної інформації або за наявності нечітких цілей та обмежень; формалізувати і перетворювати кількісно нечіткі (якісні) поняття, якими оперують експерти при описі своїх уявлень про реальну систему, своїх побажань, рекомендацій, цілей управління.

Задача проведення експертизи як задача прийняття рішень (задача вибору) може бути охарактеризована такими рисами [3]:

в задачі використовуються так звані «лінгвістичні» змінні, замість числових змінних або на додаток до них;

прості залежності між змінними описуються за допомогою нечітких висловлювань;

складні залежності описуються нечіткими алгоритмами.

Враховуючи нечіткість, яка присутня практично на всіх етапах експертизи телекомунікаційних проектів, для реалізації процедури оцінювання слід застосовувати нечіткі моделі.

Нечіткі моделі мають ряд особливостей у порівнянні з традиційними, найбільш суттєвими з них є:

нечіткі моделі є більш гнучкими, оскільки більшою мірою дозволяють враховувати досвід та інтуїцію фахівця в певній галузі;

нечіткі моделі є більш адекватними в контексті модельованої реальності і дозволяють отримувати рішення по точності співвідносно з вихідними даними;

нечіткі моделі в ряді випадків потребують менше часу для отримання результату;

нечіткі моделі дозволяють збільшити швидкість обробки якісної інформації при використанні відносно нескладних спеціалізованих пристроїв;

нечіткі моделі створюються в тих випадках, коли побудова чітких неможливо або важко.

Здійснення експертизи телекомунікаційного проекту, тобто вирішення задачі вибору телекомунікаційного проекту з декількох альтернатив здійснюється з урахуванням показників, які описані у роботі [4]. До таких показників віднесемо:  $a_1$ - продуктивність ТКС,  $a_2$ - стійкість ТКС,  $a_3$ - достовірність передачі повідомлень в ТКС,  $a_4$  – витрати ресурсів на організацію ТКС. Показники, по суті, грають роль лінгвістичних змінних.

Замовнику (експерту) запропоновані альтернативні варіанти –  $V_1$ - $V_5$ . Опис альтернатив з використанням визначених вище показників наведений у таблиці 1.

При виборі альтернативи  $V_i$  формується дві множини[5]:

$$S_1 = \{(V_1, V_2), (V_1, V_3), (V_1, V_4), (V_1, V_5)\} \text{ та } S_2 = \{(V_2, V_1), (V_3, V_1), (V_4, V_1), (V_5, V_1)\}.$$

Для кожної пари  $(V_i, V_j)$  вираховуються оцінки порівняння  $i$ -го елемента першої множини з  $i$ -м елементом другої множини:

$$\left. \begin{matrix} h'_1, \dots, h'_n \\ h''_1, \dots, h''_n \end{matrix} \right\} \rightarrow (L^\alpha(h'_1, h''_1), \dots, L^\alpha(h'_n, h''_n)),$$

де  $\alpha$  визначає конкретний оператор, наприклад, нечітку міру схожості.

Таблиця 1

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
$V_1$	високий рівень	високий рівень	високий рівень	задовільний рівень
$V_2$	дуже високий рівень	низький рівень	високий рівень	задовільний рівень
$V_3$	дуже високий рівень	високий рівень	високий рівень	задовільний рівень
$V_4$	задовільний рівень	високий рівень	високий рівень	незадовільний рівень
$V_5$	дуже низький рівень	високий рівень	високий рівень	задовільний рівень

У результаті формуються дві таблиці наборів нечітких оцінок поелементного порівняння. На основі отриманих таблиць, використовуючи логічні оператори та логічні функції двох змінних, виділяються корисні ознаки і мінімальний базис. Змістовне значення твердження, що відповідає мініальному базису, наступне:

$$F(V_i, V_j) > F(V_j, V_i) = (x_1^i > x_1^j) \& (x_2^i > x_2^j) \& (x_4^i > x_4^j) > (x_1^i < x_1^j) \& (x_2^i < x_2^j) \& (x_4^i < x_4^j),$$

де  $x_k^i$ - лінгвістичне значення  $k$ -го показника,  $F$ - логічна ознака.

Фізичний зміст наведеного твердження наступний: варіант  $V_i$  переважає варіант  $V_j$ , якщо твердження [продуктивність ТКС варіанту  $V_i$  «менше», ніж варіанту  $V_j$ ], і (стійкість ТКС в варіанті  $V_i$  «більше», ніж в варіанті  $V_j$ ), і (витрати ресурсів на реалізацію варіанту  $V_i$  «краще», ніж витрати на варіант  $V_j$ ) істинніший за зворотне твердження [(продуктивність

ТКС варіанту  $V_i$  «більше», ніж в варіанті  $V_j$ ), і (стійкість ТКС в варіанті  $V_i$  «менше», ніж в варіанті  $V_j$ ), і (витрати ресурсів на реалізацію варіанту  $V_i$  «гірше», ніж витрати на варіант  $V_j$ )].

Далі припустимо, що серед невідомих ситуацій варіантів проектних рішень необхідно вибрати кращу альтернативу, використовуючи мінімальний базис. Опис альтернатив з використанням визначених вище показників наведений у таблиці 2.

Таблиця 2

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
$V_6$	низький рівень	високий рівень	низький рівень	задовільний рівень
$V_7$	задовільний рівень	високий рівень	високий рівень	незадовільний рівень
$V_8$	низький рівень	високий рівень	високий рівень	задовільний рівень
$V_9$	задовільний рівень	високий рівень	достатній рівень	незадовільний рівень
$V_{10}$	задовільний рівень	достатній рівень	достатній рівень	задовільний рівень

У вигляді табл. 3 зобразимо матрицю переваг  $M = (\mu^{ij}(S_1) | \mu^{ij}(S_2))$ , елементи якої обчислювалися за допомогою гарантованої оцінки:

$$\mu^{ij}(S_1) = \max_{v \in [0,1]} \mu_{H_i(V_i, V_j)}(v),$$

де  $H_i(V_i, V_j) = \bigcap_j (C_j^i \cap C_j(V_i, V_j))$ ,  $C_j(V_i, V_j)$  – значення  $j$ -го показника на парі альтернатив  $V_i, V_j$ ,  $C_j^i$  – значення  $j$ -го показника на парах альтернатив  $i$ -го класу ( $i=1,2$ ).

Кожен елемент матриці містить два значення. Ліве значення вказує ступінь, з якою  $V_i$  домінує над  $V_j$ . Праве значення вказує ступінь, з якою домінує  $V_j$  над  $V_i$ .

Таблиця 3

	$V_6$	$V_7$	$V_8$	$V_9$	$V_{10}$
$V_6$		0,88 0,38	1 0,38	0,88 0,38	0,88 0,38
$V_7$	0,75 1		0,75 1	0,75 1	0,75 1
$V_8$	1 0,38	0,88 0,38		0,88 0,38	0,88 0,38
$V_9$	1 0,38	1 0,38	1 0,38		1 0,38
$V_{10}$	0,88 0,38	0,88 0,38	0,88 0,38	0,88 0,38	

Для побудови нечіткого графа переваг альтернатив використовується наступне правило визначення ставлення домінування:

$$D(V_i, V_j) = \begin{cases} V_i > V_j, & \text{якщо } \mu_1 \geq \mu_2 \\ V_j > V_i, & \text{якщо } \mu_1 \leq \mu_2 \end{cases}$$

$$\text{де } \mu_1 = \mu^{ij}(S_1) \vee \mu^{ij}(S_2), \mu_2 = \mu^{ij}(S_2) \vee \mu^{ij}(S_1).$$

Нечіткий граф переваг альтернатив представлений на рисунку 1.

Аналіз графу дозволяє зробити висновок, що альтернатива (варіант проекту ТКС)  $V_9$  є не домінуємою альтернативою, тобто не існує альтернативи, яка з ненульовим ступенем домінує над альтернативою  $V_9$ .

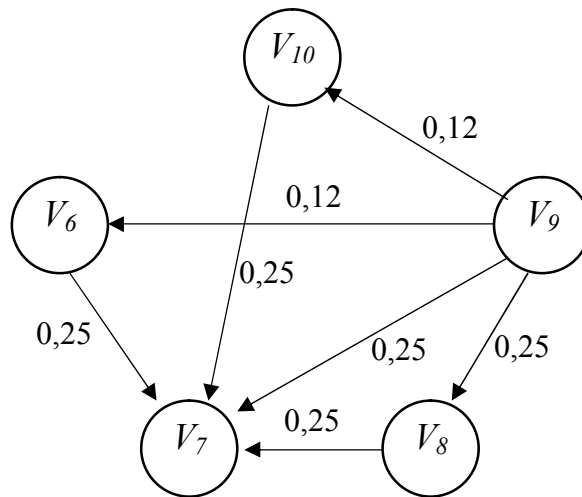


Рис. 1. Нечіткий граф переваг альтернативних варіантів

**Висновки.** Запропонований підхід щодо застосування апарату нечітких відношень переваги для використання його в процедурі експертизи телекомунікаційних проектів. При такому підході до експертизи вибирається варіант проекту, перевага якого над іншими альтернативами описана нечітко.

#### ЛІТЕРАТУРА.

1. Вишне夫斯基 В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М. : Техносфера, 2003. – 512 с.
2. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. Под ред. В.Н. Гордиенко и А.Д. Крухмалева. – М. : Горячая линия - Телеком, 2004. – 510 с.
3. Періг В.М. Експертиза телекомунікаційних систем в умовах невизначеності з використанням методів штучного інтелекту. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Військова освіта та наука: сьогоднішня та майбутня», 24-25 листопада 2011 р. Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К. : Видавництво ВІКНУ, 2011. – С. 66-67.
4. Періг В.М. Побудова дерева нечіткого висновку для експертизи телекомунікаційних систем Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції «Освітньо-наукове забезпечення діяльності правоохоронних органів і військових формувань України» – Хмельницький: Видавництво Національної академії ДПСУ, 2010. – С. 110-114.
5. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М. : Радио и связь, 1989. – 632 с.

**Рецензент:** д.т.н., проф. Катеринчук І.С., начальник кафедри зв'язку та інформатизації, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького

к.т.н. Періг В.М.

#### ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ОТНОШЕНИЙ ПРЕИМУЩЕСТВА В ЭКСПЕРТИЗЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

*В статье автор предлагает подход, который может применяться в процедуре экспертизы телекоммуникационных проектов. На сегодняшний день состояние развития телекоммуникационных систем в значительной степени определяет состояние развития современного общества. Экспертиза телекоммуникационных проектов является важным этапом в жизненном цикле телекоммуникационных систем, который осуществляется на большинстве этапов проектирования и может рассматриваться как задача принятия решений в условиях неточной информации или при наличии нечетких целей и ограничений.*

*Предложено применять аппарат нечетких отношений предпочтения из теории нечетких множеств для решения задачи выбора альтернативных вариантов проектных решений. Нечеткие отношения преимущества могут быть получены в результате опроса экспертов и*

*заполнения соответствующих матриц нечетких отношений предпочтения. Каждый элемент соответствующей матрицы представляет собой значение функции принадлежности, которая воспроизводит степень предпочтения вариантов решения задачи по каждому из показателей.*

*Ключевые слова: экспертиза, телекоммуникационные проекты, задача выбора, нечеткое отношение предпочтения*

V. Perig

## APPLICATION OF FUZZY RELATIONS BENEFITS EXAMINATION TELECOMMUNICATION PROJECTS

*The author proposes an approach that can be applied in the examination procedure telecommunication projects. To date, the state of development of telecommunication systems largely determines the state of modern society. Examination of telecommunication projects is an important step in the life cycle of telecommunication systems, which is carried out at most stages of the design and can be seen as a problem of decision making under inaccurate information, or in the presence of fuzzy objectives and constraints.*

*Proposed use apparatus of fuzzy preference relations in the theory of fuzzy sets to solve the problem of choosing alternative design solutions. Fuzzy relations benefits may be derived from a survey of experts and fill the corresponding matrices of fuzzy preference relations. Each element of the corresponding matrix is the value of the membership function, which reproduces the degree of preference for solutions to problems for each of the indicators.*