

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ І ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ЧЕТВЕРТОГО І П'ЯТОГО ПОКОЛІННЯ

Безрук В.М.¹, Скорик Ю.В.²

Кафедра Інформаційно-мережної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна, E-mail: valerii.bezruk@nure.ua¹, yuliia.skoryk@nure.ua²

Анотація – в роботі проведено порівняльний аналіз мереж мобільного зв'язку четвертого і п'ятого покоління. Розглядаються теоретичні та практичні особливості вибору переважної технології мобільного зв'язку з урахуванням сукупності показників якості на основі методу аналізу ієрархій.

Ключові слова – багатокритерійний вибір, метод аналізу ієрархій, п'яте покоління мобільного зв'язку, показники якості.

I. Вступ

Вибір оптимальних засобів телекомунікацій з урахуванням суперечливих показників якості визначає необхідність застосування методів багатокритеріальної оптимізації. Рішення такого завдання є досить складною проблемою навіть з чисто математичної точки зору. Однак після свого формального рішення і отримання підмножини ефективних (Парето-оптимальних) варіантів залишається необхідність формалізованого вибору єдиного компромісного рішення з урахуванням додаткової суб'єктивної інформації, що надходить від експертів.

Для цих цілей можуть бути застосовані різні методи, одним з яких є метод аналізу ієрархій (MAI) [1-3].

II. Аналіз мереж мобільного зв'язку четвертого і п'ятого покоління

Для порівняльного аналізу було обрано такі технології мобільного зв'язку четвертого і п'ятого покоління: WiMAX, LTE і 5g.

Мережі мобільного зв'язку з технологією WiMAX (реліз 1.5) призначені для надання сервісів як нерухомим, так і рухомих користувачам. Мобільний WiMAX підтримує ширину каналу до 20 МГц, як частотне, так і тимчасове дуплексування. Його частотні профілі плануються в діапазонах 700, 1700, 2300, 2500 і 3500 МГц. Мобільний WiMAX забезпечує «гладку IP - мережу» (від краю до краю) [4-6].

Наступним кроком еволюції систем 3GPP, є системи Long Term Evolution (LTE). Їх відрізняє технологія OFDMA в низхідному каналі і SC-FDMA - у висхідному. Модуляція - до 64-QAM, ширина каналу - до 20 МГц, дуплексування TDD і FDD. Застосовуються адаптивні антенні системи, гнучка мережа доступу. В системі LTE застосовуються технології і методи, які вже використовуються в мобільному WiMAX. Системи LTE - це революційне поліпшення 3G. LTE являє собою перехід від систем CDMA до систем OFDMA, а також перехід до повністю IP-системи з комунікацією пакетів. Тому впровадження цієї технології на існуючих мережах мобільного зв'язку означає необхідність нових радіочастотних ресурсів для отримання переваги від широкого каналу [4,6].

Технологія 5g - це п'яте покоління мобільного інтернет-зв'язку, яке збільшить швидкість скачування (у 10-20 разів) і завантаження інтернет-контенту, розширить радіус покриття сигналу і забезпечить більш стійке з'єднання. Технологія дозволить більш раціонально використовувати діапазон частот і дасть можливість одночасно підключати до інтернету набагато більше мобільних пристроїв.

Єдині стандарти протоколів 5G поки не затверджені, але ясно, що вони потребують впровадження абсолютно нових технологій. Мережі стандарту 5G необхідно розгорнути в

вільних високочастотних діапазонах. При підвищенні частоти, на якій передається інформація, зменшується дальність зв'язку, а також більшого значення відіграють фізичні перешкоди на шляху сигналу. Збільшиться число веж стільникового зв'язку, які стануть нижче до землі і передавати сигнал на так званих міліметрових діапазонах. Також використовуватиметься набагато більше передавачів і приймачів. Це забезпечить набагато більш високу щільність використання мереж. Але це вимагає великих витрат [5].

Показники якості розглянутих технологій МЗ носять конкуруючий характер. Тому необхідно застосовувати методи багатокритеріальної оптимізації для вибору переважного варіанту технологій МЗ.

У табл. 1 представлені вихідні значення показників якості для різних стандартів стільникових мереж зв'язку: спектральна ефективність (спадний канал) – K_1 , радіус дії – K_2 , швидкість передачі даних – K_3 .

ТАБЛИЦЯ 1

Вихідні дані для порівняльного аналізу мереж мобільного зв'язку четвертого і п'ятого покоління

Показники якості	WiMAX	LTE	5g
	Реліз 1.5		
Спектральна ефективність, біт/Гц/с	1,59	1,57	4,53
Радіус дії, км	10	5	0,2
Швидкість передачі даних, біт/с	48×10^6	75×10^6	10^9

III. Вибір переважної технології мобільного зв'язку методом аналізу ієрархій

Метод аналізу ієрархій полягає в декомпозиції проблеми вибору єдиного проектного варіанту деякої системи на прості складові частини і отриманні суджень експертів по парним порівнянням різних елементів проблеми вибору [1-3].

В результаті обробки отриманих чисельних даних суджень експертів відповідно до визначеної математичної процедури отримують компоненти глобального вектора пріоритетів, які характеризують пріоритетність вибору варіантів проекрованої системи і визначають вибір переважного проектного варіанту системи із заданої множини варіантів. Принцип декомпозиції передбачає структурування проблеми вибору у вигляді ієрархії рівнів, що є першим етапом застосування MAI. Принцип порівняльних суджень експертів в MAI полягає в тому, що об'єкти проблеми вибору порівнюються експертами попарно за важливістю. Попарно порівнюються важливості різних варіантів систем (на рівні 3) і різних показників якості (на рівні 2). Результати парних порівнянь елементів наводяться до матричної форми.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & a_{ij} & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де a_{ij} – оцінки парних порівнянь елементів.

Оцінки парних порівнянь елементів знаходяться з використанням суб'єктивних суджень експертів, чисельно яких визначали за шкалою відносної важливості елементів [1-3,6]. Далі виконується деяка обробка матриць парних порівнянь елементів ієрархії на рівнях 2 і 3. З математичної точки зору ці завдання обробки зводяться до обчислення головного власного вектора, який після певної нормування стає вектором пріоритетів елементів на відповідному рівні ієрархії. Для обчислення вектора глобальних пріоритетів порівнюваних варіантів системи виконується обробка матриць парних порівнянь альтернатив. Обчислюються компоненти головного власного вектора V_j матриці (1) і вектора пріоритетів P_j на кожному рівні ієрархії згідно співвідношенням

$$p_j = \frac{V_j}{S}, \quad V_j = \eta \sqrt{\prod_{i=1}^n a_{ij}}, \quad S = \sum_{j=1}^n V_j, \quad j = \overline{1, n} \quad (2)$$

де n – число показників якості.

З використанням цих даних обчислюються значення компонентів вектора глобальних пріоритетів C [1,4,6].

$$C_j = \sum_{i=1}^n P_i Q_{ij} \quad (3)$$

IV. Результати вибору технології мобільного зв'язку методом аналізу ієрархій

Для зручності було проведено нормування даних табл.1. Зокрема, виконані операції нормування показників до максимальних значень.

Для розглянутих технологій на основі суджень експертів сформовані матриці парних порівнянь зазначених показників якості і варіантів технологій по відношенню до показників якості.

У табл. 2 наведені обчислені значення компонент вектора пріоритетів варіантів технологій по відношенню до кожного показника якості, а також компоненти вектора глобальних пріоритетів.

ТАБЛИЦЯ 2

Результати обчислення компонент глобального вектора пріоритетів

MC	P_1	P_2	P_3	C
WiMAX	0,078	0,729	0,059	0,112
LTE	0,172	0,188	0,165	0,092
5g	0,75	0,082	0,776	0,72
P	0,205	0,073	0,722	

Максимального значення компонент вектора глобальних пріоритетів відповідає переважний варіант технології мобільного зв'язку - технологія 5g.

V. Висновки

Розглянуто практичні особливості застосування МАІ для визначення переважного варіанту технології мобільного зв'язку з урахуванням трьох техніко-економічних показників якості і суджень експертів. В результаті опитування експертів були побудовані матриця парних порівнянь для сукупності показників якості, а також матриці парних порівнянь технологій мобільного зв'язку в окремо по відношенню до обраних показників якості. Після відповідної обробки

отримані їхні власні вектори і вектор глобальних пріоритетів, за компонентами якого обраний переважний варіант технології мобільного зв'язку.

VI. Список літератури

1. Безрук В.М., Чеботарева Д.В., Скорик Ю.В. Многокритериальный анализ и выбор средств телекоммуникаций. – Харьков: ФОП Коряк С.Ф., 2017. – 268 с.
2. Безрук В.М., Пономаренко Н.Н., Скорик Ю.В. Анализ эффективности методов многокритериального выбора предпочтительного варианта средств телекоммуникаций [Электронный ресурс] // Проблемы телекоммуникаций. – 2015. – № 1 (16). – С. 42 - 53. – Режим доступа до журн.: http://pt.journal.kh.ua/2015/1/1/151_bezruk_analysis.pdf
3. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw Hill, 1980.
4. Безрук В.М., Скорик Ю.В. Применение метода анализа иерархий при выборе средств телекоммуникаций с учетом совокупности показателей качества // Радиоэлектроника и информатика. – Харьков: ХНУРЭ. – 2013. – С. 24 – 29.
5. <http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:5G> (пятое поколение мобильной связи)
6. Безрук В.М., Скорик Ю.В., Власова В.А., Колтун Ю.Н. Сравнительный анализ и выбор предпочтительной технологии мобильной связи четвертого и пятого поколения / Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VII(23), Issue: 193, 2019 Feb. Budapest. - P. 36-38.