

INFORMATION TECHNOLOGY

Сравнительный анализ и выбор предпочтительной технологии мобильной связи четвертого и пятого поколения

В. М. Безрук, Ю. В. Скорик, В. А. Власова, Ю. Н. Колтун

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина

Corresponding author. E-mail: valerii.bezruk@nure.ua, yuliia.skoryk@nure.ua, viktoriia.vlasova@nure.ua, yurii.koltun@nure.ua

Paper received 02.02.19; Accepted for publication 08.02.19.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2019-193VII23-08>

Аннотация. В работе проведен сравнительный анализ сетей мобильной связи четвертого и пятого поколения. Рассматриваются теоретические и практические особенности выбора предпочтительной технологии мобильной связи с учетом совокупности показателей качества на основе метода анализа иерархий.

Ключевые слова: многокритериальный выбор, метод анализа иерархий, пятое поколение мобильной связи, показатели качества.

Введение. Выбор оптимальных средств телекоммуникаций с учетом противоречивых показателей качества определяет необходимость применения методов многокритериальной оптимизации. Решение такой задачи является достаточно сложной проблемой даже с чисто математической точки зрения. Однако после своего формального решения и получение подмножества эффективных (Парето-оптимальных) вариантов остается необходимость формализованного выбора единственного компромиссного решения с учетом дополнительной субъективной информации, поступающей от экспертов.

Для этих целей могут быть применены разные методы, одним из которых является метод анализа иерархий (МАИ).

Краткий обзор публикаций по теме. В работе [1] рассмотрены особенности решения задач многокритериальной оптимизации. Рассмотрены методы нахождения подмножества Парето-оптимальных вариантов системы с учетом совокупности показателей качества, а также выбора среди них предпочтительного варианта. Были проведены исследования эффективности методов выбора предпочтительного проектного варианта системы на основе теории полезности, теории размытых множеств и метода анализа иерархий [2]. Получено, что для решения поставленной задачи рационально использовать метод анализа иерархий (МАИ), который подробно описан в работе [3]. В работе [4] рассматривается технология пятого поколения. В работе [5] рассмотрены особенности применения метода анализа иерархий при выборе предпочтительного варианта с учетом совокупности показателей качества для разных типов средств телекоммуникаций. Однако не показаны особенности решения этой задачи для случая выбора предпочтительного варианта сетей мобильной связи пятого поколения.

Цель. Провести анализ сетей мобильной связи четвертого и пятого поколения и применения метода анализа иерархий при выборе предпочтительного варианта сетей мобильной связи с учетом совокупности технико-экономических показателей качества.

Анализ сетей мобильной связи четвертого и пятого поколения. Для сравнительного анализа были

выбраны следующие технологии мобильной связи четвертого и пятого поколения: WiMAX, LTE и 5g.

Сети мобильной связи с технологией WiMAX(релиз 1.5) предназначены для предоставления сервисов как неподвижным, так и подвижным пользователям. Мобильный WiMAX поддерживает ширину канала до 20 МГц, как частотное, так и временное дуплексирование. Его частотные профили планируются в диапазонах 700, 1700, 2300, 2500 и 3500 МГц. Мобильный WiMAX обеспечивает «гладкую IP - сеть» (от края до края) [1,4].

Следующим шагом эволюции систем 3GPP, являются системы Long Term Evolution (LTE). Их отличает технология OFDMA в нисходящем канале и SC-FDMA – в восходящем. Модуляция – до 64-QAM, ширина канала – до 20 МГц, дуплексирование TDD и FDD. Применяются адаптивные антенные системы, гибкая сеть доступа. Сетевая архитектура - полностью IP-сеть. В системе LTE применяются технологии и методы, уже используемые в мобильном WiMAX. Системы LTE – это революционное улучшение 3G. LTE представляет собой переход от систем CDMA к системам OFDMA, а также переход к полностью IP-системе с коммуникацией пакетов. Поэтому внедрение этой технологии на существующих сетях мобильной связи означает необходимость новых радиочастотных ресурсов для получения преимущества от широкого канала[1].

Мобильный WiMAX представляет собой гладкую IP-сеть, сеть LTE сложнее. Если сеть WiMAX основывается полностью на IP-протокола IEEE, то сеть LTE сложнее, включает более протоколов.

5g - это пятое поколение мобильной интернет-связи, которое увеличит скорость скачивания (в 10-20 раз) и загрузки интернет-контента, расширит радиус покрытия сигнала и обеспечит более устойчивое соединение. Технология позволит более рационально использовать диапазон частот и даст возможность одновременно подключать к интернету гораздо больше мобильных устройств.

Единые стандарты протоколов 5G пока не утверждены, но ясно, что они нуждаются во внедрении совершенно новых технологий. Сети стандарта 5G необходимо разворачивать в свободных высокоча-

стотных диапазонах. При повышении частоты, на которой передается информация, уменьшается дальность связи, а также большее значение играют физические препятствия на пути сигнала. Увеличится число вышек сотовой связи, которые станут ниже к земле и передавать сигнал на так называемых миллиметровых диапазонах. Также используется намного больше передатчиков и приемников. Это обеспечит гораздо более высокую плотность использования сетей. Но это требует больших затрат [5].

Показатели качества рассмотренных технологий МС несут конкурирующий характер. Поэтому необходимо применять методы многокритериальной оптимизации для выбора предпочтительного варианта технологий МС.

В табл. 1 представлены исходные значения показателей качества для различных стандартов сотовой сети связи: спектральная эффективность (нисходящий канал) – K_1 , радиус действия – K_2 , скорость передачи данных – K_3 .

Таблица 1 – Исходные данные для сравнительного анализа сетей мобильной связи четвертого и пятого поколения

Показатели качества	WiMAX	LTE	5g
	Релиз 1.5		
Спектральная эффективность, бит/Гц/с	1,59	1,57	4,53
Радиус действия, км	10	5	0,2
Скорость передачи данных бит/с	48×10^6	75×10^6	10^9

Выбор предпочтительной технологии мобильной связи методом анализа иерархий. Метод анализа иерархий состоит в декомпозиции проблемы выбора единственного проектного варианта некоторой системы на простые составляющие части и получении суждений экспертов по парным сравнениям различных элементов проблемы выбора [1-3].

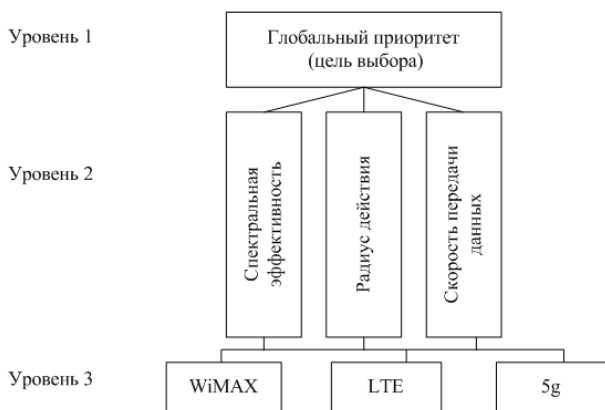


Рисунок 1. Декомпозиция задачи выбора в иерархию технологий сетей мобильной связи

В результате обработки полученных численных данных суждений экспертов согласно определенной математической процедуры получают компоненты глобального вектора приоритетов, которые характеризуют приоритетность выбора вариантов проектируемой системы и определяют выбор единственного проектного варианта системы из заданного множества вариантов. Принцип декомпозиции предусматривает структурирование проблемы выбора в виде иерархии

уровней, что является первым этапом применения МАИ. Принцип сравнительных суждений экспертов в МАИ состоит в том, что объекты проблемы выбора сравниваются экспертами попарно по важности. Попарно сравниваются важности разных вариантов систем (на уровне 3) и разных показателей качества (на уровне 2). Результаты парных сравнений элементов приводятся к матричной форме.

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

где a_{ij} – оценки парных сравнений элементов.

Диагональ этой матрицы заполнена значениями "1", а элементы матрицы, лежащие ниже диагонали, заполнены обратными значениями.

Оценки парных сравнений элементов a_{ij} находятся с использованием субъективных суждений экспертов, численно определяемых по шкале относительной важности элементов [1,2].

Далее выполняется некоторая обработка матриц парных сравнений элементов иерархий на уровнях 2 и 3. С математической точки зрения эти задачи обработки сводятся к вычислению главного собственного вектора, который после определенной нормировки становится вектором приоритетов элементов на соответствующем уровне иерархии.

Для вычисления вектора глобальных приоритетов сравниваемых вариантов системы выполняется обработка матриц парных сравнений альтернатив. Вычисляются компоненты главного собственного вектора V_j матрицы (1) и вектора приоритетов P_j на каждом уровне иерархии согласно соотношениям

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

где n – число показателей качества.

С использованием этих данных вычисляются значения компонентов вектора глобальных приоритетов \vec{C}

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

По максимальному значению компонентов вектора глобальных приоритетов (3) выбирается единственный предпочтительный вариант системы.

Результаты выбора технологии мобильной связи методом анализа иерархий. Для удобства было проведено преобразование данных табл.1. В частности, выполнены операции нормирования показателей к максимальным значениям

$$K_{in} = \frac{K_i}{K_{i \max}} \quad (4)$$

В табл. 2 приведены преобразованные значения показателей качества технологий мобильной связи. Для рассмотренных технологий на основе суждений экспертов сформированы матрицы парных сравнений указанных показателей качества и вариантов технологий по отношению к показателям качества.

Таблица 2 – Преобразованные значения показателей качества

Показатели качества	WiMAX	LTE	5g
	Релиз 1.5		
K_1	0,351	0,347	1
K_2	1	0,5	0,02
K_3	0,048	0,075	1

В табл. 3 приведены вычисленные значения компонент вектора приоритетов вариантов технологий по отношению к каждому показателю качества, а также компоненты вектора глобальных приоритетов.

Таблица 3 – Результаты вычисления компонент глобального вектора приоритетов

МС	P_1	P_2	P_3	C
Спектральная эффективность, бит/Гц/с	0,078	0,729	0,059	0,112
Радиус действия, км	0,172	0,188	0,165	0,092
Скорость передачи данных бит/с	0,75	0,082	0,776	0,72
P	0,205	0,073	0,722	

Максимальному значению компонент вектора глобальных приоритетов \vec{C} соответствует наиболее предпочтительный вариант технологии мобильной связи – технология 5g со скоростью передачи данных 1Гбит/с, спектральной эффективностью 4,53 бит/Гц/с, радиусом действия базовой станции 200м.

Выводы. Рассмотрены практические особенности применения МАИ для определения предпочтительного варианта технологии мобильной связи с учетом трех технико-экономических показателей качества и суждений экспертов. В результате опроса экспертов были построены матрица парных сравнений для совокупности показателей качества, а также матрицы парных сравнений технологий мобильной связи в отдельности по отношению к выбранным показателям качества. После соответствующей обработки получены их собственные векторы и вектор глобальных приоритетов, по компонентам которого выбран единственный предпочтительный вариант технологии мобильной связи.

ЛИТЕРАТУРА

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.

REFERENCES

1. Bezruk, V.M., Chebotareva D.V., Skoryk, Y.V. Multicriteria analysis and choice of means of telecommunications. – Kharkov: HOP Koryk S.H., 2017. – 268 с.
2. Bezruk, V.M., Ponomarenko N.N., Skoryk, Y.V. Analysis of the effectiveness of the methods of multicriteria selection of the preferred variant of telecommunication devices // Problems of telecommunications. – 2015. – № 1 (16). – С. 42 - 53. – http://pt.journal.kh.ua/2015/1/1/151_bezruk_analysis.pdf
4. Bezruk, V.M., Skoryk, Y.V. Application of hierarchy analysis method for choosing telecommunication devices taking into account the aggregate of quality indicators. Radioelektronika i informatika. Kharkov: Khnure, 24-29.

Comparative analysis and selection of the preferred fourth and fifth generation mobile communication technology
V. M. Bezruk, Y. V. Skoryk, V. A. Vlasova, U. N. Koltun

Abstract. A comparative analysis of mobile communication networks of the fourth and fifth generation has been carried out. The theoretical and practical peculiarities of the choice of the preferred mobile communication technology are considered, taking into account the aggregate of quality indicators based on the hierarchy analysis method.

Keywords: multi-criteria choice, hierarchy analysis method, fifth generation of mobile communication, quality indicators.