

УДК 004.7:519

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

^{1,2}Али Анис Абдулла Шафаль, ¹Печеный Е.А., ¹Нуриев Н.К.

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
Казань, e-mail: anees_aleysai@yahoo.com;

²Аденский университет, Аден

В статье рассмотрены характерные особенности беспроводных сетей, эксплуатируемых в условиях учреждений высшего образования и сложности, возникающие в процессе их проектирования. Для выявления приоритетных технико-экономических и эксплуатационных показателей, которые должны быть положены в основу проектных решений, была организована работа экспертной группы. Экспертам было предложено оценить по десятибалльной шкале шесть важнейших, по мнению авторов, показателей. Обработка результатов экспертных оценок включала в себя процедуру ранжирования, вычисление коэффициента ранговой конкордации Кендалла-Смита, статистическую проверку согласованности мнений экспертов и построение диаграммы Кивиата. Полученные результаты могут быть использованы при выработке технических требований к беспроводным сетям, предназначенным для использования в организации учебного процесса в учреждениях высшего образования, а также при их сравнении с другими сетями.

Ключевые слова: проектирование беспроводных сетей, метод экспертных оценок, ранговый коэффициент конкордации Кендалла-Смита, проверка согласованности экспертных оценок, диаграмма Кивиата

CONCEPTUAL MODEL OF WIRELESS NETWORK ENGINEERING IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

^{1,2}Ali Anees Abdullah Shafal, ¹Pechenyi E.A., ¹Nuriev N.K.

¹Federal state budget educational institution of higher education «Kazan National Research Technological University», Kazan, e-mail: anees_aleysai@yahoo.com;

²Aden University, Aden

The article describes specific characteristics of wireless networks operating in higher education institutions and the difficulties that may be encountered throughout the process of its engineering. The work of expert group was organized to identify priority technical and economic characteristics and performance indicators, which should become the basis for design solutions. Results management of expert assessments included ranking procedure, calculation of Kendall-Smith's coefficient of concordance, statistical consistency check of expert opinions and the Kiviati Chart plotting. The obtained results can be used in the formulation of technical requirements of wireless networks to be used for organizing the teaching and the learning processes in higher education institutions.

Keywords: wireless network engineering, delphi technique, Kendall-Smith's coefficient of concordance, consistency check of expert judgments, Kiviati chart

Несмотря на очевидную целесообразность применения результатов математического моделирования на стадии проектирования беспроводных сетей вообще и, в частности, в образовательных учреждениях, практическая реализация этой идеи ограничивается отсутствием реалистичных моделей, доведенных до конкретных расчетных схем. Как правило, при проработке проектных решений определяются границы зоны Френеля, мощность источника и количество точек доступа, достаточного для обеспечения требуемого трафика. Даже такая, казалось бы, несложная, но весьма актуальная для учреждений образования задача оптимального размещения точек доступа не имеет общепризнанных научно обоснованных методик решения. Это подталкивает к поиску путей объективизации эвристических и интуитивных

решений, принимаемых в процессе проектирования.

Одним из возможных вариантов достижения сформулированной цели является метод экспертных оценок [1, 3]. Он с успехом применяется при решении задач многокритериальной оптимизации, когда количественная оценка одного или нескольких критериев затруднительна или вообще не существует. Этот метод также часто используется при отсутствии всестороннего математического описания, когда имеющаяся рамочная концепция допускает различные толкования, существенно не совпадающие друг с другом в деталях.

В основании метода экспертных оценок положена гипотеза о том, что совокупный опыт, накопленный в определенной области практикующими профессионалами, полученные методом проб и ошибок

положительные результаты, эмпирически найденные приемы работы, не будучи тождественными точному знанию, в некоторых случаях частично могут его заменить. В определенных условиях интуитивные догадки и выявленные в процессе решения прикладных задач устойчивые связи могут стать ядром новой теории, дать толчок к созданию научно обоснованных представлений моделей и алгоритмов.

Для проведения данного исследования в качестве экспертов были приглашены восемь специалистов, имеющих значительный (не менее трех лет) опыт работы в области проектирования, внедрения и эксплуатации беспроводных сетей, в том числе в учреждениях образования. Каждому из них предлагалось независимо друг от друга оценить по десятибалльной шкале технико-экономические и эксплуатационные характеристики беспроводной компьютерной сети, проектируемой для учреждения высшего профессионального образования. К оцениванию были отобраны шесть показателей, а именно: стоимость, количество оборудования, производительность, масштабируемость сети, безопасность сети, сложность реализации.

Результаты работы экспертов и значения усредненных оценок представлены в табл. 1.

1. Стоимость. Средний балл 7,875. Поскольку «Количество оборудования» вошло в состав анкеты как отдельный показатель, стоимость оценивалась по существующим ценам на основное и вспомогательное оборудование и особым требованиям заказчика к организации сети. По мнению экспертов, для создания беспроводной компьютерной сети в высшем учебном заведении достаточно стандартного оборудования, которое удовлетворяет требованиям санитарно-гигиенических норм. Временный выход из строя отдельной точки доступа не приведет к безвозвратной потере важной информации или срыву учебного процесса, поэтому дополнительные затраты на решение проблем резервирования не предусмотрены. Не имеется также никаких специальных требований к безопасности сети, что могло бы стать причиной существенного удорожания проекта. Таким образом, стоимость создания сети будет хотя и выше средней, но не запредельно высокой.

2. Количество оборудования. Средний балл 9,25. Этот параметр зависит, конечно, от площадей, которыми располагает учебное заведение, и количества учащихся. Однако, если приоритетными являются высокая степень комфорта пользователей и высокое пороговое значение сигнала, то количество оборудования, обеспечивающее

Таблица 1

Сводная карта экспертных оценок

Характеристики сети	ЭКСПЕРТЫ								среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	
стоимость	8	8	7	8	8	7	9	8	7,875
количество оборудования	9	9	10	9	9	9	10	9	9,25
производительность	7	8	8	8	7	9	8	8	7,875
масштабируемость сети	9	9	8	9	8	9	9	9	8,75
безопасность сети	6	6	5	7	6	5	5	7	5,75
сложность реализации	10	9	10	10	9	10	10	9	9,625

Перед тем как начать процедуру статистической обработки данных экспертизы, был организован круглый стол, где специалисты ознакомились с оценочными ведомостями друг друга. В процессе возникшей при этом дискуссии им была предоставлена возможность мотивировать выставленные оценки и поделиться своими соображениями о проблеме в целом.

Ниже представлено краткое резюме обсуждения в части, касающейся только оцениваемых показателей.

работу сети, должно быть большим. Попытка сэкономить на этом может обернуться недопустимыми нарушениями трафика и привести к систематическим сбоям учебного процесса.

3. Производительность. Средний балл 7,875. Большинство экспертов придерживаются мнения, что высокая производительность сети, эксплуатируемой в условиях образовательного учреждения, не обязательна. Ими справедливо отмечается, что для увеличения производительности непре-

менно потребуется установка дополнительного оборудования. А это, в свою очередь, повлечет за собой удорожание проекта. Справедливость подобного заключения подтверждается одинаковыми значениями средних баллов для стоимости и производительности.

4. Масштабируемость сети. Средний балл 8,75. Большинство специалистов, особенно из числа тех, чья профессиональная деятельность связана с эксплуатацией беспроводных сетей, считают масштабируемость очень важным фактором, приобретающим особую значимость в аспекте перспективного планирования и развития сети. Действительно: бурное развитие информационных технологий, активное проникновение их в организацию учебного процесса, появление новых электронных пособий, растущий интерес к дистанционной форме образования, – все это предполагает расширение сети, и такая возможность обязательно должна быть предусмотрена на стадии проектного решения.

5. Безопасность сети. Средний балл 5,75. В оценке этого показателя мнение экспертов оказалось абсолютно единодушным. Никаких специальных мер безопасности, связанных с условиями хранения и передачи информации, для беспроводных компьютерных сетей, обслуживающих учебный процесс в высших учебных заведениях, не требуется.

6. Сложность реализации. Средний балл 9,625. В этом вопросе единодушие членов экспертной группы вновь было почти

полным. Необходимость учета конструктивных особенностей здания, ослабления сигнала элементами арматуры, материалом стен и перекрытий, обязательность выполнения санитарно-гигиенических требований по размещению точек доступа внутри помещений очень делает реализацию проектных решений очень сложной. Эксперты также отметили ряд особых сложностей, которые возникают в зданиях, являющихся объектами исторического и культурного наследия, построенных в девятнадцатом и начале двадцатого века. В Казани, где проводилось данное исследование, в таких зданиях расположены главный корпус Казанского Федерального Университета, Аграрного Университета, некоторые учебные корпуса Казанского Технологического Университета и ряд других.

Для визуализации результатов работы экспертов по данным табл. 1 построена диаграмма Кивиата [4, 5], которая является достаточно распространенным инструментом наглядного представления и сравнительной оценки нескольких разноплановых показателей. Она представляет собой разновидность лепестковой диаграммы, построенной на вершинах правильного многоугольника, вписанного в круг единичного радиуса. Координаты вершин соответствуют предельным нормированным значениям оцениваемых показателей. Диаграмма Кивиата, построенная по материалам табл. 1, представлена на рисунке. Значения оцениваемых показателей на диаграмме получены путем деления их средних величин на десять.

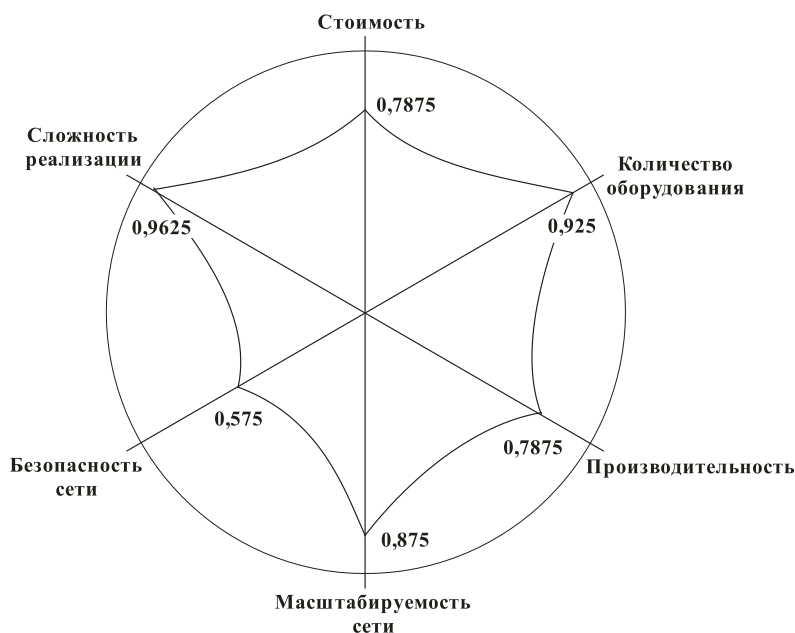


Диаграмма Кивиата беспроводной сети учреждения высшего профессионального образования

Таблица 2

Сводная карта ранговых оценок

Характеристики сети	ЭКСПЕРТЫ								сумма рангов
	1	2	3	4	5	6	7	8	
стоимость	4	4,5	5	4,5	3,5	5	3,5	4,5	34,5
количество оборудования	2,5	2	1,5	2,5	1,5	3	1,5	2	16,5
производительность	5	4,5	3,5	4,5	5	3	5	4,5	35
масштабируемость сети	2,5	2	3,5	2,5	3,5	3	3,5	2	22,5
безопасность сети	6	6	6	6	6	6	6	6	48
сложность реализации	1	2	1,5	1	1,5	1	1,5	2	11,5

Результаты работы экспертной группы, полученные в ходе анкетирования, должны пройти обязательную проверку на согласованность. Если мнения экспертов окажутся несогласованными, то есть существенно различными внутри группы, результаты признаются непригодными для вынесения содержательных суждений о предмете экспертизы, а сама экспертиза несостоявшейся. Подобная ситуация может возникнуть либо по причине значительных различий в уровне квалификации приглашенных экспертов, либо вследствие отсутствия общепризнанных критериев оценки обсуждаемой проблемы в сообществе специалистов. В первом случае затруднение легко преодолевается путем формирования новой группы экспертов, а во втором признается, что проблема созрела только для дискуссии, но не для экспертизы.

Общепринятым методом проверки согласованности мнений является метод, основанный на вычислении коэффициента множественной ранговой корреляции (ранговой конкордации) Кендалла-Смита [3] и проверки его статистической значимости.

Для проведения процедуры проверки оценки, представленные экспертами, ранжируются: самой высокой оценке присваивается ранг 1, следующей – 2 и т.д. Одинаковым оценкам присваиваются одинаковые ранги, равные среднему арифметическому их порядковых номеров. Такие ранги называются связанными.

Рассмотрим порядок ранжирования на примере оценок первого эксперта. Высшая оценка, равная 10 баллам, была им дана показателю «сложность реализации». Ему присваивается ранг 1. Два показателя («количество оборудования» и «масштабируе-

мость») имеют оценку 9 баллов. В порядке следования они имеют номера 2 и 3, поэтому обоим этим показателям присваивается ранг 2,5. Далее следует показатель «стоимость» с оценкой 8. Ему дается ранг 4. И аналогично показатель «производительность» получает ранг 5, а «безопасность сети» – ранг 6.

Сводные результаты ранжирования представлены в табл. 2.

Для вычисления коэффициента Кендалла-Смита K воспользуемся известным соотношением

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_{ij} - \bar{r} \right)^2}{\frac{1}{12} \cdot \left(m^2 (n^3 - n) - m \cdot \sum_{j=1}^m T_j \right)}, \quad (1)$$

где r_{ij} – ранг i -го показателя у j -го эксперта;

$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij}}{n}$; n – число оцениваемых показателей;

m – число экспертов в составе группы; $T_j = V_j^3 - V_j$, где V_j – количество одинаковых связанных рангов, выставленных j -м экспертом.

Используя расчетное соотношение (1), получим

$$K = \frac{926}{\frac{1}{12} (64 \cdot 210 - 8 \cdot 90)} = 0,874.$$

Высокое значение коэффициента свидетельствует о хорошей согласованности экспертных оценок. Тем не менее, убедимся в этом, проверив гипотезу согласованности статистически по критерию χ^2 . С этой це-

люю найдем значение критерия для рангового массива табл. 2 по формуле

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_{ij} - \bar{r} \right)^2}{\frac{1}{12} \left(mn \cdot (n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^m T_j \right)}. \quad (2)$$

Воспользовавшись этой формулой, получим $\chi^2 = 34,9$. Сравним эту величину с табличным значением критерия для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $f = n - 1$ (см. например [2]) $\chi_{\text{табл}}^2 = 11,1$. Поскольку вычисленное значение критерия превосходит табличное, гипотезу о согласованности экспертных оценок можно счи-

тать подтвержденной, что дает основание использовать полученные результаты для выработки технических требований на проектирование беспроводной компьютерной сети высшего учебного заведения.

Список литературы

1. Гласс Дж. Стэнли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. – М.: Прогресс, 1976. – 496 с.
2. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
3. Орлов А.И. Теория принятия решения: учебное пособие. – М.: Март, 2004. – 656 с.
4. Рыжиков Ю.И. Работа над диссертацией по техническим наукам. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 512 с.
5. Moore D.S. New pedagogy and new content: The case of statistics // International statistical review. – 1997. – Т. 65. – № 2. – P. 123–137.