

*В даній статті розглянуто теоретичні та практичні особливості застосування методу аналізу ієрархій для вибору оптимального проектного варіанту з урахуванням сукупності показників якості. Наведено приклад вибору мовного кодексу, оптимального за сукупністю показників якості, на основі методу аналізу ієрархій*

*Ключові слова: IP-телефонія, оптимізація, ієрархія, матриця, експерт*

*В данной статье рассмотрены теоретические и практические особенности применения метода анализа иерархий для выбора оптимального проектного варианта с учетом совокупности показателей качества. Приведен пример выбора оптимального речевого кодека, оптимального по совокупности показателей качества, на основе метода анализа иерархий*

*Ключевые слова: IP-телефония, оптимизация, иерархия, кодек, матрица, эксперт*

*In article theoretical and practical features of application of a method of the analysis of hierarchies for a choice of an optimum design variant taking into account set of indicators of quality are considered. The example of a choice of the optimum speech codec, optimum on set of indicators of quality, on the basis of a method of the analysis of hierarchies is resulted*

*Keywords: IP-telephony, optimisation, hierarchy, the codec, matrix, the expert*

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ВЫБОРА РЕЧЕВОГО КОДЕКА, ОПТИМАЛЬНОГО ПО СОВОКУПНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

**В. М. Безрук**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой\*

Контактный тел.: 8-067-722-31-18

E-mail: bezruk@kture.kharkov.ua

**Ю. В. Скорик**

Аспирант\*

Контактный тел.: 8-096-735-66-65

E-mail: Skorik\_Y@list.ru

\*Кафедра сети связи

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

## Введение

При проектировании сетей IP-телефонии возникает необходимость выбора оптимальных речевых кодеков с учетом совокупности показателей качества [1]. При этом возникает необходимость использования методов многокритериальной оптимизации. Формальное решение задачи оптимального выбора проектных решений сводится к нахождению подмножества компромиссных, то есть Парето-оптимальных вариантов [2,3]. Дальнейший выбор единственного проектного варианта из подмножества Парето выполняется с учетом дополнительной информации, поступающей от экспертов – опытных специалистов в соответствующей предметной области. Существуют разные методы сужения подмножества Парето до единственного варианта, в частности, на основе теории размытых множеств, теории полезности, на основе лексографического подхода [3]. Широко используется на практике метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Саати Т. [4]. Сутью метода анализа иерархий является оценивание относительной важности показателей качества, а также отно-

сительной важности проектных вариантов из анализа суждений экспертов с последующим построением формальной процедуры выбора единственного варианта.

В данной статье рассмотрены теоретические и практические особенности применения МАИ для выбора оптимального речевого кодека из некоторого множества вариантов при проектировании сетей IP-телефонии с учетом совокупности показателей качества. Оценка вариантов решений с использованием МАИ осуществляется на основе субъективной исходной информации.

В том случае, когда исходная информация получена из объективных источников в полном объеме, а значения оценок непротиворечивы, результаты формального решения задач выбора оптимального проектного варианта однозначны и соответствуют мнению экспертов.

## 1. Особенности метода анализа иерархий

Метод анализа иерархий состоит в декомпозиции проблемы выбора оптимального проектного варианта на простые составляющие части и дальнейшей обработ-

ки численных данных суждений экспертов по парным сравнениям различных элементов проблемы выбора. В результате обработки полученных данных получаются коэффициенты, характеризующие приоритетность выбора вариантов проектируемой системы. Эти коэффициенты могут быть использованы для формирования скалярной целевой функции в виде взвешенной суммы показателей качества проектных вариантов системы и последующего выбора единственного варианта.

Принцип декомпозиции предусматривает структурирование проблемы выбора в виде иерархии, что является первым этапом применения МАИ. В наиболее общем виде иерархия строится с вершины через промежуточные уровни к самому низкому уровню (рис. 1).

Принцип парных сравнительных суждений состоит в том, что объекты-критерии и объекты-альтернативы задачи многокритериальной оптимизации сравниваются попарно в отношении объектов одинаковой размерности. Результаты парных сравнений приводятся к матричной форме.

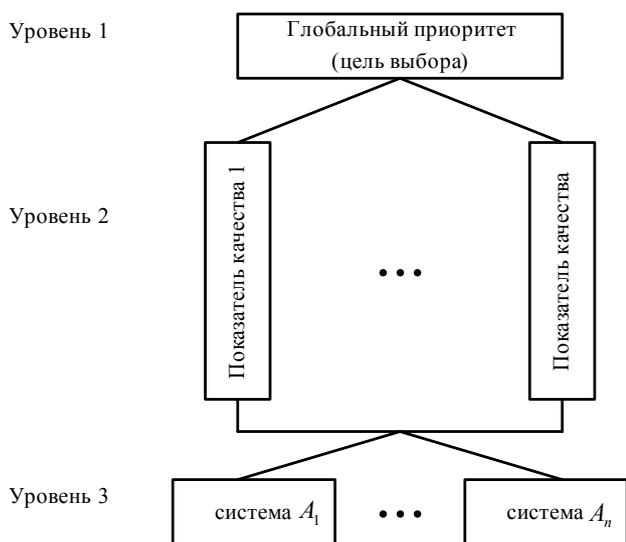


Рис. 1. Декомпозиция задачи выбора в иерархию

С использованием МАИ попарно сравниваются важности разных элементов  $\frac{w_i}{w_j}$  соответственно для вариантов систем  $A_i$  и  $A_j$ :

	$A_1$	$A_2$	...	$A_n$
$A_1$	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$		$\frac{w_1}{w_n}$
$A_2$	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	...	$\frac{w_2}{w_n}$
...		...		
$A_n$	$\frac{w_n}{w_1}$	$\frac{w_n}{w_2}$	...	$\frac{w_n}{w_n}$

Если  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$  неизвестны заранее, то парные сравнения элементов производятся с использованием субъективных суждений экспертов, численно оцениваемых по шкале (табл. 1).

Чтобы получить вектор приоритетов сравниваемых систем необходимо выполнить некоторую обработку матрицы парных сравнений. С математической точки зрения эта задача обработки сводится к вычислению главного собственного вектора, который после нормализации становится вектором приоритетов.

Таблица 1

Шкала относительной важности элементов

Интенсивность относительной важности	Определение
1	Равная важность
3	Умеренное превосходство одного над другим
5	Существенное или сильное превосходство
7	Значительное превосходство
9	Очень сильное превосходство
2,4,6,8	Промежуточные решения между двумя суждениями
Обратные величины приведённых выше чисел	Если при сравнении одного вида деятельности с другим получено одно из вышеуказанных чисел, то при сравнении второго вида деятельности с первым получим обратную величину

Точный способ вычисления главного собственного вектора для матрицы парных сравнений заключается в возведении матрицы в произвольно большие степени и делении суммы каждой строки на общую сумму элементов матрицы. Этим способ рекомендуется использовать, если обработка матрицы ведется на ЭВМ. Для ручного счета рекомендуется следующий способ, который дает хорошее приближение. Рассмотрим его особенности на примере сравнения относительной важности 5-ти показателей качества систем. Основные вычислительные процедуры для получения оценки вектора приоритетов определяются соотношениями (1), (2), (3).

Матрица

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$K_1$	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\frac{w_1}{w_3}$	$\frac{w_1}{w_4}$	$\frac{w_1}{w_5}$
$K_2$	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\frac{w_2}{w_3}$	$\frac{w_2}{w_4}$	$\frac{w_2}{w_5}$
$K_3$	$\frac{w_3}{w_1}$	$\frac{w_3}{w_2}$	$\frac{w_3}{w_3}$	$\frac{w_3}{w_4}$	$\frac{w_3}{w_5}$
$K_4$	$\frac{w_4}{w_1}$	$\frac{w_4}{w_2}$	$\frac{w_4}{w_3}$	$\frac{w_4}{w_4}$	$\frac{w_4}{w_5}$
$K_5$	$\frac{w_5}{w_1}$	$\frac{w_5}{w_2}$	$\frac{w_5}{w_3}$	$\frac{w_5}{w_4}$	$\frac{w_5}{w_5}$

(1)

Вычисление оценки компонент собственного вектора по строкам матрицы (5)

$$\sqrt[n]{\frac{w_1}{w_1} \times \frac{w_1}{w_2} \times \frac{w_1}{w_3} \times \frac{w_1}{w_4} \times \frac{w_1}{w_5}} = V_1$$

$$\sqrt[n]{\frac{w_2}{w_1} \times \frac{w_2}{w_2} \times \frac{w_2}{w_3} \times \frac{w_2}{w_4} \times \frac{w_2}{w_5}} = V_2$$

$$\sqrt[n]{\frac{w_3}{w_1} \times \frac{w_3}{w_2} \times \frac{w_3}{w_3} \times \frac{w_3}{w_4} \times \frac{w_3}{w_5}} = V_3$$

$$\sqrt[n]{\frac{w_4}{w_1} \times \frac{w_4}{w_2} \times \frac{w_4}{w_3} \times \frac{w_4}{w_4} \times \frac{w_4}{w_5}} = V_4$$

$$\sqrt[n]{\frac{w_5}{w_1} \times \frac{w_5}{w_2} \times \frac{w_5}{w_3} \times \frac{w_5}{w_4} \times \frac{w_5}{w_5}} = V_5$$

Получение оценки вектора приоритетов  $P_j$

$$\frac{V_1}{S} = P_1$$

$$\frac{V_2}{S} = P_2$$

$$\frac{V_3}{S} = P_3$$

$$\frac{V_4}{S} = P_4$$

$$\frac{V_5}{S} = P_5$$

$$I_c = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{7}$$

Для того, чтобы оценить, является ли полученное рассогласование приемлемым или нет, его сравнивают со случайным индексом  $C_{и}$ . Случайным индексом называют индекс согласованности, рассчитанный для квадратной  $n$ -мерной положительной обратно симметричной матрицы, элементы которой сгенерированы случайным образом с помощью датчика случайных чисел, распределенных по равномерному закону. Для примера в табл. 2 представлены значения случайного индекса для матриц порядка от 1 до 15.

Получив в результате расчета по формуле (7) индекс согласованности и выбрав из табл. 2 случайный индекс для заданного порядка матрицы, рассчитывают отношение согласованности [1]

$$OC = \frac{I_c}{C_{и}} \tag{8}$$

Таблица 2

Величина случайного индекса

Размер матрицы $n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Случайный индекс, $C_{и}$	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Здесь  $\frac{w_{ij}}{w_j} = a_{ij}$  - числовые оценки парных сравнений показателей качества,  $S = \sum_{i=1}^n V_i$ .

Таким образом, согласно (2) компоненты главного собственного вектора вычисляются как среднее геометрическое значение в строке матрицы парных сравнений

$$V_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, \quad i, j = \overline{1, n} \tag{4}$$

Компоненты вектора приоритетов согласно (3) вычисляются как нормированные значения главного собственного вектора

$$P_j = \frac{V_j}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad j = \overline{1, n} \tag{5}$$

В качестве меры согласованности суждений эксперта рассматривают два показателя: индекс согласованности ( $I_c$ ); отношение согласованности ( $OC$ ).

Из теории матриц известно, что согласованность обратно симметричной матрицы парных сравнений в шкале относительной важности эквивалентна требованию равенства ее максимального собственного значения  $\lambda_{max}$  и числа сравниваемых объектов ( $\lambda_{max} \geq n$ ). Приближенные значения  $\lambda_{max}$  для оценки отношения согласованности можно рассчитывать по следующей формуле

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n M_j P_j \tag{6}$$

где  $M_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$  - сумма элементов  $i$ -го столбца матрицы (1);  $P_j$  - компоненты вектора приоритетов анализируемой матрицы (1).

В качестве меры рассогласования рассматривают нормированное отклонение  $\lambda_{max}$  от  $n$ , называемое индексом согласованности

Если величина  $OC \leq 0,15$ , то степень согласованности суждений эксперта следует считать приемлемой. В противном случае эксперту рекомендуется пересмотреть свои суждения. Для этого необходимо выявить те позиции в матрице суждений, которые вносят максимальный вклад в величину отношения согласованности, и попытаться изменить меру несогласованности в меньшую сторону.

**2. Практические особенности применения метода анализа иерархий для выбора оптимальных речевых кодеков с учетом совокупности показателей качества**

Рассмотрим особенности применения метода анализа иерархий для выбора оптимального речевого кодека при проектировании сетей IP-телефонии с учетом совокупности показателей качества [1]. В качестве показателей качества выбраны основные технические характеристики речевых кодеков, характеризующие их потребительские свойства. В табл. 3 приведены значения показателей качества для 23 различных типов речевых кодеков [1].

На рис. 2 показано иерархическое представление задачи выбора оптимального речевого кодека.

Построим матрицу парных сравнений (табл. 4) для совокупности показателей качества, т.е. со второго уровня иерархии (на первом уровне цель - выбор системы, на третьем - альтернативы). Для заполнения этой таблицы с помощью опытного эксперта выполнены парные сравнение важности показателей качества речевых кодеков. Диагональ этой матрицы заполнена

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

**Таблица 3**

Сравнительный анализ речевых кодеков с учетом совокупности показателей качества

Кодеки	скорость кодирования, кбит/с	оценка качества, MOS (1-5)	сложность реализации, MIPS	размер кадра, мс	суммарная задержка, мс
G 711	64	3,83	11,95	0,125	60
G 721	32	4,1	7,2	0,125	30
G 722	48	3,83	11,95	0,125	31,5
G 722	56	4,5	11,95	0,125	31,5
G 722	64	4,13	11,95	0,125	31,5
G 723.1	5,3	3,6	16,5	30	37,5
G 723.1	6,4	3,9	16,9	30	37,5
G 726	24	3,7	9,6	0,125	30
G 726	32	4,05	9,6	0,125	30
G 726	40	3,9	9,6	0,125	30
G 727	24	3,7	9,9	0,125	30
G 727	32	4,05	9,9	0,125	30
G 727	40	3,9	9,9	0,125	30
G 728	16	4	25,5	0,625	30
G 729	8	4,05	22,5	10	35
G 729a	8	3,95	10,7	10	35
G 729b	8	4,05	23,2	10	35
G 729ab	8	3,95	11,5	10	35
G 729e	8	4,1	30	10	35
G 729e	11,8	4,12	30	10	35
G 727	16	4	9,9	0,125	30
G 728	12,8	4,1	16	0,625	30
G 729d	6,4	4	20	10	35

По значениям компонент собственного вектора получены согласно (3) оценки компонент вектора приоритетов.

Далее выполнены парные сравнения на III уровне иерархии.

В частности, выполнены парные сравнения речевых кодеков по отношению к выбранным показателям качества: скорости кодирования, к качеству кодирования речи, к сложности реализации, к размеру кадра, к суммарной задержке. В результате обработки полученных матриц парных сравнений вычислены по описанной ранее методике собственные векторы и векторы приоритетов.

**Таблица 4**

Парные сравнения показателей качества речевых кодеков

Показатели качества	Скорость кодирования	Оценка качества	Сложность реализации	Размер кадра	Суммарная задержка	Собственный вектор	Нормированные оценки вектора приоритетов, P
Скорость кодирования	1	4	3	5	7	3,3469	0,4668
Оценка качества	1/4	1	3	5	7	1,9223	0,2681
Сложность реализации	1/3	1/3	1	3	5	1,1076	0,1545
Размер кадра	1/5	1/5	1/3	1	3	0,5253	0,0733
Суммарная задержка	1/7	1/7	1/5	1/3	1	0,2671	0,0373

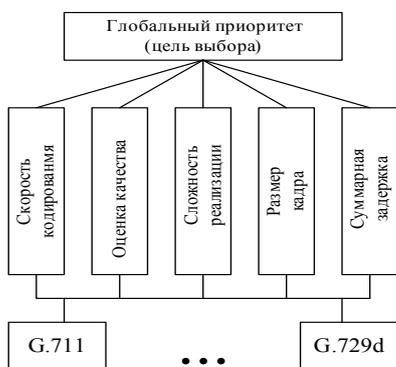
Для примера в табл. 5 приведена матрица парных сравнений речевых кодеков по отношению к сложности реализации, а также соответствующего ей собственного вектора и вектора приоритетов.

Полученные оценки векторов приоритетов  $\vec{P}_j, j = \overline{1,5}$  по отношению к скорости кодирования, к задержке при кодировании, к размеру кадра, к сложности реализации, к качеству кодирования речи в качестве столбцов приведены в табл. 6. В этой таблице приведены также полученные ранее компоненты вектора приоритетов показателей качества P. С их использованием вычислены значения компонент глобального вектора приоритетов C, которые приведены в табл. 6.

$$\vec{C} = \vec{P} \vec{P}_j, \tag{9}$$

$$C_j = \sum_{i=1}^5 P_i P_{ij}, j = \overline{1,2,3}.$$

По максимальному значению компонент вектора глобальных приоритетов C (табл. 6) выбираем наилучший для сети IP-телефонии речевой кодек с учетом введенных показателей качества. Таким является речевой кодек G.721, который характеризуется следующими показателями качества: скорость кодирования – 32 кбит/с, качество кодирования речи – 4,1, сложность реализации – 7,2 MIPS, размер кадра – 0,125 мс, суммарная задержка – 30 мс.



**Рис. 2.** Декомпозиция задачи выбора в иерархию сравнения кодеков

В табл. 4 приведены вычисленные согласно (2) оценки компонент собственного вектора.

Таблица 5

Парные сравнение речевых кодеков по отношению к сложности реализации

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	собственный вектор	вектор приоритетов
K1	1	1/5	1/2	1/2	1/2	5	7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	9	9	1/5	7	1/5	9	9	1/5	7	9	1,011345204	0,026314373
K2	5	1	5	5	5	7	7	3	3	3	7	7	7	7	9	#	7	5	9	9	7	5	7	5,371803842	0,139769929
K3	2	1/5	1	1/4	1/4	5	5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	9	7	1/5	9	1/5	9	9	1/5	5	5	0,957400895	0,024910786
K4	2	1/5	4	1	1/4	5	7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	9	7	1/5	5	1/5	9	9	1/5	5	7	1,084063824	0,028206451
K5	2	1/5	4	4	1	5	5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	7	7	1/5	7	1/5	9	9	1/5	5	7	1,209657666	0,0314743
K6	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1	3	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	7	5	1/7	7	1/7	7	7	1/7	3	5	0,575769229	0,014981043
K7	1/7	1/7	1/5	1/7	1/5	1/3	1	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	7	5	1/7	7	1/7	5	5	1/7	3	7	0,500840533	0,01303146
K8	5	1/3	5	5	5	7	7	1	2	2	3	3	3	9	9	#	7	5	9	9	3	7	7	4,081091236	0,106186646
K9	5	1/3	5	5	5	7	7	1/2	1	2	3	3	3	9	9	#	7	5	9	9	3	7	7	3,84237531	0,099975453
K10	5	1/3	5	5	5	7	7	1/2	1/2	1	3	3	3	9	9	#	7	5	9	9	3	7	7	3,617622634	0,094127573
K11	5	1/7	5	5	5	7	7	1/3	1/3	1/3	1	2	2	9	9	#	7	5	9	9	2	7	7	2,901715036	0,075500245
K12	5	1/7	5	5	5	7	7	1/3	1/3	1/3	1/2	1	4	9	9	#	7	5	9	9	4	7	7	2,901715036	0,075500245
K13	5	1/7	5	5	5	7	7	1/3	1/3	1/3	1/2	1/4	1	9	9	#	7	5	9	9	2	7	7	2,495821135	0,064939218
K14	1/9	1/7	1/9	1/9	1/7	1/7	1/7	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1	1/7	1/9	1/5	1/9	3	3	1/9	1/7	1/5	0,182971228	0,004760761
K15	1/9	1/9	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	7	1	1/7	3	1/7	5	5	1/9	1/7	1/5	0,271167855	0,007055565
K16	5	1/5	5	5	5	7	7	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	9	7	#	7	2	9	9	1/2	7	9	2,07193327	0,053910004
K17	1/7	1/7	1/9	1/5	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	5	1/3	1/7	1	1/9	7	7	1/7	1/7	1/5	0,266052462	0,006922467
K18	5	1/5	5	5	5	7	7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	9	7	1/3	9	1	9	9	1/5	7	9	1,629720725	0,042403996
K19	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/7	1/5	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/3	1/5	1/9	1/7	1/9	1	1/4	1/9	1/9	1/7	0,144456418	0,003758637
K20	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/7	1/5	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/3	1/5	1/9	1/7	1/9	4	1	1/9	1/9	1/7	0,162963328	0,004240172
K21	5	1/7	5	5	5	7	7	1/3	1/3	1/3	1/2	1/4	1/2	9	9	#	7	5	9	9	1	7	7	2,308770665	0,060072319
K22	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	7	7	1/7	7	1/7	9	9	1/7	1	5	0,493304479	0,012835378
K23	1/9	1/7	1/5	1/7	1/7	1/5	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	5	5	1/9	5	1/9	7	7	1/7	1/5	1	0,350625144	0,00912979

Таблица 6

Результаты вычисления значения глобального вектора приоритетов

	скорость кодирования	оценка качества	сложность реализации	размер кадра	суммарная задержка	Значение компонент вектора приоритетов
Кодеки	0,4668	0,2681	0,1545	0,0733	0,0373	
G 711	0,0064	0,0085	0,0263	0,0055	0,0039	0,0098783
G 721	0,1239	0,0879	0,1398	0,0141	0,1153	0,1083358
G 722	0,0129	0,0095	0,0249	0,0067	0,0354	0,014387
G 722	0,0075	0,1287	0,0282	0,0072	0,0387	0,0443336
G 722	0,0068	0,0937	0,0315	0,0079	0,0424	0,0353226
G 723.1	0,0167	0,0053	0,0149	0,1506	0,0061	0,0227851
G 723.1	0,0186	0,0166	0,0131	0,1601	0,0069	0,0271496
G 726	0,0371	0,0072	0,1062	0,0161	0,1159	0,0411597
G 726	0,1166	0,0554	0,0999	0,0157	0,0946	0,0893956
G 726	0,0122	0,0158	0,0941	0,0098	0,0527	0,0271534
G 727	0,1067	0,0064	0,0755	0,0122	0,0838	0,0672082
G 727	0,0962	0,0562	0,0755	0,0133	0,0731	0,0753397
G 727	0,0126	0,0168	0,0649	0,0094	0,0678	0,0236308
G 728	0,0729	0,0317	0,0048	0,0325	0,0667	0,0481403
G 729	0,0279	0,0549	0,0071	0,0844	0,0213	0,0358204
G 729a	0,0263	0,0201	0,0539	0,0748	0,0101	0,0318528
G 729b	0,0248	0,0489	0,0069	0,0771	0,0114	0,0318294
G 729ab	0,0233	0,0226	0,0424	0,0663	0,0131	0,0288347
G 729e	0,0219	0,0731	0,0038	0,0605	0,0153	0,0354135
G 729e	0,0411	0,0794	0,0042	0,0554	0,0195	0,0354135
G 727	0,0725	0,0389	0,0601	0,0119	0,0429	0,05603
G 728	0,0458	0,0865	0,0128	0,0288	0,0451	0,050341
G 729d	0,0192	0,0359	0,0091	0,0795	0,0177	0,0264809

### Выводы

В данной статье рассмотрены теоретические и практические особенности применения метода анализа иерархий Саати для выбора оптимальных речевых кодеков при проектировании сетей IP-телефонии с учетом совокупности показателей качества. На примере 23 речевых кодеков серии G, которые характеризуются 5 показателями качества: скоростью кодирования, задержкой при кодировании, размером кадра, сложностью реализации, качеством речи, построена иерархическая структура задачи выбора. В результате опроса экспертов сформированы матрицы парных сравнений показателей качества, а также речевых кодеков. В результате обработки суждений экспертов были вычислены оценки соответствующих собственных векторов и векторов приоритетов для различных уровней иерархии сравнения кодеков. Эти оценки были использованы для вычисления значений компонент глобального вектора приоритетов. Согласно методу анализа иерархий Саати по максимальному значению компоненты глобального вектора приоритетов выбран речевой кодек G.721, оптимальный с учетом введенных показателей качества.

Рассмотренная методика дает возможность формализованного выбора оптимального проектного варианта с учетом совокупности показателей качества на основе субъективных суждений экспертов. Эта методика реализована с помощью программы Microsoft Excel и может быть также использована при проектировании других сложных технических систем для выбора оптимального проектного варианта.

### Литература

1. Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 240 с.
2. Черноуцкий И.Г. Методы оптимизации и принятия решений. – СПб.: Издательство „Лань”, 2001. – 384 с.
3. Безрук В.М. Векторна оптимізація та статистичне моделювання в автоматизованому проектуванні систем зв'язку. – Харків:ХНУРЕ, 2002. – 164 с.
4. Саати Т, Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

УДК 519.7

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОГРАММНОГО ИНТЕРФЕЙСА

**Р. В. Мельникова**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра ПО ЭВМ

Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники  
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166  
Контактный тел.: 8 (057) 70-21-446  
E-mail: melnikova@kture.kharkov.ua

*Дана робота присвячена аналізу існуючих методів, стандартів і правил проектування інтерфейсу користувача та розробці на цієї основі інтерфейсу сайту факультету комп'ютерних наук ХНУРЕ*

*Ключові слова: інтерфейс користувача, стандарти, кольорова схема*

*Данная работа посвящена анализу существующих методов, стандартов и правил проектирования интерфейса пользователя и разработке на этой основе интерфейса сайта факультета компьютерных наук ХНУРЕ*

*Ключевые слова: пользовательский интерфейс, стандарты, цветовая схема*

*The analysis of existing methods, standards and rules of user interface designing were carried out. The development of Computer Science Faculty (KhNURE) site interface was considered*

*Keywords: user interface, standards, color schemes*

### Введение

В современной жизни все большую роль при получении информации во всех сферах жизнедеятельности человека играет Интернет. К интернету каждый

год подключается большое количество домовладений не только за рубежом, но и на Украине. Это связано с тем, что люди осознают удобство получения нужной им информации, не выходя из дому. Причем на сайтах компаний и предприятий они могут получить более