

6. Operational analytical data processing: concepts and technologies. Available at: http://www.olap.ru/basic/olap_and_ida.asp (accessed 12 January 2013). (In Russ.)
7. Paklin N. B. *Biznes-analitika: ot dannykh k znaniyam* [Business intelligence: from data to knowledge]. Saint Petersburg, Peter, 2012. 704 p.
8. SN 2.2.4/2.1.8.566-96. Sanitary norms. 2.2.4. Physical factors of the working environment. 2.1.8. Physical factors of the environment: manufacturing vibration, vibration in residential and public buildings. Moscow, 1996. (In Russ.)
9. Building Regulations: SNIP 2.01.07–85*. Load and impact. Moscow, 2005. (In Russ.)
10. DataMining – intellectual data analysis. Available at: http://www.iteam.ru/publications/it/section_55/article_1448/ (accessed 4 February 2013). (In Russ.)
11. FindSounds – Search the Web for Sound. Available at: <http://www.findsounds.com/> (accessed 23 February 2013).
12. Matlab. Available at: <http://matlab.exponenta.ru/matlab/default.php> (accessed 10 January 2014). (In Russ.)
13. Matlab. Available at: <http://www.mathworks.com/products/neural-network/code-examples.html> (accessed 13 January 2014).
14. Matlab. Neural network. Available at: <http://neural-networks.ru/Rasshirenie-protsedurobucheniya/> (accessed 7 January 2014). (In Russ.)
15. Software for Data Mining, Analytics, and Knowledge Discovery. – Available at: <http://www.kdnuggets.com/software/index.html> (accessed 9 February 2013).

УДК 621.39: 004.02

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАНЖИРОВАНИЯ
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ (ELECTRE)
ДЛЯ ВЫБОРА СКАНИРУЮЩИХ ПРИЕМНИКОВ И ТРАНСИВЕРОВ**

Буй Ле Ван, аспирант, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: builevan2010@gmail.com

В работе приведены результаты применения метода ранжирования многокритериальных альтернатив (ELECTRE) для рационального выбора сканирующих приемников и трансиверов. Алгоритм выбора оптимальных альтернатив по методу ELECTRE состоит из 7 основных шагов: установление важности критериев; вычисление индексов согласия; вычисление индексов несогласия; установление предельных значений для индексов согласия и несогласия; определение недоминируемой альтернативы из каждой пары альтернатив; определение первого ядра недоминируемых альтернатив; установление новых предельных значений индексов согласия и несогласия для определения следующих ядер недоминируемых альтернатив. Представлен конкретный пример выбора рациональных устройств по четырем критериям: чувствительности; длительности работы без перезарядки; количеству каналов; цене. Сделан вывод, что использование метода ранжирования многокритериальных альтернатив позволяет с относительно небольшими трудозатратами получить рациональное решение задачи оптимального выбора сканирующих приемников и трансиверов из числа представленных на рынке устройств.

Ключевые слова: метод ELECTRE, выбор, сканирующий приемник, трансивер, индекс согласия, индекс несогласия, альтернативы выбора, критерии выбора, ранжирование

**APPLICATION OF METHOD OF RANKING OF MULTICRITERIA ALTERNATIVES
FOR CHOICE OF SCANNING RECEIVERS AND TRANSCEIVERS**

Buy Le Van, post-graduate student, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: builevan2010@gmail.com

In this paper, results apply the method of ranking multi criteria alternatives (ELECTRE) to make rational choices scanning receivers and transceivers. Optimal alternatives selection algorithm is composed of seven steps with ELECTRE method: establishment importance of criteria; computation the indices consent; computation the indices of disagreement; set a limit value index of agreement, disagreement; non-dominated alternative definition from each pair of alternatives; determining first kernel of non-dominated alternatives; establish new limit index values of agreement and disagreement to determine the following kernels of non-dominated alternatives. A specific example of choice rational devices on four criteria: sensitivity, work without recharging, number channel and price. Concluded that the use of the ranking multi criteria alternatives will provide a rational solution to the problem of choosing scanning receivers and transceivers of the number of devices on the market.

Keywords: ELECTRE method, selection, scanning receiver, transceiver, the index of agreement, disagreements index, an alternative criterion ranking

Введение. Проблема выбора сканирующих приемников и трансиверов (СПиТ) в соответствии с фактическими требованиями пользователя (в отношении технических параметров, экономических и др.) является актуальной для многих потребителей, особенно работающих в сфере информационной безопасности, защиты от информационного шпионажа и т.п.

Задача оптимального выбора СПиТ – это многокритериальная задача, ее критерии были представлены в [17, 23]. Существуют различные методы и алгоритмы для решения такого класса задач, включая ранжирование многокритериальных альтернатив (ELECTRE), оптимальность по Парето [18, 24], анализ иерархий (АНП) [12] и др. Такие подходы к решению задач выбора рассмотрены, в частности, в работах [1–11, 13–15, 19–22].

Целью данной статьи является исследование особенностей применения метода ELECTRE при выборе сканирующих СПиТ.

Общая характеристика методов семейства ELECTRE. Методы этого класса предназначены для решения задач с уже заданными (известными) оценками для многокритериальных альтернатив. В отличие от метода анализа иерархий в методах ELECTRE не определяется количественно показатель качества каждой альтернативы, а устанавливается лишь условие превосходства одной альтернативы над другой. В настоящее время разработан ряд методов этого семейства (ELECTRE 1, ELECTRE 2, ELECTRE 3) [12]. В этой статье мы рассмотрим применение метода ELECTRE 1 для решения задачи выбора СПиТ.

Входными данными многокритериальной задачи выбора при применении этого метода являются следующие: состав критериев $(e_1, e_2, \dots, e_i, \dots, e_m)$; перечень альтернатив $A = (a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_n)$; значения критериальных оценок для каждой из альтернатив – a_{ij} , $i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, n}$, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Обозначения критериальных оценок альтернатив

Альтернативы Критерии	A_1	A_2	...	A_n
e_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
e_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
e_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

Алгоритм выбора оптимальных альтернатив по методу ELECTRE включает следующие шаги [16].

Шаг 1. Установление важности критериев.

С помощью лиц, принимающих решения (ЛПР), или экспертов устанавливаются важности критериев $\beta_i, i = \overline{1, m}$ для каждого критерия. Значения важности критериев – это целые положительные числа, которые тем больше, чем важнее соответствующий критерий.

Шаг 2. Вычисление индексов согласия.

Индекс согласия b_{fg} показывает степень согласия, т.е. превосходство a_f -й альтернативы над a_g -й альтернативой [16]:

$$b_{fg} = \frac{\sum_{i \in I^+, I^0} \beta_i}{\sum_{i=1}^m \beta_i}, \quad (1)$$

где I^+ – подмножество критериев, по которым альтернатива a_f предпочтительнее, чем альтернатива a_g , т.е. $a_{if} > a_{ig}, i \in I^+$; I^0 – подмножество критериев, по которым альтернативы a_f, a_g равнозначны, т.е. $a_{if} = a_{ig}, i \in I^0$; I^- – подмножество критериев, по которым альтернатива a_g предпочтительнее, чем альтернатива a_f , т.е. $a_{ig} > a_{if}, i \in I^-$.

Из формулы (1) вытекают следующие свойства индекса согласия [12]:

- $0 \leq b_{fg} \leq 1$;
- $b_{fg} = 1$, если подмножество I^- пусто;
- $b_{fg} = 0$, если подмножества I^+ и I^0 пусты;
- b_{fg} сохраняет значение при замене одного критерия на несколько критериев с тем же общим весом.

На основании заданных оценок двух альтернатив строится таблица индексов согласия – ее строки и столбцы соответствуют множеству альтернатив. Обозначения для индексов согласия представлены в табл. 2.

Таблица 2

Индексы согласия

Альтернативы	Альтернативы					
	a_1	a_2	...	a_g	...	a_n
a_1	*	b_{12}	...	b_{1g}	...	a_{1n}
a_2	b_{21}	*	...	b_{2g}	...	a_{2n}

...
a_f	b_{f1}	b_{f2}	...	b_{fg}	...	b_{fn}
...
a_n	b_{n1}	b_{n2}	...	b_{ng}	...	*

Шаг 3. Вычисление индексов несогласия.

Индекс несогласия s_{fg} определяет уровень отрицания гипотезы о превосходстве альтернативы a_f по отношению к альтернативе a_g . Индексы несогласия s_{fg} определяются следующим образом [16]:

$$s_{fg} = \max_i \{ |a_g^i - a_f^i| / L_i \}, \quad i \in I^-, \quad (2)$$

где a_g^i и a_f^i – значения оценок альтернатив a_g и a_f по i -му критерию; L_i – длина шкалы для i -го критерия. Она определяется как равная разности между максимальной и минимальной оценками по критерию e_i :

$$L_i = e_i^{\max} - e_i^{\min}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Из формулы (2) вытекают следующие свойства индекса несогласия [12, 16]:

- $0 \leq s_{fg} \leq 1$;
- $s_{fg} = 0$, если подмножество I^- пусто;
- s_{fg} сохраняет значение при введении более детальной шкалы по i -ому критерию при той же длине шкалы.

Представим таблицу индексов несогласия, в которой строки и столбцы соответствуют множеству альтернатив (табл. 3).

Таблица 3

Индексы несогласия

Альтернативы	Альтернативы					
	a_1	a_2	...	a_g	...	a_n
a_1	*	s_{12}	...	s_{1g}	...	s_{1n}
a_2	s_{21}	*	...	s_{2g}	...	s_{2n}
...
a_f	s_{f1}	s_{f2}	...	s_{fg}	...	s_{fn}
...
a_n	s_{n1}	s_{n2}	...	s_{ng}	...	*

Шаг 4. Устанавливаются предельные значения для индекса согласия $b(l)$ и индекса несогласия $s(l)$.

Шаг 5. Для каждой пары альтернатив a_f и a_g производится сравнение индекса согласия b_{fg} и индекса несогласия s_{fg} с предельными значениями $b(l)$ и $s(l)$. Если $b_{fg} \geq b(l)$ и $s_{fg} \leq s(l)$, то альтернатива a_f предпочтительнее, чем альтернатива a_g . В противном случае альтернативы несравнимы, либо эквивалентны.

Шаг 6. Из множества альтернатив удаляется доминируемая. Оставшиеся – образуют первое ядро недоминируемых альтернатив. Альтернативы, входящие в ядро, могут быть либо эквивалентными, либо несравнимыми.

Шаг 7. Выполняется уменьшение предельного значения индекса согласия до значения $b(2)$ и увеличение предельного значения индекса несогласия до значения $s(2)$. Далее осуществляется переход на шаг 5, чтобы выделить ядра с меньшим количеством альтернатив; результат – второе ядро недоминируемых альтернатив. Количество итераций определяется аналитиком, в последнее ядро входят наилучшие альтернативы. Последовательность ядер определяет упорядоченность альтернатив по качеству.

Использование метода ELECTRE для выбора сканирующих приемников и трансиверов. Эффективность использования устройства определяется по основным характеристикам (критериям), которые были рассмотрены (проанализированы) в [18, 23]. В данной работе с целью практического применения метода ELECTRE и демонстрации последовательности шагов выбора СПиТ мы описываем процесс классификации достаточно подробно.

Входные данные состоят из множества альтернатив $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6\}$ и четырёх критериев, которые представлены в таблице 4 (эти критерии являются основными характеристиками, по которым выбираются СПиТ).

Таблица 4

Исходное множество альтернатив						
Альтернативы	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
Показатели						
e_1 - чувствительность μV (25 kHz) ↓	0,2	0,25	0,25	0,25	0,2	0,16
e_2 - работа без перезарядки (час) ↑	15	8	8	9	10	10
e_3 - количество каналов ↑	69	32	16	16	16	207
e_4 - цена (рубли) ↓	5960	5960	6355	7000	7000	7700
Примечание: в названии показателей знак ↓ показывает, что лучшее значение соответствует минимуму, знак ↑ – что лучшее значение соответствует максимуму						

Решение. Мы заменим критерии e_1 на $(-e_1)$ и e_4 на $(-e_4)$, для того, чтобы перейти от задачи минимизации к задаче максимизации по всем критериям. Скорректированная таким образом матрица представлена в табл. 5.

Таблица 5

Множество альтернатив после изменения						
Альтернативы	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
Показатели						
e_1	-0,2	-0,25	-0,25	-0,25	-0,2	-0,16
e_2	15	8	8	9	10	10
e_3	69	32	16	16	16	207
e_4	-5960	-5960	-6355	-7000	-7000	-7700

Шаг 1. Установление важности критериев и длины шкалы критериев.

Анализируя и оценивая критерии в отношении практических условий эксплуатации, мы выбираем важности $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ (соответственно критериями e_1, e_2, e_3, e_4):

$$\beta_1 (\text{Чувствительность}) = 2;$$

$$\beta_2 (\text{Работа без перезарядки}) = 3;$$

$$\beta_3 (\text{Количество каналов}) = 2;$$

$$\beta_4 (\text{Цена}) = 5.$$

Учитываем длины шкалы критериев L по формуле (3):

$$L_1 = -0,16 - (-0,25) = 0,09;$$

$$L_2 = 15 - 8 = 7;$$

$$L_3 = 207 - 16 = 191;$$

$$L_4 = -5960 - (-7700) = 1740.$$

В результате получаем следующую таблицу данных для альтернатив (табл. 6).

Таблица 6

Данные альтернатив после определения L и β

Альтернативы \ Показатели	e_1	e_2	e_3	e_4
a_1	-0,2	15	69	-5960
a_2	-0,25	8	32	-5960
a_3	-0,25	8	16	-6355
a_4	-0,25	9	16	-7000
a_5	-0,2	10	16	-7000
a_6	-0,16	10	207	-7700
β	2	3	2	5
L	0,09	7	191	1740

Шаг 2. Вычисление индексов согласия.

По формуле (1) рассчитываем индексы согласия b_{fg} для альтернатив.

Для индекса согласия b_{12} :

- подмножество критериев Γ^+ : $\{e_1, e_2, e_3\}$;
- подмножество критериев Γ^0 : $\{e_4\}$;
- подмножество критериев Γ : пусто.

$$\text{Отсюда имеем: } b_{12} = \frac{\sum_{i \in \Gamma^+, \Gamma^0} \beta_i}{\sum_{i=1}^m \beta_i} = (2 + 3 + 2 + 5) / (2 + 3 + 2 + 5) = 1.$$

Выполняя для других индексов вычисления по аналогии с тем, как это было сделано для индекса согласия b_{12} , мы получили следующую результирующую матрицу индексов согласия.

Таблица 7

Матрица индексов согласия

Альтернативы	Альтернативы					
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
a_1	*	1	1	1	1	8/12
a_2	5/12	*	1	9/12	7/12	5/12
a_3	0	5/12	*	9/12	7/12	5/12
a_4	0	5/12	7/12	*	7/12	0
a_5	2/12	5/12	7/12	1	*	8/12
a_6	4/12	7/12	7/12	7/12	7/12	*

Шаг 3. Вычисление индекса несогласия.

Вычисляя индексы несогласия по формуле 2, получаем следующую результирующую матрицу (табл. 8).

Таблица 8

Матрица индексов несогласия

Альтернативы	Альтернативы					
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
a_1	*	0	0	0	0	0,72
a_2	1	*	0	0,142	0,55	1
a_3	1	0,22	*	0,142	0,55	1
a_4	0,857	0,59	0,37	*	0,55	1
a_5	0,714	0,59	0,37	0	*	1
a_6	1	1	0,77	0,4	0,4	*

Шаги 4, 5, 6, 7. Зададим «пороговые» уровни индекса согласия $b(1) = 7/12$ и индекса несогласия $s(1) = 0,4$. Все значения, которые меньше уровня согласия $b(1)$ и больше уровня несогласия $s(1)$, отбрасываются. В результате получим граф предпочтений ELECTRE (рис. 1), в котором сохранены все «не отброшенные» связи.

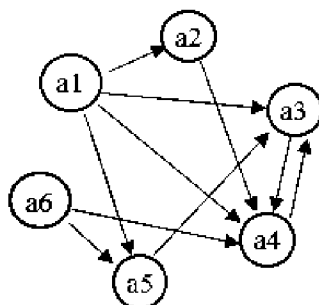


Рис. 1. Граф предпочтений ELECTRE для всех альтернатив

Из рис. 1 можно выделить ядро доминирующих альтернатив. В него будут входить альтернативы a_1 и a_6 ; следующее ядро альтернатив – a_2 и a_5 ; последнее ядро альтернатив – a_3 и a_4 .

Для ядра доминирующих альтернатив a_1 и a_6 : выполним уменьшение предельного значения индекса согласия до значения $b(2) = 8/12$ и увеличим предельное значение индекса

несогласия до значения $s(2) = 0,72$, а также изменим результирующую матрицу значения индексов согласия и несогласия. При этом получим следующие матрицы.

Таблица 9

Матрица индексов согласия

Альтернативы	Альтернативы	
	a_1	a_6
a_1	*	8/12
a_6	4/12	*

Таблица 10

Матрица индексов несогласия

Альтернативы	Альтернативы	
	a_1	a_6
a_1	*	0,72
a_6	1	*

Результирующий граф представлен на рис. 2.



Рис. 2. Граф предпочтений ELECTRE для двух альтернатив a_1 и a_6

Итак, альтернатива a_1 в этом случае оптимальна.

Для ядра альтернатив a_2 и a_5 : по аналогии с предыдущим для альтернатив a_2 , a_5 со значением индекса согласия $b(3) = 7/12$ и значением индекса несогласия $s(3) = 0,55$ мы получим следующие матрицы (табл. 11, 12) и результирующий граф (рис. 3).

Таблица 9

Матрица индексов согласия

Альтернативы	Альтернативы	
	a_2	a_5
a_2	*	7/12
a_5	5/12	*

Таблица 10

Матрица индексов несогласия

Альтернативы	Альтернативы	
	a_2	a_5
a_2	*	0,55
a_5	0,59	*



Рис. 3. Граф предпочтений ELECTRE для двух альтернатив a_2 и a_5

Из рис. 3 видно, что альтернатива a_2 предпочтительнее, чем альтернатива a_5 .

Для ядра альтернатив a_3 и a_4 : для альтернатив a_2, a_5 с значением индекса согласия $b(3) = 9/12$ и значением индекса несогласия $s(3) = 0,142$, действуя аналогично, мы получим следующие матрицы (табл. 13, 14) и результирующий граф (рис. 4).

Таблица 13

Матрица индексов согласия

Альтернативы	Альтернативы	
	a_3	a_4
a_3	*	9/12
a_4	7/12	*

Таблица 14

Матрица индексов несогласия

Альтернативы	Альтернативы	
	a_3	a_4
a_3	*	0,142
a_4	0,37	*



Рис. 4. Граф предпочтений ELECTRE для двух альтернатив a_3 и a_4

Из рис. 4 видно, что альтернатива a_3 предпочтительнее, чем альтернатива a_4 .

Итак, на основании рис. 1, 2, 3 и 4 мы получили порядок (ранжирование) альтернатив при выборе СПиТ в виде $\langle a_1, a_6, a_2, a_5, a_3, a_4 \rangle$ и сделали вывод о том, что альтернатива a_1 – оптимальная.

Вывод. Применение метода ранжирования многокритериальных альтернатив для решения задачи выбора СПиТ является вполне рациональным решением. Преимущества метода заключаются в том, что он дает возможность использовать степень превосходства одной альтернативы над другой и не разбивает все множество альтернатив на отдельные группы, для которых требуются индивидуальные подходы.

Список литературы

1. Бармина Е. А. Методы и алгоритмы мониторинга качества работы коммерческой организации в условиях неопределенности (на примере предприятия сферы информационных технологий) : моногр. / Е. А. Бармина, И. Ю. Квятковская. – Астрахань : Астраханский гос. техн. ун-т, 2010.
2. Брумштейн Ю. М. Анализ моделей и методов выбора оптимальных совокупностей решений для задач планирования в условиях ресурсных ограничений и рисков / Ю. М. Брумштейн, Д. А. Тарков, И. А. Дюдиков // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 3. – С. 169–180.

3. Гайрабекова Т. И. Формирование рационального состава исполнителей бизнес-процессов в сельском хозяйстве / Т. И. Гайрабекова, И. Ю. Квятковская // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2012. – Т. 4, № 13. – С. 98–103.
4. Гайрабекова Т. И. Оценка эффективности бизнес-процессов в информационно-советующих системах агропромышленного комплекса / Т. И. Гайрабекова, И. Ю. Квятковская // Технические науки – от теории к практике. – 2012. – № 7–1. – С. 113–117.
5. Демич О. В. Метод самоорганизации поиска и его применение для задачи принятия решения / О. В. Демич, В. Ф. Шуршев // Системы управления и информационные технологии. – 2005. – № 3 (20). – С. 14–16.
6. Кандырин Ю. В. Многокритериальное структурирование альтернатив в автоматизированных системах выбора / Ю. В. Кандырин, Л. Т. Сазонова, Г. Л. Шкурина, А. Д. Чивилев // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2014. – № 1.
7. Квятковская И. Ю. Система показателей оценки качества телекоммуникационных услуг и метод их оценки / И. Ю. Квятковская, К. Х. Фам // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. – № 2. – С. 98–103.
8. Квятковская И. Ю. Методика мониторинга и оценки качества телекоммуникационных услуг / И. Ю. Квятковская, К. Х. Фам // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 4. – С. 126–136.
9. Квятковская И. Ю. Методологические основы поддержки принятия управленческих решений в информационном пространстве регионального кластера : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / И. Ю. Квятковская. – Астрахань : Астраханский государственный университет, 2009.
10. Квятковская И. Ю. Этапы проблемно-ориентированной методологии поддержки принятия управленческих решений для слабоструктурированных проблем / И. Ю. Квятковская // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 1. – С. 60–65.
11. Квятковская И. Ю. Линейное расслоение классов альтернатив с использованием логической формы функции выбора / И. Ю. Квятковская // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2007. – № 1. – С. 116–119.
12. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах : учеб. / О. И. Ларичев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Логос, 2002. – 392 с.
13. Набережная А. В. Обзор количественных методов оптимизации размещения бизнес-объектов / А. В. Набережная, О. М. Шкульская // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2012. – № 1. – С. 142–146.
14. Олейников Д. П. Инверсия в методах принятия решений / Д. П. Олейников, Л. Н. Бутенко, С. П. Олейников // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 2. – С. 146–151.
15. Солопов В. Ю. Информационная поддержка принятия управленческих решений на региональном уровне / В. Ю. Солопов, А. В. Кошкарров // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2012. – № 1. – С. 57–66.
16. Черноморов Г. А. Теория принятия решений : учеб. пос. / Г. А. Черноморов. – Новочеркасск, 2002. – 267 с.
17. Шуршев В. Ф. Методика выбора сканирующих приемников и трансиверов по основным характеристикам / В. Ф. Шуршев, Л. В. Буй // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. – № 2. – С. 45–51.
18. Шуршев В. Ф. Использование критерия Парето при рациональном выборе сканирующих приемников и трансиверов / В. Ф. Шуршев, Л. В. Буй // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 1. – С. 112–120.
19. Шуршев В. Ф. Исследование алгоритма комплексного эволюционного метода, применяемого в компьютерной системе поддержки принятия решения о выборе состава холодильных агентов, с помощью вычислительных экспериментов / В. Ф. Шуршев, Н. В. Демич // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. – 2006. – № 1 (30). – С. 141–146.

20. Шуршев В. Ф. Использование метода самоорганизации поиска в задаче поддержки принятия решения при определении компонентов системы энергоучета / В. Ф. Шуршев, Н. В. Демич // Вестн. Кузбас. гос. техн. ун-та. – 2005. – № 5. – С. 25–27.

21. Шуршев В. Ф. О критериях экологичности и безопасности при выборе состава холодильных агентов в компьютерной системе поддержки принятия решения / В. Ф. Шуршев // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. – 2005. – № 3. – С. 241–245.

22. Шуршев В. Ф. Формирование набора критериев для компьютерной системы поддержки принятия решения при выборе новых холодильных агентов / В. Ф. Шуршев // Изв. высш. учеб. завед. Северо-Кавказ. регион. Сер.: Технические науки. – 2005. – Прил. 1. – С. 144–147.

23. Шуршев В. Ф. Критерии выбора сканирующих приемников и трансиверов / В. Ф. Шуршев, Л. В. Буй // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии». – 2013. – № 3. – С. 63–69.

24. Censor У. Pareto optimality in multiobjective problems / У. Censor // Appl. Math. and Optim. – 1978. – № 1. – С. 41–59.

References

1. Barmina Ye. A., Kvyatkovskaya I. Yu. *Metody i algoritmy monitoringa kachestva raboty kommercheskoy organizatsii v usloviyakh neopredelennosti (na primere predpriyatiya sfery informatsionnykh tekhnologiy)* [Methods and algorithms for monitoring of the quality of commercial organization in the face of uncertainty (by the example of information technology enterprise)]. Astrakhan, Astrakhan State Technical Univ. Publ., 2010.

2. Brumshteyn Yu. M., Tarkov D. A., Dyudikov I. A. Analiz modeley i metodov vybora optimalnykh sovokupnostey resheniy dlya zadach planirovaniya v usloviyakh resursnykh ogranicheniy i riskov [Models and methods for selecting the optimum set of solutions for scheduling under resource constraints and risks]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2013, no. 3, pp. 169–180.

3. Gayrabekova T. I., Kvyatkovskaya I. Yu. Formirovanie ratsionalnogo sostava ispolniteley biznes-protsessov v selskom khozyaystve [Formation of rational structure of business processes in agriculture]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Volgograd State Technical University], 2012, no. 13, pp. 98–103.

4. Gayrabekova T. I., Kvyatkovskaya I. Yu. Otsenka effektivnosti biznes-protsessov v informatcionno-sovetuyushchikh sistemakh agropromyshlennogo kompleksa [Evaluating the effectiveness of business processes in information-advising systems of agroindustrial complex]. *Tekhnicheskije nauki – ot teorii k praktike* [Engineering Sciences – from Theory to Practice], 2012, no. 7–1, pp. 113–117.

5. Demich O. V., Shurshev V. F. Metod samoorganizatsii poiska i ego primenenie dlya zadachi prinyatiya resheniya [Method of self-organization of search and its application for decision-making task]. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii* [Control Systems and Information Technologies], 2005, no. 3 (20), pp. 14–16.

6. Kandyrin Yu. V., Sazonova L. T., Shkurina G. L., Chivilev A. D. Mnogokriterialnoe strukturirovanie alternativ v avtomatizirovannykh sistemakh vybora [Multicriteria structuring alternatives for automated selection]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2014, no 1.

7. Kvyatkovskaya I. Yu., Fam K. Kh. Sistema pokazateley otsenki kachestva telekommunikatsionnykh uslug i metod ikh otsenki [System of criteria of evaluation of quality of telecommunication services and method of their evaluation]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika* [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics], 2013, no. 2, pp. 98–103.

8. Kvyatkovskaya I. Yu., Fam K. Kh. Metodika monitoringa i otsenki kachestva telekommunikatsionnykh uslug [Method for monitoring and evaluation of telecommunication service quality]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2013, no 4, pp. 126–136.

9. Kvyatkovskaya I. Yu. *Metodologicheskie osnovy podderzhki prinyatiya upravlencheskikh resheniy v informatsionnom prostranstve regionalnogo klastera* [Methodological bases of support of management decision-making in the information space of the regional cluster]. Astrakhan, Astrakhan State University, 2009.

10. Kvyatkovskaya I. Yu. Etapy problemno-orientirovannoy metodologii podderzhki prinyatiya upravlencheskikh resheniy dlya slabostrukturirovannykh problem [stages of problem-oriented methodology to support management decision-making for semistructured problems]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika* [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics], 2009, no. 1, pp. 60–65.

11. Kvyatkovskaya I. Yu. Lineynoe rassloenie klassov alternativ s ispolzovaniem logicheskoy formy funktsii vybora [Line bundle of alternative classes with the use of logic form of choice function]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Astrakhan State Technical University.], 2007, no 1, pp. 116–119.

12. Larichev O. I. Teoriya i metody prinyatiya resheniy, a takzhe Khronika sobytii v Volshebnykh stranakh [Theory and methods of decision-making, as well as Chronicle of events in Magic countries], 2nd ed., rev. and add. Moscow, Logos, 2002. 392 p.

13. Naberezhnaya A. V., Shikulskaya O. M. Obzor kolichestvennykh metodov optimizatsii razmeshcheniya biznes-obektov [The review of quantitative methods for optimizing the placement of business objects]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2012, no. 1, pp. 142–146.

14. Oleynikov D. P., Butenko L. N., Oleynikov S. P. Inversiya v metodakh prinyatiya resheniy [Inversion in decision-making methods]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2013, no. 2, pp. 146–151.

15. Solopov V. Yu., Koshkarov A. V. Informatsionnaya podderzhka prinyatiya upravlencheskikh reshenii na regionalnom urovne [Information managerial decision-support at the regional level]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2012, no. 1, pp. 57–66.

16. Chernomorov G. A. *Teoriya prinyatiya resheniy* [Decision-making theory]. Novocheerkassk, 2002. 267 p.

17. Shurshev V. F., Buy L. V. Metodika vybora skaniruyushchikh priemnikov i transiverov po osnovnym kharakteristikam [Method of choosing the scanning receivers and transceivers by the main characteristics]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika* [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics], 2013, no. 2, pp. 41–45.

18. Shurshev V. F., Buy L. V. Ispolzovanie kriteriya Pareto pri ratsionalnom vybere skaniruyushchikh priemnikov i transiverov [Use of the Pareto criterion for rational choice of scanning receivers and transceivers]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika* [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics], 2014, no. 1, pp. 112–120.

19. Shurshev V. F., Demich N. V. Issledovanie algoritma kompleksnogo evolyutsionnogo metoda, primenyaemogo v kompyuternoy sisteme podderzhki prinyatiya resheniya o vybere sostava kholodilnykh agentov, s pomoshchyu vychislitel'nykh eksperimentov [Study of the algorithm of complex evolutionary method used in the computer system of decision-making support on choosing the composition of the refrigerant agents by means of computational experiments]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Astrakhan State Technical University], 2006, no. 1 (30), pp. 141–146.

20. Shurshev V. F., Demich N. V. Ispolzovanie metoda samoorganizatsii poiska v zadache podderzhki prinyatiya resheniya pri opredelenii komponentov sistemy energoucheta [Use of the method of self-organization of search in decision-making support at determination of the components of the power record system]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Astrakhan State Technical University], 2005, no. 5, pp. 25–27.

21. Shurshev V. F. O kriteriyakh ekologichnosti i bezopasnosti pri vybere sostava kholodilnykh agentov v kompyuternoy sisteme podderzhki prinyatiya resheniya [On criteria of ecological compatibility and safety while choosing the composition of refrigerant agents in the computer system of decision-making support]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Astrakhan State Technical University], 2005, no. 3, pp. 241–245.

22. Shurshev V. F. Formirovanie nabora kriteriev dlya kompyuternoy sistemy podderzhki priyatya resheniya pri vybore novykh kholodilnykh agentov [Formation of a set of criteria for the computer system of decision-making support while choosing the refrigerant agents]. *Izvestiya vysshykh uchebnykh zavedeniy Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [News of Higher Educational Institutions. North Caucasian region. Series: Engineering], 2005, Application 1, pp. 144–147.

23. Shurshev V. F., Buy L. V. Kriterii vybora skaniruyushchikh priemnikov i transiverov [Criteria for choice of scanning receivers and transceivers]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2013, no. 3, pp. 63–69.

24. Censor Y. Pareto optimality in multiobjective problems. *Appl. Math. and Optim.*, 1978, no. 1, pp. 41–59.

УДК 004:681.3

ИКТ-КОМПЕТЕНТНОСТЬ СТРАН, РЕГИОНОВ, ОРГАНИЗАЦИЙ И ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ: СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕЛЕЙ, НАПРАВЛЕНИЙ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ¹

Брумштейн Юрий Моисеевич, кандидат технических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, тел. 8 (8512) 61-08-43, e-mail: brum2003@mail.ru

Кузьмина Алеся Борисовна, аспирант, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, тел. 8 (8512) 61-08-43, e-mail: lesenok-1988@mail.ru

Авторы исследуют роль информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и ИКТ-компетентности (ИКТК) юридических и физических лиц (ЮиФЛ) в обеспечении успешности социально-экономического развития стран и их регионов; отраслей экономики; отдельных организаций и их групп; восприятию ЮиФЛ инноваций; обеспечении качества жизни граждан. Обоснована целесообразность рассмотрения проблематики статьи по нескольким направлениям: кто оценивает ИКТК; в отношении каких объектов оценивает; для каких целей оценивает; какими методами оценивает; какие при этом могут быть использованы данные, контрольно-тестовые материалы; экономическая эффективность затрат, связанных с получением и использованием оценок ИКТК. Подробно рассмотрена номенклатура иерархических уровней для групп ЮиФЛ, с позиций которых может оцениваться ИКТК. Охарактеризован состав и особенности ЮиФЛ, относимых к этим уровням. Особое внимание в отношении оценок ИКТК авторы уделили образовательным учреждениям и, в первую очередь, вузам. Для всех рассматриваемых в статье групп ЮиФЛ проанализированы цели и объекты оценки ИКТК; состав и доступность контрольно-тестовых материалов; эффективность существующих и перспективных методов оценки ИКТК; возможности применения ИКТ для получения оценок ИКТК; направления использования результатов оценивания при управлении/принятии решений.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, ИКТ-компетентность, юридические лица, физические лица, цели оценки компетентности, методы оценки, контрольно-тестовые материалы, Интернет, принятие решений, управление компетентностью

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ. Грант № 14-06-00279 «Разработка методов исследования и моделирования объемов/структуры интеллектуальных ресурсов в регионах России».