

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА «БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
В ЭКОНОМИКЕ»**



**КОЧКИНА М.В., КАРАМЫШЕВ А.Н., МАХМУТОВ И.И., ИСАВНИН А.Г.,  
РОЗЕНЦВАЙГ А.К.**

**АНАЛИЗ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ  
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ ВЫБОРА ПОСТАВЩИКОВ  
МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ)**

Электронный образовательный ресурс  
для студентов экономических направлений подготовки

Набережные Челны

2017 г.

УДК 338.2; 658.7  
ББК 65.29  
А64

Анализ многокритериальных методов принятия управленческих решений (на примере задачи выбора поставщиков материально-технических ресурсов). Электронный образовательный ресурс для студентов экономических направлений подготовки / Составители: Кочкина М.В., Карамышев А.Н., Махмутов И.И., Исавнин А.Г., Розенцвайг А.К. – Набережные Челны: Издательско-полиграфический центр НЧИ К(П)ФУ, 2017. – 31 с.

Электронный образовательный ресурс предназначен для студентов экономического отделения, изучающих дисциплины «Методы принятия управленческих решений», «Методы оптимизации», «Математические методы в экономике», «Теория систем и системный анализ», «Методы оптимальных решений» по образовательным программам бакалавриата и магистратуры.

Рецензенты: доктор экономических наук, профессор Пуряев А.С.  
кандидат педагогических наук, доцент Титова С.В.

Печатается по решению учебно-методической комиссии экономического отделения Набережночелнинского института (филиала) К(П)ФУ (протокол №10 от 15.05.2017 г.)

© Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», 2017 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. МЕТОД ПРОСТОГО АДДИТИВНОГО ВЗВЕШИВАНИЯ (SAW).....	4
2. МЕТОД TOPSIS.....	8
3. МЕТОДЫ ELECTRE I И ELECTRE II .....	13
4. МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ (АНР).....	20
ВЫВОДЫ .....	29
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	30

## 1. МЕТОД ПРОСТОГО АДДИТИВНОГО ВЗВЕШИВАНИЯ (SAW)

Метод SAW (Simple Additive Weighting), или метод простого аддитивного взвешивания, является одним из самых известных и широко используемых методов многоатрибутивного принятия решений [1].

В целом процесс нахождения наилучшего поставщика может быть разделен на следующие этапы:

- анализ поставщиков по критериям;
- определение весов критериев;
- нормирование критериев;
- определение рейтинга поставщиков путем умножения значений критериев на веса.

На основе полученного рейтинга принимается решение о выборе поставщиков. Однако результат оценки поставщиков может иметь субъективный и неоднозначный характер, т.к. определение критериев оценки и присвоение удельной значимости факторам носят неформализованный характер и зависят от конкретных ситуаций. В зависимости от выбираемых критериев оценки наиболее предпочтительный поставщик может меняться.

Чаще всего для определения рейтинга используется экспертная оценка показателей с использованием балльной шкалы. Критерии могут оцениваться по пятибалльной, либо десятибалльной шкале. Критерии выбора, веса и оценки определяет менеджер по логистике, после чего происходит подсчет суммарного рейтинга [2].

Алгоритм расчета методом SAW следующий:

1. Пусть  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$  – множество оцениваемых критериев,  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  – множество потенциальных поставщиков.

Строится матрица  $X$ , где  $x_{ij}$  – значение критерия  $c_i$  для поставщика  $a_j$ :

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (1.1)$$

2. Нахождение нормированных значений матрицы оценок критериев. Для нормирования матрицы оценок критериев находятся наилучшие значения  $x_{ij}$  исходной матрицы значений критериев  $X = \{x_{ij}\}$ , где  $x_{ij}$  – значение критерия  $c_i$  множества  $C = \{c_i\}$  для поставщика  $a_j$  множества  $A = \{a_j\}$ , по следующим формулам:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}, \text{ если критерии максимизируемы;} \quad (1.2)$$

$$p_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}, \text{ если критерии минимизируемы [1].} \quad (1.3)$$

Матрица нормированных значений критериев принимает вид:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mn} \end{pmatrix}, \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (1.4)$$

3. Для более объективного результата, вводятся коэффициенты веса  $w_i \in [0,1]$  каждому критерию. Данные коэффициенты позволяют провести оценку с учетом приоритетности и весомости критериев. Сумма коэффициентов удельного веса всех критериев равна 1:

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1 \quad (1.5)$$

В итоге получена матрица  $\tilde{P} = (\tilde{p}_{ij})$ , элементы которой находятся по формуле  $\tilde{p}_{ij} = w_i p_{ij}$ .

Таким образом, расчет рейтинга поставщиков в общем виде можно представить в виде выражения:

$$r(a_j) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \tilde{p}_{ij}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n} \quad (1.6)$$

где  $x_{ij}$  – нормированная оценка критерия;

$w_i$  – удельный вес критерия;

$i$  – номер критерия,

$j$  – номер поставщика.

Вектор функций рейтинговых оценок поставщиков  $a_j$  принимает вид:

$$R = \{r(a_1), r(a_2), \dots, r(a_n)\} \quad (1.7)$$

Оптимальный вариант решения устанавливаются по наибольшему значению рейтинга поставщиков:

$$r^* = \max_{a_j \in A} r(a_j) \quad (1.8)$$

Для наглядного представления рассмотрен условный пример выбора поставщика на основе данного метода.

Имеются пять потенциальных поставщиков необходимых материально-технических ресурсов, значимые характеристики которых были проранжированы (в виде коэффициентов веса) и представлены в таблице 1.1. Проведена оценка поставщиков по десятибалльной шкале.

Таблица 1.1 – Оценки критериев по десятибалльной шкале

Критерии	Оценки критериев				
	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Качество товара	9	5	1	7	5
Цена	7	4	5	2	5
Своевременность доставки	6	3	8	8	5
Репутация поставщика	5	4	2	7	6
Система скидок и бонусов	7	5	4	5	5
Месторасположение	4	2	9	6	6

Следующим этапом будет нахождение нормированных оценок критериев. Для этого определяются максимальные и минимальные оценки критериев. Вектор максимальных значений критериев будет иметь вид  $X_{\max} = (9;7;8;7;7;9)$ , вектор минимальных значений –  $X_{\min} = (1;2;3;2;4;2)$ .

Критерии в данном случае максимизируемы, поэтому для нормирования оценок используется формула (1.2).

Таблица 1.2 – Нормированные оценки критериев

Критерии	Нормализованные оценки				
	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Качество товара	1,000	0,500	0,000	0,750	0,500
Цена	1,000	0,400	0,600	0,000	0,600
Своевременность доставки	0,600	0,000	1,000	1,000	0,400
Репутация поставщика	0,600	0,400	0,000	1,000	0,800
Система скидок и бонусов	1,000	0,333	0,000	0,333	0,333
Месторасположение	0,286	0,000	1,000	0,571	0,571

Каждому критерию присваивается коэффициент веса в зависимости от значимости критерия.

Таблица 1.3 – Веса критериев

Критерии	Вес
Качество товара	0,250
Цена	0,200
Своевременность доставки	0,175
Репутация поставщика	0,140
Система скидок и бонусов	0,135
Месторасположение	0,100

Затем нормализованные значения критериев умножаются на коэффициенты веса, и находится оптимальное решение.

Таблица 1.4 – Расчет рейтинга поставщиков

Критерии	Произведение веса критерия на оценку				
	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Качество товара	0,250	0,125	0,000	0,188	0,125
Цена	0,200	0,080	0,120	0,000	0,120
Своевременность доставки	0,105	0,000	0,175	0,175	0,070
Репутация поставщика	0,084	0,056	0,000	0,140	0,112
Система скидок и бонусов	0,135	0,045	0,000	0,045	0,045
Месторасположение	0,029	0,000	0,100	0,057	0,057
Рейтинг	0,803	0,306	0,395	0,605	0,529

Таким образом, как видно из таблицы приоритеты поставщиков располагаются следующим образом: поставщик А – 1; поставщик В – 5; поставщик С – 4; поставщик D – 2; поставщик Е – 3. Поставщиком с наивысшим рейтингом является поставщик А.

## 2. МЕТОД TOPSIS

TOPSIS – технология, разработанная Хвонгом (Hwang) и Юном (Yoon) в 1981 г [3]. Данный метод используется для решения многокритериальных задач.

Суть метода состоит в поиске альтернатив, значения оценок которых наиболее близки к идеально-позитивному решению и наиболее отдалены от идеально-негативного решения. Идеально-позитивное решение представляет собой вектор максимальных значений матрицы взвешенных оценок альтернатив. Идеально-негативное решение, напротив, является вектором минимальных значений.

Алгоритм метода TOPSIS:

1. Пусть  $C = \{c_i\}$  – множество оцениваемых критериев,  $A = \{a_j\}$  – множество потенциальных поставщиков, на основании которых строится матрица значений критериев  $X = (x_{ij})$ .



Для получения матрицы нормированных значений критериев  $P = (p_{ij})$ , критерии переводятся в безразмерный вид по формуле:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij}^2)}} \quad (2.1)$$

2. Затем строится матрица взвешенных значений критериев, где коэффициенты веса  $w_i \in [0,1]$ . Матрицу нормализованных взвешенных значений можно представить в виде:

$$\tilde{P} = (w_i p_{ij}) = (\tilde{p}_{ij}) \quad (2.2)$$

3. На следующем этапе находятся идеально-позитивное и идеально-негативное решения.

$$A^+ = (\max(\tilde{p}_{11}), \dots, \max(\tilde{p}_{1n})) = (\tilde{p}_1^+, \dots, \tilde{p}_n^+) \quad (2.3)$$

$$A^- = (\min(\tilde{p}_{11}), \dots, \min(\tilde{p}_{1n})) = (\tilde{p}_1^-, \dots, \tilde{p}_n^-) \quad (2.4)$$

Затем определяются расстояния от альтернатив до идеально-позитивных и идеально-негативных решений.

$$S_j^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\tilde{p}_1^+ - \tilde{p}_{ij})^2}, j = \overline{1, n} \quad (2.5)$$

$$S_j^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\tilde{p}_1^- - \tilde{p}_{ij})^2}, j = \overline{1, n} \quad (2.6)$$

4. Последним шагом будет нахождение относительной близости к идеально-позитивному решению по формуле:

$$P_j^+ = \frac{S_j^-}{S_j^+ + S_j^-} \quad (2.7)$$

И выбирается альтернатива, для которой значение относительной близости будет ближе к 1 [4].

Далее представлен условный пример выбора поставщика данным методом.

В качестве исходных данных используются данные таблицы 1.1 и таблицы 1.3.

По формуле (2.1) определяются нормированные значения альтернатив (таблицы 2.1, 2.2).

Таблица 2.1 – Перевод матрицы в безразмерный вид

Критерии	Значения $x_{ij}^2$					$\sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij}^2)}$
	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е	
Качество товара	81	25	1	49	25	13,454
Цена	49	16	25	4	25	10,909
Своевременность доставки	36	9	64	64	25	14,071
Репутация поставщика	25	16	4	49	36	11,402
Система скидок и бонусов	49	25	16	25	25	11,832
Месторасположение	16	4	81	36	36	13,153

Таблица 2.2 – Нормированные оценки альтернатив

Критерии	Произведение веса критерия на оценку				
	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Качество товара	0,669	0,372	0,074	0,520	0,372
Цена	0,642	0,367	0,458	0,183	0,458
Своевременность доставки	0,426	0,213	0,569	0,569	0,355
Репутация поставщика	0,439	0,351	0,175	0,614	0,526
Система скидок и бонусов	0,592	0,423	0,338	0,423	0,423
Месторасположение	0,304	0,152	0,684	0,456	0,456

С использованием коэффициентов веса получены взвешенные нормированные оценки альтернатив.

Таблица 2.3 – Взвешенные нормированные оценки альтернатив

Критерии	Вес	Произведение веса критерия на оценку				
		Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Качество товара	0,250	0,167	0,093	0,019	0,130	0,093
Цена	0,200	0,128	0,073	0,092	0,037	0,092
Своевременность доставки	0,175	0,075	0,037	0,099	0,099	0,062
Репутация поставщика	0,140	0,061	0,049	0,025	0,086	0,074
Система скидок и бонусов	0,135	0,080	0,057	0,046	0,057	0,057
Месторасположение	0,100	0,030	0,015	0,068	0,046	0,046

На основе полученных данных определены идеальные решения (таблица 2.4) и рассчитаны расстояния до идеально-позитивного и идеально-негативного решения (таблицы 2.5, 2.6).

Таблица 2.4 – Идеальные решения

Критерии	Идеальные решения	
	А+	А-
Качество товара	0,167	0,019
Цена	0,128	0,037
Своевременность доставки	0,099	0,037
Репутация поставщика	0,086	0,025
Система скидок и бонусов	0,080	0,046
Месторасположение	0,068	0,015

Таблица 2.5 – Определение расстояний до идеально-позитивного решения

Критерии	Альтернативы				
	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Качество товара	0,000	0,006	0,022	0,001	0,006
Цена	0,000	0,003	0,001	0,008	0,001
Своевременность доставки	0,001	0,004	0,000	0,000	0,001
Репутация поставщика	0,001	0,001	0,004	0,000	0,000
Система скидок и бонусов	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001

Месторасположение	0,001	0,003	0,000	0,001	0,001
$S^+$	0,052	0,131	0,168	0,104	0,097

Таблица 2.6 – Определение расстояний до идеально-негативного решения

Критерии	Альтернативы				
	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Качество товара	0,022	0,006	0,000	0,012	0,006
Цена	0,008	0,001	0,003	0,000	0,003
Своевременность доставки	0,001	0,000	0,004	0,004	0,001
Репутация поставщика	0,001	0,001	0,000	0,004	0,002
Система скидок и бонусов	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Месторасположение	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001
$S^-$	0,186	0,087	0,099	0,145	0,112

Затем по формуле (2.7) рассчитываются значения относительной близости оценок к идеально-позитивному решению.

Таблица 2.7 – Нахождение относительной близости к идеально-позитивному решению

	Альтернативы				
	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
$P^+$	0,783	0,400	0,369	0,583	0,536
Ранг	1	4	5	2	3

Исходя из значений  $P^+$ , приоритеты располагаются следующим образом: поставщик А – 1; поставщик В – 4; поставщик С – 5; поставщик D – 2; поставщик Е – 3. Согласно проведенным расчетам наибольшую близость к идеальному решению, и соответственно 1 приоритет имеет поставщик А. Данный выбор совпадает с результатом предыдущего метода, однако поставщик С в данном случае имеет наихудший приоритет.

### 3. МЕТОДЫ ELECTRE I И ELECTRE II

Метод ELECTRE I (Elimination Et Choix Traduisant la Realite – исключение и выбор, отражающие реальность) был предложен в середине 1960-х гг. французским ученым Бернаром Руа. Суть метода состоит в использовании при расчетах более чувствительных показателей сравнимости – индексов согласия и несогласия [5]. У метода ELECTRE I существует множество модификаций, отличающихся способами расчета данных индексов. Наиболее популярной модификацией метода является ELECTRE II.

Особенностью методов является возможность использования различных единиц измерения для оценки критериев [6].

В результате использования методов получают наиболее предпочтительное подмножество альтернатив из общей совокупности, путем бинарного соотношения альтернатив по определенным критериям.

Алгоритм методов ELECTRE I и ELECTRE II:

1. Пусть  $C = \{c_i\}$  – множество оцениваемых критериев,  $A = \{a_j\}$  – множество потенциальных поставщиков. Значение  $i$ -го критерия  $j$ -й альтернативы представлены как  $x_{ji}$ .

2. Для каждого критерия назначаются коэффициенты веса  $w_1, w_2, \dots, w_m$ .

3. На следующем этапе определяются индексы согласия и несогласия.

Для расчета индексов согласия множество критериев разбивают на три группы для каждой пары альтернатив:

$I_{jk}^+ = \{i \in I \mid x_{ji} > x_{ki}\}$  – множество критериев, по которым  $j$ -я альтернатива лучше  $k$ -й;

$I_{jk}^- = \{i \in I \mid x_{ji} = x_{ki}\}$  – множество критериев, по которым  $j$ -я альтернатива равна  $k$ -й;

$I_{jk}^- = \{i \in I \mid x_{ji} < x_{ki}\}$  – множество критериев, по которым  $j$ -я альтернатива хуже  $k$ -й [7].

В методе ELECTRE I индекс согласия определяется по формуле:

$$c_{jk} = \frac{\sum_{i \in I_{jk}^+, I_{jk}^-} w_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad (3.1)$$

В методе ELECTRE II формула расчета индекса согласия выглядит следующим образом:

$$c_{jk} = \frac{\sum_{i \in I_{jk}^+} w_i}{\sum_{i \in I_{jk}^-} w_i} \quad (3.2)$$

Индекс несогласия в обоих методах для каждой пары альтернатив находится по формуле [8]:

$$d_{jk} = \max_{i \in I_{jk}^-} \left| \frac{l_k^i - l_j^i}{L} \right| \quad (3.3)$$

где  $l_k^i, l_j^i$  – оценки пары альтернатив;

$L$  – максимальное значение балльной шкалы.

4. На последнем этапе строится разрешающее правило. На основе чисел  $p \in (0;1]$  и  $q \in [0;1)$  строится бинарное отношение  $j$ -я альтернатива считается лучше  $k$ -й когда  $c_{jk} \geq p$  и  $d_{jk} \leq q$  [7].

Рассмотрен условный пример выбора поставщика с использованием методов ELECTRE I и ELECTRE II.

В качестве исходных данных используются данные таблицы 1.1 и таблицы 1.3.

Строятся матрицы превосходства поставщиков по критериям (таблицы 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5). Если оценка рассматриваемого поставщика больше оценки сравниваемого, ставится знак «+»; если меньше: «-» ; если оценки равны: «=».

Таблица 3.1 – Матрица превосходства Поставщика А относительно других поставщиков

Критерии	Относительно Поставщика В	Относительно Поставщика С	Относительно Поставщика D	Относительно Поставщика Е
Качество товара	+	+	+	+
Цена	+	+	+	+
Своевременность доставки	+	-	-	+
Репутация поставщика	+	+	-	-
Система скидок и бонусов	+	+	+	+
Месторасположение	+	-	-	-

Таблица 3.2 – Матрица превосходства Поставщика В относительно других поставщиков

Критерии	Относительно Поставщика А	Относительно Поставщика С	Относительно Поставщика D	Относительно Поставщика Е
Качество товара	-	+	-	=
Цена	-	-	+	-
Своевременность доставки	-	-	-	-
Репутация поставщика	-	+	-	-
Система скидок и бонусов	-	+	=	=
Месторасположение	-	-	-	-

Таблица 3.3 – Матрица превосходства Поставщика С относительно других поставщиков

Критерии	Относительно Поставщика А	Относительно Поставщика В	Относительно Поставщика D	Относительно Поставщика Е
Качество товара	-	-	-	-
Цена	-	+	+	=
Своевременность доставки	+	+	=	+
Репутация поставщика	-	-	-	-
Система скидок и бонусов	-	-	-	-
Месторасположение	+	+	+	+

Таблица 3.4 – Матрица превосходства Поставщика D относительно других поставщиков

Критерии	Относительно Поставщика А	Относительно Поставщика В	Относительно Поставщика С	Относительно Поставщика Е
Качество товара	-	+	+	+
Цена	-	-	-	-
Своевременность доставки	+	+	=	+
Репутация поставщика	+	+	+	+
Система скидок и бонусов	-	=	+	=
Месторасположение	+	+	-	=

Таблица 3.5 – Матрица превосходства Поставщика Е относительно других поставщиков

Критерии	Относительно Поставщика А	Относительно Поставщика В	Относительно Поставщика С	Относительно Поставщика D
Качество товара	-	=	+	-
Цена	-	+	=	+
Своевременность доставки	-	+	-	-
Репутация поставщика	+	+	+	-
Система скидок и бонусов	-	=	+	=
Месторасположение	+	+	-	=

Для нахождения матриц несогласия для ELECTRE I и ELECTRE II рассчитываются суммы весов критериев для множеств более предпочтительных, равноценных и менее предпочтительных значений (таблицы 3.6, 3.7, 3.8).

Таблица 3.6 – Суммы весов критериев для множества  $I_{jk}^+$

	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Поставщик А	-	1,000	0,725	0,585	0,760
Поставщик В	0,000	-	0,525	0,200	0,000
Поставщик С	0,275	0,475	-	0,300	0,275
Поставщик D	0,415	0,665	0,525	-	0,565
Поставщик Е	0,240	0,615	0,525	0,200	-



Таблица 3.7 – Суммы весов критериев для множества  $I_{jk}^=$

	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик E
Поставщик А	-	0,000	0,000	0,000	0,000
Поставщик В	0,000	-	0,000	0,135	0,385
Поставщик С	0,000	0,000	-	0,175	0,200
Поставщик D	0,000	0,135	0,175	-	0,235
Поставщик E	0,000	0,385	0,200	0,235	-

Таблица 3.8 – Суммы весов критериев для множества  $I_{jk}^-$

	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик E
Поставщик А	-	0,000	0,275	0,415	0,240
Поставщик В	1,000	-	0,475	0,665	0,615
Поставщик С	0,725	0,525	-	0,525	0,525
Поставщик D	0,585	0,200	0,300	-	0,200
Поставщик E	0,760	0,000	0,275	0,565	-

При использовании метода ELECTRE I индексы согласия находятся по формуле (3.1) (таблица 3.9), при использовании ELECTRE II – по формуле (3.2) (таблица 3.10).

Таблица 3.9 – Матрица индексов согласия (ELECTRE I)

	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик E
Поставщик А	-	1,000	0,733	0,600	0,767
Поставщик В	0,000	-	0,533	0,333	0,400
Поставщик С	0,267	0,467	-	0,467	0,467
Поставщик D	0,400	0,800	0,700	-	0,800
Поставщик E	0,233	1,000	0,733	0,433	-

Таблица 3.10 – Матрица индексов согласия (ELECTRE II)

	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик E
Поставщик А	-	1,000	2,750	1,500	3,286
Поставщик В	0,000	-	1,143	0,300	0,000
Поставщик С	0,364	0,875	-	0,563	0,500
Поставщик D	0,667	3,333	1,778	-	2,833
Поставщик E	0,304	0,600	2,000	0,353	-

Матрица индексов несогласия для обоих методов находится одинаково. Для этого находятся индексы несогласия по каждому критерию (таблицы 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15), а затем определяются их максимальные значения и строится матрица индексов несогласия (таблица 3.16).

Поскольку для оценки поставщиков использовалась десятибалльная шкала:  $L = 10$ .

Таблица 3.11 – Нахождение индексов несогласия для Поставщика А

Критерии	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Качество товара	0,000	0,000	0,000	0,000
Цена	0,000	0,000	0,000	0,000
Своевременность доставки	0,000	0,200	0,200	0,000
Репутация поставщика	0,000	0,000	0,200	0,100
Система скидок и бонусов	0,000	0,000	0,000	0,000
Месторасположение	0,000	0,500	0,200	0,200

Таблица 3.12 – Нахождение индексов несогласия для Поставщика В

Критерии	Поставщик А	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Качество товара	0,400	0,000	0,200	0,000
Цена	0,300	0,100	0,000	0,100
Своевременность доставки	0,300	0,500	0,500	0,200
Репутация поставщика	0,100	0,000	0,300	0,200
Система скидок и бонусов	0,200	0,000	0,000	0,000
Месторасположение	0,200	0,700	0,400	0,400

Таблица 3.13 – Нахождение индексов несогласия для Поставщика С

Критерии	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик D	Поставщик Е
Качество товара	0,800	0,400	0,600	0,400
Цена	0,200	0,000	0,000	0,000
Своевременность доставки	0,000	0,000	0,000	0,000
Репутация поставщика	0,300	0,200	0,500	0,400
Система скидок и бонусов	0,300	0,100	0,100	0,100
Месторасположение	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица 3.14 – Нахождение индексов несогласия для Поставщика D

Критерии	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик Е
Качество товара	0,200	0,000	0,000	0,000
Цена	0,500	0,200	0,300	0,300
Своевременность доставки	0,000	0,000	0,000	0,000
Репутация поставщика	0,000	0,000	0,000	0,000
Система скидок и бонусов	0,200	0,000	0,000	0,000
Месторасположение	0,000	0,000	0,300	0,000

Таблица 3.15 – Нахождение индексов несогласия для Поставщика Е

Критерии	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D
Качество товара	0,400	0,000	0,000	0,200
Цена	0,200	0,000	0,000	0,000
Своевременность доставки	0,100	0,000	0,300	0,300
Репутация поставщика	0,000	0,000	0,000	0,100
Система скидок и бонусов	0,200	0,000	0,000	0,000
Месторасположение	0,000	0,000	0,300	0,000

Таблица 3.16 – Матрица индексов несогласия (ELECTRE I и ELECTRE II)

	А	В	С	Д	Е
Поставщик А	-	0,000	0,500	0,200	0,200
Поставщик В	0,400	-	0,700	0,500	0,400
Поставщик С	0,800	0,400	-	0,600	0,400
Поставщик D	0,500	0,200	0,300	-	0,300
Поставщик Е	0,400	0,000	0,300	0,300	-

Для  $p$  и  $q$  примем значения 0,5 в обоих случаях.

Таким образом, сравнивая значения ячеек со значениями  $p$  и  $q$ , построим матрицы решений. Матрица решений для метода ELECTRE I представлена в таблице 3.17, для метода ELECTRE II – в таблице 3.18.

Таблица 3.17 – Матрица решения ELECTRE I

	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Поставщик А		+	+	+	+
Поставщик В	-		-	-	-
Поставщик С	-	-		-	-
Поставщик D	-	+	+		+
Поставщик Е	-	+	+	-	

Таблица 3.18 – Матрица решения ELECTRE II

	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е
Поставщик А		+	+	+	+
Поставщик В	-		-	-	-
Поставщик С	-	+		-	+
Поставщик D	+	+	+		+
Поставщик Е	-	+	+	-	

Таким образом, поставщики имеют следующие приоритеты:

- по результату метода ELECTRA I: поставщик А – 1; поставщик В – 4; поставщик С – 4; поставщик D – 2; поставщик Е – 3;

- по результату метода ELECTRA II: поставщик А – 1; поставщик В – 3; поставщик С – 2; поставщик D – 1; поставщик Е – 2.

#### 4. МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ (АНР)

Метод анализа иерархий, предложенный Т. Саати, получает все большее распространение в логистике, когда речь идет о выборе поставщиков, перевозчиков, различных схем товародвижения, участков под склад. При его использовании принятие решения основано на оценке обширной, далеко не всегда однозначно трактуемой информации [9].

Использование иерархии позволяет произвести деление совокупности анализируемых данных на кластеры и подкластеры. Основной задачей метода является нахождение собственного вектора и определение его наибольшего значения. Определение вектора производится с применением метода попарного сравнения используемых критериев.

Метод анализа иерархий включает следующие этапы:

- 1) Построение иерархии (сети) проблем выбора.
- 2) Попарное сравнение критериев.
- 3) Математический анализ полученной информации.

Иерархия проблем в простейшем виде состоит из следующих уровней:  
уровень цели;

уровень критериев;  
уровень альтернатив.

Иерархическую структуру проблем при выборе поставщиков можно представить следующим образом:

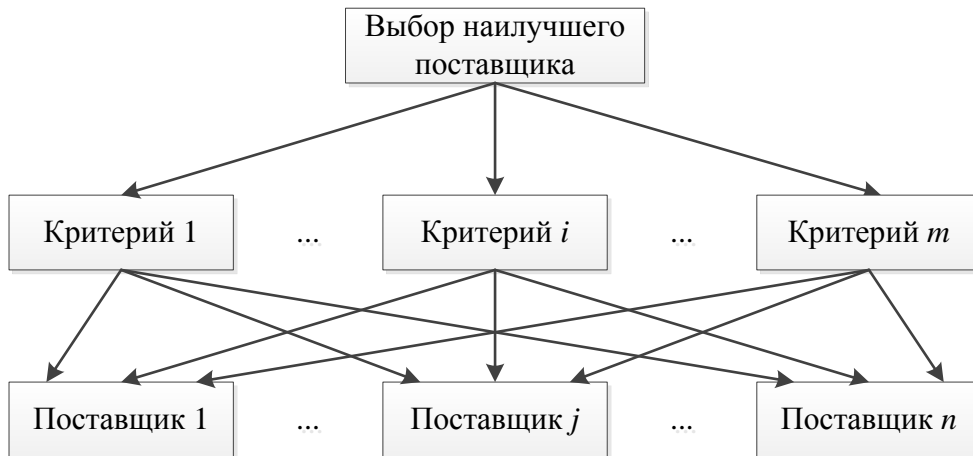


Рисунок 4.1 – Иерархия выбора поставщиков

После построения иерархии проблем, для каждого критерия устанавливаются приоритеты, и оценивается каждый поставщик по критериям.

На уровне критериев осуществляют попарное сравнение критериев множества  $C = \{c_i\}$  относительно друг друга. На уровне альтернатив попарно сравнивают значения каждого отдельно взятого критерия  $C_i$  относительно поставщиков множества  $A = \{a_j\}$ .

Для установления значений критериям используется шкала относительной важности, представленная в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Шкала относительной важности [4]

Интенсивность относительной важности	Определение
1	Равная важность
3	Умеренное превосходство
5	Существенное превосходство
7	Значительное превосходство
9	Очень сильное превосходство
2, 4, 6, 8	Промежуточные суждения

Алгоритм метода анализа иерархий:

1. На первом этапе совокупность попарно сравниваемых элементов представляется в виде квадратной матрицы размера  $k \times k$ :

$$U = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1k} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2k} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ u_{k1} & u_{k2} & \cdots & u_{kk} \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

Для любых  $i$  и  $j$  выполняется соотношение  $u_{ij} = \frac{1}{u_{ji}}$ ,  $u_{ji} \neq 0$ . Элементы диагонали матрицы равны 1. Таким образом, матрицу  $U$  можно привести к виду [10]:

$$U = \begin{pmatrix} 1 & u_{12} & \cdots & u_{1k} \\ \frac{1}{u_{12}} & 1 & \cdots & u_{2k} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{1}{u_{1k}} & \frac{1}{u_{2k}} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

2. Элементы матрицы  $u_{ij}$  выражаются как соотношения числовых весов  $w_1, w_2, \dots, w_k$ , таким образом:

$$u_{ij} = \frac{w_i}{w_j}, i, j = \overline{1, k} \quad (4.3)$$

$$X = \begin{pmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \cdots & \frac{w_1}{w_k} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \cdots & \frac{w_2}{w_k} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{w_k}{w_1} & \frac{w_k}{w_2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

Если  $w_1, w_2, \dots, w_k$  неизвестны заранее, то попарные сравнения элементов производятся с использованием субъективных суждений, численно оцениваемых по шкале, а затем решается проблема нахождения компоненты  $w$  [11].

3. Элементы строки  $u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ij}, \dots, u_{ik}$  для каждой  $i$ -ю строки матрицы  $U$

представляются отношениями  $\frac{w_i}{w_1}, \frac{w_i}{w_2}, \dots, \frac{w_i}{w_j}, \dots, \frac{w_i}{w_k}$ . Из этого следует, что, если

умножить элементы строки на  $w_j, j = \overline{1, k}$ , получится:

$$\frac{w_i}{w_1} w_1 = w_i, \frac{w_i}{w_2} w_2 = w_i, \dots, \frac{w_i}{w_j} w_j = w_i, \dots, \frac{w_i}{w_k} w_k = w_i \quad (4.5)$$

Эти равенства справедливы в идеальном случае  $Uw = kw$ , когда система шкальных оценок идентична для всех критериев.

В случае, когда используются субъективные суждения, получилось бы статистическое рассеивание вокруг  $w_i$ , и, для более реалистичного выражения данного случая, вместо (4.5) имело бы смысл требование равенства:

$$w_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k u_{ij} w_j, i, j = \overline{1, k} \quad (4.6)$$

где  $w_i$  является средним из  $(u_{i1} w_1, u_{i2} w_2, \dots, u_{ik} w_k)$ .

4. Чтобы ответить на вопрос, достаточны ли эти условия для существования решения, необходимо рассмотреть обратную-симметричную матрицу  $U'$  и решить задачу  $U' w' = \lambda_{\max} w'$ , где  $\lambda_{\max}$  является наибольшим собственным значением матрицы  $U'$ .

Для выражения (4.6)  $k$  можно обозначить через  $\lambda_{\max}$  :

$$w_i = \frac{1}{\lambda_{\max}} \sum_{j=1}^k u_{ij} w_j, i, j = \overline{1, k} \quad (4.7)$$

Обратно-симметричная матрица  $X'$  будет согласована только в случае, когда  $\lambda_{\max} = k$ . Следовательно, для оценки однородности суждений эксперта находят  $\lambda_{\max}$  от порядка матрицы  $k$ .

Чтобы агрегировать мнения экспертов рассчитывается среднегеометрическое по следующей формуле:

$$g_i = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k u_{ij}} \quad (4.8)$$

где  $k$  – количество рассматриваемых элементов.

Компоненты нормализованного вектора приоритетов рассчитываются по формуле:

$$y_i^H = \frac{g_i}{\sum_{i=1}^k g_i} \quad (4.9)$$

Максимальное собственное число  $\lambda_{\max}$  матрицы  $U'$  вычисляется следующим образом [12]:

$$\lambda_i = \sum_{i=1}^k u_{ij} y_i^H \quad (4.10)$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^k \lambda_i \quad (4.11)$$

5. Однородность суждений оценивается индексом согласованности (ИС). Отношение ИС к среднему значению индекса однородности для матрицы того же порядка называется отношением согласованности (ОС) [4]. Данные коэффициенты находятся по формулам:

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - k}{k - 1} \quad (4.12)$$

$$ОС = \frac{ИО}{СС} \quad (4.13)$$

где  $СС$  – среднее значение индекса однородности случайным образом составленной матрицы парных сравнений, которое основано на экспериментальных данных [13].

Таблица 4.2 – Значения случайной согласованности [14]

Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$СС$	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49



Приемлемым считается значение ОС не более 10%, но в практическом применении допускается значение до 20%.

6. Затем обобщенные приоритеты для каждого поставщика находятся по формуле:

$$v(a_j) = \sum_{i=1}^m y_i^{H'} \cdot y_{ij}^{H''} \quad (4.14)$$

где  $y_i^{H'}$  – это компоненты нормализованного вектора приоритетов 1-го уровня (значения приоритетов критериев),

$y_{ij}^{H''}$  – это компоненты нормализованного вектора приоритетов 2-го уровня (значения приоритетов поставщиков относительно критериев).

Далее представлен условный пример выбора поставщика предложенным выше методом.

Проведено попарное сравнение критериев по десятибалльной шкале на первом и втором уровнях и рассчитаны максимальные собственные числа для каждой матрицы, индексы согласованности и отношения согласованности.

Таблица 4.3 – Матрица попарных сравнений критериев

Критерии оценки поставщиков	Качество товара	Цена	Своевременность доставки	Репутация поставщика	Система скидок и бонусов	Месторасположение	g	Вектор приоритетов
Качество товара	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000	3,000	1,698	0,267
Цена	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000	1,414	0,222
Своевременность доставки	0,500	1,000	1,000	1,000	1,000	2,000	1,000	0,157
Репутация поставщика	0,500	0,500	1,000	1,000	1,000	1,000	0,794	0,125
Система скидок и бонусов	0,500	0,500	1,000	1,000	1,000	1,000	0,794	0,125
Месторасположение	0,333	0,500	0,500	1,000	1,000	1,000	0,661	0,104
Итого	3,833	4,500	6,500	8,000	8,000	10,000	6,361	1,000

$$\lambda_i = 6,081,$$

$$ИС = \frac{6,081 - 6}{6 - 1} = 0,016,$$

$$ОС = \frac{0,016}{1,240} = 1,312.$$

Таблица 4.4 – Матрица попарных сравнений поставщиков по критерию «Качество товара»

Критерии оценки поставщиков	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е	Среднее геометрическое	Вектор приоритетов
Поставщик А	1,000	2,000	7,000	1,000	2,000	1,947	0,319
Поставщик В	0,500	1,000	4,000	0,500	1,000	1,000	0,164
Поставщик С	0,143	0,250	1,000	0,167	0,250	0,272	0,045
Поставщик D	1,000	2,000	6,000	1,000	2,000	1,888	0,309
Поставщик Е	0,500	1,000	4,000	0,500	1,000	1,000	0,164
Итого	3,143	6,250	22,000	3,167	6,250	6,107	1,000

$$\lambda_i = 5,007,$$

$$ИС = \frac{5,007 - 5}{5 - 1} = 0,002,$$

$$ОС = \frac{0,002}{1,120} = 0,166.$$

Таблица 4.5 – Матрица попарных сравнений поставщиков по критерию «Цена»

Критерии оценки поставщиков	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е	Среднее геометрическое	Вектор приоритетов
Поставщик А	1,000	2,000	2,000	4,000	2,000	2,000	0,369
Поставщик В	0,500	1,000	1,000	2,000	1,000	1,000	0,184
Поставщик С	0,500	1,000	1,000	0,500	0,333	0,608	0,112
Поставщик D	0,250	0,500	2,000	1,000	2,000	0,871	0,161
Поставщик Е	0,500	1,000	3,000	0,500	1,000	0,944	0,174
Итого	2,750	5,500	9,000	8,000	6,333	5,423	1,000

$$\lambda_i = 5,425,$$

$$ИС = \frac{5,425 - 5}{5 - 1} = 0,106,$$

$$OC = \frac{0,106}{1,120} = 9,483.$$

Таблица 4.6 – Матрица попарных сравнений поставщиков по критерию «Своевременность доставки»

Критерии оценки поставщиков	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е	Среднее геометрическое	Вектор приоритетов
Поставщик А	1,000	2,000	1,000	0,500	1,000	1,000	0,184
Поставщик В	0,500	1,000	0,333	0,333	0,500	0,488	0,090
Поставщик С	1,000	3,000	1,000	1,000	2,000	1,431	0,263
Поставщик D	2,000	3,000	1,000	1,000	2,000	1,644	0,303
Поставщик Е	1,000	2,000	0,500	0,500	1,000	0,871	0,160
Итого	5,500	11,000	3,833	3,333	6,500	5,434	1,000

$$\lambda_i = 5,060,$$

$$ИС = \frac{5,060 - 5}{5 - 1} = 0,015,$$

$$OC = \frac{0,015}{1,120} = 1,343.$$

Таблица 4.7 – Матрица попарных сравнений поставщиков по критерию «Репутация поставщика»

Критерии оценки поставщиков	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е	Среднее геометрическое	Вектор приоритетов
Поставщик А	1,000	1,000	2,000	1,000	1,000	1,149	0,218
Поставщик В	1,000	1,000	2,000	0,500	1,000	1,000	0,190
Поставщик С	0,500	0,500	1,000	0,333	0,500	0,530	0,101
Поставщик D	1,000	2,000	3,000	1,000	1,000	1,431	0,272
Поставщик Е	1,000	1,000	2,000	1,000	1,000	1,149	0,218
Итого	4,500	5,500	10,000	3,833	4,500	5,258	1,000

$$\lambda_i = 5,063,$$

$$ИС = \frac{5,063 - 5}{5 - 1} = 0,016,$$

$$OC = \frac{0,016}{1,120} = 1,400.$$

Таблица 4.8 – Матрица попарных сравнений поставщиков по критерию «Система скидок и бонусов»

Критерии оценки поставщиков	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е	Среднее геометрическое	Вектор приоритетов
Поставщик А	1,000	1,000	2,000	1,000	1,000	1,149	0,227
Поставщик В	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,198
Поставщик С	0,500	1,000	1,000	1,000	0,500	0,758	0,150
Поставщик D	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,198
Поставщик Е	1,000	1,000	2,000	1,000	1,000	1,149	0,227
Итого	4,500	5,000	7,000	5,000	4,500	5,055	1,000

$$\lambda_i = 5,073,$$

$$ИС = \frac{5,073 - 5}{5 - 1} = 0,018,$$

$$OC = \frac{0,018}{1,120} = 1,621.$$

Таблица 4.9 – Матрица попарных сравнений поставщиков по критерию «Месторасположение»

Критерии оценки поставщиков	Поставщик А	Поставщик В	Поставщик С	Поставщик D	Поставщик Е	Среднее геометрическое	Вектор приоритетов
Поставщик А	1,000	2,000	0,500	0,500	0,500	0,758	0,136
Поставщик В	0,500	1,000	0,250	0,333	0,333	0,425	0,076
Поставщик С	2,000	4,000	1,000	1,000	1,000	1,516	0,273
Поставщик D	2,000	3,000	1,000	1,000	1,000	1,431	0,257
Поставщик Е	2,000	3,000	1,000	1,000	1,000	1,431	0,257
Итого	7,500	13,000	3,750	3,833	3,833	5,561	1,000

$$\lambda_i = 5,011,$$

$$ИС = \frac{5,011 - 5}{5 - 1} = 0,003,$$

$$OC = \frac{0,003}{1,120} = 0,250.$$

Таблица 4.10 – Расчет обобщенных приоритетов поставщиков

Альтернативы	Критерии						Обобщенные приоритеты
	Качество товара	Цена	Своевременность доставки	Репутация поставщика	Система скидок и бонусов	Месторасположение	
	Численное значение вектора приоритета						
	0,267	0,222	0,157	0,125	0,125	0,104	
Поставщик А	0,319	0,369	0,184	0,218	0,227	0,136	0,266
Поставщик В	0,164	0,184	0,090	0,190	0,198	0,076	0,155
Поставщик С	0,045	0,112	0,263	0,101	0,150	0,273	0,138
Поставщик D	0,309	0,161	0,303	0,272	0,198	0,257	0,251
Поставщик E	0,164	0,174	0,160	0,218	0,227	0,257	0,190

Таким образом, по результатам метода анализа иерархий приоритетность поставщиков определяется следующим образом: поставщик А – 1; поставщик В – 4; поставщик С – 5; поставщик D – 2; поставщик E – 3.

## ВЫВОДЫ

По результатам расчетов данными методами учебного примера можно сделать следующие выводы:

1. Результаты расчетов представленными методами могут не совпадать. Это объясняется заложенными в методы алгоритмами проведения расчетов.
2. Все методы достаточно универсальны, но существенно отличаются по трудоемкости проведения расчетов.
3. Рассмотренные методы являются субъективными, так как базируются на экспертных оценках.
4. Выбор метода оценки поставщиков должен осуществляться на основе анализа ряда факторов (плановая трудоемкость исследований, запланированный объем финансирования исследований, наличие квалифицированных исследователей, качество экспертных оценок).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зомонова Э.М. Методы анализа в концептуальной структуре DPSIR [Электронный ресурс] / Э.М. Зомонова, А.Б. Зандакова // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. – 2011. – №3. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/metody-analiza-v-kontseptualnoy-strukture-dpsir> (дата обращения: 10.12.2016).
2. Кириллина Ю.В. Методы оценки поставщиков / Ю.В. Кириллина, Е.Н. Каратаева, Ю.Е. Шаталова // Актуальные вопросы экономических наук. – 2010. – № 14. – С. 197-201.
3. Ходаковский Я.Ф. Использование алгоритма приоритизации по близости к идеальному решению в SWOT-анализе / Я.Ф. Ходаковский // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014, Москва. – 2014. – С.5812-5816
4. Крюков С.В. Системный анализ: теория и практика: учеб. пособие / С.В. Крюков – Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ. – 2011. – 228 с.
5. Гладких Б.А. Методы оптимизации и исследование операций для бакалавров информатики. Ч. III. Теория решений: учеб. пособие. – Томск: Изд-во НТЛ. – 2012. – 281 с.
6. Кравченко Т.К. Адаптация методов семейства ELECTRE для включения в экспертную систему поддержки принятия решений [Электронный ресурс] / Т.К. Кравченко, А.А. Дружаев // Бизнес-информатика. – 2015. – №2 (32). – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/adaptatsiya-metodov-semeystva-electre-dlya-vklyucheniya-v-ekspertnuyu-sistemu-podderzhki-prinyatiya-resheniy> (дата обращения: 22.01.2017).
7. Лотов А.В. Многокритериальные задачи принятия решений: учеб. пособие / А.В. Лотов, И.И. Поспелова – М.:МАКС Пресс. – 2008. – 197 с.
8. Андрейчиков А.В. Анализ конкурентоспособности компьютерных компаний на основе автоматизированной системы поддержки принятия решений [Электронный ресурс] / А.В. Андрейчиков, Д.Е. Декатов, С.И. Кременов //

Вестник ВолГУ. Серия 3: Экономика. Экология. 2010. №1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-konkurentosposobnosti-kompyuternyh-kompaniy-na-osnove-avtomatizirovannoy-sistemy-podderzhki-prinyatiya-resheniy> (дата обращения: 23.01.2017).

9. Верховодко М.Г. Применение метода попарных сравнений для оценки уровня доверия между предприятием и его поставщиками / М.Г. Верховодко // Master's Journal. – 2014. – № 1. – С. 280-286.

10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. (Перевод с английского Р. Г. Вачнадзе). Москва «Радио и связь». – 1993. – с. 278.

11. Никул Е.С. Алгоритм анализа матриц парных сравнений с помощью вычисления векторов приоритетов / Е.С. Никул // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – С. 242-247.

12. Тугумбаева Д.К. Выбор CASE-средств методом анализа иерархий [Электронный ресурс] / Д.К. Тугумбаева // Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по материалам XXXIV студ. междунар. заочной науч.-практ. конф. – М.: «МЦНО». – 2016 –№ 5(34). – С. 52-58. – URL: [http://nauchforum.ru/archive/MNF\\_tech/5\(34\).pdf](http://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/5(34).pdf) (дата обращения: 23.01.2017).

13. Петелин К.С. Математический аппарат для приоритизации проектов [Электронный ресурс] / К.С. Петелин // НиКа. – 2013. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskiy-apparat-dlya-prioritizatsii-proektov> (дата обращения: 04.12.2016).

14. Петриченко Г.С. Оценка эффективности программного обеспечения / Г.С. Петриченко, В.Г. Петриченко [Электронный ресурс] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2016. – №9 (230). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-programmnogo-obespecheniya> (дата обращения: 25.01.2017).

---

Подписано в печать 07.06.2017 г.  
Формат 60x84/15 Бумага офсетная Печать ризографическая  
Уч.изд.л. 2,0 Усл.-печ.л. 2,0 Тираж 50 экз.  
Заказ №864  
Издательско-полиграфический центр  
Набережночелнинского института  
Казанского (Приволжского) федерального университета

---

423810, г. Набережные Челны, Новый город, проспект Мира, 68/19  
Тел./факс (8552) 39-65-99 e-mail: [ic-nchi-kpfu@mail.ru](mailto:ic-nchi-kpfu@mail.ru)