

УДК 336.581

DOI:10.18413/2518-1092-2017-2-4-39-49

Глазунова О.А.<sup>1</sup>  
Сорокина Е.С.<sup>2</sup>  
Чмирева Е.В.<sup>2</sup>**ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ПРИОРИТЕТНОСТИ ВЫБОРА ПОСТАВЩИКА  
НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

<sup>1</sup> Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, д. 46, г. Белгород, 308012, Россия

<sup>2</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы д. 85, г. Белгород, 308015, Россия

*e-mail: inn200479@mail.ru, sorokina\_e@bsu.edu.ru, chmireva@bsu.edu.ru*

**Аннотация**

На сегодняшний день все большее распространение получают информационные технологии. В статье рассматриваются вопросы выбора поставщика с использованием ранжирования на базе метода анализа иерархических структур. Целью подобного описания является повышение степени объективности принимаемых решений при отборе выбора поставщика путем разработки инструментальных средств формализованной оценки суждений экспертов. Исследована информационно-управляющая система предприятия как объект для применения СППР. Выбор в качестве средства реализации СППР «Решение» обоснован тем, что данная система имеет удобный и адаптированный для конечного пользователя интерфейс, располагает всеми необходимыми средствами реализации и не требует дополнительных финансовых вложений в разрабатываемую систему поддержки принятия управленческих решений. Из предложенных альтернатив по заданным критериям выбран наиболее рациональный поставщик для организации. Предложенные критерии и альтернативы представлены в виде иерархии.

**Ключевые слова:** экспертная оценка; анализ иерархий; матрица парных сравнений.

UDC 336.581

Glazunova O.A.<sup>1</sup>  
Sorokina E.S.<sup>2</sup>  
Chmireva E.V.<sup>2</sup>**EXPERT EVALUATION OF THE PRIORITY OF THE SELECTION  
OF THE SUPPLIER BASED ON THE METHOD OF ANALYSIS  
OF HIERARCHIES**

<sup>1</sup> Belgorod State Technological University n.a. V.G. Shukhov, 46 Kostukova St., Belgorod, 308012, Russia

<sup>2</sup> Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

*e-mail: inn200479@mail.ru, sorokina\_e@bsu.edu.ru, chmireva@bsu.edu.ru*

**Abstract**

To date, information technology is becoming increasingly widespread. The article deals with the selection of a supplier using the ranking based on the method of analysis of hierarchical structures. The purpose of such a description is to increase the degree of objectivity of decisions taken when selecting the supplier's choice by developing tools for a formal assessment of the judgments of experts. The information-management system of the enterprise as an object for the application of the DSSR is investigated. The choice as a means of implementing the DSS "Solution" is justified by the fact that the system has a convenient and adapted interface for the end user, has all the necessary means of implementation and does not require additional financial investments in the developed system of support for making managerial decisions. From the proposed alternatives, the most rational supplier for the organization was selected by the set criteria. The proposed criteria and alternatives are presented in the form of a hierarchy.

**Keywords:** expert evaluation; analysis of hierarchies; matrix of paired comparisons.

Метод анализа иерархий представляет собой математический инструмент, применяемый для поддержки принятия решений. Универсальность данного метода позволяет использовать его для выбора оптимального решения самых разнообразных проблем, которые могут быть представлены в виде некоторой иерархии.

Метод анализа иерархий состоит из следующих основных этапов:

1. Постановка задачи и ее представление в виде иерархии, включающей в себя задачу, альтернативы решения задачи, критерии оценки альтернатив.
2. Оценка исходной информации путем реализации процедур попарного сравнения элементов рассматриваемой иерархии, осуществляется ЛПР.
3. Обработка результатов попарного сравнения элементов, в том числе оценка непротиворечивости полученных результатов и выбор наилучшей альтернативы исходя из рассчитанных весомостей альтернатив решения поставленной проблемы.

Метод анализа иерархий отражает естественный ход мышления человека, что способствует адекватному и полному выявлению предпочтений лица, принимающего решение (ЛПР), а наличие методов выявления противоречий в суждениях эксперта, позволяет повысить качество получаемых результатов.

Одним из программных решений, реализующих в своей работе метод анализа иерархий, является СППР «Решение». Программа позволяет структурировать рассматриваемую задачу, задать набор альтернатив для ее решения, выделить характеризующие их факторы, установить весомости этих факторов, оценить альтернативы по всем заданным факторам, выявить противоречивости в суждениях эксперта, проранжировать альтернативы и проанализировать полученные решения.

В данной статье рассматривается задача выбора наиболее подходящего поставщика для организации. Выбранные альтернативы решения задачи будут оцениваться с помощью показателей, характеризующих поставщика с точки зрения выгодности и рациональности сотрудничества с ним, состава и качества оказываемых услуг, а также их стоимости.

Первым этапом решения проблемы является ее представление в виде иерархии, содержащей постановку задачи, критерии для оценки альтернатив и сами альтернативы решения задачи, из которых в дальнейшем осуществляется выбор (рис. 1).

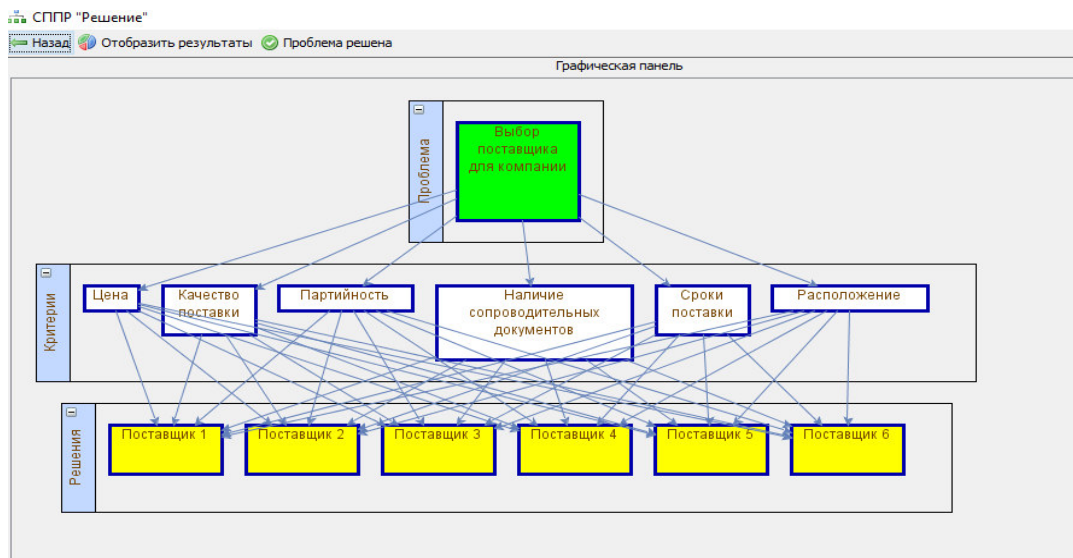


Рис. 1. Иерархия для оценки выбора поставщиков  
Fig.1. Hierarchy for evaluating the choice of suppliers

Выделяемые критерии должны быть общими и измеримыми для всех альтернатив, они также должны быть простыми и не избыточными, то есть не должны учитывать один и тот же аспект. Количество критериев в задаче должно быть минимальным, но в то же время полным.

Как видно из рисунка 1 выбор поставщика будет осуществляться из 6 возможных вариантов, которые будут оцениваться по следующим критериям:

- Цена;
- Качество поставки;
- Партийность;
- Наличие сопроводительных документов;
- Сроки поставки;
- Расположение.

Следующим этапом является осуществление попарного сравнения элементов иерархии. Сравнение осуществляется исходя из суждений лица, принимающего решения, о предпочтительности одних элементов перед другими. При этом при проведении попарных сравнений в основном ставятся следующие вопросы при сравнении двух элементов: какой из них важнее или имеет большее воздействие, какой из них предпочтительнее, какой из них наиболее вероятен. Суждения ЛПР основываются на его системе предпочтений, складывающейся из множества различных факторов, таких как, например, его понимание проблемы, наличие ограничений, юридические, экономические, социальные, психологические факторы.

Матрица сравнения критериев представлена на рисунке 2.

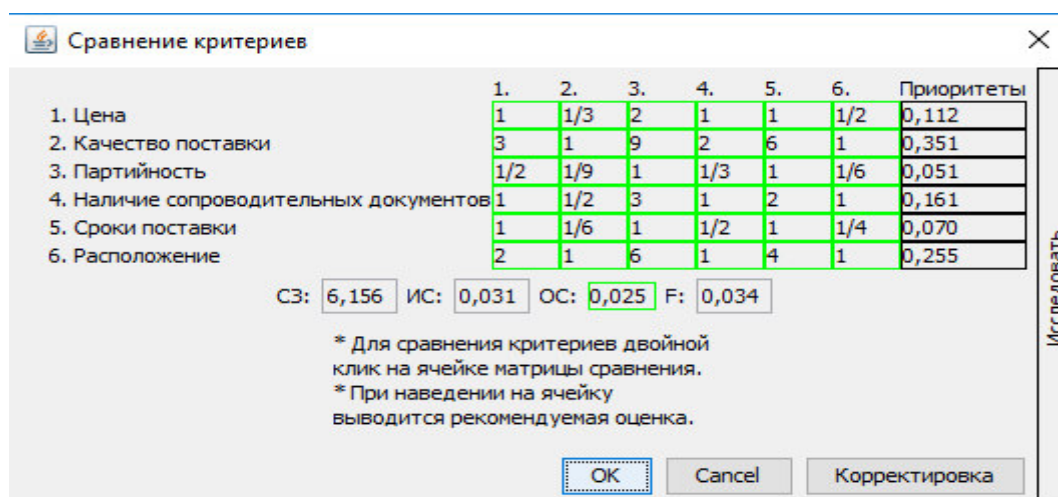


Рис. 2. Сравнение критериев

Fig. 2. Comparison of the criteria

Матрица заполняется количественными значениями интенсивности проявления одного элемента иерархии относительно другого элемента, оцениваемых по шкале интенсивности от 1 до 9, где оценки означают следующее:

- равная важность – 1;
- умеренное превосходство – 3;
- значительное превосходство – 5;
- сильное превосходство – 7;
- очень сильное превосходство – 9;
- в промежуточных случаях ставятся четные оценки: 2, 4, 6, 8 (например, 4 – между умеренным и значительным превосходством).

Наиболее важные критерии имеют больше целочисленных оценок в соответствующих строках матрицы, а сами оценки имеют большие значения. Так, исходя из данных на рисунке 2,

критерий «Качество поставки» имеет наибольший приоритет среди всех представленных критериев, а критерий «Партийность» наоборот имеет наименьший вес в решении задачи выбора альтернатив.

На данном этапе также определяется индекс согласованности (ИС) суждений эксперта, показывающий насколько введенные экспертом данные непротиворечивы. ИС определяется по следующей формуле:

$$ИС = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}, \quad (1)$$

где  $\lambda_{\max}$  – максимальное собственное значение (СЗ),

$n$  – размерность матрицы, в данном случае равна 6.

Расчет максимального собственного значения  $\lambda_{\max}$  осуществляется по матрице парных сравнений следующим образом: суммируется каждый столбец суждений, затем сумма первого умножается на величину первой компоненты нормализованного вектора приоритетов, сумма второго столбца – на вторую компоненту и т.д., затем полученные числа суммируются. ИС в рассматриваемой задаче равен 0,031.

Отношение согласованности рассчитывается как  $ОС = (ИС/СИ) * 100\%$ . Отношение согласованности в рассматриваемой задаче равно 2,5%, что является допустимым показателем (если ОС больше 10% необходим пересмотр суждений).

На следующем этапе были составлены матрицы парных сравнений альтернатив по всем критериям. Сравнение решений по критериям «Цена», «Качество поставки», «Партийность», «Наличие сопроводительных документов», «Сроки поставки», «Расположение» представлены на рисунках 3-8.

Сравнение решений по критерию "Цена"

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Приоритеты
1. Поставщик 1	1	1	1/3	2	1	2	0,138
2. Поставщик 2	1	1	1/2	2	1	2	0,148
3. Поставщик 3	3	2	1	7	5	9	0,464
4. Поставщик 4	1/2	1/2	1/7	1	1	1	0,076
5. Поставщик 5	1	1	1/5	1	1	1	0,101
6. Поставщик 6	1/2	1/2	1/9	1	1	1	0,073

СЗ: 6,151    ИС: 0,030    ОС: 0,025    F: 0,031

\* Для сравнения критериев двойной клик на ячейке матрицы сравнения.  
\* При наведении на ячейку выводится рекомендуемая оценка.

Исследовать

OK    Cancel    Корректировка

Рис. 3. Сравнение решений по критерию «Цена»  
Fig. 3. Comparison of solutions by the criterion «Price»



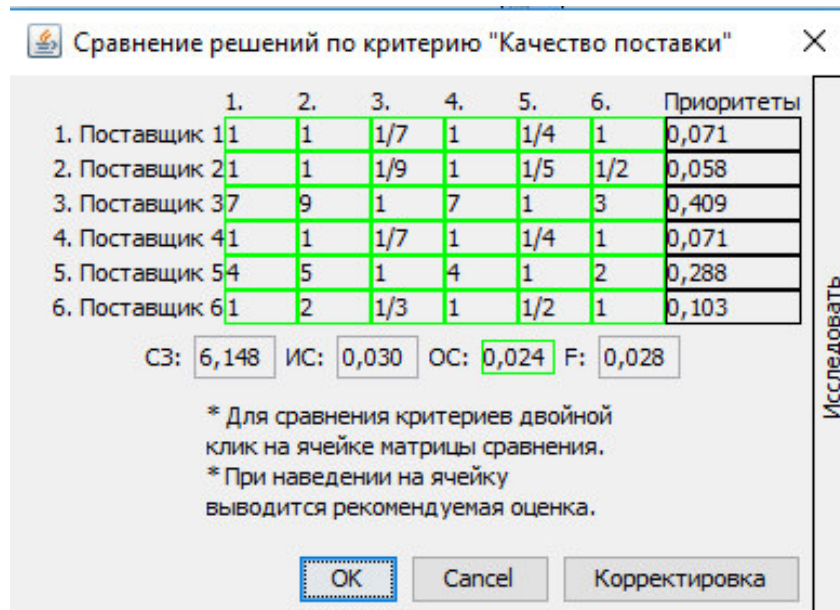


Рис. 4. Сравнение решений по критерию «Качество поставки»  
Fig. 4. Comparison of decisions on the criterion «Quality of delivery»

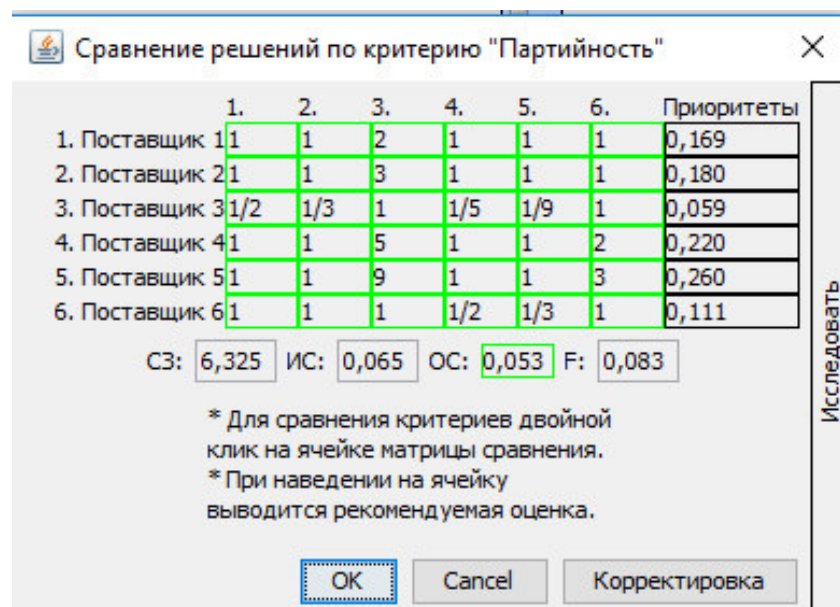


Рис. 5. Сравнение решений по критерию «Партийность»  
Fig. 5. Comparison of decisions on the criterion of «Partyism»

При сравнении решений по критериям также контролируется согласованность суждений, которая не должна быть больше 0,1. Несогласованность суждений может возникнуть вследствие ошибок эксперта, некорректно поставленных вопросов или недостаточного количества информации, при этом при возникновении несогласованности нет возможности определить именно те вопросы, которые ее вызвали.

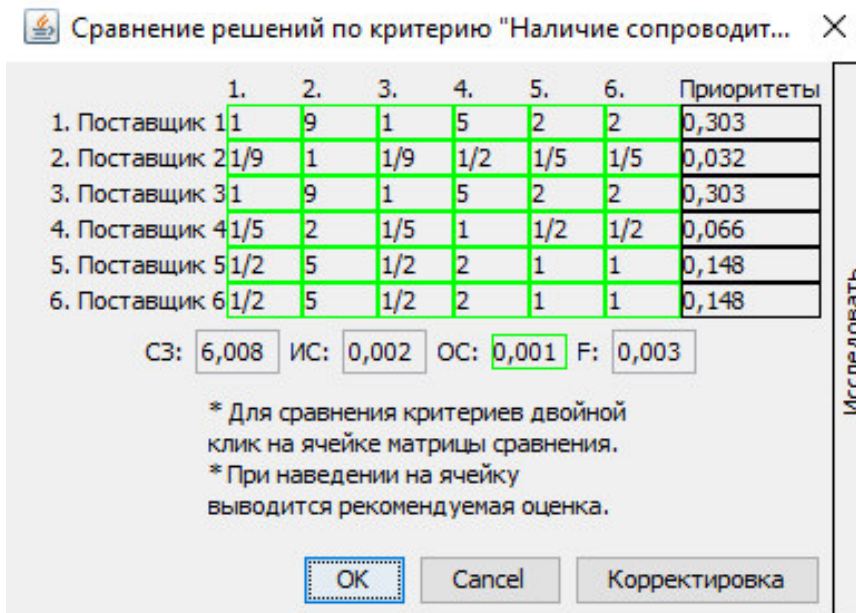


Рис. 6. Сравнение решений по критерию «Наличие сопроводительных документов»  
Fig. 6. Comparison of decisions on the criterion «Availability of accompanying documents»

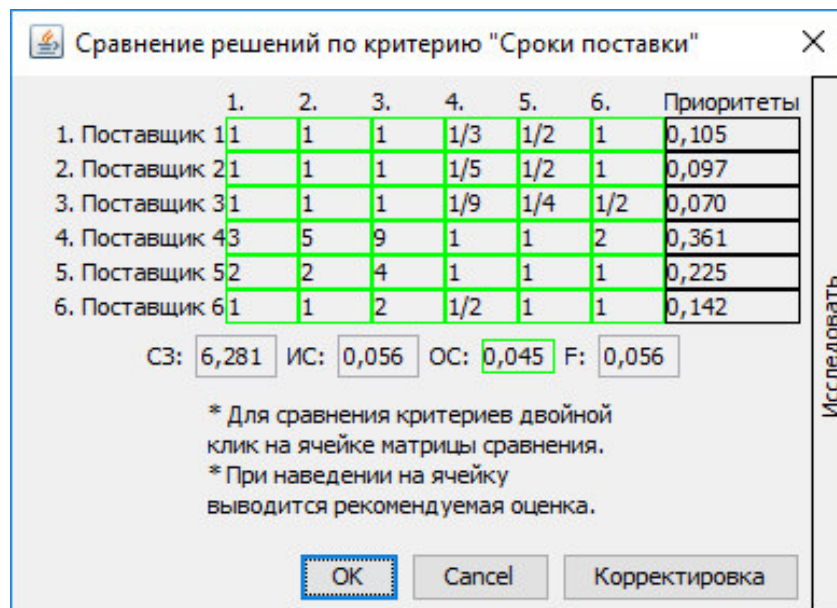


Рис. 7. Сравнение решений по критерию «Сроки поставки»  
Fig. 7. Comparison of decisions on the criterion «Delivery terms»

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Приоритеты
1. Поставщик 1	1	2	1	9	3	1	0,297
2. Поставщик 2	1/2	1	1	1	1	1	0,136
3. Поставщик 3	1	1	1	1	1	1	0,153
4. Поставщик 4	1/9	1	1	1	1	1/4	0,084
5. Поставщик 5	1/3	1	1	1	1	1/2	0,113
6. Поставщик 6	1	1	1	4	2	1	0,216

СЗ: 6,521 ИС: 0,104 ОС: 0,084 F: 0,109

\* Для сравнения критериев двойной клик на ячейке матрицы сравнения.  
\* При наведении на ячейку выводится рекомендуемая оценка.

Рис. 8. Сравнение решений по критерию «Расположение»

Fig. 8. Comparison of solutions by the «Location" criterion»

По результатам сравнения решений по каждому критерию в программе выставляются приоритеты, показывающие поставщика, который лидирует по определенному критерию. Так по критерию «Цена» (см. рис. 3) и «Качество поставки» (см. рис. 4) наибольший приоритет имеет поставщик 3, а по «Срокам поставки» (см. рис. 7) лидирует поставщик 4.

Далее представлен отчет по решению проблемы «Выбор поставщика для организации». На рисунке 9 представлены критерии оценки альтернатив по приоритетности.

Отчет по решению проблемы "Выбор поставщика для компании"	
Отчет сгенерирован Tue Jun 06 20:44:13 MSD 2017. Метод расчета: Метод анализа иерархий	
Критерий оценки	Приоритет
Цена	0.11151719499242395
Качество поставки	0.35098310729124343
Партийность	0.05110199766367912
Наличие сопроводительных документов	0.1608356265597109
Сроки поставки	0.07025143069809303
Расположение	0.25531064279484955

Рис. 9. Приоритетность критериев оценки альтернатив

Fig. 9. Priority of the criteria for evaluating alternatives

Согласно данным рисунка 9 наиболее весомым является критерий «Качество поставки», его приоритетность оценивается как 0,35.

На рисунке 10 представлена матрица сравнения критериев, являющаяся результатом попарного сравнения критериев оценки альтернатив поставщиков по их важности по девятибалльной шкале. Для каждого критерия определен приоритет, показывающий его значимость среди других критериев.

Матрица сравнения критериев							
Критерий:	Цена	Качество поставки	Партийность	Наличие сопроводительных документов	Сроки поставки	Расположение	Приоритет:
Цена	1	1/3	2	1	1	1/2	0,112
Качество поставки	3	1	9	2	6	1	0,351
Партийность	1/2	1/9	1	1/3	1	1/6	0,051
Наличие сопроводительных документов	1	1/2	3	1	2	1	0,161
Сроки поставки	1	1/6	1	1/2	1	1/4	0,070
Расположение	2	1	6	1	4	1	0,255

Рис. 10. Матрица сравнения критериев

Fig. 10. Criteria comparison matrix

По результатам оценки альтернатив по каждому из критериев определен общий результат, выражающийся в количественной оценке приоритетности выбора каждого из поставщика. Варианты решения проблемы по приоритетности выбора поставщика представлен на рисунке 11.

Вариант решения проблемы	Приоритет
Поставщик 1	0.18087474719943375
Поставщик 2	0.09291305305845722
Поставщик 3	0.2909920519802081
Поставщик 4	0.10209606315158472
Поставщик 5	0.19420362331568403
Поставщик 6	0.13892046129463215

Наилучшая альтернатива:

Поставщик 3

Рис. 11. Варианты решения проблемы по приоритетности

Fig. 11. Options for addressing the priority issue

Таким образом, наиболее приоритетным является поставщик №3, так как количественная оценка его приоритетности составила 0,29. Предлагаемый вариант решения задачи выбора поставщика по выбранным критериям и среди представленных альтернатив является наиболее подходящим для организации.

Более наглядно результаты исследования представлены на рисунке 12. Приоритетность альтернативы «Поставщик 3» среди всех других составляет 29,1%.



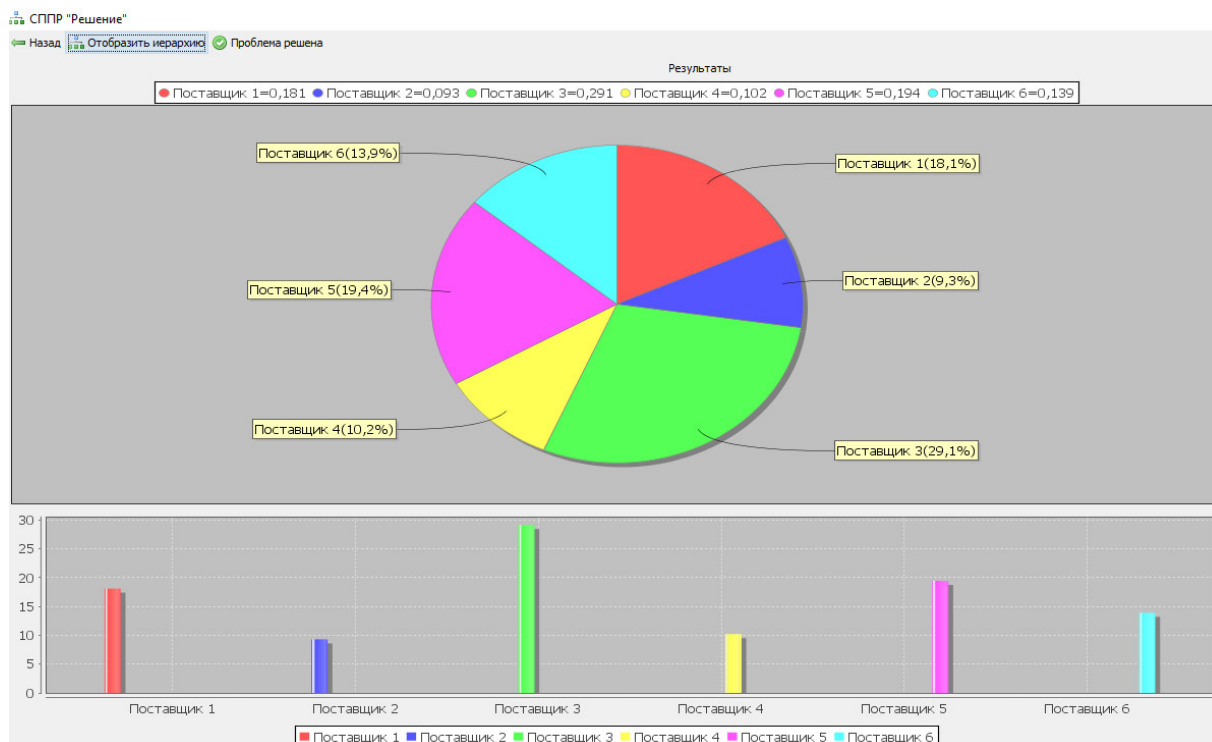


Рис. 12. Результаты оценки критериев в СППР «Решение»  
Fig. 12. Results of the evaluation of the criteria in the DSS «Decision»

Таким образом, с помощью СППР «Решение», реализующей метод анализа иерархий, была решена задача выбора решения в условиях неопределенности. Особенность задачи по выбору поставщика для организации состояла в том, что критерии выбора не могли быть выражены в количественной форме, такая задача относится к классу слабо структурированных задач. Для решения осуществлялся сбор необходимой информации, ее структурирование в виде иерархии, обработка данных путем попарного сравнения критериев и альтернатив, на основе полученных данных был сделан вывод о наиболее предпочтительной альтернативе решения задачи. Достоверность полученного результата подтверждается определением на каждом этапе индекса согласованности, являющегося показателем непротиворечивости данных.

В работе были исследованы вопросы применения систем поддержки принятия решений и метода анализа иерархий для решения задач, возникающих на предприятии и оказывающих влияние на эффективность его работы.

Выбор поставщика – это задача, которая рано или поздно возникает практически в каждой организации. На примере этой задачи из предложенных альтернатив по заданным критериям был произведен выбор наиболее подходящего варианта. Решение данной задачи показывает, что любая сложная задача может быть декомпозирована и представлена в виде иерархической системы, а качественные показатели на любом уровне иерархии могут быть преобразованы в объективные количественные соотношения.

Наиболее оптимально применение метода анализа иерархий в многокритериальных задачах, где принятие решения зависит от нескольких критериев одновременно, но, как правило, количество сравниваемых объектов не превышает семи.

В результате исследования представлена модель выбора приоритетного поставщика для организации, построены таблицы сравнений важности критериев, матрицы парных сравнений критериев и альтернатив по предложенным критериям, таблица полезности альтернатив.

### Список литературы

1. Кочкина М.В., Карамышев А.Н., Махмутов И.И., Федоров Д.Ф. Анализ многокритериальных методов выбора поставщиков [Текст] / Экономика и предпринимательство. – Москва, 2017. – С.837-843.
2. Белявский Р.Ю. Система поддержки принятия решений позволяющая определить наилучшего поставщика [Текст] / Информационные технологии в науке и производстве. – Омск, 2016. – С.77-80.
3. Блюмин С.Д., Шуйкова И.А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности [Текст]. – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 138 с.
4. Бородаева М.Г., Вирченко Р.Р., Борисова Л.В. О весомости критериев при выборе поставщиков / [Текст] / Символ науки. – Уфа, 2016. – С.33-35.
5. Бутусов О.Б. Дубин М.Е. Система поддержки принятия решений для выбора поставщика в цепи поставок [Текст] / Известия Московского Государственного технического университета МАМИ. – Москва, 2013. – С.268-271.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 105 с.
7. Демидов, Н.Е. Математические модели и методы анализа иерархий в системах обеспечения информационной безопасности дисс. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук (05.13.01) / Демидов Николай Евгеньевич. Тверь, 2004.
8. Завьялов Ф.Н., Перепелица А.Г. Обзор и сравнительная характеристика методов и критериев выбора поставщика в цепях поставок [Текст] / Сборник материалов шестой региональной научной конференции студентов и аспирантов, 2015. – С.310-317.
9. Мальцева М.В. Использование метода анализа иерархий в задачах выбора приоритетов [Текст] / Вестник Иркутского государственного технического университета. – Иркутск, 2008. – С. 141-144.
10. Ногин, В.Д. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев [Текст] / Вычислительная математика и математическая физика. – Москва, 2004. №7 (Том 44). – С.1261-1270.
11. Огурцов, А.Н. Алгоритм повышения согласованности экспертных оценок в методе анализа иерархий [Текст] / Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – Иваново, 2013. – №5. – С.81-84.
12. Орлов, А.И. Теория принятия решений, учеб. пособие [Текст]. – Москва: Издательство «Март», 2004. – 656 с.
13. Петровский, А.Б. Теория принятия решений [Текст]. Москва: Издательский центр «Академия», 2009.
14. Полоскова М.И. Основные задачи при выборе потенциального поставщика [Текст] / Экономика и бизнес: теория и практика. – Новосибирск, 2016. – С.134-135.
15. Реутова П.В. Применение метода анализа иерархий для решения задачи выбора поставщика [Текст] / Евразийское научное объединение. – Издательство: Орлов Максим Юрьевич, 2017. – С.139-145.
16. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
17. Силич М.П. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие [Текст] / М.П. Силич, В.А. Силич. – Москва: ТУСУР, 2011. – 276 с.
18. Тутьгин А.Г. Преимущества и недостатки метода анализа иерархий // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. Естественные и точные науки. – Санкт-Петербург, 2010. – № 122.
19. Харитонов Е.В. Согласование исходной субъективной информации в методах анализа иерархи // Математическая морфология: электронный математический и медико-биологический журнал. – Смоленск, 2010. – С.41-51.
20. Чуланова Г.Ю. Использование метода аналитической иерархической процедуры (МАИ) для выбора поставщика // Инновации. – Санкт-Петербург, 2013. – С.22-126.

### References

1. Kochkin M.V., Karamyshev A.N., Makhmutov I.I., Fedorov D.F. Analysis of multi-criteria methods for selecting suppliers [Text] / Economics and Entrepreneurship. – Moscow, 2017. – P. 837-843.
2. Belyavsky R.Yu. Decision Support System allowing to determine the best supplier [Text] / Information Technologies in Science and Production. – Omsk, 2016. – P. 77-80.
3. Blyumin S.D., Shuykova I.A. Models and methods of decision-making in conditions of uncertainty [Text]. – Lipetsk: LEGI, 2001. – 138 p.

4. Borodaeva M.G., Virchenko R.R., Borisova L.V. On the weighting of criteria in the selection of suppliers [Text] / The symbol of science. – Ufa, 2016. – P.33-35.
5. Butusov, O.B. Dubin ME Decision support system for supplier selection in the supply chain [Text] / Izvestia of the Moscow State Technical University MAMI. – Moscow, 2013. – P. 268-271.
6. GOST R ISO / IEC 12207-2010. Information technology. System and software engineering. Processes of the life cycle of software. – Moscow: Standartinform, 2011. – 105 p.
7. Demidov N.E. Mathematical models and methods for analyzing hierarchies in information security systems. to the soisk. scientist. step. Cand. tech. Sciences (05.13.01) / Demidov Nikolay Evgenievich. Tver, 2004.
8. Zavyalov F.N. Perepelitsa A.G. Overview and comparative characteristics of methods and criteria for selecting a supplier in supply chains [Text] / Collected materials of the sixth regional scientific conference of students and graduate students, 2015. – P. 310-317.
9. Maltseva M.V. Using the method of analyzing hierarchies in tasks of selecting priorities [Text] / Bulletin of the Irkutsk State Technical University. – Irkutsk, 2008. – P. 141-144.
10. Nogin V.D. A simplified version of the method for analyzing hierarchies based on non-linear convolution of criteria [Text] / Computational Mathematics and Mathematical Physics. – Moscow, 2004. №7. – P. 1261-1270. (Volume 44).
11. Ogurtsov A.N. Algorithm for increasing the consistency of expert assessments in the hierarchy analysis method [Text] / Bulletin of the Ivanovo State Energy University. – Ivanovo, 2013. – №5. – P.81-84.
12. Orlov A.I. The theory of decision making, textbook allowance [Text]. Orlov – Moscow: Publisher "March", 2004. – 656 p.
13. Petrovsky A.B. The theory of decision-making [Text]. – Moscow: "Academy" Publishing Center, 2009.
14. Poloskova M.I. The main tasks in choosing a potential supplier [Text] / Economics and business: theory and practice. – Novosibirsk, 2016. – P. 134-135.
15. Reutov P.V. Application of the hierarchy analysis method to solve the problem of supplier choice [Text] / Eurasian scientific association. – Publisher: Orlov Maksim Yurievich, 2017. – P.139-145.
16. Saati T. Decision-making. The method of analyzing hierarchies. – M.: Radio and Communication, 1993. – 278 p.
17. Silich M.P. Theory of Systems and Systems Analysis: Textbook. allowance [Text] – Moscow: TUSUR, 2011. – 276 p.
18. Tutygin A.G. Advantages and disadvantages of the method of analyzing hierarchies [Text] / Izvestiya of RSPU them. AI Herzen. Natural and exact sciences. – St. Petersburg, 2010. – No. 122.
19. Kharitonov EV Harmonization of the original subjective information in the methods of analysis of the hierarchy [Text] / Mathematical morphology: electronic mathematical and medico-biological journal. – Smolensk, 2010. – P.41-51.
20. Chulanova G.Yu. Using the analytical hierarchical procedure (MAI) method to select a supplier [Text] / Innovations. – St. Petersburg, 2013. – P.22-126.

**Глазунова Олеся Анатольевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры гостинично-туристического сервиса, коммерции и рекламы

**Сорокина Елена Сергеевна**, старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий.

**Чмирева Елена Владимировна**, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий

**Glazunova Olesya Anatolievna**, candidate of economic sciences, associate professor, chair of hotel and tourism service, commerce and advertising

**Sorokina Elena Sergeevna**, senior lecturer of the applied informatics and information technologies department

**Chmireva Elena Vladimirovna**, candidate of economic sciences, senior lecturer, applied informatics and information technologies department