



УДК 681.3.06

**ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ПРИОРИТЕТНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНВЕСТИРОВАНИЯ
НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ****EXPERT ASSESSMENT OF PRIORITY OF SUBJECTS TO INVESTMENT
ON THE BASIS OF THE METHOD OF THE ANALYSIS OF HIERARCHIES****Е.С. Сорокина, И.В. Скрипина
E.S. Sorokina, I.V. Skripina**Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: sorokina_e@bsu.edu.ru, skripina@bsu.edu.ru

Аннотация

В настоящей статье представлен выбор приоритетных объектов инвестирования с использованием ранжирования на базе метода анализа иерархических структур. 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 на данном этапе развития предприятия проект инвестиционных вложений. Предложенные критерии и альтернативы представлены в виде иерархии.

Abstract

In this article, the selection of priority objects of investment with the use of ranking on the basis of the method of analysis of hierarchical structures. Studied management information system of the enterprise as an object for application of DSS. The choice of the means of implementation of a DSS «Decision» is reasonable because this system has a comfortable and adapted to the end-user interface, has all the necessary means of implementation and does not require additional financial investments in the developed system of support of managerial decision-making. Of the proposed alternatives on specific criteria selected the most rational at this stage of development of the enterprise project investment. The proposed criteria and alternatives are represented in a hierarchy.

Ключевые слова: экспертная оценка, анализ иерархий.**Keywords:** expert assessment, analysis of hierarchies.**Введение**

Применение метода анализа иерархий позволяет включить в иерархию все имеющиеся у экспертной группы по рассматриваемой проблеме знания и интуицию. Подчеркнем, что данный метод отличается простотой и дает хорошее соответствие интуитивным представлениям. Именно эти свойства метода анализа иерархий позволяют рассматривать его в качестве базового метода решения многокритериальных задач экономического анализа [Лифиренко М.В., Ломакин В.В., 2015].

По нашему мнению, в данной статье, для решения практических задач по выбору проекта инвестирования может быть применена СППР «Решение», в которой в качестве инструментария используется метод анализа иерархий и имеется поддержка программными

продуктами, обладающими удобным пользовательским интерфейсом и дополнительным функционалом.

Результаты исследований

Алгоритм применения СППР «Решение» для принятия выбора проекта инвестирования включает следующие этапы.

- 1) построение адекватной модели проблемы в виде иерархии, включающей цель, альтернативные варианты достижения цели и критерии для оценки качества альтернатив;
- 2) определение приоритетов альтернатив путем линейной свертки приоритетов элементов на иерархии;
- 3) проверка суждений на согласованность;
- 4) принятие решения на основе полученных результатов.

Первым этапом в решении задачи принятия решения является декомпозиция проблемы через определение ее компонент и отношений между ними (рис.1).

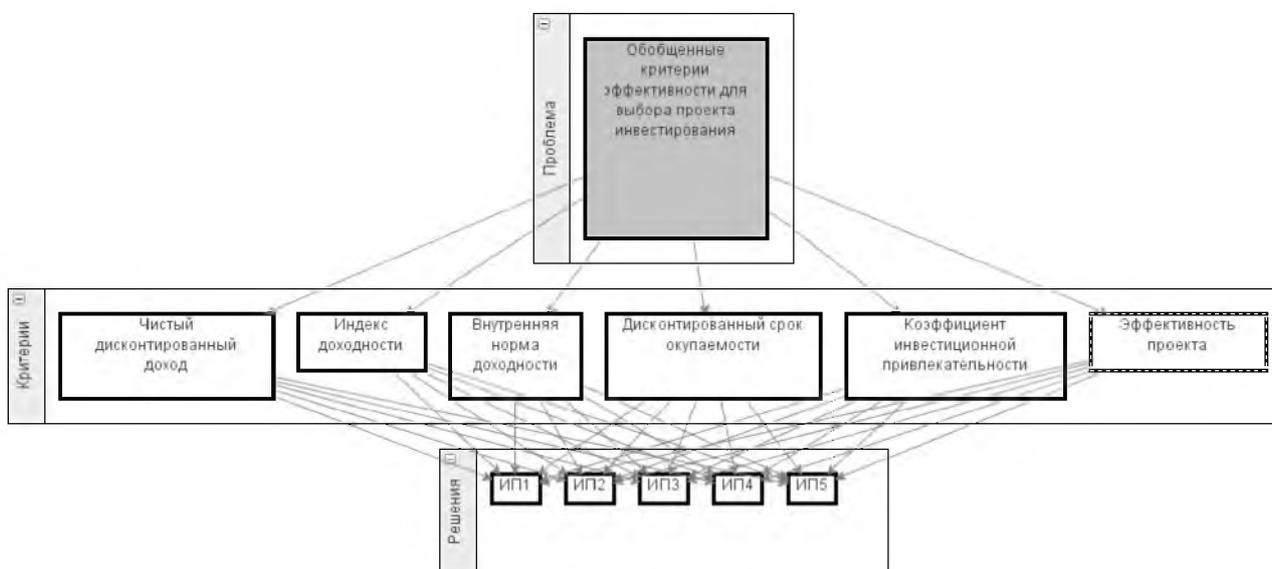


Рис.1. Иерархия для оценки выбора объекта инвестирования
Fig. 1. Hierarchy for assessing the choice of an investment object

Как видно из рисунка 1, СППР «Решение» представляет модель иерархии в наглядном виде и позволяет экспертной группе сосредоточиться на сравнении элементов иерархии. Выбор проекта инвестирования будет оцениваться по критериям оценки предложенных альтернатив:

- Чистый дисконтированный доход;
- Индекс доходности;
- Внутренняя норма доходности;
- Дисконтированный срок окупаемости;
- Коэффициент инвестиционной привлекательности;
- Эффективность проекта (вклад в улучшение производственной деятельности).

Следующим этапом является осуществление попарного сравнения отдельных компонент иерархии. Попарные сравнения – это процесс, согласно которому экспертные группы сравнивают все пары объектов из некоторого списка по определенному критерию, указывая каждый раз более предпочтительный по этому критерию объект.

Так, дисконтированный срок окупаемости дает информацию о риске и ликвидности проекта; NPV показывает прирост благосостояния акционеров компании; IRR оценивает доходность инвестиции и содержит информацию о «резерве безопасности проекта»; PI также дает информацию о «резерве предела безопасности»; PP показатель определяет срок, в



течение которого инвестиции будут «заморожены»; эффективность инвестиционного проекта – критерий, отражающий соответствие проекта целям и интересам участников проекта. Следовательно, рациональная оценка и выбор инвестиционного проекта могут быть осуществлены только по нескольким критериям эффективности.

Следует отметить, что при проведении процедуры сравнения элементов иерархии эксперту достаточно сложно самостоятельно провести сравнения таким образом, чтобы получаемая матрица парных сравнений имела коэффициент отношения согласованности (ОС) менее 10%, как того рекомендует метод анализа иерархий. Сложность этого процесса возрастает с увеличением количества сравниваемых элементов и на практике, уже начиная с 5 элемента, эксперту затруднительно формировать согласованные матрицы. Система «Решение» позволяет производить автоматическую корректировку суждений экспертов, для приведения матриц парных сравнений к согласованному виду. Вся информация по сравнению критериев отображается в одном окне (рис. 2).

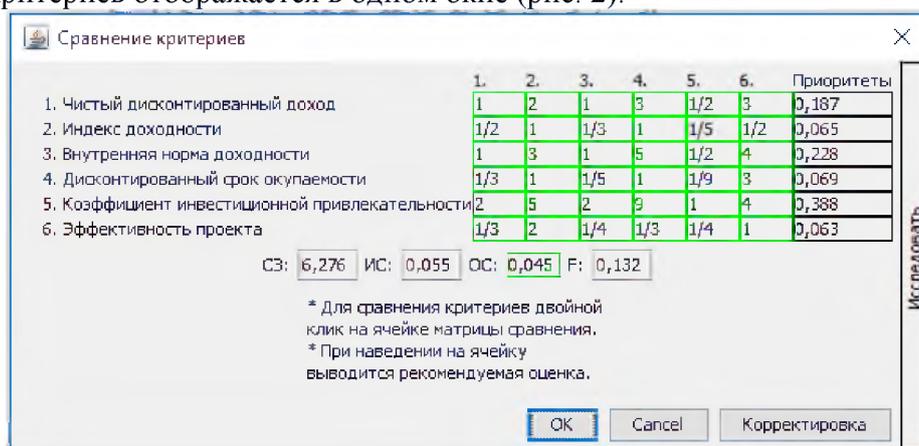


Рис. 2. Сравнение критериев
Fig. 2. Comparison of criteria

Заполнили первую строку матрицы парных сравнений, поставив оценку от 0 до 9. Считаем долю каждой альтернативы в первой строке, соизмеримо долям заполняем вторую строку и так до последней.

Определим индекс согласованности составленной матрицы, для этого из рисунка определим значение случайного индекса для матриц размером «пять на пять» $ИС = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} = 0,055$. Определим отношение согласованности: $ОС = (ИС/СИ) * 100\% = 4,5\%$.

Считается нормальным, если $ОС < 10\%$. 100% ОС эквивалентно случайным суждениям. В нашем случае $ОС = 4,5\%$ и матрицу можно считать согласованной. Затем составим матрицы парных сравнений альтернатив по всем критериям.

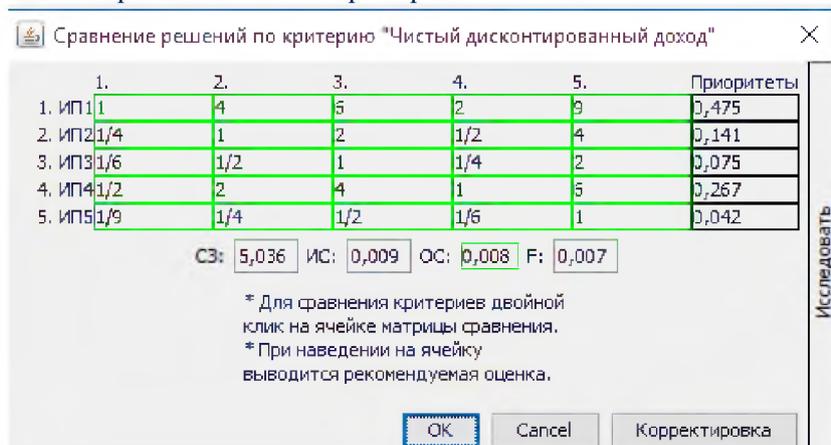


Рис. 3. Сравнение решений по критерию «Чистый дисконтированный доход»
Fig. 3. Comparison of solutions by criterion «Net discounted income»

Сравнение решений по критерию «Внутренняя норма доходности» представлено на рисунке 4.

При формировании матрицы парных сравнений следует помнить об анализе согласованности предпочтений. Томасом Саати был предложен показатель количественной согласованности, названный им индексом согласованности ($ИС \leq 0,01$).

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритеты
1. ИП1	1	7	4	3	4	0,481
2. ИП2	1/7	1	1/4	1/4	1/4	0,044
3. ИП3	1/4	4	1	1/2	1/2	0,114
4. ИП4	1/3	4	2	1	2	0,210
5. ИП5	1/4	4	2	1/2	1	0,150

СЗ: 5,160 ИС: 0,040 ОС: 0,037 F: 0,034

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

OK Cancel Корректировка

Рис.4. Сравнение решений по критерию «Внутренняя норма доходности»

Fig. 4. Comparison of solutions by criterion «Internal rate of return»

Сравнение решений по критерию «Индекса доходности», «Дисконтированный срок окупаемости», «Коэффициент инвестиционной привлекательности», «Эффективности проекта» представлено на рисунках 5-9.

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритеты
1. ИП1	1	9	9	2	4	0,513
2. ИП2	1/9	1	1	1/4	1/2	0,060
3. ИП3	1/9	1	1	1/4	1/2	0,060
4. ИП4	1/2	4	4	1	2	0,245
5. ИП5	1/4	2	2	1/2	1	0,122

СЗ: 5,003 ИС: 0,001 ОС: 0,001 F: 0,000

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

OK Cancel Корректировка

Рис.5. Сравнение решений по критерию «Коэффициент инвестиционной привлекательности»

Fig. 5. Comparison of solutions by criterion «Coefficient of investment attractiveness»

	1.	2.	3.	4.	5.	Приоритеты
1. ИП1	1	1/4	1/9	1	1/4	0,049
2. ИП2	4	1	1/4	4	1	0,174
3. ИП3	9	4	1	9	4	0,554
4. ИП4	1	1/4	1/9	1	1/4	0,049
5. ИП5	4	1	1/4	4	1	0,174

СЗ: 5,076 ИС: 0,019 ОС: 0,018 F: 0,005

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

OK Cancel Корректировка

Рис. 6. Сравнение решений по критерию «Индекса доходности»

Fig. 6. Comparison of solutions by criterion «Index of profitability»

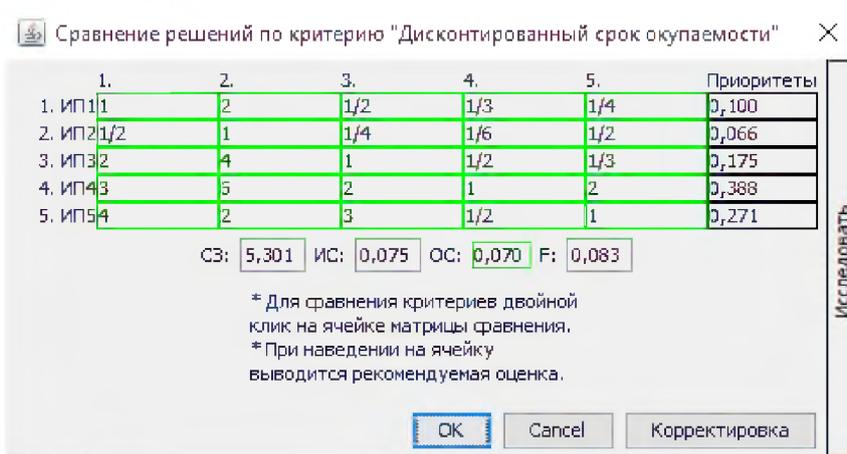


Рис. 7. Сравнение решений по критерию «Дисконтированный срок окупаемости»
Fig. 7. Comparison of solutions by criterion «Discounted payback period»

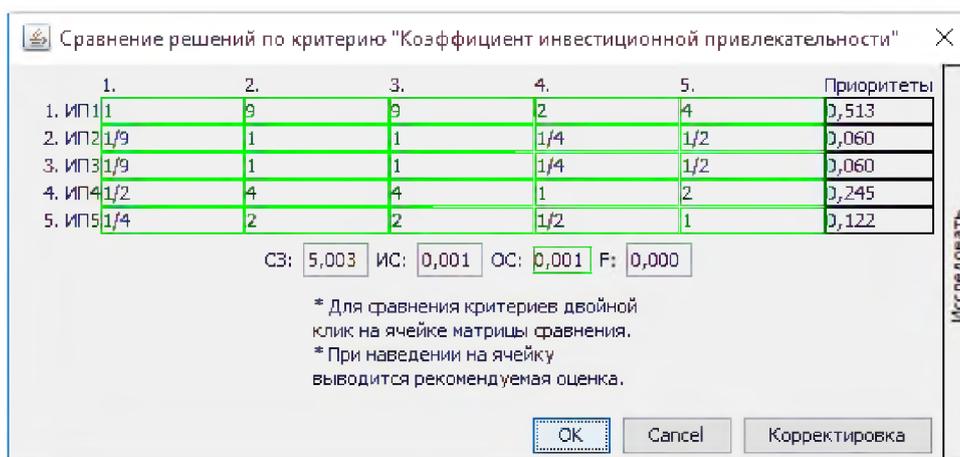


Рис. 8. Сравнение решений по критерию «Коэффициент инвестиционной привлекательности»
Fig. 8. Comparison of solutions by criterion «Coefficient of investment attractiveness»

Проводя парные сравнения критериев, автоматически ведется подсчет приоритетов критериев, а также согласованности полученной матрицы парных сравнений. После проведения ранжирования критериев по важности эксперт должен провести сравнение критериев по каждому инвестиционному проекту.

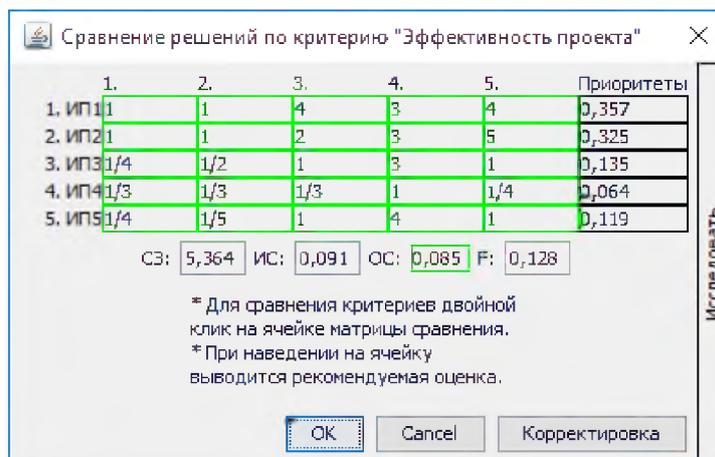


Рис. 9. Сравнение решений по критерию «Эффективности проекта»
Fig. 9. Comparison of solutions by criterion «Project Effectiveness»

Отчет по решению проблемы «Выбора проекта инвестирования» представлен на рисунке 10.

Отчет по решению проблемы "Обобщенные критерии эффективности для выбора проекта инвестирования"

Критерий оценки	Приоритет
Чистый дисконтированный доход	0.18670629275010325
Индекс доходности	0.06542745021951674
Внутренняя норма доходности	0.22819462635228044
Дисконтированный срок окупаемости	0.06864092358656503
Коэффициент инвестиционной привлекательности	0.3875614929037636
Эффективность проекта	0.06346921418777095

Рис. 10. Отчет по решению проблемы «Выбора проекта инвестирования»
Fig. 10. Report on the solution of the problem «Selection of the investment project»

Матрица сравнения критериев представлена на рисунке 11.

Из группы матриц парных сравнений формируется набор локальных приоритетов, которые выражают относительную значимость определенного проекта среди прочих проектов в рамках конкретного рассматриваемого критерия эффективности.

Матрица сравнения критериев							
Критерий:	Чистый дисконтированный доход	Индекс доходности	Внутренняя норма доходности	Дисконтированный срок окупаемости	Коэффициент инвестиционной привлекательности	Эффективность проекта	Приоритет:
Чистый дисконтированный доход	1	2	1	3	1/2	3	0,187
Индекс доходности	1/2	1	1/3	1	1/5	1/2	0,065
Внутренняя норма доходности	1	3	1	5	1/2	4	0,228
Дисконтированный срок окупаемости	1/3	1	1/5	1	1/9	3	0,069
Коэффициент инвестицион	2	5	2	9	1	4	0,388

Рис. 11. Матрица сравнения критериев
Fig. 11. Criterion comparison matrix

В каждой матрице выставляется степень приоритетности инвестиционных проектов относительно конкретного критерия, которая определяется путем проведения парных сравнений инвестиционных проектов по критериям доминирования одного проекта над другим по девятибалльной шкале отношений.

Согласно рассмотренной методике оценки инвестиционных проектов все альтернативы ранжированы в порядке убывания значения показателя приоритета. Таким образом, наиболее значимым является инвестиционный проект №1, так как он составил 0,43. Предлагаемый вариант многокритериальной оценки инвестиционного проекта может быть с успехом применен.



Вариант решения проблемы	Приоритет
ИП1	0.43019490137061633
ИП2	0.0962019121727922
ИП3	0.11992697012884806
ИП4	0.2265267427644801
ИП5	0.12714947356326334

Наилучшая альтернатива:

ИП1

Рис. 12. Варианты решения проблемы по приоритетности
Fig.12. Options for addressing the priority issue

Проведя все сравнения для иерархии, экспертная группа может перейти к результатам ранжирования инвестиционных проектов. Как видно из рисунка 13, наилучшей оценки заслуживает инвестиционный проект 1.

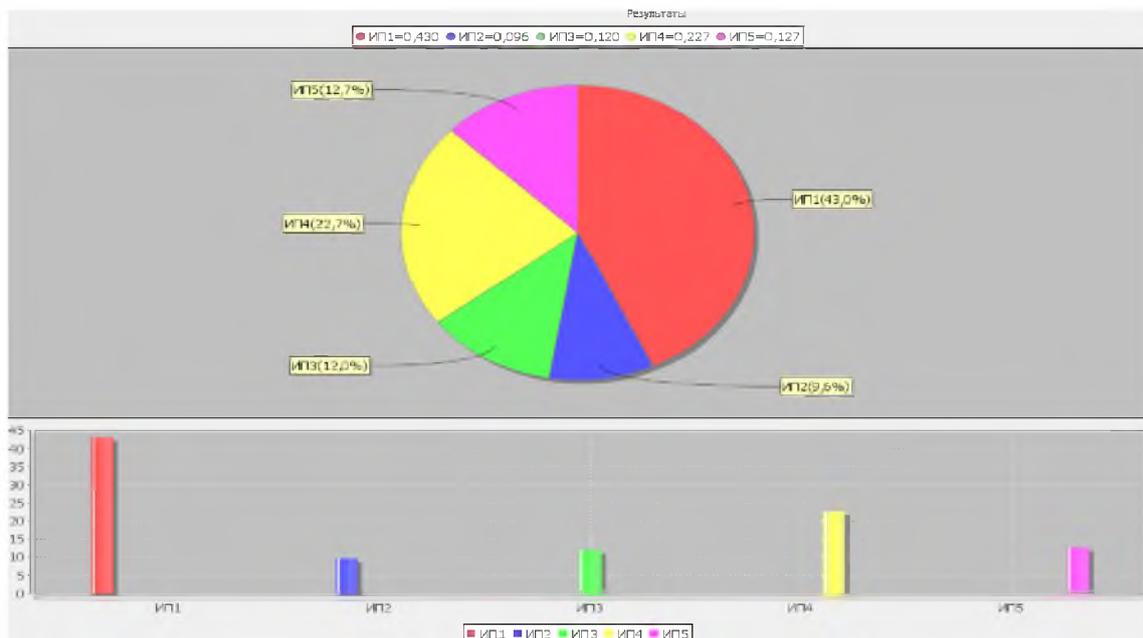


Рис. 13. Окно вывода результатов оценки критериев в СППР «Решение»
Fig. 13. On the output of the results of the evaluation criteria in the DSS «Solution»

Таким образом, для оценки критериев в условиях, когда информация достаточно неопределенна и слабо структурирована, может быть использована СППР «Решение». Система позволит собрать экспертную информацию, математически обработать ее и представить результаты вычислений в удобном виде. Кроме того, данная система позволяет находить оптимальные решения методом анализа иерархий, а также его модификации, которая устраняет некорректности классического подхода. Оценка проекта инвестирования, выполненная с помощью СППР «Решение», позволяет определить наиболее привлекательный для инвестора проект из нескольких возможных с использованием метода анализа иерархий, выявить приоритетные направления их дальнейшего развития.

Выводы

В работе были исследованы вопросы внедрения новых технологий управления таких как систем поддержки принятия решений с использованием метода анализа иерархий в информационно-управляющую систему предприятия, для увеличения эффективности предприятия в целом и для поддержки принятия управленческих решений, в частности.

Поскольку одним из стратегически важных направлений деятельности предприятия является инвестиционная деятельность, на примере распределения инвестиций из предложенных альтернатив по заданным критериям был произведен выбор инвестиционных вложений. Предложенные альтернативы представлены в виде иерархии



На основе представленных показателей с помощью алгоритма показана модель выбора приоритетного направления развития инвестиционной деятельности предприятия.

Для этого были построены таблицы сравнений важности критериев, матрицы парных сравнений критериев и альтернатив по предложенным критериям, таблица полезности альтернатив, рассмотрены формулы эффективности инвестиционных вложений.

Список литературы

References

1. Басакер Р., Саати Т., 1974. Конечные графы и сети. М., Наука, 368.
Bakker R., Saaty T., 1974. Finite graphs and networks. Moscow, Nauka, 368.
2. Басовский Л. Е., Басовская Е. Н. 2008. Экономическая оценка инвестиций. М., ИНФРА-М, 241.
Basovsky L.E., Basovskaya E.N., 2008. Economic evaluation of investment. Moscow, INFRA-M, 241.
3. Блюмин С.Д., Шуйкова И.А., 2001. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. Липецк, ЛЭГИ, 138.
Blyumin S.D. Chuikova I.A., 2001. Models and methods of decision-making under uncertainty. Lipetsk, LEGI, 138.
4. Калугин В.А., 2004. Многокритериальные методы принятия инвестиционных решений: Монография. СПб., Химиздат, 211.
Kalugin V.A., 2004. Multi-criteria methods of investment decisions: Monograph. SPb., Khimizdat, 211.
5. Кириллов Ю.В., Досуева Е.Е., 2013. Методика оценки коммерческой эффективности инвестиционных проектов. Экономический анализ: теория и практика, 32: 45-52.
Kirillov Yu.V., Doseeva E.E., 2013. The methods of estimating the commercial efficiency of investment projects. Economic analysis: theory and practice, 32: 45-52.
6. Лифиренко М.В., Ломакин В.В., 2015. Система поддержки принятия решений при экспертной оценке социальных рисков. Научные ведомости БелГУ Сер. Экономика Информатика. 19(216): 132-136.
Lifirenko M.V., Lomakin V.V., 2015. Decision support system for expert assessment of social risks. Nauchnye vedomosti BelGU. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies] 19(216): 132-136.
7. Ломакин В.В., Лифиренко М.В., Асадуллаев Р.Г., 2014. Комплекс критериев и алгоритмическое обеспечение процесса принятия решений при создании систем управления наружным освещением. Фундаментальные исследования. 11(11): 2370-2374.
Lomakin V.V., Lifirenko M.V., Asadullaev R.G., 2014. A set of criteria and algorithmic support of the decision-making process for creating control systems for outdoor lighting. Fundamental research. 11(11):2370-2374.
8. Ломакин В.В., Лифиренко М.В., 2014. Экспериментальное исследование адекватности функционала согласованности оценок в многокритериальных методах принятия решений. Информационные системы и технологии. 6(86): 14-20.
Lomakin V.V., Lifirenko M.V., 2014. Experimental study of the adequacy of the consistency of the estimates in multicriterion decision-making methods information systems and technologies. 6(86): 14-20.
9. Ломакин В.В., Лифиренко М.В., 2013. Алгоритм повышения степени согласованности матрицы парных сравнений при проведении экспертных опросов. Фундаментальные исследования. 11(9): 1798-1803.
Lomakin V.V., Lifirenko M.V., 2013. Algorithm for increasing the degree of consistency of the matrix of paired comparisons in conducting expert interviews. Fundamental research. 11(9): 1798-1803.
10. Ломакин В.В., Шаповалова И.С., Резниченко О.С., Клименко Н.А., 2014. Проектирование системы поддержки принятия решений при управлении корпоративной культурой организации. Научно-технический вестник Поволжья. 6: 218-220.
Lomakin V.V., Sharovalova I.S., Reznichenko O.S., Klimenko N.A., 2014. Designing a decision support system for managing the corporate culture of the organization. Scientific and Technical Herald of the Volga Region. 6: 218-220.
11. Любушин Н.П., Лещева В.Б., Дьякова В.Г., 2004. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия. М., ЮНИТИ-ДАНА, 423.
Lyubushin N.P., Leshchev, V.B., Dyakova V. G., 2004. Analysis of financial and economic activity of the enterprise. M., UNITY-DANA, 423.
12. Макарова Л.Г., Макаров А.С., 2008. Экономический анализ и управление финансами фирмы. М., Академия, 336.
Makarova L.G., Makarov A.S., 2008. Economic analysis and financial management of the firm. M., Academy, 336.



13. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов:(Вторая редакция). 2000. Москва, ОАО НПО Экономика, 99.
Methodical recommendations on assessment of efficiency of investment projects(Second edition). 2000. Moscow, NPO Economy, 99.
14. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: утв. Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике от 21.06.1999 №ВК 477.
Methodical recommendations on estimation of effectiveness of investment projects: approved. The Ministry of economy, Ministry of Finance of the Russian Federation, State Committee of Russia for construction, architecture and housing policy from 21.06.1999 №VK 477.
15. Ногин В.Д., 2004. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев. Вычислительная математика и математическая физика, 44(7): 1261-1270.
Nogin, V.D., 2004. A simplified version of the hierarchy analysis method based on nonlinear convolution of criteria. Computational mathematics and mathematical physics, 44(7): 1261-1270.
16. Огурцов А.Н., Староверова Н.А., 2013. Алгоритм повышения согласованности экспертных оценок в методе анализа иерархий. Вестник Ивановского государственного энергетического университета, 5: 81-84.
Ogurtsov, A.N., Staroverova N.A., 2013. The boosting algorithm expert estimates ' consistency in the analytic hierarchy process. Vestnik ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta, 5: 81-84.
17. Орлов А.И., 2004. Теория принятия решений. М., Март, 656.
Orlov A.I., 2004. The theory of decision-making. Moscow, March, 656.
18. Петровский А.Б., 2009. Теория принятия решений. Москва, Академия, 345.
Petrovsky A.B., 2009. The theory of decision-making. Moscow, Academy, 345.
19. Репушевская О.А., Марьина И.А., 2011. Инвестиции: учебное пособие. Московский филиал ЛГУ им. А.С. Пушкина, 157.
Repishevsky O.A., Mar'ina I.A., 2011. Investments: textbook. The Moscow branch of Lgfm. A.S. Pushkin, 157.
20. Резниченко О.С., Салина В.Г., 2013. Применение метода анализа иерархий для решения бизнес-задач многокритериального выбора. Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения, 2: 43-47.
Reznichenko O.S., Salina V.G., 2013. Application of the method of analyzing hierarchies for solving business problems of multicriteria choice. Modern science: actual problems and ways to solve them, 2: 43-47.
21. Ример М.И., 2011. Экономическая оценка инвестиций: учебник 4-е изд., перераб. и доп. СПб., Питер, 425.
Rimer M.I., 2011. Economic evaluation of investments: a textbook 4th ed. Rev. and additional SPb., Peter, 425.
22. Саати Т., 1993. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва, Радио и связь, 278.
Saaty T., 1993. Decision-making. Method of analysis of hierarchies. Moscow, Radio and communication, 278.
23. Саати Т., Кернс К., 1991. Аналитическое планирование. Организация систем. Москва, Радио и связь, 224.
Saaty T., Kerns K., 1991. Analytical planning. The organization systems. Moscow, Radio and communication, 224.
24. Трифилова А.А., 2003. Оценка инновационной активности предприятия. Инновации, 10: 102-108.
Trifilova A. A., 2003. Estimation of innovative activity of the enterprise. Innovation, 10: 102-108.
25. Тутыгин А.Г., 2010. Преимущества и недостатки метода анализа иерархий. Известия РГПУ им. А.И. Герцена. Естественные и точные науки, 122: 45-51.
Tutygin A.G., 2010. The advantages and disadvantages of the method of analysis of hierarchies. Izvestiya RGPU im. A.I. Herzen. Natural and exact Sciences, 122: 45-51.
26. Alonso J.A., 2006. Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 14(4): 445-459.
27. Bradley R.A., Terry M.E., 2011. Rank analysis of incomplete block designs, I. the method of paired comparisons. Biometrika, 39: 324-345.
28. Saaty, Thomas L., 2008. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors. The Analytic Hierarchy. Network Process. Estadística e Investigación Operativa. Statistics and Operations Research Artículo panorámico. Survey. Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat, 102(2): 251-318.