

## ЭКСПЕРТНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Цапенко М.В., Романова О.Е.

*Российская Федерация, г. Самара*

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева*

**Аннотация.** В статье рассмотрена экспертная модель оценки инновационных проектов. В основу модели положен метод анализа иерархий Томаса Саати. Апробация модели проведена на примере инновационных проектов нефтегазовой отрасли.

**Ключевые слова:** метод анализа иерархий, критерии эффективности, иерархическая структура, многокритериальная оценка.

Метод анализа иерархий (далее по тексту – МАИ) представляет собой итерационную процедуру синтеза экспертного знания, предполагающую парное сравнение критериев и альтернатив по заранее заданной дискретной шкале приоритетов.

Базовая модель метода была разработана в 1970-х годах математиком Томасом Саати [1]. МАИ позволяет структурировать проблему и сравнивать различные критерии и альтернативы, чтобы определять наиболее оптимальное решение [2]. Этот метод получил широкое распространение в различных областях, таких как управление, экономика, инженерия, научные исследования, государственное управление, экология и пр. Примеры применения метода для решения различных задач оценивания представлены в работах [3–9].

Для апробации алгоритма метода МАИ были выбраны три инновационных проекта: «Литейное производство», «АПК-Волга» и «Производство комплектующих забойных телесистем». Эти инновационные проекты относятся к нефтегазовой отрасли и направлены на повышение эффективности добычи и отдачи скважин, а также на общую цифровизацию и автоматизацию процессов в отрасли. Известны примеры применения рассматриваемого метода в этой предметной области [10].

На основании анализа содержательной части проектов были определены пять критериев сравнения: объем инвестиций, срок окупаемости, расходы на НИКОР, доля займа Фонда развития промышленности (далее по тексту – ФРП [11]) в инвестициях, соответствие проекта потребностям рынка. Фактические значения этих критериев представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Характеристика рассматриваемых инновационных проектов**

<b>Критерий / Проект</b>	<b>Литейное производство</b>	<b>АПК-Волга</b>	<b>Комплекующие ЗТС</b>
Объем инвестиций, млн. руб.	140	190	130
Срок окупаемости, лет	2,5	3	2,7
Расходы на НИКОР, млн. руб.	20,74	10,3	6,25
Доля займа от ФРП в инвестициях, %	74	79	67
Соответствие проекта потребностям рынка, баллы	2	3	1

Далее проведем экспертное оценивание на основе парного сравнения компонентов иерархии. Такая иерархия сконструирована по трёхуровневой схеме, где на первом уровне определена цель – комплексная оценка проектов, на втором уровне зафиксированы пять критериев (таблица 1), на третьем уровне представлены три анализируемых проекта.

Для каждого уровня иерархии формируются матрицы парных сравнений, в которых фиксируется экспертная оценка относительной важности одного элемента по сравнению с другим. Каждый элемент парного сравнения оценивается по дискретной шкале приоритетов от 1 до 9, где 1 означает равную важность элементов, а 9 означает абсолютное превосходство одного элемента по сравнению с другим [12].

Результаты экспертного оценивания значимости критериев и математической обработки этих оценок представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Проведение экспертного оценивания на основе парного сравнения компонентов иерархии**

Критерии	Результаты парных сравнений					Среднее геометрическое	Нормированные оценки	$\lambda_{max}$
	Объем инвестиций	Срок окупаемости	Расходы на НИОКР	Доля займа ФРП	Соответствие проекта			
Объем инвестиций	1	1/4	5	3	1/3	1	14,62%	1,25
Срок окупаемости	4	1	7	3	1/3	2	27,23%	1,29
Расходы на НИОКР	1/5	1/7	1	1/3	1/9	1/4	3,55%	0,89
Возможность займа от ФРП	1/3	1/3	3	1	1/5	4/7	8,14%	1,00
Соответствие проекта	3	3	9	5	1	3 1/3	46,46%	0,92
<b>Суммы:</b>	<b>8,53</b>	<b>4,73</b>	<b>25,00</b>	<b>12,33</b>	<b>1,98</b>	<b>7,15</b>	<b>100,00%</b>	<b>5,34</b>

Как видно из данных, представленных в таблице 2, наибольшую значимость имеет критерий «Соответствие проекта потребностям рынка» его нормированная оценка значимости равна 46,46%. Самым незначимым признан критерий «Расходы на НИОКР», оценка значимости равна 3,55%.

После определения значимости критериев аналогичным способом проводится оценка значимости объектов оценивания по каждому из критериев. В таблице 3 представлены оценки и результаты расчётов значимости объектов по первому критерию «Объём инвестиций».

**Таблица 3. Математическая обработка полученных экспертных суждений – вычисление локальных приоритетов («Объём инвестиций, млн руб.»)**

Проекты	Литейное произв-во	АПК-Волга	Комплект-е ЗТС	Среднее геом.	Нормир. оценки	$\lambda_{max}$
Литейное производство	1	5	1/3	1 1/5	29,69%	1,25
АПК-Волга	1/5	1	1/5	1/3	8,56%	0,94
Комплекующие ЗТС	3	5	1	2 1/2	61,75%	0,95
<b>Суммы:</b>	<b>4,20</b>	<b>11,00</b>	<b>1,53</b>	<b>3,99</b>	<b>100,00%</b>	<b>3,14</b>

Как видно из данных, представленных в таблице 3, наибольшая значимость по критерию «Объём инвестиций» у проекта Комплекующие ЗТС, его нормированная оценка значимости равна 61,75%. Самым незначимым является проект АПК-Волга, оценка значимости равна 8,56%.

Аналогичным образом рассчитываются значимости объектов оценки по остальным четырём критериям.

Достоинством МАИ является возможность проверки качества работы экспертов – определение согласованности экспертных оценок [13]. Для этого рассчитываются два показателя – индекс и отношение согласованности:

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

где  $\lambda_{\max}$  – приближенное собственное значение матрицы (в таблицах 2, 3 это значение рассчитано в правой нижней ячейке);

$n$  – размерность матрицы парных сравнений.

Отношение согласованности рассчитывается по формуле:

$$ОС = \frac{ИС}{СС}, \quad (2)$$

где СС – случайная согласованность – константа, зависящая от размерности матрицы парных сравнений.

Для признания экспертных оценок согласованными величина отношения согласованности должна быть порядка 10% или менее [14].

В таблице 4 представлены значения индекса и отношения согласованности для матриц парных сравнений проектов по критериям.

**Таблица 4. Оценка качества работы экспертов по сравнению объектов**

Показатель	Объем инвестиций	Срок окупаемости	Расходы на НИОКР	Доля займа ФРП	Соответствие проекта
ИС	6,78%	6,78%	3,24%	1,93%	6,78%
ОС	11,69%	11,69%	5,59%	3,32%	11,69%

Таким образом, в результате оценки два из пяти отношений согласованности оказались ниже 10%. Значения трех отношений согласованности при этом оказались близки к 10%, что свидетельствует о приемлемости согласованности экспертных суждений.

После вычисления локальных приоритетов для каждого элемента иерархической структуры, необходимо произвести их свертку для синтеза глобальных приоритетов.

Для свертки локальных оценок используется метод взвешенных сумм, где в качестве весовых коэффициентов выступают нормированные оценки значимости критериев. Результаты подобной свертки показаны в таблице 5.

**Таблица 5. Свертка локальных оценок – синтез глобальных приоритетов**

Проект	Объем инвестиций	Срок окупаемости	Расходы на НИОКР	Доля займа ФРП	Соответствие проекта	Глобальные приоритеты
<b>Вес критериев</b>	<b>0,15</b>	<b>0,27</b>	<b>0,04</b>	<b>0,08</b>	<b>0,46</b>	
Литейное производство	0,30	0,58	0,07	0,26	0,30	<b>0,36</b>
АПК-Волга	0,09	0,14	0,28	0,64	0,62	<b>0,40</b>
Комплекующие ЗТС	0,62	0,28	0,65	0,10	0,09	<b>0,24</b>
Суммы:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	<b>1,00</b>

Как видно из данных, представленных в таблице 5, по результатам расчётов методом анализа иерархий выявлено, что наиболее оптимальный вариант для инвестирования – это инновационный проект «АПК-Волга», глобальная оценка – 40%. На втором месте с небольшим отрывом находится проект «Литейное производство», его глобальная оценка – 36%, а самым неприоритетным проектом эксперты определили проект «Комплекующие ЗТС» – 24%.

Перспективным развитием исследований в этой области является формирование непрерывных шкал суждений, в отличие от дискретных оценок 1–9 [15].

Таким образом, применение метода МАИ позволило провести экспертную многокритериальную оценку инновационных проектов с целью их ранжирования и определения приоритетов для инвестирования.

Научную новизну проведённого исследования составляет система критериев оценивания, предложенная авторами на основании содержательного анализа проектов, а также экспертные оценки парных сравнений значимости пяти критериев и трёх проектов по каждому из критериев.

### **Список литературы**

1. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. – Москва: Радио и связь, 1993. – 278 с.
2. Скрипина, И.И., Зайцева, Т.В., Путивцева, Н.П. Анализ и выбор математической модели с помощью метода анализа иерархий // Журнал «Научный результат. Информационные технологии», 2021, С. 41-46.
3. Цапенко, М. В. Многокритериальная оценка инновационного потенциала региональной экономики // Стратегическое планирование и развитие предприятий: Материалы XIII Всероссийского симпозиума, Москва, 12–13 апреля 2022 года. – Москва: ЦЭМИ РАН, 2022. – С. 465-467.
4. Бобылева, Д. Ю. Многокритериальные методы оценивания и выбора управленческих решений // Управление организационно-экономическими системами: Сборник трудов научного семинара студентов и аспирантов института экономики и управления, Самара, 22–27 ноября 2021 года / Под общей редакцией Д.Ю. Иванова. Том Выпуск 22. – Самара: Самарский университет, 2022. – С. 231-236.
5. Ноздрин, Д. Ю. Выбор стратегических альтернатив развития предприятия методом многокритериального экспертного оценивания // Управление организационно-экономическими системами: Сборник трудов научного семинара студентов и аспирантов института экономики и управления, в 2 ч., Самара, 23–28 ноября 2020 года / Под общ. ред. Д.Ю. Иванова. Том Выпуск 21 Часть 2. – Самара: Самарский университет, 2021. – С. 79-84.
6. Экспертное многокритериальное оценивание значимости локальных показателей эффективности инновационных проектов / С. Ю. Боровик, М. В. Цапенко, Е. Н. Кириллова, С. В. Кузнецов // Проблемы экономики современных промышленных комплексов. Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты: Сборник научных статей XII Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 24–25 декабря 2017 года / Под ред. Д.А. Новикова. – Самара: СНИЦ РАН, 2017. – С. 105-109.
7. Горбачева, А. Н. Обзор конструктивных методов многокритериального оценивания сложных социально-экономических систем / А. Н. Горбачева, Е. Е. Богданова, М. В. Цапенко // Проблемы экономики современных промышленных комплексов. Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты: Сборник научных статей XII Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 24–25 декабря 2017 года / Под ред. Д.А. Новикова. – Самара: СНИЦ РАН, 2017. – С. 17-21.
8. Зотов, Р. С. Экспертная оценка эффективности энергосберегающих мероприятий / Р. С. Зотов, М. В. Цапенко // Проблемы экономики

современных промышленных комплексов. Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты: Сборник научных статей XII Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 24–25 декабря 2017 года / Под ред. Д.А. Новикова. – Самара: СНЦ РАН, 2017. – С. 73-82.

9. Дилигенский, Н. В. Экспертная модель оценивания эффективности научной деятельности вуза / Н. В. Дилигенский, М. В. Цапенко, А. Н. Давыдов // Высшее образование, бизнес, предпринимательство 2009: Материалы Международной научно-практической конференции: Сборник докладов, Самара, 26 марта 2009 года / Отв. редактор А.А. Прохоренко. Том Часть 1. – Самара: СамГТУ, 2009.–С. 85-94.

10. Уклова, В. В. Адаптация метода анализа иерархий для возможности проведения сценарного анализа проектов развития предприятий газовой сферы // Системы управления и информационные технологии. – 2021. – № 1(83). – С. 43-48.

11. Фонд развития промышленности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://frprf.ru/zaumy/> (дата обращения 10.05.2023 г.).

12. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах: Учебник. Изд. второе, перераб. и доп. – М.: Логос, 2002. - 392 с.

13. Пителинский, К. В. Метод анализа иерархий и особенности его применения / К. В. Пителинский // Методы менеджмента качества. – 2022. – № 7. – С. 61.

14. Саати, Т., Керне, К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991.

15. Jensen, R.E, An alternative scaling method for priorities in hierarchical structures // Journal of Mathematical Psychology, Vol. 28, № 3, 1984, Pages 317-332.

## MODEL OF EXPERT ESTIMATION INNOVATIVE PROJECTS IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

M.V. Tsapenko, O.E. Romanova

*Samara University,  
Samara, Russian Federation*

**Abstract.** This article considers an expert model for estimation innovative projects. The model is based on the method of analysis of hierarchies by Thomas Saaty. Approbation of the model was carried out on the example of innovative projects in the oil and gas industry.

**Keywords:** Analytic Hierarchy Process, efficiency criteria, hierarchical structure, multicriteria estimation.