

# МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛЬТЕРНАТИВ В ЗАДАЧАХ ЛОГИСТИКИ

**Гончаров Константин Александрович**

аспирант, ФГБОУВО «Финансовый Университет  
при Правительстве Российской Федерации»  
goncharovkostya.1997@gmail.com

## MULTICRITERIA ANALYSIS OF ALTERNATIVES IN LOGISTICS PROBLEMS

**K. Goncharov**

*Summary.* Modern experience has shown many times that the implementation of various types of information systems for automated information processing and calculations can significantly increase the competitive advantage of an organization. Modern software and computing tools can work with huge amounts of information and performing complex and resource-intensive calculations in a matter of seconds. However, as a rule, these software systems operate according to a data processing model or a mathematical model. Accordingly, the task of developing a methodology for reducing problems arising in the everyday sphere to mathematical problems becomes urgent. This article presents an analysis of the problems solved in such an area of the company's life as logistics.

The introduction of a methodology for formalizing logistics tasks in the terminology of multi-criteria analysis of alternatives tasks creates the prerequisites for the introduction of new automated software tools in small, medium, and large businesses.

*Keywords:* analysis of alternatives, criterion, logistics, supplier choose, ELECTRE.

*Аннотация.* Современный опыт много раз показал, что внедрение различного рода информационных систем автоматизированной обработки информации и расчетов способно значительно повысить конкурентное преимущество организации. Современные программно-вычислительные средства способны работать с огромным количеством информации и производить сложнейшие и ресурс затратные расчеты за считанные секунды. Однако, как правило данные программные комплексы работают согласно модели обработки данных или математической модели. Соответственно, становится актуальной задача разработки методологии сведения задач, возникающих в бытовой сфере, к математическим задачам. В данной статье представлен анализ задач, решаемых в такой сфере жизнедеятельности компании, как логистика.

Внедрение методологии формализации задач логистики в терминологию задач многокритериального анализа альтернатив создает предпосылки внедрения новых автоматизированных программных средств в малый, средний и крупный бизнес.

*Ключевые слова:* анализ альтернатив, критерий, логистика, выбор поставщика, ELECTRE.

### Введение

В современных динамично изменяющихся рыночных условиях компании вынуждены постоянно искать новые способы развития и удержания текущих позиций в конкурентной среде. На сегодняшний день руководители малого, среднего и крупного бизнеса видят способ развития организации во внедрении новейших технологий автоматизированной обработки информации и проведения математических расчетов. Необходимость совершенствовать бизнес-процессы не обошла и такую сферу деятельности, как логистика. Крупные компании постоянно сталкиваются с проблемой поиска наиболее эффективного способа организации перевозок, способного максимизировать прибыль и достичь минимальных затрат. В то же самое время многие математические методы находят свое применение в новых сферах жизнедеятельности. Одним из таких математических методов является многокритериальный анализ альтернатив. Семейство данных методов хорошо себя зарекомендовало в автоматизированных системах поддержки принятия решений, которые способны математически обосновать преимущества одного решения над

всеми остальными возможными. Таким образом, становятся очевидными преимущества сведения логистических задач к задачам многокритериального анализа альтернатив: решение задачи может быть автоматизировано существующим на рынке программным обеспечением и выбранное решение может быть математически обосновано.

Целью данной статьи является описание методики применения математических методов многокритериального анализа альтернатив в задачах логистики.

Задачами данной исследовательской работы являются:

- Анализ прикладной предметной области
- Анализ методов многокритериального анализа альтернатив
- Решение прикладной логистической задачи методами многокритериального анализа альтернатив

Данная научная статья предназначена для специалистов в области логистики, аналитиков, менеджеров и исследователей, стремящихся углубить свои знания

в области многокритериального анализа и расширить инструментарий для оптимизации логистических процессов.

### Задачи логистики, существующие методы решения логистических задач

Итак, логистика — это наука, а также набор способов управления потоками товаров, информации и других ресурсов, таких как энергия и люди, от места происхождения до места потребления с целью удовлетворения требований потребителей. Она включает в себя процессы планирования, реализации и контроля эффективного экономического потока сырья, запасных частей, готовой продукции и связанной с ними информации от точки источника до точки потребления.

Основные задачи логистики:

**Управление закупками:** это важный процесс, который включает в себя различные действия, направленные на обеспечение того, чтобы организация получала необходимые товары и услуги в нужное время, в нужном месте и по оптимальной цене. Это требует тщательного планирования, выбора поставщиков, заключения контрактов, а также управления заказами и отношениями с поставщиками.

**Управление запасами:** это ключевой элемент логистики, который обеспечивает оптимальное количество товаров на складе для удовлетворения потребностей клиентов при минимизации затрат.

**Транспортировка:** Транспортировка играет жизненно важную роль в логистике, так как она связывает производителей с потребителями и обеспечивает своевременную доставку товаров.

**Складирование:** эффективное хранение и обработка товаров.

**Управление информацией:** обеспечение точности и своевременности данных о потоках товаров.

Логистика тесно связана с цепочками поставок и часто используется как синоним управления цепочками поставок, хотя последнее является более широким понятием, включающим в себя не только логистику, но и многие другие аспекты, такие как стратегическое планирование и управление отношениями с поставщиками.

В настоящий момент существует несколько математических методов решения задач в сфере логистики.

**Количественные методы решения логистических задач.** В эту группу методов входят такие методы, как:

линейное программирование, целочисленное программирование, теория игр.

**Качественные методы:** метод экспертных оценок, метод Дельфи

**Симуляционные методы:** метод агентного моделирования, метод моделирования Монте-Карло.

Проанализировав существующий спектр задач, которые решаются в ходе функционирования организации в сфере логистики и способы их решения, можно выделить отдельную группу задач, которые могут быть решены с помощью методов многокритериального анализа альтернатив: задача выбора поставщика. Корректный выбор поставщика оказывает влияние на все последующие логистические процессы в организации.

### Решение задачи методом многокритериального анализа альтернатив

Многокритериальный анализ — это метод принятия решений, который используется для решения задач, где необходимо учесть несколько критериев одновременно. Этот подход позволяет сравнивать и оценивать различные альтернативы, учитывая множество факторов, которые могут быть как количественными, так и качественными. Вот некоторые ключевые шаги процесса решения задач многокритериального анализа:

**Формулировка критериев:** Определение набора критериев, которые будут использоваться для оценки альтернатив.

**Взвешивание критериев:** Присвоение весов каждому критерию в соответствии с их значимостью.

**Составление матрицы решений:** Создание матрицы, которая отображает оценки альтернатив по каждому критерию.

**Применение методов многокритериального анализа:** Использование различных методов, таких как метод анализа иерархий (AHP), метод ELECTRE, метод PROMETHEE и другие для анализа и выбора наилучшей альтернативы.

**Анализ чувствительности:** Проверка устойчивости решения путем изменения весов критериев и оценок альтернатив.

Многокритериальный анализ широко применяется в различных областях, включая управление проектами, градостроительство, экологию, бизнес и финансы.

**Метод ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality).** Метод ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant

la REalité) — это один из методов многокритериального анализа, который используется для ранжирования альтернатив, основываясь на их согласованности и несогласованности по отношению друг к другу.

Метод ELECTRE был разработан группой французских исследователей под руководством Бернара Роя (Bernard Roy) в 1960-х годах. Этот метод стал одним из первых в области многокритериального анализа решений и с тех пор широко используется для решения сложных проблем выбора и ранжирования в различных областях, включая экономику, управление и инженерию. Основной вклад Бернара Роя заключался в разработке концепции несогласованности и согласованности между альтернативами, что позволило более полно учитывать различные аспекты при принятии решений.

Вот основные шаги метода ELECTRE:

**Определение критериев:** Выбор критериев, которые будут использоваться для оценки альтернатив.

**Построение матрицы решений:** Оценка каждой альтернативы по каждому критерию.

**Определение весов критериев:** Присвоение весов каждому критерию в зависимости от их важности.

**Вычисление согласованности и несогласованности:** Оценка степени согласованности (сходства) и несогласованности (различия) между каждой парой альтернатив.

**Построение матрицы согласованности/несогласованности:** Создание матрицы, которая показывает согласованность и несогласованность между альтернативами.

**Применение пороговых значений:** Установление порогов для согласованности и несогласованности, чтобы определить, какие альтернативы можно считать приемлемыми.

**Ранжирование альтернатив:** Использование полученной информации для ранжирования альтернатив от наиболее до наименее предпочтительных.

Метод ELECTRE особенно полезен, когда альтернативы сложно сравнить напрямую из-за различий в критериях или когда необходимо учесть неоднозначность и неопределенность в данных. Он позволяет аналитикам учитывать не только сильные стороны альтернатив, но и их слабые стороны, что делает процесс выбора более сбалансированным и обоснованным.

Решим следующую задачу: необходимо осуществить выбор ключевого поставщика из предложенных на основе данных о стоимости услуг поставщика, репутации

поставщика (на практике данный параметр зачастую получается с помощью систем оценки контрагентов), удаленности поставщика, сроков поставки, минимальной партии в единицах.

Метод ELECTRE имеет несколько преимуществ: существует версия данного метода для работы с нечеткими данными, метод предоставляет гибкость в присвоении весов, а также метод способен выявлять конфликтующие критерии.

В контексте многокритериального анализа критериями являются описанные выше признаки, на основе которых происходит выбор поставщика, а альтернативами — каждый отдельный поставщик. Для прикладной задачи предположим, что таковых было 5. Имеются следующие данные:

Таблица 1.

Матрица решений

	Цена ед	Репутация	Удаленность	Срок	Мин. партия
A1	600	7	13	12	100
A2	700	8	20	15	150
A3	700	8	32	24	130
A4	500	6	18	17	200
A5	650	7	6	10	150

Значения критерия «Репутация» представляют собой оценку от 0 до 10.

Ключевыми формулами в методе ELECTRE являются формулы согласия (1) и несогласия (2)

$$C(a,b) = \sum_{j \in J} w_j * a_j(b) \tag{1}$$

$$d(a,b) = \max_{j \in J} \{d_j(a,b)\} \tag{2}$$

В этих формулах:  $C(a,b)$  — индекс согласия для пары альтернатив  $a$  и  $b$ ,  $w_j$  — вес критерия  $j$ ,  $a_j(b)$  — оценка альтернативы  $b$  по критерию  $j$ ,  $d(a,b)$  — индекс несогласия для пары альтернатив,  $d_j(a,b)$  — мера несогласия по критерию  $j$ . Порог согласия обычно устанавливается экспертами или принимающими решения на основе специфики проблемы и важности критериев. Он может быть фиксированным или изменяться в зависимости от контекста задачи. Применив данные формулы, получаются следующие матрицы согласия и несогласия:

Таблица 2.

Матрица согласованности

0	0	0	0.5	0.38
1	0	0.13	0.63	0.88
1	0.38	0	0.88	0.88
0.5	0.38	0.13	0	0.5
0.25	0	0.13	0.5	0

Таблица 3.

Матрица несогласия

0	1	1	1	0.94
0	0	1	0.4	0
0	0.12	0	0.55	0.08
0.62	1	1	0	0.48
1	1	1	1	0

На основе полученных матриц составляются матрицы доминирующих альтернатив (каждый элемент принимает значение 0 или 1, 1 — альтернатива доминирует, 0 — альтернатива не доминирует)

Таблица 4.

Доминирующие альтернативы по признаку согласия

0	0	0	1	0
1	0	0	1	1
1	0	0	1	1
1	0	0	0	1
0	0	0	1	0

Таблица 5.

Доминирующие альтернативы по признаку несогласия

1	0	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1
1	0	0	1	1
0	0	0	0	1

В качестве пороговых значений согласия и несогласия использовались средние показатели: для согласия — 0.45, несогласия — 0.66

**Ранжирование альтернатив.** В данном методе ранжирование альтернатив проводится в 2 шага: формирование ядра решений из альтернатив, которые доминируют над другими и при этом не имеют превосходящих

альтернатив, и непосредственный анализ ядра решения. В данной задаче ядро решений состоит из альтернатив А2 и А3. При этом по матрице доминирующих альтернатив по признаку несогласия видно, что А2 доминирует над А3, то есть наиболее предпочтительной альтернативой из этих 2 является А3.

**Развитие методологии.** Была рассмотрена возможность применения математических моделей многокритериального анализа альтернатив для решения задачи выбора поставщика. Ключевым вопросом в решении логистических задач методами многокритериального анализа альтернатив является непосредственно определение альтернатив и критериев. Так, в задаче выбора оптимального маршрута альтернативами являются предполагаемые маршруты, а критериями могут выступать — протяженность маршрута, количество целевых пунктов на маршруте, затраты на перевозку и так далее.

## Вывод

Итак, в исследовательской работе был проведен анализ прикладной области, а именно логистики, и была описана методология решения логистических задач методом многокритериального анализа альтернатив ELECTRE. Основные преимущества данного метода заключаются в том, что он способен выявлять попарную доминантность альтернатив и представить более полную картину о решаемой задаче, а также в наличии версии для работы с нечеткими данными, которые более правдоподобно отражают реальную ситуацию. Таким образом, возможно создание комплексной системы поддержки решений на основе интеграции автоматизированных математических систем многокритериального анализа альтернатив с существующими инструментами управления логистикой на предприятии. Дальнейшая работа может быть сосредоточена на учете нечеткости различных данных в решаемых прикладных задачах: значений критериев и их весов, пороговых значений соответствия и несоответствия и т.п.

## ЛИТЕРАТУРА

- Кини Р., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981.
- Руа Б. Проблемы и методы принятия решений в задачах со многими целевыми функциями // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976.
- Егорычев, Д.Н. Управленческие решения: учебник по специальности «Менеджмент организации» / Л.И. Лукичева Д.Н. Егорычев Ю.П. Анискина. — 4-е изд. — Москва: Омега-Л, 2009. — 383 с.

© Гончаров Константин Александрович (goncharovkostya.1997@gmail.com)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»