

УДК 656.02

<http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-2-219-231>

О межфирменном сотрудничестве в сфере управления цепями поставок и методе анализа иерархий

Федор Дмитриевич Иванов

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия,
fedorivanov@me.com, <https://orcid.org/0009-0000-5978-4135>*

Аннотация

Цель. Построение системы критериев, на основе которой можно сформировать и улучшить управление цепями поставок как на уровне отдельной фирмы, так и на уровне отрасли в целом.

Задачи. В процессе анализа научной литературы выделить факторы, способствующие координации цепочки поставок; посредством метода анализа иерархий определить их последовательное расположение (от высшего к низшему) и приоритетность; на основании ранжирования построить систему критериев, с помощью которых можно оптимизировать цепочки поставок за счет неценовых факторов конкуренции.

Методология. Исследование сочетает в себе качественные и количественные методы, применяемые для более глубокого понимания рассматриваемой проблемы. Изучен массив актуальных данных и экспертных оценок в сфере управления цепями поставок. Помимо аналитических методов, использован комплексный экспертный метод анализа иерархий. Процесс его применения можно разделить на три этапа: 1) определение иерархии решений; 2) присвоение критериев принятия решения и построение матрицы; 3) анализ и подведение итогов.

Результаты. Автором проанализирован процесс межфирменной координации в цепях поставок как ключевой фактор долгосрочного конкурентного преимущества. С помощью метода анализа иерархий изучены и агрегированы наиболее актуальные исследования в литературе, выделены критерии и подкритерии, определяющие качество взаимодействия внутри цепей поставок, а также установлены веса и влияние каждого критерия на общий результат. Все критерии валидированы при расчете коэффициентов согласованности. По каждой матрице сравнения сформированы выводы об улучшении данных характеристик. В заключение даны рекомендации для интеграции системы критериев в общую систему управления цепями поставок.

Выводы. В статье исследованы критерии влияния на межфирменную координацию в цепях поставок. Среди них выявлены ключевые в сфере управления цепями поставок. К ним отнесены критерии, описывающие материальные аспекты, взаимоотношения между участниками цепи, их репутацию и опыт, производительность и другие. Парное сравнение приведенных критериев, а также анализ подкритериев позволили сделать ряд выводов: к наиболее значимым отнесены качество информационного потока и ИТ-инфраструктуры, текущий уровень интеграции цепи поставок, скорость доставки, долгосрочные отношения между участниками цепи, цена услуг. Данные критерии представлены в порядке убывания относительной приоритетности. Конкретные веса охарактеризованы подробно в тексте настоящего исследования. Помимо определения и ранжирования критериев, выявлены ограничения и барьеры формирования системы критериев. Главным ограничением служит то, что рейтинговая шкала, используемая при изучении метода анализа иерархий, является концептуальной, хотя и определяет, какие факторы требуют большей важности. Предлагаемый подход не дает указаний относительно плана действий по устранению недостатков. Существует и вероятность предвзятости при парном сравнении различных факторов. Поэтому следует проявлять осторожность при определении относительной оценки различных факторов. Некоторые из них, выбранные для модели, также могут находиться во взаимосвязи, и в этом

© Иванов Ф. Д., 2025

случае метод аналитических цепей способен стать лучшим вариантом. В качестве прикладного использования такой системы критериев предложено ее внедрение в имитационную логистическую модель для усовершенствования традиционных оптимизационных задач путем включения неэкономических факторов сотрудничества и кооперации.

Ключевые слова: сотрудничество, метод анализа иерархий, цепи поставок, критерии, логистика, согласованность

Для цитирования: Иванов Ф. Д. О межфирменном сотрудничестве в сфере управления цепями поставок и методе анализа иерархий // *Экономика и управление*. 2025. Т. 31. № 2. С. 219–231. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-2-219-231>

Intercompany cooperation in supply chain management and the method of hierarchy analysis

Fedor D. Ivanov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia, fedorivanov@me.com, <https://orcid.org/0009-0000-5978-4135>

Abstract

Aim. The work aimed to construct a system of criteria which may be used as a basis to form and improve supply chain management both at an individual firm and at the level of the industry as a whole.

Objectives. The work seeks to identify the factors that contribute to the coordination of the supply chain while analyzing scientific literature; to determine their sequential arrangement (from highest to lowest) and priority using the method of hierarchy analysis; based on the ranking, to construct a system of criteria which can be used to optimize supply chains due to non-monetary factors of competition.

Methods. The study employed qualitative and quantitative methods used for deeper understanding of the problem under consideration. The article examines an array of relevant data and expert assessments in the field of supply chain management. In addition to analytical methods, it uses a comprehensive expert method of hierarchy analysis. The process of its application has three stages [1], namely 1) defining a decision hierarchy; 2) assigning decision-making criteria and constructing a matrix; 3) analyzing and summing up.

Results. The author analyzed the process of intercompany coordination in supply chains as a key factor in long-term competitive advantage. The hierarchy analysis method was used to examine and aggregate the most relevant studies in the literature, while criteria and subcriteria determining the quality of interaction within supply chains were identified, and the weights and influence of each criterion on the overall result were established. All criteria were validated when calculating the consistency coefficients. Conclusions on improving these characteristics were formed for each comparison matrix. In conclusion, the work provides recommendations for integrating the criteria system into the overall supply chain management system.

Conclusions. The article examines the criteria influencing the intercompany coordination in supply chains, while the key ones were identified in the field of supply chain management. These include criteria describing material aspects, relationships between chain participants, their reputation and experience, productivity, and others. A pairwise comparison of the above criteria, as well as an analysis of subcriteria, were used to draw a number of conclusions, namely the most significant ones include the quality of the information flow and IT infrastructure, the current level of supply chain integration, delivery speed, long-term relationships between chain participants, and the price of services. These criteria are presented in descending order of relative priority. Specific weights are described in detail in the text of this study. In addition to defining and ranking the criteria, the limitations and barriers to forming a criteria system were identified. The main limitation is that the rating scale used in studying the hierarchy analysis method is conceptual, although it determines the factors of greater importance. The proposed approach does not provide instructions on the action plan to eliminate disadvantages. There is also a possibility of bias in pairwise comparison of different factors. Therefore, caution should be exercised when determining the relative assessment of different factors. Some of those selected for the model may also be interrelated, while the analytical chain method may

be the best option. As a practical use of such a system of criteria, its implementation in a simulation logistic model is proposed to improve traditional optimization problems by involvement of non-economic factors of collaboration and cooperation.

Keywords: *collaboration, hierarchy analysis method, supply chains, criteria, logistics, consistency*

For citation: Ivanov F.D. Intercompany cooperation in supply chain management and the method of hierarchy analysis. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(2):219-231. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-2-219-231>

Цепочка поставок представляет собой глобальную сеть, которая обеспечивает перемещение товаров и услуг от этапа сырья до конечного потребителя через организованный поток информации, физическое распределение и финансовые средства. В связи с этим в область управления цепочками поставок (SCM) входит множество задач по принятию решений. Концепция SCM представляет собой комплексный подход. Для того, чтобы его успешно реализовать, требуется целостное видение.

В условиях постоянно изменяющегося современного рынка и растущей зависимости от поставщиков и аутсорсинга основная задача SCM заключается в том, чтобы постоянно улучшать координацию и взаимодействие между участниками цепочки поставок. Чтобы облегчить координацию в этой цепочке, нужно понимать факторы, которые влияют на координацию между ее участниками. Это поможет разработать эффективную стратегию для преодоления барьеров в таком процессе. Чтобы успешно конкурировать на мировом рынке, компании должны сосредоточиться на создании слаженной системы поставок. Эффективная система поставок позволит снизить себестоимость продукции, ускорить процессы закупок и доставки, сократить время разработки новых товаров.

Система поставок объединяет в себе различных, но взаимосвязанных участников, которые зависят друг от друга в управлении ресурсами (например, запасами, финансами, информацией). Разногласия между участниками и отсутствие координации могут привести к нестабильности спроса и предложения. Координация помогает управлять этими взаимосвязями и снижать риски неопределенности. Нужен инструмент, который поможет улучшить систему поставок и заинтересовать ее участников в совместной работе [1; 2].

В целях объединения участников системы поставок для повышения эффективности

требуется слаженная работа внутри цепочки поставок [3]. Чтобы цепочка поставок функционировала эффективно, ее участники должны действовать слаженно и стремиться к общей цели. Централизованный контроль позволяет координировать цепочку поставок, но не всегда осуществим на практике. При децентрализованном управлении участники оптимизируют локальные решения, не учитывая их влияния на эффективность остальных участников и цепочки поставок в целом. Поэтому может потребоваться механизм координации, который будет стимулировать участников к согласованным действиям. Участники цепочки поставок зависят друг от друга, а значит, важно координировать их действия, управляя такими зависимостями.

В литературе представлены различные точки зрения в отношении координации в цепочке поставок. Например, координацию цепочки поставок рассматривают как эффективный способ оптимизации операций и процессов между взаимосвязанными участниками [4]. Механизмы координации, такие как использование контрактов, обмен информацией, информационные технологии, совместное принятие решений, встречи с участниками цепочки поставок и техническая поддержка, помогают управлять зависимостями между участниками [5]. Однако внедрение межорганизационных информационных систем и обмен информацией могут быть дорогостоящими, способны нанести ущерб некоторым участникам цепочки поставок в определенных условиях работы организаций [6]. Поэтому нужно исследовать условия, при которых координация цепочки поставок приносит пользу и не приводит к увеличению затрат, распространению неточной информации.

В настоящей статье на базе анализа научной литературы в первую очередь выделены различные факторы, способствующие координации цепочки поставок. Затем с помощью метода анализа иерархий

определены их иерархия и приоритетность. Метод анализа иерархий позволяет анализировать ситуации, в которых необходимо учитывать множество критериев, включая интуитивные, рациональные, количественные и качественные аспекты. Данный метод может послужить основой и для формирования универсальной системы выбора контрагентов, партнеров в цепях поставок. Результаты нашего исследования позволят определить приоритеты при создании и оптимизации цепей поставок. В потенциале рассматриваемую систему критериев можно интегрировать в имитационные модели для создания инструмента формирования и управления логистическими процессами в каждой организации и отрасли в целом.

Метод анализа иерархий — один из чаще всего используемых методов принятия решений относительно множеств критериев. В числе главных причин того, почему указанный метод занимает лидирующие позиции в публикациях в сфере принятия решений по многим критериям, находится его надежная математическая основа. Еще одна важная причина множества публикаций, посвященных методу анализа иерархий, связана с потребностью решать практические задачи с помощью удобного инструмента [7]. Этот метод разработан в 70-х гг. XX в. Т. Л. Саати, и его по-прежнему широко применяют для решения задач многокритериального анализа. По мнению Саати, метод анализа иерархий похож на то, как человек размышляет при столкновении со сложной ситуацией [8]. Различные элементы объединяются в группы по общим характеристикам. Затем эти группы можно сгруппировать на более высоком уровне по другому набору общих характеристик, пока не будет достигнут максимальный уровень, представляющий собой конечную цель процесса принятия решений.

Метод анализа иерархий используют во многих областях, включая логистику и производство. Указанный метод принятия решений по многим критериям помогает структурировать и анализировать процесс принятия решений в целом. Он позволяет разделить сложную проблему на более мелкие части, что упрощает ее анализ и решение [9]. Далее в исследовании, в таблицах, представлен систематический обзор факторов, влияющих на межфирменную координацию в цепях поставок. Исходя из специфики исследования, будем акцен-

тировать внимание на распределительных звеньях цепи поставок, не затрагивая производственные процессы и продажи. Иными словами, фокусом исследования являются преимущественно логистические процессы внутри цепей поставок.

С учетом рассмотрения факторов в рамках метода анализа иерархий они будут обозначены в виде критериев и подкритериев комплексной задачи. Тем самым определена и отражена в таблицах иерархия критериев влияния на межфирменную координацию в цепях поставок. В таблице 1 представлены ключевые исследования факторов межфирменной координации в цепях поставок и используемые инструменты согласования интересов участников цепей поставок.

Анализируя данные, приведенные в таблице 1, сделаем ряд выводов.

Во-первых, можно выделить ключевые критерии для целей многокритериальных задач в сфере управления цепями поставок. Исходя из синтеза и анализа вышеприведенных критериев, выделим несколько из них, которые нами использованы в настоящем исследовании: качество информационного потока и IT-инфраструктуры, уровень взаимоотношений между участниками цепи поставок, уровень затрат, уровень репутации и опыта, уровень производительности. На данном этапе критерии не ранжированы и приведены в произвольном порядке.

Необходимость рассмотрения критерия качества информационного потока можно проиллюстрировать с помощью анализа многочисленных исследований в области теории обработки информации и ее влияния на управление цепями поставок. Теория обработки информации (IPT) занимается изучением возможностей организаций для генерирования, обмена и обработки информации. Согласно IPT, организация растет как система, включающая в себя множество внутренних и внешних процессов, сложных и непредсказуемых. IPT способствует созданию прочной основы для описания идеи обработки информации и организационного поведения. Для обеспечения эффективного принятия решений объем данных требует большей прозрачности, чтобы улучшить координацию и минимизировать риски [16]. Ввиду необходимости анализа данных характеристик для успешного управления цепями поставок нами рассмотрен комплексный критерий качества информационного потока и IT-инфраструктуры.

Критерии влияния на межфирменную координацию в цепях поставок
Table 1. Criteria of influence on intercompany coordination in supply chains

№	Критерии и подкритерии	Метод	Ссылка на источник
1	1. Поддержка высшего руководства: а) разработка стратегии, б) развитие ресурсов, в) развитие поставщиков, г) использование IT-инструментов, д) долгосрочное инвестирование. 2. Взаимопонимание: а) степень доверия к участникам, б) согласованность целей и видения участников, в) распределение рисков и выгод между участниками, г) реализация совместного прогнозирования участниками. 3. Взаимоотношения и качество принятия решений: а) срок отношений между поставщиками и покупателями, б) интеграция цепочки поставок, в) логистическая синхронизация. 4. Качество информационного потока: а) информация о продажах, б) складские данные, в) надежность обслуживания, г) дизайн и разработка продукта, д) надежность информации. 5. Организационные факторы: а) внутрифирменная интеграция, б) JIT (Производство точно в срок) и бережливые практики в компании, в) организационная структура, г) кросс-функциональное обучение сотрудников	Нечеткий метод анализа иерархий	[10]
2	1. Финансовые результаты: а) логистические затраты, б) финансовая стабильность. 2. Уровень сервиса: а) гибкость, б) скорость отклика, в) время задержек в цепи. 3. Коммуникация в цепи поставок: а) долгосрочные отношения, б) обмен и разделение рисков, в) обмен информацией между участниками. 4. Уровень инфраструктуры: а) ИТ-инфраструктура, б) компетенции сотрудников	Нечеткий метод анализа иерархий	[11]
3	1. Уровень производительности: а) точность документов, б) скорость перевозки, в) доля опозданий, г) время отклика. 2. Уровень затрат: а) цена услуг, б) контроль затрат в процессах с добавочной стоимостью, в) общее сокращение затрат. 3. Уровень сервиса: а) сервис клиентской поддержки, б) способность решения проблем. 4. Уровень качества: а) отслеживание KPI, б) постоянное совершенствование процессов, в) соответствие стандартам ISO. 5. IT-сервисы: а) стабильность систем, б) защита данных, в) масштабируемость систем	Традиционный метод анализа иерархий	[12]
4	1. Устойчивость коммуникации: а) стоимость перевозки, б) финансовое состояние, в) репутация контрагента, г) схожесть ценностей. 2. Качество сервиса: а) доля опозданий доставки, б) реакция на кризисные ситуации, в) надежность доставки, г) компетенции персонала. 3. Постоянное совершенствование: а) способность оптимизации процессов, б) инфраструктура фирмы, в) технологическое развитие	Метод анализа иерархий Бакли	[13]
5	1. Объем ресурсов: а) инвестиции, б) склады и комплексы хранения, в) оборудование, г) интеллектуальный капитал. 2. Качество логистических операций: а) уровень сервиса, б) качество перевозки, в) качество хранения запасов, г) утилизация и обратная логистика. 3. Качество IT и коммуникационных систем: а) уровень интеграции информационных систем, б) обмен информации между участниками, в) безопасность данных, г) наличие электронного документооборота. 4. Географическое расположение: а) дистанция между участниками, б) локальный рынок, в) удобство перевозки. 5. Опыт и репутация: а) корпоративная культура, б) структура, в) образ компании на рынке	Неточный VICOR	[14]
6	1. Качество доставки: а) скорость доставки, б) частота доставок. 2. Затраты: а) цена, б) административные затраты, в) метод оплаты. 3. Качество сервиса и менеджмента: а) гибкость и скорость реакции, б) качество документооборота, в) соответствие стандартам качества. 4. Опыт и репутация: а) долгосрочные отношения с участниками цепи, б) согласованность целей и интересов участников, в) репутация и история компании	Нечеткий метод анализа иерархий	[15]

Источник: составлено автором на основании [10; 11; 12; 13; 14; 15].

Далее выделим подкритерии:
1. Качество информационного потока и ИТ-инфраструктуры: а) безопасность данных, б) масштабируемость информационной системы, в) наличие электронного документооборота, г) объем обмена информации между участниками.

2. Уровень взаимоотношений между участниками цепи поставок: а) согласованность целей и видения участников, б) распределение рисков и выгод между участниками, в) совместное прогнозирование, г) текущая интеграция цепочки поставок.

ИВАНОВ Ф. Д. О межфирменном сотрудничестве в сфере управления цепями поставок и методе анализа иерархий

Девятибалльная шкала Т. Саати
Table 2. T. Saaty's nine-point scale

Индекс важности	Определение и пояснение
1	Одинаковая важность (два вида деятельности в равной степени способствуют достижению цели)
3	Слабое преобладание одного над другим (опыт и суждения незначительно отдают предпочтение одному виду деятельности перед другим)
5	Сильная, преобладающая важность одного перед другим (опыт и суждения отдают предпочтение одному виду деятельности перед другим)
7	Демонстративная важность (одно действие гораздо предпочтительнее другого; его доминирование продемонстрировано на практике)
9	Абсолютная важность (доказательства в пользу одного вида деятельности перед другим имеют наивысший возможный порядок подтверждения)

Источник: составлено автором на основании [7].

3. Уровень затрат: а) цена услуг, б) логистические затраты, в) административные затраты.

4. Уровень репутации и опыта: а) репутация и история компании, б) долгосрочные отношения между участниками, в) соответствие стандартам ISO, г) качество организационной структуры.

5. Уровень производительности: а) скорость доставки, б) гибкость и скорость реакции, в) время задержек и доля опозданий.

Исходя из метода анализа иерархий, определяют важность критериев и построим матрицу. На этапе измерения и сбора данных под руководством пяти экспертов формируют матрицы суждений парного сравнения, чтобы определить относительную важность стратегических областей и субфакторов. Чтобы вычислить нормализованный вес, нужно создать матрицы попарного сравнения для каждого из атрибутов нижних уровней. Элемент более высокого уровня считается управляющим для элементов более низкого уровня, поскольку он влияет на них или способствует их существованию. Затем элементы нижнего уровня сравнивают друг с другом в аспекте того, каким образом они влияют на управляющий элемент выше. В результате будет сформирована квадратная матрица суждений.

Парные сравнения проводят с точки зрения доминирования одного элемента над другим. Эти оценки затем выражают в виде целых чисел. Если элемент строки *m* преобладает над элементом столбца *n*, то значение элемента *A_{mn}* будет целым числом. Значение элемента *A_{nm}* — обратное число. Если элементы равны, обеим позициям присваивают значение 1. В таблице 2 представлена

шкала Т. Саати, которая будет определять характер взаимоотношений между критериями и подкритериями. Данная шкала является ориентировочной. Могут быть применены промежуточные значения для лучшей согласованности матрицы.

Таблица 3 отражает матрицу критериев, распределенных по важности, исходя из шкалы Т. Саати. Помимо оценочных характеристик, данная матрица включает в себя несколько комплексных коэффициентов: вектор приоритета и коэффициент согласованности. Люди не всегда последовательны в ответах, поэтому одна из ключевых задач метода анализа иерархий заключается в определении степени согласованности оцениваемого вектора. Для измерения согласованности при парном сравнении используют отношение согласованности (*CR*). Т. Саати предложил следующие критерии: для матриц размером 3х3 приемлемым считается значение *CR* 0,05, для матриц 4х4 — 0,08, для больших матриц — 0,1. Если уровень согласованности находится в допустимом диапазоне, результаты считают достоверными.

После проведения всех парных сравнений и ввода данных согласованность определяют через собственное значение. Сначала нормализуют столбец чисел, разделив каждую запись на сумму всех записей. Затем суммируют каждую строку нормализованных значений и вычисляют среднее значение, что позволяет получить вектор приоритета (*PV*). Визуализация данных действий можно представить с помощью матрицы сравнения, представленной в таблице 3.

По итогам анализа значений векторов приоритета можно сформулировать ряд выводов. Во-первых, наиболее значимым

Попарное сравнение критериев
Table 3. Pairwise comparison of criteria

	Качество информационного потока и IT-инфраструктуры	Уровень взаимоотношений между участниками цепи поставок	Уровень затрат	Уровень репутации и опыта	Уровень производительности	PV
Качество информационного потока и IT-инфраструктуры	1	3	7	5	4	0,475
Уровень взаимоотношений между участниками цепи поставок	1/3	1	5	3	2	0,226
Уровень затрат	1/7	1/5	1	1/4	1/3	0,044
Уровень репутации и опыта	1/5	1/3	4	1	3	0,153
Уровень производительности	1/4	1/2	3	1/3	1	0,102
Сумма	1,926	5,033	20	9,583	10,333	CR < 0.1

Источник: составлено автором.

для настоящего исследования критерием служит качество информационного потока и IT-инфраструктуры. Данный критерий видится ключевым и по важности сопоставим с остальными критериями. Это также подтверждается ранее проведенными исследованиями.

Далее по убыванию представлены комплексные критерии уровня взаимоотношений между участниками и уровня репутации и опыта. Данные показатели во многом субъективны и оценочны, поскольку отсутствуют устоявшиеся, общепринятые инструменты оценки взаимоотношений и репутации. Совокупность инструментов оценки можно разделить на экспертный подход, к которому относятся метод анализа иерархий, контент-анализ, маркетинговый подход, и официальный подход, основанный на законодательстве РФ и Международных стандартах финансовой отчетности (МСФО). В рамках настоящего исследования будем опираться на экспертный подход. Однако в оценки экспертов входит и анализ МСФО, маркетинговых показателей и отзывов контрагентов.

Наименее значимыми критериями с точки зрения матрицы сравнения являются уровни производительности и затрат, что контрастирует с традиционной формой оценки эффективности цепей поставок. В качестве примера рассмотрим процесс проверки согласованности оценочных векторов в таблице 3. Для проверки последовательности суждений предусмотрены следующие шаги:

1. Обозначить матрицу попарного сравнения как $M1$, а нормированную матрицу,

включающую в себя векторы приоритетов, — как $M2$.

2. Затем определим $M3 = M1 \times M2$; и $M4 = M3/M2$.

3. $\lambda_{\max}$ = среднее значение элементов $M4$.

4. Индекс согласованности (CI) = $(\lambda_{\max} - N) / (N - 1)$.

5. Коэффициент согласованности (CR) = CI/RCI , соответствующий N , где RCI — индекс случайной согласованности; N — количество элементов. RCI , согласно методу Т. Саати, является нормированной величиной, зависящей от количества элементов рассматриваемой матрицы. Для актуальных в контексте исследования количества элементов индекс случайной согласованности соответственно равен: $RCI(3) = 0,58$; $RCI(4) = 0,9$; $RCI(5) = 1,12$.

Далее покажем данные шаги:

1. Нормированная матрица построена в ходе расчетов векторов приоритетов.

2. Затем определены значения $M3$ и $M4$:

$$M3 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 7 & 5 & 4 \\ 1/3 & 1 & 5 & 3 & 2 \\ 1/7 & 1/5 & 1 & 1/4 & 1/3 \\ 1/5 & 1/3 & 4 & 1 & 3 \\ 1/4 & 1/2 & 3 & 1/3 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,475 \\ 0,226 \\ 0,044 \\ 0,153 \\ 0,102 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2,634 \\ 1,267 \\ 0,229 \\ 0,805 \\ 0,517 \end{pmatrix};$$

$$M4 = M3 \times M2^{-1} = \begin{pmatrix} 2,634 \\ 1,267 \\ 0,229 \\ 0,805 \\ 0,517 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 2,105 \\ 4,425 \\ 22,727 \\ 6,536 \\ 9,804 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5,545 \\ 5,606 \\ 5,204 \\ 5,261 \\ 5,069 \end{pmatrix}.$$

Таблица 4

Сравнение подкритериев «Качество информационного потока и IT-инфраструктуры»

Table 4. Comparison of Quality of information flow and IT infrastructure subcriteria

	Безопасность данных	Масштабируемость информационной системы	Наличие ЭДО	Объем обмена информацией	PV
Безопасность данных	1	1/3	3	1/5	0,122
Масштабируемость информационной системы	3	1	5	1/3	0,263
Наличие электронного документооборота (ЭДО)	1/3	1/5	1	1/7	0,057
Объем обмена информацией	5	3	7	1	0,558
Сумма	9,333	4,533	16	1,676	CR < 0,08

Источник: составлено автором.

Таблица 5

Сравнение подкритериев «Уровень взаимоотношений между участниками цепи поставок»

Table 5. Comparison of Level of relationships between supply chain participants subcriteria

	Согласованность целей и видения	Распределение рисков и выгод между участниками	Совместное прогнозирование	Текущая интеграция цепочки поставок	PV
Согласованность целей и видения	1	1/5	1/3	1/7	0,057
Распределение рисков и выгод между участниками	5	1	3	1/3	0,263
Совместное прогнозирование	3	1/3	1	1/5	0,122
Текущая интеграция цепочки поставок	7	3	5	1	0,558
Сумма	16	4,533	11,333	1,676	CR < 0,08

Источник: составлено автором.

3. $\lambda_{\max} = 5,337$.

4. $CI = (\lambda_{\max} - N) / (N - 1) = (5,337 - 5) / (5 - 1) = 0,084$.

5. $CR = CI/RCI = 0,084/1,12 = 0,075$.

Поскольку $0,075 < 0,1$, уровень согласованности находится в допустимом диапазоне. Следовательно, результаты можно считать достоверными. Аналогично данная операция будет выполнена для каждой матрицы сравнения подкритериев и определена достоверность результатов оценки.

Далее приведем ряд матриц сравнения подкритериев. В таблице 4 представлено сравнение подкритериев, входящих в качество информационного потока и IT-инфраструктуры.

Исходя из анализа таблицы 4, становится очевидным, что наиболее важными подкритериями являются объем обмена информации

и масштабируемость информационной системы. К наиболее значимым характеристикам относятся текущая пропускная способность информационной системы и потенциал ее роста в будущем с учетом текущих вычислительных мощностей организации. Это объясняется тем, что, независимо от качества отношений между участниками цепи, согласования интересов невозможно достичь при отсутствии инструментов обмена информацией. В таблице 5 находит отражение анализ подкритериев уровня взаимоотношений между участниками цепи поставок.

Из таблицы 5 следует ряд выводов. Наиболее значим текущий уровень интеграции цепи поставок, который значительно превосходит остальные подкритерии. Этот подкритерий представляет собой меру текущей синхронизации процессов между рассматриваемой

Таблица 6

Сравнение подкритериев «Уровень затрат»
Table 6. Comparison of Level of expenses subcriteria

	Цена услуг	Логистические затраты	Административные затраты	PV
Цена услуг	1	3	5	0,634
Логистические затраты	1/3	1	3	0,260
Административные затраты	1/5	1/3	1	0,106
Сумма	1,533	4,333	9	CR < 0,05

Источник: составлено автором.

Таблица 7

Сравнение подкритериев «Уровень репутации и опыта»
Table 7. Comparison of Level of reputation and experience subcriteria

	Репутация и история компании	Долгосрочные отношения между участниками	Соответствие стандартам ISO	Качество организационной структуры	PV
Репутация и история компании	1	1/5	3	1/3	0,122
Долгосрочные отношения между участниками	5	1	7	3	0,558
Соответствие стандартам ISO	1/3	1/7	1	1/5	0,057
Качество организационной структуры	3	1/3	5	1	0,263
Сумма	9,333	1,676	16	4,533	CR < 0,08

Источник: составлено автором.

компанией и контрагентами в цепи поставок. Дополняющими подкритериями можно считать распределение рисков и выгод, совместное прогнозирование между участниками цепи, которые показывают потенциал роста и развития существующих отношений. Согласованность целей и видения определена как наименее приоритетный критерий. В таблице 6 на основе сравнения показаны подкритерии уровня затрат в цепи поставок.

Как видно в таблице 6, наиболее значимым подкритерием служит цена услуг. Однако с учетом данных, отраженных в таблице 3, можно утверждать, что ценовые факторы являются наименее приоритетными в контексте настоящего исследования. В таблице 7 предлагаем сравнить подкритерии уровня репутации и опыта.

Анализируя данные, указанные в таблице 7, можно констатировать значимость долгосрочных отношений между участниками цепи. Это объясняется тем, что в сфере услуг B2B зачастую важны личный опыт между участниками, качество оплаты счетов и сохранения низкой дебиторской задолженности, стабильность каналов

коммуникации между сотрудниками рассматриваемых компаний, потенциальные компромиссы и т. д. Репутация и история компании важнее в случае B2C-модели и не является наиболее приоритетной в промежуточных звеньях цепи поставок. В таблице 8 проведено сравнение подкритериев уровня производительности.

Как показано в таблице 8, подкритерий «скорость доставки» оказался значительно важнее остальных. Другие подкритерии являются дополнительными, которые также частично влияют на скорость. В критерии, связанном с уровнем производительности, акцент сделан на скорости передвижения внутри цепей поставок. Глобальный вес критериев и подкритериев находит отражение в таблице 9.

Итак, нами построена система критериев и подкритериев, которая позволяет улучшать степень координации между участниками цепи поставок и оптимизировать логистические процессы. В качестве прикладного использования этой системы можно интегрировать ее в среду имитационного моделирования для автоматизации процесса

ИВАНОВ Ф. Д. О межфирменном сотрудничестве в сфере управления цепями поставок и методе анализа иерархий

Таблица 8

Сравнение подкритериев «Уровень производительности»

Table 8. Comparison of Level of performance subcriteria

	Цена услуг	Логистические затраты	Административные затраты	<i>PV</i>
Скорость доставки	1	3	5	0,634
Время задержек и доля опозданий	1/3	1	3	0,260
Гибкость и скорость реакции	1/5	1/3	1	0,106
Сумма	1,533	4,333	9	<i>CR</i> < 0,05

Источник: составлено автором.

Таблица 9

Глобальный вес критериев и подкритериев

Table 9. Global weight of criteria and subcriteria

Критерии и подкритерии	Локальный вес критериев и подкритериев	Глобальный вес критериев и подкритериев
Качество информационного потока и IT-инфраструктуры	1	0,475
Безопасность данных	0,122	0,058
Масштабируемость информационной системы	0,263	0,125
Наличие ЭДО	0,057	0,027
Объем обмена информацией	0,558	0,265
Уровень взаимоотношений между участниками цепи поставок	1	0,226
Согласованность целей и видения	0,057	0,013
Распределение рисков и выгод между участниками	0,263	0,059
Совместное прогнозирование	0,122	0,028
Текущая интеграция цепочки поставок	0,558	0,126
Уровень затрат	1	0,044
Цена услуг	0,634	0,028
Логистические затраты	0,260	0,011
Административные затраты	0,106	0,005
Уровень репутации и опыта	0,153	0,153
Репутация и история компании	0,122	0,019
Долгосрочные отношения между участниками	0,558	0,085
Соответствие стандартам ISO	0,057	0,009
Качество организационной структуры	0,263	0,040
Уровень производительности	1	0,102
Скорость доставки	0,634	0,065
Гибкость и скорость реакции	0,260	0,027
Административные затраты	0,106	0,011

Источник: составлено автором.

выбора контрагента и управления отношениями с ним.

Правила поведения взаимодействия и сотрудничества концептуальной модели можно охарактеризовать следующим образом. Клиенты создают связи с производителем,

что представляет собой решение о покупке продукта производителя. Вместе с тем производители создают связи с поставщиками, которые отражают решение о партнерстве. Производители готовы представлять вероятность выбора этого же поставщика

для сотрудничества в дальнейшем. Поставщики также имеют лояльность к производителю. Очевидной становится вероятность того, что поставщики будут следовать стратегическому движению производителя, чтобы сохранить свое партнерство. Как и в случае с агентами производителя, у поставщиков максимальное количество отношений с производителем. Он описывает ситуацию, в которой поставщики могут поставлять продукцию более чем одному производителю.

Ключевыми входными данными или экспериментальными факторами модели служат правила стратегии сотрудничества. Данные правила соотносятся с ранее изложенной системой критериев. На выходе могут быть использованы различные показатели эффективности цепи поставок. За счет подобной концептуальной модели можно интегрировать сложные неэкономические факторы сотрудничества в симуляцию цепей поставок. Итак, целесообразно дополнить традиционные многокритериальные опти-

мизационные задачи и создать более точную среду моделирования цепей поставок.

Таким образом, управление цепочками поставок стало неотъемлемой частью разработки стратегии для большинства организаций. Однако многим организациям не удается получить максимальную отдачу от этого подхода вследствие отсутствия координации между участниками их цепочки поставок. В статье нами предпринята попытка выделить различные факторы, ответственные за координацию в цепочке поставок, и попытаться расставить их с позиции приоритетов посредством метода анализа иерархий. Расстановка приоритетов помогает определить относительную важность факторов при разработке стратегии цепочки поставок. Для оптимизации такого процесса, как, например, выбор контрагента, наиболее востребован метод анализа иерархий, основанный на математическом моделировании, что, в свою очередь, делает данный метод более надежным.

Список источников

1. *Tramarico C. L., Karpak B., Salomon V. A. P., da Silveira C. A. M., Marins F. A. S.* Multi-criteria analysis of professional education on supply chain management // *Production*. 2019. Vol. 29. e20180087. DOI: 10.1590/0103-6513.20180087
2. *Arshinder K. A., Desmukh S. G.* A framework for evaluation of coordination by contracts: A case of two-level supply chains // *Computers and Industrial Engineering*. 2009. Vol. 56. No. 4. P. 1177–1191. DOI: 10.1016/j.cie.2008.03.014
3. *Soroor J., Tarokh M. J., Shemshadi A.* Theoretical and practical study of supply chain coordination // *Journal of Business & Industrial Marketing*. 2009. Vol. 24. No. 2. P. 131–142. DOI: 10.1108/08858620910931749
4. *Chopra S., Meindl P.* Supply chain management: Strategy, planning and operation. 4th ed. Delhi: Pearson Education, 2010. 519 p.
5. *Tsay A. A.* The quantity flexibility contract and supplier customer incentives // *Management Science*. 1999. Vol. 45. No. 10. P. 1339–1358. DOI: 10.1287/mnsc.45.10.1339
6. *Cao M., Zhang Q.* Supply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm performance // *Journal of Operations Management*. 2011. Vol. 29. No. 3. P. 163–180. DOI: 10.1016/j.jom.2010.12.008
7. *Saaty T. L.* Decision making with the analytic hierarchy process // *International Journal of Services Sciences*. 2008. Vol. 1. No. 1. P. 83–98. DOI: 10.1504/IJSSCI.2008.017590
8. *Saaty T. L.* Decision making for the new millenium: ANP software for dependence and feedback. Pittsburgh, PA: Katz Graduate School of Business, University of Pittsburgh, 1999. 258 p.
9. *Ortiz-Barrios M., Borrego-Areyanes A. A., Gómez-Villar I. D., et al.* A multiple criteria decision-making approach for increasing the preparedness level of sales departments against COVID-19 and future pandemics: A real-world case // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2021. Vol. 62. Article No. 102411. DOI: 10.1016/j.ijdr.2021.102411
10. *Singh R. K.* Prioritizing the factors for coordinated supply chain using analytic hierarchy process (AHP) // *Measuring Business Excellence*. 2013. Vol. 17. No. 1. P. 80–97. DOI: 10.1108/13683041311311383
11. *Datta S., Samantra C., Mahapatra S. S., Mandal G., Majumdar G.* Appraisalment and selection of third party logistics service providers in fuzzy environment // *Benchmarking*. 2013. Vol. 20. No. 4. P. 537–548. DOI: 10.1108/BIJ-11-2011-0087
12. *Hwang B.-N., Chen T.-T., Lin J. T.* 3PL selection criteria in integrated circuit manufacturing industry in Taiwan // *Supply Chain Management*. 2016. Vol. 21. No. 1. P. 103–124. DOI: 10.1108/SCM-03-2014-0089

13. Yayla A. Y., Oztekin A., Gumus A. T., Gunasekaran A. A hybrid data analytic methodology for 3PL transportation provider evaluation using fuzzy multi-criteria decision making // *International Journal of Production Research*. 2015. Vol. 53. No. 20. P. 6097–6113. DOI: 10.1080/00207543.2015.1022266
14. Prakash C., Barua M. K. A combined MCDM approach for evaluation and selection of third-party reverse logistics partner for Indian electronics industry // *Sustainable Production and Consumption*. 2016. Vol. 7. P. 66–78. DOI: 10.1016/j.spc.2016.04.001
15. Tiblola L. I. T., Aminullah A., Nugroho A. S. B. Analysis of supplier selection criteria using fuzzy analytical hierarchy process by contractors in Yogyakarta // *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 2024. Vol. 30. No. 1. P. 112–128. DOI: 10.21831/jptk.v30i1.68323
16. Rashid A., Rasheed R., Ngah A., et al. Role of information processing and digital supply chain in supply chain resilience through supply chain risk management // *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*. 2024. Vol. 17. No. 2. P. 429–447. DOI: 10.1108/JGOSS-12-2023-0106

References

1. Tramarico C.L., Karpak B., Salomon V.A.P., da Silveira C.A.M., Marins F.A.S. Multi-criteria analysis of professional education on supply chain management. *Production*. 2019;29:e20180087. DOI: 10.1590/0103-6513.20180087
2. Arshinder K.A., Desmukh S.G. A framework for evaluation of coordination by contracts: A case of two-level supply chains. *Computers and Industrial Engineering*. 2009;56(4):1177–1191. DOI: 10.1016/j.cie.2008.03.014
3. Soroor J., Tarokh M.J., Shemshadi A. Theoretical and practical study of supply chain coordination. *Journal of Business & Industrial Marketing*. 2009;24(2):131–142. DOI: 10.1108/08858620910931749
4. Chopra S., Meindl P. Supply chain management: Strategy, planning and operation. 4th ed. Delhi: Pearson Education; 2010. 519 p.
5. Tsay A.A. The quantity flexibility contract and supplier customer incentives. *Management Science*. 1999;45(10):1339–1358. DOI: 10.1287/mnsc.45.10.1339
6. Cao M., Zhang Q. Supply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm performance. *Journal of Operations Management*. 2011;29(3):163–180. DOI: 10.1016/j.jom.2010.12.008
7. Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*. 2008;1(1):83–98. DOI: 10.1504/IJSSCI.2008.017590
8. Saaty T.L. Decision making for the new millenium: ANP software for dependence and feedback. Pittsburgh, PA: Katz Graduate School of Business, University of Pittsburgh; 1999. 258 p.
9. Ortiz-Barrios M., Borrego-Areyanes A.A., Gómez-Villar I.D., et al. A multiple criteria decision-making approach for increasing the preparedness level of sales departments against COVID-19 and future pandemics: A real-world case. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2021;62:102411. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2021.102411
10. Singh R.K. Prioritizing the factors for coordinated supply chain using analytic hierarchy process (AHP). *Measuring Business Excellence*. 2013;17(1):80–97. DOI: 10.1108/13683041311311383
11. Datta S., Samantra C., Mahapatra S.S., Mandal G., Majumdar G. Appraisalment and selection of third party logistics service providers in fuzzy environment. *Benchmarking*. 2013;20(4):537–548. DOI: 10.1108/BIJ-11-2011-0087
12. Hwang B.-N., Chen T.-T., Lin J.T. 3PL selection criteria in integrated circuit manufacturing industry in Taiwan. *Supply Chain Management*. 2016;21(1):103–124. DOI: 10.1108/SCM-03-2014-0089
13. Yayla A.Y., Oztekin A., Gumus A.T., Gunasekaran A. A hybrid data analytic methodology for 3PL transportation provider evaluation using fuzzy multi-criteria decision making. *International Journal of Production Research*. 2015;53(20):6097–6113. DOI: 10.1080/00207543.2015.1022266
14. Prakash C., Barua M.K. A combined MCDM approach for evaluation and selection of third-party reverse logistics partner for Indian electronics industry. *Sustainable Production and Consumption*. 2016;7:66–78. DOI: 10.1016/j.spc.2016.04.001
15. Tiblola L.I.T., Aminullah A., Nugroho A.S.B. Analysis of supplier selection criteria using fuzzy analytical hierarchy process by contractors in Yogyakarta. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 2024;30(1):112–128. DOI: 10.21831/jptk.v30i1.68323
16. Rashid A., Rasheed R., Ngah A.H., et al. Role of information processing and digital supply chain in supply chain resilience through supply chain risk management. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*. 2024;17(2):429–447. DOI: 10.1108/JGOSS-12-2023-0106

Сведения об авторе

Федор Дмитриевич Иванов

аспирант

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

194021, Санкт-Петербург, Новороссийская ул.,
д. 50

Поступила в редакцию 04.02.2025
Прошла рецензирование 20.02.2025
Подписана в печать 13.03.2025

Information about the author

Fedor D. Ivanov

postgraduate student

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic
University

50 Novorossiyskaya st., St. Petersburg 194021,
Russia

Received 04.02.2025
Revised 20.02.2025
Accepted 13.03.2025

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие конфликта интересов,
связанных с публикацией данной статьи.
Conflict of interest: the author declares no conflict of interest
related to the publication of this article.