

*На правах рукописи*

**Матрохина Кристина Васильевна**



**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МЕТОДОВ И  
АЛГОРИТМОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ  
СТРАТЕГИЧЕСКИХ МАРКЕТИНГОВЫХ РЕШЕНИЙ**

*Специальность 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика*

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Санкт-Петербург – 2023

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

**Научный руководитель:**

доктор технических наук, профессор

*Трофимец Валерий Ярославович*

**Официальные оппоненты:**

*Смоленцева Татьяна Евгеньевна*

доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет", кафедра практической и прикладной информатики, профессор;

*Петриева Оксана Владимировна*

кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева», кафедра высшей математики и системного моделирования сложных процессов, доцент.

**Ведущая организация** – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук, г. Санкт-Петербург.

Защита диссертации состоится **20 сентября 2023 г. в 11:00** на заседании диссертационного совета ГУ.12 Горного университета по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д.2, ауд. № 1171а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горного университета и на сайте [www.spmi.ru](http://www.spmi.ru).

Автореферат разослан 20 июля 2023 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
диссертационного совета



ВАСИЛЬЕВА  
Наталья Васильевна

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Традиционный взгляд на управление маркетинговой деятельностью предполагает выделение трёх уровней иерархии принятия решений: стратегический, тактический и операционный.

В связи с широким распространением методов интеллектуального анализа данных, в частности, методов машинного обучения, в настоящее время наблюдается повсеместный реинжиниринг процессов принятия маркетинговых решений. При этом он затрагивает, главным образом, тактический и операционный уровни. Именно на этих уровнях иерархии наблюдаются существенные изменения, которые нашли отражение не только в возросшей степени автоматизации маркетинговых бизнес-процессов, но и в изменении методологии принятия маркетинговых решений. Происходящие изменения обусловили появления нового термина – «алгоритмический маркетинг».

Вместе с тем, развитие интеллектуальных технологий в значительно меньшей степени коснулось методологии принятия маркетинговых решений на стратегическом уровне. Данный факт, по всей видимости, можно объяснить несколькими обстоятельствами: во-первых, решения стратегического уровня являются, как правило, уникальными и для них не существует «датасетов», на которых можно пройти обучение как для задач алгоритмического маркетинга; во-вторых, стратегические решения по своей природе являются неструктурированными или слабо структурированными; в-третьих, стратегические маркетинговые решения, принимаются, как правило в условиях неопределённости факторов внешней среды. Всё это объясняет, почему стратегический маркетинг опирается, прежде всего, на методы, в которых доминируют качественно-описательные суждения и оценки. К наиболее известным из них можно отнести SWOT-анализ, PEST-анализ, матрицу БКГ, анализ пяти сил Портера и ряд других методов. Данные методы подтвердили свою состоятельность на протяжении многолетнего применения, однако, в силу их качественно-описательного характера, использование только этих методов является необходимым, но явно недостаточным условием для подготовки обоснованных маркетинговых решений. Таким образом, сложилось методологическое противоречие, когда, с одной стороны, существует практическая потребность в более строгом обосновании стратегических маркетинговых решений с использованием формализованных

методов и современных информационных технологий, а с другой стороны, наблюдается недостаточная теоретическая проработанность данного и ряда смежных вопросов. Так как задачи стратегического маркетинга по своему характеру существенно отличаются от задач алгоритмического маркетинга, то разрешение указанного противоречия видится в смещении фокуса теоретических изысканий с эконометрических методов на методы теории принятия решений в условиях неопределенности, а именно на методы многокритериального выбора, подкрепленных экспертной информацией, генерируемой в рамках классических методов стратегического маркетинга.

#### **Степень разработанности темы исследования**

Проблемы принятия стратегических маркетинговых решений рассматривались многими отечественными и зарубежными учеными. При этом следует отметить, что концептуальные основы принятия стратегических маркетинговых решений базируются на положениях общей теории систем и принятия решений, рассмотренных в работах С. Бира, В.Н. Буркова, В.Н. Волковой, Д.М. Гвишиани, Х. Райфа, О.И. Ларичева, М. Месаровича, Э. Мушика, П. Мюллера, Д.А. Новикова, Г.А. Саймона, Ф. Эмери и других исследователей. Вопросам стратегического управления в экономических системах посвящены работы И. Ансоффа, А. А. Томпсона, М.Ю. Портера, К.Л. Хвана, К. Эндрюса. Проблемы принятия стратегических решений в маркетинговой деятельности рассмотрены в работах Ф. Бардена, П.Р. Диксона, Нэреш К. Малхотры, Ф. Котлера, С. Г. Светунькова и др. Исследованием многокритериальных методов принятия решений в условиях неопределенности занимались А.В. Андрейчиков, И.Б. Арефьев, А.Н. Борисов, Л.А. Заде, Р.Л. Кини, Б.Г. Литвак, В.Д. Ногин, В.В. Подиновский, Т. Саати, П. Фишберн и др.

Анализ и обобщение работ показал, что в них исследуются преимущественно отдельные проблемы, связанные с принятием стратегических решений, рассматриваются общие подходы и узконаправленные концепции. При этом недостаточно изучен комплексный подход для поддержки принятия стратегических маркетинговых решений на основе методов многокритериального выбора, подкрепленных экспертной информацией.

**Объектом исследования** является информационная система поддержки принятия маркетинговых решений на стратегическом уровне управления предприятием.

**Предметом исследования** выступают методы и алгоритмы многокритериального выбора для поддержки принятия стратегических маркетинговых решений.

**Цель, идея и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является повышение обоснованности маркетинговых решений на стратегическом уровне управления в условиях неопределенности факторов внешней среды.

**Идея работы** заключается в разработке новых и модификации существующих методов многокритериального выбора в контексте выбранной предметной области.

Достижение поставленной цели потребовало решения в диссертационной работе следующих основных **задач**:

1. Системный анализ предметной области и существующих методов поддержки принятия стратегических маркетинговых решений, а также обоснование необходимости их совершенствования.

2. Разработка модифицированного метода аналитического планирования на основе SWOT-анализа (метод APSWOT) и методики оценки обоснованности маркетинговых решений на основе метода анализа иерархий и дисперсионного анализа.

3. Разработка модифицированного метода сценарного анализа проектов на основе интервально-вероятностного подхода.

4. Обоснование структуры и состава методического аппарата поддержки принятия стратегических маркетинговых решений.

5. Практическая апробация предложенных методов и алгоритмов в виде математического обеспечения информационной системы поддержки принятия маркетинговых решений.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач в работе использованы методы системного анализа, теории принятия решений, теории вероятностей и математической статистики, методы обработки экспертных оценок.

**Научная новизна работы:**

1. Разработанный модифицированный метод аналитического планирования, адаптированный к решению задачи формирования маркетинговых стратегий, отличается от классического метода Саати и Кернса тремя основными аспектами: а) введением процедуры SWOT-анализа на уровне целей и политик акторов при прямом процессе планирования; б) использованием результирующей матрицы SWOT-анализа на уровне сценариев; в) использованием разработан-

ной методики оценки обоснованности решений, обладающей самостоятельной научной новизной и отличающейся от известных новой постановкой задачи на определение относительных коэффициентов обоснованности, а также комплексным применением метода анализа иерархий и дисперсионного анализа при обработке экспертных суждений.

2. Разработанный модифицированный метод сценарного анализа проектов в условиях неопределенности отличается от типового метода обоснованным использованием умеренно-пессимистической системы предпочтений при получении точечных значений исходных параметров проекта и применением метода анализа иерархий и оценок Фишберна при интервально-вероятностной оценке прогнозируемых параметров сценариев развития проекта. Предложен дополнительный показатель оценки риска, который при анализе одного проекта является более информативным по сравнению со стандартным отклонением.

3. Предложенный методический аппарат поддержки принятия стратегических маркетинговых решений отличается от известных новым обоснованным набором составляющих его элементов, а также алгоритмами их применения.

**На защиту выносятся следующие положения:**

1. Разработанный модифицированный метод аналитического планирования на основе SWOT-анализа позволяет повысить обоснованность стратегических маркетинговых решений, при этом 65% общей вариации коэффициента обоснованности связано с применяемым методом.

2. Разработанный модифицированный метод сценарного анализа позволяет снизить степень субъективизма при оценке прогнозируемых параметров инвестиционных проектов в условиях неопределенности факторов внешней среды, при этом около 68% общей вариации коэффициента обоснованности связано с применяемым методом.

3. Предложенный методический аппарат поддержки принятия стратегических маркетинговых решений обладает свойством структурной адаптации, проявляющимся в изменении алгоритмов его применения в зависимости от входящих в его состав компонентов и позволяющим настраивать методический аппарат в соответствии с предпочтениями лица, принимающего решения.

**Личный вклад автора.** Научные результаты, выносимые на защиту, получены автором лично.

**Теоретическая значимость** исследования заключается в развитии научно-методического аппарата поддержки принятия решений в условиях неопределенности, а именно методов многокритериального выбора, подкрепленных экспертной информацией.

**Практическая ценность** исследования заключается в использовании полученных результатов как в практической деятельности предприятий, так и в научно-образовательном процессе высших учебных заведений.

В рамках первого направления полученные результаты могут быть использованы не только в маркетинговой деятельности предприятий, но также, при их определенной адаптации, и в других сферах деятельности, связанных с принятием стратегических решений в условиях существенной неопределенности факторов внешней среды. В рамках второго направления полученные результаты могут быть использованы в образовательном процессе при чтении дисциплин «Системы поддержки принятия решений», «Управление проектами в сфере информационных систем и технологий», а также при выполнении научно-исследовательских проектов по родственной тематике.

Практическая ценность работы подтверждается актами о внедрении. Результаты диссертации внедрены в маркетинговую деятельность ООО «ТрансСвязь», акт от 24.01.2023 г., и ООО «Константа», акт от 16.02.2023 г. для повышения обоснованности принимаемых стратегических решений. Результаты диссертационной работы подтверждены свидетельствами о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020666951 и ЭВМ № 2021616803.

**Степень достоверности результатов исследования** обеспечивается достаточным анализом предметной области, надежными исходными данными, адекватной постановкой научной задачи, корректным применением методов исследования. Достоверность полученных результатов также подтверждается их внедрением в практическую деятельность предприятий телекоммуникационной отрасли, апробацией на научных конференциях, а также получением свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

**Соответствие паспорту специальности.** Содержание диссертации соответствует пунктам 4, 13 паспорта научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации,

статистика: п. 4 Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п. 13 Методы получения, анализа и обработки экспертной информации, в том числе на основе статистических показателей.

**Апробация результатов.** Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на: XVIII Всероссийской конференции-конкурсе студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2020), Молодых лидерах науки 2020 (г. Санкт-Петербург, 2020), XIX Всероссийской конференции-конкурсе студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2021), 75-ой юбилейной региональной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Студенческая весна 2021» СПбГУТ (г. Санкт-Петербург, 2021), Всероссийском научно-образовательном семинаре для обучающихся «Проблемы минерально-сырьевого комплекса глазами молодых ученых», (г. Санкт-Петербург, 2022), XXII Международной научно-практической конференции молодых ученых, студентов и аспирантов «Анализ и прогнозирование систем управления в промышленности, на транспорте и в логистике» по направлению «Системный анализ и управление» (г. Санкт-Петербург, 2022), XII Международной научно-технической конференции «Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых» (г. Санкт-Петербург, 2022).

**Публикации.** Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 9 печатных работах, в том числе в 5 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в 3 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения. Список литературы включает 96 источников и 6 приложений. Диссертация изложена на 144 страницах машинописного текста, включает 40 таблиц и 50 рисунков.



## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, раскрыты научная новизна, теоретическая значимость и практическая ценность проведенного исследования, изложены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** рассмотрена маркетинговая деятельность предприятий как объект системного анализа. Выявлены особенности маркетинговых решений на стратегическом уровне управления, проанализирован методический аппарат поддержки принятия данных решений и обоснована необходимость его совершенствования.

**Во второй главе** разработаны основные элементы методического аппарата поддержки принятия стратегических маркетинговых решений: модифицированный метод аналитического планирования на основе SWOT-анализа и модифицированный метод сценарного анализа проектов на основе интервально-вероятностного подхода.

**В третьей главе** разработаны вспомогательные элементы методического аппарата поддержки принятия стратегических маркетинговых решений: методика оценки обоснованности маркетинговых решений на основе метода анализа иерархий и дисперсионного анализа, мажоритарная схема голосования при использовании методического аппарата с расширенным составом элементов. Разработаны алгоритмы работы с предложенным методическим аппаратом в режиме настройки и в режиме практического применения.

**В четвертой главе** приведены примеры практической апробации предложенных методов и алгоритмов, сформулированы рекомендации по их использованию в информационной системе поддержки принятия маркетинговых решений.

Основные результаты отражены в следующих защищаемых положениях.

**1. Разработанный модифицированный метод аналитического планирования на основе SWOT-анализа позволяет повысить обоснованность стратегических маркетинговых решений, при этом 65% общей вариации коэффициента обоснованности связано с применяемым методом.**

В настоящее время в стратегическом маркетинге применяются разнообразные методы для анализа факторов внутренней и внешней среды. Системный анализ предметной области позволил установить, что наиболее часто в стратегическом маркетинге используется метод SWOT-анализа. Несмотря на свою распространенность

и популярность, этот метод обладает одним существенным недостатком – результатом его применения являются описательно-качественные суждения, поэтому главным направлением его совершенствования является усиление формализованными методами, позволяющими получить более обоснованные суждения.

Так как SWOT-анализ оперирует множеством факторов, то в качестве математического дополнения обычно рассматриваются методы многокритериального выбора. Проведенный анализ показал, что среди этого класса методов для усиления SWOT-анализа используются или аппарат нечеткой логики, или метод TOPSIS. Однако, нечеткий SWOT-анализ предполагает построение функций принадлежности, что для большого числа слабо формализуемых факторов внешней среды является крайне затруднительным, а метод TOPSIS предполагает определение лучшего и худшего эталонных решений, что является недостаточно корректным применительно к решению задач стратегического планирования.

В работе предлагается новая модификация метода, предполагающая совместное применение SWOT-анализа и метода аналитического планирования Т. Саати и К. Кернса. Основным преимуществом предложенной модификации является отсутствие необходимости в построении различных функций принадлежности и правил нечеткого вывода, так как для задач стратегического маркетингового планирования является крайне затруднительным.

На рисунках 1 и 2 представлены алгоритмы аналитического планирования стратегий в прямом и обратном направлениях на основе разработанного метода APSWOT. Выделенные SWOT-факторы участвуют в построении иерархии процесса планирования, а метод анализа иерархий используется для определения приоритетов элементов иерархии. В прямом процессе планирования рассчитываются векторы приоритетов исходов (рисунок 1), а в обратном процессе планирования – векторы приоритетов целей и политик (рисунок 2).

Для определения интегральных оценок обобщенного исхода относительно фокуса иерархии  $OИ^{\phi}_{ij}$  и относительно конкретного актора  $OИ^{ак}_{ij}$  строится матрица оценки исходов (Таблица 1).

Таблица 1 – Матрица оценки исходов

Критерий $K_i$	Вес критерия $\rho_i$	Значение $w$ , вектора приоритетов					
		$w_1$	$w_2$	...	$w_i$	...	$w_n$
$K_l$	$\rho_l$	$a_{l1}$	$a_{l2}$	...	$a_{lj}$	...	$a_{ln}$

Продолжение таблицы 1

...	...	...	...	...	...	...	...
$K_m$	$\rho_m$	$a_{m1}$	$a_{m2}$	...	$a_{mj}$	...	$a_{mn}$

В матрице приняты следующие обозначения:  $K_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) – критерии для оценки исходов;  $\rho_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) – весовые коэффициенты критериев, отражающие значимость последних в конкретном процессе планирования;  $w_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) – значения вектора приоритетов вероятных (логических) исходов относительно фокуса иерархии или отдельно взятого актора;  $a_{ij}$  – оценка на основе шкалы разностей  $j$ -го исхода по  $i$ -му критерию.

Интегральные оценки обобщенного исхода относительно фокуса или самостоятельного актора определяются по формулам (1) и (2):

$$OI_{ij}^{\Phi} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \rho_i a_{ij} w_j^{\Phi} \quad (1)$$

$$OI_{ij}^{ак} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \rho_i a_{ij} w_j^{ак} \quad (2)$$

Для подтверждения (или опровержения) статистической гипотезы о повышении обоснованности маркетинговых решений, подготовленных с использованием разработанного метода APSWOT, была разработана методика оценки обоснованности решений.

В проведённом исследовании под обоснованностью понимается качество разрабатываемых маркетинговых решений на основе знаний, норм и методов, а также полученных априорных экспертных оценок. Факторы, определяющие обоснованность разрабатываемых решений, представлены на рисунке 3. Поскольку первые два фактора (достоверность и полнота исходных данных) являются одинаковыми для всех сравниваемых методов (APSWOT, классический SWOT-анализ, нечеткий SWOT-анализ и TOPSIS+SWOT), то обоснованность решения, в первую очередь, будет определяться методом, используемым для разработки этого решения.

На рисунке 4 представлен алгоритм оценки обоснованности разрабатываемых маркетинговых решений. Поскольку обоснован-

ность решения по своей природе является качественной характеристикой, то для её оценки использовались экспертные суждения, обработанные по шкале Саати. При этом коэффициенты обоснованности отражали психологическую уверенность эксперта, что решение, выработанное с использованием  $i$ -го метода является более обоснованным по сравнению с решением, выработанным с использованием  $j$ -го метода. Полученные в ходе обработки значения векторов приоритетов использовались в дальнейшем в качестве коэффициентов обоснованности разработанных решений.

В силу того, что значения коэффициентов обоснованности зависят не только от использованных методик решения, но также и от ряда других неучтенных факторов, то следует полагать, что они являются случайными величинами. Таким образом, возникает задача оценки значимости различия между средними значениями коэффициентов обоснованности сравниваемых методик. Для решения данной задачи использовался однофакторный дисперсионный анализ.

Для оценки силы влияния применяемой методики на обоснованность вырабатываемого маркетингового решения использовался способ Плохинского, основанный на выражении равенства девиат (3):

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (3)$$

где  $Q_1$  – межгрупповая девиата;  $Q_2$  – внутригрупповая девиата;  $Q$  – общая девиата.

Для расчета показателя силы влияния использовалась формула (4)

$$h_{x_{ij}}^2 = \frac{Q_1}{Q} = 1 - \frac{Q_2}{Q} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^{n_i} (x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}{\sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^{n_i} (x_{i,j} - \bar{x})^2} \quad (4)$$

где,  $\bar{x}_{ij}$  – числовые значения результативного признака (коэффициентов обоснованности),  $\bar{x}_i$  – среднее арифметическое величин  $i$ -группы,  $\bar{x}$  – среднее арифметическое всех величин,  $n_i$  – общее число наблюдений (решаемых задач).

Практическая апробация разработанной методики была проведена в рамках эксперимента по решению маркетинговых кейс-задач, связанных с формированием продуктовых стратегий предприятия. В эксперименте приняли участие восемь экспертов

(маркетологов), которые решали шесть продуктовых кейс-задач с использованием четырёх методов: классический SWOT-анализ, APSWOT, TOPSIS + SWOT-анализ, максиминная свертка + SWOT-анализ. Исходные данные и детальные расчеты статистической обработки результатов эксперимента представлены в тексте диссертационной работы. Основные итоги статистической обработки состоят в следующем:

1. Рассчитанное дисперсионное отношение  $F_p = 15,04$ , на уровне значимости  $\alpha = 0,05$  имеем  $F_{кр} = 3,098$ . Так как  $F_p > F_{кр}$ , то с высоким уровнем надежности можно утверждать, что значение коэффициента обоснованности зависит от используемого метода. В проведенном эксперименте наиболее обоснованными оказались решения, разработанные с использованием метода APSWOT.

2. Рассчитанная степень влияния  $h_x^2 = 0,65$ , таким образом около 65% общей вариации коэффициента обоснованности связано с применяемым методом.

Следует отметить, что разработанная методика оценки обоснованности использовалась не только для сравнения метода APSWOT с другими рассмотренными в работе методами многокритериального выбора (исследовательский аспект использования методики), но также и для адаптивной настройки методического аппарата поддержки принятия стратегических маркетинговых решений при его использовании в расширенном составе (прикладной аспект использования методики, который рассмотрен в третьем положении, выносимом на защиту).

**2. Разработанный модифицированный метод сценарного анализа позволяет снизить степень субъективизма при оценке прогнозируемых параметров инвестиционных проектов в условиях неопределенности факторов внешней среды, при этом около 68% общей вариации коэффициента обоснованности связано с применяемым методом.**

Разработанный метод APSWOT предназначен для планирования маркетинговых стратегий предприятий, что по своему содержанию относится к классу задач концептуального характера, решаемых на верхнем подуровне стратегического уровня управления. На нижнем подуровне решаются задачи, связанные с технико-экономическим обоснованием сформированных маркетинговых стратегий. Данные задачи более структурированы по сравнению с задачами

формирования маркетинговых стратегий, поэтому для их решения, наряду с экспертными оценками, используются методы инвестиционного проектирования, базирующиеся на теории вероятностей и математической статистике.

В работе предложен модифицированный метод сценарного анализа проектов в условиях неопределенности, который отличается от типового метода обоснованным использованием умеренно-пессимистической системы предпочтений при получении точечных значений исходных параметров проекта и применением метода анализа иерархий и оценок Фишберна при интервально-вероятностной оценке прогнозируемых параметров сценариев развития проекта.

Определение априорных вероятностей является одной из ключевых методологических проблем при использовании типовой формулы сценарного анализа (5):

$$M(NPV) = \overline{NPV} = \sum_{i=1}^3 NPV_i p_i, \quad (5)$$

где  $M(NPV)$  – математическое ожидание чистого дисконтированного дохода;  $NPV_1$  – значение  $NPV$  для пессимистического сценария;  $NPV_2$  – значение  $NPV$  для наиболее вероятного сценария;  $NPV_3$  – значение  $NPV$  для оптимистического сценария;  $p_i$  – вероятность осуществления сценария.

В практической деятельности лицо принимающее решение (ЛПР), как правило, всегда устанавливает некоторое отношение предпочтения относительно сценариев, используя для этого свои знания, опыт и интуицию. Установление отношения предпочтения является более естественной и простой процедурой, чем непосредственное определение вероятностей осуществления сценариев в формуле (5).

С формальной точки зрения отношение предпочтения представляет собой бинарное отношение порядка на множестве допустимых альтернатив. При сравнении сценариев ЛПР задает, как правило, простое линейное отношение порядка. В этом случае в качестве точечных оценок априорных вероятностей  $p_i$  можно использовать оценки Фишберна  $\hat{p}_i$  (6):

$$\hat{p}_i = \frac{2(n-k+1)}{n(n+1)}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (6)$$

Переменная  $k$  в формуле (6) обозначает порядковый номер (позицию) сценария в установленном бинарном отношении предпочтения (для наиболее вероятного сценария  $k = 1$ ).

В подавляющем большинстве рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов закладываются умеренно-пессимистические значения для всех параметров проекта, что, как показала практика, дает наиболее удовлетворительные результаты. Опираясь на данное положение, бинарное отношение предпочтения на компонентах  $NPV_i$  будет иметь следующий вид (7):

$$NPV_2 \triangleright NPV_1 \triangleright NPV_3. \quad (7)$$

Тогда получим следующие оценки Фишберна  $\hat{p}_i$  (8):

$$\hat{p}_1 = 0,333, \hat{p}_2 = 0,5, \hat{p}_3 = 0,167. \quad (8)$$

В случае интервального определения  $NPV$  будем исходить из того, что ЛПР дает три интервальные оценки сценариям развития проекта:

$[NPV_{\min 1}, NPV_{\min 2}]$ ,  $[NPV_{\text{prob1}}, NPV_{\text{prob2}}]$ ,  $[NPV_{\max 1}, NPV_{\max 2}]$  – для пессимистического, наиболее вероятного и оптимистического сценариев соответственно. Рассмотрим наиболее типичную ситуацию, когда данные оценки образуют пять непересекающихся интервалов (рисунок 5).

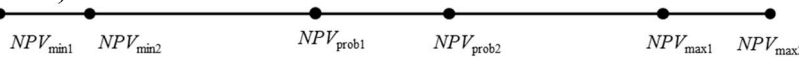


Рисунок 5 – Интервалы, образованные на основе оценок ЛПР

В этом случае возможны два подхода к построению бинарного отношения предпочтений – на основе трех и пяти интервалов.

Приняв во внимание умеренно-пессимистический подход, бинарное отношение предпочтений на основе трех интервалов будет иметь следующий вид (9):

$$[NPV_{\text{prob1}}, NPV_{\text{prob2}}] \triangleright [NPV_{\min 1}, NPV_{\min 2}] \triangleright [NPV_{\max 1}, NPV_{\max 2}] \quad (9)$$

Оценки Фишберна  $\hat{p}_i$  в этом случае будут соответствовать оценкам (8). Точечные оценки  $NPV$  могут быть найдены по формуле Гурвица (10):

$$M(NPV) = \overline{NPV} = \lambda \times NPV_{\max} + (1 - \lambda) \times NPV_{\min}, \quad (10)$$

где  $\lambda$  – коэффициент, отражающий систему предпочтений лица, принимающего решение.

Бинарное отношение предпочтений на основе пяти интервалов будет иметь следующий вид (11):

$$[NPV_{\text{prob1}}, NPV_{\text{prob2}}] \triangleright [NPV_{\text{min2}}, NPV_{\text{prob1}}] \triangleright [NPV_{\text{prob2}}, NPV_{\text{max1}}] \triangleright [NPV_{\text{min1}}, NPV_{\text{min2}}] \triangleright [NPV_{\text{max1}}, NPV_{\text{max2}}]. \quad (11)$$

В этом случае получим следующие оценки Фишберна  $\hat{p}_i$  (12):

$$\hat{p}_1 = 0,133, \hat{p}_2 = 0,267, \hat{p}_3 = 0,333, \hat{p}_4 = 0,2, \hat{p}_5 = 0,067. \quad (12)$$

Кроме рассмотренных аспектов модификации метода анализа сценариев в работе также предлагается ввести в типовую процедуру анализа показатель, оценивающий вероятность события, что  $NPV$  примет значение меньше заданного значения  $x$ , т. е.  $P(NPV < x)$ . Если принять допущение о нормальном распределении  $NPV$ , то можно записать (13):

$$P(NPV < x) = \Phi\left(\frac{x - \overline{NPV}}{\sigma}\right) \quad (13)$$

где  $\Phi$  – функция стандартного нормального распределения;  $\sigma$  – стандартное отклонение.

При анализе одного проекта предложенный показатель является более информативным по сравнению со стандартным отклонением.

**3. Предложенный методический аппарат поддержки принятия стратегических маркетинговых решений обладает свойством структурной адаптации, проявляющимся в изменении алгоритмов его применения в зависимости от входящих в его состав компонентов и позволяющим настраивать методический аппарат в соответствии с предпочтениями лица, принимающего решения.**

Базовый состав разработанного методического аппарата включает в себя два основных элемента: метод APSWOT и модифицированный метод сценарного анализа. Данные элементы обеспечивают в целом решение задачи по формированию маркетинговой стратегии предприятия и её экономическому обоснованию. Алгоритм применения данных элементов имеет простой линейный вид: APSWOT → Метод анализа сценариев.

Наряду с базовым составом в работе предлагается расширенный состав методического аппарата, включающий в себя наряду с выше указанными элементами, также метод TOPSIS+SWOT и метод



максиминной свертки + SWOT (рисунок 6). Таким образом, в расширенном составе методического аппарата реализуется идея использования ансамбля методов, позволяющая повысить обоснованность принимаемых решений. Вместе с тем, использование ансамбля ведёт к необходимости добавления в методический аппарат вспомогательных элементов, в частности мажоритарной схемы голосования, используемой при коллективной выработке решения. Также следует отметить, что рассмотренная выше методика оценки обоснованности приобретает в методическом аппарате расширенного состава новую смысловую нагрузку – она используется на этапе настройки методического аппарата и определяет состав ансамбля методов.

Суть предлагаемого подхода к формированию ансамбля методов заключается в оценке рассчитанных значений коэффициентов обоснованности  $w_i$ . Если выполняется условие  $\exists w_i \geq 0,5$ , то соответствующий  $i$ -й метод выбирается победителем, ансамбль в этом случае не формируется. Если условие  $\exists w_i \geq 0,5$  не выполняется, то формируется ансамбль методов с соответствующими весами значимости (приоритетности).

В режиме практического использования методического аппарата возможны конфликтные ситуации, когда методы отбирают различные сравниваемые альтернативы. Для разрешения данных конфликтов в методический аппарат введена схема взвешенного мажоритарного голосования, при котором учитывается не простое большинство проголосовавших за альтернативу методов, а сумма их весов. В случае ситуации крайнего конфликта, когда все методы проголосовали за различные альтернативы, победителем принимается альтернатива, за которую проголосовал метод, имеющий наибольшее значение коэффициента обоснованности.

Апробация предложенного методического аппарата поддержки принятия стратегических маркетинговых решений была проведена в рамках решения задач по выбору продуктовых стратегий компании. На рисунке 7 представлено иерархическое дерево, построенное с использованием модифицированного метода APSWOT. Детальные расчеты с использованием модифицированного метода сценарного планирования, а также дополнительных элементов, вошедших в расширенный состав методического аппарата (метод TOPSIS+SWOT и метод максиминной свертки + SWOT) представлены в тексте диссертации.

Предложенный методический аппарат является составной компонентой математического обеспечения информационной системы поддержки принятия маркетинговых решений.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В диссертации предлагается новое решение актуальной научной задачи, заключающейся в разработке новых и модификации существующих методов многокритериального выбора с целью повышения обоснованности маркетинговых решений, принимаемых на стратегическом уровне управления.

В качестве решения предложен методический аппарат поддержки принятия стратегических маркетинговых решений с новым обоснованным набором составляющих его элементов, а также алгоритмом их применения.

По результатам выполнения диссертационной работы сформулированы следующие выводы и рекомендации:

1. Проведен системный анализ предметной области и существующих методов поддержки принятия стратегических маркетинговых решений, который позволил выполнить постановку задачи исследования.

2. Разработан модифицированный метод аналитического планирования на основе SWOT-анализа, адаптированный к решению задачи формирования маркетинговых стратегий предприятия. На уровне значимости  $\alpha = 0,05$  подтверждена статистическая гипотеза о повышении в рамках проведенного эксперимента обоснованности маркетинговых решений, подготовленных с использованием разработанного метода APSWOT. Рассчитанная степень влияния позволяет утверждать (при  $\alpha = 0,05$ ), что около 65% общей вариации коэффициента обоснованности связано с применяемым методом.

3. Разработан модифицированный метод сценарного анализа, позволяющий снизить степень субъективизма при оценке прогнозируемых параметров инвестиционных проектов в условиях неопределенности факторов внешней среды. В рамках проведенного эксперимента по сравнительной оценке проектов, подготовленных с использованием типового и модифицированного методов анализа сценариев, было установлено (при  $\alpha = 0,05$ ), что обоснованность проектов, подготовленных с использованием модифицированного метода выше по сравнению с типовым методом анализа сценариев. Рассчитанная степень влияния позволяет утверждать (при  $\alpha = 0,05$ ), что

около 68% общей вариации коэффициента обоснованности связано с применяемым методом.

4. Предложен методический аппарат поддержки принятия стратегических маркетинговых решений, позволяющий повысить их обоснованность за счет применения ансамбля методов и мажоритарной схемы взвешенного голосования.

5. Проведена практическая апробация предложенных методов и алгоритмов в виде математического обеспечения информационной системы поддержки принятия маркетинговых решений.

По мнению автора, дальнейшими перспективными направлениями исследования по теме диссертации являются: разработка методов преобразования неструктурированных задач в слабоструктурированные и хорошо структурированные; развитие теории оценивания обоснованности управленческих решений с учетом достижений в области психологии решения когнитивных задач; развитие подходов и методов сопряжения задач стратегического и алгоритмического маркетинга в рамках единой информационной системы.

### СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Публикации в изданиях из Перечня ВАК:*

1. **Матрохина, К.В.** Применение аппарата нечеткой логики к решению задач управления в телекоммуникационных компаниях // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2020. – № 11. – С. 91-96.

2. **Матрохина, К.В.** Поддержка принятия маркетинговых решений на основе методов нечеткого управления // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2021. – № 11. – С. 74-78.

3. **Матрохина, К.В.** Аналитическое планирование и SWOT-анализ в процессе поддержки принятия стратегических решений / К.В. Матрохина, В.Я. Трофимец, А.В. Калач // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2022. – № 2. – С. 111-119.

4. **Матрохина, К.В.** К вопросу разработки методического аппарата поддержки принятия стратегических решений в маркетинговой деятельности предприятий / К.В. Матрохина, В.Я. Трофимец, А.В. Калач // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2022. – № 3. – С. 77-86.

5. **Матрохина, К.В.** Совершенствование метода сценарного анализа в системе управления инвестиционными проектами с высоким уровнем неопределенности / К.В. Матрохина, В.Я. Трофимец, А.В. Калач // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2022. – № 4. – С. 128-134.

*Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:*

6. Mazakov, E.B. Traffic management at the enterprises of the mineral industry/ E.B. Mazakov, **K.V. Matrokhina**, V.Y. Trofimets. // Advances in raw material industries for sustainable development goals. London: CRC Press. – 2021. – pp. 397–405.

7. **Matrokhina, K.V.** Development of methodology for scenario analysis of investment projects of enterprises of the mineral resource complex/ K.V. Matrokhina, V.Y. Trofimets, E.B. Mazakov, A.B. Makhovikov, M.M. Khaykin. // Journal of Mining Institute. – 2023. – Vol. 259. P. 112-124.

8. Makhovikov, A.B. Secured communication system for metallurgical company / A.B. Makhovikov, S.B. Kryltsov, **K.V. Matrokhina**, V.Ya. Trofimets. – 2023. – № 4 – С. 5–13. DOI:10.17580/tsm.2023.04.01.

*Публикации в прочих изданиях:*

9. **Матрохина, К.В.** Модели и методы поддержки принятия решений в задачах управления маркетинговой стратегией телекоммуникационного предприятия// Актуальные проблемы недропользования: Тезисы докладов XIX Всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов, Санкт-Петербург, 12–16 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: СПГУ. – 2021. – С. 49-50.

*Патенты:*

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020666951 РФ. Программа для оценки приоритетности альтернатив в условиях неопределенности на основе метода анализа иерархий: № 2020666252: заявл. 10.12.2020: опубл. 18.12.2020 / **К.В. Матрохина**, А.В. Гурко, М.В. Хорос; заявитель СПГУ. –1 с.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616803 РФ. Программа для многокритериального выбора альтернативы на основе групповой экспертизы с использованием метода анализа иерархий: № 2021615950: заявл. 23.04.2021: опубл. 27.04.2021 / **К.В. Матрохина**, А.В. Гурко, К.Р. Загорская, А.Б. Маховиков; заявитель СПГУ. –1 с.

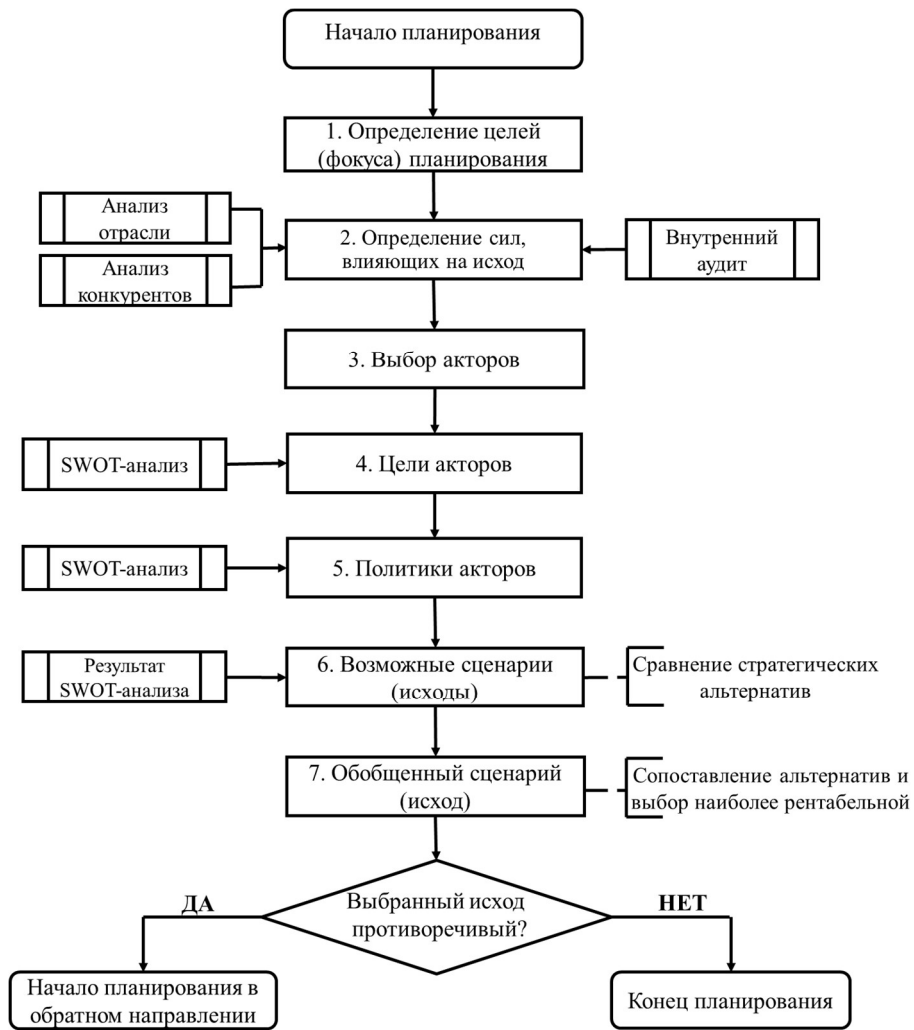


Рисунок 1 – Алгоритм процесса планирования в прямом направлении

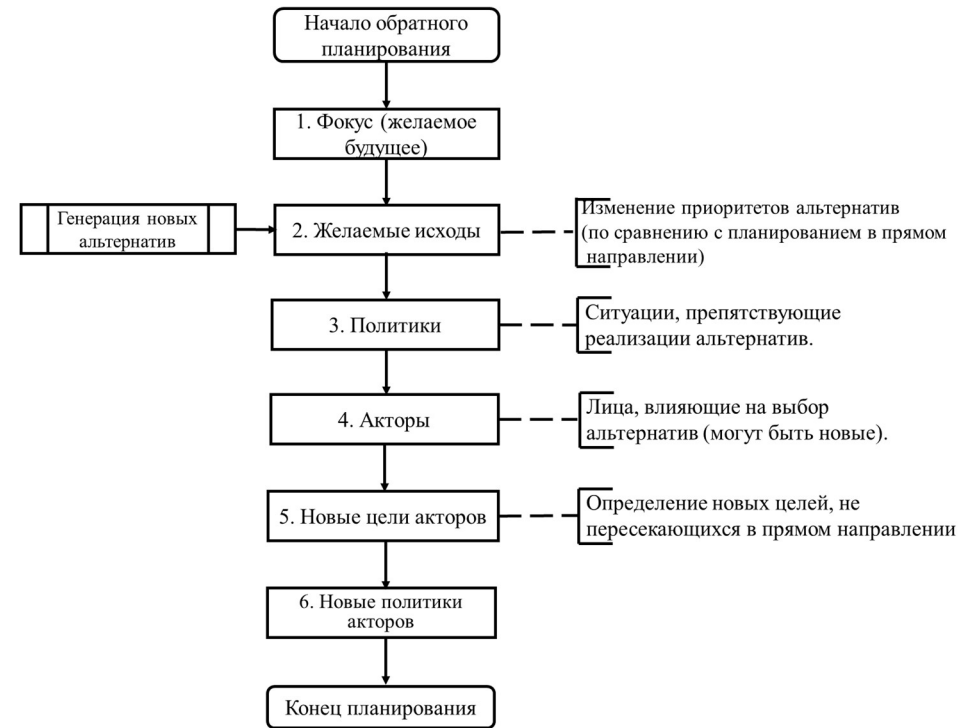


Рисунок 2 – Алгоритм процесса планирования в обратном направлении

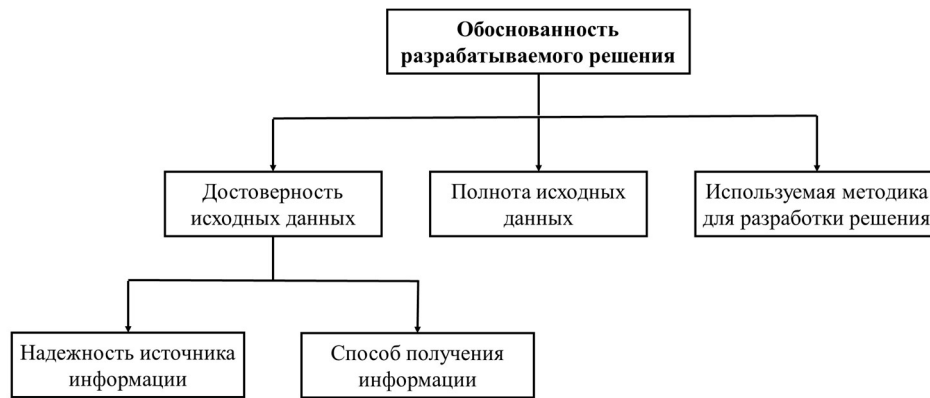


Рисунок 3 – Факторы, влияющие на обоснованность разрабатываемого решения

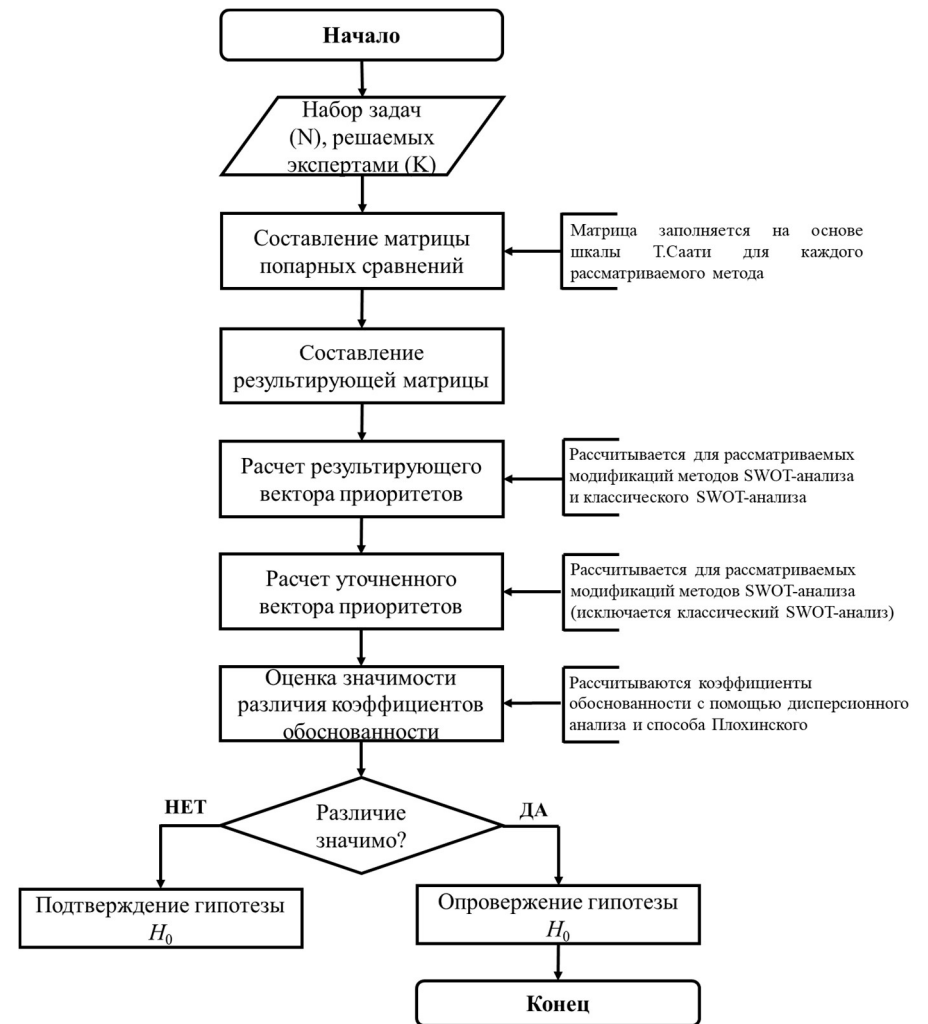


Рисунок 4 – Алгоритм оценки обоснованности разрабатываемых маркетинговых решений

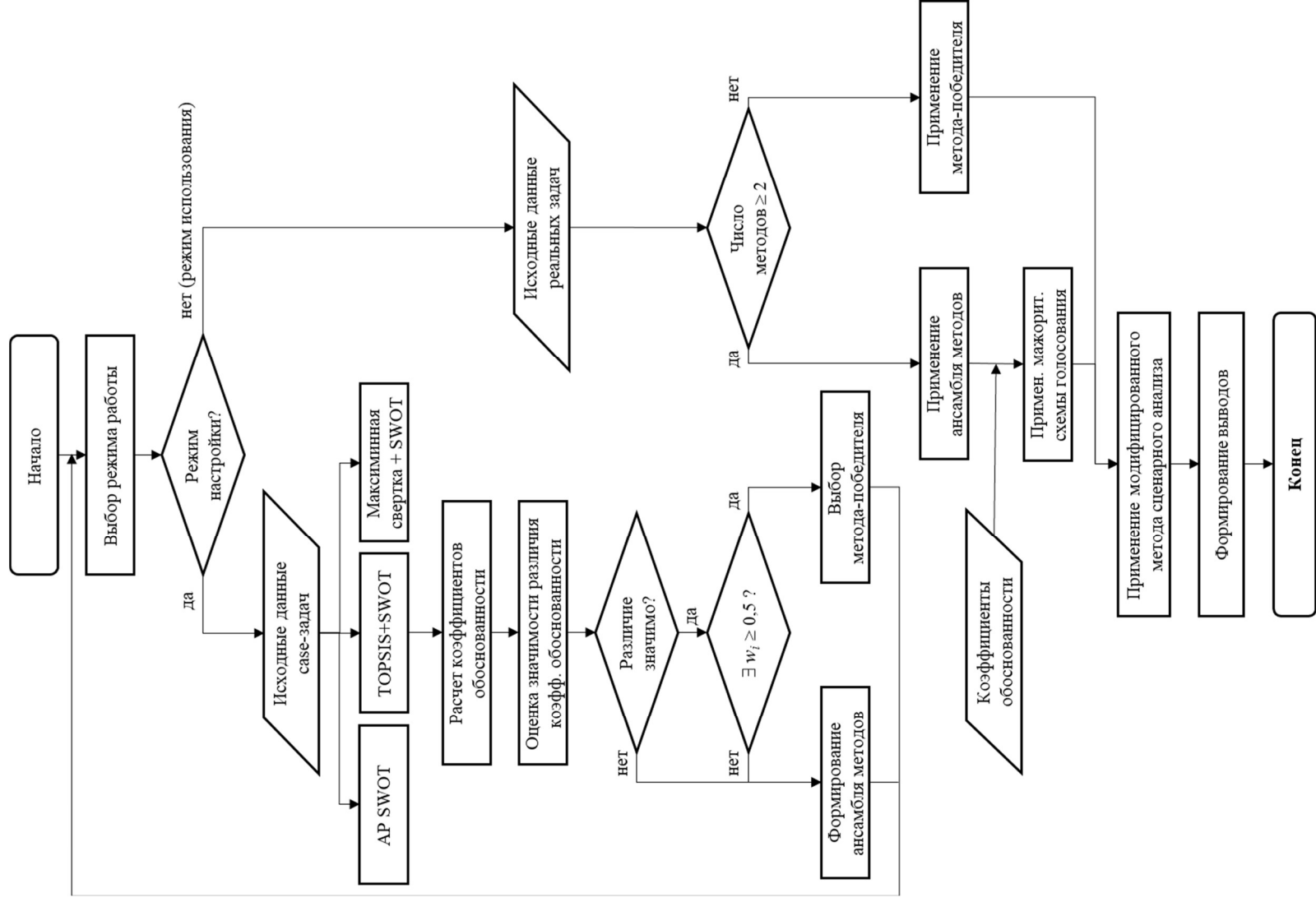


Рисунок 6 – Алгоритм методического аппарата поддержки принятия стратегических маркетинговых решений

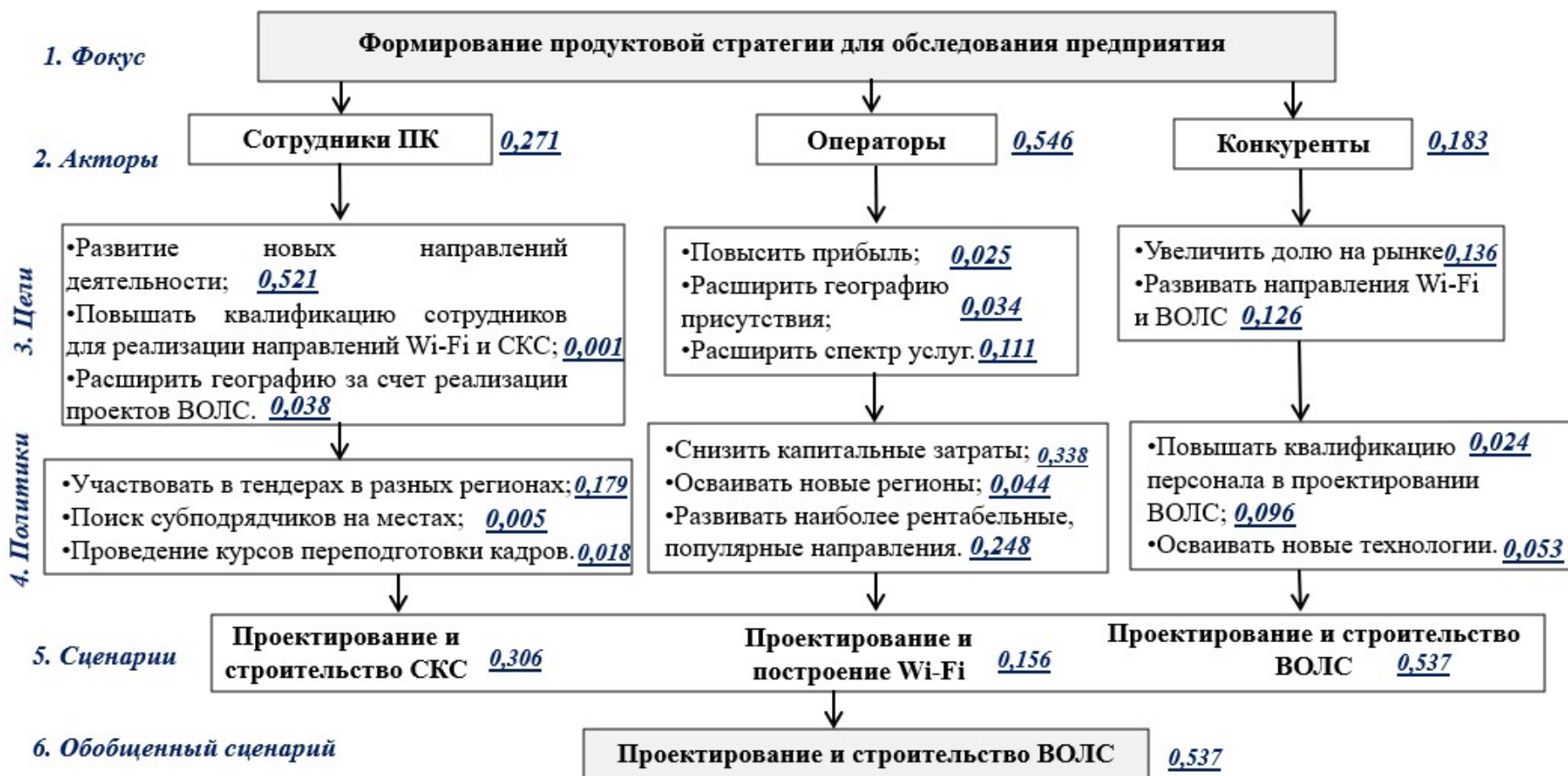


Рисунок 7 – Результирующая иерархия процесса на основе метода APSWOT