

ОТЗЫВ

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Егорова Александра Фёдоровича
на диссертационную работу **Ершова Дмитрия Михайловича**
на тему **«Модели, алгоритмы и программное обеспечение системы под-
держки принятия решений при стратегическом управлении
организацией»**,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальностям **05.13.18** – «Математическое моде-
лирование, численные методы и комплексы программ» и **05.13.01** – «Систем-
ный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-
космическая техника)».

Актуальность диссертационного исследования

Диссертация Д.М. Ершова посвящена разработке новых подходов к моделированию управленческих решений, математических методов, служащих для их оптимального выбора, и программного обеспечения, позволяющего применить предложенные модели и алгоритмы на практике.

Необходимость рационального подхода при принятии управленческих решений очевидна. Это, прежде всего, касается стратегических решений, принимаемых в организациях высокотехнологичных отраслей экономики (химическая, авиационная, микроэлектронная промышленность). Затраты на реализацию проектов развития и неопределенность ситуации принятия решения здесь достаточно высоки, поэтому в процессе выработки решений актуально использование специализированных информационных систем. Большинство из предлагаемых сегодня систем классов Business Intelligence (BI) и Corporate Performance Management (CPM) хорошо справляются с задачами обработки пользовательских запросов на выборку необходимых записей из баз данных и наглядного представления результатов, а также выявления скрытых закономерностей в данных. Однако системы, предписывающие

оптимальный выбор из множества альтернатив, все еще являются редкостью. Создание таких систем связано с необходимостью разработки математических подходов к моделированию проблемной ситуации, строгих постановок задач оптимизации и поиска эффективных методов их решения. Представленная диссертационная работа направлена на исследование данных проблем и этим определяется важность и актуальность ее темы.

Содержание диссертационной работы

Диссертация Ершова Д.М. состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников, включающего 139 наименований и шести приложений. Основное содержание работы изложено на 159 страницах, включая 38 рисунков и 32 таблицы.

Во **введении** соискатель обосновывает актуальность тематики выбранного исследования, четко формулирует цель и вытекающие из нее задачи работы, формулирует научные результаты, выносимые на защиту, научную новизну и практическую значимость диссертационной работы.

Первая глава представляет собой обзор работ, посвященных использованию математических моделей и методов при стратегическом управлении организациями. На основании анализа достоинств и недостатков предложенных ранее моделей и алгоритмов автор формулирует задачи исследования.

В разделе 1.1 описываются подходы к моделированию стратегии организации, рассматривающие стратегию как множество решений, оказывающих определяющее воздействие на деятельность организации и влекущих (при условии их реализации) долгосрочные и/или среднесрочные последствия. Отдельно выделена концепция комплексной стратегии организации. Согласно данной концепции стратегия декомпозируется на ряд непересекающихся подстратегий, в рамках которых определено множество альтернативных стратегических решений. Комплексная стратегия организации представляет собой совокупность (кортеж), в которую входит по одному решению из каждой подстратегии (Определение 1). Указывается, что выбор комплексной стратегии, который заключается в выборе единственной альтерна-

тивы в каждой подстратегии, должен производиться с учетом взаимной сочетаемости решений. Отмечено, что методы, предложенные в научной литературе ранее, не позволяют учитывать данный критерий при выборе решений, включаемых в стратегию, или же обладают существенными недостатками. Автор предлагает считать оптимальной стратегию, которая является Парето-недоминируемой при минимизации двух критериев: 1) максимального анти-приоритета среди анти-приоритетов формирующих стратегию решений; 2) количества нежелательных сочетаний принадлежащих стратегии решений. Для вычисления анти-приоритетов решений предложено использовать метод анализа иерархий, процедура которого подробно описана. Указано, что выяснять, какие сочетания решений являются нежелательными, следует пошагово – на каждом шагу ЛПР указывает нежелательные сочетания решений, принадлежащие конкретной комплексной стратегии. В завершении главы сформулирована постановка задачи выбора оптимальной стратегии, учитывающая данное условие.

Раздел 1.2 посвящен альтернативному подходу к моделированию стратегии организации, согласно которому стратегия понимается как система целей и действий, направленных на достижение желаемого состояния организации. Стратегию организации, понимаемую в данном смысле, предложено называть стратегией развития. Автор приводит обзор работ, связанных с решением задач планирования и реализации стратегии развития. Отдельно здесь выделяется модель стратегии развития (МСР), предложенная хорватскими исследователями, которая позволяет решить три задачи: оптимизировать распределение ресурсов между стратегическими действиями, прогнозировать уровни достижения стратегических целей, оценить эффективность исполнения стратегии развития организации. Автор формализует данную модель, вводя строго такие понятия, как распределение ресурсов, стратегия развития организации, прогнозируемый результат исполнения стратегии и др. (Определения 3–7). Задача оптимизации распределения ресурсов, а также задача прогнозирования уровней достижения стратегических целей формули-

руются как задачи линейного программирования (ЗЛП).

В качестве основного недостатка МСР автор выделяет необходимость точной идентификации параметров модели, осуществить которую на практике затруднительно. Также автор указывает на то, что уровням достижения внешних целей искусственно приписываются значения равные 1. В работе найдены условия, при которых оценки данных параметров не меняют оптимального распределения ресурсов организации (Утверждение 1), однако здесь же приведены примеры ситуаций, в которых оценки уровней достижения целей существенно влияют на оптимальное распределение ресурсов. Раздел завершается выводами о необходимости устранения выявленных недостатков МСР с целью получения более совершенного инструмента стратегического управления.

В разделе 1.3 приведен обзор и авторская классификация существующих автоматизированных систем поддержки принятия решений (СППР) при стратегическом управлении организациями. Классы систем сгруппированы в уровни – системы, расположенные на уровнях с большим номером, используют данные, полученные при помощи систем, расположенных на уровнях с меньшим номером. Автор выделяет такие классы СППР, как системы предоставления внешней информации (первый уровень), бизнес-интеллекта (второй уровень), аналитические системы, системы имитационного моделирования, бизнес-моделирования (третий уровень), системы экспертного оценивания, экспертные системы, системы управления знаниями (четвертый уровень). Для каждого класса систем соискатель приводит примеры конкретных ИТ-продуктов. В конце раздела сделаны выводы по общим тенденциям развития СППР.

Раздел 1.4 представляет собой выводы по первой главе. Здесь обоснована актуальность диссертационного исследования и сформулированы задачи, связанные с разработкой алгоритма выбора оптимальной комплексной стратегии организации, подходов к определению значений параметров МСР, методов оптимизации распределения ресурсов, учитывающих характер полу-

чаемых оценок, а также комплекса программ, реализующих разрабатываемые модели и алгоритмы.

Вторая глава посвящена разработке моделей и алгоритмов стратегического управления организацией: приводятся строгие постановки задач оптимизации, описываются методы их решения, доказываются утверждения, обосновывающие корректность предложенных методов.

Раздел 2.1 посвящен алгоритму выбора оптимальной комплексной стратегии организации. Алгоритм представлен как в виде блок-схемы, так и в виде текстового описания (Алгоритм 1). Идея алгоритма состоит в итеративном получении у ЛПР информации о множестве нежелательных сочетаний решений. Исполнение алгоритма может завершиться до того, как будет получена полная информация о множестве нежелательных сочетаний решений. При этом автор строго доказывает (Утверждение 2), что построенная с применением алгоритма стратегия будет оптимальной. На каждой итерации алгоритм требует осуществлять построение множества Парето-недоминируемых по заданному критерию стратегий. Справедливость утверждения о монотонности критерия (Утверждение 3) позволяет организовать перебор с отсечениями – метод ветвей и границ. Данный метод представлен в виде блок-схемы, а также в виде текстового описания (Алгоритм 2). Раздел завершается модельным примером использования предложенных методов при выборе оптимальной комплексной стратегии, состоящей из трех подстратегий.

В разделе 2.2 описываются подходы к определению значений параметров модели стратегии развития. Затраты и уровни достижения внешних целей предложено оценивать экспертно, получая от каждого эксперта трехточечные оценки (минимальное, наиболее вероятное, максимальное значение параметра). Для получения оценок коэффициентов причинно-следственных связей между целями предложено использовать интервальный метод анализа иерархий. Процедура получения оценок при помощи данного метода представлена в виде пошагового алгоритма (Алгоритм 3).

Раздел 2.3 посвящен стохастической модели стратегии развития. В рамках данной модели считается, что значения параметров представляют собой реализации случайных величин, характеристики распределений которых задаются полученными экспертными оценками. Автор доказывает, что в данных условиях результат исполнения стратегии также является случайной величиной, имеющей конечное математическое ожидание (Утверждение 4). Задача оптимизации распределения ресурсов формулируется как двухэтапная задача стохастического программирования с критерием в форме математического ожидания. Для ее решения автор предлагает использовать метод Монте-Карло.

В разделе 2.4 описывается интервальная модель стратегии развития. В рамках данной модели считается, что параметры могут принять любое значение из множеств, границы которых определяются полученными экспертными оценками. Автор вводит определения гарантированного и оптимистичного результатов исполнения стратегии. Оптимальным предлагается считать распределение ресурсов, максимизирующее критерий Гурвица – выпуклую линейную комбинацию гарантированного и оптимистичного результатов. Данная задача сводится к смешанной ЗЛП. Формулировка ЗЛП содержит вершины многомерных многоугольников. Для построения множества вершин автором разработан Алгоритм 4.

Далее рассматривается случай, когда решение смешанной ЗЛП не может быть получено стандартными методами (например, симплекс-методом) за приемлемое время. Для данного случая разработан специализированный метод оптимизации, основанный на методе частиц в стае. Использование данного метода предполагает возможность быстрого вычисления значения целевой функции при заданном распределении ресурсов. Предложено переименовать цели для того, чтобы выполнялось условие поуровневой нумерации (Алгоритм 5). В этом случае результат исполнения стратегии может быть вычислен с использованием формул (11)–(13). Автор предлагает представлять частицы действительными матрицами с неотрицательными элементами.

Каждая такая матрица путем построчного нормирования элементов трансформируется в матрицу распределения ресурсов, а затем с использованием формул (11)–(13) для нее вычисляется значение критерия Гурвица. Таким образом, для каждой частицы определяется значение целевой функции, и для ее оптимизации может быть использована процедура классического метода частиц в стае. Предлагаемый алгоритм оптимизации описан при помощи Си-подобного псевдокода (Алгоритм 6).

Методы вычисления оптимальных распределений ресурсов предполагают, что ресурсы распределяются между действиями без остатков, поэтому в завершении раздела приведен алгоритм, служащий для вычисления остатков ресурсов (Алгоритм 7).

В разделе 2.5 приводятся функции, служащие для измерения относительного расстояния между заданными распределениями ресурсов – индексы расстояния. Конструируется два индекса расстояния. Для этого выводятся формулы для вычисления распределения ресурсов наиболее удаленного от заданного в метрике Чебышёва (Утверждение 5) и евклидовой метрике (Утверждение 6).

Раздел 2.6 посвящен задаче вычисления показателя, который характеризует снижение неопределенности результата исполнения стратегии после оценивания различных групп параметров интервальной МСР. Неопределенность вычисляется как разность между гарантированным и оптимистичным результатами. Отдельно рассматривается задача влияния структуризации карты стратегии на снижение неопределенности. Автор приводит структуры «наилучшей» (максимизирующей оптимистичный результат исполнения стратегии) и «наихудшей» (минимизирующей гарантированный результат исполнения стратегии) карт стратегии (Утверждения 7 и 8 соответственно). В результате, задачу вычисления показателя сокращения неопределенности для всех групп параметров модели удастся свести к решению смешанных ЗЛП. В завершении раздела приводятся свойства показателя сокращения неопределенности (Утверждение 9), определяющие значимость оценок различных па-

раметров модели при отсутствии/наличии внешних целей.

Раздел 2.7 суммирует результаты, полученные при разработке моделей и алгоритмов стратегического управления организацией.

В третьей главе описывается комплекс программ, реализующих предложенные модели и алгоритмы, приведены примеры его использования на практике.

В разделе 3.1 приведено описание структуры комплекса, состоящего из трех подсистем. Для каждой подсистемы с применением нотации UML (диаграмма вариантов использования) описаны функциональные возможности, предоставляемые пользователям. Для подсистемы выбора оптимальной комплексной стратегии дополнительно приведена диаграмма процесса выработки стратегии в нотации IDEF0.

В разделе 3.2 автор описывает процесс использования разработанного комплекса на практике. При этом используется диаграмма, сходная по своей сути с UML диаграммой деятельности. Автор выделяет четыре группы лиц, участвующих в процессе управления, – владелец организации, менеджер, аналитик. Для каждой группы описываются действия, которые они осуществляют при помощи разработанного комплекса программ, указываются взаимосвязи между ними.

Раздел 3.3 посвящен применению предложенного программного обеспечения при стратегическом управлении компанией, проектирующей и производящей легкую авиационную технику. Вначале описан процесс выбора оптимальной комплексной стратегии организации: приведены используемые данные и результаты оптимизации, оценена эффективность метода ветвей и границ при построении Парето-недоминируемых стратегий (метод дает более чем 40-кратный выигрыш в сравнении с прямым перебором). Далее определены стратегические цели и действия, и решены задачи оптимизации распределения ресурсов организации и прогнозирования уровней достижения стратегических целей. Автор доказывает эффективность предложенного метода поиска оптимального по критерию Гурвица распределения ресурсов с раз-

личными модификациями метода частиц в стае, доказывая его эффективность. Здесь приводятся результаты дополнительных исследований, касающиеся устойчивости полученного оптимального распределения ресурсов при изменении законов распределения параметров МСР; проводится сравнение полученного наилучшего распределения ресурсов с распределением, вычисленным с использованием исходной (детерминированной) модели стратегии развития.

Раздел 3.4 посвящен выбору оптимальной комплексной стратегии телекоммуникационной компании. Здесь, также как и в разделе 3.3, обоснована эффективность использования метода ветвлений и отсечений при построении Парето-недоминируемых комплексных стратегий организации.

В разделе 3.5 приводится описание применения стохастической и интервальной моделей стратегии развития в компании, проектирующей и производящей оборудование для производства элементной базы авионики.

Наконец, в разделе 3.6 автор приводит общие выводы по эффективности использования разработанного программного обеспечения на практике.

В **заключении** работы суммируются полученные результаты, приводятся общие выводы и указываются направления дальнейших исследований.

Представленные материалы позволяют достаточно полно оценить объем и сложность проведенного исследования.

Автореферат в должной мере отражает содержание диссертации.

Следует также отметить разносторонний характер литературных источников, использованных автором при написании диссертации. Из 139 источников 67 являются зарубежными. Автор использовал 43 электронных ресурса, 5 диссертаций по предметной области исследования, 62 статьи в научных журналах, 44 монографии, 1 официальный нормативный документ РФ, 11 статей в сборниках трудов конференций.

Основные научные результаты диссертационного исследования

Диссертант Д.М. Ершов в процессе исследований получил ряд новых

научных результатов. Ему удалось сформулировать и решить комплекс задач, среди которых следует отметить следующие:

– Разработаны математические модели комплексной стратегии (раздел 1.1) и стратегии развития организации (раздел 1.2). Предложен метод выбора комплексной стратегии организации с учетом сочетаемости отдельных формирующих стратегию решений; доказана возможность выбора оптимальной стратегии при неполной информации о множестве нежелательных сочетаний решений (раздел 2.1).

– Для решения задачи построения множества Парето-эффективных оценок комплексных стратегий предложена процедура ветвлений и отсечений, дающая преимущество по вычислительным затратам в сравнении с прямым перебором (раздел 2.1).

– Построены две модификации модели стратегии развития – стохастическая и интервальная, для которых поставлены задачи оптимизации распределения ресурсов (разделы 2.2–2.4).

– Задача оптимального распределения ресурсов в рамках интервальной модели стратегии развития сведена к смешанной задаче линейного программирования. Для решения данной задачи на базе метода частиц в стае построен численный метод более эффективный, чем другие методы семейства методов частиц в стае (раздел 2.4).

– Полученные модели и алгоритмы реализованы в виде комплекса web-программ и применены для решения практических задач (глава 3).

Степень обоснованности и достоверности научных положений и

ВЫВОДОВ

Достоверность и обоснованность исследования базируется на корректном использовании методов теории оптимизации, исследования операций, теории вероятностей. Для всех сформулированных в работе утверждений приведены строгие математические доказательства

Эффективность предложенных подходов и разработанных алгоритмов подтверждается сравнением с результатами, полученными и опубликован-

ными другими авторами, а также с решениями, полученными используемыми в настоящее время методами, в частности, полным перебором при построении Парето-недоминируемых стратегий; симплекс-методом и модифицированными методами частиц в стае при поиске оптимального по критерию Гурвица распределения ресурсов.

Основные результаты докладывались и обсуждались на трех научных семинарах и восьми конференциях. Д.М. Ершовым написано девять статей для научных журналов (пять из них опубликовано в журналах из Перечня ВАК, одна – в печати) и один препринт. В процессе исследований он сотрудничал с иностранным специалистом, в соавторстве с которым была опубликована статья.

Теоретическая и практическая значимость выводов и результатов

Исследование Д.М. Ершова вносит в клад в развитие теории стратегического управления организационными системами. Результаты будут полезны для дальнейших исследований, посвященных принятию комплексных управленческих решений с учетом сочетаемости отдельных альтернатив, а также методам оптимизации распределения ресурсов организации, основанных на сбалансированной системе показателей.

Практическая ценность работы обусловлена тем, что ее результаты послужили основой для разработки программно-алгоритмического обеспечения, примененного для решения задач предприятий авиационной промышленности. О внедрении представленных разработок на предприятиях свидетельствуют прилагающиеся к работе акты внедрения.

Соответствие результатов заявленным специальностям

Научные результаты соответствуют следующим пунктам основной специальности (05.13.18):

- (П.1) Предложен подход к формальному представлению комплексной стратегии организации как кортежа решений, принадлежащих непересекающимся множествам (раздел 1.1). Разработаны методики моделирования стратегии развития организации, опирающиеся на концепции интервальной и

вероятностной неопределенности (разделы 2.3, 2.4).

- (П.3) Разработана вычислительная процедура построения Парето-недоминируемых стратегий, дающая преимущество по вычислительным затратам в сравнении с прямым перебором за счет использования отсечений (раздел 2.1). Для вычисления оптимального по критерию Гурвица распределения ресурсов организации разработана модификация метода частиц в стае (раздел 2.4). Эффективность использования предложенных методов проверена при решении практических задач (разделы 3.3–3.6).

- (П.4) Построенные в работе модели и алгоритмы положены в основу комплекса программ для поддержки принятия решений при стратегическом управлении организацией, состоящего из трех подсистем. Комплекс реализован с использованием методов объектно-ориентированного web-программирования и описан с применением нотаций UML и IDEF0 (разделы 3.1–3.2).

Представленные в работе результаты также соответствуют профилю дополнительной специальности (05.13.01):

- (П.2) Формализованы постановки задач стратегического управления организациями: 1) поставлена задача выбора оптимальной комплексной стратегии организации (разделы 1.1), 2) поставлена задача выбора оптимального распределения ресурсов в рамках стохастической модели стратегии развития (раздел 2.3), 3) поставлена задача выбора оптимального распределения ресурсов в рамках интервальной модели стратегии развития (раздел 2.4).

- (П.11) Для комплексной стратегии организации строго сформулирован критерий эффективности, учитывающий как качество отдельных формирующих стратегию решений, так и количество их нежелательных сочетаний (раздел 1.1). Разработаны модели стратегии развития, позволяющие осуществить анализ и прогнозирование эффективности стратегии организации (разделы 1.2, 2.3, 2.4).

- (П.13) Разработан эффективный алгоритм решения задачи выбора оптимальной комплексной стратегии организации, позволяющий выбрать

оптимальную стратегию, получив от эксперта неполную информацию о множестве нежелательных сочетаний решений (раздел 2.1). Предложены методы экспертного оценивания параметров модели стратегии развития организации (раздел 2.2). Разработана методика определения того, на сколько оценивание различных групп параметров интервальной МСР снижает неопределенность результата исполнения стратегии организации, сводящаяся к формулированию и решению смешанных ЗЛП (раздел 2.6).

Замечания по диссертационной работе

Работа не свободна от недостатков. По тексту диссертации можно сделать следующие **замечания**:

1. В разделе 2.2 непонятно почему используются экспертные оценки параметров модели стратегии развития организации. Каким образом они задаются? Почему при этом не используются методы теории нечетких множеств?

2. В разделе 2.3 при использовании стохастической модели стратегии развития организации автор ограничивается лишь равномерным законом распределения, не обосновывая свой выбор.

3. Разделе 2.4 для решения задачи оптимизации автор предлагает использовать «классический метод частиц в стае с кольцевой топологией связей частиц», не обосновав выбор метода оптимизации и не приводя сравнительные результаты с другими эффективными методами – генетическими, муравьиными алгоритмами и др.

4. В главе 2 автором предложен алгоритм выбора оптимальной комплексной стратегии управления организацией. В алгоритме, как указано автором, использована оригинальная процедура построения Парето-недоминируемых стратегий, однако не приведены численные результаты моделирования и сравнения с другими подходами.

5. В разделах 3.3–3.6 рассмотрены примеры использования комплекса алгоритмов и программ для стратегического управления различными организациями. Однако по тексту неясно, какие ресурсы используются?

Только лишь финансовые и трудозатраты? Неясно, каким образом выбирались численные значения коэффициентов основных целей? Оценивалась ли чувствительность результатов к варьированию этих коэффициентов?

6. Предложенный метод вычисления оптимального по критерию Гурвица распределения ресурсов является приближенным, поэтому полученное с его применением распределение более корректно называть «субоптимальным», а не «оптимальным».

7. Сквозная, а не по главам, нумерация формул, рисунков и таблиц затрудняет чтение диссертации и не позволяет быстро делать выводы об их принадлежности к той или иной главе.

Несмотря на высказанные замечания, общая оценка работы – положительная.

Заключение

Считаю, что цель и задачи диссертации обусловлены насущными потребностями науки и практики. Поставленная цель диссертационного исследования достигнута, и соответствующие задачи решены на достаточно высоком научном уровне. Разработки практической направленности, содержащиеся в диссертации, могут быть использованы в процессах стратегического управления организациями.

На основе анализа содержания диссертации, автореферата, опубликованных автором работ можно сделать следующее заключение: диссертация Ершова Дмитрия Михайловича является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, в которой содержится решение задачи разработки математического аппарата теории стратегического управления организационными системами и его применения для решения практических

задач на предприятиях авиационной и ракетно-космической промышленности.

Автору работы, Д.М. Ершову, может быть присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук по специальностям 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Заведующий кафедрой
компьютерно-интегрированных систем
в химической технологии
ФГБОУ ВПО «Российский
химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева»,
доктор технических наук, профессор
125047, г. Москва, Миусская пл., д.9,
(8-495)-495-21-34,
E-mail: egorov@muctr.ru

А.Ф. Егоров
01.10.2014 г.

Подпись заведующего кафедрой, д.т.н.,
профессора А.Ф. Егорова ЗАВЕРЯЮ
Ученый секретарь ФГБОУ ВПО
«РХТУ им. Д.И. Менделеева»,
доктор технических наук, профе



Т.В. Гусева