

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Самарский федеральный исследовательский центр
Российской академии наук
(СамНЦ РАН)

Студенческий пер., За, Самара, 443001, тел.(846) 337-53-81, e-mail: presidium@ssc.smr.ru <http://www.ssc.smr.ru>
ОКПО 33559171, ОГРН1036300448898, ИНН/КПП 6316032112 /631501001

№ 192 - 159 от 05.09.2015

В диссертационный совет
Д ПНИПУ.05.21 при ФГАОУ ВО
«Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет»
614990, г. Пермь,
Комсомольский проспект, 29.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора СамНЦ РАН
по научной работе
к.т.н. Соколов Владимир Октябревич

2025г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации

Алексеева Александра Олеговича

*«Иерархические матричные механизмы комплексного оценивания
и их приложения в кибернетических системах»,*

представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям

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

2.3.4. Управление в организационных системах»

1 Актуальность темы диссертации

Можно без преувеличения утверждать, что информация в современном обществе играет определяющую роль. Сегодня активно развиваются онлайн агрегаторы и репозитории различных данных, строятся центры обработки данных, позволяющие хранить терабайты информации, а также предоставлять пользователям облачные хранилища, виртуальные серверы и другие сервисы. Существующие уже инструменты автоматизированного сбора и структурирования данных способны собрать большие объемы информации из гетерогенных источников. Появляются облачные вычислительные ресурсы и сервисы для интеллектуального анализа данных и т.д. В этих условиях в прикладных задачах управления сложными техническими и организационными системами, которые, безусловно, можно

отнести к разряду кибернетических (по В.М. Глушкову), особую актуальность приобретает агрегирование информации и ее комплексное оценивание, которые, в свою очередь, обеспечивают выбор наилучших альтернатив при принятии управленческих решений. Поэтому диссертационное исследование Алексеева А.О. посвященное созданию единых механизмов и реализующих их программных средств комплексного оценивания для контроля результатов функционирования кибернетических систем, выбора наилучших альтернатив и поддержки принятия управленческих решений в условиях неопределённости, а также для многокритериального анализа данных и аппроксимации зависимостей в системах различной природы, является *актуальным*.

2 Структура и содержание диссертации

Диссертация Алексеева А.О. обладает внутренним единством, написана технически грамотным языком, оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011. Общий объём рукописи составляет 455 страниц машинописного текста. Работа имеет чёткую структуру и состоит из введения, восьми глав, заключения, списка литературы и одиннадцати приложений.

Во **введении** описывается актуальность темы исследования, степень разработанности, объект, предмет, цели, задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимости, методы исследования, степень достоверности и апробация результатов.

В **первой главе** приведена постановка задачи комплексного оценивания и дано определение иерархических матричных механизмов комплексного оценивания (ИММКО) в общем виде, определены процедуры комплексного оценивания, являющиеся отличительным элементом исследуемых методов. Систематизация процедур комплексного оценивания и моделей формализации неопределенности позволила установить отношения эквивалентности и обобщить процедуры комплексного оценивания. Приведены примеры и графические материалы, демонстрирующие доказанные свойства эквивалентности.

Во **второй главе** показана реализация непрерывной и нечеткой процедур комплексного оценивания при векторном представлении элементов матрицы свертки и сворачиваемых аргументов, являющихся обобщением унитарного подхода. Векторное представление аргументов и элементов матриц свертки легло в основу алгоритма построения неполносвязных нейронных сетей на основе ИММКО. Данные результаты использованы при создании программного обеспечения многопользовательской виртуальной среды интеллектуального анализа данных.

В **третьей главе** дано определение матричного анонимного обобщенного медианного механизма, который разработан для согласования матриц свертки, приведены наглядные примеры согласования, приводится доказательство, что согласованная матрица сохраняет монотонность, и доказательство того, что при сообщении результата экспертизы, который мог бы получиться при меньшем на одного эксперта количестве, результат экспертизы не изменяется. Последнее определило способ делегирования сообщений в случае привлечения эксперта для согласования отдельных матриц свертки.

В **четвертой главе** описаны алгоритмы идентификации ИММКО на основе обучающих наборов для последовательных и непоследовательных структур деревьев критериев и показаны демонстрационные примеры. Выявлена проблема искажения информации о значимости частных критериев, возникающая при решении задачи

многокритериального выбора с помощью ИММКО при фиксированной структуре дерева критериев.

В **пятой главе** сформулирована задача управления объектами, состояния которых описываются с помощью ИММКО, в общей и частной постановках. Частная постановка сформулирована для пары сворачиваемых критериев в виде задачи поиска аргументов, при которых достигается минимум затрат на обеспечение требуемого значения целевой функции, а общая постановка подразумевает решение комплекса задач в частной постановке в последовательности, соответствующей структуре дерева критериев.

В **шестой главе** описаны программные продукты, предназначенные для проектирования, согласования и использования ИММКО, в совокупности образующие информационные технологии решения задач интеллектуальной поддержки принятия решений и управления в организационно-технических системах.

В **седьмой главе** описаны приложения разработанных методов и подходов к решению задач обработки статистической информации и установления системных и причинно-следственных связей между результирующей переменной и рядом объясняющих показателей, поддержки принятия врачебных решений при диагностике болезни Альцгеймера с помощью диагностической карты, графическим элементом которой является ИММКО, а также управления траекторией движения транспортного средства в беспилотном режиме.

В **восьмой главе** описаны приложения разработанных методов и подходов к решению задач идентификации стратегии поведения агентов, целевая функция которых задана с помощью ИММКО, идентификации предпочтений группы агентов на примере задачи выбора жилья, а также идентификации системы комплексного оценивания платежеспособности строительных организаций.

В **заключении** обозначен факт достижения цели диссертации, приведены основные выводы и определены перспективные направления исследований.

Список литературы включает в себя 394 источника, на которые даны ссылки по тексту диссертации. По итогам анализа приведенных источников можно утверждать, что соискатель владеет актуальной информацией о современном состоянии исследований о направлении, тенденциях и проблемах в развитии исследуемой тематики.

В **приложениях** представлены акты внедрения и справки об использовании результатов диссертации в деятельности ООО «ПАН Сити Групп», ФГБОУ ВО «ПНИПУ», Управления Росреестра по Пермскому краю, АО «АМБЕР Пермалко», ФГАОУ ВО «ПГНИУ», ПАО «ПНППК», АНО Пермский НОЦ, ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий и управления рисками здоровью населения», Пермского филиала ФГАОУ ВО «НИУ ВШЭ».

3 Научная новизна полученных результатов

Новизна полученных в диссертации результатов обуславливается отличием разработанных процедур, механизмов и алгоритмов от известных, а также оригинальностью постановок научных задач. В то же время, формулировки положений, характеризующихся научной новизной, соискателем представлены в диссертации довольно громоздко и, судя по содержанию работы, упорядочены в последовательности их описания. Представляется уместным сформулировать новые научные результаты в другой форме и упорядочить в иной последовательности с целью их системного представления. Таким образом, новыми можно признать:

1. Разработанные матричные процедуры нечеткого комплексного оценивания (отличается от известных использованием аддитивно-мультипликативного подхода к теоретико-множественным операциям над нечеткими множествами), непрерывного комплексного оценивания (отличается от известных использованием аддитивно-мультипликативной функции интерполяции), Ф-нечеткого комплексного оценивания (отличается от нечетких процедур использованием интервальных оценок для формализации функций принадлежности сворачиваемых аргументов, что делает аргументы и результат комплексного оценивания Ф-нечеткими).

2. Сформулированные условия эквивалентности нечеткой и непрерывной аддитивно-мультипликативной процедур комплексного оценивания, вероятностной и нечеткой аддитивно-мультипликативной процедур комплексного оценивания, нечеткой и непрерывной максиминной процедур комплексного оценивания.

3. Предложенные оригинальные матричные анонимный (отличается от известных медианных схем голосования использованием монотонных матриц в качестве сообщений агентов, участвующих в групповой экспертизе) и неанонимный (отличается от анонимного механизма учетом рангов экспертов) обобщенные медианные механизмы, а также способ приведения задачи согласования ИММКО в неанонимной постановке к анонимной.

4. Доказательство сохранения монотонности согласованной матрицы свертки, элементы которой определены с помощью матричного анонимного обобщенного медианного механизма, что определяет возможность использования согласованной матрицы в задаче комплексного оценивания.

5. Научное обоснование неманипулируемого способа делегирования сообщений экспертов, основанного на доказанном свойстве, что при сообщении результата активной экспертизы, который получился бы в группе экспертов, меньшей на одного эксперта, результат согласования не изменился бы.

6. Доказательство манипулируемости результатов комплексного оценивания при согласовании ИММКО.

7. Предложенную новую систему классификации ИММКО, отличающихся использованием процедур комплексного оценивания, соответствующих вероятностной, нечеткой, интервальной и игровой неопределенности.

8. Доказательство существования аналитического решения задачи минимизации совокупных затрат на обеспечение заданного значения комплексного показателя, вычисляемого с помощью аддитивно-мультипликативной непрерывной матричной процедуры комплексного оценивания при затратных функциях частных критериев в виде полиномов второй степени.

9. Оригинальное математическое, алгоритмическое (включая новые алгоритмы идентификации ИММКО (отличается от известных методов итерационным сокращением размерности функции многих переменных путем ее преобразования в матричный вид и склеивания дублирующих строк и столбцов) и представления ИММКО в виде искусственных нейронных сетей) и программное обеспечение, позволяющее внедрять ИММКО в различные информационные комплексы для хранения и обработки данных, поддержки принятия решений и управления в организационных и технических системах.

4. Обоснованность результатов и их достоверность

Достоверность и обоснованность полученных в диссертационной работе научных результатов, выводов и рекомендаций обеспечивается корректным использованием общеизвестных методов теоретических и экспериментальных исследований, которые строго обоснованы в научной литературе, апробированы и хорошо себя зарекомендовали при проведении научных исследований. Адекватность теоретических расчетов подтверждается результатами практического использования систем, реализующих предложенные в работе принципы, на предприятиях и в организациях РФ.

Научные положения, выводы и заключения, сделанные Алексеевым А.О. в рамках диссертационного исследования, прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях, известны специалистам и достаточно полно отражены в опубликованных им научных работах. В частности, значительная часть публикаций по теме диссертации представлена в рецензируемых изданиях, в том числе в изданиях, относящихся к первому и второму уровням Белого списка Минобрнауки России. В общей сложности, результаты исследования представлены в 86 научных и приравненных к ним работах, включая 9 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, 3 свидетельства о государственной регистрации баз данных, 1 патент на изобретение. В изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора наук, в том числе приравненных к ним изданий, индексируемых в международных реферативных базах и системах цитирования опубликовано 26 научных работ по теме диссертации, из них 9 статей опубликованы до 31 декабря 2023 года в материалах конференций, что согласно рекомендациям Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации приравнивалось к публикациям в рецензируемых научных изданиях до 31 декабря 2023 года.

5 Теоретическая значимость результатов, полученных в диссертации

Решение поставленных в диссертации задач имеет важное значение для развития теории управления в технических и организационных системах. Среди исследуемых задач весьма важными представляются задачи идентификации ИММКО на основе статистических данных и однозначное определение гиперпараметров нейронных сетей по структуре дерева критериев и матрицам свертки. Полученные результаты могут создать предпосылки для формирования новых научных направлений по исследуемой теме, поскольку задачи рассматриваются на стыке нескольких научных дисциплин: дискретной математики, математической статистики, методов машинного обучения.

6 Практическая значимость результатов, полученных в диссертации

Практическая значимость результатов диссертации определяется разработанным алгоритмическим и программным обеспечением, которое было внедрено и использовано в организациях и учреждениях РФ, в т.ч. в ООО «ПАН Сити Групп», ФГБОУ ВО «ПНИПУ», Управления Росреестра по Пермскому краю, АО «АМБЕР Пермалко», ФГАОУ ВО «ПГНИУ», ПАО «ПНППК», АНО Пермский НОЦ, ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий и управления рисками здоровью населения», Пермского филиала ФГАОУ ВО «НИУ ВШЭ» (документально подтверждается соответствующими актами о внедрении и использовании).

Многопользовательская виртуальная среда интеллектуального анализа данных Data to Decisions (D2D.Platform) включена в реестр научного программного обеспечения проекта «НАША ЛАБА®».

Также основные научные результаты, полученные Алексеевым А.О. в ходе диссертационного исследования стали заделом для выполнения НИОКР «Разработка и тестирование многопользовательской виртуальной среды интеллектуального анализа данных», которая вошла в 26-й выпуск Перечня важнейших законченных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, издаваемого Уральским отделением Российской академии наук.

Отдельно стоит отметить подготовку Алексеевым А.О. научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и защиту кандидатских диссертаций под его научным руководством, а также осуществление им образовательной деятельности в ведущих российских вузах, имеющих статус национальных исследовательских университетов.

7 Характеристика автореферата диссертации

Автореферат повторяет структуру диссертации и в кратком виде позволяет судить о её содержании. Основные выводы диссертации соответствуют основным выводам автореферата.

8 Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные Алексеевым А.О. в ходе диссертационного исследования результаты могут использоваться для разработки новых наукоемких информационных технологий, продуктов и услуг, отвечающих национальным интересам Российской Федерации. Разработанное Алексеевым А.О. программное обеспечение может использоваться в деятельности *научных организаций и организаций высшего образования* РФ для выполнения обработки результатов научных исследований, получаемых в ходе наблюдений, экспериментов, полевых экспедиций и т.д.

Также программное обеспечение может использоваться в деятельности организаций различного уровня для управления и принятия решений на основе обработки статистических данных о бизнес-процессах, деятельности сотрудников, структурных подразделений или организации в целом, на основе которых можно было бы установить количественную связь между результатами деятельности и внутренними и внешними условиями.

9 Замечания по диссертации

1. Первую группу вопросов образуют замечания, касающиеся объема как отдельных разделов диссертации, так и ее целиком. В частности, во введении содержится излишне подробная информация о роли соискателя в совместных проектах и публикациях. Выносимые на защиту положения сформулированы соискателем слишком объемно. Некоторые таблицы и рисунки можно было вынести из текста диссертации в приложения. Также в тексте диссертации имеются многочисленные опечатки в ссылках на рисунки, формулы, таблицы, что, видимо, также вызвано большим объемом рукописи.

2. Восприятию результатов исследования мешает отсутствие четкой лексической определенности в именовании используемых автором понятий. Например, на с. 13 автореферата и с. 42 диссертации частные свойства, параметры, факторы, критерии

представлены как синонимы. Однако исходно МКО-подход (автор это подчеркивает) разделяет понятия «свойств / характеристик / параметров» от критериев (с. 40 диссертации); для оценивания критериев автор использует исключительно порядковые шкалы (с. 3 автореферата), при том, что свойства объекта, несомненно, могут измеряться и в других шкалах. Также автор нередко допускает формально ошибочные формулировки, например, «матрица свёртки является подмножеством декартового произведения шкал...», тогда как матрица и множество (подмножество) есть разные сущности. Автором также допускаются и прямые ошибки непринципиального характера. Так, например, характеризуя количество учитываемых качественно описываемых и количественно измеряемых свойств объекта, автор ошибается в подсчете: их не $\bar{q}$ и, соответственно, $\bar{n}$ (как утверждает соискатель на с. 13 автореферата), а $\sum_{q=1}^{\bar{q}} |K_q|$ и $\sum_{n=1}^{\bar{n}} |K_n|$.

3. Существенная группа вопросов связана с общим описанием ИММКО-модели. Автор позиционирует используемую модель в ряду широко известных методов многокритериальной оптимизации. При этом очевидно, что используемый им МКО-метод существенно специфичен. Упомянув квалиметрию, автор не указывает различия этого и используемого им подхода и не мотивирует свое исследование ИММКО. Также можно отметить, что бинарная структура графа, определяющего «последовательность агрегирования (свёртки) частных факторов в комплексную оценку» (с. 13 автореферата, с. 42 диссертации) может быть действительно эффективна с точки зрения затрат вычислительных ресурсов для иерархической обработки информации (автор ссылается на результаты диссертационного исследования М.В. Губко [376]). Однако она в общем случае не соответствует реалиям оценочной деятельности, т.к. отдельно взятый терминальный критерий объекта может использоваться для формирования *нескольких* агрегированных критериев его оценки, а это не может быть описано используемым автором бинарным деревом. В подобных случаях неочевидность перехода к «бинарной свертке», трудность интерпретации и оценки человеком неизбежно возникающих при этом искусственных агрегированных «критериев» требуют более глубокого обоснования используемых автором положений, т.к. в известном смысле это один из «краеугольных камней» исследования. Также утверждение автора, что «в ИММКО приоритетность частных критериев выражается в близости пути от частного критерия до корня дерева и в значениях элементов матриц свёртки» (с. 4 автореферата), является частным, трудно оправдываемым (понятным человеку, поддающимся «физической» интерпретации) подходом к определению важности частных критериев.

4. Некоторые алгоритмы имеют содержательное описание в тексте диссертации, но не представлены в формализованном виде. В частности, это касается алгоритма построения нейронных сетей на основе ИММКО (вторая глава), а также алгоритма идентификации ИММКО на основе обучающих наборов (четвертая глава).

5. Автором не приведены примеры решения задачи минимизации совокупных затрат на обеспечение заданного значения комплексного показателя, вычисляемого с помощью аддитивно-мультипликативной непрерывной матричной процедуры комплексного оценивания, при затратных функциях частных критериев в виде полиномов второй степени.

6. В результате обработки статистических данных о цифровизации регионов с помощью предложенного подхода найдено выражение булевой функции, характеризующей обратно пропорциональную зависимость валового регионального продукта от доли

организаций, использующих в своей деятельности персональные компьютеры. Неужели для роста валового регионального продукта необходимо снижать долю организаций, использующих в своей деятельности персональные компьютеры? Есть ли этому содержательное объяснение?

7. Заявлено, что нейронная сеть, построенная на основе идентифицированного ИММКО, предназначена для управления траекторией движения транспортного средства в беспилотном режиме. При этом в диссертации не представлены ни результаты обучения полученной нейронной сети, ни результаты имитационного моделирования движения транспортного средства.

9 Заключение

Диссертация Алексеева А.О. является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований созданы новые методы и подходы к решению задач поддержки принятия решений, оптимизации, управления сложными прикладными объектами, системного анализа и обработки информации, которые можно квалифицировать как научное достижение.

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты. Сформулированные автором выводы можно охарактеризовать как обоснованные и достоверные. Практическое использование научных результатов, имеющих прикладной характер, документально подтверждено соответствующими актами о внедрении и использовании.

Содержание работы соответствует паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика и паспорту специальности 2.3.4. Управление в организационных системах.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, которые рекомендованы ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук по специальности 2.3.1 и 2.3.4 с учетом рекомендации ВАК РФ от 26.10.22 №2-пл/1 «О новых критериях к соискателям ученых степеней кандидата наук, доктора наук, членам диссертационных советов». Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации. Оформление работы в целом соответствует установленным требованиям.

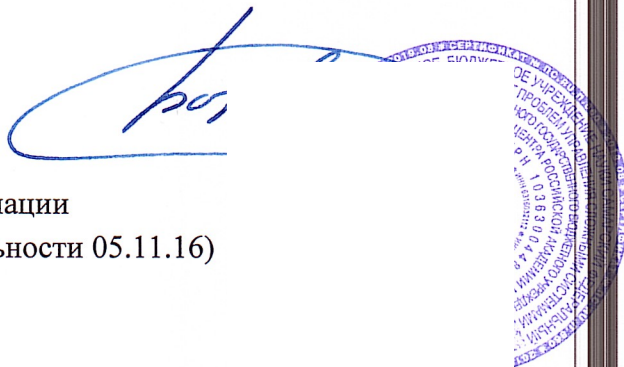
Замечания, сделанные в отзыве, не являются критическими и не снижают общей положительной оценки работы.

Таким образом, диссертация Алексеева А.О. *«Иерархические матричные механизмы комплексного оценивания и их приложения в кибернетических системах»*, удовлетворяет критериям раздела II «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 N 842 (ред. от 16.10.2024 г., с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025 г.), установленным для докторских диссертаций, а её автор, *Алексеев Александр Олегович*, заслуживает присуждения ему искомой ученой степени доктора технических наук по специальностям 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика и 2.3.4. Управление в организационных системах.

Отзыв обсужден на заседании научно-технического совета Института проблем управления сложными системами Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИПУСС РАН – СамНЦ РАН) 04 сентября 2025 года, протокол № 1.

Отзыв составлен специалистами ИПУСС РАН – СамНЦ РАН:

Боровиком Сергеем Юрьевичем,
доктором технических наук,
директором ИПУСС РАН – СамНЦ РАН,
ведущим научным сотрудником лаборатории
систем сбора и обработки многомерной информации
(докторская диссертация защищена по специальности 05.11.16)



Моисеевой Татьяной Владимировной,
доктором технических наук, доцентом,
советником директора ИПУСС РАН – СамНЦ РАН
(докторская диссертация защищена по специальности 2.3.4)

Смирновым Сергеем Викторовичем,
доктором технических наук, доцентом,
советником директора ИПУСС РАН – СамНЦ РАН
(докторская диссертация защищена по специальности 05.13.01)

Директор ИПУСС РАН – СамНЦ РАН Боровик С.Ю., советники директора ИПУСС РАН – СамНЦ РАН Моисеева Т.В. и Смирнов С.В. согласны на обработку персональных данных, связанных с работой диссертационного совета Д ПНИПУ.05.21 при ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Почтовый адрес ИПУСС РАН – СамНЦ РАН:

443020, г. Самара, ул. Садовая, 61,

Телефон: +7 (846) 333 39 27

Факс: +7 (846) 333 27 70

Адрес электронной почты: borovik@iccs.ru

Почтовый адрес СамНЦ РАН:

443001, г. Самара, Студенческий пер. За

Телефон: +7 (846) 337-53-81, 340-06-20;

Факс: +7 (846) 337-82-79

Адрес электронной почты: presidium@ssc.smr.ru