

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора экономических наук, доктора технических наук, профессора Орлова
Александра Ивановича

на диссертационную работу Алексеева Александра Олеговича
на тему «Иерархические матричные механизмы комплексного оценивания
и их приложения в кибернетических системах», предоставленную
на соискание учёной степени доктора технических наук по специальностям 2.3.1.
Системный анализ, управление и обработка информации, статистика и 2.3.4.
Управление в организационных системах

Актуальность темы

В настоящее время статистический анализ данных является фундаментальным и общепризнанным подходом к выявлению количественных связей и закономерностей в исследуемых процессах и явлениях. При этом современные методы исследования в области системного анализа, управления и принятия решений как в технических, так и организационных системах опираются не только на теорию вероятностей и математическую статистику, являющихся теоретической базой науки о данных, но включают также методы искусственного интеллекта и машинного обучения. Исследуемые в диссертационной работе иерархические матричные механизмы комплексного оценивания сочетают преимущества различных подходов к обработке информации и позволяют преодолевать недостатки субъективизма в случае работы с экспертной информацией и сложности аппроксимации ограниченных данных в случае малых выборок. Предложенные в диссертационной работе методы, алгоритмы и информационные технологии могут использоваться для решения широкого спектра научных задач, начиная от системного анализа, поддержки принятия решений, оптимизации и управления сложными объектами, обладающими разнородными свойствами, заканчивая обработкой информации и синтезом систем искусственного интеллекта. В результате выполненного исследования иерархические матричные механизмы комплексного оценивания не ограничиваются применением в организационных системах, а становятся универсальным методом, что делает диссертационную работу актуальной и значимой для общей теории управления.

Оценка содержания работы

Диссертационная работа соответствует требованиям к диссертациям, оформленным в виде рукописи. Основной текст диссертации содержит введение, восемь глав и заключение.

Во введении сформулирована актуальность темы исследования, определены степень её разработанности, объект и предмет исследования, цель и задачи научно-квалификационной работы, приведены положения научной новизны, раскрыто соответствие положений шести направлениям паспорта специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, а также шести направлениям паспорта специальности 2.3.4. Управления в организационных системах, сформулирована теоретическая и практическая значимость исследования, описана методология и методы исследования, показаны степень достоверности и апробация результатов. В пристраничных сносках раскрыт личный вклад соискателя и его роль в исследованиях, выполненных в соавторстве и под его руководством.

В первой главе описываются свойства известных и предложенных соискателем процедур комплексного оценивания и приводится обобщающая таблица, систематизирующая условия применения иерархических матричных механизмов комплексного оценивания в условиях неопределённости.

Во *второй главе* показано расширение унитарного подхода на случаи непрерывного и нечёткого комплексного оценивания, описан алгоритм представления иерархических матричных механизмов комплексного оценивания в виде нейронных сетей, а также описана многопользовательская виртуальная среда интеллектуального анализа данных.

В *третьей главе* исследуются задача и механизмы согласования интересов группы экспертов, что весьма востребовано на практике при коллегиальных органах управления, в том числе описаны вопросы делегирования сообщений, что позволяет привлекать узкоспециализированных экспертов для согласования иерархических матричных механизмов комплексного оценивания.

В *четвертой главе* описаны алгоритмы решения задачи идентификации иерархических матричных механизмов комплексного оценивания на основе полных и неполных наборов обучающих примеров. Данное направление является весьма актуальным

В *пятой главе* сформулирована в непрерывной постановке задача управления объектами, состояния которых описываются с помощью иерархических матричных механизмов комплексного оценивания, и показано, что задача сводится к полиному четвёртой степени, имеющему аналитическое решение с помощью метода Феррари, помимо этого приводится численное решение динамической задачи в двух постановках: итерационный поиск наилучших альтернатив, начиная с начальной позиции, либо с целевой позиции.

В *шестой главе* описаны программные продукты, предназначенные для комплексного оценивания, включая программный модуль экспериментального исследования устойчивости механизмов комплексного оценивания к стратегическому поведению агентов, а также программные модули, созданные в инструментально-программном комплексе «Расчёт динамических систем / Research of Dynamics Systems».

В *седьмой главе* описаны решения прикладных задач системного анализа и обработки статистической информации, поддержки принятия врачебных решений и управления траекторией движения беспилотного транспортного средства.

В *восьмой главе* описаны решения прикладных задач идентификации стратегии поведения гетерогенных агентов в организационных системах и синтеза систем поддержки принятия решений в экономических системах.

Выделение отдельных глав, посвященных применению иерархических матричных механизмов комплексного оценивания в системах различной природы, подтверждает соответствие диссертации обоим научным специальностям, по которым работа представлена к защите.

В *заключении* представлены основные выводы диссертационного исследования и приведены положения разработанной методологии проектирования иерархических матричных механизмов комплексного оценивания и внедрения в кибернетических системах различной природы, обобщающие научные результаты, а также сформулированы перспективные направления исследований.

Список литературы содержит 394 источника, включая работы соискателя, подготовленные им единолично и в соавторстве.

В *приложениях* приводятся скан-копии документов, подтверждающих практическое использование полученных результатов в деятельности частных организаций и государственных учреждений, включая научные организации и организации высшего образования.

Научная новизна, достоверность и обоснованность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна диссертационной работы и положений, вынесенных на защиту, не вызывает сомнений, поскольку совокупность всех научных результатов определила

методологию проектирования иерархических матричных механизмов комплексного оценивания и их внедрения в кибернетических системах различной природы, которая отличается полнотой и непротиворечивостью задач.

В частности, обнаруженная в исследовании эквивалентность процедур комплексного оценивания определила необходимость использования в условиях неопределённости при решении прямой задачи комплексного оценивания универсального представления агрегируемых критериев в виде нечётких множеств. В случае агрегирования числовых показателей без неопределённости целесообразно использовать непрерывную аддитивно-мультипликативную процедуру.

Обнаруженная в исследовании проблема потенциального искажения экспертной информации при альтернативных представлениях дерева критериев определила необходимость выявления и согласования представлений экспертов о виде дерева критериев при коллегиальных органах управления. Показано, что согласование матриц свёртки, описывающих правила агрегирования пары сворачиваемых критериев, необходимо выполнять только в случае единого представления о дереве критериев. В случае различного представления экспертов о дереве критериев следует согласовывать экспертную информацию о значениях комплексных показателей, соответствующих наборам частных критериев, по которым необходимо идентифицировать механизм комплексного оценивания с помощью разработанных алгоритмов. Привлечение узкоспециализированных экспертов для согласования отдельных матриц свёртки возможно благодаря доказанным утверждениям о возможности делегирования сообщений, не приводящего к искажению согласованной матрицы свёртки.

Для точного решения задачи управления объектом, состояния которого описываются с помощью иерархических матричных механизмов комплексного оценивания при затратных функциях, описываемых полиномом второй степени, необходимо итерационно для каждой матрицы свёртки использовать метод Феррари, чтобы найти аргументы, при которых достигается требуемое значение комплексного показателя при минимальных затратах, а численный метод может применяться в случае произвольных затратных функций.

Обнаруженная в диссертационном исследовании возможность реализации непрерывных и нечётких процедур комплексного оценивания с помощью унитарного подхода позволяют автоматизировать процесс агрегирования в любых современных математических пакетах, а не только специализированных программах.

Обнаруженная в исследовании возможность представления иерархических матричных механизмов комплексного оценивания в виде нейронных сетей стала основой для разработки многопользовательской виртуальной среды интеллектуального анализа данных, что делает возможным аппроксимировать зависимости в исследуемых данных.

Достоверность и обоснованность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается корректным использованием выбранных методов исследований, полученные результаты не противоречат известным научным фактам.

Теоретическая ценность и практическая значимость результатов диссертационного исследования

Теоретическая ценность выполненного исследования определяется тем, что полученные результаты раскрывают возможности использования иерархических матричных механизмов комплексного оценивания на стыке дискретной математики, теории управления, теории принятия решений, а также технологий искусственного интеллекта и машинного обучения.

Ценность исследования для дискретной математики определяется тем, что предложенные в диссертации алгоритмы идентификации иерархических матричных механизмов комплексного оценивания позволяют аппроксимировать любую дискретную функцию многих переменных.

Ценность исследования для теории управления определяется тем, что поставлена новая задача управления объектом, состояние которого описывается с помощью непрерывного аддитивно-мультипликативного подхода к комплексному оцениванию, и предложены подходы к её решению как в аналитическом, так и численном виде.

Ценность исследования для теории принятия решений определяется тем, что предложенная система классификации иерархических матричных механизмов комплексного оценивания и обнаруженная эквивалентность отдельных процедур решает задачу выбора моделей формализации критериев для описания состояния частных параметров.

Ценность исследования для технологий искусственного интеллекта и машинного обучения определяется тем, что показана возможность представления иерархических матричных механизмов комплексного оценивания в виде искусственных нейронных сетей, а также возможность обратного инжиниринга нейронных сетей.

Практическая значимость разработанных математических методов и инструментальных средств в виде программного обеспечения информационных систем определяется их применимостью в экономике и менеджменте инновационных предприятий.

Расширение унитарного подхода на случаи непрерывного и нечёткого комплексного оценивания позволяют реализовывать процедуры комплексного оценивания в любых современных математических пакетах, что существенно расширяет возможности практического применения иерархических матричных механизмов комплексного оценивания в прикладных задачах.

Апробация работы и публикации по теме исследования

Судя по списку публикаций соискателя по теме диссертации, апробация полученных результатов выполнена на профильных международных и всероссийских научных конференциях и семинарах по теории управления. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ в изданиях из числа рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты на соискание учёной степени доктора наук, в том числе приравненных к ним изданиях, индексируемых в международных реферативных базах и системах цитирования. Также 9 статей опубликованы до 01 января 2024 года в материалах конференций, индексируемых в международных реферативных базах и системах цитирования. Помимо опубликованных работ, получено 9 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, 3 свидетельства о государственной регистрации баз данных, получен 1 патент на изобретение, приравниваемых к научным работам, опубликованным в рецензируемых научных изданиях.

Стоит отметить, что в публикациях автора есть научные работы, в которых решаются прикладные задачи, не вошедшие в содержание ни седьмой, ни восьмой глав, например, ряд публикаций посвящен задаче определения категорий риска участников саморегулируемых организаций, управления рисками и др. В тоже время среди основных публикаций по теме диссертации не найдены публикации, в которых был бы опубликован предложенный подход к управлению траекторией движения беспилотного транспортного средства. Автору следует пояснить этот аспект при защите.

Замечания

Несмотря на положительную оценку диссертационной работы, к её содержанию имеется ряд замечаний:

1. В тексте работы периодически встречаются опечатки, которые при этом незначительно затрудняют понимания текста диссертации, в то время как разнообразие математических символов, применяемых для обозначений одних и тех же сущностей, или наоборот, использование одних и тех же символов для обозначения разных

сущностей, затрудняет работу с диссертацией. Например, остаток деления переменной x на единицу (дробная часть числа) в первой и третьих главах обозначены $\lceil x \rceil$, а во второй главе – $\{x\}$, в тоже время третьей главе фигурные скобки используются для записи векторов. Символ «тильда» в первой главе используется для обозначения нечётких множеств, а во второй главе – унитарных векторов. Автору следовало бы придерживаться единообразия.

2. Автором сделан достаточно адекватный обзор работ исследователей, внесших вклад в развитие методов многокритериального принятия решений и многокритериальной оптимизации, однако спектр научных задач, которые могут быть решены с помощью методов, исследуемых в диссертации, шире, о чем явно говорится во введении к диссертации (стр. 12). В этой связи автору следовало бы в обзоре уделить дополнительное внимание работам исследователей, внёсших вклад в развитие статистических методов обработки данных, интеллектуального анализа данных, технологий искусственного интеллекта и машинного обучения.

3. В третьей главе в примечаниях к описанию матричного анонимного обобщенного медианного механизма говорится, что предложенный подход может использоваться не только для согласования матриц свёртки, но также для согласования произвольных матриц (стр. 133), а в четвертой главе (стр. 202, 203) указана возможность согласования матриц смежности, соответствующих графам, описывающих дерево критериев. При этом в работе не оговорены ограничения на процедуры согласования для сохранения бинарной структуры графа.

4. На рисунке 7.11 (стр. 317) не приведены обозначения узлов в графе со структурой известной нейро-нечёткой сети, что затрудняет её сравнение с нейронной сетью, полученной автором (рисунок 7.15, стр. 326). Помимо этого, в седьмой главе не приводятся и не сравниваются результаты обучения нейронных сетей. Автору следовало бы привести эти сведения.

5. В отзыве официального оппонента используются термины, принятые в диссертации. Однако целесообразно отметить, что применяются и другие системы терминов. Так, для оппонента термины «интеллектуальный анализ данных» и «прикладная статистика» являются синонимами.

Перечисленные замечания и рекомендации в целом не снижают качество и значимость проведенного исследования и могут служить основой для дальнейших разработок в данной области науки.

Заключение

Диссертационная работа Алексеева Александра Олеговича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой получен ряд научных результатов, совокупность которых определяют положения целостной методологии проектирования иерархических матричных механизмов комплексного оценивания и их внедрения в кибернетических системах различной природы.

Проведённое Алексеевым Александром Олеговичем исследование выполнено на высоком теоретическом и практическом уровне. Текст имеет чёткую структуру, смысловую полноту и логическую завершённость. Актуальность и значимость полученных научных результатов не вызывает никаких сомнений. Научные результаты, полученные соискателем, имеют важное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации в полной мере обоснованы.

Содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в 86 научных работах, из них 17 работ опубликованы в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени доктора наук и в изданиях, приравненных к ним. Получен 1 патент на изобретение, 9 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, 2 свидетельства о государственной

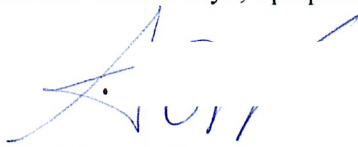
регистрации баз данных. Также 9 статей опубликованы в сборниках научных конференций.

В целом, диссертационная работа Алексеева Александра Олеговича на тему «Иерархические матричные механизмы комплексного оценивания и их приложения в кибернетических системах» полностью соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание учёных степеней, определённым п.п. 9, 10, 11, 13, 14 Положения о присуждения учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 16.10.2024 г.) «О порядке присуждения ученых степеней» (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.01.2025 г.), а её автор, Алексеев Александр Олегович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальностям 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика и 2.3.4. Управление в организационных системах.

Официальный оппонент

профессор кафедры «Экономика и организация производства» (ИБМ-2) ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор,

А.И. Орлов



03 сентября 2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Адрес: 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с.1

Телефон: +7 (499) 263-63-91

E-mail: bauman@bmstu.ru

«ВЕРНО»

Подпись проф. А.И. Орлова удостоверяю

ГДЕЛА

ИШИНА А.Н.
ЦИИ РАБОТЫ
ОИ УКСИА
Э.БАУМАНА

