

На правах рукописи

КАТАЕВА Татьяна Александровна

**МЕТОДЫ СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ
УЧАСТНИКОВ КОРПОРАТИВНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ
СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МАТРИЧНЫХ АНОНИМНЫХ
И НЕАНОНИМНЫХ ОБОБЩЕННЫХ МЕДИАННЫХ
МЕХАНИЗМОВ**

Специальность: 05.13.10 – Управление
в социальных и экономических системах

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Пермь 2022

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Научный руководитель: **Алексеев Александр Олегович,**
кандидат экономических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Буркова Ирина Владимировна,**
доктор технических наук, доцент,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки «Институт проблем
управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук», ведущий
научный сотрудник лаборатории №57
«Активных систем»

Виноградов Геннадий Павлович,
доктор технических наук, доцент,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Тверской государственный
технический университет», профессор
кафедры «Информатика и прикладная
математика»

Ведущая организация: Институт проблем управления сложными
системами Российской академии наук –
обособленное подразделение Федерального
государственного бюджетного учреждения
науки Самарского федерального
исследовательского центра Российской
академии наук, г. Самара

Защита состоится «27» сентября 2022 года в 16:00 на заседании диссертационного совета Д ПНИПУ.05.01, созданного на базе ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», по адресу: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, ауд. 345.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (www.psu.ru).

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат экономических наук,
доцент

Алексеев Александр Олегович

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Конкурентным преимуществом корпоративных организационных систем (КОС) является способность быстро инициировать и внедрять изменения, реализовывать проекты развития, совершенствовать внутренние бизнес-процессы, что влияет на эффективность системы функционирования в целом. Соответственно, актуальным остается вопрос повышения скорости принятия управленческих решений. Он особенно остро стоит перед управляющим центром (УЦ) крупных КОС, они более сложны и менее адаптивны, так как зачастую имеют линейно-функциональную или матричную организационную структуру с несколькими уровнями управления, большим количеством связей и множеством активных агентов. Каждый агент стремится максимизировать собственную целевую функцию при участии в процессах принятия решений, которые в КОС, как правило, происходят коллективно. В силу того что агенты могут руководствоваться собственными интересами и иметь разные представления о способах достижения стратегических целей (СЦ), возникает конфликт интересов, который усугубляется тем, что СЦ, как правило, можно выразить совокупностью нескольких показателей, в частности, проектных и процессных, которые между собой также не всегда согласованы. В связи с этим скорость принятия коллективных решений снижается, что мешает системе достигать своего целевого состояния. Научная гипотеза настоящего исследования заключается в том, что выявленную проблему можно решить, применяя специальные методы согласования интересов УЦ и агентов в процессе достижения СЦ КОС.

Степень разработанности темы исследования. Стоит выделить ряд работ, посвященных исследованию эффективности управления организационными системами, методов и моделей оценки их деятельности, принятия решений, применения и совершенствования подходов к управлению, оптимизации организационной структуры по различным критериям. Среди российских авторов можно выделить Воронина А.А., Мишина С.П., Губко М.В., Гермейера Ю.Б., Ирикова В.А., Столбова В.Ю., Гитмана М.Б., Федосеева С.А., Вожакова А.В., Логиновского О.В., Голлая А.В., Виноградова Г.П., Виноградову Н.Г., Буркову И.В., Моисееву Т.В. и др. Есть множество авторов, которые занимались исследованиями, направленными на повышение эффективности принятия управленческих решений, разработку механизмов принятия коллективных решений в корпоративных организационных системах. В теории принятия решений выделяют отдельный раздел, посвященный коллективному принятию решений (Алескеров Ф.Т., Якуба В.И.). Отдельно можно выделить работы, в которых решалась задача согласования интересов с помощью медианных механизмов (Бурков В.Н., Коргин Н.А.), матричных медианных механизмов (Коргин Н.А., Алексеев А.О.). Разработкой механизмов комплексного оценивания (МКО) занимались такие авторы, как Бурков В.Н., Новиков Д.А., Харитонов В.А., Алексеев А.О. и др. К числу методов, позволяющих сводить набор частных критериев эффективности до одного или нескольких, можно также отнести методы теории важности критериев (Подиновский В.В., Подиновская О.В., Нелюбин А.П.), квалитетрические методы (Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П.) и др. Широкое распространение при решении задачи согласованного управления

получили мультиагентные технологии (Скобелев П.О., Ржевский Г.А., Паршиков П.А., Гулаков В.К., Буйвал А.К., Лейтао Р., Казанская Д.Н., Шепилов Я.Ю.).

Также есть множество работ, в которых описано решение частных задач согласованного принятия решений (Пантя Ю.М., Жуковская Н.К., Куксова Ю.А., Матвеев А.А., Рамзаев В.М., Хаймович И.Н., Матвеева Ю.В., Назаров С.В., Матвеева В.П., Маслобоев А.В., Кривогино Д.Н., Сафонов Н.И., Ларионова Р.А.).

Литературной базой исследования также послужили работы зарубежных авторов: Mulen E., Keeney R.L., Raiffa H., Mescon M., Mintzberg H., Chankong V., Haimes Y.Y., Bossert W., Peters H., Storken T., Mendoza G.A., Martins H., Campbell D., Kelly J., Gibbard A. и др.

Наличие множества исследований подтверждают актуальность выбранной темы. Однако по итогам анализа литературы выявлено, что нет общенаучного понятия согласованности системы, малоизученным остается вопрос оценки согласованности КОС. Кроме того, существующие методы и модели, с помощью которых были попытки решить проблему, поставленную в настоящем исследовании, не всегда учитывают ранги специалистов, задействованных в принятии решений, что не соответствует корпоративной практике. В связи с этим требуется модификация или формирование новых методов, моделей и механизмов, решающих задачу согласования интересов, что обусловило объект, предмет и цель настоящего исследования.

Объектом исследования являются корпоративные организационные системы.

Предметом исследования являются методы согласования интересов, анонимные и неанонимные механизмы принятия коллективных решений.

Цель исследования заключается в повышении скорости принятия коллективных решений при сохранении их эффективности за счет идентификации стратегий поведения участников КОС в процессе согласования оценки степени достижения ЦЦ организации.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд **задач**:

- 1) провести теоретико-методологический анализ исследований и публикаций в области согласованного управления КОС;
- 2) исследовать существующие методы согласования интересов участников КОС и при необходимости разработать новый механизм;
- 3) разработать метод оценки согласованности КОС;
- 4) разработать метод оценки предлагаемых участниками КОС изменений, в том числе направленных на достижение ЦЦ;
- 5) оценить изменение скорости принятия решений с учетом внедрения предлагаемых методов.

Положения, выносимые на защиту, обладающие **научной новизной**:

1. Разработан матричный неанонимный обобщенный медианный механизм (МНОММ) согласования интересов участников КОС, который отличается от анонимного учетом рангов экспертов и позволяет учитывать несколько частных целей и персональную значимость каждой из них одновременно (п. 7. – Разработка методов идентификации в организационных системах на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации; п. 5 – Разработка специального математического и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в социальных и экономических системах).

2. Предложен метод обработки сообщений участников КОС, отличающийся использованием выявленных с помощью МНОММ предпочтений агентов и двух новых критериев оценки степени несогласованности КОС, позволяющий Центру определять потребность в корректировке стратегических и частных целей и показателей без повторного привлечения экспертов к оценке, что позволяет повысить скорость принятия решений (п. 7. – Разработка методов идентификации в организационных системах на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации).

3. Разработан метод обработки экспертной информации об инициативах, направленных на изменения КОС, отличающийся набором факторов, оцениваемых с помощью матриц свертки, где матрицы согласованы путем применения МНОММ. Данный метод может применяться для поддержки процедуры отбора проектов (п. 10 – Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экономических и социальных системах).

Теоретическая значимость работы заключается в новой постановке и исследовании задачи согласования интересов, расширении области применения анонимных и неанонимных механизмов согласования интересов участников организационных систем. Разработан механизм согласования, учитывающий ранги экспертов, участвующих в принятии решений, и предложен подход для обеспечения устойчивости к стратегическому поведению агентов. Результаты теоретического и методологического анализа проблем управления развивают научную школу Буркова В.Н. и пополняют базу научных разработок российской сети научно-образовательных центров проблем управления, в частности, научный задел кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение», входящей в Пермский НОЦ проблем управления на базе ПНИПУ.

Практическая значимость работы определяется применимостью разработанных методов и моделей для решения широкого класса задач управления в современных компаниях и организациях, таких как: разработка системы показателей, отбор проектов, оценка уровня развития производственной системы, оценка степени достижения СЦ компании, оценка компетенций и др. Результаты исследования были использованы в практике деятельности публичного акционерного общества «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» (ПАО «ПНППК») при разработке корпоративной системы управления проектами и легли в основу нормативной документации в области проектного управления компании, были использованы соискателем при разработке корпоративных курсов «Проектное управление», «Процессное управление». Применение результатов исследования позволило повысить управляемость системы за счет обеспечения прозрачности данных о результатах деятельности и предсказания поведения сотрудников, а также повысить качество и скорость принятия решений на этапе отборов проектов, направленных на достижение СЦ организации. Разработан программный модуль оценки согласованности КОС в среде MS Excel на языке программирования VBA, который автоматизирует расчеты, позволяя снизить трудоемкость при применении МНОММ, визуализировать результаты вычислений. Модуль является универсальным, может дорабатываться под конкретные прикладные задачи, что повышает интерес к его использованию на практике. Модуль прошел ста-

дию тестирования и испытания и находится в процессе опытной эксплуатации на базе ПАО «ПНППК». Помимо этого, внедрены в ПАО «ПНППК» СППР для отбора проектов. Результаты работы частично вошли в регламенты ПАО «ПНППК». Практические результаты подтверждены актами внедрения.

Методология и методы исследования. Методологической основой исследования послужили научные концепции теории активных систем, теории управления организационными системами, труды отечественных и зарубежных ученых, публикации по исследуемой проблеме в научной периодической печати, материалы международных, всероссийских, региональных конференций и семинаров, нормативная документация ПАО «ПНППК», на базе которой осуществлялось внедрение разработанных моделей и методов согласования интересов и оценка их эффективности. Работа выполнена с применением методов математического моделирования, механизмов КО и активной экспертизы, при описании предлагаемых изменений с учетом разработанных методов использовались методы инжиниринга бизнес-процессов.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов исследования обосновывается применением общепризнанных методов и механизмов принятия решений, на основе которых разработаны не противоречащие методы согласования интересов участников КОС. Основные положения и выводы диссертационного исследования нашли отражение в научных публикациях в рецензируемых научных изданиях. Результаты диссертационной работы также докладывались и обсуждались на научно-исследовательских семинарах НОЦ проблем управления на базе ПНИПУ, кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение» (г. Пермь, 2017–2022), семинаре по теории управления организационными системами в ИПУ РАН (г. Москва, 2021), семинаре Международной лаборатории конструктивных методов исследования динамических моделей в ПГНИУ (г. Пермь, 2022), международных и всероссийских конференциях: «Математика и междисциплинарные исследования» (г. Пермь, 2020–2021); XIII Всероссийское совещание по проблемам управления (г. Москва, 2019); XVII Всероссийская школа-конференция молодых ученых «Управление большими системами» (г. Москва, г. Звенигород, 2021). Результаты исследования отмечены дипломом победителя Всероссийского конкурса по теории управления и ее приложениям в номинации научно-исследовательских работ аспирантов (г. Москва, 2021).

Публикации. Основные положения и выводы диссертационного исследования нашли отражение в 10 научных работах. По результатам опубликовано три статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, одна работа проиндексирована в международных реферативных базах Scopus и Web of Science, получено два свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и четыре статьи опубликованы в прочих изданиях.

Структура и объем работы. Диссертация включает введение, основную часть, которая состоит из четырех глав, и заключение. Работа изложена на 134 страницах машинописного текста. В диссертации содержится 20 рисунков, 17 таблиц, четыре приложения и библиографический список, который состоит из 149 источников.

II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность разработки новых методов согласования интересов в КОС и определена степень разработанности проблемы согласованного принятия решений, сформулированы цель и задачи, представлены методы исследования, приведены положения научной новизны, изложена теоретическая и практическая значимость результатов работы.

В первой главе приведен анализ исследований в области согласованного управления, рассмотрена сущность КОС, подходы к управлению. Основной проблемой выделена противоречивость целей функциональных подразделений, процессов и проектов, что приводит к несогласованности КОС и снижает скорость принятия решений, направленных на достижение ее ЦС.

Предложено согласованность КОС определять тем, как активные агенты оценивают степень достижения ЦС. Если декомпозиция ЦС адекватна, то задача заключается в выборе и оценке влияния на ЦС частных критериев и оценке степени их достижения. Если цели процессов и проектов соответствуют ЦС КОС по содержанию, дерево целей и показателей непротиворечиво, то следует выделить два критерия для оценки согласованности: достижение процессных и достижение проектных показателей. Выбор критериев обусловлен тем, что ЦС можно выразить совокупностью процессных и проектных целей и показателей, так как КОС – это совокупность процессов. Также есть активности/инициативы, которые не укладываются в рамки текущих бизнес-процессов, они могут реализовываться через проекты и программы. Поэтому у КОС есть процессная структура, функциональная структура, которая должна поддерживать процессы компании, а также проектная. Функции подразделений являются всегда частью какого-то процесса, поэтому показатели бизнес-процессов включают в себя показатели функциональных подразделений. Тогда степень достижения ЦС КОС выражается двумя критериями, отражающими степень достижения проектных и процессных целей по отдельности. Степень достижения частных показателей эффективности и ЦС КОС можно описывать с помощью нескольких категорий и выражать оценки в виде составных правил вывода, формализуемых с помощью категориальных или модальных суждений участников КОС.

Для повышения скорости принятия решений УЦ необходимо обеспечить согласованность участников КОС, для этого требуется выяснить, как агенты оценивают целевое состояние КОС и какими способами будут его достигать с учетом своих интересов и представлений о значимости частных показателей эффективности. В случае выявления несогласованности КОС, УЦ может своевременно определить потребность в корректирующих мероприятиях и осуществлять оценку их эффективности относительно достижения ЦС.

Во второй главе приведены результаты обзора методов согласования интересов агентов КОС, приведено обоснование выбора методов для решения поставленной задачи. В качестве математического аппарата выбраны известные механизмы активной экспертизы (МАЭ), позволяющие обеспечить неманипулируемость процедуры согласования, механизмы комплексного оценивания (МКО), которые дают возможность агрегировать наборы показателей до одного, обобщенные медианные механизмы в анонимной постановке

(МАОММ), позволяющие решать задачи согласования, однако не учитывают разные ранги экспертов. В результате интеграции методов получен МНОММ. Представлено исследование устойчивости результатов КО, проведенного с использованием МНОММ, к стратегическому поведению агентов.

Частные показатели эффективности для демонстрации оценивались в критериальном пространстве с помощью непрерывной шкалы, определенной на отрезке $X_i \in [1; 3]$, $i = \overline{1, 2}$, градации которой соответствуют порядковой шкале $\{1, 2, 3\}$ и имеют интерпретацию: 1 – показатель не достигнут, 2 – показатель частично достигнут, 3 – показатель достигнут полностью. Комплексный показатель ($i = 3$), отражающий достижение СЦ, имеет ту же шкалу $X_3 = [1, 2, 3]$ и интерпретацию.

В исследуемой задаче с учетом принятых выше допущений сворачиваются всего два критерия $i = \overline{1, 2}$, поэтому МКО содержит всего одну матрицу свертки, значит, существует инвариантный граф, описывающий дерево критериев. Для обеспечения единства управленческого подхода будет использоваться единая процедура КО P . При этом для обеспечения возможности оперативного реагирования со стороны УЦ необходимо, чтобы результаты КО были чувствительны к малым изменениям частных критериев, т.е. требуется обеспечить непрерывность процедуры КО. Поэтому в качестве P предлагается использовать аддитивно-мультипликативную процедуру P_{AM} , обладающую непрерывностью и монотонностью.

Таким образом, в задаче не определены только элементы матрицы свертки. Матрица, высказанная агентом, представляет его персональное видение значимости степени достижения проектных и процессных целей для достижения СЦ КОС, и задача состоит в идентификации индивидуальных матриц агентов. При этом в КОС агенты могут иметь различные представления об элементах матриц свертки целевых показателей, часто не совпадающие. Для согласования их мнений можно использовать матричные обобщенные медианные механизмы голосования.

Пусть каждый из агентов $\alpha = \overline{1, n}$ имеет собственное представление о матрице, запишем его как $m_{rc}^a \in [\underline{m}_{rc}; \overline{m}_{rc}]$. Агенты обязаны сообщить УЦ матрицу $S^a = \{s_{rc}^a\}$, $r = \overline{1, 3}$, $c = \overline{1, 3}$. Для каждого элемента матрицы есть персональные ограничения снизу и сверху $s_{rc} \in [\underline{s}_{rc}; \overline{s}_{rc}]$. Агент может сообщать истинное мнение $s_{rc} = m_{rc}$ и искаженное сообщение о любом элементе матрицы $s_{rc} = m_{rc} + \delta_{rc}$, где δ_{rc} любое число, сохраняющее итоговое сообщение в диапазоне $s_{rc} \in [\underline{s}_{rc}; \overline{s}_{rc}]$.

Согласно медианным механизмам голосования, множество сообщений реальных агентов $\{S^1, \dots, S^n\}$ дополняется сообщениями фантомов. Фантом соответствует виртуальному обществу из n не существующих агентов, кото-

рые сообщают либо максимальное значение $\overline{s_{rc}}$, либо минимальное $\underline{s_{rc}}$. Вектор сообщений несуществующих агентов, образующих виртуальное общество, которое обозначают $\mathbf{s}_{rc}^p$:

$$\mathbf{s}_{rc}^p = \begin{cases} p \text{ экспертов сообщает } \overline{s_{rc}}, \\ n - p \text{ экспертов сообщает } \underline{s_{rc}}, \end{cases} \quad (1)$$

где p в общем случае принимает значение от 0 до $2^n - 1$, так как число возможных виртуальных обществ составляет 2^n вариантов.

Согласно медианным механизмам голосования, для определения сообщений фантомов используется любая процедура $\pi(\cdot)$, определенная на том же диапазоне значений, которыми могут пользоваться эксперты, и удовлетворяющая условиям монотонности, непрерывности и единогласия.

$$w_{rc}^p = \pi(s_{rc}^p), \quad s_{rc}^p = \{s_{rc}\}, \quad s_{rc} \in [\underline{s_{rc}}; \overline{s_{rc}}], \quad w_p \in [\underline{s_{rc}}; \overline{s_{rc}}] \quad (2)$$

В анонимном случае сообщения агентов можно переставлять. Это приводит к тому, что часть оценок w_{rc}^p совпадет, и 2^n оценок сводится к $n + 1$. При этом, можно избавиться от двух матриц, содержащих исключительно минимально и максимально возможные сообщения. Тогда к множеству матриц агентов $\mathbf{S}^a$, $a = \overline{1, n}$ добавляются матрицы фантомов $\mathbf{W}^p$, $\mathbf{W}^p = \{w_{rc}^p\}$, $p = \overline{1, n-1}$.

Согласованной группой из n агентов матрицей будем называть матрицу $\mathbf{Z} = \{z_{rc}\}$, $r = \overline{1, 3}$, $c = \overline{1, 3}$, элементы которой определены по медианному механизму:

$$z_{rc} = \text{med}(s_{rc}^1, \dots, s_{rc}^n, w_{rc}^1, \dots, w_{rc}^{n-1}), \quad (3)$$

где $s_{rc}^a \in [\underline{s_{rc}}; \overline{s_{rc}}]$, $a = \overline{1, n}$, $w_{rc}^p \in [\underline{s_{rc}}; \overline{s_{rc}}]$, $p = \overline{1, n-1}$.

Описанные механизмы позволяют решить поставленную задачу, однако не учитывают ранги экспертов, участвующих в оценивании, в связи с чем требуется их модификация.

Для согласования требуется использовать такие механизмы, которые позволят получать достоверную информацию об объекте оценки, они должны быть неманипулируемыми, что означает выполнение условия (4) для каждого агента $\forall a$, $a = \overline{1, n}$, где множество сообщений прочих агентов обозначим $\mathbf{s}_{rc}^{-a}$, а результат медианного механизма согласования (3) запишем как $z_{rc}(\mathbf{s}_{rc}^a, \mathbf{s}_{rc}^{-a})$.

$$\left| m_{rc}^a - z_{rc} \left(m_{rc}^a, s_{rc}^{-a} \right) \right| \leq \left| m_{rc}^a - z_{rc} \left(m_{rc}^a + \delta_{rc}, s_{rc}^{-a} \right) \right|, \\ \forall a, a = \overline{1, n}, \forall r, r = \overline{1, 3}, \forall c, c = \overline{1, 3}. \quad (4)$$

В неанонимном случае эксперты обладают рангами r_a , $a = \overline{1, n}$, нормируя которые получим взвешенные коэффициенты $w_a = r_a / \sum_{a=1, n} r_a$, $w_a \in (0; 1)$.

Введем вектор $\mathbf{w} = \{w_a\}$, $a = \overline{1, n}$. Оценки фантомов вычисляются с учетом весов виртуальных агентов:

$$w_{rc}^p = \pi(s_{rc}^p; \mathbf{w}), s_{rc}^p = \{s_{rc}^p\}, \mathbf{w} = \{w_a\}, a = \overline{1, n}, w_{rc}^p \in [s_{rc}^-; s_{rc}^+]. \quad (5)$$

Тогда каждое значение s_{rc} умножается на взвешенный коэффициент w_a , именно поэтому оценки агентов, обладающих рангами, нельзя переставлять. При определении сообщений фантомов (5), опираясь на граничные значения множества допустимых действий s_{rc}^- и s_{rc}^+ , всегда порождается четное количество фантомов -2^n , при четном числе реальных агентов множество всех оценок становится четным. Медианой множества, мощность которого четная, является любое число в промежутке между двумя значениями, делящими исходное множество, упорядоченное по возрастанию, на два равных по мощности множества. Обычно медианой признается среднее значение. Это приводит к тому, что равновесия по Нэшу нет.

Таким образом, при согласовании мнений группы агентов, обладающих разными рангами, медиана множества, образованного объединением множества сообщений агентов и сообщений фантомов, вычисленных согласно (5) или другим иным способом, только в частных случаях будет совпадать с сообщением фантома или реального агента. В общем случае МНОММ не является неманипулируемым.

Для обеспечения неманипулируемости сведем неанонимную постановку к анонимной. Для каждого реального агента $a = \overline{1, n}$, обладающего весом w_a , его сообщение s_{rc}^a заменим на вектор $s_{rc}^a = \{s_{rc}^a\}$, состоящий из сообщений этого же агента. Размер вектора определяется как:

$$n_a = N \cdot w_a, N \in \mathbb{N}, n_a \in \mathbb{N}, \quad (6)$$

где N – такое минимальное натуральное число, что для всех агентов результат умножения взвешенного коэффициента на N является натуральным. Будет выполняться равенство:

$$\sum_{a=1}^n n_a = \sum_{a=1}^n w_a \cdot N = N. \quad (7)$$

Тогда в неанонимной постановке множество, состоящее из n сообщений реальных агентов s_{rc}^a , $a = \overline{1, n}$, заменяется на множество, состоящее из N сообщений тех же самых агентов, повторяющихся n_a раз. В этом случае, чем выше ранг агента, тем большее количество его сообщений будет в дополненном множестве. Множеству реальных агентов с разными рангами поставили в соответствие виртуальное множество агентов, которые между собой равны. Поскольку множество сообщений, состоящее из N сообщений, не имеет рангов, то это соответствует анонимной постановке задачи, тогда и к этому множеству можно добавить $N - 1$ сообщений фантомов, вычисляемых согласно (2), и медиана определяется как:

$$z_{rc} = \text{med} \left(s_{rc}^1, \dots, s_{rc}^n, \dots, s_{rc}^{n_{n-1}}, \dots, s_{rc}^N, w_{rc}^1, \dots, w_{rc}^{N-1} \right), \quad (8)$$

где $r = \overline{1, 3}$, $c = \overline{1, 3}$, $s_{rc}^a \in [s_{rc}; \overline{s_{rc}}]$, $a = \overline{1, N}$, $w_{rc}^p \in [s_{rc}; \overline{s_{rc}}]$, $p = \overline{1, N - 1}$.

Так как МНОММ сводится к МАОММ, а он является неманипулируемым по отношению к матрицам свертки, МНОММ также является неманипулируемым.

При исследовании устойчивости результатов КО обнаружено, что МАОММ и соответственно МНОММ являются манипулируемым по отношению к МКО в целом. Если агент является диктатором хотя бы в одном элементе матрицы, он может исказить именно этот элемент, чтобы приблизить комплексную оценку. Таким образом, МНОММ является неманипулируемыми при согласовании отдельных матриц свертки и одновременно манипулируемыми по комплексному показателю.

Для преодоления обнаруженной проблемы предлагается КО СЦ осуществлять не на основе согласованной матрицы $\mathbf{Z}$, а согласовывать множество результатов КО X_3^a , полученных по персонализированным МКО агентов:

$$\left\{ \left\langle X_1; X_2; G; \mathbf{M}^a; P_{AM} \right\rangle \right\}, \quad (9)$$

где $\mathbf{M}^a$ – персональная матрица свертки агента a , $a = \overline{1, n}$, идентифицированная по сообщениям, высказанным при применении МНОММ, $\mathbf{M}^a = \{s_{rc}^a\}$, $a = \overline{1, n}$.

Данный подход основан на том, что сообщаемые агентами элементы матриц свертки можно считать близкими к истинным, т.е. для $\forall r, c$ $s_{rc}^a \approx m_{rc}^a$ или $|s_{rc}^a - m_{rc}^a| \rightarrow \min$ в силу неманипулируемости МАОММ или МНОММ при согласовании элементов отдельных матриц. Следовательно, используя в МКО матрицы $\mathbf{S}_i^a \approx \mathbf{M}_i^a$, мы получаем для каждого агента результат КО, равный (21), X_3^a близок к комплексной оценке, которая получилась, если бы агент сообщал матрицы $\mathbf{M}_{rc}^a$. В итоге для каждого агента мы получим свою комплекс-

ную оценку X_3^a , и в совокупности будет набор из N комплексных оценок, которые необходимо свести к единой оценке. Для получения итоговой комплексной оценки предлагается применять обобщенную медианную процедуру голосования:

$$X_3^z = \text{med}(X_3^1, \dots, X_3^N, w_1, \dots, w_{N-1}). \quad (10)$$

Применение МНОММ и расчет согласованной матрицы был необходим исключительно для идентификации и выявления предпочтений экспертов, что позволит УЦ вырабатывать управленческие решения без повторного привлечения реальных экспертов к оценке.

В третьей главе с помощью МНОММ исследуется согласованность КОС, в результате чего предложены новые критерии оценки согласованности КОС и описан программный модуль, созданный для автоматизации обработки сообщений участников КОС.

Очевидно, КОС согласована по некоторому вопросу, когда мнения участников КОС совпадают. В исследовании предложено считать, что относительно степени достижения СЦ КОС согласована, когда комплексные оценки, полученные по моделям агентов, совпадают, поэтому достаточно проверить условия их равенства. Однако чтобы выяснить, насколько КОС не согласована, введем первый критерий, по которому можно оценить степень несогласованности:

$$INC(X_3) = \text{med}(\{X_3^a\} - \text{med}(X_3^1, \dots, X_3^N, X_3^{w_1}, \dots, X_3^{w_{N-1}})). \quad (11)$$

Таким образом, прямая задача обработки сообщений участников КОС относительно степени достижения СЦ КОС заключается в поиске комплексной оценки по каждой матрице агента индивидуально, выявленной с помощью МНОММ, и последующем расчете степени несогласованности с помощью формулы (11).

Несмотря на то что участники КОС могут иметь одинаковые представления о степени достижения СЦ, важным остается вопрос идентификации стратегий поведения агентов, т.е. способов достижения СЦ КОС. Поэтому введен второй критерий, оценивающий несогласованность КОС относительно способов достижения агентами СЦ. В том случае, если выявлено, что участники КОС будут стремиться достичь СЦ за счет выполнения различных частных целей, в исследовании предложено считать КОС несогласованной относительно способов достижения СЦ.

Выявить стратегию поведения агента можно по его модели предпочтений, идентифицированной с помощью МНОММ. Решением будет персональная пара критериев $\{X_1^a, X_2^a\}$, при которых обеспечивается, по мнению агента a , достижение СЦ $X_3^a = P_{AM}(\mathbf{M}^a, X_1^a, X_2^a)$. Будем считать, что требуется достичь максимального значения СЦ X_3^a . Тогда решением задачи будет пара критериев, вычисляемых по выражению:

$$X_i^a = \arg \max_{\substack{X_1 \in [\underline{X}_1, \overline{X}_1] \\ X_2 \in [\underline{X}_2, \overline{X}_2]}} P_{AM}(\mathbf{M}^a, X_1, X_2), \quad i=1, 2, \quad (12)$$

где $\underline{X}_i$, $\overline{X}_i$, $i=1, 2$ – минимальное и максимальное значение частных критериев X_1 и X_2 , с учетом ограничения на шкалу оценивания частных критериев $\underline{X}_i \geq 1$, $\overline{X}_i \leq 3$.

Решение (9) в общем случае не единственно, но при учете усилий экспертов на достижение частных целей X_1 и X_2 можно найти единственные решения для каждого эксперта. При учете затрат на улучшение достижения частных целей агентов X_1 и X_2 и рассмотрении задачи в непрерывной постановке решение обратной задачи КО будет заключаться в поиске траектории $S(X_3(\mathbf{M}^a, X_1, X_2))$, являющейся решением задачи условной оптимизации (13) для всех значений X_3 :

$$\left\{ \begin{array}{l} C_1(X_1) + C_2(X_2) \rightarrow \min \\ X_1 \in [\underline{X}_1, \overline{X}_1], \\ X_2 \in [\underline{X}_2, \overline{X}_2], \\ X_3 = P_{AM}(\mathbf{M}, X_1, X_2), \end{array} \right. \quad (13)$$

где $C_i(X_i)$ – затратные функции, обеспечивающие требуемое значение критериев X_i , $i=1, 2$. Область значений X_3 ограничена снизу результатом свертки при минимальных значениях $\underline{X}_1$ и $\underline{X}_2$, сверху – результатом свертки при максимальных значениях $\overline{X}_1$ и $\overline{X}_2$.

Зная затраты участников КОС на достижение частных целей и их представления о способах достижения СЦ, можно определить, какие показатели будут стремиться выполнять ее активные агенты. В работе принято допущение, что затратные функции на развитие частных критериев имеют вид уравнений полинома 2-й степени с индивидуальными параметрами a_i , b_i и c_i :

$$C_i(X_i) = a_i X_i^2 + b_i X_i + c_i, \quad i=1, 2. \quad (14)$$

При $b_i = 0$ и $c_i = 0$ для $i=1, 2$ затратная функция (11) приобретает вид обратного выражения частной производственной функции Кобба – Дугласа. На рисунке 1 представлены оптимальные траектории достижения СЦ при разных значениях параметров.

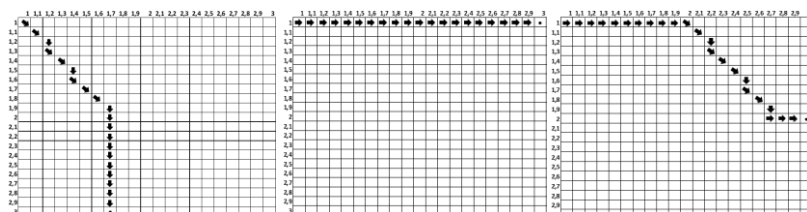


Рисунок 1 – Оптимальная траектория достижения ЦЦ, по мнению трех разных экспертов, при $a_1 = 1$

Демонстрируемый пример наглядно показывает, что участники КОС достигают заданных значений комплексного показателя за счет различных частных показателей, что говорит о несогласованности системы по второму критерию.

Таким образом, в данной главе показано, что выявленные в ходе неанонимного голосования механизмы комплексного оценивания позволяют решать, помимо прямой задачи комплексного оценивания, обратную, определяя персональные ориентиры отдельных агентов при установленном значении комплексного показателя.

Четвертая глава посвящена разработке метода отбора инициатив и прототипа системы поддержки принятия решений на основе МНОММ. Также в главе представлена модель бизнес-процесса управления стратегией в нотации event-driven process chain (EPC) с учетом разработанных ранее методов. Представлены результаты верификации метода.

На рисунке 2 приведено дерево критериев, по которым предлагается проводить оценку инициативы на возможность реализации с помощью проектного подхода к управлению. Критерии были согласованы с группой 15 экспертов из руководящего состава ПАО «ПНППК»: X_1 – уникальность цели, X_2 – ограниченность во времени, X_3 – межфункциональность, X_4 – требуемые ресурсы (включая компетенции и технологический задел), X_5 – наличие заказчика, X_6 – количество требуемых ресурсов. Далее была определена последовательность агрегирования, затем с помощью МНОММ выявлены матрицы свертки привлеченных экспертов. Категории: деятельность является проектом (П), деятельность можно оформить как проект (МБП), деятельность не является проектом (НП).

Дерево критериев формируют шесть показателей, которые участвуют в парном сравнении. Каждому показателю присвоены значения от 1 до 3, что формирует матрицы соответствующей размерности. Далее проводится попарное сравнение и выбор соответствующих элементов матрицы свертки, по которым оцениваются инициативы и принимается решение о начале предпроектных работ.

В ходе внедрения предложенного метода обработки экспертной информации на базе ПАО «ПНППК» установлено, что проведение процедуры оценки позволило выявить индивидуальные матрицы агентов, что сократило время на отбор инициатив почти в 2 раза, так как после идентификации матриц экспертов их не требуется далее привлекать к оценке инициатив, повторное при-

влечение требуется только в том случае, если изменится методология отбора проектов или СЦ. Также повысилось качество принятия решений на 30 % за счет формализации процедуры оценки и повышения информированности экспертов.

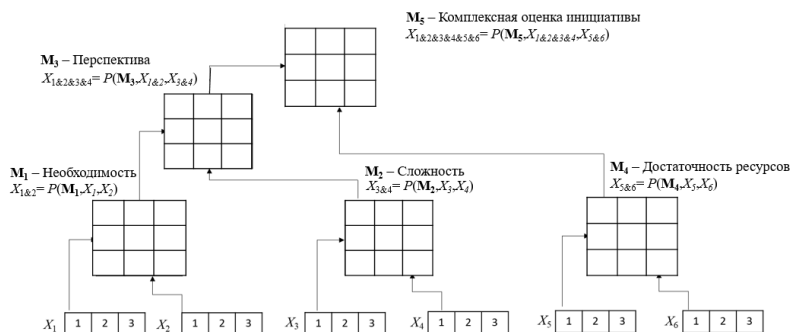


Рисунок 2 – Дерево критериев МКО инициатив, направленных на изменения КОС

В настоящее время есть программные продукты, которые позволяют автоматизировать МКО. На базе ПНИПУ создано семейство продуктов ДЕКОН, одна из версий осуществлена совместно с сотрудниками ИПУ РАН и ПГАТУ, которая поддерживает МАОММ. На базе среды имитационного моделирования «Расчет динамических систем / Research of Dynamical Systems» (РДС / RDS), созданной сотрудниками ИПУ РАН Дорри М.Х. и Рошиным А.А., сотрудниками ИПУ РАН созданы конструкторы МКО, сотрудниками ПНИПУ был создан набор систем, которые легко интегрировать между собой для прототипирования МКО сложных объектов, обладающих любой формой, степенью и источником неопределенности. Данные среды возможно адаптировать для автоматизации МНОММ, однако в настоящей работе создан отдельный программный модуль на базе MS Excel, разработанный с помощью языка программирования VBA. Модуль представляет собой группу книг Excel, состоящую из общей книги с итогами расчетов и преднастроенных форм для экспертов. По встроенным формулам автоматически рассчитываются матрицы, отражающие индивидуальные стратегии поведения агентов. Модуль может использоваться для решения других прикладных задач, где требуется экспертная оценка.

Для визуализации процесса принятия решений с помощью разработанных методов и программных средств разработана модель бизнес-процесса управления стратегией в нотации ЕРС (Рисунок 3). Важной частью процесса управления стратегией является оценка степени достижения СЦ с помощью представленных критериев оценки согласованности и МНОММ, внедрение изменений путем отбора и реализации через проекты, которые направлены на достижение СЦ КОС. Процесс поддерживается программными средствами, которые подробно описаны в работе и могут использоваться при разработке корпоративной информационной системы.

3. Предложены новые критерии оценки степени согласованности КОС.
- 3.1. Первый критерий показывает разницу между оценками агентов относительно степени достижения СЦ.
- 3.2. Второй критерий отражает частные показатели агентов, к достижению которых они будут стремиться, чтобы достигнуть СЦ.
4. Проведена апробация МНОММ применительно к задаче отбора инициатив, направленных на изменение КОС. Разработан алгоритм принятия решения, на основе которого была внедрена процедура инициации проекта. Процедура оценки инициатив поддерживается программным модулем, созданным с применением МНОММ.
5. Сокращено среднее время на принятие решений с одного месяца до одной недели за счет выстроенного процесса инициации, в частности, за счет использования МНОММ для первичного отбора проекта на уровне проектного офиса, а также автоматизации расчетов с помощью программных модулей. Благодаря внедрению процедуры количество утверждаемых руководством проектов снижено по причине более качественного отбора почти на 30 %.
- Таким образом, цель настоящего диссертационного исследования достигнута за счет развития и применения анонимных и неанонимных механизмов принятия решений и соответствующий программных решений.

IV. ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук

1. **Катаева, Т.А.** The integrated rating mechanism application to the decision of the project selection problem = Применение механизма комплексного оценивания для решения задачи выбора проекта / Т. А. Катаева. – текст: непосредственный. – DOI: 10.15593/2499-9873/2020.1.07 // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2020. – № 1. – С. 104–113. – Ст. на англ. языке.
2. Алексеев, А.О. Применение механизмов комплексного оценивания и матричных неанонимных обобщенных медианных механизмов согласования интересов агентов / А. О. Алексеев, **Т. А. Катаева**. – текст: непосредственный – DOI: 10.14529/ctcr210308 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2021. – № 3. – С. 75–89.
3. Алексеев, А.О. Критерии оценки согласованности в управлении организацией / А. О. Алексеев, **Т. А. Катаева**. – текст : непосредственный // Проблемы теории и практики управления. – 2021. – № 9. – С. 67–81.

Публикации в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах и системах цитирования

4. Alekseev, A. Rating and Control Mechanisms Design in the Program «Research of Dynamic Systems» = Проектирование механизмов комплексного оценивания в программе «Расчет динамических систем» / А. Alekseev, А. Salamatina, **Т. Катаева**. – текст: электронный. – DOI: 10.1109/CBI.2019.10103 // 21st IEEE Conference on Business Informatics, 15–17 July 2019,

Moscow, Russia: Proceedings. In 2 vol. Vol. 2: Research-in-Progress Papers and Workshop Papers. / Inst. of Electrical and Electronics Eng. (IEEE). – Los Alamitos, California; Washington; Tokyo: IEEE Computer Soc. Conf. Publ. Services (CPS), 2019. – P. 96–105. – Ст. на англ. языке.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021660323 Российская Федерация. Программный модуль оценки степени достижения стратегических целей на основе матричного неанонимного медианного механизма комплексного оценивания / **Т. А. Катаева**; заявка 2021619366; поступл. 15.06.2021, опубл. 24.06.2021, бюл № 7. – 1 с.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663553 Российская Федерация. Программный модуль выбора проекта к реализации на базе матричных обобщенных медианных механизмов комплексного оценивания / **Т. А. Катаева**; заявка 2021662597; поступл. 06.08.2021, опубл. 18.08.2021, бюл № 8. – 1 с.

Публикации в прочих изданиях

7. **Катаева, Т.А.** Содержательная постановка задачи согласования интересов агентов в организационной иерархии / Т. А. Катаева. – текст : электронный. – DOI: 10.25728/vspru.2019.2304 // XIII Всерос. сов. по пробл. упр-я (ВСПУ–2019): тр., 17–20 июня 2019 г., Москва / Ин-т пробл. упр-я им. В. А. Трапезникова РАН. – Москва: ИПУ РАН, 2019. – С. 2304–2309.

8. **Катаева, Т.А.** Неанонимный случай голосования при согласовании интересов агентов / Т. А. Катаева. – текст: электронный // Математика и междисциплинарные исследования–2020: мат. Всерос. науч.-практ. конф. мол. уч. с междунар. уч. (г. Пермь, 12–15 октября 2020 г.) / Минобрнауки России, Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь: Perm University Press, 2020. – С. 237–241.

9. **Катаева, Т.А.** Применение механизмов комплексного оценивания к согласованию графа / Т. А. Катаева. – текст : электронный // Математика и междисциплинарные исследования–2021: мат. Всерос. науч.-практ. конф. мол. уч. с междунар. уч. (г. Пермь, 18–20 октября 2021 г.) / Минобрнауки России, Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь: Perm University Press, 2021. – С. 23–28.

10. Алексеев, А.О. Об оценке степени согласованности организационных систем / А. О. Алексеев, И. Е. Алексеева, **Т. А. Катаева**. – текст : электронный. – 10.25728/ubs.2021.061 // Управление большими системами: тр. XVII Всерос. шк.-конф. мол. уч. (г. Москва, 6–9 сентября 2021 г.) / под общ. ред. Д.А. Новикова; Ин-т пробл. упр-я им. В.А. Трапезникова РАН, Минобрнауки России. – Москва: ИПУ РАН, 2021. – С. 593–604.

Подписано в печать 13.07.2022. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 123/2022.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии издательства Пермского национального
исследовательского политехнического университета
614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.