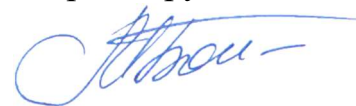


На правах рукописи



БОЛГОВА МАРИЯ АЛЕКСЕЕВНА

**УПРАВЛЕНИЕ В СЕТЕВЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
НА ОСНОВЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ И ОПТИМИЗАЦИОННЫХ
МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ**

Специальность 2.3.4. Управление в организационных системах

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж – 2022

Работа выполнена в Воронежском институте высоких технологий – автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования.

Научный руководитель: **Чопоров Олег Николаевич**, доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Буркова Ирина Владимировна**, доктор технических наук, доцент, ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН», ведущий научный сотрудник лаборатории 57

Тишуков Борис Николаевич, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и информационных систем

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «**Южный федеральный университет**» (г. Ростов-на-Дону)

Защита состоится «22» апреля 2022 года в 14⁰⁰ часов в конференц-зале на заседании диссертационного совета 24.2.286.04, созданного на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», по адресу г. Воронеж, Московский просп., д. 14, ауд. 216.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» и на сайте www.cchgeu.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Гусев Константин Юрьевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. На современном этапе характерным трендом в развитии организационных систем является переход к управлению ими на основе стратегии лидерства. Эта тенденция нашла широкое распространение в случае объединения однородных объектов образования, банковского сектора, индустрии туризма, торговли в сетевые организационные системы. При этом управляющий центр сети определяет цели управления в соответствии с принятой стратегией лидерства и стимулирует их выполнение объектами системы путем выделения целевого ресурсного обеспечения. При ограниченном ресурсе на реализацию программ развития распределение ресурсного обеспечения синхронизируется с выбором объектов, потенциально соответствующих ведущим позициям в выполнении условий управляющего центра. Такого рода синхронизация требует ориентации на прогнозные оценки и оптимизацию принятия управленческих решений.

Исследования по проблемам прогнозирования эффективности функционирования объектов организационных систем и распределения ресурсного обеспечения базируется на общей теории управления в организационных системах с применением методов моделирования и оптимизации и нашли отражение в научных трудах отечественных ученых Д.А. Новикова, В.Н. Буркова, А.М. Бершадского, С.А. Баркалова, Д.И. Батищева, В.А. Зернова, М.Б. Гузайрова, Я.Е. Львовича, Н.А. Селезневой, В.А. Минаева, М.Х. Прилуцкого, Д.Б. Юдина и др.

Однако, теоретические и прикладные результаты не затрагивают задач управления в сетевых системах на основе стратегии лидерства в случае реализации процессов структурной трансформации, определяющих изменения устоявшейся последовательности разбиения объектов на классы (категории) и ресурсов для эффективного выполнения целей управления. Поэтому требуется разработка проблемно-ориентированных моделей прогнозирования и алгоритмов управления с учетом вариативности:

механизмов структурной трансформации, связанных с выбором условий, определяющих классификационную упорядоченность объектов, перемещением на более высокие лидерские позиции между классами и внутри классов, поглощением объектами-лидерами объектов, занимающих более низкую позицию;

схем распределения целевого ресурсного обеспечения на реализацию механизмов структурной трансформации.

Таким образом, актуальность темы диссертационного исследования связана с современным трендом в повышении эффективности управления сетевыми организационными системами на основе стратегии лидерства и необходимостью разработки моделей и алгоритмов оптимизации, ориентированных на принятие управленческих решений в условиях структурной трансформации сети.

Работа выполнена в рамках одного из основных научных направлений Воронежского института высоких технологий «Фундаментальные и прикладные

исследования по разработке и совершенствованию информационных технологий, моделей, методов и средств автоматизации и управления техническими, технологическими, экономическими и социальными процессами и производствами (номер гос. регистрации 2005.23.05) и в соответствии с программой стратегического академического лидерства на 2021 – 2030 годы.

Цель и задачи исследования. Целью работы является повышение эффективности управления в сетевых организационных системах путем прогнозирования и оптимизации процессов структурной трансформации, осуществляемых управляющим центром на основе стратегии лидерства.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- обосновать пути повышения эффективности управления в сетевых организационных системах на основе прогнозирования и оптимизации процессов их структурной трансформации;
- сформировать оптимизационные модели процессов структурной трансформации при управлении ресурсным обеспечением в сетевых организационных системах;
- разработать алгоритмы принятия управленческих решений на основе прогностических и оптимизационных моделей структурной трансформации;
- осуществить анализ применения разработанных моделей, алгоритмов и программных средств в практике управления развитием сетевых организационных систем на основе стратегии лидерства.

Объект исследования: процесс управления в организационных системах при реализации стратегии лидерства.

Предмет исследования: проблемно ориентированные на стратегию лидерства модели и алгоритмы принятия управленческих решений с учетом процессов структурной трансформации сетевых организационных систем.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использованы основные положения теории управления в организационных системах, исследования операций, теории вероятностей и математической статистики, методы машинного обучения, прогнозирования, булевой оптимизации и экспертного оценивания.

Научная новизна. В диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

- комплекс механизмов управления в сетевых организационных системах на основе их структурной трансформации, отличающихся способами классификационной упорядоченности объектов и изменения их ранговой последовательности в структуре сети и обеспечивающих распределение ресурсного обеспечения на основе прогностических и оптимизационных моделей в соответствии со стратегией лидерства;
- оптимизационные модели управления ресурсным обеспечением объектов сетевой организационной системы, отличающиеся ориентацией формализованного описания выбора управленческих решений на вариативность процессов структурной трансформации и обеспечивающие сбалансированность

экстремальных требований и ресурсных ограничений при переводе объектов в число лидеров;

- алгоритмы управления классификационной упорядоченностью и межобъектным распределением ресурсного обеспечения в условиях структурной трансформации сетевой организационной системы, отличающиеся содержанием выполнения в рамках единого управленческого цикла этапов структуризации исходных данных с ориентацией на оптимизационную модель трансформационного процесса, рандомизированного поиска множества перспективных решений, применения генетических алгоритмов и экспертного оценивания и обеспечивающие достижение целей и показателей стратегии лидерства;

- алгоритм управления внутриобъектным распределением ресурсного обеспечения, отличающийся характером согласования значимости канала принятия решения и объема выделенного ресурса для изменения рангового положения объектов при их классификационной упорядоченности в сетевой организационной системе и обеспечивающий использование этого ресурса центрами ответственности за его эффективное расходование.

Теоретическая значимость заключается в развитии методов принятия управленческих решений на основе прогностических и оптимизационных моделей путем их проблемной ориентации на особенности процессов структурной трансформации сетевых организационных систем при реализации стратегии лидерства.

Практическая значимость. Практическая значимость работы заключается в:

- использовании разработанных моделей и алгоритмов для поддержки административных управленческих решений при реализации управляющим центром стратегии лидерства в сетевой организационной системе;

- обеспечении согласованности целевого ресурсного обеспечения на реализацию программы стратегии лидерства и характера структурной трансформации сетевой организационной системы;

- применении разработанных программных средств путем интеграции с информационно-аналитической системой мониторинга эффективности функционирования объектов сети, средствами ГИС и библиотекой программ машинного обучения в практике управления сетевыми организационными системами при реализации процессов структурной трансформации.

На разработанные программные средства получены 3 свидетельства о государственной регистрации в реестре Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент).

Достоверность и обоснованность результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата для формализованной постановки и решения задач прогнозирования и оптимизации управленческих решений при структурной трансформации, проведением экспериментальной апробации при прогнозном анализе эффективности разработанных моделей, алгоритмов и программ в практике управления объектами сетевой организационной системы высшего образования в условиях реализации стратегии лидерства.

Положения, выносимые на защиту:

1. Комплекс механизмов управления в сетевых организационных системах на основе их структурной трансформации позволяет выбирать вариант развития объектов сети на основе стратегии лидерства, синхронизированный с объемом целевого ресурсного обеспечения.

2. Оптимизационные модели управления ресурсным обеспечением сетевой организационной системы позволяют учитывать в формализованной постановке задач принятия управленческих решений вариативность процессов структурной трансформации сети при переводе объектов в число лидеров.

3. Алгоритмы управления классификационной упорядоченностью и межобъектным ресурсным обеспечением в условиях структурной трансформации сетевой организационной системы позволяют объединить в рамках единого управленческого цикла этапы структуризации исходных данных с ориентацией на оптимизационную модель трансформационного процесса, рандомизированного поиска множества перспективных решений, применения генетических алгоритмов и экспертного оценивания.

4. Алгоритм управления внутриобъектным распределением ресурсного обеспечения позволяет согласовать значимость канала принятия решения и объема выделенного ресурса для изменения рангового положения объектов при их классификационной упорядоченности в сетевой организационной системе с последующим делегированием ответственности центрам за объемы расходования средств.

Внедрение результатов работы. Результаты внедрены в деятельность Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) и Российского университета туризма и сервиса при разработке и реализации программы развития в рамках стратегии лидерства, а также в учебный процесс Воронежского института высоких технологий при обучении студентов по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» в рамках дисциплин «Теория оптимизации и принятия решений», «Моделирование систем», «Теория информационных процессов и систем» что подтверждается актами внедрения.

Апробация работы. Результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научных мероприятиях: Международной научно-практической конференции «Интеллектуальные информационные системы» (Воронеж, 2020), XI Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в образовании» (Саратов, 2020), Международной молодежной научной школе «Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах» (Воронеж, 2020), 7-й Всероссийской научно-практической конференции «Кластерные инициативы в формировании прогрессивной структуры национальной экономики и финансов» (Курск, 2021), X Международной научно-практической конференции «Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития» (Петрозаводск, 2021), VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и современные тенденции развития информационных технологий в свете инновационных исследований: трансформации идейных взглядов» (Москва,

2021), а также на ежегодных научных конференциях и семинарах аспирантов и студентов Воронежского института высоких технологий (Воронеж, 2018-2021).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 17 научных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 – в журнале Web of Science, 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично соискателем предложены: в [1] – алгоритм управления внутриобъектным распределением ресурсного обеспечения в условиях структурной трансформации сетевых организационных систем; в [3] – структурная схема алгоритма управления межобъектным распределением ресурсного обеспечения при реализации процесса ранговой трансформации; в [5] – алгоритма управления межобъектным распределением ресурсного обеспечения; в [6] – выявлены проблемы принятия управленческих решений, разработки стратегии и их взаимосвязь с государственной политикой в сфере высшего образования; в [8] – предложено рассмотреть информационную политику образовательной организации высшего образования, как один из основных инструментов конкурентоспособности вузов в рамках трансформации образования; в [11] – предложено базировать стратегию лидерства объектов в выполнении целей на структурной трансформации сети за счет классификационной упорядоченности с формированием топовых классов и распределения целевого ресурсного обеспечения для мотивации ускоренного развития; в [13] – предложены оптимизационные модели ранговой трансформации в сетевой организационной системе путем перевода объектов в число лидеров; в [14] предложен алгоритм управления классификационной упорядоченностью.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 96 наименований и 3 приложений. Диссертация изложена на 145 страницах, включая 15 рисунков и 7 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении диссертации обоснована актуальность темы, сформированы цель и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проанализированы пути повышения эффективности управления в сетевых организационных системах на основе прогнозирования и оптимизации процессов структурной трансформации.

Показано, что восходящим трендом развития сетевых организационных систем в последнее время становится стратегия лидерства объектов, объединенных в эту систему под руководством управляющего центра.

При этом все большую значимость в управлении ресурсным обеспечением приобретает необходимость ориентации на процессы структурной трансформации сети.

Стратегия лидерства на первый план выдвигает реализацию механизма классификационной упорядоченности объектов по степени достижения амбициозных целей, выдвигаемых управляющим центром. Построение сети в соответствии с этим механизмом приводит к ряду дополнительных особенностей, влияющих на эффективность управления в исследуемых организационных системах. Эти особенности связаны с детализацией классификационной упорядоченности на первичную и вторичную, необходимостью сочетания текущего и прогностического оценивания изменений показателей объекта, многоканальностью управления при распределении целевого ресурсного обеспечения, вариативностью механизмов управления в зависимости от реализуемого процесса структурной трансформации.

Управление распределением целевого ресурсного обеспечения совмещается с управлением на основе структурной трансформации сетевой организационной системы.

Под структурной трансформацией сетевой организационной системы будем понимать процессы изменения числа классов, количества объектов, входящих в определенный класс, и перемещения объектов между классами и внутри классов, которые синхронизированы с изменением распределения объемов ресурсного обеспечения. Осуществление этого процесса определяется вариативностью следующих механизмов ν его реализации:

классификационная трансформация $\nu = 1$;

ранговая трансформация $\nu = 2$;

редукционная трансформация $\nu = 3$.

Первый механизм ориентирован на преобразования классификационной упорядоченности первого и второго порядка за счет изменения числа классов, количества объектов в классе и перемещения объектов между классами.

На основе второго механизма производится изменение классификационной упорядоченности второго порядка за счет перемещения объектов внутри класса. Третий механизм использует классификационную упорядоченность первого и второго порядка для изменения количества объектов, входящих в классы с номерами $m > M_1$, за счет их поглощения объектами топовых классов.

Исходя из перечисленных особенностей, предлагается следующая последовательность действий при управлении целевым ресурсным обеспечением объектов сетевой организационной системы на основе структурной трансформации с использованием методов моделирования и оптимизации.

Управляющий центр организует мониторинг показателей функционирования объектов $y_{ij}(t)$, контроль которых позволяет оценить выполнения целей, поставленных перед сетевой организационной системой, и установить параметры условий классификационной упорядоченности $y_{jm}^{rp}, J_m^{rp}, F_m^{rp}$.

$$y_{im_1j}(t) \geq y_{jm_1}^{rp}, m_1 = \overline{1, M_1} \quad (1)$$

$$F_{im}(t) \geq F_{m_1}^{rp}, m_1 = \overline{1, M_1}, i_{m_1} = \overline{1, I_{m_1}}, \quad (2)$$

где F_i – интегральная оценка показателей функционирования;

$$F_i(t) = F(y_{ij}(t)), i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}.$$

На основании этих условий и текущего оценивания показателей осуществляется следующая классификационная упорядоченность первого порядка:

топовые классы $m_1 = \overline{1, M_1}$,

класс остальных объектов с номером $M_1 + 1$.

Мониторинг на протяжении $t = \overline{1, T}$ календарных периодов позволяет провести прогностическое оценивание показателей для календарных периодов $t_1 = \overline{T + 1, T_1} > T$

$$y_{ij}(t_1), i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, t_1 = \overline{T + 1, T_1}. \quad (3)$$

Классификационная упорядоченность второго порядка включает следующие решения:

к топовым классам добавляются классы, построенные для остальных объектов с номерами $m > M_1 (m = M_1 + 1, \dots, m = M)$, то есть имеем $m = \overline{1, M}$ классов;

номера объектов внутри каждого m -го класса устанавливаются по принципу ранговой упорядоченности $i_m = \overline{1, I_m}$;

определяются оценки значимости показателей для выполнения заданных целей объектом $O_i - a_{ij}$, используемые экспертами управляющего центра для выбора тех, по которым организуется канал ресурсного управления $n = \overline{1, N}$;

прогнозируются возможности перемещения объекта O_{im} в топовый класс $O_{im_1}(O_{im} - O_{im_1})$.

Далее приступают к распределению целевого ресурсного обеспечения V^c :

между объектами с учетом классификационной упорядоченности $m = \overline{1, M} - V_{im}^c, i_m = \overline{1, I_m}$;

внутри объектов в форме управленческих решений:

между каналами управления $n = \overline{1, N}$ с учетом выбранного экспертами управляющего центра механизма управления $v = \overline{1, 3}$ для объекта $O_i - u_{inv}$;

между центрами ответственности $g = \overline{1, G}$ с учетом значимости изменения каналообразующих показателей $u_{inv}g$;

между статьями экономической классификации $s_1 = \overline{1, S_1}$ для каждого центра ответственности u_{igns_1} .

Схема управления целевым ресурсным обеспечением объектов сетевой организационной системы на основе структурной трансформации приведена на рис. 1.

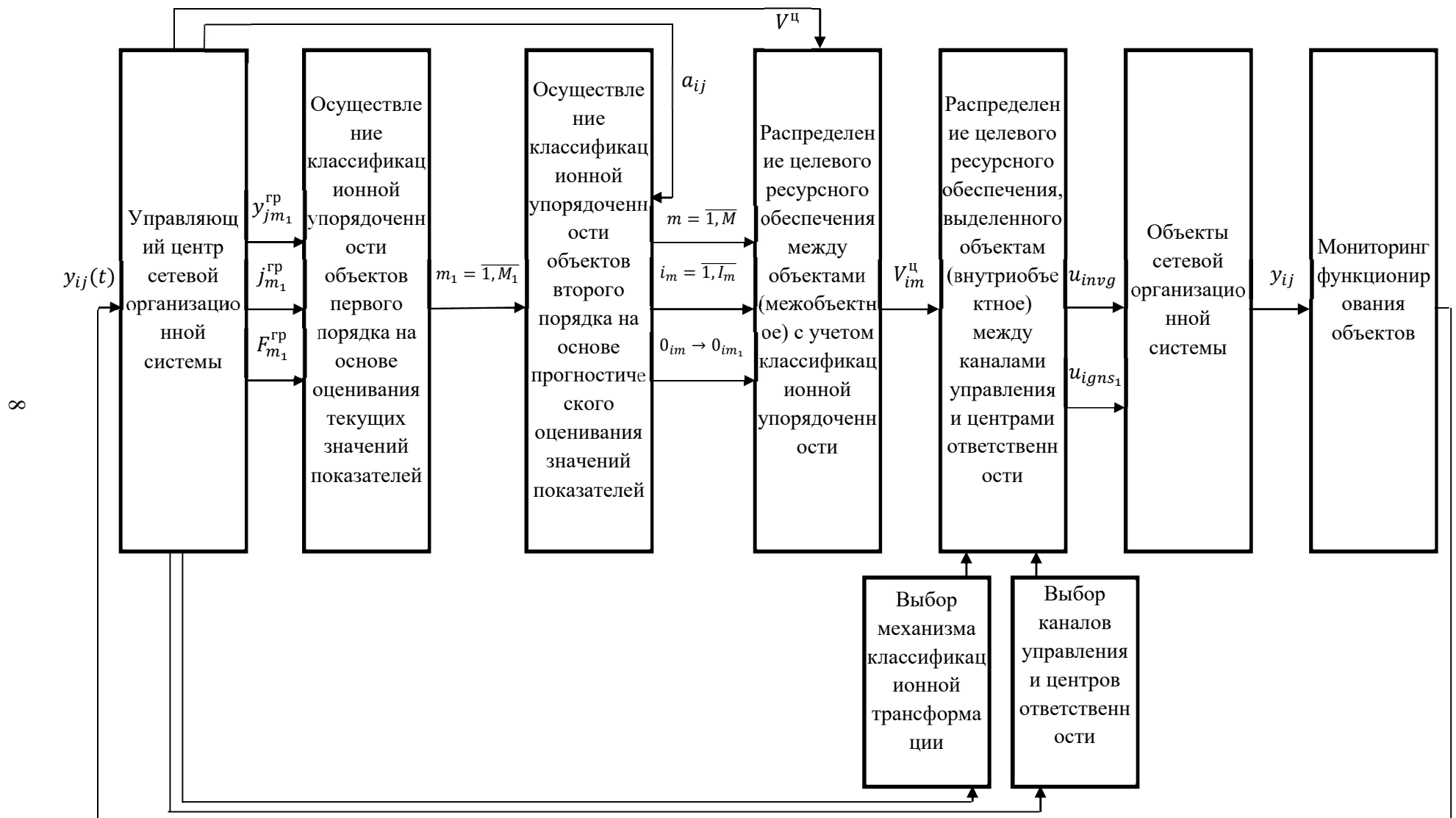


Рис.1. Схема управления целевым ресурсным обеспечением объектов сетевой организационной системы на основе структурной трансформации

Для выбора наиболее эффективного сочетания методов прогнозирования временных рядов показателей эффективности функционирования объектов сетевых организационных систем и методов построения классификаторов по обучающим выборкам при прогностическом моделировании процессов структурной трансформации проведен анализ перспективных подходов, реализуемых в рамках стандартных библиотек машинного обучения.

Показано, что адекватным подходом к формализации процесса принятия решений по распределению ресурсного обеспечения процессов структурной трансформации, направленных на реализацию управляющим центром стратегии лидерства, является подход, основанный на оптимизационном моделировании в форме задач булевого программирования. В этом случае приемлемый способ получения оптимального управленческого решения базируется на сочетании итерационного алгоритма рандомизированного поиска, генетических алгоритмов и экспертного оценивания лингвистических переменных и установления ранговой последовательности перспективных вариантов решения.

Таким образом, обоснован комплекс механизмов управления в сетевых организационных системах на основе их структурной трансформации, отличающихся способами классификационной упорядоченности объектов и изменения их ранговой последовательности в структуре сети, который позволяет выбирать вариант развития объектов сети на основе стратегии лидерства, синхронизированный с объемом целевого ресурсного обеспечения.

Во второй главе сформированы оптимизационные модели процессов структурной трансформации при управлении распределением обеспечения в сетевых организационных системах.

Показано, что в случае использования механизма классификационной трансформации необходимо выбрать параметры условий первичной упорядоченности объектов из нумерационного множества их градаций:

$$\begin{aligned} y_{jm_1l}^{\text{гр}}, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}}, m_1 = \overline{1, M_1}, l = \overline{1, L}; \\ J_{m_1l}^{\text{гр}}, m_1 = \overline{1, M_1}, l = \overline{1, L}. \end{aligned}$$

Будем считать, что для класса с номером $m_1 - 1$ установлено граничное значение $y_{j(m_1-1)}^{\text{гр}}$ и требуется определить интервал изменения j_{m_1} —го показателя для m_1 —го класса за счет вариации по $l = \overline{1, L}$ градациям $y_{jm_1l}^{\text{гр}}$:

$$\left[y_{j(m_1-1)}^{\text{гр}}, y_{jm_1l}^{\text{гр}} \right], l = \overline{1, L}, j_{(m_1-1)}, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}}.$$

Ширина интервала вариации

$$\left(y_{j(m_1-1)}^{\text{гр}} - y_{jm_1l}^{\text{гр}} \right), l = \overline{1, L}, j_{(m_1-1)}, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}} \quad (4)$$

должна отвечать двум условиям для показателей:

быть достаточной для включения в m_1 — й класс максимального числа объектов;

число объектов, включаемый в m_1 — й класс, ограничено выделенным объемом целевого ресурсного обеспечения $V_{m_1}^{\text{ц}}$ для поддержки устойчивого тренда развития.

Для формализованной постановки задачи (1.13) введем оптимизируемые булевы переменные:

$$x_{jm_1l} = \begin{cases} 1, \text{ если выбирается } l - \text{й вариант градации показателей } y_{jm_1l}^{\text{гр}}, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}}, \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases} \quad (5)$$

Тогда величина ширины интервала (4) в зависимости от (5) определится

$$\left(y_{j(m_1-1)}^{\text{гр}} - y_{jm_1l}^{\text{гр}}(x_{jm_1l}) \right), j_{(m_1-1)}, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}}. \quad (6)$$

По первому условию, приведенному выше, сумма ширины интервалов по всем показателям, должна быть максимальной.

$$\sum_{\substack{j_{(m_1-1)}=1 \\ j_{m_1}=1}}^{J_{m_1}} \left(y_{j(m_1-1)}^{\text{гр}} - y_{jm_1l}^{\text{гр}}(x_{jm_1l}) \right) \rightarrow \max_{x_{jm_1l}}. \quad (7)$$

При объединении экстремального (7) и ряда граничных требований получена оптимизационная задача булевого программирования. Решение этой задачи позволяет выбрать номер градации для каждого показателя, разделяющего классы.

В качестве формализованного описания процесса ранговой трансформации сформированы оптимизационные модели перемещения объектов между и внутри классов путем перевода объектов в число лидеров. Такие перемещения связаны с привлечением целевого ресурсного обеспечения для изменения уровня показателей, соответствующего либо средним показателям топовых классов, либо объектам с более высокой позицией в рейтинговой последовательности. Это соответствие отражает экстремальные требования, выполнение которых зависит от планируемых управляющим центром ресурсов на цели улучшения положения объекта в рамках существующей первичной и вторичной упорядоченности.

Поскольку механизм редукционной трансформации направлен на сокращение числа объектов, объединяемых управляющим центром в единую организационную систему, оптимизационное моделирование этого процесса связано с определением множеств объектов-лидеров и объектов-аутсайдеров, которые по своей региональной принадлежности претендуют на создание пар для взаимодействия. При этом оптимизационный характер носят три задачи, направленные на формирование указанных множеств и реализации поглощения объектов-аутсайдеров объектами-лидерами. Сочетание экстремальных и граничных требований на множестве булевых переменных позволяет осуществить поиск наилучших управленческих решений по редукционной трансформации, синхронизированный с распределением целевого ресурсного обеспечения с учетом региональной принадлежности объектов.

С этой целью экспертным путем с использованием ГИС на территории расположения сетевой организационной системы с указанием расположения объектов O_{im} и O_{im_1} предлагаются координаты (a_d, b_d) центров

территориальных кластеров и формируются матрицы расстояний объектов до центра

$$\|c_{i^1 M d}\|, \|c_{i^1 m_1 d}\|, m_1 = \overline{1, M_1}. \quad (8)$$

Оптимизируемые переменные

$$x_{i^1 M d} = \begin{cases} 1, \text{если объект } O_{i^1 M} \text{ назначается для реализации процесса} \\ \text{редукционной трансформации в } d - \text{й территориальный} \\ \text{кластер,} \\ 0, \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (9)$$

$$x_{i^1 m_1 d} = \begin{cases} i_M^1 = \overline{1, I_M^1}, d = \overline{1, D}; \\ 1, \text{если объект } O_{i^1 m_1} \text{ назначается для реализации процесса} \\ \text{редукционной трансформации в } d - \text{й территориальный} \\ \text{кластер,} \\ 0, \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (10)$$

$$i_{m_1}^1 = \overline{1, I_{m_1}^1}, m_1 = \overline{1, M_1}, d = \overline{1, D}.$$

Сформирована оптимизационная задача, близкая к задаче булевого программирования о назначениях. В этом случае надо так назначить объекты O_{iM} и O_{im_1} в территориальные кластеры, чтобы минимизировать суммарное расстояние до центра этих кластеров. При этом необходимо учитывать ограничение о назначении каждого объекта только в один территориальный кластер.

На основании решения этой $x_{i^1 M d}^* = 1, x_{i^1 m_1 d}^* = 1$, получаем перечень объектов, включаемых в множество $i_M^1 = \overline{1, I_M^1}, x_{i^1 m_1 d} = \overline{1, I_{m_1}^1}, m_1 = \overline{1, M_1}$, которые используются для окончательного принятия решений по процессу редукционной трансформации

Таким образом сформированы оптимизационные модели управления ресурсным обеспечением объектов сетевой организационной системы, отличающиеся ориентацией формализованного описания выбора управленческих решений на вариативность процессов структурной трансформации, которые позволяют в рамках формализованного описания на множествах булевых переменных сбалансировать экстремальные требования и ресурсные ограничения при переводе объектов число лидеров.

Третья глава посвящена разработке алгоритмов принятия управленческих решений на основе прогностических и оптимизационных моделей структурной трансформации.

Поскольку в случае классификационной трансформации основной становится задача оптимизации управления классификационной упорядоченностью, для принятия управленческих решений используются следующие данные (1), (2) и следующие этапы решения оптимизационной задачи.

Этап 1. С использованием временных рядов (14) эксперты управляющего центра устанавливают:

количество и категории топовых классов $m_1 = \overline{1, M_1}$;
 перечень ключевых показателей для каждого топового класса $j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}} \in \overline{1, J}$;
 предварительный перечень объектов, включаемых в топовые классы;
 граничные значения показателей для $m_1 = 1$;
 градации граничных значений показателей $y_{j_{m_1}l}^{rp}, l = \overline{1, L}$ для классов $m_1 = \overline{2, M_1}$;
 объемы ресурсного обеспечения, необходимые для поддержания значений показателей $j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}^{rp}}$ в пределах интервала между их граничными значениями.

Этап 2. Переход к рандомизированной постановке и решению оптимизационной задачи с использованием итерационного алгоритма.

Этап 3. Переход к использованию генетического алгоритма:

останов итерационного рандомизированного процесса при заданном числе итераций $k \leq k_1^0, k_1 \leq k_2$;

включение в число особей X_{r_1} тех переменных, для которых не выполняется правила останова при $k \leq k_1$;

включение в число особей X_{r_2} тех переменных, для которых не выполняется правило останова при $k \leq k_2$;

принятие в качестве значений функции приспособленности значения оптимизируемой функции для переменных x_r

$$\mu(x_r) = \varphi(x_r);$$

вычисление значения случайных величин $r = \overline{1, R}$

$$p_r = \frac{\mu(x_r)}{\sum_{r=1}^R \mu(x_r)}, \sum_{r=1}^R p_r = 1;$$

осуществление положительного ассортативного скрещивания;

получено значение величины r с новым набором значений x_r ;

останов процесса скрещивания.

Этап 4. Выбор окончательного варианта управленческого решения на основе экспертного оценивания:

объединение решений задач, полученных при рандомизированном поиске с $k \leq k_1$ по переменным, для которых выполняется условие останова, со значениями переменных, для которых не выполняется условие останова, полученных после останова процесса скрещивания;

формирование на основе мнений группы экспертов $d = \overline{1, D}$ рангового упорядочения управленческих решений $x_{j_{m_1}l}^* = 1, j_{m_1} = \overline{1, J_{m_1}}$;

выбор окончательного решения с наилучшим значением в ранговой последовательности.

Реализация ранговой и редукционной трансформации требует управления межобъектным распределением ресурсного обеспечения. Поэтому алгоритмические этапы прежде всего нацелены на структуризацию исходной информации с использованием прогностического моделирования и экспертного

оценивания с целью перехода к оптимизационной модели булевого программирования и использования сочетания рандомизированной схемы поиска доминирующих вариантов решения и генетического алгоритма подбора пары родителей и их скрещивания. Отдельного способа вычисления случайных вариаций оптимизируемой функции требует задача выбора объектов редукционной трансформации в рамках территориального кластера.

Таким образом, разработаны алгоритмы управления классификационной упорядоченностью и межобъектным распределением ресурсного обеспечения в условиях структурной трансформации сетевой организационной системы, отличающиеся содержанием выполнения в рамках единого управленческого цикла этапов структуризации исходных данных с ориентацией на оптимизационную модель трансформационного процесса, рандомизированного поиска множества перспективных решений, применения генетических алгоритмов и экспертного оценивания, которые позволяют обеспечить достижение целей и показателей стратегии лидерства.

Целевое ресурсное обеспечение, назначенное объектам классификационной, ранговой и редукционной трансформации, требует дальнейшей детализации между каналами управления и центрами ответственности за его расходование. При выборе каналов управления, обеспечивающих перспективы улучшения значений показателей по сравнению с показателями объекта-ориентира специальная часть этапов алгоритмизации связана с экспертизой коллектива экспертов, среди которых есть доминирующий, разделением всего множества показателей на группы и оценкой значений рангов показателей. Для оценки значимости центров ответственности используется формализация значений лингвистических переменных на основе функций принадлежности. Оптимизационная часть связана с формированием управленческих решений путем организации рандомизированного поиска и реализации генетического алгоритма.

Структурная схема алгоритма управления внутриобъектным распределением ресурсного обеспечения приведена на рис. 2.

Таким образом, разработан алгоритм управления внутриобъектным распределением ресурсного обеспечения, отличающийся характером согласования значимости канала принятия решения и объема выделенного ресурса для изменения рангового положения объектов при их классификационной упорядоченности в сетевой организационной системе, который позволяет организовать дальнейшее распределение канальных ресурсов между центрами ответственности за их эффективное расходование.

В четвертой главе проведен анализ применения разработанных моделей, алгоритмов и программных средств в практике управления развитием сетевых организационных систем на основе стратегии лидерства

Для применения разработанных моделей и алгоритмов в практике управления развитием сетевых организационных систем на основе стратегии лидерства в первую очередь разработаны проблемно-ориентированные программные средства:

Программа 1. Оптимизация управления классификационной упорядоченностью объектов организационной системы;

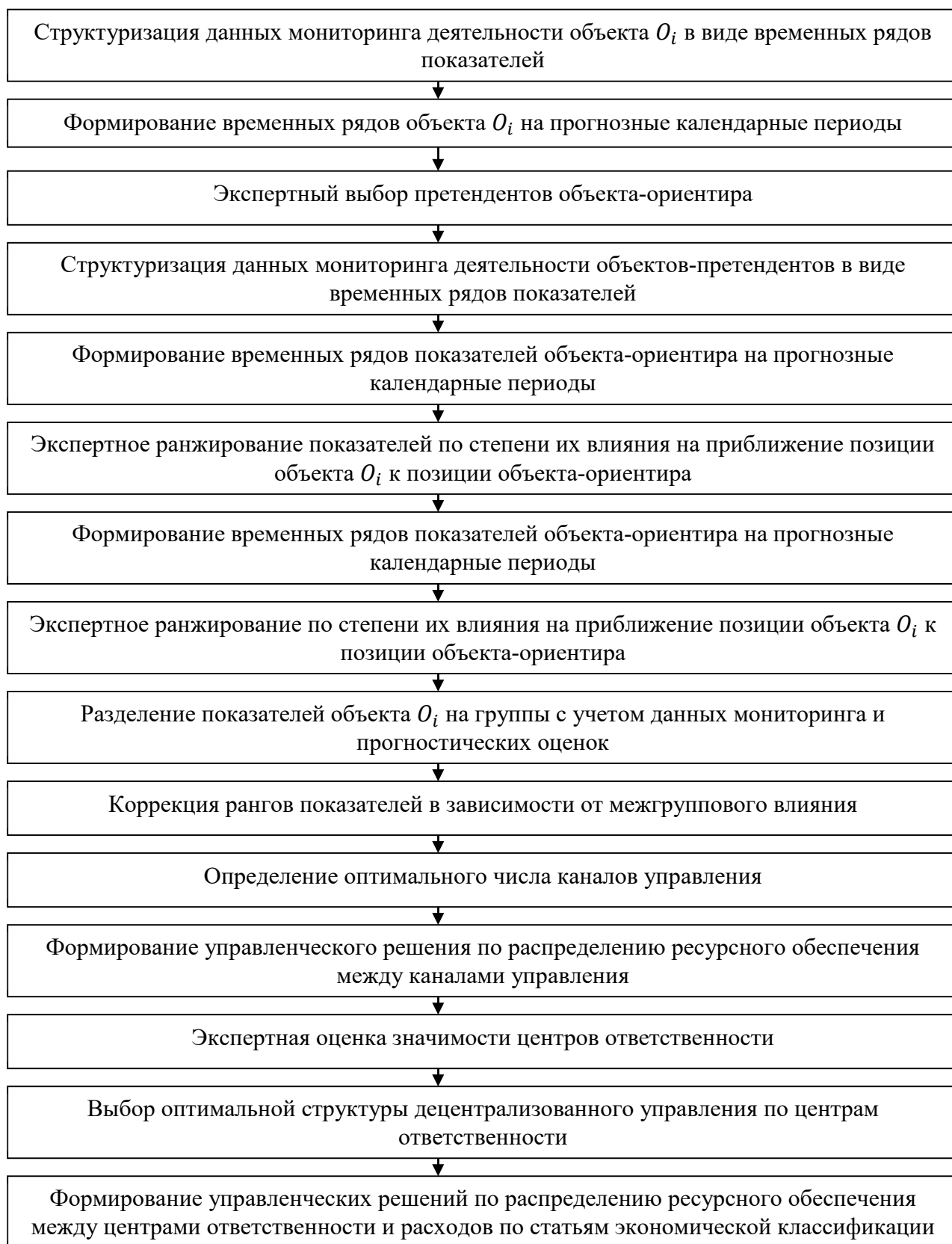


Рис. 2. Структурная схема многоэтапного алгоритма управления внутриобъектным распределением ресурсного обеспечения

Программа 2. Оптимизация управления процессом ранговой трансформации организационной системы;

Программа 3. Оптимизация управления процессом редукционной трансформации организационной системы.

Программа 4. Оптимизация управления внутриобъектным распределением ресурсного обеспечения, которые интегрированы в единую систему поддержки принятия решений управляющим центром.

При этом интеграция направлена на эффективное взаимодействие этих продуктов со средствами информационно-аналитической системы мониторинга эффективности функционирования объектов, объединенных в сеть, библиотекой стандартных программ машинного обучения прогностических и классификационных моделей, средствами геоинформационной системы при учете региональной принадлежности объектов.

Структура такого взаимодействия показана на рис.3.

Оценка результативности применения интегрированной системы управления требует характеристики конкретной организационной системы. Одним из классов таких организационных систем, в которых управляющий центр ориентируется на стратегию лидерства, является сетевая система высшего образования.

Для проведения сравнительного анализа предлагаемого оптимизационного подхода при принятии управленческих решений проведен вычислительный эксперимент с использованием информационно-аналитической системы мониторинга эффективности деятельности вузов. Результаты вычислительного эксперимента и практической реализации стратегии лидерства позволяют окончательно оценить эффективность применения разработанных средств.

В вычислительный эксперимент было включено 97 университетов 4 классов: федеральные университеты (10 шт.), национальные исследовательские (29 шт.), опорные университеты (33 шт.), другие университеты, не имеющие один из трех перечисленных статусов (25 шт.). Для построения классификаторов и прогностических моделей использовались данные мониторинга (62 базовых параметра) за 2016-2020 гг.

При построении классификатора были использованы три альтернативных реализации градиентного бустинга: XGBoost, LightGBM, CatBoost. Для краткосрочного прогнозирования на период 2021-2023 гг. – метод экспоненциального сглаживания.

В результате вычислительного эксперимента 25 вузов были отнесены к классу, не соответствующему текущей ситуации. При этом, для 12 вузов спрогнозировано снижение класса, а у 13 – повышение. Сопоставление результатов вычислительного эксперимента с практической реализацией стратегии лидерства представлено в таблице, из которой видно что в 76 случаях (78,4 %) прогноз по модели полностью совпал в результатами оценки вузов в рамках программы «Приоритет 2030». При этом, следует отметить, что если рассматривать только результаты вычислительного эксперимента, при которых прогнозировалось изменение класса вуза, то ошибочным прогноз оказался только в 3-х случаях из 25 (12 %). В большинстве же случаев несовпадения

прогноза с результатами конкурсного отбора вузов прогнозировалось сохранение вузом своих позиций, однако, в результате конкурса университеты получили более низкую оценку (18 случаев из 97, что составило 18,6 %). Таким образом, результаты проведенного анализа подтверждают эффективность разработанных моделей.

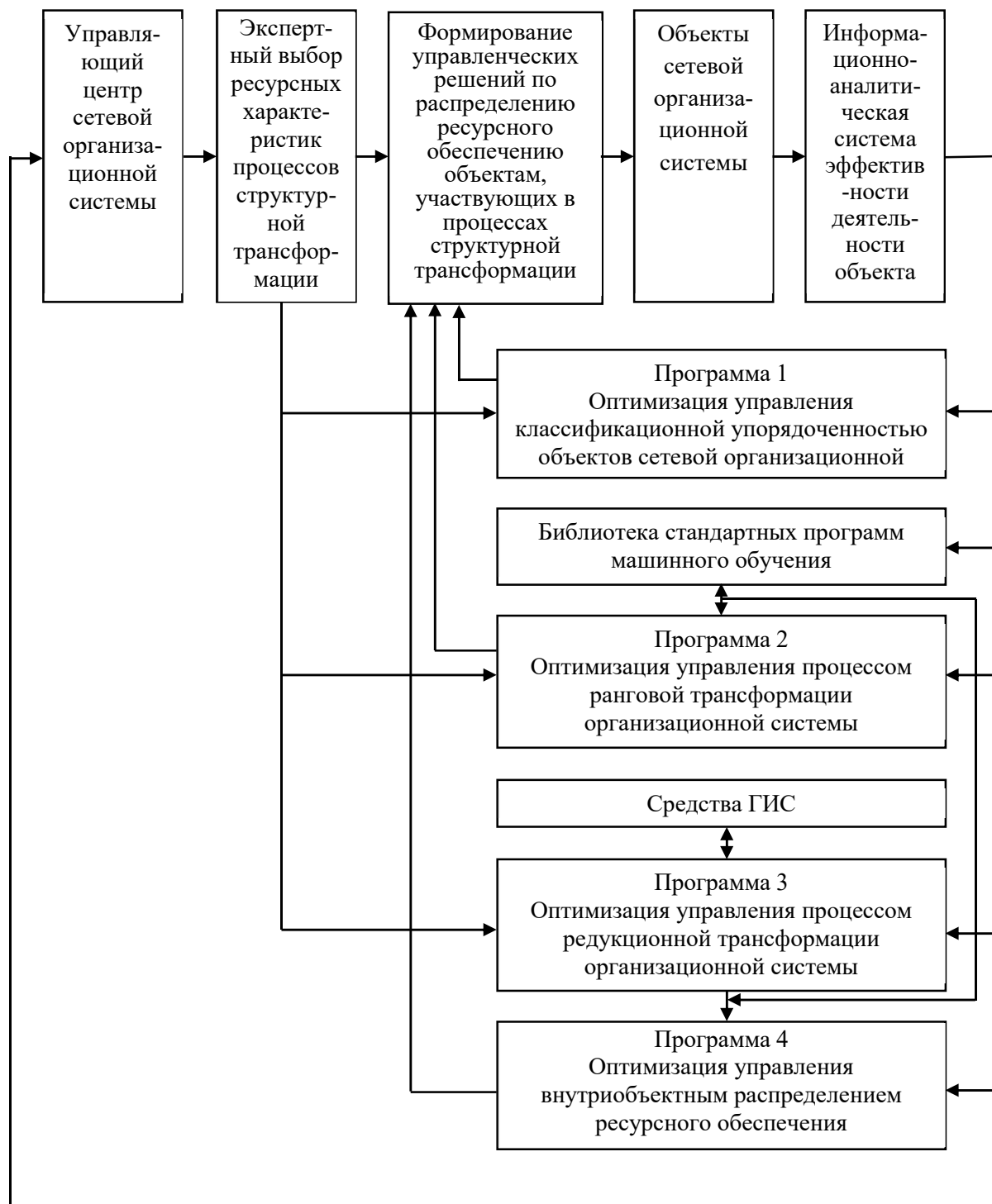


Рис. 3. Структурная схема взаимодействия средств информационного и программного обеспечения при управлении объектами сетевой организационной системы в условиях структурной трансформации, реализуемой управляющим центром

Сопоставление результатов классификационно-прогностического моделирования с итогами распределения вузов по группам в рамках программы «Приоритет 2030» (количество вузов)

Результаты моделирования	Итоги распределения вузов по группам в рамках программы «Приоритет 2030»			Всего вузов
	Переход в более высокий класс	Без изменений	Переход в более низкий класс	
Переход в более высокий класс	12	0	1	13
Без изменений	1	53	18	72
Переход в более низкий класс	0	1	11	12
Итого	13	54	30	97

В приложении приведен перечень анализируемых показателей мониторинга, свидетельства о государственной регистрации программ, акты внедрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют получить следующие основные результаты.

1. Проведен анализ путей повышения эффективности в сетевых организационных системах на основе прогнозирования и оптимизации процессов структурной трансформации в условиях реализации стратегии лидерства.

2. Обоснованы механизмы управления в сетевых организационных системах, обеспечивающие синхронизацию процессов распределения целевого ресурсного обеспечения и структурной трансформации с учетом классификационной упорядоченности объектов в сети в соответствии с требованиями управляющего центра.

3. Сформированы оптимизационные модели булевого программирования процессов классификационной ранговой и редукционной трансформации при управлении распределением целевого ресурсного обеспечения в сетевых организационных системах.

4. Предложен алгоритм управления классификационной упорядоченностью объектов с учетом ретроспективной и прогностической информации о показателях эффективности их функционирования и граничных условий управляющего центра.

5. Разработаны алгоритмы управления межобъектным распределением целевого ресурсного обеспечения с использованием обученных моделей прогнозирования и классификации, оптимизационных моделей ранговой и

редукционной трансформации, рандомизированной схемы поиска решения в сочетании с генетическим алгоритмом и экспертным оцениванием.

6. Предложены оптимизационные модели и алгоритм принятия управленческих решений при внутриобъектном распределении ресурсного обеспечения между каналами управления и центрами ответственности за эффективное расходование средств.

7. Сформирована структура программного обеспечения, включающего оригинальные программы, средства информационно-аналитической системы мониторинга, ГИС и машинного обучения.

8. Проведена оценка результативности применения разработанных моделей, алгоритмов и программных средств в практике управления развитием сетевой организационной системы на основе стратегии лидерства. Предлагаемый подход позволил (на основе сравнения данных вычислительного эксперимента и практики реализации стратегии лидерства в организационной системе высшего образования) выявить вузы, изменившие свой статус при использовании механизмов структурной трансформации.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Болгова М.А. Алгоритмизация управления внутриобъектным распределением ресурсного обеспечения в условиях структурной трансформации сетевых организационных систем / М.А. Болгова, О.Н. Чопоров // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – Т.8. – № 4. Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=879>.

2. Болгова М.А. Особенности управления сетевыми организационными системами в условиях их структурной трансформации / М.А. Болгова // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». – 2020. – №4. – С. 49-56.

3. Болгова М.А. Алгоритм принятия управленческих решений при межобъектном распределении ресурсного обеспечения в условиях реализации стратегии лидерства в сетевой организационной системе / М.А. Болгова, Я.Е. Львович, О.Н. Чопоров // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». – 2021. – №1. – С. 75-78.

4. Болгова М.А. Оптимизационное моделирование процессов классификационной трансформации в сетевой организационной системе / М.А. Болгова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т.9. № – №1. Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1007>.

Публикации в изданиях Web of Science

5. Algorithmization of managerial decision-making based on predictive and optimization models of structural transformation / M.A. Bolgova, A.P. Preobrazhenskiy, O.N. Choporov, A.S. Molchan, Q.V. Nguyen // International Journal on Information Technologies & Security. – No 3 (vol. 13), 2021. – pp. 49-60.

Публикации в других изданиях:

6. Болгова М.А. Принятие управленческих решений в условиях трансформации высшего образования / М.А. Болгова, Е.А. Евдокимова // Вестник университета. – 2016. – № 3. – С. 195-197.

7. Болгова М.А. Реформы образования - важный аспект социальной политики современного государства / М.А. Болгова // Вестник университета. – 2016. – № 3. – С. 220-224.

8. Болгова М.А. Информационная политика образовательных организаций высшего образования как инструмент конкурентоспособности в рамках трансформации образования / М.А. Болгова, А.А. Федулин, О.Н. Краснова // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. – 2016. – № 7. – С. 75-79.

9. Болгова М.А. Оптимизация управления структурной трансформацией сетевых организационных систем / М.А. Болгова // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах: труды Международной молодежной школы. – Воронеж, 2020. – С. 145-148.

10. Болгова М.А. Интеллектуальное моделирование процесса управления структурной трансформации сетевых организационных систем / М.А. Болгова // Интеллектуальные информационные системы: материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2020. – С. 137-140.

11. Болгова М.А. Информационные технологии моделирования и оптимизации процессов структурной трансформации системы образования / М.А. Болгова, О.Н. Чопоров // Информационные технологии в образовании: материалы XII Всероссийской научно-практической конференции. – Саратов, 2020. – С.29-32.

12. Болгова М.А. Управление процессом редукционной трансформации в сетевой организационной системе / М.А. Болгова // Кластерные инициативы в формировании прогрессивной структуры национальной экономики и финансов: сб. научн. тр. 7-й Всероссийской научно-практической конференции. – Курск, 2021. – С. 38-42.

13. Болгова М.А. Оптимизационное моделирование процесса ранговой трансформации в сетевой оптимизационной системе путем перевода объектов в число лидеров / М.А. Болгова, О.Н. Чопоров // Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития: сборник статей X Международной научно-практической конференции. – Петрозаводск, 2021. – С. 21-24.

14. Болгова М.А. Оптимизация управления классификационной упорядоченностью объектов при реализации стратегии лидерств организационной системы/ М.А.Болгова, О.Н.Чопоров //Сб. научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции Актуальные проблемы и современные тенденции развития информационных технологий в свете инновационных исследований: трансформации идейных взглядов».– М.: НИЦ МИСИ.– 2021.–С.72-81.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

15. Болгова М.А. Оптимизация управления процессом ранговой трансформации организационной системы / М.А. Болгова, А.П. Преображенский, О.Н. Чопоров // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2021616620 от 19 апреля 2021г. – М.: Роспатент, 2021.

16. Болгова М.А. Оптимизация управления классификационной упорядоченностью объектов организационной системы / М.А. Болгова, А.П. Преображенский, О.Н. Чопоров // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2021616619 от 23 апреля 2021г. – М.: Роспатент, 2021.

17. Болгова М.А. Оптимизация управления процессом редукционной трансформации организационной системы / М.А. Болгова, А.П. Преображенский, О.Н. Чопоров // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2021616808 от 27 апреля 2021г. – М.: Роспатент, 2021.

Подписано в печать 16.02.2022.
Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 80 экз. Заказ №
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14