

На правах рукописи



ВАСМИ Ихаб А Васми

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ КОМПОЗИЦИИ ОБЪЕКТОВ
СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ ОБЛАЧНОЙ ЭНТРОПИИ И ВИРТУАЛИЗАЦИИ ИХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

Специальность: 2.3.4. Управление в организационных системах

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж – 2026

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет».

Научный руководитель: **Кочегаров Алексей Викторович**, доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Россихина Лариса Витальевна**, доктор технических наук, доцент, ФГКОУ ВО «Ордена Трудового Красного Знамени Академия управления Министерства внутренних дел России», г. Москва, профессор кафедры "Информационные технологии"

Божко Леся Михайловна, доктор экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I» (г. Санкт-Петербург), профессор кафедры "Информационные и вычислительные системы"

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»**

Защита состоится «29» мая 2026 года в 14 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 <https://cchgeu.ru>.

Автореферат разослан «10» апреля 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Гусев Константин Юрьевич

Актуальность темы. В последнее время сложноструктурированные организационные системы приобрели компетентность благодаря применению парадигм, основанных на информационных технологиях, формирующих новую философию организационных систем, таких как "Проектирование где угодно, производство где угодно", "Сетевое производство", "Интернет вещей (IoT)", "Облачная организационная система" и т.д. Основные преимущества этих парадигм основаны на необходимости быстрого и совместного обмена информацией о продуктах и процессах, связанных с проектированием продукта и организационными операциями. Актуальна и проблема композиции объектов в облачных организационных системах. Многие исследования были сосредоточены на проблемах оптимального распределения ресурсов как части сервисной ориентации облачной организационной системы, таких как выбор провайдера, состав услуг, распределение организационных ресурсов, определение услуг и планирование задач и заданий.

Одной из актуальных предметных областей задач управления данными организационных систем является выявление масштабов управления. В работе основное внимание уделяется проблеме выявления масштабов управления для оптимизации организационной структуры предприятия. Сначала, в соответствии с теорией масштабного преобразования, определяется уровень масштабирования многомасштабного набора данных. Важным является распознавание оптимального уровня масштаба управления и масштабных характеристик каждого кластера объектов управления, распределенных по различным уровням масштаба управления.

Таким образом, актуальность темы диссертационного исследования продиктована необходимостью разработки моделей и алгоритмов управления процессами композиции объектов сложноструктурированных организационных систем на основе облачной энтропии и виртуализации их взаимодействия.

Тематика диссертационной работы соответствует научному направлению ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» «Вычислительные комплексы и проблемно-ориентированные системы управления».

Целью работы является разработка моделей и алгоритмов управления процессами композиции объектов сложноструктурированных организационных систем на основе облачной энтропии и виртуализации их взаимодействия.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ проблем управления процессами композиции объектов сложноструктурированных организационных систем на основе облачной энтропии и виртуализации их взаимодействия.

2. Разработать модель облачной организационной среды, обеспечи-

вающую виртуализацию взаимодействия между организационными операциями, логистикой и предоставлением механизма предложения услуг.

3. Предложить многокритериальную оптимизационную задачу композиции объектов сложноструктурированных организационных систем, обеспечивающую объединение контекста сервис-ориентированной архитектуры облачной организационной системы с глобальным логистическим планированием.

4. Создать многостадийный алгоритм выявления масштабов управления, обеспечивающий определение оптимального уровня масштаба управления и масштабные характеристики каждого кластера объектов управления.

5. Предложить структуру программной подсистемы интеллектуального анализа облачных данных для получения структурированного дерева метаданных и их логической взаимосвязи.

6. Разработать модель организационной коммуникационной сети на основе взвешенного ориентированного графа без самостоятельной петли, обеспечивающую быстрое распространение актуальной информации по всей организации на основе наблюдаемых информационных шаблонов.

Объект исследования: процессы управления композицией объектов сложноструктурированных организационных систем.

Предмет исследования: особенности облачной организационной среды и процессов управления композицией объектов сложноструктурированных организационных систем на основе облачной энтропии и виртуализации их взаимодействия.

Методы исследования. При решении поставленных в диссертации задач использовались методы теории вероятностей, теории принятия решений, а также методы объектно-ориентированного программирования.

Тематика работы соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.3.4. «Управление в организационных системах»: п. 3. Разработка методов и алгоритмов решения задач управления в организационных системах; п. 6. Разработка методов и алгоритмов анализа и синтеза организационных структур.

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

- модель облачной организационной среды, отличающаяся представлением многоуровневых услуг как узлов или набора узлов, и обеспечивающая виртуализацию взаимодействия между организационными операциями, логистикой и предоставлением механизма предложения услуг;

– многокритериальная оптимизационная задача композиции объектов сложноструктурированных организационных систем, отличающаяся NP-полнотой и использованием облачной энтропии для анализа сложности служб и обеспечивающая объединение контекста сервис-ориентированной архитектуры облачной организационной системы с глобальным логистиче-

ским планированием;

– многостадийный алгоритм выявления масштабов управления, отличающийся использованием теории преобразований масштаба для определения уровня масштабирования многоуровневого набора данных и кластеризации с переменным масштабом, и обеспечивающий определение оптимального уровня масштаба управления и масштабные характеристики каждого кластера объектов управления с точностью на 12% выше, чем у традиционного алгоритма;

- структура программной подсистемы интеллектуального анализа облачных данных, отличающаяся использованием базы метаданных для классификации и кластеризации, обеспечивающая получение структурированного дерева метаданных и их логическую взаимосвязь;

- модель организационной коммуникационной сети на основе взвешенного ориентированного графа без самостоятельной петли, отличающаяся наличием множества сообществ узлов, идентифицируемых с использованием алгоритма Лувена и потенциально обеспечивающая быстрое распространение актуальной информации по всей организации на основе наблюдаемых информационных шаблонов.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в разработке моделей и алгоритмов управления процессами композиции объектов сложноструктурированных организационных систем на основе облачной энтропии и виртуализации их взаимодействия.

Теоретические результаты работы могут быть использованы в организационных системах с распределенной коммуникационной структурой.

Положения, выносимые на защиту

1. Модель облачной организационной среды обеспечивает виртуализацию взаимодействия между организационными операциями, логистикой и предоставлением механизма предложения услуг.

2. Многокритериальная оптимизационная задача композиции объектов сложноструктурированных организационных систем обеспечивает объединение контекста сервис-ориентированной архитектуры облачной организационной системы с глобальным логистическим планированием.

3. Многостадийный алгоритм выявления масштабов управления обеспечивает определение оптимального уровня масштаба управления и масштабные характеристики каждого кластера объектов управления.

4. Структура программной подсистемы интеллектуального анализа облачных данных обеспечивает получение структурированного дерева метаданных и их логическую взаимосвязь.

5. Модель организационной коммуникационной сети на основе взвешенного ориентированного графа без самостоятельной петли обеспечивает быстрое распространение актуальной информации по всей организации на основе наблюдаемых информационных шаблонов.

Результаты внедрения. Основные результаты внедрены в ООО М-

Сервис (г. Воронеж) при проектировании систем управления большими организационными системами, в учебный процесс Воронежского государственного технического университета в рамках дисциплин: «Управление проектами», «Информационные сети и телекоммуникационные технологии», а также в рамках курсового и дипломного проектирования.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: XXX International Open Science Conference «Modern informatization problems in simulation and social technologies» (Yelm, WA, USA, 2025); VI Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в экономике и управлении» (Махачкала, 2024), XXXI International Open Science Conference «Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis» (Yelm, WA, USA, 2026); а также на научных семинарах кафедры управления ВГТУ (2023-2026 гг.).

Обоснованность и достоверность результатов обусловлена корректным использованием теоретических методов и подтверждена результатами сравнительного анализа данных экспериментов.

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 15 научных работ, в том числе 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (из них 1 – в издании, индексируемых в WoS и одно свидетельство о регистрации программы для ЭВМ). В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично автором получены следующие результаты: [1, 11] - модель облачной организационной среды; [10, 15] - многокритериальная оптимизационная задача композиции композиции объектов сложноструктурированных организационных систем; [5, 6] - многостадийный алгоритм выявления масштабов управления; [2, 4, 12] - структура программной подсистемы интеллектуального анализа облачных данных; [3, 13, 14] - модель организационной коммуникационной сети на основе взвешенного ориентированного графа без самостоятельной петли.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 218 наименований. Работа изложена на 161 странице.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы цель и задачи, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения об апробации и внедрении работы.

В первой главе исследуются проблемы управления процессами композиции объектов сложноструктурированных организационных систем на основе облачной энтропии и виртуализации их взаимодействия. Отмечено, что повысить эффективность такого управления можно путем анализа сложности составляющих сервисов с помощью облачной энтропии, поиска подходящего состава служб для каждой подзадачи из пула ресур-

сов, выбора наилучшей модели облачной организационной среды, обеспечивающей виртуализацию взаимодействия между организационными операциями, логистикой и предоставлением механизма предложения услуг, создания алгоритмов выявления масштабов управления. Сформулирована цель и задачи исследования.

Вторая глава посвящена исследованию конфигурируемой облачной энтропии провайдеров логистических и операционных услуг в организационной системе. Учитывая необходимость назначения различных и распределенных сервисов в задаче композиции сервисов, направленной на выполнение пулов задач, в работе предлагается анализировать сложность составляющих сервисов с помощью облачной энтропии. Чем больше облачная энтропия, тем больше будет сложность сети составных сервисов.

Поскольку организационная среда в работе основана на концепциях облачной организационной системы, каждый узел на диаграмме операционного процесса может быть определен либо как отдельная услуга, либо набор этих узлов на диаграмме операционного процесса того же уровня может быть представлен как услуга. В большинстве случаев использование единственного облачного сервиса недостаточно для удовлетворения требований клиентов. По этой причине объединение ряда простых облачных сервисов в составные сервисы позволяет им удовлетворять потребности клиентов.

Рассматривается модель гиперсети согласования спроса и предложения информационных услуг. Сеть «поставок» - это топологическая структура виртуальной сети, состоящая из ряда узлов (услуга/«провайдер»), которые соединены ребрами, указывающими на взаимосвязь между провайдерами. Краткое изложение обозначений для базовой сети, приведено в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Индексы, атрибуты и параметры в базовой сети

Параметры	Содержание
i, j	Номера служб, $i, j \in \{1, 2, 3, \dots, NoS\}$
SS_k	Количество служб, способных выполнять задачу $k \in \{1, 2, \dots, NoT\}$
Fun_S_i	Набор входов и выходов для i -й службы
$Service_ID$	Код идентификации для каждой службы
$Basic_Attribute$	Основные атрибуты для каждой службы
$Functional_Attribute$	Функциональный атрибут для каждой службы
$Using_Attribute$	Используемый атрибут для каждой службы
$Network_Attribute$	Сетевой атрибут для каждой службы
$ES-Type$	Взаимоотношения между провайдерами
E^S	Корреляционная матрица между парами провайдеров
W^S	Вес корреляционной матрицы между парами провайдеров
FS_{ij}	Функция отношений между провайдером i и провайдером j
FC_{ij}^1	Служба i будет предшествовать службе j
FC_{ij}^2	Служба i станет преемницей службы j

Поскольку большинство организационных ресурсов и возможностей, включая оборудование, исполнителей, материалы и т.д., физически присутствуют в системе, необходимо выполнить виртуализацию, чтобы определить эти ресурсы в облачной организационной системе. Использование семантических подходов позволяет интегрировать физические атрибуты, такие как входы, выходы машин и т.д., в виртуальные атрибуты, такие как общее описание, тип и т.д., и сформировать единую структуру данных, которая может быть использована в дальнейшей модели соответствия спроса и предложения. Уравнения (2.1)–(2.6) демонстрируют, как виртуализировать ресурсы:

$$\text{Service}=(S_{ID}, \text{Bas}_{Attri}, \text{Fun}_{Attri}, \text{Use}_{Attri}, \text{Net}_{Attri}, R_{Map}) \quad (2.1)$$

$$\text{Bas}_{Attri}=(\text{Name}, \text{Type}, \text{Provider}, \text{Address}, \dots) \quad (2.2)$$

$$\text{Fun}_{Attri}=(F_{\text{Type}}, \text{Input}, \text{Output}, \text{Constrains}, \text{Results}, \dots) \quad (2.3)$$

$$\text{Use}_{Attri}=(QoS, \text{State}, S_{\text{Time}}, E_{\text{Time}}, \dots) \quad (2.4)$$

$$\text{Net}_{Attri}=(S_{ID}, ES_{\text{Type}}, ES, WS, \dots) \quad (2.5)$$

$$R_{Map}=(R_{ID}, \text{Description}, \text{Capability}, \dots) \quad (2.6)$$

Уравнение (2.1) указывает все функции, которые определяют сервисы. Уравнение (2.2) указывает все основные атрибуты, такие как название, тип и провайдеры для каждой услуги. Уравнения (2.3) и (2.4) демонстрируют функциональные атрибуты и применяемые атрибуты каждой услуги. Уравнение (2.5) описывает взаимодействие каждой службы с другими компонентами. Уравнение (2.6) исследует ресурсы и возможности служб.

Если служба i и служба j выполняют одну и ту же функцию, то уравнения (2.7)–(2.9) определяют степень их сходства:

$$FS_{ij}=(S_{i,Input}, S_{i,Output}) \zeta (S_{j,Input}, S_{j,Output}) \quad (2.7)$$

$$W_{ij}^S = \frac{|FS_{ij}|}{|(S_{j,Input}, S_{j,Output})|} \quad (2.8)$$

$$W_{ji}^S = \frac{|FS_{ij}|}{|(S_{i,Input}, S_{i,Output})|} \quad (2.9)$$

Аналогичным образом, уравнения (2.10)–(2.13) используются для определения дополнительных услуг:

$$FC_{ij}^1 = \{S_{i,Output}\} \zeta \{S_{j,Input}\} \quad (2.10)$$

$$FC_{ij}^2 = \{S_{i,Input}\} \zeta \{S_{j,Output}\} \quad (2.11)$$

$$FC_{ij}^1 \begin{cases} \uparrow \\ 0, S_j \text{ может быть выполнено до } S_i \\ \downarrow \\ 1, S_j \text{ не может быть выполнено до } S_i \end{cases} \quad (2.12)$$

$$FC_{ij}^2 \begin{cases} \uparrow \\ 0, S_i \text{ может быть выполнено до } S_j \\ \downarrow \\ 1, S_i \text{ не может быть выполнено до } S_j \end{cases} \quad (2.13)$$

Уравнения (2.14)–(2.18) показывают, как формируется сеть поставок.

$$S_{Net}=\langle S, E^S \rangle \quad (2.14)$$

$$S=\{S_1, S_2, \dots, S_{NoS}\} \quad (2.15)$$

$$\text{Fun}_{S_i} = \{ \langle S_{i,\text{Input}}, S_{i,\text{Output}} \rangle \} \quad (2.16)$$

$$E_S = \{ e_{ij}^S \} \quad (2.17)$$

$$W_S = \{ w_{ij}^S \} \quad (2.18)$$

Сеть задач определяется как виртуальная сеть, состоящая из большого количества простых узлов задач, соединенных ребрами.

Табл. 2.2 и (2.19)–(2.23) описывают, как виртуализировать задачи.

Таблица 2.2

Индексы, атрибуты и параметры в сети задач

Параметры	Определение
k, l	Число задач, $k, l \in \{1, 2, \dots, \text{NoT}\}$
Basic _{information}	Основная информация о каждой детализированной задаче, такая как название, потребитель, ...
Functional _{Information}	Функциональная информация о каждой детализированной задаче, такая как ограничения, ...
Using _{Information}	Используемая информация о каждой детализированной задаче, такая как бюджетные ограничения, временные рамки, ...
Network _{Information}	Сетевая информация о каждой детализированной задаче
E_{Type}^S	Взаимоотношения между провайдерами
E^S	Корреляционная матрица между парами провайдеров
W^S	Вес корреляционной матрицы между парами провайдеров

$$\text{Task} = \{ T_{\text{ID}}, \text{Bas}_{\text{Infor}}, \text{Fun}_{\text{Infor}}, \text{Eva}_{\text{Infor}}, \text{Net}_{\text{Infor}}, \dots \} \quad (2.19)$$

$$\text{Bas}_{\text{Infor}} = \{ \text{Object}, \text{Feature}, \text{Material}, \text{Consumer}, \text{Address}, \dots \} \quad (2.20)$$

$$\text{Fun}_{\text{Infor}} = \{ F_{\text{type}}, \text{Precondition}, \text{Effect}, \text{Constraints}, \dots \} \quad (2.21)$$

$$\text{Eva}_{\text{Infor}} = \{ \text{TimeLimit}, \text{CostLimit}, \text{Location}, \text{Batch}, \dots \} \quad (2.22)$$

$$\text{Net}_{\text{Infor}} = \{ T_{\text{ID}}, E_{\text{Type}}^T, E^T, W^T, \dots \} \quad (2.23)$$

Модель соотношения спроса и предложения представлена в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Индексы, атрибуты и параметры в сети спроса и предложения

Параметры	Определение
k, l	Число задач, $k, l \in \{1, 2, \dots, \text{NoT}\}$.
Functional _{Information}	Функциональная информация о каждой детализированной задаче, такая как ограничения, ...
Using _{Information}	Используемая информация о каждой детализированной задаче, такая как бюджетные ограничения, временные рамки, ...
Network _{Information}	Сетевая информация о каждой детализированной задаче
E_{Type}^S	Взаимоотношения между провайдерами
E^S	Корреляционная матрица между парами провайдеров
W^S	Вес корреляционной матрицы между парами провайдеров
r_{ik}	Репутация i-го провайдера услуг при выполнении k-й задачи
c_{ik}	Организационные затраты i-го провайдера услуг при выполнении k-й задачи
eu_{ik}	Потребление энергии i-м провайдером услуг при выполнении k-й задачи
t_{ik}	Время обработки i-го провайдера услуг при выполнении k-й задачи

Параметры	Определение
t_{il}	Время обработки i -го провайдера услуг, назначенного для выполнения задачи
d_{ik}	Желаемый уровень i -го провайдера услуг в отношении k -й
p_{ik}	Оценка позиции i -го провайдера услуг относительно целевого рынка/местоположения конечного пункта выполнения
$v^{(1)}$	Положительные аспекты показателей качества обслуживания
$v^{(2)}$	Отрицательные аспекты показателей качества обслуживания
Exp_k^{plus}	Наименее приемлемое значение показателей качества обслуживания для k -й задачи
Exp_k^{neg}	Максимально допустимое значение показателей качества обслуживания для k -й задачи
dte_{kl}^{ij}	Логистическое время между двумя позициями i и j , в то время как задачи k и l взаимодействуют после заказа или предзаказа
ST_k	Время начала выполнения k -го задания
ET_k	Время завершения выполнения k -го задания
ET_0	Финальное время доставки
NoT	Число задний в сети заданий
X_{ik}	Двоичная переменная, указывающая на назначение задачи k провайдеру услуг i . Если переменная равна единице, k -я задача будет назначена i -му провайдеру услуг
Z_1	Первая целевая функция, которая максимизирует показатели качества обслуживания
Z_2	Вторая целевая функция, которая минимизирует энтропию облака
R	Двоичная переменная, которая равна единице, если бы задача l предшествовала задаче k , и равна нулю в противном случае

Ключевым показателем эффективности является качество обслуживания (QoS), которое включает репутацию, стоимость, энергопотребление, время, фактор желаяния и оценку позиции.

1. Репутация: Матрица репутации $R=(r_{ij})_{m \times n}$ введена для объяснения репутации всей сервисной сети; в (2.24) $r_{ij} \in [0,2]$ - репутация i -го провайдера для выполнения j -й задачи.

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (2.24)$$

2. Стоимость: Стоимость запуска процесса, связанного с задачей, у провайдера (2.25):

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & \dots & c_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ c_{m1} & \dots & c_{mn} \end{pmatrix} \quad C_{Normalized} = \frac{C}{\max c_{ij}} \quad (2.25)$$

3. Энергопотребление: необходимая энергия для реализации процесса, связанного с j -й задачей, у i -го провайдера (2.26):

$$E_y = \begin{pmatrix} e_{y11} & \dots & e_{y1n} \\ \vdots & & \vdots \\ e_{ym1} & \dots & e_{ymn} \end{pmatrix} \quad E_{y Normalized} = \frac{E_y}{\max e_{y,ij}} \quad (2.26)$$

4. Время: Требуемое время обработки для реализации процесса, связанного с j -й задачей, в i -м провайдере:

$$T = \begin{matrix} \hat{e}t_{11} & \dots & t_{1n} \\ \hat{e} & \dots & \dots \\ \hat{e}t_{m1} & \dots & t_{mn} \end{matrix} \hat{u} \otimes T_{\text{Normalized}} = \frac{T}{\max t_{ij}} \quad (2.27)$$

5. Фактор потребности: Матрица потребностей $D=(d_{ij})_{m \times n}$ вводится для объяснения степени потребности каждого провайдера выполнить конкретную задачу. Значение d_{ij} представлено числом от нуля до единицы, так что чем больше это число, тем больше потребность провайдера удовлетворить спрос клиента, как показано в уравнении (2.28).

$$D = \begin{matrix} \hat{e}d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \hat{e} & \dots & \dots \\ \hat{e}d_{m1} & \dots & d_{mn} \end{matrix} \hat{u} \otimes D_{\text{Normalized}} = \frac{D}{\max d_{ij}} \quad (2.28)$$

Таким образом, представлена модель облачной организационной среды, отличающаяся представлением многоуровневых услуг как узлов или набора узлов, и обеспечивающая виртуализацию взаимодействия между организационными операциями, логистикой и предоставлением механизма предложения услуг.

Каждая организационная задача и логистическая операция определены как услуга с учетом потоков в диаграмме операционных процессов. Предлагается применение энтропии для управления порядком услуг и их сложностью на этапе составления сервиса. Для оценки энтропии в работе применяется идея, согласно которой время является наиболее распространенным показателем для оценки сложности организационной системы:

$$EnT = \min_{i=1}^{NoS} \hat{a} \hat{a} \frac{\sum_{k=1}^{TS_i} \frac{t_{ik_i}}{T_i}}{\hat{e} T_i} \cdot \ln \frac{t_{ik_i}}{T_i} \hat{o} \quad (2.29)$$

где EnT - минимизированная сложность системы относительно общей энтропии в облачной системе, t_{ik} - время реакции i -й облачной организационной службы на k -ю задачу, NoS - количество провайдеров услуг в системе, a T_i - общее время обработки всех задач, назначенных службе i , TS_i - общее количество задач, назначенных службе i .

Цель модели согласования спроса на обслуживание состоит в том, чтобы распределить задачу в сети задач (T_{net}) наиболее подходящему провайдеру услуг в сети обслуживания (S_{net}), чтобы достичь наивысшего качества обслуживания и наименьшей энтропии облака в системе с учетом назначенного временного интервала и бюджета. Уравнения (2.30)–(2.46) показывают, как формируется сеть согласования спроса на услуги:

$$Z_1 = \max_{i=1}^{NoS} \hat{a} \hat{a} \left(V_{ik}^{(1)} - V_{ik}^{(2)} \right) \cdot X_{ik} \quad (2.30)$$

$$Z_2 = \min_{i=1}^{NoS} \hat{a} \hat{a} \frac{\sum_{k=1}^{TS_i} \frac{t_{ik_i}}{T_i}}{\hat{e} T_i} \cdot \ln \frac{t_{ik_i}}{T_i} \hat{o} \quad (2.31)$$

$$\mathring{a} \sum_{i=1}^{NoS} X_{ik} \geq 1, \quad k \in \{1, 2, \dots, NoT\} \quad (2.32)$$

$$\left(ST_k - (t_{il} + dte_{kl}^{ij} + ST_l) \right) gR + \left(ST_l - (t_{ik} + dte_{kl}^{ij} + ST_k) \right) g(1-R) \geq 0 \\ k \in \{1, 2, \dots, NoT\} \quad (2.33)$$

$$QoS_i^{plus} \geq Exp_k^{plus}, \quad k \in \{1, 2, \dots, NoT\}, \quad i \in SS_k \quad (2.34)$$

$$QoS_i^{neg} \leq Exp_k^{neg}, \quad k \in \{1, 2, \dots, NoT\}, \quad i \in SS_k \quad (2.35)$$

$$\max(ET_1, ET_2, \dots, ET_{NoS}) \leq ET_0 \quad (2.36)$$

$$\mathring{a} \sum_{i=1}^{NoS} \sum_{k=1}^{NoT} c_{ik} \leq c_0 \quad (2.37)$$

$$v^{(1)} = a'R + b'D + g'PS \quad (2.38)$$

$$v^{(2)} = e'C + q'Ey + r'T \quad (2.39)$$

$$a + b + g = 1 \quad (2.40)$$

$$e + q + r = 1 \quad (2.41)$$

$$ET_i = \mathring{a} \sum_{k=1}^{TS_i} t_{ik}, \quad i \in \{1, 2, \dots, NoS\} \quad (2.42)$$

$$X_{ik} = \{0, 1\}, \quad i \in \{1, 2, \dots, NoS\}, k \in \{1, 2, \dots, NoT\} \quad (2.43)$$

$$R = \{0, 1\} \quad (2.44)$$

$$a, b, g, e, q, r, ST_k, ST_l \geq 0 \quad (2.45)$$

$$t_{ik} > 0, \quad i \in \{1, 2, \dots, NoS\}, k \in \{1, 2, \dots, NoT\} \quad (2.46)$$

Уравнение (2.30) - целевая функция качества обслуживания (QoS). Уравнение (2.31) минимизирует энтропию облака, чтобы снизить общую сложность системы. Выражения (2.32)-(2.46) – ограничения. Задача является NP-полной.

Идея концепции облачной энтропии привела к созданию более совершенных моделей, основанных на QoS, по сравнению с однообъектными моделями, а также полностью устраняет необходимость в предоставлении многозадачных услуг.

Итак, представлена многокритериальная оптимизационная задача композиции объектов сложноструктурированных организационных систем, отличающаяся NP-полнотой и использованием облачной энтропии для анализа сложности служб и обеспечивающая объединение контекста сервис-ориентированной архитектуры облачной организационной системы с глобальным логистическим планированием.

В третьей главе исследовано управление структурой организационных систем на основе преобразований масштаба в облачных средах.

Благодаря постоянному совершенствованию возможностей сбора внешних данных и вычислительной мощности, оптимизация организационной структуры на основе данных становится новым методом для различных предприятий, позволяющим повысить эффективность бизнеса и контролировать управленческие расходы. В работе основное внимание

уделяется проблеме выявления масштабов управления для оптимизации организационной структуры предприятия. Сначала, в соответствии с теорией масштабного преобразования, определяется уровень масштабирования многомасштабного набора данных. Затем предлагается метод определения уровня масштабирования, основанный на кластеризации с переменным масштабом (SLD-VSC).

В теории преобразования масштаба многомасштабный набор данных выражается через $D^S=(U, A^S, V^S, f)$, где U - набор объектов; $A^S=\{A^1, A^2, \dots, A^r\}$ - набор атрибутов, и существует по крайней мере один атрибут, который имеет несколько масштабов, то есть $A^\lambda : A^\lambda = \{A^\lambda_1, \dots, A^\lambda_n\}, \lambda=1, 2, \dots, r$; V^S - область значений объекта, следующая за информационной функцией $f:U \times A^S \rightarrow V^S$.

Следовательно, уровень масштабирования (SL) D^S может быть определен как $SL = \{A^\lambda_i\}$, где $|SL|=r$ и $|A^\lambda \cap SL|=1, \lambda=1, 2, \dots, r$. Пусть n^λ представляет общее количество масштабов в атрибуте A^λ , можно видеть, что $D|A^\lambda \cap SL|=1$ может генерировать $\prod_{i=1}^r n^i$ разных уровней масштабирования.

В соответствии с процессом преобразования масштаба (рис. 3.1) предлагается метод определения уровня масштаба, основанный на кластеризации с переменным масштабом (SLD-VSC). Этапы алгоритма таковы.

Алгоритм 3.1. Алгоритм определения уровня масштаба, основанный на кластеризации с переменным масштабом (SLD-VSC)

Input: Одномасштабный исходный набор данных D^0 , концептуальное пространство CS , количество кластеров k , метрика цели управления ξ ;

Output: Подходящие кластеры R^S с характеристиками масштаба на оптимальном уровне масштабирования SL^S .

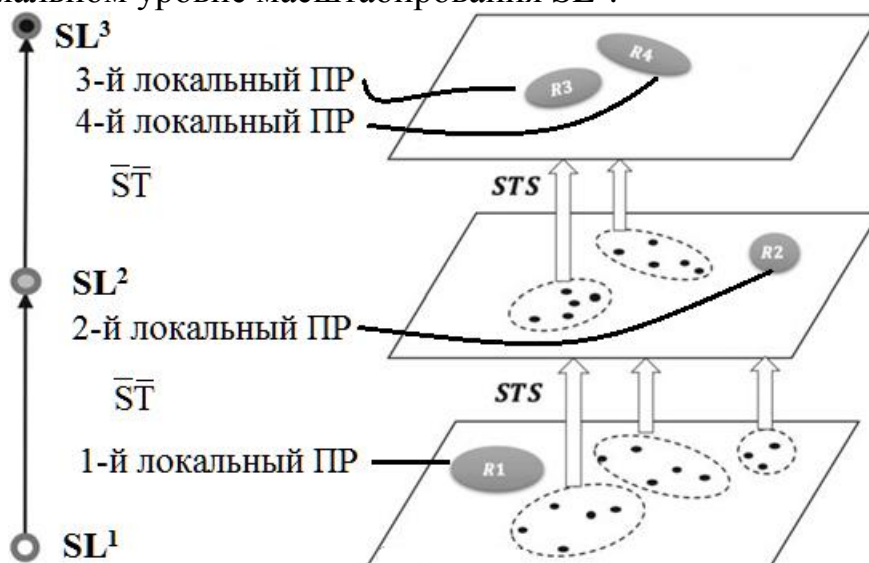


Рис. 3.1. Пример: процесс трансформации масштаба (\bar{ST}): ПР – подходящий результат

Шаг 1: Выбрать уровень масштабирования D^0 в качестве базового уровня масштабирования SL^0 и провести первоначальную кластеризацию D^0 при использовании k .

Шаг 2: Оценить исходный результат кластеризации R^0 с помощью ξ , и установить текущие результаты в качестве оптимальных, то есть $R^S=R^0$ и $SL^S=SL^0$.

Шаг 3: Создать многомасштабный набор данных D^S для исходного набора данных D^0 , используя CS ;

Шаг 4: Трансформация масштабирования

Шаг 4.1: Если выбран параметр $OSTS$, улучшить масштаб атрибута, который имеет наибольшее значение преобразования масштаба D^S , и создать преобразованный набор данных с одним масштабом D^T .

Шаг 4.2: Если используется $PSTS$, улучшить масштаб атрибута, который имеет наименьшее значение преобразования масштаба в D^S , и создать преобразованный набор данных D^T с одним масштабом.

Шаг 5: Провести кластерный анализ D^T и оценить результаты кластеризации R^T с помощью ξ .

Шаг 6: Оценить эффект трансформации масштаба.

Шаг 6.1: Если текущие результаты показывают лучшую производительность на ξ , чем предыдущие оптимальные результаты, обновить удовлетворительные результаты на $R^S=R^T$ и $SL^S=SL^T$, и перейти к шагу 4.

Шаг 6.2: Если текущие результаты показывают худшую производительность на ξ , чем предыдущие оптимальные результаты, вывести оптимальные результаты R^S и SL^S .

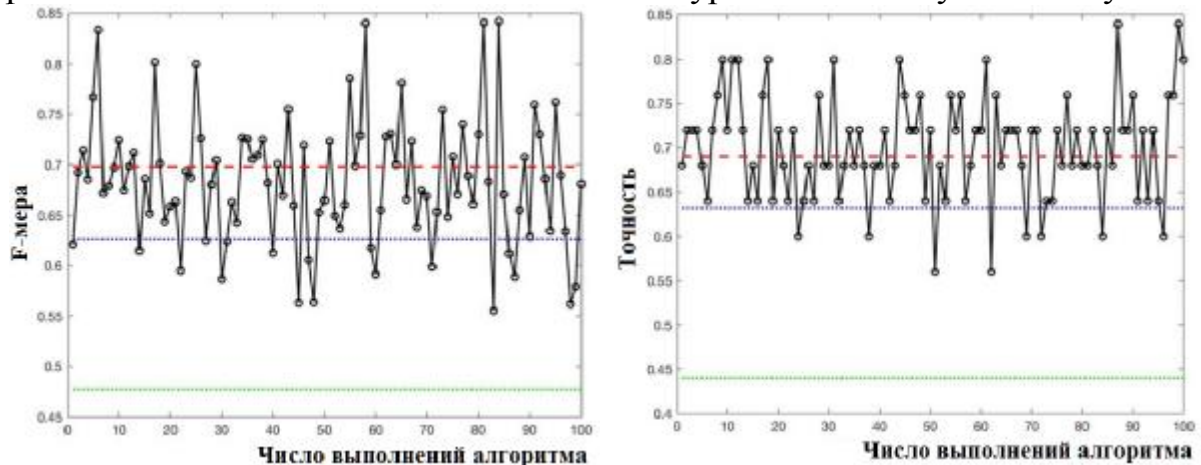
Временная сложность $SLD-VSC$ равна $O(tn^r)$, где r - количество атрибутов, n - максимальное количество шкал наблюдений, которые содержит один атрибут в многомасштабном наборе данных D^S , а t - время однократной (мета) кластеризации.

Проведен численный эксперимент для проверки точности и эффективности предложенного метода $SLD-VSC$. Цель эксперимента - разделить данные на различные кластеры с четкими уровнями управления.

В соответствии с определением уровня масштабирования, приведенным ранее, базовым уровнем масштабирования управления для многомасштабного набора клиентских данных D^S является $\{C_0^1, C_0^2, C_0^3, C_0^4\}$. После расчета всех уровней шкалы, полученных из D^S , с использованием традиционного метода кластеризации в одном масштабе k -modes, оптимальный уровень шкалы равен $\{C_1^1, C_1^2, C_1^3, C_0^4\}$.

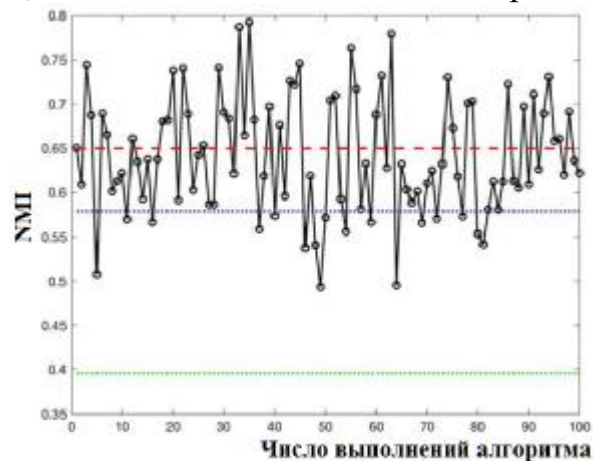
На рис. 3.2 показаны результаты эксперимента по сегментации клиентов. Для оценки точности $SLD-VSC$ используются четыре классических показателя (F-мера, точность, NMI и RI). Эксперименты повторяются сто раз по каждому показателю, чтобы проверить эффективность $SLD-VSC$. Кроме того, с помощью алгоритма кластеризации по одной шкале k -modes

предварительно рассчитываются три стандарта оценки, т.е. минимальная внешняя достоверность по базовому уровню шкалы (базовый SL-Min), средняя внешняя достоверность по базовому уровню шкалы (базовый SL-A) и средняя внешняя достоверность по оптимальному уровню шкалы (оптимальный SL-A), который показан тремя горизонтальными линиями на рис. 3.2 соответственно от самого низкого уровня к самому высокому.

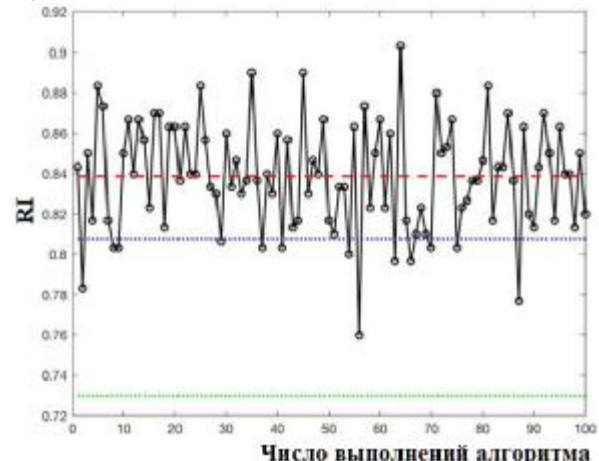


а) Оценочный показатель: F-мера

б) Оценочный показатель: точность



в) Оценочный показатель: NMI



г) Оценочный показатель: RI

Рис. 3.2. Экспериментальные результаты для SLD-VSC: —●— SLD-VSC; - - - оптимальный SL-A; базовый SL-A; базовый SL-MIN

Экспериментальные результаты показывают, что точность SLD-VSC выше примерно на 12%, чем у традиционного алгоритма.

Таким образом, разработан многостадийный алгоритм выявления масштабов управления, отличающийся использованием теории преобразований масштаба для определения уровня масштабирования многоуровневого набора данных и кластеризации с переменным масштабом, и обеспечивающий определение оптимального уровня масштаба управления и масштабные характеристики каждого кластера объектов управления с точностью на 12% выше, чем у традиционного алгоритма.

Структура программной подсистемы интеллектуального анализа больших массивов данных показана на рис. 3.3.

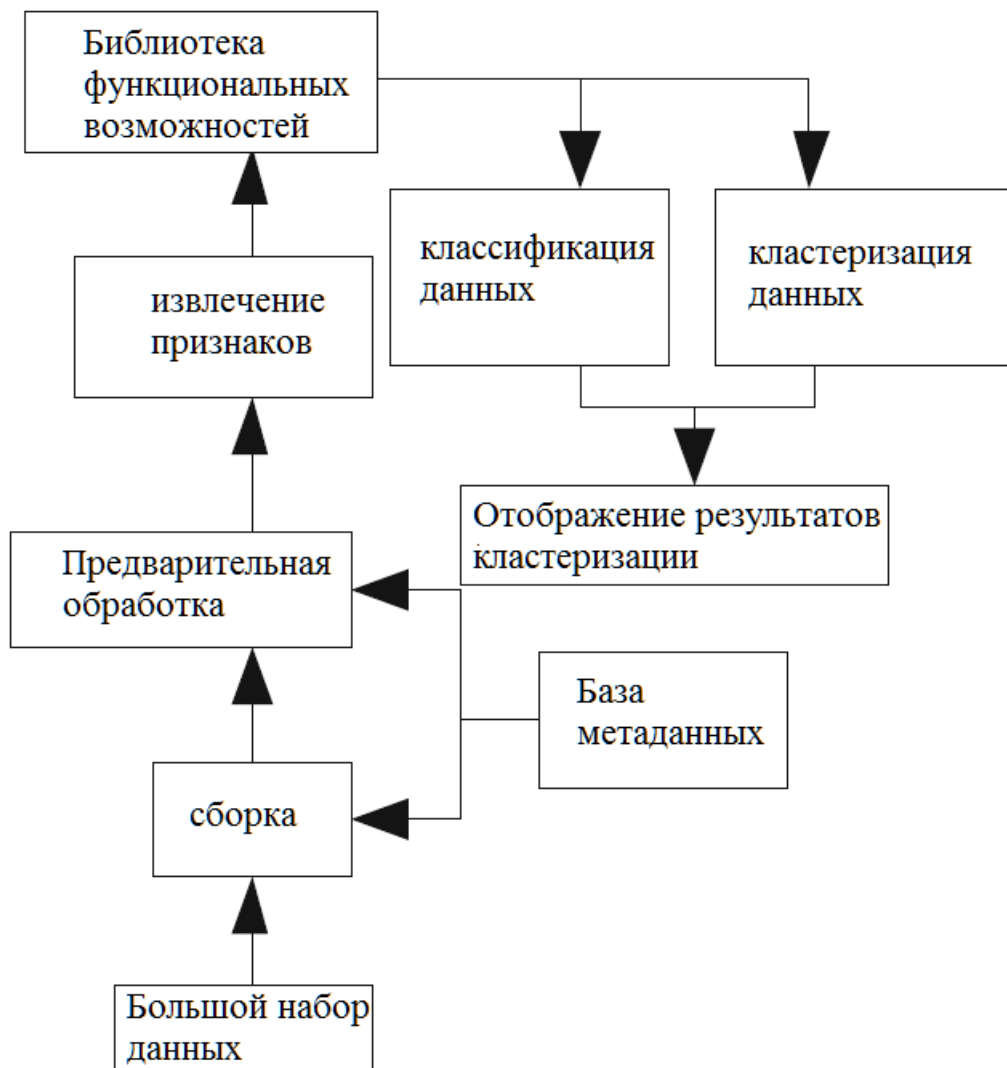


Рис. 3.3. Структура программной подсистемы интеллектуального анализа больших массивов данных

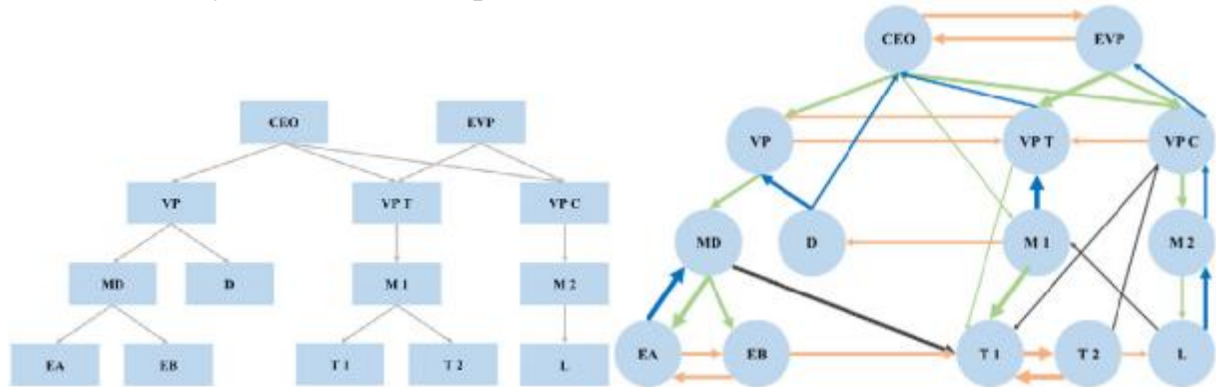
Таким образом, представлена структура программной подсистемы интеллектуального анализа облачных данных, отличающаяся использованием базы метаданных для классификации и кластеризации, обеспечивающая получение структурированного дерева метаданных и их логическую взаимосвязь.

В четвертой главе исследованы поведение, структура и динамика коммуникационных сетей в организационной иерархии.

В коммуникационных сетях больших организационных систем узлы имеют разные предпочтения в отношении соединений с другими узлами. Следовательно, сеть можно легко разделить на несколько сообществ узлов, которые имеют плотные внутренние связи, но разреженные связи между сообществами. Процесс нахождения такой структуры называется обнаружением сообщества. Алгоритм обнаружения сообщества Лувена основан

на модульности, поскольку он учитывает как направление, так и вес ребер при передаче данных.

Взвешенный ориентированный граф сети коммуникаций без самостоятельной петли $G(N, e)$ строится на основе коммуникации между сотрудниками, где $N=\{1, 2, \dots, |N|\}$ и $e=\{1, 2, \dots, |e|\}$ - набор сотрудников и соединений соответственно. Структурные свойства могут быть представлены матрицей смежности A , где $a_{ij}=1$ - сотрудник i (отправитель) отправил сообщение сотруднику j (получателю). Кроме того, количество сообщений от i к j может быть выражено как w_{ij} во взвешенной матрице W .



а) пример организационной иерархии

б) сеть возникающих коммуникаций

Рис. 4.1. Иллюстративная схема (а) организационной иерархии и (б) сети возникающих коммуникаций: \rightarrow - организационная иерархия; \rightarrow (blue) - коммуникации «снизу – вверх»; \rightarrow (green) - коммуникации «сверху – вниз»; \rightarrow (orange) - горизонтальные коммуникации; \rightarrow (black) - диагональные коммуникации

В работе построены две сети. Базовая сеть включает 149 сотрудников с известными должностями, а вся сеть включает всех 21049 сотрудников модельной корпорации. Наглядный пример организационной иерархии показан на рис. 4.1а. Возникающая коммуникационная сеть с четырьмя типами потоков показана на рис. 4.1б, где стрелка и ширина ребер представляют направление и силу соединения соответственно.

Характеристики сети коммуникаций

Кратчайший путь d_{ij} между узлом i и узлом j :

$$d_{ij} = w_{ik_1} + w_{ik_2} + \dots + w_{k_{t-1}k_t} + w_{k_tj},$$

где $k_1, k_2, \dots, k_{t-1}, k_t$ - идентификаторы узлов по кратчайшему пути между узлом i и узлом j , и w есть вес ребра.

В направленной сети $d_{ij} \neq d_{ji}$. Диаметр сети D : $D = \max_{i,j} d_{ij}$.

Показатели централизации могут применяться для измерения способности сотрудников оказывать влияние.

1. Мера отправки - сколько сотрудников сотрудник i послал сообщения: $d_{out}(i) = \sum_{j \in N} a_{ij}$;

2. Мера получения, сколько человек отправили сообщения сотруд-

нику i : $d_{in}(i) = \mathring{a}_{j \ N} a_{ji}$;

3. Мера исходящей активности, сколько сообщений было отправлено сотрудником i , полученных вовне: $s_{out}(i) = \mathring{a}_{j \ N} w_{ij}$;

4. Мера входящей активности, сколько сообщений сотрудник i получил: $s_{in}(i) = \mathring{a}_{j \ N} w_{ji}$;

5. Близость - расстояние от сотрудника к другим: $CC(i) = \frac{|N| - 1}{\mathring{a}_{j \ N} d_{ij}}$;

6. k -ядро сети G есть максимально подключенная подсеть, где степень всех узлов равна, по крайней мере, k , и номер ядра $CN(i)$ в узле i является наибольшим значением k в k -ядре, содержащем узел i ;

7. PageRank – показатель ранжирования. Все сотрудники имеют одинаковое начальное значение PageRank - PR_0 , и показатель обновляется на шаге t следующим образом:

$$PR_t(i) = p \mathring{a}_{j \ N} w_{ji} \frac{PR_{t-1}(j)}{s_{out}(j)} + (1 - p) \frac{1}{|N|} \quad (4.1)$$

где соседи доступны с вероятностью p , а источник доступен с вероятностью $1-p$.

Для описания характеристик сетей используем два коэффициента. Первый - это плотность, которая описывает отношение фактических к возможным взаимодействиям между сотрудниками: $r = \frac{|e|}{|N|(|N| - 1)}$.

Второй - коэффициент ассортативности степеней (коэффициент степени корреляции Пирсона между парами связанных узлов), который описывает тенденцию сотрудников контактировать с другими сотрудниками, имеющими такие же степени (т.е. количество подключенных сотрудников), как и они сами:

$$r = \frac{\mathring{a}_{i,j} (e_{ij} - q_i^{in} q_j^{out})}{s_{q_i^{in}} s_{q_j^{out}}} \quad (4.2)$$

где $s_{q_i^{in}}$ и $s_{q_j^{out}}$ - стандартные отклонения распределения q_i^{in} и q_j^{out} , а e_{ij} - совместное распределение вероятностей двух узлов.

Алгоритм обнаружения сообщества Лувена учитывает как направление, так и вес ребер при передаче данных. Шаги алгоритма:

1. Назначить каждый узел отдельному сообществу и случайным образом объединить каждый узел i с сообществом соседей s , чтобы найти максимальный положительный выигрыш ΔQ ,

$$DQ = \frac{s_{i,in}}{\mathring{a}_{i,j} w_{ij}} - \gamma \frac{s_{in}(i)sum_{out} + s_{out}(i)sum_{in}}{\mathring{a}_{i,j} w_{ij}^2} \quad (4.3)$$

где γ - параметр, $s_{i,in}$ - сумма весов ребер от узла i узлам в сообщество s , $s_{in}(i)$ и $s_{out}(i)$ - это входящая и исходящая мощность узле i соответственно, sum_{out} и sum_{in} - суммы весов входящих и исходящих ребер в узлах сообщества s соответственно. Если положительного усиления модульного выигрыша не происходит, первоначальная структура сообщества сохраняется.

2. Повторять шаг (1) для всех узлов до тех пор, пока выигрыш не перестанет увеличиваться.

3. Создать новую сеть, где узлы представляют сообщества в сети, полученной на шаге (2). Вес ребер между двумя новыми узлами может быть получен из суммы весов ребер между узлами в соответствующих двух сообществах. Повторить шаги (1) – (2) для новой сети, чтобы создать более крупные сообщества.

4. Повторить шаги (1) – (3) до тех пор, пока не удастся добиться положительного увеличения выигрыша.

Для получения оценки способности влияния работников в организации определим векторные связи в рамках организационной иерархии $V_i = \langle v_1^i, v_2^i, \dots, v_k^i, \dots, v_n^i \rangle^T$, где i - сотрудник, l_k представляет набор сотрудников на уровне k , и есть n уровней в организации. Можно описать четыре типа коммуникативного поведения:

1. Количество сотрудников на уровне k , с которыми связался сотрудник i (OE): $v_k^i = \mathring{a}_{i,j} a_{ij}$ и $\mathring{a}_{k=1}^n v_k^i = d_{out}(i)$.

2. Количество сотрудников уровня k , которые связались с сотрудником i (IE): $v_k^i = \mathring{a}_{j,i} a_{ji}$ и $\mathring{a}_{k=1}^n v_k^i = d_{in}(i)$.

3. Количество сообщений, отправленных сотрудником i работникам уровня k (OM): $v_k^i = \mathring{a}_{i,j} w_{ij}$ и $\mathring{a}_{k=1}^n v_k^i = s_{out}(i)$.

4. Количество сообщений, полученных сотрудником i от сотрудников уровня k (IM): $v_k^i = \mathring{a}_{j,i} w_{ji}$ и $\mathring{a}_{k=1}^n v_k^i = s_{in}(i)$.

Вектор коммуникации указывает только на модель общения сотрудников в организации, таким образом, матрица силы коммуникации S разработана для описания модели внутри организации:

$$S_{n \times n} = \begin{pmatrix} \hat{e} s_{11} & \dots & s_{1k_2} & \dots & s_{1n} \\ \hat{e} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hat{e} s_{k_1 1} & \dots & s_{k_1 k_2} & \dots & s_{k_1 n} \\ \hat{e} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hat{e} s_{n1} & \dots & s_{nk_2} & \dots & s_{nn} \end{pmatrix}, \quad (4.4)$$

где $s_{k_1 k_2} = \mathring{a} \sum_{\substack{i \in I_{k_1} \\ j \in I_{k_2}}} w_{ij}$ - сила связи между сотрудниками на уровне k_1 и k_2 .

Матрица силы коммуникации может показать, насколько тесно сотрудники двух разных уровней организационной иерархии взаимодействуют между собой. Поскольку количество сотрудников варьируется в организационной иерархии, его можно рассматривать в матрице частот связи F , где элемент $f_{k_1 k_2}$ определяется как

$$f_{k_1 k_2} = \frac{s_{k_1 k_2}}{|N|_{k_1} \cdot |N|_{k_2}} = \frac{\mathring{a} \sum_{\substack{i \in I_{k_1} \\ j \in I_{k_2}}} w_{ij}}{|N|_{k_1} \cdot |N|_{k_2}} \quad (4.5)$$

где $|N|_{k_1}$ и $|N|_{k_2}$ - количество сотрудников на уровне k_1 и k_2 соответственно.

Распределение количества получателей в каждом сообщении может быть проанализировано для изучения моделей общения сотрудников на разных уровнях. Распределение по сотруднику i определяется как $P_i = \hat{e} [p_1^i, p_2^i, \dots, p_t^i, \dots, p_\tau^i] \cdot \mathring{e}^T$, где p_t^i - количество сообщений, отправленных сотрудником i для t получателей и τ - максимальное число получателей k .

Распределение сотрудников по уровням k определено как

$$\hat{P}_k = \mathring{a} \frac{P_i}{|N|_k} = \hat{e} [x_1^i, x_2^i, \dots, x_t^i, \dots, x_\tau^i] \cdot \mathring{e}^T.$$

Когда t - большое, часто $x_t^{k_1} = 0$ для работников уровня k_1 , но $x_t^{k_2} = 1$ для работников уровня k_2 . Вектор меток элементы с большим значением t определим как $H = [h_1, h_2, \dots, h_s, \dots, h_\tau]$, где $h = t$. Распределение количества получателей в массовых рассылках на уровне k есть $\bar{P}_k = \hat{e} [v_1^k, v_2^k, \dots, v_s^k, \dots, v_\tau^k] \cdot \mathring{e}^T$, и его элементы определяются как $v_s^k = \mathring{a} \sum_{\substack{h_s-1 < t \leq h_s \\ i \in N}} z_t^k$.

Характеристики сети в эксперименте приведены в табл. 4.2.

Степень и сила изучаются в двух сетях по разным соображениям (рис. 4.2). Можно обнаружить, что нет существенного распределения по степенному закону ни для d_{in} , ни для d_{out} (рис. 4.2а и б) из-за ограниченного размера базовой сети.

Рис. 4.2 в,г описывают корреляцию между d_{in} и d_{out} , а также s_{in} и s_{out} соответственно. Как видно из рис. 4.2 в, руководство обычно имеет самые

высокие d_{in} и d_{out} и при этом $d_{out} > d_{in}$, что означает, что они активно контактируют со многими сотрудниками. Кроме того, для тех сотрудников, которые не имеют высокого значения степеней, их d_{in} немного выше, чем d_{out} , поскольку они часто получают уведомления по электронной почте от различных менеджеров. Что касается силы (рис. 4.2 г), то ситуация аналогична, то есть руководство высоко ценит силу, в то время как другие сотрудники получили больше электронных писем, чем отправили.

Таблица 4.2

Характеристики сети

Характеристики сети	Ядро сети	Вся сеть
Количество объектов N	149	21049
Количество направленных ребер e	2630	223311
Количество слабосвязанных компонентов	1	22
Количество сильно связанных компонентов	2	15628
Степень коэффициента ассортативности γ	0.5314	-0.0334
Плотность ρ	0.1194	0.0005

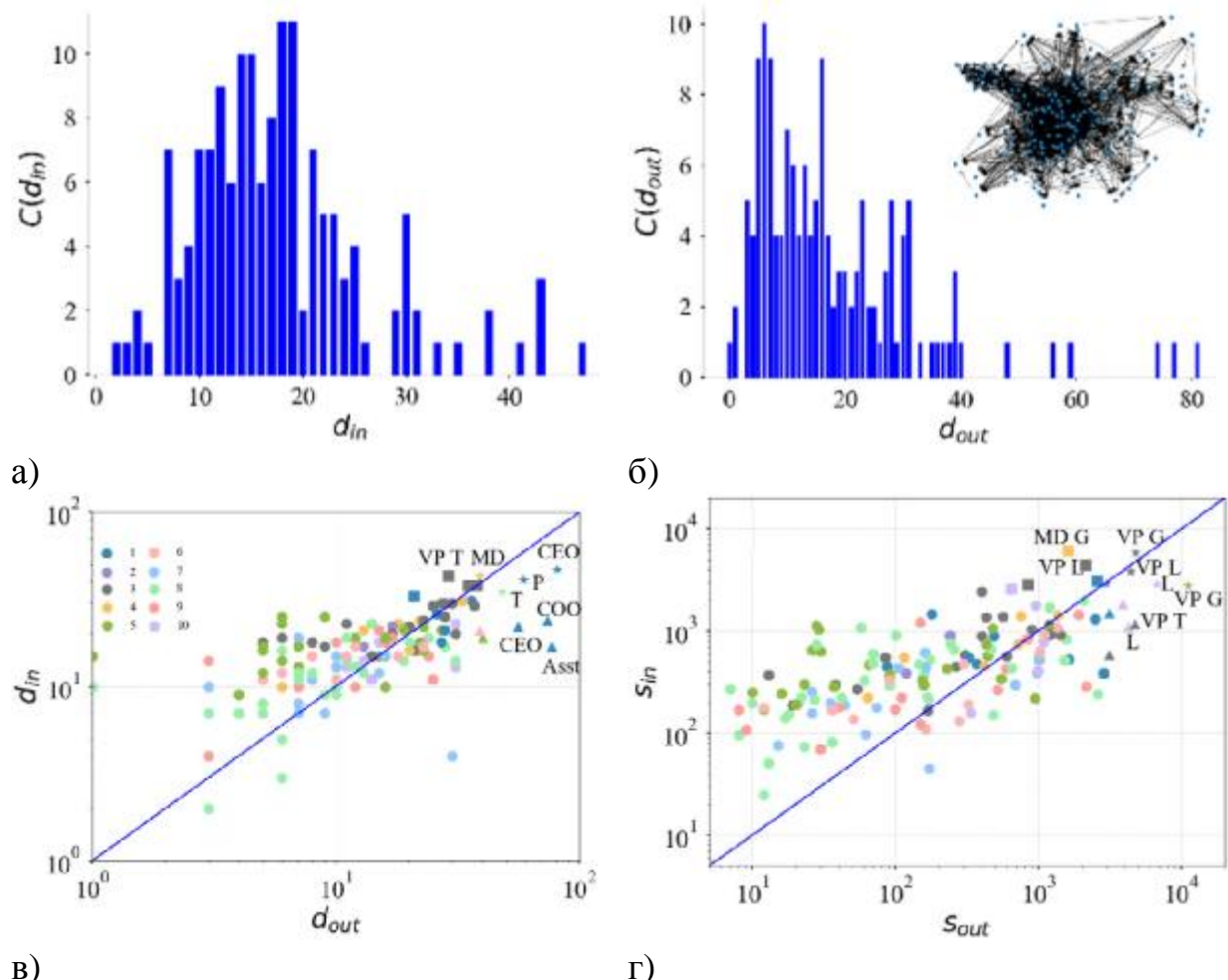


Рис. 4.2. Центральность базовой сети, включая распределение (а) по степени и (б) вне степени, корреляцию (в) по степени и вне степени и (г) по силе и вне силы

Таким образом, представлена модель организационной комму-

никационной сети на основе взвешенного ориентированного графа без самостоятельной петли, отличающаяся наличием множества сообществ узлов, идентифицируемых с использованием алгоритма Лувена и потенциально обеспечивающая быстрое распространение актуальной информации по всей организации на основе наблюдаемых информационных шаблонов.

Заключение

В процессе выполнения диссертационного исследования получены следующие основные результаты:

1. Проведен анализ проблем управления процессами композиции композиции объектов сложноструктурированных организационных систем на основе облачной энтропии и виртуализации их взаимодействия.

2. Разработана модель облачной организационной среды, обеспечивающую виртуализацию взаимодействия между организационными операциями, логистикой и предоставлением механизма предложения услуг.

3. Предложена многокритериальная оптимизационная задача композиции объектов сложноструктурированных организационных систем, обеспечивающую объединение контекста сервис-ориентированной архитектуры облачной организационной системы с глобальным логистическим планированием.

4. Создан многостадийный алгоритм выявления масштабов управления, обеспечивающий определение оптимального уровня масштаба управления и масштабные характеристики каждого кластера объектов управления с точностью на 12% выше, чем у традиционного алгоритма.

5. Предложена структура программной подсистемы интеллектуального анализа облачных данных, обеспечивающая получение структурированного дерева метаданных и их логическую взаимосвязь.

6. Разработана модель организационной коммуникационной сети на основе взвешенного ориентированного графа без самостоятельной петли, обеспечивающую быстрое распространение актуальной информации по всей организации на основе наблюдаемых информационных шаблонов.

7. Элементы программного обеспечения зарегистрированы в ФИПС.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

1. Результаты исследования рекомендуются к применению в задачах управления распределенными организационными системами со сложной структурой.

2. Дальнейшая разработка темы будет направлена на практическую реализацию теоретических и алгоритмических результатов, интеграцию в наиболее распространенные организационные системы. Развитие результатов будет направлено на улучшение модифицируемости и реконфигурируемости систем управления.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях списка ВАК

1. Васми И.А., Кочегаров А.В. Повышение устойчивости облачной системы управления организационной системой и улучшение целевой функции общих затрат// Системы управления и информационные технологии, №4(98), 2024. С. 39-43

2. Васми И.А., Кочегаров А.В., Мутина Е.И., Питолин М.В., Атласов И.В. Выявление и трансформация масштабов управления для оптимизации организационной структуры// Системы управления и информационные технологии, №1(99), 2025. С. 28-33.

3. Васми И.А., Кочегаров А.В., Выскуб В.Г., Ермаков С.Г. Моделирование структуры и динамики коммуникационных сетей в организационной иерархии на основе анализа взаимодействий участников// Системы управления и информационные технологии, №2.1(100), 2025. С. 17-23

4. Атласов Д.И., Васми И., Коптелова А.С., Кочегаров А.В. Оценка и оптимизация систем с гетерогенными данными с учетом показателей эффективности на основе интегрированного алгоритма// Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2025;13(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=2014> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.50.3.025.

Публикация в издании, входящем в базу данных WoS

5. Kravets O.Ja., Gorshkov A.V., Zaslavskaya O.Yu., Mutin D.I., Redkin Yu.V., Rahman P.A., Wasmi Ekhab A Wasmi. Increase the efficiency of servicing the flows of composite requests by nodes distributed in conditions of non-stationary intensity queries// International Journal on Information Technologies and Security, vol.17, no.3, 2025, pp. 3-12. <https://doi.org/10.59035/RJMG4354>. WOS: 001565751800001.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

6. Атласов Д.И., Сотников Д.В., Васми Ихаб А Васми, Хуссейн Али Иед, Линкина А.В. Типовой интерфейс облачных вычислений. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2025681822 от 18.08.2025. - М.: Роспатент, 2025.

Статьи и материалы конференций

7. Васми И.А. Облачная оптимизация логистики и состава операций организационной системы: проблема и постановка задачи// Экономика и менеджмент систем управления, №4(54), 2024. – С. 48-64

8. Васми И.А. Концепция планирования логистики облачной сети провайдеров и состава услуг организационной системы на основе модели гиперсети// Информационные технологии моделирования и управления, №4(138), 2024. – С.288-294.

9. Васми Ихаб А. Васми. Исследование согласования спроса и предложения информационных услуг в организационной системе в гиперсети//

Сб. тр. VI Всеросс. НПК «Информационные технологии в экономике и управлении». – Махачкала, 2024. С. 71-77.

10. Wasmi E.A., Kochegarov A.V. A multi-criteria algorithm for optimizing the composition of organizational system services, distribution and routing of transport serving the cloud// Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis (MIP-2025'AS): Proc. of the XXX-th Int. Open Science Conf. - Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House, 2025. – pp. 264-271.

11. Васми И.А. Алгоритмизация кластеризации большого набора данных о гетерогенной сети организационной системы на основе облачных вычислений// Информационные технологии моделирования и управления, №1(139), 2025. – С. 54-64.

12. Васми И.А., Акинина Ю.С. Управление организационной системой на основе моделирования коммуникационных сетей в организационной иерархии // Экономика и менеджмент систем управления. 2025. № 2 (56). С. 79-91.

13. Васми И.А. Проблемы управления организационными системами и организационной иерархией// Информационные технологии моделирования и управления, №4(142), 2025. – С. 254-266.

14. Васми И.А. Исследование иерархии организационной структуры на основе анализа коммуникаций сотрудников организации// Информационные технологии моделирования и управления, №2(140), 2025. – С. 84-94

15. Wasmi E.A., Kochegarov A.V. Cloud entropy of product- and service-oriented organizational systems// Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis (MIP-2026'AS): Proceedings of the XXXI-th International Open Science Conference (Yelm, WA, USA, January 2026). - Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House, 2026. – Pp. 285-296.

Подписано в печать 27.03.2026.

Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. печ. л. 1,0. Тираж 80 экз. Заказ №174.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14