

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

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

Диссертация

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

д.т.н., доцент Кочегаров Алексей Викторович

Воронеж – 2026

Оглавление

Введение	3
Основное содержание работы	8
1. Проблемы управления организационными системами и организационной иерархией	12
1.1. От организационных систем, ориентированных на продукт, к организационным системам, ориентированным на обслуживание .	12
1.2. Особенности управления структурой систем управления организационными системами	24
1.3. Организационная иерархия и коммуникационные потоки.....	30
1.4. Постановка задач работы	41
2. Конфигурируемая облачная энтропия провайдеров логистических и операционных услуг	43
2.1. Облачная организационная система как новая парадигма	43
2.4. Многокритериальный алгоритм оптимизации состава облачных сервисов.....	62
2.5. Численный пример.....	71
2.6. Анализ задачи	78
2.7. Анализ чувствительности.....	82
2.8. Выводы	84
Источники к главе 2	87
3. Управление структурой организационных систем на основе преобразований масштаба в облачных средах.....	94
3.1. Оптимизация организационной структуры на основе данных: кластеризация с переменным масштабом	94
3.2. Алгоритмизация кластеризации большого набора данных о гетерогенной сети организационной системы на основе облачных вычислений	101
3.3. Выводы к главе 3	115
Источники к главе 3	117
4. Поведение, структура и динамика коммуникационных сетей в организационной иерархии	120
4.1. Методология	120
4.2. Исследование модели организационной коммуникации.....	127
4.3. Анализ	129
4.4. Выводы и обсуждение	148
Литература к главе 4	154
Заключение.....	160
Список использованных источников.....	162

Введение

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 взаи-

модействия.

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, обеспечивающую 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 объек-

тов 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.).

Достоверность результатов обусловлена корректным использовани-

ем теоретических методов исследования и подтверждена результатами сравнительного анализа данных вычислительных и натуральных 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 его 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 ресурсов, 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.

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

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

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

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

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). После определения целей управления SLD-VSC способен распознавать оптимальный уровень масштаба управления и масштабные характеристики каждого кластера объектов управления, распределенных по различным уровням масштаба управления. Результаты численного эксперимента показывают, что предлагаемый SLD-VSC способен помочь предприятиям улучшить свою организационную структуру, определяя уровни масштабирования управления на основе бизнес-данных.

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 опре-

деление оптимального уровня масштаба управления и масштабные характеристики каждого кластера объектов управления с точностью на 12% выше, чем у традиционного алгоритма.

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. Алгоритм обнаружения сообщества Лувена является широко используемым эвристическим методом, основанным на модульности, поскольку он учитывает как направление, так и вес ребер при передаче данных.

В работе построены две сети. Базовая сеть включает 149 сотрудников с известными должностями, а вся сеть включает всех 21049 сотрудников модельной корпорации.

Для описания характеристик сетей используем два коэффициента. Первый - это плотность, которая описывает отношение фактических к возможным взаимодействиям между сотрудниками.

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.

Представлена 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.

В заключении представлены основные результаты работы.

1. Проблемы управления организационными системами и организационной иерархией

1.1. От организационных систем, ориентированных на продукт, к организационным системам, ориентированным на обслуживание

Из-за смены парадигмы от массового производства к массовой кастомизации современные обрабатывающие отрасли борются за победу в новых конкурентных условиях. Более того, в условиях роста глобализации выживание обрабатывающих отраслей зависит от интеграции процессов разработки их продукции и организационных операций по всему миру [2.17, 2.62].

1.1.1. Организационные последствия глобализации

Глобализация привела к географическому распределению провайдеров по всему миру, и для создания конечной продукции ресурсы должны быть объединены [2.48]. Следовательно, для предприятий, работающих в такой среде, крайне важно интегрировать процессы разработки продукции и организационные операции по всему миру [2.64].

Для решения вышеупомянутых задач было проведено огромное количество исследований по использованию решений, основанных на информационных технологиях, таких как грид-производство, сервис-ориентированная система, системы управления производством продуктов и услуг, системы обслуживания продуктов (IPS2) и облачная организационная система [2.57, 2.58]. Однако, несмотря на все положительные аспекты компьютерных интегрированных организационных решений, большинство из них находятся на уровне продукт-ориентированных решений [2.7]. Считается, что для увеличения прибыли и выручки, помимо сохранения

конкурентных преимуществ, неизбежен переход от систем, ориентированных на продукт, к системам, ориентированным на обслуживание [2.55].

Сервис-ориентированные системы требуют определенных процессов, которые создают добавленную стоимость за счет сочетания услуг и решений, ориентированных на продукт. Учитывая этот подход, предприятиям было рекомендовано трансформировать свои традиционные бизнес-системы в форму сервис-ориентированных организационных моделей (SOM). Однако, несмотря на доминирующие достоинства систем обслуживания продуктов (PSS), системы обслуживания продуктов сталкиваются с такими проблемами, как отсутствие централизованных систем управления, адаптивных механизмов, интегрированных информационных систем и структур объединения рисков.

1.1.2. Облачная организационная система

В последнее время 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. С развитием и реализацией облачных технологий и достоинствами сервис-ориентированных систем как для вычислительных, так и для коммуникационных систем тенденция к применению облачных решений в организационных системах, основанных на организацию, возросла [2.2, 2.76]. В [2.42] впервые были представлены концепции 'облачной организационной системы'. Облачную организационную систему можно описать как объединение сервис-ориентированных систем, передовых ор-

ганизационных систем, облачных вычислений, искусственного интеллекта, интернета вещей (IoT) и т.д. [2.63, 2.74].

При разработке парадигмы облачной организационной системы 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 [2.10, 2.13, 2.37, 2.49, 2.76].

Состав службы

В облачных организационных системах организационные ресурсы виртуализируются и предлагаются в виде сервисов (также известных как веб-сервисы) и публикуются в пуле сервисов через общедоступное облако. Облачные организационные среды обычно состоят из множества провайдеров веб-услуг, каждый из которых способен выполнять ряд требуемых задач. Однако, учитывая разнообразие задач и их неотъемлемые атрибуты (такие как объем, сроки доставки, затраты и т.д.), один провайдер услуг вряд ли сможет выполнить требуемые задачи в соответствии с предпочтениями клиентов. Для решения этой проблемы ряд провайдеров услуг могут быть объединены в пакет услуг, который способен создавать комплексные услуги с добавленной стоимостью, соответствующие потребностям клиентов. Поэтому проблема определения и состава организационных услуг является настолько важной и конкурентоспособной, поскольку она влияет на восприятие услуг клиентами и позволяет организационным предприятиям достигать добавленной стоимости и синергии своих ресурсов в облачной среде. Таким образом, проблемы состава услуг имеют исключительное значение в облачной организационной системе.

Был проведен обширный объем исследований для преодоления вышеупомянутой проблемы, связанной с распределением задач между под-

ходящими провайдерами услуг с целевыми функциями, направленными на минимизацию организационных и логистических затрат и сроков доставки [2.10, 2.34]. Огромное и постоянно растущее число провайдеров веб-услуг в облаке обладают одинаковыми организационными функциями, но при этом они обладают разными показателями качества обслуживания (QoS) [2.45]. Поэтому большинство ученых, занимающихся составлением облачных сервисов, провели свои исследования, основанные на качестве услуг (QoS), в которых ряд показателей, таких как стоимость, время, надежность и т.д., используются для формирования общих целевых функций, чтобы выбрать наилучший возможный состав для конкретной задачи [2.8]. Качество обслуживания можно описать как набор ключевых показателей эффективности (KPI), используемых для оценки качества услуг, предоставляемых в облачной системе. Стоимость, репутация, надежность, энергопотребление, время, географическое местоположение и желание являются одними из ключевых показателей, применяемых исследователями в вопросах состава услуг. В [2.60] предложена многоцелевая модель с такими ограничениями, как стоимость, время, качество и т.д. в качестве критериев QoS. В работе [2.66] представлена нечеткая методология выбора провайдеров в организационной сети, ориентированной на продукт, основанная на многокритериальном подходе к принятию решений. В [2.10] предложен метод, называемый QoS-aware Web Service Composition (QWSC), который помогает облачным заказчикам создавать состав услуг на основе многоцелевой модели. Более того, авторы предоставили эффективный многоцелевой эволюционный алгоритм ϵ -доминирования (EDMOEA) для реализации модели состава услуг. В [2.78] предложен метод динамического выбора сервиса в рамках нескольких организационных облачных систем, нацеленный на применение Интернета вещей (IoT), датчиков реального времени, больших данных и динамического выбора сервиса, управляемого событиями. В [2.32] предложена модель состава сервисов на основе QoS и пред-

ставлен модифицированный подход к оптимизации роя частиц, который ограничивает пространство поиска состава облачных сервисов.

Предлагаемый модифицированный алгоритм PSO отличается от оригинального алгоритма PSO тем, что на первом этапе он отсекает доминирующие облачные сервисы. Было доказано, что представленный модифицированный алгоритм PSO более эффективен, поскольку он способен быстрее сходиться по сравнению с оригинальным алгоритмом PSO. В работе [2.83] представлен новый гибридный энергосберегающий подход, который учитывает важность потребления энергии организационными ресурсами. В [2.77] утверждается, что текущее решение, основанное на QoS, в вопросах состава обслуживания не подходит для удовлетворения конкретных требований, поскольку другой подход, основанный на QoS, не может учитывать горизонтальное сотрудничество между организационными ресурсами. Чтобы преодолеть вышеупомянутую проблему, авторы представили новый метод составления сервиса в соответствии с шаблоном сетевой совместной работы [2.77]. В [2.68] изучалась проблема составления сервиса, которая учитывает корреляцию между различными сервисами, в то время как в конечном итоге повлияет на атрибуты QoS. Более того, авторы внедряют разделение рабочей нагрузки в свою модель, внедряя концепцию краудсорсинга. Соответственно, в их модели подзадача может совместно создаваться несколькими провайдерами услуг. В [2.1] исследовалась проблема составления задач на облачной платформе, при этом рассматривались различные шаблоны составления (например, последовательные и параллельные шаблоны). Конкретно, авторы предложили математическую модель, позволяющую максимизировать удовлетворенность клиентов за счет удовлетворения их требований, включая базовые характеристики, производительность и привлекательность. В [2.51] представлен режим "Новые производители - пользователям" и предложена математическая модель оценки с учетом QoS с четырьмя критическими факторами, а

именно временем, надежностью, стоимостью и возможностями. Кроме того, они внедрили новый иммунный генетический алгоритм информационной энтропии (IEIGA) для решения проблемы. Чтобы улучшить производительность генетического алгоритма, они использовали информационную энтропию, которая представляет сходство популяции. Информационная энтропия используется для добавления адаптивной настройки популяции для операторов мутации и скрещивания в исходном генетическом алгоритме.

Помимо исследований, связанных с составом услуг с учетом QoS, в ряде исследований использовались различные подходы. В [2.29] исследовалось совместное производство с различными классами спроса при ограничении уровня обслуживания. Авторы исследовали операционную модель сети сотрудничества для определения оптимальной политики производства и маршрутизации с использованием математического программирования. В [2.28] был рассмотрен эволюционирующий атрибут облачных организационных сред, чтобы заполнить пробел в литературе, касающийся описания статического сервиса. Авторы предложили рекомендацию по обслуживанию с учетом времени, которая автоматически реконструирует описание организационных услуг. В [2.37] рассмотрены степени временной зависимости между ресурсами в рабочем процессе. В [2.14] представлена новая модель согласования потребностей клиентов и возможностей провайдеров с учетом характеристик облачных организационных сред, таких как сложность, неопределенность, динамика и распределение, путем виртуализации физических ресурсов и возможностей провайдеров. Из-за неопределенности в облачной организационной системе каждый спрос может обладать множеством условий, поэтому сопоставление спроса и предложения в такого рода системах чрезвычайно сложно. Авторы предложили фреймворк на основе гиперсети для преодоления динамических характеристик облачных организационных сред и выполнили задачу о со-

ставе множества объектов и статистических характеристиках сервиса [2.14]. Другим ключевым аспектом облачной организационной системы является ее масштабируемость для работы в крупномасштабных конфигурациях и выполнения большого разнообразия организационных услуг и задач. Эта задача была поставлена такими исследованиями, как [2.13], в котором представлен метод определения отношений между провайдерами (например, дополнительные услуги и аналогичные сервисы) и между задачами (например, предварительный заказ и постзаказ). В [2.61] представлена модель классификации для распределения сервисов в облачных средах с использованием подхода, названного ‘родословная’. Соответственно, используя семантическое сходство, предлагаемая модель извлекает сервисные данные и классифицирует сервисы для построения родословной. Подход также эффективен в задаче о составе крупномасштабных сервисов, поскольку он позволяет сузить области поиска путем отслеживания сервисов с использованием вычисления подобия вместо исследования всего пространства решений [2.61]. Из-за важности социальных связей между службами синергия между участниками существенно влияет на проблему, и пренебрежение этим фактором, возможно, может снизить эффективность системы в целом. Однако конкретный аспект состава организационных услуг не был исследован в предыдущих исследованиях. Соответственно, в [2.54] был предложен новый метод составления услуг, сосредоточенный на особенностях социального сотрудничества организационных услуг, что позволило бы максимизировать общий синергетический эффект. Авторы утверждают, что предложенный подход не только эффективен, но и обладает потенциалом получения лучших решений по сравнению с другими методами, описанными в литературе [2.54]. Облачная организационная система сталкивается с постоянно растущим числом провайдеров услуг и задач, что значительно усложнило бы вопросы составления сервиса. Осознавая эту проблему, в [2.72] был предложен двухэтапный метод составления

сервиса, основанный на "библиотеке кейсов". При таком подходе выполняется поиск по библиотеке обращений, затем, используя полученные данные, обращения используются для решения крупномасштабной задачи составления сервиса.

Однако логистика и транспорт как еще один важный аспект организационной среды до недавнего времени игнорировались в литературе, тем не менее, есть несколько работ, в которых исследуются транспортные аспекты облачной организационной системы.

В [2.69] опубликован всеобъемлющий обзор литературы по логистике 4.0, посвященный характеристикам логистических операций в облачных системах, текущему состоянию логистики 4.0 и пробелам в литературе по этому вопросу. В [2.9] представлена модель выбора услуг и планирования с учетом критериев TQCS. В работе расположение организационных ресурсов, а также начальное и конечное местоположение требуемых задач рассматривались в качестве важных факторов при расчетах TQCS. В [2.45] предложена модель многозадачного планирования на основе рабочей нагрузки для облачной организационной системы, которая включает в себя количество и эффективность обслуживания, рабочую нагрузку задач и возможности предприятия. Кроме того, в их работе была рассмотрена внешняя логистика как важный критерий планирования (в статье логистические издержки внутреннего предприятия считаются равными нулю). В [2.43] исследовалась модель планирования для эффективного использования распределенных ресурсов, при которой организационные машины на разных предприятиях могли бы совместно выполнять ряд задач, чтобы улучшить общую стоимость системы, общее время обработки системы и балансировку нагрузки на машины. Они пришли к выводу, что внедрение модели, учитывающей местоположение, в значительной степени способствует снижению общих затрат на систему. В [2.82] предложена модель подбора ресурсов для агрегированных ресурсов с ограничением пропуск-

ной способности, учитывающая логистические затраты с целью улучшения состояния системы (общие системные затраты). В [2.3] были предложены четыре многоцелевые модели МПР для решения проблем с составом сервисов, каждая из которых фокусировалась на различной структуре задач, а именно на последовательной, параллельной и циклической. Кроме того, предлагаемые ими модели включают транспортировку между различными провайдерами услуг в сети, чтобы они могли оптимизировать решения о маршрутизации внутри данной сети. В [2.36] распространены типичные задачи состава услуг с учетом QoS на географическое местоположение каждого провайдера услуг, предложив новую нелинейную математическую модель, позволяющую оценить влияние транспортировки между парами провайдеров услуг. Кроме того, авторы предложили адаптированные алгоритмы искусственной пчелиной семьи (АВС), чтобы обойти вычислительные процессы, связанные с проблемой состава обслуживания. Более того, в [2.6] предложена модель состава обслуживания для совместной логистики и организационных операций. Модель учитывала требования к требуемой схеме операционного процесса и логистические потребности и предлагала математическую модель для состава услуг. В [2.20] также была предложена математическая модель для планирования задач в облачных организационных системах с упором на глобальную логистику. В модели особое внимание уделялось рассмотрению логистических услуг помимо услуг по эксплуатации производства. Однако важность конфигурации сервисной сети в исследованиях не учитывается. Это важно, поскольку структура организационных услуг повлияет на нехватку логистических услуг по всему миру и усугубит такие проблемы, как увеличение затрат и увеличение сроков выполнения заказов.

Несмотря на проведенные исследования, все еще существует множество проблем при выборе состава сервисов, которые необходимо решить, чтобы полностью реализовать потенциал облачной организационной си-

стемы [2.66]. Например, облачные среды связаны со сложностью, обусловленной огромным количеством провайдеров услуг в пуле облачных сервисов. В то время как, с другой стороны, сотрудничество между многими провайдерами распределенных услуг является неотъемлемой частью облачных систем для удовлетворения потребностей клиентов. Однако в литературе, посвященной составу услуг, игнорируется фактор сложности системы. Кроме того, недавняя тенденция к интеграции транспортных аспектов сетей снабжения с типичными проблемами состава услуг не учитывала требуемое время, необходимое для решения нелинейных моделей; в то время как из-за динамического аспекта облачных сред в распоряжении системы имеется мало времени, чтобы предложить требуемое решение (ограничение, которое усугубилось бы при рассмотрении нелинейного программирования).

В работе, помимо общих определений критериев, основанных на QoS, концепция облачной энтропии также рассматривается в качестве одного из вкладов. 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.

Выполнение основных операций по настройке, внешняя транспортировка и логистика между провайдерами, более сложное планирование производства и более высокая вероятность сбоев — вот некоторые из аспектов сложности этой сети. Эти сложности могут сильно повлиять на стратегические и тактические решения организационных предприятий, помимо структуры операционного состава. Вот почему облачным организационным системам необходим индикатор для сравнения и измерения сложности состава организационных услуг [2.78]. На рисунке 1.1 представлены две различные комбинации сервисов, основанные на модуле композиции

сервисов для выделенного примера задачи. Первая комбинация включает 30 провайдеров, которые работают в рамках последовательного рабочего процесса. В таком составе 29 внешних провайдеров логистических услуг должны эффективно сотрудничать, и это потребует от организационного предприятия выполнения 30 основных операций по настройке. Разнообразие и сложность управления совместной работой между этими 30 провайдерами могут увеличить частоту отказов облачной организационной системы.

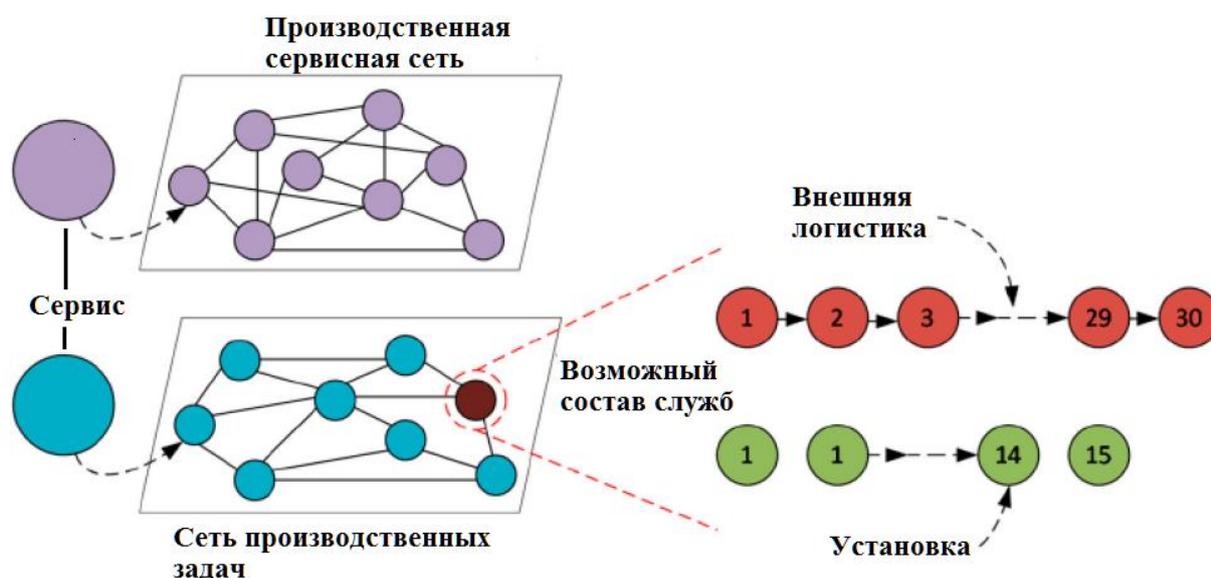


Рис. 1.1. Концепция облачной энтропии

В зависимости от внутренней природы организационных сред могут приниматься во внимание различные подходы для оценки энтропии в облачных организационных системах. В [2.47] утверждается, что неопределенность и энтропия идентичны, следовательно, для оценки сложности системы может быть предложена энтропия, основанная на неопределенности. В [2.52] данные заказа на продажу были классифицированы на желаемые (контролируемые) и нежелательные (неконтролируемые) состояния. Они предложили основанный на энтропии подход для минимизации сложности сети поставок. Он был оценен на основе информационных и материальных потоков, которые были импортированы и экспортированы от каждого про-

вайдера услуг для каждого продукта. В другом исследовании, рассматривая роль времени выполнения объединенных задач и их сложности в планировании организационной системы [2.40], была предложена модель, повышающая шансы на успех при реализации политики принятия решений в таких организационных средах. Для оценки энтропии в работе применяется идея, согласно которой время является наиболее распространенным показателем для оценки сложности системы на организационных предприятиях [2.12]. Следовательно, энтропия облака может быть получена с использованием (1.1):

$$EnT = \min \sum_{i=1}^{NoS} \sum_{k_i=1}^{TS_i} - \left(\frac{t_{ik_i}}{T_i} \times \ln \frac{t_{ik_i}}{T_i} \right) \quad (1.1)$$

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

Чтобы прояснить концепцию энтропии облака, предположим, что существуют две различные альтернативные комбинации сервисов, которые были созданы для выполнения конкретной задачи, как показано на рис. 1.2. Первая комбинация включает в себя 4 провайдера эксплуатационных услуг, что означает, что при выборе первой комбинации необходимы 4 операции базовой установки и 3 услуги внешней транспортировки. С другой стороны, вторая комбинация включает только 3 провайдера эксплуатационных услуг, которые навязывают системе 3 операции базовой установки и 2 услуги внешней транспортировки. Предполагая, что все сервисы в первой комбинации имеют одинаковое время обработки - 4 часа, а транспортировка между парой сервисов в этой комбинации занимает всего 2 часа, а все сервисы во второй комбинации имеют одинаковое время обработ-

ки - 6 часов, а транспортировка между парой сервисов в этой комбинации занимает всего 2 часа, облачная энтропия организационных задач в соответствующих комбинациях услуг рассчитывается следующим образом:

$$EnT_1 = -\left(4 \times \frac{4}{22} \times \ln \frac{4}{22} + 3 \times \frac{2}{22} \times \ln \frac{2}{22}\right) = 1.89$$

$$EnT_2 = -\left(3 \times \frac{6}{22} \times \ln \frac{6}{22} + 2 \times \frac{2}{22} \times \ln \frac{2}{22}\right) = 1.49$$

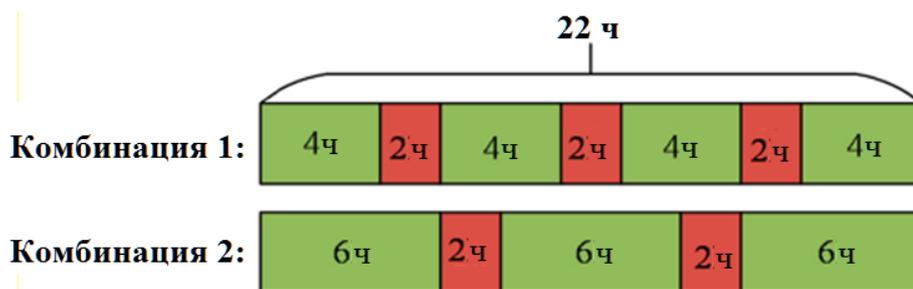


Рис. 1.2. Альтернативное сочетание организационных и логистических услуг

Как упоминалось ранее, учитывая частоту переходов, первый кандидат является более сложным по сравнению со вторым; в результате облачная энтропия первого кандидата больше, чем у второго кандидата. Мы предлагаем применение энтропии для управления порядком услуг и их сложностью на этапе составления сервиса.

1.2. Особенности управления структурой систем управления организационными системами

1.2.1. Структуры, основанные на данных

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). После определения целей управления SLD-VSC способен распознавать оптимальный уровень масштаба управления и масштабные характеристики каждого кластера объектов управления, распределенных по различным уровням масштаба управления. Результаты численного эксперимента показывают, что предлагаемый SLD-VSC способен помочь предприятиям улучшить свою организационную структуру, определяя уровни масштабирования управления на основе бизнес-данных.

Организационная структура всегда оказывает значительное влияние на различные типы предприятий с точки зрения повышения эффективности бизнеса и контроля затрат на управление. Обычные организационные структуры предприятия (например, уровни управления и бизнес-отделы) в большинстве случаев создаются искусственно в соответствии с субъективным опытом руководящей группы. Это всегда страдает от частых изменений в бизнесе, вызванных колебаниями рынка.

Благодаря постоянному совершенствованию возможностей сбора данных и вычислительной мощности, предприятия теперь имеют возможность прогнозировать тенденции изменения своего внутреннего бизнеса путем сбора информации о внешней рыночной среде, а затем корректировать свою организационную структуру в соответствии с четкими целями управления, чтобы добиться оптимизации организационной структуры, основанной на данных.

По сравнению с созданием традиционной организационной структуры, преимущества создания организационной структуры, основанной на данных, заключаются в следующем. Во-первых, убедитесь, что все уровни

управления имеют четкие цели и задачи. С одной стороны, для существующей иерархии управления с неясной целью управления (то есть избыточной организационной структурой) функции этого управленческого уровня и связанного с ним бизнес-уровня могут быть объединены для снижения затрат на управление. С другой стороны, для достижения четких целей управления без какой-либо согласованной организационной структуры (то есть при отсутствии организационной структуры), гибкая организационная структура (например, проектные группы) может быть дополнена для расширения сферы деятельности предприятия. Во-вторых, своевременно реагировать на динамичные изменения рынка. Создание корпоративной организации переходит от способности руководителей принимать решения к способности получать объективные данные (включая данные о внешней рыночной среде и внутреннем состоянии бизнеса), что повышает научность управления организацией предприятия, а также конкурентоспособность предприятия.

Наиболее эффективным способом оптимизации организационной структуры на основе данных является уточнение характеристик спроса на данные между сотрудниками на разных уровнях управления. Поскольку основной бизнес, обслуживаемый персоналом на разных уровнях управления, практически одинаков, различается только сфера деятельности, за которую они отвечают. Можно видеть, что потребности персонала на разных уровнях управления в данных характеризуются одним и тем же измерением наблюдения, но с разными масштабами наблюдения. Следовательно, для изучения оптимизации организационной структуры предприятия следует использовать методы многомасштабного анализа данных.

1.2.2. Теория трансформации масштаба

В условиях информационной экономики технологии анализа больших данных стали уделять больше внимания комплексной разработке

межотраслевых сценариев, а не традиционной методологии интеллектуального анализа данных. Большие данные поддерживают интеллектуальные технологии (такие как производственная аналитика и бизнес-аналитика), даже разработали различные методы анализа данных и инструменты программной платформы с независимыми отраслевыми характеристиками. Несмотря на то, что децентрализованный режим, основанный на сценариях (приложениях), может постоянно стимулировать интерес к исследованиям в области анализа больших данных, в существующей теоретической системе анализа больших данных по-прежнему отсутствует механизм и метод автоматического анализа данных, которые могли бы удовлетворить потребности во всех бизнес-сценариях.

Масштаб - это философское понятие, которое существует одновременно как в науке о принятии гуманоидных решений (*intelligent decision making*), так и в естествознании. Теория решения проблем в когнитивной психологии считает, что принятие решений - это мыслительный процесс, в ходе которого люди выстраивают пространство решения проблемы из множества шкал и получают окончательное удовлетворяющее их решение, изменяя шкалы наблюдения за проблемой. Эксперименты в различных областях естественных наук дают одинаковые результаты о том, что эффект масштаба - это широко распространенное объективное явление, заключающееся в том, что природа или характеристики объекта изменяются после изменения масштаба его наблюдения (например, масштаба времени, пространства и т.д.).

Теория преобразования масштаба (ST) в основном изучает проблему представления и преобразования масштаба в процессе анализа данных, которая является первой, которая вводит концепцию масштабирования наблюдений и функцию преобразования масштаба в анализ больших данных. Теория преобразования масштаба позволяет не только установить прямую связь между субъективными предпочтениями и объективными

данными, используя модель иерархической шкалы наблюдений, но и смоделировать мыслительную деятельность аналитиков данных в процессе принятия решений, используя механизм преобразования масштаба. Платформа интеллектуальных масштабных вычислений, которая выступает в качестве одного из основных вычислительных методов, играет важную роль в теории преобразования масштаба, которая используется для автоматизации всего процесса анализа данных.

Несколько исследователей приступили к разработке механизма и методов анализа данных с переменным масштабом на основе ST. В [3.1, 3.2] утверждается, что шкала наблюдений в процессе анализа данных состоит из двух компонентов: один — это все возможные измерения для описания объектов, другой - все возможные значения, которые объект может получить в каждом измерении. Шкала сама по себе является своего рода объективным априорным знанием, на которое не влияет ни один наблюдаемый объект. Существуют различные типы шкал, различающиеся назначением и характеристиками при описании объектов. Базовая шкала относится к стандарту, который не может быть дополнительно разделен при описании объектов (например, шкала времени, пространственная шкала и т.д.). В то время как шкала наблюдений относится ко всем шкалам, используемым для описания конкретного объекта в одном и том же пространстве-времени. Кроме того, в [3.3-3.5] построена модель концептуального пространства (CS) на основе базовых концепций шкал наблюдений, чтобы описать иерархическую структуру взаимосвязи между различными шкалами наблюдений. В CS первый компонент шкалы представлен цепочкой понятий, а другой компонент представлен пространством значений.

В соответствии с процессом интеллектуального анализа данных (CRISP-DM) [3.6], шесть различных видов деятельности (понимание бизнеса, понимание данных, подготовка данных, моделирование, оценка и внедрение) могут быть разделены на три этапа в соответствии с целями за-

дачи.

Первый этап состоит из двух этапов (то есть понимания бизнеса и анализа данных), целью которых является определение задач интеллектуального анализа данных [3.7, 3.8]. Вначале менеджеры описывают фактические требования к аналитикам данных, затем аналитики данных завершают работу по обнаружению данных и, наконец, совместно с бизнес-лидером определяют темы и задачи анализа данных [3.9, 3.10].

Вторая фаза состоит из трех этапов (т.е. подготовки данных, моделирования и оценки), целью которых является получение результатов интеллектуального анализа данных [3.11]. На этом этапе аналитики данных сначала выбирают исходный набор данных для каждой задачи, исходя из своего опыта, затем сопоставляют модели или алгоритмы для получения результатов анализа, и, наконец, менеджер оценивает эти результаты. Если фактические потребности не могут быть решены и удовлетворены надлежащим образом, тема и задачи анализа будут перепланированы путем возвращения к первому этапу.

Третий этап состоит из одного действия (т.е. развертывания), целью которого является применение результатов интеллектуального анализа данных к реальным бизнес-сценариям. На этом этапе менеджер проверяет эффективность и результативность результатов анализа данных на практике и своевременно направляет отзывы или требования аналитикам данных для планирования новой работы по анализу данных [3.12, 3.13].

Можно видеть, что CRISP-DM — это многоэтапный процесс с высокими затратами на коммуникацию между менеджером и аналитиками данных. Кроме того, аналитики данных всегда играют роль посредника между реальными пользователями (предприятием, отвечающим за спрос, в лице менеджера) и собственными бизнес-данными пользователей. На качество результатов анализа в значительной степени влияет опыт аналитиков данных, что приводит к субъективным рискам при принятии решений. Учиты-

вая тенденцию развития технологий анализа больших данных (без учета человеческого фактора), анализ данных с переменным масштабом может имитировать мышление аналитиков данных и процесс принятия решений с помощью механизма масштабной трансформации [3.14].

Более того, множество фактов свидетельствуют о том, что именно большие объемы высококачественных маркированных данных полностью повысили точность оригинальных моделей и алгоритмов и, таким образом, быстро способствовали применению технологии анализа больших данных в последние годы. Особенно для контролируемых методов обучения в области машинного обучения, влияние меток данных на результаты анализа может даже превысить эффект обучения, обеспечиваемый оптимизацией шагов алгоритма [3.15].

Несмотря на то, что современные относительно совершенные методы сбора и хранения данных способны обеспечить непрерывный сбор большего количества высококачественных наборов данных с маркировкой (вручную), этот режим анализа данных, ориентированный на обучение, ограничивает результаты анализа, которые всегда будут отставать от скорости, с которой люди получают свои новые знания и опыт. Учитывая тенденцию развития технологий анализа больших данных (без маркировки), анализ данных с переменным масштабом может автономно изучать и извлекать информацию и знания из необработанных данных с помощью вычислительной платформы intelligent scale.

1.3. Организационная иерархия и коммуникационные потоки

Эффективное понимание и улучшение коммуникационных потоков между сотрудниками в рамках организационной иерархии информационных систем имеет решающее значение для оптимизации операционной эффективности и эффективности принятия решений. Чтобы аналитика данных восполнила этот существенный пробел в исследованиях, мы пред-

лагаем систематический и комплексный подход к анализу социальных сетей в сочетании с недавно сформулированными вектором и матрицей коммуникации для изучения

1.3.1. Анализ коммуникационных и информационных потоков внутри организационной иерархии

С появлением Интернета и доступности инструментов мгновенной организационной коммуникации, таких как Teams и Outlook, значение больших данных для оптимизации коммуникации и эффективности принятия решений в сложных средах возросло в геометрической прогрессии. В частности, анализ коммуникационных и информационных потоков внутри организационной иерархии привлек внимание исследователей из-за его прямого отношения к операционной эффективности и эффективному принятию решений [4.28, 4.29]. Проблемы при анализе организационной коммуникации были рассмотрены в [4.28], переход от коммуникации микроуровня к коммуникации на макроуровне, а также разнообразие и межгрупповые аспекты коммуникации. Для решения этих проблем они предложили систематический анализ на межгрупповом, межличностном и организационном уровнях. При этом исследования объединили новые методологии, такие как искусственный интеллект, глубокое обучение и анализ социальных сетей, чтобы раскрыть роль моделей коммуникационных потоков и процессов принятия решений в отношении организационной иерархии [4.17, 4.49, 4.62].

Все больше и больше сотрудников в организации осознают, что коммуникация является важной частью их работы [4.5], особенно учитывая необходимость совместной работы в различных функциональных командах. В организациях обязанности сотрудников различаются в зависимости от их подразделений, но все они должны отчитываться о проделанной работе перед вышестоящим руководством по иерархии. Высшее руко-

водство может принимать организационные решения, взвешивая полученную информацию и публикуя объявления для организации. В целом, организационная иерархия рассматривается как механизм оценки предложений для определения информационных связей между сотрудниками [14, 16] и усиления полномочий по созданию и координации горизонтального и вертикального разделения труда [4.1]. Таким образом, организационная иерархия позволяет сотрудникам создавать коммуникационную сеть в соответствии с их иерархическим уровнем и ролью. С другой стороны, топологические характеристики и паттерны организационных коммуникационных потоков в некоторой степени могут отражать эффективность коммуникации и функционирования, а также эффективность организационной иерархии. В [4.29] установлено, что раскрытие того, как сотрудники общаются внутри организационной иерархии, позволяет высшему руководству более эффективно управлять организацией. Кроме того, структура связи между различными уровнями коррелирует с приобретением знаний и принятием решений.

Следовательно, понимание структуры коммуникации, а также динамики коммуникации [4.13] может повысить способность организации обрабатывать информацию и управлять внутренней сложностью и внешней неопределенностью в ходе организационных реформ [4.25, 4.69]. Несмотря на его важность, по-прежнему наблюдается заметная нехватка комплексных исследований и анализа данных, изучающих коммуникационное поведение, структуры и динамику внутри организационной иерархии.

Чтобы преодолеть этот важный пробел, в данной работе исследуется структура коммуникации и динамика внутри организационной иерархии с точки зрения анализа социальных сетей. Разрабатывая общие и полезные инструменты, мы стремимся предложить ценную информацию о практике организационной коммуникации и функционирования. В этой статье социальная сеть, построенная на основе коммуникационных потоков, может

связать микро- и макро-подходы для характеристики как личного коммуникативного поведения, так и организационной обработки информации. Чтобы проиллюстрировать методологию, крупная корпорация применяется в качестве примера фирмы для понимания информационных потоков и структуры коммуникаций внутри крупной компании и изучения их взаимосвязи с организационной иерархией. Прежде всего, анализируются статистические топологические характеристики сетей, чтобы продемонстрировать связность и коммуникационное поведение сотрудников. Кроме того, способность сотрудников оказывать влияние оценивается с помощью семи классических показателей центральности, которые учитывают различные свойства сети, демонстрируя порядок убывания способности оказывать влияние в соответствии с иерархическими уровнями. Отбираются четыре представительных сотрудника разных уровней, которые демонстрируют свое коммуникативное поведение в рамках разработанного коммуникационного вектора. Такой подход позволяет получить ценную информацию о социальных структурах и эффективности коммуникаций внутри организаций. Кроме того, обнаруживается структура сообщества в коммуникационной сети, подчеркивающая, что сотрудники в одних и тех же функциональных командах, таких как торговые и юридические команды, как правило, объединяются в группы на основе своего поведения. Наконец, разрабатывается новая коммуникационная матрица для анализа организационных моделей коммуникации, проливающая новый свет на структуру коммуникации между иерархическими уровнями. Возникающая динамика модели коммуникации во время кризиса также исследуется с помощью сравнительного анализа, способствующего антикризисному управлению и устойчивости организации. В целом, это исследование направлено на разработку систематического и всеобъемлющего подхода к анализу социальных сетей, который может эффективно использовать коммуникационные данные внутри организации и преодолеть разрыв между

микро- и макроуровнями в исследованиях организационных коммуникаций.

1.3.2. Организационный коммуникационный поток и структура

Иерархия, неизбежная для каждой организации, является фундаментальной частью организационного труда и фактором, определяющим статус и власть. Это естественный способ для сотрудников выполнять задачи, брать на себя ответственность, общаться и принимать решения в рамках организационной иерархии. Были приняты различные формы иерархии, соответствующие потребностям организаций. В [4.3] проанализированы предыдущие исследования от небольших групп до крупных организаций и обнаружили, что более крутая иерархия является палкой о двух концах, поэтому они разработали пять условий для смягчения влияния крутизны иерархии на организации.

В организационных иерархиях информационная коммуникация считается одним из наиболее важных элементов, влияющих на операции и принятие решений [4.46]. Буквально, существует четыре типа информационных потоков [4.5]. Первые два типа — это нисходящие и восходящие коммуникационные потоки, которые описывают вертикальную коммуникацию между иерархически расположенными сотрудниками. Эффективная вертикальная коммуникация между руководителями и подчиненными необходима для оптимизации организационной эффективности [4.35]. Третий тип — это горизонтальный поток коммуникаций между сотрудниками на одном и том же иерархическом уровне, что приводит к сглаживанию организационной иерархии. Последний — это диагональный коммуникационный поток, относящийся к общению между менеджерами и сотрудниками в разных функциональных командах [4.75], которое становится неизбежным в современных организациях из-за более широкого сотрудничества и передовых коммуникационных технологий.

В исследованиях коммуникативной структуры организаций существуют три основные школы, включая модель четырех потоков и теорию социальных систем Лумана [4.55]. Коммуникация необходима организациям для функционирования и принятия решений, которые в основном происходят на трех уровнях: межличностном, между группами и организационном [4.60]. Связь между организационными уровнями также показана в исследовании воздействия события: событие, происходящее на любом иерархическом уровне, может вызвать воздействия на том же уровне или на других (верхних и нижних) уровнях по всей организации, что может вызвать новое поведение и события [4.45]. Что касается способа общения внутри организации, электронная почта является эффективным способом обмена информацией, хотя сотрудники предпочитают личное, межличностное и диалогическое взаимодействие. Совещания также важны для сотрудников из-за своевременной обратной связи и личного общения с высшим руководством, даже если это отнимает много времени [4.74].

По сравнению с недифференцированным объемом информации сложность и структура коммуникационных потоков более важны для организаций и руководителей при изучении потенциальных выгод от производительности и затрат [4.19, 4.71]. Организации часто предпочитают плоскую структуру, потому что это способствует бесперебойному потоку информации [4.80]. В качестве иллюстрации можно привести электронные каналы, которые приобрели популярность в организационной коммуникации, поскольку они обеспечивают всем сотрудникам ощущение получения информации из первых рук от высшего руководства в упрощенной иерархии [4.74]. Напротив, ценная информация будет утеряна [4.63], а количество новых идей, передаваемых наверх менеджментом среднего звена, сократится [4.54] в вертикальной иерархии, что негативно скажется на коммуникации [4.74]. Однако обе иерархии по-прежнему сталкиваются с трудностями с точки зрения структуры коммуникации, такими как иннова-

ционные задачи, требующие новых знаний и стимулов для передачи новых идей [4.62]. Следовательно, исследователи приходят к единому мнению, что оптимальной структуры для организаций не существует и структура иерархии должна соответствовать требованиям к обработке информации [4.69].

1.3.3. Понимание организационной иерархии с точки зрения социальных сетей

Часто используемые электронные письма в организациях могут служить основой для построения сетей связи, тем самым служа ценным ресурсом для изучения информационных потоков и иерархии в организации [4.52]. Представляя сотрудников и связи узлами и связями в социальной сети [4.10, 4.48, 4.58, 4.70], анализ социальных сетей может быть использован для изучения сложной социальной структуры между сотрудниками [4.39]. Например, в [4.76] установлено, что текучесть кадров может быть снижена за счет укрепления межнациональных социальных связей путем изучения 15 миллионов электронных писем в двух крупных сливающихся фирмах. В [4.6, 4.33] выявлена взаимосвязь между иерархией и поведением пользователей в корпоративных социальных сетях (ESN) с помощью обширного набора данных, содержащего различные типы коммуникации. В [4.12] показано, что руководство среднего звена может легко заставить сотрудников внедрить новую технологию (сервис микроблогов) на микро- и макроуровнях на примере компании из списка Fortune 500.

Кроме того, статистические характеристики сотрудников в социальных сетях могут быть использованы для определения их ролей и функций в организационной иерархии. Например, в [4.30] измерена взаимность связи и расстояние кратчайшего пути в иерархии и исследовали взаимосвязь между обычным потоком сообщений электронной почты и иерархией надзора в крупной компании-разработчике программного обеспечения.

Была разработана система криминалистического анализа для поиска непосредственных лидеров в иерархии и влиятельных членов преступной организации на основе минимального связующего дерева [4.67].

Кроме того, существенное влияние кризисов на модели общения было широко исследовано в социальных сетях [4.37, 4.64, 4.83]. В целом, анализ социальных сетей может быть объединен с организационной теорией (такой как экология организации и теория распространения), чтобы открыть новую территорию для изучения возникающих отношений и позитивных связей между индивидами [4.5, 4.73].

В то время как в предыдущих исследованиях обсуждалось влияние иерархий на коммуникационные структуры, отсутствует всесторонний анализ и обсуждения, основанные на реальных коммуникационных данных. Например, в большом количестве работ качественно исследовано влияние иерархии на информационные потоки с использованием таких методов, как интервью [4.74] и систематический функциональный анализ [4.21, 4.39]. Однако эти качественные воздействия не поддаются количественной оценке с помощью данных и не обеспечивают более глубокого понимания реальных моделей организационной коммуникации. В последнее время количественные модели, такие как линейная регрессия, анализ социальных сетей (SNA) и обработка естественного языка (NLP), постепенно внедряются для изучения этого воздействия с использованием наборов данных, собранных у фирм [4.15, 4.23, 4.54]. Однако многие из этих подходов слишком сильно фокусируются на самих данных и упускают из виду, как организационная иерархия влияет на конкретное коммуникационное поведение. Например, положение человека в организационной структуре часто определяется на основе его поведения при отправке и получении электронной почты [4.27] или структуры коммуникационной сети [4.15]. С помощью SNA также были сделаны некоторые общие выводы, такие как более частое общение сотрудников на одном и том же иерархи-

ческом уровне друг с другом [4.6] и различия в моделях общения внутри фирмы и за ее пределами, на которые влияет организационная иерархия [4.33]. Однако наблюдается заметное отсутствие всестороннего анализа коммуникационного поведения внутри организационной иерархии с различных аспектов, который в дальнейшем мог бы быть применен для оптимизации операционной деятельности и эффективности принятия решений в организациях. Подборка работ в этой области представлена в табл. 1.1, но важно отметить, что это не исчерпывающий набор ссылок; скорее, в нем освещаются некоторые важные работы в этой области.

Таблица 1.1

Подборка работ, иллюстрирующих влияние организационной иерархии

Источник	SNA	Методология	Выводы об иерархии данных
[4.74]	–	Взято структурированные интервью у 147 сотрудников университета с несколькими кампусами и проведен индуктивный анализ.	Электронные каналы могут сгладить иерархию и позволить всем сотрудникам слышать информацию из первых рук сверху.
[4.21]	–	Проведен систематический функциональный анализ и сравнение	Иерархия организаций варьируется в зависимости от динамических отношений между формальной и неформальной иерархией.
[4.63]	–	Использована линейная регрессия для изучения того, как иерархия влияет на процент в индийском банке с 2000 филиалами.	Ценная информация теряется в иерархиях, а негативное воздействие иерархий снижается в областях с более высоким уровнем коррупции.
[4.80]	✓	Проанализировано более 15 млн электронных писем между сотрудниками в двух фирмах до и после слияния.	Унаследованные социальные связи, ключевой фактор сокращения текучести кадров после слияния, используются сотрудниками с высокой официальной властью и высоким неформальным статусом, чтобы реагировать на неопределенность, связанную со слиянием

Источник	SNA	Методология	Выводы об иерархии данных
[4.12]	✓	Применены агентные вычислительные модели для изучения многонациональной компании из списка Fortune 500.	На эффективное внедрение новых технологий влияют непосредственные руководители (особенно менеджеры среднего звена) и обычные люди.
[4.6]	✓	Исследовано, как данные ESN и интервью влияют на различные отношения.	Структура сети и коммуникативное поведение (три типа отношений) в ESN зависят от иерархии.
[4.33]	✓	Изучено влияние иерархии на основе данных ESN и онлайн-опросов.	Формальная иерархия в большей степени влияет на коммуникацию внутри ESN, чем за пределами ESN, даже если степень влияния обоих высока.
[4.15]	✓	Развита центральная роль CorpRank на основе анализа основных компонентов для ранжирования сотрудников и определения их должностей в корпорации Enron.	Определено положение сотрудников в организационной иерархии и сопоставлено со средним бонусом, чтобы показать эффективность.

1.3.4. Актуальные исследования электронной переписки крупной корпорации

Корпорация Enron, некогда одна из крупнейших энергетических компаний, известная подачей заявления о банкротстве из-за узаконенного мошенничества с бухгалтерией, которое стало известно, как скандал с Enron [4.50]. В ходе расследования комиссия получила доступ к переписке по электронной почте, включая 619499 электронных писем между 158 сотрудниками Enron. Более аккуратная подборка электронных писем была опубликована в [4.61] после удаления посторонних и ненужных электронных писем, и исправления нескольких аномалий. Впоследствии было использовано несколько методологий для выявления закономерностей в крупных организациях и коммуникации сотрудников, подчеркивающих

ключевую роль надежной системы корпоративного управления в защите заинтересованных сторон, привлечении иностранных инвестиций [4.20] и улучшении имиджа организаций [4.31].

Одним из наиболее широко используемых методов является анализ социальных сетей [4.41, 4.66], поскольку отдельные лица и их связи могут быть представлены в виде узлов и ссылок в сетях соответственно. Объединив методы качественного кодирования с анализом социальных сетей, в [4.4] исследовано изменение коммуникативного поведения из-за коррупции с течением времени и изучил, как люди пытаются обмениваться информацией незамеченными. Были разработаны различные центры для выявления влиятельных личностей [4.72, 4.78, 4.84]. Одним из ярких примеров является CorpRank centrality [4.15], который был разработан для выявления влиятельных лиц в корпорации и построения социальной иерархии. Другие характеристики, такие как эволюция сети [4.81] и запутывание общества [4.82], были выявлены из электронного общения корпорации. После этого анализ социальных сетей был объединен с машинным обучением и обработкой естественного языка для дальнейшего выявления организационной структуры [4.51].

Анализ текстов на основе NLP [4.2] - еще один полезный инструмент для анализа электронной переписки в корпорации, такой как классификатор отношений власти [4.53], повторная сборка потоков электронной почты [4.79], прогностические фразы для иерархии [4.24] и автоматическая классификация электронных писем [4.34]. В [4.23] разработана модель для выявления склонности к высокомерию в режиме реального времени и обнаружено, что высокомерные высказывания высшего руководства встречались значительно чаще, чем у других, и стали более частыми, когда Enron приблизилась к краху. В [4.7] обнаружено, что личный социальный капитал оказывает большее влияние на успех и энергию сотрудников, чем внутриорганизационный социальный капитал, особенно после кризиса.

Декомпозиция по сингулярному значению и полудискретная декомпозиция использовались для выявления взаимосвязи между словоупотреблением и функциями отдельных лиц в организациях [4.32]. Работы, связанные с электронной перепиской корпорации Enron, кратко представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Литература об электронной переписке корпорации

Тема	Ссылка
Электронная почта для обмена данными	[4.34, 4.61]
Характеристики социальных сетей	[4.52, 4.81]
Анализ социальных сетей в сообществе идентификации влиятельных узлов	[4.15, 4.57, 4.67, 4.82, 4.84]
Предсказание роли и структуры	[4.43, 4.51]
Классификация электронной почты	[4.34, 4.53]
Обработка потоков электронной почты на естественном языке, аномалия повторной сборки	[4.11, 4.44, 4.59, 4.79]
Семантический анализ слов	[4.23, 4.24]

1.4. Постановка задач работы

Целью работы является разработка моделей и алгоритмов управления процессами композиции служб на основе облачной энтропии и виртуализации взаимодействия в организационных системах.

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

1. Провести анализ проблем управления процессами композиции служб на основе облачной энтропии и виртуализации взаимодействия в организационных системах.

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

3. Предложить многокритериальную оптимизационную задачу композиции облачных служб организационной системы, 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. 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.

2. Конфигурируемая облачная энтропия провайдеров логистических и операционных услуг

2.1. Облачная организационная система как новая парадигма

В последние годы глобализация экономики и организационных ресурсов как два ключевых фактора заставили предприятия трансформировать свои бизнес-процессы, чтобы выжить в конкурентной среде. Эта трансформация является сложной задачей, поскольку организационные предприятия должны поддерживать своих клиентов высококачественной продукцией, более низкой стоимостью, возможностями настройки продукта и быстрой доставкой. Более того, глобализация привела к появлению географически распределенных провайдеров по всему миру. Эта проблема превратится в важную тему исследований, когда будут внедрены такие парадигмы, как Облачная организационная система.

Облачная организационная система — это новая парадигма, которая обеспечивает повсеместный, удобный сетевой доступ по требованию к общему пулу настраиваемых организационных ресурсов. В работе для достижения идеальной цели облачной организационной системы рассматривается концепция планирования логистики сети провайдеров и состава организационных услуг. Каждая организационная задача и логистическая операция были бы определены как услуга с учетом потоков в диаграмме операционных процессов. Предложена математическая модель, которая выбирает оптимальный набор организационных и логистических услуг, чтобы снизить эксплуатационные расходы и логистику в оперативной перспективе, реализуя при этом новую идею для конфигурируемой облачной энтропии провайдеров логистических и операционных услуг. Наконец, представлен пример, комментарии и намечены направления будущих исследований.

В последние годы глобализация как в аспекте глобализации ресурсов, так и в аспекте экономической глобализации оказала заметное влияние на организационные системы. Конкретно, конкуренция между этими организационными системами значительно возросла [2.19, 2.21]. Между тем, изменение рыночных тенденций от массового производства к массовой кастомизации приводит к увеличению сложности процессов и ассортимента продукции [2.67]. Таким образом, понимание потребностей клиентов стало серьезной проблемой в управлении организационными системами. Более того, за последние несколько лет отрасли услуг пережили серьезную трансформацию в области информационных технологий. Например, Интернет вещей (IoT), виртуализация и сервис-ориентированные технологии, которые многие эксперты считают перспективными и изменяющими правила игры технологиями [2.78]. Потенциал Интернета вещей (IoT) в предоставлении пользователям интеллектуальных сервисов делает новую технологию подходящей для создания мощной футуристической организационной среды [2.45, 2.75]. В дополнение к вышеупомянутым недостаткам, надлежащего централизованного подхода к управлению пока не существует. В результате им нужен новый подход, способный реагировать на быстрые изменения рынка и надлежащим образом использовать возможности новых технологий, чтобы выжить и сохранить свои бизнес-преимущества.

В ответ на эти масштабные изменения были внедрены передовые организационные системы (например, компьютерно-интегрированное производство [2.4], гибкое производство [2.81], организационная сетка [2.26], сетевое производство [2.80], параллельное проектирование [2.30]).

Учитывая достоинства и преимущества каждого подхода, отсутствие централизованных систем управления, интегрированных информационных систем, адаптивных структур и объединения рисков являются некоторыми из недостатков вышеупомянутых систем [2.17, 2.18, 2.62]. В результате ор-

ганизационные системы столкнулись с большим количеством проблем, поэтому им нужна новая парадигма, способная реагировать на быстрые изменения рынка и надлежащим образом использовать возможности новых технологий, чтобы сохранить свои бизнес-преимущества [2.57, 2.62, 2.64, 2.65, 2.79].

Облачная организационная система было введено в качестве новой парадигмы, позволяющей достичь высокой эффективности, снизить затраты и улучшить взаимодействие между провайдерами и клиентами [2.44, 2.70]. Облачная организационная система определяется на основе принципов облачных вычислений с целью реализации преимуществ облачных вычислений в организационных средах [2.71]. Конкретно, Облачная организационная система предоставляет новую платформу, которая позволяет производителям предоставлять повсеместный доступ по требованию к настраиваемым организационным ресурсам (машинам, оборудованию, услугам и т.д.), которые могут быть быстро поставлены и выпущены с незначительными усилиями по управлению и затратами [2.74]. Присоединяясь к организационным облакам, провайдеры могут делиться своими ресурсами, чтобы реагировать на запросы клиентов с помощью различных оптимизированных подходов, таких как минимизация времени производства, затрат, качества и рисков [2.34]. Преобладающая перспектива в облачной организации заключается в том, чтобы рассматривать все как услугу (XaaS), чтобы совместно использовать ресурсы и возможности, которые могут соответствовать требованиям клиентов.

В работе основное внимание уделено следующим вопросам:

1. Преобразование физических организационных возможностей и ресурсов в облачные функции.

2. Влияние совместных механизмов в диаграммах операционных процессов на принятие решений для улучшения амбиций облачной организационной системы в реальных организационных средах. Это жизненно

важно, поскольку подход ХааС к облачному производству охватывает распределенные услуги по всему миру, и при подборе операционных услуг следует учитывать роль логистических затрат и энтропии.

3. Постановка и решение математической модели в облачных системах, удовлетворяющих энтропии облака, для выполнения принципов управления цепочками задач.

3. Постановка задачи

Одной из фундаментальных и ключевых функций облачной организационной среды является определение сервиса и состав (назначение) сервисов и задач (известное как сопоставление спроса и предложения) друг другу. Следовательно, как настроить соответствие спроса и предложения является основной проблемой в сфере облачной организационной системы для поддержания эффективности систем [2.76], что было обнаружено в основных исследованиях по сопоставлению спроса и предложения, таких как обнаружение сервисов [2.11], рекомендации по сервисам [2.33], состав сервисов [2.13], распределение ресурсов [2.59], планирование задач [2.45] и т.д. Несмотря на огромное количество исследований, они пренебрегли основной целью облачной организационной системы. В большинстве существующих работ не рассматриваются ни взаимные проблемы, ни логистические услуги. Поскольку в организационных средах затраты на логистику являются одним из основных факторов, влияющих на стоимость продаваемых товаров, их необходимо учитывать в облачных организационных системах [2.22]. Следовательно, текущие вопросы должны быть разработаны и пересмотрены. В рамках концепции облачной организационной системы можно рассматривать интегрированную систему, в которой были бы достигнуты цели облачной организационной системы. В этом разделе представлена новая математическая модель для выбора наилучшей возможной комбинации провайдеров в соответствии с последовательной

схемой рабочего процесса с учетом критериев QoS и энтропии. Поскольку внешняя транспортировка является решающей частью стоимости систем в глобальном масштабе, выбор оптимальной комбинации провайдеров независимо от их местоположения и расстояния до целевых рынков увеличил бы стоимость систем [2.22]. Таким образом, предложенная модель включает вклад в минимизацию логистических затрат в облачной организационной системе в виде независимой целевой функции [2.23]. Однако вычислительная сложность этой задачи имеет порядок (mn^2), при котором m представляет количество целевых функций, а n - совокупность, соответственно [2.24]. Таким образом, добавление новой целевой функции приводит к увеличению вычислительной сложности задачи на 33%, что при больших масштабах задач облачной организационной системы накладывает на систему значительную вычислительную сложность. Это может быть критической проблемой, поскольку время решения проблемы значительно увеличится. Поэтому, чтобы предотвратить подобную проблему, представлен новый подход в отношении сходимости диаграммы организационного процесса. Далее кратко рассматривается ряд допущений, в том числе: рассматривается только один продукт с одной специальной диаграммой организационного процесса. Все организационные и логистические операции считаются переданными на аутсорсинг. В зависимости от возможностей ресурсов провайдера услуг, они могут выполнять одну или несколько задач одновременно. Сложные операции продукта разбиты на более простые. Необходимо найти подходящий состав служб для каждой подзадачи из пула ресурсов.

Поскольку организационная среда в работе основана на концепциях облачной организационной системы, каждый узел на диаграмме организационного процесса может быть определен либо как отдельная услуга, либо набор этих узлов на диаграмме организационного 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.

Основная цель исследования - предоставить облачный контекст для выбора композиций услуг, в которых все организационные и логистические операции передаются на аутсорсинг. Вклад заключается в использовании схемы операционного процесса в качестве интерфейса между логистикой и организационными операциями и предоставлении механизма предложения услуг. Схема организационного процесса обычно используется для описания основных операций с точки зрения предварительной обработки, организационных операций, операций интеграции, проверок и т.д., которые должны выполняться в надлежащей последовательности, чтобы позволить организационному предприятию производить конечную продукцию.

Глядя на рисунок типичной диаграммы организационного процесса, показанный на рис. 2.1, мы можем предположить, что диаграмма организационного процесса представляет собой граф, в котором узлы представляют операции, а соединители - транспортировку внутри подразделения. Общую форму диаграммы каждого операционного процесса можно представить в виде графа конвергенции, поскольку процесс перемещения задачи к конечному результату является конвергентным. На выбор организационных и логистических услуг непосредственно влияют совместные механизмы в диаграмме операционного процесса. При переходе к конечным уровням схемы организационного процесса из-за увеличения размера собранного продукта и существующих ограничений, связанных с физической защитой продукта, затраты на логистику значительно возрастут, поэтому на конечных уровнях схемы организационного процесса выбор услуг на основе их географического расположения имеет первостепенное значение.

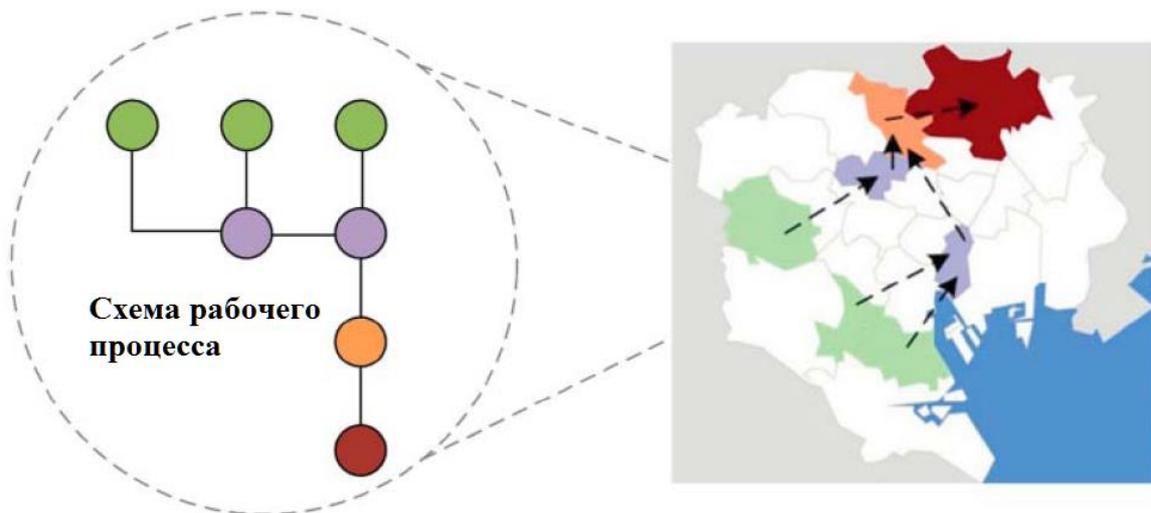


Рис. 2.1. Концептуальная схема предлагаемой модели

2.3. Модель гиперсети согласования спроса и предложения информационных услуг

2.3.1. Модель базовой сети

Сеть «поставок» - это топологическая структура виртуальной сети, состоящая из ряда узлов (услуга/«провайдер»), которые соединены ребрами, указывающими на взаимосвязь между провайдерами. Первый шаг во внедрении сети поставок, включающей различные организационные ресурсы и организационные возможности, представленные в виде услуг, охватывающих весь жизненный цикл продукта.

Для удобства краткое изложение обозначений, которые часто используются в работе для базовой сети, приведено в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Индексы, атрибуты и параметры в базовой сети

Индексы, атрибуты и параметры	Содержание
i, j	Номера служб, $i, j \in \{1, 2, 3, \dots, NoS\}$
SS_k	Количество служб, способных выполнять задачу k ,

Индексы, атрибуты и параметры	Содержание
	$k \in \{1,2,3, \dots, \text{NoT}\}$.
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 ¹ _{ij}	Служба i будет предшествовать службе j
FC ² _{ij}	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:

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

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

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

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

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

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

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. Взаимосвязь между любыми двумя службами может быть классифицирована тремя различными способами: либо две службы не имеют никакого отношения, либо две службы имеют функционально схожие отношения и являются конкурентами, либо две службы имеют функционально дополняющие отношения и должны работать вместе для выполнения определенной задачи. Следовательно, границы между каждыми двумя задачами S_i и S_j в сети задач могут быть определены следующим образом: $e^{S_{ij}}=0$, если нет связи между сервисом i и сервисом j , $e^{S_{ij}}=1$, если есть функционально-аналогичная связь между сервисом i и сервисом j , и $e^{S_{ij}}=-1$, если есть функционально-аналогичная связь между сервисом i и сервисом j , взаимодополняющая связь между сервисом i и сервисом j .

Если служба i и служба j выполняют одну и ту же функцию, используя уравнение (2.6), можно определить их сходство. Соответственно, две службы i и j имеют степень сходства, если их входные и выходные данные полностью/частично похожи:

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

Если $FS_{ij}=\emptyset$, две службы совершенно не похожи. С другой стороны, $FS_{ij} \neq \emptyset$, далее, используя уравнения (2.8) и (2.9), можно определить степень их сходства:

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

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

Если $W_{ij}^S = \alpha \in (0,1)$ и $W_{ji}^S = \beta \in (0,1)$, услуга i и услуга j частично похожи. Если $W_{ij}^S = \alpha \in [1]$ и $W_{ji}^S = \beta \in (0,1)$, служба i включает в себя все функции службы j , а также предоставляет дополнительные функции. Если $W_{ij}^S = \alpha \in (0,1)$ и $W_{ji}^S = \beta \in [1]$, служба j включает в себя все функции службы i , а также предоставляет дополнительные функции. Если $W_{ij}^S = \alpha \in [1]$ и $W_{ji}^S = \beta \in [1]$, служба i и служба j идентичны.

Аналогичным образом, уравнения (2.10)–(2.13) используются для определения дополнительных услуг. Комбинация уравнений (2.12) и (2.13) создает 4 возможных сценария: (1) служба i предшествует службе j (если FC^2 пуст, а FC^1 нет); (2) служба j предшествует службе i (если FC^1 пуст, а FC^2 нет); (3) нет предпочтения при выполнении услуги i или j . Другими словами, существует цикл, в котором служба i может предшествовать службе j и наоборот (если оба набора пусты); (4) между двумя службами нет связи, если оба набора не пусты. Другими словами, услуга i и услуга j не являются взаимодополняющими услугами.

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

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

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

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

Определив взаимосвязь между всеми службами, можно выделить сеть поставок. Уравнения (2.14)–(2.18) показывают, как формируется сеть поставок.

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

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

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

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

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

2.3.2. Модель сети задач

Подобно сети поставок, сеть задач определяется как виртуальная сеть, состоящая из большого количества простых узлов задач, соединенных ребрами. Таким образом, первым шагом является предоставление интерпретации задач и взаимосвязей между ними.

Эти взаимосвязи формируют сеть задач, принимая во внимание взаимосвязи между различными задачами. Процесс внедрения сети задач аналогичен сети поставок в том смысле, что для преобразования задачи физических клиентов в виртуализированную облачную задачу необходим процесс виртуализации и т.д. Таблица 2.2 и уравнения (2.19)–(2.23) описывают, как виртуализировать задачи:

$$Task = \{T_{ID}, Bas_{Infor}, Fun_{Infor}, Eva_{Infor}, Net_{Infor}, \dots\} \quad (2.19)$$

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

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

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

$$Net_{Infor} = \{T_{ID}, E^T_{Type}, E^T, W^T, \dots\} \quad (2.23)$$

Таблица 2.2

Индексы, атрибуты и параметры в сети задач

Индексы, атрибуты и параметры	Определение
k, l	Число задач, $k, l \in \{1, 2, 3, \dots, NoT\}$.
$Basic_{information}$	Основная информация о каждой детализированной задаче.

Индексы, атрибуты и параметры	Определение
	че, 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 ^S _{Type}	Взаимоотношения между провайдерами
E ^S	Корреляционная матрица между парами провайдеров
W ^S	Вес корреляционной матрицы между парами провайдеров

Поскольку взаимосвязи между детализированными задачами после и перед заказом важны для работы организационной системы, эти взаимосвязи необходимо определить.

E^T_{Type} демонстрирует взаимосвязи между двумя задачами, которые связаны ребром. Эти связи можно разделить на два типа:

- Задача предварительного заказа: Задача 1 может быть выполнена только в том случае, если была выполнена задача k.

$$T_{k,Output} = T_{1,Input} \text{ и } T_{k,endtime} < T_{1,starttime} \quad (2.24)$$

Задача k должна предшествовать задаче 1 тогда и только тогда, когда выполнено (2.24).

- Задача последующего заказа: Задача k может быть выполнена только в том случае, если была выполнена задача 1.

$$T_{k,Input} = T_{1,Output} \text{ и } T_{k,starttime} > T_{1,endtime} \quad (2.25)$$

Задача k должна выполнить задачу 1 тогда и только тогда, когда выполнено (2.25).

Определив взаимосвязь между всеми задачами, можно получить сеть задач. Уравнения (2.26)–(2.29) показывают, как формируется сеть задач.

$$T_{Net} = \{T, E^T\} \quad (2.26)$$

$$T = \{t^1, t^2, t^3, \dots, t^{\text{NoT}}\} \quad (2.27)$$

$$E^T = \{e_{kl}^{T_{ij}}\} \quad (2.28)$$

$$W^T = \{w_{kl}^{T_{ij}}\} \quad (2.29)$$

2.3.3. Модель согласования спроса и предложения (SDM)

В этом разделе представлена предлагаемая модель соотношения спроса и предложения, как описано в табл. 2.3. Принимая во внимание, что выбор подходящего состава услуг оказывает большое влияние на восприятие клиентами стоимости продукта, ключевым этапом моделирования облачной сети является исследование и создание оптимального соответствия между предложением и спросом на основе сети поставок и сети задач.

Для оценки разнообразия состава услуг будут использоваться два основных критерия.

Первым и главным ключевым показателем эффективности является качество обслуживания (QoS), которое включает репутацию, стоимость, энергопотребление, время, фактор желаяния и оценку позиции. Эти конкретные ключевые показатели эффективности будут описаны ниже:

1. Репутация: Матрица репутации $R=(r_{ij})_{m \times n}$ введена для объяснения репутации всей сервисной сети; в уравнении (2.30). r_{ij} представляет репутацию i -го провайдера для выполнения j -й задачи. Значение r_{ij} представлено числом от нуля до единицы, так что чем больше это число, тем выше репутация провайдера услуг для клиента.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_n \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.30)$$

2. Стоимость: Стоимость запуска процесса, связанного с задачей, у провайдера. Входные данные должны быть нормализованы, как показано в уравнении (2.31).

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & \dots & c_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ c_{m1} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix} \rightarrow C_{\text{Normalized}} = \frac{C}{\max c_{ij}} \quad (2.31)$$

Таблица 2.3

Индексы, атрибуты и параметры в сети спроса и предложения

Индексы, атрибуты и параметры	Определение
k, l	Число задач, $k, l \in \{1, 2, 3, \dots, \text{NoT}\}$.
$\text{Basic}_{\text{information}}$	Основная информация о каждой детализированной задаче, такая как название, потребитель, ...
$\text{Functional}_{\text{Information}}$	Функциональная информация о каждой детализированной задаче, такая как ограничения, ...
$\text{Using}_{\text{Information}}$	Используемая информация о каждой детализированной задаче, такая как бюджетные ограничения, временные рамки, ...
$\text{Network}_{\text{Information}}$	Сетевая информация о каждой детализированной задаче
ES_{Type}	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
$e_{y_{ik}}$	Потребление энергии i -м провайдером услуг при выполнении k -й задачи
t_{ik}	Время обработки i -го провайдера услуг при выполнении k -й задачи
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

Индексы, атрибуты и параметры	Определение
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 была бы равна единице, если бы задача l предшествовала задаче k, и была бы равна нулю в противном случае

3. Энергопотребление: необходимая энергия для реализации процесса, связанного с j-й задачей, у i-го провайдера. Учитывается тот факт, что тарифы на потребление энергии обычно указаны в киловатт-часах и отличаются от других ключевых показателей эффективности. Входные данные должны быть нормализованы, как показано в уравнении (2.32).

$$E_y = \begin{bmatrix} e_{y_{11}} & \dots & e_{y_{1n}} \\ \dots & \dots & \dots \\ e_{y_{m1}} & \dots & e_{y_{mn}} \end{bmatrix} \rightarrow E_{y_{Normalized}} = \frac{E_y}{\max e_{y_{ij}}} \quad (2.32)$$

4. Время: Требуемое время обработки для реализации процесса, связанного с j-й задачей, в i-м провайдере. Время обработки обычно указывается в часах и отличается от других ключевых показателей производитель-

ности. Входные данные должны быть нормализованы, как показано в уравнении (2.33).

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & \dots & t_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ t_{m1} & \dots & t_{mn} \end{bmatrix} \rightarrow T_{\text{Normalized}} = \frac{T}{\max t_{ij}} \quad (2.33)$$

5. Фактор потребности: До сих пор в показателях качества обслуживания основное внимание уделялось тому, как удовлетворить потребности клиентов. Тем не менее, выживание сети поставок в значительной степени зависит от способности провайдеров выживать. Следовательно, принимая во внимание потребности провайдеров с точки зрения типа контрактов (контракты на обратный выкуп [2.25], контракты на распределение доходов [2.50], контракты на скидку при продаже [2.15], контракты на гибкость количества [2.73] и т.д.), уровень простоя организационных ресурсов для каждого провайдера и т.д. играют важную роль в устойчивой сети поставок. 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 (2.34). Например, известно, что один провайдер является предприятием, не склонным к риску, поскольку он избегает контрактов на обратный выкуп любой ценой. Следовательно, потребность этого провайдера заключить контракт на обратный выкуп считается равной нулю.

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ d_{m1} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix} \rightarrow D_{\text{Normalized}} = \frac{D}{\max d_{ij}} \quad (2.34)$$

6. Оценка позиции: Как упоминалось ранее, то, как расположить каждую организационную операцию в сети поставок таким образом, чтобы была учтена форма конвергенции диаграммы операционного процесса, иг-

рает значительную роль в снижении логистических затрат во всей сети поставок. При этом была введена оценка позиции для описания относительного расстояния между каждым провайдером и целевым рынком на основе уровня диаграммы операционного процесса. ps_i представляет оценку позиции для i -го провайдера услуг путем вычисления географического расстояния между местоположением целевого рынка $(Xlong_0, Ylong_0)$ и местоположением провайдера услуг $(Xlong_i, Ylong_i)$ с учетом уровня диаграммы операционного процесса (lvl) и важности этого конкретного уровня (Q), как указано в уравнении (2.35). Таким образом, на более ранних уровнях диаграммы операционного процесса модель была бы менее чувствительна к географическому местоположению провайдеров, а на заключительных этапах модель была бы очень чувствительна к местоположению провайдеров. Например, на более ранних этапах диаграммы операционного процесса модель меньше беспокоилась бы о местоположении двух провайдеров услуг, находящихся на относительном расстоянии 100 и 150 км от целевого рынка. С другой стороны, на диаграмме конечных этапов операционного процесса модель будет очень чувствительна к местоположению двух провайдеров услуг, находящихся на относительном расстоянии 100 и 105 км от целевого рынка.

$$ps_i = 1 - \frac{\sqrt{(Xlong_0 - Xlong_i^{lvl})^Q + (Ylat_0 - Ylat_i^{lvl})}}{\max\left(\sqrt{(Xlong_0 - Xlong_i^{lvl})^Q + (Ylat_0 - Ylat_i^{lvl})}\right)} \quad (2.35)$$

Основываясь на приведенных выше определениях, критерии качества обслуживания включают положительные критерии, которые улучшают восприятие продукта клиентами, и отрицательные критерии, которые ослабляют восприятие продукта клиентами.

$V_{ik}^{(1)}$ представляет положительные аспекты качества обслуживания для провайдера, выполняющего j -ю задачу, и $V_{ik}^{(2)}$ представляет отрица-

тельные аспекты качества обслуживания для i -го провайдера, выполняющего j -ю задачу.

Далее, $v^{(1)} = \alpha \times R + \beta \times D + \gamma \times PS$, где α , β и γ - соответствующие взвешенные коэффициенты для каждого положительного критерия. Соответственно, $v^{(2)} = \varepsilon \times C + \theta \times E_u + \rho \times T$, где ε , θ и ρ - соответствующие взвешенные коэффициенты для каждого отрицательного критерия.

Вторым ключевым показателем эффективности является облачная энтропия, которая является количественным показателем сложности системы и имеет положительную корреляцию со сложностью системы. Итак, чем ниже облачная энтропия, тем менее сложным является состав сервиса. Как упоминалось выше, организационные среды обычно сталкиваются с различными типами системных сложностей, которые чрезвычайно влияют на показатели качества клиентов. Итак, облачным организационным системам требуется индикатор для оценки сложности системы. Уравнение (1.1) иллюстрирует измерение энтропии облака.

Основная цель модели согласования спроса на обслуживание состоит в том, чтобы распределить каждую 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 (2.36)–(2.52) показывают, как формируется сеть согласования спроса на услуги:

$$Z_1 = \max \sum_{i=1}^{NoS} \sum_{k=1}^{NoT} (V_{ik}^{(1)} - V_{ik}^{(2)}) \times X_{ik} \quad (2.36)$$

$$Z_2 = \min \sum_{i=1}^{NoS} \sum_{k=1}^{TS_i} \left(\frac{t_{ik_i}}{T_i} \times \ln \frac{t_{ik_i}}{T_i} \right) \quad (2.37)$$

$$\sum_{i=1}^{NoS} X_{ik} \geq 1, \forall k \in \{1, 2, \dots, NoT\} \quad (2.38)$$

$$\left(ST_k - (t_{il} + dte_{kl}^{ij} + ST_l) \right) R + \left(ST_l - (t_{ik} + dte_{kl}^{ij} + ST_k) \right) (1 - R) \geq 0 \quad (2.39)$$

$$\forall l, k \in \{1, 2, \dots, NoT\}$$

$$QoS_i^{plus} \geq Exp_k^{plus}, \quad \forall k \in \{1, 2, \dots, NoT\}, \quad i \in SS_k \quad (2.40)$$

$$QoS_i^{neg} \leq Exp_k^{neg}, \quad \forall k \in \{1, 2, \dots, NoT\}, \quad i \in SS_k \quad (2.41)$$

$$\max(ET_1, ET_2, \dots, ET_{NoS}) \leq ET_0 \quad (2.42)$$

$$\sum_{i=1}^{NoS} \sum_{k=1}^{NoT} c_{ik} \leq c_0 \quad (2.43)$$

$$v^{(1)} = \alpha \times R + \beta \times D + \gamma \times PS \quad (2.44)$$

$$v^{(2)} = \varepsilon \times C + \theta \times Ey + \rho \times T \quad (2.45)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1 \quad (2.46)$$

$$\varepsilon + \theta + \rho = 1 \quad (2.47)$$

$$ET_i = \sum_{k=1}^{TS_i} t_{ik_i}, \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, NoS\} \quad (2.48)$$

$$X_{ik} = \{0, 1\}, \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, NoS\}, k \in \{1, 2, \dots, NoT\} \quad (2.49)$$

$$R = \{0, 1\} \quad (2.50)$$

$$\alpha, \beta, \gamma, \varepsilon, \theta, \rho, ST_k, ST_l \geq 0 \quad (2.51)$$

$$t_{ik} > 0, \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, NoS\}, k \in \{1, 2, \dots, NoT\} \quad (2.52)$$

Уравнение (2.36) иллюстрирует целевую функцию качества обслуживания (QoS), которую необходимо максимизировать, чтобы более должным образом удовлетворять требования клиентов. Это уравнение делит общее качество обслуживания на две части, а именно на положительные атрибуты ($v^{(1)}$) и отрицательные атрибуты провайдеров услуг ($v^{(2)}$), и пытается максимизировать положительные атрибуты при одновременном уменьшении отрицательных.

Уравнение (2.37) минимизирует энтропию облака, чтобы снизить общую сложность системы. Неравенство (2.38) гарантирует, что все подзадачи в сети задач назначены по крайней мере одному провайдеру услуг для

выполнения требований заказчика. Уравнение (2.39) отслеживает взаимосвязи задач, а именно предзаказ и последующий заказ в сети организационных задач. Неравенства (2.40) и (2.41) проверяют провайдеров организационных услуг на наличие положительных и отрицательных критериев. Неравенство (2.42) определяет максимальное время производства для того, чтобы доставить конечный продукт в назначенный промежуток времени. Неравенство (2.43) гарантирует, что общие организационные затраты не превысят бюджет заказчика. Уравнения (2.44) и (2.45) рассчитывают положительные и отрицательные критерии качества обслуживания. Уравнения (2.46) и (2.47) гарантируют, что сумма всех коэффициентов равна единице. Уравнение (2.48) определяет общее время обработки для каждого провайдера услуг. Уравнения (2.49)–(2.51) определяют двоичные и положительные параметры и переменные. Наконец, уравнение (2.52) определяет границы всего времени обработки.

2.4. Многокритериальный алгоритм оптимизации состава облачных сервисов

Модель, которая исследуется работе, может рассматриваться как проблема состава служб, распределения и маршрутизации транспортных средств.

Таким образом, эта проблема является многокритериальной NP-сложной задачей оптимизации композиции [2.34, 2.56, 2.78]. Многокритериальные задачи обычно включают в себя по крайней мере две целевые функции, которые часто конфликтуют друг с другом. В связи с этим любое улучшение целевой функции способствует ухудшению, по крайней мере, другой целевой функции. Из-за различных компромиссов между целевыми функциями был бы сгенерирован набор решений, называемый фронтом Парето или множеством Парето, который содержит все оптимальные точки компромисса между целевыми функциями.

Предлагаются различные методы для извлечения оптимального фронта Парето для решения таких задач по составу сервиса.

Эти подходы были разделены на три категории: точные методы [2.2, 2.49], методы декомпозиции и методы метаэвристики [2.78]. Поскольку NP-сложные задачи считаются одной из самых сложных задач математической оптимизации, при увеличении числа провайдеров и задач невозможно предложить точное решение, которое могло бы решить проблему за разумное время [2.35].

Основная функция методов декомпозиции (таких как целевое программирование [2.46], достижение цели [2.27], взвешенная сумма (WS), ϵ -ограничение [2.53] и т.д.) заключается в декомпозиции многокритериальных задач на ряд однокритериальных задач, называемых подзадачами. Например, подзадача 1 настроена на максимизацию критерия № 1, называемого надежностью, подзадача 2 настроена на минимизацию критерия № 2, называемого стоимостью, и так далее. Каждая подзадача оптимизирует целевую функцию независимо от других целевых функций. Хотя алгоритм декомпозиции работает эффективно, он демонстрирует слабые стороны в задачах большой размерности, поскольку учитывается множество целевых функций. Первым и главным недостатком этих методов является способ, на котором они основаны.

Поскольку каждая подзадача фокусируется на определенной целевой функции, при каждом запуске будет извлекаться только одно решение оптимального фронта Парето. По этой причине, чтобы получить весь оптимальный набор Парето, алгоритмы декомпозиции должны выполняться множество раз. В результате скорость реализации этих алгоритмов в крупномасштабных задачах была бы намного выше ожидаемой. Во-вторых, учитывая тот факт, что в основе этих алгоритмов лежит разложение многокритериальных задач на единичные, часть доступной информации была бы потеряна из-за изменения размерности задачи с \mathbb{R}^n на \mathbb{R}^1 . Это повлияет

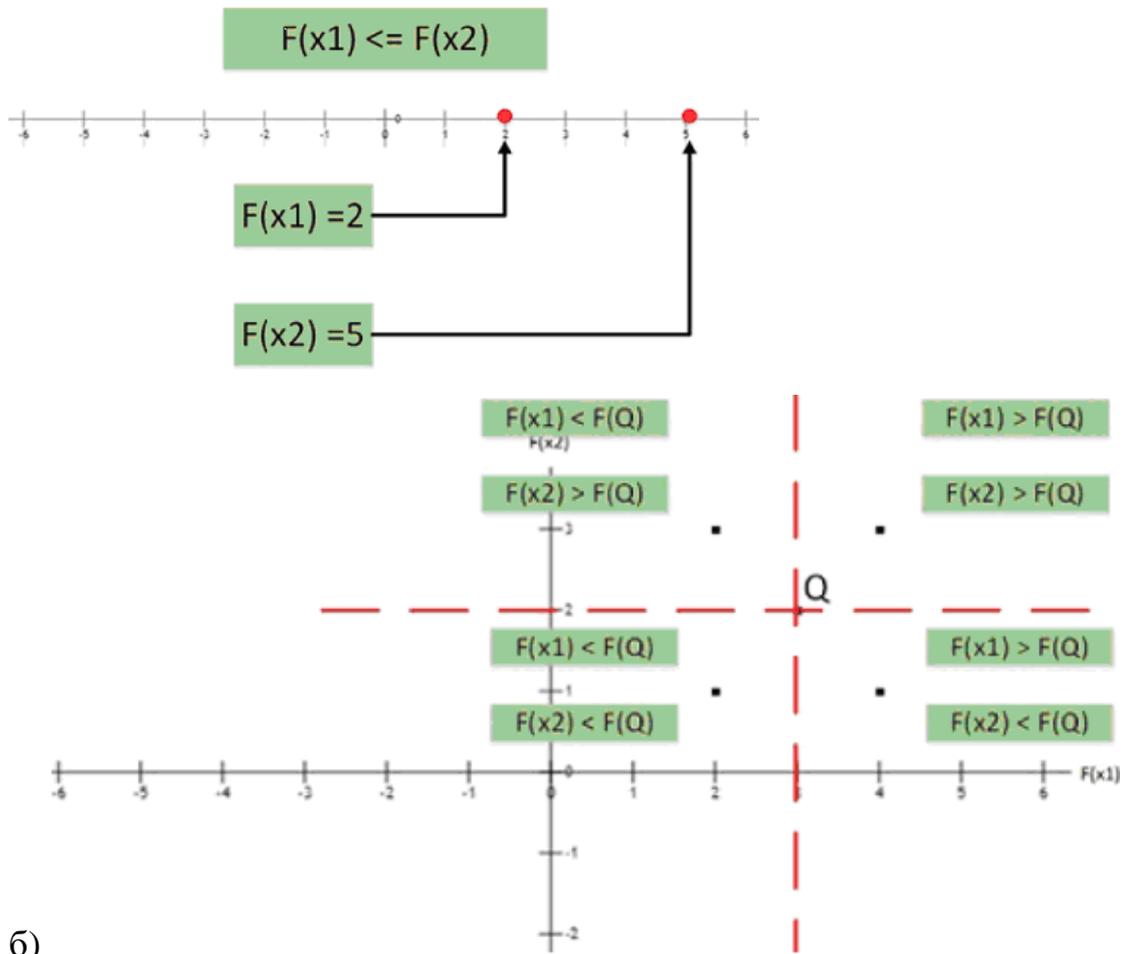
на способность алгоритма справляться с крупномасштабными проблемами. В-третьих, большинство алгоритмов декомпозиции требуют реализации этапа предварительной обработки. Предварительная обработка не только увеличивает сложность алгоритма, но и снижает скорость выполнения алгоритма. Наконец, всякий раз, когда алгоритмы декомпозиции сталкиваются с невыпуклым пространством решений или невыпуклыми множествами Парето, они работают не так, как предполагалось. Следовательно, использование методов декомпозиции не является эффективным способом решения проблем облачной организационной системы.

С другой стороны, эволюционные алгоритмы способны получать множество решений без доминирования и учитывать компромисс между различными целевыми функциями за один прогон. Эволюционные алгоритмы обычно подразделяются на три различные категории, а именно методы, основанные на Парето (такие как NSGA-II [2.16], SPEA2 [2.84] и т.д.), методы, основанные на индикаторах [2.85] и методы, основанные на декомпозиции [2.5, 2.38, 2.41]. Благодаря способности эволюционных алгоритмов аппроксимировать все оптимальные точки фронта Парето за один прогон, было проведено множество исследований, связанных с этими методами. Функция многоцелевых эволюционных алгоритмов во многих отношениях аналогична одноцелевым эволюционным алгоритмам, как показано на рис. 2.2а.

а) Основное различие между этими алгоритмами заключается в размерности пространства решений, как показано на рис. 2.2б. Основным механизмом эволюционных алгоритмов заключается в сравнении различных точек пространства решений и выборе наилучших решений с точки зрения показателей оценки. Поскольку решения в однокритериальной задаче могут быть упорядочены по порядку, эволюционные алгоритмы могут быть легко реализованы. Хотя, с другой стороны, пространства решений с более чем одним измерением не могут быть упорядочены в таком порядке, что

означает необходимость настройки эволюционных алгоритмов для работы в многомерном пространстве.

Чтобы преодолеть эту проблему, в литературе представлены различные стратегии.



б)

Рис. 2.2. а) Сравнение двух точек в пространстве решений в одно-критериальной задаче; б) сравнение Q в пространстве решений в много-критериальной задаче

2.4.1. Стратегия кодирования

Генетический алгоритм сортировки без доминирования II имитирует эволюцию живых организмов в природе. Генетический алгоритм сортировки без доминирования II обеспечивает либо высокую адаптивность, либо надлежащую скорость для решения крупномасштабных задач. В [2.31] представлена блок-схема программы NSGA-II. Первым шагом в реализа-

ции многоцелевых генетических алгоритмов является определение хромосомы в качестве основного атрибута алгоритма. Хромосомы, которые используются в этом алгоритме, определяются как матрица $m \times n$, где m представляет количество провайдеров в сети поставок, а n представляет количество задач в сети задач. Каждый ген в этой хромосоме выражает соотношение между i -м провайдером и j -м спросом таким образом, что при совпадении между i -м провайдером и j -м спросом соответствующий ген имеет коэффициент усиления 1, в противном случае 0 (рис. 2.3).

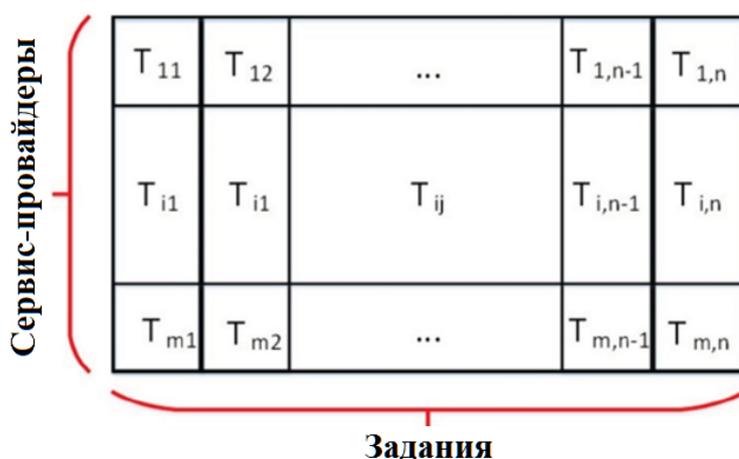


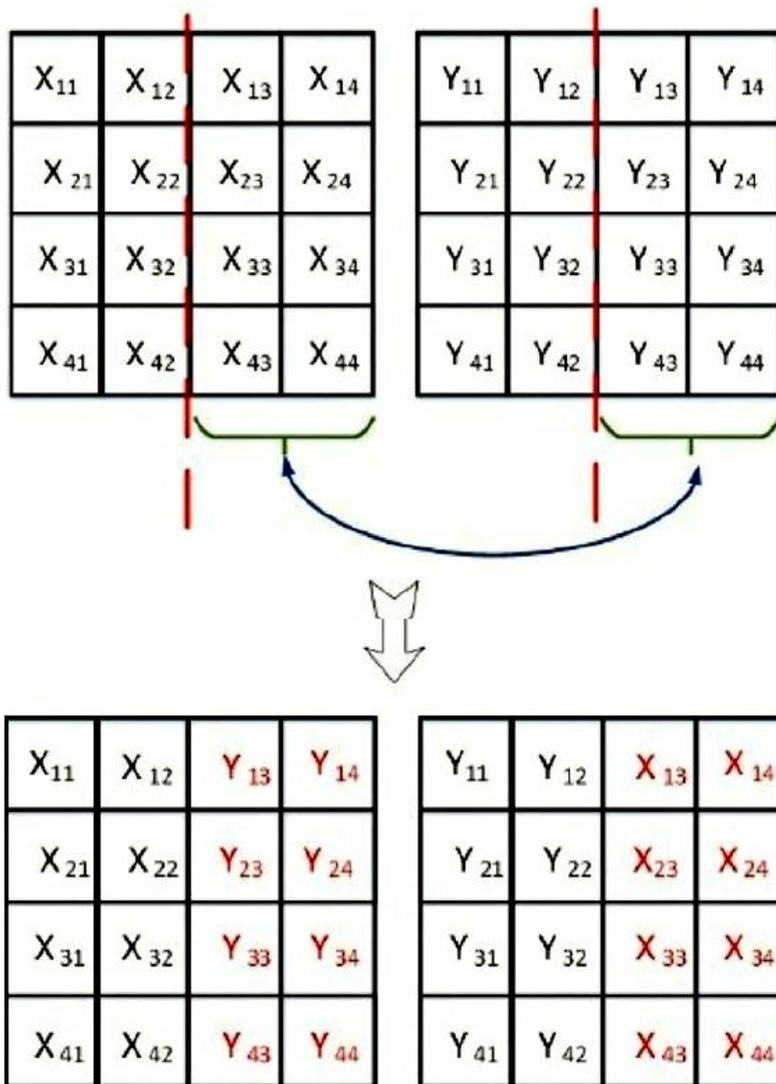
Рис. 2.3. Способ кодирования для каждой хромосомы

2.4.2. Операция кроссинговера

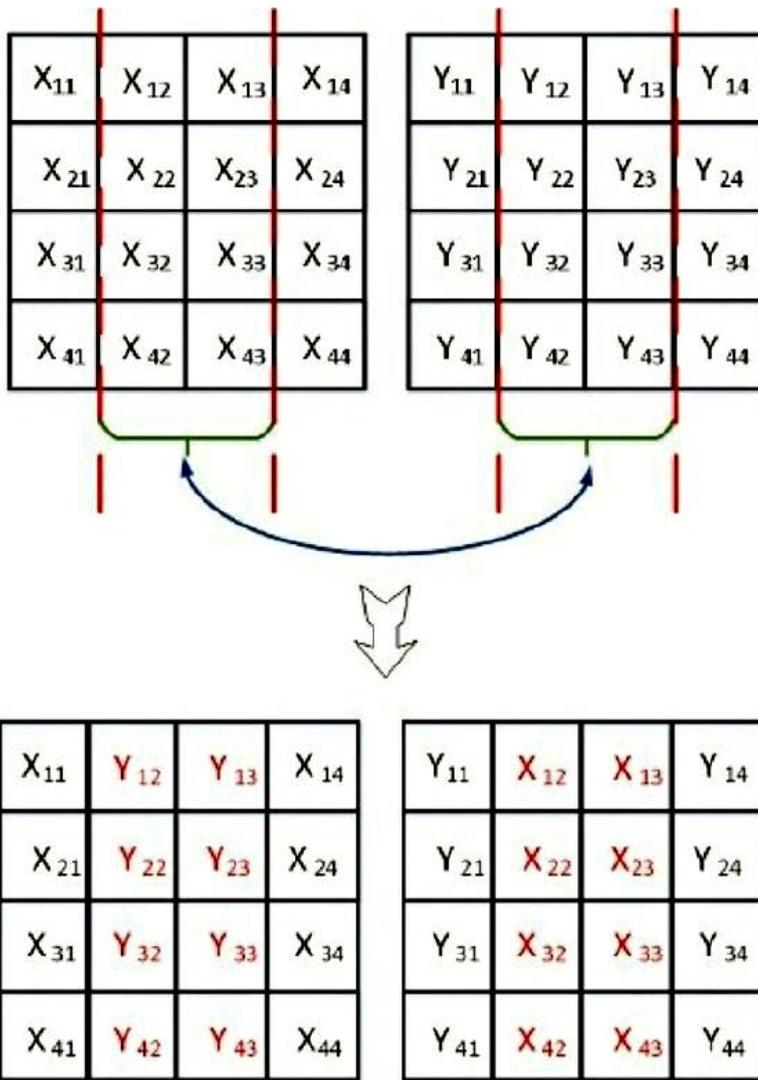
Существенной частью генетического алгоритма является создание двух дочерних элементов для поиска пространства решений. Для выполнения задачи было предложено множество подходов, однако некоторые из них привели бы к неосуществимому решению. Чтобы исключить такой неподходящий результат, в работе будут рассмотрены одноточечный кроссинговер (рис. 2.4а) и двухточечный кроссинговер (рис. 2.4б). Выбор между этими двумя методами основан на колесе рулетки. Если выбран одноточечный кроссинговер, будет выбрана случайная точка, в которой гены, с одной стороны, от точки среза будут обмениваться между двумя родителями.

Если выбран двухточечный кроссинговер, гены между двумя точками среза будут обмениваться между двумя родителями.

Такой подход гарантирует, что не будет найдено невыполнимого решения.



a)



б)

Рис. 4. а) Одноточечный кроссинговер; б) двухточечный кроссинговер

2.4.3. Операция мутации

Как упоминалось выше, генетический алгоритм моделирует эволюцию живых организмов, так что возможно, что каждый ребенок приобретает признаки, которых не было у его родителей. Это вызвано генетической мутацией в генах. Если мутация происходит с появлением признака, у этого нового признака будет шанс распространиться в будущих поколениях.

В литературе были представлены различные операторы мутации, некоторые из них приводят к неоправданному решению проблемы.

Из-за важности решения в этом исследовании будет использоваться оператор обратной мутации, при котором случайным образом будет выбран столбец хромосомы (случайная задача) и для этой конкретной задачи будет выбран другой состав сервиса.

2.4.4. Фитнес-функция

Оба упомянутых оператора в генетическом алгоритме (операторы кроссинговера и мутации) должны выбрать часть существующих решений из текущего пула решений (также известного как популяция), чтобы сгенерировать новые решения. Существует несколько способов выбора подходящих решений для подачи операторам скрещивания и мутации, а именно случайный выбор, выбор турнира и, наконец, колесо рулетки. В этой статье используется подход колеса рулетки, при котором каждому члену популяции присваивается коэффициент вероятности, который может быть определен на основе качества решения. Участники с лучшим качеством (близостью к идеальной точке) имеют больше шансов на выбор. Функция пригодности зарекомендовала себя как полезный инструмент для оценки качества решений.

Функция приспособленности обычно является неотрицательной функцией, которая оценивает совместимость хромосомы с учетом расстояния между значением целевой функции и значением идеальной точки. Для определения идеальной точки в многоцелевых задачах можно использовать два различных подхода. Идеальная точка может быть получена либо из оценок эксперта, либо путем решения отдельных целевых функций. Поскольку функция приспособленности оценивает расстояние между значением целевой функции для каждой хромосомы и идеальной точкой, чем меньше отклонение от оптимальной точки, тем более благоприятной явля-

ется функция приспособленности. Следовательно, функция отклонения в работе будет введена в виде следующих уравнений (2.53)–(2.56):

$$\min D = \sqrt{(Z_1 - Z_1^*)^2 + (Z_2 - Z_2^*)^2} \quad (2.53)$$

где Z_1^* является идеальной точкой для определения целевой функции качества обслуживания и Z_2^* представляет собой идеальную точку для облачной энтропии.

Z_1 и Z_2 являются значениями целевой функции для каждой хромосомы соответственно.

Поскольку важность различных целевых функций может быть неодинаковой, каждой целевой функции присваивается соответствующий коэффициент:

$$\begin{aligned} \min D &= \sqrt{\varepsilon_1 \times (Z_1 - Z_1^*)^2 + \varepsilon_2 \times (Z_2 - Z_2^*)^2}, \\ \varepsilon_1 + \varepsilon_2 &= 1 \end{aligned} \quad (2.54)$$

Кроме того, разные целевые функции измеряются в разных масштабах. Следовательно, требуется нормализация для агрегирования значений отклонений от идеальных точек для всех целевых функций.

$$\begin{aligned} \min D &= \sqrt{\varepsilon_1 \times \left(\frac{Z_1 - Z_1^*}{Z_1^{\max} - Z_1^*} \right)^2 + \varepsilon_2 \times \left(\frac{Z_2 - Z_2^*}{Z_2^{\max} - Z_2^*} \right)^2}, \\ \varepsilon_1 + \varepsilon_2 &= 1 \end{aligned} \quad (2.55)$$

В конечном счете, согласно вышеупомянутому анализу, представлена функция пригодности:

$$\begin{aligned} F(i) &= U - \sqrt{\varepsilon_1 \times \left(\frac{Z_1 - Z_1^*}{Z_1^{\max} - Z_1^*} \right)^2 + \varepsilon_2 \times \left(\frac{Z_2 - Z_2^*}{Z_2^{\max} - Z_2^*} \right)^2}, \\ \varepsilon_1 + \varepsilon_2 &= 1 \end{aligned} \quad (2.56)$$

где $F(i)$ - функция приспособленности для i -й хромосомы, а U - положительное большое число.

2.5. Численный пример

Чтобы продемонстрировать применение предложенной модели, было бы рассмотрено несколько примеров решения задачи, которые включают 14 поставщиков услуг (т.е. NOS=14), так что каждая служба может выполнять только ряд конкретных задач, которые представлены на рис. 2.5.

Емкость		NoT					
		1	2	3	4	5	6
NoS	1	✓ 50%		✓ 50%			
	2		✓ 20%		✓ 20%		✓ 60%
	3		✓ 60%	✓ 40%			
	4					✓ 100%	
	5	✓ 50%	✓ 50%				
	6		✓ 50%	✓ 30%	✓ 20%		
	7	✓ 10%				✓ 40%	✓ 50%
	8		✓ 50%		✓ 50%		
	9			✓ 100%			
	10		✓ 25%		✓ 15%	✓ 60%	
	11	✓ 40%		✓ 30%			✓ 40%
	12		✓ 30%		✓ 30%	✓ 40%	
	13	✓ 30%		✓ 40%	✓ 30%		
	14		✓ 20%	✓ 20%	✓ 60%		

Рис. 2.5. Возможности каждого поставщика услуг в отношении каждой задачи

Кроме того, организационная задача разделена на 6 различных подзадач (т.е. $NOT=6$), которые необходимо выполнять в последовательном порядке в соответствии с их рабочим процессом (задача 1 \rightarrow задача 2 \rightarrow . . . \rightarrow задача 6).

Моделирование было реализовано в MATLAB R2016a и выполнено на портативном ПК со следующей конфигурацией: процессор Intel® Core™ i7 – 6700HQ с частотой 2,60 ГГц (процессор на базе x64), 16,0 ГБ оперативной памяти (RAM), 64-разрядная операционная система (Windows 10). Это моделирование рассматривается в предположении, что каждая услуга может быть назначена нескольким задачам одновременно. Кроме того, для системы, управляемой спросом, такой как описанная задача, весь набор подзадач должен быть распределен с соответствующим поставщиком услуг, чтобы удовлетворить спрос клиента. Более того, чтобы адаптировать моделирование к задаче реального мира, каждому поставщику услуг были назначены возможности в соответствии с выделенной ему задачей (рис. 2.5). Например, учитывая процентные соотношения на рис. 2.5, только четверть задачи 2 может быть выполнена поставщиком услуг 10; Следовательно, для того, чтобы удовлетворить весь спрос на задачу 2, необходимо рассмотреть других поставщиков услуг наряду с поставщиком услуг 10.

Как уже упоминалось в предыдущем разделе, для решения этой задачи был принят недоминируемый генетический алгоритм сортировки.

В представленном алгоритме число популяций равно 100, итераций алгоритма - 100, частота пересечения равна 0,7 (что означает, что на каждой итерации 70% популяции будут участвовать в операции пересечения), а частота мутаций равна 0,4. Кроме того, функция 1 рассматривается в алгоритме как функция пригодности. Другие спецификации задачи, которые генерируются случайным образом, описаны следующим образом на рис. 2.6.

Стоимость	№Т						
	1	2	3	4	5	6	
№S	1	✓ 17.135		✓ 11.083			
	2		✓ 5.71		✓ 11.128		✓ 5.39
	3		✓ 12.236	✓ 12.312			
	4					✓ 8.436	
	5	✓ 16.015	✓ 10.559				
	6		✓ 16.399	✓ 9.931	✓ 14.808		
	7	✓ 19.237				✓ 7.315	✓ 18.835
	8		✓ 12.625		✓ 17.567		
	9			✓ 19.977			
	10		✓ 7.432		✓ 17.355	✓ 7.282	
	11	✓ 14.811		✓ 12.029			✓ 11.273
	12		✓ 11.25		✓ 12.668	✓ 12.903	
	13	✓ 12.188		✓ 8.956	✓ 18.226		
	14		✓ 7.309	✓ 9.872	✓ 11.74		

а)

Репутация	№Т						
	1	2	3	4	5	6	
№S	1	✓ 70%		✓ 40%			
	2		✓ 80%		✓ 40%		✓ 80%
	3		✓ 60%	✓ 50%			
	4					✓ 90%	
	5	✓ 30%	✓ 60%				
	6		✓ 30%	✓ 30%	✓ 40%		
	7	✓ 60%				✓ 40%	✓ 80%
	8		✓ 100%		✓ 70%		
	9			✓ 30%			
	10		✓ 70%		✓ 70%	✓ 80%	
	11	✓ 50%		✓ 60%			✓ 50%
	12		✓ 20%		✓ 50%	✓ 40%	
	13	✓ 90%		✓ 20%	✓ 30%		
	14		✓ 80%	✓ 30%	✓ 60%		

б)

Потреб- ность	NoT						
	1	2	3	4	5	6	
NoS	1	✓ 30%		✓ 60%			
	2		✓ 90%		✓ 50%	✓ 100%	
	3		✓ 100%	✓ 90%			
	4					✓ 90%	
	5	✓ 40%	✓ 50%				
	6		✓ 80%	✓ 50%	✓ 30%		
	7	✓ 80%				✓ 20%	✓ 90%
	8		✓ 80%		✓ 100%		
	9			✓ 30%			
	10		✓ 60%		✓ 80%	✓ 30%	
	11	✓ 90%		✓ 70%			✓ 40%
	12		✓ 20%		✓ 60%	✓ 90%	
	13	✓ 60%		✓ 90%	✓ 80%		
	14		✓ 90%	✓ 20%	✓ 70%		

В)

Позиция	x	y	
NoS	1	70	180
	2	140	200
	3	70	75
	4	130	180
	5	40	125
	6	100	125
	7	160	150
	8	130	75
	9	100	60
	10	180	100
	11	200	150
	12	140	100
	13	160	60
	14	130	25

Г)

Потребление энергии		NoT					
		1	2	3	4	5	6
NoS	1	✓ 8.951		✓ 1.454			
	2		✓ 1.742		✓ 3.479		✓ 9.404
	3		✓ 2.139	✓ 5.504			
	4					✓ 5.339	
	5	✓ 9.007	✓ 1.762				
	6		✓ 4.045	✓ 6.722	✓ 3.344		
	7	✓ 8.998				✓ 4.967	✓ 8.646
	8		✓ 1.784		✓ 3.143		
	9			✓ 4.497			
	10		✓ 7.113		✓ 9.723	✓ 6.997	
	11	✓ 4.824		✓ 6.718			✓ 8.635
	12		✓ 2.971		✓ 7.508	✓ 1.01	
	13	✓ 5.376		✓ 2.546	✓ 5.021		
	14		✓ 7.445	✓ 6.817	✓ 5.875		

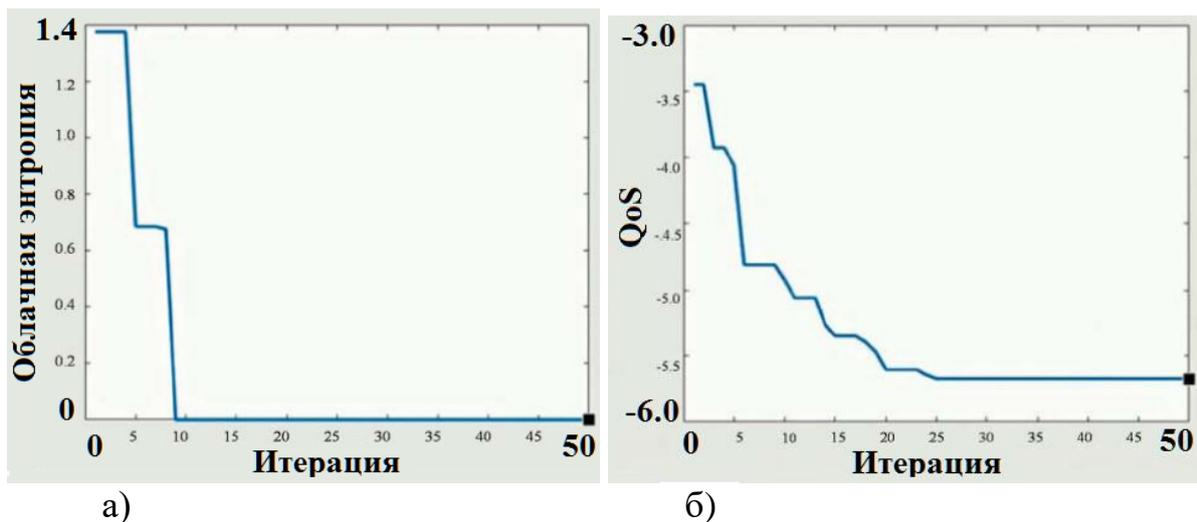
Время процесса		NoS					
		1	2	3	4	5	6
NoT	1	✓ 69		✓ 76			
	2		✓ 77		✓ 91		✓ 87
	3		✓ 86	✓ 65			
	4					✓ 78	
	5	✓ 84	✓ 67				
	6		✓ 96	✓ 78	✓ 80		
	7	✓ 85				✓ 82	✓ 96
	8		✓ 95		✓ 66		
	9			✓ 61			
	10		✓ 98		✓ 78	✓ 81	
	11	✓ 67		✓ 76			✓ 80
	12		✓ 75		✓ 98	✓ 77	
	13	✓ 69		✓ 60	✓ 92		
	14		✓ 91	✓ 66	✓ 76		

д)

е)

Рис. 2.6. Конфигурация задачи: а) стоимость услуги; б) репутация; в) фактор желаяния; г) позиция; д) потребление энергии; е) время процесса

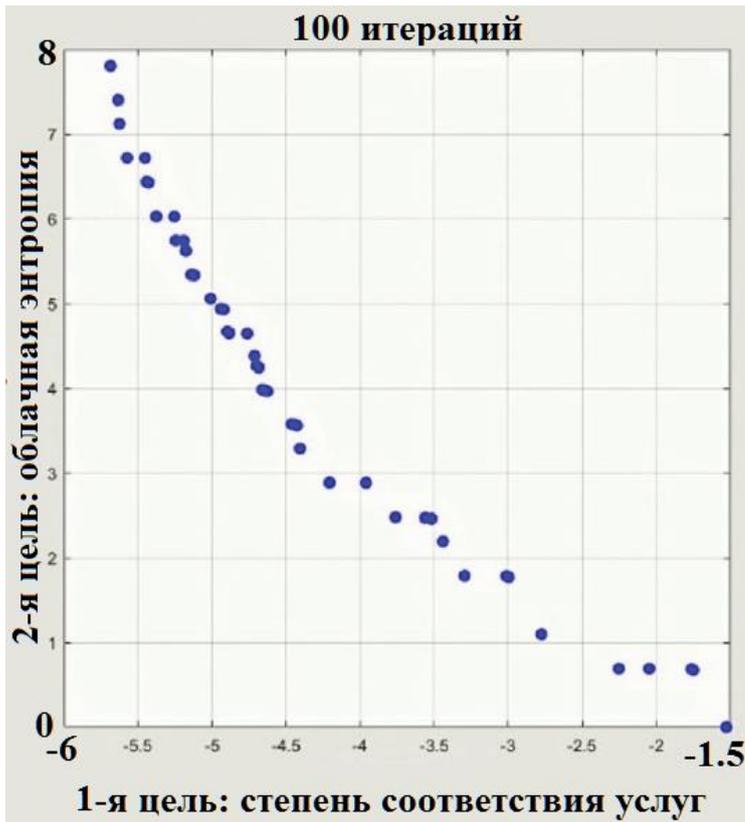
Взвешенные коэффициенты целевых функций задачи, а именно «качество обслуживания и энтропия облака», которые указывают на важность каждой целевой функции в функции приспособленности задачи распределения, равны $\varepsilon_1=0,5$ и $\varepsilon_2=0,5$ соответственно. Реализация генетического алгоритма сортировки без доминирования зависит от оптимальной точки всех целевых функций для оценки функции пригодности. Таким образом, используя единый объективный генетический алгоритм, после 50 итераций, учитывающих 50 популяций, оптимальная точка качества обслуживания и энтропия облака равны 5,674 (рис. 2.7а) и нулю (рис. 2.7б) соответственно.



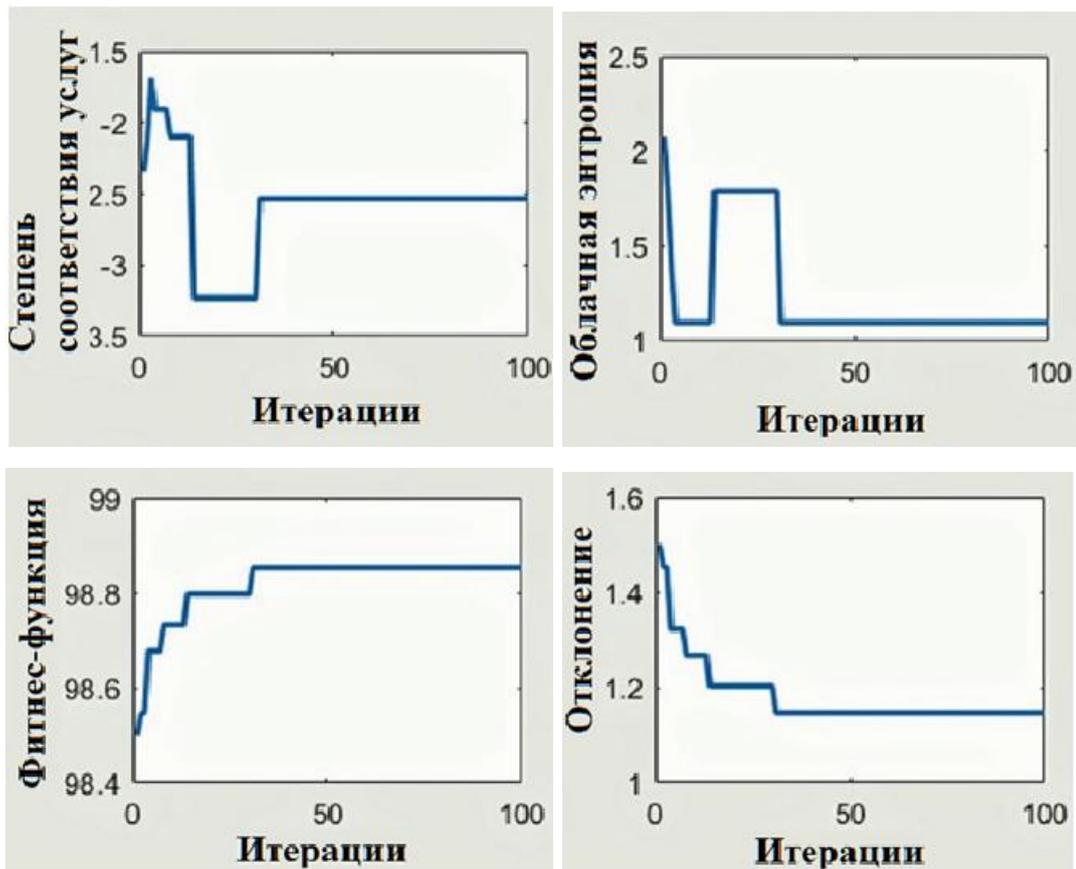
а) Рис. 2.7. а) кривая эволюции энтропии облака; б) кривая эволюции качества обслуживания

Используя единственные целевые оптимальные точки (5,674, 0), за 100 итераций генетического алгоритма сортировки без доминирования оптимальное значение взаимных целевых функций для качества обслуживания и энтропии облака сходится к 2,534 и 1,096 соответственно. Рис. 2.8а иллюстрирует оптимальный фронт Парето, связанный с проблемой и процессом ее решения. Кроме того, оптимальное значение приспособленности и оптимальное значение отклонения совокупности составляют 98,85 и 1,146 соответственно (рис. 2.8б).

Хромосомное кодирование оптимального решения для многокритериальной задачи продемонстрировано на рис. 8в, где подзадача 1 распределена между 1-м, 11-м, 13-м сервис-провайдерами; подзадача 2 - 3-м, 8-м сервис-провайдерами; подзадача 3 - 9-м сервис-провайдером; подзадача 4 - 6-м, 10-м, 12-м, 14-м сервис-провайдерами; подзадача 5 - 4-м сервис-провайдером; и подзадача 6 - 2-й, 7-й сервис-провайдерами.



а)



б)

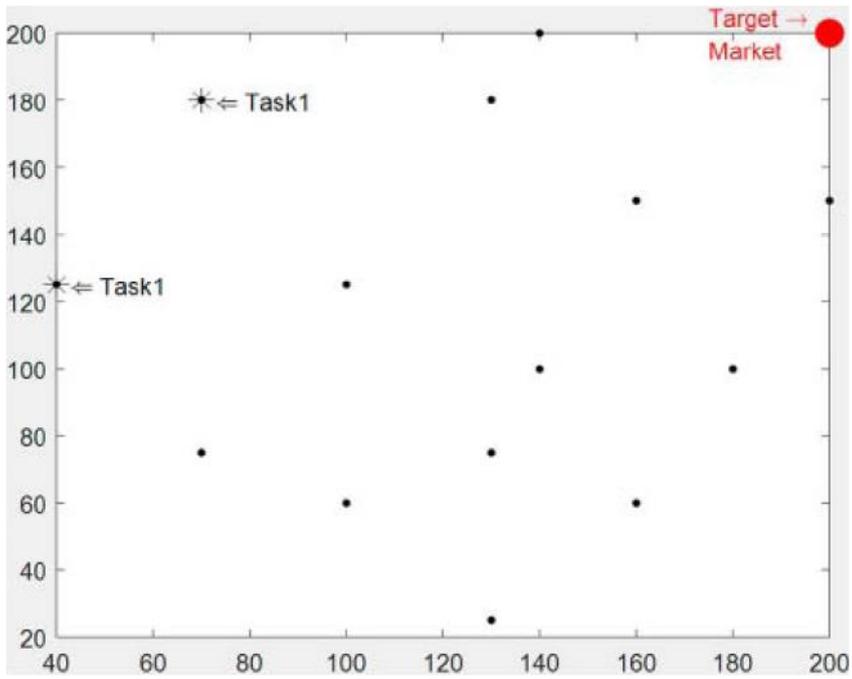
Оптимальное решение	№ задания					
	1	2	3	4	5	6
№ сервис-провайдера	1	1				
	2					1
	3		1			
	4				1	
	5	1				
	6		1			
	7					1
	8				1	
	9			1		
	10		1			
	11					1
	12				1	
	13				1	
	14					

в)

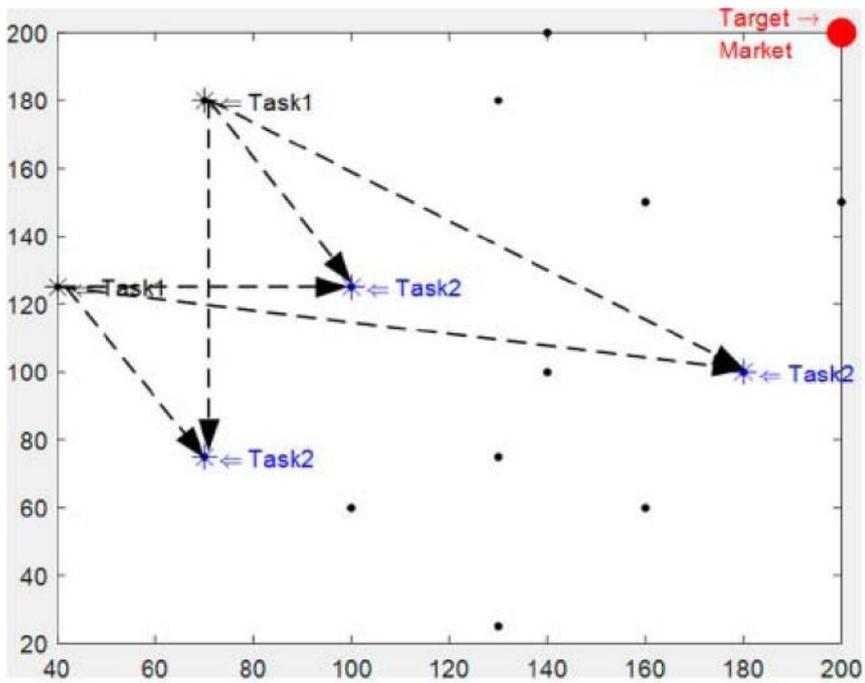
Рис. 2.8. а) Фронт Парето процесса решения NSGA-II; б) эволюционная кривая для многокритериальной задачи; в) оптимальное решение

2.6. Анализ задачи

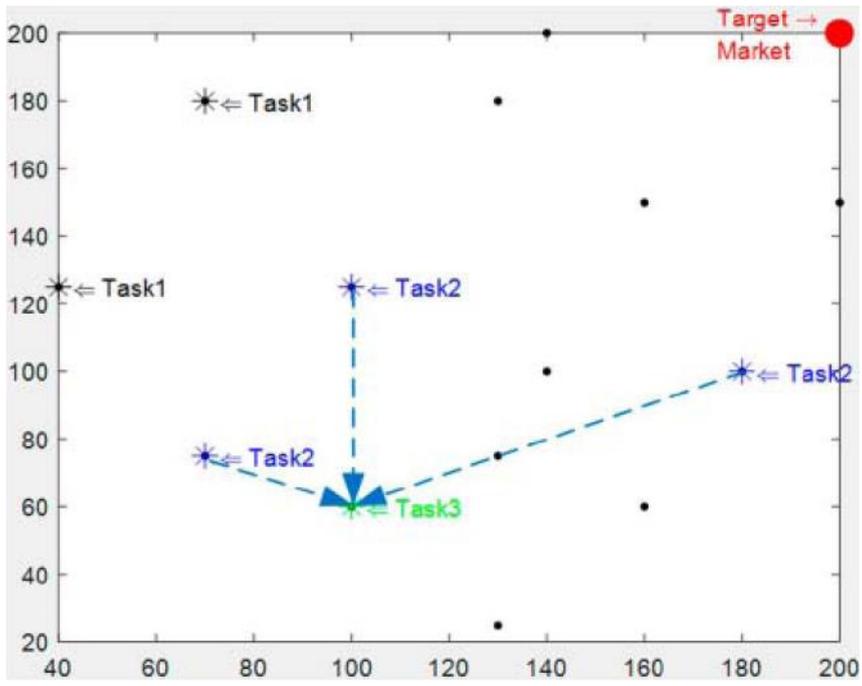
Как упоминалось ранее в описании, конвергенция в диаграмме операционного процесса играет ключевую роль в управлении логистикой во всей системе. Чтобы проиллюстрировать это сближение с целевым рынком или конечной точкой сборки, географическое местоположение каждого выделенного поставщика услуг вышеупомянутого экземпляра показано на рис. 2.9. Поскольку предпосылка проблемы основана на сближении диаграммы операционного процесса (ОРС), следует ожидать, что в общей логистической схеме поток должен быть направлен на целевой рынок. Следовательно, по мере последовательного выполнения рабочего процесса (задача 1 → задача 2 → . . . → задача 6), распределенные поставщики услуг должны стремиться к определенному целевому рынку.



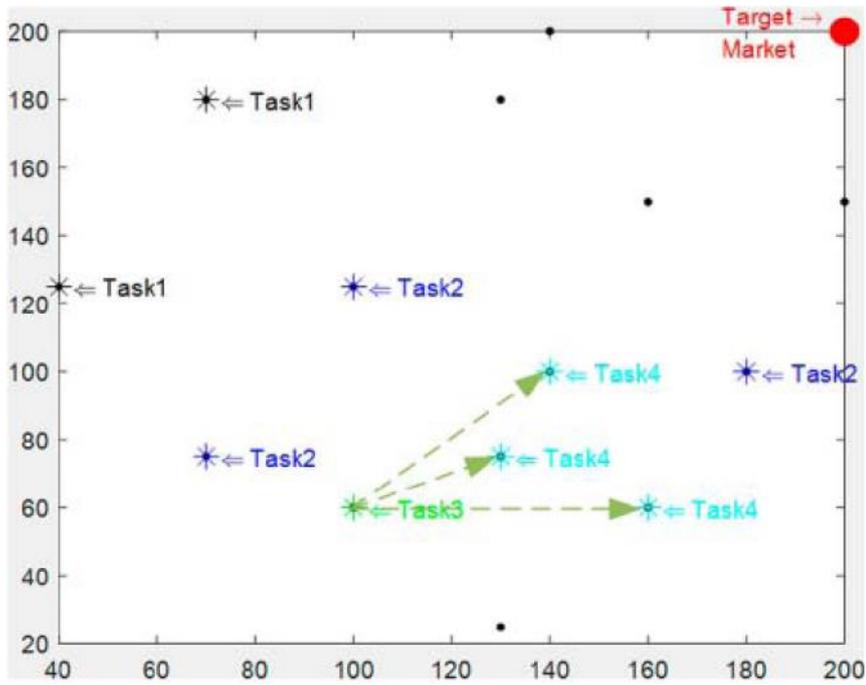
a)



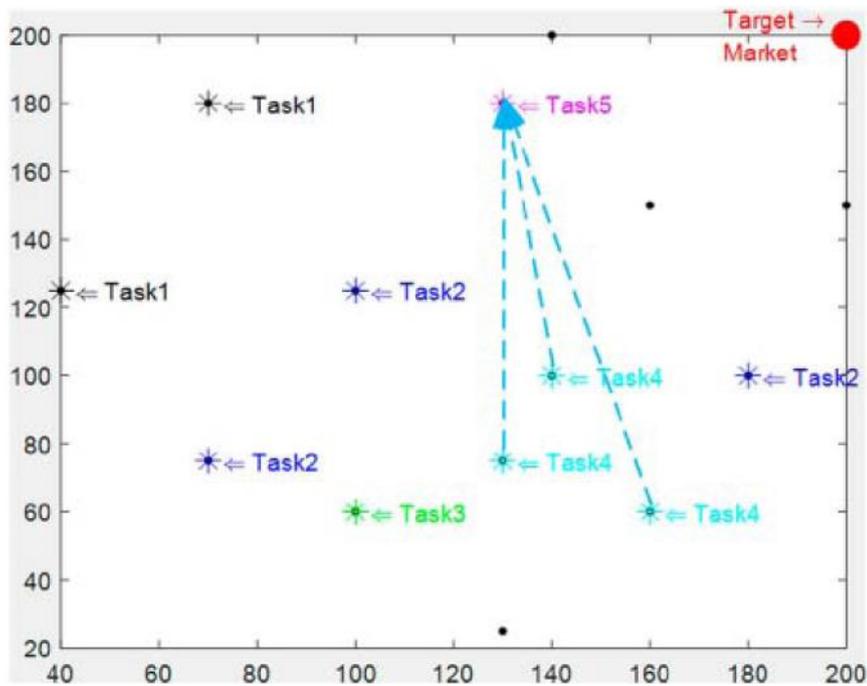
b)



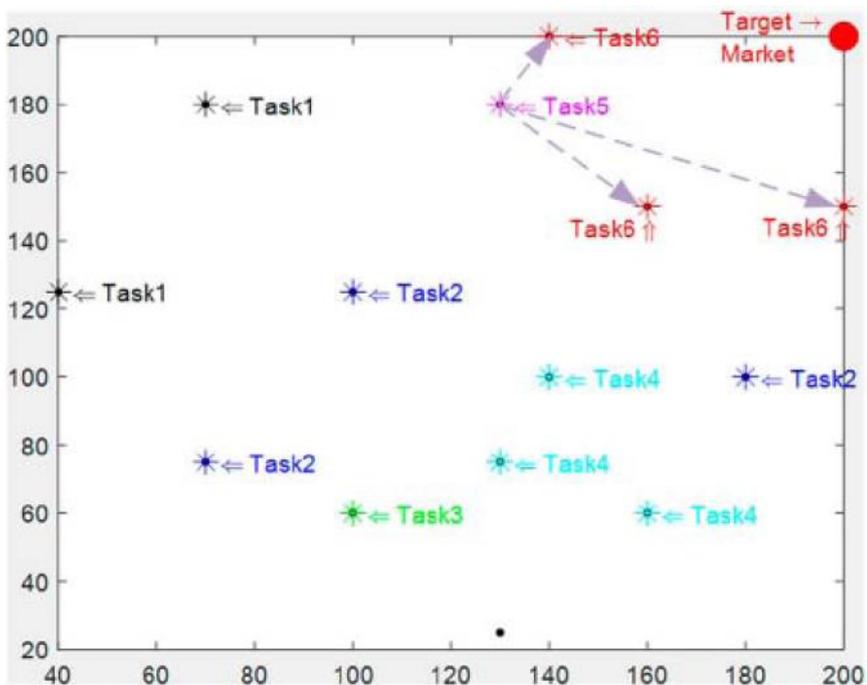
B)



Г)



Д)



е)

Рис. 2.9. Сближение распределенных сервис-провайдеров с целевой точкой: Task_i – i-е задание; Target market - цель

2.7. Анализ чувствительности

Чтобы более детально исследовать влияние энтропии облака, а также подтвердить достоверность предложенной модели, была проведена серия анализов чувствительности. Один анализ был направлен на изучение влияния отдельных целевых функций на проблему состава услуг, а другой - на изучение незначительных изменений, касающихся характеристик отдельных поставщиков услуг.

Начнем с того, что каждая целевая функция имеет свой собственный вес, который указывает на ее важность при принятии решений. Чем выше вес, тем выше важность целевой функции. В задаче, рассмотренной в разделе 2.6, обе целевые функции рассматриваются одинаково ($\varepsilon_1=0,5$, $\varepsilon_2=0,5$). Далее были рассмотрены два разных сценария:

а) Сценарий 1: целевая функция качества обслуживания (QoS) обладает большей важностью по сравнению с целевой функцией облачной энтропии, распределяющей задачи и связанных с ними поставщиков услуг (одноцелевое QoS; ($\varepsilon_1=0,9$, $\varepsilon_2=0,1$));

б. Сценарий 2: целевая функция энтропии облака обладает большей важностью по сравнению с целевой функцией качества обслуживания (QoS) ($\varepsilon_1=0,1$, $\varepsilon_2=0,9$). Другие характеристики задачи такие же, как у задачи, представленной в разделе 2.6.

Поскольку критерии качества обслуживания (QoS) имеют большее значение в сценарии 1, следует ожидать, что сложность проблемы состава обслуживания возрастет. Эта сложность может проявляться в двух формах: (а) несколько задач могут быть возложены на одного поставщика услуг; (б) для выполнения конкретной задачи несколькими поставщиками услуг необходимо сотрудничать друг с другом.

С другой стороны, сценарий 2 предлагает иную конфигурацию задачи, так что энтропия облака обладает большей важностью по сравнению с критериями QoS. Облачная энтропия не только сократила количество по-

ставщиков услуг, необходимых для выполнения задачи 2 и задачи 4, но и полностью устранила необходимость в многозадачном предоставлении услуг, что означает, что сеть снабжения находится в гораздо менее сложной ситуации по сравнению со сценарием 1.

Учитывая тот факт, что большинство многокритериальных задач включают в себя, по крайней мере, две целевые функции, которые антагонистичны друг другу, второй набор анализов чувствительности предназначен для изучения этих конфликтов между двумя целевыми функциями проблемы, а именно качеством обслуживания (QoS) и энтропией облака. Чтобы продемонстрировать эти конфликты, следует рассмотреть незначительные изменения в конфигурации задачи, чтобы целевая функция облачной энтропии сопротивлялась повышению качества обслуживания, чтобы поддерживать уровень сложности на более низком уровне.

На рис. 2.5 показано, что для выполнения задачи 5 можно рассмотреть несколько сценариев, таких как 7-й, 10-й поставщики услуг или 4-й поставщик услуг. Таким образом, рассматриваются три различных сценария: Сценарий 3 разработан таким образом, чтобы показатели QoS для обоих вышеупомянутых составов услуг были одинаковыми, следовательно, из-за природы энтропии облака будет выбран второй состав услуг. Сценарий 4 разработан таким образом, что показатели QoS для первого состава служб немного увеличиваются по сравнению со сценарием 3, но показатели QoS для второго состава служб остаются такими же, как и в сценарии 3. В этой ситуации ожидается, что облачная энтропия устоит против любых изменений в составе сервиса и снова выберет второй состав сервиса. Сценарий 5 описывает ситуацию, в которой показатели QoS первого состава сервиса значительно увеличиваются по сравнению со сценарием 3. Следовательно, ожидается, что в этом сценарии состав служб изменится на состав первой службы. Конфигурация задачи такая же, как и в задаче, опи-

санной в разделе 5, и целевая функция в равной степени участвует в принятии решений ($\varepsilon_1=0,5$, $\varepsilon_2=0,5$).

2.8. Выводы

Экономическая глобализация и глобализация организационных предприятий заставили предприятия трансформировать свои бизнес-процессы, чтобы выжить в конкурентной среде. Пытаясь соответствовать парадигме глобализации, организационные предприятия столкнулись с географически распределенными поставщиками по всему миру, что ставит перед организационными предприятиями задачу сложного планирования логистики в их сетях поставщиков. С внедрением таких парадигм, как Облачная организационная система, эта проблема превратилась в важную тему исследований. Облачная организационная система, как новая парадигма для обслуживающих сервисов, обеспечивает повсеместный, удобный сетевой доступ по требованию к общему пулу настраиваемых организационных ресурсов, таких как серверы, приложения, машины и сервисы, которые можно быстро приобрести с минимальными усилиями по управлению и взаимодействием с поставщиком услуг. Облачная организационная система предлагает ориентированную на обслуживание глобальную архитектуру, основанную на информационных технологиях (ИТ), в которой каждый организационный ресурс, распределенный по всему миру, выражается как услуга. В этом документе объединен контекст сервис-ориентированной архитектуры облачной организационной системы с глобальным логистическим планированием.

Это достигается с помощью модели планирования логистики сети взаимных поставщиков и структуры организационных услуг. Все организационные задачи и логистические операции были определены как услуга. Ключом к консолидации логистических и организационных операций является использование схемы операционного процесса (ОПС). В работе

предложена математическая модель, которая выбирает оптимальное решение для состава организационных и логистических услуг с целью снижения эксплуатационных и логистических затрат при реализации новой идеи конфигурируемой облачной энтропии.

Идея облачной энтропии позволила предложенной модели сконфигурировать сеть поставщиков организационных операций и логистических услуг. Идея облачной энтропии значительно отличается от обычных моделей состава услуг, основанных на качестве обслуживания (QoS), поскольку она позволяет конфигурировать как оперативную, так и стратегическую сеть логистических и организационных услуг. С операционной точки зрения ИТ может удовлетворять требованиям сети поставок, улучшая целевую функцию общих затрат, а в стратегической перспективе распределение поставщиков услуг управляется таким образом, чтобы снизить сложность логистических и организационных операций. В результате устойчивость облачной системы повысилась в долгосрочной перспективе. Кроме того, в работе был проведен всесторонний анализ чувствительности для изучения роли энтропии облака в модели взаимного распределения логистических и организационных услуг. 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, что означает, что сеть снабжения находится в гораздо менее сложной ситуации. Для дальнейших исследований в документе предлагается расширить модель для предприятий по производству нескольких продуктов и ОРС с несколькими вариантами выбора продуктов. Также приветствуются исследования по расширению модели, включающие затраты на логистику помимо операционных затрат с акцентом на совместное использование затрат на логистику. Более того, учитывая, что в этом документе возможности поставщиков услуг неограниченны, включая ограниченные возможности ресурсов, и

принимая во внимание логистику обслуживания нескольких организационных предприятий и организационные операции, настоятельно рекомендуется поддержка состава служб. Наконец, в работе рассматривалась взаимосвязь между задачами в области согласования спроса на услуги, однако могут быть проведены дальнейшие исследования, чтобы рассмотреть взаимосвязь между услугами и расширить модель, включив их в предлагаемую модель.

Источники к главе 2

- 2.1. Ahn, G., Y. J. Park, S. Hur. 2019. Performance Computation Methods for Composition of Tasks with Multiple Patterns in Cloud Manufacturing// *International Journal of Production Research* 57 (2): 517–530.
- 2.2. Akbaripour, H., M. Houshmand, O. F. Valilai. 2015. Cloud-Based Global Supply Chain: A Conceptual Model and Multilayer Architecture// *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 137 (4): 040913(1-6).
- 2.3. Akbaripour, H., M. Houshmand, T. van Woensel, N. Mutlu. 2018. Cloud Manufacturing Service Selection Optimization and Scheduling with Transportation Considerations: Mixed-integer Programming Models// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 95 (1–4): 43–70.
- 2.4. Alavudeen, A., N. Venkateshwaran. 2008. *Computer Integrated Manufacturing*. New Delhi: PHI Learning.
- 2.5. Asafuddoula, Md, Tapabrata Ray, Ruhul Sarker. 2015. A Decomposition-Based Evolutionary Algorithm for Many Objective Optimization// *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 19 (3): 445–460.
- 2.6. Assari, M., J. Delaram, O. F. Valilai. 2018. Mutual Manufacturing Service Selection and Routing Problem Considering Customer Clustering in Cloud Manufacturing// *Production & Manufacturing Research* 1–19. doi:10.1080/21693277.2018.1517056
- 2.7. Beuren, F. H., M. G. G. Ferreira, P. A. C. Miguel. 2013. Product-service Systems: A Literature Review on Integrated Products and Services// *Journal of Cleaner Production* 47: 222–231.
- 2.8. Bouzary, H., F. F. Chen. 2018. Service Optimal Selection and Composition in Cloud Manufacturing: A Comprehensive Survey// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 97 (1–4): 795–808.
- 2.9. Cao, Yang, Shilong Wang, Ling Kang, Yuan Gao. 2016. A TQCS-Based Service Selection and Scheduling Strategy in Cloud Manufacturing// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 82 (1–4): 235–251.
- 2.10. Chen, F., R. Dou, M. Li, H. Wu. 2016. A Flexible QoS-Aware Web Service Composition Method by Multi-Objective Optimization in Cloud Manufacturing// *Computers & Industrial Engineering* 99: 423–431.
- 2.11. Chen, W., I. Paik, P. C. Hung. 2015. Constructing a Global Social Service Network for Better Quality of Web Service Discovery// *IEEE Transactions on Services Computing* 8 (2): 284–298.
- 2.12. Chen, Y., X. Yao, D. Xu. 2010. Job Shop Scheduling with Profit and Entropy as Performance Measures// *Journal of Beijing University of Technology* 36 (10): 1305–1311.
- 2.13. Cheng, Y., F. Tao, D. Zhao, L. Zhang. 2017. Modeling of Manufacturing Service Supply–Demand Matching Hypernetwork in Service-Oriented

Manufacturing Systems// Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 45: 59–72.

2.14. Cheng, Y., D. Zhao, F. Tao, L. Zhang, Y. Liu. 2015. Complex Networks Based Manufacturing Service and Task Management in Cloud Environment// 2015 IEEE 10th conference on industrial electronics and applications (ICIEA), IEEE.

2.15. Chiu, C.-H., T.-M. Choi, H.-T. Yeung, Y. Zhao. 2012. Sales Rebate Contracts in Fashion Supply Chains// Mathematical Problems in Engineering 2012. doi:10.1155/2012/908408

2.16. Deb, K., A. Pratap, S. Agarwal, T. Meyarivan. 2002. A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II// IEEE Transactions on Evolutionary Computation 6 (2): 182–197.

2.17. Delaram, J., O. F. Valilai. 2016. Development of a Novel Solution to Enable Integration and Interoperability for Cloud Manufacturing// Procedia CIRP 52: 6–11.

2.18. Delaram, J., O. F. Valilai. 2017. A Novel Solution for Manufacturing Interoperability Fulfillment Using Interoperability Service Providers// Procedia CIRP 63: 774–779. doi:10.1016/j.procir.2017.03.141

2.19. Delaram, J., O. F. Valilai. 2018a. An Architectural Solution for Virtual Computer Integrated Manufacturing Systems Using ISO Standards// Scientia Iranica. doi:10.24200/SCI.22018.20799

2.20. Delaram, J., O. F. Valilai. 2018b. A Mathematical Model for Task Scheduling in Cloud Manufacturing Systems Focusing on Global Logistics// Procedia Manufacturing 17: 387–394. doi:10.1016/j.promfg.2018.10.061

2.21. Delaram, J., O. F. Valilai. 2018c. An Architectural View to Computer Integrated Manufacturing Systems Based on Axiomatic Design Theory// Computers in Industry 100: 96–114. doi:10.1016/j.compind.2018.04.009

2.22. Díaz-Madroño, M., D. Peidro, J. Mula. 2015. A Review of Tactical Optimization Models for Integrated Production and Transport Routing Planning Decisions// Computers & Industrial Engineering 88: 518–535.

2.23. Dondo, R., J. Cerdá. 2015. The Heterogeneous Vehicle Routing and Truck Scheduling Problem in a Multi-Door Cross-Dock System// Computers & Chemical Engineering 76: 42–62.

2.24. D'Souza, R. G., K. C. Sekaran, A. Kandasamy. 2010. Improved NSGA-II Based on a Novel Ranking Scheme// arXiv preprint arXiv:1002.4005.

2.25. Dutta, P., D. Das, F. Schultmann, M. Fröhling. 2016. Design and Planning of a Closed-Loop Supply Chain with ThreeWay Recovery and buy-Back Offer// Journal of Cleaner Production 135: 604–619.

2.26. Fan, Y., D. Zhao, L. Zhang, S. Huang, B. Liu. 2003. Manufacturing Grid: Needs, Concept, and Architecture// In International Conference on Grid and Cooperative Computing, 653–656. Berlin: Springer.

- 2.27. Gembicki, F., Y. Haimes. 1975. Approach to Performance and Sensitivity Multiobjective Optimization: The Goal Attainment Method// *IEEE Transactions on Automatic Control* 20 (6): 769–771.
- 2.28. Hao, Y., Y. Fan, J. Zhang. 2019. Service Recommendation Based on Description Reconstruction in Cloud Manufacturing// *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 32 (3): 294–306.
- 2.29. Hosseini, B., B. Tan. 2019. Modelling and Analysis of a Cooperative Production Network// *International Journal of Production Research* 1–22. doi:10.1080/00207543.2019.1571254
- 2.30. Jo, H. H., H. R. Parsaei, W. G. Sullivan. 1993. Principles of Concurrent Engineering// In *Concurrent Engineering*, 3–23. Boston, MA: Springer.
- 2.31. Kanagarajan, D., R. Karthikeyan, K. Palanikumar, J. Paulo Davim. 2008. Optimization of Electrical Discharge Machining Characteristics of WC/Co Composites Using Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II)// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 36 (11-12): 1124–1132.
- 2.32. Khanam, R., R. R. Kumar, C. Kumar. 2018. QoS Based Cloud Service Composition with Optimal Set of Services Using PSO// In *2018 4th International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT)*, 1–6. Dhanbad: IEEE.
- 2.33. Kim, H. K., J. K. Kim, Y. U. Ryu. 2009. Personalized Recommendation Over a Customer Network for Ubiquitous Shopping// *IEEE Transactions on Services Computing* 2 (2): 140–151.
- 2.34. Klein, A., F. Ishikawa, S. Honiden. 2010. Efficient QoS-aware Service Composition with a Probabilistic Service Selection Policy// In *International Conference on Service-Oriented Computing*, 182–196. Berlin: Springer.
- 2.35. Koziel, S., X.-S. Yang. 2011. *Computational Optimization, Methods and Algorithms*. Vol. 356. Berlin: Springer.
- 2.36. Lartigau, J., X. Xu, L. Nie, D. Zhan. 2015. Cloud Manufacturing Service Composition Based on QoS with Geo-perspective Transportation Using an Improved Artificial Bee Colony Optimisation Algorithm// *International Journal of Production Research* 53(14): 4380–4404.
- 2.37. Li, Haibo, Keith C. C. Chan, Mengxia Liang, Xiangyu Luo. 2016. Composition of Resource-Service Chain for Cloud Manufacturing// *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 12 (1): 211–219.
- 2.38. Li, Ke, Sam Kwong, Qingfu Zhang, Kalyanmoy Deb. 2015. Interrelationship-based Selection for Decomposition Multiobjective Optimization// *IEEE Transactions on Cybernetics* 45 (10): 2076–2088.
- 2.39. Li, Shancang, Li Da Xu, Shanshan Zhao. 2018. 5G Internet of Things: A Survey// *Journal of Industrial Information Integration* 10: 1–9. doi:10.1016/j.jii.2018.01.005
- 2.40. Li, Y., X. Yao, J. Zhou. 2016. Multi-objective Optimization of Cloud Manufacturing Service Composition with Cloud-Entropy Enhanced Ge-

netic Algorithm// *Strojniški Vestnik-Journal of Mechanical Engineering* 62 (10): 577–590.

2.41. Li, Hui, Qingfu Zhang. 2009. Multiobjective Optimization Problems with Complicated Pareto Sets, MOEA/D and NSGA-II// *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 13 (2): 284–302.

2.42. Li, B.-H., L. Zhang, S.-L. Wang, F. Tao, J. Cao, X. Jiang, X. Song, X. Chai. 2010. Cloud Manufacturing: A New Service-Oriented Networked Manufacturing Model// *Computer Integrated Manufacturing Systems* 16 (1): 1–7.

2.43. Li, Wenxiang, Chunsheng Zhu, Laurence T. Yang, Lei Shu, Edith C.-H. Ngai, Yajie Ma. 2017. Subtask Scheduling for Distributed Robots in Cloud Manufacturing// *IEEE Systems Journal* 11 (2): 941–950.

2.44. Liu, X., W. Tan. 2014. A Model of Competitive Hybrid Granularity Manufacturing Resource and Its Unify Cloud Service Modeling// In *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 670, 1556–1561. Switzerland: Trans Tech Publications.

2.45. Liu, Y., X. Xu, L. Zhang, L. Wang, R. Y. Zhong. 2017. Workload-based Multi-Task Scheduling in Cloud Manufacturing// *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 45: 3–20.

2.46. Marler, R. Timothy, Jasbir S. Arora. 2004. Survey of Multi-Objective Optimization Methods for Engineering// *Structural and Multidisciplinary Optimization* 26 (6): 369–395.

2.47. Martínez-Olvera, C. 2008. Entropy as an Assessment Tool of Supply Chain Information Sharing// *European Journal of Operational Research* 185 (1): 405–417.

2.48. Matt, D. T., E. Rauch, P. Dallasega. 2015. Trends Towards Distributed Manufacturing Systems and Modern Forms for Their Design// *Procedia CIRP* 33: 185–190.

2.49. Naseri, M., S. A. Ludwig. 2013. Automatic Service Composition Using POMDP and Provenance Data// 2013 IEEE symposium on computational intelligence and data mining (CIDM), IEEE.

2.50. Palsule-Desai, O. D. 2013. Supply Chain Coordination Using Revenue-Dependent Revenue Sharing Contracts// *Omega* 41 (4): 780–796.

2.51. Que, Y., W. Zhong, H. Chen, X. Chen, X. Ji. 2018. Improved Adaptive Immune Genetic Algorithm for Optimal QoS-Aware Service Composition Selection in Cloud Manufacturing// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 96 (9–12): 4455–4465.

2.52. Raj, T. S., S. Lakshminarayanan. 2010. Entropy-based Optimization of Decentralized Supply-Chain Networks// *Industrial & Engineering Chemistry Research* 49 (7): 3250–3261.

2.53. Ramacher, René, Lars Mönch. 2014. Robust Multi-Criteria Service Composition in Information Systems// *Business & Information Systems Engineering* 6 (3): 141–151.

- 2.54. Ren, Minglun, Lei Ren, Hemant Jain. 2018. Manufacturing Service Composition Model Based on Synergy Effect: A Social Network Analysis Approach// *Applied Soft Computing* 70: 288–300.
- 2.55. Shen, W., Q. Hao, S. Wang, Y. Li, H. Ghenniwa. 2007. An Agent-Based Service-Oriented Integration Architecture for Collaborative Intelligent Manufacturing// *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 23 (3): 315–325.
- 2.56. Strunk, A. 2010. QoS-aware Service Composition: A Survey// In 2010 Eighth IEEE European Conference on Web Services, 67–74. Ayia Napa: IEEE.
- 2.57. Tao, F., Y. Cheng, L. Zhang, A. Y. Nee. 2017. Advanced Manufacturing Systems: Socialization Characteristics and Trends// *Journal of Intelligent Manufacturing* 28 (5): 1079–1094.
- 2.58. Tao, F., L. Zhang, Y. Liu, Y. Cheng, L. Wang, X. Xu. 2015. Manufacturing Service Management in Cloud Manufacturing: Overview and Future Research Directions// *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 137 (4): 040912.
- 2.59. Thekinen, J., J. H. Panchal. 2017. Resource Allocation in Cloud-Based Design and Manufacturing: A Mechanism Design Approach// *Journal of Manufacturing Systems* 43: 327–338.
- 2.60. Tian, S., Q. Liu, W. Xu, J. Yan. 2013. A Discrete Hybrid Bees Algorithm for Service Aggregation Optimal Selection in Cloud Manufacturing// In *International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning*, 110–117. Berlin: Springer.
- 2.61. Ul Hassan, Jawad, Peihan Wen, Pan Wang, Qian Zhang, Farrukh Saleem, M. Usman Nisar. 2018. Dynamic Model for Service Composition and Optimal Selection in Cloud Manufacturing Environment// In *Recent Advances in Intelligent Manufacturing*, 50–60. Singapore: Springer.
- 2.62. Valilai, O. F., M. Houshmand. 2010. INFELT STEP: An Integrated and Interoperable Platform for Collaborative CAD/CAPP/CAM/CNC Machining Systems Based on STEP Standard// *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 23 (12): 1095–1117. doi:10.1080/0951192X.2010.527373
- 2.63. Valilai, O. F., M. Houshmand. 2013. A Collaborative and Integrated Platform to Support Distributed Manufacturing System Using a Service-Oriented Approach Based on Cloud Computing Paradigm// *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 29 (1): 110–127.
- 2.64. Valilai, O. F., M. Houshmand. 2014a. Depicting Additive Manufacturing From a Global Perspective; Using Cloud Manufacturing Paradigm for Integration and Collaboration// *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 229 (12): 2216–2237. doi:10.1177/0954405414546706
- 2.65. Valilai, O. F., M. Houshmand. 2014b. A Manufacturing Ontology Model to Enable Data Integration Services in Cloud Manufacturing Using Axi-

omatic Design Theory// Cloud-Based Design and Manufacturing (CBDM) 179–206. doi:10.1007/978-3-319-07398-9_7.

2.66. Wang, X., Y. Wang, L. Wang. 2004. Improving Fuzzy c-Means Clustering Based on Feature-Weight Learning// Pattern Recognition Letters 25 (10): 1123–1132.

2.67. Wang, Z., M. Zhang, H. Sun, G. Zhu. 2016. Effects of Standardization and Innovation on Mass Customization: An Empirical Investigation// *Technovation* 48-49: 79–86.

2.68. Wenyu, Zhang, Yushu Yang, Shuai Zhang, Dejian Yu, Yacheng Li. 2017. Correlation-aware Manufacturing Service Composition Model Using an Extended Flower Pollination Algorithm// *International Journal of Production Research* 56 (14): 4676–4691.

2.69. Winkelhaus, S., E. H. Grosse. 2019. Logistics 4.0: A Systematic Review Towards a New Logistics System// *International Journal of Production Research* 1–26. doi:10.1080/00207543.2019.1612964.

2.70. Wu, D., M. J. Greer, D. W. Rosen, D. Schaefer. 2013. Cloud Manufacturing: Strategic Vision and State-of-the-art// *Journal of Manufacturing Systems* 32 (4): 564–579.

2.71. Wu, D., D. W. Rosen, L. Wang, D. Schaefer. 2015. Cloud-based Design and Manufacturing: A New Paradigm in Digital Manufacturing and Design Innovation// *Computer-Aided Design* 59: 1–14.

2.72. Xiang, Feng, GuoZhang Jiang, LuLu Xu, NianXian Wang. 2016. The Case-Library Method for Service Composition and Optimal Selection of big Manufacturing Data in Cloud Manufacturing System// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84 (1-4): 59–70.

2.73. Xiong, H., B. Chen, J. Xie. 2011. A Composite Contract Based on Buy Back and Quantity Flexibility Contracts// *European Journal of Operational Research* 210 (3): 559–567.

2.74. Xu X. 2012. From Cloud Computing to Cloud Manufacturing// *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 28 (1): 75–86.

2.75. Xu Li Da, Wu He, Shancang Li. 2014. Internet of Things in Industries: A Survey// *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 10 (4): 2233–2243.

2.76. Xu X., Z. Liu, Z. Wang, Q. Z. Sheng, J. Yu, X. Wang. 2017. S-ABC: A Paradigm of Service Domain-Oriented Artificial Bee Colony Algorithms for Service Selection and Composition// *Future Generation Computer Systems* 68: 304–319.

2.77. Xue Xiao, Shufang Wang, Baoyun Lu. 2016. Manufacturing Service Composition Method Based on Networked Collaboration Mode// *Journal of Network and Computer Applications* 59: 28–38.

2.78. Yang C., W. Shen, T. Lin, X. Wang. 2016. IoT-enabled Dynamic Service Selection Across Multiple Manufacturing Clouds// *Manufacturing Letters* 7: 22–25.

- 2.79. Yang C., Z. J. Wang. 2013. Research on the Cloud Manufacturing Service Discovery for Industry Manufacturing System Based on Ontology// In *Advanced Materials Research*. Vol. 712, 2639–2643. Trans Tech Publications.
- 2.80. Yao, C.-f., D.-H. Zhang, K. Bu, W.-H. Wang, J.-X. Ren. 2008. Networked Manufacturing Resources Modeling and Information Integration Based on Physical Manufacturing Unit// *Computer Integrated Manufacturing Systems* 4: 008.
- 2.81. Zhang D. Z. 2011. Towards Theory Building in Agile Manufacturing Strategies-Case Studies of an Agility Taxonomy// *International Journal of Production Economics* 131 (1): 303–312.
- 2.82. Zhang Ming, Chunquan Li, Yuling Shang, Cailin Li. 2018. Research on Resource Service Matching in Cloud Manufacturing// *Manufacturing Letters* 15: 50–54.
- 2.83. Zheng Hao, Yixiong Feng, Jianrong Tan. 2017. A Hybrid Energy-Aware Resource Allocation Approach in Cloud Manufacturing Environment// *IEEE Access* 5: 12648–12656.
- 2.84. Zitzler Eckart, Marco Laumanns, Lothar Thiele. 2001. SPEA2: Improving the Strength Pareto Evolutionary Algorithm// TIK-report 103.
- 2.85. Zitzler Eckart, Lothar Thiele. 1999. Multiobjective Evolutionary Algorithms: A Comparative Case Study and the Strength Pareto Approach// *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 3 (4): 257–271.

3. Управление структурой организационных систем на основе преобразований масштаба в облачных средах

3.1. Оптимизация организационной структуры на основе данных: кластеризация с переменным масштабом

3.1.1. Постановка задачи

В работе рассматривается задача оптимизации организационной структуры, управляемой данными, на основе теории преобразований масштаба. Основные выводы заключаются в следующем. Во-первых, анализируются преимущества теории трансформации масштаба, которая могла бы обогатить существующую теоретическую систему анализа больших данных за счет создания механизма анализа данных с переменным масштабом без учета сценариев, человеческого фактора и маркировки. Во-вторых, после определения уровня масштабирования многомасштабного набора данных предлагается метод обнаружения уровня масштабирования, основанный на кластеризации с переменным масштабом (SLD-VSC). Чтобы определить оптимальный уровень масштабирования, в процессе определения уровня масштабирования управления используются две стратегии преобразования масштаба. Наконец, тестируется точность и эффективность предлагаемого алгоритма SLD-VSC в контексте сегментации клиентов с использованием четырех классических показателей оценки. По сравнению с традиционным алгоритмом одномасштабной кластеризации SLD-VSC позволяет получать более точные результаты кластеризации при высокой эффективности. Результаты экспериментов также показывают, что SLD-VSC может напрямую помочь предприятиям улучшить свою организационную структуру, определив оптимальные уровни масштабирования управления.

3.1.2. Исследование управления уровнем масштаба

Управление уровнем масштаба

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 $\exists A^\lambda : A^\lambda = \{A_1^\lambda, \dots, A_n^\lambda\}, \lambda=1, 2, \dots, r$; 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 $SL = \{A_i^\lambda\}$, 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 $\prod_{\lambda=1}^r n^\lambda$ разных уровней масштабирования.

Стратегия преобразования масштаба (STS) используется для определения того, какой уровень масштаба подходит для анализа данных с переменным масштабом. Поскольку аналитики данных имеют очевидные поведенческие предпочтения при принятии решений в процессе CRISP-DM, первоначальная стратегия преобразования шкалы подразделяется на два типа: оптимистическую стратегию преобразования шкалы (OSTS) и пессимистическую стратегию преобразования шкалы (PSTS).

Поиск уровня масштаба на основе преобразования масштаба

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

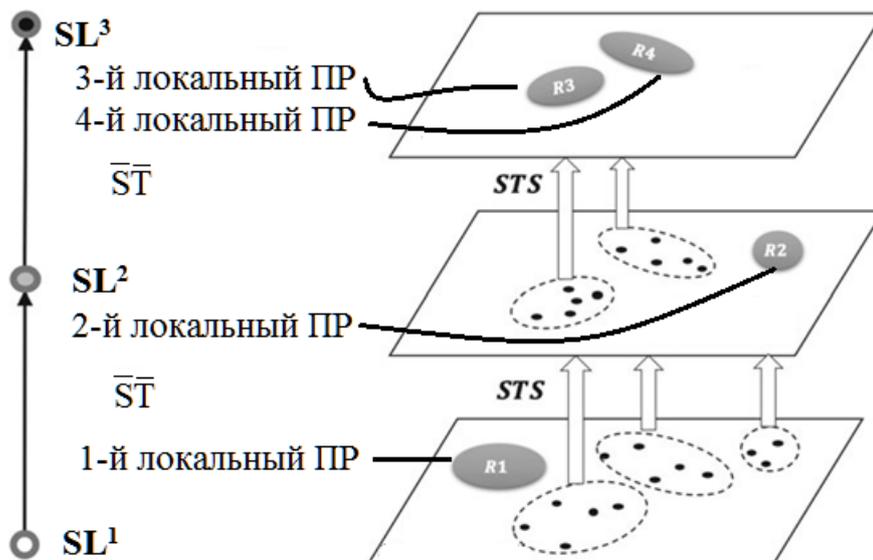


Рис. 3.1. Пример: процесс трансформации масштаба (\overline{ST}): ПР – подходящий результат

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 .

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 со-

здать 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 одной (мета) кластеризации.

3.1.3. Результаты эксперимента и их обсуждение

В этом разделе описан численный эксперимент для проверки точности и эффективности предложенного метода SLD-VSC. Цель эксперимента - разделить клиентов на различные кластеры с четкими уровнями управления, что могло бы помочь предприятию нанять соответствующее количество менеджеров по работе с клиентами и разработать различные маркетинговые стратегии.

В таблице 3.1 показан результат подготовки данных D^S для одномасштабного набора данных о клиентах, который включает двадцать пять клиентов U , четыре атрибута клиента $A^S = \{A^1, A^2, A^3, A^4\}$ и один атрибут цели управления d .

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 $\{C_1^1, C_1^2, C_1^3, C_0^4\}$ (табл. 3.1).

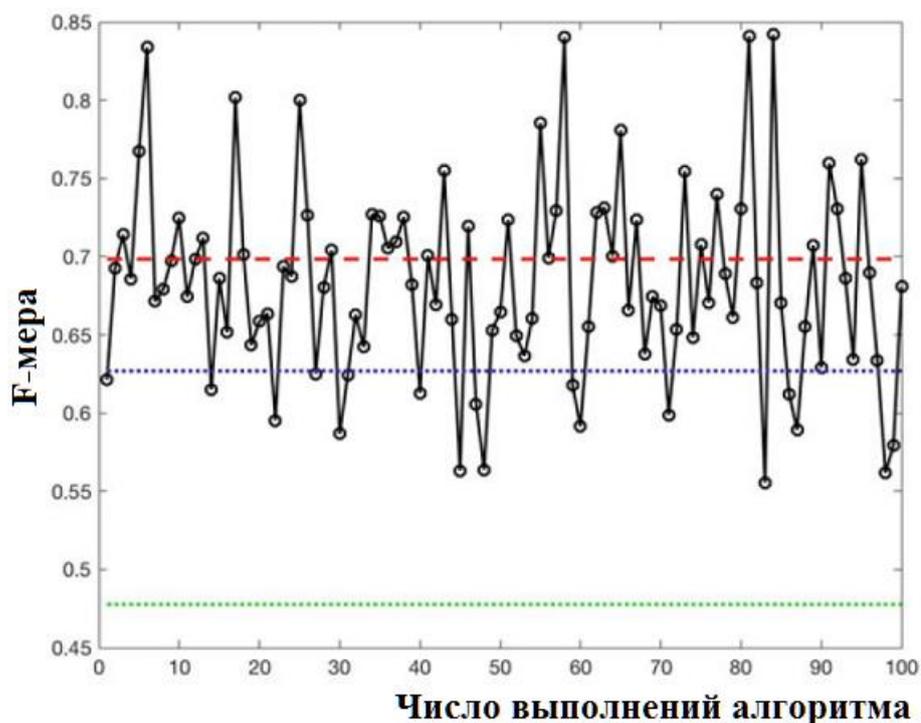
Таблица 3.1

Многомасштабный набор данных о клиентах

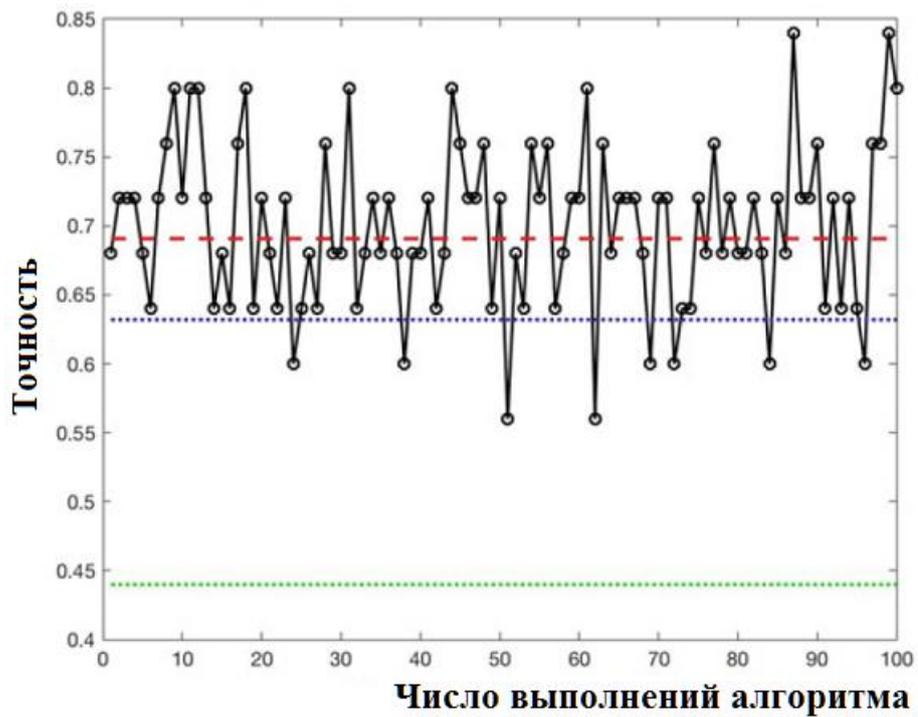
U	C_0^1	C_1^1	C_2^1	C_0^2	C_1^2	C_2^2	C_0^3	C_1^3	C_2^3	C_0^4	C_1^4	D
x ₁	a	B	1	a	A	0	a	D	1	a	1	+
x ₂	c	D	1	c	A	0	c	C	2	b	0	*
x ₃	b	B	1	b	A	0	c	C	2	a	1	+
x ₄	d	D	1	e	C	0	d	A	2	a	1	/
x ₅	c	D	1	d	A	0	c	C	2	a	1	*
x ₆	e	C	0	f	C	0	b	E	1	b	0	#
x ₇	d	D	1	e	C	0	c	C	2	b	0	*
x ₈	g	A	0	g	B	1	e	B	0	c	0	\
x ₉	f	A	0	f	C	0	e	B	0	a	1	/
x ₁₀	g	A	0	f	B	1	f	B	0	d	0	\
x ₁₁	g	A	0	f	C	0	d	A	2	c	0	\
x ₁₂	f	A	0	f	C	0	a	D	1	b	0	#
x ₁₃	e	C	0	f	C	0	d	A	2	a	1	#
x ₁₄	a	B	1	a	A	0	a	D	1	a	1	+
x ₁₅	b	B	1	c	A	0	c	C	2	a	1	*
x ₁₆	c	D	1	d	A	0	b	E	1	b	0	-
x ₁₇	e	C	0	e	C	0	d	A	2	b	0	#
x ₁₈	g	A	0	f	B	1	f	B	0	d	0	\
x ₁₉	g	A	0	f	B	1	e	B	0	d	0	\
x ₂₀	c	D	1	e	C	0	b	E	1	a	1	/
x ₂₁	d	D	1	e	C	0	a	D	1	a	1	/
x ₂₂	b	B	1	b	A	0	b	E	1	b	0	-
x ₂₃	a	B	1	b	A	0	b	E	1	a	1	+
x ₂₄	e	C	0	f	C	0	c	C	2	a	1	#
x ₂₅	f	A	0	g	B	1	e	B	0	b	0	\

На рис. 3.2 показаны результаты эксперимента по сегментации кли-

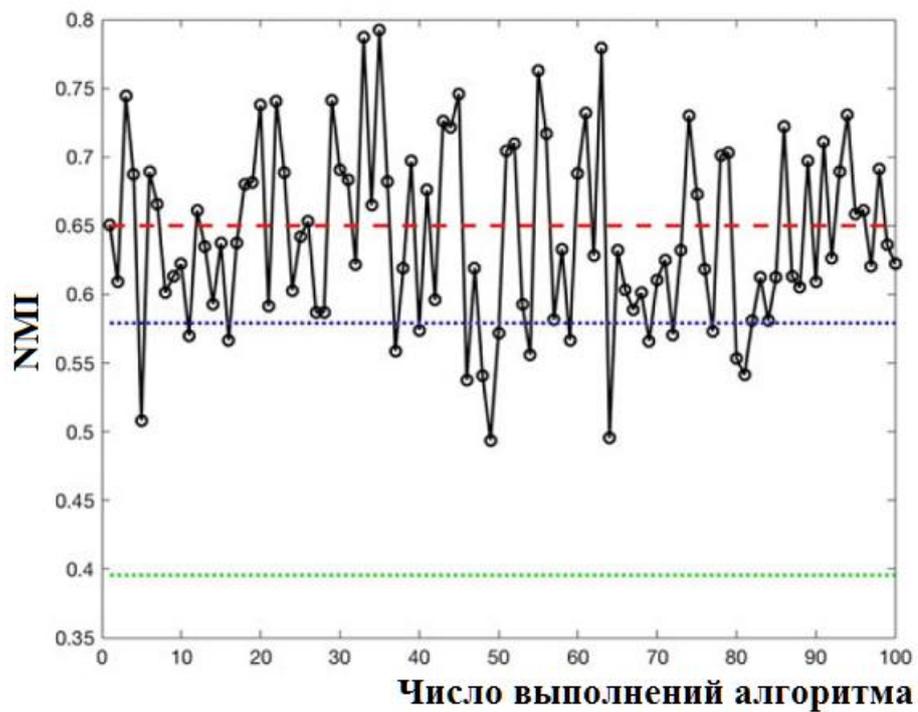
ентов. С одной стороны, для оценки точности SLD-VSC используются четыре классических показателя (например, F-мера, точность, NMI и RI). С другой стороны, эксперименты повторяются сто раз по каждому показателю, чтобы проверить эффективность LSD-VSC (см. сплошную линию на рис. 3.2). Кроме того, с помощью 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.



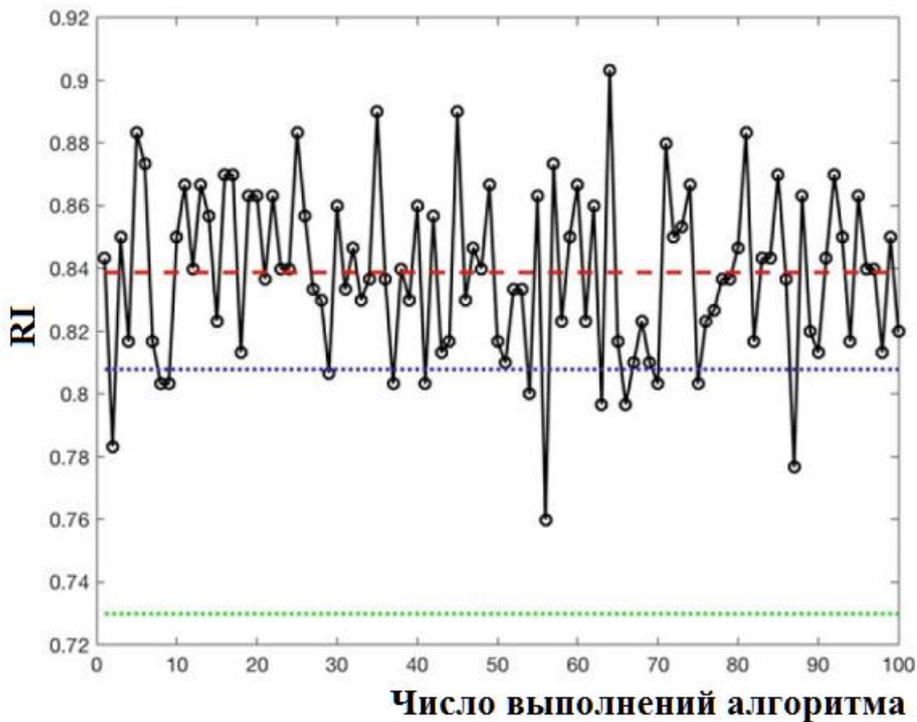
а) Оценочный показатель: F-мера



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

Поскольку сплошная линия продолжает находиться над нижней горизонтальной линией, экспериментальные результаты показывают, что точность SLD-VSC выше, чем самая низкая производительность традиционного алгоритма кластеризации. Поскольку сплошная линия в большинстве случаев находится выше средней горизонтальной линии, а иногда даже выше самой высокой горизонтальной линии, это подтверждает высокую эффективность SLD-VSC.

3.2. Алгоритмизация кластеризации большого набора данных о гетерогенной сети организационной системы на основе облачных вычислений

3.2.1. Состояние проблемы

Кластерный анализ изучался в течение многих лет и сформировал

систему систематических методов [3.16]. Кластеризация - это метод машинного обучения без контроля, который использует группу физических или абстрактных объектов. По степени сходства между собой они делятся на несколько групп, чтобы сходство объектов данных в одной группе было как можно больше, а сходство объектов данных в разных группах - как можно меньше [3.17]. Однако единый алгоритм кластеризации имеет проблемы, связанные с нестабильностью результатов и большой случайностью. Существующие исследования, как правило, объединяют результаты кластеризации больших массивов данных, чтобы преодолеть недостатки кластеризации.

В последние годы появились исследования по кластеризации частных наборов данных в гетерогенных сетях [3.18], и они привлекли широкое внимание представителей всех слоев общества. Однако вопрос о том, как сгенерировать оптимальный набор данных для кластеризации и выбрать наилучшую стратегию объединения, особенно алгоритм объединения кластеров для больших наборов данных с классификационными атрибутами, по-прежнему остается нерешенной проблемой. Следовательно, необходимо провести исследование по созданию и майнингу участников кластера, чтобы получить наилучшие результаты кластеризации.

В работе предлагается исследование алгоритма кластеризации большого набора данных, основанного на облачных вычислениях, для обеспечения конфиденциальности гетерогенной сети, и дается метод и стратегия объединения большого набора данных. Сначала атрибуты каждого большого набора данных разделяются в соответствии со значением, а затем собираются и извлекаются признаки для получения исходных элементов кластера. Затем путем постоянной корректировки и интеллектуального анализа данных получаются оптимальные результаты алгоритма объединения в кластеры. Для проверки работоспособности алгоритма кластеризации больших наборов данных о конфиденциальности гетерогенной сети на ос-

нове облачных вычислений, разработанного в данной статье, была проведена экспериментальная демонстрация. Результаты экспериментов показывают, что алгоритм кластеризации больших массивов данных, основанный на облачных вычислениях, может улучшить эффект кластеризации данных и обеспечить точность результатов кластеризации, что является чрезвычайно эффективным.

3.2.2. Разработка алгоритма кластеризации больших массивов данных

Распределенная матрица большого набора данных используется в качестве входного набора алгоритма кластеризации облачных вычислений, и коэффициенты признаков для каждого столбца в матрице соответственно вычисляются по паре признаков данных. И сравнивает матричные характеристики каждого набора больших данных в пределах заданного порогового значения, а также определяет, является ли количество точек вокруг точки, превышающее пороговое значение, больше, чем количество объектов данных. Если характеристический коэффициент точки и любой другой точки больше, чем у матричного объекта, а количество объектов вокруг нее и ее характеристический коэффициент больше или равны матричному объекту, то точка является основной точкой данных, а все точки с той же плотностью, что и основная точка относятся к одному типу, а другой тип - это точка шума.

Используя интеллектуальный анализ всех данных об общих характеристиках в наборе больших данных, сбор и извлечение характеристик общих данных, технологию облачных вычислений, анализируя возможности кластеризации наборов больших данных для выполнения расчета кластеризации больших наборов данных, алгоритм кластеризации на основе облачных вычислений показан на рис. 3.3.

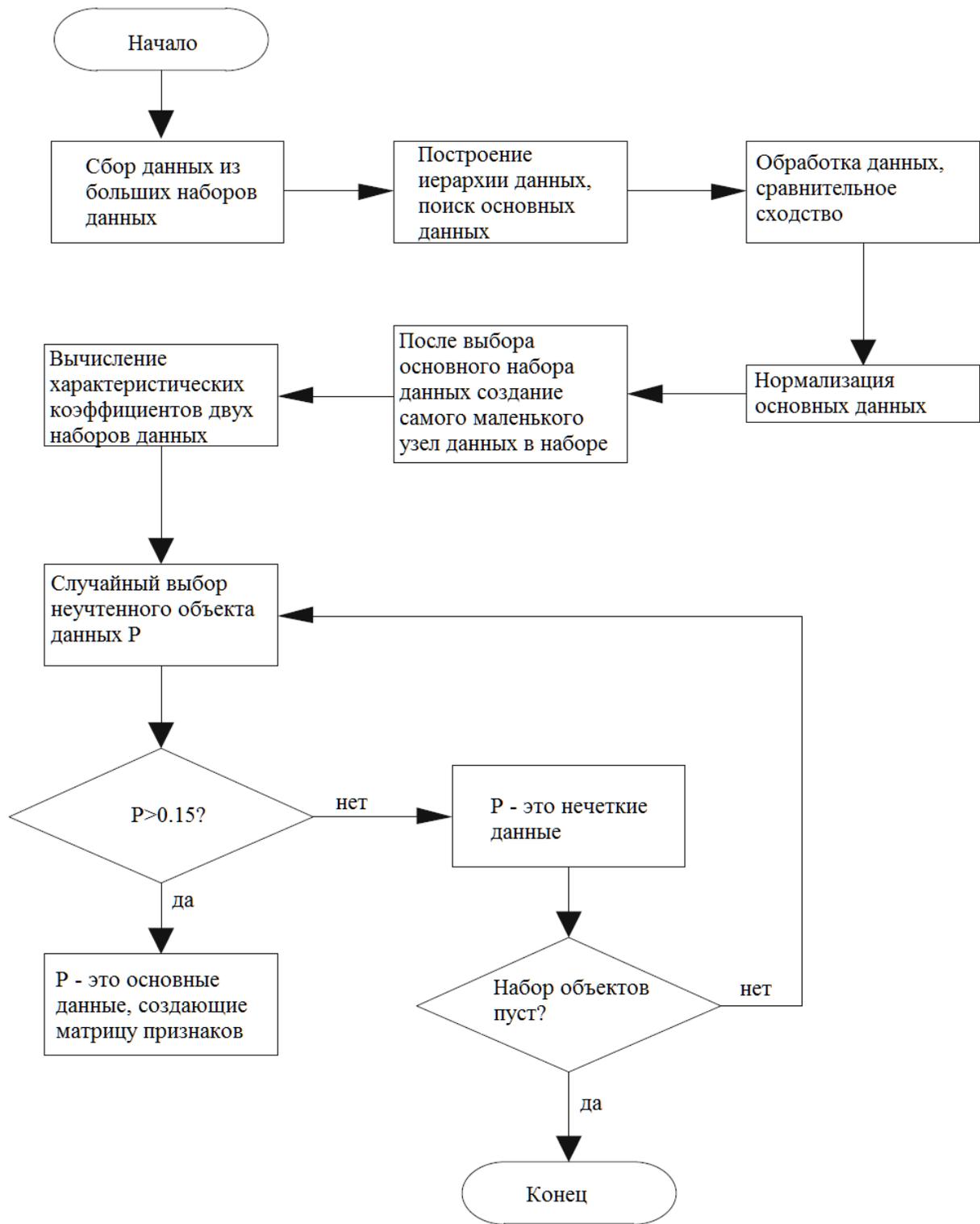


Рис. 3.3. Структурная схема алгоритма кластеризации на основе об-
 лачных вычислений

3.2.3. Сбор и извлечение функций большого набора данных

Предположим, что имеется n точек данных $X = \{x_1; x_2; x_3; \dots; x_n\}$, которые содержат m атрибутов, i -й атрибут имеет k_i различных значений, а i -й атрибут имеет вес ω_i . В данной работе используется самый простой и понятный метод генерации элементов кластера [3.19], то есть путем разделения значений атрибутов функциональное выражение правила разделения атрибутов R_i для i -го большого набора данных имеет вид:

$$R_i = |C_{i,1}; C_{i,2}; C_{i,3}; \dots; C_{i,j}|, 1 \leq i \leq m \quad (3.1)$$

где $C_{i,j}$ представляет j -ю характеристику данных результата сегментации,

$$\sum_{i=1}^m \omega_i = 1.$$

Основываясь на литературе [3.20], данные по каждому атрибуту делятся на элементы кластера, и используется унифицированный метод для разделения различных подмножеств данных для получения характерной взаимосвязи между элементами кластера.

Таким образом, могут быть получены результаты кластеризации $R = \{R_1; R_2; R_3; \dots; R_m\}$ из m элементов кластера, и каждый элемент кластера R_i имеет признаки матрицы k_i .

Метод сбора признаков для определения сходства [3.21] относится к процессу сбора метаданных в большом наборе данных, представляющем конфиденциальность гетерогенных сетей. Путем построения матрицы признаков определяется метод комбинированного разбиения на кластеры нескольких больших наборов данных, и сходство между любыми двумя точками данных используется для описания и определения признаков кластеризации больших наборов данных. Прежде всего, мы должны использовать технологию облачных вычислений для извлечения функций из больших массивов конфиденциальных данных в гетерогенных сетях и классификации их в соответствии с их характеристиками [3.22]. Во-вторых, представлены содержательные характеристики метаданных, и метаданные рассмат-

риваются как векторное пространство, генерируемое набором ортогональных условий конфиденциальности в гетерогенной сети. Если t_i рассматривается как терм, $w_i(d)$ рассматривается как вес t_i в метаданных d , и каждое метаданное d может рассматриваться как нормализованный вектор признаков $V(d)=(t_{1i}, w_i(d)); (t_{2i}, w_i(d)); \dots, (t_{ni}, w_i(d))$. В общем, все данные, появляющиеся в d , рассматриваются как $t_i, w_i(d)$ определяется как функция частоты $tf_i(d)$, с которой t_i принадлежат d , т.е. $w_i(d)=\vartheta(tf_i(d))$. Функция частоты извлекается для получения характеристической функции большого набора данных:

$$\vartheta = \begin{cases} 1, & tf_i(R_i, d) \geq 1 \\ 0, & tf_i(R_i, d) < 1 \end{cases}$$

Функция большого набора данных обрабатывается аналогичным образом для подготовки к следующему процессу интеллектуального анализа данных.

3.2.4. Интеллектуальный анализ больших массивов данных на основе облачных вычислений

Прежде всего, используя технологию облачных вычислений, случайным образом извлекаем элементы метаданных и преобразуем частный набор данных в структурированные данные, которые могут описывать содержимое метаданных. Затем используем кластерный анализ набора больших данных, чтобы сформировать структурированное дерево метаданных и определить новую концепцию набора больших данных в соответствии со структурой и получить соответствующую логическую взаимосвязь. Процесс интеллектуального анализа больших данных на основе облачных вычислений показан на рис. 3.4.

Поскольку объем данных в частном большом наборе данных в гетерогенной сети очень велик, размерность, используемая для представления вектора признаков метаданных, также очень велика и может достигать де-

сятков тысяч измерений. Следовательно, необходимо извлечь сетевой терм с более высоким весом в качестве элемента признака из метаданных, чтобы достичь цели уменьшения размерности вектора признаков.

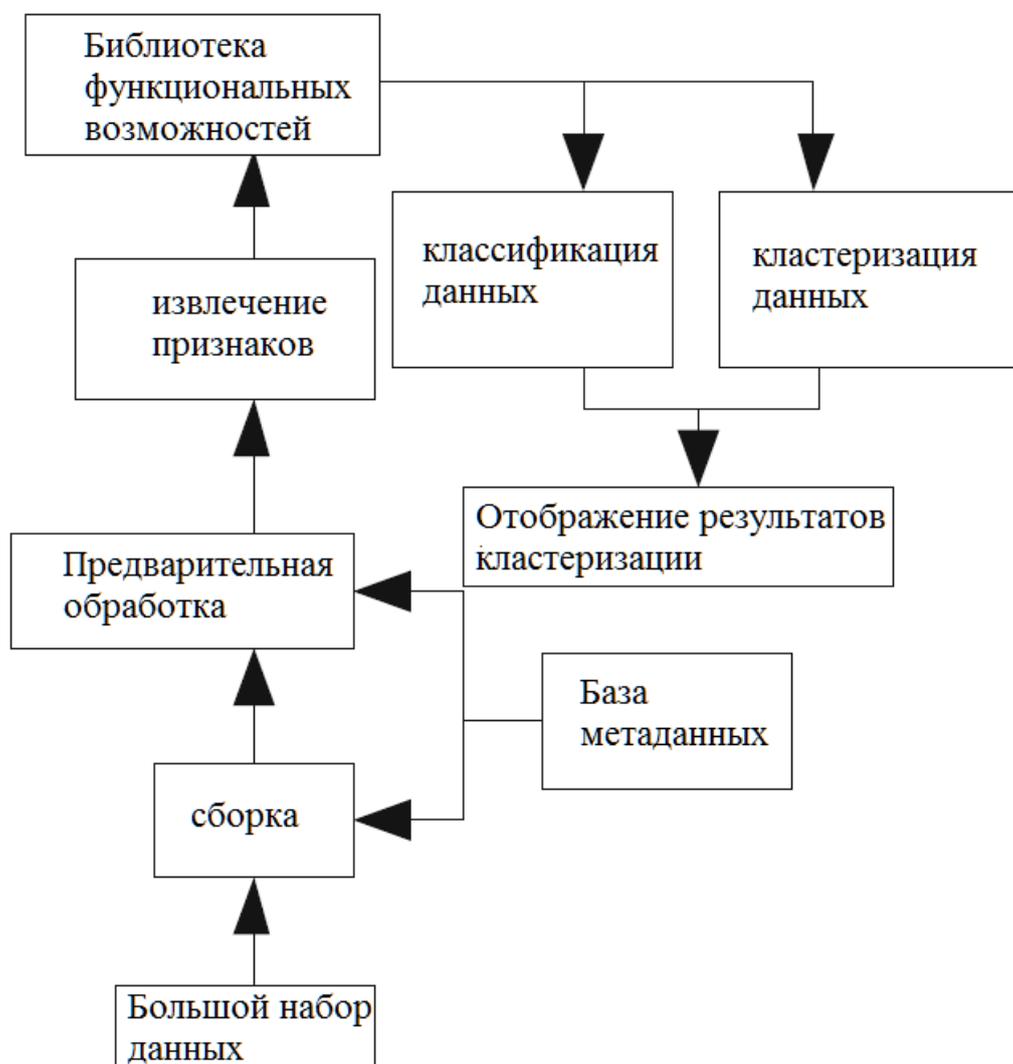


Рис. 3.4. Схема процесса интеллектуального анализа больших массивов данных

Затем выполняется процесс интеллектуального анализа больших наборов данных с использованием кластеризации признаков. Процесс кластерного анализа больших наборов данных заключается в следующем:

- 1) Выбор нескольких наиболее репрезентативных объектов данных из исходных объектов.
- 2) В соответствии с принципом метода подобия [3.23] выбор набор

данных о наиболее значимых объектах.

3) Преобразование исходных функций в меньшее количество новых функций посредством отображения или преобразования в технологии облачных вычислений [3.24, 3.25].

4) Используя метод оценочной функции [3.26], каждый объект в наборе объектов независимо оценивается и ему присваивается оценочный балл, и заранее определенное количество наилучших объектов выбирается в качестве подмножеств объектов из большого набора данных.

Пусть имеется выборочный набор $X=\{X_1; X_2; X_3; \dots; X_n\}$, подлежащий классификации, и n - это количество элементов в выборке, а c - количество целевых кластеров. Тогда существует следующая матрица интеллектуального анализа данных для n элементов, соответствующих классу c :

$$\mu_c = \begin{bmatrix} \mu_{c1}, \mu_{c2}, \dots, \mu_{cn} \\ \dots \\ \mu_{c1}, \mu_{c2}, \dots, \mu_{cn} \end{bmatrix}, n \leq \vartheta, c \leq \vartheta \quad (3.3)$$

где μ_{cn} ($1 \leq i \leq c$; $1 \leq j \leq n$) представляет функцию матрицы интеллектуального анализа данных n -го элемента для данных c -типа и соответствует

$\min J(X, \mu, v) = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n \mu_{cn} d_{cn}^2$, тогда задача кластеризации этого многомерно-го набора данных преобразуется в простую задачу нахождения минимального значения параметра целевой функции.

Процесс интеллектуального анализа данных для кластеризации больших массивов данных на основе облачных вычислений основан на исходном интеллектуальном анализе больших массивов данных, добавлении технологии облачных вычислений, добавлении ограничений к целевой функции для обеспечения выполнения кластерного поиска, удовлетворяющего условию, и упрощении процесса кластерного поиска информации мониторинга.

Вышеизложенное предполагает наличие большого набора данных

без маркировки $X=\{X_1; X_2; X_3; \dots; X_n\}$, $X_n \in R_n$. Разделим его на K классов $C_1; C_2; C_3; \dots; C_k$, и среднее значение ни для одного класса не равно $M_1; M_2; M_3; \dots; M_k$. Предположим, что количество выборок в K равно N_k , тогда

$$m_k = \frac{1}{N_k} \sum_{i=0}^k X_i, k = 1 \dots K .$$

В соответствии с Евклидовым расстоянием и внутриклассовыми квадратами ошибок и критериев, целевая функция для кластеризации больших массивов данных на основе облака определяется как — это

$$J = \sum_{i=1}^{N_k} |X_i - m_k|^2 .$$

При инициализации алгоритма случайным образом выбирается центр каждого класса, поэтому выбор начального центра определяет качество результатов кластеризации. После внедрения технологии облачных вычислений большой набор данных, сформированный из небольшого числа помеченных выборок, содержит все K кластеров, и каждый класс содержит по крайней мере одну выборку для реализации процесса интеллектуального анализа больших массивов данных на основе облачных вычислений.

3.2.5. Реализация алгоритма кластеризации больших массивов данных

Алгоритм кластеризации большого набора данных о конфиденциальности гетерогенной сети на основе облачных вычислений реализуется следующим образом:

При выполнении алгоритма кластеризации требуются два параметра

$$\varepsilon \text{ и } \mu, \text{ где } \mu_c = \begin{bmatrix} \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n \\ \dots \\ \mu_{c1}, \mu_{c2}, \dots, \mu_{cn} \end{bmatrix}, n \leq \vartheta, c \leq \vartheta; \text{ а } \varepsilon \text{ представляет собой простран-$$

ственное измерение гетерогенной сети, вплоть до размерности [3.27-3.29].

Найдем количество основных точек данных, проверив параметр ϵ для поступающей точки данных в текущий момент времени. Если ϵ любой точки данных P содержит по крайней мере μ точек данных, создаем матрицу данных с точкой данных P в качестве основной точки. Затем, с помощью поиска по ширине, точки данных, которые могут быть непосредственно сгруппированы из этих основных точек данных, агрегируются, и вся полученная плотность из точки данных P присваивается одному классу.

Если P является основной точкой данных, точки данных кластера, начинающиеся с точки P , помечаются как текущий класс, и следующий шаг выполняется от центра матрицы. Если P не является точкой основных данных, то при кластеризации следующая точка данных будет обрабатываться по порядку до тех пор, пока не будет найдена полная точка основных данных кластера. Затем выбираем необработанную основную точку данных, чтобы начать расширение, и запускаем следующий процесс кластеризации последовательно, пока все точки данных не будут помечены [3.30, 3.31].

Для точек данных, которые не добавляются в матрицу кластеризации, они являются шумом и временно сохраняются в недопустимой области. Если количество данных в недопустимой области превышает максимальный диапазон заданного порогового значения, алгоритм группирует данные во временной области хранения и удаляет уже сгруппированные точки данных из области временного хранения. Динамические данные квадратичной кластеризации записываются как Q , а процесс вычисления кластеризации для Q выглядит следующим образом:

- 1) Большой набор данных, содержащий объекты со смешанными атрибутами, обрабатывается с использованием различных методов расчета расстояний, а новые точечные объекты данных вычисляются с помощью уравнения (3.2).

2) Выполняется оперативное обслуживание характеристик больших наборов данных и выполняйте интеллектуальную обработку после обслуживания.

3) Выполняется алгоритм кластеризации, и если есть данные, которые не кластеризованы, они помещаются во временное хранилище.

4) Матрица признаков данных снова обрабатывается, и алгоритм кластеризации выполняется до тех пор, пока не будут найдены основные точки данных.

Технология облачных вычислений используется для управления процессом реализации кластеризации больших массивов данных [3.32, 3.33], что решает проблему невысокого качества кластеризации по единственному алгоритму. Сначала вводится точка данных $x \in X = \{d_1; d_2; \dots; d_n\}$ в памяти, d_1 представляет точку данных в памяти. Реализация большого набора данных заменяется тройкой, которая эквивалентна центральной точке с весом для участия в кластеризации, количество точек данных является весом, а результатом кластеризации является набор меток, $labels = U^k$. Выводим K наборов непересекающихся матриц больших данных $\{X_i\}^{k=1}$ из x , а целевая функция определена как $J \in \sum_i^k J = ik$ ю

Таким образом, получается локальный оптимальный процесс кластеризации большого набора данных.

На данный момент завершена разработка алгоритма кластеризации большого набора данных, основанного на облачных данных, для обеспечения конфиденциальности гетерогенной сети.

3.2.5. Имитационный эксперимент

Чтобы убедиться в эффективности алгоритма кластеризации на основе облачных вычислений для больших наборов данных о конфиденциальности в гетерогенной сети, были проведены имитационные эксперименты.

Определим экспериментальный объект в качестве набора данных UCI о конфиденциальности в гетерогенной сети и выполним для него расчет кластеризации.

Для обеспечения эффективности эксперимента проводится сравнение традиционного алгоритма и алгоритма кластеризации на основе облачных вычислений, а также статистический анализ точности двух алгоритмов. Результаты эксперимента представлены в табл. 3.3, 3.4 и на рис. 3.5.

Таблица 3.3

Результаты традиционного алгоритма кластеризации

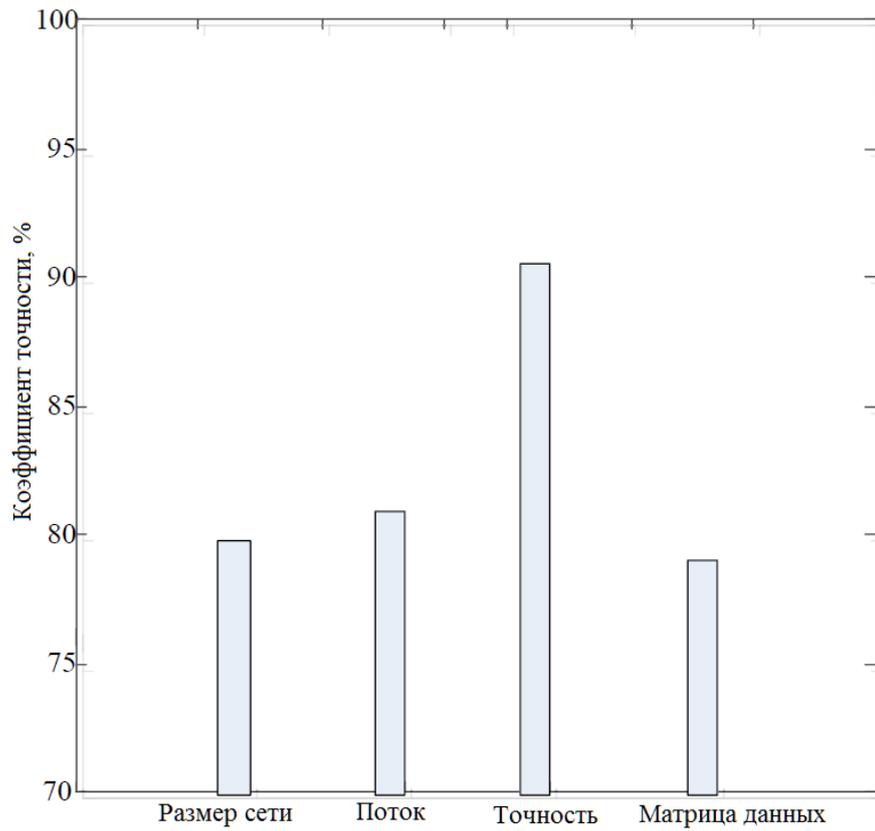
Категория	Размерность сети	Поток	Точность	Матрица данных
Частота ошибок (%)	0.59	0.85	0.36	0.48
Скорость поиска кластеров (v/мс)	23.6	15.4	41.2	25.9

Таблица 3.4

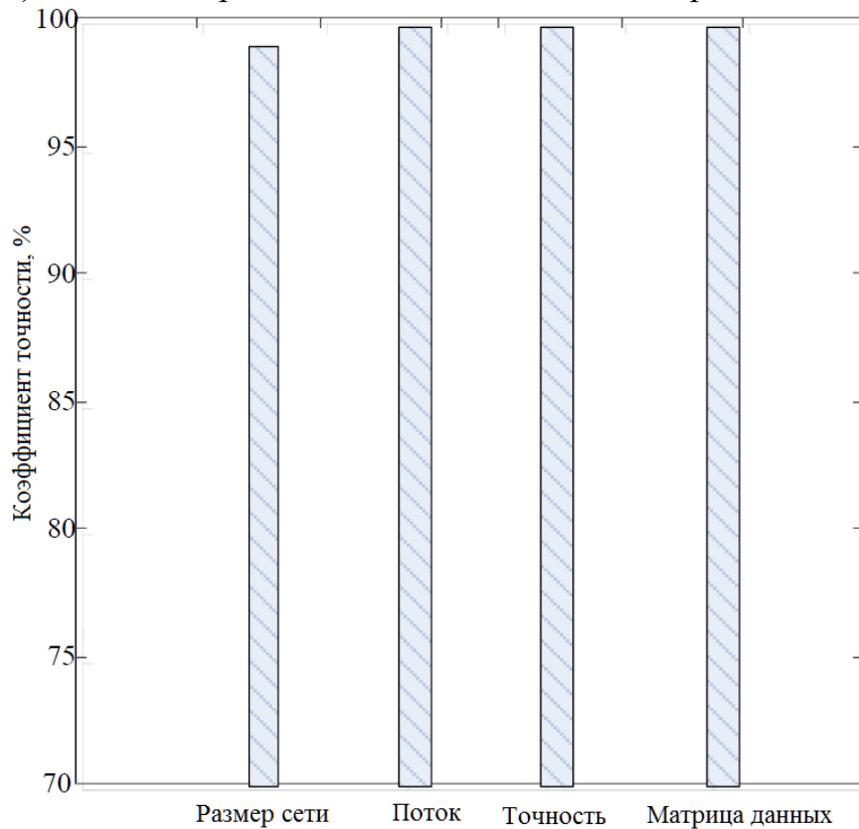
Результаты алгоритма кластеризации на основе облачных вычислений

Категория	Размерность сети	Поток	Точность	Матрица данных
Частота ошибок (%)	0.12	0.05	0.11	0.03
Скорость поиска кластеров (v/мс)	68.3	72.5	82.6	75.6

Согласно данным, приведенным в табл. 3.3 и 3.4, частота ошибок традиционного алгоритма кластеризации выше, чем у разработанного алгоритма кластеризации, а скорость его кластеризации ниже, чем у разработанного алгоритма кластеризации.



а) Точность традиционных методов кластеризации



б) Точность предложенного метода кластеризации

Рис. 3.5. Анализ точности двух алгоритмов кластеризации

Это показывает, что алгоритм кластеризации больших данных о конфиденциальности гетерогенной сети дает лучший эффект, чем традиционный алгоритм.

Согласно рис. 3.5, точность кластеризации разработанного алгоритма может достигать 99%, в то время как точность традиционного алгоритма кластеризации составляет всего 91%, что указывает на то, что точность кластеризации разработанного алгоритма выше, чем у традиционного алгоритма.

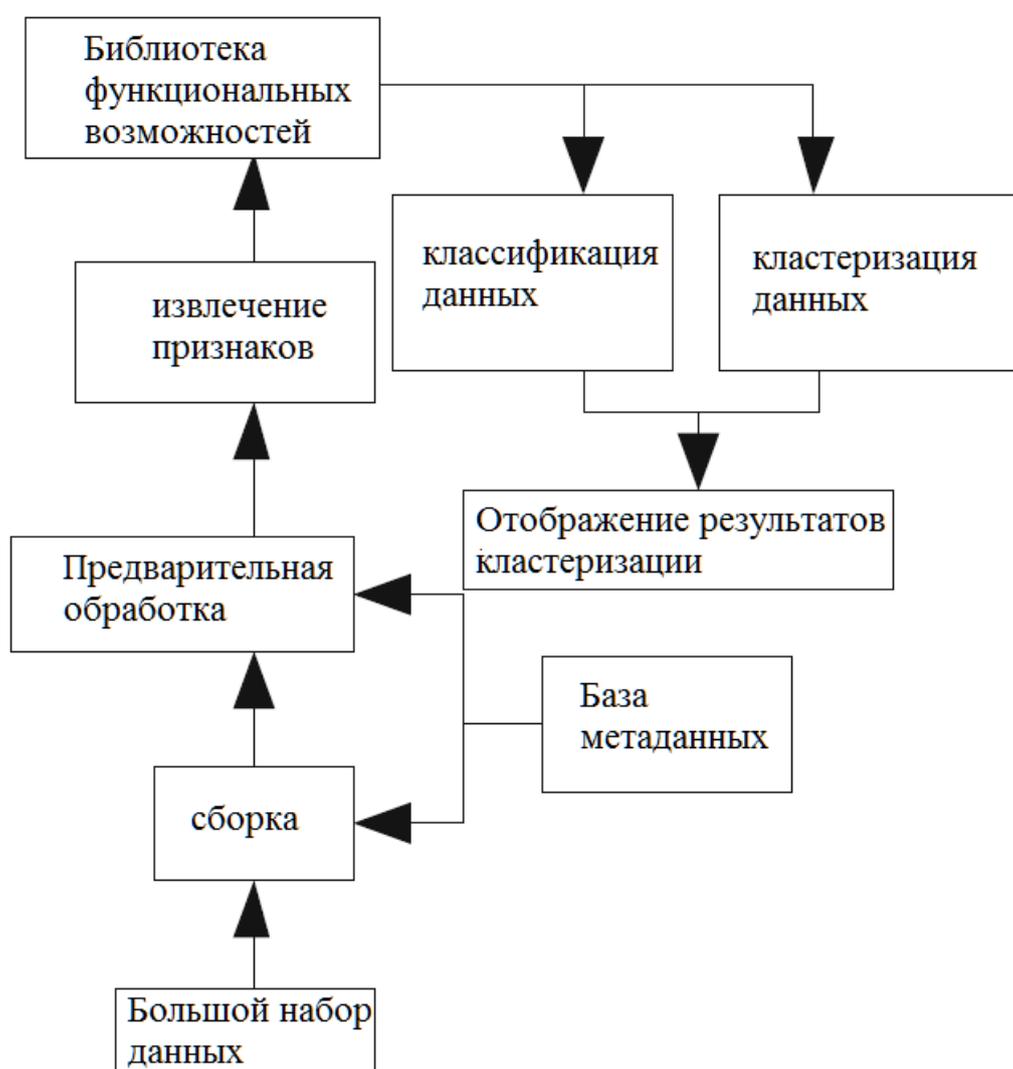


Рис. 3.6. Структура программной подсистемы интеллектуального анализа больших массивов данных

Подводя итог, можно сказать, что алгоритм кластеризации на основе

облачных вычислений в процессе кластеризации большого набора данных о конфиденциальности гетерогенной сети, независимо от скорости кластеризации или обработки каждой структуры конфиденциальности гетерогенной сети, трафика и измерения, лучше, чем результаты обработки традиционным алгоритмом.

Можно видеть, что алгоритм агломерации больших данных о конфиденциальности гетерогенной сети, основанный на облачных вычислениях, не только повышает точность кластеризации наборов частных данных в гетерогенных сетях, но и повышает стабильность процесса вычислений. Ошибка кластеризации постепенно падает до нуля.

Структура программной подсистемы интеллектуального анализа больших массивов данных показана на рис. 3.6.

3.3. Выводы к главе 3

1. Благодаря постоянному совершенствованию возможностей сбора внешних данных и вычислительных мощностей, внедрение технологии оптимизации организационной структуры, основанной на данных, помогает предприятиям устойчиво повышать свою конкурентоспособность. В статье рассматривается проблема выявления масштабов управления для оптимизации организационной структуры предприятий. После определения уровня масштабирования многомасштабного набора данных предлагается метод обнаружения уровня масштабирования, основанный на кластеризации с переменным масштабом (SLD-VSC). Проверена точность и эффективность SLD-VSC в контексте сегментации клиентов. Результаты численного эксперимента показывают, что SLD-VSC может напрямую помочь предприятиям улучшить свою организационную структуру, определив оптимальный уровень масштабирования управления.

Предприятия могут применять SLD-VSC для оценки того, все ли их текущие управленческие уровни имеют четкие управленческие цели, ис-

пользуя рыночные данные в режиме реального времени, чтобы своевременно сокращать избыточные организационные структуры или добавлять отсутствующие организационные структуры.

2. В работе анализируется и проектируется алгоритм кластеризации больших наборов данных о конфиденциальности гетерогенной сети на основе облачных вычислений и используются преимущества технологии облачных вычислений для сбора и извлечения матричных характеристик больших наборов данных. Сочетание метода подобия, интеллектуального анализа больших массивов данных и реализации алгоритма кластеризации больших массивов данных. Результаты экспериментов показывают, что разработанный алгоритм кластеризации на основе облачных вычислений эффективен. При выполнении расчета кластеризации большого набора данных о конфиденциальности в гетерогенной сети это значительно повышает точность расчета кластеризации и может эффективно уменьшить ошибку кластеризации, сэкономить время расчета и повысить эффективность работы алгоритма кластеризации.

Источники к главе 3

- 3.1. X. Gao, A. Wang, Variable-scale clustering, in Proceeding of the 8th International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (Toronto, Canada, 2018), pp. 221–225
- 3.2. X. Gao, A. Wang, Customer satisfaction analysis and management method based on enterprise network public opinion, in Operations Research and Management Science (In Press, 2019)
- 3.3. Wang, X. Gao, Multifunctional product marketing using social media based on the variable scale clustering. Tech. Gaz. 26(1), 193–200 (2019)
- 3.4. Wang, X. Gao, Hybrid variable-scale clustering method for social media marketing on user generated instant music video. Tech. Gaz. 26(3), 771–777 (2019)
- 3.5. Wang, X. Gao, M. Yang, Variable-scale clustering based on the numerical concept space, in Proceeding of the 9th International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (Maryland. US) (2019), pp. 65–69
- 3.6. S. Wu, X. Gao, M.M. Bastien, Data Warehousing and Data Mining (Metallurgical Industry Press, China, 2003), pp. 148–155
- 3.7. Wang, X. Gao, Technique of data mining tasks discovery for data mining, in Proceeding of the 7th International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences, Kyoto. Japan (2017)
- 3.8. Wang, X. Gao, Multi-tasks discovery method based on the concept network for data mining. IEEE Access, 7, 139537–139547 (2019)
- 3.9. X.Chen, Technology of Thinking Processes Discovery for Data Mining Application (University of Science and Technology Beijing, Beijing, 2012)
- 3.10. K. Gu, Technology of Concept Pair Identification for Thinking Theme Discovery (University of Science and Technology Beijing, Beijing, 2013)
- 3.11. Wang, X. Gao, M. Tang, Computer supported data-driven decisions for service personalization: a variable-scale clustering method. Stud. Inf. Cont. 29(1), 55–65 (2020)
- 3.12. L.L. Qin, N.W. Yu, D.H. Zhao, Applying the convolutional neural network deep learning technology to behavioural recognition in intelligent video. Tehnicki Vjesnik-Tech. Gaz. 25(2), 528–535 (2018)
- 3.13. Wang, X. Gao, Intelligent computing: knowledge acquisition method based on the management scale transformation. Comput. J. (2020)
- 3.14. J. Li, S.X. Pan, L. Huang, X. Zhu, A machine learning based method for customer behavior prediction. Tehnicki Vjesnik-Tech. Gaz. 26(6), 1670–1676 (2019)
- 3.15. L.M. Wang, Z.Y. Hao, X.M. Han, R.H. Zhou, Gravity theory-based affinity propagation clustering algorithm and its applications. Tehnicki vjesnik-Tech. Gaz. 25(4), 1125–1135(2018)

- 3.16. Xinchun, Y.C., et al.: Application of multi-relational data clustering algorithm in internetpublic opinion pre-warning on emergent. *Int. Engl. Educ. Res.* 1, 16–19 (2019)
- 3.17. Dongmei, C.: Discussions on big data security and privacy protection based on cloudcomputing. *Comput. Knowl. Technol.* 15(15), 101–103 (2018)
- 3.18. Ma, R., Angryk, R.A., Riley, P., et al.: Coronal mass ejection data clustering andvisualization of decision trees. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 236(1), 14–17 (2018)
- 3.19. Mingbo, Pan: Research on privacy protection algorithms for network data in large dataenvironment. *Microelectron. Comput.* 34(7), 101–104 (2017)
- 3.20. Wenzheng, Z., Zaiyun, W., Afang, L.: Relevant analysis of big data security and privacyprotection based on cloud computing. *Netw. Secur. Technol. Appl.* 15(4), 59–63 (2018)
- 3.21. Hodi: Analysis of big data security and privacy protection in cloud computing. *Electron.World* 25(16), 98–101 (2017)
- 3.22. Yang, H.: Privacy protection of large data security based on cloud computing. *Netw. Secur. Technol. Appl.* 25(11), 86–87 (2017)
- 3.23. Arman, O., Rahmat, K., Mehrdad, T.H., et al.: Direct probabilistic load flow in radial distribution systems including wind farms: an approach based on data clustering. *Energies* 11(2), 310–311 (2018)
- 3.24. Jinbo, X., Jun, R., Lei, C., et al.: Enhancing privacy and availability for data clustering inintelligent electrical service of IoT. *IEEE Internet Things J.* 6(2), 1530–1540 (2018)
- 3.25. Yating, W.: Exploration of big data security privacy and protection based on cloudcomputing. *J. Heihe Univ.* 15(6), 85–87 (2018)
- 3.26. Liu, S., Li, Z., Zhang, Y., et al.: Introduction of key problems in long-distance learning andtraining. *Mob. Netw. Appl.* 24(1), 1–4 (2019)
- 3.27. Shudong, H., Yazhou, R., Zenglin, X.: Robust multi-view data clustering with multi-viewcapped-norm K-means. *Neurocomputing* 311, 197–208 (2018)
- 3.28. Sun, G., Liu, S. (eds.): *ADHIP 2017. LNICST*, vol. 219. Springer, Cham (2018). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73317-3>.
- 3.29. Allab, K., Labiod, L., Nadif, M.: A semi-NMF-PCA unified framework for data clustering. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 29(1), 2–16 (2017)
- 3.30. Li, T., Pintado, F.D.L.P., Corchado, J.M., et al.: Multi-source homogeneous data clusteringfor multi-target detection from cluttered background with misdetection. *Appl. Soft Comput.* 60, 436–446 (2017)
- 3.31. Fu, W., Liu, S., Srivastava, G.: Optimization of big data scheduling in social networks. *Entropy* 21(9), 902 (2019)

3.33. Chang, X., Wang, Q., Liu, Y., et al.: Sparse regularization in fuzzy c -means for highdimensional data clustering. *Cybern. IEEE Trans.* 47(9), 2616–2627 (2017)

3.34. Liu, S., Lu, M., Li, H., et al.: Prediction of gene expression patterns with generalized linear regression model. *Front. Genet.* 10, 120 (2019)

4. Поведение, структура и динамика коммуникационных сетей в организационной иерархии

Структура динамической коммуникационной иерархии - это поведение и динамика коммуникации в организационной иерархии. Мы используем набор данных, состоящий из 619499 электронных писем, в качестве наглядного примера, позволяющего преодолеть микро- и макро-разрыв в исследованиях организационной коммуникации. Для оценки влиятельных способностей отдельных сотрудников используется ряд показателей центральности, которые выявляют нисходящие влиятельные способности и изменяют поведение в соответствии с иерархией. Мы также выяснили, что сотрудники, как правило, общаются в рамках одних и тех же функциональных команд, определив структуру сообщества и предложив коммуникационную матрицу. Кроме того, с помощью сегментированного по времени набора данных анализируется динамика организационных коммуникаций во время кризиса, демонстрирующая прогрессирующее отсутствие юридической команды, ответственность высшего руководства и наличие иерархии. Рассматривая как индивидуальные, так и организационные аспекты, наша работа обеспечивает систематический и основанный на данных подход к пониманию того, как организационная коммуникационная сеть динамично развивается на основе индивидуального коммуникативного поведения в иерархии, что потенциально может повысить оперативную эффективность и эффективность принятия решений в организациях.

4.1. Методология

4.1.1. Сбор и предварительная обработка данных

Насколько известно, база данных корпорации является одной из крупнейших в свободном доступе коллекций официальных данных электронной почты внутри корпорации. Помимо этого набора данных, в недав-

них исследованиях либо использовались наборы данных со значительно меньшим количеством сотрудников и электронной почтой, либо использовались частные наборы данных, которые не являются общедоступными [4.30, 4.51]. Поэтому анализируется набор данных корпорации Enron, чтобы изучить структуру коммуникаций и паттерны внутри организационной иерархии, несмотря на то, что он был собран примерно в 2002 г. Электронная почта остается основным инструментом коммуникации на рабочем месте для различных типов корпораций с иерархией, обеспечивая актуальность набора данных для анализа организационных коммуникационных сетей. Кроме того, аналитическая методология, разработанная в этой работе, может быть легко распространена на другие современные методы коммуникации и наборы данных. Это включает в себя парную коммуникацию от человека к человеку и режимы групповой коммуникации более высокого порядка. В этой работе задействованы два набора данных, включая электронную переписку между 21049 сотрудниками [4.61] и должности 149 сотрудников [4.15]. Поскольку у сотрудников может быть более одного адреса электронной почты, для этой работы необходимо сопоставить адреса электронной почты и имена сотрудников в двух наборах данных. В зависимости от должности сотрудников 149 сотрудников разделены на 10 организационных уровней, и подробную информацию можно найти в табл. 4.1. Примечательно, что ассистент юриста - это не самый низкий уровень, но он подбирается индивидуально для дальнейшего обучения.

Таблица 4.1

Тип должностей и количество сотрудников на каждом уровне

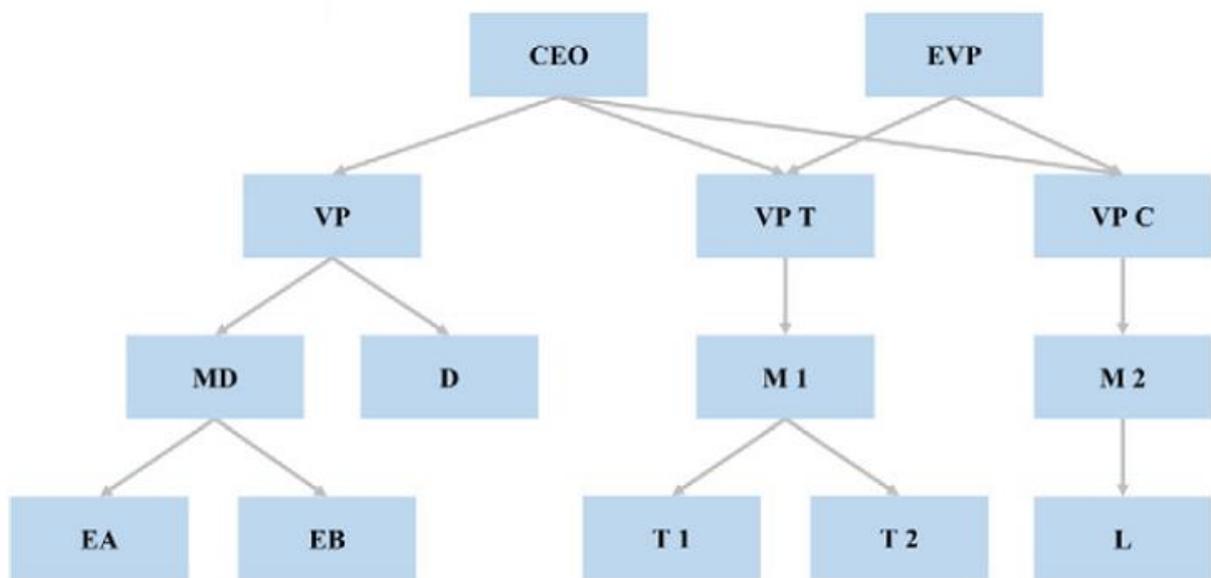
Роль	должность	уровень	К-во
Руководители высшего звена	1	генеральных директоров, генеральных директоров, председателя правления, президентов	10
	2	(P) и помощника президента (Asst)	3
	3-0	Исполнительных вице-президентов (EVP) Вице-президентов (VP), включая вице-президентов по связям с правительством (VP	12

Роль	долж- ность	уровень	К- во
		G) и других	
	3-Т	Вице-президентов по торговле (VP T)	7
	3-С	Вице-президентов по юрисконсультированию (VP C)	4
Руководители среднего зве- на	4	Управляющих директоров (MD) (Старшие) Директора и руководитель (D)	7
	5		23
	6	Менеджеров (M)	12
Рядовые со- трудники	7	Сотрудников I (EA), включая младшего со- трудника, старшего специалиста, старшего администратора, аналитика, контрактных трейдеров (T), включая трейдеров, младших сотрудников, аналитиков и специалистов, ко- торые занимались внутренней деятельностью	14
	8		35
	9	Сотрудников II (EB), которые не могут быть отнесены к одной категории или не имеют известных должностей	13
Помощники на уровне юрисконсуль- та	10	помощников на уровне адвоката. (L), включая адвоката, (старшего) специалиста по право- вым вопросам, юриста и помощника главного юрисконсультанта	9

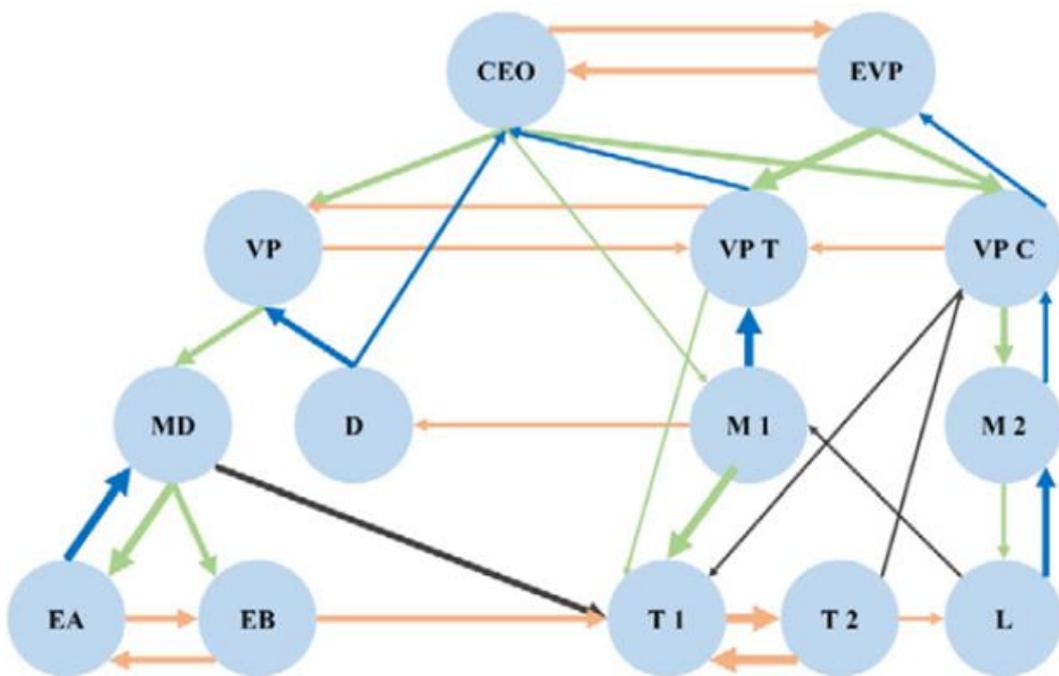
4.1.2. Построение сети корпорации

Взвешенный ориентированный сети связи, без самостоятельной петли $G(N, \varepsilon)$ строится на основе коммуникации между работниками, где $N = \{1, 2, \dots, |N|\}$ и $\varepsilon = \{1, 2, \dots, |\varepsilon|\}$ набор сотрудников и соединений соответственно. Структурные свойства могут быть представлены матрицей смежности A , где $a_{ij} = 1$ указывает, что сотрудник i (отправитель) отправил электронное письмо сотруднику j (получателю). Кроме того, количество электронных писем от сотрудника i к сотруднику j может быть выражено как w_{ij} во взвешенной матрице W .

В работе построены две сети. Базовая сеть включает 149 сотрудников с известными должностями, а вся сеть включает всех 21049 сотрудников корпорации.



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

Во всей сети только сотрудники с известными должностями могут

иметь более одного адреса электронной почты, в то время как все остальные адреса электронной почты по умолчанию принадлежат отдельному сотруднику из-за отсутствия информации. Удалены некоторые странные адреса электронной почты, такие как искаженные адреса электронной почты, состоящие из символов или цифр. Наглядный пример организационной иерархии показан на рис. 4.1а. Возникающая коммуникационная сеть с четырьмя типами коммуникационных потоков показана на рис. 4.1б, где стрелка и ширина ребер представляют направление и силу соединения соответственно.

4.1.3. Характеристики сети

Для выбранной направленной сети $G(N, \varepsilon)$, кратчайший путь между двумя узлами может быть получен путем алгоритма Флойда или алгоритма Дейкстры, и кратчайший путь, расстояние d_{ij} между узлом i и узлом j может быть представлен как

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

где $k_1, k_2, \dots, k_{t-1}, k_t$ являются идентификаторами 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 можно получить по формуле $D = \max_{i,j} d_{ij}$.

Показатели централизации могут применяться для измерения способности сотрудников оказывать влияние, в том числе:

1. Мера отправки, скольким сотрудникам сотрудник i послал письма, обозначается как $d_{out}(i) = \sum_{j \in N} a_{ij}$;

2. Мера получения, сколько человек отправили письма сотруднику i , как показано $d_{in}(i) = \sum_{j \in N} a_{ji}$;

3. Мера исходящей активности, сколько писем было отправлено со-

трудником i , полученных вовне $s_{out}(i) = \sum_{j \in N} w_{ij}$;

4. Мера входящей активности, сколько писем сотрудник i получил, обозначается $s_{in}(i) = \sum_{j \in N} w_{ji}$;

5. Близость - расстояние от сотрудника к другим, которая определяется как величина, обратная сумме кратчайшего пути расстояния

$$CC(i) = \frac{|N| - 1}{\sum_{j \in N} d_{ij}};$$

6. k -ядро сети G есть максимально подключенная подсеть, где степень (сумма входящих и исходящих степеней) 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 был разработан Google Search для ранжирования веб-сайтов в поисковой системе, которая учитывает как качество, так и количество местных веб-сайтов. Все сотрудники имеют одинаковые начальные значения PageRank значение PR_0 , и параметр обновляется на шаге t следующим образом:

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

где веб-сайты соседей доступны с вероятностью p , а случайный веб-сайт доступен с вероятностью $1-p$. Случайный множитель p может гарантировать сходимость этого алгоритма. В [4.12, 4.40] доступна дополнительная информация о мере центральности узлов в сетях.

Для описания характеристик сетей используются два коэффициента. Первый - это плотность, которая описывает отношение фактических к возможным подключениям по электронной почте между сотрудниками

$\rho = \frac{|\varepsilon|}{|N|(|N|-1)}$. Другой показатель - коэффициент ассортативности степе-

ней (коэффициент степени корреляции Пирсона между парами связанных узлов) [47], который описывает тенденцию сотрудников контактировать с другими сотрудниками, имеющими такие же степени (т.е. количество подключенных сотрудников), как и они сами. Он получен на основе стандартного коэффициента корреляции Пирсона,

$$r = \frac{\sum_{i,j} ij(e_{ij} - q_i^{in}q_j^{out})}{\sigma_{q_i^{in}} \sigma_{q_j^{out}}} \quad (4.2)$$

где $\sigma_{q_i^{in}}$ и $\sigma_{q_j^{out}}$ указывают стандартные отклонения распределения q_i^{in} и q_j^{out} соответственно, а e_{ij} представляет совместное распределение вероятностей двух узлов.

В социальных сетях 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 [4.8] является широко используемым эвристическим методом, основанным на модульности, который применяется в этой работе, поскольку он учитывает как направление, так и вес ребер при передаче данных. Шаги этого алгоритма приведены ниже.

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

$$\Delta Q = \frac{s_{i,in}}{\sum_{i,j} w_{ij}} - \gamma \frac{s_{in}(i)sum_{out} + s_{out}(i)sum_{in}}{\left(\sum_{i,j} w_{ij}\right)^2} \quad (4.3)$$

где γ - параметр разрешения, $s_{i,in}$ - 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 с соответственно. Если положительного усиления модульного выигрыша не происходит, первоначальная структура сообщества сохраняется.

2. Повторять шаг (1) для всех узлов до тех пор, пока модульный 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 модульного выигрыша.

4.2. Исследование модели организационной коммуникации

Для получения оценки способности влияния работников в организации, будут применяться не только общие параметры степени и мощности каждого работника по входу-выходу, но и векторные связи в рамках организационной иерархии V_i , также разработанные в работе, $V_i = [v_1^i, v_2^i, \dots, v_k^i, \dots, v_n^i]^T$, 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): $v_k^i = \sum_{j \in l_k} a_{ij}$ и $\sum_{k=1}^n v_k^i = d_{out}(i)$.

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

3. Количество сообщений, отправленных сотрудником i работникам

уровня k (ОМ): $v_k^i = \sum_{j \in l_k} w_{ij}$ и $\sum_{k=1}^n v_k^i = s_{out}(i)$.

4. Количество электронных писем, полученных сотрудником i от сотрудников уровня k (ИМ): $v_k^i = \sum_{j \in l_k} w_{ji}$ и $\sum_{k=1}^n v_k^i = s_{in}(i)$.

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

$$S_{n \times n} = \begin{bmatrix} S_{11} & \dots & S_{1k_2} & \dots & S_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{k_11} & \dots & S_{k_1k_2} & \dots & S_{k_1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{n1} & \dots & S_{nk_2} & \dots & S_{nn} \end{bmatrix}, \quad (4.4)$$

где $s_{k_1k_2} = \sum_{\substack{i \in l_{k_1} \\ j \in l_{k_2}}} w_{ij}$ - 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 $f_{k_1k_2}$ определяется как

$$f_{k_1k_2} = \frac{S_{k_1k_2}}{|N|_{k_1} \times |N|_{k_2}} = \frac{\sum_{\substack{i \in l_{k_1} \\ j \in l_{k_2}}} w_{ij}}{|N|_{k_1} \times |N|_{k_2}} \quad (4.5)$$

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

Вообще говоря, не всем в организации разрешено массово отправлять электронные письма. Например, менеджерам или административному персоналу, ответственному за оповещение, обычно необходимо отправлять массовые электронные письма группе сотрудников, независимо от того,

через групповой список или нет, в то время как работникам, как правило, не разрешается отправлять массовые электронные письма. Таким образом, распределение количества получателей в каждом электронном письме может быть проанализировано для изучения моделей общения сотрудников на разных уровнях. Распределение по сотруднику i определяется как $P_i = [p_1^i, p_2^i, \dots, p_t^i, \dots, p_\tau^i]^T$, где p_t^i указывает на количество сообщений, отправленных сотрудником i для t получателей и τ указывает на максимальное число получателей рассылок. Обратите внимание, что отправителем должен быть сотрудник с известной должностью, в то время как получателем должен быть только сотрудник корпорации Enron. Распределение сотрудников по уровням k определено следующим образом:

$$\hat{P}_k = \sum_{i \in I_k} \frac{P_i}{|N|_k} = [\xi_1^i, \xi_2^i, \dots, \xi_t^i, \dots, \xi_\tau^i]^T,$$

что является средним показателем распределения работников по уровню k .

Когда t - большое, очень часто $\xi_t^{k_1} = 0$ для работников уровня k_1 , но $\xi_t^{k_2} \neq 0$ для работников уровня k_2 . Это означает, что сотрудники на каждом уровне часто отправляют электронные письма разному количеству получателей. Следовательно, необходимо объединить элементы с большим значением t . Вектор меток определим как $H = [h_1, h_2, \dots, h_s, \dots, h_\eta]$, где $\eta \leq \tau$. Распределение количества получателей в массовых рассылках на уровне k

есть $\bar{P}_k = [\zeta_1^k, \zeta_2^k, \dots, \zeta_s^k, \dots, \zeta_\tau^k]^T$, и его элементы определяются как

$$\zeta_s^k = \sum_{\substack{h_{s-1} < t \leq h_s \\ t \in N}} \xi_t^k.$$

4.3. Анализ

4.3.1. Цели исследования

В этом разделе структура коммуникационной сети и ее динамика в

организационной иерархии изучаются с точки зрения анализа социальных сетей. На основе наших экспериментальных результатов будут исследованы следующие исследовательские задачи:

1. Изменения в поведении и способности оказывать влияние на разных уровнях иерархии. Мы используем типичные показатели центральности и разработанный вектор коммуникации, чтобы выяснить, демонстрируют ли сотрудники различное коммуникативное поведение и важность в зависимости от их иерархического уровня и роли.

2. Анализ моделей организационной коммуникации внутри иерархии. Наша цель - описать организационные модели коммуникации внутри иерархии, такие как взаимодействие между различными функциональными командами и предпочтения на различных уровнях, в разрезе структур общества и предлагаемой коммуникационной матрицы.

3. Динамические аспекты организационной коммуникации во время кризисов. Разделив набор данных на отдельные фазы, соответствующие ключевым кризисным событиям, мы выясним, продолжают ли сотрудники общаться и как меняются модели общения на каждом уровне во время кризиса.

4.3.2. Общая характеристика сетей корпорации

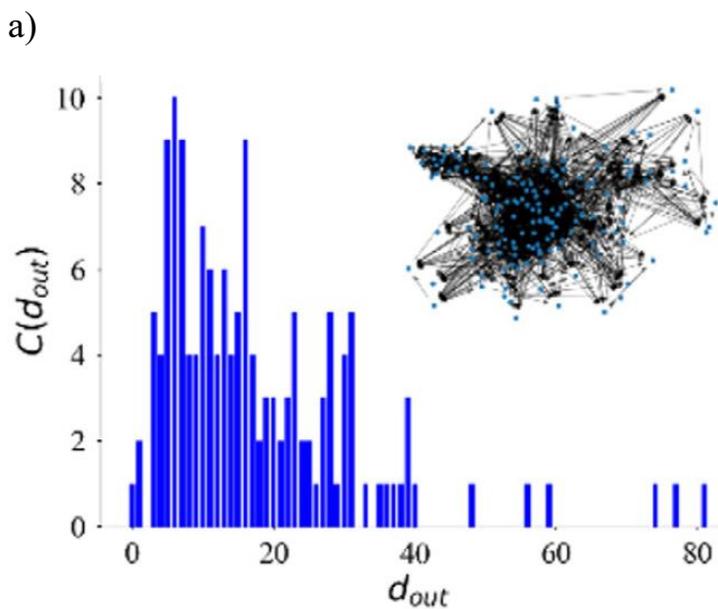
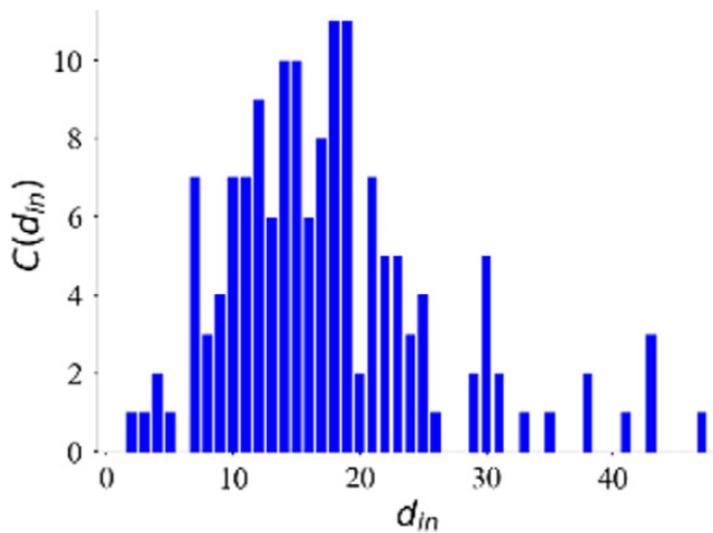
Статистические характеристики двух сетей Enron проанализированы в табл. 4.2. В базовой сети нет изолированного сотрудника, поскольку существует только один слабо связанный компонент, и сотрудники, как правило, контактируют с другими сотрудниками с аналогичными значениями степени (указывающими на аналогичный уровень занятости), как описано $r=0,5314$. Однако во всей сети большинство сотрудников общаются по электронной почте, независимо от направления, и примерно четверть людей находятся в состоянии взаимной досягаемости. Поскольку многие статистические характеристики применимы только к подключенным сетям,

для последующего исследования выбирается самый большой слабосвязанный компонент.

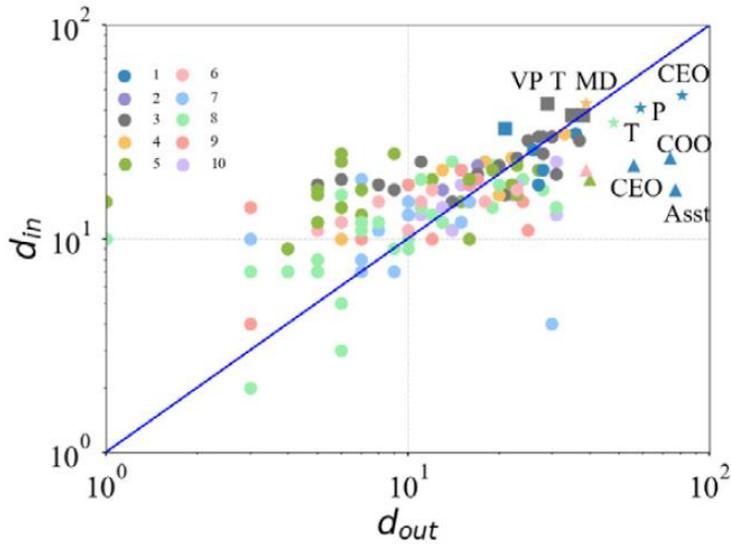
Таблица 4.2

Характеристики сети корпорации

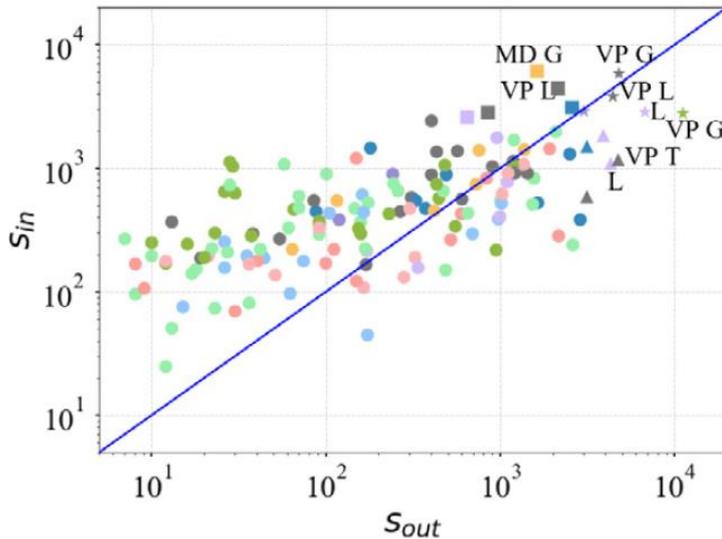
Характеристики сети с баллами	Ядро сети	Вся сеть
Количество особей N	149	21049
Количество направленных ребер ε	2630	223311
Количество слабосвязанных компонентов	1	22
Количество сильно связанных компонентов	2	15628
Степень коэффициента ассортативности γ	0.5314	-0.0334
Плотность ρ	0.1194	0.0005



б)



в)

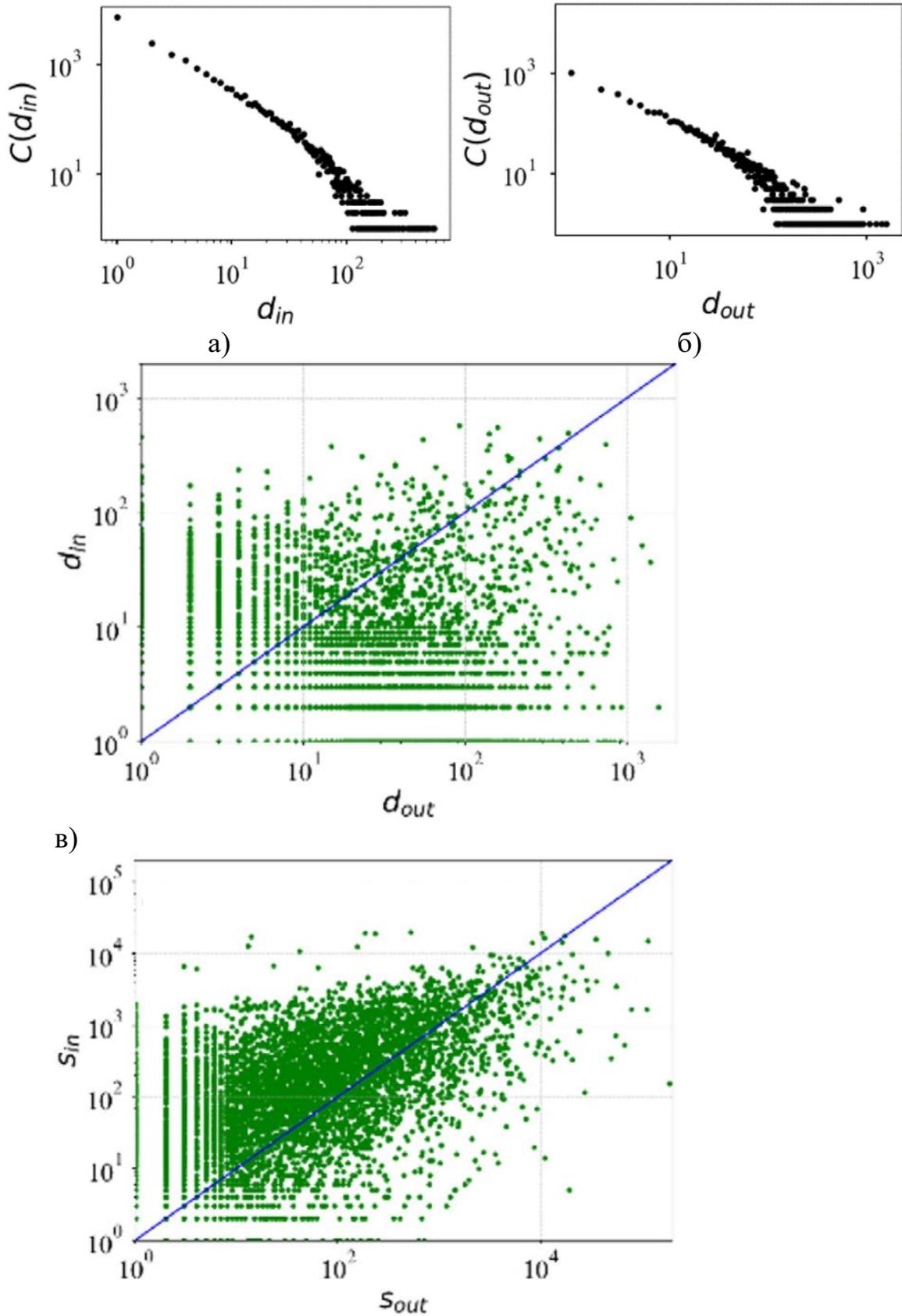


г)

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. Здесь цвет описывает уровень иерархии, к которому принадлежит сотрудник. Форма указывает на его рейтинг: 10 лучших сотрудников с наибольшим d_{out} (s_{out}) обозначены треугольниками, 10 лучших сотрудников с наибольшим d_{in} (s_{in}) обозначены квадратами, как 10 лучших сотрудников с наибольшим значением степени (силы) в то же время помечены звездочками, а остальные помечены кружками

Степень и сила изучаются в двух сетях по разным соображениям. 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. 2(с) и (d) описывают корреляцию между d_{in} и d_{out} , а также s_{in} и s_{out} соответственно. Как видно из рис. 4.2в, высшее 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. Однако один трейдер имеет необычно высокие значения степени, что будет объяснено в структуре сообщества. 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. 4.2г), то ситуация аналогична, то есть высшее руководство высоко ценит силу, в то время как другие сотрудники получили больше электронных писем, чем отправили.

Во всей сети распределение d_{in} и d_{out} осуществляется по степенному закону (рис. 3.3а и б), что приводит к свойству отсутствия масштабирования. Большинство сотрудников имеют низкие степени, в то время как лишь небольшое число сотрудников имеют более высокие степени, что указывает на то, что им необходимо взаимодействовать с большим количеством сотрудников по электронной почте. d_{in} и d_{out} имеют схожие шаблоны во всей сети (рис. 3.3в), но d_{in} обычно выше, чем d_{out} , что иллюстрирует существование электронных писем с уведомлениями (рис. 3.3г). Интересным моментом является то, что многие сотрудники отправили (получили) менее 10 электронных писем, но получили (отправили) большое количество (более 104) электронных писем, что указывает на крайний дисбаланс во всей сети.



г)
 Рис. 4.3. Центральность всей сети, включая распределение (а) по степени и (б) вне степени, корреляцию между (в) по степени и вне степени и (г) по силе и вне силы.

4.3.3. Определение способности оказывать влияние

Для определения способности сотрудников оказывать влияние в общении используются семь классических показателей центральности.

В основной сети 10 лучших сотрудников, обладающих высокими способностями оказывать влияние, обычно являются высшим руководством, в то время как последние 5 принадлежат к рядовым сотрудникам. Если быть более подробным, то большинство из 10 лучших сотрудников, идентифицированных по степени перекоса в сторону торговых функций, а те, кто был идентифицирован по сильным сторонам, - в сторону функций по связям с общественностью и консультированию. Причина такой тенденции заключается в том, что сотрудникам, отвечающим за торговлю, необходимо контактировать с сотрудниками разных уровней, в то время как тем, кто отвечает за дела и консультации, необходимо тесно общаться и синхронизироваться с конкретными целями посредством большого количества электронных писем. Кроме того, 10 лучших сотрудников, идентифицированных по степени близости, находятся в центре коммуникационной сети, поэтому им необходимо контактировать с сотрудниками разных уровней, к которым относятся (1) руководство среднего звена, которое соединяет верхний и нижний уровни, или (2) рядовой сотрудник, который контактирует с большим количеством сотрудников. Кроме того, PageRank учитывает количество и качество соседей, которых связывает каждый сотрудник, что приводит к более сбалансированному результату, когда 10 лучших сотрудников распределяются по всем уровням. Однако базовый номер присваивает одинаковый балл 10 лучшим сотрудникам, что может привести к неточным измерениям и не способствует дальнейшему анализу. Приведенный выше структурный анализ иллюстрирует организационную иерархию внутри сетей, но объяснение конкретной организационной иерархии ограничено, поскольку части структуры скорее предсказаны, чем точно предоставлены.

Во всей сети большинство идентифицированных высших и последних сотрудников не имеют известных должностей. Некоторые сервисные бригады (такие как outlook.team@enron.com и technology.enron@enron.com) входят в десятку лучших сотрудников по уровню квалификации, потому что несколько сотрудников используют один адрес электронной почты для связи с разными сотрудниками, которые не ограничены одним уровнем для решения технических проблем. Некоторые списки групп (например, #28.training@enron.com) идентифицируются как 10 лучших сотрудников по степени, основному номеру и рейтингу страницы, потому что они обычно получают уведомления по электронной почте от многих сотрудников. Стоит отметить, что позиция 10 лучших сотрудников, определенных in-strength, известна, и ни один из них не принадлежит к команде обслуживания или списку электронной почты, который отличается от других. Таким образом, сотрудники с известными должностями получали наибольшее количество электронных писем в корпорации Enron.

Выбраны четыре сотрудника разных уровней, чтобы показать вектор коммуникации в организационной иерархии (рис. 4.4). Можно обнаружить, что сотрудники (C1, C2 и C4) предпочитают горизонтальное общение, независимо от их уровня. Кроме того, вертикальные (нисходящие и восходящие) коммуникации распространены в функциональных командах, таких как C2, C3 и C4 в отделах торговли, по связям с правительством и юриспруденции соответственно. Напротив, диагональное общение редко встречается у сотрудников, в частности, C3 и C4 редко контактируют с сотрудниками юридического и торгового отделов соответственно. В деталях, C1 (генеральный директор) занят в организации, потому что ему нужно контактировать с сотрудниками практически на всех уровнях, C3 (вице-президент) и C2 (директор) предпочитают общение по нисходящей и восходящей линии соответственно. В целом, коммуникационная структура, как видно из четырех примеров, состоит в основном из вертикальной и го-

ризонгальной коммуникации.

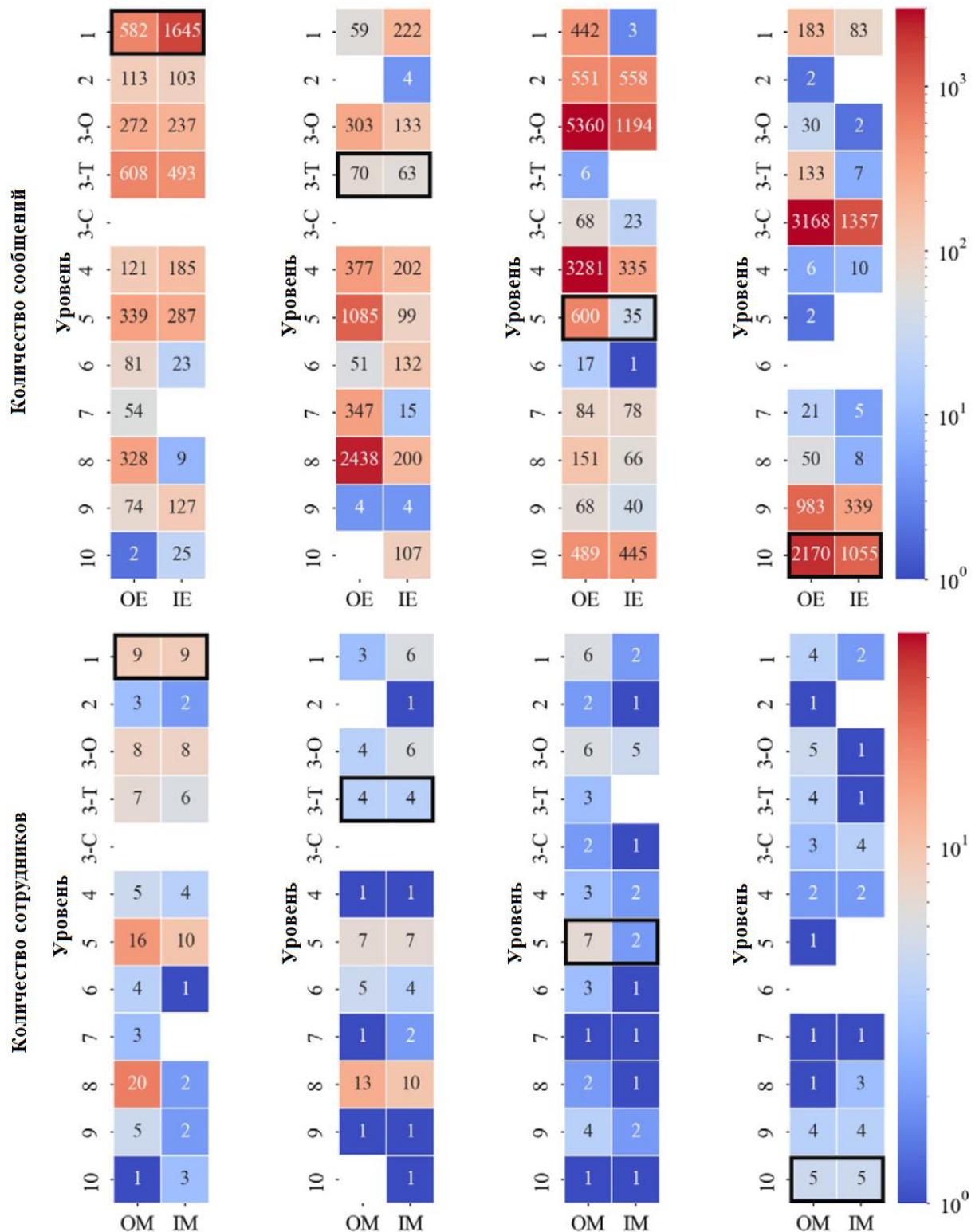
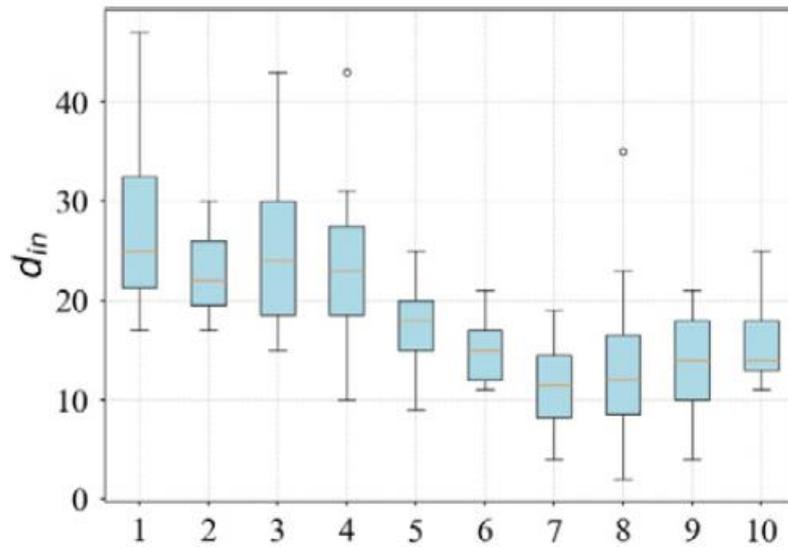


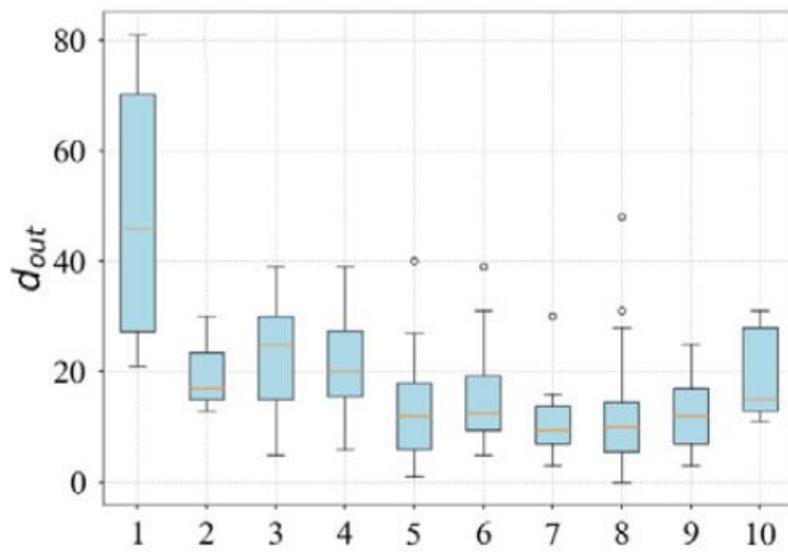
Рис. 4.4. Вектор коммуникации четырех сотрудников, включая количество сотрудников (внизу) и электронные письма (вверху), где уровень сотрудника обозначен черным прямоугольником

4.3.4. Показатель центральности в организационной иерархии

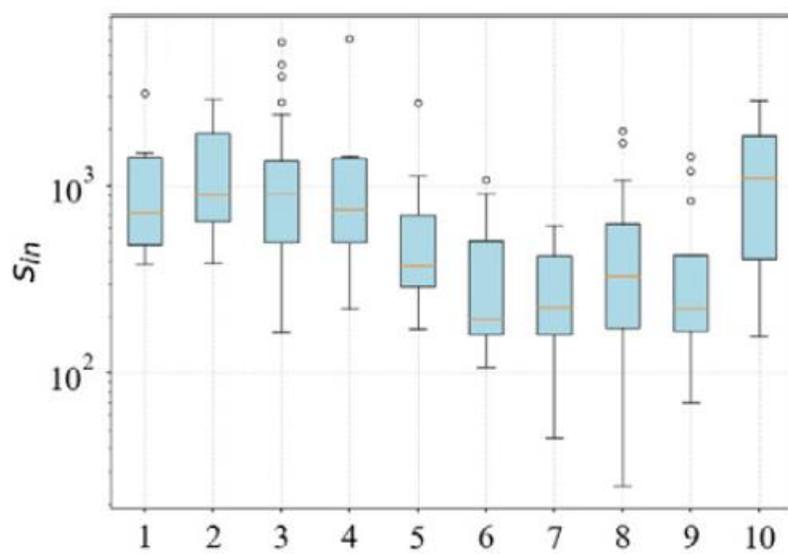
Чтобы выявить организационную иерархию через центральность в коммуникационной сети, исследуются баллы сотрудников разных уровней, полученные с помощью показателей центральности. На основе степени централизации (рис. 4.5а и б) оценка сотрудников снижается от руководителей высшего и среднего звена до рядовых сотрудников, что может быть использовано для определения организационной иерархии. Важно отметить, что оценка помощника юриста не самая низкая, что подтверждается объяснением [4.15]: центральная роль профессиональной юридической команды во время кризиса и банкротства. Сотрудники первого уровня имеют очень высокий d_{out} , по которому их можно легко отличить от других, но это может сделать другие уровни менее различимыми. Помощник прокурора также имеет почти самый высокий балл силы (рис. 4.5в и г), что указывает на его центральную роль. Кроме того, им необходимо подключить небольшую группу сотрудников, но с высокой частотой из-за низкой степени, но высокой прочности. Несмотря на общую тенденцию к снижению численности сотрудников, существует много выбросов, что очень неблагоприятно для определения организационной иерархии. Центральность близости измеряет удаленность сотрудника от других участников коммуникационной сети. Однако она не подходит для определения организационной иерархии, поскольку высшему руководству не обязательно находиться в центре коммуникационной сети. Следовательно, нет очевидной закономерности близости между уровнями (рис. 4.5д). Что касается PageRank (рис. 4.5е), то здесь есть некоторые отклонения, а третий и четвертый уровни имеют самые высокие баллы (они образуют связующие звенья между верхним и нижним уровнями), но тенденция к снижению по-прежнему сохраняется.



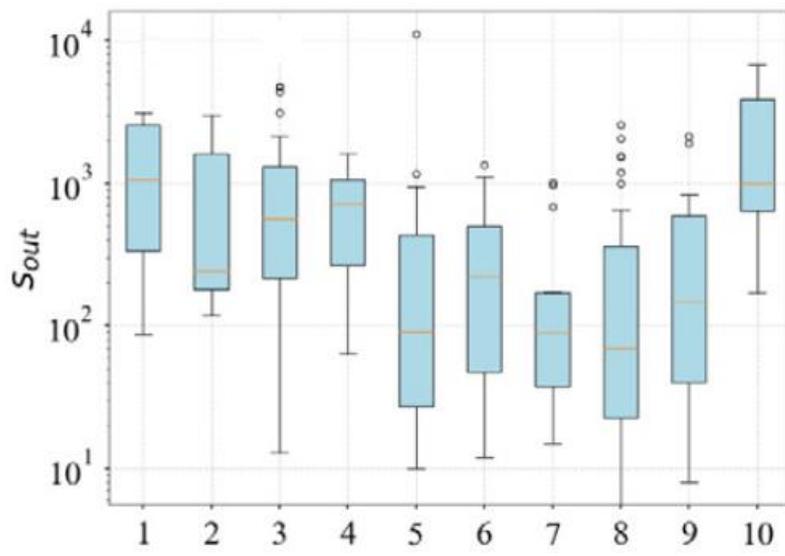
a)



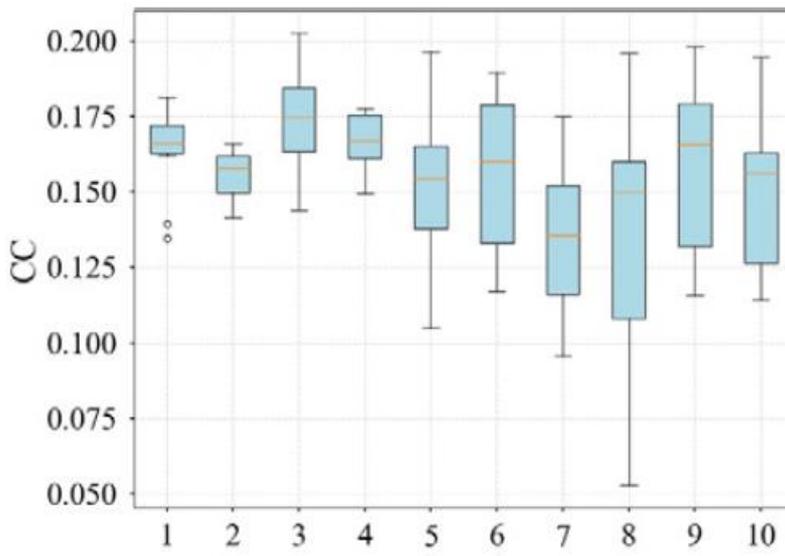
b)



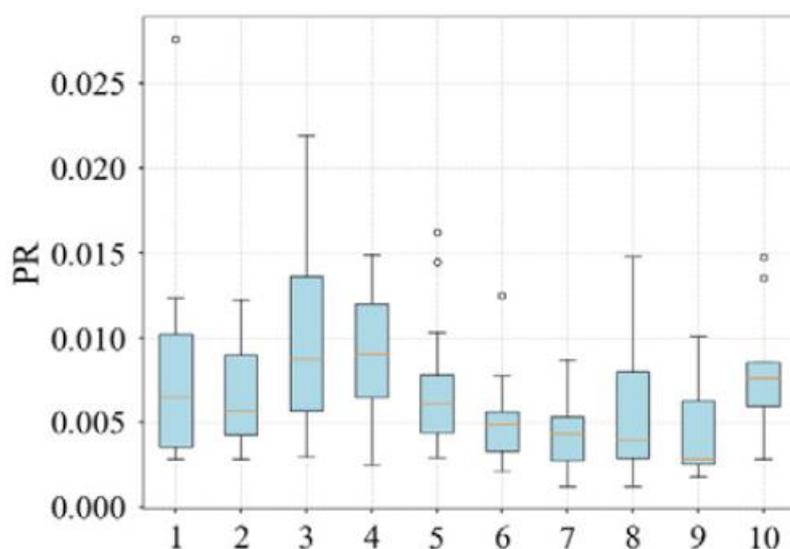
В)



Г)



Д)



е)

Рис. 4.5. Оценка центральности по иерархии в базовой сети, включая (а) входящую степень, (б) исходящую степень, (в) входящую силу, (г) исходящую силу, (д) близость и (е) PageRank

В целом, центральность коммуникационной сети, полученная на основе коммуникационного поведения сотрудников, может быть использована для выявления организационной иерархии. Хотя структура коммуникации и организационная иерархия различны, поведение сотрудников при общении по электронной почте в значительной степени соответствует их обязанностям и ролям в организации.

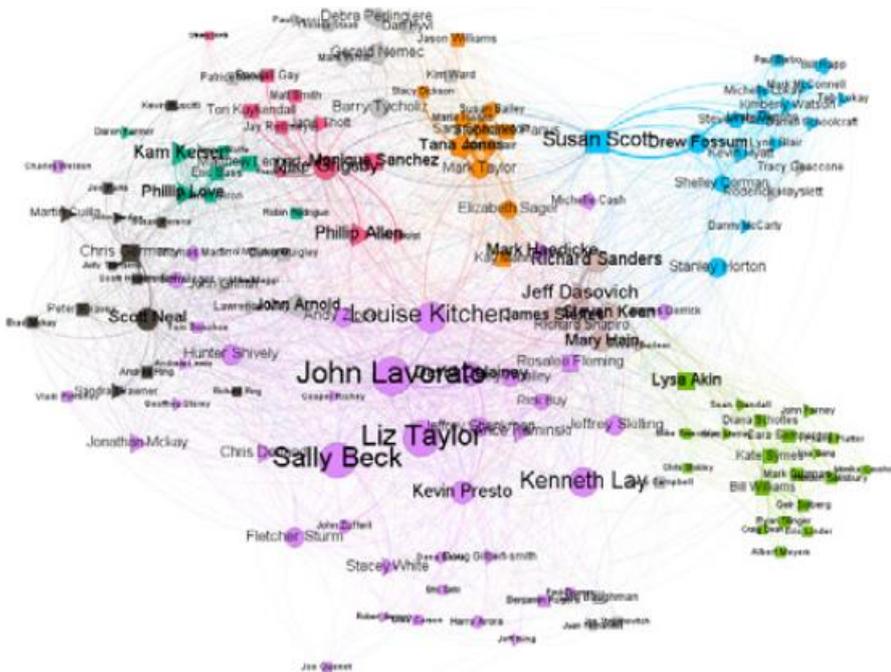
4.3.5. Обнаружение сообществ

Сообщества сетей корпорации, полученные с помощью алгоритма обнаружения сообществ Louvain, показаны на рис. 4.6. В базовой сети можно обнаружить, что:

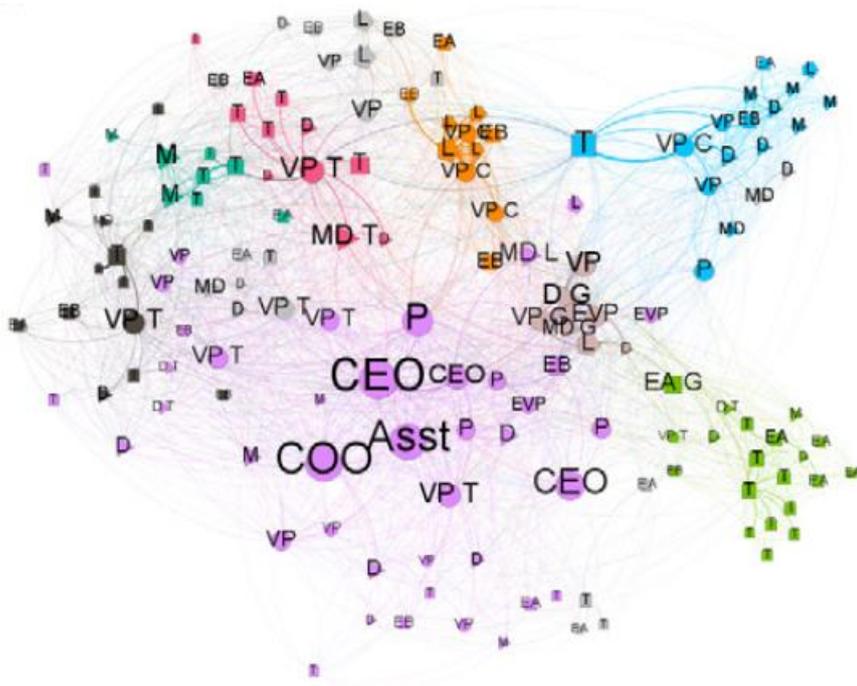
- 1) большинство сотрудников первого уровня и часть высшего руководства принадлежат к фиолетовому сообществу (центр);
- 2) часть менеджеров среднего звена находится в синем сообществе (верхний правый угол);

3) сотрудники, связанные с торговлей, находятся в розовом и зеленом сообществах (верхний левый угол), а также в светло-зеленом сообществе (нижний правый угол);

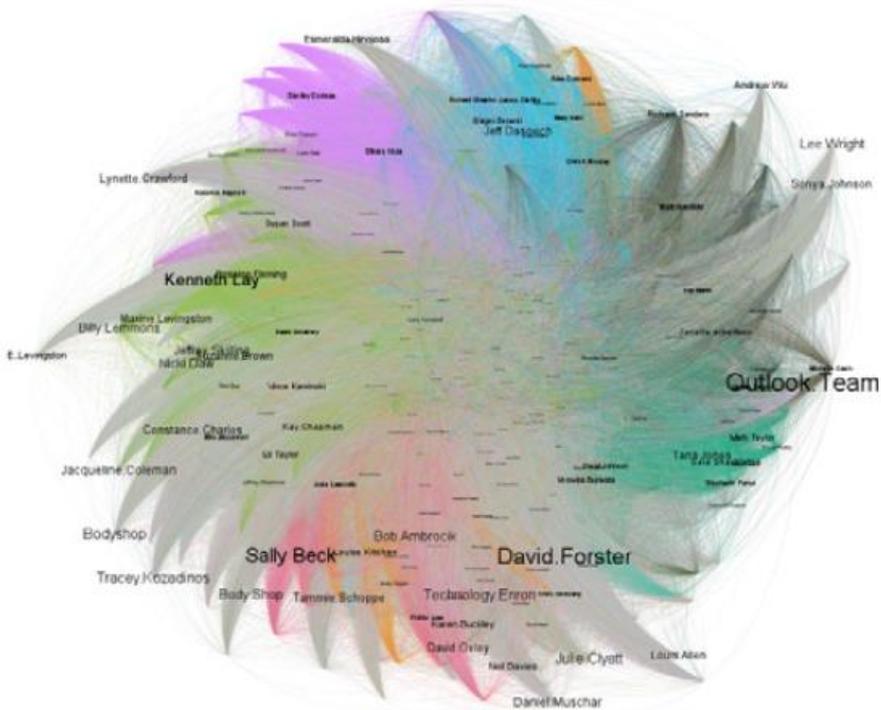
4) сотрудники, связанные с юристами и консультантами, находятся в оранжевом и сером сообществах (верхняя позиция). Следовательно, алгоритм обнаружения сообщества может изначально назначать сотрудников с разными уровнями или ролями разным сообществам на основе поведения в общении и записей электронной почты.



a)



б)



в)

Рис. 4.6. Структура сообщества (а, б) базовой сети и (в) всей сети, где размер, цвет и форма узла указывают на степень аутсайда, сообщество и роль сотрудника соответственно, а толщина ребра указывает на вес связей

Примечательно, что есть один трейдер (обычный служащий), у которого высокие значения d_{in} и d_{out} . Этот человек – С5, член сообщества blue (верхний правый угол). С5 является ключевым связующим звеном между сообществом blue и остальной частью организации, таким образом, она заслуживает того, чтобы быть влиятельным сотрудником в организации. Это также подтверждается экспериментами по восприятию социальных норм [4.18], где совету или поведению сотрудников более низкого иерархического ранга отдается предпочтение и им придается больший вес.

4.3.6. Схема организационной коммуникации

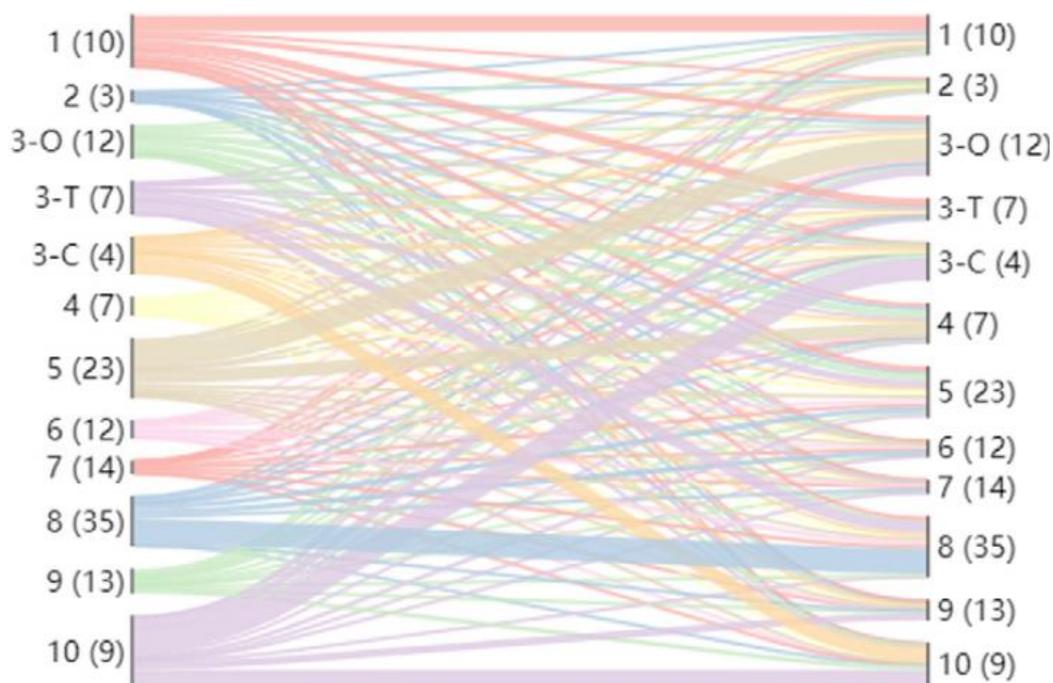
В наборе данных записана переписка по электронной почте между сотрудниками корпорации. Матрица уровня коммуникации визуализируется информационными потоками [4.42] между каждой парой уровней (рис. 4.7а). Здесь, ширина потока представляет количество сообщений $s_{k_1k_2}$ от уровня k_1 до уровня k_2 , а количество работников на каждом уровне $|N|_k$ дается с обеих сторон. Многие сотрудники предпочитают горизонтальную коммуникацию, например, на уровнях 1, 8 и 10. Высшее руководство (уровни 1-3) присылало много электронных писем, что отражает их значительную руководящую роль в организационной иерархии. Уровни 3-С и 10, с небольшим количеством сотрудников, но большим объемом переписки по электронной почте, являются командой юристов, играющих важную роль в кризисных ситуациях и банкротствах. Уровень 5 является важной частью менеджмента среднего звена, с наибольшим количеством сотрудников и электронной почты, а также тесно связан с сотрудниками более высокого (уровень 3-О) и аналогичного (уровень 4) уровней. На 8-м уровне работает наибольшее количество сотрудников и много электронной почты, потому что они являются трейдерами, занимающимися основным видом деятельности энергетической организации - торговлей. Вертикальная коммуникация распространена, но диагональная - редкость для со-

трудников корпорации. Общение сотрудников основано на содержании их работы, например, уровни 3-С и 10 - это команда юристов, а уровни 3-Т и 8 - это команда трейдеров. Частотная матрица связи F показана на рис. 4.7б. Можно обнаружить, что:

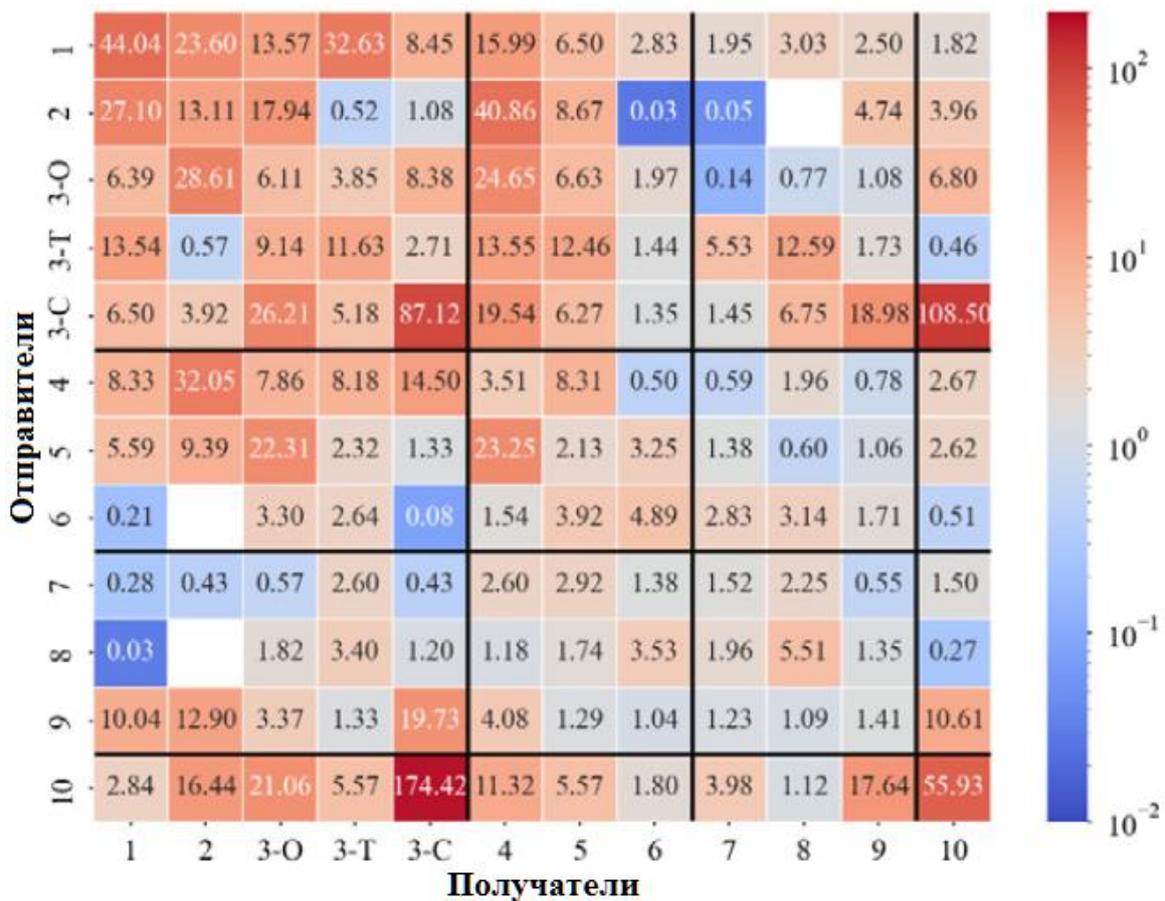
1) уровни 3-С и 10 тесно общались из-за центральной роли профессиональной юридической команды во время кризиса и банкротства [4.15],

2) высшее руководство (уровни 1-3) тесно общалось внутри компании, но не часто контактировало с рядовыми сотрудниками (уровни 7-9), поддерживая идею о том, что иерархия может уменьшить количество новых идей, передаваемых высшему руководству от рядовых сотрудников [4.54],

3) руководство среднего звена (уровни 4-6) образуют связующие звенья между верхним и нижним уровнями.



а)

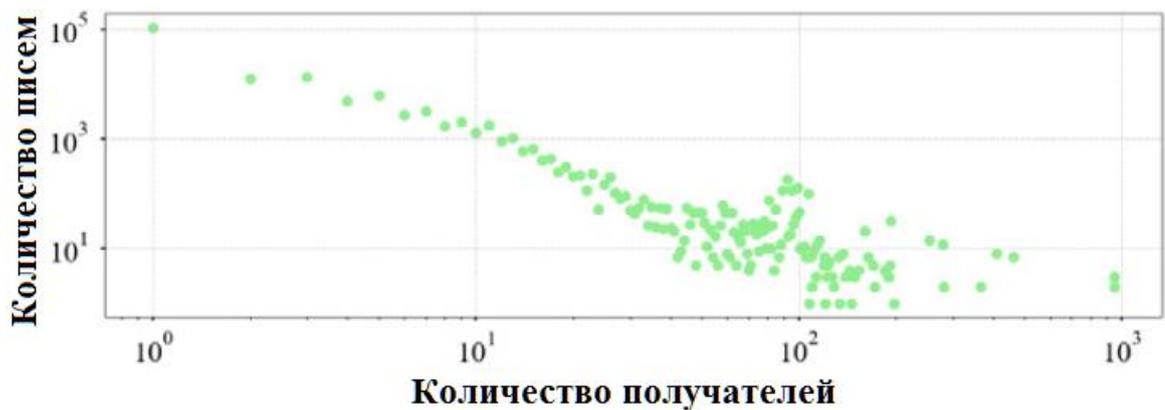


б)

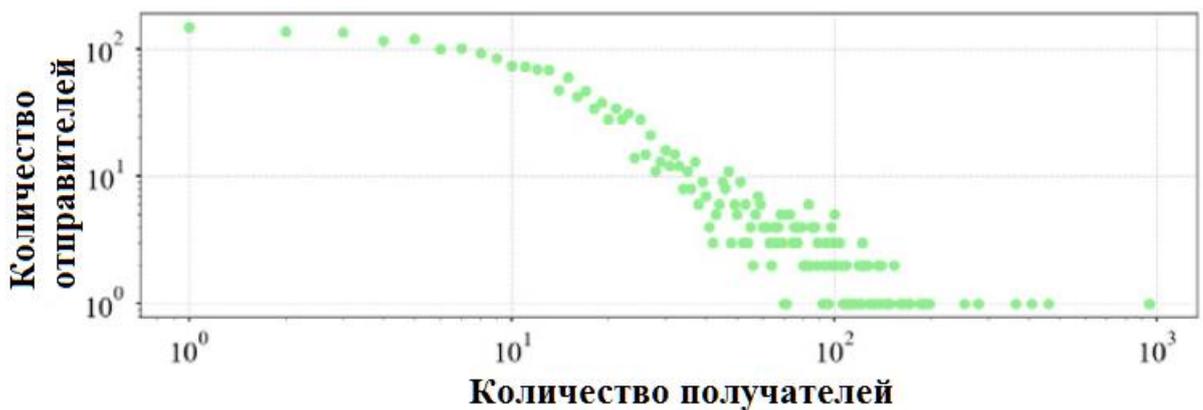
Рис. 4.7. Схемы общения сотрудников на разных уровнях, включая (а) информационные потоки (матрица силы связи) и (б) матрицу частоты общения.

Распределение количества получателей массовых электронных писем, отправляемых сотрудниками, показано на рис. 4.8. Можно обнаружить, что большинство сотрудников отправляют большую часть электронных писем меньшему количеству получателей (от 1 до 10 получателей), в то время как только некоторые сотрудники отправляют небольшое количество электронных писем многим получателям, как видно из рис. 4.8а) и б). Кроме того, их распределение очень близко к степенному распределению. Его разница на каждом уровне показана на рис. 4.8в), где вертикальная ось указывает на H . Генеральные директора являются единственными, кто от-

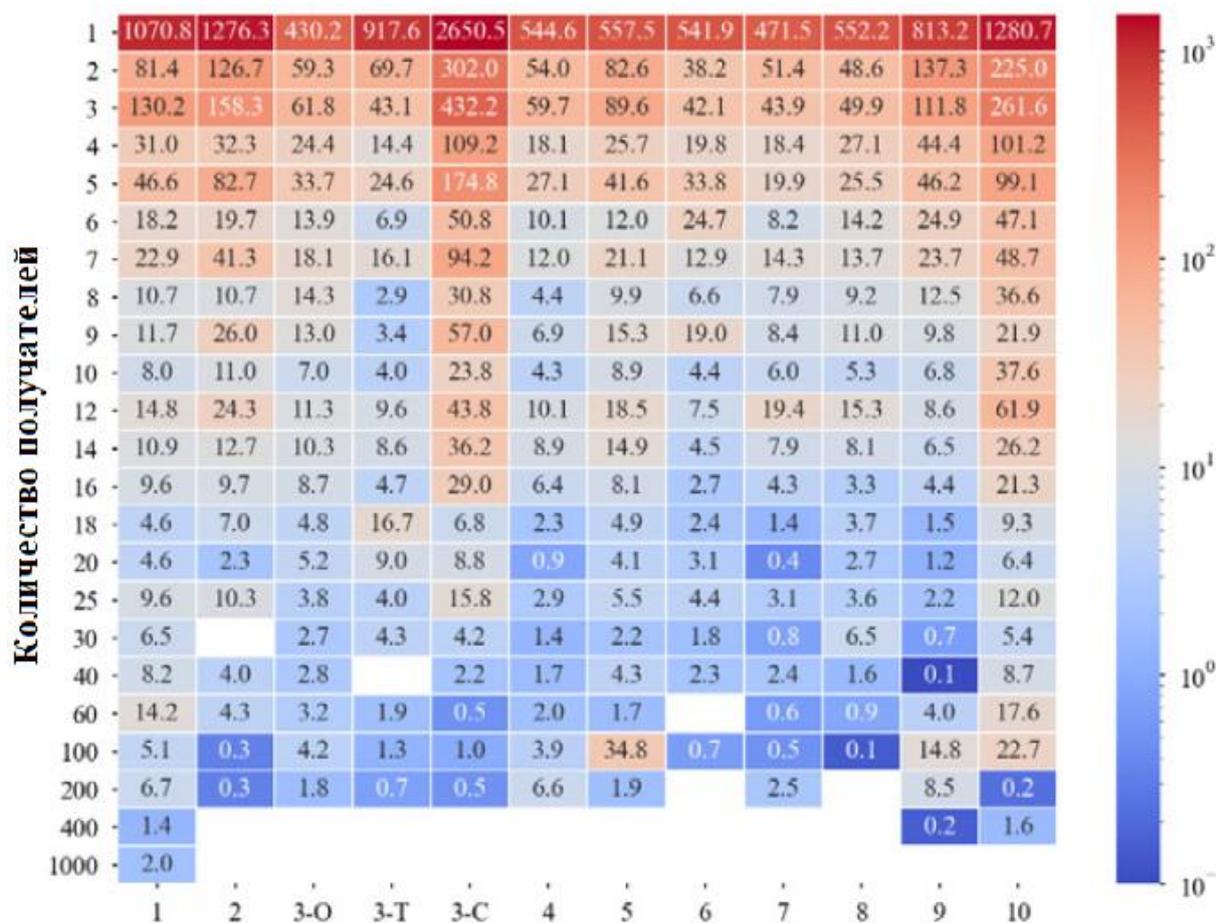
правляет электронные письма более чем 400 получателям, и отправляют множество массовых электронных писем большому числу получателей, что отражает их руководящую роль. Центральная роль команды юристов также отражена здесь, о чем свидетельствует почти самое высокое среднее количество электронных писем, независимо от количества получателей. Аналогичное явление также можно обнаружить в команде трейдеров. Исключив профессиональные команды, можно обнаружить, что среднее количество электронных писем (особенно для небольшого числа получателей) уменьшается с увеличением уровня высшего руководства, менеджеров среднего звена и рядовых сотрудников.



а)



б)



в)

Рис. 4.8. Распределение числа получателей ($\tau=1000$), включая его взаимосвязь с (а) количеством электронных писем, (б) количеством отправителей и (в) электронными письмами, отправленными сотрудниками каждого уровня.

4.4. Выводы и обсуждение

Организационная иерархия может регулировать коммуникационное поведение и информационный поток между сотрудниками, тем самым выстраивая структуру коммуникационной сети. Напротив, статистические характеристики коммуникационной сети могут в некоторой степени отражать эффективность функционирования и действенность организационной иерархии. Следовательно, изучение структуры коммуникационной сети важно для крупных организаций с целью оптимизации их организацион-

ной иерархии для более эффективной коммуникации, функционирования и принятия решений [4.13, 4.25]. Известная экомпания применяется для изучения структуры коммуникационной сети и ее динамики в организационной иерархии посредством электронной почты между сотрудниками.

4.4.1. Значение для теории и исследований организационной коммуникации

Теоретические выводы резюмируются следующим образом. Первым теоретическим выводом является понимание коммуникативного поведения и его корреляции с ролями сотрудников. В частности, исследуются статистические свойства ядра и всей сети в целом, чтобы можно было определить сходства и различия между двумя сетями связи. Анализ из нескольких центров показывает тесную корреляцию между способностью оказывать влияние и ролью сотрудника [4.15]. В то же время выявляются различия в отношении влиятельных и маловлиятельных сотрудников к отправке и получению электронных писем, что должно быть связано с их рабочей ролью и наличием электронных писем-уведомлений. Для всей сети сотрудники без известных должностей, некоторые группы обслуживания и списки групп идентифицируются как наиболее влиятельные из-за уникальности этих учетных записей. Например, учетными записями группы обслуживания обычно управляют несколько человек, а не один человек для решения проблем всех сотрудников. Во всей сети выявлен крайний дисбаланс в отправляющем и принимающем поведении большого количества сотрудников. Кроме того, наблюдается очевидная тенденция к снижению показателя центральности сотрудников по всей организационной иерархии, который в дальнейшем может быть применен для облегчения вывода об иерархии. Таким образом, эта работа помогла бы понять коммуникативное поведение сотрудников в зависимости от их ролей в организации.

Вторым следствием является аналитическое исследование того, как

структура коммуникаций влияет на управление организацией. Разработанные векторы коммуникации выявляют различные типы коммуникационных потоков для сотрудников. В корпорации Enron коммуникационная структура состоит в основном из вертикальной и горизонтальной коммуникации из-за отсутствия коммуникации между различными командами в то время. Результаты определения сообщества показывают, что сотрудники со схожими ролями (такими как торговля, консультирование и менеджмент) могут быть разделены на одно и то же сообщество, что иллюстрирует тесную взаимосвязь между коммуникативным поведением и ролью сотрудника. Кроме того, причина, по которой некоторые рядовые сотрудники считаются влиятельными, заключается в их связующей роли между различными сообществами. Это было подтверждено на примере восприятия социальных норм, когда предпочтение могло отдаваться советам сотрудников более низкого уровня иерархии [4.18]. Результаты, полученные с помощью коммуникационных матриц, также подтверждают, что:

1) организационная коммуникационная модель корпорации в основном состоит из горизонтальных и вертикальных коммуникационных потоков,

2) высшее руководство играло значительную руководящую роль, но команда юристов сыграла важную роль в кризисе и банкротстве [4.15].

Распределение числа получателей, связанное с количеством отправителей и электронных писем, соответствует степенному распределению, широко распространенной форме рассылки. Кроме того, различия между иерархическими уровнями могут выявить его значительную роль в различных ролях в иерархической структуре. В экспериментальном анализе представлена подробная аналитика моделей коммуникации и иерархических структур внутри организаций. Таким образом, эта работа послужит основой для изучения моделей коммуникации в организациях с различными структурами, включая ведомственное и межведомственное сотрудниче-

ство, а также процесс представления информации по восходящей линии и процесс принятия решений по нисходящей линии.

Последнее следствие - изучение динамики коммуникации во время кризиса. Возникающая динамика организационной коммуникации во время кризиса исследуется по-разному, включая структуру сообщества, информационный поток, коммуникационную матрицу и оценку главенства над иерархией. Анализируя результаты до и после кризиса, можно сделать несколько аналитических выводов, включая сохраняющуюся руководящую роль высшего руководства, участие рядовых сотрудников, постепенное исчезновение профессиональной юридической команды, тесную связь между сотрудниками одного уровня и долгосрочное существование иерархии [4.56]. Таким образом, полученные результаты могут дать более глубокое понимание того, как можно использовать методы работы информационных систем для управления сложными организационными кризисами.

4.4.2. Практическое значение для эффективной организационной коммуникации и управления

Эта работа также имеет практическое значение для эффективной организационной коммуникации и управления. Во-первых, важным вкладом, которого мы стремимся добиться в этой статье, является демонстрация того, что системный и комплексный подход к анализу социальных сетей в сочетании с недавно сформулированными вектором и матрицей коммуникации может применяться в качестве общего и полезного инструмента к различным формам коммуникационных данных, таким как электронные письма, встречи по каналам и публикации. Этот инструмент может помочь охарактеризовать модели общения отдельных лиц и организаций в различных контекстах. Благодаря включению анализа социальных сетей в анализ организации наблюдаемая модель коммуникации и ее динамика в иерархии могут дать организациям представление о производительности комму-

никационных сетей, что может оптимизировать организационную иерархию, обработку информации, эффективность коммуникации и принятие решений [4.29]. Например, обладая предварительными знаниями об эффективности информационных коммуникаций в организационной иерархии, руководители могли бы знать, как быстро распространять новую информацию по всей организации на основе наблюдаемых информационных шаблонов. Поскольку недостающие коммуникационные связи и потоки могут быть идентифицированы в построенной коммуникационной сети [4.26], аналитики организационного развития могут обобщить закономерности скрытых потоков в сети и сообщить о результатах менеджерам, чтобы понять разрыв в потоках информации между командами, тем самым повышая эффективность в крупных корпорациях.

Во-вторых, анализ временной сети во время кризиса может выявить изменения в поведении сотрудников и динамике власти [4.68], что может дать организациям ценную информацию для улучшения программ обучения, тем самым снижая воздействие потенциальных чрезвычайных ситуаций.

В-третьих, коммуникационное поведение организаций, проанализированное в этой работе, может быть дополнительно интегрировано с финансовыми и бухгалтерскими данными для проведения ежегодных аудитов компаний. Это позволило бы заинтересованным сторонам и акционерам провести всестороннюю и убедительную оценку финансовых показателей и рисков компаний [4.36, 4.50].

4.4.3. Ограничения и направления на будущее

Как мы представили в этой работе, массовая отправка электронной почты нескольким получателям - очень распространенное поведение в крупных организациях. Следовательно, взаимодействие более высокого порядка [4.77] будет включено для дальнейшего разграничения роли и по-

ведения сотрудников в организации. Кроме того, формальное общение между сотрудниками осуществляется не только по электронной почте, но и включает обмен мгновенными сообщениями на. В то же время существуют и неформальные беседы, такие как WhatsApp и текстовые сообщения [4.65]. Все эти типы информационных потоков тесно связаны с иерархической структурой, таким образом, для описания этого сложного сценария будет включена многоуровневая коммуникационная сеть, в которой каждый уровень представляет собой способ связи. Влияние множества каналов коммуникации на структуру общения и информационный поток внутри организационной иерархии будет изучено дополнительно, например, постоянное лидерство высшего руководства, изменение коммуникационного поведения сотрудников на разных уровнях и особая роль команд. Более того, влияние внешних факторов, таких как организационная культура и внешнее давление, на модель организационной коммуникации может быть исследовано путем анализа текстовой информации с помощью NLP. Кроме того, мы разработаем общие модели для оценки эффективности работы организации, включая более эффективную коммуникацию между сотрудниками в различных функциональных группах, а также более эффективное управление и принятие решений.

Литература к главе 4

- 4.1. Adler, P. S. (2001). Market, hierarchy, and trust: The knowledge economy and the future of capitalism. *Organization Science*, 12(2), 215–234.
- 4.2. Ahmad, P. N., Yuanchao, L., Aurangzeb, K., Anwar, M. S., et al. (2024). Semantic web-based propaganda text detection from social media using meta-learning. *Service Oriented Computing and Applications*, 1–15.
- 4.3. Anderson, C., & Brown, C. E. (2010). The functions and dysfunctions of hierarchy. *Research in Organizational Behavior*, 30, 55–89.
- 4.4. Aven, B. L. (2015). The paradox of corrupt networks: An analysis of organizational crime at enron. *Organization Science*, 26(4), 980–996.
- 4.5. Baker, K. A. (2007). Organizational communication. *Management Benchmark Study*, 1(1), 1–3.
- 4.6. Behrendt, S., Klier, J., Klier, M., & Richter, A. (2015). The impact of formal hierarchies on enterprise social networking behavior. In *International conference on information systems* (pp. 1–19).
- 4.7. Ben-Hador, B., & Eckhaus, E. (2018). The different impact of personal social capital and intra-organizational SC: The enron case study. *International Journal of Organization Theory & Behavior*.
- 4.8. Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10), P10008.
- 4.9. Burton, R. M., & Obel, B. (2004). Strategic organizational diagnosis and design: The dynamics of fit. Springer.
- 4.10. Cai, M., Luo, H., Meng, X., Cui, Y., & Wang, W. (2023). Network distribution and sentiment interaction: Information diffusion mechanisms between social bots and human users on social media. *Information Processing & Management*, 60(2), Article 103197.
- 4.11. Chaudhary, A., Mittal, H., & Arora, A. (2019). Anomaly detection using graph neural networks. In *2019 international conference on machine learning, big data, cloud and parallel computing* (pp. 346–350). IEEE.
- 4.12. Chelmiss, C., & Prasanna, V. K. (2013). The role of organization hierarchy in technology adoption at the workplace. In *Proceedings of the 2013 IEEE/ACM international conference on advances in social networks analysis and mining* (pp. 8–15).
- 4.13. Chen, H., Mehra, A., Tasselli, S., & Borgatti, S. P. (2022). Network dynamics and organizations: A review and research agenda. *Journal of Management*, 48(6), 1602–1660.
- 4.14. Christensen, M., & Knudsen, T. (2010). Design of decision-making organizations. *Management Science*, 56(1), 71–89.
- 4.15. Creamer, G. G., Stolfo, S. J., Creamer, M., Hershkop, S., & Rowe, R. (2022). Discovering organizational hierarchy through a corporate ranking algorithm: The enron case. *Complexity*, 2022, Article 8154476.

- 4.16. Csaszar, F. A., & Eggers, J. (2013). Organizational decision making: An information aggregation view. *Management Science*, 59(10), 2257–2277.
- 4.17. Csaszar, F. A., & Steinberger, T. (2022). Organizations as artificial intelligences: The use of artificial intelligence analogies in organization theory. *Academy of Management Annals*, 16(1), 1–37.
- 4.18. Dannals, J. E., Reit, E. S., & Miller, D. T. (2020). From whom do we learn group norms? Low-ranking group members are perceived as the best sources. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 161, 213–227.
- 4.19. Detert, J. R., Burris, E. R., Harrison, D. A., & Martin, S. R. (2013). Voice flows to and around leaders: Understanding when units are helped or hurt by employee voice. *Administrative Science Quarterly*, 58(4), 624–668.
- 4.20. Dibra, R. (2016). Corporate governance failure: The case of enron and parmalat. *European Scientific Journal*, 12(16), 283.
- 4.21. Diefenbach, T., & Sillince, J. A. (2011). Formal and informal hierarchy in different types of organization. *Organization Studies*, 32(11), 1515–1537.
- 4.22. Diesner, J., Frantz, T. L., & Carley, K. M. (2005). Communication networks from the enron email corpus “it’s always about the people. Enron is no different”. *Computational & Mathematical Organization Theory*, 11, 201–228.
- 4.23. Eckhaus, E., & Sheaffer, Z. (2018). Managerial hubris detection: the case of enron. *Risk Management*, 20, 304–325.
- 4.24. Gilbert, E. (2012). Phrases that signal workplace hierarchy. In *Proceedings of the ACM 2012 conference on computer supported cooperative work* (pp. 1037–1046).
- 4.25. Gulati, R., Lawrence, P. R., & Puranam, P. (2005). Adaptation in vertical relationships: Beyond incentive conflict. *Strategic Management Journal*, 26(5), 415–440.
- 4.26. Huang, D., & Lei, F. (2023). Temporal group-aware graph diffusion networks for dynamic link prediction. *Information Processing & Management*, 60(3), Article 103292.
- 4.27. Jin, D., Heimann, M., Safavi, T., Wang, M., Lee, W., Snider, L., et al. (2019). Smart roles: Inferring professional roles in email networks. In *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery & data mining* (pp. 2923–2933).
- 4.28. Jones, E., Watson, B., Gardner, J., & Gallois, C. (2004). Organizational communication: Challenges for the new century. *Journal of Communication*, 54(4), 722–750.
- 4.29. Joseph, J., & Gaba, V. (2020). Organizational structure, information processing, and decision-making: A retrospective and road map for research. *Academy of Management Annals*, 14(1), 267–302.

- 4.30. Josephs, N., Peng, S., & Crawford, F. W. (2022). Communication network dynamics in a large organizational hierarchy. arXiv preprint arXiv:2208.01208.
- 4.31. Kabeyi, M. J. B. (2020). Corporate governance in manufacturing and management with analysis of governance failures at Enron and Volkswagen corporations. *American Journal of Operations Management and Information Systems*, 4(4), 109–123.
- 4.32. Keila, P., & Skillicorn, D. (2005). Structure in the enron email dataset. In *Workshop on link analysis, security and counterterrorism, SIAM international conference on data mining* (pp. 55–64).
- 4.33. Klier, J., Klier, M., Richter, A., & Wiesneth, K. (2017). Two sides of the same coin?-the effects of hierarchy inside and outside enterprise social networks. In *Proceedings/international conference on information systems* (pp. 1–19).
- 4.34. Klimt, B., & Yang, Y. (2004). The enron corpus: A new dataset for email classification research. In *15th European conference on machine learning* (pp. 217–226). Springer.
- 4.35. Konczak, L. J. (1995). Communicating change: Winning employee support for new business goals. *Personnel Psychology*, 48(1), 203.
- 4.36. Kotb, A., Elbardan, H., & Halabi, H. (2020). Mapping of internal audit research: a post-enron structured literature review. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 33(8), 1969–1996.
- 4.37. Li, L., Zhou, J., Zhuang, J., & Zhang, Q. (2023). Gender-specific emotional characteristics of crisis communication on social media: Case studies of two public health crises. *Information Processing & Management*, 60(3), Article 103299.
- 4.38. Liu, Z., Wen, T., Deng, Y., & Fujita, H. (2024). Game-theoretic expert importance evaluation model guided by cooperation effects for social network group decision making. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*.
- 4.39. Lounsbury, M., & Ventresca, M. (2003). The new structuralism in organizational theory. *Organization*, 10(3), 457–480.
- 4.40. Lü, L., Chen, D., Ren, X.-L., Zhang, Q.-M., Zhang, Y.-C., & Zhou, T. (2016). Vital nodes identification in complex networks. *Physics Reports*, 650, 1–63.
- 4.41. Luo, C. (2021). Analyzing the impact of social networks and social behavior on electronic business during COVID-19 pandemic. *Information Processing & Management*, 58(5), Article 102667.
- 4.42. Lupton, R. C., & Allwood, J. M. (2017). Hybrid sankey diagrams: Visual analysis of multidimensional data for understanding resource use. *Resources, Conservation and Recycling*, 124, 141–151.
- 4.43. McCallum, A., Corrada-Emmanuel, A., & Wang, X. (2005). The author-recipient-topic model for topic and role discovery in social networks: Ex-

periments with enron and academic email. Computer Science Department Faculty Publication Series, 44.

4.44. Miz, V., Ricaud, B., Benzi, K., & Vandergheynst, P. (2019). Anomaly detection in the dynamics of web and social networks using associative memory. In *The world wide web conference* (pp. 1290–1299).

4.45. Morgeson, F. P., Mitchell, T. R., & Liu, D. (2015). Event system theory: An event-oriented approach to the organizational sciences. *Academy of Management Review*, 40(4), 515–537.

4.46. Nahm, A. Y., Vonderembse, M. A., & Koufteros, X. A. (2003). The impact of organizational structure on time-based manufacturing and plant performance. *Journal of Operations Management*, 21(3), 281–306.

4.47. Newman, M. E. (2003). Mixing patterns in networks. *Physical Review E*, 67(2), Article 026126.

4.48. Ni, P., Zhu, J., Gao, Y., & Wang, G. (2024). Minimizing the misinformation concern over social networks. *Information Processing & Management*, 61(1), Article 103562.

4.49. Niu, Y., Ying, L., Yang, J., Bao, M., & Sivaparthipan, C. (2021). Organizational business intelligence and decision making using big data analytics. *Information Processing & Management*, 58(6), Article 102725.

4.50. Nix, A., Decker, S., & Wolf, C. (2021). Enron and the California energy crisis: The role of networks in enabling organizational corruption. *Business History Review*, 95(4), 765–802.

4.51. Nurek, M., & Michalski, R. (2020). Combining machine learning and social network analysis to reveal the organizational structures. *Applied Sciences*, 10(5), 1699.

4.52. Quintane, E., & Carnabuci, G. (2016). How do brokers broker? *Tertius gaudens, tertius iungens, and the temporality of structural holes*. *Organization Science*, 27(6), 1343–1360.

4.53. Raut, P., Chawhan, R., Joshi, T., & Kasle, P. (2020). Classification of power relations based on email exchange. In *2020 IEEE international conference on computing, power and communication technologies* (pp. 486–489). IEEE.

4.54. Reitzig, M., & Maciejovsky, B. (2015). Corporate hierarchy and vertical information flow inside the firm—A behavioral view. *Strategic Management Journal*, 36(13), 1979–1999.

4.55. Schoeneborn, D., Blaschke, S., Cooren, F., McPhee, R. D., Seidl, D., & Taylor, J. R. (2014). The three schools of CCO thinking: Interactive dialogue and systematic comparison. *Management Communication Quarterly*, 28(2), 285–316.

4.56. Schwarz, G. (2002). Organizational hierarchy adaptation and information technology. *Information and Organization*, 12(3), 153–182.

4.57. Seifikar, M., Farzi, S., & Barati, M. (2020). C-blondel: an efficient louvain-based dynamic community detection algorithm. *IEEE Transactions on*

Computational Social Systems, 7(2), 308–318.

4.58. Shah, A. M., Yan, X., Tariq, S., & Ali, M. (2021). What patients like or dislike in physicians: Analyzing drivers of patient satisfaction and dissatisfaction using a digital topic modeling approach. *Information Processing & Management*, 58(3), Article 102516.

4.59. Sharaff, A., & Nagwani, N. K. (2016). Email thread identification using latent Dirichlet allocation and non-negative matrix factorization based clustering techniques. *Journal of Information Science*, 42(2), 200–212.

4.60. Sharma, P. R. (2015). Organizational communication: perceptions of staff members' level of communication satisfaction and job satisfaction (Ph.D. thesis), East Tennessee State University.

4.61. Shetty, J., & Adibi, J. (2004). The enron email dataset database schema and brief statistical report. Information Sciences Institute Technical Report, University of Southern California, 4(1), 120–128.

4.62. Shrestha, Y. R., Krishna, V., & von Krogh, G. (2021). Augmenting organizational decision-making with deep learning algorithms: Principles, promises, and challenges. *Journal of Business Research*, 123, 588–603.

4.63. Skrastins, J., & Vig, V. (2019). How organizational hierarchy affects information production. *The Review of Financial Studies*, 32(2), 564–604.

4.64. Soroya, S. H., Farooq, A., Mahmood, K., Isoaho, J., & Zara, S.-e. (2021). From information seeking to information avoidance: Understanding the health information behavior during a global health crisis. *Information Processing & Management*, 58(2), Article 102440.

4.65. Sun, M., & Sun, S. (2024). Users' engagement in wechat-based support communities: A multilevel perspective. *Information Processing & Management*, 61(2), Article 103604.

4.66. Sun, Y., Wu, L., & Jeyaraj, A. (2022). Moderating role of enterprise social media use in work engagement. *Information Processing & Management*, 59(1), Article 102793.

4.67. Taha, K., & Yoo, P. D. (2016). Using the spanning tree of a criminal network for identifying its leaders. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 12(2), 445–453.

4.68. Tost, L. P., & Johnson, H. H. (2019). The prosocial side of power: How structural power over subordinates can promote social responsibility. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 152, 25–46.

4.69. Tushman, M. L., & Nadler, D. A. (1978). Information processing as an integrating concept in organizational design.. *Academy of Management Review*, 3(3), 613–624.

4.70. Wang, H., Mi, J., Guo, X., & Hu, P. (2023). Meta-learning adaptation network for few-shot link prediction in heterogeneous social networks. *Information Processing & Management*, 60(5), Article 103418.

4.71. Wang, J., Omar, A. H., Alotaibi, F. M., Daradkeh, Y. I., & Althubiti, S. A. (2022). Business intelligence ability to enhance organizational perfor-

mance and performance evaluation capabilities by improving data mining systems for competitive advantage. *Information Processing & Management*, 59(6), Article 103075.

4.72. Wen, T., Chen, Y.-w., abbas Syed, T., & Wu, T. (2024). ERIUE: Evidential reasoning-based influential users evaluation in social networks. *Omega*, 122, Article 102945.

4.73. Wen, T., & Cheong, K. H. (2021). The fractal dimension of complex networks: A review. *Information Fusion*, 73, 87–102.

4.74. White, C., Vanc, A., & Stafford, G. (2010). Internal communication, information satisfaction, and sense of community: The effect of personal influence. *Journal of Public Relations Research*, 22(1), 65–84.

4.75. Wilson, D. O. (1992). Diagonal communication links within organizations. *The Journal of Business Communication*, 29(2), 129–143.

4.76. Woehler, M., Floyd, T. M., Shah, N., Marineau, J. E., Sung, W., Grosser, T. J., et al. (2021). Turnover during a corporate merger: How workplace network change influences staying. *Journal of Applied Psychology*, 106(12), 1939.

4.77. Xie, M., Zhan, X.-X., Liu, C., & Zhang, Z.-K. (2023). An efficient adaptive degree-based heuristic algorithm for influence maximization in hypergraphs. *Information Processing & Management*, 60(2), Article 103161.

4.78. Yan, Z., Zhou, X., Ren, J., Zhang, Q., & Du, R. (2023). Identifying underlying influential factors in information diffusion process on social media platform: A hybrid approach of data mining and time series regression. *Information Processing & Management*, 60(5), Article 103438.

4.79. Yeh, J.-Y., & Harnly, A. (2006). Email thread reassembly using similarity matching. In *Third conference on email and anti-spam, mountain view, california USA*.

4.80. Yin, X., Liu, H., Chen, Y., & Al-Hussein, M. (2019). Building information modelling for off-site construction: Review and future directions. *Automation in Construction*, 101, 72–91.

4.81. Zhang, L., Tongxin, Z., Chunhui, Z., & Zilong, J. (2018). A novel E-mail network evolution model based on user information. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(5).

4.82. Zhao, J., & Cheong, K. H. (2023). Obfuscating community structure in complex network with evolutionary divide-and-conquer strategy. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 27(6), 1926–1940.

4.83. Zhao, J., He, H., Zhao, X., & Lin, J. (2022). Modeling and simulation of microblog-based public health emergency-associated public opinion communication. *Information Processing & Management*, 59(2), Article 102846.

4.84. Zhao, J., Wen, T., Jahanshahi, H., & Cheong, K. H. (2022). The random walk-based gravity model to identify influential nodes in complex networks. *Information Sciences*, 609, 1706–1720.

Заключение

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

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.

Список использованных источников

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Васми И.А. Исследование иерархии организационной структуры на основе анализа коммуникаций сотрудников организации// Информационные технологии моделирования и управления, №2(140), 2025. – С. 84-94
5. 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.
6. 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
7. Васми И.А. Проблемы управления организационными системами и организационной иерархией// Информационные технологии моделирования и управления, №4(142), 2025. – С. 254-266.
8. 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.
9. 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
10. 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
11. Васми И.А., Кочегаров А.В., Мутина Е.И., Питолин М.В., Атласов И.В. Выявление и трансформация масштабов управления для оптими-

зации организационной структуры// Системы управления и информационные технологии, №1(99), 2025. С. 28-33.

12. 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.

13. Adler, P. S. (2001). Market, hierarchy, and trust: The knowledge economy and the future of capitalism. *Organization Science*, 12(2), 215–234.

14. Ahmad, P. N., Yuanchao, L., Aurangzeb, K., Anwar, M. S., et al. (2024). Semantic web-based propaganda text detection from social media using meta-learning. *Service Oriented Computing and Applications*, 1–15.

15. Ahn, G., Y. J. Park, S. Hur. 2019. Performance Computation Methods for Composition of Tasks with Multiple Patterns in Cloud Manufacturing// *International Journal of Production Research* 57 (2): 517–530.

16. Akbaripour, H., M. Houshmand, O. F. Valilai. 2015. Cloud-Based Global Supply Chain: A Conceptual Model and Multilayer Architecture// *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 137 (4): 040913(1-6).

17. Akbaripour, H., M. Houshmand, T. van Woensel, N. Mutlu. 2018. Cloud Manufacturing Service Selection Optimization and Scheduling with Transportation Considerations: Mixed-integer Programming Models// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 95 (1–4): 43–70.

18. Alavudeen, A., N. Venkateshwaran. 2008. *Computer Integrated Manufacturing*. New Delhi: PHI Learning.

19. Allab, K., Labiod, L., Nadif, M.: A semi-NMF-PCA unified framework for data clustering. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 29(1), 2–16 (2017)

20. Anderson, C., & Brown, C. E. (2010). The functions and dysfunctions of hierarchy. *Research in Organizational Behavior*, 30, 55–89.

21. Arman, O., Rahmat, K., Mehrdad, T.H., et al.: Direct probabilistic load flow in radial distribution systems including wind farms: an approach based on data clustering. *Energies* 11(2), 310–311 (2018)

22. Asafuddoula, Md, Tapabrata Ray, Ruhul Sarker. 2015. A Decomposition-Based Evolutionary Algorithm for Many Objective Optimization// *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 19 (3): 445–460.

23. Assari, M., J. Delaram, O. F. Valilai. 2018. Mutual Manufacturing Service Selection and Routing Problem Considering Customer Clustering in Cloud Manufacturing// *Production & Manufacturing Research* 1–19. doi:10.1080/21693277.2018.1517056

24. Aven, B. L. (2015). The paradox of corrupt networks: An analysis of organizational crime at enron. *Organization Science*, 26(4), 980–996.

25. Baker, K. A. (2007). Organizational communication. *Management Benchmark Study*, 1(1), 1–3.

26. Behrendt, S., Klier, J., Klier, M., & Richter, A. (2015). The impact of formal hierarchies on enterprise social networking behavior. In *International*

conference on information systems (pp. 1–19).

27. Ben-Hador, B., & Eckhaus, E. (2018). The different impact of personal social capital and intra-organizational SC: The enron case study. *International Journal of Organization Theory & Behavior*.

28. Beuren, F. H., M. G. G. Ferreira, P. A. C. Miguel. 2013. Product-service Systems: A Literature Review on Integrated Products and Services// *Journal of Cleaner Production* 47: 222–231.

29. Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10), P10008.

30. Bouzary, H., F. F. Chen. 2018. Service Optimal Selection and Composition in Cloud Manufacturing: A Comprehensive Survey// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 97 (1–4): 795–808.

31. Burton, R. M., & Obel, B. (2004). *Strategic organizational diagnosis and design: The dynamics of fit*. Springer.

32. Cai, M., Luo, H., Meng, X., Cui, Y., & Wang, W. (2023). Network distribution and sentiment interaction: Information diffusion mechanisms between social bots and human users on social media. *Information Processing & Management*, 60(2), Article 103197.

33. Cao, Yang, Shilong Wang, Ling Kang, Yuan Gao. 2016. A TQCS-Based Service Selection and Scheduling Strategy in Cloud Manufacturing// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 82 (1–4): 235–251.

34. Chang, X., Wang, Q., Liu, Y., et al.: Sparse regularization in fuzzy - means for highdimensional data clustering. *Cybern. IEEE Trans.* 47(9), 2616–2627 (2017)

35. Chaudhary, A., Mittal, H., & Arora, A. (2019). Anomaly detection using graph neural networks. In 2019 international conference on machine learning, big data, cloud and parallel computing (pp. 346–350). IEEE.

36. Chelmiss, C., & Prasanna, V. K. (2013). The role of organization hierarchy in technology adoption at the workplace. In *Proceedings of the 2013 IEEE/ACM international conference on advances in social networks analysis and mining* (pp. 8–15).

37. Chen, F., R. Dou, M. Li, H. Wu. 2016. A Flexible QoS-Aware Web Service Composition Method by Multi-Objective Optimization in Cloud Manufacturing// *Computers & Industrial Engineering* 99: 423–431.

38. Chen, H., Mehra, A., Tasselli, S., & Borgatti, S. P. (2022). Network dynamics and organizations: A review and research agenda. *Journal of Management*, 48(6), 1602–1660.

39. Chen, W., I. Paik, P. C. Hung. 2015. Constructing a Global Social Service Network for Better Quality of Web Service Discovery// *IEEE Transactions on Services Computing* 8 (2): 284–298.

40. Chen, Y., X. Yao, D. Xu. 2010. Job Shop Scheduling with Profit and Entropy as Performance Measures// *Journal of Beijing University of Technology* 36 (10): 1305–1311.
41. Cheng, Y., D. Zhao, F. Tao, L. Zhang, Y. Liu. 2015. Complex Networks Based Manufacturing Service and Task Management in Cloud Environment// 2015 IEEE 10th conference on industrial electronics and applications (ICIEA), IEEE.
42. Cheng, Y., F. Tao, D. Zhao, L. Zhang. 2017. Modeling of Manufacturing Service Supply–Demand Matching Hypernetwork in Service-Oriented Manufacturing Systems// *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 45: 59–72.
43. Chiu, C.-H., T.-M. Choi, H.-T. Yeung, Y. Zhao. 2012. Sales Rebate Contracts in Fashion Supply Chains// *Mathematical Problems in Engineering* 2012. doi:10.1155/2012/908408
44. Christensen, M., & Knudsen, T. (2010). Design of decision-making organizations. *Management Science*, 56(1), 71–89.
45. Creamer, G. G., Stolfo, S. J., Creamer, M., Hershkop, S., & Rowe, R. (2022). Discovering organizational hierarchy through a corporate ranking algorithm: The enron case. *Complexity*, 2022, Article 8154476.
46. Csaszar, F. A., & Eggers, J. (2013). Organizational decision making: An information aggregation view. *Management Science*, 59(10), 2257–2277.
47. Csaszar, F. A., & Steinberger, T. (2022). Organizations as artificial intelligences: The use of artificial intelligence analogies in organization theory. *Academy of Management Annals*, 16(1), 1–37.
48. D’Souza, R. G., K. C. Sekaran, A. Kandasamy. 2010. Improved NSGA-II Based on a Novel Ranking Scheme// arXiv preprint arXiv:1002.4005.
49. Dannals, J. E., Reit, E. S., & Miller, D. T. (2020). From whom do we learn group norms? Low-ranking group members are perceived as the best sources. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 161, 213–227.
50. Deb, K., A. Pratap, S. Agarwal, T. Meyarivan. 2002. A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II// *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 6 (2): 182–197.
51. Delaram, J., O. F. Valilai. 2016. Development of a Novel Solution to Enable Integration and Interoperability for Cloud Manufacturing// *Procedia CIRP* 52: 6–11.
52. Delaram, J., O. F. Valilai. 2017. A Novel Solution for Manufacturing Interoperability Fulfillment Using Interoperability Service Providers// *Procedia CIRP* 63: 774–779. doi:10.1016/j.procir.2017.03.141
53. Delaram, J., O. F. Valilai. 2018a. An Architectural Solution for Virtual Computer Integrated Manufacturing Systems Using ISO Standards// *Scientia Iranica*. doi:10.24200/SCI.22018.20799

54. Delaram, J., O. F. Valilai. 2018b. A Mathematical Model for Task Scheduling in Cloud Manufacturing Systems Focusing on Global Logistics// *Procedia Manufacturing* 17: 387–394. doi:10.1016/j.promfg.2018.10.061
55. Delaram, J., O. F. Valilai. 2018c. An Architectural View to Computer Integrated Manufacturing Systems Based on Axiomatic Design Theory// *Computers in Industry* 100: 96–114. doi:10.1016/j.compind.2018.04.009
56. Detert, J. R., Burris, E. R., Harrison, D. A., & Martin, S. R. (2013). Voice flows to and around leaders: Understanding when units are helped or hurt by employee voice. *Administrative Science Quarterly*, 58(4), 624–668.
57. Díaz-Madroñero, M., D. Peidro, J. Mula. 2015. A Review of Tactical Optimization Models for Integrated Production and Transport Routing Planning Decisions// *Computers & Industrial Engineering* 88: 518–535.
58. Dibra, R. (2016). Corporate governance failure: The case of enron and parmalat. *European Scientific Journal*, 12(16), 283.
59. Diefenbach, T., & Sillince, J. A. (2011). Formal and informal hierarchy in different types of organization. *Organization Studies*, 32(11), 1515–1537.
60. Diesner, J., Frantz, T. L., & Carley, K. M. (2005). Communication networks from the enron email corpus “it’s always about the people. Enron is no different”. *Computational & Mathematical Organization Theory*, 11, 201–228.
61. Dondo, R., J. Cerdá. 2015. The Heterogeneous Vehicle Routing and Truck Scheduling Problem in a Multi-Door Cross-Dock System// *Computers & Chemical Engineering* 76: 42–62.
62. Dongmei, C.: Discussions on big data security and privacy protection based on cloudcomputing. *Comput. Knowl. Technol.* 15(15), 101–103 (2018)
63. Dutta, P., D. Das, F. Schultmann, M. Fröhling. 2016. Design and Planning of a Closed-Loop Supply Chain with ThreeWay Recovery and buy-Back Offer// *Journal of Cleaner Production* 135: 604–619.
64. Eckhaus, E., & Sheaffer, Z. (2018). Managerial hubris detection: the case of enron. *Risk Management*, 20, 304–325.
65. Fan, Y., D. Zhao, L. Zhang, S. Huang, B. Liu. 2003. Manufacturing Grid: Needs, Concept, and Architecture// In *International Conference on Grid and Cooperative Computing*, 653–656. Berlin: Springer.
66. Fu, W., Liu, S., Srivastava, G.: Optimization of big data scheduling in social networks. *Entropy* 21(9), 902 (2019)
67. Gembicki, F., Y. Haimes. 1975. Approach to Performance and Sensitivity Multiobjective Optimization: The Goal Attainment Method// *IEEE Transactions on Automatic Control* 20 (6): 769–771.
68. Gilbert, E. (2012). Phrases that signal workplace hierarchy. In *Proceedings of the ACM 2012 conference on computer supported cooperative work* (pp. 1037–1046).
69. Gulati, R., Lawrence, P. R., & Puranam, P. (2005). Adaptation in vertical relationships: Beyond incentive conflict. *Strategic Management Journal*,

26(5), 415–440.

70. Hao, Y., Y. Fan, J. Zhang. 2019. Service Recommendation Based on Description Reconstruction in Cloud Manufacturing// *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 32 (3): 294–306.

71. Hodi: Analysis of big data security and privacy protection in cloud computing. *Electron.World* 25(16), 98–101 (2017)

72. Hosseini, B., B. Tan. 2019. Modelling and Analysis of a Cooperative Production Network// *International Journal of Production Research* 1–22. doi:10.1080/00207543.2019.1571254

73. Huang, D., & Lei, F. (2023). Temporal group-aware graph diffusion networks for dynamic link prediction. *Information Processing & Management*, 60(3), Article 103292.

74. J. Li, S.X. Pan, L. Huang, X. Zhu, A machine learning based method for customer behavior prediction. *Tehnicki Vjesnik-Tech. Gaz.* 26(6), 1670–1676 (2019)

75. Jin, D., Heimann, M., Safavi, T., Wang, M., Lee, W., Snider, L., et al. (2019). Smart roles: Inferring professional roles in email networks. In *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery & data mining* (pp. 2923–2933).

76. Jinbo, X., Jun, R., Lei, C., et al.: Enhancing privacy and availability for data clustering in intelligent electrical service of IoT. *IEEE Internet Things J.* 6(2), 1530–1540 (2018)

77. Jo, H. H., H. R. Parsaei, W. G. Sullivan. 1993. Principles of Concurrent Engineering// In *Concurrent Engineering*, 3–23. Boston, MA: Springer.

78. Jones, E., Watson, B., Gardner, J., & Gallois, C. (2004). Organizational communication: Challenges for the new century. *Journal of Communication*, 54(4), 722–750.

79. Joseph, J., & Gaba, V. (2020). Organizational structure, information processing, and decision-making: A retrospective and road map for research. *Academy of Management Annals*, 14(1), 267–302.

80. Josephs, N., Peng, S., & Crawford, F. W. (2022). Communication network dynamics in a large organizational hierarchy. arXiv preprint arXiv:2208.01208.

81. K. Gu, Technology of Concept Pair Identification for Thinking Theme Discovery (University of Science and Technology Beijing, Beijing, 2013)

82. Kabeyi, M. J. B. (2020). Corporate governance in manufacturing and management with analysis of governance failures at Enron and Volkswagen corporations. *American Journal of Operations Management and Information Systems*, 4(4), 109–123.

83. Kanagarajan, D., R. Karthikeyan, K. Palanikumar, J. Paulo Davim. 2008. Optimization of Electrical Discharge Machining Characteristics of WC/Co Composites Using Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-

II// The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 36 (11-12): 1124–1132.

84. Keila, P., & Skillicorn, D. (2005). Structure in the enron email dataset. In Workshop on link analysis, security and counterterrorism, SIAM international conference on data mining (pp. 55–64).

85. Khanam, R., R. R. Kumar, C. Kumar. 2018. QoS Based Cloud Service Composition with Optimal Set of Services Using PSO// In 2018 4th International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT), 1–6. Dhanbad: IEEE.

86. Kim, H. K., J. K. Kim, Y. U. Ryu. 2009. Personalized Recommendation Over a Customer Network for Ubiquitous Shopping// IEEE Transactions on Services Computing 2 (2): 140–151.

87. Klein, A., F. Ishikawa, S. Honiden. 2010. Efficient QoS-aware Service Composition with a Probabilistic Service Selection Policy// In International Conference on Service-Oriented Computing, 182–196. Berlin: Springer.

88. Klier, J., Klier, M., Richter, A., & Wiesneth, K. (2017). Two sides of the same coin?-the effects of hierarchy inside and outside enterprise social networks. In Proceedings/international conference on information systems (pp. 1–19).

89. Klimt, B., & Yang, Y. (2004). The enron corpus: A new dataset for email classification research. In 15th European conference on machine learning (pp. 217–226). Springer.

90. Konczak, L. J. (1995). Communicating change: Winning employee support for new business goals. *Personnel Psychology*, 48(1), 203.

91. Kotb, A., Elbardan, H., & Halabi, H. (2020). Mapping of internal audit research: a post-enron structured literature review. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 33(8), 1969–1996.

92. Koziel, S., X.-S. Yang. 2011. Computational Optimization, Methods and Algorithms. Vol. 356. Berlin: Springer.

93. 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.

94. L.L. Qin, N.W. Yu, D.H. Zhao, Applying the convolutional neural network deep learning technology to behavioural recognition in intelligent video. *Tehnicki Vjesnik-Tech. Gaz.* 25(2), 528–535 (2018)

95. L.M. Wang, Z.Y. Hao, X.M. Han, R.H. Zhou, Gravity theory-based affinity propagation clustering algorithm and its applications. *Tehnicki vjesnik-Tech. Gaz.* 25(4), 1125–1135(2018)

96. Lartigau, J., X. Xu, L. Nie, D. Zhan. 2015. Cloud Manufacturing Service Composition Based on QoS with Geo-perspective Transportation Using

an Improved Artificial Bee Colony Optimisation Algorithm// *International Journal of Production Research* 53(14): 4380–4404.

97. Li, B.-H., L. Zhang, S.-L. Wang, F. Tao, J. Cao, X. Jiang, X. Song, X. Chai. 2010. Cloud Manufacturing: A New Service-Oriented Networked Manufacturing Model// *Computer Integrated Manufacturing Systems* 16 (1): 1–7.

98. Li, Haibo, Keith C. C. Chan, Mengxia Liang, Xiangyu Luo. 2016. Composition of Resource-Service Chain for Cloud Manufacturing// *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 12 (1): 211–219.

99. Li, Hui, Qingfu Zhang. 2009. Multiobjective Optimization Problems with Complicated Pareto Sets, MOEA/D and NSGA-II// *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 13 (2): 284–302.

100. Li, Ke, Sam Kwong, Qingfu Zhang, Kalyanmoy Deb. 2015. Interrelationship-based Selection for Decomposition Multiobjective Optimization// *IEEE Transactions on Cybernetics* 45 (10): 2076–2088.

101. Li, L., Zhou, J., Zhuang, J., & Zhang, Q. (2023). Gender-specific emotional characteristics of crisis communication on social media: Case studies of two public health crises. *Information Processing & Management*, 60(3), Article 103299.

102. Li, Shancang, Li Da Xu, Shanshan Zhao. 2018. 5G Internet of Things: A Survey// *Journal of Industrial Information Integration* 10: 1–9. doi:10.1016/j.jii.2018.01.005

103. Li, T., Pintado, F.D.L.P., Corchado, J.M., et al.: Multi-source homogeneous data clustering for multi-target detection from cluttered background with misdetection. *Appl. Soft Comput.* 60, 436–446 (2017)

104. Li, Wenxiang, Chunsheng Zhu, Laurence T. Yang, Lei Shu, Edith C.-H. Ngai, Yajie Ma. 2017. Subtask Scheduling for Distributed Robots in Cloud Manufacturing// *IEEE Systems Journal* 11 (2): 941–950.

105. Li, Y., X. Yao, J. Zhou. 2016. Multi-objective Optimization of Cloud Manufacturing Service Composition with Cloud-Entropy Enhanced Genetic Algorithm// *Strojniški Vestnik-Journal of Mechanical Engineering* 62 (10): 577–590.

106. Liu, S., Li, Z., Zhang, Y., et al.: Introduction of key problems in long-distance learning and training. *Mob. Netw. Appl.* 24(1), 1–4 (2019)

107. Liu, S., Lu, M., Li, H., et al.: Prediction of gene expression patterns with generalized linear regression model. *Front. Genet.* 10, 120 (2019)

108. Liu, X., W. Tan. 2014. A Model of Competitive Hybrid Granularity Manufacturing Resource and Its Unify Cloud Service Modeling// In *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 670, 1556–1561. Switzerland: Trans Tech Publications.

109. Liu, Y., X. Xu, L. Zhang, L. Wang, R. Y. Zhong. 2017. Workload-based Multi-Task Scheduling in Cloud Manufacturing// *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 45: 3–20.

110. Liu, Z., Wen, T., Deng, Y., & Fujita, H. (2024). Game-theoretic expert importance evaluation model guided by cooperation effects for social network group decision making. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*.
111. Lounsbury, M., & Ventresca, M. (2003). The new structuralism in organizational theory. *Organization*, 10(3), 457–480.
112. Lü, L., Chen, D., Ren, X.-L., Zhang, Q.-M., Zhang, Y.-C., & Zhou, T. (2016). Vital nodes identification in complex networks. *Physics Reports*, 650, 1–63.
113. Luo, C. (2021). Analyzing the impact of social networks and social behavior on electronic business during COVID-19 pandemic. *Information Processing & Management*, 58(5), Article 102667.
114. Lupton, R. C., & Allwood, J. M. (2017). Hybrid sankey diagrams: Visual analysis of multidimensional data for understanding resource use. *Resources, Conservation and Recycling*, 124, 141–151.
115. Ma, R., Angryk, R.A., Riley, P., et al.: Coronal mass ejection data clustering and visualization of decision trees. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 236(1), 14–17 (2018)
116. Marler, R. Timothy, Jasbir S. Arora. 2004. Survey of Multi-Objective Optimization Methods for Engineering// *Structural and Multidisciplinary Optimization* 26 (6): 369–395.
117. Martínez-Olvera, C. 2008. Entropy as an Assessment Tool of Supply Chain Information Sharing// *European Journal of Operational Research* 185 (1): 405–417.
118. Matt, D. T., E. Rauch, P. Dallasega. 2015. Trends Towards Distributed Manufacturing Systems and Modern Forms for Their Design// *Procedia CIRP* 33: 185–190.
119. McCallum, A., Corrada-Emmanuel, A., & Wang, X. (2005). The author-recipient-topic model for topic and role discovery in social networks: Experiments with enron and academic email. *Computer Science Department Faculty Publication Series*, 44.
120. Mingbo, Pan: Research on privacy protection algorithms for network data in large data environment. *Microelectron. Comput.* 34(7), 101–104 (2017)
121. Miz, V., Ricaud, B., Benzi, K., & Vanderghenst, P. (2019). Anomaly detection in the dynamics of web and social networks using associative memory. In *The world wide web conference* (pp. 1290–1299).
122. Morgeson, F. P., Mitchell, T. R., & Liu, D. (2015). Event system theory: An event-oriented approach to the organizational sciences. *Academy of Management Review*, 40(4), 515–537.
123. Nahm, A. Y., Vonderembse, M. A., & Koufteros, X. A. (2003). The impact of organizational structure on time-based manufacturing and plant performance. *Journal of Operations Management*, 21(3), 281–306.

124. Naseri, M., S. A. Ludwig. 2013. Automatic Service Composition Using POMDP and Provenance Data// 2013 IEEE symposium on computational intelligence and data mining (CIDM), IEEE.
125. Newman, M. E. (2003). Mixing patterns in networks. *Physical Review E*, 67(2), Article 026126.
126. Ni, P., Zhu, J., Gao, Y., & Wang, G. (2024). Minimizing the misinformation concern over social networks. *Information Processing & Management*, 61(1), Article 103562.
127. Niu, Y., Ying, L., Yang, J., Bao, M., & Sivaparthipan, C. (2021). Organizational business intelligence and decision making using big data analytics. *Information Processing & Management*, 58(6), Article 102725.
128. Nix, A., Decker, S., & Wolf, C. (2021). Enron and the California energy crisis: The role of networks in enabling organizational corruption. *Business History Review*, 95(4), 765–802.
129. Nurek, M., & Michalski, R. (2020). Combining machine learning and social network analysis to reveal the organizational structures. *Applied Sciences*, 10(5), 1699.
130. Palsule-Desai, O. D. 2013. Supply Chain Coordination Using Revenue-Dependent Revenue Sharing Contracts// *Omega* 41 (4): 780–796.
131. Que, Y., W. Zhong, H. Chen, X. Chen, X. Ji. 2018. Improved Adaptive Immune Genetic Algorithm for Optimal QoS-Aware Service Composition Selection in Cloud Manufacturing// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 96 (9–12): 4455–4465.
132. Quintane, E., & Carnabuci, G. (2016). How do brokers broker? *Tertius gaudens, tertius iungens, and the temporality of structural holes. Organization Science*, 27(6), 1343–1360.
133. Raj, T. S., S. Lakshminarayanan. 2010. Entropy-based Optimization of Decentralized Supply-Chain Networks// *Industrial & Engineering Chemistry Research* 49 (7): 3250–3261.
134. Ramacher, René, Lars Mönch. 2014. Robust Multi-Criteria Service Composition in Information Systems// *Business & Information Systems Engineering* 6 (3): 141–151.
135. Raut, P., Chawhan, R., Joshi, T., & Kasle, P. (2020). Classification of power relations based on email exchange. In 2020 IEEE international conference on computing, power and communication technologies (pp. 486–489). IEEE.
136. Reitzig, M., & Maciejovsky, B. (2015). Corporate hierarchy and vertical information flow inside the firm—A behavioral view. *Strategic Management Journal*, 36(13), 1979–1999.
137. Ren, Minglun, Lei Ren, Hemant Jain. 2018. Manufacturing Service Composition Model Based on Synergy Effect: A Social Network Analysis Approach// *Applied Soft Computing* 70: 288–300.

138. S. Wu, X. Gao, M.M. Bastien, *Data Warehousing and Data Mining* (Metallurgical Industry Press, China, 2003), pp. 148–155
139. Schoeneborn, D., Blaschke, S., Cooren, F., McPhee, R. D., Seidl, D., & Taylor, J. R. (2014). The three schools of CCO thinking: Interactive dialogue and systematic comparison. *Management Communication Quarterly*, 28(2), 285–316.
140. Schwarz, G. (2002). Organizational hierarchy adaptation and information technology. *Information and Organization*, 12(3), 153–182.
141. Seifkar, M., Farzi, S., & Barati, M. (2020). C-blondel: an efficient louvain-based dynamic community detection algorithm. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 7(2), 308–318.
142. Shah, A. M., Yan, X., Tariq, S., & Ali, M. (2021). What patients like or dislike in physicians: Analyzing drivers of patient satisfaction and dissatisfaction using a digital topic modeling approach. *Information Processing & Management*, 58(3), Article 102516.
143. Sharaff, A., & Nagwani, N. K. (2016). Email thread identification using latent Dirichlet allocation and non-negative matrix factorization based clustering techniques. *Journal of Information Science*, 42(2), 200–212.
144. Sharma, P. R. (2015). *Organizational communication: perceptions of staff members' level of communication satisfaction and job satisfaction* (Ph.D. thesis), East Tennessee State University.
145. Shen, W., Q. Hao, S. Wang, Y. Li, H. Ghenniwa. 2007. An Agent-Based Service-Oriented Integration Architecture for Collaborative Intelligent Manufacturing// *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 23 (3): 315–325.
146. Shetty, J., & Adibi, J. (2004). The enron email dataset database schema and brief statistical report. *Information Sciences Institute Technical Report*, University of Southern California, 4(1), 120–128.
147. Shrestha, Y. R., Krishna, V., & von Krogh, G. (2021). Augmenting organizational decision-making with deep learning algorithms: Principles, promises, and challenges. *Journal of Business Research*, 123, 588–603.
148. Shudong, H., Yazhou, R., Zenglin, X.: Robust multi-view data clustering with multi-view capped-norm K-means. *Neurocomputing* 311, 197–208 (2018)
149. Skrastins, J., & Vig, V. (2019). How organizational hierarchy affects information production. *The Review of Financial Studies*, 32(2), 564–604.
150. Soroya, S. H., Farooq, A., Mahmood, K., Isoaho, J., & Zara, S.-e. (2021). From information seeking to information avoidance: Understanding the health information behavior during a global health crisis. *Information Processing & Management*, 58(2), Article 102440.
151. Strunk, A. 2010. QoS-aware Service Composition: A Survey// In *2010 Eighth IEEE European Conference on Web Services*, 67–74. Ayia Napa: IEEE.

152. Sun, G., Liu, S. (eds.): ADHIP 2017. LNICST, vol. 219. Springer, Cham (2018). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73317-3>.
153. Sun, M., & Sun, S. (2024). Users' engagement in wechat-based support communities: A multilevel perspective. *Information Processing & Management*, 61(2), Article 103604.
154. Sun, Y., Wu, L., & Jeyaraj, A. (2022). Moderating role of enterprise social media use in work engagement. *Information Processing & Management*, 59(1), Article 102793.
155. Taha, K., & Yoo, P. D. (2016). Using the spanning tree of a criminal network for identifying its leaders. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 12(2), 445–453.
156. Tao, F., L. Zhang, Y. Liu, Y. Cheng, L. Wang, X. Xu. 2015. Manufacturing Service Management in Cloud Manufacturing: Overview and Future Research Directions// *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 137 (4): 040912.
157. Tao, F., Y. Cheng, L. Zhang, A. Y. Nee. 2017. Advanced Manufacturing Systems: Socialization Characteristics and Trends// *Journal of Intelligent Manufacturing* 28 (5): 1079–1094.
158. *Technol. Appl.* 25(11), 86–87 (2017)
159. Thekinen, J., J. H. Panchal. 2017. Resource Allocation in Cloud-Based Design and Manufacturing: A Mechanism Design Approach// *Journal of Manufacturing Systems* 43: 327–338.
160. Tian, S., Q. Liu, W. Xu, J. Yan. 2013. A Discrete Hybrid Bees Algorithm for Service Aggregation Optimal Selection in Cloud Manufacturing// In *International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning*, 110–117. Berlin: Springer.
161. Tost, L. P., & Johnson, H. H. (2019). The prosocial side of power: How structural power over subordinates can promote social responsibility. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 152, 25–46.
162. Tushman, M. L., & Nadler, D. A. (1978). Information processing as an integrating concept in organizational design.. *Academy of Management Review*, 3(3), 613–624.
163. Ul Hassan, Jawad, Peihan Wen, Pan Wang, Qian Zhang, Farrukh Saleem, M. Usman Nisar. 2018. Dynamic Model for Service Composition and Optimal Selection in Cloud Manufacturing Environment// In *Recent Advances in Intelligent Manufacturing*, 50–60. Singapore: Springer.
164. Valilai, O. F., M. Houshmand. 2010. INFELT STEP: An Integrated and Interoperable Platform for Collaborative CAD/CAPP/CAM/CNC Machining Systems Based on STEP Standard// *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 23 (12): 1095–1117. doi:10.1080/0951192X.2010.527373
165. Valilai, O. F., M. Houshmand. 2013. A Collaborative and Integrated Platform to Support Distributed Manufacturing System Using a Service-

Oriented Approach Based on Cloud Computing Paradigm// *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 29 (1): 110–127.

166. Valilai, O. F., M. Houshmand. 2014a. Depicting Additive Manufacturing From a Global Perspective; Using Cloud Manufacturing Paradigm for Integration and Collaboration// *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 229 (12): 2216–2237. doi:10.1177/0954405414546706

167. Valilai, O. F., M. Houshmand. 2014b. A Manufacturing Ontology Model to Enable Data Integration Services in Cloud Manufacturing Using Axiomatic Design Theory// *Cloud-Based Design and Manufacturing (CBDM)* 179–206. doi:10.1007/978-3-319-07398-9_7.

168. Wang, H., Mi, J., Guo, X., & Hu, P. (2023). Meta-learning adaptation network for few-shot link prediction in heterogeneous social networks. *Information Processing & Management*, 60(5), Article 103418.

169. Wang, J., Omar, A. H., Alotaibi, F. M., Daradkeh, Y. I., & Althubiti, S. A. (2022). Business intelligence ability to enhance organizational performance and performance evaluation capabilities by improving data mining systems for competitive advantage. *Information Processing & Management*, 59(6), Article 103075.

170. Wang, X. Gao, Hybrid variable-scale clustering method for social media marketing on user generated instant music video. *Tech. Gaz.* 26(3), 771–777 (2019)

171. Wang, X. Gao, Intelligent computing: knowledge acquisition method based on the management scale transformation. *Comput. J.* (2020)

172. Wang, X. Gao, M. Tang, Computer supported data-driven decisions for service personalization: a variable-scale clustering method. *Stud. Inf. Cont.* 29(1), 55–65 (2020)

173. Wang, X. Gao, M. Yang, Variable-scale clustering based on the numerical concept space, in *Proceeding of the 9th International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (Maryland. US)* (2019), pp. 65–69

174. Wang, X. Gao, Multifunctional product marketing using social media based on the variable scale clustering. *Tech. Gaz.* 26(1), 193–200 (2019)

175. Wang, X. Gao, Multi-tasks discovery method based on the concept network for data mining. *IEEE Access*, 7, 139537–139547 (2019)

176. Wang, X. Gao, Technique of data mining tasks discovery for data mining, in *Proceeding of the 7th International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences, Kyoto. Japan* (2017)

177. Wang, X., Y. Wang, L. Wang. 2004. Improving Fuzzy c-Means Clustering Based on Feature-Weight Learning// *Pattern Recognition Letters* 25 (10): 1123–1132.

178. Wang, Z., M. Zhang, H. Sun, G. Zhu. 2016. Effects of Standardization and Innovation on Mass Customization: An Empirical Investigation// *Innovation* 48-49: 79–86.

179. 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.
180. 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.
181. Wen, T., & Cheong, K. H. (2021). The fractal dimension of complex networks: A review. *Information Fusion*, 73, 87–102.
182. Wen, T., Chen, Y.-w., abbas Syed, T., & Wu, T. (2024). ERIUE: Evidential reasoning-based influential users evaluation in social networks. *Omega*, 122, Article 102945.
183. Wenyu, Zhang, Yushu Yang, Shuai Zhang, Dejian Yu, Yacheng Li. 2017. Correlation-aware Manufacturing Service Composition Model Using an Extended Flower Pollination Algorithm// *International Journal of Production Research* 56 (14): 4676–4691.
184. Wenzheng, Z., Zaiyun, W., Afang, L.: Relevant analysis of big data security and privacyprotection based on cloud computing. *Netw. Secur. Technol. Appl.* 15(4), 59–63 (2018)
185. White, C., Vanc, A., & Stafford, G. (2010). Internal communication, information satisfaction, and sense of community: The effect of personal influence. *Journal of Public Relations Research*, 22(1), 65–84.
186. Wilson, D. O. (1992). Diagonal communication links within organizations. *The Journal of Business Communication*, 29(2), 129–143.
187. Winkelhaus, S., E. H. Grosse. 2019. Logistics 4.0: A Systematic Review Towards a New Logistics System// *International Journal of Production Research* 1–26. doi:10.1080/00207543.2019.1612964.
188. Woehler, M., Floyd, T. M., Shah, N., Marineau, J. E., Sung, W., Grosser, T. J., et al. (2021). Turnover during a corporate merger: How workplace network change influences staying. *Journal of Applied Psychology*, 106(12), 1939.
189. Wu, D., D. W. Rosen, L. Wang, D. Schaefer. 2015. Cloud-based Design and Manufacturing: A New Paradigm in Digital Manufacturing and Design Innovation// *Computer-Aided Design* 59: 1–14.
190. Wu, D., M. J. Greer, D. W. Rosen, D. Schaefer. 2013. Cloud Manufacturing: Strategic Vision and State-of-the-art// *Journal of Manufacturing Systems* 32 (4): 564–579.

191. X. Gao, A. Wang, Customer satisfaction analysis and management method based on enterprise network public opinion, in *Operations Research and Management Science* (In Press, 2019)
192. X. Gao, A. Wang, Variable-scale clustering, in *Proceeding of the 8th International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences* (Toronto, Canada, 2018), pp. 221–225
193. X.Chen, *Technology of Thinking Processes Discovery for Data Mining Application* (University of Science and Technology Beijing, Beijing, 2012)
194. Xiang, Feng, GuoZhang Jiang, LuLu Xu, NianXian Wang. 2016. The Case-Library Method for Service Composition and Optimal Selection of big Manufacturing Data in Cloud Manufacturing System// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 84 (1-4): 59–70.
195. Xie, M., Zhan, X.-X., Liu, C., & Zhang, Z.-K. (2023). An efficient adaptive degree-based heuristic algorithm for influence maximization in hypergraphs. *Information Processing & Management*, 60(2), Article 103161.
196. Xinchun, Y.C., et al.: Application of multi-relational data clustering algorithm in internetpublic opinion pre-warning on emergent. *Int. Engl. Educ. Res.* 1, 16–19 (2019)
197. Xiong, H., B. Chen, J. Xie. 2011. A Composite Contract Based on Buy Back and Quantity Flexibility Contracts// *European Journal of Operational Research* 210 (3): 559–567.
198. Xu Li Da, Wu He, Shancang Li. 2014. Internet of Things in Industries: A Survey// *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 10 (4): 2233–2243.
199. Xu X. 2012. From Cloud Computing to Cloud Manufacturing// *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 28 (1): 75–86.
200. Xu X., Z. Liu, Z.Wang, Q. Z. Sheng, J. Yu, X.Wang. 2017. S-ABC: A Paradigm of Service Domain-Oriented Artificial Bee Colony Algorithms for Service Selection and Composition// *Future Generation Computer Systems* 68: 304–319.
201. Xue Xiao, Shufang Wang, Baoyun Lu. 2016. Manufacturing Service Composition Method Based on Networked Collaboration Mode// *Journal of Network and Computer Applications* 59: 28–38.
202. Yan, Z., Zhou, X., Ren, J., Zhang, Q., & Du, R. (2023). Identifying underlying influential factors in information diffusion process on social media platform: A hybrid approach of data mining and time series regression. *Information Processing & Management*, 60(5), Article 103438.
203. Yang C., W. Shen, T. Lin, X. Wang. 2016. IoT-enabled Dynamic Service Selection Across Multiple Manufacturing Clouds// *Manufacturing Letters* 7: 22–25.
204. Yang C., Z. J. Wang. 2013. Research on the Cloud Manufacturing Service Discovery for Industry Manufacturing System Based on Ontology// *In Advanced Materials Research*. Vol. 712, 2639–2643. Trans Tech Publications.

205. Yang, H.: Privacy protection of large data security based on cloud computing. *Netw. Secur.*
206. Yao, C.-f., D.-H. Zhang, K. Bu, W.-H. Wang, J.-X. Ren. 2008. Networked Manufacturing Resources Modeling and Information Integration Based on Physical Manufacturing Unit// *Computer Integrated Manufacturing Systems* 4: 008.
207. Yating, W.: Exploration of big data security privacy and protection based on cloud computing. *J. Heihe Univ.* 15(6), 85–87 (2018)
208. Yeh, J.-Y., & Harnly, A. (2006). Email thread reassembly using similarity matching. In *Third conference on email and anti-spam, mountain view, california USA.*
209. Yin, X., Liu, H., Chen, Y., & Al-Hussein, M. (2019). Building information modelling for off-site construction: Review and future directions. *Automation in Construction*, 101, 72–91.
210. Zhang D. Z. 2011. Towards Theory Building in Agile Manufacturing Strategies-Case Studies of an Agility Taxonomy// *International Journal of Production Economics* 131 (1): 303–312.
211. Zhang Ming, Chunquan Li, Yuling Shang, Cailin Li. 2018. Research on Resource Service Matching in Cloud Manufacturing// *Manufacturing Letters* 15: 50–54.
212. Zhang, L., Tongxin, Z., Chunhui, Z., & Zilong, J. (2018). A novel E-mail network evolution model based on user information. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(5).
213. Zhao, J., & Cheong, K. H. (2023). Obfuscating community structure in complex network with evolutionary divide-and-conquer strategy. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 27(6), 1926–1940.
214. Zhao, J., He, H., Zhao, X., & Lin, J. (2022). Modeling and simulation of microblog-based public health emergency-associated public opinion communication. *Information Processing & Management*, 59(2), Article 102846.
215. Zhao, J., Wen, T., Jahanshahi, H., & Cheong, K. H. (2022). The random walk-based gravity model to identify influential nodes in complex networks. *Information Sciences*, 609, 1706–1720.
216. Zheng Hao, Yixiong Feng, Jianrong Tan. 2017. A Hybrid Energy-Aware Resource Allocation Approach in Cloud Manufacturing Environment// *IEEE Access* 5: 12648–12656.
217. Zitzler Eckart, Lothar Thiele. 1999. Multiobjective Evolutionary Algorithms: A Comparative Case Study and the Strength Pareto Approach// *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 3 (4): 257–271.
218. Zitzler Eckart, Marco Laumanns, Lothar Thiele. 2001. SPEA2: Improving the Strength Pareto Evolutionary Algorithm// *TIK-report* 103.