

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**на диссертационную работу Александра Андреевича Чеповского  
«Методы работы с неявными сообществами на взвешенных графах  
взаимодействующих объектов», представленной на соискание ученой  
степени доктора физико-математических наук по специальности  
1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и  
комплексы программ»**

### **Актуальность темы диссертационных исследований**

Диссертационная работа сосредоточена на значимой научной проблематике, связанной с разработкой алгоритмических подходов для выявления в коммуникационных сетях подсетей определенных видов, называемых пересекающимися или непересекающимися сообществами соответственно. Такие подсети отражают взаимодействие между объектами реальной природы, инфраструктуры или социальных групп, что является предметом исследований ученых из разных стран.

Данная тематика представляет существенный интерес для сферы анализа коммуникационных процессов, где точное определение структурных элементов сети остается сложной научно-практической проблемой. Результаты таких исследований имеют прикладное значение для создания аналитических систем, направленных на укрепление национальной безопасности и формирование устойчивого информационного пространства.

Конструирование подобных систем требует решения комплекса задач, включающих создание алгоритмов для структурного анализа сетевых данных, разработку методик интерпретации и валидации результатов, а также проектирование программных решений для обработки масштабируемых сетевых структур, включая оптимизированные системы хранения графовых данных.

Особую сложность при работе с информацией из социальных платформ и мессенджеров представляет корректное моделирование сетей взаимодействий с учетом разнородности источников, а также выбор аналитических инструментов для отслеживания путей распространения информации между пользователями.

Несмотря на активное развитие алгоритмов обнаружения неявных сообществ с начала текущего века (преимущественно в зарубежных исследованиях), существующие методы не обеспечивают комплексного решения для сетей, сформированных на основе реальных коммуникационных данных. Сохраняется дефицит в универсальных подходах для одновременного выявления сообществ и создания объективных критериев оценки качества предлагаемых алгоритмов.

Указанные факторы подчеркивают научную новизну и практическую ценность проведенного диссертационного исследования. Работа вносит значимый вклад в развитие методов анализа коммуникационных сетей, особенно касательно возможностей по учету атрибутивных характеристик их объектов. Предложенные решения открывают перспективы для совершенствования инструментария в области социального инжиниринга и управления информационными потоками.

Работа посвящена анализу и совершенствованию методов выявления структурных паттернов в коммуникационных сетях, а именно обнаружению пересекающихся и непересекающихся сообществ – ключевых элементов для понимания динамики взаимодействий в социальных, биологических, технологических и инфраструктурных системах. Изучение таких структур имеет междисциплинарное значение, находя применение в социологии, компьютерных науках, кибербезопасности и управлении данными, что определяет высокую востребованность исследований в этой области.

Актуальность темы обусловлена растущим объемом данных, генерируемых цифровыми платформами, и необходимостью их

интерпретации для решения задач государственного и корпоративного уровня. К ним относятся:

- Противодействие дезинформации и манипуляциям в медиасреде.
- Оптимизация систем кибербезопасности через анализ сетевых угроз.
- Улучшение инструментов управления социальными и телекоммуникационными сервисами.

Последние два десятилетия были насыщенными активной разработкой алгоритмов выделения сообществ в сетях, тем не менее, большинство существующих методов демонстрируют ограниченную эффективность при работе с реальными данными. Основные проблемы связаны с следующими вопросами:

- Отсутствием стандартизированных методов для оценки качества алгоритмов в условиях неоднородных источников данных.
- Сложностью обработки графов больших размеров.

Поэтому особую значимость приобретает разработка методов, адаптированных к специфике социальных сетей и мессенджеров, где взаимодействия характеризуются атрибутивной сложностью и наличием шумовых данных. Традиционные алгоритмы, ориентированные на синтетические или искусственно сгенерированные графы, часто оказываются неприменимыми в таких условиях.

Проведенное в работе исследование отвечает на эти вызовы, предлагая инновационные решения для структурного анализа реальных сетей. Его результаты способствуют преодолению разрыва между теоретическими моделями и практическими потребностями в области обработки больших графовых данных, укрепляя методологическую базу для создания систем мониторинга, прогнозирования и управления информационными потоками. Это подтверждает не только научную ценность работы, но и ее потенциал для внедрения в критически важные сектора – от национальной безопасности до цифровой экономики.

## **Структура и содержание диссертационной работы**

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, выводов, библиографического списка из 180 наименований и 2 приложений. В диссертации 205 страниц машинописного текста основной части, включающей 78 рисунков, 51 таблицу и 19 страниц библиографии. Приложения содержат 12 страниц машинописного текста.

Работа организована в виде последовательного исследования, сочетающего теоретический анализ, разработку алгоритмов и численных методов и практическую апробацию. Логика изложения отражает движение от постановки проблемы к созданию инструментария для её решения, что обеспечивает целостность и системность работы.

**Введение** формулирует научную проблематику, определяет цели и задачи исследования, а также обосновывает новизну положений, выносимых на защиту.

**Первая глава** выполняет роль методологического фундамента. В ней проведен критический анализ современных подходов к решению проблемы выделения сообществ на графах взаимодействующих объектов, выявлены ключевые ограничения существующих методов, включая игнорирование атрибутивной информации и отсутствие универсальных методов оценки качества результата.

**Вторая глава** посвящена проектированию моделей для преобразования неструктурированных данных из социальных сетей и сетей мгновенного обмена сообщениями во взвешенные графы. Автором предложены алгоритмы интеграции разнородных данных, формирования весовых функций и нормализации атрибутов, что обеспечивает корректность построения графов для последующего анализа.

**Третья глава** представляет гибридный алгоритм, названный «комбинированным алгоритмом» и объединяющий классические методы выделения сообществ с адаптивными эвристиками. Особенностью подхода является параметризация процессов обработки для различных фрагментов

сети, а также учет характеристик вершин. Эффективность метода подтверждена серией экспериментов на масштабных наборах данных. В этой же главе описана модификация одного из классических алгоритмов, основанного на сжатии информации о процессе случайного блуждания в графе посредством его кодирования. В предложенной модификации используется оценка близости вершин по доли совпадающих у них атрибутов. Данная особенность, соответствующая общей логике работы, реализуется в численном методе при итерационных вычислениях показателя, отвечающего за качество разбиения.

**Четвертая глава** вводит новый метод, «метод ядра», для обнаружения непересекающихся сообществ во взвешенных графах. Данный метод производит идентификацию структурно значимых вершин через вычисление их характеристик, что позволяет выделять устойчивые группы даже в условиях разной плотности связей. Апробация на данных Twitter продемонстрировала его применимость для анализа реальных коммуникационных сетей.

**Пятая глава** описывает алгоритм «метод Галактик», разработанный для выявления пересекающихся сообществ в крупномасштабных сетях (на примере сети Telegram-каналов). Инновационность метода заключается в использовании мета-графов, что упрощает визуализацию результатов без потери информативности.

**Шестая глава** фокусируется на оценке качества выделяемых сообществ через призму лингвистического анализа. Автором предложены:

- Методика сравнения частотных словарей для выявления тематической однородности сообществ.
- Система оценки семантической связности текстовых атрибутов на основе методов компьютерной лингвистики.

**Седьмая глава** раскрывает архитектуру программного комплекса, включающего в себя:

- Специализированное хранилище графов с поддержкой сжатия и оптимизированными запросами.
- Инструменты визуализации и интерактивного анализа графов.

Приведены результаты вычислительных экспериментов, показывающие превосходство данного подхода по работе с большими графами над классическими средствами и программными продуктами.

**Заключение** систематизирует достигнутые результаты, подчеркивая их соответствие поставленным целям.

Работа отличается стройностью композиции: каждая глава логически посвящена своей части, формируя единый исследовательский контур. Теоретические положения подкреплены экспериментами на реальных данных, а разработанные алгоритмы интегрированы в практический инструментарий. Изложение выполнено в соответствии с канонами, принятыми для работ в области компьютерных наук. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации, что подтверждает прозрачность и достоверность проведенного исследования.

### **Научная новизна исследования и полученных результатов**

Проведенное исследование демонстрирует принципиально новые подходы в области анализа сетевых структур, что подтверждается следующими достижениями.

Концептуальные инновации в моделировании сетей. Разработана методология преобразования неструктурированных данных из социальных сетей и мессенджеров во взвешенные графы, учитывающая семантику взаимодействий. Это позволило корректно отражать силу связей между объектами, включая атрибутивные параметры.

Разработаны уникальные алгоритмы выделения сообществ. Так, «комбинированный алгоритм» совмещает классические методы с адаптивными правилами для фильтрации шумовых элементов и выявления пересекающихся сообществ. «метод ядра» идентифицирует непересекающиеся группы вершин за счет анализа их математических

характеристик. «Метод Галактик» обеспечивает масштабируемый анализ пересекающихся сообществ за счет редукции графа в мета-структуры, сохраняющие информативность.

Новаторская методика верификации результатов. Внедрена система оценки качества выделенных сообществ на основе подсчета параметров, свойственных для методов компьютерной лингвистики.

Практическая реализация. Разработан программный комплекс, предоставляющий инструменты для визуализации крупномасштабных сетей и возможности интерактивного анализа, включая работу с выделенными сообществами.

Решения апробированы на реальных данных. Внедрение результатов в грантовые проекты РФФИ в 2016–2021 годы и в учебные пособия подтверждает их междисциплинарную ценность.

Исследование формирует новый стандарт в анализе сетей, объединяя теоретическую строгость с практической адаптивностью. Предложенные методы устраняют ключевые ограничения существующих подходов, открывая возможности для применения в кризисном управлении, социологии цифровых платформ и кибербезопасности.

### **Достоверность и обоснованность результатов и выводов**

Достоверность результатов и обоснованность научных положений диссертационной работы обеспечивается корректным использованием математических методов моделирования объектов и методов прикладной теории графов.

Достоверность выводов диссертационных исследований подтверждается их соответствием результатам вычислительных экспериментов, экспертными оценками. Результаты диссертационных исследований прошли апробацию на международных и российских конференциях, принимались к публикации в рецензируемых журналах, подтверждены грантами РФФИ.

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 37 работах, из которых 22 статьи опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в список ВАК и приравненных к ним зарубежных рецензируемых изданиях. 12 статей опубликованы в журналах категории К1 и К2. По результатам диссертации издано две рецензируемые монографии, два учебных пособия и оформлено два свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Публикации автора в полной мере отражают содержание диссертации и раскрывают основные результаты диссертационных исследований. В тексте диссертации и автореферате полно показан персональный вклад автора в опубликованные работы.

#### **Значимость результатов диссертации для развития отрасли науки**

Вклад результатов исследования в развитие научной отрасли и теоретическая ценность работы заключается в развитии методологии сетевого анализа через принципиально новые способы выявления неявных структур – как пересекающихся, так и непересекающихся сообществ. Разработанные подходы опираются на комплексный анализ:

- Структурных закономерностей графов и вычисляемых характеристик.
- Семантических шаблонов, выявляемых методами компьютерной лингвистики при обработке текстовых атрибутов вершин.

Это позволило создать систему оценки качества выделяемых сообществ, объединяющую топологические и лингвистические подходы, что расширяет границы традиционного сетевого анализа.

Прикладная значимость исследования проявляется в его универсальности: предложенные методы адаптированы для работы с гетерогенными данными – от социальных сетей до мессенджеров. Ключевым достижением стала разработка:

- Оптимизированных алгоритмов хранения графов, учитывающих атрибутивную информацию.

- Высокопроизводительного программного обеспечения для обработки больших сетей.

Практическая реализация включает:

- Внедрение алгоритмических решений в виде запатентованного программного комплекса.
- Инструменты интерактивной визуализации, упрощающие интерпретацию сложных сетевых структур.

Результаты нашли применение в междисциплинарных контекстах, включая участие в четырех научных проектах РФФИ, направленных на анализ цифровых коммуникаций.

Работа задает новый вектор развития методов обработки больших графовых данных, предлагая:

- Теоретическую базу для анализа графов взаимодействующих объектов.
- Технологические решения для задач цифровой безопасности, социального прогнозирования и управления информационными ресурсами.

Таким образом, исследование не только обогащает теоретический аппарат компьютерных наук, но и создает основу для прорывных приложений в экономике, социологии и IT-индустрии.

Необходимо отметить значимость разработанных в диссертации алгоритмов, обеспечивающих создание эффективных хранилищ графов больших размеров.

#### **Замечания по работе**

1) Для описанного в четвертой главе «метода ядра» даны определения показателей графа, необходимых для вычислений. Но для множества ключевых вершин, названного  $\gamma$ -ядром, не указано, всегда ли оно связно.

2) Шестая глава содержит описание метода оценки качества выделенных сообществ за счет попарного сравнения рангов в частотных словарях текстов этих сообществ. В приведенных примерах не производится

аналогичного сравнения между текстами отдельных сообществ и всего массива текстов графа.

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационных исследований и текста диссертации.

### **Заключение**

Диссертация Чеповского Александра Андреевича на тему: «Методы работы с неявными сообществами на взвешенных графах взаимодействующих объектов» полностью соответствует паспорту научной специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а именно: пункту 1 «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений» (физико-математические науки), пункту 2 «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий» и пункту 8 «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

Диссертация является выполненной самостоятельно законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение имеющей важное хозяйственное и социально-экономическое значение проблемы анализа графов, возникающих в информационно-коммуникационных технологиях. Диссертация отвечает требованиям, изложенным в пунктах 9 – 11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. от 16.10.2024 №1382), предъявляемым к диссертациям на степень доктора наук.

Чеповский Александр Андреевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук.

Начальник отделения интеллектуальных кибернетических систем  
Обнинского института атомной энергетики – филиала ФГАОУ ВО  
«Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»,

Старков С.О.

«28» апреле 2025 г.

Подпись Старкова Сергея Олеговича заверяю

И.о. директора ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Панов А.В.

Адрес: Россия, 249040, г. Обнинск Калужской обл., Студгородок, 1.  
Телефон: (48439) 3-89-64, Адрес электронной почты: starkov@obninsk.ru