

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Хитрой Виталии Андреевны на тему: «Теоретико-игровые меры центральности в сетях и приложения», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

Актуальность темы исследования. Диссертационная работа Хитрой Виталии Андреевны посвящена разработке методов вычисления значений центральности вершин графа. Автором рассматривается теоретико-игровой подход, когда вершинами графа являются игроки в кооперативной игре, а также подход, основанный на модели электрической цепи и законах Кирхгофа. Ранжирование вершин графа может широко применяться при решении прикладных задач для анализа социальных, информационных, транспортных и других видов сетей. Предложенные методы были применены автором при анализе транспортной системы г.Петрозаводска, данное исследование было выполнено при поддержке гранта РФ совместно с Фондом венчурных инвестиций Республики Карелия.

Содержание работы. Объем работы составляет 129 страниц в версии на русском языке, включает введение, три главы, заключение и список литературы (78 наименований). В первой главе описан теоретико-игровой подход к вычислению центральности вершин графа, основанный на числе появлений вершин в путях фиксированной длины. Значение центральности определяется с помощью вектора Майерсона. Предлагается модификация значения Майерсона для случая неориентированных графов. Вводится понятие интегральной центральности, как определенного интеграла от функции дележа в кооперативной игре, где характеристическая функция определяется с помощью числа суммарного появления вершины графа в простых путях.

Во второй главе предлагается двухэтапная процедура ранжирования вершин графа, где на первом этапе вычисляются значения абсолютных потенциалов узлов соответствующей электрической цепи при последовательной подаче тока, на втором этапе используются методы теории голосования. Также для графа с взвешенными ребрами и вершинами предлагается процедура ранжирования, основанная на суммарной работе, необходимой для переноса заряда между узлами электрической цепи.

В третьей главе автор использует предложенные в работе методы для исследования транспортной системы г.Петрозаводск, модели Петербургского метрополитена, а также модели взаимодействия особей в муравьиной колонии.

Научная новизна. Автором предложен ряд методов определения меры центральности вершин графа:

- метод определения меры центральности вершин ориентированного графа как значения Майерсона в кооперативной игре, где в качестве характеристической функции выступает число простых путей в подграфе, соответствующем коалиции;
- метод ранжирования вершин графа, основанный на введенном понятии интегральной центральности как значения определенного интеграла от функции дележа в кооперативной игре, где характеристическая функция определяется через суммарное число появления вершин в подграфе, соответствующем коалиции. Дано аксиоматическое обоснование данной меры центральности;
- метод определения меры центральности вершин в неориентированном графе, основанный на модификации значения Майерсона в кооперативной игре, где в качестве характеристической функции выступает число путей (включая циклы) в подграфе, соответствующем коалиции;
- метод оценки центральности вершин графа, основанный на значениях абсолютных потенциалов узлов электрической цепи, вычисленных с помощью матрицы Лапласа;
- метод оценки центральности вершин графа с взвешенными вершинами, основанный на суммарной работе по переносу зарядов между узлами электрической цепи.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в том, что она предлагает новые подходы к вычислению значений центральности. Эти методы позволяют с новой точки зрения оценить важность отдельных узлов в сетях, будь то социальные связи, транспортные маршруты или связи в биологических системах, что может способствовать прогрессу в дисциплинах, таких как социология, экономика, биоинформатика и информационные технологии. Предложенные методы обладают потенциалом для практического применения в анализе и оптимизации сетевых структур. Включение в рассмотрение дополнительной информации о графе позволяет изучать системы с различных точек зрения.

Степень достоверности. Основные результаты работы опубликованы в 3 научных статьях в таких научных журналах, как Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления (Q3), Automation and Remote Control (Q3), Математическая теория игр и ее приложения. Всего по теме исследования опубликовано 7 публикаций.

Результаты диссертационной работы были доложены на международных и всероссийских конференциях (LIV Международная конференция аспирантов и студентов «Процессы управления и устойчивость» Control Processes and Stability (CPS'23), Санкт-Петербург, 3 - 7 апреля 2023 г.; Всероссийская научная конференция «Теория и практика системной динамики», Апатиты, 3-7 апреля 2023 г.; The Sixteenth International Conference on Game Theory and Management (GTM2023), Санкт-Петербург, 28-30 июня 2023г.), на научных семинарах Института прикладных математических исследований КарНЦ РАН, на семинаре Института проблем управления РАН. Кафедра математической теории игр и статистических решений СПбГУ рекомендовала диссертацию к защите.

Замечания к работе.

1. В работе отсутствует оценка вычислительной сложности предложенных методов расчета значений центральности. В будущем предлагается создание специализированных упрощенных статистических подходов для расчета предложенных мер центральностей для графов очень больших размерностей.
2. Рекомендуется провести сопоставление рассчитанных значений центральности вершин с результатами, полученными при использовании традиционных метрик, а также в будущем проведение соответствующих исследований для графов очень больших размерностей.
3. В работе присутствуют опечатки, орфографические и пунктуационные ошибки.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общего положительного впечатления от работы. С учетом всего вышесказанного считаю, что содержание диссертации Хитрой В.А. на тему: «Теоретико-игровые меры центральности в сетях и приложения» соответствует специальности «1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика», а ее автор заслуживает степени к.физ.-мат.н.. Диссертация соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, установленным приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете» и рекомендована к защите в СПбГУ. Нарушений пунктов 9, 11 Порядка присуждения Санкт-Петербургским государственным университетом ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук соискателем ученой степени мною не установлено.

Член диссертационного совета, доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического моделирования энергетических систем, Санкт-Петербургский государственный университет

Петросян Ованес Леонович

05.07.2024

