

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и  
исследовательской деятельности,  
доктор химических наук

А.В. Метелица

«27» апреля 2024 г.

### Отзыв ведущей организации

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» на диссертационную работу Хитрой Виталии Андреевны «Теоретико-игровые меры центральности в сетях и приложения», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

**Актуальность темы.** Работа Хитрой В.А. посвящена анализу структурных свойств сетей, представленных в виде графов, где каждый узел — это игрок, что требует использования методов теории графов и теории кооперативных игр. Одним из ключевых понятий структурного анализа графов является понятие центральности. Меры центральности позволяют не только классифицировать вершины и рёбра, но и выделять узкие места для оптимизации сетей. Разработка новых методов анализа центральности представляет интерес для исследований транспортных систем, социальных сетей, мобильных систем связи и сети Интернет, где улучшение сетевой структуры имеет значительное влияние на эффективность.

**Новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации:**

- предложен 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;

- предложен метод ранжирования вершин графа, основанный на введённом 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;

– предложен 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;

– предложен метод оценки центральности вершин графа, основанный на значениях абсолютных потенциалов узлов электрической цепи, вычисленных с помощью матрицы Лапласа;

– предложен метод оценки центральности вершин графа с взвешенными вершинами, основанный на суммарной работе по переносу зарядов между узлами электрической цепи.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты, представленные в диссертации, имеют теоретическую значимость в области структурного анализа сетей. Автором предложен ряд методов вычисления значений центральности вершин как ориентированных, так и неориентированных графов. В основе методов лежит решение кооперативной игры на графе, где характеристическая функция определяется через число простых путей в подграфе, порожденном коалицией игроков. Также предлагается подход к оценке центральности, основанный на использовании модели электрической цепи. В этом случае значение центральности вычисляется с помощью абсолютных потенциалов узлов электрической цепи для графа со взвешенными ребрами и как суммарная работа по переносу заряда в цепи для графа со взвешенными вершинами.

Все предложенные методы оценки центральности вершин графа применяются для анализа транспортной сети г.Петрозаводск (см. Главу 3).

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.** Степень обоснованности результатов диссертационного исследования подтверждается корректным использованием математического аппарата, а также корректными результатами, полученными при применении предложенных методов для решения ряда прикладных задач (см. Главу 3).

**Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению.** Объем работы составляет 126 страниц в версии на русском языке, включает введение, три главы, заключение, список литературы и приложение. В первой главе автор описывает теоретико-игровой подход к анализу центральности вершин графа; предлагается использовать значение Майерсона в качестве меры центральности вершин ориентированного графа, предлагается модификация значения Майерсона для неориентированных графов. Также вводится понятие интегральной центральности. Во второй главе описан подход к вычислению центральности, основанный на использовании модели электрической цепи. В третьей главе предложенные автором методы вычисления значений центральности применяются для анализа транспортной сети г.Петрозаводска, графа взаимодействий особой муравьиной колонии, Санкт-Петербургского метрополитена и социальной сети саги Звездные Войны. Диссертация написана хорошим математическим языком, имеет ясную структуру и понятную логику, все представленные утверждения доказаны в работе. Имеется много иллюстративных примеров.

**Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати.** Результаты диссертационного исследования достаточно полно представлены в научной печати. По теме диссертации автором опубликовано 7 научных работ, в том числе в изданиях, включённых в международные наукометрические базы Scopus или Web of Science – 4. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на международных и Всероссийских конференциях, были доложены на 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 по содержанию работы**

1. В главе 1 для модификации вектора Майерсона рассмотрены только простейшие частные случаи.

2. В главе 2 не изучено влияние значения пропускной способности  $\delta$  на результаты ранжирования.

3. В тексте имеются опечатки, пунктуационные ошибки.

В целом отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают значимости работы.

**Заключительная оценка.** Диссертация Хитрой Виталии Андреевны «Теоретико-игровые меры центральности в сетях и приложения» посвящена решению актуальной проблемы, содержит новые теоретические результаты, которые могут быть применены на практике при анализе сетевых структур. Диссертационная работа соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Хитрая В.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Отзыв подготовлен доцентом кафедры высшей математики и исследования операций, кандидатом физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ) Натальей Викторовной Даниловой (344090, Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8А, тел. раб. +7(863)2975114, эл. почта: nvdanilova@sfedu.ru).

Отзыв обсуждён и утверждён на заседании кафедры высшей математики и исследования операций Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета от "27" апреля 2024 г., протокол № 9. Присутствовало на заседании 6 чел. Результаты голосования: «за» – 6, «против» – нет, «воздержались» – нет.

И.о. заведующего кафедрой высшей математики и исследования операций Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

д.ф.-м.н., доцент

Д.Б. Рохлин

344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8А  
тел. раб.+7(863)297-51-14  
e-mail: dbrohlin@sfedu.ru

