

Отзыв научного руководителя

на диссертацию Хитрой Виталии Андреевны

"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

Диссертация В.А.Хитрой посвящена разработке методов для анализа структуры сетей на основе теории кооперативных игр и приложениям в транспортных системах. При данном подходе сети описываются графами, вершины которого являются игроками, поэтому основные используемые здесь методы – это методы теории графов и теории игр. Центральное место в анализе структуры графов играют меры центральности. Они позволяют сделать классификацию вершин и ребер в графе, и в приложениях выделить узкие места и на основе этого дать рекомендации по улучшению сети. Это важно в задачах, связанных с Интернетом, транспортными системами, социальными сетями, мобильными системами связи.

В основе моделирования лежит кооперативная игра, определенная на графе, где характеристическая функция определяется как число простых путей в подграфе (коалиции). Практически, это означает возможности распространения информации в данном сегменте сети. В качестве решения кооперативной игры выбрано значение Майерсона. Для вычисления этого значения нужно перебрать все возможные подграфы, сложность этой процедуры экспоненциальная. Для ориентированного графа показано, что для решения нужно вычислить число путей, проходящих через данную вершину. Однако, это также сложная задача. Диссертант разработал ряд подходов, когда это значение можно вычислить, используя степени матрицы смежности. Это существенное упрощение приводит к полиномиальной сложности алгоритма. При определении характеристической функции кооперативной игры фиксируется длина пути в подграфе. Это один из параметров метода. Чтобы добиться большей общности диссертант предлагает использовать полином Джексона или рассматривать интегральную центральность. Для представления интегральной центральности применяется аксиоматический подход. Для ряда классов графов удается получить аналитическое решение.

В работе также предложен также другой подход к определению центральности вершин в графе, основанный на представлении графа как электрической цепи и использовании законов Кирхгофа. Интерпретация этого подхода может быть объяснена физической аналогией между распространением информации и тока в сети. В этом случае решение достигается в результате применения матрицы Лапласа для нахождения тока, проходящего через данную вершину. Сложность данного метода также является полиномиальной. Данный подход распространяется для графов, в которых не только ребра, но и вершины имеют вес.

В работе также предлагается комбинированный подход на использовании кооперативной игры со значением Майерсона и процедуры ранжирования альтернатив. Этот подход

также используется и при применении меры центральности, основанной на матрице Лапласа.

Кроме того, значительная часть диссертации посвящена реализации предложенных методов для анализа транспортных систем. Диссертант активно принимает участие в проекте РФФИ № 22-11-20015, посвященном исследованию транспортной сети города Петрозаводск. Все предлагаемые подходы нашли отражение при определении узких мест в транспортной сети.

Основные результаты диссертации опубликованы в 4 работах, из которых 3 публикации, индексируемые в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus. Полученные результаты докладывались на международных и российских конференциях по теории игр и исследованию операций.

За время учебы в аспирантуре в ИПМИ КарНЦ РАН Хитрая Виталия Андреевна сформировалась как самостоятельный исследователь, способный четко и строго формулировать научные проблемы в виде точных математических моделей, находить их решение, корректно анализировать и интерпретировать полученные результаты. Считаю, что диссертация В.А. Хитрой "Теоретико-игровые меры центральности в сетях и приложения" соответствует критериям, предъявляемым Санкт-Петербургским государственным университетом к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

Научный руководитель

Директор ИПМИ КарНЦ РАН,

доктор физико-математических наук, профессор

В.В. Мазалов

9 января 2024 г.

