

Отзыв
официального оппонента
на диссертацию М.Д. Дробышевского
“Методы и программные средства моделирования и
генерации
сложных сетей с сохранением графовых свойств”,
представленную к защите на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по
специальности
05.13.11 — математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных
сетей

Диссертация М.Д. Дробышевского посвящена активно развивающемуся направлению сложных сетей. В математике это направление находится на стыке теории графов, теории вероятностей. Однако оно бурно развивается и в рамках информатики, физики, биологии, экономики, социологии. Причина такой междисциплинарности состоит в том, что сети крайне удобны для описания самых разных объектов и явлений. Например, Интернет можно интерпретировать как веб-граф, вершины которого — сайты или страницы, а ребра (в том числе ориентированные и кратные) — пары вершин, между которыми есть гиперссылки. Или, скажем, сеть межбанковских взаимодействий, динамика которой важна для регуляторов, имеет вершины — банки и ребра — транзакции. Есть также биологические сети (например, сети белок-белковых взаимодействий), социальные сети (как понятные каждому — “ВКонтакте”, — так и “умозрительные” — “знакомства”, “цитирования” и т.д.), транспортные сети, энергетические сети и др.

Моделирование сетей — очень красивая теоретическая и крайне важная практическая задача. Идея состоит в следующем. Сперва изучается статистика различных характеристик сети данного типа. Для сложных сетей уже известны наиболее показательные характеристики, подлежащие такому анализу. Среди них диаметр, различные виды центральностей, включая распределение степеней вершин, ассортативность, кластерные коэффициенты, распределение копий конкретных графов и др. Когда характеристики изучены, встает вопрос о построении модели, адекватно их отражающей. Что это значит? Один из наиболее распространенных подходов сводится к построению последовательности ве-

роятностных пространств, в которых элементарные события — графы на n вершинах, а вероятностная мера подобрана так, чтобы с вероятностью, стремящейся к единице при $n \rightarrow \infty$, граф имел характеристики, близкие к изученным в реальности.

У моделирования есть два аспекта: сугубо теоретический (придумывание вероятностных мер и доказательство теорем о соответствии таких мер реальным наблюдениям) и более практический (построение алгоритмов генерации графов, обладающих заданными свойствами или, вернее, обладающих свойствами, отклонение которых от заданных не слишком велико). Настоящая диссертационная работа относится ко второму типу, хотя это и не умаляет нисколько теоретической значимости полученных в ней результатов.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и двух приложений.

Во **введении** речь идет об основных определениях и их мотивировках.

В **первой главе** предпринимается попытка сделать некоторый максимально релевантный обзор существующих моделей случайного графа, призванных описывать те или иные сложные сети. Действительно, существующая литература несколько раздроблена и полной картины не дает. Не скажу, что в главе 1 картина прямо полная, но это весьма полезный ход, развитие которого в некоторый обзор могло бы весьма поспособствовать исследованиям в области (помочь исследователям ориентироваться).

Во **второй главе**, собственно, развивается новый подход к генерации графов, похожих на графы с данными свойствами. Обосновывается и реализуется автоматическое обучение на ориентированном графе, которое затем позволяет осуществить генерацию похожих графов с масштабированием размера исходного графа на вещественный коэффициент. Достигается это путем вложения исходного графа в пространство относительно маленькой размерности. При этом характеристики (“признаки”) графа кодируются в векторах его вершин. В главе подробно изложены и аккуратно обоснованы все алгоритмы обучения (оптимизации), строго доказаны теоремы о сложности.

Наконец, в **главе 3** дается программная реализация алгоритма. Проведен очень основательный численный анализ полученных характеристик и сравнение с другими методами.

Работа интересная. Написана хорошо: грамотно, понятно. Кроме мелких опечаток, особых замечаний не усматриваю. Работа будет полезна как теоретикам, так и практикам. Мы ее в наших лабораториях точно опробуем.

Результаты исследований Дробышевского М. Д. докладывались на нескольких российских и одной зарубежной конференциях. Также опубликованы три научные работы

в журналах из списка ВАК, получен патент на изобретение. Автореферат диссертации адекватно отражает содержание основной работы.

Таким образом, диссертационная работа М.Д. Дробышевского полностью соответствует требованиям п. 9 “Положения о порядке присуждения ученых степеней” Минобрнауки РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а Михаил Дмитриевич Дробышевский заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 — математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

20.11.2019

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
профессор

А.М. Райгородский