

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу

Егора Александровича Самосвата «Моделирование интернета с помощью случайных графов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертационная работа Е.А. Самосвата посвящена решению ряда важных математических задач, ведущих к пониманию структуры современных сетей, таких как интернет, социальные сети и др. Эти задачи, в силу их актуальности и новизны, привлекли внимание не только (а может быть, и не столько) математиков, но и физиков, и специалистов из computer science. Классическая модель случайного графа, введенная Эрдешем и Реньи более полувека назад, оказалась неподходящей для описания сетей типа интернет. Более адекватная модель, известная как модель «предпочтительного соединения», предложенная Альбертом и Барабаши, оказалась более сложной и, в определенном смысле, неоднозначно определенной. Поэтому, несмотря на обилие публикаций по теме сетей с «предпочтительным соединением», структура таких сетей оставалась недостаточно изученной. Поэтому тема диссертационной работы, посвященной моделированию структуры случайных графов, порождаемых различными вариантами модели Барабаши-Альберта, несомненно актуальна и имеет существенное значение как для теории, так и для практики математического моделирования.

Будем для краткости называть исследуемые в диссертации математические модели с «предпочтительным соединением» моделями ПС-сетей. В диссертации решаются четыре нетривиальные и важные задачи:

изучение распределения числа реализаций данного графа в моделях ПС-сетей;
обобщение известных результатов о распределении степеней вершин и коэффициентов кластеризации для моделей ПС-сетей;
создание модели типа ПС-сеть для медиа-веба;
разработка алгоритма эффективного обхода страниц медиа-веба поисковым роботом.
По моему мнению, любая из поставленных задач и полученные в ее решении результаты были бы достаточны для кандидатской диссертации. По этой причине я более детально остановлюсь на математической части диссертации, состоящей в решении первых двух задач, и затем кратко коснусь прикладной части диссертации.

В работе есть несколько математических результатов, заслуживающих особого внимания. Среди них выделю теоремы 3 и 9, дающие порядок среднего числа реализаций произвольного фиксированного графа в качестве подграфа случайного LCD-графа, рассмотренном Боллобашем и Риорданом, или в его модификации, предложенной диссертантом. Формула на удивление проста и не менее удивительно, что Боллобаш и Риордан «прошли мимо» нее, хотя они привели некоторые ее частные случаи, например, сколько в среднем имеется треугольников в случайном LCD-графе.

Отметим, что одним из первых практических наблюдений за графами сетей типа интернет было то, что распределение числа вершин в графе с данной степенью вершины имеет степенной закон, что неверно для случайных графов Эрдеша-Реньи. Диссертант во второй части первой главы вводит новый класс моделей, задаваемых двумя числовыми параметрами A и B , который не только обобщает известные модели ПС-сетей, но и, как показывает диссертант, обладает степенным законом распределения числа вершин данной степени (теоремы 10 и 11).

Другим важным отличием моделей ПС-сетей от случайных графов Эрдеша-Реньи является их кластерный характер. Для изучения кластеризации ПС-сетей используются различные коэффициенты кластеризации. В диссертации найдена формула (теорема 14) для асимптотического поведения глобального коэффициента кластеризации, равного утроенному отношению числа треугольников в графе к числу смежных пар ребер. Из теоремы 14 в частности следует наличие фазового перехода в ПС-сетях при переходе коэффициента A через порог $\frac{1}{2}$.

Диссертант также предлагает собственную модель ПС-сети, которую он называет полиномиальной, и сравнивает новую модель с ранее известными. Ее несомненным преимуществом является отделенность от нуля глобального кластерного коэффициента (для ранее известных моделей он стремится к нулю при растущем числе вершин). Более того, в новой модели диссертант расширяет возможности моделей ПС-сетей, вводя дополнительно к принципу «предпочтительного соединения» еще две опции: провести из новой вершины ребро в начало выбранного ребра или провести два ребра в начало и конец выбранного ребра. Важно отметить, что, несмотря на это расширение, новая модель остается в рамках предложенной диссертантом общей концепции двухпараметрических моделей ПС-сетей.

Вторая и третья главы диссертации посвящены построению и исследованию математических моделей медиа-веба. Построенные во второй главе модели отличаются от рассмотренных ранее в диссертации тем, что новые модели являются эволюционными для того, чтобы учитывать фактор «устаревания» вершин, то есть веб-страниц. Полученные в этой главе теоретические результаты используются в последней главе для построения эффективного алгоритма обхода быстро устаревающих веб-страниц. Этот алгоритм, названный ЕСНО, был реализован в разработках компании Яндекс и в диссертации приводятся экспериментальные данные сравнения качества работы данного алгоритма с другими ранее известными алгоритмами.

К представленному тексту диссертации у меня нет претензий или существенных замечаний. Я бы заменил используемый диссертантом оборот «коль скоро $a < b$ » на более привычный «при $a < b$ », но это вопрос стиля и вкуса.

В целом, диссертация написана на очень хорошем научном уровне. Автореферат не просто правильно отражает содержание диссертации, но действительно является независимой печатной работой. Все выносимые на защиту научные положения и результаты обоснованы, являются новыми и впервые получены автором, а их достоверность подтверждается данными в диссертации доказательствами. Основные результаты диссертации докладывались на многочисленных научных конференциях и семинарах и опубликованы в пяти печатных работах, все - в изданиях, входящих в Перечень ВАК. Особо отмечу, положительный опыт практического использования результатов диссертации в разработках компании Яндекс.

Представленная Егором Александровичем Самосватом диссертация «Моделирование интернета с помощью случайных графов», является законченной научно-квалификационной работой, в которой предложены решения математических задач, связанных с описанием структуры случайных графов, моделирующих сети типа интернет, и имеющих важное значение для математического моделирования и разработок программных комплексов.

Работа полностью соответствует профилю специальности 05.13.18 «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842, а ее

автор, Самосват Егор Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».



Доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник ИППИ РАН
Кабатянский Г.А.
27 мая 2014 года

