

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра социальной информатики

**ПОСТРОЕНИЕ СОЦИАЛЬНОГО ГРАФА НА ПРИМЕРЕ  
СЕТЕВЫХ ИГР**

(автореферат бакалаврской работы)

студента 5 курса 531 группы  
направления 09.03.03 - Прикладная информатика  
профиль Прикладная информатика в социологии  
Социологического факультета  
Трегубова Романа Эдуардовича

Научный руководитель

кандидат социологических наук, доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

К.В. Мохнаткина

Зав. кафедрой

кандидат социологических наук, доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

И.Г. Малинский

Саратов 2021

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность проблемы исследования.** Понятие социальной сети было введено задолго до появления интернета и современных интернет-сетей. Еще в 1954 году социологом из «Манчестерской школы» Джеймсом Барнсом<sup>1</sup>. Он разработал изобретенный еще в 30-е годы подход к исследованию взаимосвязей между людьми с помощью социограмм – визуальных диаграмм, в которых отдельные люди представлены в виде точек, а связи между ними – в виде линий. Существует большое количество информации, которую можно представить в виде объектов и отношений между ними. Например, объектами могут являться научные статьи, тогда, если одна из них ссылается на вторую, то между этими статьями есть связь. Термин «граф» впервые был введен в 1936 году венгерским математиком Денни Кенигом. В теории графов и информатике граф – это совокупность непустого множества вершин и множества пар вершин (связей между ними). Объекты представляются как вершины или узлы графа, а связи – как дуги или ребра<sup>2</sup>. Таким образом, все существующие научные работы могут быть представлены в виде графа. Такое же представление возможно для многих других структур из самых разных областей знания: люди и их социальные взаимоотношения, протеины и их взаимодействия, интернет-ресурсы и ссылки. Для всех подобных структур является естественным их представление в виде графа. Все описанные примеры являются так называемыми социальными графами: они обладают неким набором свойств, специфичных только для такого типа графов.

---

<sup>1</sup> История возникновения социальных сетей и профессиональных сообществ. URL: <https://sssvu.minobr63.ru/istoriya-vozniknoveniya-socialnyx-setej-i-professionalnyx-soobshhestvv-seti/> (Дата обращения 15.03.2021) Загл. с экрана. Яз.рус.

<sup>2</sup> Пронькин Ю.С., Егоров Ю.А. Элементы теории графов и их техническое приложение. Тверь. 2007 г. С.4.

Перечень ситуаций, в которых сетевые структуры<sup>3</sup> играют важную роль, широк и разнообразен. Например, личные контакты играют решающую роль в получении информации о возможностях трудоустройства.

Учитывая распространенность ситуаций, в которых сетевые отношения играют определенную роль, так и их важность в определении результата взаимодействий, важно иметь теории, как о том, как такие сети формируются. Получить представление о том, какие проблемы возникают и как это может быть полезно. Из обширных исследований как в социологической литературе, так и в литературе по экономике труда мы знаем, что социальные связи являются ведущим источником информации о рабочих местах<sup>4</sup>. В конечном счете многие (а в некоторых профессиях большинство) рабочие места получают через личные контакты<sup>5</sup>. Причина этого заключается в том, что структура социальной сети оказывается ключевым фактором, определяющим кто какую работу получает, что влияет на социальную мобильность, как модели безработицы связаны с этнической принадлежностью, образованием, географией и другими переменными, и, например, почему могут существовать постоянные различия в занятости между расами, независимо от того как распределяются рабочие места, и какие есть стимулы у людей для самообразования и дальнейшего участия в рынке труда. Проблема исследований состоит в том, чтобы выяснить как эти вещи влияют на то, как люди общаются друг с другом или какие социальные связи в сетях они поддерживают, и как в конечном счете это сказывается на эффективности работы рынков труда<sup>6</sup>. А также как различные политики (например, субсидирование образования и т.д.) повлияют на рынки труда и как

---

<sup>3</sup> Goubko, Mikhail & Novikov, Dmitry & Chkhartishvili, Alexander. (2009). Сетевые игры и игры на сетях. Труды международной конференции «Сетевые игры и менеджмент». – Петрозаводск: ИПМИ РАН. 13-17.

<sup>4</sup> Wasserman S. и Faust K. Social Network Analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. – 825 p.

<sup>5</sup> Губко М.В. Теоретико-игровая модель формирования торговой сети / Управление большими системами. 6. М.: ИПУ РАН, 2004. С.56-83.

<sup>6</sup> Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г. Теоретико-игровые задачи управления в линейных социальных сетях / Рабочее совещание «Networking Games and Management», г. Петрозаводск, 28-30 июня 2009.

они могут быть улучшены. Понимание того, как работают сети, имеет важное значение для рассмотрения данных вопросов.

На данном этапе полезно грубо разделить ситуации, когда сети важны, на две разные категории, чтобы четко определить, какова будет сфера охвата этого исследования. В одной категории сетевая структура представляет собой распределительную или сервисную сеть, которая является выбором одного субъекта<sup>7</sup>. Например, маршрутизация самолетов по попадает в эту категорию. В другой категории ситуаций, когда сети имеют решающее значение, сетевая структура соединяет разных людей, и формирование сети зависит от решений многих участников. Это включает в себя упомянутые выше примеры рынков труда, политических альянсов и вообще любой социальной сети. Именно эту вторую категорию сетевых проблем, когда сети соединяют множество людей, рассматривается здесь.

**Степень изученности темы исследования.** В последней и быстро растущей литературе по формированию сетей между отдельными людьми рассматриваются различные вопросы:

1. Насколько важны такие сетевые отношения для определения результатов социального взаимодействия?
2. Как мы можем предсказать, какие сети, скорее всего, сформируются, когда у людей есть свобода выбора своих соединений?
3. Насколько эффективны формирующиеся сети и как это зависит от того, как распределяется ценность сети между отдельными людьми?

Помимо литературы, рассмотренной здесь, существует хорошо зарекомендовавшая себя и обширная литература по социологии в социальных сетях. Эта литература ясно показывает важность социальных сетей во многих контекстах и подробно рассматривает многие вопросы, связанные с социальными сетями, начиная от измерения власти и центральной роли до понимания роли различных видов социальных связей. Хотя эта литература дает обширные знания о функционировании сетевых взаимодействий, в ней в

---

<sup>7</sup> Scott, J.: Social Network Analysis. Newbury Park CA: Sage, (1992).

значительной степени отсутствуют стратегические модели формирования сетей и, в частности, понимание взаимосвязи между индивидуальными стимулами и общим социальным благосостоянием<sup>8</sup>. Развитие теоретико-игровых рассуждений за последние десятилетия и их приток в социологические и экономические модели в настоящее время сопровождаются осознанием того, что сетевые отношения играют важную роль во многих социологических и экономических взаимодействиях<sup>9</sup>. Это привело к появлению литературы, которая использует теоретико-игровые рассуждения для разработки таких моделей самоорганизующихся сетевых отношений. Это быстро растущая литература по широко открытому ландшафту с многочисленными важными вопросами, требующими решения, и огромным разнообразием потенциальных применений. Рассмотрим некоторые подходы к моделированию чтобы почувствовать напряженность между индивидуальными стимулами к формированию связей и социальным благосостоянием, а также взглянуть на некоторые приложения развивающихся теорий.

**Целью** выпускной квалификационной работы является построение социального графа с помощью программных средств.

Для достижения цели выпускной квалификационной работы необходимо выполнить ряд задач:

1. Провести теоретический анализ доступных моделей, методов и программных средств, которые будут использованы при построении социального графа
2. Изучить методы моделирования стратегического формирования сетей и методы сетевых игр
3. Построить социальный граф

---

<sup>8</sup> Jackson M. The Stability and Efficiency of Economic and Social Networks / Advances in Economic Design. 2003.

<sup>9</sup> Myerson R. Graphs and Cooperation in Games, Math. Operations Research, 1977, 2, pp 224-228.

**Структура выпускной квалификационной работы.** Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка использованных источников и приложения.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Первый раздел «Теоретико-методологическое обоснование теории графов»** описывает методы анализа сетей. Рассматривается важный вопрос о том, как идентифицировать “сообщества”, то есть подмножества узлов (людей или других сущностей, образующих сеть) с необычайно сильными связями. Некоторые методы, используемые для идентификации сообществ, аналогичны алгоритмам кластеризации приводятся в данном разделе. Также в этой главе мы рассматриваются эффективные алгоритмы для обнаружения других свойств графов. Приводятся описание ключевых понятий, таких как: Графики социальных сетей: Графики, представляющие связи в социальной сети, не только большие, но и демонстрируют форму локальности, где небольшие подмножества узлов (сообществ) имеют гораздо более высокую плотность ребер, чем средняя плотность. Сообщества и кластеры: сообщества в чем-то похожи на кластеры, существуют также существенные различия. Индивиды (узлы) обычно принадлежат к нескольким сообществам, и обычные меры расстояния не отражают близость между узлами сообщества. В результате стандартные алгоритмы поиска кластеров в данных плохо работают для поиска сообщества. Промежуточность: Один из способов разделения узлов на сообщества состоит в измерении промежуточности ребер, которая представляет собой сумму по всем парам узлов доли кратчайших путей между теми узлами, которые проходят через данное ребро. Сообщества формируются путем удаления ребер, расстояние между которыми превышает заданный порог. Алгоритм Гирвана-Ньюмана: Алгоритм — Гирвана-Ньюмана-это эффективный метод вычисления расстояния между ребрами. Выполняется поиск по ширине от каждого узла, и последовательность шагов маркировки вычисляет долю путей от корня к каждому другому узлу, которые проходят через каждое из ребер. Доли для ребра,

вычисленные для каждого корня, суммируются, чтобы получить промежуточность.

**Во втором разделе «Сетевые игры и модели стратегического формирования сети»** рассматривается как социальные сети визуализируются с помощью социальных графов. Узлы в таких графах являются участниками социальной сети (игроками), а взвешенные ссылки отражают степень их взаимного “доверия” или влияния. Перспективными инструментами в этой области являются методы теории игр. Во-первых, показано, как построить график социальной сети. Затем, вычисляя меры централизации для узлов и ребер, обнаруживаем активных участников социальных сетей. Мы демонстрируем этот метод для сегмента социальной сети ВКонтакте и профессиональной математической сети Mathnet.ru. Затем мы предлагаем теоретико-игровые методы обнаружения сообществ в сетях. Традиционные методы определения структуры сообщества основаны на выборе плотных подграфов внутри сети. Здесь мы предлагаем использовать методы теории кооперативных игр, которые выделяют не только плотность связей, но и механизмы формирования кластеров. В частности, мы предлагаем два подхода из теории кооперативных игр: первый подход основан на значении Майерсона, в то время как второй подход основан на гедонических играх. Кроме того, подход, основанный на модульности, и его обобщения можно рассматривать как частные случаи гедонических игр. Мы демонстрируем эффективность этого подхода на некоторых примерах.

Так же рассматривается как моделировать социальные и экономические сети и их влияние на поведение человека. Как формируются сети, почему они проявляют определенные закономерности и как их структура влияет на распространение, обучение и другое поведение. Рассмотрены модели и методы из экономики, социологии, математики, физики, статистики и информатики. Далее рассматриваются наборы моделей формирования сетей, включая модели случайных сетей, а также модели стратегических формаций и некоторые гибриды. Затем обсуждается серия моделей того, как сети влияют на поведение, включая заражение, распространение, обучение и влияние сверстников.

## **В третьем разделе «Практическое построение социальных графов»**

приведен пример построения социального графа с применением алгоритма выделения сообществ. Сообщество в отношении графов может быть определено как подмножество узлов, которые плотно связаны друг с другом и слабо связаны с узлами в других сообществах в том же графе. В крупномасштабной сети, такой как социальная онлайн-сеть, у нас могут быть миллионы узлов и ребер. Обнаружение сообществ в таких сетях становится титанической задачей. Следовательно, нам нужны алгоритмы обнаружения сообществ, которые могут разделить сеть на несколько сообществ. В данном разделе мы рассмотрим иерархический метод, используемый для обнаружения структур сообществ в сложных системах. Разработан американским математиком Мишель Гирван и британским физиком Марком Ньюменом. Алгоритм обнаруживает сообщества путём последовательного удаления рёбер из исходной сети. Связные компоненты оставшейся сети являются сообществами. Вместо попыток построения меры, показывающей, какое ребро является наиболее центральным в сообществах, алгоритм Гирван — Ньюмена фокусируется на рёбрах, которые наиболее вероятно находятся «между» сообществами.

Степень посредничества вершин является индикатором высокой центральности узла сети. Для любого узла степень посредничества вершины определяется как число кратчайших маршрутов между парами узлов, которые проходят через эту вершину. Степень посредничества вершин имеет отношение к моделям, где сеть определяет передачу товара между известными начальной и конечной точками, при предположении, что такая передача ищет кратчайший доступный маршрут.

Алгоритм расширяет определение степени посредничества на случай рёбер, определяя «степень посредничества рёбер» как число кратчайших путей между парами узлов, которые проходят через это ребро. Если имеется более одного кратчайшего пути между парой узлов, каждому пути назначается одинаковый вес, такой что общий вес всех путей равен единице. Если сеть содержит сообщества или группы, которые слабо связаны только несколькими



межгрупповыми рёбрами, то все кратчайшие пути между различными сообществами должны проходить через одно из этих нескольких рёбер. Тогда рёбра, соединяющие сообщества, будут иметь высокую степень посредничества ребра (по меньшей мере одного из них). При удалении этих рёбер группы отделяются друг от друга, что выявляет лежащую в основе структуру сообщества.

Вычисляются степени посредничества всех рёбер.

1. Ребро с наибольшей степенью посредничества удаляется.
2. Степени посредничества всех затронутых рёбер вычисляются заново.
3. Шаги 2 и 3 повторяются до тех пор, пока остаются рёбра.

Шаг 4 бывает устроен несколько иначе. Иногда алгоритм завершают после первого падения модулярности (то есть модулярность не увеличилась), иногда в точке достижения её максимума или в одной из точек локального минимума.

Конечным результатом алгоритма является древовидная диаграмма (дендрограмма). После завершения алгоритма диаграмма создаётся сверху вниз (то есть сеть разбивается на различные сообщества с последующим удалением связей). Листья диаграммы являются индивидуальными узлами.

В конце раздела показан пример построения социального графа с использованием сетевых игр на примере данные от Чандра в переписи 2000 года, глядя на мужчин, от 25 до 55 в США. С течением времени 1940-х, 50-х, 60-х по 90-е. Показаны цифры с процентами той группы, которая перестала работать. Теперь, перестав работать, они являются не занятыми гражданами, они не ищут работу, они не в тюрьме, они не в школе. С течением времени видно, что есть некоторое увеличение в обеих группах, белых и черных, но есть гораздо более высокий прирост у чернокожих. Показано как понимание этих сетевых игр может быть полезно для понимания того, почему видим различия, которые сохраняются с течением времени, и как это относится к структуре сети.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в данной работе принципы и литература помогает нам понять формирование сетей. Было рассмотрено что существуют несколько неожиданные взаимосвязи между тем, какие сети эффективны с точки зрения общества, и какие сети формируются в результате стимулов игроков.

Благодаря выводам, сделанным в рамках данной выпускной квалификационной работы, мы рассмотрели, как можно использовать теорию графов для построения графов социальных сетей. Способы визуализации и работы с социальными графами. Способы работы с социальными графами на примере выделения сообществ в графах, а также моделировать формирование сетей на графах с применением сетевых игр. Можно сделать вывод, что использование социальных графов является перспективным направлением в социологии.

Для достижения цели работы были построены две модели графов. Первый социальный граф был построен с помощью языка программирования Python с применением имплементации алгоритма выделения сообществ Гирван — Ньюмена. Второй граф был построен на примере сетевой игры.