

# **РАБОТА МАЛОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**Отделение:** Физико-математическое,  
экономики и астрономии  
**Секция:** Математическое моделирование

## **АНАЛИЗ ТОПОЛОГИИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ, ИЗВЛЕЧЕННЫХ ИЗ ЛИТЕРАТУРЫ**

**Работу выполнил:**

Островский Виталий Дмитриевич,  
ученик 10 класса

**Научный руководитель:**

Мизь Лариса Владимировна,  
учитель математики

**Луганск- 2020**

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1 Теория графов	7
1.1. Основы теории графов.....	7
1.2. Понятие «социальная сеть в литературе».....	8
РАЗДЕЛ 2 АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ПЕРСОНАЖЕЙ « ИГРЫ ПРЕСТОЛОВ» НА ОСНОВЕ МЕТРИК	9
2.1. Извлечение социальных сетей из литературы	9
2.2. Построение социальной сетей персонажей серии книг « Игра Престолов»	10
2.3. Визуализация	12
2.4. Анализ и визуализация	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	19
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	20

## ВВЕДЕНИЕ

За последние годы интерес к социальным сетям значительно вырос. Людям недостаточно иметь хорошие и устойчивые отношения друг с другом. Им необходим социальный интерес, определенная динамика жизни, которая приносит новые впечатления. Сегодня большинство людей не могут представить своей жизни без социальных сетей. Фраза «добавить в друзья» стала одной из самых популярных. Социальные сети не имеют возрастных или профессиональных ограничений. Люди, работающие в различных сферах (врачи, учителя, руководители фирм и т. д.), относящиеся к разным слоям населения и возрастным группам, используют социальные сети, чтобы быть в курсе последних событий в жизни друзей, родственниками, знакомых и даже незнакомых популярных личностей.

Уйти от использования социальных сетей в современных условиях сложно. Они очень сильно закрепились в сознании человечества. Социальные сети являются богатым источником данных. Использование виртуальных социальных сетей, а также использование методов интеллектуального анализа данных повлияло на развитие исследования социальных сетей, внедрив множество новых методик и технологий. Персонажи литературных романов также образуют сети друзей и знакомых, и мы решили выяснить, являются ли соответствующие структуры социальными сетями. Почему одни литературные произведения являются бестселлерами, а другие нет? Могут ли авторы знаменитых литературных произведений использовать социальные сети, для популяризации тем, которые встречаются в реальности?

Объем информации растет так быстро, что человек не способен воспринимать и обрабатывать фактические данные с помощью традиционных методов, именно поэтому в помощь к пониманию мира приходят не понятия, а смыслообразы, создаваемые с помощью визуального мышления. Визуальное мышление – это мышление, осуществляемое посредством визуальных операций, в основе которых лежит способность человека видеть и понимать изображения. Понятием «визуализация» сегодня оперируют профессионалы различных областей: медицины,

архитектуры, компьютерной графики, психологии и культурологии, а изучение данного феномена ведется с гуманитарных и естественно-научных позиций.

Термин «визуальный» в обыденном сознании понимается как непосредственно воспринимаемый зрением, однако необходимо подчеркнуть то, что визуальный – это не наглядный, потому что одной из важнейших составляющих визуализации является процесс создания образа. Задача визуализации намного глубже нежели наглядное изображение чего-либо – это преобразование огромных массивов информации в графические образы, связанных единым смыслообразом.

Литературные произведения описывают жизнь различных сообществ, которые можно представить в виде социальных сетей. Литературный текст включает в себе творческие мысли автора и шаблоны взаимодействия между героями, способы визуального представления которых в настоящей работе подвергаются исследованию. Роман, отражающий социальную реальность своего времени, представляет собой своеобразный краткий временной обзор (несколько лет жизни большинства персонажей хранятся в одной или нескольких книгах). Эта особенность позволяет использовать алгоритмы автоматического анализа текста и естественного языка, чтобы легче было уловить основные особенности социальной сети, изображенной в романе, при помощи теории графов. Например, используя известные метрики графа, мы можем проанализировать:

1. Топологию социальной сети.
2. Анализ распределения степеней вершин графа (чтобы понять к какому классу сетей данная социальная сеть относится)
3. Степень кластеризации социальной сети (позволяет понять являются ли друзья друзей друзьями между собой)

Анализ развития социальной сети персонажей позволяет понять, как она развивается со временем. Растет ли социальная сеть случайным образом или её рост соответствует какой-либо модели, например, модели преимущественного присоединения, в которой новые вершины (новые персонажи) преимущественно присоединяются к вершинам с высокой степенью (популярные персонажи)? На основе книги или серии книг можно не только извлечь и проанализировать полную

топологию отношения персонажей, но также можно проследить, как новые персонажи входят в эту социальную сеть и присоединяются к существующим узлам (группам персонажей).

**Актуальность** выбранной темы определяется значимостью данной проблемы для современной молодежи и заключается в том, что в мире, где социальные сети становятся все более важной частью науки, возникает вопрос, можно ли применить новое понимание социальных реалий и связанные с ним технологии анализа данных к нашему культурному прошлому и настоящему. В частности, к популярной художественной культуре.

**Целью данной работы** является получение теоретических и практических знаний о социальной сети литературного произведения, алгоритмов визуализации и метрик социальных сетей, анализ сюжета романа и его популярности с точки зрения развития социальной сети его персонажей, с помощью теории графов.

Для достижения цели предполагается решить следующие **задачи**:

- изучить литературу по теме исследования;
- проанализировать сюжет романа «Игра Престолов» и его популярности с точки зрения развития социальной сети его персонажей, и теории графов;
- рассмотреть особенности визуализации литературного произведения «Игра Престолов»;
- визуализировать и проанализировать метрики графа социальной сети «Игра Престолов».

**Объектом настоящего исследования** является социальная сеть литературного произведения «Игра Престолов».

**Предмет исследования** визуализация и анализ метрик социальных сетей.

**Методы исследования:**

- поисковый метод позволяет изучить разные источники об одном и том же, а принцип анализа метрик социальных сетей литературного произведения. — рассмотреть объект исследования в его конкретно-исторических условиях, проследить этапы в изучении рассматриваемых в работе вопросов;
- аналитический метод сравнительного анализа различных алгоритмов

визуализации и метрик социальных сетей помогает установить закономерности в литературном произведении для обнаружения неочевидных шаблонов взаимодействия персонажей.

- метод рефлексивного чтения состоит из содержательно-формального анализа текста с параллельным анализом собственных читательских реакций исследователя на текст;
- статистический метод предполагает составление диаграмм по результатам визуализации оцифрованного произведения.

**Практическая значимость.** Материалы нашего исследования могут быть использованы в практике изучения курса русской литературы в 10-11 классе общеобразовательных учреждений, при проведении внеклассных мероприятий по литературе, занятий математического кружка, элективных курсов по математике, с целью расширения математической культуры школьников и гуманизации современного образования.

## РАЗДЕЛ 1 ТЕОРИЯ ГРАФОВ

### 1.1. Основы теории графов

Теория графов – раздел дискретной математики, изучающий свойства графов. Родоначальником теории графов считается Леонард Эйлер. В 1736 году в одном из своих писем он формулирует и предлагает решение задачи о семи кёнигсбергских мостах, ставшей впоследствии одной из классических задач теории графов.

Графы – замечательные математические объекты, с помощью которых можно решать очень много различных, внешне не похожих друг на друга задач. Обычно, граф представляется как множество *вершин* (узлов), соединённых *рёбрами*. Вершина графа – единица (зачастую точка), образующая графы. Ребро графа – отрезок, соединяющий вершины графа. При изображении графов на рисунках чаще всего используется следующая система обозначений: вершины графа будут изображаться точками, а рёбра – прямыми.

Любой граф обладает определёнными свойствами, которые можно рассчитать. Эти свойства можно интерпретировать в контексте социальных сетей, чтобы дать математически-обоснованный анализ поведения персонажей в произведениях. В данной работе мы сфокусируемся на нескольких свойствах графов.

**Степень** вершины графа отражает связность вершины с соседями. В контексте литературных персонажей, мы можем интерпретировать степень вершины как меру общительности персонажа с другими героями.

**Диаметр** графа показывает самый длинный путь между двумя вершинами, то есть мы можем определить, насколько удалены персонажи двух самых далёких сообществ.

**Степень посредничества (мера центральности графа)** показывает, насколько важна вершина в определённом сообществе для его связности. Вершины с высокой степенью посредничества отвечают за связь персонажей в сообществе. Мы можем это интерпретировать, как важность персонажа в сообществе, к которому этот персонаж принадлежит. Если эту вершину (этого персонажа) удалить, то соответствующее сообщество может распасться.

### **Степень связывания (вершины, которые находятся между сообществами)**

Некоторые вершины находятся между тесно-связанными сообществами и являются мостами. Это те персонажи, которые не определились с сообществом или являются посредниками между несколькими сообществами.

Несмотря на то, что мы можем достаточно точно рассчитать большинство статистических характеристик или свойств графа, это не даст вам наглядную картину того, что же он из себя представляет. Хорошая визуализация может показать, есть ли в графе кластеры, мосты, насколько он однороден, или может быть он сливается в один комок к какому-то главному центру притяжения. Поэтому, в этой работе мы уделяем особое внимание алгоритмам визуализации и показываем, как можно использовать различные алгоритмы визуализации для визуальной оценки свойств и шаблонов в социальных сетях литературных произведений.

## **1.2. Понятие «социальная сеть в литературе»**

Социальная сеть в литературе – это схема диалоговых связей персонажей, изображенная графом, в котором вершины – персонажи, а ребра – связи между ними. Поводом для появления связи является совместное вхождение персонажей в одну сцену, но также обязательным условием является диалог. В данной работе мы будем использовать следующие понятия:

- Персонаж: человек, который участвует в истории.
- Говорящий: персонаж, который говорит с другими персонажами.
- Аудитория: персонажи, которые слушают говорящего
- Диалог: строка текста в романе, обозначенная двойными кавычками, чтобы указать, что кто-то говорит.
- Разговор: последовательность диалогов, представляющих беседу между двумя или более персонажами.
- Контекст: до, во время и после разговора автор может рассказать нам больше о контексте, в котором происходит беседа. Это то, что мы называем контекстом.



## **РАЗДЕЛ 2 МЕТРИКИ ГРАФА. АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ПЕРСОНАЖЕЙ НА ОСНОВЕ МЕТРИК**

### **2.1. Извлечение социальных сетей из литературы**

Принцип извлечения социальных сетей из литературы может показаться простым в теории, но на практике это очень сложная задача, которая включает в себя задачи из других дисциплин, таких как обработка естественного языка, распознавание именованных сущностей, разрешение совмещенных ссылок, сопоставление псевдонимов и т. д.

Автор рассказывает историю, переключаясь между описаниями событий, происходящих во время истории (то есть повествования), и описаниями разговоров, происходящих между различными персонажами. И то, и другое важно, поскольку они предоставляют информацию о персонажах, участвующих в действии, но идентификация и анализ разговоров обеспечивают более точное описание того, как социальные связи строятся посредством повествования.

Извлечение социальной сети литературного произведения начинается с анализа текстовой версии полной книги или полной серии. Каждый разговор, изображенный автором, состоит из последовательности диалогов, обычно обозначаемых в тексте двойными кавычками. Ключевое предположение для построения социальных сетей заключается в использовании последовательных диалогов. Анализ социальной сети основывается на связи между персонажами, поскольку наиболее распространенным признаком связей между людьми остается вербальное общение. Диалоги также обычно легко обнаружить и разделить. Однако, косвенная речь будет игнорироваться, поскольку синтаксически невозможно отличить ее от обычного повествования. На первом этапе алгоритма, необходимо изолировать каждый диалог и вставить его в больший фрагмент текста (включая некоторое окружающее повествование), называемый его контекстом. Следующий ключевой шаг – определить говорящего в этом контексте.

Затем этот говорящий соединяется с персонажами, с которыми он разговаривает, и, возможно, некоторым другим, которые непосредственно не

присутствуют, но упоминаются во время этого диалога. Порядок соединения персонажей, который будет связан с этим диалоговым окном, будет описан ниже, но может быть следующим: говорящие соединены со всеми остальными и образуют полный граф (все вершины соединены со всеми).

Одно из предположений состоит в том, чтобы проследить развитие сети во времени на основе последовательности контекстов, приведенных выше. Мы руководствуемся тем, что события в романе не всегда рассказываются в хронологическом порядке. Тем не менее, наша задача заключается главным образом в том, чтобы определить, в какой момент сюжета каждый новый персонаж появляется, и с кем, из уже появившихся персонажей, у него есть связи.

Как только социальная сеть построена, следующим шагом является определение основных предположений и ключевых метрик, используемых для автоматического построения и последующего отслеживания социальных сетей из книг. В результате этого исследования будет представлено более полное и подробное техническое описание алгоритмических шагов, чтобы любой заинтересованный читатель мог легко выполнить очень похожий анализ своих любимых книг или серий.

## **2.2. Построение социальной сети персонажей серии книг «Игра Престолов»**

В данной секции, мы приведем пример анализа социальной сети серии книг «Игра престолов». Секрет успеха этой серии романов заключается в уникальной особенности социальной сети её персонажей. Американский писатель Джордж Мартин использовал один из самых распространённых видов социальных сетей в мире фантастики. Для того, чтобы заинтересовать читателя какого-либо романа сюжетом, социальная сеть персонажей не должна быть слишком отличаться от тех, которые обычно встречаются в реальной жизни.

Как и в реальной жизни, когда кто-то говорит (говорящий), он обращается к одному или нескольким людям, другими словами, к аудитории (см. рис. 2.1.).

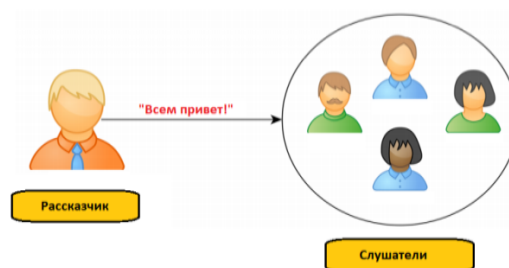


Рис 2.1. Схематическое изображение одного взаимодействия между персонажами.

Анализ произведения начинается с автоматизированного построения социальных сетей, основанного на обработке диалогов в тексте. Персонажи, участвующие в каждом разговоре, идентифицируются и между ними формируется сеть, основанная на этих взаимодействиях. Например, если в определенной части текста Джон Сноу говорит с Семвелом Тарли, появляется новая связь (ребро графа), которая свяжет Джона Сноу с Семвелом Тарли в развивающейся социальной сети. Предполагается, что временная эволюция сети отражает последовательность диалогов в книгах, что означает, что новые персонажи появляются в сети, как только они участвуют в разговоре. Такой подход позволяет охарактеризовать данное литературное произведение с точки зрения его социальных сетей и провести параллели между сетями на основе особенностей этих характеристик.

Ещё одним важным понятием является контекст, в котором происходит разговор. Как объяснялось ранее, автор переключается между разговором и повествованием во время повествования и даже во время разговора, чтобы предоставить читателю больше информации о контексте, в котором он происходит. Анализ контекста необходим, чтобы различать персонажей, участвующих в разговоре, от тех, кто только что упомянут в нем (например, «Я видел Дейнерис»).

Обычно говорящего можно идентифицировать (идентификация субъекта внутри диалога) посредством грамматического анализа. Также можно определить персонажей, с которыми он разговаривает. Задача состоит в идентификации всех имен, которые относятся к каждому персонажу, и в динамическом построении сети с использованием информации, извлеченной из разговоров.

Роман состоит из множества разговоров, которые описывают социальные взаимодействия между всеми персонажами, вовлеченными в действие в определенный момент времени. Построение сети путем извлечения этой информации представляет собой сложную последовательность операций, необходимых для идентификации этих символов и того, как они связаны друг с другом (то есть, кто с кем разговаривает).

Помимо анализа социальной сети, мы можем определить эмоциональную составляющую диалога. Это осуществляется на основе слов, найденных в контексте. В представленной работе, это дополнительное описание не несёт никакого смысла, так как наше внимание в первую очередь сфокусировано на топологии.

### **2.3 Визуализация**

В данной работе, мы используем Гефи (Gephi), программное средство для визуализации, в котором реализованы алгоритмы расчёта характеристик вершин графа, а так же алгоритмы, позволяющие наглядно изобразить граф в двумерном пространстве.

Для того, чтобы наглядно продемонстрировать характеристики персонажей, которые мы рассчитали при помощи анализа социальной сети, мы используем алгоритм оптимальной упаковки окружностей внутри окружности заданного размера (Circle Pack Layout). Этот алгоритм группирует вершины со схожими характеристиками. Цвет вершин соответствует сообществу персонажей, к которому принадлежат герои произведения.

### **2.4 Анализ и визуализация**

В данной секции, мы будем использовать понятия и методы, приведенные выше. Мы рассчитаем свойства социальной сети персонажей, проанализируем эти свойства с точки зрения литературного произведения и на основе визуализаций покажем, насколько сюжет зависит от социальной сети персонажа.

## Степень

Степень вершины графа отражает связность вершины с соседями. В контексте литературных персонажей, мы можем интерпретировать степень вершины как меру общительности персонажа с другими героями.

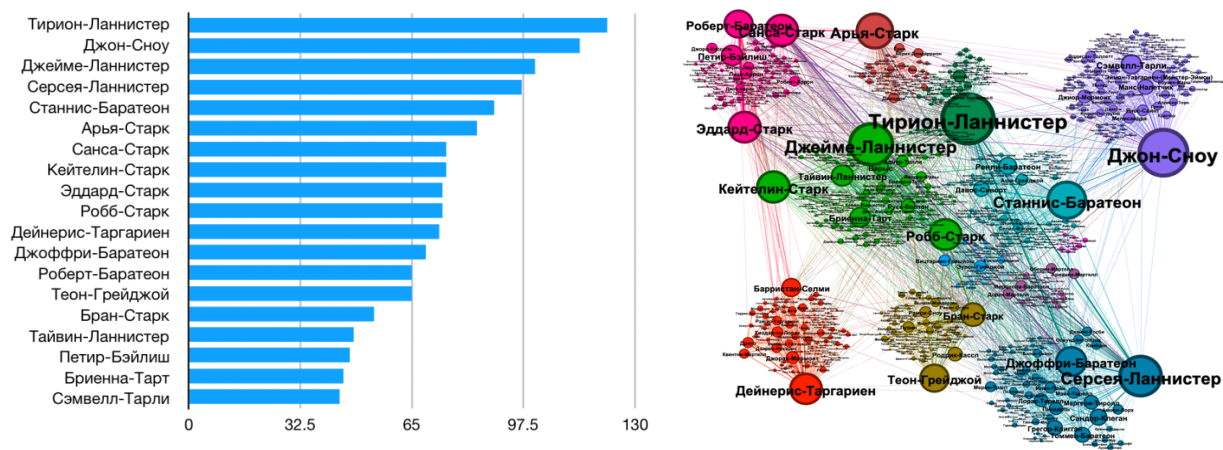


Рис 2.2. Слева: распределение степени вершины графа. Справа: визуализация вершины графа

Проанализируем график степени вершины графа. Согласно построенного графика видно, что наиболее высокая степень вершины у литературного героя – Тириона–Ланнистера и Джона–Сноу. Это характеризует данных героев, как персонаж, имеющий самый широкий круг общения с другими героями произведения. Количество диалогов данных героев доминирует над числом диалогов остальных героев «Игры престолов». Так же данный график указывает на то, что у данных персонажей наибольшее количество героев данного произведения, являются как друзьями, так и недругами. Сэмвелл-Тарли в противовес всем остальным героям – замкнут и не общителен. Согласно графика, первые два героя – главные герои.

## Взвешенная степень

Взвешенная степень вершины графа показывает качество и силу связности вершин с соседями. Мы можем это интерпретировать следующим образом. Взвешенная степень персонажа в социальной сети отражает качество его социальных связей. Другими словами, мы можем сравнить качество с количеством

социальных связей. Например, если невзвешенная степень персонажа выше взвешенной, то количество связей превышает качество. То есть связи слабые, но их много. Если же мы наблюдаем противоположную картину (взвешенная степень выше невзвешенной), то персонаж имеет меньше связей, но сила и качество этих связей выше.

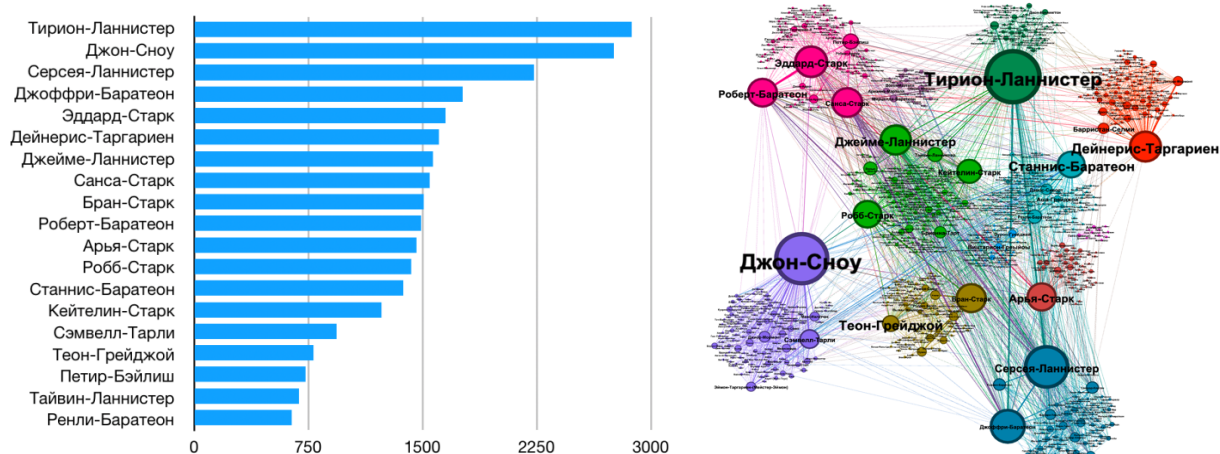


Рис. 2.3. Слева: распределение взвешенной вершины графа. Справа: визуализация взвешенной вершины графа.

Проанализировав график взвешенной степени вершины графа видно, что Тирион Ланнистер и Джон Сноу имеют самую высокую силу связности вершин с соседями. Это интерпретировать можно следующим образом. Качество социальных связей этих персонажей превышает на 25% превышает качество остальных героев. Другими словами, мы можем утверждать, что качество с количеством социальных связей Тириона Ланнистера одно из самых высоких в произведении. И данный персонаж участвует явно, либо косвенно в каждой сцене. У Тайвина Ланнистера и Ренли Баратеон есть связи, но их намного меньше, чем у лидеров данной двадцатки, но сила и качество этих связей зачастую выше.

## Диаметр

Диаметр графа показывает самый длинный путь между двумя вершинами, то есть мы можем определить, насколько удалены персонажи двух самых далёких сообществ. В данном случае, мы видим, что теория бти рукопожатий не

подтверждается, так как диаметр графа равен 9ти. Некоторым персонажам пришлось бы познакомиться с 9 персонажами, чтобы встретиться. Однако, средний путь между двумя вершинами равен 3.4, что говорит нам о том, что персонажи достаточно связаны между собой.

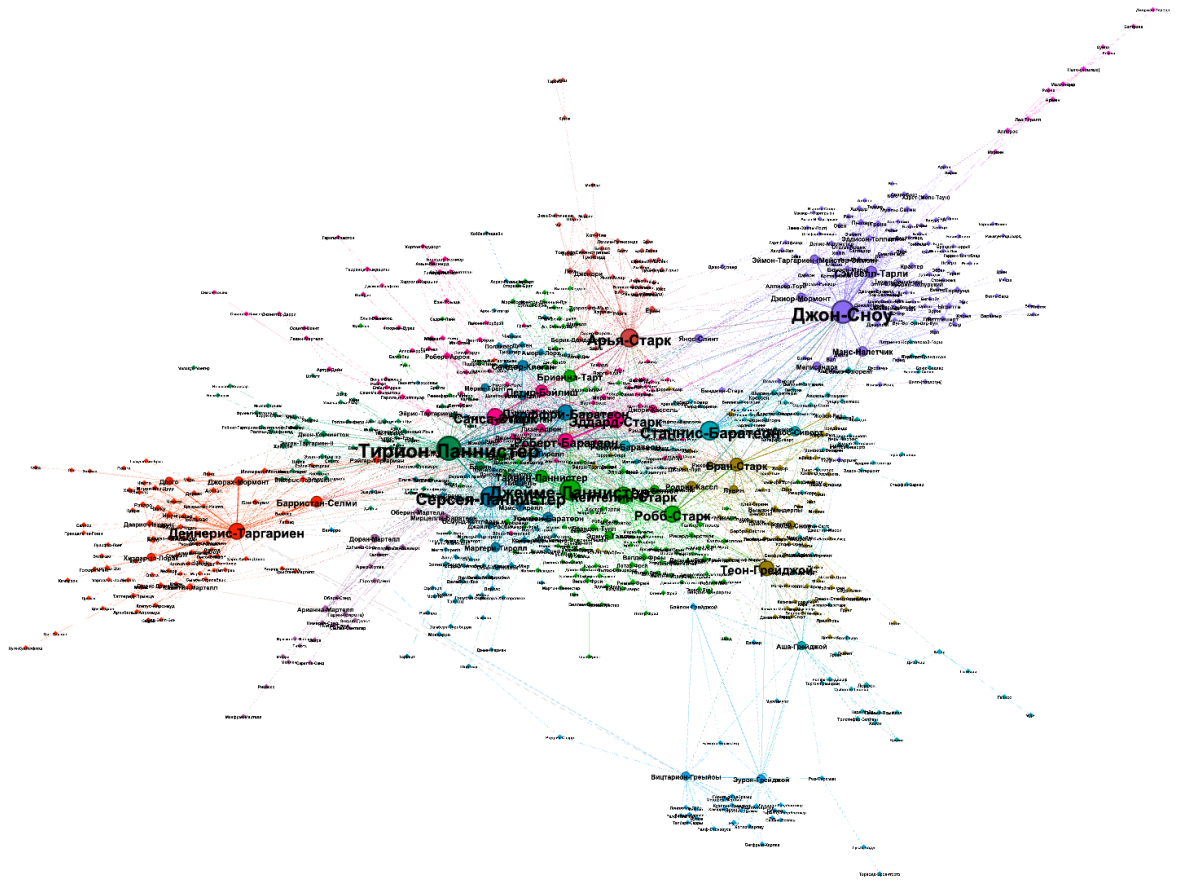


Рис. 2.3. Двумерная проекция графа литературного произведения «Игра Престолов»

В данном случае, для визуализации мы использовали алгоритм Force Atlas. Он позволяет расположить вершины графа, используя законы притяжения. Данный алгоритм рассматривает рёбра графа как пружины, упругость которых отражает вес рёбер. Поэтому, мы можем наглядно продемонстрировать удалённость сообществ. Если проанализировать диаметр графа, то на графе видны, образовавшиеся 9 сообществ. Наибольший диаметр графа между сообществом Джона Сноу и



сообществом Дейнерис Таргариен данные персонажи наиболее удалены. Диаметр графа в сообществе Тириона Ланнистера, которое является одним из центральных достаточно велик, что показывает, что персонажи для того, чтобы познакомиться друг с другом должны пройти достаточно длительный путь для знакомства не только между сообществами, но и внутри одного из сообществ.

### Степень посредничества (мера центральности графа)

Степень посредничества показывает, насколько важна вершина в определённом сообществе для его связности. Вершины с высокой степенью посредничества отвечают за связь персонажей в сообществе. Мы можем это интерпретировать, как важность персонажа в сообществе, к которому этот персонаж принадлежит. Если эту вершину (этого персонажа) удалить, то соответствующее сообщество может распасться.

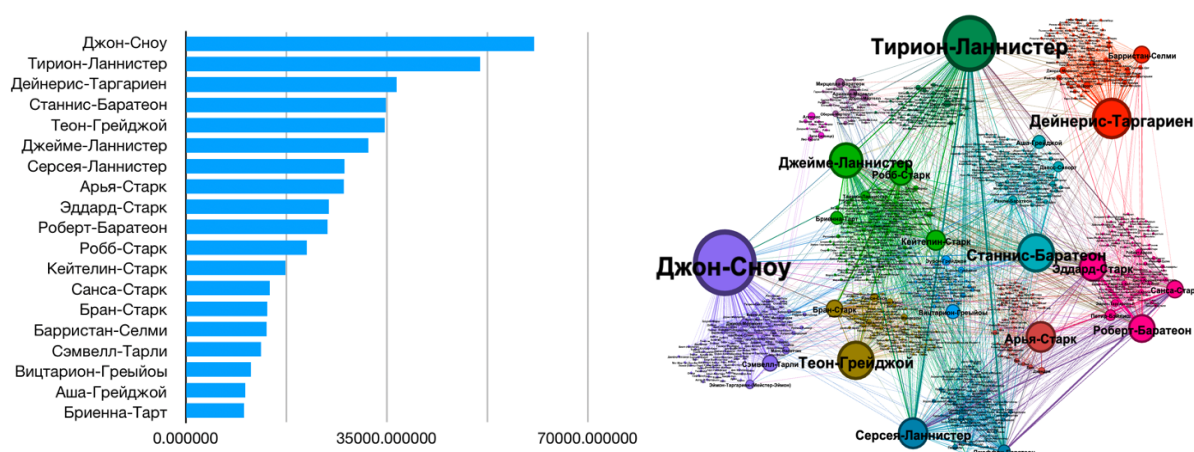


Рис 2.4. Слева: распределение меры центрального графа. Справа: визуализация степени посредничества.

Проанализировав график степени посредничества персонажей «Игры престолов», видно что степень посредничества двадцати самых популярных персонажей различна и самая высокая она у Джона Сноу. Это говорит о том, что в сообществе Джона Сноу он самая главная фигура для связности персонажей его сообщества. И если данный персонаж исчезнет, то данное сообщество скорее всего прекратит свое существование. Сообщества Джейме Ланнистера, Серсеи Ланнистер,



Арьи Старк имеют намного меньшую степень посредничества, чем рассмотренные ранее, однако это говорит о том, что при отсутствии лидеров данных сообществ – сообщества, могут обрести иных лидеров и будут продолжать свое существование.

### Степень связывания (вершины, которые находятся между сообществами)

Некоторые вершины находятся между тесно-связанными сообществами. Это те персонажи, которые не определились с сообществом или являются посредниками между несколькими сообществами.

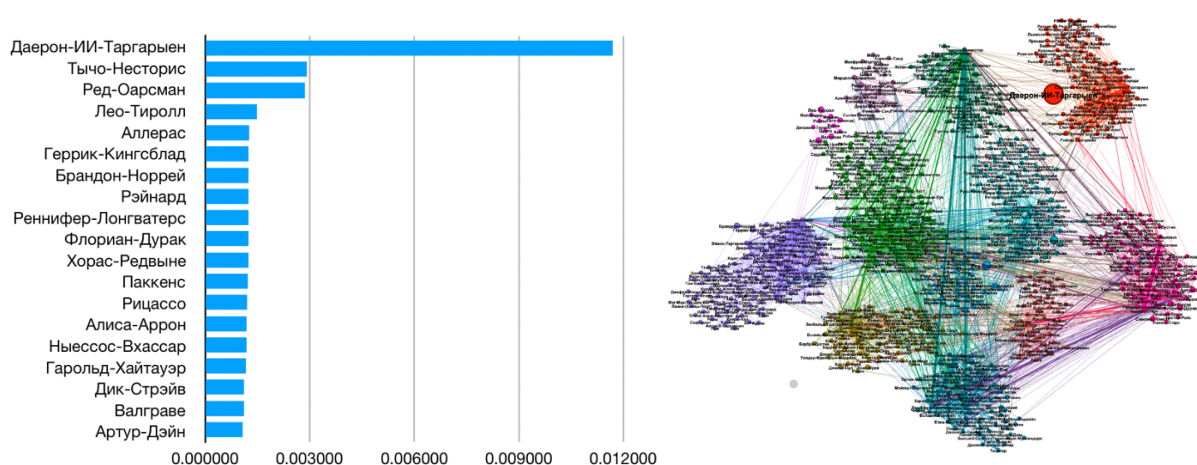


Рис 2.5. Слева: распределение степени связывания графа. Справа: визуализация степени связывания графа

Анализ данного графика показывает, что Даерон Таргариен не определился – какому сообществу он отдает предпочтение. И это его характеризует как персонаж, у которого отсутствуют определенные как моральные, так и общественные ценности. В данном графике прослеживаются имена второстепенных героев, которые не встречались ни среди лидеров сообщества, ни среди их врагов.

### PageRank (степень важности вершины)

Данная метрика показывает, насколько вершина важна для графа. Иными словами, насколько персонаж важен в социальной сети произведения в целом.

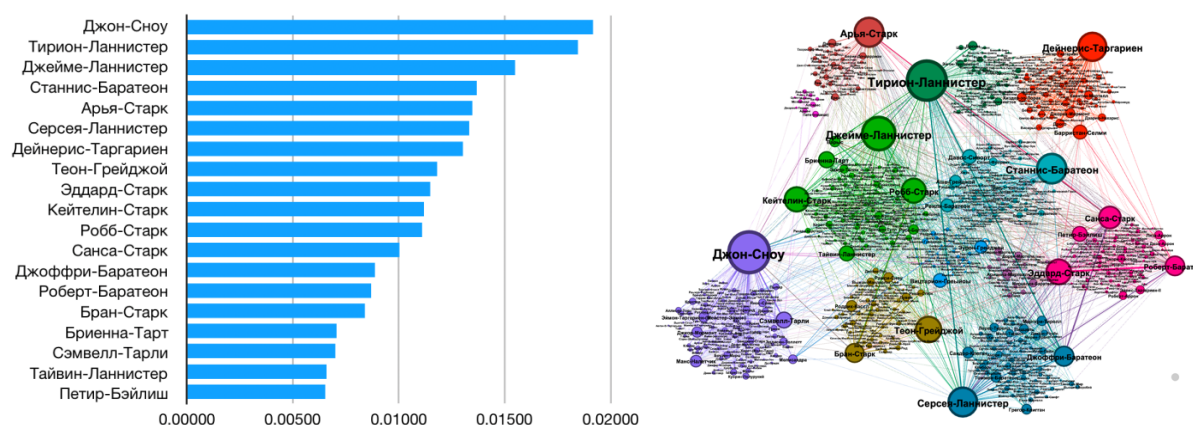


Рис. 2.6. Слева: распределение степени важности вершины. Справа: визуализации степени важности вершины.

Проанализировав степень важности вершины легко увидеть, что Джон Сноу и Тирион Ланнистер – одни из самых главных героев данного произведения. Важность данных героев для социальной сети очень велика. Для остальных персонажей образующих не только социальную сеть сообщества, но и социальные сети других сообществ данные персонажи – главные герои.

### Тесно-связанные сообщества

Мы можем определить тесно-связанные сообщества при помощи алгоритмов поиска сообществ. В данном случае, мы использовали Лёвен алгоритм, названный в честь города, в котором находится университет, в котором его разработали. Этот алгоритм позволяет определить тесно-связанные сообщества с приемлемой точностью. Мы используем разные цвета вершин, чтобы выделить сообщества персонажей, которые нам удалось определить.

Такими, в случае «Игры Престолов», будут являться влиятельные семьи, например Старки или Ланнистеры, и каждое такое сообщество будет располагаться вдали от других сообществ, и будет включать в себя только членов семьи и союзников дома. Всего получается 10 тесно-связанных сообществ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой работе предпринята попытка провести сетевой анализ, который социологи проводят в своих ежедневных исследованиях. Важно ли, чтобы литература соответствовала социальным реалиям, или же авторы известных романов достаточно изобретательны, и навязывают в той же социальной сети своей истории фантазию, которую они создают в вымышленных мирах, где взаимодействуют их персонажи?

Использованы разные алгоритмы визуализации социальных сетей и их анализ для нахождения неочевидных шаблонов взаимодействия персонажей в литературных произведениях. Еще предстоит провести дополнительный анализ, учитывая огромное количество сетей, которые могут быть созданы.

Исходя из полученных результатов, мы надеемся доработать алгоритм и применить его к другим литературным произведениям, и постараемся проверить, построены ли эти романы по той же схеме социальной сети.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мартин Джорж РР. Игра престолов. Bantam Spectra; 1996.-768с.
2. Мартин Джорж РР. Битва королей. Bantam Spectra; 1998.-832с.
3. Мартин Джорж РР. Буря мечей. Bantam Spectra; 1999.-641с.
4. Мартин Джорж РР. Праздник для ворон. Bantam Spectra 2005.-435с.
5. Мартин Джорж РР. Танец с драконами. Bantam Spectra; 2011.-742с.
6. Mislove A, Marcon M, Gummadi KP, Druschel P, Bhattacharjee B, Измерение и анализ онлайн социальных сетей. Материалы 7-й конференции ACM SIGCOMM по измерениям в Интернете; ACM; 2007.
7. Интернет ресурс: <https://github.com/mathbeveridge/asoiat>,  
<https://networkofthrones.wordpress.com/>