

Оглавление

1 Информационное обеспечение программного комплекса моделирования эпидемического процесса во взвешенных неоднородных сетях	9
1.1 Структурная характеристика набора входных данных программного комплекса	9
1.2 Функциональная спецификация модулей программного комплекса	17
1.2.1 Функциональная спецификация модуля преобразования сети и расчета метрик и характеристик	18
1.2.2 Функциональная спецификация модуля моделирования эпидемических процессов во взвешенных неоднородных сетях	24
1.3 Выводы по первой главе	39
2 Методическое обеспечение программного комплекса моделирования эпидемических процессов во взвешенных неоднородных сетях	40
2.1 Преобразование подобия взвешенных неоднородных сетей	40
2.2 Метрики и характеристики взвешенных сетей	44
2.3 Макро-модель многослойной формализации взвешенной социальной сети	57
2.4 Микро-модель многослойной формализации взвешенной социальной сети	68
2.5 Оценка рисков возникающих в неоднородных взвешенных сетях при протекании эпидемических процессов по описанным алгоритмизированным моделям	73
2.6 Выводы по второй главе	78
3 Алгоритмическое обеспечение программного комплекса моделирования эпидемического процесса во взвешенных неоднородных сетях	80
3.1 Алгоритмы работы модуля преобразования сети и расчета метрик и характеристик	80
3.1.1 Алгоритм преобразования подобия взвешенных сетей	89
3.1.2 Алгоритмы расчета метрик и характеристик взвешенных сетей	94
3.2 Алгоритм функционирования автоматизированного инструментария моделирования эпидемического процесса во взвешенных неоднородных сетях	115

3.3 Выводы по третьей главе	124
4 Программное обеспечение комплекса моделирования эпидемического процесса во взвешенных неоднородных сетях	125
4.1 Технологическое обеспечение программного комплекса	125
4.2 Лингвистическое обеспечение программного комплекса расчета метрик и характеристик взвешенных сетей	139
4.3 Выводы по четвертой главе	144
5 Компьютерное моделирование неоднородных взвешенных социальных сетей и возникающих в них эпидемиологических процессов.	146
5.1 Разработка программного обеспечения для моделирования взвешенных сетей и эпидемических процессов, протекающих в них.	146
5.2 Результаты и расчетов преобразования подобия и метрических характеристик взвешенных сетей	154
5.3 Выводы по пятой главе	166
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	168

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Современный мир характеризуется большой информационной насыщенностью. Не исключением стали и социальные сети, исследование которых является одним из актуальных направлений как отечественных и зарубежных ученых, включая анализ их структуры [1-3], расчет метрик [4, 5], а также риск-анализ и моделирование эпидемиологических процессов, протекающих в сетях [6-10].

По большому счету все они являются взвешенными и неоднородными, где вершины которых случайным образом распределены в пространстве и при этом каждая вершина и каждое ребро имеет свой вес [11]. Топологически данная сеть представляет собой граф, каркас которого является некоторой геометрической фигурой [12,13]. Фактически социальная сеть представляет собой совокупность агентов, распределенных в информационном пространстве, каждый из которых имеет вес, а в качестве наполнителя выступает информация. Чем более ценной информацией обладает агент, тем больший вес он имеет [14, 15]. Такие сети широко распространены, и поэтому их изучение является актуальной задачей.

Ранее модель сети строилась на предположении, что главным параметром агента сети является количество его друзей [16, 17]. Однако сейчас интерес представляет уже не количество связей вершины с соседями, а следующие параметры:

- 1) качество вершин, т.е. объем и ценность хранящегося и обрабатываемого в них наполнителя;
- 2) пропускная способность ребер, т.е. объем и ценность прокачиваемого через них наполнителя;
- 3) удельная ценность наполнителя.

Такой подход открывает совершенно новые перспективы изучения социальных сетей [18-25] особенно с точки зрения обеспечения их безопасности. К сожалению, социальные сети сегодня являются пространством ожесточенного

информационного противоборства, что вынуждает исследователей оценивать всевозможные риски с помощью весов, атакуемых вершин и дуг.

В этой связи уместно использовать метрики взвешенной сети. В отличие от большинства метрик не взвешенных сетей, таких как размер сети, ранг сети, средний диаметр, радиус и др. [26-28] метрики взвешенной сети рассчитываются с учетом весов ее вершин и дуг [29-32]. Такими метриками являются: степень взвешенной центральной вершины, степень центральности всей сети, плотность центральности, плотность взвешенной центральности, центральность как посредничество и взвешенная эквивалентность вершин.

В настоящей работе исследованию подлежат следующие взвешенные неоднородные социальные сети:

- 1) сети для общения (Relationship networks);
- 2) сети для обмена медиа-контентом (Mediasharing networks);
- 3) сети для отзывов и обзоров (Online reviews);
- 4) сети для коллективных обсуждений (Discussion forums);
- 5) сети для авторских записей (Social publishing platforms);
- 6) сети социальных закладок (Bookmarking sites);
- 7) сети по интересам (Interest-based networks).

Базовыми для их исследования являются макро-модели [33, 34]. Основой для таких моделей социальных сетей являются различные матрицы, например матрица смежности вершин или же матрица послойной связанности [35]. Но данного базиса не достаточно для построения взвешенных социальных сетей, имеющих такие параметры как объем наполнителя вершины и пропускная способность ребер. Поэтому построение взвешенных сетей необходимо производить с использованием матрицы взвешенности сетей, элементами которой являются веса дуг и вершин, причем в диагонали этой матрицы расположены веса вершин, а в столбцах и строках, соответственно веса входящих и исходящих дуг. Матрица послойной связанности [36, 37] также является базисом для построения взвешенных социальных сетей. Таким образом, для построения макро-моделей

взвешенных неоднородных социальных сетей необходимо в качестве базиса использовать матрицу послойной связанности и матрицу взвешенности сети.

Другим направлением исследования эпидемических процессов в неоднородных взвешенных сетях является построение микро-модели заражения вершины (агента сети) с изучением переходов вершины в различные состояния. Идея построения микро-модели не является новой, так в следующих работах [38, 39] исследуются эпидемии с построением микро-моделей. Однако новым шагом является добавление в модель дискретных изменений самой структуры модели по временным интервалам. Таким образом, при протекании эпидемического процесса модели не только вершина меняет свое состояние, но и меняется сама структура микро-модели. Соответственно с изменением структуры меняются и вероятности перехода вершины из одного состояния в другое.

Для практического исследования эпидемиологических процессов в реальных социальных сетях необходимо иметь автоматизированный инструментальный моделирования [40-44] реализующий весь функционал, необходимый для моделирования взвешенных неоднородных социальных сетей, а также включающий в себя полный набор известного на данный момент вредоносного контента [45-47]. При всем этом важно выбрать вид модели, наиболее полно описывающий исследуемую сеть [48].

Исходя из всего выше сказанного, следует значительная актуальность настоящего исследования. При этом разработка и создание программного инструментария моделирования эпидемиологических процессов позволяет практическим путем проверить теоретические выкладки на реально существующих сетях, что является необходимым условием, как при исследовательской работе, так и при эксплуатации взвешенных неоднородных социальных сетей.

Степень разработанности темы исследования. На данный момент существует огромное количество работ, посвященных изучению эпидемических процессов в неоднородных сетях [49-51]. Однако изучение взвешенных сетей, является довольно новым направлением, даже для зарубежной науки [52-56]. Причем основной интерес представляют несколько сами сети, а процессы

распространения в них контента [57-59]. Таким образом, исследование эпидемических процессов и управление ими во взвешенных сетях является приоритетной и актуальной задачей.

Наиболее проработана эта тема в формализмах теории графов, где в роли социальных сетей выступают взвешенные графы [60-63]. Существует множество алгоритмов в теории графов для решения большинства задач над взвешенными графами. Весь этот инструментарий может быть использован и для социальных сетей.

Работа выполнена в соответствии с одним из основных направлений ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет» «Управление информационными рисками и обеспечение безопасности инфокоммуникационных технологий» на базе Воронежского научно-образовательного центра управления информационными рисками.

Объектом исследования являются неоднородные взвешенные социальные сети, при протекании в них эпидемических процессов.

Предметом исследования является модели дискретного эпидемического процесса, протекающего в неоднородных взвешенных социальных сетях.

Цель исследования состоит в алгоритмизации и моделировании дискретных эпидемических процессов протекающих в неоднородных взвешенных социальных сетях, посредством программной реализации алгоритмов и практического моделирования неоднородных взвешенных социальных сетей. Для достижения цели представляется необходимым решить следующие **задачи**:

- 1) алгоритмизация преобразования подобия взвешенных неоднородных сетей с учетом весовых и топологических свойств сети;
- 2) разработка алгоритмов расчета метрик и характеристик взвешенных сетей, включая построение матриц свертки и матриц взвешенной центральности сети по данным полученным от партнеров по комплексной работе;
- 3) алгоритмизация дискретных макро-моделей эпидемического процесса по полученным от партнеров по комплексной работе матрицам послойной

связанности и взвешенности социальной сети, включая множество источников вредоносного контента;

4) алгоритмизация полученных от партнеров по комплексной работе микро-моделей вирусования вершин взвешенной неоднородной социальной сети, которые должны учитывать специфику вредоносного контента и специфику взвешенных сетей;

5) программная реализация предложенных алгоритмов и практическое компьютерное моделирование социальных сетей, по данным партнеров по комплексной работе, для выявления критически важных и подверженных атакам узлов, направления распространения эпидемического процесса и последующей передачи, полученных данных партнерам по комплексной работе.

На защиту выносятся:

1) алгоритм преобразования подобия взвешенных неоднородных сетей, учитывающий весовые и топологические свойства исходной сети;

2) алгоритмы расчета метрик и характеристик взвешенных сетей, построенные матрица взвешенности и взвешенной центральности сети;

3) алгоритмизированные дискретные макро-модели эпидемического процесса, протекающего в неоднородных взвешенных социальных сетях, построенные по матрице послышной связанности и матрице взвешенной социальной сети, а также включающие все множество источников вредоносного контента;

4) алгоритмизированные дискретные микро-модели вирусования вершин взвешенной неоднородной социальной сети, учитывающие специфику вредоносного контента, изменчивость структуры модели в различные дискретные моменты времени и построенные для каждого вида вершин специализированных социальных сетей;

5) разработанный автоматизированный программный инструментарий, реализующий предложенные алгоритмы и практическое компьютерное моделирование практических социальных сетей и включающий в себя алгоритмы построения моделей взвешенных сетей, необходимый для выявления критически важных узлов и выявления направления распространения эпидемического процесса.

Новизна результатов:

- 1) алгоритм преобразования подобия впервые представляет возможность свернуть исходную сеть больших размеров в сеть значительно меньших размеров, которую удобно использовать в анализе социальных сетей и протекающих в них эпидемических процессов;
- 2) алгоритмы расчета метрик и характеристик взвешенных сетей, в отличие от аналогов учитывают весовые свойства сети и предлагают аппарат для исследования свойств распространения вредоносного контента во взвешенных неоднородных социальных сетях;
- 3) алгоритмизированные дискретные макро-модели эпидемического процесса отличаются от аналогов тем, что моделируют именно взвешенную неоднородную социальную сеть, включая в себя как наполнитель вершин (качество агентов), так и пропускную способность сети (количество трафика проходящего по линиям сети);
- 4) алгоритмизированные дискретные микро-модели вирусирования вершин в отличие от аналогов учитывают изменчивость не только состояний вершин, но и самой структуры модели в различные дискретные моменты времени, а также учетом специфики микро-фракталов вершин для каждого вида специализированных социальных сетей;
- 5) впервые разработан автоматизированный программный инструментарий, реализующий предложенные алгоритмы и практическое компьютерное моделирование именно для основных разновидностей социальных сетей для наиболее полного набора известного на данный момент вредоносного контента неоднородных взвешенных социальных сетей.

Практическая ценность работы заключается в том, что:

- алгоритмизирован и запрограммирован новый алгоритм преобразования подобия взвешенных сетей, позволяющий сохранить весовые и топологические свойства сетей и представляющий сеть подобную исходной, но значительно меньшего размера;

– алгоритмизированы и запрограммированы алгоритмы расчета принципиально новых метрик и характеристик взвешенных сетей, представляющие возможность количественно оценить возможность распространения вредоносного контента во взвешенных социальных сетях;

– алгоритмизированы и запрограммированы новые макро-модели эпидемического процесса для взвешенных неоднородных социальных сетей, включающие в себя параметры веса вершины и пропускной способности ребра, а также основанные на матрице послышной связанности, матрице взвешенной сети и набора множества источников вредоносного контента;

– алгоритмизированы и запрограммированы новые микро-модели вирусования вершин взвешенной неоднородной социальной сети, изменяющие структуру в различные дискретные моменты времени и учитывающие специфику микро-фракталов вершин для каждого вида неоднородных социальных сетей;

– создан автоматизированный программный инструментарий, реализующий разработанные и предложенные алгоритмы и практическое компьютерное моделирование практических социальных сетей, включающий в себя параметры взвешенной социальной сети и наиболее полный набор вредоносного контента и взвешенных неоднородных социальных сетей различного вида, позволяющий идентифицировать критически опасные узлы сети с точки зрения распространения эпидемического процесса.

Методы исследования. В исследовании используются методы системного анализа, теории вероятностей и математической статистики, математического и системного анализа, методы программного моделирования, методы теории графов и рисков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дипломная работа посвящена моделированию неоднородных взвешенных сетей и эпидемических процессов протекающих в них. В ходе выполнения работы получены следующие результаты:

- 1) разработана схема хранения используемой информации в базе данных, разработан соответствующая схема;
- 2) разработана блочная архитектура программного комплекса моделирования эпидемических процессов во взвешенных неоднородных сетях;
- 3) разработана функциональная спецификация каждого блока и модуля программного комплекса моделирования эпидемических процессов во взвешенных неоднородных сетях;
- 4) разработано методическое обеспечение позволяющие преобразовать исходную сеть в сеть меньшего размера с сохранением подобия;
- 5) представлен набор необходимый метрик и характеристик взвешенных неоднородных сетей, разработаны способы их вычисления;
- 6) разработана макро-модель многослойной формализации взвешенной социальной сети;
- 7) разработана микро-модель послойной формализации взвешенной социальной сети;
- 8) представлено методическое обеспечения для определения: количества инфицированных вершин, количества неинфицированных, ущерба, пользы, риска и эпистойкости взвешенной неоднородной сети при моделировании дискретных эпидемических процессов;
- 9) разработано методическое обеспечение оценки рисков, возникающих в неоднородных взвешенных сетях;
- 10) разработаны алгоритмы совместной работы блоков и модулей программного комплекса моделирования эпидемических процессов во взвешенных неоднородных сетях;

11) представлен алгоритм преобразования подобия взвешенных неоднородных сетей;

12) разработан алгоритмы расчета метрик и характеристик взвешенных сетей;

13) поблоково представлены алгоритмы работы частей программного комплекса моделирования эпидемических процессов во взвешенных неоднородных сетях;

14) разработан алгоритм построения макро-модели взвешенной неоднородной социальной сети;

15) представлен алгоритм построения микро-моделей взвешенной неоднородной социальной сети.

Направления дальнейших исследований по представленной в настоящей дипломной работе тематике можно обобщить следующим образом:

1) развитие методологических основ преобразования подобия взвешенных сетей;

2) исследование методологии риск-анализа в контексте взвешенности дуг и узлов сети, с учетом возможных динамических изменений структуры сети;

3) развитие послойной формализации взвешенных сетей, с учетом направленности дуг и количества наполнителя протекающих через вершины сети;

4) развитие методологии риск-анализа в контексте атак на высокоцентральные ребра сети с использованием блокировки данных связей.