

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИЙ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

И.П. Дмитриев, Е.Б. Замятина, И.В. Зимин (Пермь), А.С. Усанин (Москва)

Введение

Социальные сети стали неотъемлемой частью жизни человека. Только в России насчитывается порядка 70 миллионов активных пользователей социальных сетей, каждый из которых в среднем тратит по 136 минут на просмотр социальных сетей в день (средний мировой показатель – 144 минуты в день) [1]. Современный человек потребляет огромное количество информации из социальных сетей, таких как Twitter, Вконтакте, Facebook и т.д. В интернете они являются средством быстрого распространения информации, позволяют людям объединяться в группы по интересам и даже могут влиять на общественное мнение. Как люди объединены между собой? Какие действия совершают люди в социальной сети? Каким образом информация распространяется между людьми?

На основе данных из социальных сетей можно проанализировать общественное мнение на конкретную тему. Понять, кого из политиков поддерживают избиратели. Проанализировав структуру социальных сетей, можно выяснить, как необходимо распространять информацию, чтобы она имела наибольший охват аудитории. Этот подход можно использовать и для маркетинговых операций. Благодаря анализу контента, который потребляет пользователь можно сказать, какая реклама будет ему интересна, а какая нет [2, 3, 4].

Социальные сети также являются средством массовой информации, где каждый пользователь может распространять новости от своего имени или имени сообщества, из-за чего возникает необходимость дополнительной проверки новостей на их достоверность. Известно, что мошенники, а также, и террористы, используют сети для распространения ложной, вредоносной или даже опасной для жизни или здоровья человека информацией [5, 6, 7, 8]. Основываясь на сказанном ранее, можно сделать вывод, что изучение социальных сетей является актуальной задачей.

Таким образом, возникает необходимость в исследовании социальных сетей, в исследовании стратегий, которые либо способствуют продвижению информации, либо, наоборот, препятствуют распространению нежелательной информации, блокируют ее [9, 10, 11, 12].

Существует целое направление исследований (Social Networks Mining), которое в основном базируется на структурных характеристиках социальных сетей. Используя инструменты SNA (Social Network Analyses) получают следующие метрики: взаимная направленность, гомогенность, транзитивность связей и т.д.) [2]. Эти методы исследования можно еще назвать статическими. Однако структурные характеристики недостаточно полно отображают некоторые аспекты поведения пользователей социальной сети, не могут выявить причинно-следственные связи [10], возможность определить, какие события влияют на улучшение распространения информации, или, наоборот, на блокирование информации. В этом случае следует использовать методы имитационного моделирования, их можно назвать динамическими (поскольку здесь исследуется поведение пользователей сети во времени, изменение структуры и метрик социальных сетей во времени). Так, для блокировки распространения вредоносной информации существуют различные стратегии, в том числе, стратегии иммунизации

[11,12], и их можно исследовать, используя инструментальные средства имитационного моделирования [9].

Обычно исследуют виртуальные социальные сети, социальные сети представляют собой граф $G=(V, E)$, где V – множество вершин, где каждая вершина представляет собой пользователя сети или группу пользователей сети, а множество ребер E ассоциируются со связями между пользователями. Для того, чтобы модель наилучшим образом соответствовала реальной сети, используют случайные графы (Эрдеш-Реньи, Боллобаши-Альберта и т.д.). В статье М. Гатти [10], член исследовательской организации «IBM Research», описывается исследование данных о пользователях, полученных из реальных сетей.

Авторы настоящей статьи предлагают инструментальные средства имитационного моделирования, которые позволяли бы использовать как статические, так и динамические методы исследования, причем объектом исследования могут быть как онлайн-виртуальные сети (OSN, Online Social Network), так и реальные.

Ранее в работе [9] было приведено описание системы имитационного моделирования Triad.Net, реализующей как статические, так и динамические методы исследования OSN.

В дальнейшем работа будет построена следующим образом: вначале рассмотрим похожие работы, далее приведем описание системы имитационного моделирования Triad.Net, описание имитационной модели, инструментальные средства для сбора данных о реальной социальной сети, хранения этих данных и использования сохраненных данных для проведения имитационных экспериментов.

Моделирование онлайн-социальных сетей

Социальная сеть (от англ. social networks) – интерактивный многопользовательский веб-сайт, контент которого наполняется самими участниками сети. Сайт представляет собой автоматизированную социальную среду, позволяющую общаться группе пользователей, объединенных общим интересом. Связь осуществляется посредством веб-сервиса внутренней почты или мгновенного обмена сообщениями. Также бывают социальные сети для поиска не только людей по интересам, но и самих объектов этих интересов: веб-сайтов, прослушиваемой музыки и т. п. [13].

Онлайн-социальные сети, такие как ВКонтакте, предоставляют пользователям заполнить некоторую информацию о себе. Эта информация может быть открытой всем, либо только для определенной группы пользователей. Обычно это стандартные данные о человеке, такие как имя, фамилия, пол, возраст и т.п. Также предполагается наличие какой-нибудь фотографии. В большинстве случаев интернет ресурс никак не проверяет эти данные и их ответственность за их правильность лежит на пользователе. Эта информация позволяет другим пользователям идентифицировать этого человека, создать его виртуальный портрет, частично определить его интересы. Можно ли на основе этой информации предположить, как этот пользователь будет взаимодействовать с другими людьми в сети? Или можно ли сказать, какая информация будет интересна этому пользователю? Безусловно, эта информация тоже необходима для анализа, но ее однозначно будет недостаточно. Также, как было сказано выше, нет гарантии правильности этой информации. Проблемой является и то, что у пользователя этой информации может и не быть. Так, например, в сети стали популярны полностью анонимные и фейковые (поддельные) страницы.

В качестве отдельных объектов для изучения в социальной сети можно выделить интернет-сообщества. Такое сообщество представляет собой некоторую группу людей, объединенных по общему интересу или преследующую какую-то конкретную цель.

Существует огромное число групп, посвященных спорту, политике, книгам и т.д. В социальных сетях сообщества распространяют информацию между участниками – подписчиками. Пользователи могут оценивать контент и комментировать – выражать свое мнение. Таким образом можно сказать, что, проанализировав сообщества, в которых состоит конкретный пользователь и изучив то, как он с ними взаимодействует, можно создать более полную модель. Например, при распространении информации можно будет узнать, дойдет ли эта информация до пользователя, и как он на нее отреагирует. Также получится узнать интересы пользователя. Данная информация будет более достоверной, чем личный профиль, так как пользователь сам определяет, какой контент он хочет видеть, заходя в социальную сеть.

Помимо сообществ, пользователь может создавать и распространять контент. Если он публикует что-то у себя на странице, то это будет видно людям, которые на него подписаны. Также он может поделиться информацией через личное сообщение.

Таким образом онлайн-социальная сеть содержит в себе огромное количество информации, которую исследователи используют для моделирования. Поэтому ее сбор и хранение также является актуальной задачей.

Одной из наиболее распространенных тем исследования является скорость распространения информации в сети. Для этой цели используют статистические и динамические модели [10]. Подходы статистических моделей главным образом основаны на построении «взвешенных» социальных сетей в виде графов и анализе топологий и функций, таких как соотношение между центрами [14, 15, 16].

В динамических моделях авторы [17] исследуют эффекты только одного механизма влияния, требуя, чтобы один случайный объект социальной сети полностью принял мнение случайного соседа.

Помимо статистических и динамических, существуют подходы, которые предлагают модель распространения, основанную на предпочтениях и личностных характеристиках пользователей, и анализируют распространение информации, например, на долю рынка [18]. Также существуют имитационные модели, созданные для анализа распространения слухов [13], но эти методы имитационного моделирования не изучают поведение пользователей из реальных данных. Моделирование производится с использованием синтетических данных и анализируется общая модель, которая отличается от нашего подхода.

В отличие от представленных выше исследований, в работе М. Гатти [10] приведено моделирование реальной социальной сети. В исследовании рассматривается политическая кампания в социальной сети Twitter, а точнее, сеть Twitter Барака Обамы во время президентской гонки в США в 2012 году. Для этого исследователи создали эгоцентричную социальную сеть, в которой Обама является центральным пользователем, и рассматриваются только его непосредственные подписчики. Далее собирались посты пользователей за некоторый промежуток времени и анализировались на соответствие поставленной теме. После этого исследователи вычисляли предполагаемое поведение пользователей в сети и проводили моделирование распространения информации.

В статье [19] был предложен алгоритм оценки показателя влияния маркетингового мероприятия на основе каскадной модели распространения информации в сети. Исследователи изучали, как информация о конкурсе распространяется по социальной сети, а затем на основе собранных данных вычисляли параметры для моделирования и решали задачу оптимизации. В работе [20] авторы предложили алгоритм выявления каналов распространения информации в реальных социальных сетях. Они строили графы связности на основе взаимосвязи пользователей

и сообществ, а с помощью установленных фактов передачи информации выявляли каналы распространения контента.

В отличие от данной работы, предложенные алгоритмы собирали статичную информацию за прошедший период времени. Недостатком таких данных является то, что они не дают полного представления о реальном поведении пользователя в социальной сети. А также они не учитывают динамическое изменение топологии сети.

В работе [9] была представлена система имитационного моделирования Triad.Net, с помощью которой можно проводить имитационные эксперименты с виртуальными социальными сетями, исследовать структурные характеристики этих сетей, оценивать их влияние на распространение (или наоборот, препятствование распространения) информации, менять поведение пользователей.

Triad.Net соответствует требованиям, которым на наш взгляд должен отвечать симулятор социальных сетей, а именно: (1) наличие программных (и лингвистических) средств построения Интернет-графов; (2) наличие программных (и лингвистических) средств исследования Интернет-графов; (3) имитировать поведение пользователей (в этом случае подходящей парадигмой является агентное моделирование); (4) работать с большими объемами данных. Познакомимся ближе с системой имитации Triad.Net.

Представление имитационной модели в TRIAD.Net

Симулятор компьютерных Triad.Net [21, 22] был разработан на основе системы автоматизированного проектирования и моделирования Triad [30], которая была спроектирована и реализована сотрудниками кафедры математического обеспечения вычислительных систем ПГНИУ в 80-е годы прошлого века. Система Triad предназначалась для проектирования и моделирования вычислительных систем. В 2002 г. работы были возобновлены (Triad.Net, язык разработки C#) и продолжают по сей день. В Triad.Net принято трехуровневое представление имитационной модели: $M = (STR, ROUT, MES)$, где STR – слой структур, ROUT – слой рутин, MES – слой сообщений.

Слой структур представляет собой совокупность объектов, взаимодействующих друг с другом посредством посылки сообщений. Каждый объект имеет полюсы (входные и выходные), которые служат соответственно для приёма и передачи сообщений. Основа представления слоя структур – графы. Дуги графа определяют связи между объектами. Имитационная модель имеет иерархическое представление. Отдельные объекты, представляющие вершины графа, могут быть расшифрованы подграфом более низкого уровня и т.д.

Для описания структуры имитационной модели использовать графовые константы. Графовая константа – это граф некоторого стандартного вида. Например, кольцо, путь, дерево, полный граф и т.д. Количество вершин графа задают с помощью параметров.

Кроме того, в Triad.Net реализованы несколько моделей случайных графов, такие как случайный граф Эрдеша-Реньи, граф Боллобаши-Риордана, модель П. Бакли и Д. Остгуса и модель копирования [23, 24, 25, 26]. Известно, что случайные графы позволяют исследовать виртуальные социальные сети.

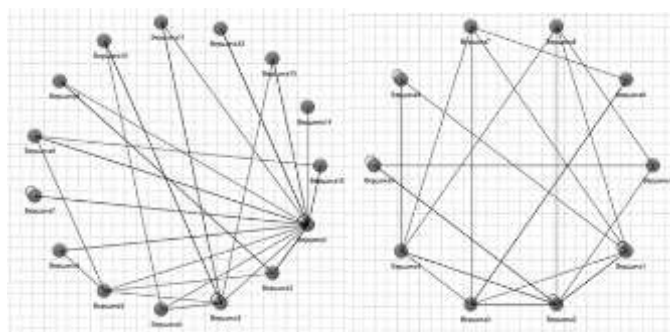


Рис.1 – Граф Боллобаши-Риордана Рис.2 – Граф Бакли-Отсгуса

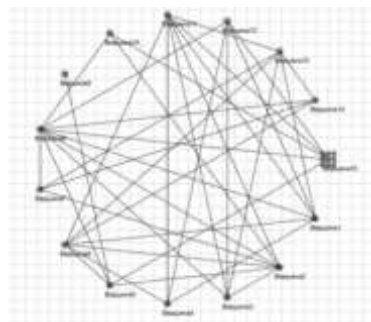


Рис.3 – Модель Эрдеша-Реньи

Слой структур позволяет выполнять операции над графами. Для исследования характеристик построенного графа в слое структур реализованы процедуры, которые позволяют определять количество вершин в графе, диаметр, степень вершины, диаметр графа и т.д. Кроме того, реализованы процедуры для исследования социальных сетей.

Объекты действуют по определённому сценарию, который описывают с помощью рутины. Рутинa представляет собой последовательность событий e_i , планирующих друг друга (E – множество событий; множество событий рутины является частично упорядоченным в модельном времени). Выполнение события сопровождается изменением состояния объекта. Состояние объекта определяется значениями переменных рутины. Таким образом, система имитации является событийно-ориентированной.

Рутинa также, как и объект, имеет входные и выходные полюса. Входные полюса служат соответственно для приёма сообщений, выходные полюса – для их передачи. В множестве событий рутины выделено входное событие e_{in} . Все сообщения, которые поступают на входные полюса рутины, обрабатываются входным событием. Обработка сообщений, которые генерируются на выходных полюсах рутины, осуществляется обычными событиями рутины. Для передачи сообщения служит специальный оператор **out** (**out** <сообщение> **through** <имя полюса>). Совокупность рутин определяет слой рутин ROUT.

Слой сообщений (MES) предназначен для описания сообщений сложной структуры. Система моделирования Triad реализована таким образом, что пользователю необязательно описывать все слои. Так, если возникает необходимость в исследовании структурных особенностей модели, то можно описать только слой структур. Triad-модель рассматривается как переменная. Она может быть построена с помощью операций над моделью.

Как уже было сказано ранее, модель включает описание структуры, рутин и слоя сообщений. Рассмотрим синтаксис слоя структур: **structure**<имя структуры>**def**

(<список настроечных параметров>) (<список входных и выходных параметров>)
<описание переменных><операторы>) *endstr*.

В качестве переменных можно использовать переменные типа "вершина", "граф", "полюс" и т.д. Операторы выполняют операции над вершинами, графами, полюсами, структурами. Слой структур представляет собой параметризованную процедуру. Параметры могут определять количество вершин графов и т.д. Для описания поведения объектов исследования используют, как уже говорилось ранее, рутины: *routine*<имя>(<список настроечных параметров>)(<список входных и выходных формальных параметров>) *initial* <последовательность операторов>*endi*
event <последовательность операторов>*ende event* <наименование события><последовательность операторов>*ende ... event*<наименование события><последовательность операторов>*ende endrout_*

Сбор информации о модели выполняется информационными процедурами, планирование имитационного эксперимента – специальными программными и лингвистическим средствами – условиями моделирования. В работе [1] были описаны инструментальные и лингвистические средства Triad.Net, которые позволяли исследовать стратегии для предотвращения распространения информации в социальной сети (на примере стратегии динамической иммунизации). Эксперименты проводились с виртуальными социальными сетями. Для создания имитационной модели, в которой используются данные из реальной социальной сети необходимо собрать эту информацию и сохранить ее. С этой целью в системе имитации Triad.Net был разработан интеллектуальный агент. Извлеченная из реальной сети информация хранится в онтологиях и журналах, а затем ее используют для построения имитационной модели.

Интеллектуальный агент для сбора информации о реальной социальной сети

Для реализации агента были выдвинуты две группы требований.

Во-первых, это требования к собираемым данным: (1) необходимо собирать данные о топологии социальной сети – взаимосвязь пользователей и их характеристики должны храниться в онтологии; (2) необходимо собирать данные о действиях пользователей; (3) все события должны иметь временной маркер, чтобы это можно было отобразить при моделировании; (4) все собранные данные должны сохраняться в формате, который будет понятен как среде моделирования, так и средствам визуализации и анализа данных; (5) данные должны быть актуальными в любой момент времени.

Во-вторых, это требования к агенту: (1) агент должен строить онтологию по некоторой ограниченной части социальной сети; (2) агент должен следить за действиями, которые совершают пользователи и сохранять информацию в журнал событий; (3) количество запросов агента к социальной сети должно быть сведено к минимуму; (4) исследователь в любой момент может расширить изучаемую группу людей; (5) агент должен собирать данные в течение большого периода, при этом в любой момент времени исследователь может получить собранную информацию; (6) при завершении работы агента с ошибкой, данные не должны быть потеряны; (7) установка и запуск агента должны быть автоматизированы.

Приведем более подробно те решения, которые были приняты для реализации агента. Было решено, что объектом исследования будет социальная сеть ВКонтакте. В результате работы агента система имитации должна получить данные о пользователях, которые должны быть сохранены в онтологиях [27, 28], данные о поведении

пользователей – в журналах событий [29]. Подробнее ознакомимся со структурой онтологий и журналов событий.

Структура онтологии приведена на рисунке 4. В онтологии записывают данные о сообществах, пользователях, активности пользователей и о постах, которые сделал пользователь. Для описания онтологий был выбран язык OWL.

В журнале событий могут быть размещены следующие типы событий:

- пользователь зашел в сеть (online);
- пользователь увидел запись сообщества или его друга (post_seen);
- пользователь оценил запись (post_liked);
- пользователь или сообщество скопировали запись себе на стену (post_copied);
- пост или сообщество добавили себе новую запись на стену (post_add);
- пользователь вышел из сети (offline).

Структура журнала событий приведена ниже:

```
<trace>
<event>
<string key="concept:name" value="online"/>
<string key="org:resource" value="44239068"/>
<string key="user:name" value="44239068"/>
<date key="time:timestamp" value="2020-04-18T13:21:49.698502+00:00"/>
</event>
<event>
<string key="concept:name" value="post_seen"/>
<string key="org:resource" value="44239068"/>
<string key="post:id" value="-31480508_617130"/>
<string key="post:type" value="post"/>
<string key="post:is_ads" value="0"/>
<date key="post:date" value="2020-04-18T11:35:34+00:00"/>
<string key="owner:id" value="53182060"/>
<date key="time:timestamp" value="2020-04-18T13:22:15.578177+00:00"/>
</event>
<event>
<string key="concept:name" value="offline"/>
<string key="org:resource" value="44239068"/>
<date key="time:timestamp" value="2020-04-18T13:25:04.260628+00:00"/>
</event>
</trace>
```

В качестве ресурса события указан идентификатор пользователя или сообщества. Все события имеют временной маркер. Для изучения и верификации полученных в результате работы программы данных были выбран Protégé и ProM, так как являются наиболее распространенными, а также бесплатными. Агент написан на языке Python.

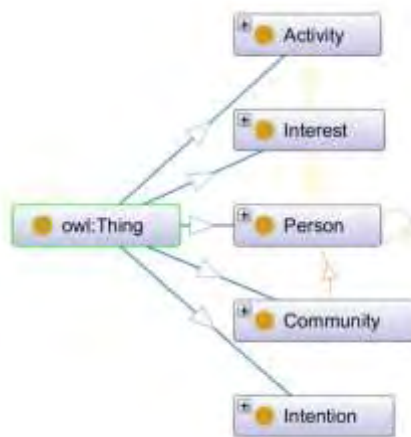


Рис.4 – Структура онтологии

Для проверки работоспособности агента были проведены эксперименты с группой пользователей сети ВКонтакте. Результат работы агента – информация о конкретном пользователе – представлен на рисунке ниже. Это пользователь мужского пола и родился 27 января. Можно заметить, что он дружит с пользователями, чьими идентификаторами являются 5382060, 44239068, 361950485, 132549939 и 135282929. Подписан на сообщества с идентификаторами 39080597, 159146575, 63708206, 57846937 и 147286578. Также он интересуется программированием и юмором.

Представленная таким образом информация позволяет обрабатывать ее как компьютером, так и человеком. Эти данные экспортируются в систему моделирования.

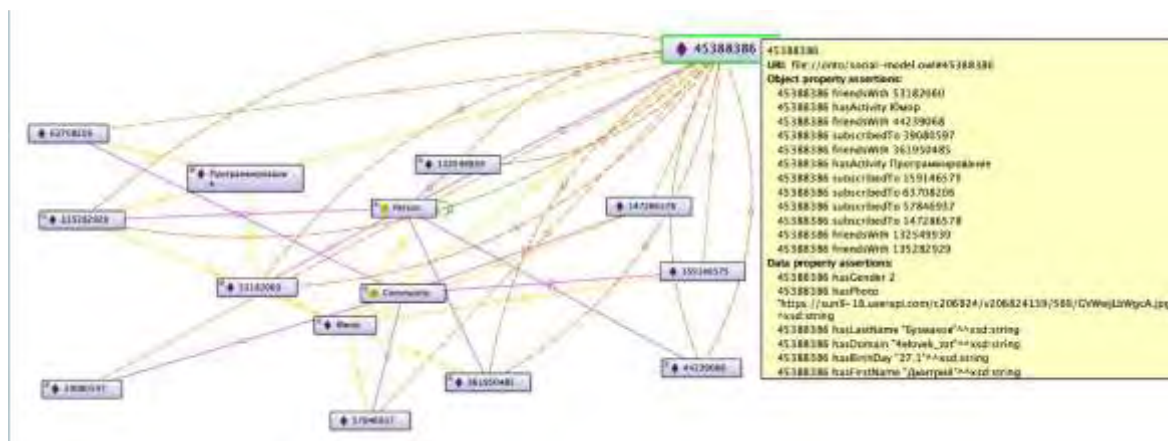


Рис.5 – Информация о пользователе

На рисунке 6 приведен лог событий, которые происходили в выбранном участке социальной сети. Здесь приводится информация о поведении наиболее активных пользователей социальных сетей, публикующих информацию о COVID-19. На рисунке 6 показано, как часто происходили те или иные события.

All events		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
post_seer	4123	62.141%
online	802	12.055%
offline	795	11.98%
post_add	721	10.866%
post_copyed	176	2.652%
post_like	21	0.316%

Рис.6 – Журнал событий

С помощью ProM на основе собранного лога событий была построена стохастическая сеть Петри, которая приведена на рисунке 7. Полученная сеть также используется при моделировании.

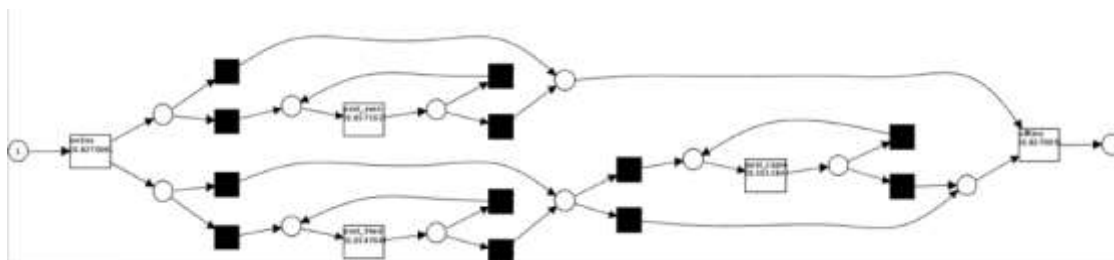


Рис.7 – Стохастическая сеть Петри

Моделирование реальных социальных сетей в Triad.Net

Для моделирования реальных социальных сетей в системе имитационного моделирования Triad.Net был разработан модуль Triad Real Social Net, позволяющий: (1) считывать данные из онтологий, в которых хранится информация о реальных социальных сетях; (2) выполнять анализ социальных сетей. Модуль соответствует агентной парадигме моделирования. Отдельные пользователи и группы социальной сети представлены в виде автономного агента (в нашем случае требования к агенту – автономность, способность к социальному воздействию, реактивность и превентивность выполняются), это позволит с легкостью изменять параметры в поведении конкретной сущности для дальнейших исследований.

Взаимодействие модуля Triad Real Social Net с подсистемой сбора данных осуществляется через два файла: 1) файл с онтологией, 2) файл с журналом событий. Предоставляется возможность загружать файлы как из локального, так и удаленного (облачного) хранилища. После считывания входных данных, на каждую сущность социальной сети (пользователь социальной сети, сообщество пользователей), представленной в виде графа, автоматически накладывается рутина, описывающая ее поведение. В рутину можно внести изменение.

При создании имитационной модели реальной сети возможно выполнение следующих действий: построение графа, добавления/удаление вершин (пользователей социальных сетей и сообществ), добавления/изменения событий, подключения информационных процедур (сбор информации о прохождении имитационного эксперимента), запуск имитационного эксперимента в определенный промежуток времени, представление отчета о моделировании. На рисунке 8 представлен граф социальной сети, построенный на основе информации из онтологии, полученной в результате работы импортированной онтологии.

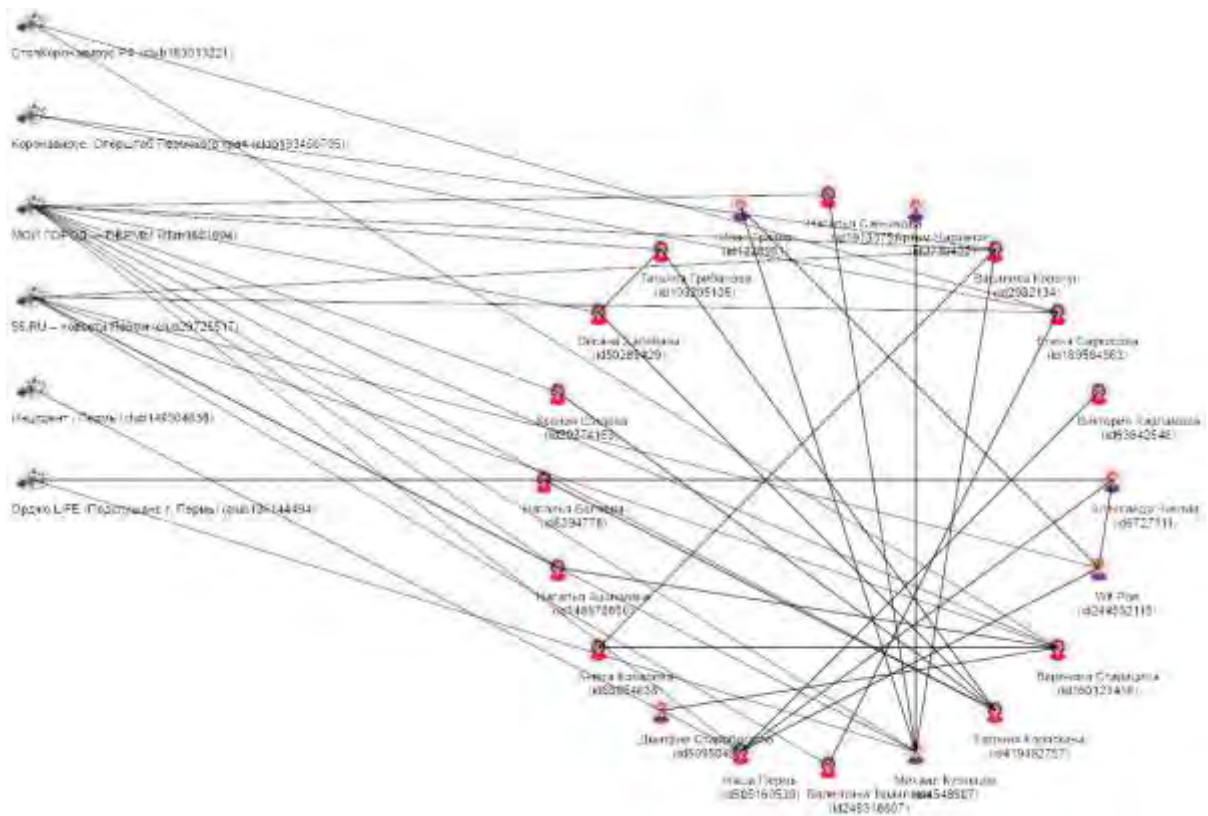


Рис.8 – Граф социальной сети в графическом редакторе системы имитации Triad.Net

Vertex	Degree	Strongly connected component number	Clustering coefficient	Centrality degree	Centrality as mediation	Density of centrality	Eigenvector of centrality
Степанороненко, РФ (club193013221)	2	1	0	0,079999998	0,017771319	2,84	0,088179958
Коронавирус - Оперштаб Пермского края (club193450705)	2	1	0	0,079999998	0,013077007	2,8	0,089083978
МММ ГОРОД - ПЕРМЬ (club3551694)	10	1	0,155555556	0,400000006	1	1,68	0,484405766
59.RU - новости Пермь (club29725517)	7	1	0,142857143	0,280000001	0,416228861	2,04	0,323946965
Инцидент Пермь (club189308838)	1	1	0	0,039999999	0	3,06	0,036660429
Орджo ЛФЕ (Подслушано г. Пермь) (club136144494)	2	1	0	0,079999998	0,022018552	2,64	0,085599963
Виктория Ставицкая (id160123415)	6	1	0,133333333	0,239999995	0,162803163	2,08	0,282630799
Евгения Козлоскина (id139492757)	5	1	0,4	0,200000003	0,167653948	2,44	0,231688405
Михаил Бузнецов (id4548907)	7	1	0,142857143	0,280000001	0,448177197	1,92	0,330133785
Валентина Томилова (id249318807)	7	1	0,079999998	0	0	2,88	0,097359806
Наша Пермь (id505160539)	5	1	0,1	0,200000003	0,480140803	2,12	0,170196992
Дмитрий Старобогатов (id6095045)	1	1	0	0,039999999	0	3,04	0,000542787
Анока Ковалева (id56854638)	7	1	0	0,079999998	0,008494467	2,72	0,122780554
Наталья Ашуркина (id148970850)	3	1	0,666666667	0,119999997	0,036824675	2,2	0,234427407
Наталья Беляева (id6394778)	1	1	0	0,039999999	0	3,4	0,049678528
Кристина Шихова (id20274153)	2	1	1	0,079999998	0	2,96	0,193840463
Оксана Халикина (id50289429)	3	1	1	0,119999997	0	2,52	0,195800288
Татьяна Грибанова (id203205139)	3	1	1	0,119999997	0	2,52	0,195800288
Иван Гречин (id1228951)	2	1	0	0,079999998	0,008941344	2,64	0,102361132
Наталья Сеникова (id1913375)	2	1	1	0,079999998	0	2,36	0,174981681
Артем Наренцов (id2730422)	1	0	0,039999999	0	0	2,88	0,070619746
Василиса Коротун (id2982134)	9	1	0,2	0,200000003	0,231728618	2,04	0,290511701
Елена Саркисова (id189594563)	4	1	0,166666667	0,159999996	0,037114102	2,8	0,128979992
Виктория Каримова (id63642548)	1	0	0,039999999	0	0	3,08	0,036468429
Александр Чилин (id727111)	3	1	0,333333333	0,119999997	0,028824631	2,72	0,087260809
Wb Pm (id244552115)	4	1	0,166666667	0,159999996	0,149547324	2,92	0,146983407

Рис.9 – Результаты эксперимента в системе имитации Triad.Net

Итак, была рассмотрена сеть из 20 пользователей и 6 сообществ. Она была построена с использованием графического редактора, определено поведение всех объектов (всего 8434 события за период с 22.05.2020 08:43:28 по 01.06.2020 09:21:00), сгенерированы рутины, указаны информационные процедуры для сбора информации о ходе имитационного эксперимента и, наконец, был запущен процесс имитации.

Моделирование 8,434 тыс. событий заняло 3,431 секунды на компьютере со следующими характеристиками: процессор AMD FX-8370 (8 ядер, по 4 GHz на ядро) и 16 Гб ОЗУ. Операционная систем, на которой производился запуск – Windows 10 Pro x64.

На рисунке 9 приведены результаты следующего эксперимента: в модели социальной сети был удален узел с наибольшим количеством связей, в результате количество шагов, которое необходимо сделать для передачи сообщений, возросло.

Заключение

В работе представлены инструментальные средства имитационного моделирования, которые позволяют исследовать стратегии по управлению распространением (или препятствие распространению) информации в социальной сети. Используя предложенные средства, пользователь может изучать как виртуальные социальные сети, так и реальные. Для исследования реальных сетей был разработан специальные программные средства – интеллектуальный агент, который извлекает нужную информацию из социальной сети и размещает ее в онтологии и журнале. Журнал хранит информацию о поведении пользователя, онтологии – информацию о пользователях и о его связях с другими пользователями (или сообществами). Для создания журнала использовались методы Process Mining (ProM). Для построения имитационной модели в среде Triad.Net также были разработаны программные средства, позволяющие извлечь информацию из онтологий и журналов. Исследователи могут построить модель автоматически.

Кроме того, для исследований можно применять многомодельный подход (на основе DSL-технологий, трансформация одной модели в другую). Модель может быть описана в терминах теории графов, в терминах СМО, в терминах сетей Петри и т.д.. Использование различных математических схем позволяет провести более глубокие исследования.

Проведенные исследования показывают, что система имитация Triad.Net может быть успешно применена для исследования как виртуальных, так и реальных сетей. Объектом исследования могут быть стратегии распространения или предотвращения распространения информации в социальных сетях.

Литература

1. **Globlee.** Данные об использовании социальных сетей в России [Электронный ресурс]//advertology: [сайт].[2019].URL: <http://www.advertology.ru/article147249.htm>.
2. **Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г.** Концептуальный подход к анализу онлайн-социальных сетей // Управление большими системами, № 45, 2013. С. 222-236.
3. **Zhao, N., Cheng, X., Guo, X.** Impact of information spread and investment behavior on the diffusion of internet investment products. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 512, 427–436 (December 2018).
4. **Kang H., Munoz D.** A dynamic network analysis approach for evaluating knowledge dissemination in a multi-disciplinary collaboration network in obesity research // Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference. Huntington Beach. 2015.
5. **Ilieva D.** Fake News, Telecommunications And Information Security // *International Journal –Information Theories and Applications*” 25(2), 174–181 (2018).
6. **Yang, D., Liao, X., Shen, H., Cheng, X., Chen, G.** Dynamic node immunization for restraint of harmful information diffusion in social networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 503, 640–649 (August 2018).

-
7. **Bindu, P.V., Thilagam, P.S., Ahuja, D.** Discovering suspicious behavior in multilayer social networks. *Computers in Human Behavior* 73, 568–582 (2017).
 8. **Dang-Pham, D., Pittayachawan, S., Bruno, V.** Applications of social network analysis in behavioural information security research: Concepts and empirical analysis. *Computers & Security* 68, 1–15 (July 2017). Gubanov, D., Chkhartishvili, A.: A conceptual approach to the analysis of online social networks. *Large-Scale Systems Control*, 222–236 (2013).
 9. **Dmitriev I., Zamyatina E.** How to Prevent Harmful Information Spreading in Social Networks Using Simulation Tools. *Communications in Computer and Information Science* Vol. 1086. 201-213. Springer, 2020. *Большой энциклопедический словарь*. М.: Большая российская энциклопедия, 2002. – С.971.
 10. **Gatti M., Appel A.P., Nogueira dos Santos C., Pinhanez C.Z.** A simulation-based approach to analyze the information diffusion in Microblogging Online Social Network // *Proceedings of Winter Simulation Conf.* Piscataway, New Jersey. 2013. p. 1685–1696.
 11. **Абрамов К.Г.** Модели угрозы распространения запрещенной информации в информационно-телекоммуникационных сетях, Владим. гос. университет, Владимир, дис. на канд. техн. наук 2014. 129 с.
 12. **Yang D., Liao X., Shen H., Cheng X., Chen G.** Dynamic node immunization for restraint of harmful information diffusion in social networks // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2018. No. 503. pp. 640–649.
 13. **Liu C.C., Liu K.P., Chen W.H., Lin C.P., Chen G.D.** Collaborative storytelling experiences in social media: Influence of peer-assistance mechanisms. *Computers & Education*, 2011, p. 1544-1556.
 14. **Delre S., Bijmolt T., Jager W., Janssen M.** Targeting and timing promotional activities: An agent-based model for the takeoff of new products, *Journal of Business Research* , 2007, p. 826-835.
 15. **Kempe D., Kleinberg J., Tardos E.** Maximizing the Spread of Influence through a Social Network, *ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, 2003, p 137–146.
 16. **Gruhl D.** Information diffusion through Blogspace, *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 2004, p. 491-501.
 17. **Holley R., Liggett T.** Ergodic Theorems for Weakly Interacting Infinite Systems and the Voter Model, *Annals of Probability* Volume 3 Number 4, 1975, p. 643-663.
 18. **Janssen M., Jager W.** Simulating Market Dynamics: Interactions between Consumer Psychology and Social Networks, *Artificial Life*, 2003, p. 343-356.
 19. **Грибанова Е.Б., Логвин И.Н., Ширенков И.В.** (2018). Алгоритм оценки маркетинговых мероприятий онлайн-социальной сети ВКонтакте на основе каскадной модели распространения информации. *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники*, 21 (3), С. 69-74.
 20. **Проноза А.А., Виткова Л.А., Чечулин А.А., Котенко И.В., Сахаров Д.В.** Методика выявления каналов распространения информации в социальных сетях // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления*. 2018. Т. 14. Вып. 4. С. 362–377.
 21. **Замятина Е.Б., Миков А.И., Михеев Р.А.** Лингвистические инструментальные средства симулятора компьютерных сетей TRIADNS, *Information the ories&Applications (IJTA)*. 2012. Vol. 19. No. 4. pp. 355-368.
 22. **Замятина Е.Б., Миков А.И.** Программные средства системы имитации Triad.Net для обеспечения ее адаптируемости и открытости, *Информатизация и связь* №5, 2012, С. 130-133.

-
23. **Albert R., Jeong H., Barabasi A.L.** Diameter of the world-wide web // Nature, T. 401, 1999. С. 130-131.
 24. **Barabasi A.L., Albert R.** Emergence of scaling in random networks // Science, T. 286, 1999. С. 509-512.
 25. **Barabasi A.L., Albert R., Jeong H.** Scale-free characteristics of random networks: the topology of the world-wide web // Physica, T. A281, 2000. С. 69-77.
 26. **Buckley P.G., Osthus D.** Popularity based random graph models leading to a scale-free degree sequence // Discrete Mathematics, T. 282, № 1-3, May 2004. С. 53-68.
 27. **Gruber T.R.** Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing // Proc. International Workshop on Formal Ontology. Stanford. 1993. – p. 45-68.
 28. **Fabiano B.R.** Ontology Engineering by Combining Ontology Patterns / B.R. Fabiano, C.C. Reginato, V.A. Santos, R.A. Falbo, G. Guizzardi. Berlin: Springer-Verlag. – 2011.
 29. **Шершаков С.А.** DPMine / Р: язык построения моделей извлечения и анализа процессов и плагины для ProM // В кн.: Proceedings of the 9th Central & Eastern European Software Engineering Conference in Russia / Науч. ред.: А. Terekhov, М. Tsepkov. NY: ACM. – 2013.
 30. **Миков А.И.** Автоматизация синтеза микропроцессорных управляющих систем. Иркутск: Издательство Иркутск. Университета, 1987. 30-34, 166-171 с.