

ФАКТОРЫ СЕТЕВОЙ МОБИЛИЗАЦИИ

Сетевая мобилизация рассматривается как средство объединения усилий участников социальных сетей для решения определенных проблем. Приведены факторы, от которых зависит возможность сетевой мобилизации: параметры сети, возможности восстановления связей в сети, восприятия информации участниками сети, преобразования/переработки ими информации. Представлены подходы к выявлению скрытых связей, модель распространения мобилизационной информации.

Сетевая мобилизация, социальные сети, латентные связи, деструктивное воздействие, восприятие информации, моделирование

Социальные сети сегодня вызывают больший интерес, в частности потому, что в процессе развития они приобретают качественно новые свойства, среди которых следует выделить способность к проведению сетевой мобилизации. Сетевая мобилизация обычно рассматривается как средство объединения усилий участников социальных сетей для решения некоторых проблем, например, организации массовых выступлений, отражения агрессии, помощи пострадавшим и т.п.

Вопросы сетевой мобилизации были актуальными всегда. Такие социальные сети, как партизанские подполья, кружки революционеров, заговорщиков, порой именно путем сетевой мобилизации добивались своих целей.

Сегодня с вопросами сетевой мобилизации ассоциируются преимущественно социальные сети в Интернете, которые все чаще выступают как средства информационного управления и манипулирования людьми, обществом.

Возможность влияния в социальной сети зависит от репутации [1] тех, кто оказывает влияние. Репутация рассматривается как некоторая весовая величина, которая растет, если выбор объекта влияния (участника) совпадает с тем, что от него ожидается другими, или снижается при неэффективном управлении.

Возможности сетевой мобилизации зависят от:

- 1) структуры сети, ее топологии, параметров, динамики информации, циркулирующей в ней;
- 2) возможности восстановления связей в сети после деструктивного воздействия на них, а также учета скрытых (латентных) связей, не включенных в заданную изначально в явном виде топологию сети;
- 3) возможности и вероятности восприятия информации узлами сети;
- 4) возможности преобразования/переработки информации в узлах сети.

Вопросы структуры и топологии социальных сетей

Возможности сетевой мобилизации напрямую связаны с такими свойствами сетей, как связность, кластеризация, средний кратчайший путь между вершинами и т.п. Социальные сети могут быть представлены в виде динамических сетей [2].

В случае сетевой мобилизации необходимо учитывать ряд особенностей [3]:

- ребра сети не являются статичными, они могут развиваться на нескольких уровнях, в том числе скрытых, латентных;

- реальные сети не являются четко иерархическими;
- реальные сети могут разъединяться или объединяться, при этом отделении подсети могут функционировать как полнофункциональные.

При моделировании сетевой мобилизации возникает необходимость учета факторов, имеющих место в реальных социальных сетях [4]:

- наличие собственного мнения агентов, которое может изменяться под влиянием мнений других;
- целенаправленное поведение агентов;
- различная репутация участников сети (агентов) – различная значимость их мнений;
- различная степень подверженности агентов влиянию;
- различный порог чувствительности к изменению мнения окружающих;
- наличие внешнего воздействия;
- асимметричная информированность агентов и т.п.

Важной характеристикой сети является функция распределения степеней узлов $P(k)$, которая определяется как вероятность того, что узел i имеет степень $i_k = k$. Сети со степенным распределением степеней связности узлов называют безмасштабными (*scale-free*). Именно безмасштабное распределение часто наблюдается у реально существующих социальных сетях. Известно, что безмасштабные сети достаточно толерантны к случайным атакам, разрушению случайных узлов.

Для социальных сетей выявлен ряд эффектов, которые имеют важное значение при реализации сетевой мобилизации, остановимся на некоторых из них.

«Малые миры». В 1967 г. С. Милгран в результате масштабных экспериментов определил, что существует цепочка знакомств, в среднем длиной шесть, между любыми двумя гражданами США [5]. Сеть знакомств получила название «малого мира». Сетевые структуры, соответствующие свойствам малых миров имеют следующие типичные свойства: малая средняя длина пути и большая кластеризация (что присуще сетям с регулярной структурой).

Если в сети, имеющие структуру малого мира «вбросить» мобилизующие идеи, то они будут распространяться там, как эпидемия. При точном выборе подходящих идей возникает мобилизация как массовая социальная реакция.

«Слабые связи». Существует класс социальных сетей, обладающих так называемыми «слабыми» связями, например, сети отношений с дальними знакомыми и коллегами. «Слабые» социальные связи оказываются более важными для существования социальной сети [7], чем связи «сильные». Оказалось, что именно слабые связи является тем феноменом, который связывает сеть в единое целое. Если же слабые связи проигнорировать, то сеть распадется на отдельные фрагменты.

«Клуб богатых». Во многих социальных сетях наблюдается такая тенденция, как хорошая связность между узлами-концентраторами. Это явление, известное под названием элитарность (или феномен «клуб богатых» – rich-club phenomenon), может быть охарактеризовано коэффициентом элитарности [8]. Анализ топологии веб, в частности, показал, что узлы с большой степенью выходных гиперссылок имеют больше связей между собой, чем с узлами с малой степенью.

«Структура сообщества». Социальные сети характеризуются наличием так называемой «структуры сообщества», т.е. существуют группы узлов-агентов, которые имеют высокую плотность ребер между собой, при том, что плотность ребер между отдельными группами – низкая.

«Клеточные сети». Социальные сети часто характеризуются как клеточные [9] – созданные из почти независимых клеток. Клеточные сети имеют такие свойства, как избыточность, наличие тесно связанных клеток (4-6 вершин), отсутствие управления вертикальным способом (нечеткие директивы), отсутствие планирования (формирование за счет локальных ограничений), возможность эволюционирования в ответ на деструктивную деятельность [10].

«Ценность сети». С точки зрения возможности мобилизации в сети применяют понятие ценности сети [11] как это потенциальная доступность участников сети (узлов, агентов), с которыми любой может связаться в случае необходимости. Д. Сарнов определил, что ценность сетей общественного вещания растет пропорционально количеству слушателей n . Р. Меткалф определил, что ценность социальной сети растет как $n(n-1)$ так как каждый агент социальной сети может быть связан с $n-1$ другими агентами. Д. Род прибавил к выражению ценности социальной сети еще одну составляющую, связанную с объединением агентов сети в группы. Эта составляющая равна $2^n - n - 1$ и определяется как количество подмножеств множества из n агентов за исключением единичных элементов и пустого множества. Известны оценки ценности сети как $n \log_2(n)$.

Для ценности социальной сети предлагается описание, которое отражает свойство аддитивности: ценность объединения двух сетей должна быть равна сумме ценностей этих сетей, т.е. для функции ценности должна выполняться формула:

$$f(m_1 m_2) = f(m_1) + f(m_2),$$

где m_1 и m_2 – количества конфигураций первой и второй сети, соответственно. Если существует только одна конфигурация связей, то будем считать, что ценность такой сети равняется нулю, то есть $f(1) = 0$. Известно, что существует лишь единственная функция, которая удовлетворяет названным требованиям – логарифм. Вместе с тем, если количество возможных конфигураций для сети из n узлов оценивать как 2^n , то $\log_2(2^n) = n$ и мы возвращаемся к результатам Сарнова.

Деструктивные влияния и восстановление латентных связей

Большая безмасштабная сеть допускает случайные удаления до 80% ее узлов, и только потом такая сеть распадается. Причина этого заключается в том, что случайные отказы более вероятны для относительно небольших узлов. Вместе с тем, безмасштабные сети очень уязвимы с точки зрения целенаправленных разрушений их концентраторов. Атаки, которые мгновенно уничтожают лишь 5-15% концентраторов подобных сетей, могут разрушить всю сеть.

Безмасштабные сети достаточно благосклонны к воздействию эпидемий (в случаях социальных сетей в качестве «инфекции» могут рассматриваться идеологические влияния, технические инновации и т.д.). Произвольно эпидемия в сети должна преодолеть некоторый критический порог (количество зараженных узлов) и только тогда она может распространяться на всю сеть. Если заражено количество узлов, меньшее этого порога, то эпидемия угасает. Данные, приведенные в работе [12], показывают, что в безмасштабной сети эпидемический порог практически равен нулю.

Свойства сложных сетей обуславливают тактику их разрушения, которая предусматривает такие этапы как анализ и планирование, практически одновременная нейтрализация узлов-концентраторов, последовательное уничтожение других узлов в порядке убывания соответствующих им весов.

Зная, например, только часть связей иерархической сети, можно с высокой вероятностью восстановить сведения о недостающих звеньях. Даже не имея полного описания системы, можно получать репрезентативную выборку связей и по ней пытаться достраивать всю сеть. С учетом природы латентных связей [13-14] сегодня исследуются многочисленные сети, которые порождаются разнообразными объектами (партиями, компаниями, персонами). Это позволяет сетевым аналитикам делать выводы относительно общих интересов отдельных групп объектов во времени, выявлять ключевые элементы сетей, пренебрегать несущественными и т.п.

Известно, что матрицы взаимосвязей объектов являются одной из форм представления сетей. При различных подходах к построению – это, как правило, симметричные матрицы, элементы которых – коэффициенты взаимосвязей.

Рассмотрим одно из формальных определений матрицы взаимосвязей объектов M , соответствующее приведенным в работах [15-16].

Обозначим p_i ($i=1, \dots, K$) – объект, $d^{(j)}$ ($j=1, \dots, N$) – документ, $d^{(j)} \in D$ – массив документов, $e_i^{(j)}$ – признак соответствия объекта p_i документу $d^{(j)}$:

$$e_i^{(j)} = \begin{cases} 1, & p_i \in d^{(j)} \\ 0, & p_i \notin d^{(j)} \end{cases}$$

Можно определить уровень связи объектов p_i и p_k :

$$M_{ik} = \sum_{j=1}^N e_i^j e_k^j .$$

Если перейти к анализу реальной ситуации, то связь между объектами можно рассматривать как вероятностную. Соответственно нормализовав значения элементов матрицы можно перейти к так называемой «матрице нечетких связей» элементами которых вероятность связи между объектами.

Предусматривается, что $p_{i,j}$ – оценка вероятности связи объектов i и j . В общем случае предусматривается, что эта оценка экспертная, не зависящая от других узлов сети. Эти оценки можно было бы уточнить, учитывая не только прямые связи, но и их связи через третьи, четвертые и т.д. узлы. Допустимо, что узлы 1 и 2, связанные непосредственно друг с другом, а также через узел 3 (рис. 1). Соответствующие оценки вероятностей связей составляют $p_{1,2}$ $p_{1,3}$.

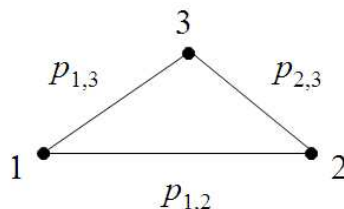


Рис. 1. Начальные оценки вероятности связей

Тогда можно сделать следующую оценку «нечеткой» вероятности того, что связки между узлами 1 и 2 не существуют:

$$\bar{p}_{1,2}^{(1)} = (1 - p_{1,2})(1 - p_{1,3}p_{3,2}).$$

Соответственно, новая оценка вероятности связи между узлами 1 и 2 составляет:

$$p_{1,2}^{(1)} = 1 - (1 - p_{1,2})(1 - p_{1,3}p_{3,2}).$$

Формула учета всех связей через «третьи узлы» имеет вид:

$$p_{i,j}^{(1)} = 1 - (1 - p_{i,j}) \prod_{k \neq i,j} (1 - p_{i,k}p_{k,j}).$$

Очевидно, при $p_{i,j} \in [0,1]$ для любых i и j будет иметь место то, что $p_{i,j}^{(1)} \in [0,1]$ для любых i и j . Действительно, это следует из того, что величина $(1 - p_{i,j}) \prod_{k \neq i,j} (1 - p_{i,k}p_{k,j})$ не больше единицы и не меньше нуля как произведение неотрицательных сомножителей, каждый из которых меньше единицы.

При этом всегда $p_{i,j}^{(1)} \geq p_{i,j}$. Докажем это, для чего введем обозначение $\alpha = \prod_{k \neq i,j} (1 - p_{i,k}p_{k,j})$. Очевидно $\alpha \in [0,1]$. Необходимо доказать, что $p_{i,j}^{(1)} - p_{i,j} \geq 0$. Это следует из выкладки:

$$p_{i,j}^{(1)} - p_{i,j} = 1 - \alpha(1 - p_{i,j}) - p_{i,j} = (1 - p_{i,j})(1 - \alpha).$$

Каждый из полученных сомножителей не негативный, следовательно, их произведение также не негативно. Можно также оценить вероятность с учетом связей через 4-й, 5-й и так далее узлы, модифицировав функцию расчета $p_{i,j}^{(1)}$ таким образом:

$$p_{i,j}^{(1)} = 1 - (1 - p_{i,j}) \prod_{k \neq i,j} (1 - p_{i,k}p_{k,j}) \prod_{k \neq i \neq l \neq j} (1 - p_{i,k}p_{k,l}p_{l,j}) \prod_{k \neq i \neq l \neq m \neq j} (1 - p_{i,k}p_{k,l}p_{l,m}p_{m,j}) \dots$$

Полученная матрица будет отражать не только явные связи, выраженные оценками вероятности, но и связи 2-го, 3-го и т.д. уровней. На практике сомножители, начиная уже с $\prod_{k \neq i \neq l \neq j} (1 - p_{i,k}p_{k,l}p_{l,j})$ оказываются настолько

близкими к единице, что их обычно можно не учитывать в практических расчетах.

К полученной в результате матрице, элементами которой являются $p_{i,j}^{(1)}$, также можно применить приведенный выше алгоритм, рассматривая его результаты, всего лишь как первую итерацию:

$$p_{i,j}^{(m+1)} = 1 - (1 - p_{i,j}^{(m)}) \prod_{k \neq i,j} (1 - p_{i,k}^{(m)} p_{k,j}^{(m)}).$$

Здесь $p_{i,j}^{(m)}$ для любых i и j является монотонно неубывающей функцией от m , кроме того, при достаточно больших n все элементы матрицы $\|p_{i,j}^{(m)}\|$ кроме диагональных, оказываются близкими к единице. При необходимости проведения нескольких итераций осуществляется нормирование величин $p_{i,j}^{(m)}$ путем возведения их в некоторую степень $\gamma > 1$.

Для оценки действенности предложенного подхода, строилась матрица, соответствующая сети с степенным распределением веса узлов, из которой удалялись (обнулялись весовые значения) ребра со значениями в среднем диапазоне. При единичном удалении ребер, они практически всегда восстанавливались с помощью приведенного метода за 1 шаг итерации. При удалении 20% ребер они восстанавливались примерно в 75% случаев.

Модель распространения идей, зависящая от вероятности их восприятия

Авторами построена модель распространения мобилизационных идей в сети, построенная на основе концепции клеточных автоматов [17-19]. Клеточный автомат представляет собой дискретную динамическую систему, совокупность одинаковых клеток, одинаковым образом соединенных между собой. Все клетки образуют сеть клеточных автоматов. Состояние каждой клетки определяется состоянием клеток, входящих в ее локальную окрестность. Окрестностью конечного автомата с номером j называется множество его «ближайших соседей». Состояние j -го клеточного автомата в момент времени $t + 1$, таким образом, определяется следующим образом:

$$y_j(t + 1) = F(y_j(t), O(j), t),$$

где F – некоторое правило, $O(j)$ – окрестность, t – такт.

Динамике распространения информации присущи некоторые свойства (в частности, старения), которые и были учтены в модели. Предполагается, что клетка может быть в одном из пяти состояний: 0 – идея не дошла до клетки (клетка окрашивается в белый цвет); 1 – «свежая идея» (клетка окрашивается в черный цвет); 2 – 4 устаревшие сведения (клетки, окрашенные в оттенки серого). Правила распространения идей следующие:

- изначально все поле состоит из белых клеток за исключением одной – черной, которая первой «приняла» идею;
- белая клетка может переокрашиваться только в черный цвет или оставаться белой (она может принимать идею или оставаться «в неведении»);
- белая клетка переокрашивается с некоторой наперед заданной вероятностью p (важнейший параметр модели) в ее окрестности есть хотя бы одна черная клетка;
- если клетка черная или серая, то она переокрашивается в более светлый оттенок серого или белый цвет (происходит забывание идеи).

Описанная система клеточных автоматов вполне реалистично отражает процесс распространения идей среди участников мобилизационной сети. Пример

работы модели на поле размером 40 x 40 (размеры были выбраны авторами исключительно с целью наглядности) приведен на рис. 2.

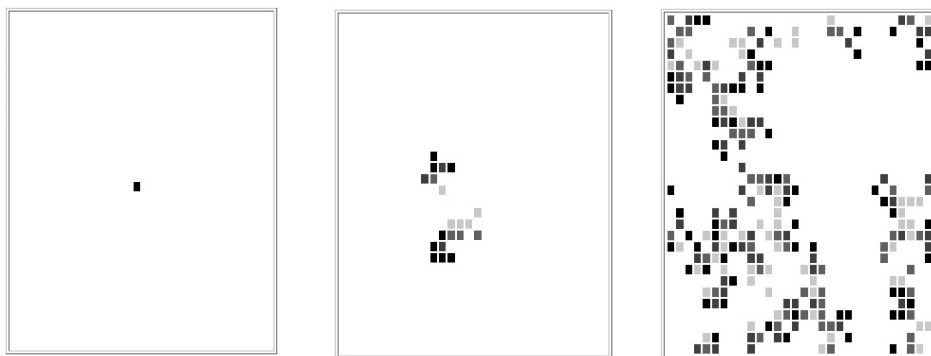


Рис. 2. Процесс эволюции системы клеточных автоматов

Многочисленные эксперименты с данным клеточным автоматом, показывают типичные зависимости количества черных клеток от шага эволюции и вероятности (p) принятия идеи отдельными клетками (рис. 3).

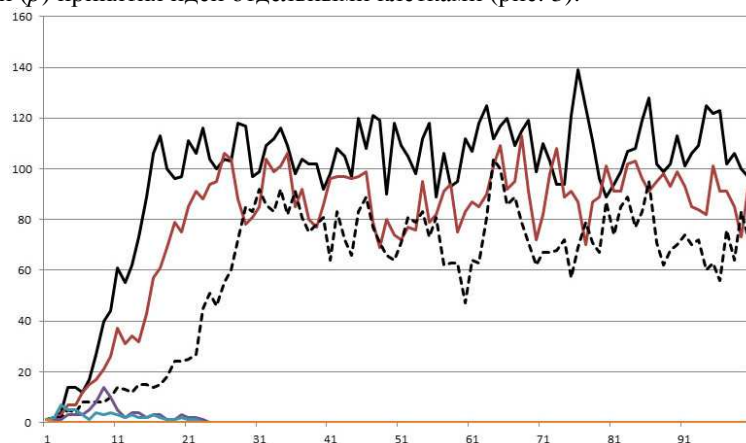


Рис. 3. Количество черных клеток в зависимости от шага эволюции и вероятности принятия идей (различные кривые)

Наиболее быстрый рост и последующие колебания вокруг некоторых уровней насыщения наблюдаются при высокой вероятности принятия идей 30%, 35% и 40 % и более. При меньших вероятностях 25% , 20% и 15% идеи в данной модели сети не становятся мобилизационными и быстро забываются.

Возможности преобразования/переработки информации участниками сети при взаимодействии с другими агентами являются определяющими для обеспечения живучести [20] мобилизационной идеи, которая, в свою очередь, во многом определяет эффективность (а иногда и возможность) всей сетевой мобилизации.

Социальные сети в настоящее время все больше рассматриваются как онлайн-социальные сети в Интернете, такие как Twitter, Facebook, «Вконтакте» и др. Почему такое большое внимание при изложении уделяется Интернету? Очевидно, большинство человечества не имеет к нему постоянного

нецензурированного доступа. Однако ситуация может измениться в корне. Известно, что нововведения внедряются со все большим ускорением. При этом, если социальные сети позволяют осуществлять информационное управление (манипулирование, скрытое управление), то неизбежно возникает и (двойственная) задача – анализ и обеспечение информационной безопасности таких сетей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели репутации и информационного управления в социальных сетях // Управление большими системами. – Вып. 26.1. – М.: ИПУ РАН, 2009. – С. 209-234.
2. Newman M., Barabási A.-L., Watts D.J. The Structure and Dynamics of Networks // Princeton and Oxford: Princeton University Press, 2006. – 624 p.
3. Stohl C., Stohl M. Networks of Terror: Theoretical Assumptions and Pragmatic Consequences // Communication Theory. – 17 (2007). – P. 93-124.
4. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели информационного влияния и информационного управления в социальных сетях // Проблемы управления. – 2009. – № 5. – С. 28-35.
5. Milgram S. The small world problem, Psychology Today, 1967. – 2. – P. 60-67.
6. Backstrom L., Boldi P., Rosa M., Ugander J., Vigna S. Four Degrees of Separation // ePreprint arXiv: 1111.4570.
7. Boyle A. Net not as interconnected as you think. – Режим доступа: [//www.news.zdnet.com/2100-9595_22-502388.html](http://www.news.zdnet.com/2100-9595_22-502388.html)
8. Zhou Sh., Mondragon R.J. The rich-club phenomenon in the Internet topology // Communications Letters, IEEE, March 2004. – 8, Issue 3. – P. 180-182.
9. Frantz T., Carley K.M. A formal characterization of cellular networks // Carnegie Mellon University School of Computer Science Institute for Software Research International, Tech. Rep. CMU-ISRI-05-109, 2005.
10. Sageman M. Understanding Terror Networks. – University of Pennsylvania Press, 2004.
11. Бреер В.В. Стохастические модели социальных сетей // Управление большими системами. – 2009. – № 27. – С. 169-204.
12. Pastor-Satorras R., Vespignani A. Epidemic spreading in scale-free networks // Physics Review Letters, april 2001. – 86. – № 14.
13. Clauset A., Moore C., Newman M.E.J. Hierarchical structure and the prediction of missing links in networks // Nature 453, 98-101 (1 May 2008).
14. Lande D.V., Snarskii A.A. Dynamic network of concepts from web publications // ePrint Arxiv (0806.1439).
15. Снарский А.А. Метод выявления неявных связей объектов / А.А. Снарский, Д.В. Ландэ, М.И. Женировский // Труды 11-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» – RCDL'2009, Петрозаводск, 2009. – С. 46-49.
16. Додонов О.Г., Ландэ Д.В. Імовірнісна модель виявлення латентних зв'язків у мережах понять // Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2011. – № 2. – 13. – С. 38-46.
17. Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. – М.: Мир, 1971. – 382 с.
18. Wolfram S. A New Kind of Science. Champaign, IL: Wolfram Media Inc., 2002. – 1197 p.
19. Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов. – М.: Логос, 2001. – 296 с.
20. Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучесть информационных систем. – К.: Наукова думка, 2011. – 256 с.