

НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ВЛИЯНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Губанов Д.А.¹, Новиков Д.А.², Чхартишвили А.Г.³
(Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления РАН, Москва)

Ключевые слова: социальная сеть, нечеткие множества, информационное влияние.

Введение

Под *социальной сетью* в соответствии с [3] понимается социальная структура, состоящая из множества *агентов* (субъектов – индивидуальных или коллективных, например: индивидов, семей, групп, организаций) и определенного на нем множества *отношений* (совокупности *связей* между агентами, например: знакомства, дружбы, сотрудничества, коммуникации). Формально социальная сеть представляет собой граф $G(V, E)$, в котором V – множество вершин (агентов) и E – множество ребер (отношений).

При моделировании социальных сетей возникает необходимость учета взаимного влияния их членов, динамики их мнений. Обзор соответствующих моделей приведен в [1, 2]. Настоящая работа посвящена обобщению на нечеткий случай ряда результатов исследования моделей репутации и информационного влияния, полученных в [4].

Базовая модель социальной сети

Будем описывать агентов, входящих в социальную сеть, множеством $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Агенты влияют друг на друга, а степень этого влияния определяется их репутацией [4].

¹ Губанов Дмитрий Алексеевич, аспирант (DimaGubanov@mail.ru).

² Дмитрий Александрович Новиков, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора (novikov@ipu.ru).

³ Чхартишвили Александр Гедванович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник (sandro_ch@mail.ru).

У каждого агента в начальный момент времени имеется *мнение* по некоторому вопросу. Мнение всех агентов сети отражает вектор-столбец неотрицательных начальных мнений b размерности n . Агенты в социальной сети взаимодействуют, обмениваясь мнениями. Этот обмен приводит к тому, что мнение каждого агента меняется под влиянием мнений агентов, которым данный агент доверяет.

Следуя [3], будем считать, что мнение i -го агента в момент времени τ равно

$$(1) b_i^\tau = \sum_{j \in N} a_{ij} b_j^{\tau-1},$$

где $a_{ij} \geq 0$ обозначает степень *доверия* i -го агента j -му агенту (или, что будем считать эквивалентным, степень влияния j -го агента на i -го агента). Если при многократном обмене мнениями мнения агентов сходятся (см. условия такой сходимости в [3]) к результирующему (итоговому) вектору мнений $B = \lim_{\tau \rightarrow \infty} b^\tau$, то можно записать соотно-

шение

$$(2) B = A b,$$

$$\text{где } A = \lim_{\tau \rightarrow \infty} (a)^\tau.$$

Пусть в соответствии с [4] $r_i \geq 0$ – параметр, описывающий *репутацию* i -го агента. Вектор репутаций $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$, если не говорено особо, будем считать общим знанием [5] среди агентов. Потребуем, чтобы в сети всегда существовал агент с ненулевой репутацией. Также будем считать, что сеть представляет собой полный граф, следовательно, в силу результатов работы [3], результирующее мнение будет единым для всех агентов, входящих в рассматриваемую социальную сеть.

Определим степень доверия i -го агента j -му агенту как

$$(3) a_{ij} = \frac{r_j}{\sum_{k \in N} r_k}, i, j \in N,$$

то есть будем считать, что степень влияния каждого агента не зависит явным образом от объектов влияния и пропорциональна его относительной репутации. В соответствии с выражением (3) агент i тем более подвержен влиянию со стороны агента j , чем ниже репутация первого, чем выше репутация второго и чем ниже репутация других членов социальной сети.

Обозначим через $R = \sum_{k \in N} r_k$ суммарную («коллективную») репутацию

членов сети.

Тогда выражение (1) примет вид

$$(4) b_i^\tau = \frac{1}{R} \sum_{j \in N} r_j b_j^{\tau-1}, i \in N,$$

а выражение (2), соответственно, вид

$$(5) B = \frac{1}{R} (r \cdot b),$$

то есть скалярное (одинаковое для всех агентов) итоговое мнение агентов B (которое сформируется за один шаг, так как правая часть выражения (4) не зависит от индекса i) будет определяться скалярным произведением вектора репутаций r и вектора начальных мнений агентов b и нормироваться на суммарную репутацию.

Описанную выше модель социальной сети, отражающую информационное влияние агентов, их репутацию и динамику их мнений, можно условно назвать *базовой моделью социальной сети*. Обобщим ее на нечеткий случай.

Нечеткая модель социальной сети

Достаточно простое выражение (5), описывающее зависимость итогового мнения членов социальной сети от их начальных мнений и репутаций, дает возможность получить аналогичное выражение и для случая, когда репутации и начальные мнения агентов являются нечеткими, то есть для *нечеткой модели социальной сети*.

Предположим, что нечеткое начальное мнение i -го агента описывается функцией принадлежности $v_i(b_i): [0; +\infty) \rightarrow [0; 1]$, $i \in N$. Репутации агентов также будем считать нечеткими и описываемыми функциями принадлежности $\mu_i(r_i): [0; +\infty) \rightarrow [0; 1]$, $i \in N$.

В соответствии с принципом обобщения [5] можно записать следующее выражение для функции принадлежности нечеткого итогового мнения членов социальной сети:

$$(6) \mu(B) = \max_{\left\{ (r, b) \mid \sum_{i \in N} r_i b_i = B \right\}} \min_{i \in N} \{ \min [\mu_i(r_i); v_i(b_i)] \}.$$

Произведенный переход от базовой к нечеткой модели социальной сети, естественно, удовлетворяет принципу соответствия: при «предельном переходе» (когда репутации и начальные мнения аген-

тов являются четкими) выражение (6) дает тот же результат, что и выражение (5).

Рассмотрим иллюстративный пример, в котором имеются два агента, чьи репутации являются четкими, а нечеткие начальные мнения определены на бинарном носителе – множестве $\{0; 1\}$ и имеют вид: $v_1(0) = 1 - p$, $v_1(1) = p$, $v_2(0) = 1 - q$, $v_2(1) = q$, где $p, q \in [0; 1]$.

Выражение (6) примет вид:

$$(7) \mu(B) = \max_{\{(b_1, b_2) | \frac{r_1 b_1 + r_2 b_2}{r_1 + r_2} = B\}} \min [v_1(b_1); v_2(b_2)].$$

Получаем, что итоговое мнение является нечеткой величиной \tilde{B} с конечным носителем $\{0; \frac{r_2}{r_1 + r_2}; \frac{r_1}{r_1 + r_2}; 1\}$ и функцией принадлежности, принимающей, соответственно, значения:

$$(\min [(1 - p); (1 - q)]; \min [(1 - p); q]; \min [p; (1 - q)]; \min [p; q]).$$

Если $p = 1/3$, $q = 1/4$, $r_1 = 1$; $r_2 = 2$, то нечеткое итоговое мнение членов социальной сети будет равно $\{0|2/3; 1/3|1/3; 2/3|1/4; 1|1/4\}$ – см. Рис. 1, на котором значения функции принадлежности выделены жирным шрифтом.



Начальные мнения агентов



Итоговое мнение агентов

Рис. 1. Начальные и итоговые мнения агентов

Рассмотренный пример иллюстрирует такое свойство нечеткой модели социальной сети, что, даже при одинаковых носителях нечет-

ких начальных мнений агентов, носитель их нечеткого итогового мнения может отличаться от носителя начальных мнений. Это свойство, даже в случае конечного числа попарно различных возможных начальных мнений агентов, существенно с точки зрения возможности решения задач информационного управления.

Заключение

Подводя итог, можно констатировать, что с одной стороны, базовая модель социальной сети допускает достаточно простое обобщение на нечеткий случай. С другой стороны, если в рамках базовой модели удастся не только описать информационное влияние агентов друг на друга, но и для ряда случаев решить аналитически задачи информационного управления и информационного противоборства (см. [4]), то для нечеткой модели структура информационного влияния настолько сложна (см. выражение (6)), что вряд ли допускает аналитическое решение задач информационного управления даже для частных случаев. В то же время, нечеткие модели традиционно считаются более удачно отражающими человеческий фактор, поэтому перспективных представляется их использование для имитационного моделирования социальных сетей и их свойств.

Список литературы

1. Губанов Д.А. Обзор онлайн-систем репутации/доверия. – М.: ИПУ РАН, 2009 / Интернет-конференция по проблемам управления (www.mtas.ru/forum). – 25 с.
2. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели влияния в социальных сетях (обзор) // Управление большими системами. 2009. № 27.
3. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели информационного влияния и информационного управления в социальных сетях // Проблемы управления. 2009. № 5.
4. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели репутации и информационного управления в социальных сетях // Управление большими системами. 2009. № 26.1.
5. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Рефлексивные игры. – М.: Синтег, 2003.
6. Орловский С.А. Проблемы принятия решений в условиях нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981.