

# О МОДЕЛИ ПОЛЯРИЗАЦИИ МНЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Губанов Д. А., Петров И. В.

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН

Россия, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65

dmitry.a.g@gmail.com, zyxzy@protonmail.ch

*Аннотация:* Предложена модель динамики мнений в социальных сетях, в которой рассматриваются два взаимосвязанных процесса: распространение активности и формирование мнений. Показано, что при определенных условиях мнения агентов в сети поляризуются.

Ключевые слова: социальные сети, формирование мнений, распространение активности, поляризация мнений.

## Введение

Основополагающие работы в области динамики представлений агентов в социальных сетях исследуют и моделируют в первую очередь достижение консенсуса, когда взаимодействие между членами социальной сети приводит к постепенному согласованию их мнений (см. напр. [0, 0, 0]). Однако в социальных сетях помимо консенсуса наблюдается и другие значимые социально-психологические феномены: кластеризация мнений, групповая поляризация, поляризация мнений, нонконформизм и т. п. Поэтому актуальной является разработка новых математических моделей, учитывающих эти феномены [0, 0, 0]. В докладе предлагается модель динамики мнений, которая при определенных условиях приводит к сохранению различий в мнениях агентов и поляризации мнений агентов (усилению различий во мнениях агентов).

## 1 Модель динамики мнений

Участниками социальной сети будем считать агентов из фиксированного множества  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ . Рассмотрим два информационных процесса в сети: процесс возбуждения агентов и совершения ими действий (например, в виде публикации сообщений), и связанный с ним процесс формирования мнений агентов и выражения мнений в действиях.

Распространение активности. Предположим, что каждый из агентов обладает некоторым присущим ему уровнем готовности к действию. Например,  $i$ -ый агент обладает уровнем готовности к действию  $p_i^{(0)} \in [0, 1]$ , в соответствии с которым совершает действие  $y_i^{(0)} \in \{0, 1\}$ . Однако в последующие моменты времени  $t = 1, 2, \dots$  уровень готовности агента к действию зависит также от действий, совершенных его окружением в сети:

$$p_i^{(t)} = \alpha p_i^{(0)} + (1 - \alpha) \sum_{j \in N} a_{ij} y_j^{(t-1)}$$

где  $\alpha \leq 1$  (может интерпретироваться как индивидуальная особенность – некоторые склонны писать чаще, некоторые реже, вне зависимости от поведения окружения),  $A$  – стохастическая матрица влияния. Соответственно, агент выполнит действие с вероятностью

$$P(y_i^{(t)} = 1) = p_i^{(t)}$$

Содержательно, готовность агента связана с активностью его окружения, например, если все вокруг пишут чаще, то и агент пишет чаще.

Формирование мнений. Агенты имеют мнения по некоторому вопросу. Будем считать, что имеется  $m$  классов «крайних» мнений, и мнение  $i$ -ого агента в каждый  $t$ -ый момент времени представляет собой  $m$ -компонентный стохастический вектор  $x_i^{(t)}$ . Агент выражает свое мнение в действиях (сообщениях), причем высказанное им мнение  $s_i^{(t)}$  является одним из крайних вариантов. Высказывание мнения происходит с вероятностями, совпадающими с компонентами вектора  $x_i^{(t)}$ :

$$P(s_i^{(t)} = I_{*l} | y_i^{(t)} = 1) = x_{il}^{(t)}$$

Динамика мнений  $i$ -ого агента задается следующим образом:

$$x_i^{(t)} = \beta x_i^{(0)} + (1 - \beta) \left( b_{ii}^{(t-1)} x_i^{(t-1)} + \sum_{j \in N_i} b_{ij}^{(t-1)} s_j^{(t-1)} \right)$$

где коэффициент  $\beta \leq 1$  отражает приверженность своему начальному мнению,  $N_i$  – множество соседей  $i$ -ого узла в сети (узлов, оказывающих ненулевое влияние),  $B^{(t)}$  – матрица доверия агента сообщениям соседей.

Матрица доверия является переменной и отражает зависимость степени доверия агента сообщениям других агентов от их содержания [7]. В данном случае агент максимально доверяет соседям, сообщающим информацию, совпадающую с его мнением:

$$b_{ij}^{(t)} = \begin{cases} \phi(d_{ij}^{(t)}), & j \in N_i \wedge y_j^{(t)} = 1 \\ 1, & j = i \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

где  $d_{ij}^{(t)} = \frac{\sum_{l=1}^m |x_{il}^{(t)} - s_{jl}^{(t)}|}{2}$  – расстояние между мнениями агентов  $i$  и  $j$ , а  $\phi$  – монотонно убывающая функция на полуинтервале  $[0, +\infty)$ . Примерами такого рода функций могут быть, например,  $\phi(d) = e^{-\gamma d}$  или  $\phi(d) = 2/(e^{2d} + 1)$ , или  $\phi(d) = \max\{0, -\frac{d}{\gamma} + 1\}$ , и т. д. (см. графики функций на рис. 1).

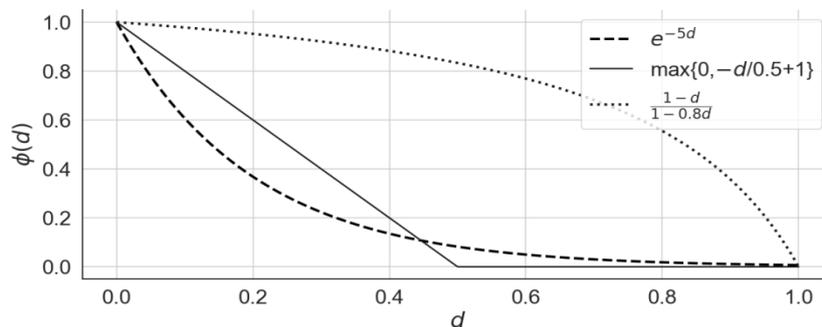


Рис. 1. Примеры функций  $\phi(d)$

Далее будем считать, что выполняется условие нормировки по строкам, т. е.  $B^{(t)}$  – стохастическая матрица. Тогда элемент матрицы  $b_{ij}^{(t)}$  можно интерпретировать как вероятность выделения  $i$ -ым агентом мнения, высказанного  $j$ -ым агентом.

## 2 Имитационное моделирование

В целях иллюстрации качественных особенностей модели, рассмотрим её в несколько упрощенной форме: на протяжении всего раздела будем считать  $\alpha = \beta = 0$ , матрица  $A$  соответствует полному графу и  $\phi(d) = \max\{0, 1 - \frac{d}{\gamma}\}$ . При таком выборе параметров и вида функции  $\phi(d)$ , в модели возникает внутригрупповое взаимодействие: «инициаторами» таких групп выступают активные агенты, а  $i$ -ый неактивный узел принимает сообщения от  $j$ -ого активного узла только при  $d_{ij}^{(t)} < \gamma$  (рис. 2). Поскольку матрица  $A$  связей между агентами соответствует полному графу, наличие ребер и их направление полностью определяется матрицей  $B^{(t)}$ .

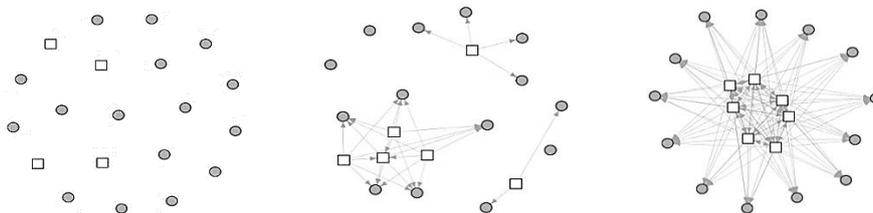


Рис. 2. Взаимосвязь процессов активности и доверия при  $k=0$  для разных  $\gamma$ :  $\gamma = 0.1$  (слева),  $\gamma = 0.5$  (в центре),  $\gamma = 1$  (справа). Тип вершин отражает текущее состояние агента (□ – активен, ● – неактивен)

Рассмотрим случай двухкомпонентного вектора мнений. Пусть в момент времени  $t = 0$  агенты (их первая компонента мнений) равномерно распределены на отрезке  $[0.1, 0.9]$ . В такой размерности

зависимость траекторий  $x_i^{(t)}$  легко представить графически (рис. 3). В случае  $\gamma < 1/2$  возникает множество агентов, невосприимчивых к сообщениям соседей. Для  $1/2 \leq \gamma \leq 1$  агенты, чья первая компонента  $x_i^{(0)}$  лежит в интервале  $[1 - \gamma, \gamma]$ , могут попасть под влияние сообщения  $s^{(t)} = (0, 1)$  или  $s^{(t)} = (1, 0)$  в зависимости от активности соседей: в такой ситуации, агент имеет склонность отдавать предпочтение информации, полученной первой [7].

На рис. 3 показаны различные эффекты динамики мнений: сохранение различий во мнениях (верхний ряд слева), согласование мнений – консенсус (нижний ряд справа), а также усиление различий во мнениях или поляризация (верхний ряд справа). Рассмотренные примеры показывают, что предлагаемая модель динамики мнений является достаточно гибкой и содержательно богатой, позволяя учитывать значимые эффекты формирования мнений в социальных сетях, в том числе поляризацию мнений. Перспективным направлением дальнейших исследований является моделирование динамики мнений для более сложных сетевых структур, а также исследование задачи управления.

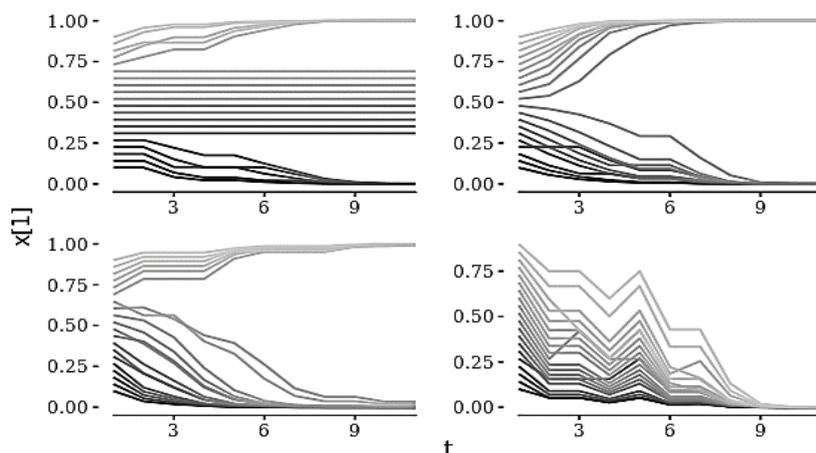


Рис. 3. Траектории первой компоненты вектора  $x_i^{(t)}$  для каждого  $i$  в случае  $m=2, n=20$ . Верхний ряд:  $\gamma = 0.3$  (слева),  $\gamma = 0.5$  (справа). Нижний ряд:  $\gamma = 0.7$  (слева),  $\gamma = 1$  (справа).

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты 18-29-22042мк, 17-07-00541а)

## Литература

1. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: МЦНМО, 2018. 224 с.
2. De Groot M. H. Reaching a Consensus // Journal of American Statistical Association. 1974. № 69. P. 118-121.
3. Deffuant G., Neau D., Amblard F., Weisbuch G. Mixing beliefs among interacting agents // Advances in Complex Systems. 2000. Vol. 03. P. 87–98.
4. Kozitsin I. V., Belolipetskii A. A. Opinion convergence in the Krasnoshchekov model // The Journal of Mathematical Sociology. 2019. Vol. 43. No. 2. P. 104-121.
5. Parsegov S. E., Proskurnikov A. V., Tempo R., Friedkin N. E. Novel Multidimensional Models of Opinion Dynamics in Social Networks // IEEE Transactions on Automatic Control. 2017. Vol. 62. No. 5. P. 2270-2285
6. Petrov A., Proncheva O. (2018) Modeling Propaganda Battle: Decision-Making, Homophily, and Echo Chambers. In: Ustalov D., Filchenkov A., Pivovarova L., Žizka J. (eds) Artificial Intelligence and Natural Language. AINL 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 930. Springer. P. 197-209. 7. [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-01204-5\\_19](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-01204-5_19)
8. Myers D. G. Social Psychology. McGraw-Hill, 1999.