

# АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ПОЛИТИЧЕСКИХ ПРОТЕСТОВ

**А.П. Петров**

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»*  
Россия, 109028, Москва, Покровский бульвар, 11  
E-mail: petrov.alexander.p@yandex.ru

**А.С. Ахременко**

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»*  
Россия, 109028, Москва, Покровский бульвар, 11  
E-mail: ahremenko@yandex.ru

**Ключевые слова:** социальные сети, агентно-ориентированные модели, принятие решения, численные эксперименты, SIMCA.

**Аннотация:** Предметом настоящей работы является агентно-ориентированное моделирование политического протеста. Обсуждаются возможности, предоставляемые данным подходом. Описаны два класса агентно-ориентированных моделей: именно, решеточные и сетевые. В моделях первого из указанных классов предполагается, что индивиды размещены на прямоугольной решетке. Модели такого типа предназначены, главным образом, для описания динамики в пределах одного события. В противоположность этому, сетевые модели допускают описание протестных кампаний. Индивид может быть связан с произвольным количеством других индивидов. Независимо от размещения агентов, существенную роль играют правила принятия решений индивидами. В конечном счете, расчет модели позволяет выявлять эмпирически проверяемые закономерности и строить обоснованные прогнозы.

## 1. Введение

Агентно-ориентированное моделирование становится все более популярным инструментом исследования социально-политических процессов. Исторически, до определенного момента математические модели в данной области оперировали лишь макропеременными, например, численностью тех или иных групп, средним уровнем того-или иного показателя и т.д. Агентно-ориентированные модели социума стали технически возможными лишь с появлением вычислительной техники и соответствующих алгоритмов.

Суть агентно-ориентированных моделей состоит в том, что они позволяют описывать как каждого отдельного индивида, т.е. его восприятие, мотивацию, принятие решения, действия, так и связи между такими индивидами, т.е. их взаимное влияние. Описание связей делает агентно-ориентированное моделирование уникальным инструментом для исследования сетевых структур в социуме, в частности – для исследования роли индивида в зависимости от его сетевой позиции.

Указанные компоненты от восприятия до действия, а также сетевые структуры существенны для всех социальных процессов, и в частности – для процессов, связанных с коллективным действием. Один из ключевых моментов состоит в том, что

участие индивида в значительной степени определяется поведением его соседей по социуму; отсюда следует необходимость учета социальных связей, что делает востребованным применение агентных моделей. Подчеркнем, что социальные связи зачастую являются гораздо более значимыми, чем внутренняя установка индивида.

Поэтому модели, позволяющие описать влияние сетевого окружения на поведение индивида, получили популярность, как только стало возможным технически их реализовать. Существенно, что в методах сетевого моделирования [1,2] развит достаточный математический аппарат, а измерения в социальных сетях [3,4] позволяют строить релевантные эмпирические оценки. Наконец, методы анализа публикаций в социальных сетях [5] и поисковых запросов [6] позволяют дополнять данные для этих моделей.

Следующие три раздела посвящены, соответственно, решеточным моделям, сетевым моделям с простым принятием решений и сетевым моделям, основанным на SIMCA (Social Identity Model of Collective Action, SIMCA).

## 2. Решеточные модели

Модели данного типа встречаются в работах последних лет (см., напр., [7]), однако были более популярны в период до активного моделирования социальных сетей.

Основополагающей является модель Д. Эпстайна [8], в которой был введен ряд формализаций, используемых в последующих работах. Остановимся на ней подробнее.

События в модели Эпстайна происходят на тороидальной решетке, каждый узел которой репрезентирует элемент пространства, который может быть занят индивидом, либо быть свободным. Тороидальность в данном случае означает, что нижний ряд решетки склеен с верхним, а левый – с правым. Таким образом, пространство модели имеет в основном черты физического пространства, но замыкание предполагает, что его размерности могут иметь и некоторый иной смысл. Рассматриваются две категории акторов. Первая категория - граждане, каждый из которых находится в одном из двух состояний: активно бунтующий или тихий. Вторая категория – полицейские, которые выискивают и арестовывают активно бунтующих граждан.

Правило гражданина имеет следующий вид:  $i$ -тый гражданин активен в момент  $t$ , если  $G - N(t) > T$ , в противном случае он неактивен. Здесь  $G_i$  – уровень недовольства,  $N$  – чистый риск,  $T$  – пороговое значение. Уровень недовольства рассчитывается с учетом – уровня невзгод данного индивида и воспринимаемая нелегитимность власти. Чистый риск вводится с учетом коэффициента избегания риска данным гражданином, параметра, характеризующий строгость наказания; в то время и оцениваемой гражданином вероятности его ареста в случае, если он будет активным. Полицейский имеет обзор  $v^*$ , не обязательно совпадающий с обзором гражданина. Правило полицейского: он выявляет всех активных граждан в пределах своего обзора, и арестовывает одного из них, выбираемого случайно. Как граждане, так и полицейские с течением времени двигаются, перемещаясь в случайно выбранную пустую позицию в пределах своего обзора. Таковы положения модели Эпстайна [8].

А. Моро [9] внес в модель ряд модификаций, наиболее значимой из которых является добавление третьего типа индивидов – члены революционных организаций. Правило революционера состоит в том, что если суммарное количество революционеров и активных граждан в системе превышает количество полицейских в определенное (экзогенно задаваемое в модели) количество раз, то революционер с определенной вероятностью убивает полицейского, случайно выбирая его в пределах своего обзора. Таким образом, модель Моро изучает сценарии, в которых

революционная организация пытается свергнуть режим, мотивируя граждан к активному участию в протесте, в результате чего профессиональные революционеры получают возможность физического уничтожения защитников власти.

Другое направление развития модели Эпстайна представлено моделью Э. Ченовет [7], в которой введена категория столпов режима, под которыми понимаются члены «политических, экономических или социальных элит, от поддержки которых зависит сохранение власти режимом». В этой модели как полицейские, так и столпы могут переходить на сторону протестующих, но, в отличие от модели Моро, протестующие не могут проявлять насилие. Правило полицейских и столпов имеет следующий вид: если доля активных протестующих в обзоре полицейского или столпа превышает некоторый заданный порог, то он переходит на сторону протестующих. Таким образом, модель Ченовет изучает сценарии, в которых протестующие пытаются свергнуть режим путем давления на силовиков и столпов, с целью заставить их изменить режиму и перейти на сторону оппозиции. Более конкретно, модель ориентирована на сравнение различных тактик оппозиции, реализующих этот подход.

### 3. Сетевые модели с простым принятием решений

Наиболее значимой моделью данного класса является модель Д. Сигеля [10].

В этой модели имеется только один тип агентов: сторонники оппозиции, которые в различной мере мотивированы к участию в протесте.

В мотивация выделяются на две компоненты. Первая компонента (чистая внутренняя мотивация,  $b_i$  для  $i$ -того индивида) охватывает все потенциальные мотивы как за, так и против участия, которые не зависят от участия других людей. Чистая внешняя мотивация ( $c_{i,t}$  для индивида  $i$  в момент времени  $t$ ) охватывает все потенциальные мотивы как за, так и против участия, которые зависят от участия других. Индивид  $i$  участвует в протесте в момент времени  $t$  если и только если  $b_i + c_{i,t} > 0$ , т.е. если суммарная чистая мотивация положительна. Чистая внутренняя мотивация предполагается распределенной нормально с параметрами  $b_{mean}, b_{stdev}$ . Чистая внешняя мотивация вводится как  $c_{i,t} = -(1 - lpr_{i,t})$ , где  $lpr_{i,t}$  – локальная мера участия (local participation rate) для индивида  $i$  в момент  $t$ , т.е. доля участвующих в протесте среди тех, с кем данный индивид имеет сетевую связь. В нулевой момент в протесте еще никто не участвует, т.е. начальное значение локальной меры участия для каждого индивида равно нулю:  $lpr_{i,0} = 0$ , т.е.  $c_{i,0} = -1$ . Если мы определим подстрекателей как индивидов, у которых  $b_i > 1$ , то, поскольку  $c_{i,0} = -1$ , то в начальный момент участвуют только эти подстрекатели. Последующий процесс реализует логику пороговых моделей коллективного поведения Грановеттера [11]: наиболее активные индивиды начинают протест, к ним присоединяются наиболее установленные на участие из числа их соседей по сети, затем – из числа их соседей и т.д. Эта логика является наиболее явной в модели Сигеля, однако она присутствует и в других рассматриваемых здесь моделях, что связано с самой природой коллективных акций.

### 4. Сетевые модели, основанные на SIMCA

Данный класс моделей ориентирован на более детальный анализ мотивации индивида к участию в протестной акции, при том, что влияние сетевого окружения также учитывается в составе этой мотивации.

Основная современная психологическая теория мотивации к участию в протесте – это SIMCA (Social Identity Model of Collective Action, социально-идентичностная модель коллективной акции), выдвинутая в 2008 году [12] и получившая многократные эмпирические подтверждения (напр., [13]). Согласно SIMCA, факторы участия в протесте оказывают влияние на мотив к участию через посредство трех психологических antecedентов: гнева (или, более широко, чувства справедливости), веры в успех протеста, протестной идентичности индивида. Например, если кто-то подвергся репрессиям, то это вызывает в нем гнев, и этот гнев дает вклад в мотив к участию. Менее очевидно, что те же репрессии, вообще говоря, увеличивают протестную идентичность. Например, репрессии против одной из оппозиционных групп приводят к тому, что ее члены чувствуют свою общность сильнее, чем ранее (возможно, в ущерб чувству общности с оппозицией в целом, поскольку другие группы не подвергались репрессиям). В то же время, если подавлялась оппозиция в целом, то это вызывает рост общеопозиционной идентичности, возможно, размывая узкие групповые идентичности (см. эмпирические результаты в [14] и сетевую динамическую модель, основанную на SIMCA, в [15]). Эмпирическая оценка antecedентов проводится как с помощью традиционного для психологии медиационного анализа [13], так и путем классификации протестных сообщений в социальных медиа [16].

Модели принятия решений, основанные на SIMCA, имеют, в целом, следующий вид. В качестве единицы времени условно примем день. Рассматривается протестная кампания, и каждый день каждый индивид принимает решение о том, принять ли участие в акции. Правило участия имеет следующий вид:  $i$ -тый индивид принимает участие в акции в день  $t$  если и только если  $\varphi_i + M_{i,action}(t) - M_{i,inaction}(t) > 0$ . Здесь  $\varphi_i$  – установка индивида на участие, отражающая его предрасположенность к участию (реализация случайной величины, равномерно распределенной на  $[0;1]$ ), второй и третий члены – мотивы к участию и к неучастию в день  $t$ . Для мотива к участию в различных моделях применялись различные спецификации, например возможно выражение  $M_{i,action}(t) = [a_i(t)b_i(t) + d_i(t) + M_{i,norm}(t)]/3$ . Здесь  $a_i(t), b_i(t), d_i(t)$  – antecedенты, т.е., соответственно, гнев, вера в успех и идентичность, а  $M_{i,norm}(t)$  – нормативный мотив, учитывающий влияние соседей по сети на данного индивида. Мотив к неучастию описывается близким образом к тому, который применен в модели Эпстайна [8]. Таким образом, данная модель более обоснована в плане модели принятия решения об участии, и в то же время, учитывает сетевой аспект.

## 5. Заключение

Сетевые модели, в отличие от решеточных, позволяют учесть структурные характеристики общества, поэтому нередко они ориентированы в первую очередь на использование именно этой особенности.

В решеточных моделях, ввиду их дизайна, гораздо больше условностей, чем в сетевых. Например, как осмыслить пространство, в котором столпы режима находятся в непосредственной близости от многочисленных протестующих? Аресты и убийства происходят в физическом пространстве: полицейские и оппозиционеры должны быть рядом друг с другом, чтобы проявить насилие. Естественный образ – это площадь. Но как мог бы на ней оказаться столп режима? Это – лишь одна из причин того, что выводы, получаемые на решеточных моделях, находятся под большим вопросом. В то же время, вряд ли можно отменить их, посчитав совсем необоснованными.

В противоположность решеточным, сетевые модели представляются более реалистичными. Это относится не только к описанию на уровне социума, но и к принятию решений, и к тому, что параметры сетевых моделей допускают более основательную эмпирическую оценку.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-18-00274, <https://rscf.ru/project/20-18-00274/>, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

## Список литературы

1. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства / Изд. 3-е, переработанное и дополненное. М.: МЦНМО, 2018. 224 с.
2. Gubanov D.A. Methods for Analysis of Information Influence in Active Network Structures // Automation and Remote Control. 2022. Vol. 83, No. 5. С. 743-754.
3. Chartishvili A.G., Kozitsin I.V., Goiko V.L., Saifulin E.R. On an approach to measure the level of polarization of individuals' opinions // 2019 Twelfth International Conference «Management of large-scale system development» (MLSD), 2019. P. 1-5.
4. Kozitsin I.V. A general framework to link theory and empirics in opinion formation models // Scientific reports. 2022. Vol. 12. P. 5543.
5. Akhtyamova L., Alexandrov M., Cardiff J., Koshulko O. Opinion Mining on Small and Noisy Samples of Health-related Texts // Advances in Intelligent Systems and Computing III (Proc. of CSIT-2018). Springer, AISC. 2019. Vol. 871. P. 1-12.
6. Boldyreva A., Sobolevskiy O., Alexandrov M., Danilova V. Creating collections of descriptors of events and processes based on Internet queries // Proc. of 14-th Mexican Intern. Conf. on Artif. Intell. (MICA-2016). Cham: Springer. LNAI. 2016, Vol. 10061. P. 303-314.
7. Chenoweth E., Hocking A., Marks Z. A dynamic model of nonviolent resistance strategy // PLoS ONE. 2022. Vol. 17, No. 7. P. e0269976.
8. Epstein J.M. Modeling Civil Violence: An Agent-based Computational Approach // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2002. Vol. 99, No. 3, P. 7243-7250.
9. Moro A. Understanding the Dynamics of Violent Political Revolutions in an Agent-Based Framework // PLoS ONE. 2016. Vol. 11, No. 4. P. e0154175.
10. Siegel D. Social Networks and Collective Action // American Journal of Political Science. 2009. Vol. 53, No. 1. P. 122-138.
11. Granovetter M. Threshold models of collective behavior // American journal of sociology, 1978. Vol. 83, No. 6. P. 1420-1443.
12. Van Zomeren M., Postmes T., Spears R. Toward an integrative social identity model of collective action: a quantitative research synthesis of three socio-psychological perspectives // Psychological bulletin. 2008. Vol. 134, No 4. P. 504-535.
13. Ayanian A., Tausch N. How risk perception shapes collective action intentions in repressive contexts: A study of Egyptian activists during the 2013 post-coup uprising // British journal of social psychology. 2008. Vol. 55, No. 4. P. 700-721.
14. Nugent E. The Psychology of Repression and Polarization // World Politics. 2020. Vol. 72, No. 2. P. 291-334.
15. Petrov A., Akhremenko A., Zheglov S. Dual Identity in Repressive Contexts: An Agent-Based Model of Protest Dynamics // Social Science Computer Review. 2023. Vol. 41, No. 6. P. 2249-2273.
16. Ахременко А.С., Петров А.П. Гнев, идентичность или вера в успех? Динамика мотивации и участия в белорусских протестах 2020 года // Полис. Политические исследования. 2023. № 2. С. 138-153.