



С.А. Жеглов
(Москва)

ПОИСК ПАТТЕРНОВ В ДИНАМИКЕ ПРОТЕСТНЫХ КАМПАНИЙ: ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭМПИРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ¹

В большинстве работ, посвященных анализу взаимодействия протестующих и властей, дизайн исследования упускает динамический аспект этого взаимодействия, что представляется методологически неверным. Анализ динамики позволяет выявить роль различных факторов, влияющих на протекание такого конфликта. Многообразие различных динамик численности протестующих и динамик применения репрессий порождает многообразие сценариев развития протестной кампании. В связи с этим в данной работе ставится вопрос о выявлении динамических паттернов, при этом мы рассматриваем как эмпирические, уже состоявшиеся в реальных протестах, сценарии, так и «идеальные», т.е. возникающие в теории и способные служить в качестве ориентиров при анализе реальных. Для получения «идеальных» сценариев была разработана теоретическая и математическая модель с различными стратегиями реакций властей на протестующих, которая была нами имплементирована в существующую вычислительную модель протестной мобилизации. На основе данных, полученных в ходе имитационного моделирования, во-первых,

Сергей Александрович Жеглов – аспирант, Аспирантская школа по политическим наукам, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия. Email: s_zheglov@mail.ru

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-18-00274 «Трансформация политического протеста под влиянием новых информационно-коммуникационных технологий», Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

линейной и логистической регрессиями были оценены эффекты различных механизмов принятия решений на выживаемость протестов, а, во-вторых, с помощью применения различных методов кластерного анализа временных рядов мы обнаружили ряд паттернов. Те же методы кластерного анализа были применены повторно на эмпирических данных для верификации, которая окончилась успешно.

Ключевые слова: протесты, репрессии, вычислительное моделирование, имитационное моделирование, кластерный анализ, логистическая регрессия, линейная регрессия, протестные кампании

Введение

Протестные движения периодически возникают, а порой и перманентно существуют во всех странах, поскольку являются одним из способов оспаривания власти, неизбежно порождающей ту или иную форму состязательной политики. Как авторитарные, так демократические страны вынуждены реагировать на этот вызов, нередко прибегая к репрессиям¹. Эмпирические исследования взаимосвязи между протестами и репрессиями имеют весьма долгую историю, однако ключевые вопросы как о факторах, способствующих победе протестного движения, так и о факторах, стимулирующих его демобилизацию, порождают дискуссии до сих пор.

Современные количественные исследования, рассматривающие как влияние репрессий на протесты, так и протестов на репрессии (двунаправленность этой связи редко учитывается),

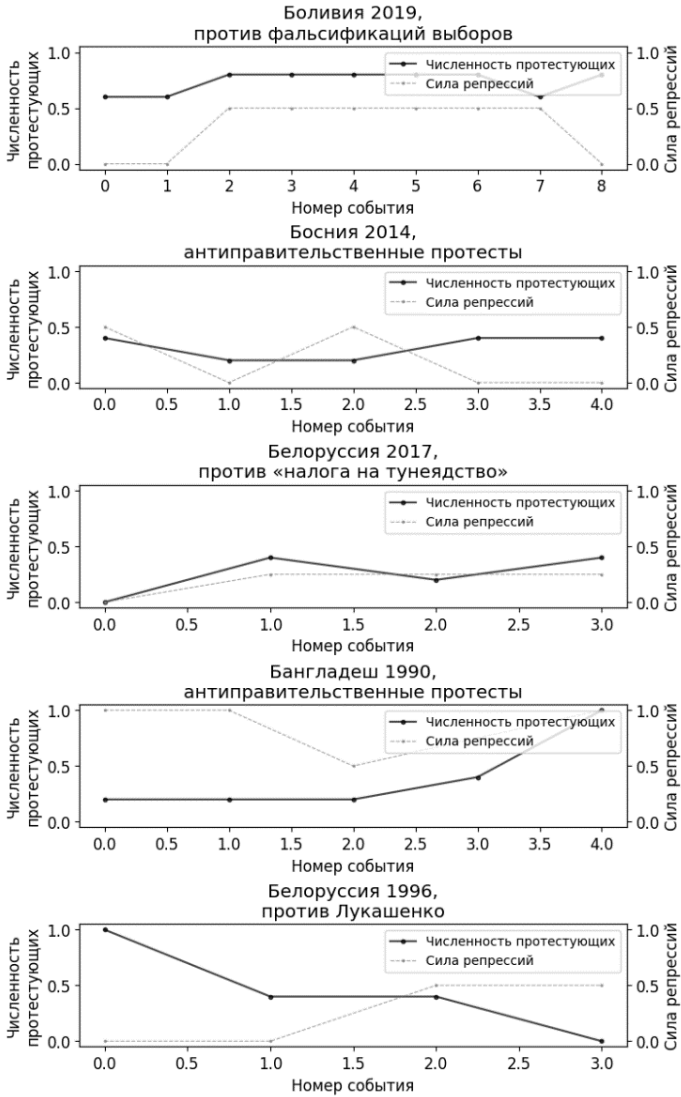
¹ Заметим, что протесты действительно случаются и в авторитарных, и в демократических государствах, а потому так или иначе государства каждого из данных типов вынуждены реагировать на протесты, причем как авторитарные режимы могут идти на уступки протестующим, так и демократические режимы могут использовать силу для их разгона. По этой причине исследование роли типа режима мы оставляем за рамками нашей работы.

приходят зачастую к противоречащим друг другу выводам [1; 2]. Легко можно обнаружить эмпирические свидетельства в пользу того, что репрессии могут не только стимулировать рост протестной активности [3; 4], но и демобилизовать протестное движение [5; 6]. Нельзя назвать однозначными и результаты работ, посвященных тому, какие характеристики протеста благоприятствуют положительному для протестующих исходу [7; 8; 9].

Есть основания полагать, что причина этих противоречий может лежать в области используемых методов и уровнях агрегации данных (как во времени, так и в пространстве) [10; 1]. Эконометрические методы, проникшие в политическую науку и послужившие основой для доминирующего большинства результатов по исследованию протестной мобилизации, по сути не позволяют учесть динамический характер протекания конфликта между протестующими и властями (см., напр.: [11; 4]). Вне ракурса современных подходов остается динамика взаимодействия протестующих с режимом [10].

Оправданием игнорирования самой динамики протекания протестных кампаний может служить большая «зашумленность» эмпирических данных, причины которой представляются довольно очевидными, ведь в основе эмпирических данных почти всегда лежат сообщения новостных агентств и газетных статей, а оставшуюся небольшую прослойку занимают отчеты правоохранителей и некоммерческих организаций о протестах. Ограниченные возможности информационного покрытия, из-за которого какие-то события могут затеряться, потенциальная ангажированность СМИ, ведущая к искажению данных, различия в редакционной политике, влияющие на полноту и тональность описаний, – это не полный список факторов, которые могут зашумлять данные, получаемые от СМИ.

Взглянем на график, отражающий как динамику численности протестного движения, так и репрессии, направленные против него (рис. 1). По оси абсцисс – номер протеста, по левой оси ординат –



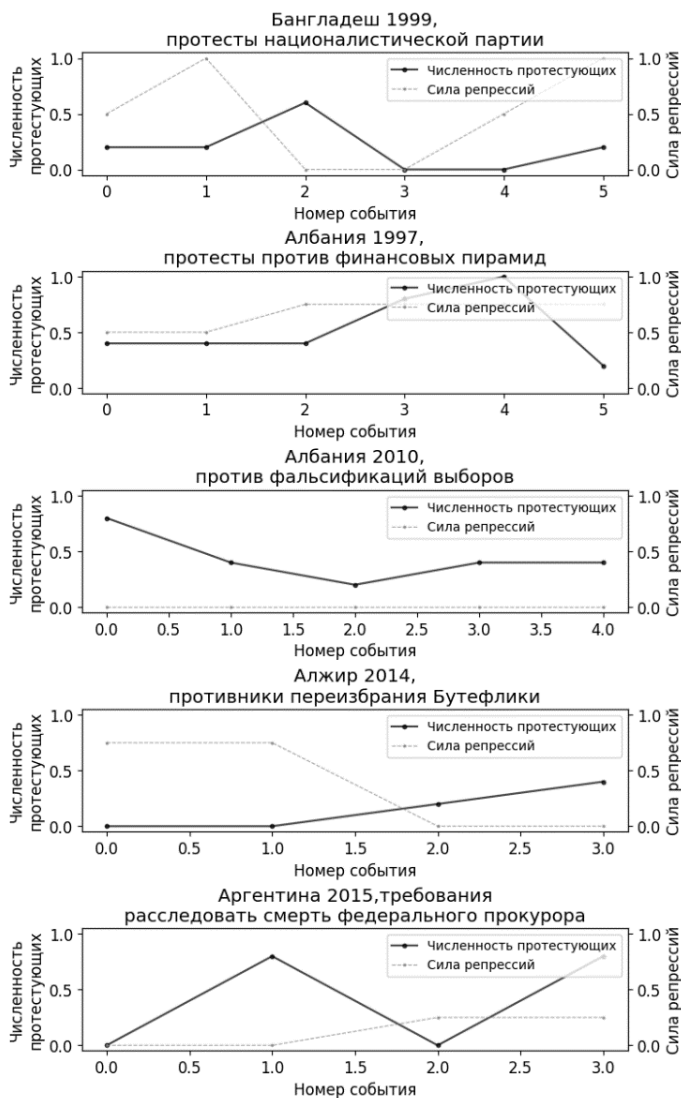


Рис. 1. Динамика численности протестных кампаний и применяемых к ним репрессий (10 случайно отобранных)

численность, по правой оси ординат – сила репрессий. Черная линия обозначает динамику численности, серая – динамику силы репрессий. Название протестной кампании для каждого случая обозначено выше каждого из 10 графиков.

Источником данных для графика послужила база «Данные протестной массовой мобилизации» (Mass Mobilization Protest Data, здесь и далее – MMPD), подготовленная исследователями из Бингемтонского университета под руководством Д. Кларка и П. Рейгана в 2015 г. в ходе проекта «Проект датаверса данных по массовой мобилизации» (Dataverse Mass Mobilization Data Project) и нацеленная на освещение протестных событий во всем мире [12]. Протестные события в этой базе были нами изучены и объединены в протестные кампании на основе описаний данных событий в базе, являющихся ничем иным как цитатами из газет, на основе которых база формировалась. Сама база и процедура авторского объединения событий в протестные кампании подробно описывается в соответствующем разделе статьи. Численность и сила репрессий оцениваются кодировщиками самой базы. Сила репрессий – категориальная переменная, отражающая конкретную реакцию властей на конкретное протестное событие в виде одномоментных санкций к вышедшим на улицу. Она нормирована нами на шкалу от 0 до 1, где 0 – игнорирование, а 1 – убийства. Численность протестующих нами логарифмирована, а затем нормирована на шкалу от 0 до 1, но события с участием менее 50 человек не попадают в сферу внимания кодировщиков.

На данном графике легко обнаружить, что явные сценарии протекания протестных кампаний не прослеживаются. Тем не менее шаги в сторону классификации динамики протестных кампаний представляются необходимыми для преодоления накопившихся противоречий. Как быть?

Напрашивающейся задачей представляется выявление «идеальных» типов протестных кампаний, по которым можно будет категоризировать протестные кампании. Это позволит изучать вли-

яние репрессий на протесты и протестов на репрессии не в общем контексте, а в рамках развития конфликта по тому или иному сценарию, что может снять накопившийся пласт противоречивых результатов в эмпирических работах. Например, в сценарии «А» репрессии на первых тактах приводят к демобилизации протестной кампании, а в сценарии «Б» аналогичные действия приведут к обратному результату.

В данной работе предлагается для поиска таких «идеальных» типов обратиться к методам численного моделирования (computational modelling) [13], которые позволят нам получить незашумленные данные, классификация паттернов протекания протестных кампаний на которых станет более тривиальной задачей. Указывая на метод численного моделирования, мы в первую очередь подразумеваем агентно ориентированные (agent-based) модели, которые позволяют задавать агентам различные механизмы принятия решения, зависящие от состояния системы созданного микромира и решений других агентов, что позволяет выявлять эмерджентные свойства системы [14].

Мы модифицировали модель А. Ахременко и А. Петрова [15], которая, как и большинство моделей, представленных в рамках данного направления [16; 17], обладает одним существенным ограничением. В ней игнорируется эндогенный характер репрессивной активности властей: уровень силы и частоты репрессий устанавливается экзогенно для каждой симуляции¹ исследователем, а не вытекает из динамики конфликта. Нами было разработано теоретическое и математическое дополнение к модели, которое позволяет эндогенизировать репрессии.

Заметим, что логика, стоящая за решениями властей о репрессиях или аккомодации (и их силе и направленности) по отношению к протестующим, не афишируется ими. Эмпирически возможно

¹ В рамках данной работы «симулированные данные» и «данные имитационного моделирования» являются синонимами.

выявить последствия решений, но не логику их принятия, а потому у исследователей ограничены возможности детальнее изучить и то, как государства реагируют на протесты, поскольку это может потребовать, например, серии интервью с различными представителями элит.

По этой причине в рамках данной работы нами были на основании существующих теорий разработаны стратегии принятия решений властями по отношению к протестующим, т.е. разные варианты того, как изменяется уровень жесткости репрессий в зависимости от динамики численности протестующих. Далее полученные стратегии были формализованы, после чего имплементированы в уже существующую модель протестной мобилизации А. Ахременко и А. Петрова [15], после чего и была проведена серия вычислительных экспериментов для последующего выявления сценариев (паттернов) динамического взаимодействия протестующих и властей. С помощью логистической и линейной регрессии также было проанализировано, насколько различны результаты применения той или стратегии принятия решений властями. Следующим шагом стал анализ динамического взаимодействия протестующих и властей для выявления паттернов протекания протестных кампаний. Данный способ апробирован как на симулированных, так и на эмпирических данных.

В следующем разделе данной работы будут кратко освещены текущее состояние проблемного поля и последние результаты работ данного направления. Затем мы представим авторскую систему принятия решений властями по той или иной ответной реакции на протесты – для ее имплементации в математическую модель [15], которую кратко опишем. После описания вычислительных экспериментов и шагов формирования эмпирической базы мы для последующего поиска паттернов протекания протестных кампаний рассмотрим методы, необходимые для решения данной задачи. Заодно, применив логистическую и линейную регрессию, оценим, наблюдается ли различие в выживаемости протестных

кампаний и их численности в зависимости от разработанных нами стратегий реакций властей на протесты. В предпоследнем разделе обозначены сценарии (паттерны) динамического взаимодействия протестующих и властей, которые были нами обнаружены на симулированных и эмпирических данных. Итоги работы подводятся в последней части.

Проблемное поле исследования взаимосвязи протестов и репрессий

Прежде чем перейти к освещению текущих и довольно противоречивых результатов научных изысканий по данному вопросу, отметим наличие двух разных подходов к исследованиям протестов и репрессий, которые скорее развиваются параллельно, а не обогащают друг друга. В рамках первого подхода исследуется влияние той или иной реакции властей (как правило, репрессивной) на последующие протестные действия оппонентов режима и изучаются факторы, способствующие как подавлению протеста, так и мобилизации населения [3; 4; 18]. Второй подход, наоборот, рассматривает в качестве зависимой переменной уже реакцию властей и предполагает выявление роли характеристик протеста и иных факторов в достижении протестующими своих целей [7; 11; 19].

Сразу отметим, что в рамках нашей работы мы присоединимся к концептуализации протестного события и репрессий, предложенной составителями базы данных MMPD [12], которая легла в основу эмпирической части исследования, т.е. протест – это собрание 50 и более человек с требованием к собственному правительству, а репрессии лишены негативной коннотации и представляют из себя лишь государственный ответ (или реакцию властей) на протест, который имел место в ходе протестной акции.

Кратко остановимся на текущих результатах каждого из названных нами выше направлений. Нельзя однозначно говорить о том, какой эффект репрессии оказывают на протестные движения: име-

ются эмпирические свидетельства как в пользу того, что репрессии могут положить конец протестной кампании [5; 6], так и в пользу того, что репрессии лишь усиливают активность протестующих и увеличивают их численность [3; 4].

Снижение протестной активности после применения репрессий связывают с увеличением издержек протестующих и ограничением их мобилизационного ресурса [20]. Усилению протеста в результате применения репрессий находят сразу несколько объяснений. Согласно теории микромобилизации, численность протестующих и их активность могут увеличиваться за счет мобилизации малых групп, если примененные репрессии были восприняты людьми как незаконные или если члены какой-либо социальной группы оказались среди репрессированных [21]. Информационная же теория предполагает, что репрессивная политика властей по отношению к протестующим изменяет мнения граждан о режиме, подрывая его легитимность [22], или об успехе протестной кампании [23]. В ракурсе социально-психологической теории репрессии вызывают сильную эмоциональную реакцию окружающих, и эти реакции мобилизуют новых сторонников протеста [24]. Иногда проблема усиления протестов после применения по отношению к ним репрессий исследуется с другой стороны – на предмет выявления факторов, способствующих выживанию протестных кампаний, но пока выявлена лишь зависимость устойчивости социального движения к репрессиям от наличия и качества его организационной структуры [4; 25].

Заметим, что в последнее время стали проводиться различия между краткосрочными и долгосрочными эффектами от репрессий, что, возможно, облегчит поиск консенсуса среди исследователей (например, подавление протестов в краткосрочном периоде может пройти успешно, но в долгосрочном эффекте вызовет лишь рост протестной активности [1; 26; 27]). Таким образом, не до конца изученными остаются не только факторы усиления протеста вследствие репрессий, но и то, как время модерирует данные эффекты.

Вторая ветвь исследований, рассматривающих реакцию властей на протесты уже в качестве зависимой переменной, получает существенно меньшее внимание со стороны исследователей и содержит большее количество белых пятен ввиду не столь значительного количества эмпирических исследований, хотя результаты и данного направления нельзя считать однозначными. Классической теорией, предлагающей объяснение влиянию, оказываемому протестами на реакцию властей, является «закон насильственного ответа» (Law of Coercive Responsiveness) [28], согласно которому режим решается на силовое подавление только такого протестного движения, которое бросает вызов существующему статус-кво. Менее известной является систематизация, предложенная Дж. Эрл, основанная на выделении трех теорий из существующей литературы: теории слабости, теории угрозы, теории взаимодействия [29].

Первая теория гласит, что в случае, если режим потерпит неудачу в подавлении протеста, его авторитет будет подорван и, следовательно, стоит ожидать репрессий только в отношении слабых протестов, неспособных пережить силовое давление на них [29, с. 53]. Вторая теория вторит уже упомянутому «закону насильственного ответа», поскольку утверждает, что репрессии будут применены только к тем протестам, которые представляются режиму в качестве действий, несущих угрозу [29, р. 53], маркером которой является в том числе высокая численность протестующих, что является причиной для оспаривания этой теории со стороны Э. Ченовет и М. Стефан [11]. Они обнаружили, что протесты, в ходе которых протестующие не применяют насилие, имеют большую вероятность достижения своих целей, чем протесты, в которых имеет место подобная практика, – за счет того, что ненасильственные протесты благодаря низким порогам для участия как раз привлекают большее количество граждан, чем способствуют достижению ими успеха.

Согласно третьей теории, вобравшей в себя две предыдущие, репрессии будут применены к тем протестам, которые восприни-

маются режимом одновременно и слабыми, и несущими угрозу [29, p. 53].

Текущие результаты эмпирических исследований говорят в пользу второй [7; 9] и иногда третьей [8] теории, хотя количество проведенных эмпирически исследований еще слишком мало для далеко идущих выводов, тем более, как было отмечено выше, в литературе можно встретить и исследования с теориями и результатами, противоречащими системному взгляду Дж. Эрл [11] или его дополняющими (например, свидетельства в пользу включения в анализ государственной состоятельности [24]).

Забегая вперед, отметим, что в изложенной ниже модели классификация Дж. Эрл рассматривается как одна из основ для выделения различных стратегий применения репрессий, о которых пойдет речь в одной из следующих частей работы.

Методологические проблемы изучения протестной динамики

Обозначив ключевые теоретические развилки в исследовательском поле, перейдем к разбору основных, на наш взгляд, методологических причин противоречивых результатов современных работ.

Во-первых, в большинстве эмпирических работ, посвященных взаимосвязи протестов и репрессий, игнорируется динамическая составляющая [10; 1]. Так, в литературе можно встретить большое разнообразие статистических техник, но залог этой высокой вариации – существование множества видов регрессионного анализа, каждый из которых, пожалуй, хотя бы раз был использован нашими предшественниками (логистическая регрессия [7; 30], пуассоновская регрессия [3; 31], логистическая модель с множественным выбором [9], векторная авторегрессия [30], моделирование структурными уравнениями [32], логистическая регрессия с фиксированными эффектами [33]), хотя можно встретить и нестандартные

подходы (вроде QCA [8, 34]). Несмотря на зарождение сетевых подходов [35; 36], на развитие моделей численных методов, не страдающих проблемой эндогенности [13; 17; 37], и на применение новаторских решений для устранения проблемы эндогенности в эмпирических работах (за счет включения лагированных переменных [3; 38] или использования инструментальных методов [39; 40] или каузальных методов [41; 42]), названная трудность остается непреодоленной: динамический характер взаимосвязи протестов и репрессий почти не принимается исследователями во внимание.

Вторая причина, тесно связанная с первой, как нам видится, заключается в подходе к работе с данными. Современные эмпирические исследования о взаимосвязи протестов и репрессий рассматривают свой объект с трех разных углов. Первый подход выделяет в качестве единицы анализа агрегированную совокупность событий, случившуюся в определенный промежуток времени. Данной единицей времени может быть признан год [4; 43], месяц [18; 33], неделя [31; 38], день [30, 40]. Во-первых, этот подход порождает определенные проблемы с агрегированием данных в единый количественный показатель. Единица времени может включать в себя значительное число разнородных протестных событий с разномастными участниками и целями и, отчасти ввиду этого, – различную реакцию государства на каждое из протестных действий. Соответственно, все разнообразие протестных событий (их характеристик и реакции властей на них), произошедших за единицу времени, сводится в определенному набору характеристик данной единицы анализа (суммарное количество протестов, общее число убитых/арестованных, использование оружия протестующими хотя бы раз за период и т.д.), что приводит к утрате значительной информации о реальном процессе. Во-вторых, данный подход никак не позволяет учитывать эндогенную взаимосвязь между протестами и репрессиями. Реакция государства на протест влияет на характеристики последующих протестов как прямо (материальное воздействие: аресты лидеров, блокирование

мессенджеров и пр.), так и косвенно (формирование ожиданий и эмоций у населения и др.). И действия протестующих оказывают воздействие на последующую активность силовых органов, давая им опыт и формируя у них ожидания относительно поведения протестующих, их коммуникации, скорости распространения информации в СМИ и многого другого.

Второй подход в качестве единиц анализа рассматривает протестные кампании [11] и применяется исследователями значительно реже. Данный подход имеет такие же недостатки, как первый. Процессы, происходящие в рамках протестной кампании, оказываются скрытыми от исследователя. Этот подход часто используется для выявления эффекта неизменяемой во времени характеристики на эффективность репрессий или протеста.

Третий подход имеет наиболее гранулярную структуру, поскольку опускается на уровень протестного события [9; 44], которое и рассматривает в качестве единицы анализа. Соответственно, данный подход при надлежащей кодировке данных позволяет вобрать в себя наибольшее количество информации. При концентрации на изучении отдельных протестных событий существенно возрастает риск упустить общую картину, поскольку результаты протестной кампании оказываются скрытыми за результатами взаимодействия протестующих с властями в рамках каждой протестной акции.

Остро встает вопрос о поиске новых методов, которые позволят преодолеть названные проблемы, на что уже неоднократно указывали исследователи [1; 10]. Считаем, таким методом может стать совместное применение вычислительного моделирования и кластерного анализа временных рядов. Этот способ позволит нам выделить «идеальные» типы протекания протестных кампаний на симулированных данных для последующей эмпирической верификации.

Модель

Используемая в работе агентная вычислительная модель была предложена и рассмотрена А. Ахременко и А. Петровым в 2020 г. [15], а затем получила дальнейшее развитие в последующих статьях [10; 14], в которых с данной моделью, логикой ее построения и дискуссией о ее составляющих можно ознакомиться подробно. В данной работе мы не будем останавливаться на указанных пунктах, а лишь кратко опишем предложенную авторами модель.

В основе модели лежит система принятия решения об участии или неучастии в протесте агентами в конкретный дискретный период времени. Принятие решения i -м агентом в такт t об участии в протесте рассчитывается по формуле:

$$\lambda(i, t) = \phi_i + M_{action}(i, t) + M_{inaction}(i, t). \quad (1)$$

Как можно заметить из формулы 1, решение складывается из трех составляющих: мотива к участию (M_{action}), мотива к неучастию ($M_{inaction}$) и личной установки (ϕ_i). Личная установка для множества агентов берется из случайного равномерного распределения на отрезке $[-1; 0]$ и вбирает в себя долгосрочную предрасположенность индивида к участию в протесте, отражающую его социальный статус, социальный опыт, идеологию и т.д.

Мотив к неучастию ($M_{inaction}$) является общим для всех агентов и рассчитывается в зависимости от такта t по следующей формуле:

$$M_{inaction}(t) = \begin{cases} \exp\left(\frac{-cP(t)}{s_{init}}\right), & \text{if } 0 < s_{init} \leq 1. \\ 0, & \text{if } s_{init} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Заметим в формуле 2, что мотив к неучастию является убывающей функцией численности протестующих в предыдущий такт времени ($P(t)$) и возрастающей функцией суровости репрессий (s_{init}), задаваемой экзогенно.

Мотив к участию ($M_{inaction}$) i -ого агента в такт t формируется как среднее от трех компонент по формуле:

$$M_{action}(i, t) = \frac{a+b(t)+M_{norm}(i,t)}{3}. \quad (3)$$

Из формулы 3 видно, что эти компоненты следующие: стартовый гнев (a), вера в успех ($b(t)$) и нормативный мотив (M_{norm}) [45]: чем они выше, тем сильнее и стремление агента протестовать.

Обратим внимание, что репрессии имеют двунаправленный эффект, поскольку наравне со стартовым гневом формируют текущий гнев. Вера в успех завит от доли численности протестующих в предыдущий такт времени. Нормативный мотив отражает долю «друзей» агента в сети, которые участвовали в протесте в предыдущий такт времени, от числа всех «друзей» агента.

Динамика модели устроена следующим образом. На основе описанной системы принятия решений в первый такт времени агенты решают протестовать или не протестовать, после чего применяются репрессии. В следующий такт времени мотивы агентов обновляются. Если в течение 20 тактов ни один из агентов не меняет своего решения, то модель считается пришедшей к равновесию.

Для решения проблемы эндогенизации репрессий математическая модель была доработана. К классическому варианту с постоянно заданным уровнем репрессий добавились разработанные нами пять вариантов стратегий реакций властей на протесты, произрастающей от самой динамики социальной мобилизации.

Разработанные стратегии опираются на классическую работу Дж. Эрл [29], а именно – на теорию угрозы. Современные вычислительные модели протестной мобилизации (в том числе и выбранная нами для модификации) обладают ограниченным набором описывающих протестующих переменных: не рассматриваются насилие со стороны протестующих, институциональная составляющая движения, представленность различных групп в движении, уровень политизированности требований – т.е. те характеристики, на которые могут опираться власти при принятии решений. Необходимо отметить, что все модели являются упрощенной

версией отражения реального мира и не должны его в точности воспроизводить.

Тем не менее численность протестующих в моделях так или иначе отражена, а, согласно теории угрозы, ее рост представляет опасность для режима, ведь большое число участников протеста может таить в себе угрозу физической безопасности для элит, а также создавать возможности для появления неуправляемой толпы, склонной к массовым правонарушениям [46]. Первые три стратегии предполагают, что оптимальным ответом на рост численности протестующих всегда являются репрессии: различие состоит в том, стоит ли повышать их суровость с ростом численности и нужно ли уменьшать их суровость или вовсе прекращать при снижении численности протестующих. Последние же две стратегии дополнительно апеллируют к теории ретроспективного политического голосования, согласно которой избиратель голосует за кандидата-инкубента, если экономическое благосостояние избирателя улучшилось при инкубенте, или против него, если наоборот [47; 48]. Иными словами, допускается, что отсутствие репрессий может быть оптимальным ответом. Итак, назовем и опишем разработанные нами стратегии.

1. «Переключаемые» – репрессии включаются, когда прирост численности протестующих положителен (т.е. численность протестующих в такт t превышает численность протестующих в такт $t - 1$, и выключаются, как только прирост численности становится отрицательным с учетом временного лага принятия решений. Уровень жесткости репрессий для данной стратегии в момент времени t вычисляется по следующей формуле:

$$s(t + 1) = \begin{cases} s_{init} & \text{if } P_t - P_{t-1} > 0. \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

2. «Пропорциональные» – репрессии включаются с самого начала, но их сила увеличивается или уменьшается пропорционально приросту численности протестующих (но принимает значения в рамках $[0, 1]$); снижение уровня репрессий начинается с учетом

лага принятия решений. Уровень жесткости репрессий для данной стратегии в момент времени t вычисляется по следующей формуле:

$$s(0) = s_{init}, \quad s(t + 1) = s(t) + (P_{t-1}). \quad (5)$$

3. «Пропорциональные +» – репрессии включаются с самого начала, но их сила только увеличивается пропорционально приросту численности протестующих или не изменяется, если прирост отрицательный (но принимает значения в рамках $[0, 1]$). Уровень жесткости репрессий для данной стратегии в момент времени t вычисляется по следующей формуле:

$$s(0) = s_{init}, \quad s(t + 1) = s(t) + \max(P_t + P_{t-1}, 0). \quad (6)$$

4. «Адаптивные-0» – репрессии отключены изначально. Затем действует логика: если в следующий момент времени численность протестующих снизилась, то принятое решение не меняется, поддерживается прежний уровень репрессий; в обратном случае (положительный прирост численности): если репрессии были включены, то они отключаются (т.е. их сила приравнивается к нулю), а если были отключены, то включаются до стартового уровня. Уровень жесткости репрессий для данной стратегии в момент времени t вычисляется по следующей формуле:

$$s(0) = 0, \quad s(t + 1) = \begin{cases} s(t) & \text{if } P_t - P_{t-1} < 0 \\ s_{init} & \text{elif } s(t) = 0 \\ 0 & \text{if } s(t) = s_{init}. \end{cases} \quad (7)$$

5. «Адаптивные-1» – репрессии включены изначально. Опишем логику этой стратегии. Если в следующий момент времени численность протестующих снизилась, то принятое решение не меняется, поддерживается прежний уровень репрессий. В противном случае (положительный прирост численности) – если репрессии были включены, – то они отключаются (т.е. их сила приравнивается к нулю), а если были отключены, то включаются до стартового уровня. Уровень жесткости репрессий для данной стратегии в момент времени t вычисляется по следующей формуле:

$$s(0) = s_{init}, \quad s(t+1) = \begin{cases} s(t) & \text{if } P_t - P_{t-1} < 0 \\ s_{init} & \text{elif } s(t) = 0 \\ 0 & \text{if } s(t) = s_{init}. \end{cases} \quad (8)$$

Заметим, что данные механизмы принятия решения властями вводятся независимо от мотивации протестующих и вследствие этого могут быть имплементированы и в другие вычислительные модели протестной мобилизации.

Также в модель добавляется параметр временного лага при принятии решений элитами, т.е. число тактов от 0 до 20, которые требуются властям, чтобы переключить политику в отношении протестующих в ряде механизмов. Отметим, что по-прежнему в модели остается параметр, описывающий стартовый уровень суровости репрессий от 0 до 1.

Вычислительные эксперименты

Данные для последующего анализа были получены благодаря проведению вычислительного эксперимента по описанной выше модели. Поскольку основной целью работы является выделение различных паттернов протекания протестной кампании, то нам было важно получить в ходе симуляций типичные сценарии развития конфликта. Соответственно, в число варьируемых параметров необходимо было включить параметры, которые определяют стартовые условия для начала протеста или ключевым образом влияют на то, в каком направлении он будет развиваться.

Перебираемыми параметрами в ходе вычислительного эксперимента являлись:

- суровость репрессий от 0 до 1 с шагом в 0.1 (11 значений);
- стратегии репрессивной активности: все шесть уникальных типов (6 значений: 5 разработанных нами стратегий и 1 дефолтная стратегия, в которой уровень суровости репрессий неизменен);
- временные лаги в системе принятия решений властями: (0, 3, 10) (3 значения: отсутствие лага, наличие небольшого лага и наличие большого лага);

– уровень стартового гнева от 0 до 1 с шагом в 0,5 (3 значения).

Заметим, что в модели присутствуют две стохастические компоненты: установки агентов и структура сетевой топологии. Они инициализируются заново при каждом прогоне модели, ввиду чего для каждой комбинации параметров было проведено 100 симуляций.

В рамках вычислительных экспериментов собиралась информация о протестной и репрессивной динамике для каждой симуляции, а также основные параметры симуляции. В итоге для дальнейшего анализа было получено 59 400 симулированных динамик протестных кампаний. Для кластерного анализа было случайным образом отобрано 500 симуляций в целях снижения вычислительной нагрузки при расчетах. Для регрессионного анализа нами также используются агрегированные данные по определенному набору параметров, т.е. по 100 симуляциям, что позволяет посчитать число выживших протестных кампаний. Под выживанием понимается, что численность участников протестной кампании является ненулевой на момент достижения равновесия.

Эмпирические данные

На основе базы данных MMPD [12] была собрана база данных по протестным кампаниям, дезагрегированная на уровень протестных событий. Существующие базы данных не позволяют анализировать динамику развития протестных кампаний, поскольку их отличает либо слишком высокий уровень гранулярности, либо слишком низкий. Обратившись к базе протестных событий (MMPD), мы в ручную перекодировали соответствующие протестные события, представленные в базе, объединяя их в протестные кампании на основе описаний протестных событий, которые содержит оригинальная база.

Кратко осветим детали формирования указанной базы, не затронутые нами выше. Данные этой базы кодировались вручную, но предварительно статьи для кодировки были выгружены

по ключевым словам: акция протеста, демонстрация, бунт, массовая мобилизация (Protest, Demonstration, Riot, Mass Mobilization) из информационной системы «Лексис-Нексис» (Lexis-Nexis). В выборку попали статьи из четырех основных журналов и одного дополнительного: «Нью-Йорк Таймс» (New York Times), «Вашингтон Пост» (Washington Post), «Кристиан Сайенс Монитор» (Christian Science Monitor), «Таймс оф Лондон» (Times of London) и, соответственно, «Джерузалем пост» (Jerusalem Post).

Всего база содержит протестные события по 162 странам с 1990 по 2014 г. Сразу отметим, что база с некоторой регулярностью обновляется, на текущий момент в ней представлены события вплоть до начала 2020 г. и их количество перешагнуло за 15 тысяч. Для первого знакомства читателя с базой заметим, что некоторые события в ней, увы, не соответствуют гранулярности дня и растянуты на больший отрезок времени (как правило, те события, сведений о которых в виде статей в упомянутых ресурсах оказывается недостаточно для абсолютного полного информационного покрытия во времени). Тем не менее в базе представлен не самый большой, но довольно широкий спектр колонок (численность, участники, требования, насилие протестующих, реакция властей), довольно детально описывающий события с почти полным отсутствием пропусков, что повышает ценность этой базы. Безусловным ее преимуществом также является то, что в данных не только указан источник данных (какая именно газета), номер выпуска и номер страницы, но представляется часть текстовой вырезки из статьи, на основе которой была проведена кодировка. Именно данный факт стал решающим в наших глазах при выборе базы, поскольку текстовое описание событий позволяет находить схожие события и вписывать их в общую канву протестных кампаний, т.е. сформировать собственный датасет с динамикой протестных кампаний для последующего поиска паттернов и их анализа.

В этой базе для каждого события указаны, в частности, его дата, место, повестка, оценка численности участников и описание репрессий. Наша задача на этом этапе состояла в том, чтобы вы-

делить протестные кампании из всего множества событий, а также перекодировать численность участников и уровень репрессий в форму, пригодную для использования в математической модели.

Значительная часть протестных событий, как оказалось, имели формат однократных акций, а потому не могли быть рассмотрены нами в качестве протестных кампаний. Критерием формирования протестной кампании было наличие хотя бы двух протестных событий, связанных общей повесткой, проходивших в одной стране и не имевших временной разрыв между собой более чем в три месяца. Объединение событий в протестные кампании строилось на их детальном описании, которое представляет из себя объемную цитату из газеты, по которой протестное событие кодировалось. Ввиду этого факта возможным становилось даже объединение двух и более протестных кампаний, которые имели место в стране в одно и то же время, из закодированных в базе событий. Отметим, что в ряде случаев в рамках одной протестной кампании имели место несколько протестных событий с той же повесткой, но с более узким составом участников, или события, проходившие в другом городе в поддержку основной кампании. В таком случае ответвленные от магистрального движения протестные события исключались из анализа.

Сформированная нами база содержит данные о 283 протестных кампаниях, проходивших с 1990 по 2020 г. в 54 странах¹, общее число протестных событий равняется 1328 наблюдениям.

¹ Были рассмотрены все протестные события, указанные в базе, для следующих 54 стран: Афганистан, Албания, Алжир, Ангола, Аргентина, Армения, Австрия, Азербайджан, Бангладеш, Белоруссия, Бельгия, Бенин, Боливия, Босния, Бразилия, Болгария, Буркина-Фасо, Бурунди, Камбоджа, Камерун, Канада, Центральноафриканская Республика, Чили, Китай, Колумбия, Коморы, Демократическая Республика Конго, Республика Конго, Коста-Рика, Кипр, Чехия, Эквадор, Египет, Сальвадор, Эстония, Эфиопия, Финляндия, Франция, Габон, Грузия, Федеративная Республика Германия, Гана, Греция, Гватемала, Гвинея, Гвинея-Биссау, Гайана, Гаити, Гондурас, Венгрия, Индия, Индонезия, Иран, Ирак.

Численность каждого протестного события адаптирована¹ в числовой формат, затем логифмирована и нормирована на отрезок от 0 до 1. Перекодирована нами на отрезок от 0 до 1 и переменная, описывающая реакцию властей, представленная в оригинальной базе. Текущие значения имеют следующие значения: 0 – аккомодация (т.е. принятие властями требований протестующих в той или иной мере) или игнорирование (“accomodation”, ”ignore” – названия в оригинальной базе), 0.25 – разгон протестующих и аресты (crowd dispersal, arrests), 0.5 – массовые избиения (beatings), 0.75 – открытие стрельбы (shootings), 1 – убийства (killings).

Методы: кластерный анализ и регрессии

Методы кластерного анализа часто используются для поиска кластеров во временной динамике различных показателей (например, для распознавания человеческой деятельности на основе данных, генерируемых смартфонами и смарт-часами [49], или для подбора акций на основе трендов их биржевых котировок [50]), но для поиска паттернов протестных кампаний не применялись. Описанные ниже варианты будут применены для выделения паттернов протекания протестных кампаний как на симулированных, так и на эмпирических данных, что не делалось ранее ни в каком контексте.

Базовым методом кластеризации, с помощью которого применялись различные подходы кластерного анализа временных рядов (о которых речь пойдет ниже), стал метод кластеризации k -средних [51]. В рамках работы была использована реализация этого метода на языке программирования Python в библиотеке Tslearn [52]. Ниже рассмотрим разные варианты преобразований

¹ У значительной части протестных событий численность участников была представлена в интервальном виде. В таком случае мы брали среднее арифметическое верхней и нижней границ интервала.

временных данных, поскольку от того, что алгоритм получает «на входе», зависит то, что он выдает «на выходе».

Предварительно лишь заметим, что выбор оптимального числа кластеров нами строился на основе метода локтя [53] и коэффициента «силуэта» (silhouette) [54].

Для кластеризации динамики численности протестующих было решено обратиться к двум основным подходам для кластеризация временных рядов: кластеризация по объектам (observation-based clustering) и кластеризация по характеристикам (feature-based clustering) [55].

В основе подхода кластеризации по объектам (observation-based clustering) лежит сравнение либо самих данных временного ряда, либо некой их трансформации [55]. Соответственно, в самом простом варианте расстояние между двумя временными рядами считается как расстояние между двумя точками в пространстве размерностью, равной числу периодов.

Поскольку в данном подходе набором признаков наблюдения является сам временной ряд (или некая его трансформация), то возникает требование одинаковой длины каждого временного ряда. Временные ряды численности протестующих и реакции властей как в симулированных, так и в эмпирических данных имеют разную длину по причине того, что протестные кампании продолжаются различное время. По этой причине в работе были использованы два способа приведения временных рядов к одинаковой размерности: заполнение пропусков нолями (использовался для симулированных данных) и заполнение пропусков равновесными значениями (использовался для симулированных и для эмпирических данных).

Распространенным способом трансформации сырых данных, которым мы также воспользовались, является расчет скорости и ускорения изменения показателей с последующим проведением кластерного анализа на основе преобразованных данных [56].

Отдельно стоит выделить такой подход кластеризации по объектам (observation-based clustering), как алгоритм динамической

трансформации временной шкалы (ДТВШ, dynamic time warping, DTW) [57], основанный на методе динамического программирования и (что очень важно) не требующий одинаковой размерности сопоставляемых временных рядов. Данный алгоритм нахождения кратчайшего расстояния между векторами основан на выборе такого вектора парных индексов, который минимизирует расстояние между временными рядами. В работе использована реализация данного алгоритма, представленного в библиотеке Tslern [52]. Заметим, что, поскольку данный алгоритм позволяет кластеризовать временные ряды разной длины, то один из вариантов анализа предполагал подачу входных данных без заполнения их пропусков (для симулированных и эмпирических данных) и с обрезанием идущих подряд равновесных значений (для симулированных данных).

Подход кластеризации по характеристикам (feature-based) предполагает кластеризацию на основе выделенных из временного ряда характеристик [55]. Первый способ представляет из себя выделение статистических характеристик из временного ряда (максимум, минимум, среднее, дисперсия, перцентили и др.). Другим способом является генерация временных характеристик (time-domain features) из временного ряда [58] (коэффициенты автокорреляции, энтропии, наклона и др.). Третий способ представляет генерацию спектральных признаков, основанных на преобразовании Фурье [59]. Данный подход нами тоже был применен, а соответствующие признаки были выделены с помощью библиотеки TSFEL [60].

Также нами с помощью логистической и линейной регрессий на симулированных данных было проверено, как различаются эффекты различных стратегий властей на выживание протестных кампаний и на их численность.

Результаты регрессионного анализа

Были построены две регрессионные модели (см. Приложение 1). Для логистической регрессии – Модель 1 – зависимой переменной выступал индикатор того, выжил протест или нет, а для линейной регрессии – Модель 2 – целевой переменной являлась уже равновесная доля протестующих в выживших протестах, что объясняет меньшее число наблюдений во второй модели. В обеих моделях стратегии реакций властей на протесты включены в качестве дамми-переменных, также в модели были добавлены переменные контроля: стартовый гнев, квантиль установок агентов уровня 0,9, сила репрессий (центрирована) и лаг принятия решений властями. Также нами добавлены переменные взаимодействия между дамми-переменными стратегий репрессий и их суровости. Заметим, что сценарий постоянных репрессий является базовым, а потому построенные модели позволяют сравнить эффективность разработанных нами стратегий со сценарием постоянных репрессий для подавления протестов (Модель 1) и сокращения числа участников выживших протестных кампаний (Модель 2).

Логистическая модель проверена на устойчивость через построение аналогичной модели пробит-регрессии. Линейная регрессия рассчитана с использованием устойчивых стандартных ошибок (НСЗ), нивелирующих эффект гомоскедастичности в модели [61]. Данные были разбиты в пропорции 8 к 2 на тренировочный (на котором обучались обе модели) и тестовый наборы. Для модели логистической регрессии ROC-AUC и F-score на тестовых составили 0,97 и 0,92 соответственно.

Табличные результаты представлены в Приложении 1 (в скобках стандартные ошибки). В Приложении 2 представлены графики с предельными эффектами коэффициентов при стратегиях репрессий с изменением суровости репрессий (с 95-процентными доверительными интервалами). На графиках по оси абсцисс – уровень силы репрессий, по оси ординат – эффект стратегии репрес-

сий на целевую переменную, а выше графика указана стратегия репрессий, для которой он был построен.

Исходя из таблицы в Приложении 1, мы видим, что «переключаемые» и «адаптивные-0» репрессии значимо повышают вероятность выживания протестной кампании в сравнении со стратегией применения «постоянных» репрессий при прочих равных (столбец Модели 1) – коэффициенты при данных переменных равняются 3,53 и 2,13 соответственно. В Приложении 2 (левый столбец) видно, что положительный эффект для выживаемости протеста в случае применения «переключаемых» и «адаптивных-0» стратегий репрессий увеличивается с ростом суровости репрессий. При использовании остальных стратегий репрессий не наблюдается статистически значимых отличий от использований «постоянных» репрессий. Применение же стратегии «постоянных» репрессий снижает вероятность выживания протестной кампании – коэффициенты при константе равняются -1,92.

Иную картину мы видим в результатах линейной регрессии: и табличные коэффициенты (Модель 2 в Приложении 1), и графики (правый столбец в Приложении 2) свидетельствуют о том, что почти при всех условиях любая разработанная стратегия оказывается эффективнее в снижении численности численности выживших протестов, чем применение постоянных репрессий. Коэффициенты в таблице Приложения 1 при всех стратегиях репрессий отрицательные, кроме коэффициента при стратегии «постоянных репрессий». На графиках, в правом столбце Приложения 2, мы видим, что положительный эффект на численность протестующих от «пропорциональных» и «пропорциональных+» репрессий в сравнении с постоянными имеет место только при репрессиях низкой суровости, а с ростом суровости эффект обнуляется, а затем становится отрицательным. Остальные три стратегии демонстрируют, что их использование при суровости репрессий любой силы предпочтительнее постоянных для снижения численности протестующих.

Результаты кластерного анализа

Описанные выше процедуры были применены к симулированным и эмпирическим данным. Учитывая все возможные трансформации данных, было использовано 14 вариантов кластерного анализа методом k -средних.

1. Исходные данные без преобразований, пропуски в конце трендов заполнены нолями.

2. Исходные данные, пропуски в конце трендов заполнены последним актуальным значением.

3. Первая производная исходных данных.

4. Вторая производная исходных данных.

5. Статистические признаки, посчитанные по исходным данным, пропуски в конце трендов заполнены нолями.

6. Статистические признаки, посчитанные по исходным данным, пропуски в конце трендов заполнены последним актуальным значением.

7. Временные характеристики, посчитанные по исходным данным, пропуски в конце трендов заполнены нолями.

8. Временные характеристики, посчитанные по исходным данным, пропуски в конце трендов заполнены последним актуальным значением.

9. Спектральные характеристики, посчитанные по исходным данным, пропуски в конце трендов заполнены нолями.

10. Спектральные характеристики, посчитанные по исходным данным, пропуски в конце трендов заполнены последним актуальным значением.

11. Динамическая трансформация временной шкалы.

12. Динамическая трансформация временной шкалы с отрезанными данными равновесия (только для симулированных данных).

13. Динамическая трансформация временной шкалы с отрезанными данными равновесия по первой производной.

14. Динамическая трансформация временной шкалы с отрезанными данными равновесия по первой производной (только для симулированных данных).

Покажем на одном примере, как происходила процедура выделения кластеров. Каждый названный выше вариант был применен к данным 18 раз, поскольку перебиралось экзогенно установленное число кластеров от 2 до 19. Основанием для подбора числа кластеров служило изменение внутригрупповой дисперсии и значения метрики силуэта с ростом числа кластеров. На рис. 2 представлены эти два показателя: по оси абсцисс – число кластеров, по левой оси ординат – значения внутригрупповой дисперсии (черная линия), по правой оси ординат – значения метрики «силуэт» (серая пунктирная линия). Так, при анализе данных вариантом 4 (вторая производная исходных данных) оптимальное число кластеров представляется равным 8, поскольку внутригрупповая дисперсия при превышении данного числа перестает значимо убывать, а метрика силуэта увеличиваться.

Далее были применены все 14 названных выше вариантов кластерного анализа еще раз, уже на основании подобранного оптимального числа кластеров для каждого случая. Результатом

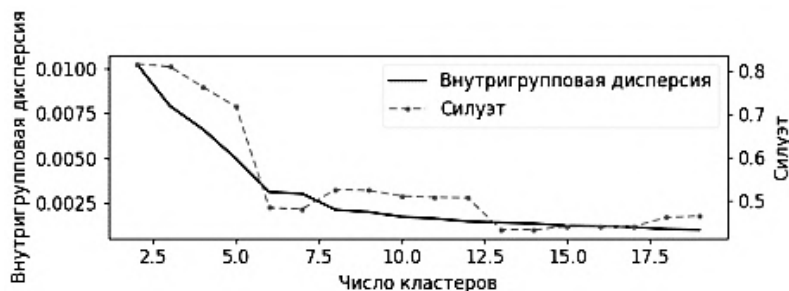
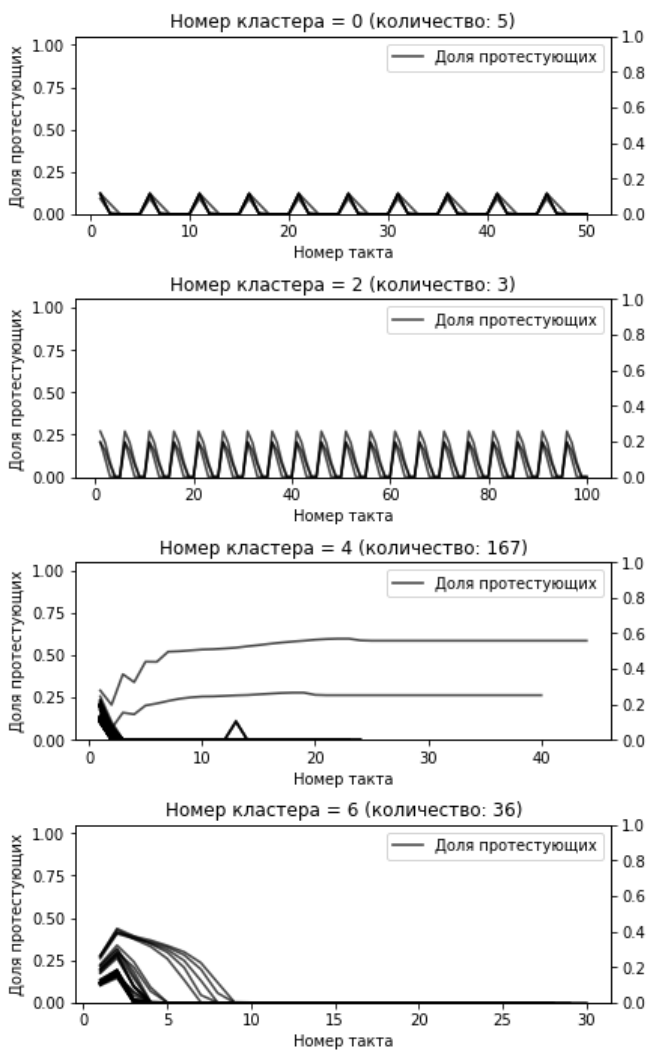


Рис. 2. Показатели метрики внутригрупповой дисперсии и силуэта для подбора оптимального числа кластеров для метода *k*-средних по второй производной исходных данных по численности протестующих (симулированные данные)



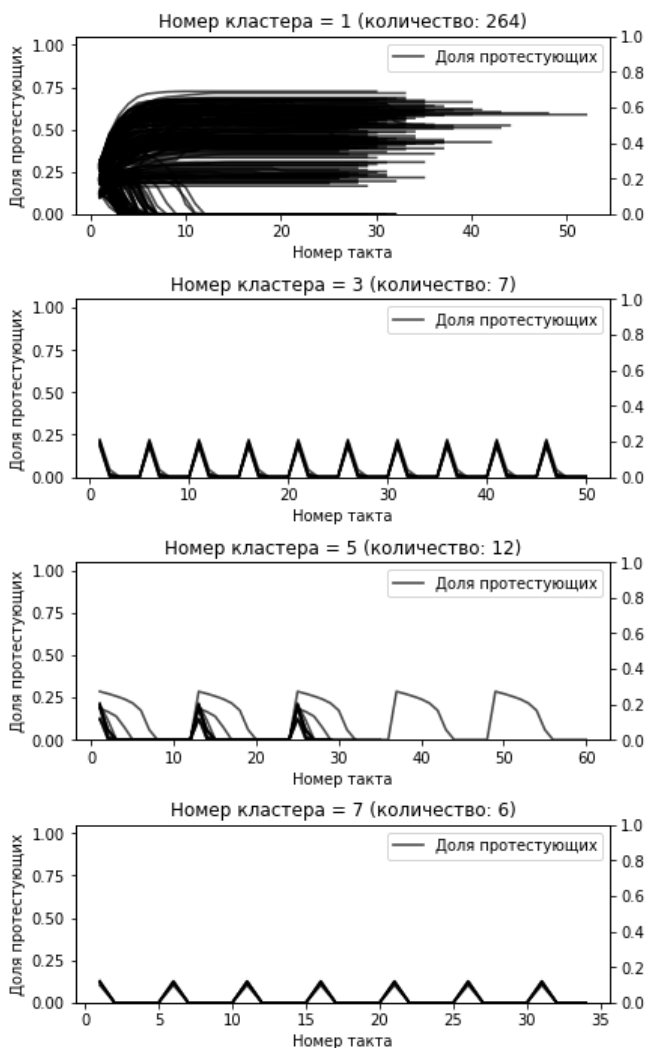


Рис.3. Разбиение на кластеры методом k -средних по второй производной исходных данных по численности протестующих (данные имитационного моделирования)

анализа становились графики с динамкой целевого показателя с разбиением на кластеры, на которых можно было выделить паттерны, – более отчетливо для симулированных данных, менее отчетливо для эмпирических данных.

На рис. 3 мы видим пример результата для анализа данных 4-м вариантом кластерного анализа методом k -средних (вторая производная исходных данных). На рисунке изображено 8 графиков – по числу рекомендованных метриками. На каждом графике представлен отдельный кластер, выделенный алгоритмом: по оси абсцисс – номер такта, по оси ординат – значение интересующей нас переменной. На основе выделенных кластеров далее выделялись и получали наименования определенные паттерны, которые могли получить явную характеристику. Как мы видим, на рис. 3 выделяются несколько паттернов:

– волновой: численность протестующих варьируется от максимального значения до очень низкого и обратно с короткими интервалами низкой численности, причем как возрастание, так и снижение происходят постепенно (кластер 2, 5);

– пиковые: численность протестующих варьируется от максимального значения до очень низкого и обратно с продолжительными интервалами низкой численности, причем как возрастание, так и снижение происходят очень резко (кластер 0, 3, 7).

Детальный анализ рисунков с результатами 14 вариантов кластерного анализа¹ позволял выявлять паттерны. Соответственно, подобная процедура была применена к данным как численности протестующих, так и реакции властей, причем как по симулированным данным, так и по эмпирическим². Так, например, на симу-

¹ 14 – для симулированных данных, 12 – для эмпирических.

² Заметим, что паттерны по симулированным данным выделялись легко на основе полученных в результате работы алгоритмов кластеров, т.е. их выделение происходило полуавтоматически на основе попадания в тот или иной кластер. Выделение паттернов на эмпирических данных требовало ручного вмешательства и происходило с учетом уже выделенных паттернов на симулированных данных.

лированных данных численности протестующих были выделены паттерны, которые изображены на рис. 4, его легенда полностью повторяет легенду рис. 3, за тем лишь исключением, что вместо номеров кластеров указаны названия паттернов:

- 1) волновой (см. описание выше);
- 2) пиковые (см. описание выше);
- 3) затухание: почти всегда резкое падение численности протестующих с изначальных значений до чрезвычайно низких;
- 4) вспышка: резкий взлет численности протестующих с последующим спадом;
- 5) нарастание: численность протестующих, начиная с небольших величин, медленно набирает и выходит на некое плато.

Аналогичная разбивка на паттерны для симулированных данных реакции властей изображена на рис. 1 в Приложении 3.

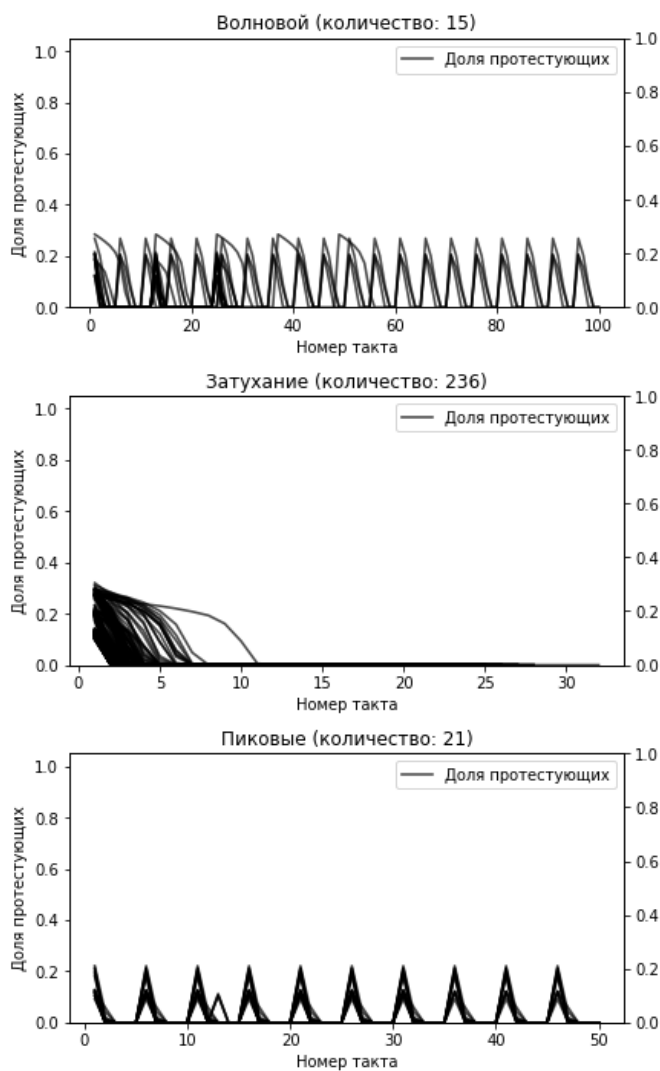
На основе комбинирования паттернов численности протестующих и паттернов реакции властей были составлены паттерны протестной кампании. Их можно видеть на рис. 5, на котором, в отличие от рис. 4, показатель численности (черная линия) находит отражение на левой ординате, а сила репрессий – на правой ординате (серая линия).

Из рис. 5 видно, что было выделено 6 паттернов.

1. «Кошки-мышки»: усиление репрессий вызывает снижение численности протестующих, что, в свою очередь, вызывает ослабление репрессий («Волновой: Фазовые» и «Пиковые: Фазовые»¹).

2. «Блиц»: быстрое подавление протеста, как только он возникает («Затухание: Постоянные», «Затухание: Постоянные с затуханием»).

¹ В скобках указывается, какие комбинации паттернов численности протестующих и реакции властей формируют данный паттерн. Первым перед двусточием указывается паттерн численности протестующих, вторым – паттерн реакции властей.



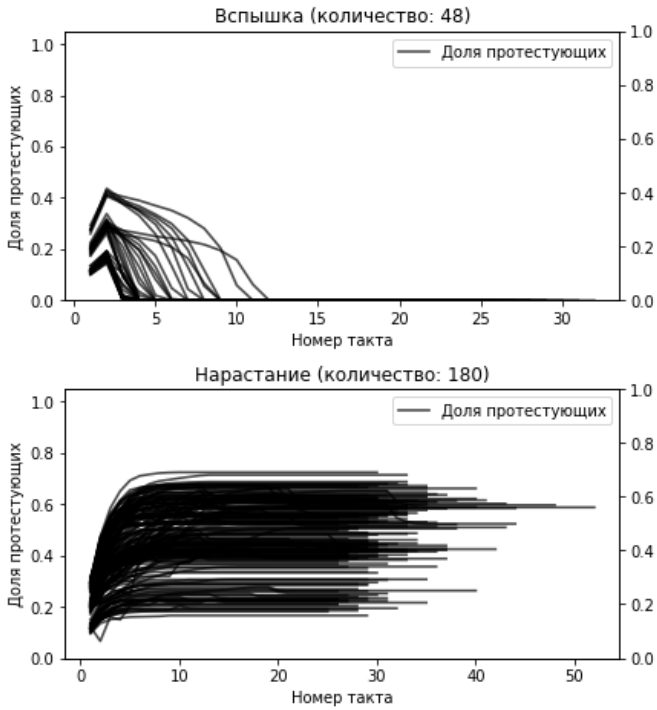
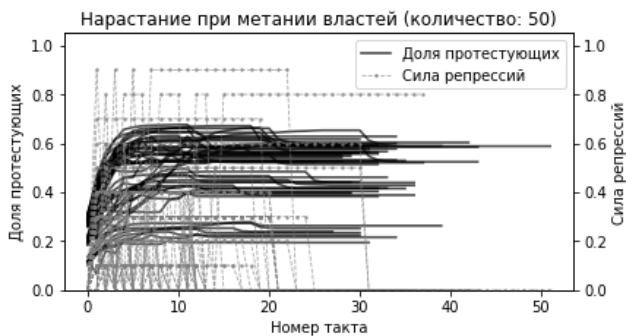
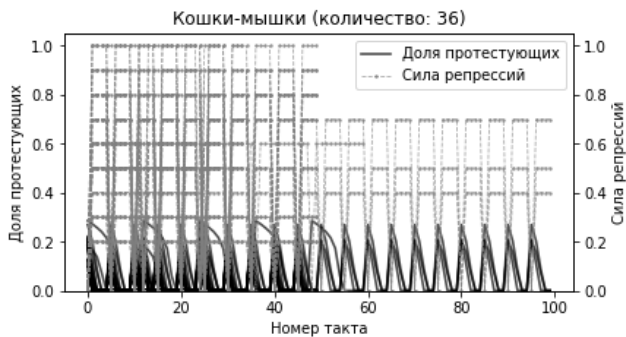


Рис. 4. Паттерны динамики численности протестующих по данным имитационного моделирования



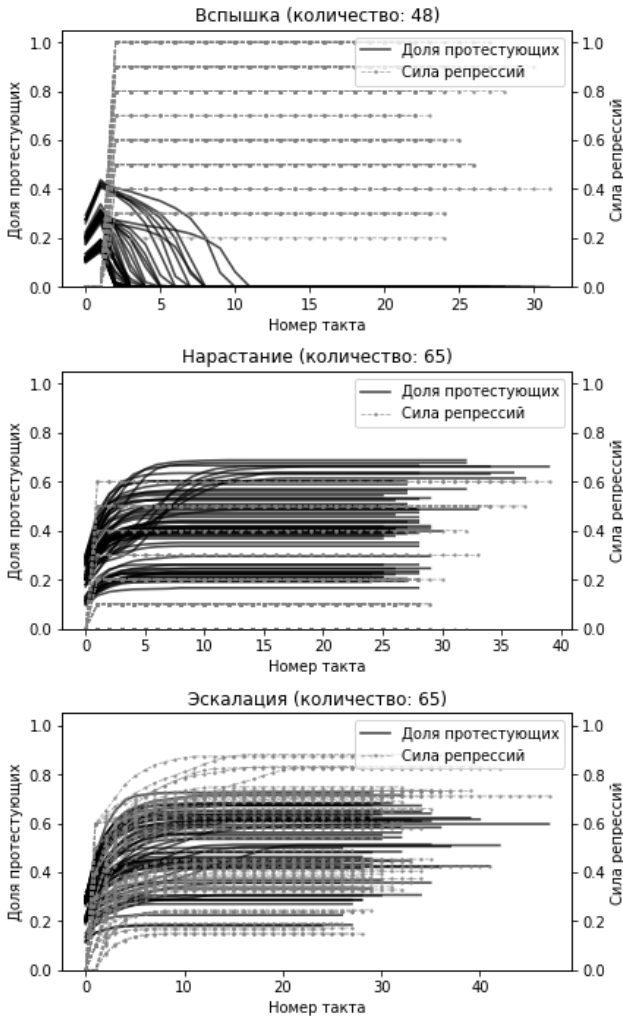


Рис. 5. Паттерны протестной кампании по данным имитационного моделирования

3. «Вспышка»: численность протестующих в первый момент увеличивается, но ввиду репрессий протест сходит на нет («Вспышка: Постоянные»).

4. «Нарастание»: численность протестующих растет, власти не меняют тактику для подавления («Нарастание: Постоянные»).

5. «Нарастание при метании властей»: численности протестующих растет на фоне метаний властей по поводу того, репрессии какой силы применять («Нарастание: Фазовые», «Нарастание: Мерцание»).

6. «Эскалация»: растет как численность протестующих, так и сила применяемых для подавления протестов репрессий («Нарастание: Нарастание»).

Аналогичная процедура была применена на эмпирических данных о протестных кампаниях, закодированных нами из протестных событий по базе MMPD [12]. Обнаруженные на предыдущем шаге «идеальные паттерны» позволили упростить поиск паттернов на «зашумленных» эмпирических данных. На рис. 2 и 3 в Приложении 3 отражены паттерны численности протестующих и реакции властей соответственно. На рис. 4 в Приложении 3 отражены полученные паттерны всей протестной кампании на эмпирических данных. Из него мы видим, что удалось обнаружить следующие паттерны, соответствующие найденным на симулированных данных.

1. «Кошки-мышки» (например, протест оппозиции в Гвинее в 2018 г. из-за подозрений в фальсификации местных выборов, прошедших 4 февраля того года).

2. «Блиц» (например, протесты националистической партии в Бангладеш в 1998 г., вызванные арестом трех ее видных представителей).

5. «Нарастание при метании властей» (например, протесты студентов во Франции осенью 1990 г. с требованием увеличить финансирование образования).

Примеры для названных паттернов, указанные в скобках, изображены на рис. 6. По оси абсцисс – номер протеста, по левой оси

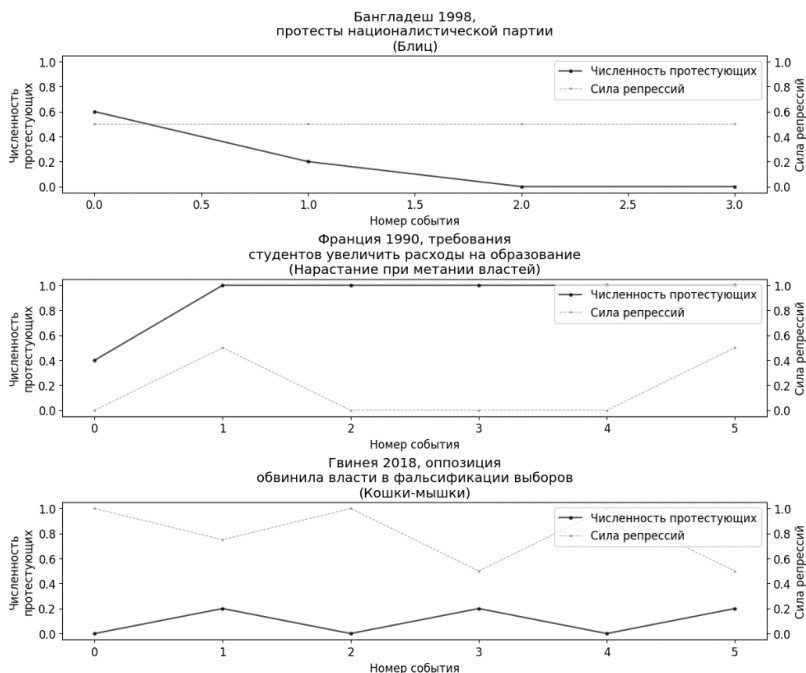


Рис. 6. Примеры протестных кампаний по эмпирическим данным

ординат – численность протестующих, по правой оси ординат – сила репрессий. Черная линия обозначает динамику численности, серая пунктирная – динамику силы репрессий. Над каждым графиком расположено название протестной кампании и паттерна, к которому он отнесен.

Заключение

Наша работа была посвящена исследованию динамики протекания протестных кампаний, которая игнорируется в большинстве современных работ. Важной задачей для нас являлось обнаружение «идеальных» типов протестных кампаний, для

чего мы обратились к методу вычислительного моделирования. Имплементация механизма эндогенных реакций властей на протест в существующую вычислительную модель в виде различных стратегий реакций была промежуточным шагом. Этот шаг позволил приблизить модель к реальности.

Предварительно нами на симулированных данных оценены эффекты стратегий реакций властей на выживание протестов и их численность в сравнении с постоянным уровнем репрессий. Стратегии «переключаемых» и «адаптивных-0» репрессий при любой их силе оказались менее эффективными, чем «постоянные» репрессии, для полной демобилизации протестного движения, а результат применения остальных стратегий был на статистически значимом уровне не отличим от постоянных. Тем не менее оказалось, что для снижения численности выживших протестов любая стратегия оказывается выше по эффективности, чем «постоянные» репрессии, – при почти любом уровне их суровости.

С помощью методов кластерного анализа временных рядов были получены паттерны протекания протестных кампаний на симулированных данных и на эмпирических. Из шести возможных паттернов, выявленных теоретически, в эмпирических данных обнаружены три. Из трех теоретически возможных, но не обнаруженных паттернов, два относятся к ситуациям, когда суровость репрессий является постоянной, и один – когда она постепенно и монотонно возрастает. Заметим, что не всем протестным кампаниям мы смогли подобрать обнаруженный на симуляциях паттерн, логика их динамики моделью не описывается, так что необходима дальнейшая работа по конвергенции вычислительной модели и эмпирических сюжетов, хотя возможно, что некоторые различия между моделируемой и эмпирической картинами мира являются непреодолимыми.

Две видимых нами возможности продолжения работы по конвергенции состоят в системном улучшении вычислительной модели и повышении качества эмпирических данных. В рамках

вычислительной модели не проводится разграничений между будними и выходными днями. Между тем как минимум динамика численности зависит от данного фактора, что может объяснять различия в полученных результатах. Также стоит рассмотреть возможность внедрения естественного затухания протеста. Возможен и несколько иной подход к выстраиванию эмпирической динамики протестных кампаний. В рамках данной работы мы отталкивались от протестных событий, объединяя их в протестные кампании по конкретным критериям. Стоит апробировать и другой подход: заранее отобрать несколько десятков или сотен протестных кампаний, к которым притягивать подпадающие под них протестные события.

Дальнейшая работа по изучению динамики протестных кампаний позволит полностью классифицировать паттерны протекания протестных кампаний. Решение этой задачи откроет широкие возможности для полных и обстоятельных ответов на те вопросы, на которые, как мы отмечали в начале статьи, до сих пор даются противоречивые ответы в эмпирических работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Chenoweth E., Perkoski E., Kang S.* State repression and nonviolent resistance // *Journal of Conflict Resolution*. 2017. Vol. 61, № 9. P. 1950–1969. DOI: 10.1177/0022002717721390.
2. *Rasler K.A.* Dynamics, Endogeneity, and Complexity in Protest Campaigns // *Oxford Research Encyclopedia of Politics*. 2017. P. 1–26. DOI: 10.1093/acrefore/9780190228637.013.321.
3. *Rasler K.* Concessions, repression, and political protest in the Iranian revolution // *American Sociological Review*. 1996. Vol. 61, № 1. P. 132–152. DOI: 10.2307/2096410. EDN: HEZWLZ.
4. *Sutton J., Butcher C.R., Svensson I.* Explaining political jiu-jitsu: Institution-building and the outcomes of regime violence against unarmed protests // *Journal of Peace Research*. 2014. Vol. 51, № 5. P. 559–573. DOI: 10.1177/0022343314531004.
5. *Jenkins J. C., Perrow C.* Insurgency of the powerless: Farm worker movements (1946–1972) // *American sociological review*. 1977. Vol. 42, № 2. P. 249–268. DOI: 10.2307/2094604.

6. *Bramsen I.* Micro-Dynamics of Repression: How Interactions between Protesters and Security Forces Shaped the Bahraini Uprising // *Scandinavian Journal of Military Studies (SJMS)*. 2019. Vol. 2, № 1. P. 9–19. DOI: 10.31374/sjms.13.

7. *Ayoub P.* Repressing protest: threat and weakness in the European context, 1975–1989 // *Mobilization: An International Quarterly*. 2010. Vol. 15, № 4. P. 465–488. DOI: 10.17813/maiq.15.4.f6306060j4511u58.

8. *Beers S.* QCA as competing or complementary method? A qualitative comparative analysis approach to protest event data // *International Journal of Social Research Methodology*. 2016. Vol. 19, № 5. P. 521–536. DOI: 10.1080/13645579.2015.1051798.

9. *Earl J., Soule S.A., McCarthy J.D.* Protest under fire? Explaining the policing of protest // *American sociological review*. 2003. Vol. 68, № 4. P. 581–606. DOI: 10.2307/1519740. EDN: GKEEKP.

10. *Ахременко А.С., Беленков В.Е., Петров А.П.* Логика протестных кампаний: от эмпирических данных к динамическим моделям (и обратно) // *Полис*. 2021. № 3. С. 147–165. DOI: 10.17976/jpps/2021.03.10. EDN: DJQQMC.

11. *Chenoweth E., Stephan M.J.* Why civil resistance works: The strategic logic of nonviolent conflict. New York, NY: Columbia University Press, 2011. 320 p. ISBN: 9780231156837.

12. *Clark D., Regan P.* Mass Mobilization Protest Data // *Harvard Dataverse*. 2016. V. 3. DOI: 10.7910/DVN/HTTWYL.

13. *Epstein J.M.* Modeling civil violence: An agent-based computational approach // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002. Vol. 99, № Suppl_3. P. 7243–7250. DOI: 10.1073/pnas.092080199.

14. *Ахременко А.С., Петров А.П., Жеглов С.А.* Как информационно-коммуникационные технологии меняют тренды в моделировании политических процессов: к агентному подходу // *Политическая наука*. 2021. № 1. С. 12–45. DOI: 10.31249/poln/2021.01.01. EDN: PGOSIZ.

15. *Akhremenko A., Petrov A.* Modeling the Protest-Repression Nexus // *Modeling and Analysis of Complex Systems and Processes 2020: Proceedings of the Conference on Modeling and Analysis of Complex Systems and Processes 2020 (MACSPro 2020): Virtual Conference (originally planned to be in Venice, Italy), October 22–24, 2020 / Ed. by A. Shapoval. Aachen (DE), 2020. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2795/paper1.pdf> (дата обращения: 19.04.2023).*

16. *Steinert-Threlkeld S., Steinert-Threlkeld Z.* How social networks affect the repression-dissent puzzle // *PloS one*. 2021. Vol. 16, № 5. P. e0250784. DOI: 10.1371/journal.pone.0250784.

17. *Siegel D.A.* Social networks and collective action // *American Journal of Political Science*. 2009. Vol. 53, № 1. P. 122–138. DOI: 10.1111/j.1540-5907.2008.00361.x.

18. *Sullivan C.M.* Undermining resistance: Mobilization, repression, and the enforcement of political order // *Journal of Conflict Resolution*. 2016. Vol. 60, № 7. P. 1163–1190. DOI: 10.1177/0022002714567951.

19. *Dahum S.* Students in the streets: education and nonviolent protest // *Comparative Political Studies*. 2019. Vol. 52, № 2. P. 277–309. DOI: 10.1177/0010414018758761. EDN: JQKDXC.

20. *Yuen S., Cheng E.W.* Neither repression nor concession? A regime's attrition against mass protests // *Political Studies*. 2017. Vol. 65, № 3. P. 611–630. DOI: 10.1177/0032321716674024.

21. *Opp K.D., Roehl W.* Repression, micromobilization, and political protest // *Social Forces*. 1990. Vol. 69, № 2. P. 521–547. DOI: 10.1093/sf/69.2.521. EDN: BIFAAF.

22. *Lohmann S.* The dynamics of informational cascades: The Monday demonstrations in Leipzig, East Germany, 1989–91 // *World politics*. 1994. Vol. 47, № 1. P. 42–101. DOI: 10.2307/2950679. EDN: HKTJFF.

23. *Opp K.D.* Repression and revolutionary action: East Germany in 1989 // *Rationality and Society*. 1994. Vol. 6, № 1. P. 101–138. DOI: 10.1177/1043463194006001007. EDN: JPKTSD.

24. *Aytaç S.E., Schiumerini L., Stokes S.* Why do people join backlash protests? Lessons from Turkey // *Journal of Conflict Resolution*. 2018. Vol. 62, № 6. P. 1205–1228. DOI: 10.1177/0022002716686828.

25. *Francisco R.* After the massacre: Mobilization in the wake of harsh repression // *Mobilization: An International Quarterly*. 2004. Vol. 9, № 2. P. 107–126. DOI: 10.17813/maiq.9.2.559246137656n482.

26. *Francisco R.A.* The relationship between coercion and protest: An empirical evaluation in three coercive states // *Journal of Conflict Resolution*. 1995. Vol. 39, № 2. P. 263–282. DOI: 10.1177/0022002795039002003. EDN: JNGJMZ.

27. *Hess D., Martin B.* Repression, backfire, and the theory of transformative events // *Mobilization: An International Quarterly*. 2006. Vol. 11, № 2. P. 249–267. DOI: 10.17813/maiq.11.2.3204855020732v63.

28. *Davenport C.* State repression and political order // *Annual Review of Political Science*. 2007. Vol. 10. P. 7–10. DOI: 10.1146/annurev.polisci.10.101405.143216.

29. *Earl J.* Tanks, tear gas, and taxes: Toward a theory of movement repression // *Sociological theory*. 2003. Vol. 21, № 1. P. 44–68. DOI: 10.1111/1467-9558.00175.

30. *Carey S.C.* The dynamic Relationship between protest and repression // *Political Research Quarterly*. 2006. Vol. 59, № 1. P. 1–11. DOI: 10.1177/106591290605900101. EDN: JOZAFB.

31. *Inclán M.L.* Repressive Threats, Procedural Concessions, and the Zapatista Cycle of Protests, 1994–2003 // *Journal of Conflict Resolution*. 2009. Vol. 53, № 5. P. 794–819. DOI: 10.1177/0022002709341173.

32. *Ayanian A.H., 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*. 2016. Vol. 55, № 4. P. 700–721. DOI: 10.1111/bjso.12164.

33. *Johnson J., Thyne C.L.* Squeaky wheels and troop loyalty: How domestic protests influence coups d'état, 1951–2005 // *Journal of conflict resolution*. 2018. Vol. 62, № 3. P. 597–625. DOI: 10.1177/0022002716654742.

34. *Anisin A.* Social causation and protest mobilization: why temporality and interaction matter // *Territory, Politics, Governance*. 2018. Vol. 6, № 3. P. 279–301. DOI: 10.1080/21622671.2017.1306455.

35. *Bisbee J., Larson J.M.* Testing social science network theories with online network data: An evaluation of external validity // *American Political Science Review*. 2017. Vol. 111, № 3. P. 502–521. DOI: 10.1017/S0003055417000120.

36. Social networks and protest participation: Evidence from 130 million Twitter users / *J.M. Larson, J. Nagler, J. Ronen, J.A. Tucker* // *American Journal of Political Science*. 2019. Vol. 63, № 3. P. 690–705. DOI: 10.1111/ajps.12436.

37. *Lang J.C., De Sterck H.* The Arab Spring: A simple compartmental model for the dynamics of a revolution // *Mathematical Social Sciences*. 2014. Vol. 69. P. 12–21. DOI: 10.1016/j.mathsocsci.2014.01.004.

38. *Bell S.R., Murdie A.* The apparatus for violence: Repression, violent protest, and civil war in a cross-national framework // *Conflict management and peace science*. 2018. Vol. 35, № 4. P. 336–354. DOI: 10.1177/0738894215626848.

39. *Regan P.M., Henderson E.A.* Democracy, threats and Political repression in Developing countries: are Democracies internally less violent? // *Third World Quarterly*. 2002. Vol. 23, № 1. P. 119–136. DOI: 10.1080/01436590220108207. EDN: HAQIRV.

40. *Ritter E.H., Conrad C.R.* Preventing and responding to dissent: The observational challenges of explaining strategic repression // *American Political Science Review*. 2016. Vol. 110, № 1. P. 85–99. DOI: 10.1017/S0003055415000623.

41. *Lyall J.* Does Indiscriminate violence incite Insurgent Attacks? Evidence from Chechnya // *Journal of Conflict Resolution*. 2009. Vol. 53, № 3. P. 331–362. DOI: 10.1177/0022002708330881.

42. *Sullivan C.M., Loyle C.E., Davenport C.* The Coercive Weight of the Past: Temporal Dependence and the Conflict-Repression Nexus in the Northern Ireland “Troubles” // *International Interactions*. 2012. Vol. 38, № 4. P. 426–442. DOI: 10.1080/03050629.2012.697005.

43. *Carey S.C.* The use of repression as a response to domestic dissent // *Political Studies*. 2010. Vol. 58, № 1. P. 167–186. DOI: 10.1111/j.1467-9248.2008.00771.x.

44. *Ives B., Lewis J.S.* From Rallies to Riots: Why Some Protests Become Violent // *Journal of Conflict Resolution*. 202. Vol. 64, № 5. P. 958–986. DOI: 10.1177/0022002719887491.

45. *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, № 4. P. 504. DOI: 10.1037/0033-2909.134.4.504.

46. *McAdam D., Su Y.* The war at home: Antiwar protests and congressional voting, 1965 to 1973 // American sociological review. 2002. Vol. 67, № 5. P. 696–721. DOI: 10.2307/3088914. EDN: GSFOWJ.

47. *Anderson C.J.* The end of economic voting? Contingency dilemmas and the limits of democratic accountability // Annual Review of Political Science. 2007. Vol. 10. P. 271–296. DOI: 10.1146/annurev.polisci.10.050806.155344.

48. *Healy A., Malhotra N.* Retrospective voting reconsidered // Annual Review of Political Science. 2013. Vol. 16. P. 285–306. DOI: 10.1146/annurev-polisci-032211-212920.

49. *Dose C., Cincotti S.* Clustering of financial time series with application to index and enhanced index tracking portfolio // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2005. Vol. 355, № 1. P. 145–151. DOI: 10.1016/j.physa.2005.02.078.

50. *Jothi R.* Clustering time-series data generated by smart devices for human activity recognition // International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. Springer, Cham, 2018. P. 708–716. DOI: 10.1007/978-3-030-16657-1_66.

51. *Steinley D.* K-means clustering: a half-century synthesis // British Journal of Mathematical and Statistical Psychology. 2006. Vol. 59, № 1. P. 1–34. DOI: 10.1348/000711005X48266. EDN: MBIHGZ.

52. Tslearn, a machine learning toolkit for time series data / R. Tavenard, J. Faouzi, G. Vandewiele [et al.] // Journal of Machine Learning Research. 2020. Vol. 21. P. 1–6. EDN: NRGQBU.

53. *Bholowalia P., Kumar A.* Ebc-means: A clustering technique based on elbow method and k-means in wsn // International Journal of Computer Applications. 2014. Vol. 105. P. 17–24. DOI:10.5120/18405-9674.

54. *Zhou H.B., Gao J.T.* Automatic method for determining cluster number based on silhouette coefficient // Advanced Materials Research, Trans Tech Publ. 2014. Vol. 951. P. 227–230. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.951.227.

55. *Caiado J., Maharaj E.A., D'Urso P.* Time-series clustering // Handbook of cluster analysis. Boca Raton: CRC Press, 2015. P. 262–285. DOI: 10.1201/9780429058264.

56. *D'Urso P.* Dissimilarity measures for time trajectories // Statistical Methods And Applications. 2000. Vol. 9, № 1. P. 53–83. DOI: 10.1007/BF03178958. EDN: AAGKBU.

57. *Jeong Y.-S., Jeong M.K., Omitaomu O.A.* Weighted dynamic time warping for time series classification // Pattern recognition. 2011. Vol. 44. P. 2231–2240. DOI:10.1016/j.patcog.2010.09.022.

58. *Galeano P., Peña D.* Multivariate analysis in vector time series // DES-Working Papers: Statistics and Econometrics, WS. 2001. P. 383–404. URL: <https://web.archive.org/web/20220225092435/https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/162/ws012415.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 19.04.2023).

59. *Caiado J., Crato N., Peña D.* A periodogram-based metric for time series classification // *Computational Statistics & Data Analysis*. 2006. Vol. 50. P. 2668–2684. DOI:10.1016/j.csda.2005.04.012.

60. Tsfel: Time series feature extraction library / M. Barandas, D. Folgado, L. Fernandes [et al.] // *SoftwareX*. 2020. Vol. 11. P. 100456. DOI:10.1016/j.softx.2020.100456.

61. *MacKinnon J.G., White H.* Some heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimators with improved finite sample properties // *Journal of econometrics*. 1985. Vol. 29, № 3. P. 305–325. DOI: 10.1016/0304-4076(85)90158-7.

Приложение 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ («МОДЕЛЬ 1») И ЛИНЕЙНОЙ («МОДЕЛЬ 2») РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

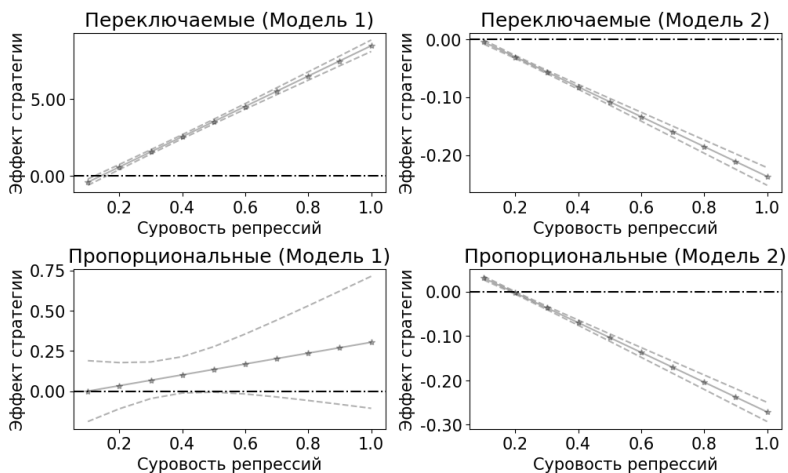
	Модель 1	Модель 2
Константа	-1,92** (0,21)	0,39** (0,01)
Стартовый гнев	6,83** (0,1)	0,39** (0,00)
Лаг принятия решений	-0,15** (0,00)	0,00** (0,00)
Суровость репрессий (Ц)	-17,22** (0,29)	0,10** (0,01)
90-% квантиль установок	32,35** (2,02)	1,32** (0,05)
Переключаемые репрессии	3,53** (0,08)	-0,11** (0,00)
Пропорциональные репрессии	0,14 (0,07)	-0,11** (0,00)
Пропорциональные+ репрессии	-0,02 (0,07)	-0,09** (0,00)
Адаптивные-0 репрессии	2,13** (0,07)	-0,09** (0,00)
Адаптивные-1 репрессии	0,05 (0,07)	-0,08** (0,00)

Сила репрессий (Ц) * Переключаемые репрессии	9,87** (0,29)	-0,26** (0,01)
Сила репрессий (Ц) * Пропорциональные репрессии	0,34 (0,31)	-0,34** (0,01)
Сила репрессий (Ц) * Пропорциональные+ репрессии	0,03 (0,31)	-0,30** (0,01)
Сила репрессий (Ц) * Адаптивные-0 репрессии	5,08** (0,27)	-0,17** (0,01)
Сила репрессий (Ц) * Адаптивные-1 репрессии	0,05 (0,32)	-0,14** (0,01)
<i>N</i>	43140	16241

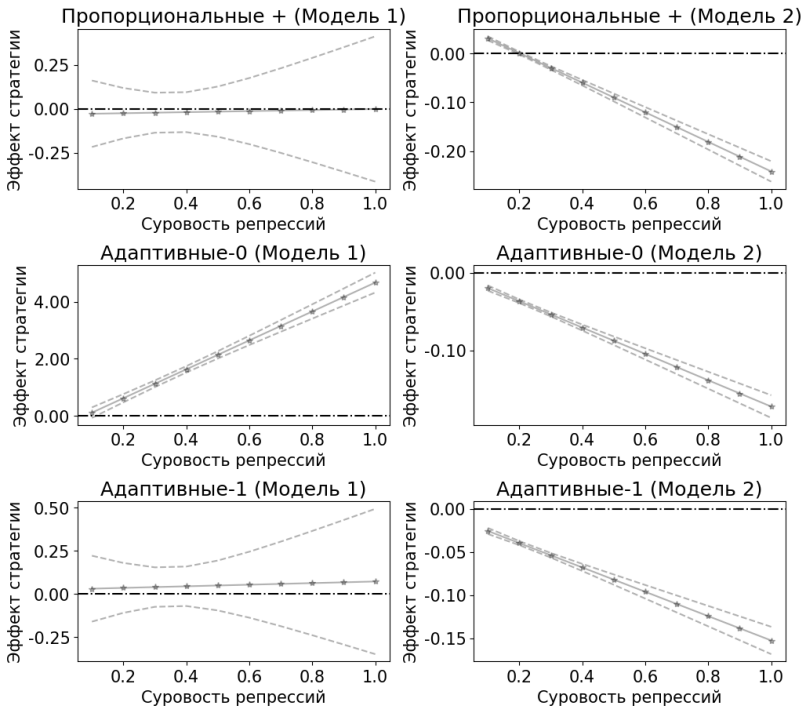
Примечание. ** $p < 0,001$, * $p < 0,01$

Приложение 2

ЭФФЕКТЫ СТРАТЕГИЙ РЕПРЕССИЙ НА ЦЕЛЕВЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СУРОВОСТИ РЕПРЕССИЙ



Окончание прилож. 2



Приложение 3

ИТОГОВЫЕ ПАТТЕРНЫ

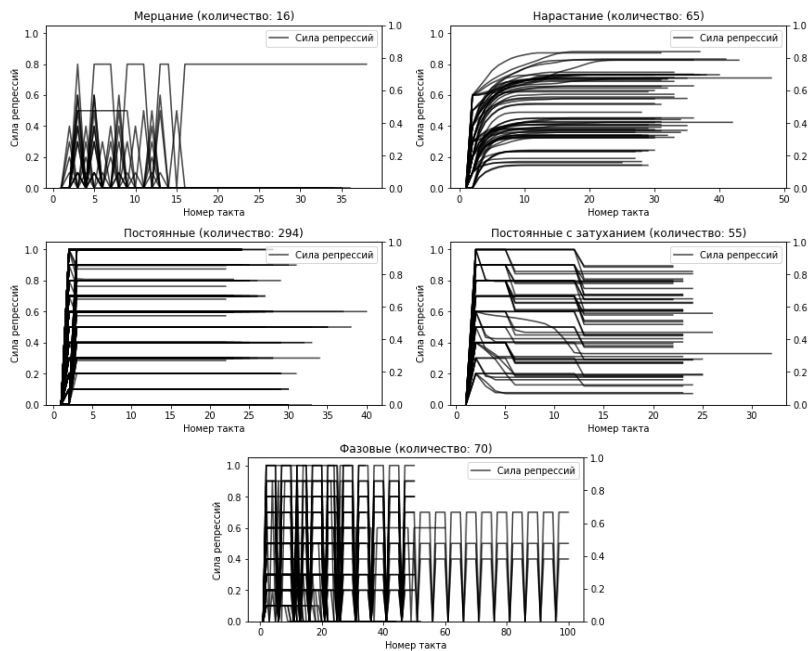


Рис. 1. Паттерны реакции властей на данных имитационного моделирования

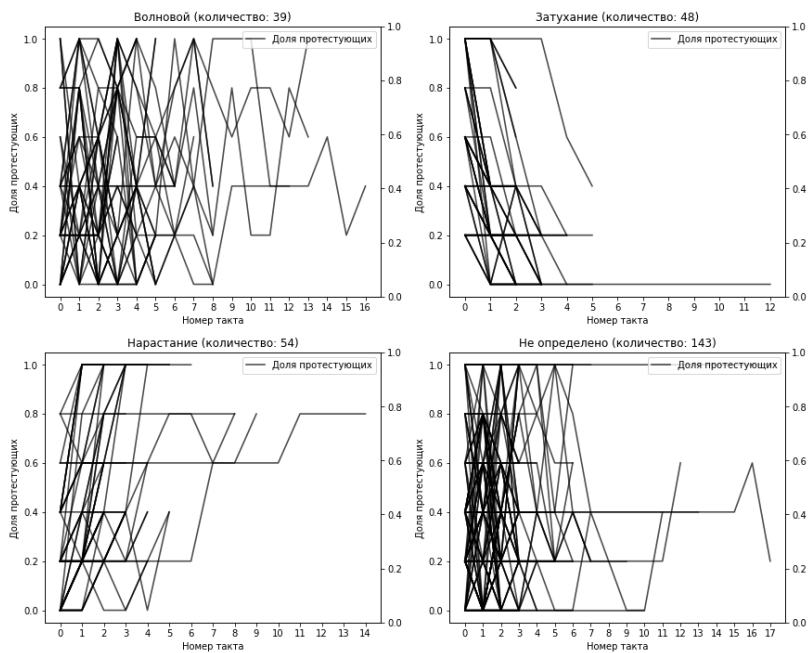


Рис. 2. Паттерны численности протестующих на эмпирических данных

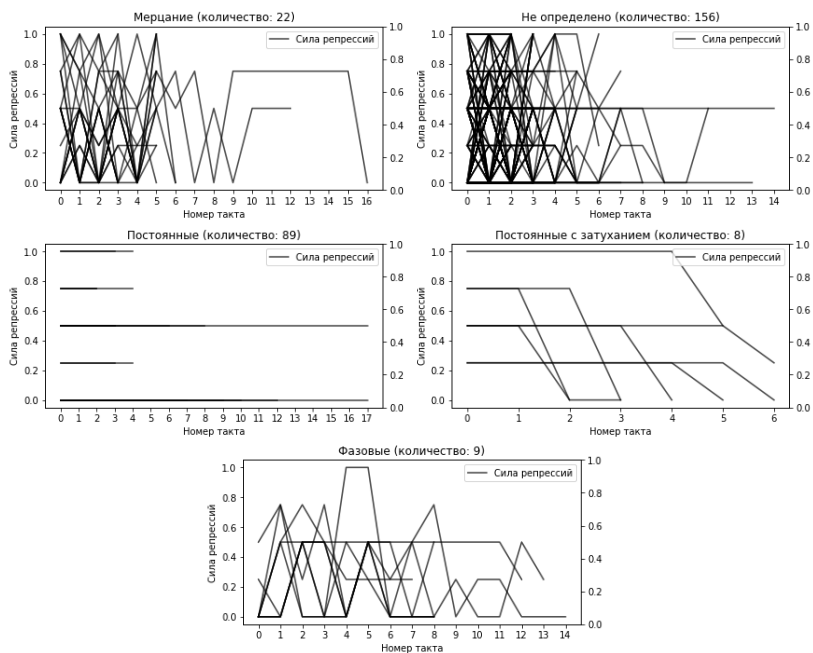


Рис. 3. Паттерны реакции властей на эмпирических данных

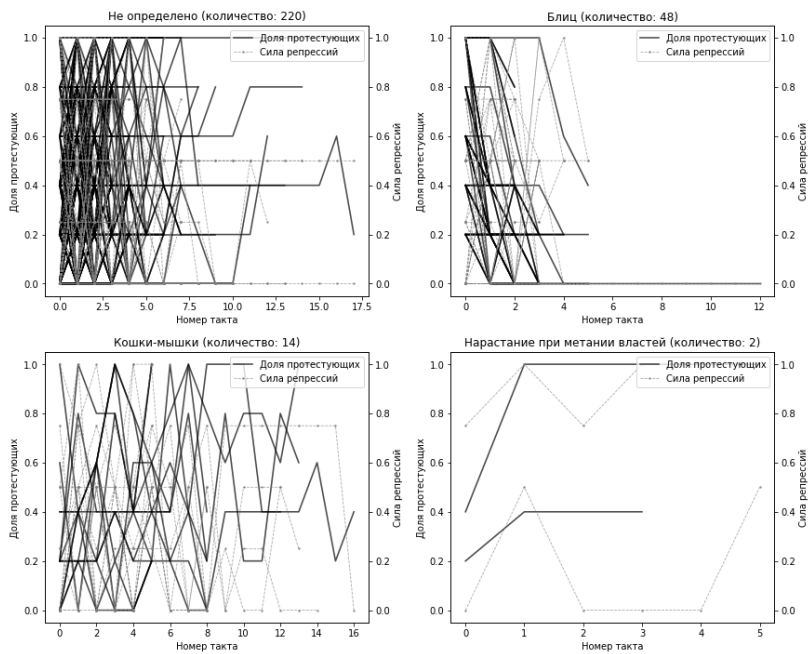


Рис. 4. Паттерны протестных кампаний на эмпирических данных

Zheglov Sergey A.,

PhD Student, Doctoral School of Political Science, HSE University, Moscow, Russia, s_zheglov@mail.ru

Finding Patterns in the Dynamics of Protest Campaigns: Computational Modeling and Empirical Analysis

In most of current papers devoted to the analysis of protest-repression nexus, the research design misses the dynamic nature of this nexus, which seems methodologically incorrect. The analysis of the dynamics allows us to identify the role of various factors influencing the course of this conflict. The variety of different dynamics of the number of protesters and the dynamics of the use of repression gives rise to a variety of scenarios for the development of a protest campaign. In this regard, this paper raises the question of identifying dynamic patterns. At the same time, we consider both empirical scenarios that have already taken place in real protests, as well as “ideal”, i.e. arising in theory and capable of serving as guidelines in the analysis of real ones.

To obtain “ideal” scenarios, a theoretical and mathematical model was developed with various strategies for the reactions of the authorities to the protesters, which we implemented into the existing computational model of protest mobilization. Based on the data obtained in the course of computer simulations, firstly, by linear and logistic regressions, the effects of various decision-making mechanisms on the survival of protests were evaluated, and, secondly, using various methods of time series cluster analysis, we discovered a number of patterns. For verification, the same methods of cluster analysis were applied repeatedly on empirical data.

Keywords: protests, repressions, computational modeling, cluster analysis, logistic regression, linear regression, protest campaigns

References

1. Chenoweth E., Perkoski E., Kang S. “State repression and nonviolent resistance”, *Journal of Conflict Resolution*, 2017, no. 61(9), p. 1950–1969. DOI: 10.1177/0022002717721390.
2. Rasler K.A. “Dynamics, Endogeneity, and Complexity in Protest Campaigns”, *Oxford Research Encyclopedia of Politics*, 2017, p. 1–26. DOI: 10.1093/acrefore/9780190228637.013.321.
3. Rasler K. “Concessions, repression, and political protest in the Iranian revolution”, *American Sociological Review*, 1996, p. 132–152. DOI: 10.2307/2096410.

4. Sutton J., Butcher C.R., Svensson I. “Explaining political jiu-jitsu: Institution-building and the outcomes of regime violence against unarmed protests”, *Journal of Peace Research*, 2014, no. 51 (5), p. 559–573. DOI: 10.1177/0022343314531004.
5. Jenkins J. C., Perrow C. “Insurgency of the powerless: Farm worker movements (1946-1972)”, *American sociological review*, 1977, p. 249–268. DOI: 10.2307/2094604.
6. Bramsen I. “Micro-Dynamics of Repression: How Interactions between Protesters and Security Forces Shaped the Bahraini Uprising”, *Scandinavian Journal of Military Studies (SJMS)*, 2019, no. 2 (1), p. 9–19. DOI: 10.31374/sjms.13.
7. Ayoub P. “Repressing protest: threat and weakness in the European context, 1975–1989”, *Mobilization: An International Quarterly*, 2010, no. 15 (4), p. 465–488. DOI: 10.17813/maiq.15.4.f6306060j4511u58.
8. Beers S. “QCA as competing or complementary method? A qualitative comparative analysis approach to protest event data”, *International Journal of Social Research Methodology*, 2016, no. 19 (5), p. 521–536. DOI: 10.1080/13645579.2015.1051798.
9. Earl J., Soule S.A., McCarthy J.D. “Protest under fire? Explaining the policing of protest”, *American sociological review*, 2003, p. 581–606. DOI: 10.2307/1519740.
10. Akhremenko A.S., Belenkov V.E., Petrov A.P. “The Logic of Protest Campaigns: From Empirical Data to Dynamic Models (and Back)” (in Russian), *Polis. Political Studies*, 2021, no. 3, p. 147–165. DOI: 10.17976/jpps/2021.03.10. EDN: DJQQMC.
11. Chenoweth E., Stephan M.J. *Why civil resistance works: The strategic logic of nonviolent conflict*. Columbia University Press, 2011. ISBN: 9780231156837.
12. Epstein J.M. “Modeling civil violence: An agent-based computational approach”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2002, no. 99 (3), p. 7243–7250. DOI: 10.1073/pnas.092080199.
13. Akhremenko A.S., Petrov A.P., Zheglov S.A. “How information and communication technologies change trends in modelling political processes: towards an agent-based approach” (in Russian), *Political science (RU)*, 2021, no. 1, p. 12–45. DOI: 10.31249/poln/2021.01.01. EDN: PGOSIZ.

14. Akhremenko A., Petrov A. “Modeling the Protest-Repression Nexus”, In: A. Shapoval (ed.) *Modeling and Analysis of Complex Systems and Processes 2020: Proceedings of the Conference on Modeling and Analysis of Complex Systems and Processes 2020 (MACSPro 2020): Virtual Conference (originally planned to be in Venice, Italy), October 22–24, 2020*. Aachen (DE): CEUR-WS. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2795/paper1.pdf> (accessed: 19.04.2023).
15. Steinert-Threlkeld S., Steinert-Threlkeld Z. “How social networks affect the repression-dissent puzzle”, *PloS one*, 2021, no. 16 (5), p. e0250784. DOI: 10.1371/journal.pone.0250784.
16. Siegel D.A. “Social networks and collective action”, *American Journal of Political Science*, 2009, no. 53 (1), p. 122–138. DOI: 10.1111/j.1540-5907.2008.00361.x.
17. Sullivan C.M. “Undermining resistance: Mobilization, repression, and the enforcement of political order”, *Journal of Conflict Resolution*, 2016, no. 60 (7), p. 1163–1190. DOI: 10.1177/0022002714567951.
18. Dahlum S. “Students in the streets: education and nonviolent protest”, *Comparative Political Studies*, 2019, no. 52 (2), p. 277–309. DOI: 10.1177/0010414018758761.
19. Yuen S., Cheng E.W. “Neither repression nor concession? A regime’s attrition against mass protests”, *Political Studies*, 2017, 65 (3). p. 611–630. DOI: 10.1177/0032321716674024.
20. Opp K.D., Roehl W. “Repression, micromobilization, and political protest”, *Social Forces*, 1990, no. 69 (2), p. 521–547. DOI: 10.1093/sf/69.2.521.
21. Lohmann S. “The dynamics of informational cascades: The Monday demonstrations in Leipzig, East Germany, 1989–91”, *World politics*, 1994, no. 47 (1), p. 42–101. DOI: 10.2307/2950679.
22. Opp K.D. “Repression and revolutionary action: East Germany in 1989” // *Rationality and Society*, 1994, no. 6 (1), p. 101–138. DOI: 10.1177/1043463194006001007.
23. Aytac S. E., Schiumerini L., Stokes S. “Why do people join backlash protests? Lessons from Turkey”, *Journal of Conflict Resolution*, 2018, no. 62 (6), p. 1205–1228. DOI: 10.1177/0022002716686828.
24. Francisco R. “After the massacre: Mobilization in the wake of harsh repression” // *Mobilization: An International Quarterly*, 2004, no. 9 (2), p. 107–126. DOI: 10.17813/maiq.9.2.559246137656n482.

25. Francisco R.A. “The relationship between coercion and protest: An empirical evaluation in three coercive states”, *Journal of Conflict Resolution*, 1995, no. 39 (2), p. 263–282. DOI: 10.1177/0022002795039002003.
26. Hess D., Martin B. “Repression, backfire, and the theory of transformative events”, *Mobilization: An International Quarterly*, 2006, no. 11 (2), p. 249–267. DOI: 10.17813/maiq.11.2.3204855020732v63.
27. Davenport C. “State repression and political order”, *Annual Review of Political Science*, 2007, no. 10, p. 7–10. DOI: 10.1146/annurev.polisci.10.101405.143216.
28. Earl J. “Tanks, tear gas, and taxes: Toward a theory of movement repression”, *Sociological theory*, 2003, no. 21 (1), p. 44–68. DOI: 10.1111/1467-9558.00175.
29. Carey S.C. “The dynamic Relationship between protest and repression”, *Political Research Quarterly*, 2006, no. 59 (1), p. 1–11. DOI: 10.1177/106591290605900101.
30. Inclán M.L. “Repressive Threats, Procedural Concessions, and the Zapatista Cycle of Protests, 1994–2003”, *Journal of Conflict Resolution*. 2009, no. 53 (5), p. 794–819. DOI: 10.1177/0022002709341173.
31. Ayanian A.H., 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*, 2016, no. 55 (4), p. 700–721. DOI: 10.1111/bjso.12164.
32. Johnson J., Thyne C.L. “Squeaky wheels and troop loyalty: How domestic protests influence coups d’état, 1951–2005”, *Journal of conflict resolution*, 2018, no. 62 (3), p. 597–625. DOI: 10.1177/0022002716654742.
33. Anisin A. “Social causation and protest mobilization: why temporality and interaction matter”, *Territory, Politics, Governance*, 2018, no. 6 (3), p. 279–301. DOI: 10.1080/21622671.2017.1306455.
34. Bisbee J., Larson J.M. “Testing social science network theories with online network data: An evaluation of external validity”, *American Political Science Review*, 2017, no. 111 (3), p. 502–521. DOI: 10.1017/S0003055417000120.
35. Larson, J.M., Nagler, J., Ronen, J., & Tucker, J.A. “Social networks and protest participation: Evidence from 130 million Twitter users”, *American Journal of Political Science*, 2019, no. 63 (3), p. 690–705. DOI: 10.1111/ajps.12436.

36. Lang J.C., De Sterck H. “The Arab Spring: A simple compartmental model for the dynamics of a revolution”, *Mathematical Social Sciences*, 2014, no. 69, p. 12–21. DOI: 10.1016/j.mathsocsci.2014.01.004.
37. Bell S.R., Murdie A. “The apparatus for violence: Repression, violent protest, and civil war in a cross-national framework”, *Conflict management and peace science*, 2018, no. 35 (4), p. 336–354. DOI: 10.1177/0738894215626848.
38. Regan P.M., Henderson E.A. “Democracy, threats and Political repression in Developing countries: are Democracies internally less violent?”, *Third World Quarterly*, 2002, no. 23 (1), p. 119–136. DOI: 10.1080/01436590220108207.
39. Ritter E.H., Conrad C.R. “Preventing and responding to dissent: The observational challenges of explaining strategic repression”, *American Political Science Review*, 2016, no. 110 (1), p. 85–99. DOI: 10.1017/S0003055415000623.
40. Lyall J. Does “Indiscriminate violence incite Insurgent Attacks? Evidence from Chechnya”, *Journal of Conflict Resolution*, 2009, no. 53 (3), p. 331–362. DOI: 10.1177/0022002708330881.
41. Sullivan C.M., Loyle C.E., Davenport C. “The Coercive Weight of the Past: Temporal Dependence and the Conflict-Repression Nexus in the Northern Ireland “Troubles”, *International Interactions*, 2012, no. 38 (4), p. 426–442. DOI: 10.1080/03050629.2012.697005.
42. Carey S.C. “The use of repression as a response to domestic dissent”, *Political Studies*, 2010, no. 58 (1), p. 167–186. DOI: 10.1111/j.1467-9248.2008.00771.x.
43. Ives B., Lewis J.S. “From Rallies to Riots: Why Some Protests Become Violent”, *Journal of Conflict Resolution*, 2019, p. 1–29. DOI: 10.1177/0022002719887491.
44. 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, no. 134 (4), p. 504. DOI: 10.1037/0033-2909.134.4.504.
45. McAdam D., Su Y. “The war at home: Antiwar protests and congressional voting, 1965 to 1973”, *American sociological review*, 2002, no. 67 (5), p. 696–721. DOI: 10.2307/3088914.
46. Anderson C.J. “The end of economic voting? Contingency dilemmas and the limits of democratic accountability”, *Annual Review*

- of Political Science*, 2007, no. 10, p. 271–296. DOI: 10.1146/annurev-polisci.10.050806.155344.
47. Healy A., Malhotra N. “Retrospective voting reconsidered”, *Annual Review of Political Science*, 2013, no. 16, p. 285–306. DOI: 10.1146/annurev-polisci-032211-212920.
 48. Clark D., Regan P. “Mass Mobilization Protest Data”, *Harvard Dataverse*, V3, 2016. DOI: 10.7910/DVN/HTTWYL.
 49. Dose C., Cincotti S. “Clustering of financial time series with application to index and enhanced index tracking portfolio”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2005, no. 355 (1), p. 145–151. DOI: 10.1016/j.physa.2005.02.078.
 50. Jothi R. “Clustering time-series data generated by smart devices for human activity recognition”, *International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. Springer, Cham*, 2018, p. 708–716. DOI: 10.1007/978-3-030-16657-1_66.
 51. Steinley D. “K-means clustering: a half-century synthesis”, *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 2006, no. 59, p. 1–34. DOI: 10.1348/000711005X48266.
 52. Tavenard R., Faouzi J., Vandewiele G., Divo F., Androz G., Holtz C., Payne M., Yurchak R., Rußwurm M., Kolar K., Woods E. “Tslearn, a machine learning toolkit for time series data”, *Journal of Machine Learning Research*, 2020, no. 21, p. 1–6. URL: <http://jmlr.org/papers/v21/20-091.html> (accessed: 19.04.2023).
 53. Bholowalia P., Kumar A. “Ebk-means: A clustering technique based on elbow method and k-means in wsn”, *International Journal of Computer Applications*, 2014, no. 105, p. 17–24. DOI: 10.5120/18405-9674.
 54. Zhou H.B., Gao J.T. “Automatic method for determining cluster number based on silhouette coefficient”, *Advanced Materials Research, Trans Tech Publ*, 2014, no. 951, p. 227–230. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.951.227.
 55. Caiado J., Maharaj E.A., D’Urso P. “Time-series clustering”, *Handbook of cluster analysis, Chapman and Hall/CRC*, 2015, p. 262–285. DOI: 10.1201/9780429058264.
 56. D’Urso P. “Dissimilarity measures for time trajectories”, *Statistical Methods And Applications*, 2000, no. 9, p. 53–83. DOI: 10.1007/BF03178958.

57. Jeong Y.-S., Jeong M.K., Omitaomu O.A. “Weighted dynamic time warping for time series classification”, *Pattern recognition*, 2011, no. 44, p. 2231–2240. DOI:10.1016/j.patcog.2010.09.022.
58. Galeano P., Peña D. “Multivariate analysis in vector time series”, *DES-Working Papers: Statistics and Econometrics, WS*. 2001, p. 383–404. URL: <https://web.archive.org/web/20220225092435/https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/162/ws012415.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed: 19.04.2023).
59. Caiado J., Crato N., Peña D. “A periodogram-based metric for time series classification”, *Computational Statistics & Data Analysis*, 2006, no. 50, p. 2668–2684. DOI:10.1016/j.csda.2005.04.012.
60. Barandas M., Folgado D., Fernandes L., Santos S., Abreu M., Bota P., Liu H., Schultz T., Gamboa H. “Tsfel: Time series feature extraction library”, *SoftwareX*, 2020, no. 11, p. 100456. DOI:10.1016/j.softx.2020.100456.
61. MacKinnon J. G., White H. “Some heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimators with improved finite sample properties”, *Journal of econometrics*, 1985, no. 29, no. 3, p. 305–325. DOI: 10.1016/0304-4076(85)90158-7.