

УДК: 316.4 + 51-77

## Оценка взаимодействия элиты и народа в постсоветских странах с использованием байесовского подхода

Е. К. Басаева<sup>1,2,a</sup>, Е. С. Каменецкий<sup>2,b</sup>, З. Х. Хосаева<sup>3,c</sup>

<sup>1</sup>Северо-Кавказский центр математических исследований (СОГУ),  
Россия, 362025, г. Владикавказ, ул. Ватутина, 19

<sup>2</sup>Южный математический институт — филиал ВНИЦ РАН,  
Россия, 362027, г. Владикавказ, ул. Маркуса, 22

<sup>3</sup>Владикавказский научный центр РАН,  
Россия, 362027, г. Владикавказ, ул. Маркуса, 22

E-mail: <sup>a</sup> helen@smath.ru, <sup>b</sup> esk@smath.ru, <sup>c</sup> hzaiac83@mail.ru

*Получено 20.07.2021, после доработки — 31.08.2021.*

*Принято к публикации 25.09.2021.*

Рассматривалась ранее разработанная модель, описывающая динамику социальной напряженности общества, разделенного на две группы: элиту и народ. Эта модель учитывала влияние изменения экономической ситуации и взаимовлияние народа и элиты. Модель модифицирована путем включения в уравнение, описывающее напряженность народа, слагаемого, учитывающего адаптацию народа к создавшейся ситуации.

Оценка коэффициентов модели является важной задачей, решение которой позволяет получить информацию о характере взаимодействия элиты и народа. Предполагалось, что при оптимальных значениях коэффициентов решение системы уравнений модели наиболее близко к значениям индикатора, характеризующего социальную напряженность. В качестве индикатора социальной напряженности в данной работе использовался нормированный уровень убийств.

Исследуемая модель содержит семь коэффициентов. Два коэффициента, характеризующие степень влияния изменения экономической ситуации на элиту и народ, приняты равными между собой и одинаковыми для всех стран. Их оценки получены по упрощенной модели, учитывающей только изменение экономической ситуации и допускающей аналитическое решение.

С помощью байесовского подхода проведена оценка остальных пяти коэффициентов модели для постсоветских стран. Для всех рассматриваемых стран априорные плотности вероятностей четырех коэффициентов принимались одинаковыми. Априорная плотность вероятности пятого коэффициента считалась зависящей от режима правления (авторитарный или переходный). Принималось, что расчетное значение социальной напряженности совпадает с соответствующим значением индикатора напряженности в тех случаях, когда разность между ними не превышала 5%.

Проведенные расчеты показали, что для постсоветских стран получено хорошее совпадение расчетных значений напряженности народа и нормированного уровня убийств. Отметим, что совпадение удовлетворительно только в среднем, что естественно для достаточно грубой модели.

В работе получены следующие основные результаты: под влиянием некоторых значительных событий в 40% постсоветских стран наблюдалось быстрое изменение характера взаимодействия элиты и народа; региональные особенности оказывают некоторое влияние на взаимодействие элиты и народа; тип правления не оказывает существенного влияния на взаимодействие элиты и народа; предложен способ оценки стабильности страны по величине коэффициентов модели.

**Ключевые слова:** моделирование социальной напряженности, уточнение коэффициентов модели, оценка стабильности, региональные особенности, нормировка статистических данных

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Соглашение № 075-02-2021-1552).

UDC: 316.4 + 51-77

## Assessment of the elite–people interaction in post-soviet countries using the Bayesian approach

E. K. Basaeva<sup>1,2,a</sup>, E. S. Kamenetsky<sup>2,b</sup>, Z. Kh. Khosaeva<sup>3,c</sup>

<sup>1</sup>North Caucasus Center for Mathematical Research (North Ossetian State University),  
19, Vatutina st., Vladikavkaz, 362025, Russia

<sup>2</sup>Southern Mathematical Institute of VSC RAS,  
22, Markusa st., Vladikavkaz, 362027, Russia

<sup>3</sup>Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,  
22, Markusa st., Vladikavkaz, 362027, Russia

E-mail: <sup>a</sup> helen@smath.ru, <sup>b</sup> esk@smath.ru, <sup>c</sup> hzaiac83@mail.ru

*Received 20.07.2021, after completion – 31.08.2021.*

*Accepted for publication 25.09.2021.*

A previously developed model that describes the dynamics of social tension in a society divided into two groups: the elite and the people was considered. This model took into account the impact of economic situation changes and the elite–people interaction. The model has been modified by including in the equation describing the tension of the people, a term that takes into account the adaptation of the people to the current situation.

The model coefficients estimation is an important task, the solution of which allows obtaining information about the nature of the interaction between elite and people. We believe that the solution of the system of model equations with optimal coefficients is closest to the values of the indicator characterizing social tension. We used the normalized level of homicide rate as an indicator of social tension.

The model contains seven coefficients. Two coefficients characterizing the influence of economic situation changes on elite and people are taken equal to each other and the same for all countries. We obtained their estimations using a simplified model that takes into account only the change in the economic situation and allows an analytical solution.

The Bayesian approach was used to estimate the remaining five coefficients of model for post-Soviet countries. The prior probability densities of the four coefficients for all countries under consideration were taken to be the same. The prior probability density of fifth coefficient was considered to depend on the regime of government (authoritarian or «transitional»). We assumed that the calculated tension matches with the corresponding indicator of tension in cases where the difference between them does not exceed 5%.

The calculations showed that for the post-Soviet countries, a good coincidence was obtained between the calculated values of the people tension and the normalized level of homicide rate. The coincidence is satisfactory only on average.

The following main results was obtained at the work: under the influence of some «significant» events in 40% of post-Soviet countries, there was a rapid change in the nature of interaction between the elite and the people; regional feature have some influence on the elite–people interaction; the type of government does not significantly affect the elite–people interaction; the method for assessing the stability of the country by the value of the model coefficients is proposed.

**Keywords:** simulation of social tension, model coefficients refinement, stability assessment, regional features, normalization of statistics

*Citation:* *Computer Research and Modeling*, 2021, vol. 13, no. 6, pp. 1233–1247 (Russian).

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Agreement No. 075-02-2021-1552).

## Введение

В современном мире наличие широко распространенных средств массовой информации позволяет, при отсутствии эффективного противодействия, дестабилизировать политическую ситуацию практически в любом регионе мира. Но сделать это значительно сложнее, если социально-политическая напряженность, являющаяся интегральной характеристикой состояния общества, невелика. Понятие «социально-политическая напряженность» широко употребляется в социологии и политологии, но формализовать его достаточно трудно. В настоящей работе под *социально-политической напряженностью* мы понимаем «комплексный системный феномен, который интегрально характеризует социально-политические процессы с социально-психологической стороны, отражающий неудовлетворенность больших масс людей существующей системой социальных, экономических и политических отношений» [Внукова и др., 2014, с. 32].

Попытки количественной оценки социально-политической напряженности представляют значительный интерес для понимания и возможного прогнозирования социально-политических процессов, происходящих в обществе. Непосредственное измерение напряженности невозможно. Поэтому необходимо использовать индикаторы, то есть, согласно Дюркгейму, «надо... заместить ускользающий от нас внутренний факт внешним, который его символизирует, и изучать первый через последний» [Мертон, 2006, с. 225]. В связи с этим важной задачей становится поиск объективных количественных индикаторов социальной напряженности. Желательно использовать такие индикаторы, значения которых доступны за достаточно длительные промежутки времени.

Одним из возможных индикаторов социально-политической напряженности общества является количество умышленных убийств на сто тысяч человек населения страны, так как наиболее вероятной причиной роста уровня насильственных преступлений является усиление аномии (отсутствие или неустойчивость нормативного регулирования). В результате усиления аномии люди остаются без адекватного этического руководства в отношении их поведения, что подрывает социальную интеграцию. В аномичном обществе люди ведут себя в соответствии с конкретной ситуацией и своими личными прихотями и не принимают во внимание такие социальные ограничения, как законы или моральные правила [Ramirez, 2010]. При этом надо учитывать, что в обществах с различной культурной моделью поведения одинаковому уровню напряженности может соответствовать различный уровень насильственных преступлений. Общества с низким уровнем убийств отличаются строгой сетью социальных обязанностей и культурной ориентацией, которая подавляет агрессию [Saar, 2010]. Отметим, что краткосрочная динамика насильственных преступлений отражает изменение текущего состояния общества.

Согласно [Goertzel et al., 2013], имеющиеся данные согласуются с предположением о том, что всплески убийств иногда случаются, если в развивающихся странах модернизационные изменения вступают в противоречие со старыми социальными моделями. В статье [Tremaria, 2016, рис. 4] на примере событий в Венесуэле показано, что под воздействием высокого политического напряжения и социальной конфронтации (время выборов и кризисов власти) число убийств значительно увеличивалось. Также положительная корреляция между политической нестабильностью и большим количеством убийств была исследована в работе [Chu, Tusalem, 2013]. Они установили, что «в обществах с высоким уровнем политической нестабильности институционализация насилия становится защитной мерой в государстве, что приводит к снижению ценности жизни».

Для стран, находящихся в стадии демократизации («переходных» стран), уровень насильственных преступлений является самым высоким. Несформировавшиеся государства не могут должным образом обеспечивать безопасность граждан [Miller, 2015].

В данной работе рассматриваем общество, состоящее из двух социальных групп — элиты и народа. В качестве индикатора социально-политической напряженности народа используем

уровень убийств (число умышленных убийств на 100 тысяч человек населения). Отметим, что оценка социально-политической напряженности элиты, которая характеризует интенсивность внутриэлитной борьбы за власть, с помощью индикаторов практически невозможна.

Для того чтобы хотя бы приближенно количественно оценить влияние различных факторов на социально-политические напряженности элиты и народа, целесообразно использовать математическое моделирование. Величина коэффициентов в математических моделях характеризует степень влияния факторов, учитываемых в них, на напряженность.

Предметом настоящего исследования является уточнение значений коэффициентов модели (1)–(2) для постсоветских стран. Знание этих коэффициентов может позволить группировать страны по типу правления и региональным культурным особенностям. Кроме того, появляется возможность проверить наличие связи между значениями коэффициентов и политической стабильностью соответствующей страны, а также оценить характер взаимодействия между элитами и народом.

## Описание модели

При моделировании плохо формализуемых объектов, таких как социально-политическая напряженность, необходимо, чтобы модель была максимально простой и допускала четкую содержательную интерпретацию не только конечных результатов, но и всех ее составляющих.

Достаточно часто в работах, посвященных оценке социально-политической напряженности, используется ранжирование. Обычно рассматривается небольшое число уровней, но вполне очевидно, что их число может быть сколь угодно большим, то есть текущей напряженности можно поставить в соответствие действительное число из некоторого диапазона.

Непрерывность изменения напряженности является достаточно естественным допущением. Так, функции, рассматриваемые в задачах экономики и демографии, чаще всего дискретны, что не мешает при создании математических моделей использовать непрерывные функции и аппарат дифференциальных уравнений.

Социальную стратификацию практически любого общества можно считать непрерывной. Моделирование такой структуры требует применения интегро-дифференциальных уравнений в частных производных, что крайне затрудняет реалистичное задание коэффициентов и верификацию модели. Допущение дискретности социальной структуры общества, то есть деление общества на малое число взаимодействующих социальных групп, позволяет существенно упростить модель и делает возможной попытки ее количественной верификации.

Для анализа причин изменения социально-политической напряженности используем ранее разработанную [Басаева и др., 2016а] динамическую модель напряженности общества, состоящего из двух социальных групп: элиты и народа:

$$\frac{dP_1}{dt} = \gamma_1(U_{e1} - P_1) + c_1[\varphi(P_2)(P_2 - P_1) + \psi(P_2)P_1], \quad (1)$$

$$\frac{dP_2}{dt} = \gamma_2(U_{e2} - P_2) + c_2[\varphi(P_1)(P_1 - P_2) + \psi(P_1)P_2] - \xi(P_2)P_2. \quad (2)$$

Здесь  $P_1, P_2$  — напряженности элиты и народа соответственно (значениям, близким к нулю, соответствует низкая напряженность, а значениям, близким к единице, — очень высокая напряженность). Считаем, что на напряженность каждой социальной группы влияют следующие факторы: ее экономическое состояние, взаимодействие с другой группой и адаптация к сложившейся ситуации. Воздействие указанных факторов предполагается аддитивным.

Первые слагаемые в правых частях уравнений (1) и (2) описывают изменение напряженностей элиты и народа в направлении, определяемом изменением экономической ситуации (то есть функциями  $U_{ei}$ ,  $i = 1, 2$ ). Коэффициенты  $\gamma_i$  характеризуют скорость этого изменения.

Выражения в квадратных скобках описывают воздействие народа на элиту и элиты на народ соответственно. Это воздействие складывается из выравнивающего и источникового членов. Коэффициенты  $c_i$  характеризуют интенсивность восприятия  $i$ -й группой воздействия  $j$ -й группы ( $i, j = 1, 2, j \neq i$ ). Переменные коэффициенты  $\varphi(P_j) := \frac{P_j}{1-P_j}$  и  $\psi(P_j) := \eta_j P_j$  характеризуют скорость выравнивания напряженностей взаимодействующих групп и интенсивность возбуждающего воздействия  $j$ -й группы на  $i$ -ю ( $i, j = 1, 2, i \neq j$ ) соответственно.

В отличие от работы [Басаева и др., 2016а] во второе уравнение модели введен дополнительный член  $-\xi(P_2)P_2$ ,  $\xi(P_2) := kP_2$ , учитывающий самоуспокоение народа (его адаптацию к создавшейся ситуации). В первом уравнении аналогичный член отсутствует, так как предполагается, что внутриэлитная борьба присутствует всегда.

В рассматриваемой задаче единицей времени является год, а интересующие нас промежутки времени — порядка десяти лет и более.

Предполагаем, что значения коэффициентов  $\eta_1, \eta_2, c_1$  и  $k$  лежат в диапазоне  $[0, 1]$ , а коэффициент  $c_2$ , определяющий интенсивность воздействия элиты на народ, — в диапазоне  $[0, 1,5]$ , так как воздействие элиты на народ, как правило, более существенно.

## Выбор масштаба и нормировка статистических данных

Диапазон изменения напряженности может быть выбран произвольно. Выбираем диапазон изменения  $P_1, P_2$  равным интервалу  $(0, 1)$ . Такой выбор в значительной мере определяет, какой количественный уровень напряженности соответствует различным состояниям общества. Считаем, что напряженности, равной 0,2, соответствует спокойное общество с незначительным числом протестов; 0,5 — массовым мирным протестным акциям; 0,75 — гражданской войне. Значения напряженности, меньшие 0,15, соответствуют абсолютно спокойному обществу, а значения большие 0,85 — полному распаду властных структур на соответствующей территории, что не наблюдалось ни в одной из постсоветских стран за рассматриваемый период. Таким образом, мы ограничиваем диапазон возможных значений напряженности за исследуемый период отрезком  $[0,2, 0,75]$ .

В связи с тем, что население постсоветских стран имеет различные культурные стереотипы, использовать в качестве индикатора социально-политической напряженности номинальные значения уровня убийств невозможно. Эту величину необходимо нормировать. Для нормировки использовалось выражение

$$y = a + b \cdot \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}},$$

где  $x$  — текущий уровень убийств,  $x_{\min}, x_{\max}$  — его минимальное и максимальное значения за постсоветский период,  $y$  — нормированный уровень убийств.

При выборе коэффициентов нормировки мы предполагаем, что напряженность (и, соответственно, значение нормированного индикатора  $y$ ) лежит в диапазоне  $[0,2, 0,75]$ . Далее для каждой из постсоветских стран экспертно определялся диапазон изменения напряженности  $[a, a + b]$  за рассматриваемый период.

Константа  $a$  определяет величину напряженности, соответствующую минимуму уровня убийств за рассматриваемый период. Если в год достижения минимума число протестных и террористических акций невелико, то  $a = 0,2-0,25$ ; если же имели место заметные протесты и террористические акции, то  $a = 0,3-0,35$ .

Значение напряженности при максимуме уровня убийств характеризуется суммой  $a + b$ . Максимальный уровень убийств во всех постсоветских странах за все постсоветские годы, для которых имелись статистические данные, наблюдался в первые годы после распада Советского

Союза. Это было связано с резким изменением характера жизни, падением экономики и межэтническими трениями. Если в стране в это время была гражданская война или крупные межэтнические столкновения, то  $a + b = 0,7-0,75$ . Для Армении мы считали, что  $a + b = 0,6$ , поскольку война в Карабахе происходила не на ее территории. Очень высокий уровень преступности в Литве и Казахстане учитывался аналогично:  $a + b = 0,6$ . В остальных странах в эти годы либо отмечались более или менее мирные протестные акции, либо принимались дискриминационные по отношению к нетитульным национальностям законы. Для них  $a + b = 0,5-0,55$ . Статистические данные по уровню убийств взяты из [Мировой атлас данных, Преступность, Уровень убийств].

Функция  $U_{e2}$  определяется следующим выражением:

$$U_{e2} = \left[ \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{2}{\pi} \arctg \left( d \frac{\Delta E}{E} \right) \right) \right]^n, \quad (3)$$

где  $\frac{\Delta E}{E}$  — темпы роста ВВП по ППС на душу населения (источник данных [Мировой атлас данных]),  $d$  и  $n$  — константы. Вид функции  $U_{e2}$  выбран так, что при увеличении темпов роста экономики обеспечивает быстрое падение  $U_{e2}$  практически до нуля, а при экономическом спаде  $U_{e2}$  — быстрый рост и асимптотическое приближение к единице. Значение константы  $n = 2$  было выбрано таким образом, чтобы при стагнации (т.е. при  $\Delta E = 0$ )  $U_{e2} = 0,25$ . Значение параметра  $d = 10$  подобрано так, чтобы при десятипроцентном падении темпов роста экономики  $U_{e2} \approx 0,6$ . Полагая, что даже при резком падении экономики элита сохраняет привычный уровень жизни, считаем  $U_{e1} = 0,25U_{e2}$ . Типичный вид функции  $U_{e2}$  приведен на рис. 1.

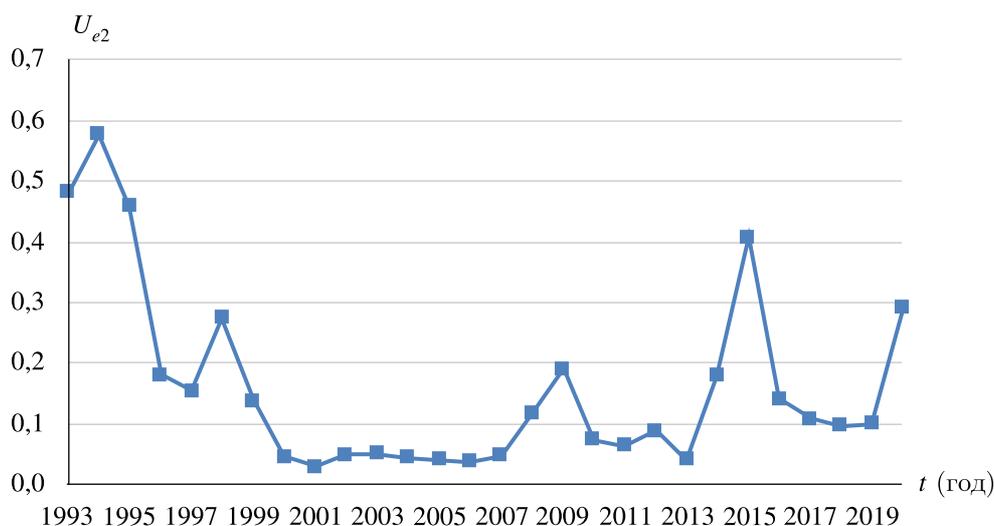


Рис. 1. Функция  $U_{e2}$  для Казахстана

В предыдущих работах авторов различные модификации модели социальной напряженности взаимодействующих социальных групп [Басаева и др., 2016а] использовались для:

- объяснения роста социальной напряженности в послевоенном РСФСР и ее кратковременного падения в середине 1980-х гг. [Басаева и др., 2016б];
- моделирования изменения стачечной активности в России конца XIX – начала XX вв. [Басаева и др., 2017];
- моделирования изменения напряженности народа во время революции 1917 г. [Basaeva et al., 2020].

В этих работах модель верифицировалась по имеющимся историческим данным.

## Оценка значений коэффициентов модели

Цель работы — уточнение коэффициентов модели (1)–(2) для постсоветских стран. Экспертные априорные оценки этих коэффициентов чересчур субъективны. Выбранный нами индикатор (нормированный уровень убийств) показывает изменение напряженности народа и содержит ошибку, связанную как с неточностью статистических данных, так и с некоторым произволом при выборе коэффициентов нормировки. Поэтому для решения поставленной задачи наиболее предпочтительным является байесовский подход, позволяющий уменьшить влияние на результат как ошибки априорных оценок, так и неточности статистических данных. Отметим, что метод Байеса нередко применяется для корректировки прогнозов путем уточнения коэффициентов регрессионных моделей, применяемых при прогнозировании [Raftery, 1995; Yao et al., 2018; Mayo, Frank, 2018].

В систему уравнений (1)–(2) входит девять коэффициентов, два из которых —  $n = 2$  и  $d = 10$  — выбраны в предыдущем параграфе и одинаковы для всех постсоветских стран.

Дальнейшим упрощением модели является предположение о том, что  $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma = \text{const}$ . Для грубой оценки значения этой константы считаем, что при достаточно длительном (продолжающемся пять и более лет) значительном экономическом росте напряженность народа  $P_2$  уменьшается только за счет изменения экономики. С учетом этого предположения уравнение (2), описывающее напряженность народа, упрощается и принимает вид

$$\frac{dP_2}{dt} = \gamma_2(U_{e2} - P_2).$$

Считая  $U_{e2}$  постоянным и равным среднему значению за рассматриваемый промежуток времени и интегрируя последнее уравнение, получаем

$$\gamma_1 = \gamma_2 = \frac{1}{t_1 - t_0} \ln \frac{U_{e2} - P_{20}}{U_{e2} - P_{21}}, \quad (4)$$

где  $t_0$  и  $t_1$  — начальный и конечный годы рассматриваемого интервала времени;  $P_{20}$ ,  $P_{21}$  — оценки напряженности по нормированному уровню убийств в годы  $t_0$  и  $t_1$  соответственно. Для постсоветских стран, в которых в течение не менее пяти лет наблюдались значительные темпы роста экономики, по формуле (4) получены значения  $\gamma$  (таблица 1).

Таблица 1. Оценки константы  $\gamma$

Страна	Рассматриваемый период	$\gamma$
Российская Федерация	2003–2008	0,15
Туркменистан	1999–2005	0,15
Беларусь	2004–2008	0,12
Латвия	2001–2007	0,1
Казахстан	2000–2007	0,04
Среднее значение		0,1

В Армении и Азербайджане в периоды значительного экономического роста на напряженность существенно влиял неразрешенный конфликт, связанный с Нагорным Карабахом. У остальных постсоветских стран не было достаточно длительных периодов интенсивного экономического роста. Среднее значение  $\gamma = 0,1$  будем использовать в дальнейших расчетах для всех постсоветских стран.

Для уточнения остальных коэффициентов модели воспользуемся формулой Байеса:

$$f_A(A_j | B) = \frac{P(B | A_j) \cdot f_A(A_j)}{P(B)},$$

где  $A_j = (\eta_{1j}, \eta_{2j}, c_{1j}, c_{2j}, k_j)$  — набор значений коэффициентов модели,  $B$  — случайная величина — число «совпадений» значений нормированных убийств с расчетными значениями напряженности народа  $P_2$ ;  $P(B)$  — полная вероятность наступления события  $B$ . Под «совпадением» мы понимаем ситуацию, когда разность расчетных значений  $P_2$  и нормированного уровня убийств в одном и том же году не превышает 5% от величины нормированного значения уровня убийств.

Через  $P(B | A_j)$  обозначена условная вероятность события  $B$  при заданном наборе коэффициентов  $A_j$ , которая равна

$$P(B = m | A = A_j) = \frac{m}{N},$$

где  $m$  — количество «совпадений» при  $A = A_j$ ,  $N$  — общее количество сравниваемых точек. Так как коэффициенты  $\eta_1, \eta_2, c_1, c_2, k$  взаимно независимы, то априорную плотность вероятности данного набора коэффициентов  $A_j$  можно вычислить по формуле

$$f_A(A_j) = f_1(\eta_{1j})f_2(\eta_{2j})f_3(c_{1j})f_4(c_{2j})f_5(k_j).$$

Для коэффициентов  $\eta_1, \eta_2, c_1, c_2$  априорные плотности вероятности задавались так, чтобы их максимальные значения принималось не в единственной точке, а на некотором отрезке (рис. 2, а):

$$f_i(x) = \begin{cases} p_{\max} \cdot \frac{x}{x_1}, & 0 \leq x \leq x_1, \\ p_{\max}, & x_1 < x \leq x_2, \\ p_{\max} \cdot \frac{x_3 - x}{x_3 - x_2}, & x_2 < x \leq x_3, \end{cases} \quad i = 1, \dots, 4.$$

Значения  $x_1, x_2, x_3$  и  $p_{\max}$  приведены в таблице 2.

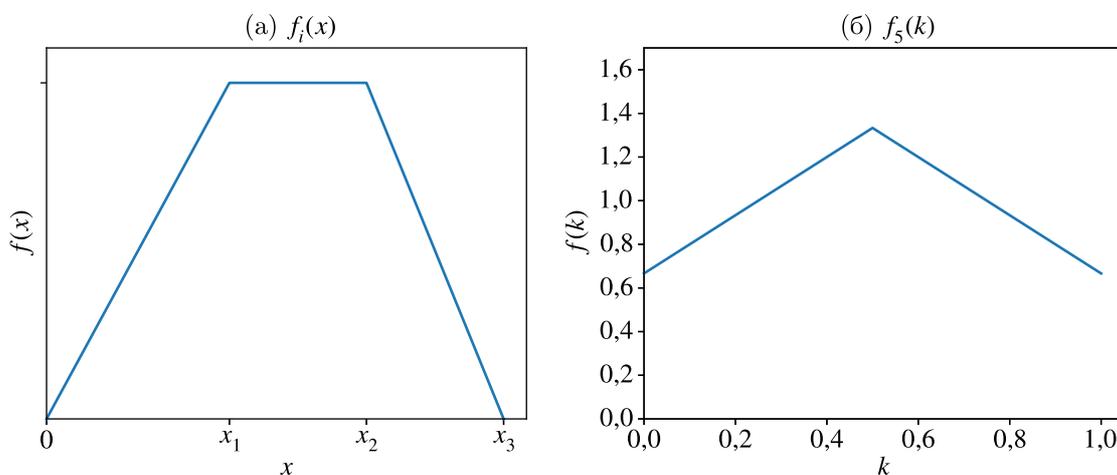


Рис. 2. Априорные плотности вероятностей для коэффициентов модели

Считаем, что максимальное значение априорной плотности вероятности коэффициента  $k$  достигается при  $k = 0,5$ , и плотность вероятности для этого коэффициента имеет следующий вид (рис. 2, б):

$$f_5(k) = \begin{cases} \frac{2}{3} + \frac{4}{3} \cdot k, & 0 \leq k \leq 0,5, \\ 2 - \frac{4}{3} \cdot k, & 0,5 < k \leq 1. \end{cases}$$

Отметим, что для всех постсоветских стран априорные плотности вероятностей коэффициентов  $\eta_1, c_1, c_2$  и  $k$  одинаковы. А распределение априорной плотности вероятности  $\eta_2$  выбирается

Таблица 2. Характерные значения параметров плотностей вероятностей для коэффициентов модели

Коэффициент	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$P_{\max}$
$c_1$	0,3	0,5	1	1,67
$c_2$	0,5	1	1,5	1
$\eta_1$	0,4	0,7	1	1,54
$\eta_2$ («переходный» режим)	0,4	0,7	1	1,54
$\eta_2$ (авторитарный режим)	0,3	0,6	1	1,54

в зависимости от режима правления (авторитарный или переходный). Под переходным мы понимаем режим правления, возникающий на основе авторитарного вследствие незавершенного демократического перехода.

Лучшими наборами коэффициентов  $A_j$  будем считать те, при которых апостериорная плотность вероятности  $f_A(A_j | B)$  максимальна. Для определения таких наборов коэффициентов система (1)–(2) решалась при всех комбинациях значений коэффициентов  $c_1, c_2, \eta_1, \eta_2, k$  с шагом 0,1 из области  $D$ . Для каждой страны расчеты по модели (1)–(2) проводились за непрерывные периоды, для которых имелись достоверные статистические данные, и на территории страны не было длительных военных действий.

В расчетах начальные значения напряженностей элиты и народа принимались равными между собой ( $P_1(0) = P_2(0) = P_0$ ) и определялись по нормированному уровню убийств в том году, с которого начинался расчет.

## Результаты

Оптимальные значения коэффициентов модели (1)–(2), то есть значения, при которых достигается максимальная апостериорная плотность вероятности, приведены в таблице 3. Если оптимальных вариантов было несколько, выбирался вариант с приблизительно медианным значением всех коэффициентов. В таблице также приведено значение комплекса

$$S := c_1(1 + \eta_1) + c_2(1 + \eta_2) - k,$$

который в какой-то мере характеризует стабильность страны, так как большие значения коэффициентов могут вызвать неустойчивость системы уравнений (катастрофу складки) [Басаева и др., 2016а].

Для всех постсоветских стран получено удовлетворительное совпадение расчетных значений напряженности народа  $P_2$  и ее индикатора — нормированного уровня убийств (см., например, рис. 3, 4). Отметим, что совпадение удовлетворительно только в среднем, что естественно для достаточно грубой модели. Отклонения текущих значений нормированных статистических данных от результатов расчетов могут быть достаточно заметными, что объясняется как случайными флуктуациями уровня убийств, так и влиянием факторов, не учтенных в модели.

Для шести стран (40 % от всех рассматриваемых) единый набор коэффициентов не обеспечивал удовлетворительного совпадения результатов расчетов по модели со значениями нормированного индикатора на всем временном промежутке. Поэтому рассматриваемый промежуток времени разбивался на два периода, для каждого из которых определялся отдельный оптимальный набор коэффициентов. В качестве примера приведены результаты, полученные для Литвы (рис. 5, 6).

Изменение коэффициентов можно интерпретировать как изменение характера взаимодействия элиты и народа. В пяти из шести случаев это связано со значительным событием в жизни страны. В Литве это импичмент президента Пакуса, на Украине — «оранжевая революция»,

Таблица 3. Оптимальные значения коэффициентов модели (1)–(2) для постсоветских стран

Страна	Период	$a$	$b$	Режим	$S$	$\eta_1$	$\eta_2$	$c_1$	$c_2$	$k$
Группа 1. Средняя Азия										
Казахстан	1993–2017	0,3	0,3	авторит.	1,17	0,6	0,7	0,3	0,7	0,5
Таджикистан	1997–2011	0,35	0,4	авторит.	1,36	0,7	0,4	0,6	0,6	0,5
Туркменистан	1993–2006	0,2	0,3	авторит.	0,82	0,4	0,5	0,3	0,6	0,5
Узбекистан	1993–2017	0,25	0,25	авторит.	1,64	0,4	0,6	0,5	0,9	0,5
Киргизия										
(период 1)	1993–2004	0,35	0,35	переход.	1,06	0,7	0,5	0,3	0,7	0,5
(период 2)	2004–2018	0,35	0,35	переход.	1,54	0,4	0,8	0,3	0,9	0,5
Группа 2. Закавказье										
Армения	1995–2018	0,3	0,3	переход.	2,05	0,5	0,5	0,6	1,1	0,5
Азербайджан										
(период 1)	1995–2003	0,3	0,4	авторит.	0,78	0,6	0,5	0,3	0,6	0,6
(период 2)	2003–2018	0,3	0,4	авторит.	1,79	0,7	0,6	0,5	0,9	0,5
Грузия										
(период 1)	1995–2004	0,35	0,4	переход.	1,48	0,6	0,6	0,5	0,8	0,6
(период 2)	2004–2018	0,35	0,4	переход.	1,36	0,4	0,8	0,3	0,8	0,5
Группа 3. Славянские страны и Молдова										
Россия	2002–2018	0,3	0,4	авторит.	1,04	0,4	0,6	0,3	0,7	0,5
Беларусь										
(период 1)	1993–2002	0,2	0,3	авторит.	2,03	0,4	0,7	0,4	1,1	0,4
(период 2)	2002–2018	0,2	0,3	авторит.	1,2	0,4	0,6	0,3	0,8	0,5
Украина										
(период 1)	1993–2004	0,25	0,3	переход.	1,63	0,5	0,7	0,4	0,9	0,5
(период 2)	2004–2014	0,25	0,3	переход.	0,72	0,4	0,5	0,3	0,6	0,6
Молдова	1993–2018	0,3	0,45	переход.	1,56	0,4	0,5	0,4	1	0,5
Группа 4. Прибалтика										
Эстония	1994–2018	0,25	0,25	переход.	1,15	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6
Латвия	1993–2018	0,25	0,25	переход.	1,15	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6
Литва										
(период 1)	1996–2004	0,25	0,35	переход.	1,42	0,6	0,6	0,4	0,8	0,5
(период 2)	2004–2018	0,25	0,35	переход.	1,14	0,4	0,8	0,4	0,6	0,5

в Грузии — приход к власти Саакашвили («революция роз»), в Азербайджане — приход к власти Ильхама Алиева, сопровождавшийся демонстрациями протеста, которые были жестоко разогнаны, в Киргизии — свержение Аскара Акаева («тюльпановая революция»). Особняком стоит Беларусь. Изменение коэффициентов модели в этом случае можно объяснить двумя причинами: кризисом оппозиции (на парламентских выборах 2004 г. оппозиция не получила ни одного места в парламенте) и значительным снижением инфляции (с 46,12 % в 2001 г. до 25,37 % в 2003 г. и 7,95 % в 2005 г.). В двух случаях — в Азербайджане и Киргизии — после этих событий напряженность стала больше, чем была бы при сохранении коэффициентов, а в остальных странах ситуация улучшилась. Отметим, что, судя по статистическим данным, на Украине после прихода к власти Януковича ситуация вновь изменилась, но промежуток времени между этим событием и Евромайданом слишком мал для того, чтобы оценить новый набор коэффициентов (рис. 7). В Азербайджане после 2014 г. (перевыборы Ильхама Алиева, подавление беспорядков в Исмаиллы) коэффициенты также изменились — произошла некоторая стабилизация. Но и в этом случае оценить изменение коэффициентов можно будет только через несколько лет. Отметим, что переход от одного набора коэффициентов к другому (изменение характера взаимодействия элиты и народа) происходит достаточно быстро — в течение одного-трех лет.

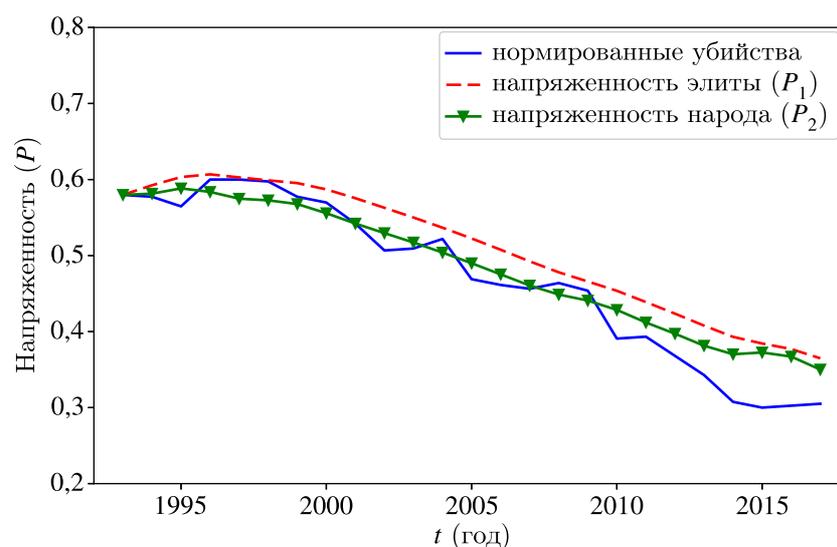


Рис. 3. Сравнение расчетных значений напряженностей элиты и народа с нормированным уровнем убийств для Казахстана (1993–2017)

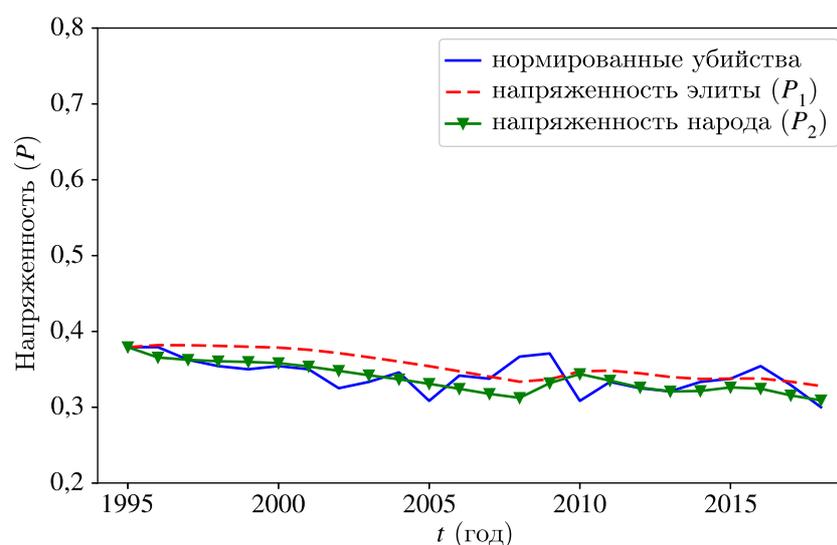


Рис. 4. Сравнение расчетных значений напряженностей элиты и народа с нормированным уровнем убийств для Армении (1995–2018)

Несмотря на малое количество стран, для которых проводились расчеты, можно попытаться оценить влияние политического режима и региональных культурных различий на взаимодействие элиты и народа. Анализ результатов показал, что различия между коэффициентами в странах с авторитарным режимом правления и в странах, в которых происходил переход к демократии, незначительны. Страны с неустановившейся демократией в конце XX и начале XXI века несколько более нестабильны (комплекс  $S$  у них в среднем больше); см. таблицу 3. В дальнейшем и это отличие становится незначимым.

Региональные особенности постсоветских стран проявляются в значениях коэффициентов модели. Коэффициенты  $\eta_1$  и  $c_1$  характеризуют внутриэлитную борьбу, причем большим значениям соответствует более явно проявляющаяся борьба. Наименьшие значения этих коэффициентов получены для славянских стран и Молдовы, а наибольшие — для стран Прибалтики. Кроме того,

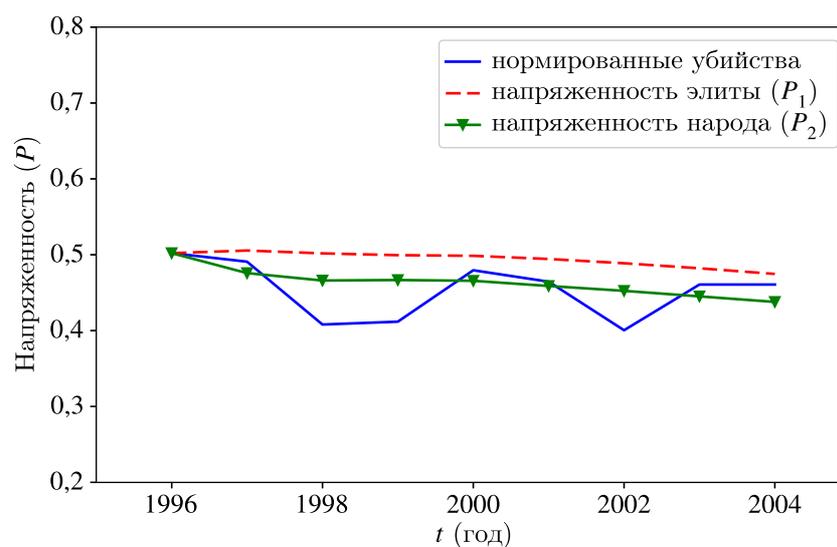


Рис. 5. Сравнение расчетных значений напряженностей элиты и народа с нормированным уровнем убийств для Литвы (1996–2004)

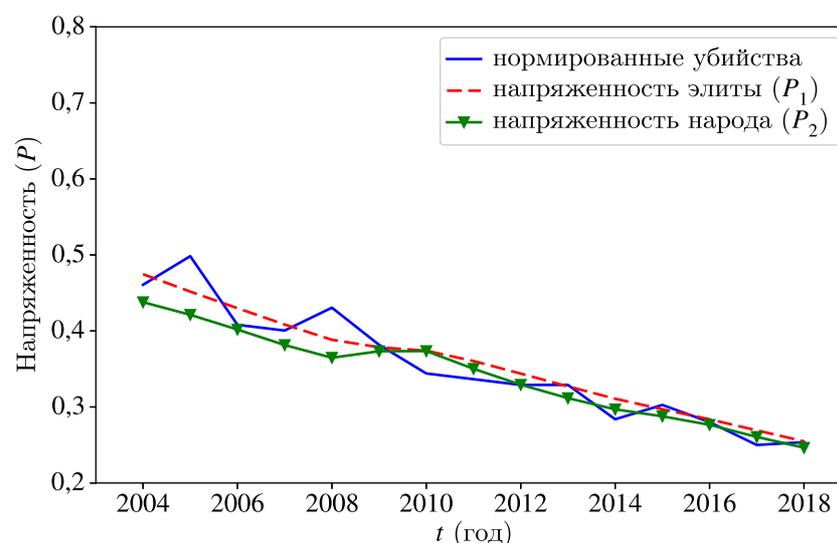


Рис. 6. Сравнение расчетных значений напряженностей элиты и народа с нормированным уровнем убийств для Литвы (2004–2018)

коэффициент  $c_1$ , характеризующий воздействие напряженности народа на внутриэлитную борьбу, в странах Закавказья так же высок, как и в Прибалтике. Коэффициент  $c_2$ , характеризующий вовлеченность народа в политические процессы, т. е. влияние элиты на народ, самый низкий в Прибалтике. Отметим, что для всех групп стран при переходе от первого периода ко второму наблюдалось уменьшение средних коэффициентов  $\eta_1$  и увеличение (кроме группы 3 — славянские страны и Молдова) средних коэффициентов  $\eta_2$  (рис. 8). Это можно интерпретировать как ослабление внутриэлитной борьбы и большую вовлеченность народа в политику. Таким образом, в каждой стране есть свои особенности, но в целом региональные (групповые) отличия проявляются довольно отчетливо.

Наиболее нестабильными, судя по значениям комплекса  $S$ , в конце XX и начале XXI веков (период 1) были славянские страны с Молдовой, а наибольшая стабильность была в Средней

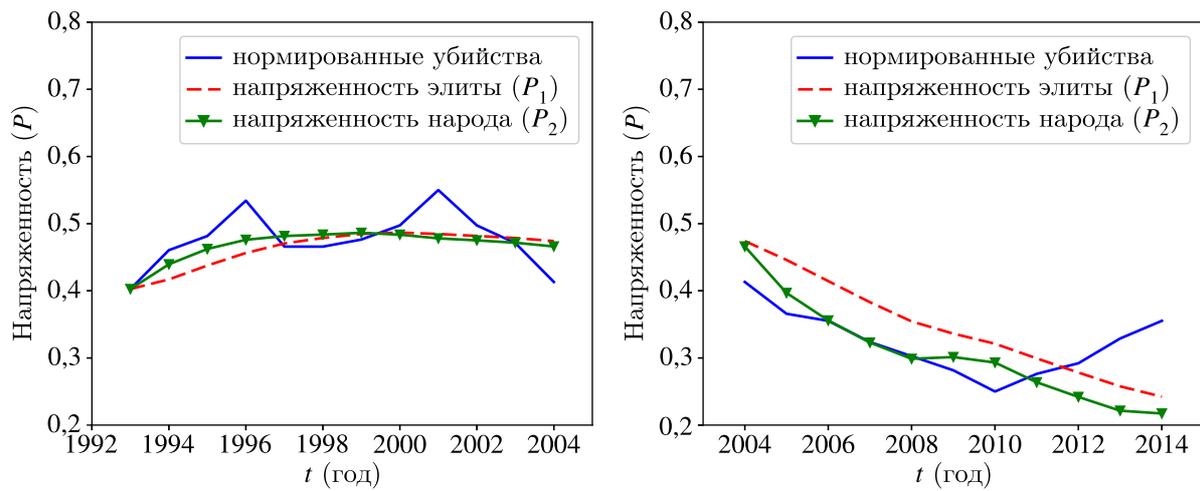


Рис. 7. Сравнение расчетных значений напряженностей элиты и народа с нормированным уровнем убийств для Украины

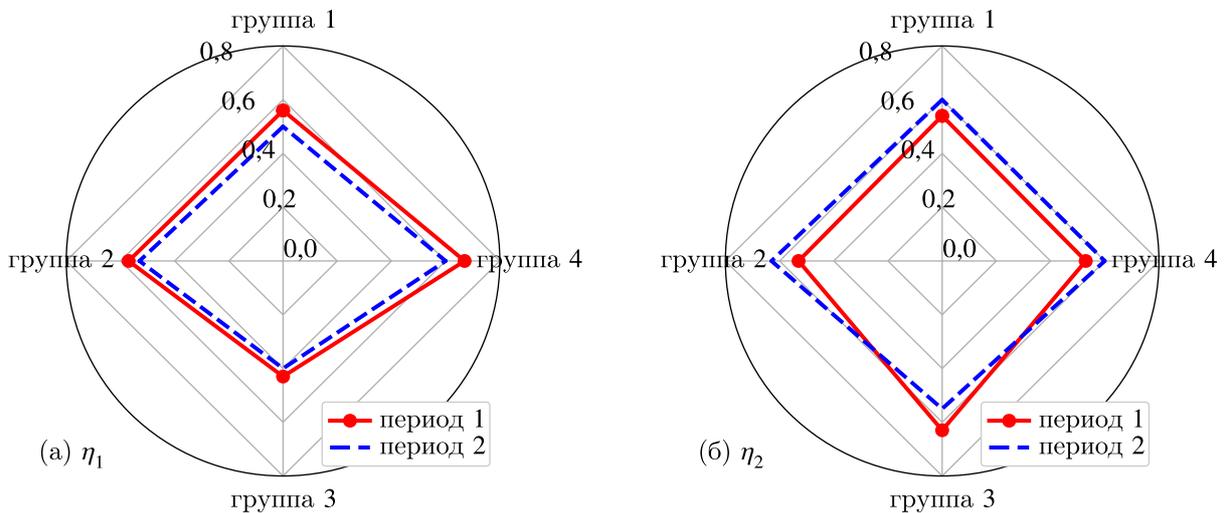


Рис. 8. Средние значения коэффициентов  $\eta_1$  (а) и  $\eta_2$  (б) по группам стран

Азии и Прибалтике. Позже (период 2) наиболее высокий уровень нестабильности получен в Закавказье, а стабильными стали страны Прибалтики и славянские страны с Молдовой.

Отметим также, что по результатам расчетов напряженность элиты почти всегда больше напряженности народа или примерно равна ей. Единственным исключением является Беларусь (период 1).

Отметим также, что стабилизация обстановки при переходе от первого периода ко второму в Литве, Беларуси, Украине и Грузии сопровождается уменьшением всех коэффициентов модели, кроме  $k$ . Причем наиболее существенно уменьшаются коэффициенты  $\eta_1$  и  $c_2$ . Это можно интерпретировать как ослабление внутриэлитной борьбы и уменьшение воздействия элиты на народ (меньшую вовлеченность народа в политику).

Естественно, модель, учитывающая только влияние изменения экономической ситуации, взаимодействия элиты и народа и адаптацию народа, является достаточно грубой, но вполне может отражать основную тенденцию изменения социально-политической напряженности. На

эту тенденцию накладываются более или менее случайные флуктуации, связанные прежде всего с тем, что «влиятельные политические акторы, элиты, часто способны совершить глубокие политические изменения без участия не-элит» [Хигли, 2010], а также с воздействием сил, внешних по отношению к рассматриваемому социуму.

## Заключение

Несмотря на грубость используемой модели, анализ значений коэффициентов, уточненных с использованием байесовского подхода, позволяет получить некоторую информацию о взаимодействии элиты и народа. При этом необходимо отметить, что если восприятие народом состояния элиты может быть оценено по результатам опросов и фокус-групп, то процессы, происходящие в элите, могут анализироваться только косвенными методами, одним из которых является математическое моделирование.

В настоящей работе получены следующие основные результаты:

- под влиянием некоторых значительных событий в стране возможно быстрое изменение характера взаимодействия элиты и народа;
- региональные особенности оказывают некоторое влияние на взаимодействие элиты и народа;
- для постсоветских стран влияние типа правления на взаимодействие элиты и народа обнаружить не удалось.

Полученные результаты являются предварительными и могут рассматриваться политологами как дополнительная информация для анализа процессов в постсоветских странах.

## Список литературы (References)

- Басаева Е. К., Каменецкий Е. С., Хосаева З. Х.* Математическое моделирование социальной напряженности взаимодействующих социальных групп // Анализ и моделирование мировой и страновой динамики: экономические и политические процессы / отв. ред. С. Ю. Малков, Л. В. Гринин. — М.: Моск. ред. изд-ва «Учитель», 2016. — С. 130–145. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29413146>
- Basaeva E. K., Kamenetsky E. S., Hosaeva Z. Kh.* Matematicheskoe modelirovanie sotsial'noi napryazhennosti vzaimodeistvuyushchikh sotsial'nykh grupp [Mathematical modeling of social tension of interacting social groups] // Analysis and modeling of global and country-specific dynamics: economic and political processes / executive ed. S. Yu. Malkov, L. E. Grinin. — Moscow: Publishing house Uchitel, 2016. — S. 130–144 (in Russian).
- Басаева Е. К., Каменецкий Е. С., Хосаева З. Х.* Математическое моделирование изменения социальной напряженности в СССР в послевоенные годы // Историческая информатика. Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. — 2016. — № 1–2. — С. 12–19. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26738752>
- Basaeva E. K., Kamenetsky E. S., Hosaeva Z. Kh.* Matematicheskoe modelirovanie izmeneniya sotsial'noi napryazhennosti v SSSR v poslevoennye gody [Mathematical Modeling of Social Tension Change in Postwar USSR] // Historical Information Science. Information Technology and Quantitative Methods in Historical Research and Education. — 2016. — № 1–2. — S. 12–19 (in Russian).
- Басаева Е. К., Каменецкий Е. С., Хосаева З. Х.* Математическая модель стачечного движения в России в конце XIX – начале XX века // Историческая информатика. — 2017. — № 1 (19). — С. 52–62. — DOI: 10.7256/.2017.1.22929
- Basaeva E. K., Kamenetsky E. S., Hosaeva Z. Kh.* Matematicheskaya model' stachechnogo dvizheniya v Rossii v kontse XIX – nachale XX veka [Mathematical Model of Russia's Strike Movement in the late XIX – early XX century] // Istoricheskaya informatika [Historical Information Science]. — 2017. — № 1 (19). — S. 52–62. — DOI: 10.7256/.2017.1.22929 (in Russian).

- Внукова Л. Б., Челпанова Д. Д., Пащенко И. В.* Социально-политическая напряженность в полиэтничном регионе. — Ростов н/Дон: ЮИЦ РАН, 2014. — 192 с. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25040710>  
*Vnukova L. B., Chelpanova D. D., Pashenko I. V.* Sotsial'no-politicheskaya napryazhennost' v polietnichnom regione [Socio-political tension in a multi-ethnic region]. — Rostov n/Don: YuNTs RAN, 2014. — 192 s. (in Russian).
- Мертон Р.* Социальная теория и социальная структура. — М.: АСТ: АСТ МОСКВА: ХРАНИТЕЛЬ, 2006. — 873 с.  
*Merton R. K.* Social Theory and Social Structure. — New York: The Free Press, 1968. (Russ. ed.: *Merton R.* Social Theory and Social Structure. — Moskva: АСТ: АСТ МОСКВА: KHRANITEL, 2006. — 873 p.)
- Мировой атлас данных. — URL: <https://knoema.ru/ATLAS> (дата обращения: 04.04.2021).  
Mirovoi atlas dannykh [World Data Atlas]. — URL: <https://knoema.ru/ATLAS> (access date: 04.04.2021).
- Хигли Дж.* Элиты, массовые группы и пределы политики: методология и практика сравнительного анализа // Сравнительная политика. — 2010. — № 1. — С. 50–72. — DOI: 10.18611/2221-3279-2010-1-1-50-72  
*Higley J.* Elity, massovye grupy i predely politiki: metodologiya i praktika sravnitel'nogo analiza [Elites, Mass Groups and the Limits of Politics: Methodology and Practice of Comparative Analysis] // Comparative Politics. — 2010. — No. 1. — P. 50–72 (in Russian).
- Basaeva E. K., Kamenetsky E. S.* Influence of Historical Memory on the Dynamics of Social Tension // Advances in Economics, Business and Management Research. — 2020. — Vol. 113: Factors of Regional Extensive Development (FRED 2019). — P. 550–554. — DOI: 10.2991/fred-19.2020.112
- Chu D. C., Tusalem R. F.* The role of the state on cross-national homicide rates // International Criminal Justice Review. — 2013. — Vol. 23, No. 3. — P. 252–279. — DOI: 10.1177/1057567713500790
- Goertzel T., Shohat E., Kahn T., Zanetic A., Bogoyavlenskiy D.* Homicide Booms and Busts: A Small-N Comparative Historical Study // Homicide Studies. — 2013. — Vol. 17. — P. 59–74.
- Mayo M., Frank E.* Improving Naive Bayes for Regression with Optimised Artificial Surrogate Data // arXiv:1707.04943v3 [cs.AI]. — 27 Nov 2018. P. 1–27.
- Miller L. L.* What's Violence Got to do with It? Inequality, Punishment, and State Failure in US Politics // Punishment & Society. — 2015. — Vol. 17, no. 2. — P. 184–210.
- Raftery A. E.* Bayesian Model Selection in Social Research // Sociological Methodology. — 1995. — Vol. 25. — P. 111–163.
- Ramirez-de Garay L. D.* Social Strain: a Sociological Analysis of Violent Crime Rates in Europe // Thesis submitted for assessment with a view of obtaining the Degree of Doctor of Philosophy of the University of Bielefeld, Faculty of Sociology. — 2010. — 163 p.
- Saar J.* Intentional Homicides in Estonia: The Short-term and Long-term Trends // Juridica International. — 2010. — Vol. 17. — P. 236–242.
- Tremaria S.* Violent Caracas: Understanding Violence and Homicide in Contemporary Venezuela // International Journal of Conflict and Violence. — 2016. — Vol. 10, no. 1. — P. 62–76.
- Yao Y., Vehtari A., Simpson D., Gelman A.* Using Stacking to Average Bayesian Predictive Distributions (with Discussion) // Bayesian Analysis. — 2018. — Vol. 13, no 3. — P. 917–1007. — DOI: 10.1214/17-BA1091