

Оценка динамики межнационального согласия при использовании комплекса Марковских и полумарковских моделей

А.В. Скатков, Д.Ю. Воронин, О.В. Ярмак, П.Н. Кузнецов, В.П. Евстигнеев

Аннотация — Республика Крым и город Севастополь являются многонациональными регионами и в них проблема межнационального согласия была актуальна в различные периоды истории и остается чрезвычайно важной с учетом новых информационных, цифровых, экстремистских и террористических вызовов современного мира. При этом стремительное развитие современных информационно-коммуникационных технологий в этом смысле создаёт дополнительные внешние вызовы и угрозы, что заставляет задуматься о необходимости формирования эффективных средств оценки и противодействия деградиционным воздействиям на интернет-аудиторию нашего общества, препятствуя тем самым распространению экстремистских настроений и террористических установок.

Для оценки эффективности управляющих воздействий, направленных на межнациональную консолидацию общества, недостаточно использовать только Марковские модели, так как они не имеют эффекта «памяти» и не оценивают времена переходов и времена пребывания акторов рассматриваемой социальной системы в устойчивых состояниях. Комплексное использование Марковских и полумарковских моделей позволит на более высоком уровне адекватности описывать процессы адаптации ключевых акторов, поведение которых определяется «предысторией» их функционирования, текущими управляющими сигналами и другой априорной информацией. Это позволяет оценить степень деградиционного воздействия на интернет-аудиторию многонациональных регионов, проанализировать группы риска в соответствующем интернет-сегменте и выявить тенденции его развития.

Предложенный комплекс моделей ориентирован на выявление содержательных и динамических характеристик социально-медийных информационных потоков, свидетельствующих о проблемах в достижении межнационального согласия в Республике Крым и городе Севастополе, а также циркулирующие в социальных медиа дискурсы, формирующие установки пользователей в отношении межнационального согласия на полуострове.

Ключевые слова — Марковские модели, полумарковские процессы, межнациональное согласие, динамика информационных потоков, анализ социальных медиа, системный анализ.

I. ВВЕДЕНИЕ

Формирование взаимоуважения и согласия между представителями различных национальностей и народностей в Республике Крым имеет большое социально-политическое значение. В современных условиях эта проблема не потеряла актуальность, а, наоборот, с учётом новых экстремистских и террористических вызовов современного мира приобрела новые аспекты. Таким образом, научное исследование, осуществляемое при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта при использовании Марковских и полумарковских процессов является актуальным.

В статье основное внимание уделяется анализу динамики межнационального согласия в рассматриваемом интернет-сегменте. Наряду с классическим математическим аппаратом, применимым для обработки социологических данных, предлагается использовать Марковские и полумарковские модели, что на практике позволит учесть особенности рассматриваемой предметной области.

II. МЕТОДЫ И МОДЕЛИ АНАЛИЗА СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕЖНАЦИОНАЛЬНОГО СОГЛАСИЯ

Современные социальные онлайн-сети давно трансформировались исключительно из коммуникационного средства в мощный инструмент распространения вирус-идей, позволяющий за счет многократного усиления мнений отдельных пользователей формировать информационное поле, воздействующее на широкие массы людей, управляя психологическим состоянием общества и становясь объектами и средствами информационного управления, а в отдельных случаях – даже арендой информационного противоборства и важным компонентом геополитических процессов [1]. Многие ученые на системном уровне под социальной онлайн-сетью понимают некую структуру, состоящую из множества акторов (агентов) и определенного на нем множества отношений (совокупности связей между агентами, например, знакомства, дружбы, сотрудничества, коммуникации) и др. [1-6]. С одной стороны, социальные сети являются мощным инструментом

Статья получена 20 января 2021.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта РФФИ № 20-011-31565.

Скатков Александр Владимирович, Севастопольский государственный университет (email: vm1945@mail.ru)

Воронин Дмитрий Юрьевич, Севастопольский государственный университет (email: voronin@sevsu.ru)

Ярмак Ольга Валерьевна, Севастопольский государственный университет (email: OYUarmak@sevsu.ru)

Кузнецов Павел Николаевич, Севастопольский государственный университет (email: PNKuznetsov@sevsu.ru)

Евстигнеев Владислав Павлович, Севастопольский государственный университет (email: VPEvstigneev@sevsu.ru)

организации социальных коммуникаций в обществе, с другой – средством реализации их базовых социальных потребностей. Мир становится весьма репутационно-зависимым [1, 2], максимально открытым и даже некоторые островки личного пространства, по сути, являются иллюзорными. Использование развитых информационных технологий предоставляет широкие возможности по построению информационных портретов конкретных граждан, причем, формируемый ими цифровой след практически не имеет срока давности [1, 2, 13, 14]. Таким образом, современное общество весьма уязвимо перед целенаправленным деструктивным воздействием, формируемым в рамках информационной войны и развития угроз для безопасности и стабильности государства [2, 13, 14].

Грамотное оперирование информационными потоками позволяет влиять на настроение, поведение представителей отдельных сообществ, граждан страны и даже населения континентов. Эффективное управление этими процессами возможно только при условии возможности измерения его ключевых характеристик. Одной из таких характеристик является отклик населения на определенные информационные послания в различной форме. Достаточно содержательной оценкой отклика может быть изучение реакции граждан на информацию, размещенную в социальных интернет-площадках, которая может быть проявлена в виде текстовых реплик, комментариев, действий по распространению или блокированию соответствующего контента. На основании изучения полученных комплексных оценок в динамике можно выявлять определенную зависимость между содержанием информационных сообщений и эмоциональной реакцией населения, а также формировать прогнозные сценарии поведения потребителей контента различного содержания.

Принято различать социальные сети по механизмам кооперации в них пользователей: создание выделенных сообществ, обладающих привилегированными возможностями конфиденциального общения пользователей между собой (друзья, подписчики и т.п.), а также возможность формировать комментарии к контенту других пользователей, создавать собственный контент, либо тиражировать чужой [1, 4, 12]. Для анализа социальных сетей известны следующие модели [1, 2]:

А. Оптимизационные, имитационные:

- Модели с порогами, цепи Маркова, FNG-модели социального влияния, модели независимых каскадов;
- Модели просачивания и заражения (percolation & contagion), модель Изинга, модели на основе клеточных автоматов.

В. «Теоретико-игровые» модели:

- Модели коммуникаций и задачи поиска минимально достаточной сети;
- Модели информационного влияния и управления;
- Модели взаимной информированности;
- Модели согласованных коллективных действий;

С. Другие модели:

- Модели сетевой автокорреляции;
- Модель подражательного поведения;
- Модели диффузии инноваций;
- P*-модели социального влияния;
- Модели «влияние и корреляция»;

- Модели «диффузии инноваций», связанные с формированием общественного мнения;
- Сети с групповой структурой.

Процессы информационного влияния на общество и последствия такого рода воздействий эффективно описываются математическим аппаратом, базирующимся на использовании Марковских и полумарковских моделей, которые позволяют оценить динамику переходных процессов с точки зрения обеспечения межнационального согласия в социуме.

Необходимо отметить, что основной проблемой при анализе социальных сетей остается выявление кластеров, объединяющих пользователей по различным интересам [9, 11], а точнее, формирование эффективных критериев для оценки «близости» характеристик акторов сети для отнесения их к общему сообществу [5 – 11]. Следует отметить, что научная область кластеризации графов социальных сетей сформировалась довольно хаотично, и нет четких, общепринятых определений, что считать сообществом в социальных сетях, что вносит дополнительные сложности при формировании предиктивных маркеров для оценки психологического состояния общества. Таким образом, имеется острая потребность в разработке единой методики оценки динамики межнационального согласия, базирующейся на консолидационных и протестных моделях поведенческих реакций акторов в виртуальной среде. Выделяют несколько групп теоретических моделей, объясняющих протестную активность:

- концепция коллективного действия (теории заражения, конвергенции, возникновения норм, прорастающей ценности);
- концепция относительной депривации (теории аномии, социальной справедливости, прогрессивной депривации);
- концепция мобилизации ресурсов (экономическая версия мобилизации ресурсов, политическая версия мобилизации ресурсов);
- концепция рационального выбора (теория безбилетника, теория повстанца);
- концепция политических возможностей;
- концепция новых социальных движений.

По результатам выполненного обзора можно сделать ряд выводов:

1. Большинство технических решений, к сожалению, не используют в полной мере научно-практический потенциал современных технологий математического моделирования, что не позволяет в полной мере выявлять особенности причинно-следственных связей социологического характера в медийных ресурсах в условиях межнациональных противоречий.

2. Существующие подходы в основном не ориентированы на создание интегрированных предиктивных показателей изменения межнационального единства в обществе.

3. Существующие подходы к анализу социальных медиа в недостаточной степени ориентированы на решение междисциплинарной крупномасштабной научной задачи формирования и укрепления социального иммунитета в условиях межнациональных противоречий.

III. МАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ МЕЖНАЦИОНАЛЬНОГО СОГЛАСИЯ

Рассмотрим прикладные возможности математического аппарата Марковских процессов для первичной оценки динамики межнационального согласия между пользователями рассматриваемого сегмента социальной сети.

Пусть на пользователя социальной сети действуют два вида воздействий: конструктивные и деструктивные. Состояние пользователя социальной сети S_i определяется двумя системными характеристиками:

- интенсивностью посещения интернет-ресурсов определенного вида воздействия;
- длительностью времени нахождения на интернет-ресурсах соответствующего вида.

При использовании процедур кластеризации для пользователей сети можно выделить классы устойчивых

состояний, описывающих их внутренние убеждения с точки зрения межнационального согласия (например, дружелюбный, лояльный, напряженный, агрессивный, радикальный). То есть:

- S_0 — пользователь находится в 0-м классе;
- S_1 — пользователь находится в 1-м классе;
- ...
- S_N — пользователь находится в N-м классе;
- ...
- S_{N+K} — в системе находится (N+K)-м классе.

Пусть λ_i — интенсивность деструктивного перехода для i-го состояния пользователя, а интенсивность благоприятного перехода — μ_i . На рисунке 1 представлен размеченный граф состояний.

В соответствии с уравнениями Колмогорова для графа состояний, изображенного на рисунке 1, можно записать систему дифференциальных уравнений (1).

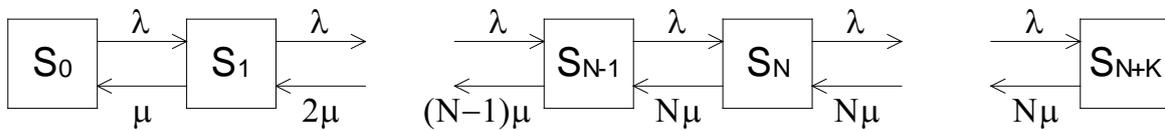


Рис. 1. Граф перехода между состояниями для пользователя социальной сети

$$\begin{cases} \frac{dp_0}{dt} = \mu p_1 - \lambda p_0; \\ \frac{dp_1}{dt} = \lambda p_0 + 2\mu p_2 - (\lambda + \mu)p_1; \\ \dots \\ \frac{dp_N}{dt} = \lambda p_{N-1} + N\mu p_N - (\lambda + N\mu)p_N; \\ \dots \\ \frac{dp_{N+K}}{dt} = \lambda p_{N+K-1} - N\mu p_{N+K}. \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \lambda p_0 = \mu p_1; \\ (\lambda + \mu)p_1 = \lambda p_0 + 2\mu p_2; \\ \dots \\ (\lambda + N\mu)p_N = \lambda p_{N-1} + N\mu p_N; \\ \dots \\ p_0 + p_1 + p_2 + \dots + p_{N+K} = 1. \end{cases} \quad (3)$$

Предположим, что в системе наблюдается стационарный режим, тогда существуют финальные вероятности нахождения пользователя сети в соответствующих состояниях. Если финальные вероятности постоянны, то их производные равны нулю, тогда от системы дифференциальных уравнений (1) можно перейти к системе алгебраических уравнений (2).

$$\begin{cases} \lambda p_0 = \mu p_1; \\ (\lambda + \mu)p_1 = \lambda p_0 + 2\mu p_2; \\ \dots \\ (\lambda + N\mu)p_N = \lambda p_{N-1} + N\mu p_N; \\ \dots \\ N\mu p_{N+K} = \lambda p_{N+K-1}. \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} p_0 = \frac{1}{1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^N}{N!} + \frac{\rho - (\frac{\rho}{N})^{K+1}}{1 - \frac{\rho}{N}}}; \\ p_1 = \frac{\rho}{1!} p_0; \\ \dots \\ p_N = \frac{\rho^N}{N!} p_0; \\ \dots \\ p_{N+K} = \frac{\rho^{N+K}}{N^K N!} p_0, \end{cases} \quad (4)$$

где $\rho = \lambda/\mu$.

Так как уравнения в системе (2) однородны, то воспользуемся нормировочным условием: $p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + \dots + p_{N+K} = 1$ и с его помощью решим систему уравнений (2). При этом появляется возможность из исходной системы (2) отбросить одно из уравнений, получая тем самым (3).

Решением системы уравнений (3) будут финальные вероятности нахождения пользователя в соответствующих состояниях. Решение для такого случая уже получено в общем виде выражения (4).

Таким образом, все вероятности нахождения пользователей в устойчивых состояниях могут быть найдены из (4).

Предлагаемый подход позволяет произвести первичную оценку динамики межнационального согласия между пользователями рассматриваемого сегмента социальной сети, что может быть полезно для реализации проактивных подходов к обеспечению национальной безопасности и формированию эффективных средств противодействия деструктивным воздействиям на интернет-аудиторию нашего общества, препятствуя тем самым распространению экстремистских настроений и террористических установок.

Однако существенным ограничением предлагаемого подхода является требование экспоненциальности законов распределения системных характеристик

анализируемых процессов, а также отсутствие возможности по оценке времен переходов и времен пребывания акторов рассматриваемой социальной системы в устойчивых состояниях. Эти ограничения могут быть преодолены за счет применения полумарковских моделей, которые описаны в следующем разделе.

IV. ПОЛУМАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ МЕЖНАЦИОНАЛЬНОГО СОГЛАСИЯ

В соответствии с описанием Марковской модели, приведенной в предыдущем разделе, можно выделить классы устойчивых состояний, описывающих внутренние убеждения пользователя социальной сети с точки зрения обеспечения межнационального согласия в регионе. Таким образом имеется конечное множество состояний S , переходы между которыми считаются мгновенными. Для описания динамики изменения состояния пользователя социальной сети введем следующие обозначения [15]:

E – фазовое пространство анализируемых состояний пользователя социальной сети;

$\{\xi_n, n \geq 0\}$ – последовательность состояний пользователя социальной сети после n -ого перехода (при изменении состояния);

$\{\theta_n, n \geq 0\}$ – последовательность длительностей пребывания пользователя в состояниях между n -ым и $(n+1)$ -ым переходами (при изменении состояния);

$\{\tau_n, n \geq 0\}$ – моменты изменения состояний полумарковской цепи;

$P\{\xi_{n+1} = j | \xi_n = i\}$ – условная вероятность случайного события, заключающегося в том, что будет осуществлен переход из i -ого состояния в j -ое;

$P\{\theta_n \leq x | \xi_{n+1} = j, \xi_n = i\}$ – условная вероятность случайного события, заключающегося в том, что длительность пребывания анализируемого пользователя социальной сети в i -ом состоянии до перехода в j -ое будет меньше или равна x .

Как известно [15], полумарковский процесс может быть задан при помощи совокупности следующих характеристик:

1) $p_{нач}$ – начальное распределение вероятностей пребывания пользователя в анализируемых состояниях, описывается выражением (5)

$$p_{нач} = \{p_i, i, j \in E\}, \quad p_i = P\{\xi(0) = i\} \quad (5)$$

2) P – матрица переходных вероятностей вложенной цепи Маркова, описывается выражением (6), причем очевидно, что $p_{ij} \geq 0, p_{ij} \leq 1$.

$$P = \{p_{ij}, i, j \in E\}, p_{ij} = P\{\xi_{n+1} = j | \xi_n = i\} \quad (6)$$

3) $G(x)$ – матрица функций распределения времен пребывания пользователя социальной сети в анализируемых устойчивых состояниях, описываемых фазовым пространством E .

$$G(x) = \{G_{ij}(x), i, j \in E\}, \quad (7)$$

$$G_{ij}(x) = P\{\theta_n \leq x | \xi_{n+1} = j, \xi_n = i\}$$

Информационное обеспечение для полумарковской модели может быть получено следующим образом. В ходе реализации процедур парсинга и анализа данных социальной сети для анализируемого сегмента были получены $p_{нач}, \{\xi_n, n \geq 0\}$ и $\{\theta_n, n \geq 0\}$. То есть при использовании интеллектуальных процедур анализа

комментариев, оставленных пользователем в социальной сети [3], были идентифицированы его внутренние убеждения с точки зрения межнационального согласия (дружелюбный, лояльный, напряженный, агрессивный, радикальный).

Имея данные мониторинга такого рода состояний можно обрабатывая последовательность ξ_n вычислить значения элементов матрицы переходных вероятностей вложенной цепи Маркова. Для этого имеется возможность воспользоваться следующим алгоритмом:

Для всех $i, j \in E$:

1. Определить $V^{i \rightarrow j}$ – число переходов из состояния из i -ого состояния в j -ое;

2. Определить $V^{общ}$ – суммарное число переходов для анализируемого периода мониторинга;

3. Рассчитать p_{ij} по формуле (8).

$$p_{ij} = \frac{V^{i \rightarrow j}}{V^{общ}} \quad (8)$$

4. Вычислить значения элементов матрицы P используя выражение (6).

Далее, используя полученные данные появляется возможность вычислить элементы матрицы $G(x)$ при использовании классических методов теории вероятностей и математической статистики для расчёта функций распределения случайных величин.

Часто при принятии решений, направленных на обеспечение межнационального согласия в регионе, имеется потребность в реализации процедур фазового укрупнения. То есть необходимо объединить возможные устойчивые состояния анализируемого пользователя социальной сети в набор мета состояний, характеризующих ситуацию более обобщенно (например, конструктивные и деструктивные состояния пользователя социальной сети). То есть введем в рассмотрение фиксированное подмножество фазового пространства состояний $E_0 \subset E$. Обозначим $\{\zeta_k, \forall k \in E_0\}$ – длительность пребывания полумарковского процесса в подмножестве состояний E_0 до первого выхода из него (длительность достижения класса $E_1 = E - E_0$). Для расчёта ζ_k используется выражение (9).

$$\zeta_k = \theta_0 + \sum_{r \in E_0} I_{kr}(\theta_k) \zeta_r, k \in E_0 \quad (9)$$

где $I_{kr}(\theta_k)$ – индикаторы условных переходов анализируемого полумарковского процесса из состояния k в состояние r при условии, что время пребывания в k -ом состоянии равно θ_k . Данные индикаторы представляют собой случайные величины, принимающие значения 0 или 1 и удовлетворяющие условию (10).

$$\sum_{r \in E_0} I_{kr}(\theta_k) \equiv 1, \forall k \in E_0 \quad (10)$$

Алгоритм исследования динамики межнационального согласия при использовании полумарковских моделей предусматривает следующие этапы:

1. Провести интерпретацию множества состояний $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ с точки зрения рассматриваемого сегмента социальной сети при анализе межнационального согласия. Например, состояния могут быть сопоставлены следующим внутренним убеждениям пользователя: дружелюбный,

- лояльный, напряженный, агрессивный, радикальный и т.п.
2. Построение графа состояний, полученного при анализе специфики организации социальных процессов для пользователей рассматриваемого сегмента интернет-сообщества.
 3. Проведение вариантного анализа по выбору оптимальной математической модели описания полумарковского процесса.
 4. Сбор необходимого информационного обеспечения.
 5. Использование математической модели с целью определения основных системных характеристик задачи исследования динамики межнационального согласия.
 6. Формирование и прогнозная оценка эффективности стратегии по обеспечению взаимоуважения и согласия между представителями различных национальностей и народностей в анализируемом регионе для минимизации экстремистских и террористических вызовов современного мира.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полученные математические модели позволяют оценивать следующие характеристики динамики анализируемых социологических процессов:

- вероятности нахождения пользователей социальной сети в устойчивых состояниях, которые интерпретируются с точки зрения задачи обеспечения взаимоуважения и согласия между представителями различных национальностей и народностей в анализируемом регионе;

- траектория, описывающая динамику изменения внутренних убеждений пользователя, содержащая информацию о временах пребывания актора рассматриваемой социальной системы в устойчивых состояниях, а также последовательности смены его внутренних убеждений.

Внедрение предлагаемой концепции на практике позволит учесть гетерогенность акторов изучаемого объекта исследования, их индивидуальные особенности и целевые установки, а также оценить времена переходов и пребывания, тем самым, описав процессы достижения межнационального согласия в Республике Крым и городе Севастополе на новом методологическом уровне, что будет, несомненно, способствовать повышению качества принимаемых решений в рассматриваемой предметной области.

Предлагаемый подход планируется расширить за счет внедрения агентных технологий имитационного моделирования, что позволит проанализировать процессы межнациональной и межрелигиозной консолидации общества с учетом их цикличности, неоднородности переходов, моно- и мультиориентированности адаптационных процессов, а также выявить компоненты формирования межнационального согласия в анализируемых этнических группах.

Прикладная значимость полученных результатов позволит выявить проблемные вопросы в области достижения межнационального согласия в Республике Крым и городе Севастополе, а также определить дискурсы социальных медиа, формирующие

конструктивные и деструктивные установки пользователей в отношении межнационального согласия на полуострове.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. - 3 изд. - М.: МЦНМО, 2018. - 224 с.
- [2] Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели репутации и информационного управления в социальных сетях // Математическая теория игр и ее приложения. - 2009. - №2. - С. 14 - 37.
- [3] Воронин Д.Ю., Кузнецов П.Н., Евстигнеев В.П., Литвинова Р.Н., Митягин С.А. Нейросетевые технологии анализа тональности мнений для реализации человек-ориентированной концепции трансформации городской среды // International journal of open information technologies. - 2020. - №7. - С. 76-83.
- [4] Youngchul C., Junghoo C. Social-network analysis using topic models // Proceedings of the 35th international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval (SIGIR '12). - ACM, NY. - 2012. P. 565 - 574.
- [5] Yousefi Nooraie R. et al. Social network analysis: An example of fusion between quantitative and qualitative methods // Journal of Mixed Methods Research. - 2020. - Vol. 14. - № 1. - P. 110 - 124.
- [6] Chen Y., Hu J., Zhao H., Xiao Y., Hui P. Measurement and Analysis of the Swarm Social Network with Tens of Millions of Nodes // IEEE Access. - 2018. - P. 4547 - 4559.
- [7] Truong Q. D., Truong Q. B., Dkaki T. Graph Methods for Social Network Analysis // International Conference on Nature of Computation and Communication. - Springer, Cham, 2016. - P. 276 - 286.
- [8] Taniarza N., Maharani W. Social network analysis using k-Path centrality method // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 971.
- [9] Yang J., McAuley J., Leskovec J. Community Detection in Networks with Node Attributes // 13th International Conference on Data Mining, Dallas, TX, 2013. - P. 1151 - 1156.
- [10] Lee C., Wilkinson D. J. A Social Network Analysis of Articles on Social Network Analysis // ArXiv. - 2018. - abs/1810.09781.
- [11] Sun Y., Yin S., Li H., Teng L., Karim S. GPOGC: Gaussian Pigeon-Oriented Graph Clustering Algorithm for Social Networks Cluster // IEEE Access. - 2019. Vol. 7 - P. 99254 - 99262
- [12] Fortunato S. Community detection in graphs. Physics Reports // ArXiv. - 2010. - №486. - P. 75 - 174.
- [13] Smelser N. J. Theory of Collective Behavior. - London: Routledge, 2013. - 484 p.
- [14] Kendall D. Sociology in Our Times. - Boston: Massachusetts: Cengage Learning, 2012. - 704 p.
- [15] Королюк В. С., Турбин А. Ф. Математические основы фазового укрупнения сложных систем. - Киев: Наукова думка, 1978. - 220 с.

Скатков Александр Владимирович, докт. технич. наук, профессор кафедры «Информационные технологии и компьютерные системы» Севастопольского государственного университета, Севастополь (<https://sevsu.ru>), email: vm1945@mail.ru, eLibrary.ru: [authorid=869245](https://elibrary.ru/authorid=869245), ORCID: [orcidID=0000-0002-5678-9587](https://orcid.org/0000-0002-5678-9587)

Воронин Дмитрий Юрьевич, канд. технич. наук, доцент кафедры «Информационные технологии и компьютерные системы» Севастопольского государственного университета, Севастополь (<https://sevsu.ru>), email: voronin@sevsu.ru, eLibrary.ru: [authorid=748964](https://elibrary.ru/authorid=748964), ORCID: [orcidID=0000-0001-6053-4758](https://orcid.org/0000-0001-6053-4758)

Ярмак Ольга Валерьевна, канд. соц. наук, заведующий кафедрой «Социальные коммуникации» Севастопольского государственного университета, Севастополь (<https://sevsu.ru>), email: OYarnak@sevsu.ru, eLibrary.ru: [authorid=862892](https://elibrary.ru/authorid=862892), ORCID: [orcidID=0000-0002-5025-9112](https://orcid.org/0000-0002-5025-9112)

Кузнецов Павел Николаевич, канд. технич. наук, доцент кафедры «Информационные технологии и компьютерные системы» Севастопольского государственного университета, Севастополь (<https://sevsu.ru>), email: PNKuznetsov@sevsu.ru, eLibrary.ru: [authorid=834876](https://elibrary.ru/authorid=834876), ORCID: [orcidID=0000-0002-1732-922X](https://orcid.org/0000-0002-1732-922X)

Евстигнеев Владислав Павлович, канд. технич. наук, доцент кафедры «Информационные технологии и компьютерные системы» Севастопольского государственного университета, Севастополь (<https://sevsu.ru>), email: VPEvstigneev@sevsu.ru, eLibrary.ru: [authorid=753669](https://elibrary.ru/authorid=753669), ORCID: [orcidID=0000-0003-3064-2613](https://orcid.org/0000-0003-3064-2613)

Estimation of the inter-ethnic harmony dynamics with Markov and semi-Markov models complex

A.V. Skatkov, D.Y. Voronin, O.V. Yarmak, P.N. Kuznetsov, V.P. Evstigneev

Abstract — The Republic of Crimea and Sevastopol are multinational regions and, thus, the problem of inter-ethnic harmony in them was relevant at various periods of history. It remains extremely important at the moment, taking into account the new information, digital, extremist and terrorist challenges of the modern world. At the same time, the rapid development of modern information and communication technologies in this sense creates additional external challenges and threats, which need formation of effective means for assessing and countering degradation effects on the Internet audience of our society, thereby preventing the spread of extremist sentiments and terrorist attitudes.

To assess the effectiveness of control actions aimed at interethnic consolidation of society, it is not enough to use only Markov models, since they do not have "memory" and do not estimate the transition times and stay times of the actors of the social system under consideration in steady states. The complex use of Markov and semi-Markov models will allow at a higher level of adequacy to describe the adaptation processes of key actors, the behavior of which is determined by the "history" of their functioning, current control signals and other a priori information. This makes it possible to assess the degree of degassing impact on the Internet audience of multinational regions, analyze risk groups in the corresponding Internet segment and identify trends in its development.

The proposed complex of models is aimed at identifying the content and dynamic characteristics of social and media information flows, indicating problems in achieving interethnic harmony in the Republic of Crimea and Sevastopol, as well as discourses circulating in social media that form user attitudes regarding interethnic harmony on the peninsula.

Keywords — Markov models, semi-Markov processes, inter-ethnic harmony, information flows dynamics, social media analysis, systems analysis.

REFERENCES

- [1] Gubanov D.A., Novikov D.A., Chkhartishvili A.G. Social networks: models of informational influence, management and confrontation. – 3rd ed.– M.: MCME, 2018. – 224 p. (in Russian)
- [2] Gubanov D.A., Novikov D.A., Chkhartishvili A.G. Models of reputation and information management in social networks // Mathematical theory of games and its applications. – 2009. – №2. – P. 14 – 37. (in Russian)
- [3] Voronin D.Yu., Kuznetsov P.N., Evstigneev V.P., Litvinova R.N., Mityagin S.A. Neural network technologies for analyzing the sentiment of opinions for the implementation of a human-oriented concept of urban environment transformation // International journal of open information technologies. - 2020. - No. 7. - P. 76-83. (in Russian)
- [4] Youngchul C., Junghoo C. Social-network analysis using topic models // Proceedings of the 35th international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval (SIGIR '12). – ACM, NY. – 2012. P. 565 – 574.
- [5] Yousefi Nooraie R. et al. Social network analysis: An example of fusion between quantitative and qualitative methods // Journal of Mixed Methods Research. – 2020. – Vol. 14. – № 1. – P. 110 – 124.
- [6] Chen Y., Hu J., Zhao H., Xiao Y., Hui P. Measurement and Analysis of the Swarm Social Network with Tens of Millions of Nodes // IEEE Access. – 2018. – P. 4547 – 4559.
- [7] Truong Q. D., Truong Q. B., Dkaki T. Graph Methods for Social Network Analysis // International Conference on Nature of Computation and Communication. – Springer, Cham, 2016. – P. 276 – 286.
- [8] Taniarza N., Maharani W. Social network analysis using k-Path centrality method // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 971.
- [9] Yang J., McAuley J., Leskovec J. Community Detection in Networks with Node Attributes // 13th International Conference on Data Mining, Dallas, TX, 2013. – P. 1151 – 1156.
- [10] Lee C., Wilkinson D. J. A Social Network Analysis of Articles on Social Network Analysis // ArXiv. – 2018. – abs/1810.09781.
- [11] Sun L. et al. An optimized clustering method with improved cluster center for social network based on gravitational search algorithm // International Conference on Industrial IoT Technologies and Applications. – Springer, Cham, 2017. – P. 61 – 71.
- [12] Sun Y., Yin S., Li H., Teng L., Karim S. GPOGC: Gaussian Pigeon-Oriented Graph Clustering Algorithm for Social Networks Cluster // IEEE Access.– 2019. Vol. 7 — P. 99254 – 99262
- [13] Smelser N. J. Theory of Collective Behavior. – London: Routledge, 2013. – 484 p.
- [14] Kendall D. Sociology in Our Times. – Boston: Massachusetts: Cengage Learning, 2012. – 704 p.
- [15] Korolyuk V. S., Turbin A. F. Matematicheskie osnovnih fazovogo ukрупneniya slozhnykh sistem. — Kiev: Naukova dumka, 1978. — 220 s.

Skatkov Alexander Vladimirovich, Dr. technical Sci., Professor of the Department of Information Technologies and Computer Systems, Sevastopol State University, Sevastopol (<https://sevsu.ru>), email: vm1945@mail.ru, elibrary.ru: authorid = 869245, ORCID: [orcidID = 0000-0002-5678-9587](https://orcid.org/0000-0002-5678-9587)

Voronin Dmitry Yurievich, PhD, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Computer Systems, Sevastopol State University, Sevastopol (<https://sevsu.ru>), email: voronin@sevsu.ru, elibrary.ru: authorid = 748964, ORCID: [orcidID = 0000-0001-6053-4758](https://orcid.org/0000-0001-6053-4758)

Yarmak Olga Valerievna, Cand. social sciences, head of department "Social Communications" of the Sevastopol State University, Sevastopol (<https://sevsu.ru>), email: OYarmak@sevsu.ru, elibrary.ru: authorid = 862892, ORCID: [orcidID = 0000-0002-5025-9112](https://orcid.org/0000-0002-5025-9112)

Kuznetsov Pavel Nikolaevich, Cand. technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Computer Systems, Sevastopol State University, Sevastopol (<https://sevsu.ru>), email: PNKuznetsov@sevsu.ru, elibrary.ru: authorid = 834876, ORCID: [orcidID = 0000-0002-1732-922X](https://orcid.org/0000-0002-1732-922X)

Evstigneev Vladislav Pavlovich, Cand. technical Sci., Associate Professor of the Department of Information Technologies and Computer Systems, Sevastopol State University, Sevastopol (<https://sevsu.ru>), email: VPEvstigneev@sevsu.ru, elibrary.ru: authorid = 753669, ORCID: [orcidID = 0000-0003-3064-2613](https://orcid.org/0000-0003-3064-2613)