

УДК 519.71

Моделирование процесса информационного взаимодействия в социальных системах

Мачуева Д. А., Ажмухамедов И. М.

Постановка проблемы: обмен информацией является одним из основополагающих процессов, осуществляемых в любой социальной системе. Современные каналы социальной коммуникации, и в первую очередь, глобальное информационное пространство сети Интернет с его социальными сервисами, активно используются для организации различных акций информационно-психологического влияния на личность, социальные группы и общество в целом. Общеизвестным негативным проявлением этой практики является пропаганда идеологии экстремизма, терроризма и других видов противозаконной деятельности. Различные формы информационного противостояния фактически переходят в стадию информационной войны. Понимание особенностей процесса распространения информации необходимо для планирования и проведения информационных управленческих акций, а также для выявления и противодействия актам деструктивных воздействий. **Целью работы** является разработка методики и модели, позволяющей исследовать закономерности информационного взаимодействия в социальных системах. **Методы:** в работе представлена математическая модель процесса информационного взаимодействия на основе теории клеточных автоматов и нечеткого когнитивного моделирования, позволяющая формализовывать и учитывать субъективные характеристики участников коммуникации, оценка которых имеет вербальное выражение. С учетом специфики масштабных социальных систем и сложности получения и обработки исходных данных для их моделирования, предложено дополнение к модели с использованием данных репрезентативной выборки, статистических распределений параметров, а также элементов мультиагентного подхода, определяющих правила процесса информационного обмена в социальной системе. **Результаты:** на основе предлагаемой модели проведены численные эксперименты для определения аналитических зависимостей между параметрами социальной системы (связностью, восприимчивостью, коммуникабельностью) и динамикой изменения мнений агентов относительно распространяемой информации. **Практическая значимость:** в прикладных исследованиях реальных социальных систем знание закономерностей распространения информации и динамики формирования мнений, а также специфики процессов социальной коммуникации в больших системах, даст возможность проводить мониторинг информационного фона, составлять прогнозы, планировать и осуществлять акты информационного управления.

Ключевые слова: социальная система, моделирование, информационное взаимодействие, теория клеточных автоматов, нечеткие множества, мультиагентный подход, распределение мнений, информационное управление.

Введение

Социальная среда, в которой живет человек, включает в себя множество социальных групп, воздействующих на его поведение и развитие. При этом одним из основополагающих процессов, осуществляемых в любой социальной системе, является обмен информацией. Огромное влияние на данный процесс

Библиографическая ссылка на статью:

Мачуева Д. А., Ажмухамедов И. М. Моделирование процесса информационного взаимодействия в социальных системах // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 2. С. 18–39. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2018-02/02-Machueva.pdf>

Reference for citation:

Machueva D. A., Azhmuhamedov I. M. Modeling the Information Interaction Process in Social Systems. Systems of Control, Communication and Security, 2018, no. 2, pp. 18–39. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2018-02/02-Machueva.pdf> (in Russian).

оказывает прогресс информационных технологий, появление новых форм социальной коммуникации и сопутствующая этому интенсификация потоков информации.

Социальная система (СС) представляет собой целостное образование, основным элементом которого являются люди, их взаимодействия, отношения и связи. Традиционно социальные системы являются объектом исследований гуманитарных наук (социологии, политологии, обществоведения и пр.). Однако в последнее время изучению процессов, происходящих в СС, пристальное внимание стали уделять и ученые, круг научных интересов которых лежит в области системного анализа, математического моделирования, теории информации и т.п. Особенно это касается задач распространения информации в социальной среде.

На сегодняшний день каналы социальной коммуникации, и в первую очередь, глобальное информационное пространство сети Интернет с его социальными сервисами, активно используются для организации различных акций информационно-психологического влияния на личность, социальные группы и общество в целом [1]. Общеизвестным негативным проявлением этой практики является пропаганда идеологии экстремизма, терроризма и других видов противозаконной деятельности. Еще одной серьезной угрозой стабильности общества в последнее время стало распространение информационных ресурсов, пропагандирующих суицид.

Различные формы информационного противоборства фактически уже переросли в стадию информационной войны. Следовательно, для выявления и противодействия актам деструктивных воздействий необходимо хорошо представлять особенности процесса распространения информации с учетом возможностей современных средств массовых коммуникаций.

Таким образом, разработка моделей, методик и алгоритмов, позволяющих исследовать закономерности информационного взаимодействия в социальных системах, является весьма актуальной задачей.

Особенности процесса распространения информации в социальных системах

В отличие от традиционных средств массовой информации (газеты, радио, телевидение), современные цифровые каналы коммуникации предоставляют активным участникам процесса информационного взаимодействия (ПИВ) возможность влиять на политическую, экономическую и культурную жизнь общества, меняя и трансформируя общественное мнение [2].

С одной стороны, мнение, высказываемое любым участником общения, оказывает влияние на процесс информационного взаимодействия. С другой стороны, каждый человек сам принимает решение о необходимости дальнейшего распространения ставшей ему известной информации. Следовательно, при моделировании ПИВ необходимо обязательно учитывать индивидуальные особенности каждого из участников процесса.

Понимание особенностей процесса распространения информации позволяет лицам, принимающим решения (ЛПР), проводить в СС информационные

управленческие акции с различным эффектом – от организации и поддержки отдельных легитимных информационных течений до противодействия вредоносным. При этом под информационным управлением понимается неявный косвенный механизм воздействия, когда объекту управления предоставляются блоки информации, направляющие и стимулирующие его к выбору определенной линии поведения [3].

Существующие подходы к моделированию процесса распространения информации в социальных системах

Анализу особенностей информационного взаимодействия в социальных системах посвящен ряд работ отечественных и иностранных ученых [4-13]. Наиболее полное и системное рассмотрение данного вопроса приведено в работах сотрудников Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН) – Д.А. Новикова, Д.А. Губанова, А.Г. Чхартишвили, В.В. Бреера, А.Д. Рогаткина, И.Н. Барабанова и др.

Так, например, в работах [9, 10] описана модель формирования динамики мнений на основе теории марковских цепей – в терминах графа коммуникаций, степеней доверия и репутации агентов взаимодействия. В статье [11] рассмотрены пороговые модели коллективного поведения, в которых участники принимают решения на основе наблюдаемого или прогнозируемого поведения своего окружения. Управление, в общем случае, заключается в изменении степеней влияния, репутаций и / или порогов участников общения.

Однако в данных моделях нашли отражение не все специфические особенности социальных систем, которые представляют интерес в прикладных исследованиях. В них не учитываются субъективные личностные характеристики участников коммуникации, оказывающие влияние на ПИВ, например, различные степени общительности, готовности распространять информацию и степень подверженности влиянию со стороны. Также эти модели не позволяют исследовать и оценивать скорость распространения информации в СС, что имеет большое значение в планировании управленческой деятельности.

Кроме того, существующие математические модели строятся на ряде достаточно сильных допущений, наличие которых затрудняет их использование в прикладных исследованиях реальных социальных взаимодействий.

Таким образом, несмотря на то, что изучению данного вопроса посвящен целый ряд научных работ, моделирование ПИВ, учитывающее указанные выше специфические особенности, остается актуальной задачей.

При этом одним из перспективных направлений моделирования процессов, происходящих в СС, является мультиагентный подход. В его рамках элементы системы анализируются как отдельные, взаимодействующие между собой единицы. Это позволяет исследовать свойства социальной системы в целом, исходя из свойств входящих в нее элементов и правил взаимодействия между ними.

Однако при этом необходимо учесть, что человек, являясь ключевым элементом социальных систем, привносит в процессы их анализа фактор субъективной неопределенности, что превращает моделирование процессов в таких

системах в слабо формализуемую проблему [14]. Поэтому при моделировании ПИВ, помимо методов теории вероятности и математической статистики, необходим специальный инструментарий, в качестве которого целесообразно использовать аппарат теории нечетких множеств и нечеткого когнитивного моделирования (НКМ).

НКМ позволит более точно оценивать и учитывать субъективные характеристики агентов взаимодействия, не имеющие корректного количественного выражения, и формализовывать информацию, носящую вербальный характер.

Необходимый математический аппарат

Для формализации субъективных данных предлагается определить лингвистическую переменную (ЛП) «Уровень фактора» и определить термножество ее значений, состоящее в общем случае из нескольких элементов, принадлежащих отрицательной и положительной области значений.

Для разных факторов применимы термномножества из трех, пяти или девяти значений:

$$\{\text{низкий}(H); \text{средний}(C); \text{высокий}(B)\}; \quad (1)$$

$$\{\text{низкий}(H); \text{ниже_среднего}(HC); \text{средний}(C); \text{выше_среднего}(BC); \text{высокий}(B)\}; \quad (2)$$

$$\{\text{сильно_отрицательный}(B^-); \text{отрицательный}(C^-); \text{нейтральный}(H); \text{положительный}(C^+); \text{сильно_положительный}(B^+)\}; \quad (3)$$

$$\{\text{сильно_отрицательный}(B^-); \text{выше_среднего_отрицательный}(BC^-); \text{средний_отрицательный}(C^-); \text{ниже_среднего_отрицательный}(HC^-); \text{нейтральный}(H); \text{ниже_среднего_положительный}(HC^+); \text{средний_положительный}(C^+); \text{выше_среднего_положительный}(BC^+); \text{сильно_положительный}(B^+)\}; \quad (4)$$

Далее термномножество значений ЛП отображается на множество нечетких чисел, заданных функциями принадлежности (ФП) на отрезке $[-1; 1]$ вещественной оси. В качестве семейства функций принадлежности для термномножества лингвистической переменной с девятью элементами можно использовать девятиуровневый классификатор, в котором соответствующие функции принадлежности нечетких чисел представляют собой трапеции:

$$\{B^-(-1; -1; -0,85; -0,75); BC^-(-0,85; -0,75; -0,65; -0,55); C^-(-0,65; -0,55; -0,45; -0,35); HC^-(-0,45; -0,35; -0,25; -0,15); H(-0,25; -0,15; 0,15; 0,25); HC^+(0,15; 0,25; 0,35; 0,45); C^+(0,35; 0,45; 0,55; 0,65); BC^+(0,55; 0,65; 0,75; 0,85); B^+(0,75; 0,85; 1; 1)\}, \quad (5)$$

где в нечетком трапецеидальном числе $X(a_1, a_2, a_3, a_4)$: a_1 и a_4 – абсциссы нижнего основания; a_2 и a_3 – абсциссы верхнего основания трапеции.

Предложенный классификатор осуществляет проекцию нечеткого лингвистического описания фактора на отрезок $[-1; 1]$, при этом делает это непротиворечивым способом, симметрично располагая узлы классификации [15].

Модель распространения информации в социальных системах

На основе использования результатов теории нечетких множеств и нечеткого когнитивного моделирования при описании процесса распространения информации в социальных системах предлагается учитывать следующие личностные параметры, характеризующие членов СС.

1) Показатель «уровень консерватизма», который представляет собой способность сохранять свое мнение под воздействием информационного фона. Значению «высокий консерватизм» соответствует склонность всегда оставаться при своем мнении, а значению «низкий» – высокая степень конформности (склонности менять свою точку зрения, подстраиваясь под мнение окружающих). Обратный показатель консерватизма можно назвать коэффициентом восприимчивости чужого мнения (показателем конформизма). В отдельных случаях он является более удобным для применения в расчетах.

2) Вероятность того, что человек будет распространять ставшую ему известной информацию, во многом зависит от уровня его коммуникабельности (общительности). Для определения уровня коммуникабельности могут применяться различные психологические тесты. К примеру, известный тест «Оценка уровня общительности» В.Ф. Ряховского, состоящий из 16 вопросов, позволяет оценить коммуникабельность согласно полученным баллам [16]. Степень общительности классифицируется при этом по семи категориям: начиная от явной некоммуникабельности и заканчивая ее болезненным характером.

3) Также необходимо выявить перечень тематик, обсуждение которых представляет интерес для членов исследуемой СС (или, напротив, не найдет отклика у участников СС в процессе распространения информации). Это позволяет делать выводы об уровне интереса, а также распределении начальных мнений относительно распространяемой информации.

4) Степень доверия участника информационного взаимодействия (ИВ) к источникам – характеристика, определяющая весомость мнений тех агентов информационного обмена, через которых получена информация.

Если представить информационное взаимодействие в СС, состоящей из N членов, в виде графа $S=(M, D)$, вершинами которого служат люди $M=\{M_1; M_2; \dots; M_N\}$, то множество ребер $D=\{D_{ij}\}$, отражающее потенциально возможный информационный обмен между ними, образует «матрицу информационного обмена»:

$$D_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } M_i \text{ общается с } M_j; \\ 0, & \text{если } M_i \text{ не общается с } M_j. \end{cases} \quad (6)$$

Важнейшей характеристикой такого графа является распределение узлов по числу связей – количеству «контактов» участника ИВ.

Информационное взаимодействие в СС характеризуется также матрицей доверия T^I по исследуемой тематике I , элементы которой могут быть выражены нечеткими числами. При этом как матрица доверия, так и матрица информационного обмена не обязательно являются симметричными: из того, что j -й участник делится информацией с i -м или доверяет ему, не следует, что последний будет делать в ответ то же самое. В частности, ярким примером такого случая является ситуация, когда некие сведения распространяются средствами массовой информации. В этом случае информационное взаимодействие является строго односторонним.

Несимметричность данных матриц обусловлена, прежде всего, разницей в уровнях «консерватизма» и «общительности» участников ИВ.

Важным динамическим показателем ПИВ является изменение количества информированных участников, которое отражается вектором информированности. При моделировании ПИВ получение информации i -м участником отражается путем изменения с 0 на 1 соответствующей координаты в векторе информированности $Z(Z_1; Z_2; \dots; Z_N)$:

$$Z_i = \begin{cases} 1, & \text{если } M_i \text{ обладает информацией;} \\ 0, & \text{если } M_i \text{ не обладает информацией.} \end{cases} \quad (7)$$

«Индикатор передачи информации» i -м агентом («индикатор репоста») обозначает его готовность распространять информацию. Этот динамический показатель зависит как от степени общительности участника коммуникации O_i , так и от выраженности его текущего мнения. Индикатор репоста равен 0, если степень общительности оценена значением Н (Низкий) из терм-множества (1), либо если агент имеет слабо выраженное негативное (C^-), нейтральное (Н) или слабо выраженное позитивное (C^+) отношение к информации I , не приводящее к ее дальнейшему распространению. Совокупность индикаторов передачи информации представляется вектором репоста $R(R_1; R_2; \dots; R_N)$.

Процесс информационного взаимодействия в СС осуществляется следующим образом. Блок информации I , имеющий определенную тематику, вносится в социальную среду в начальный момент времени $t=0$ конечным числом ее представителей $\bar{M} = \{\bar{M}_l\} (l = \bar{1}; \bar{L}, L < N)$ с заведомо позитивным (или негативным) отношением к I . Множество $\bar{M}$ назовем иницирующим множеством (ИМ).

Межличностный информационный обмен обеспечивает распространение информации между участниками. При этом j -й участник, обладающий информацией I , доносит ее до сведения i -го участника вместе со своим мнением об этой информации.

С учетом вышеизложенного, для оценки текущего (в дискретный момент времени $t=t+1$) отношения $\tilde{V}_i^{t+1}$ i -го представителя СС к информации I после обмена мнениями с другими участниками предлагается использовать формулы:

$$\tilde{V}_i^{t+1} = C_i^I \cdot \tilde{V}_i^t + (1 - C_i^I) \cdot CSP_i^{t+1}, \quad (8)$$

$$\bar{V}_i^{t+1} = \begin{cases} 1, \text{ npu } Def[\tilde{V}_i^{t+1}] \geq 1; \\ Def[\tilde{V}_i^{t+1}], \text{ npu } -1 < Def[\tilde{V}_i^{t+1}] < 1; \\ -1, \text{ npu } Def[\tilde{V}_i^{t+1}] \leq -1. \end{cases} \quad (9)$$

Здесь $\tilde{V}_i^{t+1}$ – нечеткое значение отношения участника M_i к информации I в дискретный момент времени $(t+1)$. Мнение может быть оценено значением из терм-множества (4), которому впоследствии можно поставить в соответствие нечеткое число из классификатора (5);

$\bar{V}_i^{t+1} \in [-1; 1]$ – дефаззифицированное (четкое) значение отношения M_i к информации I в дискретный момент времени $(t+1)$. Для дефаззификации (Def) нечеткого значения используется метод «центра тяжести»;

C_i^I – коэффициент консерватизма участника M_i , отражающий, насколько он полагается на собственное мнение в рамках тематики I . Необходимо отметить, что чем ближе усредненная величина $C^I = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_i^I$ к 1, тем консервативнее «коллективное мнение» в рамках тематики I .

Вклад в изменение мнения агента M_i той информации, которая стала ему известной от окружающих в момент времени $(t+1)$, отражает так называемая «социальная интегральная сила» (Cumulative Social Power, CSP) (термин был введен в работе [17]). Для ее определения предлагается использовать формулу:

$$CSP_i^{t+1} = \frac{W_i^+ + W_i^-}{G}, \quad (10)$$

где W_i^+ и W_i^- – взвешенные по степени доверия к источнику суммы позитивных и негативных мнений, высказанных другими участниками в момент времени $(t+1)$; $G = N_{t+1}^+ + N_{t+1}^-$ – количество поступивших в момент времени $(t+1)$ позитивных и негативных отзывов об информации I , соответственно.

$$W_i^+ = \sum_{j=1}^{N^+} (T_{ij}^I \cdot W_{ij}^+), \quad (11)$$

$$W_i^- = \sum_{k=1}^{N^-} (T_{ik}^I \cdot W_{ik}^-), \quad (12)$$

где W_{ij}^+ – позитивное мнение, поступившее к M_i от j -го участника в момент времени $(t+1)$; W_{ik}^- – негативное мнение, поступившее к M_i от k -го участника в момент $(t+1)$.

Полученные четкие значения $\bar{V}_i^{t+1}$ интерпретируются, согласно шкале Харрингтона, следующим образом:

$-1 \leq \bar{V}_i^{t+1} \leq -0,64$ – сильно выраженное негативное отношение, побуждающее к распространению информации I совместно со своим негативным мнением (отрицательной оценкой) (состояние участника коммуникации $S=S^-$);

$-0,64 < \bar{V}_i^{t+1} < 0,64$ – слабо выраженное негативное ($-0,64 < \bar{V}_i^{t+1} < 0$) или слабо выраженное позитивное ($0 < \bar{V}_i^{t+1} < 0,64$) отношение к I , не приводящее к дальнейшему распространению информации (состояние $S=S^0$);

$0,64 \leq \bar{V}_i^{t+1} \leq 1$ – сильно выраженное позитивное отношение, побуждающее к распространению информации I совместно со своим позитивным мнением (положительной оценкой) (состояние $S=S^+$).

Совокупность $\bar{V}_I^{t+1} = \{\bar{V}_i^{t+1}\}$ отражает «спектр мнений» членов СС относительно информации I в момент времени $(t+1)$. Статистические параметры распределений спектров мнений для различных информационных блоков отражают настроения в СС и позволяют проводить их мониторинг.

Процесс информационного обмена прекращается, если Хэммингово расстояние ρ_H между текущим вектором $\bar{V}_I^{t+1}$ и вектором $\bar{V}_I^t$, полученным на предыдущем шаге по времени, не превышает некоторого значения N^* (задается перед проведением моделирования):

$$\rho_H(\bar{V}_I^{t+1}; \bar{V}_I^t) \leq N^*. \quad (13)$$

Хэммингово расстояние $\rho_H \in [0; N]$ соответствует количеству участников общения, изменивших свое мнение между двумя последовательными шагами по времени. Когда ρ_H становится незначительным, обсуждение информационного блока I в социальной среде считается завершенным.

Алгоритм моделирования процесса информационного взаимодействия

Исходя из вышеизложенного, алгоритм имитационного моделирования ПИВ в социальной системе может быть сформулирован следующим образом:

- 1) формирование информационного блока I , относящегося к определенной тематике, для распространения в ходе ИВ;
- 2) определение начального вектора мнений участников $\tilde{V}_I^0$ на шаге $t=0$;
- 3) задание размера L иницирующего множества, состоящего из участников с заведомо сильно выраженным позитивным (или негативным) отношением к информации I ;
- 4) формирование начального вектора информированности Z , в котором индексы информированности членов иницирующего множества $\bar{M}$ равны 1, для остальных участников – 0;
- 5) запуск итерации информационного обмена на шаге по времени $t=t+1$;
- 6) формирование вектора репоста R ;
- 7) передача информации I от агентов с индикатором репоста, равным 1, к другим участникам согласно матрице информационного обмена D ; расчет текущего вектора информированности Z ;
- 8) расчет текущего вектора мнений $\tilde{V}_I^{t+1}$;
- 9) определение Хэммингова расстояния ρ_H между текущим вектором $\bar{V}_I^{t+1}$ и вектором $\bar{V}_I^t$, полученным на предыдущем такте моделирования;

- 10) проверка Хэммингова расстояния: если условие $\rho_H \leq N^*$ выполняется – прекращение моделирования и вывод полученных данных для анализа; в противном случае – возврат к этапу 5.

При моделировании в качестве одного шага (такта) принимается временной интервал, необходимый для единичной реализации всех коммуникационных связей, отраженных в матрице обмена D .

Специфика моделирования процесса информационного взаимодействия в больших социальных системах

Применение изложенного выше алгоритма позволяет оценить скорость распространения информации в СС (прирост количества информированных участников), а также проследить динамику изменения мнений агентов относительно распространяемой информации. Однако для этого должны быть известны исходные данные о составе и структуре СС и данные об индивидуальных свойствах личностей – участников информационного взаимодействия.

В относительно небольших социальных системах, количество членов в которых не превышает нескольких сотен, получение исходных данных обычно не представляет принципиальной сложности. При этом такая информация носит детерминированный (не вероятностный) характер. Например, в небольших организациях матрица информационного обмена, уровень интереса сотрудника к распространяемой информации и степень доверия к ее источнику в рамках определенных тематик могут быть получены непосредственно из анализа сведений, представляемых службой управления персоналом. Эффективность применения такого подхода в небольших организациях была доказана при практической проверке адекватности предложенной модели и алгоритма в рамках планирования мероприятий по информационному воздействию на персонал подобных организаций [18, 19].

Однако при исследовании ПИВ в более масштабных социальных системах (например, в социальных сетях «В контакте» или «Одноклассники») приходится иметь дело с гораздо большим объемом данных [20]. Кроме того, в большинстве таких случаев персональные данные участников информационного взаимодействия являются конфиденциальной информацией, получение которой на законном основании невозможно без их согласия.

Таким образом, в отличие от случая распространения информации в пределах небольших СС, точные значения для моделирования ПИВ в больших социальных системах получить затруднительно. Исходные данные в таких случаях бывают обезличены и носят лишь статистический характер (характер статистических распределений). Частично их можно найти в аналитических отчетах по структуре и составу социальных сетей, используемых в качестве каналов коммуникации (см., например, [21, 22]).

Для получения остальной информации, необходимой для имитационного моделирования ПИВ, была предложена методика, предусматривающая исследование репрезентативной выборки из генеральной совокупности участников взаимодействия. При этом полученные в пределах репрезентативной выборки

распределения параметров агентов СС позволяют восстановить соответствующие характеристики всей системы. Согласно предложенной методике были определены, например, данные о пользователях социальной сети «ВКонтакте», проживающих в Чеченской Республике [23].

Поскольку исходные данные для имитационного моделирования ПИВ в больших СС носят лишь статистический характер, то для оценки количества информированных участников на каждом шаге моделирования, а также для оценки количества различных мнений участников относительно распространяемой информации, предлагается внести некоторые дополнения в предложенный выше алгоритм имитационного моделирования.

Прежде всего, поскольку для расчета общего количества информированных агентов на каждом такте моделирования (шаге обсуждения) большое значение имеет количество их связей, то определим по результатам исследования репрезентативной выборки статистическое распределение числа контактов («друзей»), с которыми взаимодействуют участники СС.

При этом целесообразно выделить несколько диапазонов возможного числа связей $\{b_i^{\min} \dots b_i^{\max}\}, i = \overline{1, n}$, и соответственно, n категорий участников ИВ, имеющих такие границы общения. Распределение числа связей в СС выражается долями агентов в каждой категории $\beta_i, i = \overline{1, n}$.

Процесс информационного обмена между агентами проходит по следующим правилам:

- 1) делятся информацией только агенты, имеющие высокий коэффициент коммуникабельности (общительности) O_i ;
- 2) распространяют информацию совместно со своей оценкой только агенты с сильно выраженным отношением к ней (позитивным или негативным).

Изначально количество информированных участников предполагается равным объему инициализирующего множества L из генеральной совокупности N . При этом если распространение информации осуществляется с целью управленческого воздействия, то ИМ формируется таким образом, чтобы его члены имели преобладающее позитивное (или негативное) отношение к внедряемому информационному блоку, обладали обширными связями, были достаточно общительны и пользовались доверием среди участников ИВ.

Тогда после первой итерации (первого такта) обсуждения количество участников, обладающих информацией I , определяется следующим образом:

$$K_1 = L + \left(\frac{N - L}{N} \right) \cdot L \cdot \sum_{i=1}^n \beta_i \bar{b}_i, \quad (14)$$

где $\bar{b}_i$ – среднее значение количества связей в i -м диапазоне.

Множитель $(N-L)/N$ отражает долю оставшихся неинформированными участников ИВ на данном такте. Это позволяет при расчете не учитывать участников, получающих информацию повторно в процессе обмена мнениями (хотя мнение агентов при этом может и меняться).

На шаге по времени $t=t+1$ количество информированных участников СС определяется по формуле:

$$K_{t+1} = K_t + q_t \cdot \left(\frac{N - K_t}{N} \right) \cdot (K_t^{++} + K_t^{--}) \cdot \sum_{i=1}^n \beta_i \bar{b}_i, \quad (15)$$

где K_t^{++} и K_t^{--} – количество агентов с сильно выраженным положительным и отрицательным мнением на предыдущем шаге по времени; q_t – доля агентов на шаге t , готовых дальше распространять информацию (делать «репост»).

Значение коэффициента q_t , входящего в формулу (15), зависит от доли участников ИВ с высоким уровнем общительности – Com , а также от актуальности распространяемой информации на временном шаге t – Act_t .

Поскольку уровень общительности является имманентным (внутренне присущим) свойством участников СС, можно считать долю Com участников ИВ с высоким уровнем общительности величиной постоянной (не зависящей от времени t).

С другой стороны, актуальность информации, распространяющейся в процессе ИВ, со временем снижается. Исходя из этого, для определения q_t была предложена следующая формула:

$$q_t = Com \cdot Act_t = Com \cdot Act_0 \cdot e^{-\alpha \cdot t / \tau_{act}}, \quad (16)$$

где Act_0 – начальное значение актуальности информации (при $t=0$) – обычно принимается равным 1; коэффициент падения актуальности (согласно многочисленным исследованиям [например, 24] $\alpha=2,3$); τ_{act} – максимальное время сохранения актуальности распространяемой информации (время жизненного цикла информации).

Следует отметить, что формула (15) задает верхнюю грань функции информированности. В реальной социальной системе количество вновь информированных на каждом шаге может быть меньше из-за того, что некоторые участники ИВ получают информацию одновременно из разных источников.

Таким образом, количество информированных членов социальной системы представляет собой функцию

$$K_{(t+1)} = K_{(t+1)}(L, q_t, \bar{b}, K_{(t)}), \quad (17)$$

где $\bar{b}$ – коэффициент связности СС (усредненное количество связей между участниками ИВ в системе).

Формирование мнений в ходе информационного обмена зависит от восприимчивости участников к информационному фону. Показатель «коэффициент восприимчивости к чужому мнению» (коэффициент конформности, внушаемости) для участников ИВ может быть оценен значением из терм-множества {низкий (Н); средний (С); высокий (В)}. Соответственно, доли агентов с различной степенью восприимчивости обозначим как $\omega^H, \omega^C, \omega^B$.

Для оценки мнений участников используем значения из терм-множества (3). Введем следующие обозначения:

K^{++} – количество агентов с сильно выраженным позитивным (положительным) мнением (их доля составляет $v_t^{++} = K_t^{++} / K_t$);

K^+ – количество агентов с положительным мнением (их доля составляет $v_t^+ = K_t^+ / K_t$);

K^H – количество агентов с нейтральным отношением ($v_t^H = K_t^H / K_t$);

K^- – количество агентов с отрицательным отношением ($v_t^- = K_t^- / K_t$);

K^{--} – количество агентов с сильно выраженным негативным (отрицательным) отношением ($v_t^{--} = K_t^{--} / K_t$).

Начальное распределение мнений в социальной системе определяется по данным репрезентативной выборки.

Определим следующие правила, влияющие на динамику изменения мнений в СС:

- 1) мнение участников с низкой восприимчивостью не меняется;
- 2) участники со средней и высокой восприимчивостью, получая эмоционально окрашенные отзывы, меняют мнение;
- 3) из категорий участников с сильно выраженным мнением «выходят» (вычитаются) люди со средней и высокой восприимчивостью, получившие противоположные своим убеждениям отзывы. Участники со средней восприимчивостью формируют просто положительное или отрицательное мнение, с высокой восприимчивостью – становятся нейтральными;
- 4) участники из «нейтральной» группы с высокой восприимчивостью формируют сильно выраженное мнение (положительное или отрицательное), получая соответствующие отзывы;
- 5) «нейтральные» участники со средней восприимчивостью приобретают просто положительное или отрицательное мнение сообразно полученным отзывам;
- 6) участники с положительным мнением и средней или высокой восприимчивостью, получая положительные же отзывы, формируют сильно выраженное положительное мнение;
- 7) участники с отрицательным мнением и средней или высокой восприимчивостью, получая отрицательные же отзывы, формируют сильно выраженное отрицательное мнение;
- 8) участники с положительным мнением и средней восприимчивостью, получая отрицательные отзывы, становятся нейтрально настроенными. Если восприимчивость высокая – у них формируется отрицательное мнение;
- 9) аналогично мнение участников с отрицательным мнением и средней восприимчивостью, получивших положительные отзывы, становится нейтральным. Если восприимчивость высокая – у них формируется положительное мнение.

Тогда, с учетом сформулированных правил, количество агентов с сильно выраженным положительным мнением на шаге моделирования $t=t+1$ определяется следующим образом:

$$K_{t+1}^{++} = K_t^{++} + (K_{t+1} - K_t) \cdot \left[v_t^{++} - v_t^{++} \cdot (\omega^C + \omega^B) \cdot \left(\frac{K_t^{--}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) + \right. \\ \left. + v_t^+ \cdot (\omega^C + \omega^B) \cdot \left(\frac{K_t^{++}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) + v_t^H \cdot \omega^B \cdot \left(\frac{K_t^{++}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) \right]. \quad (18)$$

Множители $\frac{K_t^{++}}{K_t^{++} + K_t^{--}}$ и $\frac{K_t^{--}}{K_t^{++} + K_t^{--}}$ отражают доли участников ИВ, делящихся сильно выраженным положительным и отрицательным мнением соответственно.

Приведенная формула имеет следующую содержательную интерпретацию:

- доля проинформированных участников, имеющих сильно выраженное положительное мнение, составляет v_t^{++} ;
- также сильно выраженное положительное мнение формируется у агентов с нейтральным отношением и высокой восприимчивостью и у участников с позитивным отношением, получивших положительные отзывы;
- часть участников с сильно положительным мнением, на которых воздействуют «соседи», делящиеся негативным отношением, вычитается.

Количество участников с положительным мнением, в соответствии с правилами поведения агентов ПИВ, рассчитывается следующим образом:

$$K_{t+1}^+ = K_t^+ + (K_{t+1} - K_t) \cdot \left[v_t^+ - v_t^+ \cdot (\omega^C + \omega^B) \cdot \left(\frac{K_t^{++}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) - \right. \\ \left. - v_t^+ \cdot (\omega^C + \omega^B) \cdot \left(\frac{K_t^{--}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) + v_t^{++} \cdot \omega^C \cdot \left(\frac{K_t^{--}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) + \right. \\ \left. + v_t^- \cdot \omega^B \cdot \left(\frac{K_t^{++}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) + v_t^H \cdot \omega^C \cdot \left(\frac{K_t^{++}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) \right]. \quad (19)$$

Категория участников с нейтральным отношением к I формируется следующим образом:

$$K_{t+1}^H = K_t^H + (K_{t+1} - K_t) \cdot \left[v_t^H - v_t^H \cdot (\omega^C + \omega^B) + v_t^- \cdot \omega^C \cdot \left(\frac{K_t^{++}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) + \right. \\ \left. + v_t^+ \cdot \omega^C \cdot \left(\frac{K_t^{--}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) + v_t^{++} \cdot \omega^B \cdot \left(\frac{K_t^{--}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) + \right. \\ \left. + v_t^{--} \cdot \omega^B \cdot \left(\frac{K_t^{++}}{K_t^{++} + K_t^{--}} \right) \right]. \quad (20)$$

Количество участников СС с отрицательным и сильно отрицательным мнением определяется по формулам, аналогичным (18) и (19).

Изучение основных закономерностей распространения информации в больших СС

С целью выявления основных закономерностей информационного взаимодействия в социальных средах было разработано соответствующее программное обеспечение, реализующее сформулированные выше модели.

Для изучения качественного характера зависимости скорости распространения информации от времени были проведены численные эксперименты в социальной системе, объем которой был принят равным 10 млн человек, при следующих исходных данных:

а) распределение количества связей у участников СС:

80% имели от 1 до 5 коммуникационных связей; у 20% количество контактов было в диапазоне от 6 до 36;

б) коэффициент восприимчивости чужого мнения для 20% участников оценивался значением «Низкий», для 60% – «Средний» и для 20% – «Высокий»;

в) начальное распределение мнений в СС относительно информации I : $v_0^{++} = v_0^{--} = 0,05$; $v_0^{+} = v_0^{-} = 0,15$; $v_0^H = 0,6$ (преимущественно нейтральная равновесная среда);

г) объем инициализирующего множества был выбран 0,01% от генеральной совокупности – 1000 человек, имевших сильно выраженное положительное мнение относительно I ;

д) доля участников коммуникации, готовых распространять информацию («репостить»), на такте $t=0$ определялась как $q_0=0,4$.

В результате были получены графики нарастания количества информированных агентов, а также распределения мнений участников ИВ на каждой итерации (рис. 1).

Видно, что с определенного момента наступает резкий рост количества информированных агентов, который затем замедляется, и со временем дальнейшая передача информации практически прекращается («вектор информированности» остается постоянным). При этом полная информированность СС не достигается (теряется актуальность распространяемой информации). Однако обмен мнениями между участниками может продолжаться дольше – результаты расчетов показывают, что «вектор мнений», хоть и незначительно, но продолжает меняться.

Подобное наглядное представление процесса ИВ на основе приведенной модели позволяет определять важные аналитические зависимости между параметрами социальных систем (связностью, восприимчивостью, коммуникабельностью) и динамикой информационного обмена. На рис. 2-4 показано, как изменения некоторых исходных данных влияют на ПИВ.

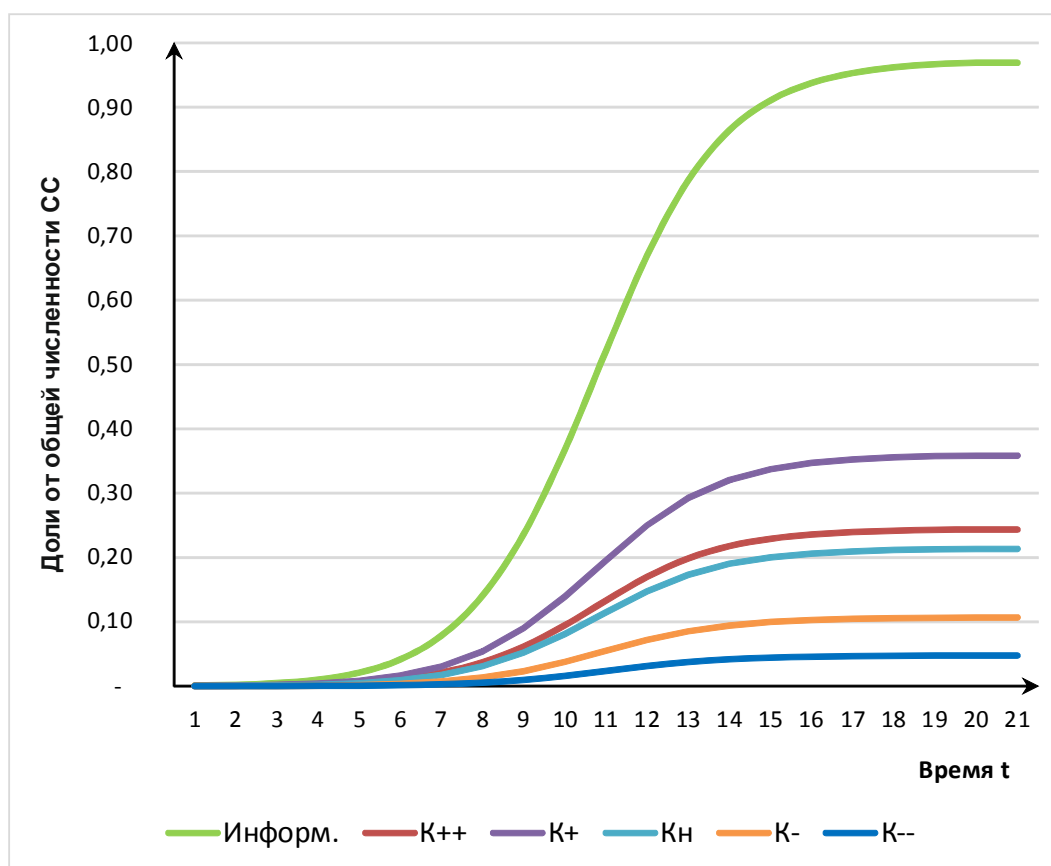


Рис. 1. Графики нарастания количества информированных участников ПИВ и распределения их мнений

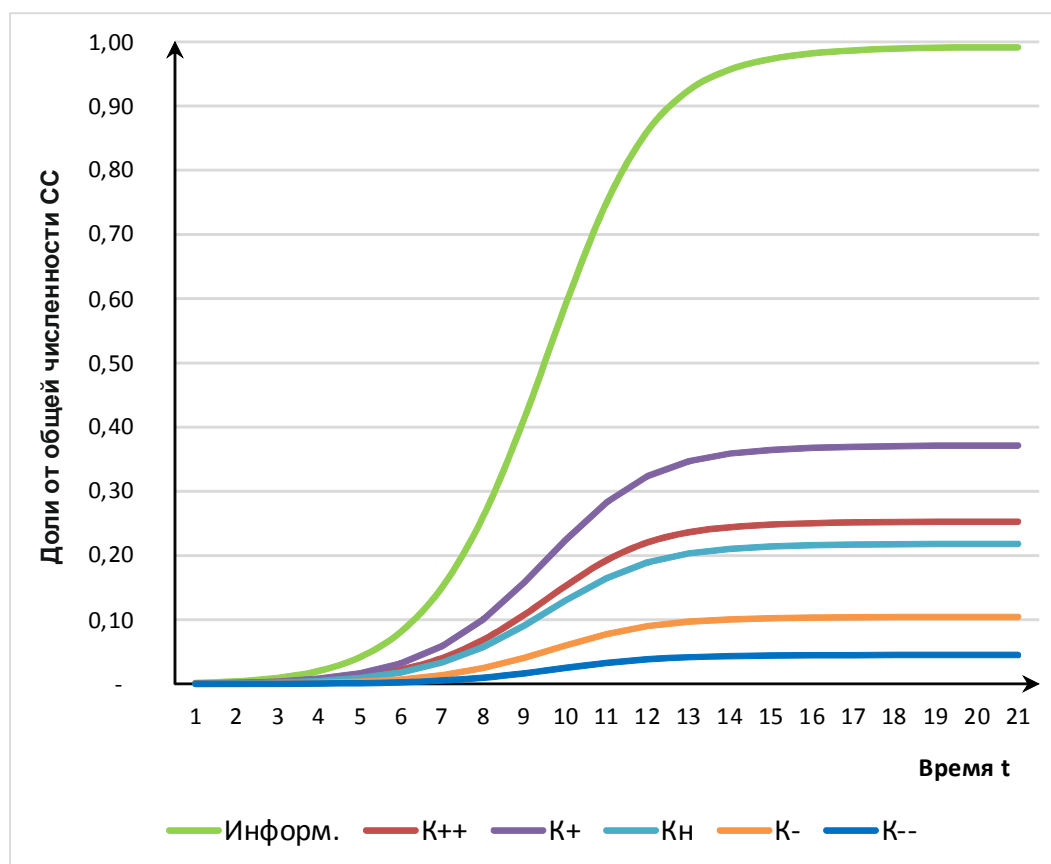


Рис. 2. Графики ПИВ при объеме инициализирующего множества 0,02% от генеральной совокупности

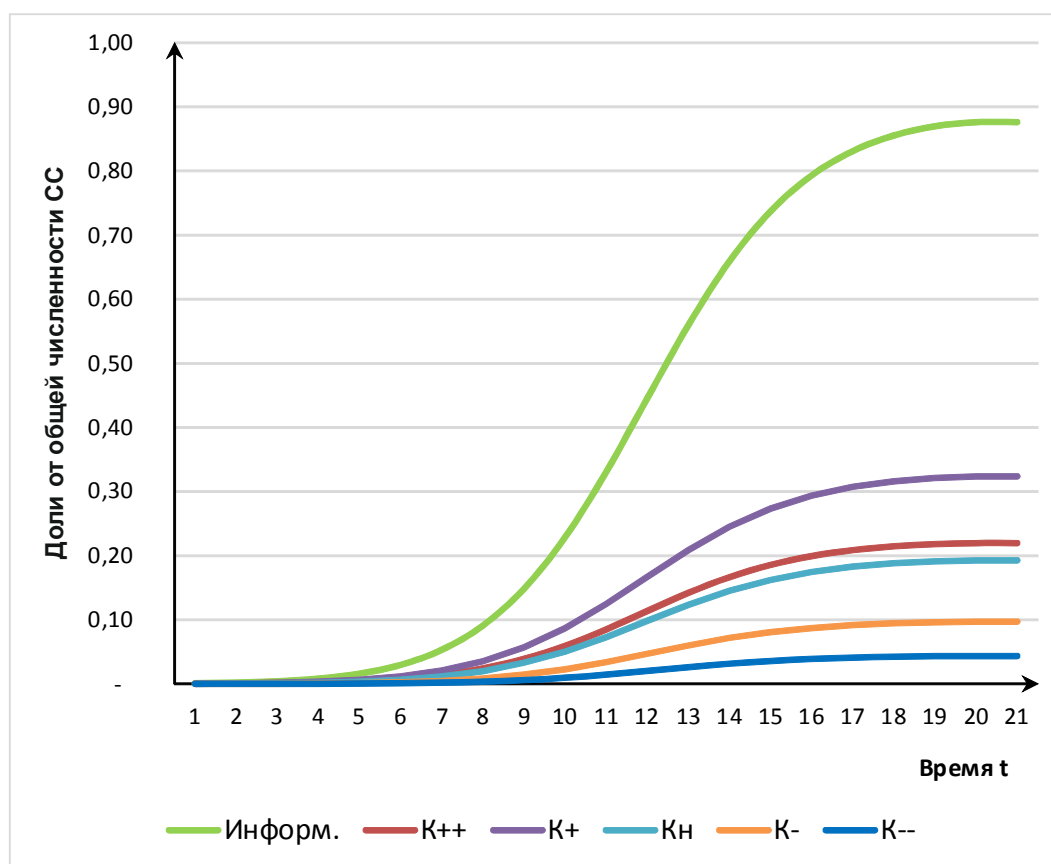


Рис. 3. Графики ПИВ при значении $q_0=0,35$ для доли участников, склонных распространять информацию

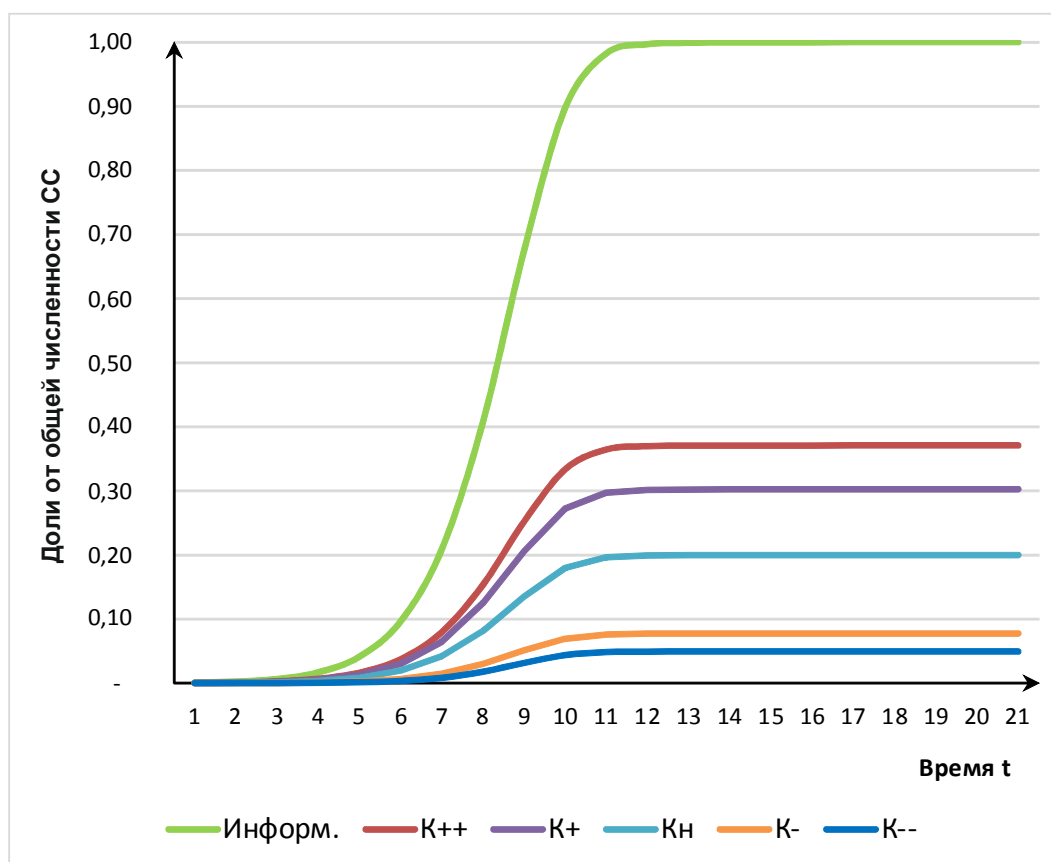


Рис. 4. Графики ПИВ при долях участников с различной степенью восприимчивости $\omega^H=0,2$, $\omega^C=0,4$, $\omega^B=0,4$

Увеличение объема инициализирующего множества при прочих равных условиях не влияет значительно на конечное распределение мнений в системе. Однако период резкого роста числа информированных участников наступает раньше, в результате чего итоговое количество агентов, успевших получить информацию до потери ее актуальности, оказывается больше (рис. 2).

Уменьшение стартового значения коэффициента q_0 , отражающего долю агентов с высоким уровнем общительности, распространяющих информацию в СС, приводит к заметному уменьшению числа информированных участников (рис. 3).

Общее увеличение восприимчивости участников ИВ к чужому мнению сказывается на конечном распределении мнений в СС, скорости распространения информации и итоговом количестве информированных агентов, которое достигает почти 100% (рис. 4).

Заключение

Предложенная в работе модель процесса информационного взаимодействия позволяет исследовать закономерности распространения информации и динамику формирования мнений в социальных системах. В прикладных исследованиях реальных СС понимание этих закономерностей, в частности, специфики ПИВ в больших социальных системах, даст возможность прогнозировать и планировать проведение различных информационных акций или противодействие деструктивным влияниям.

Перспективным представляется продолжение работы в направлении определения и изучения аналитических зависимостей между характеристиками социальной системы и течением процесса информационного обмена в ней, а также возможностей целевого вмешательства в этот процесс с целью управленческого воздействия на отдельные параметры модели.

Литература

1. Казарин О. В., Охупкин В. П., Охупкина Е. П., Шаряпов Р. А. Социально-правовые и технологические аспекты проблемы выявления деструктивных информационных воздействий в сети Интернет // Вестник Российского государственного гуманитарного университета. 2017. № 3(9). С. 132-147.
2. Олешко В. Ф., Малик О. В. Влияние цифровых средств массовой информации на формирование глобальной системы социальных коммуникаций // Известия Уральского федерального университета. Серия 1. Проблемы образования, науки и культуры. 2017. Т. 23. № 4(168). С. 5-12.
3. Кульба В. В., Малюгин В. Д., Шубин А. Н. Информационное управление (предпосылки, методы и средства) // Проблемы управления. 2003. № 1. С. 62-67.
4. Granovetter M. Threshold Models of Collective Behavior // The American Journal of Sociology. 1978. Vol. 83. № 6. P. 1420-1443.
5. De Groot M. H. Reaching a Consensus // Journal of the American Statistical Association. 1974. № 69. P. 118-121.

6. Schelling T. *Micromotives and Macrobehavior*. – N.Y.: WW Norton & Co, 1978. – 272 p.
7. Wasserman S., Faust K. *Social Network Analysis: Methods And Applications*. – N.Y.: Cambridge University Press, 1994. – 825 p.
8. Akhmetzhanov A. R., Worden L., Dushoff J. Effects of Mixing in Threshold Models of Social Behavior // *Physical Review E*. 2013. Т. 88. № 1. doi: 10.1103/PhysRevE.88.012816.
9. Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Модели информационного влияния и информационного управления в социальных сетях // *Проблемы управления. Управление в социально-экономических системах*. 2009. № 5. С. 28-35.
10. Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Модели репутации и информационного управления в социальных сетях // *Математическая теория игр и ее приложения*. 2009. Т. 1. № 2. С. 14-37.
11. Бреер В. В., Новиков Д. А. Модели управления толпой // *Проблемы управления*. 2012. № 2. С. 38–44.
12. Зуев А. С., Федянин Д. Н. Модели управления мнениями агентов в социальных сетях // *Проблемы управления. Управление в социально-экономических системах*. 2011. № 2. С. 37-45.
13. Копылова Н. С., Мурзин Ф. А., Курков И. А. Моделирование социальных процессов и мультиагентный подход // *Программные продукты и системы*. 2013. № 3. С. 120-126.
14. Ажмухамедов И. М. Синтез управляющих решений в слабо структурированных плохо формализуемых социотехнических системах // *Управление большими системами*. 2013. № 42. С. 29-54.
15. Kaufmann A., Gupta M. *Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications*. – Van Nostrand Reinhold, 1991. – 161 p.
16. Гребень Н. Ф. *Психологические тесты для профессионалов*. – Минск: Современная школа, 2007. – 496 с.
17. Добрынин В. Н. Самоорганизация и интеллектуальное управление развитием социотехнических систем. Ч.1: состояние и пути решения проблемы // *Системный анализ в науке и образовании*. 2010. № 3. С. 12-42.
18. Azhmuhamedov I. M., Azhmuhamedov A. I., Machueva D. A. Modeling of communication process in social environment // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2016. Vol. 85. № 2. P. 146-154.
19. Ажмухамедов И. М., Мачуева Д. А., Краснопорова А. А. Математическое моделирование процесса информационного воздействия на антропогенную подсистему организации // *Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии*. 2017. № 3. С. 61-69.
20. Ажмухамедов И. М., Мачуева Д. А., Жолобов Д. А. Моделирование процесса распространения информации в социальных сетях // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 5. С. 9-14. – URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41498> (дата обращения: 25.02.2018).

21. Сервис сбора и анализа метрик эффективности сайтов LiveInternet [Электронный ресурс]. 2018. – URL: <http://liveinternet.ru> (дата обращения: 25.02.2018).

22. Система мониторинга и анализа бренда в социальных медиа и СМИ Brand Analytics [Электронный ресурс]. 2018. – URL: <http://blog.br-analytics.ru> (дата обращения: 25.02.2018).

23. Ажмухамедов И. М., Мачуева Д. А., Жолобов Д. А. Методика формирования информационных профилей пользователей социальных сетей (на примере Чеченской республики) // Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии. 2017. № 1 (37). С. 63-70.

24. Деревяшко В. В. Влияние фактора старения информации на ее ценность для организации // Математические и инструментальные методы экономики. Экономические науки. 2010. № 1(62). С. 425-427.

References

1. Kazarin O. V., Ohapkin V. P., Ohapkina E. P., Sharjapov R. A. Social, legal and technological aspects of the identification of destructive informational influence on the Internet. *RSUH/RGGU Bulletin*, 2017, no. 3(9), pp. 132-147 (in Russian).

2. Oleshko V. F., Malik O. V. Vlijanie cifrovyyh sredstv massovoj informacii na formirovanie global'noj sistemy social'nyh kommunikacij [Impact of digital media on the formation of a global system of social communication]. *Izvestija Ural'skogo federal'nogo universiteta. Series 1. Problemy obrazovaniya, nauki i kul'tury*, 2017, vol. 23, no. 4(168), pp. 5-12 (in Russian).

3. Kul'ba V. V., Maljugin V. D., Shubin A. N. Informative control: premises, techniques and tools. *Control sciences. Information security*, 2003, no. 1, pp. 62-67 (in Russian).

4. Granovetter M. Threshold Models of Collective Behavior. *The American Journal of Sociology*, 1978, vol. 83, no. 6, pp. 1420-1443.

5. De Groot M. H. Reaching a Consensus. *Journal of the American Statistical Association*, 1974, no. 69, pp. 118–121.

6. Schelling T. *Micromotives and Macrobehavior*. N.Y., WW Norton & Co, 1978. 272 p.

7. Wasserman S., Faust K. *Social Network Analysis: Methods And Applications*. N.Y., Cambridge University Press, 1994. 825 p.

8. Akhmetzhanov A. R., Worden L., Dushoff J. Effects of Mixing in Threshold Models of Social Behavior. *Physical Review E*, 2013, vol. 88, no. 1. doi: 10.1103/PhysRevE.88.012816

9. Gubanov D. A., Novikov D. A., Chhartishvili A. G. Modeli informacionnogo vlijanija i informacionnogo upravlenija v social'nyh setjah [Models of information impact and information management in social networks]. *Control sciences. Management in socio-economic systems*, 2009, no. 5, pp. 28-35 (in Russian).

10. Gubanov D. A., Novikov D. A., Chhartishvili A. G. Models of reputation and information control in social networks. *Matematicheskaja teorija igr i ee prilozhenija*, 2009, vol. 1, pp. 14-37 (in Russian).

11. Breer V. V., Novikov D. A. Modeli upravlenija tolpoj [Crowd management models]. *Control sciences. Management in socio-economic systems*, 2012, no. 2, pp. 38–44 (in Russian).
12. Zuev A. S., Fedjanin D. N. Modeli upravlenija mnenijami agentov v social'nyh setjah [Models of agent opinion management in social networks]. *Control sciences. Management in socio-economic systems*, 2011, no. 2, pp. 37–45 (in Russian).
13. Kopylova N. S., Murzin F. A., Kurkov I. A. Social processes modeling and multi-agent approach. *Programmnye produkty i sistemy*, 2013, no. 3, pp. 120–126 (in Russian).
14. Azhmuhamedov I. M. Control of badly formalizable and poorly structured social engineering systems. *Large-Scale Systems Control*, 2013, no. 42, pp. 29–54 (in Russian).
15. Kaufmann A., Gupta M. *Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications*. Van Nostrand Reinhold, 1991. 161 p.
16. Greben' N. F. *Psihologicheskie testy dlja professionalov* [Psychological tests for professionals]. Minsk, Sovremennaja shkola Publ., 2007. 496 p. (in Russian).
17. Dobrynin V. N. Samoorganizacija i intellektual'noe upravlenie razvitiem sociotekhnicheskikh sistem. Ch.1: sostojanie i puti reshenija problemy [Self-organization of socio-technical systems and the intelligent management of their development. Part 1. Status and methods of resolving the issue]. *Sistemnyj analiz v nauke i obrazovanii*, 2010, no. 3, pp. 12–42 (in Russian).
18. Azhmuhamedov I. M., Azhmuhamedov A. I., Machueva D. A. Modeling of communication process in social environment. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2016, vol. 85, no. 2, pp. 146–154.
19. Azhmuhamedov I. M., Machueva D. A., Krasnoperova A. A. Mathematical modeling of informational influence on the organization's anthropogenic subsystem. *Prikaspijskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii*, 2017, no. 3, pp. 61–69 (in Russian).
20. Azhmuhamedov I. M., Machueva D. A., Zholobov D. A. Modeling the process of information distribution in social networks. *Fundamental'nye issledovanija*, 2017, no. 5, pp. 9–14. Available at: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41498> (accessed 25 February 2018) (in Russian).
21. LiveInternet: services for collection and analysis of metrics on sites performance, 2018. Available at: <http://liveinternet.ru> (accessed 25 February 2018).
22. Brand Analytics: system for monitoring and analyzing the brand in social media and the mass media, 2018. Available at: <http://blog.br-analytics.ru> (accessed 25 February 2018).
23. Azhmuhamedov I. M., Machueva D. A., Zholobov D. A. Methodology for forming informational profiles of users of social networks (using the example of the chechen republic). *Prikaspijskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii*, 2017, no. 1 (37), pp. 63–70 (in Russian).
24. Derevjashko V. V. Vlijanie faktora starenija informacii na ee cennost' dlja organizacii [Impact of the age of information on its value to an organization].

Matematicheskie i instrumental'nye metody jekonomiki. Jekonomicheskie nauki, 2010, no. 1(62), pp. 425-427 (in Russian).

Статья поступила 15 марта 2018 г.

Информация об авторах

Мачуева Дина Алужевна – аспирант. Астраханский государственный технический университет. Область научных интересов: управление в социальных системах, математическое моделирование, нечеткое когнитивное моделирование. E-mail: ladyd_7@mail.ru

Ажмухамедов Искандар Маратович – доктор технических наук, доцент. Заведующий кафедрой информационной безопасности. Астраханский государственный университет. Область научных интересов: информационная безопасность, математическое моделирование, нечеткое когнитивное моделирование, математические методы исследования сложных слабоструктурированных процессов. E-mail: aim_agtu@mail.ru

Адрес: 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а.

Modeling the Information Interaction Process in Social Systems

D. A. Machueva, I. M. Azhmuamedov

Problem Statement: Information exchange is one of the essential processes implemented in any social system. Contemporary channels of social communication and, primarily, the global information space (the Internet) with its social services are actively used to arrange various actions with an information and psychological impact on individual personality, social groups, and society as a whole. A well-known negative aspect of this practice is propaganda of extremist ideologies, terrorism, and other kinds of illegal activities. Various forms of information confrontation actually pass into the stage of information warfare. It is necessary to understand the specific character of the information dissemination process to plan and carry out information management actions, as well as to identify and counter destructive actions. **This paper aims** to develop a technique and a model which would make it possible to study the patterns of information interaction in social systems. **Methods:** the paper presents a mathematical model of the information interaction process based on the theory of cellular automata and fuzzy cognitive modeling that makes it possible to formalize and consider subjective qualities of communication participants, the evaluation of which is given verbally. Considering the specific character of large-scale social systems and the complexity of obtaining and processing initial data for their modeling, a supplement to the model was suggested with the use of representative sample data, statistical parameter distribution, and elements from a multi-agent approach that determine the rules of the information exchange process in a social system. **Results:** based on the suggested model, numerical experiments were performed to determine analytical dependencies between the social system parameters (connectivity, sensibility, sociability) and the agent opinion dynamics in relation to the disseminated information. **Practical significance:** in applied research of real social systems, knowledge of patterns of information interaction and dynamics of opinion formation, as well as the specific character of social communication processes in large systems will give an opportunity to monitor bulk information, make forecasts, plan and perform actions for information management.

Key words: social system, modeling, information interaction, theory of cellular automata, fuzzy sets, multi-agent approach, opinion distribution, information management.

Information about Authors

Dina Aluevna Machueva – the postgraduate student. Astrakhan State Technical University. Field of research: management in social systems, mathematical modeling, fuzzy cognitive modeling. E-mail: ladyd_7@mail.ru

Iskandar Maratovich Azhmuamedov – Dr. habil. of Engineering Sciences, Docent. Head of the Department of Information Security. Astrakhan State University. Field of research: information security, mathematical modeling, fuzzy cognitive modeling; mathematical methods for studying complex, weakly structured processes. E-mail: aim_agtu@mail.ru

Address: Russia, 414056, Astrakhan, Tatisheva st. 20a.