

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

DOI: 10.15838/esc.2018.1.55.8

УДК 316.452, ББК 60.54

© Гаврилец Ю.Н., Тараканова И.В.

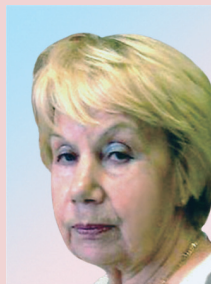
## Компьютерный анализ качественных особенностей формирования социально-идеологической структуры социума\*



**Юрий Николаевич**

**ГАВРИЛЕЦ**

Центральный экономико-математический институт РАН  
Москва, Российская Федерация, 117418, Нахимовский пр-т, д. 47  
E-mail: yurkag@mail.ru



**Ираида Васильевна**

**ТАРАКАНОВА**

Центральный экономико-математический институт РАН  
Москва, Российская Федерация, 117418, Нахимовский пр-т, д. 47  
E-mail: Itar4@mail.ru

**Аннотация.** Целью статьи является разработка специальной методологии анализа и прогноза массовых социальных взаимодействий, которая может использоваться в различных исследованиях процессов формирования социальных позиций и мнений населения. В статье предложен способ математического моделирования массовых социальных взаимодействий при сложном переплетении социальных контактов, влиянии информационных каналов и влиянии внешней среды. Основой модели служат содержательные представления о причинно-следственных связях между численностями социальных групп, их изменениями в результате взаимных переходов, о влиянии на социально-психологическую установку мнений других участников и различных СМИ, возможных внешних воздействиях на эффективность пропаганды. В отличие от традици-

\* Работа выполнена при поддержке РФФ, грант № 17-18-01080.

**Для цитирования:** Гаврилец Ю.Н., Тараканова И.В. Компьютерный анализ качественных особенностей формирования социально-идеологической структуры социума // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2018. Т. 11. № 1. С. 116-131. DOI: 10.15838/esc.2018.1.55.8

**For citation:** Gavrilets Yu.N., Tarakanova I.V. Computer analysis of qualitative features in the formation of the socio-ideological structure of society. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2018, vol. 11, no. 1, pp. 116-131. DOI: 10.15838/esc.2018.1.55.8

онно используемых дифференциальных уравнений, когда главное внимание уделяется анализу стационарного состояния, в статье предлагается анализировать динамику численностей групп при использовании простых модификаций цепей Маркова, когда переходы участников из одной группы в другие происходят не единообразно, а распределяются на несколько временных периодов, а вероятности переходов зависят от текущего состояния. Для этого используются компьютерные программы, выражающие итеративные процедуры Марковских цепей с дополнительными промежуточными состояниями. Важной особенностью, отличающей наш подход от других моделей, является опора на социологическую теорию, требующую рассматривать социальное поведение как зависимое от таких переменных, как социально-психологическая установка членов социальных групп. В работе учитываются также факторы, определяющие установки, а именно – социальные контакты между людьми и доступные участникам информационные каналы разных типов. На имитационных расчётах показано, как может влиять эта установка на межгрупповые переходы при формировании социально-идеологической структуры социума. В целом данные модели являются неким ситуационным стендом, на котором можно изучать особенности формирования идеологической структуры социума. При наличии статистических или экспертных данных разработанные модели могут использоваться при анализе социально-политических региональных проблем.

**Ключевые слова:** установка, идеологическая структура общества, социальные группы, социальные контакты, СМИ, динамика, вероятности межгрупповых переходов.

### 1. Важность информации в формировании поведения человека.

Огромная сложность современного мира, информационные потоки, охватывающие все его составные части между всеми его частями, компьютеры и электронное оборудование, являющиеся необходимыми средствами управления, – всё это привело к таким понятиям, как «цифровая экономика», «электронное правительство» и т.п. Необходимость принятия эффективных управленческих решений по всем социально-экономическим проблемам даёт право говорить и о «цифровой социологии» в широком смысле этого слова.

Информация, возникающая в обществе, в определённой степени становится демиургом этого общества, поскольку все более активно влияет на мнения людей об окружающей их действительности и формирует предпочтения социальных групп. Регулярные атаки американских СМИ на своего президента, споры в социальных сетях и о социальных сетях, бесконечные противоречивые выступления и комментарии разных политиков и экспертов, демонстрации, созданные через Интернет, и столкновения на митингах – всё это превращает социум в кипящее море живых людей и информационных потоков.

В связи с этим перед исследователями социально-экономической и политической действи-

тельности встаёт задача понять закономерности и причинно-следственные отношения, возникающие в процессе взаимодействия информации и социальных групп [1, с. 207-214].

Теме влияния СМИ, Интернета и т.п. на общественное мнение, на социально-политическое поведение посвящено немало работ как отечественных, так и за рубежом. Многочисленные работы западных и отечественных авторов направлены в основном на моделирование распространения слухов как инфекции [2, с. 50-54; 3, с. 457-470; 4; 5], анализ влияния рекламы на поведение потребителей, возникновение стадного поведения людей, претензий к власти [6; 7, с. 58-64], формирование протестных групп и подготовку революций [8, с. 440-460; 9, с. 76-188; 10, с. 384-434]. В ряде работ [11; 12] проводится жёсткая критика massmedia, оболванивающих под видом демократии население, и рассматриваются в этом плане общие проблемы современной цивилизации [13;14]. Большая группа отечественных исследователей из Института прикладной математики РАН и Социологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, развивая модели распространения слухов, разработали математические модели в виде дифференциальных уравнений – для описания информационного противоборства в социуме [15; 16, с. 65-74; 17, с. 29]. В Центральном экономико-математическом институте РАН

в последние годы анализировались модели идеологического противостояния в обществе и проводились статистические исследования факторов протестного движения в России [18, с. 45-66].

В октябре 2016 года в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова прошла Всероссийская научно-практическая конференция «Ситуационные центры 2016», на которой обсуждались вопросы создания в России системы распределённых ситуационных центров, работающих по единому регламенту взаимодействия. На конференции были доложены и результаты исследований учёных РАН и Высшей школы. По мнению авторитетных ученых и практиков, такие центры в разных регионах страны должны иметь возможность анализировать социально-экономические и социально-политические ситуации и рекомендовать управляющим органам разных уровней научно обоснованные варианты решений по необходимым действиям. Естественно, их выработка должна опираться на обработку больших массивов разнородной информации, отражающей ситуацию, что предполагает её выражение в форме некоторой математической модели, которая допускает компьютерную обработку.

## 2. Цель данного исследования.

Целью настоящей статьи является разработка специальной методологии анализа и прогноза *массовых* социальных взаимодействий, которая может быть полезной для функционирования ситуационных центров. Она посвящена компьютерному моделированию соотношений, закономерно складывающихся в процессах взаимодействия на «политико-идеологическом поле» между социальными группами, средствами массовой информации и внешней средой. Работа предполагает принципиальную возможность использования специальной статистической информации, однако при проведении и анализе результатов вычислительных экспериментов мы пользовались условными данными. На чисто умозрительном, качественном уровне невозможно проследить, к чему приведут действия всех участников социального взаимодействия, как будут меняться их многочисленные характеристики и свойства. Поэтому использование возможностей компьютеров даже на условных данных позволяет выявлять

роль соотношений между такими параметрами, как доступность информационных каналов, их сила влияния, склонность человека к подражанию, фактор случайности и т.п.

По характеру математического аппарата и способу моделирования данная работа в определённой степени перекликается с подходами в статьях [16, с. 65-74; 17, с. 29] и др., поскольку в этих работах, как и у нас, анализируются свойства моделей виртуальной реальности.

Математически изящные модели в виде дифференциальных уравнений указанных выше авторов хороши тем, что часто позволяют получить явное выражение стационарного состояния и анализировать его зависимость от параметров модели. Однако для проведения практических расчётов, например прогнозных, по нашему мнению, удобнее использовать разностные уравнения, которые по своей природе близки причинно-Марковским зависимостям. Тем более что для практического использования модели необходимо проводить статистическое оценивание параметров не только для предельных состояний, но и на других временных интервалах. По этой причине мы вводим разностные соотношения с самого начала, указывая возможности отражения в них индивидуальных различий участников за счёт введения промежуточных состояний. Проводимые затем вычислительные эксперименты с виртуальной реальностью, по которым можно судить о свойствах социума, дают возможность увидеть различные варианты социальных изменений в результате сложных взаимодействий между социальными группами, средствами массовой информации и внешними условиями жизни.

Существенно, что *качественные выводы* могут быть сделаны уже на ранних стадиях процесса на основе количественных расчётов с использованием компьютерных технологий. При наличии же количественных оценок параметров моделей становится возможным анализировать реальные социально-политические ситуации и решать конкретные задачи прогноза и управления.

Отметим ещё две особенности нашего подхода по сравнению с упомянутым математическим подходом общего описания процессов распространения информации. Во-первых, содержательно мы следуем социологическим

представлениям о зависимости поведения от допускающей количественное измерение *установки* человека, на которую влияют как непосредственные социальные контакты, так и СМИ. Во-вторых, в статье рассматривается *полярность интересов* основных групп населения.

### 3. Социально-этические установки социальных групп.

Приведем предположения о свойствах реальности, которые далее выражаются математическим языком.

Рассматриваемое сообщество (этим сообществом может быть молодёжь, население региона, электорат накануне выборов и т.д., и т.п.) состоит из нескольких социальных групп, каждая из которых характеризуется своим типом отношения к действительности и возможному поведению.

Отношение людей к действительности, их субъективные оценки (как правило, положительные или отрицательные), склонность к чему-то, выступает латентной характеристикой и проявляется в отдельных высказываниях или поведении. Мы называем его установкой, которая характеризует готовность к определённому поведению и которую можно измерять в определённых шкалах [19]. Примером установок могут служить оценки программ и лозунгов политических партий, отношение к вопросам свободного секса и моральной строгости, толерантности, к вопросам религиозной веры и атеизма и т.д.

Социологи выявили, что установки участников групп могут меняться либо в результате социальных контактов (эффект подражания), либо под воздействием принимаемой информации со стороны некоторых каналов СМИ, рекламы и пр. В свою очередь установки членов группы влияют на поведение, задавая, в частности, вероятности принятия тех или иных решений. В результате реализованного поведения людей возникают разные группы условно одного и того же типа, что и определяет социальную структуру общества в разрезе соответствующих установок и поведения.

### 4. Основные переменные и параметры модели.

В модели рассматриваются 3 основные группы (2 активные и одна нейтральная) и несколько «промежуточных» групп, члены которых вышли из основных групп и некоторое время не участвуют в социальных контактах.

При модельных расчетах используются следующие обозначения постоянных параметров и переменных для момента времени  $t$ :

$x_t$  – количество участников 1-ой активной группы;

$z_t$  – участников 2-ой активной группы;

$y_t$  – участников нейтральной («пассивной») группы;

$e1_t, e2_t$  – количественное выражение установок на поддержку целей 1-ой и 2-ой активных групп, выражаемое в определённой числовой шкале;

$E1, E2$  – количественное выражение значений «навязываемых» СМИ установок (как правило, количество информационного негатива или позитива в адрес поведения и целей активных групп), измеряемое в той же шкале, что и  $e1, e2$ ;

$\rho, \pi$  – вероятности автономного сокращения численности 1-ой и 2-ой активных групп в момент времени  $t$ ;

$p \cdot \Phi(e), r \cdot \Phi(e)$  – произведения параметров  $p, r$  на монотонную функцию от установки участника (в нашем случае так называемый интеграл вероятности), обозначающие вероятности перехода из группы «пассивных» в 1-ую или 2-ую активную группы под воздействием приобретённой установки  $e$ ;

$A1, A2$  – параметры, обозначающие силу влияния отклонения от навязываемого стандарта на изменение текущего значения установки;

$B1, B2$  – параметры, обозначающие силу влияния представлений участника о численном соотношении между активными группами на изменение текущего значения установки.

### 5. Социально-этическая структура социума и её изменение.

Социально-этическая структура социума определяется соотношением численностей групп:  $x, y, z$ , когда члены первой ( $x$ ) и второй ( $z$ ) активных групп самоидентифицируют себя как таковых, а члены пассивной группы ( $y$ ) не относят себя ни к одной из активных. Примером социально-политической установки может служить измеряемое многими социологами намерение голосовать за определённую партию, степень доверия кандидату на выборах или государственному деятелю, оценка их определённых качеств и т.п.

Изменение значения установки происходит под влиянием двух процессов коммуникации: под влиянием возможных контактов с представителями активных групп, а также под воздействием принимаемой информации соответствующего канала. По предположению моделей, информацией канала каждому реципиенту «рекомендуется» конкретное значение «стандартной» установки ( $E1$  или  $E2$ ), выражающее собой, как правило, отрицательный или положительный тон по отношению к предмету агитации, что может измеряться в определённых количественных шкалах.

Разница между навязываемым стандартом и текущим значением установки  $E-e$  создаёт психологический дискомфорт, который под дополнительным влиянием социальных контактов с другими участниками может меняться в ту или иную сторону. Согласно простейшей гипотезе, вполне проверяемой [20, с. 110-134], возможное изменение установки вследствие прямого влияния навязываемого стандарта пропорционально величине этой разности:

$$\Delta = A \cdot (E - e).$$

Можно также считать, что изменение происходит нелинейно, убывая по мере приближения к стандарту:

$$\Delta = A \cdot (\text{cnorm}(E - e) - 0.5).$$

Функция  $\text{cnorm}(\cdot)$  представляет собой так называемый интеграл вероятности, она монотонно растёт от 0 до 1 (здесь мы следуем подходу известного учёного [15]).

На *рис. 1* показано, что при значении установки  $u < E1=5$  величина её изменения положительна, при  $u > E1$  — отрицательна. Влияние на изменение установки вследствие возможных социальных контактов взаимодействия, обычно считается, зависит от частоты встречаемости со сторонниками той и другой позиции. Вероятность таких контактов можно моделировать, считая её либо пропорциональной преобладанию доли той или иной позиции среди активистов, либо пропорциональной этой доле по отношению к численности всей нейтральной группы. Ясно, что вид статистической связи должен определяться данными объективного наблюдения. Тогда величины изменения могут быть представлены, например, так:

$$A \cdot (E - e) + B \cdot \frac{x - z}{x + z} \cdot y,$$

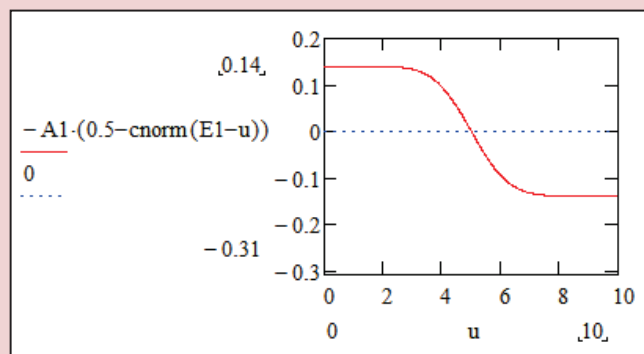
или так:

$$A \cdot (\text{cnorm}(E - e) - 0.5) + B \cdot \frac{x - z}{x + z} \cdot y, \quad (1)$$

где коэффициенты  $A$  и  $B$  сопоставляют влияние на текущую установку отличия от стандарта  $E$  и численного перевеса  $(x-z)$  той или иной группы. При положительности этой суммы величина установки будет расти, а при отрицательности — уменьшаться.

Выразим теперь идейный смысл основной модели формулами для простейшей макромодели равновесия, когда выполняется требование равенства нулю изменений в численностях групп  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и изменений установок  $e1$  и  $e2$ .

Рис. 1. Нелинейная зависимость изменения установки



Источник: составлено по расчетам авторов.

Уравнения равновесия (Модель Ia):

$$\begin{aligned}
 1. & -x \cdot \rho + r \cdot \text{cnorm}(e1) \cdot y = 0 \\
 2. & -r \cdot \text{cnorm}(e1) \cdot y - p \cdot \text{cnorm}(e2) \cdot y + \rho \cdot x + \pi \cdot z = 0 \\
 3. & -\pi \cdot z + p \cdot \text{cnorm}(e2) \cdot y = 0 \\
 4. & A1 \cdot (E1 - e1) + B1 \cdot \frac{x-z}{x+z} \cdot y = 0 \\
 5. & A2 \cdot (E2 - e2) + B2 \cdot \frac{z-x}{x+z} \cdot y = 0 \\
 6. & x + y + z = N, \text{ где } N - \text{общее число участников.}
 \end{aligned}$$

Первое соотношение показывает, что в равновесии выбывание ( $\rho$  — доля уходящих) из первой активной группы полностью компенсируется той долей членов нейтральной группы, воспринявших информацию источников первого вида и получивших установку  $e1$ , под воздействием которой с вероятностью  $r \cdot \text{cnorm}(e1)$  они ушли из нейтральной группы. Третье соотношение аналогично первому и описывает ситуацию с равновесием  $z$ -участников. Второе соотношение указывает равенство между числом пришедших из активных групп и числом ушедших в активные группы.

Таким образом, из активных групп участники автономно выходят в нейтральную с известными вероятностями ( $\rho$ ,  $\pi$ ). Приход же в них происходит из нейтральной группы с вероятностями  $r \cdot \text{cnorm}(e1)$  и  $p \cdot \text{cnorm}(e2)$ . Четвёртое и пятое равенства показывают, как влияние информации  $E1$ ,  $E2$  из СМИ на текущую установку  $e1$ ,  $e2$  (коэффициенты влияния  $A1$ ,  $A2$ ) увязывается с информацией, получаемой путём межгрупповых контактов (коэффициенты влияния  $B1$ ,  $B2$ ). Значения параметров, при которых произведены расчёты равновесия данной модели:

$$\begin{aligned}
 A1=0.28, A2=0.28, B1=0.05, B2=0.045, E1=6, \\
 E2=6, r=0.01, p=0.015, \\
 \rho=0.015, \pi=0.015, N=1000.
 \end{aligned}$$

Решением этих уравнений равновесия являются значения переменных:

$$x=181.531, y=106.762, z=711.717, e1=0, e2=6.$$

За счёт различия в параметрах  $B2 > B1$  и  $p > r$ , означающего большую склонность к подражанию и большее влияние установки на переход,  $z$ -группа получает явное преимущество:  $z > x$ .

## 6. Модели динамики структуры социума.

Динамика численностей для этого простейшего случая может быть представлена системой разностных уравнений, куда добавлены логические условия, задающие интервал для значений установок. Время в моделях дискретно и пробегает значения от  $t_0=0$  до необходимого числа итераций. При всех проводившихся расчетах исходные данные (параметры) задавались искусственно и экспертно с учётом выполнявшихся ранее исследований [20, с. 110-134; 21, с. 107-118]. Дополнительно проводилось несколько тысяч вариантных расчётов с целью проверки структурной устойчивости моделей.

Говоря о задаваемых параметрах модели, необходимо особо указать на один факт, которому не всегда уделяется должное внимание при моделировании социально-экономических процессов. Речь идёт о, казалось бы, вспомогательных параметрах, с помощью которых мы переходим от дифференциальных к разностным уравнениям — о параметрах  $h_k$ , задающих величину шага или скорости изменения показателей итеративного процесса.

В случае дифференциальных уравнений они, конечно, обеспечивают (своей малостью) близость решений разностных и дифференциальных уравнений. Но от их количественных соотношений между собой зависит устойчивость стационарного состояния. А в случае моделей «марковского» характера они ещё определяют скорость, с которой реально происходит изменение моделируемых показателей. Фактически они являются равноправными параметрами модели и так же, как и другие, должны оцениваться статистически по наблюдениям, как это мы делали в других работах. Применительно к рассматриваемым моделям отметим, что величины  $h$ -коэффициентов для переменных  $x$ ,  $y$ ,  $z$  могут считаться одинаковыми в силу однородности показателей численности. Это же в некоторой степени справедливо для  $h$ -коэффициентов у переменных  $e1$  и  $e2$ . Что же касается их численных значений, то это зависит от общих предположений модели. При конкретном моделировании можно уточнять, влияние какой пропаганды усваивается быстрее, какой — медленнее.

Простейшая динамическая *Модель 1b* характеризуется прежними параметрами и начальными значениями переменных:  $x_0=50$ ,  $y_0=900$ ,  $z_0=50$ ; скорости изменения  $h_0=0.1$ ,  $h_1=0.1$ ,  $h_2=0.1$ ,  $h_3=0.015$ ,  $h_4=0.015$ :

$$\begin{aligned}
 x_{t+1} &= x_t + h_0 \cdot [-x_t \cdot \rho + r \cdot \text{cnorm}(e1_t) \cdot y_t] \\
 y_{t+1} &= y_t + h_1 \cdot [-r \cdot \text{cnorm}(e1_t) \cdot y_t - p \cdot \text{cnorm}(e2_t) \cdot y_t + \rho \cdot x_t + \pi \cdot z_t] \\
 z_{t+1} &= z_t + h_2 \cdot [-\pi \cdot z_t + p \cdot \text{cnorm}(e2_t) \cdot y_t] \\
 e1_{t+1} &= \text{if} \left[ e1_t \leq 0, 0, \text{if} \left[ e1_t \geq E1, E1, e1_t + h_3 \left[ A1 \cdot (E1 - e1_t) + B1 \cdot y_t \cdot \frac{x_t - z_t}{x_t + z_t} \right] \right] \right] \\
 e2_{t+1} &= \text{if} \left[ e2_t \leq 0, 0, \text{if} \left[ e2_t \geq E2, E2, e2_t + h_4 \left[ A2 \cdot (E2 - e2_t) + B2 \cdot y_t \cdot \frac{z_t - x_t}{x_t + z_t} \right] \right] \right]
 \end{aligned}$$

При моделировании изменений установок, не теряя общности, делается предположение, что шкальные значения лежат в диапазоне от 0 до 6, можно выбирать шкалы и других диапазонов в зависимости от конкретных случаев. Чтобы не получать при расчётах значения установок за пределами нуля и  $E1$ ,  $E2$ , в двух последних уравнениях системы введены специальные логические условия, обеспечивающие необходимые ограничения.

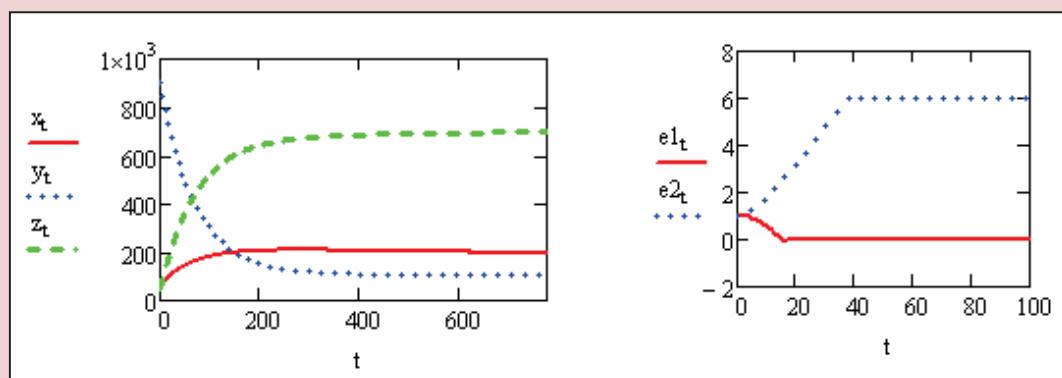
В результате расчётов стационарное решение этой системы (состояние при  $t = 500$ ) совпадает с прежним равновесием. Заметим, что

суммарное изменение всех численностей равно  $N$ , что означает неизменность во времени общей численности всех групп. Траектории поведения, начинавшиеся из начального состояния, зависят от значений параметров модели.

График на *рис. 2* показывает, что уже на 400-й итерации процесс стабилизируется и совпадает с равновесием.

Необходимо теперь заметить, что моделирование динамики установок путём последовательных итераций по типу стандартных Марковских цепей, как в *Модели 1b* (впрочем, и

Рис. 2. Траектории динамики переменных модели



Источник: составлено по расчетам авторов.

при стандартном решении дифференциальных уравнений с помощью разностных схем), обладает существенным недостатком. Поскольку вероятность перехода отдельного члена группы (доля группы) зависит только от самой группы, то она будет одной и той же для всех её членов независимо от того, когда и как он попал в эту группу, т.е. все члены группы между собой не различаются и одновременно осуществляют переходы.

Правда, мы рассматриваем переходы не Марковских цепей, а «типа Марковских» (вводя скорости изменений  $h$ -коэффициентами), т.к. за один такт меняет состояние только небольшая часть группы. Всё равно недостаток общей «марковости» ослабляет модель, и, чтобы уменьшить этот дефект, мы вводим далее дополнительно некоторое число «промежуточных» групп – по моментам переходов – участники которых стали другими. В результате, чтобы стать «равноправным» членом конкретной группы, переходящий член должен пройти последовательно несколько этапов. Такой приём, конечно, увеличивает число переменных и размерность системы, но зато делает модель более адекватной реальности.

Далее мы построим и исследуем именно такую, более правдоподобную модель, которая является как бы промежуточным «мало-размерным» вариантом так называемых «агентно-ориентированных» моделей [22], в которых участниками являются отдельные индивиды.

Дополнительно введём более определённое предположение о зависимости численности переходящих от распространённости и доступности информационных каналов. Этот факт отражается в модели вероятностью подключения к каналам ( $q1$  и  $q2$ ). Дополнительно к предыдущей модели (кроме введения этих вероятностей) мы отразим и влияние на переход частот социальных контактов.

Участник-нейтрал в зависимости от распространённости СМИ первого или второго канала с вероятностью  $q1$  или  $q2$  попадает в подгруппу носителей соответствующей установки ( $e1$  или  $e2$ ), принимающих информацию ориентации  $E1$  или  $E2$ . Изменение текущей

установки далее описывается приведённой выше формулой (1). После этого в результате коммуникаций с активными членами и под влиянием приобретённой установки ( $e1$  или  $e2$ ) происходит сам переход с вероятностью, зависящей от обоих результатов коммуникации. Попавшие под влияние  $x$ -идеологии составляют  $q1 \cdot y$  участников. Вероятность «идти дальше» зависит от распространённости её сторонников и информационно-психологического давления со стороны СМИ, что приводит к росту числа сторонников  $x$ -идеологии на величину  $q1 \cdot \left( r \cdot \frac{x}{x+z} + G1 \cdot cnorm(e1) \right) \cdot y$ . Попавшие под влияние  $z$ -идеологии образуют  $q2 \cdot y$  участников. Это приводит к росту числа сторонников  $z$ -идеологии на величину  $y \cdot q2 \cdot \left( p \cdot \frac{z}{x+z} + G2 \cdot cnorm(e2) \right)$ . Разумеется, обе дроби в этих формулах, обозначающие соотношения между численностями групп, в действительности не могут быть известны конкретному участнику. Однако если они отражают реально существующую и изменяющуюся пропорцию между типами людей в обществе [23; 24], то, согласно принципам социальной психологии [25] в современном информационном обществе, влияние такого факта на поведение не должно вызывать сомнения, а современные статистические процедуры способны оценить необходимые значения параметров.

Не предполагая теперь одинаковость всех членов одной группы, считаем, что после ухода из одной группы участник некоторое число тактов находится в промежуточном состоянии, по которым участники теперь отличаются один от другого. Поскольку нас интересуют здесь методологические аспекты, мы ограничиваемся рассмотрением только двух промежуточных переходов, хотя их число может быть увеличено. У нас уравнения динамики будут отражать два дополнительных момента времени и соответствующие им промежуточные группы  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $x_x$ ,  $y_y$ . В расчётных формулах модели эти переменные записаны с одним и тем же индексом момента времени  $t$ , хотя содержательно относятся к предыдущим:  $x_x$ ,  $y_y$  отстают на 1 шаг, а  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  – на 2.



Тогда уравнения динамики выглядят следующим образом:  
 Модель II (базовая)

1.  $x_{t+1} = x_t + h_0 \cdot (-x_t \cdot \rho + xx_t)$
2.  $xx_{t+1} = \Delta x_t$
3.  $\Delta x_{t+1} = q1 \cdot \left( r \cdot \frac{x_t}{x_t + z_t} + G1 \cdot cnorm(e1_t) \right) \cdot y_t$
4.  $y_{t+1} = h_1 \cdot \left[ -q1 \cdot \left( r \cdot \frac{x_t}{x_t + z_t} + G1 \cdot cnorm(e1_t) \right) \cdot y_t - q2 \cdot \left( p \cdot \frac{z_t}{x_t + z_t} + G2 \cdot cnorm(e2_t) \right) \cdot y_t \right] + yy_t$
5.  $yy_{t+1} = \Delta y_t$
6.  $\Delta y_{t+1} = x_t \cdot \rho + \pi \cdot z_t$
7.  $z_{t+1} = z_t + h_2 \cdot (-\pi \cdot z_t + zz_t)$
8.  $zz_{t+1} = \Delta z_t$
9.  $\Delta z_{t+1} = q2 \cdot \left( p \cdot \frac{z_t}{x_t + z_t} + G2 \cdot cnorm(e2_t) \right) \cdot y_t$
10.  $e1_{t+1} = if \left[ e1_t \leq 0, 0, if \left[ e1_t \geq E1, E1, e1_t + h_3 \left[ A1 \cdot (E1 - e1_t) + B1 \cdot y_t \cdot \frac{x_t - z_t}{x_t + z_t} \right] \right] \right]$
11.  $e2_{t+1} = if \left[ e2_t \leq 0, 0, if \left[ e2_t \geq E2, E2, e2_t + h_4 \left[ A2 \cdot (E2 - e2_t) + B2 \cdot y_t \cdot \frac{z_t - x_t}{x_t + z_t} \right] \right] \right]$

Модель реализована и просчитана авторами в пакете MATHCAD на условных данных.

Попавшие (с вероятностями  $q1, q2$ ) под влияние информационных каналов образуют первую «промежуточную группу» ( $\Delta x$  и  $\Delta z$ ), после этого через этап они попадают в следующую промежуточную группу ( $xx$  и  $zz$ ). И только на следующем этапе они становятся равноправными членами соответствующей активной группы. Аналогичная процедура происходит с выбывающими из пассивных групп ( $\Delta y$  и  $yy$ ). Уравнения для изменения установки содержат также логические условия, обеспечивающие значения установки между нулём и  $E1$  или  $E2$ .

Рассмотрим динамику траекторий с начальными условиями  $x_0 = z_0 = 100$ ,  $y_0 = 800$ ,  $e1_0 = 1$ ,  $e2_0 = 3$  и при следующих значениях параметров:

$A1=0.28$ ,  $A2=0.28$ ,  $B1=0.05$ ,  $B2=0.05$ ,  $E1=6$ ,  $E2=6$ ,  $G1=0.43$ ,  $G2=0.43$ ,  $r=0.01$ ,  $p=0.031$ ,  $q1=0.32$ ,  $q2=0.20$ ,  $\rho=0.015$ ,  $\pi=0.015$ .

Результаты расчётов представлены в табл. 1 и на рис. 3.

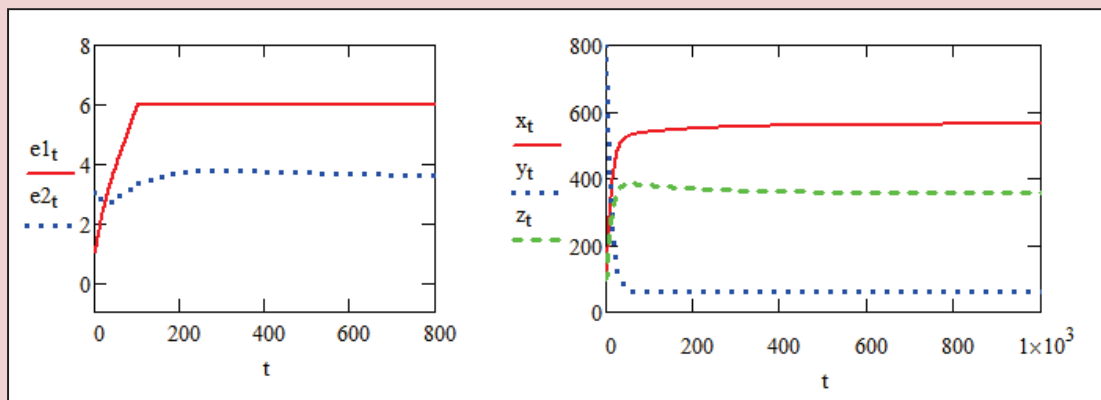
Начальные численности активных групп одинаковы. Начальная установка ( $e2_0=3$ ) у контактирующих с  $z$ -СМИ больше, чем у контактирующих с  $x$ -СМИ ( $e1_0=1$ ); значимость социальных контактов для переходов  $z$ -группы также больше, чем у  $x$ -группы ( $p > r$ ). Тем не менее за счёт большей распространённости  $x$ -СМИ ( $q1 > q2$ ) предельные установка и численность  $x$ -группы превосходят значения их «конкурентов».

Таблица 1. Стационарные значения переменных

$X$	$xx$	$\Delta x$	$y$	$yy$	$\Delta y$	$z$	$zz$	$\Delta z$	$e1$	$e2$
563.03	8.445	8.445	60.515	13.794	13.794	356.592	5.35	5.35	6	3.6

Источник: составлено по расчетам авторов.

Рис. 3. Траектории переменных модели



Источник: составлено по расчетам авторов.

Мы также видим, что численность переходящих за один такт итерации («промежуточных» групп) гораздо меньше основных, что естественно, так как группы трансформируются постепенно. А доли переходящих в активные группы определяются и распространённостью пропаганды ( $q1, q2$ ), вероятностями контактов ( $p, r$ ) и силой воздействия установки ( $G1, G2$ ). В данном виртуальном мире  $x$ -идеология побеждает альтернативную довольно быстро.

**7. Модель с постоянным процентом «неподдающихся» (Модель III).**

Чтобы подчеркнуть определённую универсальность нашего подхода, были рассчитаны траектории основной модели при *нелинейном законе влияния на установку со стороны СМИ* согласно

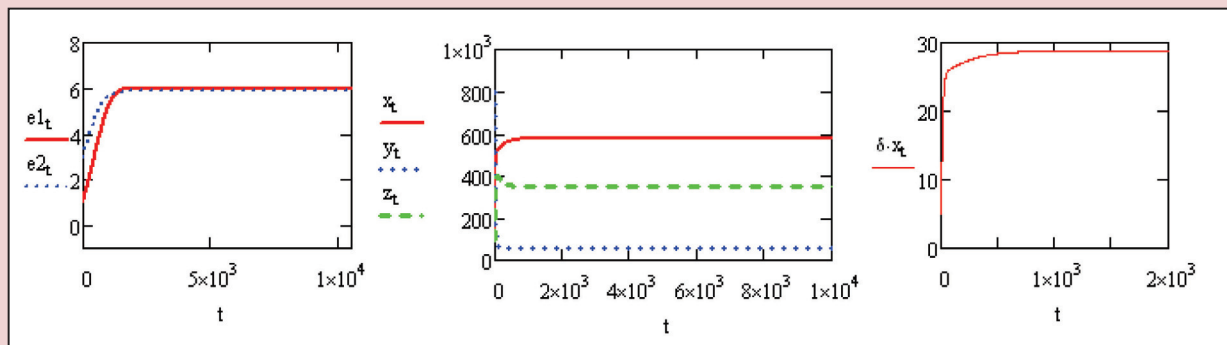
(1). Кроме того, был введён новый параметр  $\delta$ , обозначающий неизменную долю тех членов активной первой группы («неподдающиеся»), которые при любом  $t$  не уходят из неё. Теперь уравнения 1 и 6 в *Модели II* заменяются на такие:

$$x_{t+1} = x_t + h_0 \cdot [-(1 - \delta)x_t \cdot \rho + \pi x_t]$$

$$\Delta y_{t+1} = (1 - \delta)x_t \cdot \rho + \pi \cdot z_t$$

Графики на *рис. 4* показывают, что характер траекторий численностей практически не меняется, но обе установки стремятся к своему пределу. На третьем из них видно, что количество наиболее «стойких» (или «консервативных») участников быстро стабилизируется и не меняется.

Рис. 4. Траектории переменных Модели III



Источник: составлено по расчетам авторов.

Таблица 2. Зависимость стационарных значений от начальных

Начальные	Решение				
	$x$	$y$	$z$	$e1$	$e2$
$x_0; y_0; z_0$					
50; 900; 50	457.789	78.93	457.789	6	6
80; 900; 20	594.97	102.19	297.485	6	0

Источник: составлено по расчетам авторов.

Рассмотрим ещё одну имитацию реального процесса при разных вариантах значений отдельных параметров. Сначала пусть параметры для всех групп одинаковы ( $G1=G2$ ,  $p=r$ ,  $q1=q2$ ,  $\rho=\pi$ ), а начальные значения переменных представлены в 1 столбце *табл. 2*.

Поведение переменных  $x$  и  $z$  при  $t > 0$  не различается, достигая своего конечного состояния (см. на первой строчке *табл. 2*), а нейтральная группа тоже приходит в своё стационарное состояние. Однако даже небольшое преобладание одной из начальных численностей активных групп  $x=80$ ,  $z=20$  сохраняет преобладание на весь период (вторая строка), как и в предыдущем случае. Характерно, что перевес по численности второй группы в силу эффекта подражания «заглушил» даже тот уровень установки  $z$ -группы ( $e1_0=e2_0=2$ ), который был вначале. Этот факт показывает роль социальных контактов при различии численностей групп.

Компьютерные расчёты показывают, как можно компенсировать небольшую начальную численность одной из групп для обеспечения в дальнейшем её преобладания. Во-первых, можно уменьшить разрыв, выравнивать численность или даже увеличить её, увеличивая распространённость СМИ (коэффициенты  $q2$ ). Во-вторых, можно увеличить силу влияния установки на переходы из нейтральной группы в активную ( $p$ ,  $G2$ ). При уменьшении распространённости СМИ второй группы ( $q2$ ) увеличивается численность  $x$ -группы за счёт остальных групп. При увеличении параметров  $p$  и  $G2$  численность нейтральной группы  $y$ , а также  $z$  сокращается, в то время как  $x$ -группа усиливается. При одновременном уменьшении распространённости каналов СМИ  $q1$ ,  $q2$  численности в активных группах ( $z$ ,  $x$ ) сокращаются, а в нейтральной ( $y$ ) – увеличиваются. Проведённые расчёты подтвердили эти возможности.

## 8. Модель с внешними влияниями (Модель IV).

*Модель III* описывает взаимодействие социальных групп с информационными каналами, когда кроме указанных факторов больше ничто на мнения и поведение группы не влияет. И при известных значениях параметров модель является методом прогнозирования наблюдаемых процессов. Поведение населения всегда находится под влиянием общих условий, в которых оно находится: это уровень жизни, рост цен, политические события в обществе и пр. Именно эти условия определяют фиксированные значения параметров модели. Это обстоятельство может быть отражено *в виде зависимости* от внешней среды параметров, определяющих вероятности поведения: уйти из группы активистов ( $\rho$ ,  $\pi$ ), перейти из нейтральной группы в какую-то активную группу ( $r$ ,  $G$ ), с большим или меньшим доверием воспринимать информацию ( $A$ ,  $B$ ). Можно также отразить усиление или уменьшение эффективности информационного влияния за счёт дополнительных средств на рекламу, пропаганду и агитацию. Тем самым модель становится моделью управления, поскольку, зная, как надо изменять, например, параметры  $q$  или  $G$ , мы увеличиваем численность группы.

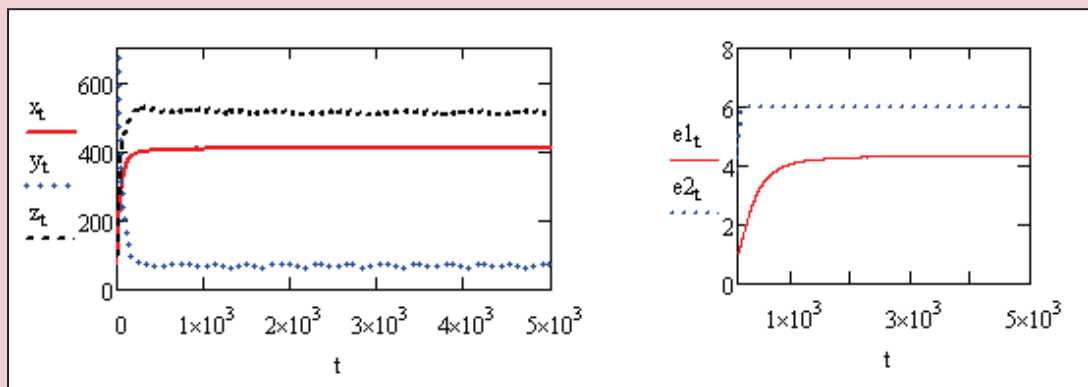
Конкретно, в определённом варианте расчётов по *Модели IV* предполагается, что с течением времени на переходы из нейтральной группы в группу  $z$ -активистов оказывается внешнее влияние, проявляющееся в том, что коэффициент  $G2$  (влияние установки на переходы) периодически увеличивается на некоторую величину. В результате происходит естественное увеличение численности  $z$ -группы. Если изменение проявляется регулярно в виде периодически возникающего «довеска»  $\Psi$ , то определённого стационарного состояния не существует, а появится некий аттрактор, задающий множество возможных состояний. Это приводит к колебательному усилению  $z$ -пропаганды и, при прочих равных условиях, преобладанию численности в  $z$ -группе (*табл. 3, рис. 5 и 6*).

Таблица 3. Квазистационарные значения переменных для t=1000

$\Psi$	$x$	$xx$	$\Delta x$	$y$	$yy$	$\Delta y$	$z$	$zz$	$\Delta z$	$e1$	$e2$
0.757	411.94	6.53	6.50	74.47	13.78	13.78	507.37	10.5	10.98	4.33	6

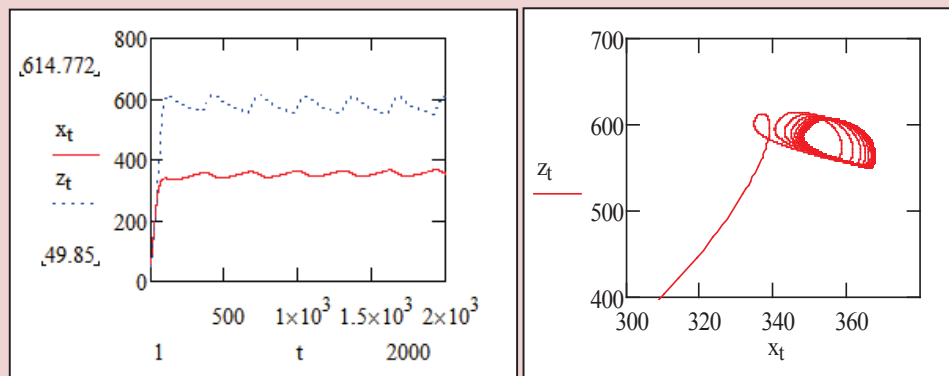
Источник: составлено по расчетам авторов.

Рис. 5. Траектории переменных Модели IV



Источник: составлено по расчетам авторов.

Рис. 6. Зависимость траекторий от периодических внешних влияний



Источник: составлено по расчетам авторов.

В Модели IV величина  $\Psi$  представляет собой увеличение прежнего значения параметра  $G$ , изменение моделируется некоторой синусоидой во времени:

$$\Psi = G2 + d \cdot \Phi(2 \cdot \sin(k \cdot t) - 1) \cdot 2 \cdot \sin(k \cdot t) - 1.$$

Коэффициент  $d$  – множитель, задающий величину дополнительного слагаемого. Функция  $\Phi(\cdot)$  оставляет только положительные значения аргумента. Каждые  $x = \frac{2 \cdot \pi}{k}$  промежутков времени значение величины «вливания»

повторяется, а коэффициент  $k$  характеризует эту частоту. Естественно, что новые значения отличаются от полученных ранее без внешнего влияния.

Эта модель получается из Модели II добавлением начальной строки для определения  $\Psi$ , а также изменением строк 5 и 10:

$$y_{t+1} = h_1 \cdot \left[ -q2 \cdot \left( p \cdot \frac{z_t}{x_t + z_t} + \Psi_t \cdot \text{cnorm}(e2_t) \right) \cdot y_t - \dots \right] + y_t$$

$$\Delta z_{t+1} = q2 \cdot \left( p \cdot \frac{z_t}{x_t + z_t} + \Psi_t \cdot \text{cnorm}(e2_t) \right) \cdot y_t$$

Параметры данной модели одинаковы для обеих активных групп за исключением введённого  $\Psi$ .

$$h_0=0.1, h_1=0.1, h_2=0.1, h_3=0.015, h_4=0.015,$$

$$A1=0.28, A2=0.28, B1=0.06, B2=0.06, E1=6, E2=6, G1=0.43, G2=0.43, r=0.01, p=0.01, q1=0.2,$$

$$q2=0.2, d=0.5, \rho=0.015, \pi=0.015.$$

Начальные значения переменных:  $x=z=50$ ,  $y=900$ .

Вследствие внешнего влияния численность  $z$ -группы неравномерно увеличивается, приводя к колебательным изменениям численности остальных групп. В то же время предельные значения установок сохраняются неизменными, но разными по величине.

Технически аналогичным способом можно учесть влияние неопределённости при оценке того или иного параметра. Задавая такой параметр как случайную величину с известными характеристиками, мы можем получать набор возможных реализаций траекторий и исследовать структурную устойчивость модели, как это описано в нашей работе [2, с. 107-118].

### 9. Заключение.

Основной задачей, которую ставили перед собой авторы этой статьи, была разработка компьютерного подхода, способного отразить на основе простой математической модели сложные взаимодействия социальных групп между собой и СМИ, формирующие идейное миропонимание. Актуальность этой проблемы особенно ощущается, когда понятно, что социальным конфликтам всегда предшествует идейное расслоение.

В статье предложена отличная от других такая формализация динамики идеологической структуры социума, когда:

1. Изменение численностей групп происходит под влиянием социальных установок, а установки меняются в зависимости от численностей групп и влияния СМИ.

2. Для увеличения реалистичности моделей марковского типа введены «промежуточные переменные», относящиеся к нескольким предыдущим моментам времени. Это позволяет учитывать временные различия участников одинаковых групп.

3. Прогнозные и управленческие способности моделей увеличены за счёт рассмотренных факторов внешних влияний и возможности добавления случайных возмущений на параметры модели.

Важно отметить, что в статье рассматриваются массовые процессы, которые могут быть описаны статистическими показателями. Анализ формы организации членов групп, которая часто оказывается определяющей, не входил в задачу нашей работы. Разработанная программа на условиях данных о виртуальном мире позволяет просматривать различные пути формирования социальных позиций населения, а при наличии реальных данных – выполнять варианты прогнозных расчётов и управляющих воздействий. В частности, на модельном уровне удаётся выявлять роли и факторов распространённости и доступности каналов СМИ, и их эффективности, и социальных контактов, что в совокупности приводит к самым различным эффектам. В экспериментальных расчётах показано, как с помощью СМИ и подготовленных социальных контактов можно влиять на формирование численностей социальных групп той или иной политической ориентации. Наконец, предложенные процедуры могут быть положены в основу создания «агентно-ориентированной» модели идеологического противостояния в обществе, в которой логика отражения реальности фактически соответствует логике наших моделей.

Конечно, «архимедовой точкой опоры» для реального решения задачи прогноза и управления потоками общественного сознания являются полнота и адекватность доступной информации. В свою очередь, это может быть реализовано только при наличии не отдельных частных статистических выборок, а действующего социологического мониторинга, что далее предполагает проведение грамотных эконометрических работ по оценке параметров моделей. На наш взгляд, основная часть математических соотношений в предложенных моделях при наличии реализованных (и наблюдаемых) данных может служить основой для построения эконометрических уравнений, из которых возможно получить оценки параметров модели. И самое сложное здесь то, что нужно иметь данные за несколько последующих моментов времени. Для этого, собственно, должна работать служба мониторинга.

В заключение хочется заметить, что, хотя предложенный подход ориентирован на описание политико-идеологического противостояния в обществе, он применим к моделированию ситуаций в различных сферах жизнедеятельности, например, при изучении таких позиций населения, как отношение к власти, идеологий государственника и либерала, строгого моралиста и сторонника свободной любви, верующих людей

и атеистов. В дальнейшем предполагается распространить наш подход на случай не двух, а большего числа конкурирующих групп, учесть социальные характеристики групп [24] и влияние нескольких внешних факторов, провести расчёты на основе реальных статистических данных. Предполагается также разработать эконометрические подходы к оцениванию параметров компьютерных моделей.

### Литература

1. Шведовский В.А. Моделирование распространения информации в смежных социальных группах // Математические методы в социологическом исследовании. М.: Наука, 1981. С. 207-214.
2. Isea R., Mayo-García R. Mathematical analysis of the spreading of a rumor among different subgroups of spreaders // Pure and Applied Mathematics Letters. 2015. Pp. 50-54.
3. Nekovee M., Moreno Y., Bianconi G., Marsili M. Theory of Rumor Spreading in Complex Social Networks // Physica A. 2007. № 374. Pp. 457-470.
4. Thompson K., Castro Estrada R., Cinstron-Arias A. Deterministic Approach to the Spread of Rumors // Working paper. Washington. DC. USA, 2003.
5. Turchin P. Secular Cycles // Princeton University Press, 2009.
6. Sieff M. Major challenges faced Central Asia in 2011 // Central Asia News-wire. – 2010. 30 янв. URL: <http://centralasianewswire.com>
7. Долгаева Е.И., Крылова В.В. Претензии населения к власти: что остается за рамками количественных измерений // Социс. 2015. № 7. С. 58-64.
8. Малков А.С. Процессы в модернизирующихся обществах и циклы нестабильности // Арабская весна 2011: сб. М.: изд. ЛКИ, 2011. С. 440-460.
9. Малков С.Ю. Математическое моделирование исторической динамики: подходы и модели // Моделирование социально-политической и экономической динамики. М.: РГСУ, 2004. С. 76-188.
10. Ходунов Ю.В., Зинькина А.С., Каратаев А.В. К прогнозированию социально-политической нестабильности // Арабская весна 2011: сб. М.: ЛКИ, 2011. С. 384-434.
11. Дзоло Д. Демократия и сложность: реалистический подход. М.: ГУ-ВШЭ, 2010.
12. Луман Н. Реальность массмедиа. М.: Практика, 2005.
13. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: Физматлит, 2010.
14. Walton V. Creating Europe: The Discourse of Civilization // Interstate Journal of International Affairs. V. 2013/2014. № 1. P. 1/1.
15. Рашевский Н. Две модели: подражательное поведение и распределение статуса // Математические методы современной буржуазной социологии. М.: Мир, 1966.
16. Развитие модели распространения информации в социуме / А.П. Михайлов, А.П. Петров, Н.А. Маревцева, И.В. Третьякова // Математическое моделирование: сб. 2014. Т. 26. № 3. С. 65-74.
17. Прончева О.Г. Влияние степени поляризации общества на исход информационного противоборства // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2016. № 75. С. 29.
18. Гаврилец Ю.Н., Клименко К.В., Кудров А.В. Статистический анализ факторов социальной напряжённости в России // Экономика и математические методы. 2016. № 52 (1). С. 45-66.
19. Пфанцгаль И. Теория измерений. М.: Мир, 1976.

20. Гаврилец Ю.Н., Фомина Ю.В. Моделирование динамики социальной установки (отношение к коммерческой рекламе на телевидении) // Социология: методология, методы, математическое моделирование. 2002. № 15. С. 110-134.
21. Гаврилец Ю.Н., Чекмарёва Е.А. Моделирование равновесного функционирования экономики в Северо-Западном федеральном округе // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2010. № 4(12). С. 107-118.
22. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бахтизина Н.В. CGE модель социально-экономической системы России со встроенными нейронными сетями. М.: ЦЭМИ РАН. Сайт Лаборатории искусственных обществ, 2005. URL: [www.abm.center](http://www.abm.center)
23. Горский Д.П. Обобщение и познание. М.: РЖ ИНИОН АН СССР, 1986.
24. Rose M. Why Gender Relations Important to Include in Study of Politics and Society? // Journal of international affairs. V. 2015/2016. – № 1. P. 1-2.
25. Юнг К. Психологические типы. Минск: Попурри, 1998.

### Сведения об авторах

Юрий Николаевич Гаврилец – доктор экономических наук, профессор, заведующий лабораторией, Центральный экономико-математический институт РАН (117418, Российская Федерация, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 47; e-mail: [yurkag@mail.ru](mailto:yurkag@mail.ru))

Ираида Васильевна Тараканова – научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН (117418, Российская Федерация, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 47; e-mail: [Itar4@mail.ru](mailto:Itar4@mail.ru))

Статья поступила 14.08.2017.

Gavrilets Yu.N., Tarakanova I.V.

### Computer Analysis of Qualitative Features in the Formation of the Socio-Ideological Structure of Society

**Abstract.** The goal of the present paper is to develop a special methodology for analyzing and forecasting mass social interactions; the methodology can be used in various studies of how social positions and opinions of the population are formed. The paper proposes a technique of mathematical modeling of mass social interactions in the context of a comprehensive interplay of social contacts, under the impact of information channels and the external environment. The model is based on substantial ideas about cause-effect relationships between the size of social groups and their changes as a result of mutual transitions, the ideas about how the views of other participants and various media influence socio-psychological attitudes, and about possible external impact on the effectiveness of propaganda. In contrast to commonly used differential equations focusing on the analysis of the stationary state, we propose to analyze the group size dynamics with the use of simple modifications of Markov chains when participants do not move from one group to another uniformly, but are distributed through several time periods, and the probabilities of such a transition depend on the current state. For this purpose, computer programs that express the iterative procedures of Markov chains with additional intermediate states are used. An important feature that distinguishes our approach from other models consists in the reliance on a sociological theory that requires social behavior be considered as dependent on variables such as socio-psychological attitudes of members of social groups. Our work also takes into account the factors that determine the attitudes, namely social contacts between people and information channels of different types available to the participants. With the help of simulation calculations, we show how this attitude may affect the inter-

group transitions in the formation of a socio-ideological structure of society. In general, these models are a kind of situational stand where we can study the features of formation of the ideological structure of society. If statistical or expert data are available, then the model we have developed can be used to analyze regional socio-political issues.

**Key words:** attitude, ideological structure of society, social groups, social contacts, the media, dynamics, probability of inter-group transitions.

### **Information about the Authors**

Yurii N. Gavrilets – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of Laboratory, Central Economics and Mathematics Institute RAS (47, Nakhimovsky Avenue, Moscow, 117418, Russian Federation; e-mail: yurkag@mail.ru)

Iraida V. Tarakanova – Researcher, Central Economics and Mathematics Institute RAS (47, Nakhimovsky Avenue, Moscow, 117418, Russian Federation; e-mail: Itar4@mail.ru)