

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

APPLICATION OF SIMULATION MODELING FOR THE OPTIMIZATION OF INFORMATION MANAGEMENT IN SOCIAL NETWORKS

D. Gorkovenko

Summary. The article presents an overview and comparative analysis of applied information management models in social networks. The article reveals the potential for analyzing social networks, as well as the scope for modeling information impact. Probabilistic models of information influence are considered: the model of bipolar choice and the model of the pre-election struggle. In this paper, models of random graph generation and non-scale networks are presented. The notion of the Markov model of information control, the matrix of influences is given. Also, the criterion of management effectiveness is defined. The use of the Markov model of information influence is shown to maximize the revenue of the control center. The results of simulation carried out using real opinions of the agents of the network, when choosing different strategies are presented. The paper provides a comparative analysis of strategies for selecting agents, while implementing information management.

Keywords: social networks; simulation modeling; model of information influence and management; Markov chains; the dynamics of the views of network agents.

Горковенко Дмитрий Константинович
Аспирант, Байкальский государственный
университет
gorkovenko.dmitry@gmail.com

Аннотация. В статье обосновывается актуальность исследования социальных сетей. Приведены примеры управления мнениями членов социальных сетей. В работе представлен обзор и сравнительный анализ прикладных моделей информационного управления в социальных сетях. В статье раскрывается потенциал анализа социальных сетей, а также область применения при моделировании информационного влияния. Рассмотрены вероятностные модели информационного влияния: модель биполярного выбора и модель предвыборной борьбы, основанные на теории рационального поведения агентов сети. В работе представлены модели генерации случайных графов и без масштабных сетей. Дается понятие марковской модели информационного управления, матрицы влияний. Так же, определен критерий эффективности управления. Показано применение марковской модели информационного влияния для максимизации дохода центра управления. Представлены результаты имитационного моделирования, проведенного с использованием реальных данных мнений агентов сети, при выборе различных стратегий. В работе приведен сравнительный анализ стратегий выбора агентов, при осуществлении информационного управления.

Ключевые слова: социальные сети; имитационное моделирование; модели информационного влияния и управления; цепи Маркова; динамика мнений агентов сети.

Введение

Данная работа посвящена обзору и анализу прикладных моделей информационного управления мнениями агентов в социальных сетях. Основной задачей исследования выделим поиск оптимальной стратегии при решении задачи максимизации целевой функции центра влияния (изменение мнений агентов сети). Целенаправленное влияние на нагнетание информационной ситуации до критической точки позволяет спровоцировать общественность на действия (покупка товара, голосование за победителя в конкурсе, выбор кандидата на выборах и другие). При постоянном воздействии на поток информации, путем распространения слухов, пропаганды, в сети формируются требуемые взгляды и убеждения. Появился термин «нетократия» [1] — форма управления обществом, в которой ценностью являются не материальные блага, а информация и структуры, которые ее обрабатывают, сохраняют и передают.

Перенос настроений в реальный мир происходит в результате информационного воздействия на мотивационную основу личностей, с изначально сформированными взглядами, близкими для реализации определенных намерений, которые ожидает от них воздействующая сторона, а также в результате информационного воздействия на группы населения и конкретных лиц, с неустойчивыми взглядами, трансформация которых позволяет направить людей в требуемые рамки поведения. При увлечении социальными сетями, частыми просмотрами новостей, пользователи начинают с большим желанием доверять тому, что там написано [2]. Т.е. агенты утрачивают критическое мышление и становятся более расположены к информационному управлению.

При описании данного процесса, исследователи выделяют 3 вложенных класса моделей: информационного влияния, информационного управления и информационного противоборства [3]. Управление в той или иной

форме существовало всегда, а также присуще любой социальной деятельности [4]. Информационное управление представляет собой деятельность, которая организуется и осуществляется через воздействие на управляемую систему с целью обеспечения требуемого поведения. На интернет сайтах необходимо оформлять личный кабинет, который составляет первичный информационный профиль агента. Исходя из первичных данных и действий агента центр получает данные для дальнейшего управления мнением. Однако стоит отметить, что агент сети принимает решения самостоятельно. Для управления данным процессом нужно обладать моделью принятия решений агентом сети (гипотеза рационального поведения). Суть гипотезы заключается в том, что агент старается выбрать оптимальную альтернативу, исходя из имеющейся информации [5].

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ

В общем смысле, рациональность обозначим как поведение, при котором определяется стремление к увеличению некоторых объективных показателей. Приведем определения, авторитетных исследователей, отражающих специфику рационального в поведении человека.

Поведение считается рациональным, в том случае, если человек ставит перед собой логичные, сочетающиеся между собой цели и использует средства, подходящие для удовлетворения собственной цели [6]. Рациональное поведение выражается в следующем: четкое определение цели, установлении вероятных альтернатив выбора, выборе наиболее реальных альтернатив, установлении критериев оценки альтернатив с точки зрения достижения целей, отборе эффективных альтернатив, окончательный выбор [7]. «Субъект никогда не выберет альтернативу X если в тоже самое время ему доступна альтернатива Y, которая с его точки зрения, предпочтительнее X» [8]. Фридрих Август фон Хайек в книге «Пагубная самонадеянность. Ошибки социализма» [9] определяет рациональное поведение, как поведение, которое направлено на достижение конкретных результатов. В работе [10] рациональность обозначают как способность выбора поведения на основе системы предпочтений, с учетом возможности определения последствий. Рациональное поведение включает в себя: определение альтернатив, создание системы предпочтений, принятие решения, определение последствий выбранного поведения.

Модели информационного управления

Вернемся к проблеме информационного управления. Определим задачу информационного управления —

найти структуру информированности агентов, при которой информационное равновесие их рефлексивной игры было наиболее предпочтительно с точки зрения центра — субъекта, осуществляющего управление [5]. Под структурой информированности будем понимать иерархию представлений агента. Информационное равновесие — устойчивый исход взаимодействия: агент выбирает свои действия, моделируя свое взаимодействие с фантомными агентами (существующие в сознании реальных агентов), ожидая от оппонентов выбора определенных действий. Рефлексивная игра — процесс социального взаимодействия, при котором каждый участник осуществляет управления другими участниками, пытается реализовать свою стратегию для формирования собственного варианта социальной действительности. Ниже будут представлены известные модели поведения агентов в социальных сетях. В моделях рассматривается возможное поведение агентов, выбор альтернатив, а также решается задача оптимизации для центра управления.

Биполярный выбор

Опишем ситуацию, в которой агенты сети выбирают между двумя альтернативами. Такие альтернативы назовем позитивным и негативным полюсом. В силу большого числа агентов, при решении задачи управления всем графом, выбор каждого агента не играет роли, а важен процент агентов, выбравших позитивный полюс. Опишем модель следующим образом:

- ◆ социальная сеть содержит n типов агентов;
- ◆ доля i -го типа составляет a_i , $0 < a_i < 1$;
- ◆ выбор i -го типа агента задается функцией реакции на ожидание $f(p)$, $f : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$,

где p — вероятность предпочтения первой альтернативы. Иначе, если агент представляет, что доля выбравших такую альтернативу составляет p , то его действие x_i определим: $x_i = f_i(p)$.

Введем типы агентов: безусловно выбирают положительный полюс (первая группа), выбирают положительный или отрицательный полюс в зависимости от того, как с их точки зрения поведут себя остальные агенты (вторая группа), безусловно выбирают отрицательный полюс (третья группа). Функции действий агентов выглядят следующим образом:

$$f_1(p) \equiv 1, f_2(p) = p, f_3(p) \equiv 0,$$

$$x_1 = 1, x_2 = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3, x_3 = 0,$$

$$x_1 = 1, x_2 = \frac{a_1}{1 - a_2}, x_3 = 0,$$

$$p = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 = a_1 + a_2 \frac{a_1}{1 - a_2}.$$

Таблица 1. Предпочтения групп избирателей.

| a_1 | a_2 | a_3 |
|-------|-------|-------|
| a | b | c |
| b | c | a |
| c | a | b |
| d | d | d |

Центр стремится увеличить долю агентов, осуществивших позитивный выбор. Для этого необходимо повлиять на агентов второй и третьей группы. В первую очередь, центру предпочтительно воздействовать на третью группу, переведя долю y во вторую и использовав ресурс C_2y . Далее, есть возможность воздействовать на вторую группу, переименовав представления субъектов о доле агентов третьего типа. Развитие такого представления несет затраты в объеме C_1x . Совокупный бюджет центра фиксирован и составляет C . Цель управления состоит в том, чтобы использовать ресурс на реализацию информационных влияний увеличивать долю агентов первого группы до максимума. Формально можно записать:

$$\begin{cases} p(x, y) = a_1 + (a_2 + ya_3) \frac{a_1}{1 - (a_2 + xa_3)}, \\ C_1x + C_2y \leq C, \\ 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1. \end{cases}$$

Задача центра состоит в нахождении оптимума (максимума)

$$\varphi(x, y) = \frac{(a_2 + ya_3)}{1 - (a_2 + xa_3)}.$$

Функция $\varphi(x, y)$ возрастает по всем своим аргументам, поэтому ограничение $C_1x + C_2y \leq C$ можно записать в виде равенства $C_1x + C_2y = C$. Выразим

$$y = \frac{C - C_1x}{C_2}$$

и запишем функцию

$$\psi(x) = \frac{a_2 + \frac{C - C_1x}{C_2} a_3}{1 - (a_2 + xa_3)} = \frac{1}{C_1C_2} \frac{a_2C_2 + \frac{a_3C}{C_1} - xa_3}{1 - a_2 - xa_3}.$$

Несложно заметить, что $\psi(x)$ монотонно возрастает (соответственно, монотонно убывает, либо является константой), в том случае,

$$\frac{a_2C_2}{C} + \frac{a_3C}{C_1} - (1 - a_2)$$

положительно (соответственно, меньше, либо приравнивается к нулю). Введя обозначения

$$k_1 = \frac{C_1}{C}, k_2 = \frac{C_2}{C},$$

следует $a_3 > k_1 - a_2(k_1 + k_2)$.

Предположим, что $C_1 > C$ и $C_2 > C$. Выбор центра будет оптимальным, когда весь ресурс вкладывается в увеличение либо реальной, либо воображаемой доли агентов второго типа. При

$$a_2 > \frac{k_1}{k_1 + k_2},$$

оптимальным решением является

$$x = \frac{C}{C_1}, y = 0.$$

При небольшом количестве ресурса y , оптимальным управлением считается, исходя из параметров, использовать ресурс полностью на изменение доли агентов третьего.

Предвыборная борьба

Информационное управление состоит в изменении предпочтении избирателей в сторону определенного кандидата. Имеются кандидаты — a, b и c , и выборы проводятся по принципу большинства. В случае, когда большинство голосов не было набрано, состоится тур с другими кандидатами (d). Введем три группы избирателей с долями a_1, a_2 и a_3 ($a_1 + a_2 + a_3 = 1$).

Вычислим для каждого попарного сравнения кандидатов долю избирателей, считающих, что один кандидат лучше другого:

$$S_{ab} = a_1 + a_3, S_{ac} = a_1, S_{ba} = a_2, S_{bc} = a_1 + a_2,$$

$$S_{ca} = a_2 + a_3, S_{cb} = a_2.$$

Игра избирателей, в которой множество стратегий есть $A = \{a, b, c\}$. Вектор

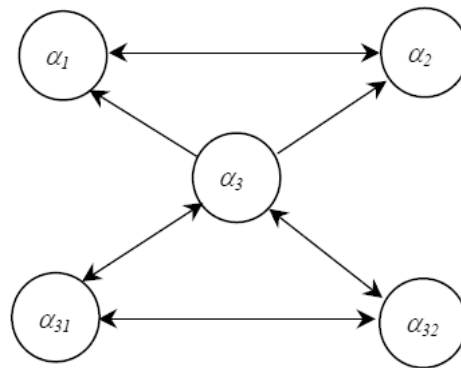


Рис. 1. Граф рефлексивной игры предвыборной борьбы.

$$(a_1, a_2, a_3) = \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3} \right)$$

известен всем избирателям. Делаем вывод о том, что множество равновесий Нэша составляют шесть векторов:

$$(a, a, a) \rightarrow a(b, b, b) \rightarrow b(c, c, c) \rightarrow c,$$

$$(a, b, a) \rightarrow a(a, c, c) \rightarrow c(b, b, c) \rightarrow b.$$

Пишем рефлексивную игру, в которой действия по навязыванию структуры информированности второму и третьему агенту организывает первый агент, цель которого — «избрать» кандидата a . Структура информированности отражает граф рефлексивной игры.

Цель первой группы — убедить третью в том, что наиболее кандидат с не будет избран, и следует сделать выбор кандидата a . Для этого должно достаточно выполнения:

$$a_{32} + a_3 < \frac{1}{2}, a_{31} + a_3 > \frac{1}{2}, a_{31} + a_3 + a_{32} = 1$$

Далее, первой группе следует изменить мнение второй в сторону, что будет избран кандидат a и от ее действий ничего не изменят. Так как от второй группы выборы не зависят, то следует, что она проголосует за наиболее предпочтительного кандидата b . Получим вектор информационного равновесия (a, b, a) .

Вывод по двум моделям

Данные модели опираются на статистические показатели и на гипотезу рационального поведения. В моделях рассматривается ситуация, когда агент сети делает выбор в пользу одной из альтернатив, пытаясь «предсказать» выбор остальных агентов. Но в социальной сети агенты социальной сети подвержены влиянию через свои «соседние узлы». Это означает, что

агент осуществляет выбор альтернативы основываясь на собственном мнении и влиянии «соседних узлов», а не пытается «предсказать» выбор всех агентов сети. Данные модели подходят для небольших групп, при условии полной информированности. Если центр может заранее определить группы интересов, то модели решают задачу распределения ресурса для осуществления управления. В противном случае, необходимо выбирать модели учитывающие связи между агентами сети.

Марковская модель информационного влияния

Опишем динамику влияний с помощью марковского процесса. Введем понятие квадратную матрицу влияний

$$A = \|a_{ij}\|$$

размерности $n * n$, где $a_{ij} \geq 0$ степень доверия i -го агента j -му. Определения влияние и доверия противоположны: «степень доверия i -го агента j -му равна a_{ij} » совпадает с определением «степень влияния j -го агента на i -го равна a_{ij} ». Каждый агент не имеет сведения о степени доверий других агентов. Для нормирования матрицы A введем:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} = 1, \forall i \in N.$$

Доверие агента самому себе $a_{ii} > 0$. Если i -й агент доверяет j -му, а j -й доверяет k , то это означает следующее: k -й агент косвенно влияет на i -го. Мнение агента i в момент времени t определим x_i^t . Мнения всех агентов сети определяет вектор x^t размерности n . В каждый момент времени мнение агента изменяется под воздействием мнений агентов, которым он доверяет. Изменение мнений — линейный процесс:

$$x_i^{t+1} = \sum_j a_{ij} x_j^t, i \in N. \tag{1}$$

В векторной записи $x_i^{t+1} = Ax^t$. Положим, что число агентов постоянно (в течении некоторого периода), тогда мнения будут стремиться к результирующему значению $X = \lim_{\tau \rightarrow \infty} (A)^\tau x^0$.

Имея уравнение (1), появляется возможность решить задачу информационного управления. Центру известна матрица влияний. Воздействие заключается в изменении вектора начальных мнений. Вектор управления $u \in R^n$, воздействие на шаге t можно записать в виде

$$x_i^{-0} = x_i^0 + u_i, i \in N.$$

Определим целевую функцию $F(X, u)$. Запишем задачу управления в виде:

$$F\left(\lim_{\tau \rightarrow \infty} (A)^\tau (x^0 + u), u\right) \rightarrow \max_u$$

. Т.е. необходимо правильно выбрать агентов для управления мнениями. Авторы работы [3] предлагают использовать стратегию выбора агентов с наибольшим количеством связей, как самую эффективную. Наличие единственной стратегии сужает возможность регулирования затрат центра, поэтому поставим задачу поиска альтернативной стратегии.

Апробация имитационных моделей

Генерация данных

В текущем исследовании была выбрана модель Барабаши-Альберт [11] — алгоритм генерации случайных без масштабных сетей с использованием принципа предпочтительного присоединения. Без масштабные сети широко распространены в природных сетях (пищевые цепочки) и сетях, созданных человеком (интернет, социальные сети). Модель включает в себя две важные общие концепции: рост сети, принцип предпочтительного присоединения. Сеть начинается с начальной сетки с m_0 узлами. $m_0 \geq 2$ и степень каждого узла в начальной сети должна быть не меньше 1. В каждый момент времени в сеть добавляется новый узел и соединяется с существующими узлами с вероятностью, пропорциональной числу связей этих узлов. Формально, вероятностью p_i того, что новый узел соединится с узлом i равна:

$$p_i = \frac{k_i}{\sum_j k_j},$$

где k_i — степень i -го узла. Наиболее связанные узлы, как правило, накапливают ещё больше связей, тогда как узлы с небольшим числом связей вряд ли будут выбраны для присоединения новых узлов. Новые узлы имеют

«предпочтение» соединяться с наиболее связанными узлами.

Данные мнений

При моделировании информационного влияния, необходимо определить первоначальное значение мнений агентов. На данный момент, отсутствуют источники по изучению вероятностных моделей определения мнений агентов в социальных сетях. Поэтому воспользуемся открытыми источниками данных социальных опросов и проследим изменение мнений при информационном влиянии. Первым источником был выбран интернет ресурс «Всероссийского центра изучения общественного мнения» (далее ВЦИОМ) [12]. Для примера, был взят опрос на тему «Пользование Интернетом», в котором респонденты отвечали о частоте использования всемирной сетью. Исследование проводится на протяжении 2017 года. Ежемесячно опрашиваются 600 респондентов по всей России. Изменение мнений по данному вопросу, может быть интересно для домашних и сотовых провайдеров. Распределение в процентном соотношении за год: практически ежедневно — 46%; несколько раз в неделю — 13%; несколько раз в месяц — 5%; эпизодически, но не реже 1 раза в полгода — 2%; затрудняюсь ответить — 1%; не пользуюсь — 33%.

Значение мнений установим от 0 до 1 с шагом в 0,2, где 0 — соответствует значению «не пользуюсь», а 1 — «практически ежедневно».

Вторым источником был выбран «Фонд общественного мнения» (далее ФОМ) [13]. Был выбран опрос на тему «Что в экологической ситуации больше всего беспокоит людей? И готовы ли они к экологичному поведению?», опубликованный 8 сентября 2017 года. Было опрошено 1500 респондентов в 104 населенных пунктах РФ. Распределение групп по вопросу «Как бы вы оценили экологическую ситуацию там, где вы живёте, в вашем регионе — как хорошую, удовлетворительную или плохую?»: как хорошую — 15%; как удовлетворительную — 49%; затрудняюсь ответить — 3%; как плохую — 33%.

Значение мнений установим от 0 до 1 с шагом в 0,33, где 0 — соответствует мнению о плохой экологической ситуации, а 1 — о том, что экологическая ситуация хорошая.

Имитационное моделирование

После проведения моделирования были выделены две наиболее успешные стратегии выбора агентов: выбор агентов с наибольшим количеством связей, выбор наиболее влиятельных агентов. При моделировании по-

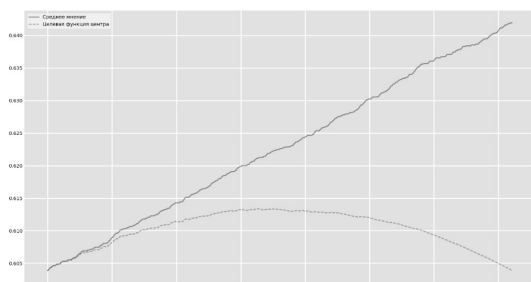


Рис. 2. Исследование ВЦИОМ. Изменение мнений агентов с наибольшим количеством связей

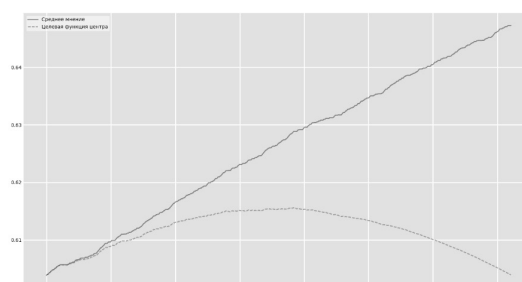


Рис. 3. Исследование ВЦИОМ. Изменение мнений агентов с наибольшим значением влияния

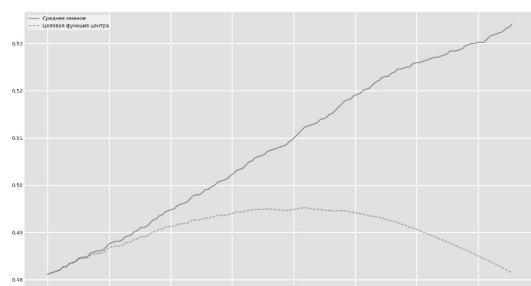


Рис. 4. Исследование ФОМ. Изменение мнений агентов с наибольшим количеством связей.

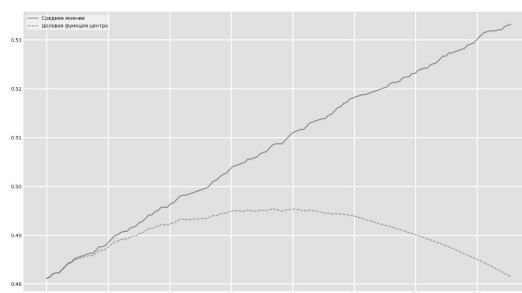


Рис. 5. Исследование ФОМ. Изменение мнений агентов с наибольшим значением влияния.

следовательно было произведено воздействие на 10% агентов в соответствии со стратегией. Влияние на агента будем определять как $u_i = 1 - x_i$. Определим целевую функцию центра как:

$$F(X, u) = \frac{1}{n} \sum_{i \in N} X_i - \beta \sum_{i \in N} u_i,$$

где β — затраты ресурса центра на управление (т.е. чтобы изменить мнение с 0 до 1 необходимо затратить β).

На рисунке 2 отображены результаты моделирования изменения мнений агентов по исследованию «Пользование Интернетом» со стратегией «выбор агентов с наибольшим количеством связей», а на рисунке 3 отображены результаты использования стратегии выбора наиболее влиятельных агентов. Стратегии показывают практически одинаковый рост значения среднего мнения. Так же видно, что при достижении определенного порога целевая функция прекращает рост и начинает

убывать, что означает нелогичность дальнейшего изменения мнений агентов.

На рисунке 4 представлены результаты моделирования изменения мнений агентов по исследованию «Что в экологической ситуации больше всего беспокоит людей? И готовы ли они к экологичному поведению?», а на рисунке 5 график использования стратегии выбора наиболее влиятельных агентов. Результаты моделирования не отличаются от предыдущих. Что позволяет сделать вывод о эффективности применения стратегии выбора наиболее влиятельных агентов для максимизации функции центра управления.

Заключение

В данной работе были подтверждены выводы, полученные в исследовании [3] и найдена альтернативная стратегия для максимизации функции эффективности

управления мнениями агентов сети. Наличие дополнительной стратегии позволяет более эффективно расходовать ресурсы центра. В текущем исследовании затраты на управление были зафиксированы. В действительности же затраты на изменение мнения отдельного агента отличаются друг от друга. Т.е. на практике задача максимизации должна решаться с учетом детализации данных о затратах на управление конкретным агентом. Рассмотренные модели: игровые (биполярные выбор и предвыборная борьба), марковская модель, имеют разные сферы применения. Игровые модели следует применять при наличии однородных агентов, попарно

связанных между собой. Марковскую модель следует применять в противоположном случае.

Дальнейшим направлением исследования является рост охвата аудитории информацией, за счет информационного влияния. По финансовому критерию Интернет становится доступнее для населения, чем многие периодические печатные издания, также наблюдается перманентный процесс снижения реальных цен на компьютерную технику, программное обеспечение и услуги провайдеров. Все это позволяет говорить о перспективности исследования и анализа социальных сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бард А., Зондерквист Я., Нетократия. Новая правящая элита и жизнь после капитализма. — СПб.: Стокгольмская школа экономики в Санкт-Петербурге, 2004.
2. Rahwan I, Krasnoshtan D, Shariff A, Bonnefon J-F. 2014 Analytical reasoning task reveals limits of social learning in networks. *J. R. Soc. Interface* 11: 2013.
3. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. «Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства», 2010.
4. Федотова Ольга Анатольевна Социальное управление на современном этапе // Вестник ВИ МВД России. 2007. № 2. С. 67–68.
5. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Прикладные модели информационного управления. М.: ИПУ РАН, 2004. — 129 с.
6. Алле М. Современная экономическая наука и факты // THESIS. 1994. № 4. С. 11–19.
7. Клейнер Г.Б. Эволюция институциональных систем. М.: Наука, 2004. 256 с.
8. Швери Р. Теория рационального выбора: универсальное средство или экономический империализм? // Вопросы экономики. 1997. № 7. С. 35–52.
9. Хайек Ф. Пагубная самонадеянность. Ошибки социализма. М.: Новости, 1992. 304 с.
10. Simon H. A. Rationality as Process and a Product of Thought // *American Economic Review*. 1978. Vol. 68. № 2. P. 1–14.
11. Albert, Réka (2002). «Statistical mechanics of complex networks». *Reviews of Modern Physics* 74: 47–97. DOI:10.1103/RevModPhys.74.47. Bibcode: 2002RvMP...74...47A.
12. Социальный опрос: «Пользование Интернетом». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://wciom.ru/news/ratings/polzovanie_internetom/.
13. Социальный опрос: «Что в экологической ситуации больше всего беспокоит людей? И готовы ли они к экологичному поведению?». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://fom.ru/Obraz-zhizni/13693>.

© Горковенко Дмитрий Константинович (gorkovenko.dmitry@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Байкальский государственный университет