

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЛОЖНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ КОГЕРЕНТНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ АТАК

Григорьев В. Р., Шуркин Л. О.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики», Москва, Россия (119454, Москва, проспект Вернадского, дом 78), e-mail¹:gvr@rnt.ru, e-mail²: bion2005@yandex.ru

В статье анализируется поведение развивающихся сложных сетей в условиях внешних воздействий. В рамках реализации синергетического подхода сделана попытка применения аппарата нелинейной динамики к описанию процессов, происходящих в социальных сетях, в частности, лежащих в основе так называемых «сетевых войн» (СЦВ). На основе выявленной аналогии механизмов ведения СЦВ и процессов в нелинейных динамических системах в работе совмещены эти две разные по природе сферы при построении математической модели управления сложными динамическими системами. Объектом исследования является социальная система, а предметом исследования – процесс влияния внешних деструктивных воздействий на поведение системы. Инструментарием для моделирования поведения социальной системы в условиях когерентных информационных атак используется теория клеточных автоматов. Результаты, полученные при моделировании когнитивных процессов в социуме, могут оказаться полезными как в предсказании развития политических и общественных процессов, так и в понимании семантики смыслов и истории уже свершившихся событий.

Ключевые слова: социальная система, устойчивость, клеточные автоматы, сложные сети.

MODELLING OF COMPLEX DYNAMIC SYSTEM STABILITY IN CONDITIONS OF COHERENT INFORMATION ATTACKS

Grigorjev V. R., Shurkin L. O.

Moscow State Technical University of Radio Engineering, Electronics and Automation, Moscow, Russia (119454, Moscow, avenue Vernadskogo, 78), e-mail¹:gvr@rnt.ru, e-mail²: bion2005@yandex.ru

This article analyzes the behavior of developing complex networks in terms of external influences. In the framework of the synergetic approach attempts to use the apparatus of nonlinear dynamics to the description of the processes taking place in social networks, in particular, the underlying so-called "network-centric warfare" (NCW). On the basis of the identified similar mechanisms of NCW and processes in nonlinear dynamical systems are combined in these two areas are different in nature in the construction of a mathematical model of control of complex dynamic systems. The object of research is the social system, and the object of research – the process of the destructive effect of external influences on the behavior of the system. Tools for modeling the behavior of social systems in terms of coherent information attacks using the theory of cellular automata. The results obtained in the simulation of cognitive processes in society, may be useful in a prediction of development of political and public processes, and in understanding the semantics of the meaning and history of the events already accomplished.

Key words: social system, stability, cellular automata, complex networks.

Введение

Современный этап развития общества характеризуется высокой степенью его информатизации и возрастающей ролью информационных технологий, которые активно влияют на состояние политической, экономической, оборонной и других составляющих безопасности государства. Анализ практики подготовки и проведения так называемых «цветных революций» (Грузия, Украина, Киргизия, Северная Африка и др.) показывает, что главной информационной угрозой безопасности государства следует считать угрозу информационного влияния другой стороны на сознание и подсознание человека, навязывание личности, обществу желаемой системы ценностей, взглядов, интересов,

решений в жизненно важных сферах общественной и государственной деятельности, управление их поведением и развитием в нужном для другой стороны направлении.

Стало очевидным, что информационные технологии стали играть существенную, если не решающую, роль в новых сценариях «цветных революций» [10]. На первый план выходят СМИ второго уровня, в том числе блоги и социальные сети (СС) [1,7]. Анализ генезиса развития социальных сервисов и их практического использования в деструктивных целях приводит к глубокому осознанию того факта, что **социальные сети становятся эффективным средством и объектом информационного управления и информационного противоборства.**

В связи с этим исключительную важность приобретают исследования механизмов информационного влияния на личность, групповое и массовое общественное сознание, а также практические разработки по объективизации такого воздействия и созданию формализованного аппарата оценки силы, глубины и последствий такого рода воздействий [3].

На сегодняшний день одной из наиболее актуальных проблем в области обеспечения безопасности государства является исследование вопросов его устойчивости к возможным воздействиям со стороны внешних и внутренних деструктивных сил посредством использования открытых информационных ресурсов [4], а также уменьшения риска при принятии решений в кризисных ситуациях. Поэтому актуальной задачей является разработка новых эффективных методов моделирования информационного противоборства и конфликтных ситуаций различного масштаба и интенсивности с целью определения путей и направлений сдерживания так называемых «сетевых войн» (СЦВ), проводимых непрямыми методами, в том числе посредством организации «цветных революций» в неудобных странах [2].

Одним из основополагающих результатов по управлению социумом, способствующим проведению настоящего исследования, стало «правило доминирования искусственным мнением меньшинства (порядка 10 %) в механизмах управления общественным мнением» [11]¹. В настоящей работе ставится задача анализа устойчивости социальных сетей к вносимым извне деструктивным идеям-мемам при охвате 10 % их аудитории. Важно, что когерентные воздействия² могут быть оказаны как на отдельные элементы сети, так и на сеть в целом, а также на связи между элементами.

¹ Смысл полученного результата состоит в том, что если у идеи или концепции в социальной сети меньше 10 % убеждённых сторонников, то эта идея или концепция никогда не станет в этой сети доминирующей. Но как только таких убеждённых сторонников станет более 10 %, идея начнёт лавинообразное распространение до тех пор, пока не захватит большинство участников сети.

² Под когерентными воздействиями будем понимать воздействия, синхронизированные по времени и в пространстве операционных действий. (Когерентность (от латинского *cohaerens* – находящийся в связи) в

1. Модель устойчивости сложной динамической системы в условиях когерентных информационных атак на основе использования теории клеточных автоматов.

В работе в качестве объекта исследования рассматривается социальная система, обладающая следующими характеристиками.

В качестве элементов системы рассматриваются группы людей, под которыми понимаются общности индивидов, объединенных сходством интересов, ценностей, норм поведения и находящихся в более или менее систематическом взаимодействии. При этом группы могут быть 4-х типов:

- *Распространители деструктивной идеи (R)* – группа активных людей, которая пытается навязать деструктивную идею.
- *Противник идеи (P)* – группа активных людей, которые пытаются помешать распространению деструктивной идеи (можно считать, что эта группа распространяет другую, антидеструктивную идею).
- *Обычные люди, зараженные деструктивной идеей (Z)* – группа людей, которые поддались воздействию со стороны распространителей деструктивной идеи и приняли её.
- *Не зараженные деструктивной идеей обычные люди (N)* – группа людей, которые не приняли деструктивную идею.

Под связями системы будем понимать информационные воздействия между группами людей (рис. 1).

Связи групп R , P , Z , N характеризуются 2-мя векторами (рис.2,3): $\vec{\alpha} = (\alpha_R, \alpha_Z, \alpha_P, \alpha_N)$ и $\vec{\beta} = (\beta_R, \beta_Z, \beta_P, \beta_N)$, где α_i отражает степень воздействия i -й группы на группы с противоположной идеей, β_i отражает степень восприятия i -й группой противоположной идеей.

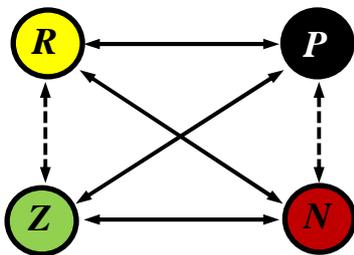


Рис. 1

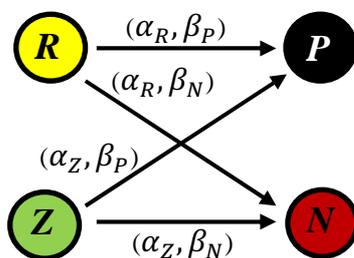


Рис.2

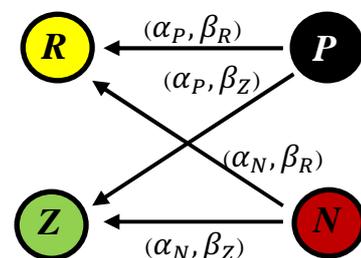


Рис.3

Увеличение значения параметра α_i отражает повышение степени воздействия (например: $\alpha_i = 0$ означает полное отсутствие воздействия; $\alpha_i = 9$ – очень сильное воздействие). Увеличение значения параметра β_i отражает повышение степени восприятия идеи

физике – согласованное протекание во времени нескольких колебательных или волновых процессов, проявляющихся при их сложении.)

(например: $\beta_i = 3$ – очень слабая степень восприятия; $\beta_i = 6$ – большая степень восприятия).

2. Описание особенностей функционирования социальной системы

В процессе своей жизнедеятельности описанная социальная система реализует последовательность состояний от начального S_0 до конечного S_n .

Таким образом, поведение системы можно описать дискретным законом перехода от одного состояния к другому, как

$$\text{Pr} = \{S_0, S_1, \dots, S_n\}.$$

1. Состояние S_0 означает, что произошло воздействие на группы активных людей, которые становятся распространителями деструктивной идеи (R), и появились противники этой деструктивной идеи (P).

2. Описание функций перехода.

Функция перехода определяет S_i состояние системы на основании S_{i-1} . $S_i = \varphi(S_{i-1}), i = \overline{1, n}$.

При этом функция φ для каждой из групп принимает конкретный вид. $\varphi = f_i$, где f_i – функция перехода отдельной группы людей, действует на каждом шаге, начиная с перехода из состояния S_0 в состояние S_1 и так далее, пока не достигнет состояния S_n , которое является конечным состоянием. Описание функции перехода отдельной группы людей f_i : при воздействии одних групп людей на другие осуществляется передача идеи; если для группы людей сумма воздействий всех других групп, с которыми рассматриваемая группа людей контактирует (имеет связь), больше степени невосприятия идеи, то такая группа принимает другую идею.

3. Конечное состояние (S_n).

Под конечным состоянием понимается такое состояние, которое характеризуется тем, что значения параметров системы не меняются с течением времени:

$$S_i^{R,P,Z,N}(\bar{\alpha}, \bar{\beta}) = S_{i+1}^{R,P,Z,N}(\bar{\alpha}, \bar{\beta}). (*)$$

Назовем состояние $S_i^{R,P,Z,N}$, для которого выполняется (*), устойчивым.

3. Описание принципов работы клеточного автомата на основе алгоритма параллельных подстановок

В качестве инструмента реализации модели применим теорию клеточных автоматов КА[8]. КА – дискретные детерминированные системы, поведение которых полностью определяется в терминах локальных взаимодействий. Главным достоинством КА является их абсолютная совместимость с алгоритмическими методами решения задач. Окончательный набор формальных правил, заданный на ограниченном множестве элементов (клеток), допускает точную реализацию в виде алгоритмов. КА представляет собой дискретную

динамическую систему, совокупность одинаковых клеток, определенным образом соединенных между собой.

В литературе имеются многочисленные примеры применения моделей КА для решения прикладных задач при анализе и моделировании социальных процессов и процедур, например, для моделирования процесса распространения новостей в информационном пространстве (модель диффузии информации) [5].

Для моделирования рассматриваемой системы в работе используется аппарат клеточных вычислений, называемый алгоритмом параллельных подстановок (АПП) [9].

В алгоритме параллельных подстановок обрабатываемая информация задается в виде клеточного массива – множества клеток. Сам алгоритм задается множеством параллельных подстановок. На каждую клетку накладывается подстановка. Если в подстановке выполняются условия перехода (проверка осуществляется функцией перехода) клетки в другое состояние, то изменяется состояние клетки. Процесс вычисления имеет итерационный характер: на каждом шаге выполняются все применимые в клеточном массиве параллельные подстановки. Вычисления заканчиваются тогда, когда к полученному на предыдущем шаге клеточному массиву не применима ни одна параллельная подстановка. Это и есть результат работы АПП.

4. Модель устойчивости социальной системы на основе использования теории клеточных автоматов

Группа людей в модели представляется одной клеткой.

Представим рассматриваемую модель посредством параметров клеточного автомата $A = \langle U, G, O, f \rangle$:

1. U – решетка автомата (рабочее пространство).

Начальное заполнение клеточного автомата описывается 2-мя вероятностными распределениями $y_1 = (P_1, 1 - P_1)$ и $y_2 = (P_2, 1 - P_2)$, где P_1 – вероятность того, что клетка будет актором (под актором понимается группа активных людей: распространитель деструктивной идеи и его противник), P_2 – вероятность того, что актор станет противником идеи.

Определим количество каждого из типов групп людей в начальном состоянии следующим образом:

- Исходное количество групп распространителей деструктивной идеи (**R**) определяется как: $P_1 \times (1 - P_2)$ (окраска желтым цветом);
- Исходное количество групп противников идеи (**P**) определяется как: $P_1 \times P_2$ (окраска черным цветом);

- Исходное количество групп обычных людей, не зараженных деструктивной идеей (**N**), определяется как: $1 - P_1$ (окраска красным цветом);
 - Исходное количество групп обычных людей, зараженных деструктивной идеей (**Z**), равняется 0 (окраска зеленым цветом);
2. $G = \{P, N, Z, R\}$ – конечное множество состояний клетки, которая может принимать значение: 0, 1, 2, 3.
 3. O – определение окрестности клетки (множество соседей). В рассматриваемой модели для определения множества соседей берется модель Мура, где каждая клетка имеет восемь соседей (см. рис. 4).

1	2	3
8	X	4
7	6	5

Рис. 4

4. $g: M \rightarrow G$, где $M = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$, а соответствие положения индекса берется из модели Мура (рис. 4).
5. $\gamma_{g_i} = \begin{cases} \alpha_{g_i}, & \text{если } g_i \in \{N, P\}, \\ -\alpha_{g_i}, & \text{иначе.} \end{cases}$
6. $r: G \rightarrow \{1, -1\}$, где $r(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \in \{R, Z\}, \\ -1, & \text{если } x \in \{P, N\}. \end{cases}$
7. $h: G \rightarrow G$, где $h(x) = \begin{cases} R, & \text{если } x = P, \\ P, & \text{если } x = R, \\ Z, & \text{если } x = N, \\ N, & \text{если } x = Z. \end{cases}$
8. $f: G \times G^{|O|} \rightarrow G$ – функция переходов.

$$f(x) = \begin{cases} h(x), & \text{если } r(x) * \sum_{i=1}^8 \gamma_{g_i} > \beta_x, \\ x, & \text{иначе.} \end{cases}$$

4. Программное моделирование социальной системы при внедрении деструктивной идеи

Программное моделирование реализовано на основе использования пакета WinALT [6].

Рассмотрим возможные варианты поведения СС при внедрении деструктивной идеи, относительно исходных параметров:

- Моделирование без групп людей, являющихся противниками деструктивной идеи.
- Моделирование с группами людей, являющимися противниками деструктивной идеи.

При исследовании поведения за основу была взята «теория 10 %» [7]. В ходе проведения моделирования поведения СС были использованы различные процентные

соотношения групп людей, а именно 5 %, 10 % и 15 % для групп R , P . Результаты моделирования представлены на рис. 8 (а,б,в).

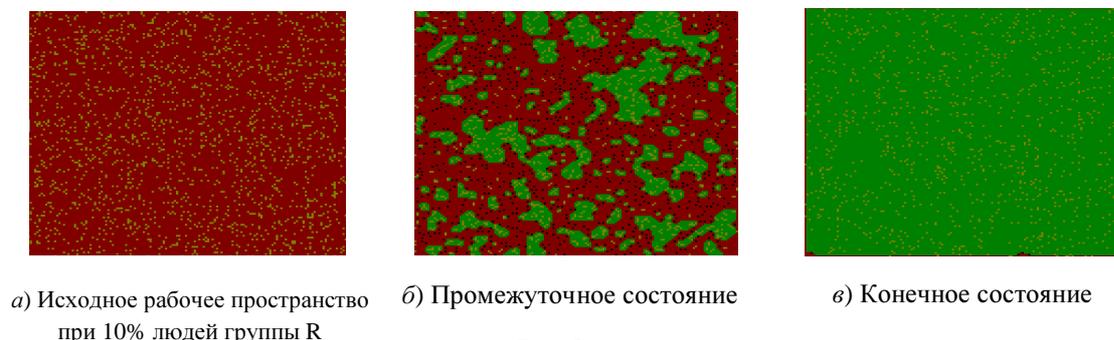


Рис.8

Моделирование на основе КА процессов изменения устойчивости состояния СС показало, что, для того чтобы система не воспринимала деструктивную идею, необходимо выполнение всех нижеуказанных пунктов:

- Значения параметров α_R и α_P соотносятся как 3:2 (если значение параметра α_R будет больше в 1,5 раза, чем значение параметра α_P , тогда система принимает деструктивную идею).
- Значения параметров α_Z и α_N соотносятся как 1:1 (если значение параметра α_Z будет больше, чем значение параметра α_P , тогда система принимает деструктивную идею).
- Значения параметров $\alpha_R, \alpha_P, \alpha_Z, \alpha_N$ соотносятся как 3: 2: 1: 1.
- Значения параметров β_R и β_P соотносятся как 3: 1 (если значение параметра β_R будет больше в 3 раза, чем значение параметра β_P , тогда система принимает деструктивную идею).
- Значения параметров β_Z и β_N соотносятся как 3: 1 (если значение параметра β_Z будет больше в 3 раза, чем значение параметра β_N , тогда система принимает деструктивную идею).

Выводы

В результате проведенных экспериментов с предложенной автоматной моделью, имитирующей состояние устойчивости социальной сети в условиях семантических (распространение идеи) атак, получены следующие результаты:

1. Модель, построенная на основе КА, показала, что «сарафанное радио» обладает изначальным иммунитетом к целенаправленным пропагандистским вирусам (предвзятой информации), для подавления которого пропагандисту требуется охватить не менее 70 % аудитории, настроенной доверчиво или нейтрально к чужому мнению.
2. Другим интересным выводом стало то, что чем более инертна и пассивна аудитория (люди, не придерживающиеся никаких принципиальных взглядов вообще), тем большие флуктуации общественного мнения наблюдаются.

3. Показано, что размер доли «принципиальных» акторов, критический для запуска фазового общественного перехода, никак не зависел от типа используемой сетевой модели. Другими словами, неважно, с каких именно сетевых позиций начинала распространяться новая идея (общественного авторитета или рядового участника с плоским набором связей). Для успешного воздействия на социум достаточно, чтобы «принципиальным» был каждый десятый актор сети, независимо от его общественного положения. Если же «принципиальных» меньше, то «особое мнение» не покидало пределы их ближайшего окружения.

4. Устойчивость социальной системы сильно зависит от начального состояния общественного иммунитета (начального состояния клеточного автомата).

Таким образом, можно констатировать, что разработанная модель КА, позволяющая исследовать устойчивость СС к внешним деструктивным воздействиям, в целом подтверждает исходное предположение о работоспособности «правила 10 %» на произвольной социальной выборке.

Список литературы

1. Григорьев В. Р. Информационные вирусы – новое оружие массового поражения. // Информационные войны. 2008. № 3. С. 2-29.
2. Григорьев В. Р. Сетецентрические войны и «цветные революции» // Вестник ИКСИ. Серия «В». М., 2010. № 7.
3. Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: Физматлит, 2010.
4. Кочкаров А. А., Малинецкий Г. Г. Обеспечение стойкости сложных систем. Структурные аспекты // Препринт Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН. М., 2009. № 53. 34 с.
5. Ландэ Д. В. Моделирование электоральных процессов на основе концепции клеточных автоматов / Д. В. Ландэ, В. Н. Фурашев // Открытые информационные и компьютерные технологии. Харьков: НАКУ «ХАИ», 2007. Вып. 36. С. 17–34.
6. Программный продукт WinAlt. – URL: <http://winalt.sccc.ru/>.
7. Сазонов Тимур. Социальная сеть микроблоггинга Twitter как инструмент «цветных революций». – RELGA, №6 [204] 05.05.2010.
8. Тоффоли Т., Марголюс Н. Машины клеточных автоматов. М.: Мир, 1991.
9. Achasova S. M., Bandman O. L., Markova V. P., Piskunov S. V. Parallel substitution algorithm. Theory and Application // World Scientific. Singapore, 1994. 220 p.

10. Behrman Robert. «Social Network Influences on Strategic Choices», Presented for the department of Engineering and Public Policy. Part A: qualifying examination, 2004.
11. Xie J., Sreenivasan S., Korniss G., Zhang W., Lim C., and B. K. Szymanski. Social consensus through the influence of committed minorities // Physical Review E. Volume 84. Issue: 1-1. Publisher: American Physical Society, 2011. Pages: 011130.

Рецензенты:

Макаревич Олег Борисович, д.т.н., профессор, директор Южно-Российского регионального учебно-научного центра по проблемам информационной безопасности в системе высшей школы Южного федерального университета, г. Таганрог.

Бабенко Людмила Климентьевна, д.м.н., профессор кафедры БИТ ТТИ ЮФУ, г. Таганрог.