

ЗАДАЧА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДТАЛКИВАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ В СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Резчиков А.Ф.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Профсоюзная, 65, Москва, Россия
Rw4cy@mail.ru*

Кушников В.А.

*ФГБУН ФИЦ «Саратовский научный центр Российской Академии Наук»,
Рабочая, 24, Саратов, Россия
Kushnikoff@iptmuran.ru*

Богомолва С.И.

*ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»
Астраханская, 83, Саратов, Россия
Bogosvetl@ya.ru*

Богомолв А.С.

*ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»,
Астраханская, 83, Саратов, Россия*

*Институт проблем точной механики и управления – обособленное структурное
подразделение ФГБУН ФИЦ «Саратовский научный центр Российской Академии Наук»,
Рабочая, 24, Саратов, Россия.
Bogomolov@iptmuran.ru*

Аннотация. Вводится формальная постановка задачи определения воздействий на внешнюю среду актора с целью подтолкнуть его к заданному поведению. Предлагается подход к решению задачи на основе анализа логических деревьев и достраивания множества происходящих событий до критических комбинаций, подталкивающих актора к желаемому результату.

Ключевые слова: nudgе, теория подталкивания, дерево отказов, управление, социальная система, актер.

Введение

В социальных системах при отсутствии возможности непосредственного управления ситуацией или объектом в некоторых случаях можно определить и применить подталкивающие воздействия для того, чтобы «достроить» или подвести текущую ситуацию к достижению нужного поведения, состояния, действия, не внося явных ограничений в возможность выбора актерами своего поведения [1]. Таким актерами могут быть пользователи ИТ-ресурсов, посетители магазинов [2], жители мегаполиса во время пандемии [3], налогоплательщики [4], потенциальные участники протестных акций ненасильственного сопротивления [5 – 7] и др. Приказы о рациональном или желаемом поведении в таких случаях нецелесообразны: актеры не будут их выполнять, а будут только усугублять ситуацию. В таких случаях могут быть более целесообразны подталкивающие воздействия различных типов [8, 10], при которых актеры не видят ограничения своих свобод и более того, чувствуют дополнительную возможность реализации своих прав и возможности выбора.

При этом количество событий, которые нужно анализировать при определении подталкивающих воздействий (особенно в мультиагентной системе) может быть велико, а время реагирования, пока возможность подталкивания активна, может быть небольшим. Отсюда следует потребность в использовании алгоритмов и современных информационных технологий при анализе и выборе подталкивающих воздействий. Такие алгоритмы и технологии станут основой перспективных информационно-советующих систем для выбора и анализа рациональных и целесообразных воздействий, которые в текущей ситуации подтолкнут рассматриваемый объект к заданной цели, действию, состоянию либо же наоборот – помогут противостоять внешним подталкиваниям и сохранять свои интересы.

1 Формальная постановка задачи

Рассмотрим вариант формальной постановки задачи определения подталкивающих воздействий. Пусть актер A , состояния которого в моменты времени $t \in T$ обозначены через $s_A(t)$, предпринимает под влиянием возмущений $y_E(t)$ внешней среды E действия $u_A(t)$ с целью достижения заданного множества состояний S_A из своего начального состояния $s(t_0)$ при условии минимизации критерия

$$F_A = \sum_{i=1}^m F_A(s_A(t_i), u_A(t_i), s_E(t_i), y_E(t_i), t_i) \quad (1)$$

при $t_1, \dots, t_m \in T$ и соблюдения ограничений

$$C(t) \leq F(s_A(t), u_A(t), s_E(t), y_E(t), t) \leq D(t) \quad (2)$$

при $t \in T$, где $s_E(t)$ – состояние среды, где F_A, C, F, D – некоторые функции.

Требуется определить воздействия $u_R(t)$ исследователя R на среду E , вызывающие её возмущения $y_E(t) = Y(s_A(t), s_E(t), u_R(t))$ такие, при которых A достигает заданного множества состояний $S_R \subseteq S_A$.

Таким образом, содержательно задача заключается в подстраивании внешних условий таким образом, чтобы актер, не меняя своих критериев поведения, действовал в интересах исследователя. Подталкивающие воздействия могут применяться к множеству актеров со сходными критериями поведения (1) – (2). При этом комплексное подталкивающее воздействие может состоять из нескольких частей, нацеленных на архитектуру поведения различных групп актеров.

2 Подход к решению задачи

Предположим, что построено множество логических деревьев $Tr = \{T_1, \dots, T_k\}$, корневая вершина каждого из которых, как мы предполагаем, соответствует достижению актером A некоторого состояния из интересующего исследователя множества S_R . То есть, реализация любого сечения (в том числе минимального сечения [11]) дерева из Tr должна приводить к достижению актером одного из желаемых исследователем состояний.

Деревья из Tr состоят из событий, связанных с актером A и внешней средой E . Множество событий, составляющих деревья из Tr , обозначим через Ω_{Tr} . Знания, на основе которых строятся такие деревья, собираются в результате наблюдений за поведением субъектов, выступающих в роли актеров, визуализации и анализа полученных многомерных данных [12 – 13].

Предполагаем, что для некоторых событий множества Ω_{Tr} известна совокупность необходимых действий исследователя по организации этих событий. Такие действия связаны с определенными затратами материальных и иных ресурсов, которые у исследователя ограничены.

Алгоритм перспективной системы поддержки принятия решений исследователя состоит из следующих основных шагов. Пусть в процессе взаимодействия актера и внешней среды зарегистрировано возникновение некоторого множества событий $\Omega \subseteq \Omega_{Tr}$.

1. Какие-либо события из множества Ω составляют расширенное минимальное сечение дерева из Tr ? Под расширенными минимальными сечениями понимаются сечения, не обязательно состоящие только из терминальных событий. Если да, то цель исследователя реализована, актер достигает множества S_R , конец участка алгоритма.
2. Определить множество Ω' всех подмножеств Ω , каждое из которых включает элементы некоторого расширенного минимального сечения какого-либо дерева из Tr . Все такие расширенные минимальные сечения далее назовем *потенциальными*. Если множество Ω не пусто, то Ω' также будет непустым, так как любое событие в дереве входит хотя бы в одно расширенное минимальное сечение.
3. Для каждого ω из Ω' определить дополнения ω до всех потенциальных сечений, включающих ω как подмножество. Оценить в текущей ситуации возможность (вероятность) возникновения событий из дополнений.
4. Для каждого ω из Ω' с учетом возможности (вероятности) возникновения событий из дополнений оценить затраты и целесообразность дополнительных усилий по организации событий из дополнений с более гарантированным результатом (*т.е. затраты на подталкивание*) на протяжении достаточно малого отрезка времени в пределах длительности влияния уже произошедших событий из ω .
5. Выбрать наименее затратные дополнения, организацию которых исследователь может осуществить в силу своих ограниченных ресурсов, рекомендовать исследователю действия по организации выбранных дополнений на рассматриваемом отрезке времени.

Таким образом, поиск возможных подталкиваний сводится к организации критических сочетаний и аварийных комбинаций событий [14 – 17] для влияния на актора через среду, с которой он взаимодействует.

Замечание 1. Отметим, что частоту мониторинга событий из множества Ω_{Tr} , о котором идет речь в описании алгоритма выше, целесообразно подбирать соответственно средней наблюдаемой частоте наиболее значимых (участвующих) из таких событий.

Замечание 2. Если нужные события организовать не удается, система проводит дальнейший мониторинг таких возможностей, возникающих вместе с новыми ресурсами или новыми событиями из E . При этом целесообразно прогнозировать затраты на подталкивание. Эти затраты включают и потери, которые могут возникнуть через некоторое время как следствия реализации событий из множества E из-за неполноты рассматриваемых схем причинно-следственных связей и обстоятельств. Такие потери могут превысить планируемую выгоду от желаемых действий актора.

Замечание 3. Мы предполагаем, что существует некоторое множество средств регистрации событий из множества Ω_{Tr} , это средства регистрации как конечных (терминальных), так и промежуточных событий. Рассмотрим возможную ситуацию, когда неконцевое событие e из дерева $T_i \in Tr$ было зарегистрировано прежде, чем события из какого-либо минимального сечения поддерева $T_i(e)$ с корнем e (при условии, что средства регистрации для этих событий имелись в системе, а в другие деревья событие e не входит). Данная ситуация включает и случай, когда на рассматриваемом отрезке времени не было зарегистрировано ни одного минимального сечения $T_i(e)$ в полном составе, а событие e было зарегистрировано тем не менее. В общем случае такая ситуация будет означать появление факторов нарушения работы системы. Как мы полагаем, это могут быть факторы неполноты причинно-следственной модели и отказы в системе передачи информации о событиях, включая человеческий фактор. Рассмотрим эти две группы факторов более детально.

Неполнота причинно-следственных схем. При построении деревьев отказов не учтены некоторые связи и события на рассматриваемом интервале времени. Событие e было вызвано возникновением некоторых событий из $T_i(e)$, не составляющих ни одного минимального сечения, в сочетании, возможно, с событиями не из T , включая форс-мажорные события.

Отказы в системе передачи информации о событиях. События, входящие в некоторое минимальное сечение поддерева $T_i(e)$, реализовались, однако не по всем из них в систему поступил сигнал в силу отказа датчиков или отказа связи. Поэтому система не зафиксировала возникновение всех событий этого минимального сечения поддерева $T_i(e)$. Причиной может являться отказ средств регистрации, сбой в работе системы передачи информации. Также причиной здесь может быть, в частности, человеческий фактор: особенность работы или состояния ЛПР, которое не восприняло ожидаемым образом полученную информацию или не произвело предусмотренных действий.

Возникновение факторов из первой или второй описанной выше групп является вполне распространенным обстоятельством в процессе функционирования сложных систем. Но в некоторых случаях такие факторы сами составляют аварийные комбинации с другими обстоятельствами, и это приводит к аварийным ситуациям. Поэтому, как нам представляется, при выявлении таких факторов необходимы долговременные реакции системы по предупреждению их в будущем и оперативные реакции в процессе мониторинга. В случае оперативного мониторинга предполагаем целесообразным модифицировать рассматриваемое множество потенциальных сечений, заменив в каждом из них события из $T_i(e)$ на само событие e , которое будет считаться произошедшим на некотором рассматриваемом отрезке времени. Далее, пока восстановления или исправления события e не происходит, сигналы о событиях из поддерева $T_i(e)$ система фиксирует в журнал событий без их рассмотрения в потенциальных сечениях (только для данного дерева T_i). После исправления или восстановления события e сигналы о возникновении события из $T_i(e)$ снова нужно рассматривать в зависимости от обстоятельств устранения последствий e . Также следует дать сигнал ЛПР, сигнал в базы данных, знаний, сигнал разработчикам на уточнение типа ситуации.

На средних и длительных интервалах времени, по окончании выполнения задания, система реагирует в зависимости от типа ситуации. В случае обнаружения конкретных аспектов неполноты причинно-следственных схем – передать информацию системотехникам, разработчикам деревьев отказов информацию, необходимую для актуальных изменений базы знаний. В случае обнаружения отказов в подсистеме передачи информации о событиях – сообщить в службу технического обслуживания информацию для восстановления системы передачи информации о событиях.

3 Пример определения подталкивающих воздействий

Рассматривается пользователь социальной сети, который заходит на свою страницу для написания сообщения. Целью исследователя является подталкивание пользователя к более длительному просмотру рекламного баннера. Фрагмент возможного логического дерева для определения подталкивающих воздействий приведен на рисунке 1. На этом рисунке вершина «00» соответствует достижению цели исследователя – подталкивания пользователя к более длительному просмотру рекламы на сайте. Обозначения вершин «01» – «11» расшифрованы на рисунке.

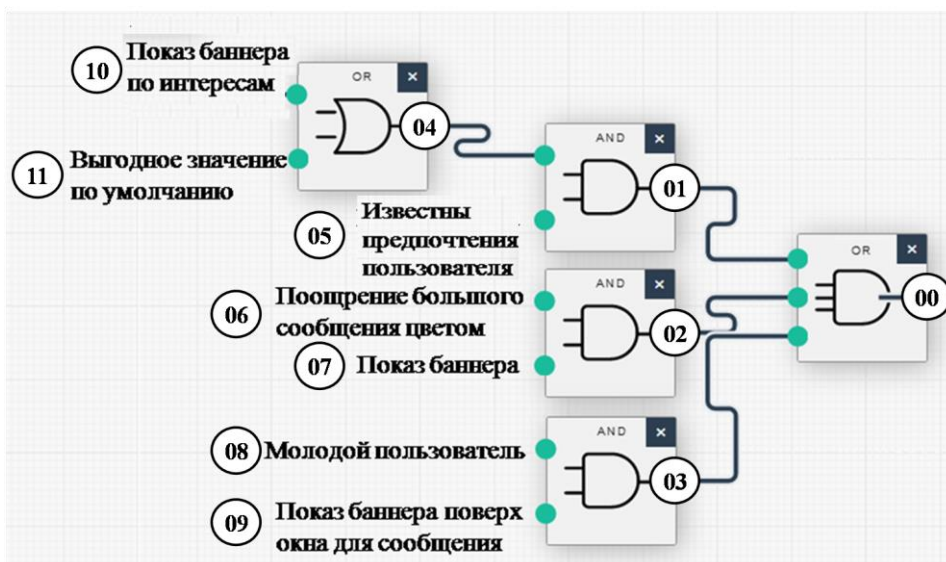


Рис. 1. Фрагмент логического дерева для определения подталкивающих воздействий

Множество минимальных сечений данного логического дерева: {05, 10}, {05, 11}, {06, 07}, {08, 09}. Эти сечения лежат в основе различных сценариев подталкивания пользователя к просмотру рекламы. Например, при появлении пользователя юного возраста баннер показывается поверх окна для набора сообщения. Исследователь рассчитывает, что такой пользователь прочитает баннер и закроет его без неприятных эмоций. У пользователя старшего возраста такой прием может вызвать раздражение вплоть до отказа от посещения сайта. Поэтому такому пользователю может быть предложена реклама по интересам, если его предпочтения уже известны. Если его предпочтения не известны, система может показать диалоговое окно, в котором заранее проставлено согласие на просмотр рекламы. Система рассчитывает, что пользователь нажмет «ОК», не меняя этой опции. Выбор опций по умолчанию делается пользователями довольно часто [9, 10]. Также предусмотрен вариант поощрения путем изменения цвета окна от красного к зеленому по мере набора сообщения большого объема. Во время набора большого сообщения пользователь дольше смотрит рекламу.

Рассмотрим, как будет решаться в этом случае задача определении целесообразных подталкивающих воздействий предлагаемым выше методом. При реализации вершины 5 (известны интересы пользователя) исследователь отмечает, что эта вершина содержится в минимальных сечениях {10, 05} и {11, 05}. Это означает, что в качестве подталкивающих воздействий мы можем показать соответствующий баннер (вершина 10) или использовать привычку выбора опции по умолчанию (вершина 11). Выбор конкретного подталкивающего воздействия зависит от предполагаемого выполнения условий (1) и (2).

Если сторона пользователя стремится противодействовать нежелательным подталкивающим воздействиям, то она может использовать информацию о логических деревьях, которые использует исследователь. В частности, это может быть информация о путях успешного функционирования. Дерево на рисунке 1 имеет 8 таких путей. При блокировании возможности всех событий, входящих в любой из них, исследователь теряет возможность реализовать подталкивающие воздействия по сценариям из данного поддерева.

4 Обсуждение результатов

В силу ограниченной рациональности актора и возможных изменений условий задачи его действия после удачного подталкивания не обязательно будут подчиняться условиям (1) – (2). Выполнение этих условий также не является самостоятельной целью для исследователя. Исследователь может иметь недостаточно информации о том, как актер решал бы задачу (1) – (2) без

подталкивания. Исследователь имеет лишь некоторую информацию об условиях (1), (2) и о том, что актер пытается им следовать.

Совокупное подталкивающее в социальных системах воздействие может определяться несколькими последовательно решаемыми задачи предлагаемого выше типа. Например, в случае, когда актер последовательно подталкивается таким образом, что в результате каждого из воздействий от множества его возможных финальных состояний отсекается некоторая часть множества $S_A \setminus S_R$. В результате актер «естественным образом» приходит в состояние из нужного исследователю множества S_R .

Заключение

В докладе излагается подход к определению подталкивающих воздействий при управлении в социальных системах с использованием анализа логических деревьев и их минимальных сечений. Данный подход может быть использован не только в социальных, но и в других сложных системах, включая организационные и крупномасштабные. Перспективные информационно-советующие комплексы на основе предлагаемого подхода будут использоваться для выбора подталкивающих воздействий в различных масштабах времени. Информация, получаемая при использовании таких комплексов, может также использоваться и для определения путей и планов противодействия нежелательному подталкиванию к критическим ситуациям.

Работа выполнена в рамках государственных заданий Министерства науки и высшего образования Российской Федерации: тема № FFNM-2022-0010 «Разработка интеллектуальных моделей и методов управления сложными человеко-машинными системами в условиях критических ситуаций» (в статье разделы 1 – 2); тема № FMRN-2021-0001 «Разработка задач, моделей и методов для анализа выполнимости структурно-сложных планов мероприятий, реализуемых в процессе управления сложными человеко-машинными системами по критерию эффективности и безопасности функционирования» (в статье разделы 3 – 4).

Литература

1. *Sunstein Cass R. and Richard H. Thaler.* Libertarian Paternalism is Not an Oxymoron. *University of Chicago Law Review* 70 (4), 2003. – P. 1159-1202.
2. *Талер Р.* Nudge. Архитектура выбора. Как улучшить наши решения о здоровье, благосостоянии и счастье. – М.: Манн, Иванов и Фербер. 2017.
3. *Tselykh M.* Analysis of media manipulation influences as a way to develop media competence of future teachers (on covid-19 media texts). *Media Education (Mediaobrazovanie)*, 2022, V. 18 (1). – P. 119–125.
4. *Анисимова А.А.* Методы совершенствования цифровых налоговых сервисов в современной практике налогового администрирования // *Налоги и налогообложение*, 2021 (1). – С. 71-80.
5. *Sharp G.* The Politics of Nonviolent Action (3 Vol's.). – Boston: Porter Sargent. 1973. 913 p.
6. *Chenoweth E.* The future of nonviolent resistance // *Journal of democracy*, 2020, 31(3). – P. 69-84.
7. *Клюев В.В., Резчиков А.Ф., Кушиников В.А., Богомолов А.С., Иващенко В.А., Филимонюк Л.Ю.* Математические модели и информационные технологии предотвращения неблагоприятных сочетаний событий в критические периоды развития государства // *Вестник компьютерных и информационных технологий*, 2017, № 2(152). – С. 40-47.
8. *Caraban A.* 23 ways to nudge // *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems / New York, NY, USA: ACM, 05022019.* – P. 1–15.
9. *Милкова М.А.* Теория подталкивания и ее искажения в информационной среде // *Цифровая экономика*, 2019, № 4 (8). – С. 21-26.
10. *Weinmann M., Schneider C., vom Brocke, J.* Digital Nudging // *Business & Information Systems Engineering*, 2016, 58(6). – P. 433-436.
11. *Диллон Б., Сингх Ч.* Инженерные методы обеспечения надежности систем. – М.: Мир. 1984. 318 с.
12. *Zakharova A.A. et al.* Visual modeling in an analysis of multidimensional data // *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, 944 (1), 012127.
13. *Zakharova A.A., Korostelyov D.A.* Visualizing methods of multi-criteria alternatives for pairwise comparison procedure // *CEUR Workshop Proceedings*, 2020, 2763. – P. 195-200.
14. *Резчиков А.Ф., Богомолов А.С.* Критические сочетания событий – причины аварий в человеко-машинных системах. // *Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2015.* Материалы Восьмой международной конференции: в 2 томах. ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН; Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна, 2015. – С. 130-135.
15. *Bogomolov A.S.* Analysis of the Ways of Occurrence and Prevention of Critical Combinations of Events in Man-machine Systems // *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Mathematics. Mechanics. Informatics*, 2017, V. 17, Iss. 2. – P. 219-230.

16. *Bogomolov A.S. et al. The Problem of Preventing the Development of Critical Combinations of Events in Large-Scale Systems // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020. V. 1224.*
17. *Богомолов А.С., Дворяшина М.М., Дранко О.И., Кушиков В.А., Резчиков А.Ф. Стресс-тестирование нефинансовых организаций: подход к обратной задаче на основе аналитического решения // Проблемы управления, 2021. Т. 6. – С. 15-29.*