

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ МНЕНИЯМИ АГЕНТОВ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

А.С. Зуев, Д.Н. Федянин

Рассмотрен класс оптимизационных задач управления социальными сетями в условиях ограничений на значения мнений агентов, указаны известные методы их решения. Предложены соответствующие математические модели, отмечены их особенности, направления и ограничения возможного практического применения.

Ключевые слова: социальная сеть, мнение агента, влияние.

ВВЕДЕНИЕ

Моделированию социальных сетей и разработке методов управления ими посвящено немало исследований. Под социальной сетью на качественном уровне понимается социальная структура, состоящая из множества агентов (субъектов — индивидуальных или коллективных) и определенного на нем множества отношений (совокупности связей между агентами, например, знакомства, сотрудничества, коммуникации, доверия и т. п.). Формально социальная сеть может быть представлена ориентированным графом $G(N, E)$ (возможно, с петлями), в котором $N = \{1, 2, \dots, n\}$ — множество вершин (агентов) и E — множество ребер, отражающих взаимодействие агентов [1]. В частном случае вершинам графа могут соответствовать веса $x_i \geq 0, i = 1, \dots, n$, значения которых характеризуют мнения агентов, а дуги графа могут быть нагружены весами, характеризующими отношения доверия между агентами [2].

Интерес исследователей к социальным сетям обусловлен их широким распространением во всех сферах жизни общества — социума. С помощью графов, описывающих социальные сети, могут быть формализованы отношения, а также смоделировано и оценено распространение мнений в любом коллективе. Это делает методы решения различных задач управления социальными сетями одним из перспективных инструментов менеджмента [3–7].

Влияние процессов, происходящих в различных социальных сетях, на функционирование и развитие как всего общества, так и отдельных со-

циальных групп (коллективов), усиливается в связи с результатами процессов информатизации и внедрения информационно-телекоммуникационных систем. Задачи управления социальными сетями и методы их решения могут представлять интерес для социологов, политологов, менеджеров, бизнесменов, политиков, представителей государственного аппарата и др. [8–13].

Особого внимания в данном контексте заслуживают социальные сети при наличии внешних факторов влияния, под которыми, в частности, могут пониматься управляющие органы (центры), оказывающие воздействия на мнения агентов в целях достижения требуемого им состояния сети. Инструментом воздействия на агентов считается предоставление им некоторого ресурса, причем центр заинтересован в минимизации его расхода.

Можно выделить классы моделей информационного влияния, управления и противоборства [14], однако, как справедливо отмечается в работе [15], ряд свойств социальных сетей еще нуждается в исследовании и разработке адекватных аппаратов моделирования. Существенное ограничение прикладного применения существующих моделей и задач управления социальными сетями состоит в их недостаточной «персонализации» — в ориентировании на всю социальную сеть, а не на конкретных агентов в ней.

Очевидно, что на практике (как на уровне отдельных коллективов, так и государства) многие решения принимаются на основании мнения одного агента или подмножества (группы) агентов социальной сети. В подобных случаях стоящая пе-

ред Центром проблема управления может существенно усложняться при отсутствии возможностей непосредственного влияния на тех агентов, от мнений которых зависит принятие решения.

Проблемы управления социальными сетями с отмеченной особенностью могут составить отдельное направление исследований, так как предполагают специфику соответствующих задач и необходимость формирования адекватного математического аппарата и методов их решения.

В настоящей статье рассмотрен класс оптимизационных задач управления социальными сетями с ограничениями на требуемые значения мнений агентов, представляющих интерес для Центра. Мнения агентов соответствуют их отношениям к некоторой проблеме и характеризуются значениями действительных чисел в диапазоне $[0; 1]$. Данные значения могут соответствовать, например, вероятности голосования определенным образом.

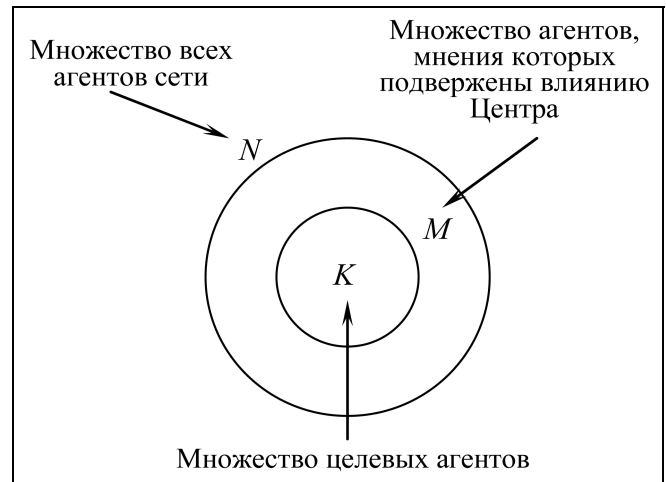
1. ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ МНЕНИЯМИ ЦЕЛЕВЫХ АГЕНТОВ

Рассматривается социальная сеть, состоящая из множества $N = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ агентов, отношения между которыми описываются матрицей прямого влияния (доверия) $A = [a_{ij}]$: $\forall j \ 0 \leq a_{ij} \leq 1, \sum_{j=1}^n a_{ij} = 1, i = 1, \dots, n$. Считается известным X^0 — вектор-столбец мнений агентов N в начальный момент времени, предполагается, что $0 \leq x_i^0 \leq 1 \ \forall x_i^0 \in X^0, i = 1, \dots, n$.

Мнения некоторого множества агентов $K \subset N, |K| = k$, представляют интерес для Центра (рис. 1). Агентов из множества K будем называть целевыми и предположим, что Центр не может влиять на их мнения непосредственно. Предполагается, что Центр может влиять на мнения множества агентов $M \subseteq (N \setminus K), |M| = m$, расходуя некоторый ресурс $U \geq 0$. Цель Центра заключается в обеспечении значений мнений $x_i^T \in X^T$ агентов $b_i \in K$ не менее определенных вектором $Y^T = \{y_i^T\}, i = 1, \dots, n$, к заданному моменту времени T при минимальном суммарном расходе ресурса U .

Иллюстрация рассматриваемых множеств агентов социальной сети представлена на рисунке.

Решением задачи является распределение ресурса $u_i^t \geq 0, t = 1, \dots, T-1, i = 1, \dots, n$, между агентами, необходимое для достижения поставленной цели. Фактически, решение задачи представляет собой план действий Центра по влиянию на мне-



Рассматриваемые множества агентов социальной сети

ния агентов социальной сети (по времени и затратам ресурса).

Условия задачи могут быть формализованы следующим образом:

— векторы-столбцы влияний Центра на мнения агентов в моменты времени t имеют вид

$$U^t = \{u_i^t\}, \text{ где } 0 \leq u_i^t \leq 1 \ \forall b_i \in M \text{ и } u_i^t = 0 \ \forall b_i \notin M; \quad (1)$$

— вектор-столбец ограничений на значения мнений агентов, требуемые в момент времени p , имеет вид

$$Y^p = \{y_i^p\}, \text{ где } 0 \leq y_i^p \leq 1 \ \forall b_i \in K \text{ и } y_i^p = 0 \ \forall b_i \notin K; \quad (2)$$

— мнения агентов в момент времени $t + 1$ определяются по формуле $X^{t+1} = A(X^t + U^t)$ [1]. В случае трактовки мнений агентов, например, как значений вероятности их голосования определенным образом, для каждого t требуется учитывать ограничения

$$x_i^t + u_i^t \leq 1, \quad i = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Постановка задачи формализуется следующим образом:

$$U = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{T-1} u_i^t \rightarrow \min \text{ при } x_i^T \geq y_i^T, \quad i = 1, \dots, n.$$

Рассматриваемая задача относится к классу задач линейного программирования, среди методов решения которых наиболее известен симплексный метод [16]. В постановке задачи могут быть огра-



ничения в виде равенств. В соответствии с различными принимаемыми предположениями возможны несколько вариантов математической модели рассматриваемой задачи, соответствующих ее частным случаям. Предположения соответствуют возможным на практике условиям и особенностям функционирования Центра.

Далее рассмотрены примеры математических моделей и обоснована целесообразность выделения отдельного класса оптимизационных задач управления мнениями целевых агентов в социальных сетях.

Задача 1. Однократное влияние на мнения всех агентов множества M . Пусть Центр может оказать влияние на мнения всех агентов множества M только в один из моментов времени $T_p: 1 \leq T_p \leq T-1$. В данном случае математическая модель задачи принимает вид:

$$U_{T_p} = \sum_{i=1}^n u_i^{T_p} \rightarrow \min$$

$$\text{при } A^{T-T_p}(A^{T_p}X^0 + U^{T_p}) \geq Y^T, T_p = 1, \dots, T-1,$$

и учете условий (1), (3), где $t = T_p$, и условия (2), где $p = T$.

Для определения момента времени T^* , в который Центру целесообразно оказать влияние на агентов множества M , требуется решить $T-1$ задач линейного программирования (для каждого момента времени) и выбрать

$$U_{T^*} = \min U_{T_p}, T_p = 1, \dots, T-1.$$

Задача 2. Многократное влияние на мнения агентов множества M . Пусть Центр может оказывать влияние на мнения агентов множества M в любые моменты времени $t = 1, \dots, T-1$, тогда математическая модель задачи принимает вид:

$$U = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{T-1} u_i^t \rightarrow \min$$

$$\text{при } A^T X^0 + \sum_{t=1}^{T-1} A^{T-t} U^t \geq Y^T \quad (4)$$

и учете условий (1), (3), где $t = 1, \dots, T-1$, и условия (2), где $p = T$.

Условия задачи могут предполагать также наличие ограничений на максимальное количество влияний и (или) на состав моментов времени, в которые возможно влияние на мнение каждого из агентов множества M . Ограничения на число влияний Центра на мнения агентов существенно усложняют задачу и обуславливают необходимость

применения для ее решения комбинаторных методов.

Задача 3. Однократное влияние на мнение каждого из агентов множества M . Пусть Центр может оказать влияние на мнение каждого из агентов множества M только в один любой из моментов времени $T_i: 1 \leq T_i \leq T-1$. Математическая модель данной задачи аналогична модели (4) с дополнительным условием: $\forall b_i \in M \exists T_i: 1 \leq T_i \leq T-1, 0 \leq u_i^{T_i} \leq 1, \forall t \neq T_i u_i^t = 0$. Это сложная комбинаторная задача, ее условия могут предполагать наличие ограничений на состав моментов времени, в которые возможно влияние на мнение каждого из агентов множества M .

Задача 4. Наличие подмножеств агентов в множестве M . Пусть множество агентов M включает в себя два подмножества:

$M_1, |M_1| = m_1$, — агенты, на мнения которых возможно многократное влияние;

$M_2, |M_2| = m_2$, — агенты, на мнения которых Центр может повлиять однократно.

Состав подмножеств, формирующих множество M , может быть произвольным и достаточно сложным. Ограничимся рассмотрением двух частных случаев, дающих объективное представление о возможных особенностях математической модели рассматриваемой задачи.

Задача 4.1. Однократное влияние на мнения всех агентов множества M_2 . В случае однократного одновременного влияния на мнения всех агентов $b_i \in M_2$ в некоторый момент времени $1 \leq T_p \leq T-1$ математическая модель задачи для каждого $T_p = 1, \dots, T-1$ имеет вид:

$$U_{T_p} = \sum_{b_i \in M_2} u_i^{T_p} + \sum_{b_i \in M_1} \sum_{t=1}^{T-1} u_i^t \rightarrow \min \text{ при}$$

$$A^{T-T_p}(A^{T_p}X^0 + U^{T_p}) \geq Y^T \text{ и условия (1),}$$

где $t = T_p, b_i \in M_2$ и $b_i \notin M_2$,

$$A^T X^0 + \sum_{t=1}^{T-1} A^{T-t} U^t \geq Y^T \text{ и условия (1),}$$

где $t = 1, \dots, T-1, b_i \in M_1$ и $b_i \notin M_1$,

и учете условия (2), где $p = T$, и условия (3), где $t = 1, \dots, T-1$.

Момент времени T^* , в который Центру целесообразно оказать влияние на мнения агентов множества M_2 , может быть определен аналогично задаче 1.

Задача 4.2. Однократное влияние на мнение каждого из агентов множества M_2 . В случае однократ-

ного влияния на мнение каждого агента $b_i \in M_2$ в любой из моментов времени $1 \leq T_i \leq T - 1$ математическая модель задачи аналогична модели (4) с дополнительным условием: $\forall b_i \in M_2 \exists T_i: 1 \leq T_i \leq T - 1, 0 \leq u_i^{T_i} \leq 1, \forall t \neq T_i u_i^t = 0$.

Задача 5. Выбор оптимального состава целевых агентов. Пусть из всего множества целевых агентов K интерес для Центра представляет любой их состав P определенной численности p — подмножество $P \subset K$ с заданной мощностью $|P| = p$ — для которого значения мнений $x_i^T \forall b_i \in P$ будут не менее определенных вектором $Y^T = \{y_i^T\}$ к моменту времени T . В данном случае для каждого возможного состава агентов требуется решить отдельную задачу (всего C_k^p задач), аналогичную одной из рассмотренных ранее задач с условием $0 \leq y_i^T \leq 1 \forall b_i \in P, y_i^T = 0 \forall b_i \notin P$ вместо условия (2). В результате будет сформировано множество решений $Q, |Q| = C_k^p$, среди которых решение исходной задачи может быть определено по минимальному из полученных значений целевой функции.

Задача 6. Управление мнениями инвариантного во времени состава целевых агентов. Пусть Центр может оказывать влияния на мнения агентов множества M в любые моменты времени $t = 1, \dots, T - 1$ и для моментов времени $p = 2, \dots, T$ необходимо обеспечить значения мнений $x_i^p \in X^p$ агентов $b_i \in K$ не менее определенных векторами $Y^p = \{y_i^p\}, i = 1, \dots, n$. В этом случае математическая модель задачи принимает вид:

$$U = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{T-1} u_i^t \rightarrow \min \text{ при } A^p X^0 + \sum_{t=1}^{p-1} A^{p-t} U^t \geq Y^p, \quad p = 2, \dots, T, \quad (5)$$

и учете условий (1)–(3), где $t = 1, \dots, T - 1$.

Заметим, что условия задачи могут быть изменены таким образом, чтобы:

— ограничить состав моментов времени, в которые Центр может оказывать влияния на мнения всех или конкретных агентов из множества M ;

— ограничить количество возможных влияний на мнения агентов из множества M (при данных условиях для решения задачи потребуются применение комбинаторных методов);

— учитывать ограничения на значения мнений агентов не во все рассматриваемые, а в конкретные моменты времени.

Задача 7. Управление мнениями варьируемого во времени состава целевых агентов. Пусть Центр может оказывать влияния на мнения агентов M в любые моменты времени $t = 1, \dots, T - 1$ и для моментов времени $p = 2, \dots, T$ требуется обеспечить значения мнений x_i^p агентов b_p , принадлежащих множествам $P_p \subseteq K$, не менее определенных векторами $Y^p = \{y_i^p\}$. Мнения агентов из множеств $R_p = (K \setminus P_p)$ не интересуют Центр в соответствующие моменты времени $p = 2, \dots, T$. Математическая модель данной задачи аналогична модели (5) за исключением замены условия (2) условием: $0 \leq y_i^p \leq 1 \forall b_i \in P_p, y_i^p = 0 \forall b_i \notin P_p, i = 1, \dots, n$.

2. ОЦЕНКИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ

Вычислительная сложность решения сформулированных задач (число P требующихся итераций симплексного метода) теоретически не может быть описана в виде многочлена от числа переменных c и числа ограничений b . Существуют задачи линейного программирования, правила выбора начального базисного решения и способы перехода к новому базисному решению, когда нахождение оптимума связано с рассмотрением всех C_c^b невырожденных базисов, т. е. число симплексных итераций экспоненциально зависит от размерности задачи [17]. Однако, например, в статье [18] приводится следующая оценка средней сложности решения задач линейного программирования симплексным методом: $P(c, b) = c^3 b^{1/(c-1)}$. Оценки вычислительной сложности решения задач линейного программирования с помощью других алгоритмов можно найти в книге [19].

Вычислительные эксперименты показывают, что число симплексных итераций оказывается в интервале от b до $3b$ и почти линейно зависит от b [20]. В связи с этим ограничимся определением размерности рассмотренных задач — числа переменных и числа ограничений в канонической форме записи. Соответствующие сведения представлены в табл. 1, где использованы введенные ранее обозначения мощностей множеств агентов социальной сети.

3. ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Отметим основные особенности предложенных моделей управления мнениями агентов в социальных сетях:



Оценки размерности сформулированных задач

Номер задачи	Число		
	задач линейного программирования	переменных	ограничений
1	$T - 1$	$2m + k + 1$	$m + k$
2	1	$2m(T - 1) + k + 1$	$m(T - 1) + k$
3	Соответствует комбинаторной задаче	$2m(T - 1) + k + 1$	$m(T - 1) + k$
4.1	$T - 1$	$2(m_2 + m_1(T - 1)) + k + 1$	$m_2 + m_1(T - 1) + k$
4.2	Соответствует комбинаторной задаче	$2m(T - 1) + k + 1$	$m(T - 1) + k$
5	Соответствует постановке любой из задач 1—4.2		
6	1	$2m(T - 1) + k(T - 1) + 1$	$m(T - 1) + k(T - 1)$
7	1	$2m(T - 1) + \sum_{p=2}^T P_p + 1$	$m(T - 1) + \sum_{p=2}^T P_p $

— управление мнениями конкретного состава агентов, представляющих интерес для Центра в соответствии с поставленной перед ним целью;

— отсутствие бюджетного ограничения — минимизация суммарных затрат ресурса на достижение требующихся значений мнений целевых агентов;

— возможности управления динамикой мнений агентов — с помощью соответствующих ограничений для различных моментов времени;

— решение задачи управления (получение плана действий Центра) для конкретного (ограниченного) интервала времени.

Постановка каждой из задач 1—7 может быть легко изменена, чтобы учесть возможности оказания Центром непосредственного влияния на мнения некоторых из агентов множества K , а также задать ограничения на требующиеся значения мнений агентов из множества M .

Заметим, что в задачах 1—7 могут быть учтены:

изменения (сокращение) ценности единицы ресурса U с ходом времени (пример — инфляционные ожидания); эти изменения могут быть учтены путем дисконтирования;

дополнительные ограничения на ресурс, расходный: для влияния на конкретных агентов множества M в определенные моменты времени; в течение определенных периодов времени; суммарно по конкретному агенту множества M или моменту времени и т. д. (данные условия позволяют Центру учесть динамику поступления ресурса, а также регламентировать его влияние на мнения агентов множества M);

— верхние ограничения на значения мнений агентов из множеств M и (или) K , в том числе, в конкретные моменты времени (данные условия позволяют обеспечить, например, скрытность или

неочевидность внешнего влияния на мнения агентов социальной сети, т. е. позволяют Центру функционировать, ограничивая проявления своей деятельности, — резкие изменения мнений агентов).

Отдельно следует обратить внимание на то, что изменения мнений агентов множества M могут быть связаны с объемами предоставляемого им ресурса некоторой функциональной зависимостью [21]. В общем случае

$$u_i^t = f_i(\hat{u}_i^t), \quad b_i \in M,$$

где u_i^t и \hat{u}_i^t — номинальный и реальный объемы ресурса, требующиеся для влияния на мнение агента b_i в момент времени t , $f_i(\hat{u}_i^t)$ — функция эффективности влияния ресурса U на мнение агента b_i .

Если хотя бы одна из функций $f_i(\hat{u}_i^t)$, $b_i \in M$, нелинейная, то рассматриваемая задача относится к классу задач нелинейного программирования.

4. КЛАСС ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ МНЕНИЯМИ ЦЕЛЕВЫХ АГЕНТОВ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Условия рассматриваемых задач могут комбинироваться в различных сочетаниях. В табл. 2 представлены возможные сочетания условий, позволяющие получать различные постановки задачи управления (в ячейках табл. 2 указаны порядковые номера задач). В каждой из постановок задач могут быть учтены дополнительные ограничения на значения мнений агентов и расходование ресурса, а также особенности изменения ценности ресурса с ходом времени и эффективности его использования для влияния на мнения агентов. Это обосновано

Таблица 2

Варианты сочетаний условий задачи

Задача управления мнениями целевых агентов	С однократным влиянием на		С многократным влиянием на		
	всех агентов	каждого агента	некоторых агентов		всех агентов
Без выбора оптимального состава целевых агентов	1	3	4.1	4.2	2
С выбором оптимального состава целевых агентов	5 и 1	5 и 3	5 и 4.1	5 и 4.2	5 и 2
С управлением мнениями инвариантного во времени состава целевых агентов	—	6 и 3	6 и 4.1	6 и 4.2	6
С управлением мнениями варьируемого во времени состава целевых агентов	—	7 и 3	7 и 4.1	7 и 4.2	7

вызывает возможность выделения рассматриваемых в настоящей статье оптимизационных задач управления социальными сетями в отдельный класс.

5. ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКОНТИРОВАНИЯ

При дисконтировании результаты решения рассматриваемых задач могут существенно отличаться от результатов, полученных без его применения. Вместе с тем методы дисконтирования могут быть применены и при практической реализации полученных решений.

При практической реализации решения задачи, полученного без применения дисконтирования, значения компонент векторов влияний на мнения агентов в моменты времени t могут корректироваться, например, определяться по формуле

$$\bar{u}_i^t = u_i^t(1 + i)^t, \quad i = 1, \dots, n,$$

где u_i^t — номинальный объем ресурса, требующийся для влияния на агента b_i и определенный при решении задачи (в начальный момент времени); \bar{u}_i^t — реальный объем ресурса, требующийся для влияния на агента b_i в момент времени t ; i — ставка дисконтирования, отражающая сокращение ценности единицы ресурса U в каждый из мо-

ментов времени; t — число моментов времени, прошедших после получения решения задачи (на момент осуществления влияния на мнение агента).

Дисконтирование в процессе решения рассматриваемых задач обуславливает изменения вида целевой функции, не приводящие к появлению нелинейных зависимостей и не увеличивающие вычислительную сложность получения решения. Например, для моделей (4) и (5) целевая функция принимает вид

$$U = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{T-1} u_i^t(1 + i)^t \rightarrow \min,$$

а решением задачи будут значения $\bar{u}_i^t = u_i^t(1 + i)^t$, $i = 1, \dots, n$, $t = 1, \dots, T - 1$.

Отдельный интерес представляет сравнение решений задачи, скорректированных в соответствии с изменениями ценности единицы ресурса U во времени и полученных при наличии дисконтирования.

6. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА РАСХОДОВАНИЕ РЕСУРСА

На практике могут быть регламентированы условия поступления ресурса Центру и его расходования для влияния на мнения агентов [22].

Ограничения на суммарный расход ресурса в течение определенных периодов времени могут отражать динамику его поступления в распоряжение Центра при условии накопления неиспользованных остатков. Пусть R_t , $t = 1, \dots, T - 1$ — объемы ресурса, поступающие Центру в соответствующие моменты времени, тогда ограничения на его расходование могут иметь вид

$$\sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^t u_i^s \leq \sum_{s=1}^t R_s, \quad t = 1, \dots, T - 1.$$

Ограничения на суммарный расход ресурса в конкретные моменты времени могут учитываться в том случае, если его остатки, не использованные в предыдущие моменты времени, не остаются в распоряжении Центра. Данные ограничения могут иметь вид

$$\sum_{i=1}^n u_i^t \leq R_t, \quad t = 1, \dots, T - 1.$$

Учет данных условий увеличивает число ограничений задачи на $T - 1$.

Дополнительные ограничения на объемы ресурса, расходуемые для влияния на мнения конкретных агентов, позволяют Центру обеспечить



скрытность своей деятельности. Например, могут быть регламентированы:

— объемы ресурса D_j^t , расходуемые для влияния на мнения конкретных агентов $b_j \in M$ в заданные моменты времени $t: u_j^t \leq D_j^t$;

— суммарные объемы ресурса D_j^* , расходуемые для влияния на мнения конкретных агентов $b_j \in M$ в течение определенного периода времени $[t_1, t_2]$:

$$\sum_{t=t_1}^{t_2} u_j^t \leq D_j^*.$$

Учет данных условий увеличивает число ограничений задачи на $R = \sum_{b_j \in M} r_j$, где r_j — число ограничений на расходование ресурса для влияния на мнение агента b_j .

Представленные ранее и подобные ограничения позволяют расширить сферу практического применения предложенных моделей благодаря учету возможных на практике особенностей и условий функционирования Центра в контексте получения и использования ресурса.

7. ПРИМЕРЫ ОБЛАСТЕЙ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Подготовка к голосованию (агитация). Пусть в некоторой социальной группе агентов N подготавливается голосование по определенному вопросу, в котором может участвовать ограниченное множество агентов $K \subset N$ (например, в соответствии с их статусом). В данном случае мнения агентов множества M могут характеризовать их отношения к возможному результату голосования, а мнения агентов множества K могут соответствовать вероятности их голосования определенным образом. Центр может быть заинтересован в обеспечении большинства голосов агентов K к определенному моменту времени и с минимальными затратами ресурса.

Подготовка к экспертизе (влияние на экспертов). На практике многие решения принимаются на основании итогов индивидуальной или групповой работы экспертов (агентов множества K) в некоторой предметной области. Очевидно, что получаемые результаты зависят от мнений экспертов, которые могут быть подвержены внешним естественным и искусственным влияниям. Окружение экспертов (агенты множества M) оказывает на них естественное влияние, например, вследствие распространения общественного мнения, в то время как Центр может оказывать искусственное опос-

редованное влияние посредством формирования данного общественного мнения.

Подготовка к принятию решения (лоббирование решения). Пусть руководителям (агентам множества K) требуется принять решение, причем мнения некоторых представителей коллектива (агентов множества M) являются для них авторитетными. Центр может быть заинтересован в лоббировании конкретного варианта решения посредством оказания влияния на мнения представителей коллектива при условии минимизации затрат ресурса.

Подготовка к выпуску нового продукта (воздействие на рынок). В качестве агентов множества M могут рассматриваться сегменты потребителей некоторого рынка; значения их мнений могут характеризовать доли потенциальных покупателей нового продукта (товара или услуги); агентами множества K могут быть сегменты рынка, в которых производитель продукта (Центр) желает добиться определенного объема спроса; под ресурсом могут пониматься затраты на реализацию некоторого способа продвижения продукта (влияния на мнения агентов); матрица прямого влияния может характеризовать распространение отношения к новому продукту между различными аудиториями потребителей.

Формирование общественного мнения и управление его изменениями (манипулирование мнениями социальных групп). Существенный интерес представляют задачи манипулирования мнениями социальных групп и их представителей, например, лидеров. В роли Центра могут выступать государственные структуры, политические партии, общественные организации и др. Пусть мнения агентов характеризуют их отношения к некоторой проблеме, а с помощью матрицы прямого влияния определены степени доверия между ними, тогда возможны следующие варианты проблемы управления:

— агенты множества M — социальные группы общества, мнения которых подвержены непосредственному влиянию Центра; агенты множества K — социальные группы, мнения которых Центру требуется формировать и (или) контролировать опосредованно;

— агенты множества M — рядовые представители социальной группы общества, агенты множества K — лидеры данной группы, представляющие ее интересы.

8. О МОДЕЛЯХ ПРОТИВОБОРСТВА НЕСКОЛЬКИХ ЦЕНТРОВ

Отдельное направление исследований заключается в адаптации рассмотренных моделей к условиям противоборства нескольких центров. В данном случае важными будут предположения о сле-

дующих характеристиках моделируемой системы [1]: вид динамической системы; информированность центров; наличие или отсутствие неопределенности; дискретность или непрерывность времени; структура целевых функций центров; интервал времени; структура ограничений; дальновидность центров; моменты выбора центрами своих действий; множества агентов, контролируемых различными центрами; последовательность ходов; возможность образования коалиций и др.

Потребуется учитывать особенности, связанные с предположением о виде графа, описывающего взаимодействие агентов социальной сети [23]. Могут рассматриваться различные графы — функциональные, с запаздыванием, модулируемые, иерархические, вероятностные, нечеткие и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в статье оптимизационные задачи и соответствующие математические модели позволяют формализовать проблемы управления социальными сетями, связанные с необходимостью обеспечения заданных значений мнений определенных (целевых) агентов к конкретному моменту времени.

Решение прикладных проблем управления социальными сетями с помощью рассмотренных моделей имеет ряд особенностей и связано с проведением комплекса исследований. Например, целесообразно выполнять анализ устойчивости, позволяющий определить зависимость оптимального решения и соответствующего значения целевой функции от незначительного изменения правых частей ограничений. Подобные исследования требуют многократного решения оптимизационных задач, что делает целесообразной разработку соответствующих специализированных программных средств, учитывающих особенности и специфику данной предметной области.

Возможности практического применения рассмотренных моделей ограничены следующими обстоятельствами.

- Вычислительная сложность задач определяется численностью агентов, которая на практике может быть очень велика. В рассмотренных задачах она непосредственно зависит от мощности множества M и числа моментов времени, в которые Центр может оказать влияние на мнения агентов [24, 25].
- Помимо Центра на мнения агентов могут влиять различные внешние факторы, например, средства массовой информации. В результате социальные сети не следует считать замкнутыми системами [26, 27].

- Получение достоверных исходных данных для моделирования социальной сети может быть отдельной сложной задачей. Методы анкетирования, опроса и наблюдения могут не давать требуемых результатов, например, в тех случаях, когда агенты скрывают (не считают нужным оглашать) свои истинные мнения [28].
- В достаточно продолжительных периодах времени отношения между агентами могут изменяться, что достаточно трудно выявить и учесть в процессе управления социальной сетью [29]. Отношения доверия между агентами могут зависеть от их мнений [30].

Перечисленные причины ограниченности практического применения предложенных моделей не могут считаться их недостатками, так как они общие для большинства существующих моделей социальных сетей. Рассмотренные модели можно адаптировать к задачам информационного противоборства, управления репутацией [31] и элементами матрицы прямого влияния (доверия) [1], что также указывает на целесообразность дальнейшего развития данного направления исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели влияния в социальных сетях // Управление большими системами. — 2009. — Вып. 27. — С. 205—281.
2. Печенкин В.В. Методы анализа социальных сетей на примере визуализации структуры предпочтения профессий // Социология. — 2001. — № 13. — С. 60—75.
3. Нестик Т. Развивать организацию через развитие социальных сетей: роль кадровой службы // HR-Portal. — URL: <http://www.hr-portal.ru/article/razvivat-organizatsiyu-cherez-razvitie-sotsialnykh-setei-rol-kadrovoy-sluzhby> (дата обращения 25.10.2010).
4. Dutton J.E. Energize Your Workplace. How to Create and Sustain High-Quality Connections at Work. — San Francisco: Jossey-Bass, 2003. — 224 p.
5. Lengnick-Hall M.L., Lengnick-Hall C.A. HR's role in building relationship networks // Academy of Management Executive. — 2003. — Vol. 17, N 4. — P. 53—63.
6. Коллинз Дж. От хорошего к великому. Почему одни компании совершают прорыв, а другие нет... / Пер. с англ. — СПб.: Стокгольмская школа экономики в Санкт-Петербурге. — 2002. — 304 с.
7. Попов Н.И., Третьяк О.А. Управление сетями: новые направления исследований // Российский журнал менеджмента. — 2008. — № 4. — С. 75—82.
8. Бельский А. Бизнес-перспективы социальных сетей // КомпьютерПресс. — 2008. — № 2. — URL: <http://www.compress.ru/article.aspx?id=18650&iid=865> (дата обращения 25.10.2010).
9. Доверие и пространственное взаимодействие социальных сетей / В.М. Сергеев и др. // Политические исследования. — 2007. — URL: <http://www.politstudies.ru/fulltext/2007/2/2.htm> (дата обращения 25.10.2010).
10. Hayoz N., Sergeev V. Social networks in Russian politics // Social Capital and the Transition to Democracy / Ed. by



- G. Badescu and E. Uslander. — London: Routledge, 2003. — P. 46—60.
11. *Кокшарова А.А.* Межсекторное социальное партнерство как фактор устойчивого развития муниципального образования // Регионология. — 2009. — № 2. — URL: <http://regionsar.ru/node/336> (дата обращения 25.10.2010).
 12. *Государственная политика и управление.* Учебник. В 2 ч. Ч. I. Концепции и проблемы государственной политики и управления / Под ред. Л.В. Сморгунова. — М.: Российская политическая энциклопедия, 2006. — 384 с.
 13. *Кастельс М.* Становление общества сетевых структур // Новая постиндустриальная волна на Западе. Антология / Под ред. В.Л. Иноземцева. — М.: Academia, 1999. — С. 492—505.
 14. *Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г.* Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. — М.: Физматлит, 2010. — 228 с.
 15. *Jackson M.* Social and Economic Networks. — Princeton: Princeton University Press, 2008. — 520 p.
 16. *Васильев Ф.П., Иваницкий А.Ю.* Линейное программирование. — М.: Факториал Пресс, 2008. — 328 с.
 17. *Klee V., Minty G.L.* How good is simplex algorithm? // Inequalities-III. N.-Y., London: Acad. Press. — 1972. — P. 159—175.
 18. *Borgwardt K.H.* Some distribution-independent results about the asymptotic order of the average number of pivot steps of the simplex method // Mathematics of Operations Research. — 1982. — N 7. — P. 441—462.
 19. *Схрейвер А.* Теория линейного и целочисленного программирования / Пер с англ. — М.: Мир, 1991. — Т. 1. — 360 с.
 20. *Современное состояние теории исследования операций /* Под ред. Н.Н. Моисеева. — М.: Наука, 1979. — 464 с.
 21. *Виноградов Г.П.* Модель поведения интеллектуального агента // V Междунар. науч.-практ. конф. «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». — Коломна, 2009. — URL: <http://raai.org/resurs/papers/kolomna2009/doklad/Vinogradov.doc> (дата обращения 25.10.2010).
 22. *Лапушинская Г.К.* Финансовое обеспечение государственных и муниципальных учреждений новых типов // Нормативные документы образовательного учреждения. — 2010. — № 9. — URL: <http://www.mcfr.ru/journals/48/176/29097/29102/> (дата обращения 25.10.2010).
 23. *Новиков Д.А.* «Когнитивные игры»: линейная импульсная модель // Проблемы управления. — 2008. — № 3. — С. 14—22.
 24. *Пападимитриу Х., Стайглиц К.* Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. — М.: Мир, 1984. — 512 с.
 25. *VanVoorhis C., Morgan B.* Эмпирические правила статистики или Что нужно помнить о размерах выборки. — URL: <http://bss-around.ru/articles/?article=/empiric&sid=&psw> (дата обращения 25.10.2010).
 26. *Barabási, A.-L.* Linked: How Everything is Connected to Everything Else and What It Means for Business, Science, and Everyday Life. — N.-Y.: Plume, — 2003. — 304 p.
 27. *Travers J., Milgram S.* An Experimental Study of the Small World Problem // Sociometry. — 1969. — Vol. 32, N 4. — P. 425—443.
 28. *Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А.* Введение в теорию управления организационными системами. — М.: Либроком, 2009. — 264 с.
 29. *Градосельская Г.В.* Сетевые измерения в социологии: Уч. пособие / Под ред. Г.С. Батыгина. — М.: Изд. дом «Новый учебник», 2004. — 248 с.
 30. *Градосельская Г.В.* Анализ социальных сетей: автореф. дис ... канд. соц. наук. — М.: Ин-т социологии РАН, 2001. — 33 с.
 31. *Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г.* Модели репутации и информационного управления в социальных сетях // Математическая теория игр и ее приложения. — 2009. — Т. 1, вып. 2. — С. 14—37.
- Статья представлена к публикации членом редколлегии чл.-корр. РАН Д.А. Новиковым.*
- Зуев Андрей Сергеевич** — канд. техн. наук, доцент, Московский государственный университет приборостроения и информатики, ☎ (499) 268-01-34, ✉ zuev_andrey@mail.ru,
- Федянин Денис Николаевич** — репетитор, Репетит-центр, г. Москва, ✉ dfedyanin@inbox.ru.



Пятая международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD,2011

3—5 октября 2011 г.

Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН

Направления и темы секционных заседаний

1. Проблемы управления развитием крупномасштабных систем, включая ТНК, Госхолдинги и Госкорпорации.
2. Методы и инструментальные средства управления инвестиционными проектами и программами.
3. Имитация и оптимизация в задачах управления развитием крупномасштабных систем.
4. Управление топливно-энергетическими, транспортными и другими системами.
5. Управление объектами атомной энергетики и другими объектами повышенной опасности.
6. Информационное и программное обеспечение систем управления крупномасштабными производствами.
7. Мониторинг в задачах управления крупномасштабными системами.

Приглашаются ведущие ученые и специалисты НИИ, вузов, государственных и коммерческих структур, интересующиеся современными проблемами теории и практики управления развитием крупномасштабных систем

Регистрация на сайте конференции <http://mlsd.ipu.rssi.ru/mlsd11>

Справки по адресам: instepan@ipu.ru, kuzn@ipu.ru

и телефонам (495) 334-91-69, 334-90-50