

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУРАХ

М.В. Свиркин, В.М. Буре, А.В. Екимов (Санкт-Петербург)

Математическая постановка задачи.

Проблема построения математических моделей функционирования сложных организационных систем вызывает большой интерес в связи с необходимостью принятия управленческих решений. Важную роль в этой проблематике играют модели информационного влияния внутри организационных систем. В последнее время появились интересные работы, направленные на разработку подобных моделей в социальных сетях [1] и в организационных системах с жесткой структурой. Например, в работах [2,3] предложен подход к созданию математической модели формирования профиля мнений по отношению к предлагаемым инновациям внутри некоторой организационной системы.

В данной работе рассматривается имитационная модель информационного влияния внутри организационной системы с жесткой структурой [4]. Будем предполагать, что коллектив включает N лиц. На самом верхнем уровне, имеющем номер 1 , находится топ-менеджер или руководитель коллектива, на уровне 2 лица, непосредственно подчиненные топ-менеджеру, на уровне 3 лица, непосредственно подчиняющиеся, согласно должностным инструкциям, лицам, находящимся на уровне 2 , и т.д. В работе рассматривается иерархическая структура, когда направленные дуги соединяют только вершины, принадлежащие разным и обязательно соседним уровням, имеющим номера l и $l+1$. При этом будем считать, что уровень l занимает руководитель, а уровень $l+1$ - его непосредственный подчиненный. Влияние руководителя на подчиненного характеризуется величиной (силой) u , а обратное влияние подчиненного на своего непосредственного руководителя - величиной (силой) d , при этом $d < u$. Для формального описания силы влияния членов коллектива с учетом имеющегося ориентированного графа связей, определяемых организационной структурой, введем матрицу J размерности (N, N) , элементы которой могут принимать только значения $0, u, d$:

$$J = \begin{cases} 0, & \text{если } i = j; \\ 0, & \text{если нет соотношения: руководитель – подчиненный;} \\ u, & \text{влияние руководителя на подчиненного;} \\ d, & \text{влияние подчиненного на руководителя.} \end{cases}$$

Тогда столбец J_{ij} матрицы J характеризует силу влияния на вершину (члена коллектива) с номером j со стороны других вершин (других членов коллектива).

В начальный момент времени топ-менеджер предлагает некоторую инновацию, некоторое предложение, затрагивающее интересы членов коллектива. Член коллектива с номером j , узнав о сделанном предложении, в начальный момент времени определяет свое собственное отношение к предложенному. Его величина может принимать одно из трех возможных значений: $1, 0, -1$, здесь 1 означает одобрение и поддержку инициативы топ-менеджера, 0 - нейтральное отношение к инициативе, -1 - негативное отношение к сформулированной инициативе. Таким образом, считаем заданным вектор собственных мнений членов коллектива $a^T = a_1, a_2, \dots, a_N$. Будем предполагать, что мнение топ-менеджера относительно выдвинутой им самим инициативы, безусловно, положительно, т. е. $a_1 = 1$. Введем вектор начального отношения членов коллектива

по отношению к выдвинутой топ-менеджером инициативе $\mathbf{s}^T(\mathbf{1}) = (\mathbf{s}_1(\mathbf{1}), \dots, \mathbf{s}_N(\mathbf{1}))$. Он определяет начальный профиль мнений всех членов коллектива относительно предложенной инициативы. Естественно считать, что $\mathbf{s}(\mathbf{1}) = \mathbf{a}$.

Далее определим динамику изменения отношений во времени таким образом. Будем предполагать, что время дискретно, и в каждый момент времени $t = 1, 2, 3, \dots$ мнения членов коллектива могут меняться в соответствии со следующим правилом. Влияние, оказываемое коллективом на члена коллектива с номером j , $j = 1, 2, \dots, N$, в момент времени t рассчитывается по формуле $h_j(t) = \mathbf{a} + \mathbf{J}^T \mathbf{s}(t)$, где $\mathbf{s}^T = (\mathbf{s}_1(t), \dots, \mathbf{s}_N(t))$ – вектор, представляющий собой профиль мнений членов коллектива относительно предлагаемой инициативы. Для начального момента времени профиль мнений, как отмечалось выше, задается вектором \mathbf{a} .

Вероятность положительного отношения к инициативе члена коллектива с номером j в момент времени t задается формулой

$$\tilde{s}_j(t+1) = \Phi(h_j(t))$$

в которой $\Phi(z)$ – функция распределения стандартного нормального закона распределения.

Большие значения вероятности будут означать высокую степень поддержки предлагаемой инициативы, малые – будут рассматриваться как негативное отношение к такой инициативе, промежуточные значения вероятности будем оценивать как отсутствие определенного отношения к предлагаемой инновации. В связи со сказанным отношение лица с номером j будем задавать с помощью пороговых значений α и β следующим образом:

$$s_j(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } \tilde{s}_j(t+1) > \beta, \\ 0, & \text{если } \alpha \leq \tilde{s}_j(t+1) \leq \beta, \\ -1, & \text{если } \tilde{s}_j(t+1) < \alpha. \end{cases}$$

Заданная динамика определяет эволюцию мнений коллектива по отношению к предлагаемой инициативе. В дискретные моменты времени вектор $\mathbf{s}(t)$ движется по дискретному множеству точек в пространстве размерности N , само дискретное множество состоит из точек, координаты которых могут принимать значения $-1, 0, 1$. Если в результате эволюции система попадает в точку, в которой она остается навсегда, то ее естественно назвать неподвижной точкой. При попадании в такую точку эволюция системы заканчивается, и неподвижная точка представляет собой сформировавшуюся конфигурацию мнений коллектива. Если все координаты неподвижной точки равны 1 , то подобная ситуация означает полную поддержку предложенной инициативы.

Наоборот, если все координаты неподвижной точки равны -1 , то такая ситуация означает полный консолидированный отказ от предложенной инициативы, включая отказ самого топ-менеджера от ранее сделанного предложения. Если все координаты неподвижной точки, за исключением первой, не положительны, то можно говорить об определенной изоляции лидера коллектива и наличии глубокого кризиса внутри организации. Если координаты неподвижной точки принимают как положительные значения (больше одной координаты), так и отрицательные, то анализ подобной ситуации должен происходить с учетом особенностей организационной структуры коллектива. Отличие рассматриваемой в работе модели от изученных в работах [2, 3] заключается в другом характере задаваемой динамики эволюции системы. Главное отличие заключается в том, что использование функции распределения позволяет ввести в рассмотрение нейтральное отношение к предлагаемой инициативе со стороны членов коллектива, что, конечно, существенно более адекватно соответствует

реальности. Кроме того, применение элементов вероятностного подхода дает возможность лучше учесть известную неопределенность в поведении людей, столь характерную для поведения человека в условиях конфликтной среды.

Далее рассматривается имитационная модель формирования коллективного профиля мнений, реализованная в среде **MATLAB**, позволяющая проводить имитационные эксперименты в зависимости от экзогенно заданных характеристик, описывающих динамическую модель системы. К таким экзогенным характеристикам можно отнести количество членов коллектива N , организационную структуру, задаваемую ориентированным графом и матрицей J , силами влияния d и u , а также пороговыми значениями вероятностей α и β .

Подбор экзогенно задаваемых параметров α, β, u, d определяется особенностями конкретной организационной структуры, характером должностных инструкций, принятой внутри коллектива системой отношений.

2. Имитационная модель. Для построения имитационной модели и соответствующего программного обеспечения по имитационному моделированию формирования профиля мнений коллектива к продвигаемому руководителем (топ-менеджером) предложению рассмотрим организационную систему в самом общем случае как сложную систему, имеющую иерархическую структуру.

Сложная система формально, в агрегатном виде, может быть описана следующим функционалом [4]:

$$G \langle S, A, T, P, U, D \rangle,$$

где:

$S = S(N, L, k, r)$ - агрегат, описывающий структуру организационной системы;

$A(s, a, v)$ - агрегат, описывающий собственное мнение членов коллектива к рассматриваемому предложению и влияние, оказываемое на каждого члена коллектива со стороны его непосредственного начальника и подчиненных;

$T(F, p, m)$ - агрегат, описывающий пороговую функцию (функция активации) для определения отношения данного члена коллектива к продвигаемому предложению;

P - агрегат, описывающий систему правил отображения функционала в область значений и принятия решений;

U - агрегат, отвечающий за систему управляющих воздействий на параметры рассматриваемой сложной системы;

D - агрегат, отвечающий за идентификацию начальных значений параметров системы.

Областью значений данного функционала является числовая ось с соответствующими множествами допустимых значений принятия, неопределенности и отклонения решения.

Таким образом, экзогенными параметрами создаваемой имитационной модели, которые необходимо инициализировать, являются: N - количество членов коллектива, L - количество уровней иерархии системы, k - матрица структуры иерархической системы, a - вектор собственного мнения, s - вектор отношения, v - вектор, описывающий влияние начальника и подчиненных на члена коллектива, m - вектор пороговых значений. Рассмотрим вопросы выбора вида и обоснования параметров системы. В данной статье будем описывать систему с жесткой иерархией и постоянными величинами параметров влияния со стороны начальника и подчиненного. При выборе пороговой функции (активации) предлагается использовать функцию распределения нормального закона. Пороговые значения предлагается взять в виде констант, в простейшем случае для всех уровней одни и те же.

В качестве средства разработки программного обеспечения проектируемой имитационной модели был взят математический пакет **MATLAB**.

Пример.

В качестве примера для имитационной модели рассмотрим относительно простую, но часто встречающуюся на практике четырехуровневую организационную систему. Пусть организационная система имеет следующую структуру: на уровне **1** находится руководитель организации (топ-менеджер), на уровне **2** - подразделения (их руководители), на уровне **3** - отделы (их руководители), на уровне **4** - сотрудники отделов.

Пусть количество сотрудников $N = 70$, количество уровней $L = 4$. Тогда организационная структура, задаваемая матрицей k , имеет вид:

$$k = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 4 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 5 & 7 & 5 & 5 & 7 & 5 & 5 & 7 & 7 \end{pmatrix}$$

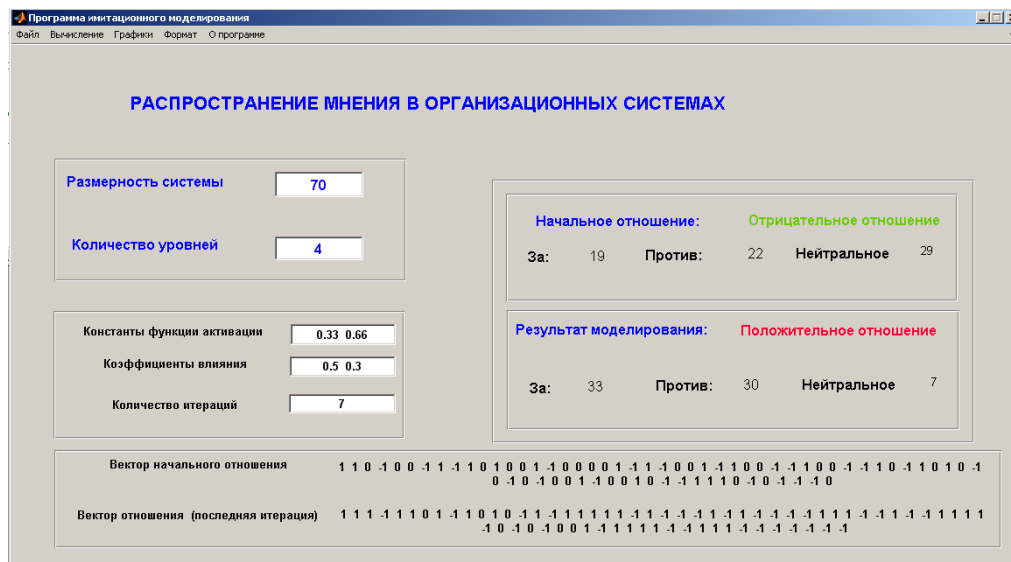


Рис.1 Главное окно программы

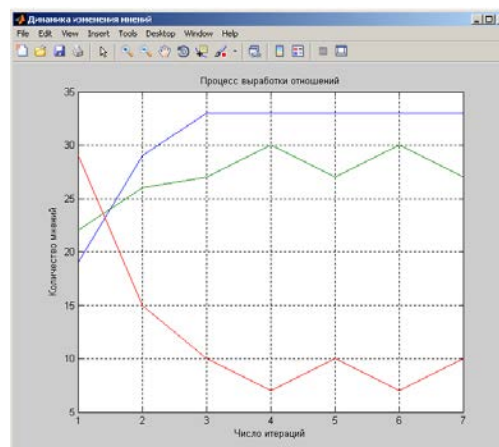


Рис. 2. Динамика изменения мнений

На рис.1 отображаются интерфейс и результаты работы программного комплекса имитационного моделирования. На рис 2 отображается процесс пошагового изменения мнений.

На уровне 1 находится руководитель организации (мнение которого всегда 1), на уровне 2 - три начальника структурных подразделений, на уровне 3 - три отдела первого структурного подразделения, четыре отдела второго структурного подразделения и три отдела третьего структурного подразделения: на уровне 4 - сотрудники отделов соответствующих подразделений: в первом отделе первого структурного подразделения работают пять сотрудников, во втором - пять, в третьем - семь и т.д.

Вектор начального отношения всех сотрудников к выдвинутому предложению приведен на рис. 1 в окне интерфейса программы, там же указан вектор отношений сотрудников на последней итерации. В рассмотренном примере, в начале, большая часть сотрудников организации отрицательно относилась к выдвинутому предложению, на последней итерации (в установившемся стационарном режиме) большая часть сотрудников относится к рассматриваемому предложению положительно.

Выводы.

Рассматриваемая имитационная модель и программный комплекс носят практический, прикладной характер и позволяют провести анализ (имитационное моделирование) отношения членов организационной системы к предлагаемому решению, а также исследовать задачи поддержки принятия решения по информационному управлению.

Литература

1. Д.А. Губанов, Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.:Физматлит, 2010. 228 с.
2. Almeida Costa L, Amaro de Matos J } Towards an organizational model of attitude change//Comput. Math. Organ. Theory, Vol.8. 2002. P315-335
3. Almeida Costa L, Amaro de Matos J } Attitude change in arbitrarily large organizations//Comput. Math. Organ. Theory, DOI 10.1007/s10588-013-9160-3, Published online 20 July 2013.
4. В.М. Буре, М.В. Сvirкин, А.В. Екимов. Имитационная модель формирования профиля мнений внутри коллектива//Вестник СПбГУ, сер. 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления.2014. №3, с. 93-98.