

## **МОДЕЛЬ СООБЩЕСТВА АГЕНТОВ С САМОНАСТРАИВАЮЩЕЙСЯ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИЕЙ**

**Малков А.С., Сахаров А.К.**

(Москва, Королев)

Статья посвящена разработке математического аппарата для моделирования социальных процессов. Обсуждается моделирование социума с помощью ФАБР-метода. Ключевым моментом исследования является самонастраивающаяся целевая функция. Таким образом формально описывается эволюционное формирование идеологии.

## **A MODEL OF A SOCIETY OF AUTOMATA WITH SELF- ADJUSTING CRITERION FUNCTION**

**Malkov A.S., Sakharov A.K.**

(Moscow, Korolev)

The paper concerns construction of mathematical apparatus for social simulation. Society modeling by means of FABR-method is discussed. The key point of the study is a self-adjusting criterion function. In such a way the evolutionary formation of ideology is formally described.

Несмотря на то, что традиционно в науках об обществе преобладают статистические методы, в последнее время все более остро обозначается потребность в использовании нелинейного динамического подхода. Нелинейные по своей сути методы способны дать гораздо более адекватное описание социальным процессам, которые также существенно нелинейны.

В рамках настоящей работы мы рассмотрим один из методов искусственного интеллекта, разработанный специально для моделирования социальных систем: ФАБР-метод.

### **Фабр-метод**

Здесь мы не ставим задачу подробно описать ФАБР-метод –

этому посвящены отдельные работы, – а лишь изложим его суть.

Метод разработан для создания математических моделей макроскопических социальных систем. В рамках метода социальная система рассматривается как многоагентная система, агенты которой способны к адаптации. Адаптация ведется локально каждым агентом. В процессе расчета, учитывая что связи между средой и агентами нелинейны, в результате адаптации ее элементов, система в целом приходит к некоторому аттрактору. При локальных изменениях законов, определяющих связи в системе, она может потерять устойчивость и после перестройки прийти к некоторому другому устойчивому состоянию.

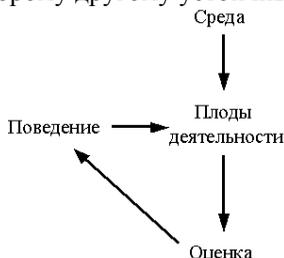


Рис. 1. Простейшая адаптация

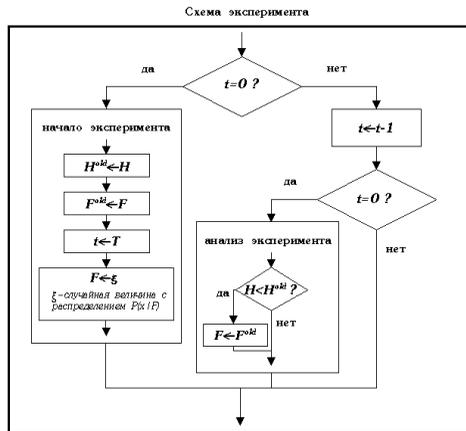
Таким образом, с помощью метода учитывается и отражается:

- формирование устойчивых макро-структур как результат локальной микро-адаптации
- нелинейная реакция системы на изменения связей (в том числе незначительные)
- обратные связи среда-агенты
- роль хаоса – как конструктивная (перемешивающий слой, необходимый для генерации новой информации) так и деструктивная (все неустойчивые локально-неоптимальные структуры разрушаются, либо требуют затрат для поддержания).

В основе адаптации агентов – фабров (Fluctuating Automaton with Backward Reasoning) лежит схема общая для всех адапционных систем:

Из этой схемы, в частности видно, что среда косвенно влияет

на поведение. В результате адаптации формируется поведение локально-оптимальное в данной среде. Вообще говоря, может существовать несколько локально-оптимальных дискретных манер поведения для одной среды. Поэтому нельзя говорить о том, что среда детерминирует какое-то одно поведение. Можно говорить лишь о том, что она формирует некоторое одно устойчивое (= локально-оптимальное) из нескольких потенциально возможных. Плоды деятельности, вообще говоря, могут воздействовать и на среду, но тут мы ограничимся простейшим случаем.



**Рис. 2.** Эксперимент над переменной  $F$ , определяющей поведение. Длительность эксперимента –  $T$  циклов.

В рамках ФАБР-метода блок оценки, сопряженный также со случайным варьированием поведения заключен в эксперименте. У каждого агента имеются переменные, определяющие его поведение. Эти переменные могут им случайно варьироваться, а затем, после некоторого времени измененного таким образом поведения, оцениваются плоды деятельности. Для оценки служит целевая функция  $H$ , которая тем больше, чем фактические плоды деятельности "ценны" для агента. В случае увеличения  $H$  в результате нового поведения данное поведение закрепляется, в противном случае оно "отменяется": переменным, определяющим поведение, присваиваются значения предшествующие экспериментальной вариации. Затем эксперименты повторяются

ВНОВЬ И ВНОВЬ.

### Идеология

В настоящей работе основное внимание обращается на роль функции  $H$  в данном процессе адаптации. Поскольку рассматривается моделирование социальных систем, то понятно, что оценка результатов деятельности отдельными факторами (это могут быть индивиды, группы, организации и т.д.) не является однозначной. Это связано, в том числе, с многофакторностью оценки. Одни и те же результаты можно оценивать по-разному, если исходить из разных систем ценностей. На формальном языке под системой ценностей (или идеологией  $I$ ) можно понимать набор весов  $I = [v_1, v_2, \dots, v_n]$  в составной функции

$$H = v_1R_1 + v_2R_2 + \dots + v_nR_n$$

Здесь  $v_1, \dots, v_n$  – веса (они определяют систему ценностей, идеологию), а  $R_1, \dots, R_n$  – разнородные факторы (ресурсы), входящие в плоды деятельности и сравнимые не однозначно, а опосредованно – через  $v_1, \dots, v_n$

Такая ситуация возникает, когда в результате деятельности наблюдаемы несколько разнородных факторов, не сравнимых однозначно. К примеру, нельзя однозначно сравнить такие понятия как материальные и духовные ценности. Формально сравнивать их можно только приписав им определенные веса  $v_i$ , определяемые идеологией  $I$ .

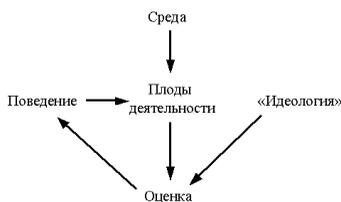


Рис. 3. Многофакторная адаптация: идеология влияет на оценку.

Из модифицированной (с учетом идеологии) схемы адаптации видно, что и идеология наряду со средой косвенно через оценку влияет на формирующиеся в результате адаптации поведение. Ее роль может быть как деструктивной, когда, будучи, неким ограничением, она "запрещает" некоторые оптимальные для жизнедеятельности в настоящей среде стереотипы поведения, так и конструктивной, когда она "отсекает" локально-

оптимальные но неоптимальные глобально стереотипы, не давая системе "застрять" в этих локально-оптимальных потенциальных ямах и заставляя ее стремиться и в результате достигнуть глобального (или более оптимального чем возможные другие локального) оптимума.

### Самонастройка идеологии

Однако есть основания считать, что идеология сама не является заданной извне, и что она сама является продуктом эволюционного процесса, адаптации под воздействием внешней среды. В связи с этим рассмотрим следующую возможную схему адаптации:

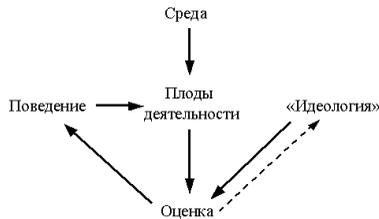


Рис. 4. Формирование идеологии как результат адаптации.

Здесь уже идеология косвенно зависит от поведения и среды. Однако мы считаем, что влияние это достаточно невелико (а значит и сроки адаптации значительно больше). Мы проводим стрелку влияния на идеологию от узла "Оценка" по следующей причине: улучшить собственную *оценку* безрадостной действительности можно с равным успехом либо что-то изменив в действительности, либо пересмотрев свою оценку – поменяв ценности. В условиях, когда поведение (меняй его – не меняй) не в состоянии обеспечить первое, человек склонен менять второе (не страдать же, раз уж ничего не изменишь) Изменение ценностей (изменение  $v_1, v_2, \dots$ ), однако, не происходит быстро. Для этого под влиянием "безысходности" должны трансформироваться взгляды всего общества – определяющего большинства его членов. То есть синхронно всем индивидам "должно быть проще" во вполне определенную сторону изменить свою систему ценностей. Без этого не произойдет интегрального изменения идеологии. Формально будем считать, что коэффициенты идеологии  $v_1, v_2, \dots, v_n$  также подвергаются варьированию и за-

креплению согласно схеме рис.2, однако этот процесс медленнее за счет на порядок больших  $T$  или меньших  $|F - \xi|$  (здесь  $F$  – одна из переменных  $v_i$ ,  $T$  – время эксперимента,  $\xi$  – случайная величина – вариация  $v_i$ ) по сравнению с переменными определяющими поведение. То есть поведение адаптируется гораздо раньше, чем идеология. Вполне возможно при этом, что изменение среды произойдет раньше, чем достижение адаптивного оптимума идеологии. А изменение среды ведет к изменению картины локальных максимумов, и, таким образом, не устоявшаяся еще идеология ломается и начинает адаптироваться "в ином направлении". Все это достаточно актуально для нынешнего времени, поскольку стремительное изменение среды обитания человека (экология, быт, взаимосвязи с другими людьми) делает старые системы ценностей неоптимальными в новых условиях, а новые оптимальные системы просто не успевают сформироваться. Это приводит к тому, что социум оказывается в одном из деструктивных локальных оптимумах, устойчиво стремясь к собственной гибели.... А несформировавшаяся адекватная идеология не может его от этого уберечь.

#### **Модель социальных циклов Ибн-Халдуна**

В качестве иллюстрации рассмотрим модель – математическое представление теории социальных циклов Ибн-Халдуна. Согласно этой теории, в результате завоевания оседлого государства, кочевники устанавливают свою династию. Но под воздействием благодатных условий в течение нескольких поколений теряют свой боевой дух, ослабевают и оказываются завоеванными новой волной кочевников. Таким образом, Ибн-Халдун неявно выделяет две определяющие ценности: материальное благополучие  $W$  и силу духа  $S$ . В процессе ассимиляции на захваченной территории (Среде) привнесенная система ценностей (веса при  $W$  и  $S$ ) у завоевателей изменяется. Учитывая это, построим модель, описывающую циклический режим вторжений кочевников на территорию государства.

В каждой точке пространства задано плодородие территории.



Рис. 5. Плодородие территории.

Более светлые участки – более плодородные. Таким образом, имитируется наличие степи и благоприятных территорий (темная и светлая области) а также небольшая область перехода между ними.

В рамках модели идеология каждой клетки  $H = (1-v)F + vW$  описывается только одной переменной  $v$ , которая определяет относительную ценность богатства по отношению к силе духа. Эта переменная будет подвергаться постепенной адаптации.

В свою очередь деятельность может также быть ориентирована на поддержание силы духа, либо на создание благосостояния. Деятельность определяется переменной  $a$ . Эта переменная адаптируется согласно схеме на рис.2 с учетом идеологии и среды. Текущая сила духа и текущее благосостояние определяется как:

$$F = aF_0 \quad W = (1-a)W_0$$

Значения  $F_0$  считаем равным единице, значение  $W_0$  зависит от плодородия территории.

Клетка может взаимодействовать с соседями. У каждой клетки есть военная мощь, определяемая соотношением

$$P = F + k\sqrt{W} \quad ,$$

здесь  $k$  – параметр "силы денег". При больших  $k$  богатые страны могут побеждать за счет денег, а не за счет силы духа. Использование квадратного корня связано с нелинейным увеличением финансовых издержек на содержание крупных армий.

Две граничащие клетки каждый момент времени стараются захватить друг друга с тем большей силой, чем больше различие в их идеологии. Сила атаки и защиты определяется значениями  $P$  клеток и разностями "взглядов"  $v$ :  $dP = (P_1 - P_2)|v_1 - v_2|$ .

В случае если  $dP > P_0$  происходит захват соседа.  $P_0$  – некий порог защиты. В рамках модели захват состоит в навязывании своей идеологии (установление своего  $v$ ).

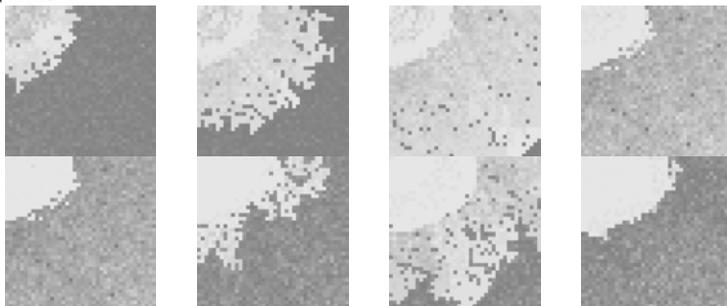
При моделировании у всех клеток изначально было задано

одинаковое значение  $\nu$ . Однако в процессе адаптации, достаточно быстро наблюдается возникновение двух различных областей. Далее клетки с малым  $\nu$  (деньги ценнее) показаны темным цветом, клетки с большим  $\nu$  (дух ценнее) – светлым.



**Рис. 6.** Начальная фаза – из однородности возникают две идеологии

Далее модель демонстрирует циклическую динамику – государство слабеет, пристрастившись к материальному благополучию, и оказывается завоеванным более сильным духом соседями.



**Рис. 7.** Циклы завоеваний. Попав в благодатную среду, кочевники "темнеют", забывая духовные ценности, и ослабевают.

Интересно, что если повысить роль денег – коэффициент  $k$ , то динамика полностью меняется. Циклы не наблюдаются, территории захватываются богатым государством, которое однако не решается проникнуть в суровую степь, поскольку с его потребительской идеологией там невозможно выжить.



**Рис. 8.** При увеличении  $k$  богатое государство загоняет кочевников глубоко в степь, захватив также и переходную область.

**Литература.**

1. Малков А.С. ФАБР-метод и моделирование социальных систем // "Искусственный интеллект в XXI веке" труды конгресса. т.1 Физматлит, М.2001. с. 440-452
2. Редько В.Г. Эволюционная кибернетика, Наука, М.2001.
3. Ibn Khaldun. 1958, The Muqaddimah: An Introduction to History, Panteon Books, New York.