

Бабич М.Ю. Проблемы моделирования деятельности человека в процессе функционирования сложных организационно-технических систем. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XIV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2014. – С. 36-42.

УДК 519.876.2

## ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

М.Ю. Бабич

## PROBLEMS OF MODELING OF HUMAN ACTIVITY IN PROCESS OF COMPLEX ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS

M.Yu. Babich

**Аннотация.** В статье описывается модель функционирования группы адаптивных агентов, принадлежащих нескольким системам управления. Вводится понятие допустимых действий по достижению целей. Рассматривается изменение типа групп агентов.

**Ключевые слова:** адаптивный агент, достижение цели, система управления, последовательность действий.

**Abstract.** The paper describes the model of autonomous agent group functioning, belonging to several control systems. Conception of admissible action for goal achievement is introduced. The change of group type during the long stay of the system in an unstable state is considered.

**Keywords:** adaptive agent, goal achievement, control system, action sequence.

Рассмотрим следующий класс систем. Элементами системы  $S$  являются люди, которые могут управлять техническими устройствами и могут быть организованы в определенные подсистемы системы рассматриваемого класса. Обозначим множество элементов системы  $S$  через  $A$ . Элементы  $a$  ( $a \in A$ ) или подсистемы системы  $S$  управляются из пункта управления (ПУ) системы. ПУ также принадлежит системе  $S$  ( $ПУ \subset S$ ) и является одной из ее подсистем. В ПУ передается информация о текущем состоянии системы  $S$  и внешней среды  $C$ , полученная от технических устройств наблюдения или от должностных лиц, входящих в множество  $A$ . В ПУ на основе полученной информации решаются задачи, позволяющие принимать те или иные решения, реализация которых влияет на состояние внешней среды, на функционирование подсистем и элементов системы. Должностные лица, входящие в множество  $A$ , получают из ПУ команды, информацию о состоянии других элементов системы и окружающей среды, постановку новых целей, однако их действия не могут быть жестко регламентированы ПУ. Поэтому будем считать элементы системы рациональными адаптивными агентами, а множество  $A$  – множеством рациональных, адаптивных агентов [1]. Выполнение агентами полученных команд и достижение поставленных целей происходит в результате самостоятельного планирования и выполнения действий, а также в зависимости от состояния внешней среды. Из внешней среды  $C$  выделим систему  $S'$ , которая функционирует совместно с  $S$ . Для системы  $S$  система  $S'$  может быть безразлична, ее цели могут быть противоположны целям системы  $S$  (конкурент), совпадать с целями системы  $S$  (союзник).

Спектр рассматриваемого класса достаточно широк. Системой  $S$  может быть транспортное предприятие с диспетчерским пунктом управления, организации, выполняющие комплекс мероприятий МЧС по спасению терпящих бедствие, силовые структуры, обеспечивающие охрану участка местности или проведение силовой операции и т.д.

Если обозначить через  $S(t)$  и  $C(t)$  состояние системы и среды в момент времени  $t$ , то получим следующее:

$$\begin{aligned} S(t+1) &= F_1(S(t), S'(t), C(t)); C(t+1) = F_2(S(t), S'(t), C(t)); \\ S'(t+1) &= F_3(S(t), S'(t), C(t)), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $F_i$  – функции, осуществляющие переход систем или среды в новое состояние.

Обозначим через  $P_S$  цель, которая должна быть достигнута в результате функционирования системы  $S$ .  $P_S(t)=true$ , если цель достигнута в момент времени  $t$ , и  $P_S(t) = false$ , в противном случае. Деятельность должностных лиц (агентов) системы  $S$  заключается в выборе и реализации таких решений и действий, в результате которых была бы получена последовательность состояний системы  $\{S(t_1), S(t_2), \dots, S(t_n)\}$ , где  $P_S(t_n) = true$ .

Задачи, решаемые в ПУ, могут быть информационными задачами (ситуация такова), задачами системы поддержки принятия решений и планирования (делай так) или задачами, осуществляющими прогнозирование состояния системы  $S$ , вследствие принятия определенных решений (будет так, если). Отсутствие необходимой информации, а также наличие системы  $S'$ , цели и действия которой могут быть неизвестны, делают в (1) функции  $F_i$  плохо формализуемыми, а задачу прогнозирования состояния систем и среды слабоструктурируемой. Предполагаемая последовательность  $\{S^*(t_i)\}$  значительно отличается от последовательности реальных состояний системы  $\{S(t_i)\}$ , то есть справедливо

$$\|S^*(t_i) - S(t_i)\| \gg 0. \quad (2)$$

Поэтому существует вероятность, что  $P_S(t_n) = false$  или  $P_S(t_i) = false$  для любого  $i$ . Существование неравенства (2) обуславливается следующим:

- наличие нечеткой, ложной, противоречивой информации, отсутствие статистики;
- специфичность возникающих ситуаций, то есть отсутствие наступления полностью повторяющихся событий, состояний внешней среды и системы;
- отсутствие накопленной информации, необходимой для создания базы знаний системы и, как следствие, отсутствие ориентации в пространстве принимаемых ранее решений;
- время принятия решения близко к реальному времени, последствия наступают достаточно быстро;
- сложность формализации знаний экспертов.

Существуют также другие факторы [2], определяющие сложность и особенность моделей функционирования систем из рассмотренного класса, однако, если их с трудом, но можно нивелировать, то предположение о справедливости следующих аксиом требует других подходов к моделированию.

1. Любая система  $S$  принадлежит некоторой суперсистеме  $W$ , состоящей из конечного множества различных систем, то есть  $\forall S \subset W$ , где  $(W = \cup S_k) \wedge (\forall k_1, k_2$  выполняется  $S_{k_1} \neq S_{k_2}$ ).

2. Для  $\forall a \in A \exists S_1, S_2$ , для которых  $(a \in S_1) \wedge (a \in S_2) \wedge (S_1 \neq S_2) \wedge (S_1 \subset W) \wedge (S_2 \subset W)$ , то есть любой агент системы  $S$  принадлежит не только рассматриваемой системе, но также и другой системе из суперсистемы.

3.  $P_{S_1} \neq P_{S_2}$ , то есть цель функционирования другой системы, которой принадлежит должностное лицо, может не совпадать с целью рассматриваемой системы.

Справедливость аксиомы 1 вытекает, например, из закона системности Урманцева: любой объект есть объект-система и любой объект-система принадлежит хотя бы одной системе объектов данного рода [3]. Примером справедливости аксиом 2, 3 является, например, факт, что боец системы силовой структуры  $S_1$  также принадлежит системе  $S_2$  – семья, дом.

Рассмотрим варианты реализации аксиом.

$(a \in S_1) \wedge (a \in S_2)$ . Наиболее явный вариант. Суперсистемой может являться государство. Так как каждая личность является достаточно многогранной, то должностное лицо может принадлежать нескольким подсистемам. Например, предприятие и аспирантура без отрыва от производства.

$(a \in S) \wedge (a \in S')$  в том случае, когда  $S'$  конкурент или союзник с не полностью совпадающей целью.

$a \in S_2 \subset S, S = S_1$ , то есть  $S_2$  является подсистемой  $S$ , однако цели системы и ее подсистемы не тождественны. Например, министерство и предприятие министерства, отчет которого происходит по формальным параметрам, неточно отражающим степень достижения целей, поставленных перед министерством (случай, особенно характерный для эпохи социализма).

$(a \in S_1) \wedge ((a \in S_2) \wedge (b \in S_2)) \wedge (b \in S_3) \wedge (P_{S_1} \neq P_{S_3}, P_{S_1} \neq P_{S_2}, P_{S_2} \neq P_{S_3})$ . Более сложный случай. Например,  $a$  – агент системы заказчика  $S_1$ ,  $S_2$  – система родственников связей,  $b$  – агент системы разработчика заказа  $S_3$ .

$S_1 = S_2$ , но  $P_{S_1} \neq P_{S_2}$ , то есть агент  $a$  остается в той же системе, но его задача носит многоцелевой характер. Если в определение системы включить необходимость достижения определенной цели, то есть рассматривать ее, как совокупность взаимосвязанных элементов, способную функционировать для достижения определенной цели (то есть, как пару  $(S, P_S)$ ), то агент  $a$  принадлежит разным парам, так как  $(S_1, P_{S_1}) \neq (S_2, P_{S_2})$ . Моделирование подобных ситуаций рассмотрено, например, в [4].

$S_1 = S_2, P_{S_1} = P_{S_2}$ , но  $P^1_{S_1} = P^2_{S_2}$ , где  $P^1_S, P^2_S$  – соответствующие подцели цели  $P_S$ . Например,  $S_1 = S_2 = S$  – система противодействия проникновению нарушителя за границу охраняемой территории при ограниченных ресурсах,  $P_S$  – цель «предотвратить проникновение нарушителя», но если нарушителей двое, то  $a \in (S, P^1_S) \wedge (a \in (S, P^2_S))$ , где  $P^1_S$  – «предотвратить проникновение нарушителя №1»,  $P^2_S$  – «предотвратить проникновение нарушителя №2».

Перенос аксиом на системы рассматриваемого класса требует изменение подходов моделирования функционирования подобных систем. В случае, когда моделировать функционирование система  $S_2$  сложно, ограничиваются наиболее распространенным способом: очень приближенно учитывают лишь влияние системы  $S_2$ , на функционирование системы  $S_1$ . Например, в модели функционирования

предприятия учитывают степень подготовки специалистов, прошедших курсы повышения квалификации, но не моделируют работу самих курсов. Когда алгоритм функционирования систем  $S_1$  и  $S_2$  известен, требуется моделировать их совместное функционирование. В этом случае необходимо определить самые общие правила и условия моделирования функционирования систем  $S_1$  и  $S_2$  [5].

Предположим, что  $(a \in S_1) \wedge (a \in S_2)$ . В системе  $S_1$  для агента  $a$  существует цель  $P_1$ , которая должна быть достигнута не позднее времени  $t_1$ , а в системе  $S_2$  существует цель  $P_2$ , которая должна быть достигнута не позднее времени  $t_2$ . Цели  $P_1, P_2$  достигаются путем выполнения последовательности действий  $d_1, d_2$ . Последовательности действий  $d_1, d_2$  назовем допустимыми, если выполняется условие:

$$(\text{если } t = t_1, \text{ то } P_1 = \text{true}) \wedge (\text{если } t = t_2, \text{ то } P_2 = \text{true}). \quad (3)$$

Принадлежность агента  $a$  некоторой системе  $S$  определяет правила поведения агента  $\varphi(S)$ , то есть выполнение некоторых регламентированных действий при соответствующем состоянии среды  $C$  и системы  $S$ . Каждая система  $S$  имеет свою степень «жесткости» (требовательность, необходимость выполнения) правила  $\varphi$ . Обозначим через  $\text{type}(S)$  тип системы, который определяет степень необходимости выполнения правила  $\varphi$ . Например, альянс, коалиция, команда [6, 7].

Каждый агент определяет тип системы  $S$  и вносит его в свои ментальные понятия, убеждения. Обозначим ментальный тип системы агента через  $\text{type}^i(a)$ , где верхний индекс соответствует номеру системы. В общем случае  $\text{type}^1(a)$  может быть отличным от  $\text{type}(S_1)$  и  $\text{type}^2(a)$ .

Что происходит, если последовательность действий  $d_1, d_2$  не являются допустимыми? В этом случае агент уменьшает  $\text{type}^1(a)$  или  $\text{type}^2(a)$ , чтобы ментальный тип системы агента позволял не выполнять последовательность действий  $d_1$  или  $d_2$  и, чтобы выполнялось:  $\text{type}^1(a) \neq \text{type}^2(a)$ . Затем выполняет последовательность  $d_1$ , если  $\text{type}^1(a) > \text{type}^2(a)$ , или  $d_2$  в противном случае. Могут быть различные алгоритмы выбора и изменения  $\text{type}^i(a)$ . Например, изменение с дальнейшим восстановлением  $\text{type}^i(a)$ , выбор  $\text{type}^*(a)$ , который доставляет минимум разности  $|\text{type}(S_i) - \text{type}^i(a)|$  и т.д. Так как при частом уменьшении  $\text{type}^i(a_j)$  для различных агентов  $a_j \in S_i$  система может не достичь своей глобальной цели  $P_{S_i}$ , то в ответ система  $S_i$  должна действовать по одному из следующих алгоритмов:

- ввод в систему  $S_i$  дополнительных агентов;
- исключение агента  $a$ , допустившего невыполнение последовательности действий  $d$ , из системы  $S_i$ ;
- исключение агента  $a$  с передачей его другой системе суперсистемы  $W$ ;
- передача агента  $a$  другой своей подсистеме;
- исключение агента  $a$  с передачей его другой суперсистеме  $W_2$ ;
- исключение агента  $a$  с передачей его системе  $S'$  как частный случай.

Заметим, что через определенное время после исключения из системы  $S_i$  может вновь осуществляться ввод агента  $a$  в систему  $S_i$  с восстановлением ресурсов агента и его ментальных понятий.

Таким образом, изменение значения  $\text{type}^i(a)$  может происходить при невозможности одновременного достижения агентом двух различных целей  $P_1$  и  $P_2$ , при вводе агента  $a$  в систему  $S$  после его исключения из системы  $S$ , а также в других случаях, например, при уменьшении ресурсов агента до некоторого предела,

при изменении значения  $type^i(a)$  у определенного количества других агентов системы  $S$  и т.д.

Реализация рассмотренных общих алгоритмов поведения агентов  $a$  и систем  $S_1, S_2$  позволяет решать следующие задачи:

- изучение изменения состояний системы при выполнении аксиом 1 – 3;
- выбор наилучшего алгоритма поведения системы при наличии различных рассмотренных алгоритмов поведения агентов  $a$  и алгоритмов изменения его ментальных понятий;
- определение алгоритма воздействий системы на систему  $S'$  для изменения ментальных понятий ее агентов с целью недостижения глобальной цели  $P_{S'}$ .

#### Библиографический список

1. Рассел С., Норвинг П. Искусственный интеллект. Современный подход. – М.: Вильямс, 1006. – 1048 с.
2. Бабич М.Ю. Решение задач системы поддержки принятия решений в процессе управления распределенными, динамическими ресурсами // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2014. – Т. 12. – № 4. – С. 12–18.
3. Артюхов В.В. Общая теория систем: самоорганизация, устойчивость, разнообразие, кризисы. – М.: Либроком, 2009. – 224 с.
4. Бабич М.Ю., Кузнецов В.Е. Моделирование силовых индивидуально-ориентированных действий боевого рационального агента // Вопросы радиоэлектроники. Серия СОИУ. – 2012. – Вып. 4. – С. 47–56.
5. Бабич М.Ю. Модель функционирования группы автономных агентов в контуре нескольких информационных систем управления // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс : научно-методический журнал. Серия: «Технические науки. Информационные технологии». – 2014. – Вып. №3 (19). – С. 115–119.
6. Городецкий В.И. Теория, модели, инфраструктуры и языки спецификации командного поведения автономных агентов. Ч. 1 // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011. – №2. – С. 19–30.
7. P.Cohen and H.J.Levesque. Teamwork. Nous, 35 (1991).

**Бабич Михаил Юрьевич**  
ОАО "НПП "Рубин",  
г. Пенза, Россия  
E-mail: mail@npp-rubin.ru

**Babich Mikhail Yuryevich**  
JSC "NPP "Rubin",  
Penza, Russia