

В.Б. Тарасов*

**ЦВЕТНЫЕ РЕСУРСНО-ЦЕЛЕВЫЕ СЕТИ:
ПРИЛОЖЕНИЕ К ЗАДАЧЕ ПОНИМАНИЯ
ПОВЕДЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ АГЕНТОВ†**

Аннотация. Рассмотрена проблема понимания поведения агентов в многоагентных системах. В русле представления взаимодействия агентов как обмена ресурсами изложены элементы теории ресурсных сетей. На основе описания общей архитектуры агента ЦРВД, анализа развертывания его деятельности и условий взаимодействия между агентами, определения типов агентов по двум критериям показана целесообразность модификации аппарата ресурсных сетей. Введено понятие цветной ресурсно-целевой сети, в которой цвета вершин соответствуют агентам разных типов. Даны примеры применения цветных ресурсно-целевых сетей для понимания поведения агентов в многоагентной системе.

Ключевые слова: агент, взаимодействие агентов, поведение, понимание, ресурсы, цель, граф взвешенный, сеть ресурсно-целевая.

1. Введение. В работе рассмотрена проблема понимания поведения агентов в многоагентных системах. В русле представления взаимодействия агентов как обмена ресурсами изложены элементы теории ресурсных сетей. На основе описания общей архитектуры агента ЦРВД, анализа системы его деятельности и условий взаимодействия между агентами, определения типов агентов по двум критериям показана необходимость модификации аппарата ресурсных сетей. Введено понятие цветной ресурсно-целевой сети, в которой цвета вершин соответствуют агентам разных типов. Даны примеры применения цветных ресурсно-целевых сетей для понимания поведения агентов в многоагентной системе.

2. Проблема понимания поведения. До недавних пор весьма распространенной оставалась точка зрения, что пониматься может только текст, наделенный определенным смыслом: понять его – значит раскрыть смысл, вложенный в текст его автором. Однако *объектами понимания* могут быть не только тексты, но и задачи, ситуации, поведение, и пр. Понимание может рассматриваться и как способность, и как операция, и как процесс, и как результат, и как средство (технология) усвоения знаний.

Постановке и решению проблемы понимания уделяли значительное внимание еще классики искусственного интеллекта Т.Виноград

* Тарасов Валерий Борисович – к.т.н., доц., Vbulbov@yahoo.com; МГТУ им.Н.Э.Баумана, Москва

†В работе представлены результаты исследований, поддержанных грантом РФФ 16-11-00018, рук. В.Э. Карпов и грантом РФФИ 17-07-01374, рук. В.Б. Тарасов

[21], А.Ньюэлл [19], Г.Саймон [20], Д.А.Поспелов [13-15], Э.В.Попов [12], и др. Так в работе [19] было введено следующее определение понимания: система S понимает знание K , если она использует его всякий раз, когда K уместно. С одной стороны, здесь понимание относится к знаниям, а не к реальным предметам. С другой стороны, понимание связано с использованием этих знаний для решения задач; соответственно глубину понимания можно охарактеризовать тем классом задач, которые способна решать система. В этой связи Г.Саймон [20] в явном виде предложил задачно-ориентированное определение понимания: система S понимает задачу T , если она имеет знания и процедуры K , необходимые для выполнения T . Таким образом, понимание выражается тернарным отношением, связывающим S , T и K .

Согласно Э.В.Попову, понимание собеседника означает определение тех целей (намерений), которые тот преследовал, формируя некоторый текст [12]. В этом плане «понять» смысл сообщения означает найти его взаимосвязь с целью общения. Если это взаимосвязь не установлена, то следует говорить о непонимании сообщения.

По Р.Карнапу [7], основным средством прагматики, с помощью которого можно уточнить идею «понимания», являются «предложения о мнениях», т.е. высказывания вида $BEL(a, t, p)$ – агент a в момент времени t считает, что p , где p – предложение естественного языка. Следует отметить, что Карнап использовал двузначную логику при рассмотрении предложений о мнениях, игнорируя варианты неопределенности, неполноты информации, противоречия.

Иерархия уровней понимания построена и проанализирована в трудах Э.В.Попова [12], Д.А.Поспелова [13], и др. Проблемы понимания поведения были рассмотрены в монографии [2].

Подробный анализ междисциплинарной проблемы понимания и основных концепций понимания, разработанных в различных научных дисциплинах, проведен в работе [18]. Далее воспользуемся *аксиологической* трактовкой понимания, восходящей к классику герменевтики и основоположнику «психологии понимания» В.Дильтею. В ее русле *понимание* – это универсальная операция мышления, которая является *оценкой объекта* с определенных позиций, на основе некоторого *образца, стандарта, нормы*, и т.п. (см.[18]). По сути, это определение отражает общую идею понимания как сравнения, сопоставления с образцом. Оно опирается на *теорию ценностей*, которая изучает вопросы, связанные с природой ценностей, их местом в реальной жизни, соотношениями между ними. Оценка есть способ установления ценно-

сти (или вывод из принятых ценностей с использованием общих правил) [6], а главными ценностями деятельности являются ее результаты.

Частным случаем оценок являются *нормы*, которые можно рассматривать как общественно апробированные и закреплённые оценки. Нормы и стандарты являются основой для выработки *требований* к поведению.

Наконец, важнейшим средством поддержки понимания являются наглядные графические (в том числе, теоретико-графовые) представления. Важнейшей характеристикой графики является ее способность непосредственно воздействовать на интуитивно-образное мышление человека. В [5,14] различаются иллюстративная и когнитивная функции графики. Иллюстративная функция связана с визуализацией уже известного знания и обеспечивает узнаваемость объекта понимания, а когнитивная функция направлена на визуализацию его внутреннего содержания, смысла абстрактных моделей (например, моделей поведения). Между иллюстративной и когнитивной графикой нет четкой границы: сжатие и наглядное представление известного знания может подсказать новую идею или гипотезу, для подтверждения которой могут также применяться картинки, графы или сети.

В [15] описан аппарат графов (фреймов) поступков для понимания и диагностики поведения агента. В настоящей работе предлагается использовать для понимания поведения агентов в многоагентной системе аппарат ресурсных сетей [8,9] и его расширение – цветные ресурсно-целевые сети.

3. Ресурсные сети. В [8] О.П.Кузнецов предложил формальный аппарат *ресурсных сетей*, впоследствии развитый Л.Ю.Жиликовой (см.[9]). Ресурсной сетью (РС) называется двусторонний ориентированный взвешенный граф

$$G = \langle V, E, Q, W \rangle \quad (1)$$

с вершинами $v_i \in V$, $|V| = m$, дугами $e_{ij} = (v_i, v_j) \in E$ и двумя множествами весов Q и W . При этом вершинам графа v_i приписаны неотрицательные числа $q_i(t)$, изменяющиеся в дискретном времени t и называемые ресурсами (т.е. Q есть суммарный ресурс всех вершин), а дугам – неотрицательные числа w_{ij} , именуемые проводимостями (пропускными способностями). Состоянием РС в момент времени t называется вектор $Q(t) = (q_1(t), \dots, q_n(t))$, содержащий значения ресурсов в каждой вершине в момент t . В отличие от транспортных сетей и классической потоковой модели Форда-Фалкерсона, в которых ресурс течет от источников к стокам и расположен в дугах, в ресурсной сети ресурсы

находятся в вершинах, а обмен ресурсами зависит от проводимостей дуг.

В ресурсной сети выполняется закон сохранения: $\forall t \quad \sum q_i(t) = Q$ (при функционировании РС ресурсы не поступают извне и не расходуются, а перераспределяются). В [9] введены правила распределения ресурсов в РС, исследованы полные однородные ресурсные сети, даны варианты классификации ресурсных сетей по топологии и пропускным способностям.

Следуя [8,9], для моделирования обмена ресурсами в многоагентных системах (MAC) будем опираться на ресурсные сети.

Ресурсной сетью для MAC назовем взвешенный двусторонний ориентированный граф

$$G_{RES} = \langle A, C, RES, W \rangle, \quad (1^*)$$

где множество вершин A есть множество агентов, образующих MAC, множество дуг C есть множество связей между агентами, RES – множество ресурсов MAC, причем каждый агент $a_i \in A$ имеет определенный ресурс $res(a_i) \in RES$, W – множество проводимостей w_{ij} дуг $c_{ij} \in C$ в MAC. Каждой дуге (связи между агентами) $c_{ij} \in C$ приписывается неотрицательное число $w_{ij} \in W$, называемое проводимостью от агента a_i к агенту a_j .

По сути, проводимость в MAC задает предельный объем ресурса, который один агент может передавать другому в определенный промежуток времени. Ресурсная сеть называется однородной, если все проводимости в ней равны. В общем случае, когда MAC состоит из агентов разных типов, ресурсные сети являются неоднородными, поскольку в них как объем и действие ресурса, так и проводимости зависят от типа агента.

Для обоснования целесообразности модификации и расширения аппарата РС в интересах понимания поведения агентов в MAC приведем сведения из теории агентов и многоагентных систем [17].

4. Агент: понятие и архитектура. *Агент* представляет собой открытую, автономную, активную систему, которая обладает собственным поведением. Это значит, что он способен воспринимать информацию из внешней среды с ограниченным разрешением, обрабатывать ее на основе собственных ресурсов, взаимодействовать с другими агентами и воздействовать на среду (и этих агентов) в течение некоторого времени, преследуя свои собственные цели.

Характер среды накладывает существенные требования на архитектуру агента, обращение к теории деятельности представляется необходимым условием проектирования индивидуальных и совместных

действий агентов, а выявление свойств агентов и особенностей их взаимодействия (влияния, кооперации, коммуникации) позволяет разработать исходную структуру МАС.

На рис.1 изображена общая архитектура агента ЦРВД (Цель – Ресурс – Восприятие – Действие», предложенная в [3].

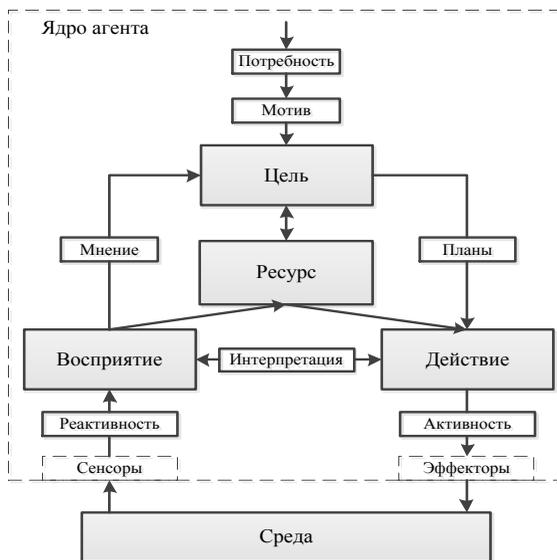


Рис.1. Архитектура ЦРВД

Ниже подробнее остановимся на ее основных компонентах в контексте модели понимания поведения агента в МАС.

5. Взаимодействие, цели, ресурсы и поведение агентов в МАС.

Взаимодействие агентов – вот первое, что выступает перед нами, когда мы говорим о создании МАС. Взаимодействие означает установление двусторонних и многосторонних динамических отношений между агентами. При этом оно является одновременно источником и продуктом некоторой *организации*. Иными словами, взаимодействие представляет собой не только следствие каких-либо действий, выполняемых агентами в МАС в одно и то же время, но и необходимое условие формирования коллективов и сообществ.

В русле синергетической методологии, взаимодействия первичны, а структуры – вторичны, т.е. именно взаимодействия между агентами являются необходимым условием формирования многоагентных

структур. При этом любая МАС является полиструктурной и представляет собой единство экстенсивных структур, в основном развертывающихся в пространстве, и интенсивных структур, развивающихся во времени [1,17]. При построении структур в виде графов развертыванию экстенсивных структур соответствует добавление новых вершин в исходный граф, а развитию интенсивных структур – добавление новых ребер или дуг.

Взаимодействие агентов определяется следующими условиями: а) совместимость целей или намерений агентов; б) отношение агентов к ресурсам и величины имеющихся у них ресурсов, потребность в дополнительных ресурсах и их совместном использовании; в) наличие у агентов соглашений и взаимных обязательств.

Причиной деятельности (и любой активности) агента является потребность, которая понимается как рассогласование между текущим и желаемым состоянием агента. На этой основе у агента возникает побуждение – любой внутренний источник его деятельности. Побуждения реактивных агентов связаны с некоторой формой удовлетворения базовых потребностей, которые характеризуют стремление к определенному состоянию (гедонистический принцип). *Стремление* – это первичное побуждение, эмоциональное переживание потребности, относящейся к некоторому объекту. Бессознательное стремление выражается в форме *влечения*, а осознанная потребность выступает в форме *мотива* (движущего фактора деятельности). Роль мотива для агента аналогична роли силы в механике. Реализация любого мотива связана с построением *цели* [10,11].

Цель как *модель потребного будущего* определяет действия агентов в настоящем. Иными словами, *цель как опережающее отражение* желаемого результата действия выступает как агенто-образующий фактор. Соответственно, различаются *целеустремленные* агенты, способные формировать собственные цели и стремящиеся к их достижению, и *целенаправленные* агенты, интерпретирующие и выполняющие цели других агентов (обычно агентов метасуровня).

Для достижения цели агенту требуются различные ресурсы, т.е. средства, полезные для достижения цели агента или МАС. Термин «ресурс» дословно означает «восполнение или восстановление источника». Выделяют две главные количественные характеристики ресурса [1]: 1) «объем ресурса» как его меру в пространстве (например, «объем памяти агента»); «объем перерабатываемой им информации»; 2) «действие ресурса» – его меру во времени.

Величина имеющегося у агента ресурса тесно связана с такими характеристиками МАС как тип агента, его роль в МАС и взаимосвязи между ролями. Создание и функционирование МАС предполагает построение семейства процедур распределения, перераспределения и коллективного использования ресурсов отдельных агентов. В ситуации обмена ресурсами следует указать два базовых типа агентов – носители ресурсов и искатели ресурсов.

Поведение агента – это внешняя, наблюдаемая часть его деятельности. Следуя С.Л.Рубинштейну [16], будем рассматривать поступки агентов в качестве «единиц поведения». В отличие от деятельности, направленной на определенный объект, в поведении реализуются связи «агент – агент» или «агент – объект – агент», т.е. поступки, в первую очередь, выражают отношение агента к другим агентам и обществу в целом. Поведение агента в МАС может изменяться под влиянием других агентов, в частности, на основе механизмов заражения и подражания, убеждения и внушения.

С целью определения структур взаимодействий между агентами воспользуемся нашей типологией агентов, построенной по двум критериям [17]: 1) способность формировать собственные цели и выделять ресурсы на их достижение; 2) участие в разработке коллективных целей и выделение ресурсов на их достижение. Соответствующие три типа агентов показаны в таблице.

Таблица. К определению типов агентов

Тип агента	Собственная цель	Коллективная цель	Обозначение вершины
Благонамеренный a_b	+	+	Зеленый цвет
Эгоистичный a_e	+	–	Красный цвет
Альтруистичный a_a	–	+	Синий цвет

Таким образом, все множество агентов разбивается на подмножества благонамеренных, эгоистичных и альтруистичных агентов:

$$A = A_b \cup A_e \cup A_a, \text{ причем } A_b \cap A_e = \emptyset, A_b \cap A_a = \emptyset, A_e \cap A_a = \emptyset.$$

Дадим краткое описание агентов этих типов с позиций ресурсно-целевого подхода [17]: а) *благонамеренный агент* a_b – это агент, имеющий свои цели (интересы) и способный формировать или принимать коллективные цели; он активно участвует в обмене ресурсами и создании МАС, сохраняя при этом часть ресурсов для собственных нужд; б) *эгоистичный агент* a_e стремится к достижению исключительно своих

целей, игнорирует цели и интересы других агентов, т.е. неспособен к формированию общих (коллективных) целей. Он участвует в обмене ресурсами тогда и только тогда, когда этот обмен ему необходим и выгоден; при этом наблюдается скорее не обмен, а перетекание ресурсов от других агентов к a_e ; в) *альтруистичный агент* a_a априори считается неспособным к построению собственных целей и принимает чужую цель как общую. Такой агент всегда участвует в обмене ресурсами, даже если обмен будет неравнозначным, и он от него проиграет.

Наличие собственной цели у агента является определяющим фактором для его самосохранения по ресурсу. Существование общей цели у агентов является необходимым условием для коалиции. Коллективная цель в такой сети будет являться гранулой, выраженной подграфом по целевым связям.

Вышеприведенная типология агентов прямо определяет саму возможность построения МАС. Так, например, многоагентная система не может быть образована из только эгоистичных или только альтруистичных агентов. В первом случае ограничением является неспособность a_e к образованию коллективных целей и равноправному обмену ресурсами, поэтому они не смогут эффективно взаимодействовать. Создание МАС только из альтруистичных агентов также невозможно из-за того, что они не имеют собственных целей (или не могут тратить на них ресурсы) и, как следствие, a_a также не построят коллективную цель.

В процессе обмена количество ресурса агента меняется. Может оказаться такая ситуация, что агент станет обладать маленьким ресурсом и не сможет оказывать существенного влияния на систему. Агент может в сложившейся ситуации поменять свой тип и стать альтруистичным. В противном случае, если агент имеет большой ресурс и оказывает существенное влияние на систему, он меняет свой тип на эгоистичный. Отсюда можно выделить необходимые условия поведения агентов в МАС:

- 1) $Res(a_i(t)) = Res_{\min}$ – условие индивидуального выживания агента;
- 2) $Res(a_i(t)) \leq Res_{\max}$ – условие социального поведения агента.

Если влияние агента на систему разрастается настолько, что его ресурс $Res(a_i(t)) \geq Res_{\max}$, то это приводит к асоциальному поведению данного агента в МАС. Предельным состоянием МАС будет являться ее распад, так как влиятельный агент не сможет участвовать в обмене ресурсами из-за отсутствия участников обмена. Наиболее благоприятной для обмена будет являться система с однородными целеустремленными агентами.

Все изложенное выше в разделах 4 и 5 демонстрирует необходимость введения в РС целевых связей и учета типов агентов для понимания особенностей их взаимодействия.

6. Ресурсно-целевые сети. Ниже вводится вариант модификации формализма ресурсных сетей и определяются цветные ресурсно-целевые сети (ЦРЦС), где вершины задаются двумя параметрами (тип агента и объем ресурса), а дуги – двумя видами проводимости (по целям и по ресурсам). Тип агента полностью характеризует его цели, относящиеся к ресурсам, а входные проводимости могут отличаться от выходных.

Определение 1. *Ресурсно-целевой сетью* (РЦС) [3] называется взвешенный ориентированный мультиграф (гиперграф)

$$G_{RO} = \langle A, C, K, RES, W, t \rangle, \quad (2)$$

где множество вершин есть множество агентов A , а множество дуг C разбито на два непересекающихся подмножества: множество целевых связей C_G и множество ресурсных связей C_{RES} : $C = C_G \cup C_{RES}$, $C_G \cap C_{RES} = \emptyset$, t – множество дискретных моментов времени, $t = 0, 1, 2, \dots, n$. Будем обозначать ресурсные связи сплошными стрелками, а целевые связи – пунктирными.

Каждая вершина ресурсно-целевой сети $a_i \in A$ определяется следующими параметрами – тип агента $k_i \in K$ и объем ресурса $res(a_i) \in RES$, а каждая дуга $c_{ij} \in C$ взвешивается с помощью значения проводимости или пропускной способности $w_{ij} \in W$. У любых двух агентов a_i, a_j выделяются проводимости по целям $w_G(a_i, a_j)$ и проводимости по ресурсам $w_{RES}(a_i, a_j)$. В общем случае обмена целями и ресурсами соответствуют направленные навстречу друг другу стрелки орграфа, причем весовые коэффициенты дуг орграфа (значения входных и выходных проводимостей) могут быть различными.

Определение 2. Цветной ресурсно-целевой сетью называется такая РЦС, в которой вершины разных цветов характеризуют различные типы агентов.

В качестве примеров применения ЦРЦС для описания взаимодействий в МАС и понимания вариантов их развития рассмотрим архетипы взаимодействия (обмена ресурсами) и поведения агентов.

А. Взаимодействие двух благонамеренных агентов a_b . Здесь происходит равноправный обмен информацией целевого характера, в результате которого формируется общая цель, а также осуществляется обмен ресурсами (рис.2). Многоагентная система, состоящая из n подобных агентов, представляется наиболее эффективной для реализации

стратегий децентрализованного искусственного интеллекта, когда формируется структура типа «полный граф» (рис.3).

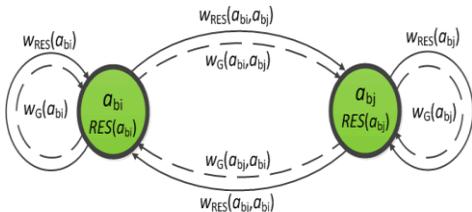


Рис.2. Ресурсно-целевая сеть для описания взаимодействия двух благонамеренных агентов

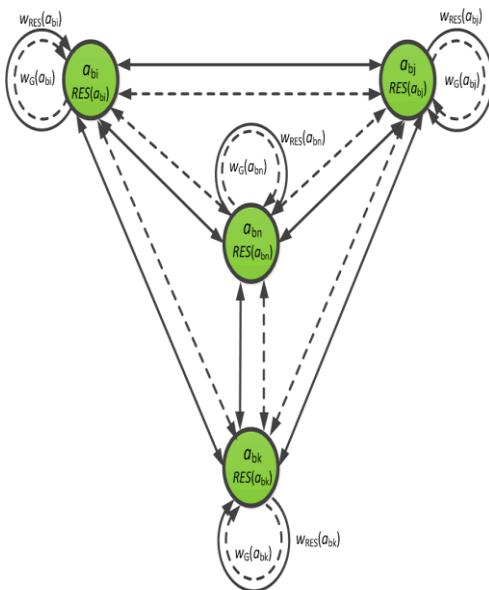


Рис.3. Ресурсно-целевая сеть с координатором

Пусть РЦС состоит из благонамеренных агентов a_b , и для каждой из дуг значения w_G и w_{RES} равны между собой, а $RES_{SUM} \leq W_{RES}$, где W_{RES} – максимальный ресурс, отдаваемый агентами сети за одну-единственную итерацию, $W_{RES} =$

$$= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m w_{RES}(a_i, a_j) \\ = w_{RES}m(m-1).$$

Тогда с течением времени ресурс РЦС распределится между агентами равномерно и $RES(t) = (\frac{RES_{SUM}}{m}, \dots, \frac{RES_{SUM}}{m})$.

В противном случае, если хотя бы у двух агентов ресурсы не будут равны в начальный момент времени, то выравнивание ресурса в сети не произойдет. Теперь перейдем к взаимодействию между двумя агентами различных ти-

Б. *Взаимодействие эгоистичного и альтруистичного агентов.* Эгоистичный агент навязывает альтруистичному агенту свою цель и использует для ее достижения чужие ресурсы (рис.4). Фактически происходит перекачка ресурсов от a_a к a_e , которая может завершиться гибелью a_a , если объем ресурса $res(a_a(t)) < res_{min}$. Исходная структура типа «звезда» из одного эгоистичного и n альтруистичных агентов со временем вырождается в изолированную вершину – «монополиста» ресурсов.

В. *Взаимодействие благонамеренного и эгоистичного агентов.* Такое взаимодействие возможно только в случае принятия агентом a_b цели агента a_e . (рис.5). По сути, возникает иллюзия обмена ресурсами. Эгоистичному агенту нужны ресурсы, но в ответ он старается ничего не отдавать. Благонамеренный агент будет избегать такого взаимодействия и участвовать в нем только в случае крайней необходимости. При этом взаимодействие прекращается, если $res(a_b(t))$ близок к res_{min} (наличие «инстинкта самосохранения» у a_b).

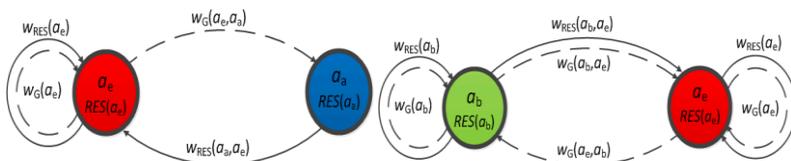


Рис.4. Ресурсно-целевая сеть для взаимодействия эгоистичного и альтруистичного агентов

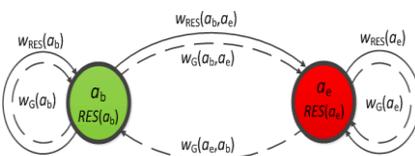


Рис.5. Ресурсно-целевая сеть для взаимодействия эгоистичного и благонамеренного агентов

Г. *Взаимодействие благонамеренного и альтруистичного агентов.* Здесь происходит эффективный обмен ресурсами, причем a_a разделяет цель a_b (рис.6). В силу своей благонамеренности a_b не допускает ситуации истощения ресурсов у a_a . При наличии одного благонамеренного агента a_b и n альтруистичных агентов формируется структура РЦС типа «колесо» или «звезда».

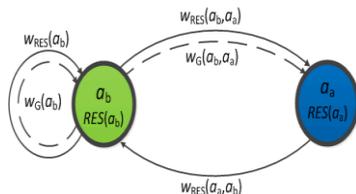


Рис.6. Ресурсно-целевая сеть для взаимодействия благонамеренного и альтруистичного агента

Выше были рассмотрены примеры РЦС с постоянными типами агентов, которые не изменяются в процессе взаимодействия. Однако несомненный интерес представляют ситуации смены типа агента при изменении объема имеющихся ресурсов или целевых установок, например превращение благонамеренного агента a_b в эгоистичного агента a_e , или переход к целеустремленности альтруистичного агента a_a .

Как известно, степень вершины неориентированного графа называется число ребер, инцидентных данной вершине. Для ресурсно-целевой сети следует учитывать как число выходящих из вершины дуг, так и их суммарную пропускную способность. Таким образом, влияние агента a_i в МАС определяется тройкой

$$Ia_i(t) = \langle RESa_i(t), WSa_i(t), m(t) \rangle,$$

где $RESa_i(t)$ – величина ресурса в i -м агенте, $WSa_i(t)$ – суммарное число проводимостей, связанных с i -м агентом, $n(t)$ – количество агентов, с которыми взаимодействует данный агент. Основным критерием влияния агента является отношение к ресурсу. Чем большим ресурсом обладает агент, тем большее влияние он оказывает на других и с тем большим количеством агентов может обмениваться ресурсами.

7. Заключение. В работе введены цветные ресурсно-целевые сети и построены архетипы взаимодействий агентов в МАС. Сопоставление реальных структур взаимодействий с этими архетипами обеспечивает понимание как текущего состояния МАС, так и направления ее развития. Дальнейшие исследования будут связаны с представлением ресурсов РЦС в виде нечетких интервалов, а также с моделированием смешанных типов агентов.

Литература

1. Волков А.М., Микадзе Ю.В., Солнцева Г.В. Деятельность: структура и регуляция. М.: Изд-во МГУ, 1987. 216 с.
2. Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. От амебы до робота: модели поведения. 2-е изд. М.: Изд-во УРСС, 2004. 296 с.
3. Дюндюков В.С., Тарасов В.Б. Многосторонние ресурсно-целевые сети в моделировании взаимодействий между когнитивными агентами// Труды XIV-й Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2014, Казань 24-27 сентября 2014 г.). Т.1. Казань: Изд-во РИЦ «Школа», 2014. С.305-313.
4. Жиликова Л.Ю., Кузнецов О.П. Теория ресурсных сетей. М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. 283 с.
5. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика. М.: Наука, 1991. 192 с.
6. Ивин А.А. Логика оценок и норм. Философские, методологические и прикладные аспекты. М.: Проспект, 2016. 320 с.
7. Карнап Р. О некоторых понятиях прагматики// Значение и необходимость. Исследование по семантике и модальной логике. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007.
8. Кузнецов О.П. Однородные ресурсные сети. I. Полные графы// Автоматика и телемеханика. 2009. № 11. С.136-147.
9. Кузнецов О.П., Жиликова Л.Ю. Двусторонние ресурсные сети – новая потоковая модель // Доклады Академии наук. 2010. Т.433, №5. С.609-612.
10. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. М.: Политиздат, 1975. 304 с.
11. Ломов Б.Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1999. 350 с.
12. Попов Э.В. Общение с ЭВМ на естественном языке. 2-е изд. М.: Изд-во УРСС, 2004. 360 с.

13. *Поспелов Д.А.* Интеллектуальные интерфейсы для ЭВМ новых поколений // Электронная вычислительная техника. Сборник статей. Вып.3. М.: Радио и связь, 1989. С.4-20.
14. *Поспелов Д.А.* Когнитивная графика – окно в новый мир// Программные продукты и системы. 1992. №3. С.4-6.
15. *Поспелов Д.А., Шустер В.А.* Нормативное поведение в мире людей и машин.– Кишинев: Штиинца, 1990. 132 с.
16. *Рубинштейн С.Л.* Основы общей психологии. СПб: Питер, 2007. 720 с.
17. *Тарасов В.Б.* От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. М.: Эдиториал УРСС, 2002. 352 с.
18. *Тарасов В.Б.* Проблема понимания: настоящее и будущее искусственного интеллекта // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы V-й Международной научно-технической конференции (OSTIS-2015, Минск, БГУИР, 19-21 февраля 2015 г.). Минск: Изд-во БГУИР, 2015. С.25-42.
19. *Moore J., Newell A.* How Can MERLIN Understand?// Knowledge and Cognition. Baltimore: Lawrence Erlbaum Associates, 1973.
20. *Simon H.* Artificial Intelligence Systems that Understand// Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence. Boston: MIT, 1977. P.1059-1073.
21. *Winograd T., Flores F.* Understanding Computers and Cognition: a New Foundation for Design. – Norwood: Ablex, 1986.

V.B. Tarassov,

Colored Goal-Resource Networks: Understanding Behavior of Interacting Agents

Abstract. The problem of understanding behavior of interacting agents has been faced. The fundamentals of resource network theory have been discussed in the context of resource exchange in multi-agent system. An original agent's architecture GRPA (Goal – Resources – Perception – Action) has been presented, the analysis of activity deployment and necessary conditions for agents interactions has been performed, and various types of agents have been investigated. It is the reason for modifying ordinary resource networks and introducing goal-resource networks. The concept of colored goal-resource network has been proposed to visualize the interaction of agents of various types. Some examples of using colored goal-resource networks for understanding agent behavior in multi-agent system have been considered.

Keywords: agent, agents communication, behavior, understanding, resources, goal, weighted graph, goal-resource network.

Tarassov Valery B. — PhD, Associate Prof., Vbulbov@yahoo.com; Bauman Moscow State Technical University, Moscow