

Модели, методы и программные средства поддержки взаимодействия интеллектуальных агентов¹

Г. В. Рыбина, С.С. Паронджанов

Аннотация. Представлены результаты теоретического и экспериментального программного моделирования процессов коммуникации (взаимодействия) интеллектуальных агентов в многоагентных системах (МАС). Описывается опыт разработки системы имитационного моделирования взаимодействия интеллектуальных агентов (ИМВИА) на основе предложенной модели взаимодействия, развивающей идеи Э.В.Попова в области обработки естественного языка и моделей общения. Рассматриваются вопросы моделирования глобальной, тематической и локальной структуры диалога интеллектуальных агентов и формирования коммуникативного поведения при использовании предложенной модели взаимодействия. Описывается программная реализация рассмотренных моделей и алгоритмов и примеры их практического применения при разработке прототипов МАС для нескольких приложений.

Введение

В рамках исследований, проводящихся в лаборатории «Интеллектуальные системы и технологии» кафедры Кибернетики МИФИ, целью которых является теоретическое и программное моделирование процессов построения многоагентных систем (МАС), разработанная экспериментальная система имитационного моделирования взаимодействия интеллектуальных агентов (ИМВИА), основное внимание в которой уделяется вопросам моделирования структуры диалога (полидиалога) интеллектуальных агентов [1].

Концептуальные предпосылки для разработки системы ИМВИА связаны с тем, что отдельные агенты, как правило, имеют лишь частичное представление об общей задаче и способны решать только некоторые из ее подзадач, поэтому для крупных задач реальной практической значимости и сложности требуется организация взаимодействия всех агентов, образующих МАС. Однако, именно процессы взаимодействия

(коммуникации) агентов вызывают наибольшие затруднения при реализации МАС, что объясняется наличием неформальных описаний семантики и прагматики языков взаимодействия агентов, обилием разнородных компонентов обработки сообщений, логически несовместимыми сценариями коммуникации и т.д. [2,3].

Несмотря на обилие работ в области МАС, в настоящее время, практически отсутствуют исследования, связанные с построением достаточно универсальных моделей взаимодействия интеллектуальных агентов (ИА), а анализ процессов взаимодействия ИА, как правило, ограничивается только описанием моделей участников взаимодействия (коммуникации) и предложениями по организации подобного взаимодействия. Проанализируем кратко причины подобного явления, рассмотрев некоторые примеры взаимодействия ИА, представленные в наиболее известных работах по МАС.

Как было показано в [1,2], основная проблема заключается в отсутствии семантической унифи-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ РАН (проект № 06-01-00242)

кации используемых терминов и понятий, т.е. наблюдаются серьезные расхождения, связанные с толкованием таких основных компонентов процесса общения (коммуникативного взаимодействия), как структура диалога, язык взаимодействия, модели участников, модели коммуникативных сред и проблемных областей (ПрО) [4]. Наименьшие различия наблюдаются в моделях участников взаимодействия, которые определяются спецификой и особенностями ПрО, для которой предназначена МАС. Множество подобных моделей описывается, в частности, в работах [3,5].

Значительно больше разночтений в толковании понятия *модель диалога (полидиалога)*. Например, в работе [6] модель диалога рассматривается в виде набора простейших протоколов взаимодействия, каждый из которых задается в терминах *состояний и действий*, что позволяет описывать протоколы взаимодействия участников в виде недетерминированного конечного автомата. Главный недостаток подобного подхода – игнорирование зависимости структуры диалога от решаемой задачи (тематическая структура) и текущего контекста диалога (локальная структура) [1,2,4,7].

Примером кардинально другого подхода может служить работа [8], в которой понятие «цель агента» используется без достаточной конкретизации этого понятия, при этом считается, что взаимодействие служит для распределения задач между агентами, однако способы протекания взаимодействия не описываются.

Анализ этих и других известных работ, в частности [9,10] показывает, что для моделирования взаимодействия ИА используется незначительная часть результатов исследований и разработок из богатого опыта построения человеко-машинных интерфейсов и интеллектуальных диалоговых систем.

Влияние ПрО на компоненты модели взаимодействия ИА также рассматривается с различных точек зрения. Например, в данной работе при решении неформализованных задач для описания тематической структуры диалога предлагается использовать *эвристические модели типовых задач*, описанные в работах [11,12]. Для случая формализованной задачи, которая может быть декомпозирована на иерархическую совокупность взаимосвязанных подзадач, тематическую

структуру диалога целесообразно рассматривать с точки зрения *планов* решения задач, и тогда может быть использован целый ряд формализмов – от классического планирования в пространстве состояний [13] до иерархических сетей задач [14].

Другим важным аспектом моделирования взаимодействия ИА является выбор языка общения агентов. В настоящее время выделены две основные группы языков, предлагающих в качестве стандартных языков взаимодействия агентов специализированные языки, такие как KQML [15], KIF [16], COOL [17] и языки общего назначения типа XML [18]. С детальным обзором этих языков можно ознакомиться, в частности, в [3]. Следовательно, при выборе языка взаимодействия ИА пара языков KIF/KQML удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к языку взаимодействия агентов, не увеличивая при этом трудоемкость в реализации соответствующих трансляторов.

Моделирование коммуникативной среды подразумевает моделирование возможностей протекания взаимодействия между парами ИА. В том случае, когда говорится о потенциальной возможности взаимодействия каждого ИА с каждым, данный компонент оказывается вырожденным.

Таким образом, вопросы исследования процессов взаимодействия ИА в МАС являются на сегодня достаточно актуальными и важными, и эта проблема находится в фокусе внимания данной работы.

1. Общая модель взаимодействия интеллектуальных агентов

В качестве методологической и теоретической основы для построения модели взаимодействия ИА была использована модель, предложенная Г.В. Рыбиной [2, 19, 20], основанная на эволюционном осмыслении опыта разработки интеллектуальных диалоговых систем и систем общения с ЭВМ на естественном языке, включая известную модель общения Э.В. Попова [4]. Преимущества подобного подхода уже обсуждались в ряде работ, в том числе в [2,3], поэтому отметим только, что имеется максимальный набор компонентов взаимодействия ИА и большая свобода выбора при моделиро-

вании отдельных компонентов (состав участников взаимодействия, коммуникативная среда, проблемная область, язык взаимодействия, сценарии диалога).

В соответствии с [2], теоретико-множественная модель взаимодействия ИА представляется в виде:

$$MI = \langle SA, SE, SP, DI, L, SRA \rangle,$$

где SA - множество агентов A_i , участвующих во взаимодействии, $SA = \{A_i\}$, $i = 1 \div N$;

SE - множество коммуникативных сред E_k , $SE = \{E_k\}$, $k = 1 \div K$, где происходит взаимодействие. SP - множество проблемных областей PD_s , $SP = \{PD_s\}$, $s = 1 \div S$, причем $PD_s = \langle PR, ST, TRP \rangle$, где PR - предметная область, т.е. множество классов, их экземпляров и связывающих их отношений, т.е. $PR = \langle SK, SOb, SR \rangle$, где SK - множество классов, описывающих некоторую предметную область, SOb - множество экземпляров классов, SR - множество отношений, связывающих элементы множеств SK, SOb; ST - множество решаемых задач, где $ST = \{T_l\}$, $l = 1 \div L$; TRP - отношения соответствия элементов PR решаемым задачам из множества T;

DI - множество сценариев диалога между участниками взаимодействия в MAC, отражающих глобальную, тематическую и локальную структуру диалога, т.е. $DI = \langle DI1, DI2, DI3 \rangle$, где DI1 - глобальная структура диалога, зависящая только от целей участников взаимодействия; DI2 - тематическая структура диалога, зависящая только от задачи T_l , решаемой в процессе взаимодействия; DI3 - локальная структура, т.е. структура шага диалога;

L - язык взаимодействия, причем $L = \langle V, G, S \rangle$, где V - лексический компонент, G - синтаксический компонент, S - семантический компонент;

SRA - множество отношений $\{Ra_{ijk}\}$, где $i, j, k = 1 \div n$ показывающих возможность осуществления процесса взаимодействия между парой участников взаимодействия A_j и A_i в среде E_k , причем SRA определяется как подмножество $SA \times SA \times SE$ (это отношение характеризует протекание данного коммуникативного взаимодействия).

Следует отметить, что в качестве базовой модели ИА используется известная модель К.Цетноровича [23], как наиболее полно описывающая процесс функционирования ИА.

Данная модель была адаптирована с целью отражения модели ИА в качестве участника взаимодействия, а именно:

$$A = \langle M, Q, R, P, Eff, MI, Plan, Aim, Time \rangle,$$

где $M = \{M_i\}$, $i = 1 \div I$ - множество доступных агенту моделей окружения; $Q = \{Q_j\}$, $j = 1 \div J$ - множество целей агента; $R = \{R_k\}$, $k = 1 \div K$ - множество действий, допустимых для агента; $P = \{P_n\}$, $n = 1 \div N$ - множество вариантов декомпозиции задач (библиотека частичных планов); $Eff = \{Eff_z\}$, $z = 1 \div Z$ - множество допустимых воздействий на агента со стороны окружения; MI - модель взаимодействия, в рамках которой агент общается с другими агентами; $R_k = Plan(Q_j, M_i)$ - функция формирования плана действий агента (формирует упорядоченную последовательность действий агента из множества его допустимых действий R_k), исходя из его текущей цели Q_j и модели окружения M_i ; $Q_j = Aim(Eff_z, M_i)$ - механизм целеполагания агента на основе внешних воздействий (Активизация той или иной цели Q_j интеллектуального агента происходит в результате логического вывода, при этом в качестве рабочей памяти и базы знаний используется модель окружения агента M_i . Применяется прямой вывод, который запускается каждый раз, когда происходит допустимое воздействие на агент со стороны окружения Eff_z (изменение параметров модели окружения M_i у данного агента); $t = Time(M_i, R_k)$ - функция расчета продолжительности выполнения действия агентом в зависимости от состояния окружения (первоначально считаем, что длительность всех действий агента не зависит от текущего состояния окружения).

Что касается $SP = \{P_s\}$, связанного с описанием ПрО, то в общем случае агенты могут обсуждать очень широкий спектр задач, однако в данной работе в понятие ПрО включено соответствующее понятие предметной области (т.е. множество классов и их экземпляров) плюс совокупность из пяти типовых задач (диагностика, проектирование, планирование, управление, обучение), рассматриваемых в рамках задачно-ориентированной методологии построения интегрированных экспертных систем, предложенной Г.В. Рыбиной в середине 90-х годов [11,12]. Для этих задач разработаны эвристические мо-

дели решения (МРТЗ) и методы их реализации, что и было использовано в данной работе для построения компонента D1, причём важно отметить две следующих особенности:

- МРТЗ, фактически, описывают *управляющие знания* о стратегиях (схемах, способах) решения конкретных классов задач, решающихся сходным образом (компонент ST);

- средствами реализации каждой МРТЗ являются соответствующие сценарии диалога, описывающие *тематическую структуру* диалога, определяющую декомпозицию исходной задачи на подзадачи, способы обработки информации на каждом этапе и т.д. (компонент DI2).

Поскольку в фокусе особого внимания находится моделирование структуры диалога (полидиалога) ИА, то рассмотрим эти вопросы более детально.

2. Структура диалога (полидиалога) интеллектуальных агентов

Глобальная структура диалога (DI1) – макроструктура, зависящая только от целей участников взаимодействия, а цели участников взаимодействия определяются архитектурой конкретной МАС в зависимости от конкретной ПрО. Модель глобальной структуры DI1 можно представить в виде:

$DI1 = \langle Goal, Tasks, Pars, QuanPars \rangle$,
 где Goal – идентификатор цели, процесс достижения которой описывает данный фрагмент глобальной структуры диалога; $Tasks = (Task_1, \dots, Task_n)$ – последовательность идентификаторов решаемых задач (для достижения цели требуется решить указанные задачи в указанной последовательности); $Pars = \{Par_i\}$ – список имен параметров; $QuantPars = \{QuantPar_k\}$ – параметры цели, связанные квантором всеобщности (для достижения цели требуется решить все задачи, в которых данный параметр принимает значение).

Тематическая структура диалога (DI2) зависит только от задачи, решаемой в процессе взаимодействия. Для задания тематической структуры диалога необходимо определить структуру задачи, решаемой в процессе общения, т.е. разбить исходную задачу на упорядоченное множество подзадач.

Локальная структура диалога (шаг диалога) используется для представления последовательностей единичных коммуникативных действий на локальном уровне, т.е. действий и реакций агентов-партнеров на каждом шаге взаимодействия. Для этих целей в данной работе применяются хорошо известные формализмы раскрашенных сетей Петри [21] и расширенных сетей переходов Вудса [22].

Модель локальной структуры можно представить следующим образом:

$DI3 = \langle L, C, P, T, I, O, M \rangle$,
 где L – язык взаимодействия; $C = \{C_k\}$ – множество типов высказываний на языке L (цветов); $P = \{P_j\}$ – конечное множество состояний диалога (позиций); $T = \{T_i\}$ – конечное множество переходов, с каждым из которых может быть связано некоторое условное выражение, использующее язык взаимодействия L; $I : T \rightarrow \{Del_k\}$ – каждый переход отображается во множество точек удаления цветов при осуществлении этого перехода. Каждая из точек удаления характеризуется позицией, из которой должен быть удален цвет и собственно цветом; $O : T \rightarrow \{Add_k\}$ – каждый переход отображается во множество точек добавления цветов при осуществлении этого перехода, а каждая из точек добавления характеризуется позицией, в которую должен быть добавлен цвет и собственно цветом; $M : P \rightarrow \{\langle S_0, Mark_0 \rangle\}$ – начальная маркировка позиций.

Прокомментируем описанные выше компоненты более подробно. Каждая позиция может быть охарактеризована с помощью трех параметров: коммуникативное состояние ИА, выполняющего данный шаг диалога (оно может быть либо выполнением действия, либо ожиданием реакции, либо состоянием завершения диалога), раскраска позиции (определяется, как множество элементов из множества C, причем эти элементы могут входить в раскраску позиции несколько раз), множество действий, которые ИА должен выполнить при выполнении данного шага диалога.

Каждый переход помимо начальной и конечной позиций характеризуется еще и условием перехода, которое описывает раскраску начальной позиции, при которой переход возможен. Состав множества цветов существенно зависит от используемого языка взаимо-

действия (количества типов сообщений). Каждый переход отображается во множество точек удаления и добавления цветов при осуществлении этого перехода, а каждая из точек удаления (или добавления) характеризуется позицией, из которой должен быть удален (добавлен) цвет и собственно цветом.

Следует отметить, что для взаимодействия агентов, моделируемого в рамках системы ИМВИА, выбраны языки KIF и KQML, причем главными аргументами в выборе этих языков послужили лежащая в основе языка KQML теория речевых актов, и наличие большого числа описаний ПрО на основе языка KIF.

3. Построение последовательности коммуникативных действий интеллектуальных агентов

Рассмотрим кратко, как на основе предложенной модели взаимодействия можно определить последовательность выполнения коммуникативных действий ИА. Смысл приведенного ниже алгоритма заключается в следующем: по раскрашенной сети Петри [21] можно сформировать соответствующие ей базу правил и рабочую память решателя. Детально правила преобразования описаны ниже. Целевые утверждения формируются на основе информации о заключительных состояниях в модели локальной структуры диалога. Последовательность действий ИА строится путем анализа трассы вывода, определения пройденных позиций сети Петри и включения в итоговую последовательность тех действий, которые описаны в списке действий для данной позиции. Более детально алгоритм выглядит следующим образом:

Шаг 1. Построение рабочей памяти решателя. Каждой позиции сети Петри соответствует ровно один объект из рабочей памяти решателя. Список атрибутов у всех объектов, соответствующих позициям, одинаков. Каждый атрибут соответствует одному из цветов (типов KQML-сообщений). Служебный атрибут показывает активность позиции. Тип каждого атрибута – целое число. Значение атрибута определяется, как число вхождений соответствующего цвета в раскраску соответствующей позиции.

Шаг 2. Построение базы знаний. Каждому переходу сети Петри ставится в соответствие правило, в предусловие которого включается информация о возможности осуществления перехода, а в список действий – действия по удалению или добавлению цвета в соответствующую позицию, что представляется уменьшением или увеличением значения атрибута, соответствующего данному цвету. Заключительным позициям сети Петри соответствуют правила, определяющие окончание процесса вывода. Для позиций, коммуникативное состояние которых – ожидание реакции, создается набор правил, по одному для каждого атрибута, которые увеличивают значения этого атрибута на 1, что соответствует приходу сообщения данного типа. Специальными средствами достигается возможность одновременного срабатывания только одного правила из числа правил, соответствующих одной позиции.

Шаг 3. Ожидание результатов вывода. Здесь происходит срабатывание продукционных правил, причем используется обратный вывод (от цели к начальным данным). Основная задача данного этапа – построить последовательность срабатывания правил, которая приводит к целевому состоянию.

Шаг 4. Формирование последовательности коммуникативных действий. На основе построенной последовательности срабатывания продукционных правил по каждому правилу, которое соответствовало переходу раскрашенной сети Петри, можно однозначно восстановить выполненный переход. Имея список сработавших переходов, строится последовательность прохода позиций раскрашенной сети Петри, используя следующую информацию – соседние переходы в последовательности сработавших переходов являются *инцидентными* одной позиции. Первой позицией в последовательности прохода позиций включается начальная вершина первого перехода из последовательности переходов (i -ая позиция в последовательности позиций – это та позиция, которой инцидентны i -ый и $(i+1)$ -ый переход из последовательности переходов).

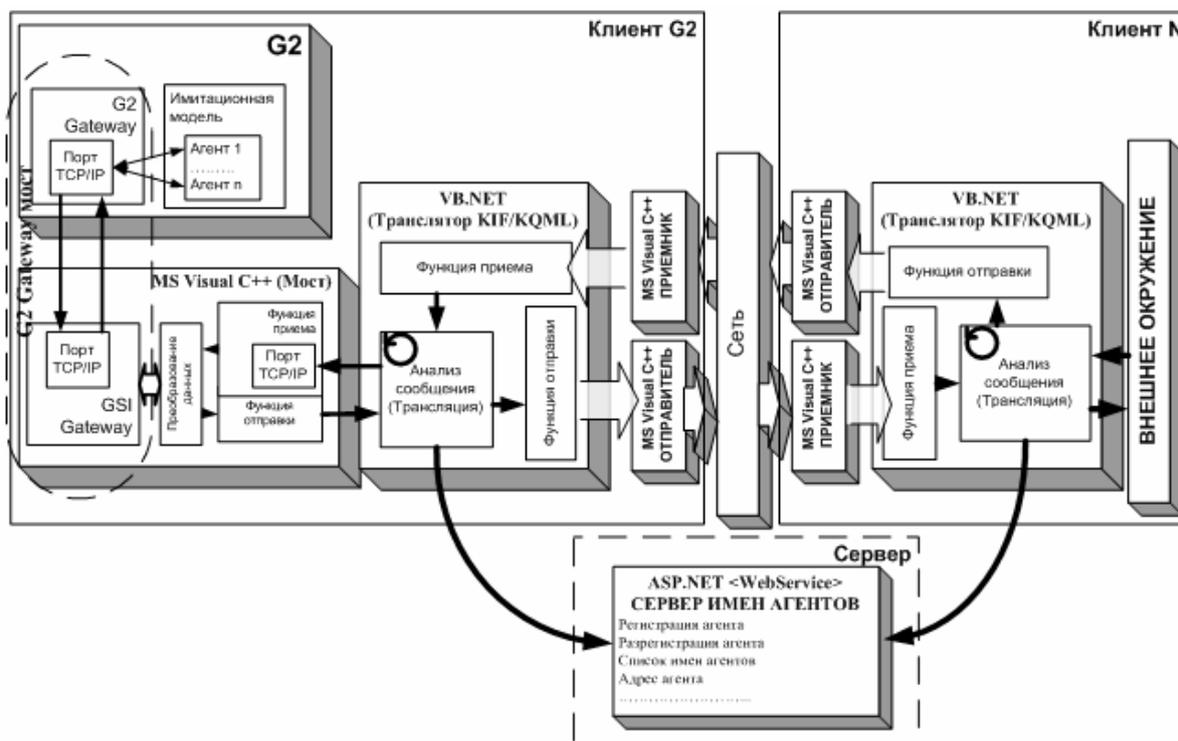
Шаг 5. Выполнение последовательности коммуникативных действий. Для каждой позиции, коммуникативное состояние которой

либо выполнение действия, либо заключительное, вызываются процедуры ИА, соответствующие его элементарным действиям в том порядке, в каком они описаны в списке действий данной позиции. Для каждой позиции, коммуникативным состоянием которой является ожидание реакции, происходит вызов процедуры ИА, ответственной за ожидание сообщения от других агентов. Если первая позиция в последовательности просмотра шагов локальной структуры диалога имеет коммуникативное состояние ожидания реакции, то не должно вызываться никаких процедур агента, в том числе и ожидания приема сообщений.

4. Особенности программной реализации подсистемы доставки и обработки сообщений

Программная реализация рассмотренных выше моделей и алгоритмов выполнялась средствами системы G2 (Gensym Corp.) и Microsoft Visual Studio в рамках системы ИМВИА.

Архитектура разработанной подсистемы доставки и обработки сообщений системы ИМВИА представлена на рисунке. Прокомментируем назначение и функциональные особенности базовых компонентов. «Транслятор языков KIF/KQML» предназначен для разбора сообщений, выявления адресов отправителя и получателя, передачу разобранных сообщений на отправку, прием и разбор сообщения от приемника и его передачу соответствующему ИА, функционирующему на данном компьютере. «Мост» – специальный программный компонент, предназначенный для интеграции имитационных моделей участников взаимодействия, функционирующих в среде G2, с трансляторами языков взаимодействия ИА (KIF/KQML). «Отправитель» определяет адрес ИА, которому предназначены сообщения путем взаимодействия с сервером имен агентов и, собственно, пересылает сообщения адресату. «Сервер имен агентов» является специальным реактивным агентом, обеспечивающим регистрацию и раз-
регистацию ИА, хранение списка имен аген-



Архитектура подсистемы доставки и обработки сообщений

тов, адресов агентов, предоставление сервисных услуг, связанных с именами агентов.

Заключение

Модель взаимодействия ИА, методы и алгоритмы, описанные в данной работе, были экспериментально апробированы с помощью системы имитационного моделирования ИМВИА, разработанной средствами G2 (Gensym Corp.). На базе ресурсов, предоставленных системой ИМВИА, и в рамках соответствующих сценариев имитационных экспериментов было осуществлено моделирование компонентов архитектуры ИА, глобальной, тематической и локальной структуры диалога (полидиалога) ИА, языков взаимодействия KIF/QQML и XML/QQML и механизма доставки сообщений.

Прикладное исследование разработанной модели и её компонентов проводилось при разработке прототипов МАС для следующих проблемных областей: контроль состояния химически опасных объектов г. Москвы [24], управление инвестиционными проектами [25], оперативный биллинг, управление средствами и силами объектовой охраны, разрешение ресурсных конфликтов [26] и др. Перечисленные прототипы МАС включали агентов различного типа и уровня сложности, при этом исследовалась организация корректного взаимодействия между ними при распределении решаемых подзадач, а также случаи кооперации и конфликтов между агентами.

Следует отметить, что по сравнению с традиционными протоколами коммуникации, модели которых представляются чаще всего в виде недетерминированного конечного автомата [6,9,10], реализация разработанной модели взаимодействия ИА позволила: перейти на новый уровень кооперации ИА и механизмов последовательного принятия решений за счёт учёта специфики конкретных классов задач; расширить когнитивные и исполнительские возможности ИА, путём предоставления им эффективного доступа к знаниям партнёров по диалогу; обеспечить условия для распределения и/или перераспределения задач и координации действий по их решению; оперативно преодолевать конфликтные ситуации, управлять общими ресурсами, синхронизировать действия ИА и т.д.

Например, при разработке прототипа МАС для инвестиционного планирования [25], это позволило впервые решить целый ряд достаточно сложных проблем, которые ранее не могли быть решены без привлечения пользователя, в частности: несогласованность проектов (за счёт диалога ИА, связанного с задержками редактирования и согласования, а также выяснения причин отклонённых инвестиционных проектов и последующей автоматической корректировке свойств проекта); проблема выбора/замены ответственных редакторов и согласующих по проектам (использование знаний других ИА о зонах ответственности сотрудников); проблема автоматического расчёта стоимости проекта (за счёт использования знаний о схожих проектах, причинах задержки согласования, а так же анализе успешно согласованных или отклонённых инвестиционных проектов); проблема ввода технического решения и сроков исполнения проекта, и др.

Литература

1. Рыбина Г.В., Берзин В.Ю., Паронджанов С.С. Имитационное моделирование процессов взаимодействия интеллектуальных агентов //VIII национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием. Труды конференции. – М.: Физматлит, 2002. Т. 2. С.692 - 701.
2. Рыбина Г.В. Основы теории и технологии построения интеллектуальных диалоговых систем. Курс лекций. – М.: МИФИ, 2005. –132с.
3. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352с.
4. Дракин В.И., Попов Э.В., Преображенский А.Б., Общение конечных пользователей с системами обработки данных. – М.: Радио и Связь, 1988. – 288с.
5. Wooldridge M., Jennings N. Intelligent Agents: Theory and Practice // The Knowledge Engineering Review. 1995. 10 (2). 1995. P. 115-152.
6. Muller J.P. A Cooperation Model for Autonomous Agents // Proc. of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages (ATAL96). – Budapest, Hungary, 1996, P. 135-147.
7. Рыбина Г.В., Естественно-языковая система для автоматизации расчетных работ в САПР и АСУ ТП // Прикладные и экспериментальные лингвистические процессоры. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1982. С.60 - 75.
8. d'Inverno M., Luck M., and Wooldridge M. Cooperation Structures //Proc. of the Fifteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-97). – Nagoya, Japan, 1997. P.600-605.

9. Barbuceanu M. and Fox M. S. Conflict Management with a Credibility/Deniability Model // Proceedings of AAAI-94 Workshop on Models of Conflict Management for Cooperative Problem Solving. – AAAI Technical Report, 1994.
10. Wooldridge M. and Haddadi A. Making it up as they go along: A theory of reactive cooperation // Agents and Multi-Agent Systems - Formalisms, Methodologies, and Applications / Ed. by W. Wobcke, M. Pagnucco, and C. Zhang. – Springer-Verlag, June 1998.
11. Рыбина Г.В. Автоматизированное построение баз знаний для интегрированных экспертных систем // Известия РАН. Теория и системы управления. 1998, №5. С.152-166
12. Рыбина Г.В. Задачно-ориентированная методология автоматизированного построения интегрированных экспертных систем для статических проблемных областей // Известия РАН. Теория и системы управления. 1997, №5. С.129-137
13. Fikes, R. E. and Nilsson, N. J., STRIPS: a new approach to the, application of theorem proving to problem solving // Artificial Intelligence. 1971. 2 (3-4):189-208.
14. Kutluhan Erol, James Hendler, and Dana S. Nau. HTN planning: Complexity and expressivity // Proceedings of the 12th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-94).
15. Labrou Y., Finin T., 1997. A proposal for a new KQML specification // TR CS-97-03. 1997, February 3.
16. Michael R. Genesereth, Richard E. Fikes. Knowledge Interchange Format, Version 3.0 // Reference Manual. – Computer Science Department Stanford University, 1992.
17. Barbuceanu M. and Fox M. S. Capturing and modeling coordination knowledge for multi-agent systems //Journal on Intelligent and Cooperative Information Systems, July 1996.
18. Питц-Моултис Н., Кирк Ч., XML, – С.-Петербург, 2000
19. Рыбина Г.В., Петухов Д.М. Модель взаимодействия интеллектуальных агентов // Труды Международной конференции "Знания-Диалог-Решение". Т2. – СПб:Изд-во «Лань», 2001. С. 548-553.
20. Rybina G., Petukhov D., Intelligent Agents Interaction Model // Proceedings of the Second International Workshop of Central and Eastern Europe on Multi-Agent Systems. (CEEMAS'01, Krakow, Poland, 26-29 September 2001). Edited by B.Dunin-Keplics, E. Nawarecki. – Poland, Krakow: LEYKO, 2001. P.371-376.
21. Дж.Питерсон. Теория сетей Петри и моделирование систем: . – М.: Мир, 1984. - 264 с.
22. Woods W.A. Transition Network Grammars for Natural Language Analysis // Communications of the Association for Computing Machinery, 1976, P. 591 – 606.
23. Cetnarovicz K., Nawarecki E., Zabinska M., M-agent Architecture and its application to the agent oriented technology of decentralized system//Proceedings of the international workshop “Distributed Artificial Intelligence and Multi-Agent Systems” (DIAMAS’97). –St.Peterburg, 1997.
24. Паронджанов С.С. Перспективы применения многоагентных систем для решения задач контроля состояния химически опасных объектов города Москвы // Научная сессия МИФИ-2008 Сб. научных трудов. В 15 томах, Т.10. – М.:МИФИ, 2008. С.205-206.
25. Рыбина Г.В., Паронджанов С.С. Берзин В.Ю. Использование многоагентного подхода при построении систем инвестиционного планирования // Научная сессия МИФИ-2007. Сб. научных трудов. В 17 томах. Т3. – М.: МИФИ, 2007. С. 138-139.
26. Берзин В.Ю. Паронджанов С.С. Применение интеллектуальных агентов для решения ресурсных конфликтов. // Научная сессия МИФИ – 2005. Сб. научных трудов. Т.3. – М.: МИФИ, 2005. С. 202-203.

Рыбина Галина Валентиновна. Профессор кафедры кибернетики Московского инженерно-физического института (государственного университета) (МИФИ). Окончила в 1971 году МИФИ. Доктор технических наук, профессор. Лауреат премии Президента РФ в области образования. Около 400 печатных работ. Области интересов – интеллектуальные системы и технологии, статические, динамические и интегрированные экспертные системы, интеллектуальные диалоговые системы, многоагентные системы, инструментальные средства.

Паронджанов Сергей Сергеевич. Ассистент кафедры кибернетики Московского инженерно-физического института (государственного университета) (МИФИ). Окончил в 2002 году МИФИ. Около 20 печатных работ. Области интересов – агентно-ориентированные технологии, имитационное моделирование, многоагентные системы, инструментальные средства.