

В.В. Гимаров, И.В. Иванова, С.М. Дли
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АГЕНТОВ
ДЛЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ МОДЕЛИ РЫНКА
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСЛУГ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №12-01-00266-а

Обоснована роль маркетинговых исследований для информационного обеспечения принимаемых решений, а также проанализирована актуальность использования методов мультиагентного моделирования для исследования сложных, открытых систем. Предложена общая формализованная модель и структура мультиагентной системы поддержки принятия решений по управлению телекоммуникационным предприятием, рассмотрены вопросы организации взаимодействия агентов на базе онтологической модели с использованием коммуникационных протоколов, представленных с помощью цветных сетей Петри.

Ключевые слова: маркетинговые исследования; мультиагентное моделирование; структура мультиагентной модели; коммуникация агентов; онтологическое исследование предметной области; цветные сети Петри.

We show the role of marketing research in informational support of the decision-making process and analyze the relevance of applying the methods of multi-agent simulation to study complex open systems. We offer a general formalized model and a structure of multi-agent decision support system to manage a telecommunications company. Issues concerning the organization of agents' interaction based on the ontological model using communication protocols submitted by coloured Petri nets are looked at.

Keywords: marketing research; multi-agent modeling; structure of multi-agent model; interaction of agents; ontological research of domain; coloured Petri nets.

В условиях современной экономики, характеризующейся высокой динамикой и неопределенностью рыночных процессов, колебаниями на мировых финансовых рынках, изменением покупательской способности потребителей, анализ и исследования маркетинговых процессов служат основой для принятия высокоэффективных управленческих решений.

Маркетинговые исследования осуществляются с целью оценки текущих показателей рыночной конъюнктуры и прогнозирования их динамики. Получение достоверной информации дает возможность снизить финансовый и сбытовой риск за счет оценки состояния потребителей и основных факторов внешней среды. В результате проведения маркетинговых исследований предприятие накапливает информацию о величине спроса, покупательской способности потребителей, ценах и ёмкости различных рынков, что позволяет определять потребности в новых

или модернизированных изделиях, а также направления эффективного вложения денежных средств и организации сбыта и продвижения продукции.

Исследование и анализ рынка как открытой социально-экономической системы, объединяющей большое количество взаимодействующих элементов, требует обработки огромных массивов статистических данных и информационной поддержки прогнозирования маркетинговых ситуаций с целью выбора стратегий и принятия решений по их реализации на основе формализованных знаний.

В то же время известные на сегодня методы, которые основаны на использовании аналитических выражений и теории игр, описывают состояния элементов статистически, без учета динамики их поведения и взаимовлияния. Динамика поведения системы в условиях неопределенности, риска, нечеткой или неполной информации в большинстве случаев непред-

сказуема. В связи с этим для принятия эффективных управленческих решений целесообразно использовать агентно-ориентированный подход к описанию и моделированию взаимодействия элементов системы, которые изменяют свойства и поведение в зависимости от состояния окружающей среды. Основная особенность данных моделей состоит в том, что они учитывают индивидуальные характеристики и целевые функции всех рыночных субъектов на каждом этапе взаимодействия, а не обобщенные показатели их состояния.

Модели агентов, описывающие субъективные характеристики их поведения, составляют мультиагентную модель сложной системы, отражающую динамику отношений агентов с учетом возможности определения и прогнозирования состояния всей системы.

В общем случае мультиагентная модель может быть представлена кортежем следующего вида:

$$MS = \langle A, E, D, G_i, G_o \rangle$$

Остановимся на каждом представленном элементе более подробно:

1. A – множество агентов системы $A = \{A_{\text{центр_управ}}, A_{\text{филиал}}\}$;
2. E – множество агентов внешней среды $E = \{E_{\text{конкур_р}}, E_{\text{конкур_н}}, E_{\text{потреб}}, E_{\text{органы_управлен}}\}$;
3. D – множество коммуникативных актов взаимодействия между агентами, которые формируют протокол коммуникации $D = \{D_1, D_2, D_3, D_4\}$; D_1 – множество коммуникативных актов, имитирующих передачу информации; D_2 – множество

актов, имитирующих управление одних агентов другими; D_3 – множество актов, имитирующих поиск потенциальных поставщиков услуг; D_4 – множество актов, имитирующих запрос на подключение к предприятию-поставщику;

4. $G_i = \{G_1, G_2, \dots\}$ – цели агентов системы; G_1 – максимизация прибыли от продаж в регионе; G_2 – минимизация расходов на формирование инфраструктуры в регионе;

5. $G_o = \{G_o^1, G_o^2, \dots\}$ – цели агентов внешней среды; G_o^1 – максимизация прибыли от продаж, G_o^2 – минимизация расходов на формирование инфраструктуры в регионе.

Одной из основополагающих проблем в построении мультиагентных систем является организация взаимодействия агентов. Как правило, процесс коммуникации в мультиагентных системах основан на теории переговоров, которые представляют собой прагматичные теории языка. Они отображают, как люди используют язык для достижения определенных целей.

Существуют два главных подхода к вопросу разработки языка коммуникации агентов [2]:

1) *Процедурный*. В нем коммуникации базируются на выполняемом содержимом, которое представляет собой исполняемый код на каком-либо языке программирования, например *Java*.

2) *Декларативный*. В нем коммуникации базируются на утверждениях, таких как определения, допущения и подобные. Большая часть реализаций декларативно-

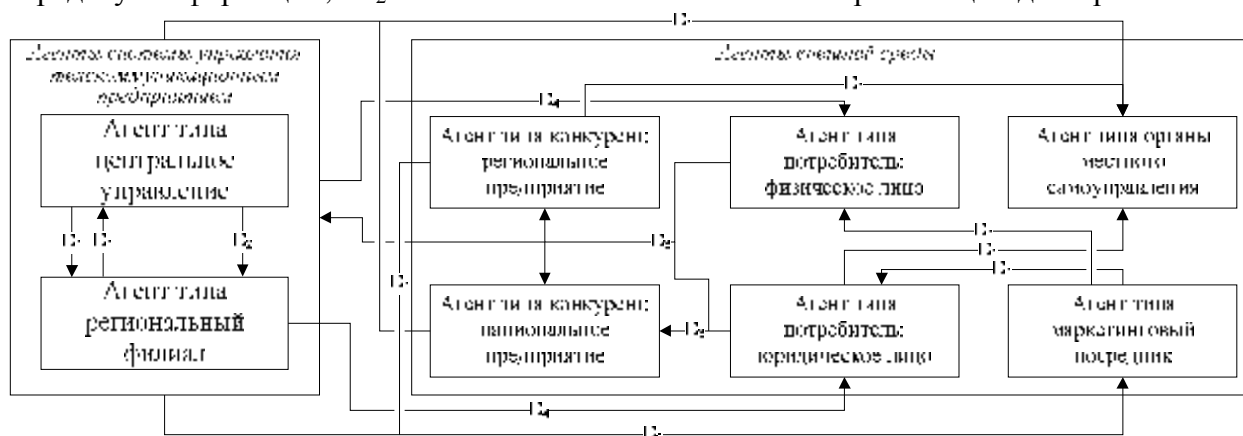


Рис. 1. Общая структура мультиагентной модели управления телекоммуникационным предприятием

го подхода опирается на действия, такие как отправка сообщений.

При наличии ограничений на использование процедурных подходов, декларативные языки являются более предпочтительными для организации взаимодействия агентов. Одними из наиболее популярных декларативных языков являются *KQML* со своими диалектами и *FIPA ACL*.

Для организации общения между агентами необходимо иметь согласованный набор терминов. Их формальная спецификация называется онтологией. Практическая роль онтологий заключается в определении совокупности понятий, в терминах которых будет осуществляться процесс проектирования. На рис. 2 представлена диаграмма онтологии предметной области взаимодействия агентов на рынке телекоммуникационных услуг в нотации *IDEF5*.

Главными пользователями онтологий являются естественные и искусственные когнитивные агенты, а основной целью построения онтологии является обеспечение взаимопонимания и совместной работы таких агентов. Здесь онтология используется и как метод представления информации, и как способ интеграции различных моделей знаний и управления знаниями в сети, и как формальный инструмент семантического анализа предметной области, и как средство поддержки коммуникации между агентами, в частности, реализации диалога между человеком и искусственным агентом. Как видно из рис. 2, телекоммуникационное предприятие осуществляет поиск новых рынков сбыта, разрабатывает стратегии для проникновения на них.

При этом предприятие для привлечения или переманивания новых клиентов

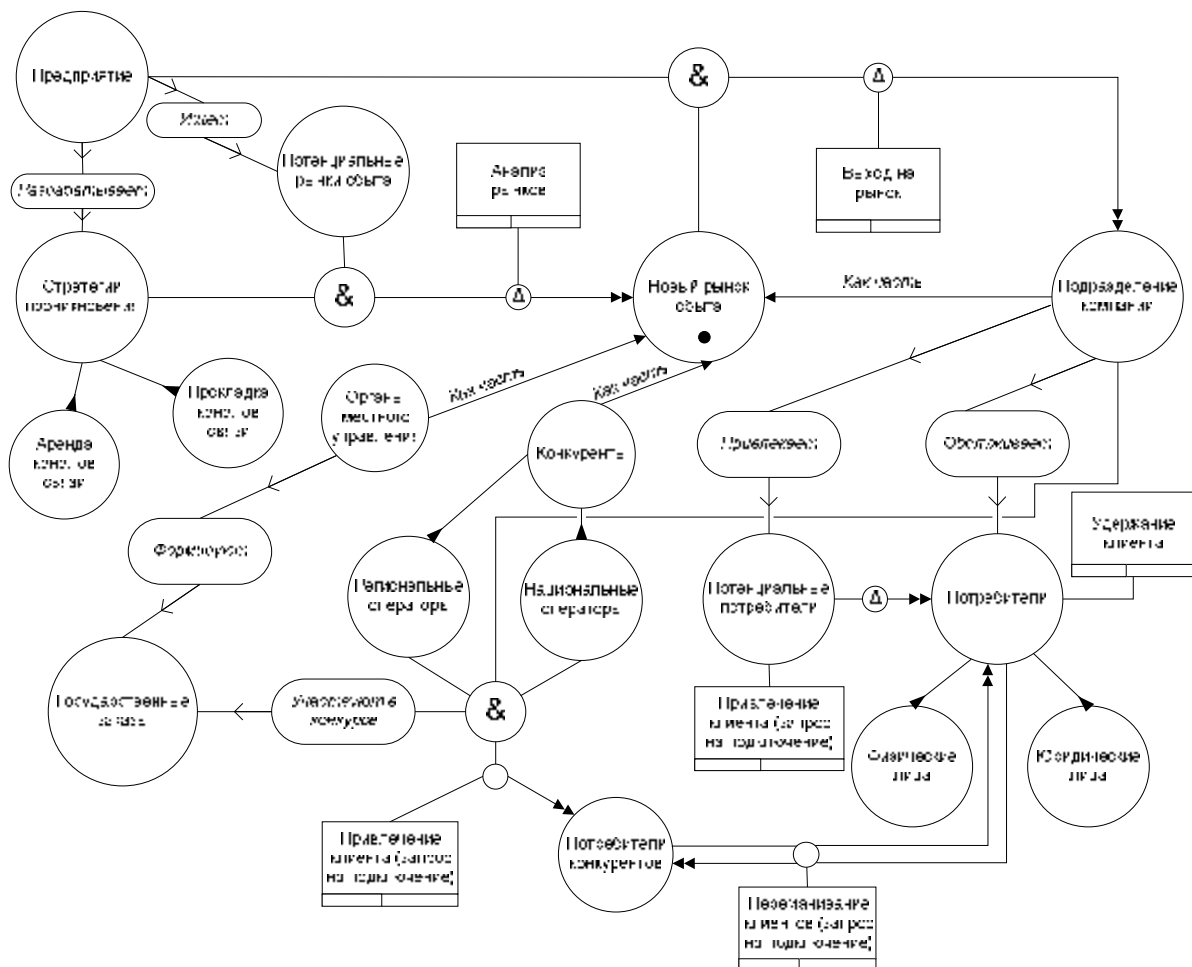


Рис. 2. Диаграмма онтологии предметной области взаимодействия агентов на рынке телекоммуникационных услуг в нотации *IDEF5*

посылает запрос на подключение. Для моделирования данного запроса как обособленного коммуникативного акта использован аппарат цветных сетей Петри. Данная модель представлена на рис. 3. Для облегчения моделирования и исследования пространства состояний был использован специализированный пакет для моделирования цветных сетей Петри – *CPN Tools*.

В соответствии с моделью, представленной на рис. 3, коммуникативный акт «запрос» представляется следующим образом. Агент получает запрос и анализирует принятое сообщение на понимание. Если сообщение понято, то агентом оцениваются собственные возможности для выполнения запроса. В случае, когда реализация запроса невозможна, агент посы-

лает отправителю отказ. В противном случае запрос выполняется, отправителю посылается либо результат исполнения, либо подтверждение выполнения, либо сообщение о сбое в процессе реализации.

Таким образом, для реализации на практике взаимодействия между агентами мультиагентной системы необходимо построить аналогичным образом модели всех коммуникативных актов в нотации цветных сетей Петри в соответствии с онтологической моделью предметной области. Это значительно упростит их дальнейшую программную реализацию и позволит проанализировать всевозможные коммуникационные операции, возникающие в процессе функционирования агентов.

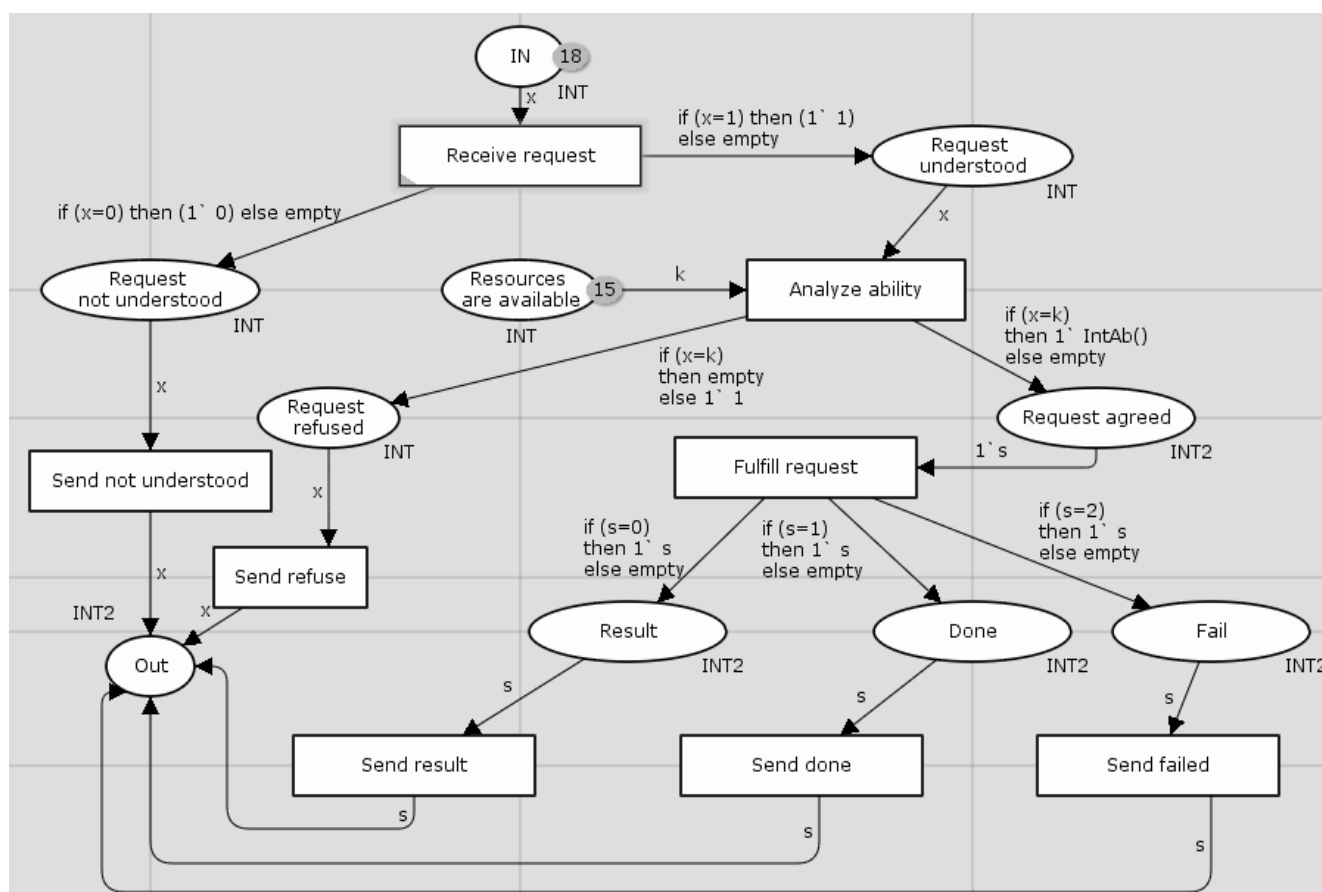


Рис. 3. Протокол взаимодействия «запрос» в нотации раскрашенных сетей Петри

ЛИТЕРАТУРА

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984. 264 с.

2. Gmytrasiewicz P.J., Durfee E.H. Rational communication in multi-agent systems // Autonomous Agents and Multi-Agent Systems Journal. 2001. № 4(3). P. 233–272.