

---

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ СЕТИ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ СРЕДЫ BPSIM****К.А. Аксенов, А.Л. Неволлина, О.П. Аксенова (Екатеринбург)****Введение**

Основой планирования перевозок являются расписания и графики перевозок, составленные на основе систематизации заключенных договоров, поданных заявок, изучения грузопотоков. Расписания и графики должны обеспечить: 1) удовлетворение потребностей наибольшего числа заказчиков перевозок; 2) минимизацию затрат времени на перевозку; 3) регулярность перевозок; 4) максимизацию объема продаж нефтепродуктов сети АЗС; 5) эффективность использования транспортных средств; 6) взаимосвязь с графиками и расписаниями других видов транспортных средств (например, железнодорожный транспорт); 7) минимизацию порожних пробегов транспортных средств. Одним из прикладных направлений мультиагентных технологий является планирование. Понятие агент соответствует аппаратно или программно реализованной сущности, которая способна действовать в интересах достижения целей, поставленных перед ней владельцем и/или пользователем, и которая обладает определенными интеллектуальными способностями [1-2].

В [1] обсуждается пример применения мультиагентной системы (МАС) для планирования работы гибкой производственной системы. К преимуществам обсуждаемой МАС планирования отнесены следующие: 1) формализация точек принятия решений (сценариев обработки отдельных ситуаций) в виде агентов, что по сути своей относится к этапу формализации знаний; 2) планировщик «встраивается» динамично (работает в реальном времени) посредством взаимодействий (переговоров) между отдельными элементами МАС и тем самым готов изменять план в случае задержек или неожиданных (внештатных) ситуаций; 3) сеть агентов, связанная отношениями самостоятельно координирует свои действия.

Дополнительное преимущество от мультиагентного планирования – возможность автоматического информирования участников процесса об изменениях на объекте управления, что дает прозрачность управления. В процессе разработки и внедрения МАС планирования происходит формализация знаний о предметной области и автоматизируется процесс принятия решений, тем самым облегчается деятельность, связанная с принятием решений.

К наиболее значительным практическим результатам применения МАС можно отнести развитие и применение на практике аппарата сетей потребностей и возможностей (ПВ-сетей) [3]. Данный подход придерживается «классического» понимания мультиагентной системы и ориентирован на решение задач в вычислительных сетях.

Аппарат ПВ-сетей, разработанный В.А.Витихом, П.О.Скобелевым Г.А.Ржевским, программно реализован в виде технологии MAGENTA, которая нашла применение в семействе прикладных интеллектуальных систем планирования для следующих объектов [3]: предприятия, управляющего океанским танкерным флотом; транспортного предприятия, занимающегося перевозками грузов; организации, деятельность которой связана с управлением проектами.

Мультиагентный подход также нашел свое развитие в имитационном моделировании (ИМ). Так система ИМ AnyLogic поддерживает моделирование реактивных агентов [4]. Для формализации поведения агентов в AnyLogic используются диаграммы состояний (State Chart) расширения UML-RT. В [5] показана возможность реализации мультиагентной системы с использованием динамической экспертной системы G2, которая в своем составе содержит подсистему ИМ ReThink.

В контексте ИМ происходит трансформация понятия агента в направлении уменьшения значимости свойств коммуникации (на уровне сетевых протоколов) и возможности

перемещения по сети в сторону интеллектуальности (учет большего объема данных и знаний, сложности реализации машины логического вывода – как это развивается в системах G2 и VPsim) и социальности (моделирования социального поведения, внутренних убеждений, намерений и целей агентов).

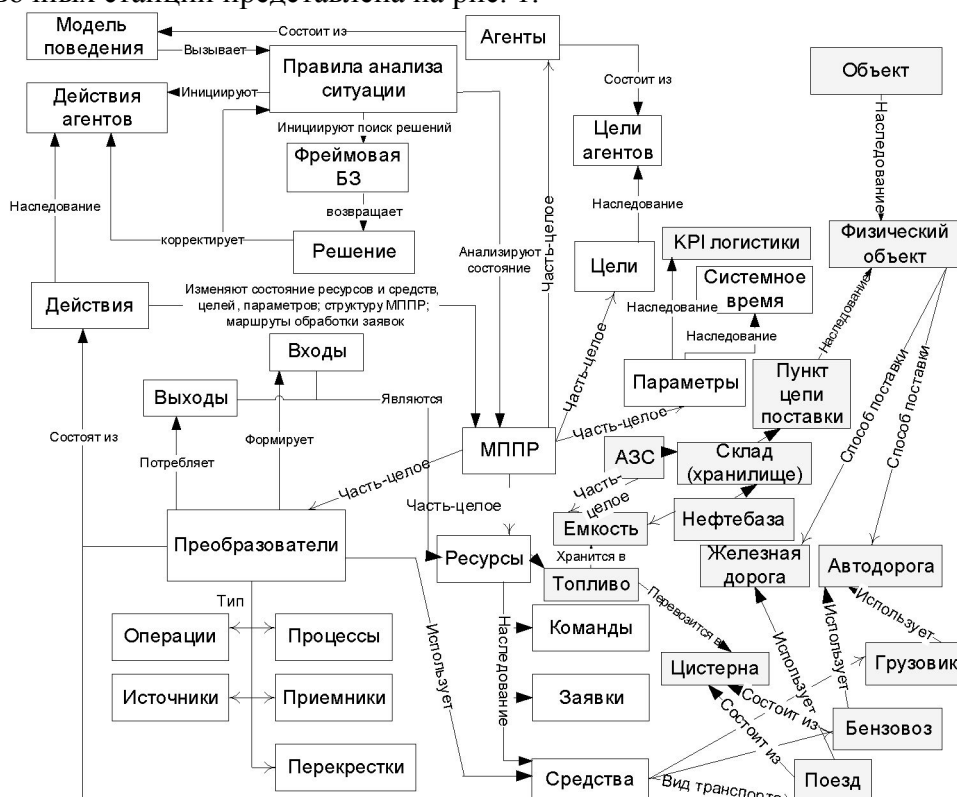
### Применение онтологий в системах имитационного моделирования

Необходимо отметить активное применение в СППР элементов экспертных систем (баз знаний (БЗ) и машин логического вывода (МЛВ)) и онтологий. При решении задачи перехода от концептуальной модели к ИМ могут быть использованы онтологии или модели представления знаний.

В ПВ-сетях [3] онтология используется для формализации точек принятия решений распределенной сети объекта управления (логистической цепи). Так, для задачи грузоперевозок выделяют следующих агентов: грузовик, техосмотр, заказ, автозаправочная станция, водитель.

Мультиагентная модель процесса преобразования ресурсов (МППР) [6] используется для решения задач моделирования и принятия решений в области производственных, логистических, организационно-технических и бизнес-систем. В контексте МППР агентам соответствуют элементы системы управления или модели лиц, принимающих решения (ЛПР). МППР реализована в результате интеграции имитационного, ситуационного, экспертного и мультиагентного моделирования. Средство VPsim является программной реализацией МППР [6-9].

Семантическая модель МППР [9] расширена элементами онтологии проектов логистики, представленной в [10], и адаптирована под специфику задачи снабжения сети автозаправочных станций. Интегрированная онтология МППР и топливной логистики сети автозаправочных станций представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Интегрированная онтология МППР и топливной логистики сети автозаправочных станций**

### Анализ подходов

В [3] П.О. Скобелев относит технологию MAGENTA к первому поколению мультиагентных платформ и освещает результаты разработки мультиагентной платформы второго поколения. К особенностям платформы второго поколения относится управление «флотилией мобильных ресурсов, имеющих GPS / ГЛОНАСС датчики на борту», а также то, что часть платформы развернуто у водителя на мобильном устройстве. Преимущества МАС второго поколения в [11] иллюстрируются на примере задачи управления грузовиками для Европейской транспортной сети и утверждается, что нет систем-аналогов способных «консолидировать грузы, адаптировать маршруты, планировать поездки и назначать грузовики на основе потока событий, таких как поступление нового заказа или изменение доступности ресурсов». Концептуальный подход к проектированию аналогичной МАС транспортной логистики изложен в [12].

К одному из требований к мультиагентной платформе планирования относится поддержка полного цикла управления, состоящего из следующих этапов [3]:

- 1) **реакция на событие.** В реальном времени поступают события (заказы, задержки, поломки и т.д.), которые нужно планировать, учитывать текущие планы, индивидуальные предпочтения и ограничения ресурсов и заказов;
- 2) **динамическое планирование** (перепланирование / диспетчеризация);
- 3) **согласование и пересмотр планов «на лету»** (изменения вносятся в планы ресурсов без останова и перезапуска программной системы, путем корректировки расписания «на лету»;
- 4) **мониторинг и контроль исполнения планов.**

Успешность внедрения систем планирования связана с фактором «доверия» пользователя (диспетчера), на плечах которого лежит ответственная задача планирования и управления грузоперевозками. Доверие пользователя можно обеспечить возможностью вмешаться в работу системы и внести корректирующие воздействия. Задача планирования является сложной, часть событий, ситуаций или параметров задачи могут быть не учтены в процессе разработки системы планирования. Таким образом, к дополнительным требованиям можно отнести следующие:

- 1) **согласование планов в ходе диалога с пользователем;**
- 2) **ручная корректировка плана, включая ручное планирование.**

При проектировании систем планирования цепей поставок важно вести контроль сроков выполнения поставок и выполнения отдельных заказов, диагностировать узкие места, возникающие в транспортной сети и логистических центрах, т.е., необходимы средства анализа и моделирования систем логистики, основанные на аппарате систем массового обслуживания. Рассмотрим следующие подходы и модели мультиагентного планирования: 1) МППР [6-9]; 2) ПВ-сети [3, 11-12]; 3) модель активных и пассивных преобразователей (АПП) Б.И. Клебанова и И.М. Москалева [13]. Результаты анализа рассмотренных подходов приведены в табл. 1. Требования, представленные в табл. 2 можно разбить на 3 следующие группы: формализация знаний о логистической системе, анализ и имитационное моделирование логистики, поддержка полного цикла управления.

В целом можно отметить, что подходы отличаются следующим:

1. **В подходах используется разное распределение и представление знаний.** В ПВ-сети каждый агент владеет только своими знаниями и для решения общей задачи планирования и управления необходима функция коммуникации агентов, тем самым ПВ-сеть представляет систему децентрализованного управления. В силу того что в МППР и АПП знания обо всем объекте управления находятся в общей БЗ, МППР представляет в большей степени систему централизованного управления, информация в которую поступает из распределенных источников информации (датчиков остатков топлива, системы мониторинга транспортных средств и корпоративной системы логистического предприятия).

Таблица 1

## Сравнение подходов

Характеристики	МПП Р	ПВ- сеть	АП П
1. Различные типы ресурсов, заявки, очереди заявок, конфликты на ресурсах	+	+	+
2. Учет времени, операция дискретная	+	+	+
3. Коммуникации агентов	+	+	НЕТ
4. Использование гео-данных	+	+	НЕТ
5. Планирование маршрута	+	+	НЕТ
6. Распределение заказов	+	+	+
7. Разработка онтологий	+	+	+
8. Настройка МЛВ (блок эвристик)	+	+	НЕТ
9. Вычислительные сети	НЕТ	+	НЕТ
10. ИМ	+	НЕТ	+
13. Дискретно-событийный подход	+	+	+
14. Полный цикл управления			
- Реакция на внешнее событие	+	+	НЕТ
- Планирование	+	+	+
- Диспетчеризация	+	+	+
- Пересмотр планов «на лету»	+	+	НЕТ
- Ручная корректировка плана	+	+	НЕТ
- Интерфейс диспетчера	+	+	НЕТ

2. Подходы отличаются технической реализацией: последние применения ПВ-сети ориентированы на распределенные вычисления и сети, программная реализация моделей МППР и АПП являются локальными СИМ.

#### Применение системы VPsim для задачи планирования развоза топлива

Региональная топливная компания имеет 30 собственных автозаправочных станций. Снабжение этих станций обеспечивают 12 бензовозов.

Перед началом планирования специалист по логистике задает основные параметры задачи. Они включают дату плана, время начала смены работы бензовозов, стратегию развоза по каждому виду топлива. Входными данными задачи являются остатки топлива на АЗС и состояние парка бензовозов. После завершения работы алгоритма планирования пользователь может скорректировать план. В дальнейшем план экспортируется в модуль имитационного моделирования (рис. 2) и корректируется по результатам имитационного эксперимента. В имитационной модели по каждой емкости АЗС отслеживаются остатки и динамика потребления топлива.

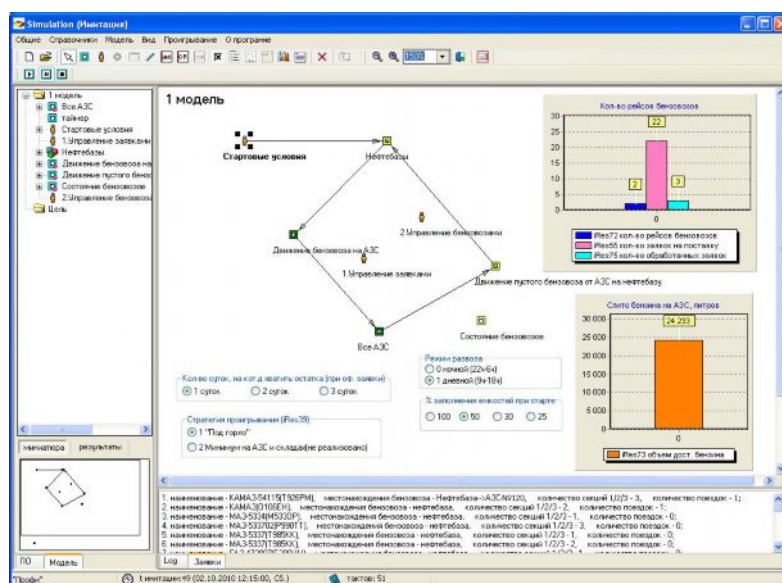


Рис. 2. Верхний уровень модели

### Выводы

Мультиагентное планирование является результатом гибридизации распределенных вычислений, дискретно-событийного моделирования и экспертных систем. Исследованные в работе два подхода мультиагентного планирования достаточно хорошо ориентированы на решение задач логистики. К достоинствам подхода ПВ-сетей можно отметить масштабную апробацию на логистических объектах.

### Литература

1. Jennings N.R. On agent-based software engineering // Artificial Intelligence. – 2000. – V. 117. – P. 277–296. URL: <http://www.agentfactory.com/~rem/day4/Papers/AOSE-Jennings.pdf>
2. Wooldridge M. Agent-based software engineering // IEEE Proc. Software Engineering. – 1997. – № 144 (1). – P. 26–37.
3. Скобелев П.О. Мультиагентные технологии для управления ресурсами в реальном времени // Механика, управление и информатика (Таруса, 2–4 марта 2011 г.). – Таруса, 2011; URL: [http://www.iki.rssi.ru/seminar/2011030204/presentation/20110303\\_03.pdf](http://www.iki.rssi.ru/seminar/2011030204/presentation/20110303_03.pdf)
4. Борщев А.В. Применение имитационного моделирования в России // 3-я Всерос. конф ИММОД 2007, С.-Петербург, 2007. – С. 11–16. URL: <http://www.anylogic.ru/upload/iblock/981/98110c406433a4ed72833480ad775068.pdf>
5. Рыбина Г.В., Паронджанов С.С. Моделирование процессов взаимодействия интеллектуальных агентов в многоагентных системах [Текст] / Г.В. Рыбина, С.С. Паронджанов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2008. – № 3. – С. 3–15. [http://www.aidt.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=145](http://www.aidt.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=145)
6. K. Aksyonov, E. Bykov, L. Dorosinskiy, E. Smoliy and O. Aksyonova (2011). Decision Support based on Multi-Agent Simulation Algorithms with Resource Conversion Processes Apparatus Application, Multi-Agent Systems – Modeling, Interactions, Simulations and Case Studies, Faisal Alkhateeb, Eslam Al Maghayreh and Iyad Abu Doush (Ed.), ISBN: 978-953-307-176-3, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/decision-support-based-on-multi-agent-simulation-algorithms-with-resource-conversion-processes-appar> pp.301–326.
7. Aksyonov K.A., Bykov E.A., Skvortsov A.A., Aksyonova O.P., Smoliy E.F. Intelligent system for scheduling transportation within gas stations network . Proceedings of the 2012 Winter

---

Simulation Conference (WSC 2012). Berlin, Germany. 2012. Available at: <http://informs-sim.org/wsc12papers/includes/files/pos194.pdf>.

8. **Akseyonov K.A., Bykov E.A., Smoliy E.F., Khrenov A.A.** Industrial Enterprises Business Processes Simulation with BPsim.MAS. Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference (WSC 2008). Miami, USA, 2008, pp. 1669–1677.

9. **Аксенов К.А.** Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография/ Germany, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 341 с.

10. **Kowalski M., Zelewski S., Bergenrodt D., Klupfel H.** Application of new techniques of artificial intelligence in logistics: an ontology-driven case-based reasoning approach // Proceedings of ESM'2012 (ESM – European Simulation and Modelling Conference) October 22-24, 2012, FOM University of Applied Sciences. – Essen, Germany. – P.323–328.

11. **Rzevski G., Himoff J., Skobelev P.** MAGENTA Technology: A Family of Multi-Agent Intelligent Schedulers. International conference on multi-agent systems. Proceedings of Workshop on Software Agents in Information Systems and Industrial Applications 2 (SAISIA). Fraunhofer IPTB, Germany, 2006. URL: <http://rzevski.net/06%20i-Scheduler%20Family.pdf>.

12. **Vittikh V. A., Skobelev P. O.** Multiagent Interaction Models for Constructing the Needs-and-Means Networks in Open Systems. Automation and Remote Control. Vol. 64, 2003, pp. 162–169.

13. **Москалев И.М.** Система анализа и оптимизации процессов преобразования ресурсов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / И.М. Москалев. – Екатеринбург, 2006, 170 с.