



## УПРАВЛЕНИЕ В МНОГОАКТОРНЫХ И МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СРЕДАХ

---

С.В. Иноземцев

### КОНЦЕПЦИЯ AGILE LOGISTICS ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ

(Magenta Technology, London, UK)

В настоящее время тематика научных и прикладных исследований в области мультиагентных технологий, сетцентрических систем и алгоритмов распределенного принятия решений переживает пик своей популярности. В этом направлении работают как известные ученые, получающие перспективные научные результаты [1 – 4], так и инженеры, использующие мультиагентные концепции в той или иной степени в своих программных разработках.

Научно-производственная компания «Маджента Девелопмент» (международное название «Magenta Technology») – системный интегратор интеллектуальных систем и разработчик индивидуальных решений по планированию распределенных ресурсов в транспортной логистике, на производстве, в медицине и в сети Интернет. Наша компания имеет достаточно серьезный опыт разработки интеллектуальных программных систем в транспортной логистике. Начав с небольших проектов, в которых участвовали, в основном, ученые, занимавшиеся теоретическими исследованиями в области искусственного интеллекта, и студенты, к настоящему времени компания выросла в серьезный производственный центр, поддерживающий все стадии ведения программных проектов и разработки продуктов, и насчитывает более 100 разработчиков, среди которых большую часть составляют опытные профессионалы.

По результатам достаточно серьезного исследования возможностей мультиагентных технологий в сфере транспортной логистики [5], был сформирован новый подход, позволяющий эффективно применять мультиагентные технологии для управления транспортными ресурсами. В отличие от известных теоретических исследований в области мультиагентных технологий, этот подход ориентирован, прежде всего, на конкретные задачи логистик, формируемые современным бизнесом, что позволяет широко применять его на практике. В основе данного подхода лежит концепция Magenta Agile Logistics, описанная в данной статье.

Основные современные вызовы, с которыми сталкивается бизнес, являются следствием двух причин: увеличивающейся неопределенностью внешней среды и возрастающей сложностью управляемых систем.

**Во-первых**, рассмотрим особенности планирования в условиях неопределенности. На наших глазах происходит переосмысление роли, и осознание эф-



факта от *событий* источником которых является неопределенность внешней среды. Появление данных событий практически невозможно предугадать заранее. Так же невозможно заранее получить универсальный план, который будет содержать программу действий для всех возможных событий. В своей книге [6] Николас Талеб доказывает, что критичными для бизнеса, как с точки зрения опасности, так и с точки зрения возможностей являются *неожиданные, уникальные* события.

Внешнее окружение логистической компании крайне сложное. Источником неопределенности могут служить как поставщики, которые не могут больше прогнозировать объемы заказов, так и звенья логистической цепи, участвующие в доставке. Большинство компаний понимает проблему, но видит единственный выход в увеличении резервных мощностей, которые можно задействовать в случае возникновения непредвиденных событий. Как следствие у перевозчиков увеличивается флот ресурсов, простаивающих на базе, понижается утилизация флота, увеличивается штат сотрудников.

Magenta Agile Logistics представляет собой набор практик, реализованных в программных решениях от Magenta Technology, которые позволяют бизнесу оперативно реагировать на внешние изменения и получать преимущества от работы в сложном внешнем окружении. Реализация данных практик направлена на изменения в процессе планирования без увеличения ресурсных мощностей. Процесс обработки заказа включает последовательное прохождение нескольких стадий или этапов (см. таблицу 1): Order entering (ввод заказа в систему), Order planning (планирование заказа), Schedule commit (согласование расписания) и Schedule execution (исполнение расписания).

Фундаментальным отличием Agile Logistics от традиционного подхода к планированию является следующее. При традиционном подходе единый, заранее определенный формализованный процесс определяет действия и возможности, которые имеются при планировании каждого заказа. В основе Agile Logistics процесс планирования, который пронизывает все стадии обработки заказа. Это позволяет принимать решения, опираясь не на predetermined правила, а на основе текущей ситуации и конкретного заказа.

Таблица 1

Этап	Задача	Решение в рамках Agile Logistics
Order entering	При поступлении нового заказа решение о том, принимать или нет данный заказ, диктуется соглашением между перевозчиком и клиентом о перевозимых объемах	<b>Early planning</b> При получении нового заказа запускается фаза предварительного планирования, что позволяет принимать решение о принятии или отказе. Это решение принимается исходя из текущего состояния транспортной сети и того, как перевозка заказа скажется на KPI транспортной сети



Этап	Задача	Решение в рамках Agile Logistics
Orders planning	После приема всех заказов запускается планирование расписания. Так как планирование производится на весь горизонт, процесс занимает существенное время, задерживающее приемку заказов	<b>Continuous planning</b> Планирование каждого заказа запускается сразу после того, как оператор подтвердил заказ, и он попал в систему. За счет этого сокращается время составления расписания и появляется возможность планирования запаздывающих заказов
Schedule commit	Расписание утверждается целиком только после завершения планирования, что затрудняет частичные изменения расписания	<b>Execution planning</b> Возможность индивидуального подтверждения каждой поездки, что позволяет повысить утилизацию (загрузку) флота за счет увеличения количества поездок
Schedule execution	Исполнение расписания связано с постоянно возникающими расхождениями в ответ на непредвиденные событияЮ такие как поломки и задержки	<b>Backhauls planning &amp; Event management</b> Планирование кругорейсов (Backhauls) направлено на сохранение структурных особенностей расписания при локальных изменениях при обработке событий

**Во-вторых,** рассмотрим особенности планирования сложных транспортных сетей. Типичная доставка в крупной транспортной сети выглядит следующим образом:

- забор заказа у поставщика и доставка в региональный склад;
- транкинг, перевозка заказа между региональными складами;
- доставка заказа из регионального склада в магазин.

Планирование подобной транспортной сети крайне сложная задача, так как планирование доставки любого груза требует составления связанных расписаний для каждого участка транспортной сети. Как показывает практика практически невозможно обучить единую команду планировщиков, которая в ручном режиме или при помощи имеющихся информационных систем построит расписание для всей транспортной сети от начала и до конца.

В результате для решения подобных задач идут на упрощение, транспортная сеть делится на несколько относительно независимых участков, за планирование каждого отвечает отдельная команда планировщиков. На практике наиболее часто выделяются primary и secondary transportation networks, за планирование которых отвечают две команды планировщиков.

Результатом такого «искусственного» деления является высокая стоимость исполнения расписания:



- решения на каждом этапе принимаются исходя только из локальных KPI. Это приводит к тому, что страдает общая утилизация флота;
- независимое планирование доставки груза на каждом участке транспортной сети возможно только при достаточном временном запасе между временем забора и временем доставки. Это существенно ограничивает уровень CSL;
- отсутствие единого центра планирования ограничивает оперативность принятия решений, что приводит к увеличению флота используемых ресурсов.

Решением данной проблемы является разработанный в рамках концепции Magenta Agile Logistics модуль планирования, который позволяет автоматически планировать primary и secondary networks как единую, связанную транспортную сеть. В основе логики такого планирования лежит подход, изложенный в теории ограничений Голдратта [7] и мультиагентная архитектура. При этом реализуется следующий алгоритм:

- определяется узкое место, задающее общую пропускную способность транспортной сети;
- запускается алгоритм планирования транспортной сети, позволяющий получить наибольшую пропускную способность узкого места;
- запускается мультиагентный алгоритм улучшения расписания, обеспечивающий составление связанных расписаний.

Концепция Magenta Agile Logistics легла в основу программной платформы для обеспечения согласованного взаимодействия всех участников процесса перевозок: логистов, диспетчеров, экспедиторов и заказчиков. Результаты внедрения этой платформы на практике показали, что она позволяет существенно повысить производительность и эффективность работы транспортной сети (на 15 – 20%), сократить транспортные расходы за счет автоматического планирования кругорейсов и снизить загрузку сотрудников компании до 75%.

### Литература

1. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации. Известия РАН. Теория и системы управления, 2012, № 2. – с. 92 – 120
2. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. II. Приложения и технология разработки. Известия РАН. Теория и системы управления, 2012, № 3. – с. 55 – 75
3. Каляев И.А., Мельник Э.В. Реконфигурируемые информационно-управляющие системы // Материалы пленарного заседания 5 Российской мультиконференции по проблемам управления. – СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 2012. – с. 36 – 37
4. Новиков Д.А. Иерархические модели управления // Материалы пленарного заседания 5 Российской мультиконференции по проблемам управления. – СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 2012. – с. 19 – 20
5. New Magenta Papers // Сборник научных трудов, Выпуск № 1. Труды международного семинара по интеллектуальному планированию. Под ред. А.В.



Иващенко. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. – 68 с., ил.

6. Талёб Н. Н. Чёрный лебедь. Под знаком непредсказуемости. – Москва: КоЛибри, 2009. – 528 с.

7. Детмер У. Теория ограничений Голдратта. Системный подход к непрерывному совершенствованию / Пер. У. Саламатовой, М.: Альбина Паблшер, 2010. – 448 с.