

УДК 658:681.3.001.57

**ЛОГИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ИМИТАЦИОННЫХ
МОДЕЛЕЙ**

ЗАХОДЯКИН Г.В., МЕШАЛКИН В.П.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

Введение

Современные условия рыночной конкуренции ставят перед промышленными предприятиями задачи реорганизации принципов управления хозяйственной деятельностью. Все больше предприятий применяет для оценки эффективности своей деятельности инновационные показатели, к которым относятся: объем товарно-материальных запасов, гибкость производства, качество продукции, показатели надежности и безопасности производства и воздействия производства на окружающую природную среду, оперативность выполнения заказов потребителей, длительность производственного цикла, а также ресурсоемкость продукции. Предприятия сталкиваются с задачей согласования спроса и предложения на множестве рынков, что часто требует выпуска продукции на заказ и во все более сжатые сроки. В этих условиях ведущие компании уже давно пришли к выводу, что ключом к успешному ведению предпринимательства и повышению экономической эффективности хозяйственной деятельности является логистическое управление цепью поставок продукции на основе анализа процессов и среды предпринимательства, а также применения методов прогнозирования.

Для снижения издержек и принятия управленческих решений предприятия традиционно учитывали только собственные ресурсы, ограничения и стратегии. Сегодня такой подход становится недостаточным. В соответствии с положениями общей теории систем (А. Чандлер, П. Лоуренс, Дж. Лорш) организация должна рассматриваться в единстве ее составных частей, которые неразрывно связаны с внешним миром. Поэтому при принятии решений по управлению предприятием необходимо дополнительно учитывать взаимодействие предприятия с поставщиками и потребителями. Также необходимо переработать существующие предпринимательские стратегии с целью задействования в процессах принятия решений информации о процессах в логистической цепи предприятия. Управление взаимосвязями в цепи поставок, или логистической цепи (ЛЦ), с целью достижения логистической синергии внутренних и межфирменных процессов предпринимательства называется логистической координацией, или управлением логистической цепью. Логистика активно начала развиваться как наука и инструмент предпринимательства с начала 1950-х годов на западе, прежде всего в США. В значительной степени внимание, уделяемое сегодня большинством компаний управлению ЛЦ, обусловлено успешным примером крупных западных

корпораций, сумевших сэкономить миллиарды долларов на снижении логистических и складских издержек за счет эффективного управления своими ЛЦ.

Концепция логистической цепи

Логистическая цепь, или цепь поставок — это сетевая структура, состоящая из поставщиков, производственных предприятий, складов, центров распределения и предприятий розничной торговли, с помощью которой сырье и материалы приобретаются, перерабатываются и доставляются покупателю. Для принятия управленческих решений в ЛЦ необходимо выявить ее элементы (звенья ЛЦ), а также существующие материальные, финансовые и информационные потоки. Для этого на начальном этапе анализа ЛЦ необходимо разработать и исследовать модель ЛЦ с целью ее изучения и выявления критических участков (т.н. «узких мест»). В конечном счете, для выявленных критических элементов ЛЦ должны быть разработаны стратегии управления, которые обеспечат повышение эффективности всей ЛЦ. В этом состоит задача оптимизации ЛЦ.

Элементы ЛЦ подразделяются на два класса: объекты ЛЦ (звенья ЛЦ) и потоки. Звенья ЛЦ включают производственные предприятия, поставщиков логистических услуг, биржи и системы электронных торгов, а также все внутренние подразделения перечисленных организаций, которые задействованы в процессах предпринимательства. В сущности, эти объекты являются операторами ЛЦ (т.е. осуществляют действия над другими объектами). Протекающие через звенья ЛЦ потоки трех видов — материальные, финансовые и информационные — являются операндами (т.е. объектами действия). Эти понятия обладают тремя характерными свойствами:

1) *Динамичность*. ЛЦ — это гибкие структуры. Организации, образующие ЛЦ, не берут на себя обязательств в течение определенного времени участвовать в ЛЦ. Они могут свободно присоединяться к ЛЦ и покидать ее, руководствуясь только своими экономическими интересами. Это видоизменяет структуру ЛЦ и протекающие в ней потоки. Информация о процессах предпринимательства в ЛЦ и ее окружении — например, цены, данные о потребительском спросе, применяемые технологии — также непрерывно изменяется.

2) *Распределенность*. Звенья ЛЦ территориально распределены. Системы планирования и ведения операций, используемые объектом ЛЦ, также могут быть территориально распределенными, — например, на каждом из складов производственного предприятия может поддерживаться отдельная база данных о состоянии запасов.

3) *Несопоставимость*. Звенья ЛЦ используют для планирования и управления предпринимательством информационные системы с различной архитектурой. Информационные потоки в различных звеньях ЛЦ также отличаются по форме представления. Например, для контроля перемещения партии химической продукции могут применяться электронная почта,

телефонная и факсимильная связь, либо размещаемые в сети Internet отчеты с доступом в реальном времени.

Динамичность, распределенность и разнородность информации в ЛЦ приводит к возникновению трудностей при принятии эффективных решений по управлению в ЛЦ. Другая проблема заключается в том, что на современном предприятии центры принятия решений распределены между различными подразделениями. Принятие решений основывается обычно на собственных интересах подразделения и в большинстве случаев не учитывает взаимозависимости различных факторов, влияющих на общую экономическую эффективность предприятия. Такие решения не позволяют добиться максимальной эффективности деятельности отдельного звена и ЛЦ в целом, а разрешение возникающих конфликтов требует вмешательства руководства высшего уровня. Принятие управленческих решений на предприятиях химической промышленности и нефтепереработки требует рассмотрения ряда дополнительных факторов.

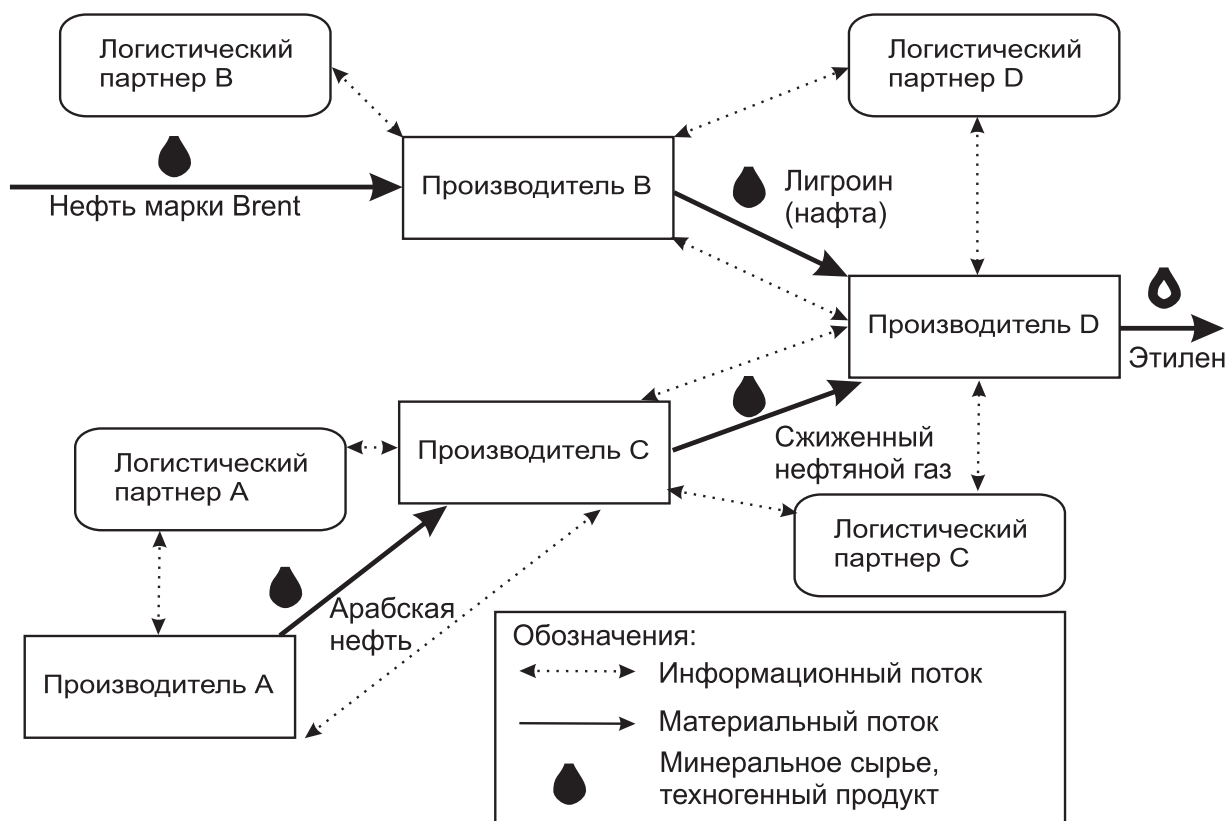
Нефтеперерабатывающие предприятия как объекты логистики

Предприятия химической промышленности и нефтепереработки являются объектами логистики специального класса и требуют комплексной оптимизации операций разработки, производства, продажи и использования химической продукции, оптимального управления запасами сырья, полупродуктов и ТЭР, предотвращения образования в технологических процессах производства источников оказывающих вредное воздействие на окружающую среду отходов и выбросов, обеспечения надежности и безопасности химико-технологических процессов с целью предотвращения аварий и снижения уровня химического риска. Управление химическим предприятием требует применения принципов ресурсосбережения на всех стадиях производства и переработки [1].

ЛЦ предприятий химической и нефтеперерабатывающей промышленности, как правило, имеют большую длину, а структура производственных связей предприятий является стационарной и негибкой: покупателями химических предприятий также являются химические предприятия (рис. 1). Поэтому готовые решения по организации и управлению ЛЦ, используемые другими отраслями, неприменимы в химической отрасли, нефтепереработке и нефтехимии непосредственно.

Обзор работ в области разработки систем поддержки принятия решений для оптимального управления промышленными предприятиями

В отечественной и зарубежной литературе описано большое число систем поддержки принятия решений (СППР) для оптимизации отдельных видов производственно-хозяйственной деятельности промышленных предприятий — например, планирования, составления расписаний, управления товарно-материальными запасами, отбора предложений и формирования портфеля заказов.



(а) Логистическая цепь нефтеперерабатывающего предприятия¹

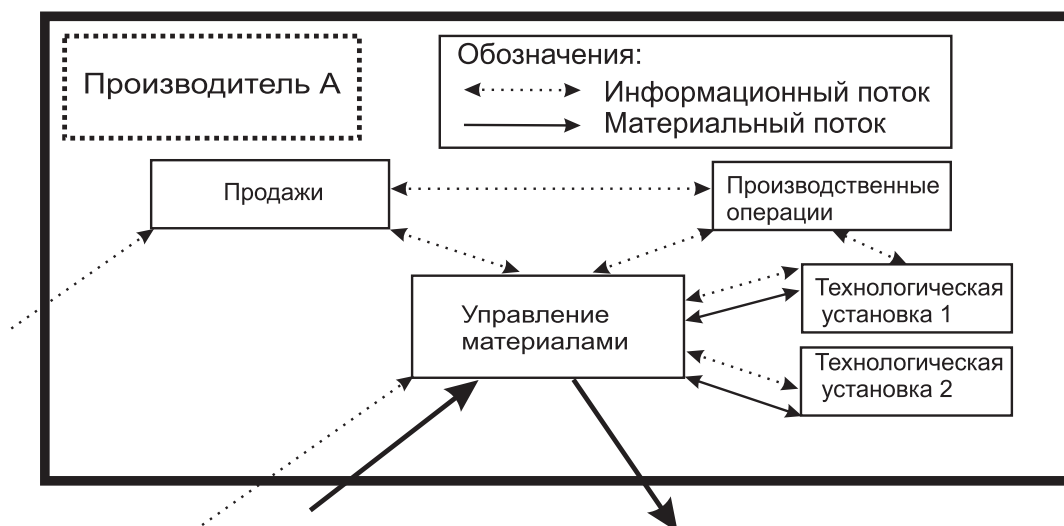


Рис. 1. (б) Организационная структура нефтеперерабатывающего предприятия

В работах [2,3] проведен анализ специализированных исследований по оптимальному управлению нефтеперерабатывающими предприятиями с использованием математических моделей и методов.

¹ По материалам [2]

Системы поддержки принятия решений по оптимальному управлению хозяйственной деятельностью нефтеперерабатывающих предприятий на основе математического моделирования и программирования

Управление нефтеперерабатывающими предприятиями требует решения таких задач, как организация снабжения сырой нефтью, составление расписаний поставок, составление расписаний работы нефтехранилищ и ректификационных установок. Принятие решения при этом обычно основано на применении математических методов, к которым относятся, например, методы линейного программирования, и определяется установленными руководством предприятия статичными предпринимательскими стратегиями и предписаниями. Работы в этой области направлены на решение двух основных классов задач: задач оптимизации производственных операций (первичной переработки, крекинга, смешивания) и задач планирования и составления производственных расписаний. Некоторые исследования совмещают оба этих направления.

Li и Riggs (2000) предложили нелинейную модель для оптимизации деятельности в масштабах всего предприятия для нефтеперерабатывающего завода (НПЗ). Они разработали нелинейные математические модели для 4-х основных установок переработки нефти (ректификационной установки, установки каталитического крекинга, установки реформинга, установки производства бензиновой смеси) и применили упрощенные линейные модели для остальных видов оборудования. Однако эта модель не включает организацию закупок, транспортирования и хранения сырья, т.е. не учитывает функционирование цепи поставок НПЗ в целом.²

Несколько исследований было посвящено проблемам группирования продуктов и смешивания различных типов сырья. Rigby, Ladson & Warren (1995) провели анализ системы смешивания бензинов компании Техасо и ее развитие с использованием СППР, которая в настоящее время применяется на всех НПЗ этой компании. Исследователи подчеркивают важность применения таких систем, приводя данные об НПЗ, свидетельствующие об экономии свыше 30 млн. долларов в год. Adhya, Tawarmalani и Sahinidis (1999) применили для решения задачи о группировании продуктов метод неопределенных множителей Лагранжа. Amos, Ronnqvist и Gill (1997) решают эту задачу с использованием упрощенной нелинейной модели. Sullivan (1990) подчеркивает важность объединения производственных функций и операций с управлением процессами смешивания и стратегиями оптимизации для достижения оптимального результата в масштабах всего предприятия, т.е. для поиска глобального оптимума.

Еще одним важным классом задач организации и управления производственной деятельностью НПЗ являются задачи планирования выпуска и составления производственных расписаний. К этому классу задач относятся задачи составления расписания поставок сырой нефти [Shah, 1996]

² По материалам [2,3]

распределения партий сырья по ректификационным установкам [Kim, Choi, Kim и Lee, 1999], составления расписаний переключения трубопроводов [Sasikumar, Prakash, Patil и Ramani, 1997] и т.д. В работе [Pinto, Joly и Moro, 2000] приведен обзор методов планирования и составления производственных расписаний на НПЗ. Они также обсуждают методы составления расписаний поставок сырой нефти, производства и распределения, производства топливных смесей и сжиженного нефтяного газа.

В последнее время, особенное внимание уделяется интеграции процессов нефтепереработки с целью обеспечения ресурсо- и энергосбережения на НПЗ. Zhang, Zhu и Towler (2001) предложили модель для одновременной оптимизации системы материальных потоков нефти, потоков водорода, пара и энергоресурсов в структуре НПЗ. Их исследования показали, что параллельное решение задач оптимизации, в отличие от последовательного, обеспечивает большую прибыль. Al-Sharrah, Alatiqi, Elkamel и Alper (2001) анализируют интегрированное планирование в рамках промышленной группы нефтеперерабатывающих предприятий с точки зрения воздействия на окружающую природную среду. Показана эффективность этой модели для определения экологически безопасных, или экологически дружественных нефтепродуктов, которые в качестве полупродуктов могут выпускаться нефтехимической промышленностью Кувейта.

Beamon (1998) опубликовал специализированный обзор литературы по моделированию процессов в ЛЦ производственных предприятий. Модели, включенные в этот обзор, подразделяются на детерминированные [Cohen и Moon, 1990; Williams, 1983], стохастические [Cohen и Lee, 1998; Lee и Billington, 1993; Svoronos и Zipkin, 1991] и имитационные [Towill, 1991; Towill, Naim и Wikner, 1992; Wikner, Towill и Naim, 1991]. Большинство этих работ посвящено отдельным областям управления ЛЦ, — например, управлению запасами, организации систем физического распределения, прогнозированию спроса, планирования, составления расписаний и т.д. Разработка формализованных моделей для системы масштаба ЛЦ связана с существенными принципиальными и вычислительными трудностями, поэтому математическое моделирование находит ограниченное применение для анализа полной структуры ЛЦ с учетом всех необходимых знаний и информации. Кроме того, формальная модель является специфичной для конкретного предприятия, поэтому ее адаптация для принятия решений на другом предприятии, или даже для использования другим управляющим на том же самом предприятии, является сложной задачей.

Для моделирования и оптимизации цепи поставок, обладающей многоэлементной структурой со сложными взаимосвязями и процессами взаимодействия между элементами применяется имитационное моделирование, которое позволяет сократить сложность модели и требуемый объем вычислений. Имитационные модели передают лишь основные свойства элементов ЛЦ; поиск оптимального решения на основе исследования поведения модели выполняет аналитик, ответственный за принятие решения. Еще одним

подходом к моделированию ЛЦ является объединение в рамках одной СППР математического и имитационного моделирования [Padmos, Hubbard, Duczmal & Saidi, 1999]. Такой подход применялся во многих отраслях промышленности, включая микроэлектронную промышленность [Jain, Lim, Gan & Low, 1996; Jain, Gan, Lim, Low, 2000], пищевую [Archibald, Karabakal & Karlsson, 1999] и др.

Имитационное моделирование организаций с использованием методов искусственного интеллекта

Поиск алгоритмов решения интеллектуальных задач на существующих моделях компьютеров относится к самому раннему периоду исследований в области искусственного интеллекта (ИИ). Существенный вклад в развитие методов искусственного интеллекта внесли ее «пионеры»: Маккарти (автор первого языка программирования для задач ИИ — LISP), Минский (автор идеи фрейма и фреймовой модели представления знаний), Ньюэлл, Саймон, Шоу, Хант и др. В 1956–1963 гг. велись интенсивные поиски моделей и алгоритмов человеческого мышления и разработка программ на их основе. С 1977 г. по настоящее время проводятся исследования искусственных интеллектуальных агентов, сосредоточенные на анализе принципов взаимодействия между агентами, на декомпозиции решаемых ими задач на подзадачи и распределении полученных задач между отдельными агентами, координации и кооперации агентов, разрешении конфликтов путем переговоров и т.п. Целью таких работ является анализ, спецификация, проектирование и реализация искусственных агентов и мультиагентных систем [6]. В значительной степени эти исследования повлияли на развитие теорий организации [5], и, в частности, на понимание взаимосвязей элементов в сложных организационно-экономических системах, к которым относятся ЛЦ предприятий.

В конце 1980-х годов в зарубежной литературе опубликовано большое число работ по исследованию применимости предложенной Ньюэллом и Саймоном (1976) концепции символьной системы для создания информационных моделей интеллекта человека и организаций. Символьная система — это набор элементов, называемых символами, которые являются моделями физических объектов. Элементы этого набора могут выступать в качестве компонентов более сложных элементов символьной системы, называемых выражениями, или символьными структурами. Кроме того, в символьной системе должен содержаться механизм, который производит с течением времени эволюционирующую совокупность символьных структур. Этот механизм включает эвристики, которые, в конечном счете, определяют направление эволюции символьной системы, и грамматики, которые позволяют конструировать корректные символьные структуры. Ньюэлл и Саймон выдвинули гипотезу о том, что такая символьная система имеет необходимые и достаточные средства для общего интеллектуального действия. Общим свойством символьных систем является то, что они решают задачи с помощью последовательной генерации и проверки вариантов решений. Решение задачи может быть представлено как набор последовательных действий в пространстве

состояний, ведущий от исходной ситуации к целевой. Решения также представлены в виде символьных выражений.

Хотя применение символьных систем для решения практических задач связано с существенными концептуальными и техническими трудностями, исследования таких систем внесли существенный вклад в развитие теории организации, которая, как показано в работе [5], обладает модельным представлением в виде символьной системы. Как и символьные системы, организации являются искусственными объектами, которые решают поставленные перед ними задачи на основании знаний и опыта. Организации обладают интеллектом, поскольку они, как и люди, способны проводить в пространстве состояний поиск приемлемого решения проблемы и адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды (экономической ситуации, развитию технологии, ситуации на рынке труда, обеспеченности ресурсами, законодательной системе), обучаться на основе опыта и прогнозировать в условиях неопределенности с целью заблаговременного выявления перспективных возможностей и уменьшения риска. Интеллектуальное поведение организаций обусловлено не только интеллектом их персонала, оно включает еще две особенности организаций: организационную структуру и организационные знания — явные, зафиксированные документально, и неявные, относящиеся к организационной культуре.

Концепция организационного интеллекта может быть успешно применена к социальным [Gilbert и Heath, 1985] и политическим [Lindblom, 1965] системам. Исследователи создали интеллектуальные модели торговых [Hoffman и др., 1986; Miller, 1987], валютных систем [Doran, 1987, 1989b], правительственных структур [Bendor и Moe, 1985] и принятия решений во внешней политике [Anderson и Thorson, 1982; Sylvan, 1987; Sylvan, Goel и Chandrasekavan, 1990; Thorson, 1984]; они также использовали логическое программирование для моделирования рынка [Lee, 1988; Lee и Widmeyer, 1988], экономик [Krisnan, Kendrick и Lee, 1988] и более общих социальных систем [Banerjee, 1988; Ennals, 1985].

Любая организация, входящая в ЛЦ, может быть рассмотрена как целенаправленная совокупность взаимодействующих функциональных подразделений (отделов закупок, планирования, производства, маркетинга и т.п.). Подразделения обрабатывают информацию и общаются друг с другом, стремясь достигнуть общей цели организации. Такой целью может быть, например, задача анализа информационных потоков и принятие решения: подготовка финансового плана, прогноз спроса на продукцию или анализ угрозы со стороны конкурентов. Одному или нескольким подразделениям назначается цель; для достижения поставленной цели подразделения запрашивают информацию у других подразделений, которые, в свою очередь, запрашивают информацию у третьих и т.д., т.е. осуществляется основанный на правилах эвристический поиск. В работе [5] рассмотрена модель производственного предприятия, каждое функциональное подразделение

которого представлено отдельным правилом в базе правил, интерпретируемой продукционной экспертной оболочкой (в работе использованы Clips или Exsys Pro). Антецедент (условие) этого правила представляет собой информацию, необходимую подразделению для решения некоторой задачи (например, подготовки оценки спроса), а консеквент (следствие) — результат такого решения. Дальнейшие действия подразделения могут включать нахождение численного значения (например, чистого дохода), присвоение значения логической или качественной переменной (например, для оповещения о доступности дополнительная информация), выполнение программы, ввод и вывод информации в файл или завершения всего процесса по выполнении задания. Структура предприятия описывается отношением между правилами; то есть, часть следствия из одного правила может быть частью условия другого правила (результат одного действия является условием для другого действия). Этот способ описания организаций подобен организационной диаграмме, на которой обозначаются подразделения, отделы организации и т.д., а также показывается информация, необходимая для их деятельности и информация, производимая в результате этой деятельности. Совместно с процессом эвристического поиска, этот способ предоставляет динамическую картину процессов принятия решения в организации.

Имитационные модели организаций в виде символьных систем обладают рядом преимуществ. Например, экспертные оболочки, используемые для моделирования организаций, как правило, содержат механизмы объяснений полученного решения, а также необходимости ввода какой-либо дополнительной информации, что является существенным преимуществом при анализе поведения модели организации. Однако децентрализованная, распределенная и связанная с необходимостью анализа множества факторов природа принятия решений в реальных организациях требует мультиграмматического, мультиэвристического (т.е. использующего несколько грамматик для интерпретации ситуации и стратегий поиска решения) и распределенного решения задач в моделирующих системах ИИ. Любая практическая имитационная модель организации должна быть мультиагентной [Gasser, Hill 1990].

Принципы моделирования логистических цепей промышленных предприятий с применением мультиагентных систем

Проблематика интеллектуальных агентов и мультиагентных систем (МАС) имеет уже почти 40-летнюю историю [6]. В основе ее лежат результаты исследований по распределенному искусственному интеллекту (Distributed Artificial Intelligence, DAI), распределенному решению задач (Distributed Problem Solving, DPS) и параллельному решению задач (Parallel AI, PAI). В последнее десятилетие это направление исследований претендует на одну из ведущих ролей в рамках интеллектуальных информационных технологий. Области практического применения агентных технологий являются управление информационными потоками, системами коммуникаций, потоками

транспорта, информационный поиск, электронная коммерция, обучение, системы автоматизированного проектирования, системы управления проектами и многие другие задачи, требующие распределенного принятия решений.

Мультиагентные модели хозяйственной деятельности промышленных предприятий³

Большинство задач химической технологии, которые решаются с помощью мультиагентных систем, относятся к классу координации (организации совместной работы) множества объектов. Одним из примеров такой деятельности является процесс проектирования. Han, Douglas и Stephanopoulos (1995) разработали компьютерную СППР с использованием мультиагентного подхода. Процесс проектирования разбивается на отдельные задачи, каждую из которых решает отдельный агент. Основные агенты, а также человек-оператор осуществляют координацию деятельности этих агентов для решения задач проектирования.

В работах Batres, Lu, Naka (1997) и Batres, Asprey, Fuchino, Naka (1999) рассматриваются задачи параллельного проектирования ХТС, которые решаются с помощью параллельно выполняющихся на различных компьютерах в локальной сети программ для решения отдельных подзадач проектирования. Агентно-ориентированные программы, выполняющиеся на разных компьютерах и написанные на разных языках программирования, общаются друг с другом с помощью языка KQML (Knowledge Query and Manipulation Language).

Ео, Chang, Shin и Yoon (2000) предложили мультиагентную систему технической диагностики ХТС. Агенты ведут наблюдение за оборудованием ХТС и обмениваются своими наблюдениями между собой. Для принятия решения агенты используют базу знаний о каждой единице оборудования.

Задачи управления ЛЦ предприятия также являются по своей природе распределенными и требующими принятия решений на основе сложных рассуждений. Поэтому в последние годы мультиагентные системы стали предпочтительным инструментом для решения проблем управления ЛЦ промышленных предприятий.

Swaminathan, Smith и Sadeh (1998) предложили систему разработки и исследования имитационных моделей для создания специализированных средств поддержки принятия решений при модернизации, или реконструкции ЛЦ. С помощью агентов представлены элементы ЛЦ, в т.ч. покупатели, производственные и транспортные компании. Перечисленные агенты используют различные протоколы взаимодействия и позволяют моделировать движение материальных, финансовых и информационных потоков в ЛЦ. Эти протоколы взаимодействия представляют собой описания формата сообщений различных классов. С каждым классом сообщений связан свой обработчик, который при получении агентом сообщения определяет последовательность и семантику обработки информации. Искусственные агенты используют

³ По материалам [2,3]

различные стратегии при управлении запасами, организации снабжения сырьем и деталями, а также выборе оптимальных маршрутов транспортирования. Система облегчает пользователю отбор компонентов, формирование и уточнение множества компонентов исследуемой ЛЦ, не требуя больших навыков программирования. Созданные имитационные модели в дальнейшем используются для анализа различных вариантов модернизации ЛЦ предприятия.

Garcia-Flores, Wang и Goltz (2000) предложили мультиагентную модель информационных потоков в логистической цепи предприятий перерабатывающих отраслей промышленности. Эти искусственные агенты основаны на архитектуре ADEPT (Advanced Decision Environment for Process Tasks). Объекты ЛЦ выполняют функции потребителей (составление заказов), либо поставщиков (выполнение заказов) услуг. Gjerdrum, Shah, Papageorgiou (2001) предложили применение сочетания численных методов оптимизации и методов ИИ для моделирования и оценки эффективности ЛЦ предприятия. Они предложили модель многоуровневой ЛЦ, которую образуют потребители, поставщики логистических услуг и производственные предприятия. Эта работа посвящена проблемам управления запасами (управление составлением заказов) и не затрагивает процессы принятия решения, в которых участвуют несколько подразделений организации.

В работах [2, 3] предложен подход к разработке интегрированных моделей ЛЦ нефтеперерабатывающих предприятий на основе мультиагентных систем на основе оболочки экспертной системы Gensym G2 и программной среды «ADE».

Архитектура и принципы разработки мультиагентных моделей логистических систем нефтеперерабатывающих предприятий

Существует множество различных определений искусственных агентов — большинство разработчиков дают собственное определение агента, в зависимости от конкретного набора свойств, целей разработки, решаемых агентом задач, технической реализации и других критериев. Wooldridge и Jennings (1995) предложили общее определение агента:

Агент — это аппаратная или программная сущность, способная действовать в интересах целей, поставленных перед ним владельцем и/или пользователем.

Искусственные агенты должны обладать следующими основными характеристиками:

- Автономность — возможность в определенной степени контролировать свое состояние и действия, работа без вмешательства оператора.
- Социальное поведение — возможность взаимодействия и общения с другими агентами и/или оператором.
- Чувствительность (реактивность) — адекватное восприятие окружающей среды и способность реагировать на ее изменения.

- Инициативность — способность генерировать цели и рационально действовать в интересах их достижения.
- Базовые знания — не изменяющиеся в течение жизненного цикла знания агента о себе, окружающей среде и других агентах.
- Мобильность — возможность перемещения агента по электронным сетям, в том числе, сети Internet.

Выделяются три базовых класса архитектур МАС [6].

1) Архитектуры, которые базируются на принципах и методах работы со знаниями (deliberative agent architectures). Агенты этого типа используют формальное представление картины мира в виде символьной системы и логический решатель.

2) Архитектуры, основанные на поведенческих моделях типа «стимул-реакция» (reactive agent architectures). В реактивных архитектурах искусственных агентов нет эксплицитно представленной модели мира. Действия агентов зависят от ситуации (под которой понимается потенциально сложная комбинация внутренних и внешних воздействий) и определяются правилами типа ситуация-действие.

3) Гибридные архитектуры (hybrid architectures). Агенты этого типа используют комбинированные модели мира и, как правило, используют при рассуждениях какую-либо машину вывода.

В работе [2] предложен подход к разработке интегрированных моделей ЛЦ нефтеперерабатывающих предприятий с использованием гибридной архитектуры, основанной на оболочке экспертной системы Gensym G2 и специальной программной среды «ADE» (Agent Development Environment). В программной среде «ADE» агент является автономным многопоточным объектом, который общается с другими агентами с помощью сообщений. Каждому агенту присвоено уникальное имя, которое может использоваться в качестве адреса, что позволяет агенту взаимодействовать с другими агентами вне зависимости от их размещения в вычислительной сети. Для описания действий агента используется язык AdeGrafset, который основан на принятом в качестве промышленного стандарта (МЭК 848, МЭК 1131-3) графическом языке последовательных функциональных схем (sequential function charts, SFC), или графсет (Graphcset).

Архитектура программной системы включает два главных компонента. Первый компонент — это объектная модель информационных и материальных потоков в ЛЦ. Эта модель описывает объекты двух классов: «продукты» (товарно-материальные ценности) и «сообщения». Агенты передают друг другу объекты этих классов — таким образом моделируется движение информационных и материальных потоков в ЛЦ (рис. 2). Конкретное содержание сообщений и информация о материалах заключены в атрибутах соответствующих объектов. Вторым компонентом архитектуры СППР являются модели элементов ЛЦ (промышленных групп, предприятий и их подразделений, поставщиков логистических услуг, поставщиков и

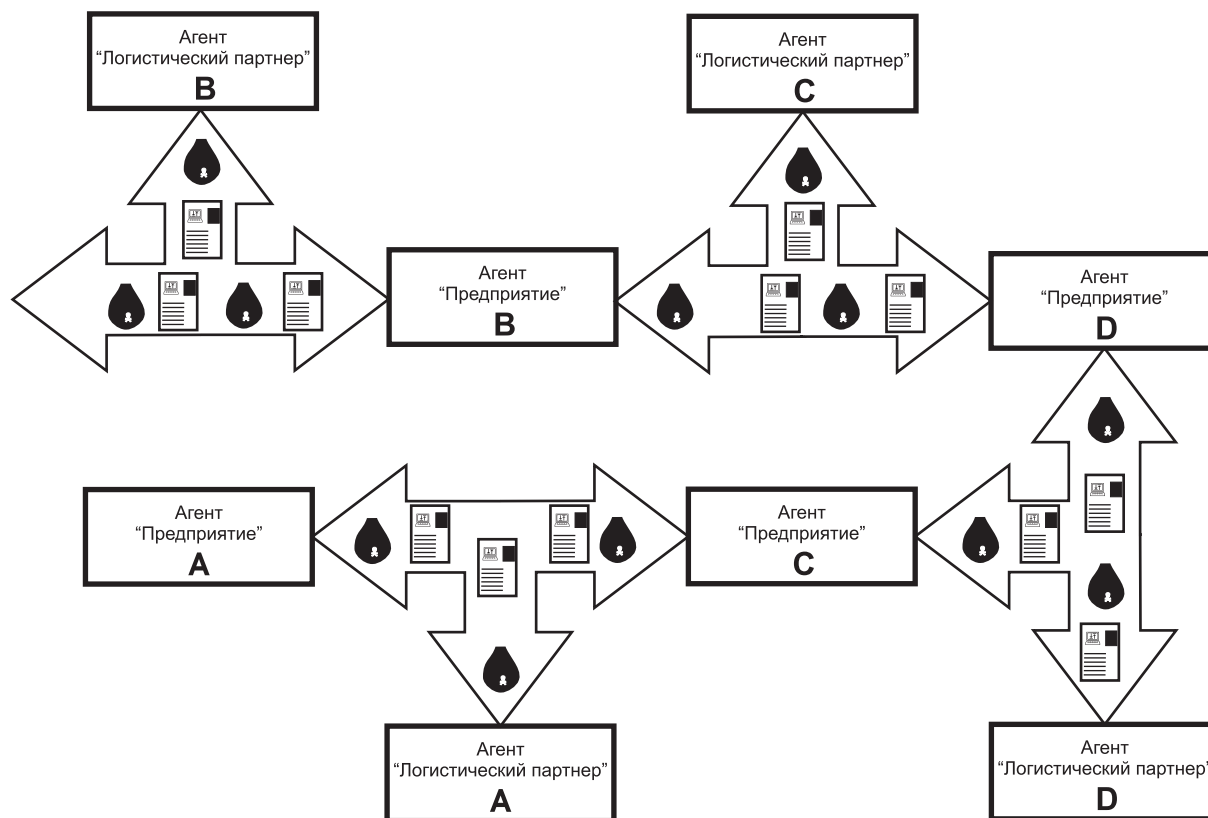
покупателей) в виде искусственных агентов. К ним относятся агенты трех видов: агенты для моделирования элементов ЛЦ; агенты для предоставления информации о состоянии ЛЦ и агенты для выполнения специальных проектов по исследованию или модификации ЛЦ. При этом существенным является то, что все элементы ЛЦ, а также средства для анализа и модификации имитационной модели представлены в системе единообразно — в виде отдельных искусственных агентов.

В работах [Fox, Barbuceanu и Teigen, 2000], [Lee, 1999] сформулированы основные требования к СППР для управления ЛЦ производственного предприятия:

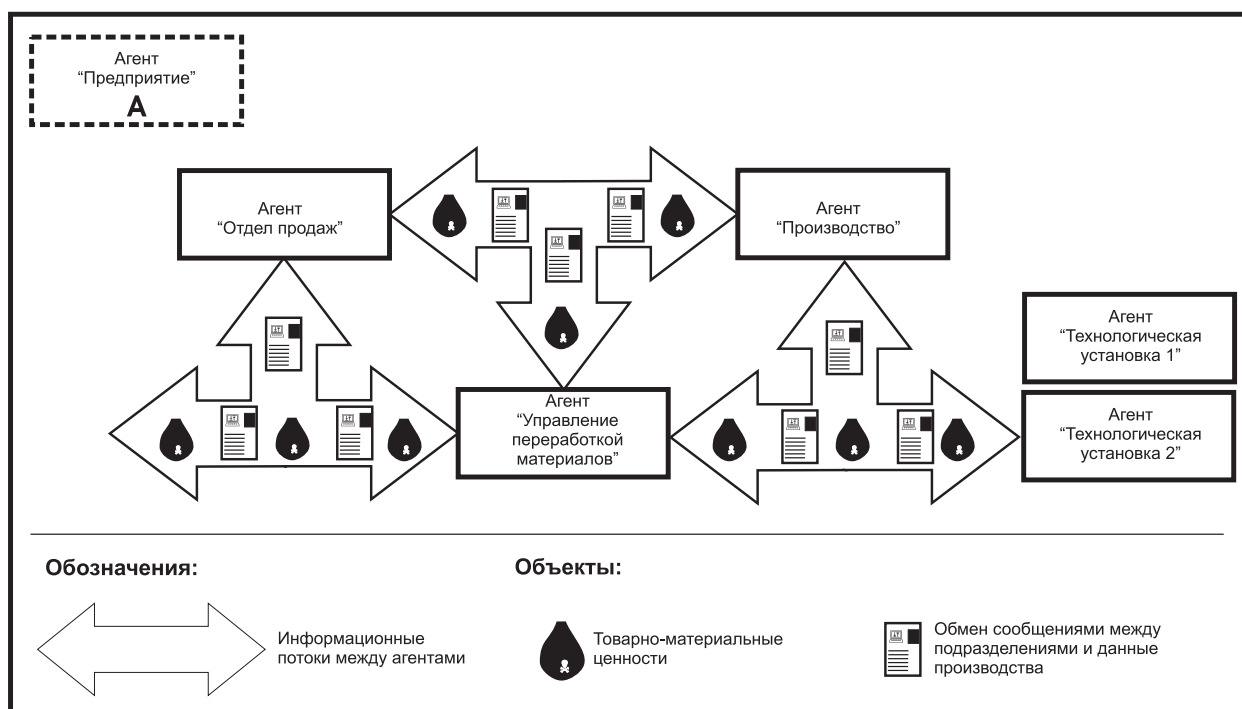
- различные виды деятельности в модели ЛЦ должны быть децентрализованы, т.е. распределяться между агентами;
- система должна реагировать на изменения условий окружающей среды;
- должно обеспечиваться многократное использование компонентов СППР;
- система должна позволять пользователям делать сложные запросы и не только выдавать информацию о состоянии процессов в ЛЦ, но и оценивать возможные варианты развития событий.
- система должна быть открытой и способной к взаимодействию с уже существующими модулями информационных систем, например, с системами планирования ресурсов предприятия — в рамках предложенного подхода получение информации из внешних источников осуществляется специальными искусственными агентами, которые занимаются сбором и размещением информации в базе знаний системы.

Цели и задачи разработки мультиагентных систем поддержки принятия решения для обеспечения логистического управления нефтеперерабатывающими предприятиями

Ведущие компании уже давно пришли к выводу, что ключом к успешному управлению логистической цепью является корпоративная информационная система. Сегодня перед предприятием встают задачи согласования спроса и предложения на множестве рынков, что связано выпуском продукции на заказ и во все более сжатые сроки. Дополнительную сложность при этом создает необходимость оперативной организации перевозок готовой продукции и поставок необходимой для ее производства сырья. Современные корпоративные информационные системы централизованы и, таким образом, являются слишком жесткими, чтобы справиться с постоянно меняющимися объемами внешних и внутренних потоков заказов. В рамках рассмотренного в этой статье мультиагентного подхода могут быть построены совершенно децентрализованные системы производства и продаж, которые могут использоваться как для моделирования, так и для управления системами производства и продажи. Децентрализованный мультиагентный подход обеспечит высокую гибкость, надежность и живучесть системы.



(а) Взаимодействие агентов, моделирующих звенья логистической цепи нефтеперерабатывающего предприятия



(б) Взаимодействие агентов, моделирующих организационные подразделения внутри предприятия, участвующего в логистической цепи

Рис. 2. Мультиагентная система, моделирующая процессы в логистической цепи нефтеперерабатывающего предприятия

Программные системы для разработки мультиагентных приложений

Развитие и практическое внедрение мультиагентных систем основано на результатах предыдущего опыта практического освоения концепции открытых систем, в том числе, архитектуры «клиент-сервер». При разработке распределенных мультиагентных систем также может применяться динамический подход, т.н. «мобильные агенты», когда по сети передаются не только данные, но и исполняемый код. Некоторые исследователи считают, что это позволяет в некоторых случаях сократить объем передаваемых по сети данных, преодолеть ограничение локальных вычислительных ресурсов, облегчить координацию системы, а также выполнять параллельные асинхронные вычисления.

В настоящее время наиболее известными технологиями реализации статических и динамических распределенных приложений являются RPC (Remote Procedure Call), DCOM (Microsoft Distributed Component Object Model), Java RMI (Java Remote Method Invocation) и CORBA (Common Object Request Broker Architecture) [6]. С точки зрения разработки и реализации МАС наиболее важными, по-видимому, являются последние три — DCOM, Java RMI и CORBA.

Основной ценностью системы Microsoft DCOM является возможность интеграции приложений, созданных в разных системах разработки программного обеспечения для разных аппаратных платформ (Wintel, Alpha, Sun Solaris, Digital UNIX, IBM MVS и др.). Java RMI-приложения, имеющие клиент-серверную архитектуру, содержат механизмы для выполнения методов удаленных объектов. Технология CORBA использует для стандартизации архитектуры и интерфейсов взаимодействия объектно-ориентированных приложений специальный язык IDL (Interface Definition Language). Сами интерфейсы, описанные с помощью IDL, могут быть реализованы на любых языках программирования и присоединены к CORBA-приложениям.

Анализ существующих МАС [6] показывает, что наиболее распространенным при создании распределенных мультиагентных систем является архитектура Java RMI, на основе которой исследовательскими и коммерческими организациями разработано большое число специализированных библиотек и сред для разработки мультиагентных систем. Одним из удачных примеров специализированных сред для разработки мультиагентных систем является инструментарий Agent Builder компании Reticular Systems. На сайте компании, доступном в Internet по адресу <http://www.reticular.com/>, приведен обширный перечень коммерческих и исследовательских программных средств для разработки МАС.

Роль интернет-технологий в управлении логистическими системами промышленных предприятий

Большинство лидеров отечественной промышленности пока относятся к возможностям межкорпоративного электронного бизнеса (B2B) с очень большой долей скепсиса. По данным рейтингового агентства «Эксперт-РА» [9]

наиболее высоким потенциалом внедрения систем электронной торговли обладают металлургический комплекс, машиностроение и фармацевтическая промышленность. Топливная промышленность также обладает высоким потенциалом внедрения B2B-решений, однако скорость его практической реализации оценивается как крайне медленная в силу монополизации и централизации производства, сложившейся исторически. Есть положительные примеры в химической промышленности: два предприятия, входящих в торговое объединение «Ярославские краски» объединили системы управления складами и маркетингом продукции. Компании металлургических отраслей уже сегодня выставляют свою продукцию на западных электронных торговых площадках. Так, ОАО «Северсталь» уже участвует в международном проекте GSX, РАО «Норильский никель» планирует участвовать в проекте Nickelmarket.com.

Для российских финансово-промышленных групп, занимающихся нефтепереработкой, скорее всего, будут актуальны внутренние системы, оптимизирующие отношения между предприятиями группы и в масштабах отдельного предприятия. В условиях частичной автоматизации процессов предпринимательства, проведенной на большей части крупных российских предприятий, возникает проблема координации этих процессов между собой. Предприятия сталкиваются с тем, что не удается создать единое информационное поле внутри предприятия и добиться координации деятельности подразделений. Корпоративные сети, построенные по технологии intranet, и распределенные системы поддержки принятия управленческих решений на основе мультиагентных технологий будут способствовать гармонизации и логистической координации процессов предпринимательства в производственно-хозяйственных организациях.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ЛЦ	логистическая цепь (цепь поставок)
СППР	система поддержки принятия решения
ИИ	искусственный интеллект
МАС	мультиагентная система

ЛИТЕРАТУРА

1. Саркисов П.Д., Мешалкин В.П. Ресурсосбережение — важнейший фактор экономической эффективности работы химических предприятий, «Российское предпринимательство» №9, 2001, с. 10–15
2. N. Julka, R. Srinivasan, I. Karimi Agent-based supply chain management, part 1: framework. Computers&Chemical Engineering, 26 (2002), Elsevier, 1755–1769
- 3 N. Julka, I. Karimi, R. Srinivasan Agent-based supply chain management, part 2: a refinery application. Computers&Chemical Engineering, 26 (2002), Elsevier, 1771–1781
4. Батищев С.В., Ивкушкин К.В., Минаков И.А., Ржевский Д.А., Скобелев П.О. Мультиагентная система моделирования производства и продажи автомобилей. <http://www.madi.ru/logistics/resources/st8.htm>
5. Artificial Intelligence in organization and management theory: Models of distributed activity //ed. M. Masuch, M. Warglien, Center for Computer Science in Organization and Management (CCSOM) University of Amsterdam Amsterdam, The Netherlands, North Holland, 1992
6. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем — СПб.: Питер, 2001 — 384 с.: ил.
7. Мешалкин В.П., Дови' В.Г., Марсанич А. Принципы промышленной логистики М.: РХТУ, 2002 — 722 с.: ил.
8. Мешалкин В.П., Дови' В.Г., Марсанич А. Стратегия управления логистическими цепями химической продукции и устойчивое развитие — М.:РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003 — 650 с.: ил.
9. Перспективы развития межкорпоративного электронного бизнеса в российской промышленности, доклад рейтингового агентства «Эксперт-РА» <http://www.raexpert.ru/overviews.htm#b2b>
10. Цимбал А.А., Аншиина М.Л. Технологии создания распределенных систем. Для профессионалов. — СПб.: Питер, 2003. — 576 с.: ил.