

УДК 004.942

СОУД АБДАЛАЗЕЗ МОХАММЕД АМЕН, А.В. ПРОХОРОВ, О.Е. ФЕДОРОВИЧ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

КООРДИНАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АГЕНТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПРОДУКТООБЕСПЕЧЕНИЯ

Рассмотрены основные особенности анализа процессов нефтепродуктообеспечения с позиций логистического подхода и имитационного моделирования. Разработана агентная имитационная модель анализа потоковых процессов в цепочке поставок «сеть нефтебаз – сеть АЗС». Описаны основные особенности поведения и взаимодействия агентов при моделировании процессов доставки нефтепродуктов на АЗС. Разработанная модель может быть использована для принятия решений по эффективному управлению потоковыми процессами в интегрированных комплексах хранения и распределения нефтепродуктов.

Ключевые слова: агентная имитационная модель, агент, нефтепродуктообеспечение, логистика, цепочка поставок.

Введение

Ключевую роль в управлении потоковыми процессами нефтепродуктообеспечения играют вопросы оптимизационного планирования поставок и продаж нефтепродуктов на основе прогнозирования спроса, влияния ценовых решений / цен размещения по регионам поставки, анализа «план-факт» и т.п.

Для оптимизации решений по цепочке поставок обычно не достаточно выполнять локально-оптимальные решения, поскольку при этом необходимо определить какое влияние решения будут иметь на других участников и в скоординированном взаимодействии с ними выбрать и выполнить альтернативное решение, которое является оптимальным по всей цепочке поставок. При этом в условиях случайных воздействий, участники цепочки поставок нефтепродуктов должны делать оптимальные решения, основанные на сложных глобальных критериях, которые зачастую полностью не известны ни одному из них в отдельности и могут быть противоречивы, что требует формирования компромиссного решения.

Анализ последних исследований и публикаций

Исследования проблем распределения ограниченных ресурсов и оптимизации грузопотоков начинались с двух классических задач комбинаторной оптимизации – задачи коммивояжера (*TSP- the Traveling Salesman Problem*) и задачи маршрутизации транспорта (*VRP - the Vehicle Routing Problem*).

В задаче *VRP* для транспортных средств, рас-

положенных в одном или нескольких автотранспортных предприятиях (АТП), должен быть определен набор маршрутов до нескольких отдаленных потребителей. *VRP* – хорошо известная задача целочисленного программирования, относящаяся к классу NP-трудных задач, для которых обычно достаточно искать приближенные решения, что достигается разными эвристическими методами.

Обычно, в реальных задачах оптимизации возникает множество дополнительных ограничений и вариаций, наиболее важные из которых перечислены ниже: *Capacitated VRP (CVRP)* – каждое транспортное средство имеет ограниченную грузоподъемность; *VRP with Time Windows (VRPTW)* – каждый заказчик должен быть обслужен в определенное «временное окно»; *Multiple Depot VRP (MDVRP)* – используются несколько товарных складов для обслуживания клиентов; *VRP with Pick-Ups and Delivering (VRPPD)* – клиенты могут возвращать некоторые товары в склад; *VRP with Backhauls (VRPB)* – аналогично предыдущей, но возврат начинается только после доставки всех товаров из склада; *Split Delivery VRP (SDVRP)* – каждый клиент может обслуживаться одновременно несколькими машинами; *Periodic VRP (PVRP)* – доставка может осуществляться в течение нескольких дней; *Stochastic VRP (SVRP)* – некоторые компоненты задачи (количество и запросы клиентов, длина пути) могут иметь случайное поведение; *VRP with Satellite Facilities (VRPSF)* – существует возможность догрузки автомобиля на маршруте.

В работе [1] отмечается, что линейные методы позволяют решить задачу составления расписания лишь частично, а именно – распределить заказы,

поступающие от АЗС, по поставщикам, в то время как задачи распределения заказов по бензовозам и определение последовательности их выполнения и временных рамок требуют иных методов решения, которыми, зачастую, выступают методы имитационного моделирования.

Кроме того, можно отметить, что нет вариантов, которые комплексно охватили бы проблемы распределения нефтепродуктов. В большинстве публикаций изучаются разнообразные проблемы маршрутизации в сочетании с управлением запасов одного или нескольких продуктов, которые могут перевозиться на одном и том же транспортном средстве. Так, работа [2] посвящена вопросам планирования производства для сети нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) в виде целочисленной нелинейной оптимизационной модели, максимизирующей чистую приведенную стоимость сырой нефти и нефтепродуктов при ограничениях на уровень запасов, рассматривая при этом вопросы координации планирования производства и транспортировки как следующий шаг в моделировании цепочки поставок.

Многие работы, связанные с моделированием нефтяных компаний [3,4], используют инструментальный дискретно-событийного имитационного моделирования. При этом многие работы охватывают логистическую цепочку «терминалы – нефтеперерабатывающие заводы – нефтебазы», оставляя без внимания распределительную сеть до конечных потребителей. Кроме того, нет публикаций, рассматривающих проблему распределения нефтепродуктов с использованием как нескольких АТП, так и нескольких отдаленных нефтебаз. Можно сделать упрощающее предположение, что автотранспортные парки находятся рядом с нефтебазами и, как следствие этого, АТП ассимилировались с нефтебазами. Таким образом, АТП зачастую не включаются в модели, и рассматриваются перемещения только между нефтебазами и АЗС.

С точки зрения оптимизации логистических процессов наиболее адекватным оказывается мультиагентный подход, т.к. позволяет описать всех участников, вовлеченных в бизнес- процесс нефтяной компании с их собственными целями и задачами. Мультиагентные технологии имеют много полезных функций для построения автономных, сотрудничающих интеллектуальных систем в распределенной среде, что делает их одним из лучших кандидатов для комплексного управления цепочками поставок. В статье [1] описывается разработка гибридной системы поддержки принятия решений, предназначенной для планирования поставок топлива по сети автозаправочных станций, основанной на имитационном, мультиагентном и экспертном моделировании.

Постановка задачи исследования

Рассмотренные особенности обуславливают актуальность и важность разработки модели анализа процессов управления предприятиями нефтепродуктообеспечения, основанной на системном представлении и динамическом моделировании потоковых процессов, которая позволит в конечном итоге сократить затраты на логистику нефтепродуктов и содержание автопарка.

При этом, мультиагентные технологии имеют значительные преимущества, с точки зрения построения автономных, адаптивных, с возможностями аукционного и скоординированного взаимодействия, своих элементов систем моделирования, что делает их предпочтительным подходом для комплексного анализа процессов управления логистикой нефтепродуктов.

На основании описанной в работе [5] агентной имитационной модели анализа процессов нефтепродуктообеспечения, отражающей скоординированное автономное участие подразделений предприятия нефтепродуктообеспечения (ПНПО) в цепочке поставок, рассмотрим более детально особенности поведения и взаимодействия агентов модели. Мы рассматриваем более полную модель, включая, с одной стороны, перемещения между АТП и нефтебазами, а с другой стороны, перемещения между АЗС и АТП, что позволяет получить результаты в большей мере соответствующие реальной ситуации распределения нефтепродуктов.

Основные положения при моделировании логистики нефтепродуктов

При моделировании логистики нефтепродуктов будем учитывать:

- требования (заказы или запланированный расход нефтепродуктов);
- ресурсы (автоцистерны, наливные терминалы нефтебаз и НПЗ);
- бизнес-правила и ограничения (кто кого обеспечивает, количественные квоты перевозчиков и поставщиков, время поставки, календарь и др.);
- расходы (тарифы, штраф и санкции, предусмотренные договорами и др.).

ПНПО имеет собственный автопарк для перевозки нефтепродуктов. Если существующий автотранспортный парк недостаточен для удовлетворения спроса всех своих потребителей (АЗС), то предприятие может использовать услуги сторонней компании-перевозчика, арендуя у нее автоцистерны. Поскольку нефтепродукты заказываются в больших

количествах, мы можем предположить, что объем заказа каждого клиента превышает объем автоцистерны самой меньшей вместимости. Таким образом, без потери общности примем, что каждый маршрут состоит из обслуживания одной АЗС.

Цели предприятия заключаются в следующем:

- удовлетворить, при меньших затратах (минимизация общей стоимости транспортировки), ежедневные заказы всех своих клиентов;
- оптимизировать использование автотранспорта.

При этом следует принимать во внимание следующие ограничения:

- соблюдение максимального количества рабочих часов, разрешенных для водителей;
- максимальная загрузка: автоцистерна должна уйти к АЗС полностью загруженной и вернуться пустой.

При решении рассматриваемой задачи следует учитывать следующие особенности:

- парк техники для перевозки бензинов и дизельного топлива включает: тягачи, а также полуприцепы, автоцистерны различной емкости;
- наличие нескольких АТП;
- загрузка машин может осуществляться из нескольких удаленных нефтебаз.

Моделирование логистики нефтепродуктов будем осуществлять с учетом следующих допущений:

- один продукт (с дальнейшим распространением модели на учет нескольких видов топливных ресурсов);
- ежедневное планирование маршрутов;
- региональное распределение, где регион – область, включающая множество клиентов, набор транспортных средств и одну удаленную нефтебазу. Примем, что клиенты региона могут обслуживаться только удаленной нефтебазой, привязанной к этому региону, что вполне соответствует наиболее используемой в настоящее время политике распределения у ПНПО;
- транспортное средство может быть использовано в любом регионе. Оно начинает движение с АТП, к которому оно приписано, и должно вернуться туда после посещения последнего клиента;
- потребности клиентов являются линейными сочетаниями возможностей транспортных средств;
- приоритет отдается транспортным средствам, принадлежащим компании.

Ограничения, которые будут использованы в моделях:

- каждый автомобиль должен уехать из АТП пустым в нефтебазу для осуществления первой загрузки;
- каждое транспортное средство должно уехать загруженным из нефтебазы и вернуться пустым в

нефтебазу или в свой АТП;

- каждое транспортное средство посещает только одного клиента одновременно;
- соблюдение трудового законодательства, определяющее допустимые границы времени работы.

Рассмотрим возможные варианты перемещения транспортных средств в логистике нефтепродуктов.

На рис. 1 показан пример общего маршрута транспортного средства между тремя регионами, и каждый маршрут состоит из посещения одной нефтебазы и включает в общей сложности 7 потребителей (АЗС). Перемещение транспортного средства может быть четырех типов:

1. Первоначальное перемещение из АТП в нефтебазу. Оно представляет собой первое перемещение транспортного средства с пустыми емкостями из АТП (к которому он привязан) в нефтебазу для обслуживания АЗС (которые связаны с ним). На рис. 1, пример этого типа отображен как пустое перемещение между АТП₁ и нефтебазой НБ₁, обозначенное пунктирной стрелкой.

2. Поездка в обе стороны между нефтебазой и АЗС. Она представляет собой определенное число циклов между нефтебазой и АЗС. Пример этого перемещения – это поездка туда и обратно между нефтебазой НБ₂ и АЗС₃ (рис. 1), что показано двумя стрелками (поездка автоцистерны, загруженной топливом и возвращение с пустыми емкостями (пунктирная стрелка).

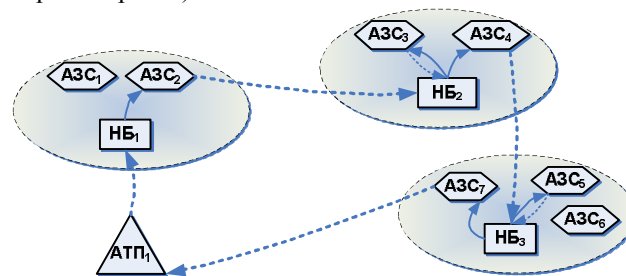


Рис. 1. Возможные варианты маршрутов транспортного средства

3. Перемещение от одной нефтебазы к другой через посещение АЗС. Таким образом, бензовоз оставляет регион, чтобы больше не возвращаться туда. На рис. 1 представлен пример этого типа перевозок между нефтебазами НБ₂ и НБ₃, через прохождение АЗС₄ (загруженное перемещение от нефтебазы НБ₂ к АЗС₄ и пустое перемещение от АЗС₄ к месту назначения, т.е. к нефтебазе НБ₃).

4. Окончательное перемещение от АЗС в АТП. Оно представляет собой окончательное пустое перемещение от последней обслуженной АЗС в АТП, к которому транспортное средство приписано. На рис. 1 это пустое перемещение между АЗС₇ и АТП₁, которое представлено пунктирной стрелкой.

Агентная имитационная модель анализа процессов нефтепродуктообеспечения

При формировании агентного представления имитационной модели необходимо исходить из выделения элементов с индивидуальным поведением. Для решения наших задач необходимо рассмотрение всей логистической цепочки товародвижения от нефтеперерабатывающих заводов до логистических посредников, реализующих товар конечным потребителям.

Рассмотрим более детально, выделенные в [5], элементы системы, выполняющие основные функции дистрибуции нефтепродуктов (рис. 2):

- концентрация (консолидация) – нефтяные хранилища (базы) или резервуарные парки НПЗ – *RefiningAgents*. С одной стороны эти агенты (если речь идет о НПЗ) отвечают за планирование производственных ресурсов, с целью удовлетворения запросов производства нефтепродуктов. С другой стороны, и это для нас является определяющим с точки зрения рассматриваемой логистической цепочки, эти агенты отвечают за управление запасами. Политика запасов должна быть направлена на получение оптимального баланса между критериями низких затрат на хранение, своевременную доставку и минимальные потери в случае истощения запасов. В данной архитектуре заказ по запасам от агента планирования и координации *PlanningCenterAgent* может быть разделен на требования, которые будут выполнены собственными силами или другими партнерами по цепи поставок;

- физическое распределение – нефтепродуктопроводы *PipelineAgents*, специализированные автотранспортные средства *TransportationAgents*. Эти агенты отвечают за назначение и планирование транспортных ресурсов для удовлетворения запросов на перевозку нефтепродуктов. Подходящий транспорт и транспортные маршруты определяются при разработке графиков перевозок;

- посреднические услуги по распространению – организации дистрибьюторской сети (ритейлеры и др.) – *DistributionAgents*;

- распределение по конечным потребителям – на данном этапе развития модели рассматриваются только автозаправочные станции и комплексы – *CustomerAgents*. Эти агенты отвечают за формирование заказа на поставку, ведут переговоры относительно цен, сроков и других условий, а также осуществляют изменение или отмену заказа. При внесении изменений в заказ клиента, изменения доводятся также до сведения агента планирования и координации *PlanningCenterAgent*. Если происходят какие-либо нарушения условий, связанных с потребителем (например, сроки), агент *CustomerAgent* ведет переговоры с *PlanningCenterAgent* для достижения возможных и взаимоприемлемых договоренностей;

- агенты метауровня - группа агентов планирования и координации. Эта группа состоит из *PlanningCenterAgent*, агента координации закупок *ProcuringCoordinationAgent*, агента координации перевозок *TransportCoordinationAgent*:

а) *PlanningCenterAgent*. Это центральный агент группы агентов метауровня, ответственный за координацию нефтебаз, производителей/поставщиков и транспортировки для достижения наилучших

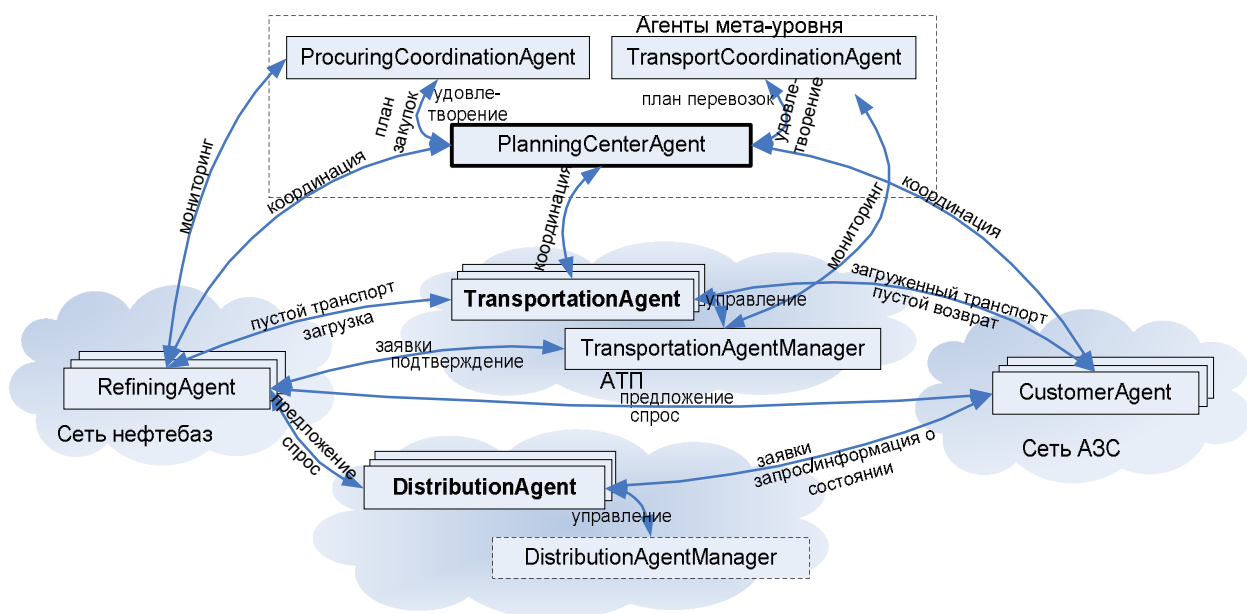


Рис. 2. Агентная имитационная модель анализа процессов нефтепродуктообеспечения

результатов в соответствии с целями цепи поставок, например, по времени доставки, минимизации затрат, и т.д.;

б) *ProcuringCoordinationAgent* – агент координации закупок. Он оценивает потребность в ресурсах и определяет количество и сроки закупок. Он также несет ответственность за выбор поставщиков, с целью минимизации затрат и выполнения сроков поставок. Этот агент генерирует заказы на нефтепродукты и контролирует доставку. В случае нарушения сроков поставок этот агент взаимодействует с центральным агентом для согласования возникших проблем с клиентами и поставщиками;

в) *TransportCoordinationAgent* - агент координации перевозок. Он несет ответственность за выбор перевозчиков, которые могут минимизировать общие затраты и максимально удовлетворить срокам доставки. Этот агент генерирует заказы на транспортировку нефтепродуктов и контролирует доставку. Когда доставка задерживается, он взаимодействует с центральным агентом для согласования возникших проблем с клиентами и перевозчиками.

Моделирование потоковых процессов предприятия нефтепродуктообеспечения в этом случае осуществляется через взаимодействие (переговоры) между агентами, представляющих собой участников цепочки поставок с общей задачей – бесперебойное снабжение потребителей нефтепродуктами в требуемом количестве и ассортименте с наименьшими затратами.

Переговорный процесс агентов в цепочке поставок нефтепродуктов рассмотрен в [5].

Разработан комплекс оптимизационных моделей, заложенных в качестве поведения агентов имитационной модели анализа процессов нефтепродуктообеспечения: транспортная модель, которая позволяет более полно учесть варианты перемещения транспортных средств в логистике нефтепродуктов; модель рыночного ценообразования для АЗС, позволяющая формализовать правила и стратегии, которые они используют при реализации нефтепродуктов; модели агентов планирования и координации, позволяющие за счет последовательного согласования планов поставок, закупок и транспортировки учесть интересы нефтебаз, производителей/поставщиков и перевозчиков для достижения наилучших результатов в соответствии с целями цепи поставок.

Транспортная модель составляет основу поведения агентов *TransportAgent*. Целевая функция здесь представляет собой общую стоимость распределения нефтепродуктов, которая состоит из стоимости всех перемещений и стоимости использования транспортных средств: транспортные затраты в пределах каждого региона; транспортные затраты

между двумя нефтебазами при прохождении через АЗС; транспортные затраты при передвижении из АТП в нефтебазу; транспортные затраты при передвижении от нескольких нефтебаз к АТП, проходя через АЗС.

Предусмотрены ограничения:

- транспортное средство (ТС) может покинуть АТП не более одного раза;
- ТС закрепляется за определенным АТП;
- ТС может посетить регион не более одного раза;
- ТС приехавшее в регион, должно потом уехать из него;
- удовлетворение спроса каждого клиента (АЗС);
- каждое ТС должно соблюдать максимальную разрешенную продолжительность работы за один день;
- если ТС совершает круговую поездку между АЗС и регионом, то это ТС должно снова обязательно вернуться в этот регион;
- если ТС перемещается к клиентам (АЗС), то это транспортное средство должно оставить свой АТП.

Модель управления запасами составляет основу поведения агентов *RefiningAgent*, имеющих в своем составе резервуарный парк по всей номенклатуре видов топлива. В практической деятельности ПНПО применяют в основном две модели управления запасами нефтепродуктов с переменным и постоянным объемом доставки топлива. В последнее время чаще встречается модель управления запасами нефтепродуктов с переменным объемом доставки при периодическом контроле. Определение максимального уровня запасов нефтепродуктов и вместимости резервуарного парка для обеспечения потребностей клиентов осуществляется следующим образом.

Среднесуточный расход топлива рассчитывается по формуле:

$$q_i = \frac{Q_{\max}}{D_{\Gamma}},$$

где q_i - среднесуточный расход топлива, т/день; Q_{\max} - суммарный годовой расход топлива, т; D_{Γ} - число календарных дней в году, день.

На рис. 3 представлена схема определения максимального уровня запасов нефтепродуктов.

Страховой запас нефтепродуктов определяется так:

$$S = Q_{\max} - Q_{\text{СР}},$$

где Q_{\max} и $Q_{\text{СР}}$ - соответственно максимальный и средний объемы расхода нефтепродуктов.

Страховой запас служит для обеспечения нефтепродуктами в случаях отклонения от среднего в

сторону увеличения суточного расхода.

Максимальный уровень запасов агента *RefininAgent* для модели с переменным объемом доставки при периодическом контроле:

$$V_3^{\max} = S + q_i (t_d + t_{\text{Ц}}),$$

где t_d - средняя периодичность доставки топлива, день; $t_{\text{Ц}}$ - время между проверками уровня остатка топлива; S - страховой запас за время задержки заказа t_d - при оперативном контроле запасов и за время $t_d + t_{\text{Ц}}$ - при периодическом контроле запасов.



Рис. 3. Схема определения максимального уровня запасов нефтепродуктов

Рассмотрим модели поведения агентов координационной группы.

Агент *PlanningCenterAgent* формирует план поставок нефтепродуктов с НПЗ для неудовлетворенного объема заявок на поставку от потребителей (АЗС) и отправляет его агенту *ProcuringCoordinationAgent*.

Агент *ProcuringCoordinationAgent* получив от агента *PlanningCenterAgent* план закупок нефтепродуктов с НПЗ, содержащий запрашиваемые объемы нефтепродуктов, которые должны быть доставлены в требуемые сроки, решает задачу линейного программирования, представленную целевой функцией, которая минимизирует сумму покупки, транспортировки, хранения и штрафных расходов, которые являются экономическими компонентами этой модели при условии того, что число заказов удовлетворяется; гарантии того, что отгружаемый объем не будет превышать заказной объем для каждого НПЗ в любой момент времени; ограничения по минимальной и максимальной производительности.

Агент *PlanningCenterAgent* формирует также план перевозок для всех транспортировок в системе (от НПЗ и от нефтебаз) и отправляет его агенту *TransportCoordinationAgent*.

Каждая задача на перевозку нефтепродуктов описывается местом отправления, местом назначения, объемом и временными рамками. Перевозчик-претендент формирует цену для каждой задачи.

Модель поведения агента представлена целевой функцией, которая минимизирует затраты на транспортировку при условии, что каждой задаче назначается перевозчик.

Далее в оптимизации плана перевозок принимает участие транспортная модель, описанная выше. С учетом работы агента *TransportationAgentManager* полученный план будет представлять собой множество структур вида $U = \langle M_i, V_i, T_i \rangle$, где M_i - маршрут i -й перевозки, V_i - бензовоз, осуществляющий i -ю перевозку, T_i - сроки начала и окончания выполнения перевозки, эффективных по критериям суммарных расходов на перевозку и использования транспортных средств.

Рассмотрим вопросы, связанные с моделированием рынка.

Рынок нефтепродуктов представляет собой сложную систему, в которой очень многие процессы сочетаются в различных временных и пространственных масштабах, влияющих на стоимость нефтепродуктов. Это внутренние расходы вертикальных интегрированных нефтяных компаний (ВИНК) и нефтетрейдеров, влияние внешних факторов (мировые цены на нефть, налоги и пошлины и др.) и региональные особенности. Анализ отечественного рынка нефтепродуктов показывает, что конкуренция оказывает существенное влияние на установление цены на топливо. Розничные рынки топлива (АЗС) борются за клиентов в локализованных, но перекрывающихся районах. Особенностью этого рынка является однородность продукции, что исключает существование сложных компромиссных решений при ценообразовании для привлечения потребителей. Это дает возможность достаточно эффективно решить задачу моделирования изменения цен на топливо в региональном масштабе. Агентный подход очень хорошо подходит для моделирования рыночного ценообразования нефтепродуктов, где есть дискретный набор пространственно распределенных организаций, в данном случае автозаправочных станций, которые взаимодействуют друг с другом и окружающей средой. Основная задача при этом состоит в том, чтобы смоделировать поведение АЗС и формализовать правила и стратегии, которые они используют при реализации нефтепродуктов.

Таким образом, АЗС в нашей модели представлена в качестве агента *CustomerAgent*, который обладает знанием первоначальной стартовой цены, собственных издержек, а также цен на станциях в своем районе (определяется на расстоянии фиксированного радиуса от рассматриваемой АЗС). Автономный характер поведения агентов АЗС *CustomerAgent* дает возможность им реагировать на других агентов АЗС на основе собственной информации и

данных полученных от них. При этом каждая станция может иметь свои наборы правил, цены и уровни прибыли. Цены и информация о местоположении распределяются между агентами для моделирования конкурентной среды. Т.е. каждый агент может просмотреть цены на соседней станции и применить ряд правил для регулирования собственных цен на топливо. Типовое правило может быть сформулировано следующим образом «если собственная цена меньше или больше, чем у ближайшей соседней станции, то установить цену соседней станции». В общем случае правила могут быть назначены для станций в пределах компании, к которой они относятся или с учетом региональных особенностей. Активное поведение агентов АЗС заключается в мониторинге своего уровня цен и прибыли, а также принятие мер для поддержания или максимизации последней. Реактивное поведение связано с принятием решений по правилам ценообразования и корректировка цен на нефтепродукты на основе предоставленной им информации.

Все агенты АЗС пытаются максимизировать свою прибыль. Для моделирования поведения АЗС, были введены следующие правила:

1. Если прибыль растет, то вести продажи с текущей ценовой стратегией (т.е. следить за прибылью и продолжать реализацию последнего изменения цен, пока прибыль не начнет падать).

2. Если прибыль падает, изменить стратегию путем увеличения или, если это не приведет к положительным результатам, то снижения цены. Если один из способов позволил улучшить ситуацию, то вернуться к шагу 1.

3. Если прибыль двух последних периодов времени практически не изменилась (т.е. она достигла пика своей кривой), то держать цены постоянными, пока прибыль не начнет снова падать.

Таким образом, в рамках разработанной агентной модели анализа процессов нефтепродуктообеспечения мы рассмотрели комплекс частных моделей, описывающих динамику характеристик звеньев ПНПО с учетом влияния сценарных условий, ограничений и различных управляющих параметров. Глобальное поведение и состояние системы формируется как результат локального поведения и взаимодействия агентов.

Заключение

Таким образом, предложенная модель учитывает множество взаимосвязанных потоков, требований, целей и стратегий поведения отдельных его элементов, а также динамику логистических процессов нефтепродуктообеспечения. На основе раз-

работанной модели возможно решение различных аналитических и планово-прогнозных задач: анализ основных планово-экономических показателей деятельности предприятия в различных разрезах, а также прогноз состояния при различных вариантах покупки/продажи ресурсов с формированием портфеля заказов, графика использования автопарка, графика управления запасами на АЗС в соответствии с установленными критериями. При этом агентная модель легко расширяема. Например, в перспективе могут быть созданы агенты, в которые будут заложены более детальные закономерности логистических процессов, сезонные колебания, различные модели поведения контрагентов и др.

Таким образом, разработанная система позволяет: эффективно управлять сложными потоковыми процессами в интегрированных комплексах хранения и распределения нефтепродуктов; сократить затраты на логистику нефтепродуктов и содержание автопарка; повысить качество, достоверность и сократить время на выработку и принятие рациональных решений при выборе стратегий и реализации приоритетов производственной и рыночной политики предприятий нефтепродуктообеспечения.

Литература

1. *Интеллектуальная система планирования перевозок сети автозаправочных станций [Электронный ресурс] / К.А. Аксенов, Е.Ф. Смолий, А.А. Скворцов, О.П. Аксенова, Е.М. Сафрыгина, А.В. Волкова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №3. – Режим доступа: www.science-education.ru/103-6279. – 26.11.2012 г.*

2. *Neiro, S.M.S. Pinto Supply chain optimization of petroleum refinery complexes [Text] / S.M.S. Neiro, J.M. Pinto // Proceedings Foundations of Computer-Aided Process Operations. – 2003. – P. 59-72.*

3. *Development of a simulation tool to assess a petroleum company sales & operation planning [Text] / Luiz Claudio M. Paschoal, Daniel V. Chiarini, Ivan de Pellegrin, Juliana S. G. Yonamine // Proceedings of the 4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering. – 2005. – P. 156-162.*

4. *Толуев, Ю.И. Имитационное моделирование логистических сетей [Текст] / Ю.И. Толуев // Логистика и управление цепями поставок. – 2008. – № 2 (25). – С. 53-63.*

5. *Прохоров, А.В. Агентное имитационное моделирование процессов управления предприятиями нефтепродуктообеспечения [Текст] / А.В. Прохоров, Амен Соуд Абдалазез Мохаммед // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2011. – №3(51). – С. 37-43.*

Поступила в редакцію 26.11.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных технологий проектирования летательных аппаратов Е.А. Дружинин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Харьков.

КООРДИНАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ АГЕНТІВ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ НАФТОПРОДУКТОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Соуд Абдалазез Мохамед Амен, О.В. Прохоров, О.Є. Федорович

Розглянуто основні особливості аналізу процесів нафтопродуктозабезпечення з позицій логістичного підходу та імітаційного моделювання. Запропоновано агентну імітаційну модель аналізу потоків процесів у ланцюжку постачань «мережа нафтобаз – мережа АЗС». Описано основні особливості поведінки та взаємодії агентів при моделюванні процесів постачання нафтопродуктів на АЗС. Розроблена модель може бути використана для прийняття рішень по ефективному управлінню поточковими процесами в інтегрованих комплексах зберігання та розподілу нафтопродуктів.

Ключові слова: агентна імітаційна модель, агент, нафтопродуктозабезпечення, логістика, ланцюжок постачань.

COORDINATION OF AGENTS IN SIMULATION OF PETROLEUM SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Soud Abdalases Mohammed Amen, A.V.Prokhorov, O.Ye. Fedorovich

The main features of petroleum supply chain management by using logistics and simulation modeling approach is considered. We propose the agent-based simulation model for analysis of logistics in the supply chain "network of refiners - a network of gas stations". We describe the detail of behavior and agents interaction in the simulation process of distribution petroleum products. The proposed model can be used to make decisions for effective management in integrated complexes of petroleum storage and distribution.

Key words: agent-based simulation model, agent, petroleum supply, logistic, supply chain.

Амен Соуд Абдалазез Мохаммед – аспірант каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Прохоров Александр Валерьевич – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: al_val@mail.ru.

Федорович Олег Евгеньевич – д-р техн. наук, профессор, зав. каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.