

текущие цены на близлежащих станциях и принимает решение, основываясь на этих данных. Тогда:

$c_1$  – цена 92-ого бензина на АЗС «Татнефть», которую необходимо установить,  
 $c_{2,3,\dots,n}$  – цены конкурентов (заданные величины).

В качестве примера используем уже имеющуюся у нас информацию. Рассчитаем точку  $x$  для пары игроков: ПТК и «Газпром». Она находится на расстоянии 2,45 км от начала отрезка. Значения аналогичных точек для пар «Татнефть-ПТК» и «Татнефть-Газпром» указаны выше.

Следовательно, весь отрезок можно разделить на участки:

- 1) Покупатели, которые примут решение заправляться бензином марки Аи 92 на АЗС «Газпром» находятся на отрезке  $[0; 2,45]$ ,
- 2) Клиенты станции ПТК располагаются на промежутке  $(2,25; 5,4)$ ;
- 3) Те, кто предпочтет товар компании Татнефть будут находиться на следующем участке шоссе –  $[5,4; 6,5]$ .

Таким образом, нам удалось определить зону влияния каждого игрока при заданных ценах. В дальнейшем это позволит, выбирая различные стратегии игроков, определить как будут меняться указанные зоны.

Для того чтобы сформулировать конкретные предложения относительно стратегий для компании «Татнефть», необходимо произвести расчеты для оставшихся игроков («Кириши», «Лукойл», «Роснефть»), а также определить их зоны влияния, чтобы совершенствовать ценовую политику.

### Список литературы

1. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 448 с.

## МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

*Белых Дарья Леонидовна,*

*аспирант Санкт-Петербургского государственного университета,  
г. Санкт-Петербург*

### АННОТАЦИЯ

Дано краткое описание цепи поставок и концепции управления ею. Описаны подходы к моделированию цепей поставок. Обосновано применение мультиагентных систем для моделирования взаимодействия участников цепи поставок с целью оценки процессов, протекающих в цепи, и анализа возможных последствий при реализации различных сценариев.

**Ключевые слова:** управление цепями поставок; мультиагентные системы; моделирование.

В настоящий момент среди исследователей в области экономики стала популярна концепция управления цепями поставок, которая представляет собой набор подходов, направленных на обеспечение согласованной работы участников цепи поставок с целью снижения общих затрат на создание, транспортировку и хранение некоторого продукта и увеличения конкурентоспособности участников данной цепи [1]. В состав цепи поставок входят компании, которые принимают участие в совместном производстве некоторого товара или нематериальной услуги, в качестве которых могут выступать поставщики, производители, дистрибуторы и ритейлеры.

Для повышения своей конкурентоспособности и конкурентоспособности цепи поставок в целом, компании должны уметь быстро реагировать на постоянно изменяющиеся условия, к которым, помимо прочих, относятся колебания потребительского спроса и стоимости ресурсов, доступность сырьевых материалов и товаров, чтобы иметь возможность поддерживать удовлетворённость потребителей и уровень дохода. Таким образом, становится необходимо осуществлять поддержку принятия решений для участников цепи поставок, чтобы их решения не наносили ущерб производительности цепи. Однако увеличение скорости изменения среды приводит к увеличению сложности оценки протекающих в цепи поставок процессов, что вызывает необходимость поиска новых инструментов, позволяющих оценивать последствия тех или иных действий участников цепи поставок для всей цепи.

Ранее используемый подход к моделированию цепей поставок основывался на уравнениях, которые формально описывали отношения между наблюдаемыми переменными (количественные характеристики одной или нескольких сущностей). В ходе выполнения модели итерационно решались уравнения, и отслеживалось изменение переменных.

В настоящий момент целесообразно, наряду с уже применяемыми подходами, исследовать цепи поставок при помощи моделирования на основе агентов, которые инкапсулируют поведение каждого участника цепи поставок. Применение мультиагентных систем для моделирования эффективно, прежде всего, в распределённых системах, где агенты автономны и территориально расположены удалённо друг от друга, получают данные из разных источников и должны координировать свои действия для оптимизации одного или нескольких глобальных критериев. Данным характеристикам отвечает, в том числе, и цепь поставок, которая может быть представлена как сеть автономных и полу-автономных бизнес-сущностей, коллективно осуществляющих закупку, производство и распределение одного или нескольких товаров и/или услуг [2].

Моделирование на основе представления цепи поставок в качестве мультиагентной системы предоставляет возможности по исследованию поведения участников цепи поставок на основе имитации взаимодействия агентов друг с другом и с окружающей средой. Помимо этого, появляется возможность осуществлять мониторинг их поведения и отслеживать изменение переменных, которые могут варьироваться под влиянием действий других агентов.

Использование мультиагентных систем при моделировании нацелено на создание некоторой мультиагентной системы, которая имитирует выполнение сценария реального мира, позволяет изучать проблемы, возникающие в управлении цепями поставок. Моделирование цепи поставок является сложным процессом, который включает в себя разработку репрезентативной модели и выполнение этой модели в соответствии с набором гипотез, связанным с разными сценариями. Анализ и интерпретация результатов моделирования позволит достичь большей производительности цепи поставок за счёт эффективной организации и координации её процессов и функциональности.

Соответственно, в рамках моделирования, основанного на агентах, есть возможность наблюдать с течением времени за поведением каждого участника цепи поставок и за динамикой цепи, возникающей в результате их взаимодействия.

Имитационное моделирование имеет некоторые преимущества при моделировании цепи поставок по сравнению с другими подходами [3]. Моделирование процессов, основанное на теории систем, обычно не позволяет получить оценку поведения динамической системы с течением времени, когда она сталкивается со стохастическим воздействием окружающей среды. Моделирование на основе математической формализации цепи поставок, которое может быть реализовано либо на основе теории управления при помощи

дифференциальных уравнений, либо на основе теории оптимизации, требует применения аппроксимации и часто ограничено.

В свою очередь имитационное моделирование, которое основывается на системной динамике, подразумевает, что структура цепи поставок и управление потоками определяют производительность цепи. Позднее стало применяться непрерывное моделирование (continuous simulation) и имитационное моделирование дискретных событий (discrete event simulation). В настоящее время для моделирования цепей поставок предпочитают использовать дискретно-событийное моделирование, а не непрерывное моделирование. Тенденция применять агентный подход появилась именно в рамках дискретно-событийного моделирования.

Моделирование, основанное на агентах, и имитационное моделирование значительно расширяют возможности дискретно-событийного моделирования для описательных и нормативных целей в контексте сложных цепей поставок. Оно нацелено на изучение взаимодействия автономных агентов с точки зрения их влияния на всю систему в целом.

Моделирование цепей поставок может быть использовано для описательных или нормативных целей. Ранее преследовалась цель помочь лицам, принимающим решения, лучше понять поведение и выполнение моделируемой цепи поставок и сформировать управленческие выводы. На данный момент моделирование преследует цель улучшить функционирование и повысить эффективность цепи поставок за счёт определения лучших решений, которые необходимо принять в отношении структурных, организационных, управленческих и технологических преобразований.

Моделирование применяется для понимания и предсказания поведения системы. Его использование позволяет наблюдать за поведением цепи поставок в течение времени, что даёт возможность одновременно изучить организационные процессы принятия решений для анализа зависимости участников цепи поставок друг от друга и изучить соответствие методов координации и политик принятия решений. Более того, моделирование может использоваться в сочетании с оптимизацией, что позволит проверить значимость и последствия результатов моделирования.

Стоит отметить, что положения концепции управления цепями поставок, наряду с применяемыми в её рамках моделями и методами, могут применяться не только к цепям поставок, нацеленным на производство материальных товаров. Результаты исследований производственных цепей поставок, нацеленных в большинстве случаев на улучшение бизнес-операций могут быть в той или иной степени перенесены для улучшения производительности при осуществлении совместной деятельности организаций и в других сферах, таких как образование [4] или государственное управление.

### Список литературы

1. Кирюков С.И., Кротов К.В.. Развитие концепции управления цепями поставок: маркетинговый подход // Вестник СПбГУ. – Серия 8. – Выпуск 4. – 2007. – С. 97-111.
2. Brahim Chaib-draa, Jörg P. Müller. Multi-agent based Supply Chain Management, – The Springer, 2006.
3. Labarthe O. et al. Toward a methodological framework for agent-based modelling and simulation of supply chains in a mass customization context // Simulation Modelling Practice and Theory. – 2007. – Т. 15. – №. 2. – С. 113-136.
4. Habib M. Supply Chain Management (SCM): Theory and Evolution. – INTECH Open Access Publisher, 2011.