

К.А. Аксенов, канд. техн. наук, доцент,
Н.В. Гончарова, канд. техн. наук, доцент,
Е.Ф. Смолий, С.Ю. Долматов,
О.П. Аксенова, канд. хим. наук,¹
г. Екатеринбург

ВЫБОР ЦЕНОВОЙ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПОДХОДА

Рассмотрено моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов в организационно-технических системах. Проведен анализ существующих систем динамического моделирования ситуаций, обоснована необходимость разработки таких систем для моделирования. На основе интеграции методов имитационного, экспертного, мультиагентного и ситуационного моделирования разработана модель, которая легла в основу пакета программ СДМС BPsim.MAS. Возможности пакета проиллюстрированы на примере решения задачи определения ценовой стратегии предприятия, работающего на рынке оконных конструкций.

Ключевые слова: ценовая стратегия, модель мультиагентного процесса, система динамического моделирования, пакет программ.

Применение ситуационных моделей в управлении процессами способствует повышению эффективности и качества принимаемых решений, сокращению времени процесса принятия решений, а

также более рациональному использованию имеющихся ресурсов.

Создание систем динамического моделирования ситуаций является одним из перспективных направлений развития систем поддержки принятия решений. В настоящее время наблюдается существенный интерес к области мультиагентных систем, спецификой которых является наличие сообществ взаимодействующих агентов, отождествляемых с лицами, принимающими решения.

Особенности процессов преобразования ресурсов в организационно-технических системах

Анализ различных процессов преобразования ресурсов (производственных, организационно-технических и бизнес-процессов) позволяет выделить их особенности:

1. Объекты организационно-технических систем характеризуются

Аксенов Константин Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем управления ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; e-mail: wiper99@mail.ru.

Гончарова Наталья Вадимовна – кандидат технических наук, доцент кафедры экономики и управления металлургическими предприятиями ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; e-mail: kanc@mail.ustu.ru.

Смолий Елена Фадеевна – зам. директора по техническим вопросам ООО «НПП «Системы автоматизации поддержки бизнеса»; e-mail: mail@bpsim.ru.

Долматов Сергей Юрьевич – директор ЗАО «Уральская индустриальная группа»; e-mail: wiper99@mail.ru.

Аксенова Ольга Петровна – кандидат химических наук, программист кафедры автоматизированных систем управления названного университета; e-mail: wiper99@mail.ru.

сложностью структуры и алгоритмов поведения, многопараметричностью, что приводит к сложности их моделей и требует при разработке построения иерархических модульных конструкций, а также использования описания внутрисистемных процессов [1].

2. На самых нижних уровнях процесс может быть представлен с точностью до элементарных операций преобразования ресурсов [2].

3. В организационно-технических системах довольно сложно оценить параметры потоков информации, установить определенные и нормированные структуры данных для принятия решений.

Для систем такого типа характерно

- вероятностное поведение, вызываемое воздействием множества объективных и субъективных факторов;
- высокая изменчивость источников и адресатов информации, номенклатуры и форм представления документов;
- слабая формализованность маршрутов и методов обработки информации внутри организации;
- недостаток квалифицированных специалистов в области *информационных технологий* [3].

Отсюда вытекает потребность в интеллектуальной системе поддержки принятия решений, которая бы взяла на себя все формализованные функции исполнителей и оказала существенную поддержку при решении трудноформализуемых задач. Организационные задачи во многих случаях не имеют точных алгоритмов решения, а разрешаются в рамках некоторых сценариев, которые в общих чертах хорошо известны исполнителям, но в каждой конкретной ситуации могут изменяться. Такие сценарии весьма трудно описать алгоритмическими моделями. Более адекватными оказываются модели представления знаний, позволяющие

менять правила поведения и осуществлять логические выводы на основании содержания базы знаний [3].

Анализ состояния в области систем динамического моделирования ситуаций показывает, что в настоящее время не существует систем, ориентированных на процессы преобразования ресурсов. Ближайшими по функциональности аналогами являются средства имитационного и экспертного моделирования и, в частности:

- экспертная система реального времени G2;
- система мультиагентного имитационного моделирования AnyLogic;
- средство моделирования БП ARIS.

Был проведен сравнительный анализ данных систем [3] на соответствие следующим требованиям:

- 1) проектирование концептуальной модели предметной области;
- 2) описание знаний о предметной области и вывод на знаниях;
- 3) описание динамических процессов преобразования ресурсов;
- 4) создание иерархической модели процесса;
- 5) наличие языков описания ситуаций, команд;
- 6) построение мультиагентных моделей (наличие сообществ *интеллектуальных агентов*, обладающих моделью поведения и знаниями);
- 7) интеграция имитационного моделирования, экспертных систем и ситуационного управления;
- 8) интеграция с системой сбалансированных показателей (Balanced ScoreCard (BSC));
- 9) поддержка русского языка.

Анализ показал, что ни одна из систем не обладает всеми функциями, необходимыми для мультиагентной системы динамического моделирова-

ния ситуаций. Функции проектирования концептуальной модели предметной области и построения мультиагентных моделей, содержащих интеллектуальных агентов, рассмотренные системы не поддерживают. Методику BSC поддерживает только система ARIS, но она не поддерживает интеграцию имитационного моделирования и BSC. Описание модели на ограниченном естественном языке (английском) поддерживается в системе G2.

С точки зрения непрограммирующего пользователя удобными средствами создания модели мультиагентного процесса преобразования не обладает ни одна из систем. Аналоги плохо поддерживают русский язык и имеют высокую стоимость (50—70 тыс. долл.). К достоинствам пакетов AnyLogic и G2 можно отнести использование языков высокого уровня, благодаря чему пакеты могут обеспечивать серьезный уровень функциональности. Система G2 (фирма Gensym, США) является системой двойного назначения и в России не используется.

Таким образом, среди мультиагентных процессов преобразования ресурсов в настоящее время полнофункциональные системы динамического моделирования ситуаций отсутствуют, поэтому создание такой системы является важной и актуальной задачей.

Модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов

При проведении *системного анализа* организационно-технических систем обычно описывают следующие составляющие: миссию, виденье, стратегии, процессы. Применение теории мультиагентных процессов преобразования ресурсов позволяет по-новому взглянуть на ОТС с точки зрения динамических систем, основанных на знаниях.

Элемент процесса преобразования или весь процесс можно представить в виде структуры, включающей:

- вход,
- запуск,
- преобразование,
- управление,
- выход.

Основными объектами модели мультиагентных процессов преобразования ресурсов являются (рис. 1): операции (*Op*); ресурсы (*Res*); команды управления (*U*); средства (*Mech*); процессы (*Pr*); источники (*Sender*) ресурсов; приемники ресурсов (*Receiver*); перекрестки (*Junction*); параметры (*P*); агенты (*Agent*) или модели лица, принимающего решения. Описание причинно-следственных связей между элементами преобразования и ресурсами задается объектом «связь» (*Relation*).

Агенты управляют объектами процесса преобразования. Агент выполняет следующие действия (рис. 2):

- 1) анализирует внешние параметры (текущую ситуацию);
- 2) диагностирует ситуацию, обращается к базе знаний. В случае определения соответствующей ситуации агент пытается найти решение (сценарий действий) в базе знаний или выработать его самостоятельно;
- 3) вырабатывает (принимает) решение;
- 4) определяет (переопределяет) цели;
- 5) контролирует достижение целей;
- 6) делегирует цели своим и чужим объектам процесса преобразования, а также другим агентам;
- 7) обменивается сообщениями.

Рассмотрение организационно-технических систем в виде мультиагентных процессов преобразования ресурсов позволяет также уделить внимание следующим элементам:

- моделям ЛПР, их знаниям, моде-

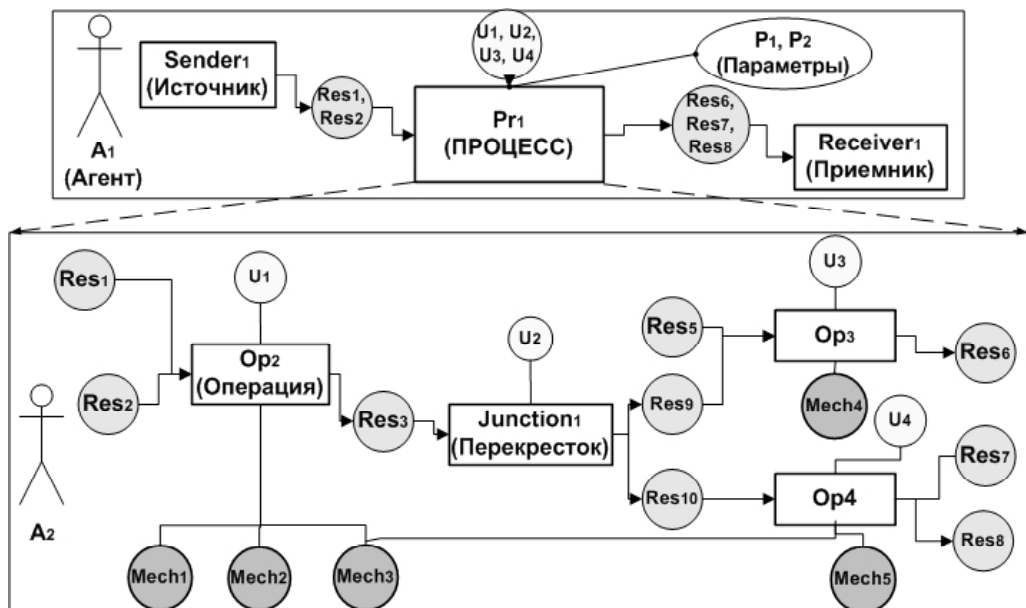


Рис. 1. Объекты мультиагентной модели процесса преобразования ресурсов

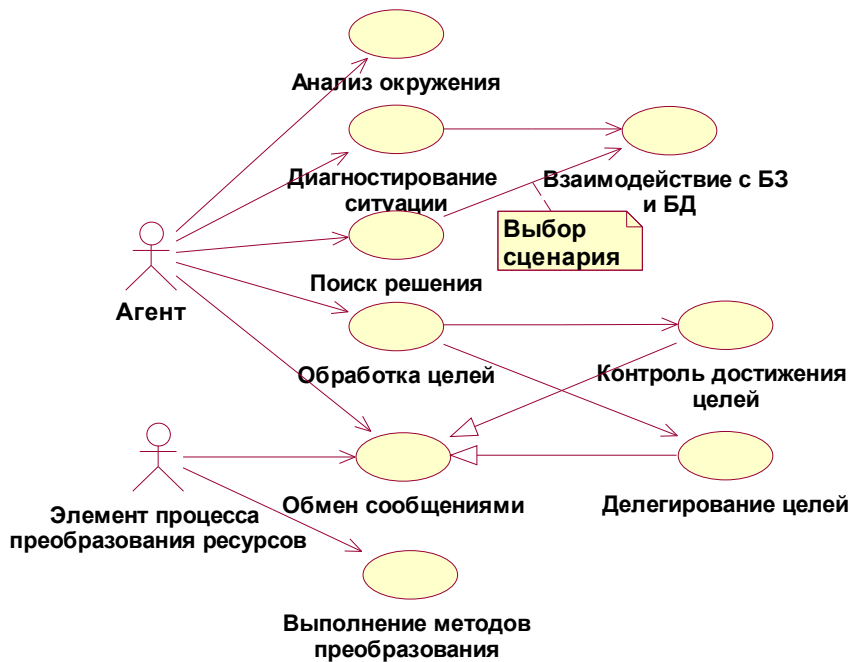


Рис.2. Диаграмма прецедентов, определяющая отношения между агентом и процессом преобразования ресурсов

лям поведения (процессам принятия решений);

- динамической составляющей процессов;
- рассмотрению отношений миссии, видения, стратегий, целей, ключевых показателей деятельности (параметров) и мероприятий (процессов) с помощью методики стратегического управления – системы сбалансированных показателей [2].

При построении моделей мультиагентных процессов преобразования ресурсов необходимо учитывать сложность структуры процессов и иерархическую составляющую, задача выбора соответствующей стратегии изучения и проектирования таких моделей и соответствующих методов решается в следующем разделе.

Иерархические модели организационно-технических систем

Стадия концептуального анализа или структурирования знаний традиционно является (наряду со стадией извлечения) «узким местом» в жизненном цикле разработки интеллектуальных систем. Системный анализ тесно переплетается с теорией систем и включает совокупность методов, ориентированных на исследование и моделирование сложных систем – технических, экономических, экологических и т.п. [5].

Проектирование сложных систем и методы структурирования информации традиционно использовали иерархический подход [6]. На высших уровнях иерархии используются наименее детализированные представления, отражающие только самые общие черты и особенности проектируемой системы. На следующих уровнях степень подробности возрастает, при этом система рассматривается не в целом, а отдельными блоками. Продвижение

от уровня к уровню имеет строгую направленность, определяемую стратегией проектирования – дедуктивную нисходящую «сверху вниз» (top-down) или индуктивную восходящую «снизу вверх» (bottom-up) [5].

Для описания иерархической структуры мультиагентных процессов преобразования ресурсов [2] были использованы системные графы высокого уровня интеграции [7] и разработанная графическая нотация (рис.3).

С точки зрения динамического моделирования в имитации участвуют только те элементы, которые в результате системного анализа не были детализированы. При использовании аппарата системных графов на первом шаге построения модели (0-й уровень интеграции) динамической системы получаем все необходимые данные для имитации. Применение аппарата системных графов позволяет использовать как индуктивную, так и дедуктивную стратегию проектирования. В следующем разделе на основе вышеизложенной модели мультиагентных процессов преобразования ресурсов представлены принципы разработки и технические решения созданной мультиагентной системы динамического моделирования ситуаций процессов преобразования ресурсов. Создание системы потребовало разработки: интерфейсов описания модели; системы динамического моделирования ситуаций, в том числе программного, информационного, алгоритмического, математического и методического обеспечения; технологии работы с программной системой.

За основу построения системы динамического моделирования ситуаций была взята проблемно-ориентированная *система имитационного моделирования* VPsim. Линейка продуктов семейства VPsim разрабатывается ООО «НПП «Системы автоматизации поддержки

бизнеса» при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (www.bpsim.ru).

Пример применения системы

Департамент оконных конструкций ЗАО «Уральская индустриальная группа» (ЗАО «УИГ») занимается производством и продажей пластиковых окон. Окна производятся как на собственном производстве, так и по заказу ЗАО «УИГ» на Самарском оконном заводе (СОК, г.

Самара), затем осуществляется доставка окон на объект и их монтаж.

Цель: разработать план действий и ценовую стратегию предприятия для увеличения доли рынка и перехода на новый технологический уровень, повышающий конкурентоспособность.

Постановка задачи: Построить модель и проанализировать положение предприятия на рынке услуг, оценить деятельность конкурентов и, с учетом их поведения, скоординировать собственную маркетинговую стратегию.

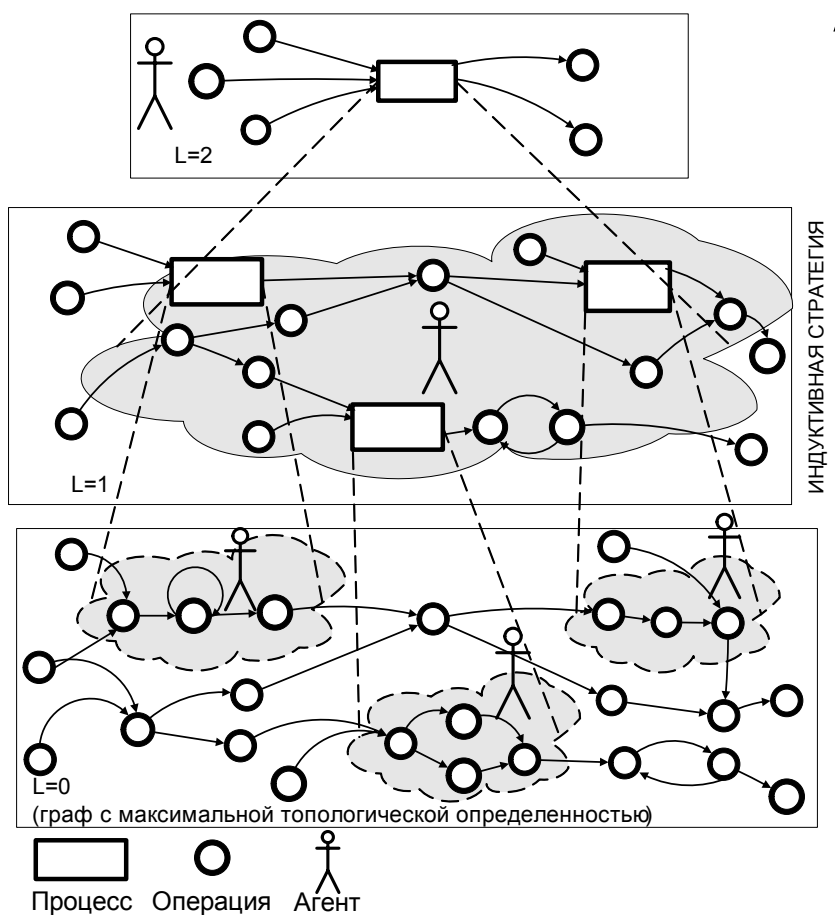


Рис. 3. Иерархическое представление мультиагентных процессов преобразования ресурсов

Задача расчета долгосрочной ценовой стратегии состоит из двух этапов, на каждом из которых должны быть получены следующие результаты: на первом этапе - путем снижения цен предприятие увеличивает объем продаж за счет вытеснения с рынка слабых конкурентов; на втором – путем постепенного повышения цены, не снижая доли рынка, получает дополнительную прибыль, позволяющую модернизировать производственные мощности предприятия современным оборудованием, способствующим повышению конкурентоспособности (улучшению качества и увеличению количества продукции) и привлечению новых групп потребителей на рынке.

Также необходимо определить оптимальную долю рынка (объем производства) и цену товара, обеспечивающих получение необходимой дополнительной прибыли.

Агентно-ориентированная имитация вскрывает и объясняет механизм возникновения оптимального поведения сложной мультиагентной системы, состоящей из множества взаимодействующих активных элементов, описываемых как некоторые интеллектуальные агенты. Активные элементы (в маркетинговых ситуациях) – участники рынка варьируют свои свойства и поведение в зависимости от состояния других элементов и среды [8].

Важнейшей характеристикой рынка является число продавцов и покупателей товаров, по данному признаку рынок оконных конструкций ЗАО «УИГ» относится к олигопольной маркетинговой системе.

Особое место олигополии проявляется в ценообразовании со стороны производителей – продавцов. При этом возникают стратегические факторы, которые необходимо принимать во внимание при изменении ценовой политики и ценового равновесия.

Так, снижение цены может, во-первых, сопровождаться снижением цен у компаний-конкурентов и, таким образом, не дать желаемого увеличения объема продаж и прибыли. Во-вторых, оно может не повлиять на цены конкурентов, но привести к проведению последними мощной рекламной кампании, направленной на повышение своего имиджа в глазах потребителя. И в этом случае фирма-олигополист ничего не выиграет, а в ряде случаев может и проиграть, поскольку также будет втянута в разорительную рекламную кампанию или в новый виток снижения цен. Выигрыш возможен только в случае нейтрального отношения конкурентов к снижению цены. Если кто-либо из конкурентов изменит цену или объем производства, то последствия скажутся на прибыли всех остальных фирм на рынке.

Ожидаемая реакция в ответ на свои действия в области маркетинга, цены и объема производства является основным фактором, определяющим решение продавца и влияющим на равновесное состояние олигопольного рынка. Поэтому любая модель олигополии должна содержать прежде всего схему ответных действий фирмы на реакцию конкурентов, вызванную изменением положения на рынке. В условиях совершенной конкуренции в олигополии главной целью конкурентной борьбы является доля рынка. Для достижения большей доли участники олигополии пытаются превзойти друг друга новыми разработками, улучшением качества продукта, рекламой, лучшим обслуживанием и т.д. [8].

На рис. 4 представлены результаты изменения доли рынка ЗАО «УИГ» в зависимости от различных ценовых стратегий:

- 1 – постепенное уменьшение в течение года цены при пассивном поведении конкурентов;
- 2 – быстрое снижение цены в первом

квартале года при пассивном поведении конкурентов;

3 – плавное снижение цены в первом полугодии при пассивном поведении конкурентов;

4 и 5 – плавное и быстрое снижение цены в первом полугодии при активном поведении конкурентов;

6 и 7 – реализация двух видов скачкообразной ценовой стратегии при активном поведении конкурентов;

8 и 9 – быстрое снижение цены в течение первых двух месяцев до двух разных порогов при активном поведении конкурентов;

10 и 11 – плавное снижение цены в течение 7 и 5 месяцев соответственно при активном поведении конкурентов;

12 и 13 – быстрое снижение цены в течение первых двух месяцев при активном и пассивном поведении конкурентов соответственно;

14 – плавное снижение цены в первом полугодии при пассивном поведении конкурентов.

Заключение

Аналогичным образом были проведены эксперименты по изменению прибыли ЗАО «УИГ» в зависимости от разных ценовых стратегий.

Эксперименты «6» и «7» с применением скачкообразного изменения цены и активных моделей поведения конкурентов соответствуют показателям годовой прибыли 46 и 63 млн руб.

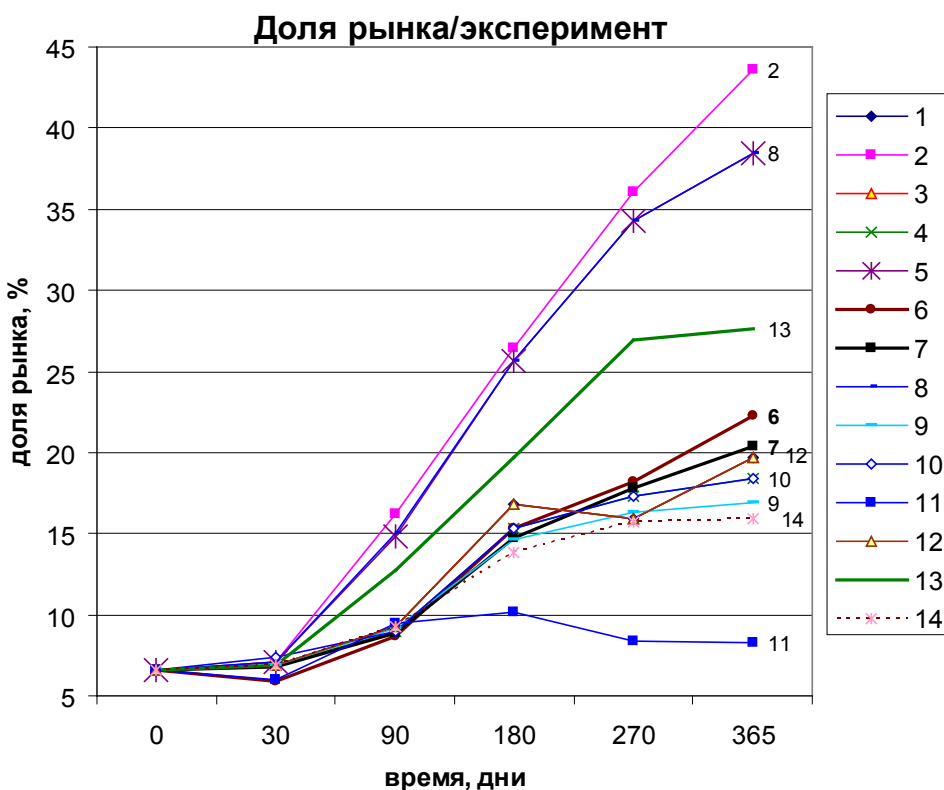


Рис. 4. Показатели долей рынка при различных ценовых стратегиях

и повышению доли рынка до 22 и 20 % соответственно. Эксперименты «2», «5» и «13» показывают хорошие результаты по доле рынка, но учитывают пассивные модели поведения конкурентов, на что не приходится рассчитывать. Эксперимент «8» с активными моделями пове-

дения конкурентов не удовлетворяет по показателям прибыли.

В рамках данной задачи также были найдены оптимальные значения чисел монтажных звеньев и центров продаж в зависимости от ожидаемого сезонного спроса в рамках выбранной ценовой стратегии.

Список использованных источников

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учеб. М. : Высшая школа, 2001. 343 с.
2. Аксенов К.А., Гончарова Н.В. Динамическое моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2006. 311 с.
3. Швецов А.Н. Модели и методы построения корпоративных интеллектуальных систем поддержки принятия решений: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.01 Санкт-Петербург, 2004. 461 с.
4. Аксенов К.А., Клебанов Б.И. Принципы построения системы имитационного моделирования процессов преобразования ресурсов VPsim ресурсов // Имитационное моделирование. Теория и практика: Мат-лы первой Всерос. научн.-практ. конф. СПб., 2003. Т. 1. С. 36–40.
5. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. СПб. : БХВ-Петербург, 2003. 608 с.
6. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. М. : Мир, 1978.
7. Аврамчук Е.Ф., Вавилов А.А., Емельянов С.В. и др. Технология системного моделирования. М. : Машиностроение, 1988. 520 с.
8. Ивашкин А.Ю. Мультиагентное имитационное моделирование маркетинговых ситуаций: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 Москва, 2004. 182 с.