

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНАТОРНЫХ АУКЦИОНОВ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАДАЧИ «ТРАНСПОРТ ПО ЗАПРОСУ»

С.В. Сатунин,

магистр, младший научный сотрудник

лаборатории ТАПРАРЕСС Нижегородского филиала

Государственного университета-Высшей школы экономики.

Адрес: г. Нижний Новгород, ул. Б. Печерская, д. 25/12,

e-mail: sergey.satunin@gmail.com.

В работе рассматривается агентный подход к моделированию интеллектуальных транспортных систем на примере модели «Транспорт по запросу». Исследуется применимость механизма комбинаторных аукционов для динамической генерации эффективных маршрутов транспортных средств в таких системах. Описываются проблемы, возникающие при моделировании, приводится обзор алгоритмов, позволяющих построить жизнеспособную модель.

Ключевые слова: комбинаторные аукционы, многоагентный подход, интеллектуальные транспортные системы, многоагентные модели, транспорт по запросу, алгоритмы маршрутизации.

Введение

В условиях бурного развития городов и растущей нагрузки на транспортную сеть все большее внимание начинает уделяться исследованию новых, перспективных моделей городского транспорта. Стимулы к подобным исследованиям могут быть различны: забота об экологии, стремление увеличить удовлетворенность потребителей услуг, желание оптимизировать расходы транспортных компаний там, где существующие системы перестают быть эффективными. Для достижения таких целей необходимы более гибкие подходы к решению классических транспортных

задач. В данной статье внимание сосредотачивается на модели «транспорт по запросу» (DRT – Demand Responsive Transport). Суть решения состоит в том, что для некоторой транспортной сети маршруты, время отправления, средства передвижения, и прочие параметры устанавливаются динамически, в зависимости от существующего спроса. Это создает ориентированную на потребителя и эффективную в плане затрат транспортную систему.

Поскольку такая система, очевидно, сложна, и в ней должны взаимодействовать несколько типов участников с различными целями, разумным выглядит применение агентного подхода[1].

Этот подход хорошо зарекомендовал себя для

решения задач, которые сложно или невозможно решить с помощью одного агента или монолитной системы, без учета слабо формализуемых связей, существующих в системе, и возможного самоорганизующегося поведения.

Одной из ключевых проблем при решении задачи DRT является эффективная генерация транспортных маршрутов, т.е. фактически задача эффективного распределения ресурсов транспортной сети с учетом известной в данный момент времени информации. Анализ современных публикаций, посвященных эффективному распределению ресурсов, показывает, что при решении подобных задач, все большее распространение получают так называемые комбинаторные аукционы.

Комбинаторный аукцион – это аукцион в котором каждый участник может делать ставку не только на отдельный объект, но и на некоторую их совокупность. Этот механизм эффективен в тех случаях, когда наборы товаров представляют из себя большую ценность с точки зрения покупателя, чем элементы этих наборов по отдельности. Применение комбинаторных аукционов позволяет покупателям более четко выражать свои предпочтения и, как следствие, увеличивают экономическую эффективность распределения ресурсов.

В настоящее время такие аукционы получают все большее распространение на практике: они используются для продажи радиочастот, транспортных маршрутов, эффективного управления поставками и т.д. [2] Также их применение можно встретить в робототехнике, электронной коммерции и многих других областях [3]

Если в задаче DRT рассматривать контракты на обслуживание пассажиров как предмет торгов, то, очевидно, некоторые группы пассажиров будут представлять для транспортных средств больший интерес в виде единого набора контрактов. Такими «привлекательными» с точки зрения транспортных средств наборами являются, например, группы пассажиров, находящихся на одной остановке, которым необходимо попасть в достаточно близкие точки транспортной сети. С учетом данной специфики можно предположить, что применение комбинаторных аукционов окажется эффективным и для такой модели.

**Задача оптимизации в модели
«транспорт по запросу»**

DRT-сервис предоставляет услуги транспорта по запросу, так, что маршруты, количество задействованных транспортных средств и другие параметры

решения определяются динамически, в зависимости от сложившейся в некоторой транспортной сети ситуации. Проблема понимается в достаточно широком смысле, поэтому можно встретить различные трактовки задачи DRT. Одной из наиболее часто встречающихся формальных постановок является следующая [4]:

Пусть существует некоторая транспортная сеть, представленная ориентированным графом, узлы которого представляют собой остановки, а дуги – участки дорог, ассоциированные с расстояниями между остановками. M – множество всех пассажиров, N – множество всех транспортных средств. $P(t)$ – множество пассажиров, не приписанных ни к одному транспортному средству в момент времени t . Каждый клиентский запрос от пассажира $z \in M$ определяется четверкой параметров

$$(StartTime_z, EndTime_z, StartPoint_z, EndPoint_z),$$

где $StartPoint_z, EndPoint_z$ – начальная и конечная точки маршрута,

$StartTime_z, EndTime_z$ – желаемое время начала и окончания исполнения запроса соответственно.

Каждое транспортное средство $i \in N$ определяется набором

$$(Point_i, Speed_i, Capacity_i) \quad (1),$$

где $Point_i$ – текущая точка, в которой находится транспортное средство,

$Speed_i$ – его средняя скорость,

$Capacity_i$ – максимальная вместимость.

Целевая функция задается следующим образом:

$$-\alpha \sum_{i=1..M} length_i + \beta \sum_{j=1..M} StartDelay_j + \gamma \sum_{j=1..M} EndDelay_j \rightarrow \min$$

$$\forall i \in N, \forall t C_i(t) \leq Capacity_i,$$

где α, β, γ – экспериментальные коэффициенты, $length_i$ – километраж i -го транспортного средства (отражает затраты транспортной компании),

$StartDelay, EndDelay$ – время задержки начала и окончания выполнения контракта.

$C_i(t)$ – количество пассажиров в i -ом транспортном средстве в момент времени t .

В применении к общественному транспорту в профиль пассажира следует включить переменную $price$ – т.е. сумму, которую пассажир готов уплатить за свой проезд, а параметры $StartTime_z, EndTime_z$ можно заменить на один параметр – время ожидания транспорта – wt . Тогда контракт можно будет формализовать следующим набором:

$$(StartPoint_z, EndPoint_z, price_z, wt_z) \quad (2)$$

а целевую функцию переписать так:

$$-\alpha \sum_{i=1..M} reward_i + \beta \sum_{i=1..N} length_i + \gamma \sum_{i=1..M} wt_i \rightarrow \min \quad (3)$$

Данная целевая функция учитывает как доходы и расходы транспортной компании, так и степень удовлетворенности клиентов, за счет включения времени ожидания пассажиров.

Наиболее известные подходы к решению задач такого класса описаны в работе [4]:

Точные методы включают полный перебор на множестве маршрутов и решение методом динамического программирования.

Приближенные решения базируются на использовании генетических алгоритмов и различных эвристик для уменьшения вычислительной нагрузки.

Приближенные методы выглядят предпочтительнее, поскольку задача построения модели общественного транспорта предполагает реальный режим времени. Точные вычисления в данных условиях становятся слишком накладными и «не успевают» за стремительно меняющейся ситуацией, в то время как приближенные позволяют получать приемлемые решения в разумные сроки.

Задача DRT как многоагентная модель

Если представить задачу DRT в виде многоагентной системы, то можно выделить следующие два типа агентов:

1) Транспортные средства (описываются профилем (1))

2) Пассажиры (описываются профилем (2))

Налицо некая конкурентная среда, в которой агенты-транспортные средства должны бороться за право обслужить агентов-пассажиров с максимальной для себя выгодой. Пассажиры же, в свою очередь, заинтересованы в получении качественных услуг в кратчайшие сроки. Финансовые ожидания агентов диаметрально противоположны: транспортные средства заинтересованы в получении максимальной прибыли, пассажиры же хотели бы заплатить как можно меньше.

Те и другие обладают некоторой информацией, те и другие имеют некоторые предпочтения. Пожелания агентов агрегируются целевой функцией (3). Данная целевая функция стремится учесть интересы всех участников системы и оптимизировать некую суммарную величину, которая отражает полезность системы в целом. Для нахождения оптимального решения необходим механизм, позво-

ляющий организовать обмен информацией между агентами и использовать вновь полученные данные в процессе оптимизации.

Поскольку поиск оптимального решения в задаче DRT сводится к поиску оптимального разбиения множества пассажирских контрактов между транспортными средствами, в качестве «третейского судьи» можно выбрать механизм аукционного распределения пассажиров.

Таким образом в модель вводится третий тип агентов:

3) Аукционист – агент, отвечающий за распределение пассажиров между транспортными средствами на основе механизма аукциона.

Чтобы учитывать предпочтения транспортных средств наиболее полно, будем считать, что агент-аукционист способен поддерживать проведение комбинаторных аукционов. Идея применения комбинаторных аукционов состоит в том, чтобы транспортные средства добавляли контракты в свои списки не по одному, как это принято в большинстве известных моделей, а сразу в виде некоторого, более предпочтительного, набора.

Решение задачи в рамках такой модели может выглядеть следующим образом:

Все транспортные средства со свободными местами просматривают все нераспределенные контракты и их совокупности (количество контрактов в наборе ограничено числом свободных мест в транспортном средстве). Для каждого набора контрактов строится оптимальный (в смысле значения целевой функции (3)) маршрут при возможном включении контракта в список исполняемых. Неэффективные маршруты удаляются из рассмотрения. Возможные маршруты упорядочиваются по предпочтительности. Таким образом для каждого транспортного средства мы получаем упорядоченный список наборов контрактов, которые его интересуют. На данном этапе мы каждое транспортное средство формирует эффективные, с его точки зрения, ставки.

Проводится аукцион по предпочтениям транспортных средств, победители включают выигранные контракты в свои исполняемые маршруты.

Шаги 1-2 повторяются до тех пор, пока все контракты не будут распределены, или не закончатся свободные места в транспортных средствах. Во втором случае система ожидает освобождения ресурсов.

Вышеописанная модель ставит несколько задач, требующих решения:

1) Агенты-транспортные средства должны уметь выражать свои предпочтения в форме ставок на на-

боры пассажиров (т.е. вычислять значения целевой функции вида (3) для каждого набора пассажиров, который их интересует).

2) Требование 1) подразумевает, что транспортное средство способно построить оптимальный маршрут, обслуживающий некоторый набор пассажиров. Эта задача относится к классу Pickup And Delivery Problem.

3) Аукционист должен предоставлять механизм проведения аукциона (возможны различные варианты дизайна аукциона) и уметь находить решения проблемы определения победителей (WDP – Winner Determination Problem).

Каждая из приведенных выше задач с ростом размерности дает огромную вычислительную нагрузку, поэтому приближенные методы решения с использованием различных эвристик вновь выходят на первый план. Рассмотрим варианты решения поставленных задач.

Методы выражения предпочтений агентов-транспортных средств.

Полный перебор на множестве контрактов с целью выявления наиболее предпочтительных наборов представляется неосуществимым в реальном режиме времени. Различные эвристики для сокращения объемов поиска на множестве контрактов описаны, например, в работе [3], где комбинаторные аукционы применялись для построения маршрутов агентов-роботов с целью поиска на частично неизвестной территории. Контрактом в этой задаче являлось обязательство посетить некоторую известную точку (цель). В работе были предложены следующие варианты эвристик:

◆ Ограничить число контрактов в наборе, на которые можно делать ставки. Для небольших размерностей использовался один из точных методов решения.

◆ Рассматривать ставки только на «хорошие» последовательности контрактов. Понятие хорошей последовательности определяется рекуррентно: каждая отдельная цель представляет собой хорошую последовательность. Добавление новой цели t к хорошей последовательности, заканчивающейся целью s , образует новую хорошую последовательность, если вознаграждение за посещение новой последовательности больше, чем за посещение старой и t – ближайшая к s цель среди всех целей, не входящих в старую последовательность.

◆ Использовать различные алгоритмы табу-поиска по дереву целей

После того, как пространство поиска сокращено,

необходимо иметь возможность оценки привлекательности наборов пассажиров.

Pickup And Delivery Problem

Суть задачи состоит в том, чтобы построить оптимальный (в смысле значения целевой функции (3)) маршрут, обслуживающий множество контрактов, заданных профилем вида (2). С дополнительным ограничением: для всех контрактов точка $StartPoint_i$ должна быть посещена раньше, чем точка $EndPoint_i$ (4).

Анализ публикаций, посвященных этой проблеме показывает, что в качестве основы для приближенного решения используется алгоритм Соломона, описанный в работе [8]. Суть алгоритма состоит в последовательном формировании маршрута.

1) На первом шаге рассматриваются все одиночные контракты, вычисляется значение целевой функции для маршрута, включающего каждый одиночный контракт. Контракт, для которого целевая функция приняла наилучшее значение становится стартовым отрезком маршрута.

2) Для каждого из оставшихся контрактов рассматриваются все его возможные включения в маршрут, полученный на предыдущем шаге так, чтобы удовлетворялось условие (4). Выявляется наилучшее возможное включение в текущий маршрут для каждого контракта. Из этих возможных маршрутов выбирается наилучший, он и становится текущим маршрутом.

3) Шаг 2) повторяется до тех пор, пока все контракты не будут включены в маршрут или не будет достигнуто ограничение по максимальной вместимости транспортного средства.

Алгоритм Соломона хорошо зарекомендовал себя на практике и зачастую используется как метод построения базового решения для применения других эвристик (например с использованием генетических алгоритмов)[9].

Механизмы проведения комбинаторных аукционов

Существует множество элементов дизайна КА, с помощью которых можно наиболее удобный в рамках некоторой задачи механизм распределения ресурсов. Сюда относятся в частности:

◆ Количество раундов.

Аукцион может проводиться в один или несколько раундов. Во втором случае обычно на каждом раунде определяются промежуточные победители и предварительное распределение лотов.

◆ **Время приема ставок.**

Непрерывное — когда любой участник может сделать ставку в любой момент проведения аукциона и дискретное — когда все участники могут делать ставки только в определенный момент — до начала нового раунда аукциона.

◆ **Язык выражения предпочтений.**

Ставки могут быть сложными объектами, связанными логическими операторами. Если внутри одного набора все элементы связаны, очевидно, логическим «AND», то предпочтения для многих наборов могут быть выражены через AND, OR или XOR. Таким образом покупатель может заявить, что его интересуют все наборы, один или несколько наборов или только один из наборов соответственно.

◆ **Критерий останова.**

Данная проблема специфична для многораундовых аукционов. Необходимо определить критерии, при соблюдении которых аукцион считается завершенным.

◆ **Правила приема ставок.**

Для многораундовых аукционов на каждом раунде могут быть определены так называемы «запрашиваемые цены» как на отдельные товары, так и на их наборы. Эти цены обычно определяются по результатам предыдущего раунда. Кроме того могут быть наложены дополнительные ограничения на поведение покупателей. Например в некоторых аукционах временные победители обязаны повторить свои ставки с предыдущего раунда в следующем раунде.

[2] дает полное описание теории комбинаторных аукционов. Там же рассматриваются наиболее распространенные на практике механизмы КА:

- 1) Однораундовый аукцион с закрытыми ставками
- 2) Аукцион VCG (Vickrey Clarke Grove)
- 3) Проху аукцион

Остановимся подробнее на первом и третьем типах аукционов, т.к. они были реализованы в программном прототипе.

Однораундовый аукцион с закрытыми ставками является самым простым и наиболее распространенным на практике. Аукцион проводится в один раунд. Все участники предоставляют аукционисту все свои комбинаторные ставки одновременно, с учетом заранее определенного языка выражения предпочтений, ни одному из участников не известны чужие ставки. Решается задача определения победителей, победившим участникам сообщается информация о выигрыше, после чего производится оплата. Несмотря на кажущуюся простоту, этот тип аукциона зарекомендовал себя очень хорошо. Он

учитывает основную идею КА и избавляет участников и организаторов торгов от необходимости рассмотрения различных аспектов дизайна, усложняющих модель. Единственным минусом этого подхода является незащищенность от возможных манипуляций участников торгов.

Проху — аукцион примечателен правилами поведения участников. Такой аукцион проходит в несколько раундов. Пусть $[0, 1, \dots, L]$ — множество участников аукциона. 0 — продавец, $1 \div L$ — покупатели. X_l — конечный набор контрактов, доступных покупателю l . Распределение контрактов описывается набором $x = (x_1, \dots, x_l)$. Доступное распределение — элемент непустого множества $F = X_1 \times \dots \times X_l$.

Предполагается, что каждый покупатель может упорядочить все возможные распределения, базирясь только на доставшихся ему в рамках этих распределений контрактах. Таким образом, покупатели выстраивают строгий порядок f_l на множестве X_l .

На каждом раунде состояние аукциона определяется предварительным распределением x_0^t и множеством ставок $(B_l^t)_{l=1, \dots, L}$. Изначально множество ставок пусто, предварительное распределение приписывает каждому покупателю нулевой контракт.

Каждый раунд аукциона включает в себя следующие шаги:

◆ каждый покупатель определяет свои доступные ставки на текущий раунд:

$$A_l^t = X_l - \{x_l \mid x_l f_l \emptyset\} - B_l^{t-1}$$

◆ каждый покупатель l , который не является текущим победителем и не исчерпал свои доступные ставки, предлагает свою наиболее предпочтительную ставку на текущий раунд:

$$[x_{0l}^t = \emptyset, A_l^t \neq \emptyset] \Rightarrow B_l^t = B_l^{t-1} \cup \{\max A_l^t\}$$

◆ все остальные покупатели не делают новых ставок

$$B_l^t = B_l^{t-1}$$

если на раунде t нет новых ставок, то аукцион заканчивается, в противном случае продавец определяет лучшее на данном этапе разбиение, и начинается новая итерация.

Задача определения победителей

Независимо от дизайна аукциона перед аукционистом встает задача определения победителей (в англоязычной литературе WDP — winner determination problem). Необходимо найти оптимальное разбиение множества продаваемых объектов на непересекающиеся подмножества с целью

оптимизации выручки. Число разбиений множества из n элементов на k непустых подмножеств определяется числом Стирлинга второго рода:

$$S(n, k) = \frac{1}{k!} \sum_{i=0}^{k-1} (-1)^i \binom{k}{i} (k-i)^n$$

А полное число возможных разбиений множества продаваемых объектов M будет определяться по формуле:

$$\sum_{i=1}^m S(m, i)$$

Задача определения победителей является неполной. Способ решения задачи определения победителя является одним из элементов дизайна аукциона. Варианты здесь могут быть различны – от полного перебора на небольших размерностях до сведения к задаче линейного программирования (с наложением некоторых дополнительных ограничений на ставки), построения деревьев решений, использования алгоритма распределенного определения победителей (PAUSE) и т.д. Для программной реализации был выбран алгоритм построения дерева решений, описанный в работе [7].

Для успешной работы алгоритма необходимо наложение следующего дополнительного ограничения: если некоторый отдельный лот не вошел ни в одну из предложенных участниками комбинаторных ставок, ко множеству ставок добавляется нулевая ставка на этот одиночный лот. Далее дерево решений строится по следующим правилам:

- 1) Каждый узел является ставкой, каждый путь от корня к листовой вершине представляет собой набор ставок, в которых элементы не пересекаются.
- 2) Все вершины, отстоящие на один шаг от корня, представляют собой ставки, содержащие первый элемент. Все последующие вершины – ставки, содержащие следующий по порядку элемент, и так до тех пор, пока не получатся листовые вершины.

Пример построенного дерева решений для 5 элементов с учетом принятых ставок приведен на рис. 1:

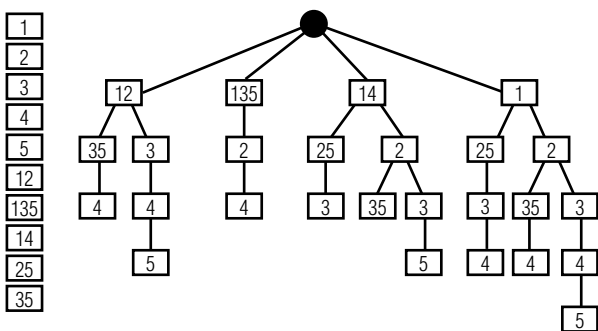


Рис.1

Программный прототип модели DRT с использованием КА.

По описанной модели был разработан программный прототип, с использованием технологий .Net и Google Maps.

С помощью разработанной программной среды был поставлен ряд практических экспериментов с целью подтверждения жизнеспособности модели.

В качестве алгоритма выражения предпочтений агентов-транспортных средств выбран последовательной генерации маршрутов на основе последовательностей, Pickup And Delivery Problem решается с помощью алгоритма Соломона. В результате каждое транспортное средство может, при необходимости, предоставить агенту-аукционисту свой набор комбинаторных ставок, упорядоченных по предпочтительности. В качестве механизма проведения комбинаторного аукциона может быть выбран либо однораундовый аукцион с закрытыми ставками, либо гроху-аукцион.

Далее описаны параметры одного из экспериментов с использованием однораундового аукциона и полученные результаты. Программа тестировалась на статическом наборе пассажиров, сгенерированных случайным образом.

Количество транспортных средств: 3

Параметры транспортных средств: вместимость – 6 мест, модельная скорость – 40 км/ч.

Пассажиры – 17 человек (начальная точка – конечная точка):

1-10, 1-10, 2-15, 3-9, 3-15, 4-14, 4-14, 5-18, 7-12, 9-7, 10-8, 11-14, 12-4, 13-14, 13-1, 14-2, 17-1.

Результаты:

3 транспортных средства с использованием описанных выше алгоритмов полностью выполняют все контракты за 36 минут. Среднее время ожидания составляет 3.76 минуты.

Таблица 1.

Статистика транспортных средств:

№ транспортного средства	Пройденное расстояние	Выручка
1	21.2	100
2	4	10
3	13.2	60

Опыт показывает, что гроху – аукцион в сочетании с методом ставок на «хорошие» последовательности дает не лучший результат. Дело в том, что в векторе ставок большинство ставок содержат одни и те же контракты, что следует из метода построения «хорошей» последовательности. Если транс-

портное средство проигрывает наиболее предпочтительную ставку, велика вероятность, что оно проиграет и все остальные.

Тем не менее использование ргоху-аукциона представляется эффективным в задаче DRT, т.к. теоретически такой механизм проведения аукциона позволяет проигрывающим не выключаться из борьбы и распределять транспортную нагрузку более равномерно. Скорее всего, в сочетании с ргоху-аукционом необходимо использовать другой алгоритм решения pickup and delivery problem.

Вопрос поиска более удачного сочетания алгоритма выражения предпочтений и дизайна КА является предметом текущих исследований.

В целом же можно утверждать, что разработанный прототип подтверждает жизнеспособность описанной в данной статье модели и открыва-

ет простор для дальнейших исследований. Стоит однако отметить, что данный подход весьма сложен для практической реализации. Он подразумевает, например, техническую безотказность агента-аукциониста, не учитывает практических особенностей существующего дорожного движения: пробок, ремонтных работ и т.д. Необходимо сместить акцент исследований на разработку децентрализованной модели, которая позволяла бы учитывать реальную дорожную обстановку и снижала зависимость системы от надежности работы центрального звена. Поскольку список задач, возникающих при моделировании, будет во многом совпадать с задачами, приведенными в статье, то следует надеяться, что описанные подходы к их решению окажутся эффективными также и для децентрализованной модели. ■

Литература

1. Xu Jin, Habib Abdulrab, Mhamed Itmi, «A multi-agent based model for urban demand-responsive passenger transport services» //Neural Networks, 2008. IJCNN 2008. (IEEE World Congress on Computational Intelligence).
2. P.Cramton, Y.Shoram, R. Steinberg: «Combinatorial Auctions» //The MIT press Cambridge, 2005.
3. M. Berhault, H. Huang, P. Keskinocak, S. Koenig, W. Elmaghraby, P. Griffin, A. Kleywegt, «Robot Exploration with Combinatorial Auctions» // Intelligent Robots and Systems, conference 2003. (IROS 2003). Volume 2, 27-31 Oct. 2003 Page(s):1957 – 1962.
4. R'emy Chevrier, Philippe Canalda, Pascal Chatonnay and Didier Josselin, «Comparison of three algorithms for solving the Convergent Demand Responsive Transportation Problem» // Proceedings of the IEEE ITSC 2006 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Toronto, Canada, September 2006, 17-20.
5. Miyamoto, T., Nakatyou, K., Kumagai, S. «Route planning method for a dial-a-ride problem» //Systems, Man and Cybernetics, 2003. IEEE International Conference on Volume 4, 5-8 Oct. 2003 Page(s):4002 – 4007.
6. David Portera, Stephen Rassentia, Anil Roopnarinec and Vernon Smitha: «Combinatorial auction design», www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1633736100 (дата обращения 05.11.2009).
7. Jos'e M Vidal: «Fundamentals of Multiagent Systems» <http://www.scribd.com/doc/2094479/Fundamentals-of-Multiagent-Systems> (дата обращения 05.11.2009).
8. Marius M. Solomon «Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints» //Operations Research Society of America Vol. 35, No. 2, March-April 1987.
9. Haibing Li and Andrew Lim «A Metaheuristic for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows» // International Journal on Artificial Intelligence Tools; Jun2003, Vol. 12 Issue 2, p. 73, p. 14.