

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПОДСИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ И КООРДИНАЦИИ РАБОТЫ ТОРГОВЫХ АГЕНТОВ**Гуценко О.А., Фонов А.М.**

Донецкий национальный технический университет

Кафедра автоматизированных систем управления

E-mail: oleggut@i.ua**Аннотация**

Гуценко О.А., Фонов А.М. Автоматизированная подсистема планирования и координации работы торговых агентов. В статье приведен обзор проблемы составления оптимального маршрута-расписания в сфере логистических услуг. Рассмотрены основные методы составления оптимального маршрута в масштабе рабочего периода, проведен анализ размерности задачи, изучено дальнейшее направление научной деятельности по данной проблеме.

Общая постановка проблемы

Предприятие занимается продажами продукции в торговые точки (ТТ). С этой целью торговый агент (ТА) посещает вверенные ему ТТ с определенной периодичностью. На каждого ТА приходится 60-100 ТТ. Каждый ТА подчиняется своему непосредственному начальнику – менеджеру по продажам (МП), задачей которого - определить набор ТТ для посещения в течение недели. У каждого МП в подчинении находиться 8-15 ТА. Множество ТТ обозначим T_{ij} , множество ТА обозначим C_i . Общая схема работы на данный момент выглядит следующим образом:

1. МП составляет ежедневное расписание посещения ТА торговых точек в зависимости от ряда факторов: периодичность посещения ТТ, важность посещения именно в определенный день недели, важность посещения в определенное время суток и т.д. В один день может быть посещено ограниченное количество ТТ.

2. После определения расписания для ТА, уже имеющаяся подсистема определения оптимального маршрута составляет оптимальный обход ТТ в рамках каждого дня.

ТТ характеризуется набором параметров: $T_{ij} = \{P, Q, t\}$.

P – периодичность посещения ТТ.

Q – важность посещения ТТ в определенный временной интервал.

t – время суток для посещения ТТ.

Подсистему составления расписания посещения ТТ можно представить в виде следующей схемы.

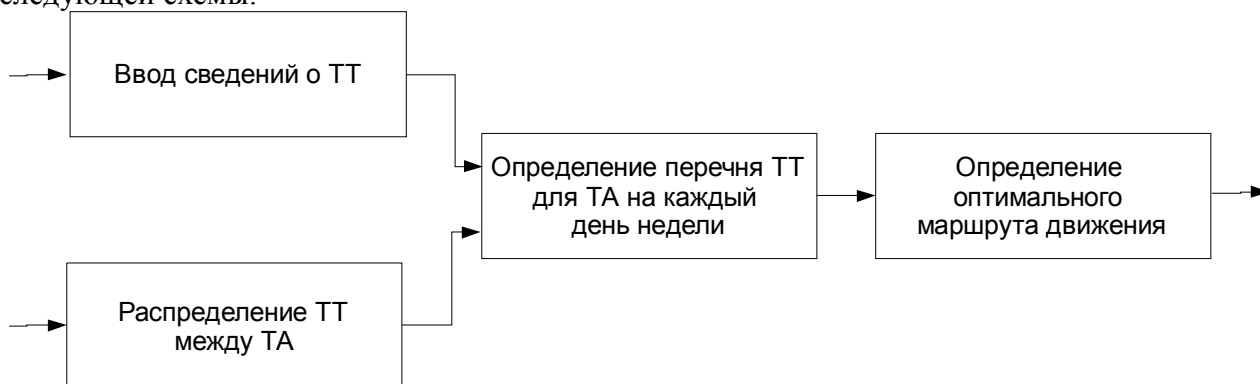


Рис. 1. Общая схема работы системы

Актуальность задачи

Решение задачи составления расписаний зависит от задачи определения перечня ТТ по следующим параметрам: время посещения ТТ - t_{ij} , периодичность посещения ТТ - P_{ij} . В зависимости от этих параметров может изменяться число посещений на каждый день, т.к. изменяется длина проходимого пути. Следовательно актуальность задачи заключается в составлении оптимальных наборов ТТ для посещения в каждый день недели. Т.о. МП должен составить наборы $L\{D, T, C\}$

D – день недели.

T – множество ТТ для посещения.

C – ТА.

Это позволит ввести в существующую систему обратную связь и повысить эффективность подсистемы составления расписания посещений ТТ. После модернизации работу подсистемы можно представить в следующем виде:



Рис. 2. Общая схема работы системы после модернизации

Т.о. МП получит возможность учитывать расписание посещений ТТ на этапе формирования набора ТТ для посещения $L\{D, T, C, K\}$, где K – коэффициент полезного действия (КПД) маршрута.

Целевой функцией в данном случае может выступать уже существующая подсистема определения оптимального маршрута по выбранным точкам.

$$F = \sum_{i=1}^W S(L(\{D_i, T, C, K\})) \Rightarrow \min \quad (1)$$

W – количество рабочих дней недели для ТА.

S – функция определения длины оптимального маршрута по выбранным ТТ.

Учет возможных маршрутов и их эффективности на этапе формирования набора ТТ позволит повысить КПД ТА, учесть требования к посещению ТТ, что в итоге позволит повысить доход компании.

Основным примечательным аспектом является связность задачи составления оптимального расписания в рамках всего периода с подсистемой нахождения оптимальных путей.

На текущий момент существует множество систем, разрешающих сходные задачи, в основном ориентированы на сектор логистики перевозок. Однако большая часть составляет оптимальный маршрут лишь в рамках части периода, например рабочего дня. А также не учитывает индивидуальные специфики работы предприятий, например важность посещений ТТ в определенный временной период суток и т.д. Таким образом, становится очевидной необходимость в дальнейших разработках и исследовании в данной области научной деятельности.

Анализ размерности задачи

На предприятии у каждого ТА числится от 60 до 100 ТТ. Количество ТТ зависит от многочисленных факторов: местность, размеры ТТ, размещение ТТ на местности, опыт

работы ГА и т.д. Большинство ТТ (около 80%) посещаются 1 раз в неделю. Т.о. в среднем на ГА приходится около 80 ТТ. Общее количество вариантов перебора определяем по формуле числа перестановок без повторений:

$$P_n = n! \quad (2)$$

Итак, в среднем для одного ГА получаем следующее количество переборов:
7,1569457046263802294811533723187e+118

Такое огромное количество не позволяет использовать простой перебор всех вариантов. По причине большого количества ТТ также затруднительно использовать целочисленное программирование. В связи с этим решено использовать приближенные методы.

Решение задачи и результаты исследования

По своей сути поставленную задачу можно отнести к множеству задач «коммивояжера». Для этих задач разработан целый ряд методов.

При решении данной задачи возможно использование: целочисленного программирования, эволюционных методов, естественных методов. Целочисленное программирование неприемлемо, ввиду значительного количества ТТ (на одного ГА приходится до 100 ТТ), вследствие чего алгоритм будет слишком ресурсоемким. Среди естественных методов выделяют – метод отжига (разновидность метода Монте-Карло). Однако данный метод обладает недостатком: в холодном состоянии метод становится таким же «жадным» как градиентный спуск. Кроме того, как и эволюционные методы, метод отжига является неточным. Среди эволюционных методов было решено использовать ГА, несмотря на то, что ГА уступает в скорости методу отжига. ГА легко масштабируемы, что крайне важно в решении данной задачи; ГА не является «жадным», что позволяет использовать его для задач с большим количеством локальных минимумов в пространстве решений.

Рассмотрим применение эволюционных вычислений для решения поставленной задачи. Введем дополнительные ограничения:

1. Рабочий день ГА составляет 8 часов. Исходя из того, что среднее время посещения ТТ составляет T времени, а средняя скорость передвижения ГА составляет 40 км/ч имеем ограничение на продолжительность рабочего дня при составлении расписания, где N – количество км в день, K – количество точек:

$$KT + N/40 \leq 8 \quad (3)$$

2. За неделю ГА должен посетить все ТТ принадлежащие ему ровно столько раз, сколько указано в периоде посещения ТТ.

Рассмотрим структуру ГА для решения поставленной задачи.

В качестве представления хромосомы возьмем табличное представление.

Таблица 1 – матричное представление особи в ГА

Код ТТ	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт
567454	1	0	1	0	1
987897	0	1	1	1	0
47667	1	0	0	1	1
123673	0	1	1	0	0
965565	0	1	0	1	1

На пересечении кода ТТ и соответствующего дня недели выставляется 1 в случае посещения данной ТТ в этот рабочий день или 0, если ТТ не посещается в этот день.

Данное представление позволяет использовать все необходимые генетические операторы: кроссинговер, мутацию, селекцию, репродукцию и т.д.

Рассмотрим подробно реализацию кроссинговера. Решено использовать двухточечный частично-соответствующий (partially-mapped - PMX) кроссинговер. Для этого в случайном порядке выбираем две «секущие» ячейки в таблицах родителей: $A[i;j]$, $Z[iL;j1]$. Затем производим обмен всеми генами, строка и столбец которых удовлетворяют условиям:

$$i \leq iL \leq j1 \ \& \ j \leq iC \leq j1 \quad (4)$$

iL – номер строки гена в таблице особи.

iC – номер столбца гена в таблице особи.

Для наглядности возьмем пример с двумя хромосомами-родителями, и случайно выбранными «секущими» ячейками: $A[2;2]$, $Z[3;4]$.

Таблица 2 – Первый родитель

Код ТТ	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт
567454	1	0	0	0	1
987897	1	1	1	0	0
47667	1	1	0	1	1
123673	0	1	1	0	0
965565	0	1	0	1	1

Таблица 3 – Второй родитель

Код ТТ	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт
567454	0	1	1	1	1
987897	0	0	0	0	1
47667	0	0	0	0	1
123673	0	1	1	1	0
965565	0	1	1	1	0

После выполнения кроссинговера с заданными секущими ячейками будет получены следующие два потомка:

Таблица 4 – Первый потомок

Код ТТ	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт
567454	1	0	0	0	1
987897	1	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	0
47667	1	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	1
123673	0	1	1	0	0
965565	0	1	0	1	1

Таблица 5 – Второй потомок

Код ТТ	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт
567454	0	1	1	1	1
987897	0	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	1
47667	0	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	1
123673	0	1	1	1	0
965565	0	1	1	1	0

Курсивом отмечены гены, которыми обменялись особи.

Оператор мутации реализуется следующим образом: в случайном порядке выбирается номер столбца и строки гена, после чего значение гена инвертируется (изменяется из 1 в 0 или обратно: из 0 в 1).

После выполнения выше описанных операторов необходимо проверить полноту всех расписаний, т.е. необходимо проверить число посещений каждой ТТ требуемое количество раз, и в случае необходимости добавить или убрать посещения для ТТ. Также необходима проверка на количество ТТ в каждом дне – рабочий день ТА не должен превышать 8 часов.

Затем происходит выполнение селекции. Для определения «приспособленности» хромосомы, помимо функции (1), используются штрафные функции, которые уменьшают значение фитнес-функции для данной особи если некоторая ТТ посещается не в задекларированный для нее день недели.

После определения для каждой особи фитнес-функции происходит регулирование численности популяции до начального уровня. Далее, если самое лучшее расписание в популяции удовлетворяет условиям оптимальности – решение найдено, иначе повторяем действия сначала.

Структурно система представляет собой набор из двух частей - база данных и клиентская часть [4].

База данных содержит географические данные, позволяющие по координатам, адресу, набору улиц, дорог и домов определить местоположение, проложить маршрут, найти на карте любой объект.

Основным специфическим отличием распространяемых систем является присутствие своей базы данных, нацеленной на контролирование движений транспорта или агентов, и невозможность интегрирования корпоративных данных к данным карты. Согласно специфике задачи, было бы невозможно отразить на карте данные по торговым точкам и информацию по ним.

Клиентская часть состоит из двух частей – логика и интерфейс пользователя. Логика приложения предполагает наличие средств для связи с сервером, который содержит данные карты; сервера с корпоративными данными; классов, реализующих методы построения оптимального расписания на рабочую неделю, а также взаимодействующих с подсистемой определения оптимального маршрута по выбранным точкам.

Выводы

В работе сформулирована задача планирования и координации работы торговых агентов. Выявлены и проанализированы проблемы предприятия касательно составления оптимального расписания посещений ТТ агентами. Проанализированы методы решения подобных задач, в качестве метода решения выбраны эвристические алгоритмы. Рассмотрен пример решения данной задачи эволюционным методом.

На данный момент наиболее вероятным направлением развития подобных систем может стать работа по более тесному интегрированию подсистемы с корпоративной базой данных, что позволит увеличить число учитываемых факторов и повысить эффективность составления плана посещения торговых точек торговыми агентами.

Литература

1. Скобцов Ю.А. «Основы эволюционных вычислений».- Учебное пособие.- Донецк: ДонНТУ, 2008.-326с
2. Седжвик Р. Фундаментальные алгоритмы [Текст]. – Киев: Азимут-Украина, 2003. – С. 154-190.
3. Майника Э. - Алгоритмы оптимизации на сетях и графах [Текст]. – Санкт-Петербург: Unipress, 2009. - С. 91-115.

4. Beck, Ken - Extreme Programming Explained: Embrace Change [Text] / [Текст].
Atlanta, GA: Cokesbury Book, 2009. – С. 50-55