

УДК 004.023

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

Мурзин Б.П., Светличная В.А

Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления  
bogdan.murzin@gmail.com

*В статье рассмотрено применение генетического алгоритма для оптимального распределения товаров между автомобилями, которые развозят лекарственные средства со склада по аптекам и построение оптимальных маршрутов для каждого из них. Предложен алгоритм и разработано приложение, решающее поставленные задачи.*

### Общая постановка проблемы

На сегодняшний день грузоперевозки являются неотъемлемой частью жизнедеятельности людей. Грузы можно перевозить в любое место, независимо от их объёма и габаритов. Вариантов грузоперевозки предоставляется достаточно [1]. Автоматизация системы построения маршрутов для аптечного склада является необходимостью при его росте. Внедрение такой системы является экономически выгодным решением, так как это ускоряет процесс работы диспетчера, минимизирует влияние человеческого фактора, ведет к сокращению простоя автомобилей под загрузкой и разгрузкой, эффективному использованию подвижного состава.

При решении задачи необходимо учитывать условия и ограничения, с которыми перевозчики сталкиваются на практике. Существующая региональная дистрибьюторская сеть такой компании характеризуется, как правило, разветвленной сетью автодорог, сотнями объектов развоза, большим разбросом расстояний между поставщиками и получателями (от единиц до сотен километров), небольшими объемами складских помещений у получателей товара, ограниченными возможностями транспортного парка. Таким образом, разработка эффективных маршрутов и проектов планов перевозок лекарств, способствует своевременному и бесперебойному выполнению поставок продукции и эффективному взаимодействию поставщиков и получателей.

Для заданного региона обслуживания с помощью технологии ГИС предоставляется карта автомобильных дорог, на которой указаны пункты, соответствующие аптекам. Складу приписан парк автотранспорта, характеризующийся количеством автомобилей определенного типа и их массо-габаритными параметрами (длина, высота, ширина, грузоподъемность). Поставщику поступают заявки от потребителей по количеству и ассортименту товаров. Каждый вид товара характеризуется массо-габаритными параметрами. Ставится задача нахождения для заданного парка автотранспорта маршрутов перевозки грузов от поставщика потребителям, обеспечивающее снижение суммарных затрат на перевозку товаров.

Заявки от потребителей, являющиеся входной информацией, поступают поставщику из торговой системы. Матрица взаимных расстояний между объектами развоза, также поступающая на вход системы, рассчитывается средствами ГИС.

Решение поставленной задачи развоза товаров осуществляется в два этапа. На первом этапе решается задача разбиения региона на компактные зоны обслуживания - направления (группирование объектов-получателей для каждого маршрута). Эту задачу будем называть задачей кластеризации. На втором этапе решается задача нахождения оптимального по заданному критерию (суммарному расстоянию, времени, стоимости доставки) порядка объезда получателей для каждого маршрута. Эту задачу будем называть задачей маршрутизации.

## Исследование

Рассматривается сетка дорог с большим количеством узлов – перекрестков, тупиков и точек обслуживания, через которые должны пройти маршруты движения транспорта. Сетке дорог ставится в соответствие ориентированный граф, вершинами которого являются узлы данной сетки, а ребрами – отрезки дорог между узлами (движение по дороге может быть односторонним). Каждому ребру приписывается длина – расстояние между соответствующими узлами. В качестве узла в данном случае выступают аптеки заказчиков. Ищется набор оптимальных маршрутов, начинающихся и заканчивающихся на складе, и ограниченных некоторой функцией от длин ребер графа, которая может учитывать физическую длину маршрута (километраж), либо время движения транспорта, либо стоимостные характеристики маршрута движения.

Таким образом, расстояния между объектами задаются квадратной матрицей расстояний  $C[i, j]$  размерности  $n \times n$ , где  $C[i, j]$  – расстояние от пункта  $i$  до пункта  $j$ . Необходимо отметить, что, в общем случае, матрица расстояний не является симметричной (одностороннее движение, сложные транспортные развязки и т.д.).

На первом этапе решения задачи необходимо разбить все множество обслуживаемых в этот день аптек на регионы, которые будут обслуживаться одним автомобилем для каждого региона. Эта задача решается следующим образом:

1. Ищется самая удаленная аптека от склада и к ней последовательно добавляются ближайшие с учетом роста группы. В матрице  $C$  ищется строка, сумма элементов которой максимальна. Соответствующий ей пункт вносится в группу.  $i_1$  – координата строки.
2. Ищется ближайшая аптека ко внесенной в решение – минимальный элемент матрицы  $A$  в столбце  $i_1$ . Соответствующий ей пункт вносится в группу.  $i_2$  – координата строки.
3. Ищется ближайшая аптека ко внесенным в решение – минимальная сумма элементов матрицы  $C$  в столбцах  $i_1$  и  $i_2$ . Соответствующий ей пункт вносится в группу.  $i_3$  – координата строки.

Алгоритм завершает работу, когда на очередном шаге общий объем товаров для данного региона превысил допустимый объем кузова автомобиля и шаги повторяются для нового региона, пока не будет развезен весь товар.

На втором этапе имеется  $N$  аптек в регионе, которые должен объехать агент с минимальными затратами. При этом на его маршрут накладывается два ограничения:

- маршрут должен быть замкнутым, то есть агент должен вернуться на склад, из которого он начал движение;
- в каждой из аптек агент должен побывать только один раз, то есть надо обязательно обойти все аптеки, при этом не побывав ни в одной дважды.

Для расчета затрат существует матрица условий, содержащая затраты на переход из каждой аптеки в каждую, при этом считается, что можно перейти из любой аптеки в любую, кроме неё самой (в матрице вычеркивается диагональ). Целью решения является нахождения маршрута, удовлетворяющего всем условиям и при этом имеющего минимальную сумму затрат. Для решения этой части задачи было принято решение использовать генетический алгоритм. Преимуществом генетических алгоритмов перед другими является простота реализации, относительно высокая скорость работы, параллельный поиск решения сразу несколькими особями, позволяющий избежать попадания в “ловушку” локальных оптимумов (нахождении первого попавшегося, но не самого удачного оптимума). Недостаток — сложность выбора схемы кодирования, возможность вырождения популяции, сложность описания ограничений [2]. Алгоритм заключается в следующем:

1. Инициализировать начальный момент времени  $t=0$ . Случайным образом сформировать начальную популяцию, состоящую из  $k$  особей.  $B_0 = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$
2. Вычислить приспособленность каждой особи  $FA_i = \text{fit}(A_i)$ ,  $i=1 \dots k$  и популяции в целом  $F_t = \text{fit}(B_t)$  (также иногда называемую термином фитнес). Значение этой функции определяет насколько хорошо подходит особь, описанная данной хромосомой, для решения задачи.
3. Выбрать особь  $A_c$  из популяции.  $A_c = \text{Get}(B_t)$

4. С определенной вероятностью (вероятностью кроссовера  $P_c$ ) выбрать вторую особь из популяции  $Ac1 = \text{Get}(Bt)$  и произвести оператор кроссовера  $Ac = \text{Crossing}(Ac, Ac1)$ .
5. С определенной вероятностью (вероятностью мутации  $P_m$ ) выполнить оператор мутации.  $Ac = \text{mutation}(Ac)$ .
6. С определенной вероятностью (вероятностью инверсии  $P_i$ ) выполнить оператор инверсии  $Ac = \text{inversion}(Ac)$ .
7. Поместить полученную хромосому в новую популяцию  $\text{insert}(Bt+1, Ac)$ .
8. Выполнить операции, начиная с пункта 3,  $k$  раз.
9. Увеличить номер текущей эпохи  $t=t+1$ .
10. Если выполнилось условие останова, то завершить работу, иначе нужно совершить переход на шаг 2 [3].

Наибольшую роль в успешном функционировании алгоритма играет этап отбора родительских хромосом на шагах 3 и 4. При этом возможны различные варианты. Наиболее часто используется метод отбора, называемый рулеткой. При использовании такого метода вероятность выбора хромосомы определяется ее приспособленностью, то есть  $P_{\text{Get}}(Ai) \sim \text{Fit}(Ai)/\text{Fit}(Bt)$ . Использование этого метода приводит к тому, что вероятность передачи признаков более приспособленными особями потомкам возрастает.

Другой важный момент – определение критериев останова. Обычно в качестве них применяются или ограничение на максимальное число эпох функционирования алгоритма, или определение его сходимости, обычно путем сравнения приспособленности популяции на нескольких эпохах и остановки при стабилизации этого параметра.

В современных условиях локальный поиск на базе генетических алгоритмов реализуется достаточно просто. Основную сложность составляет выбор того, какие параметры и в каком виде будут закодированы в “хромосомах”. В качестве функции оценки приспособленности особи могут использоваться простые математические функции.

Для выполнения данной задачи в качестве фитнес функции(1) было выбрано стремление длины маршрута к минимальному значению:

$$F(X) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij} \cdot X_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

Для кодирования хромосомы был выбран путевой метод, когда хромосома состоит из последовательности номеров узлов – т.е. представляет собой маршрут движения. Особенностью данного представления является невозможность использования простых операторов кроссинговера, т.к. будут возникать коллизии. В качестве оператора скрещивания был выбран циклический оператор. Он обеспечивает удобное использование путевого метода кодирования. Пусть имеются следующие родительские хромосомы  $ch_{1,1} = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,1\}$  и  $ch_{1,2} = \{1,4,6,2,9,8,7,3,10,5,1\}$ . Формирование потомка  $ch_{2,1} = \{1,x,x,x,x,x,x,x,x,1\}$  идет по шагам. Сначала в самую левую незанятую позицию ставится элемент из самой левой позиции родителя  $ch_{1,1}$ , который не вызывал бы конфликт с уже проставленными в  $ch_{2,1}$  элементами. Затем в самую правую незанятую позицию ставится элемент из самой правой позиции родителя  $ch_{1,2}$ , который не вызывал бы конфликт с уже проставленными в  $ch_{2,1}$  элементами. Так продолжается до тех пор, пока не будут заняты все позиции в  $ch_{2,1}$  (оба цикла встретятся посередине). Получаем:  $ch_{2,1} = \{1,2,3,4,6,9,8,7,10,5,1\}$ . Формирование потомка  $ch_{2,2} = \{1,x,x,x,x,x,x,x,x,1\}$  идет по шагам. Сначала в самую левую незанятую позицию ставится элемент из самой левой позиции родителя  $ch_{1,2}$ , который не вызывал бы конфликт с уже проставленными в  $ch_{2,2}$  элементами. Затем в самую правую незанятую позицию ставится элемент из самой правой позиции родителя  $ch_{1,1}$ , который не вызывал бы конфликт с уже проставленными в  $ch_{2,2}$  элементами. Так продолжается до тех пор, пока не будут заняты все позиции в  $ch_{2,2}$  (оба цикла встретятся посередине). Получаем:  $ch_{2,2} = \{1,4,6,2,7,3,5,8,9,10,1\}$ [4].

## Разработка

Для реализации поставленных задач было разработано программное приложение. На рисунке 1 представлена форма, служащая для заполнения базы учета доставки товаров.

После ввода начальной информации можно приступить к основному функционалу приложения, т.е. добавление заявок, поступивших от аптек. Форма создания заявки представлена на рисунке 2.

Когда в систему введены все заявки на нужную дату, то можно приступить к расчетам маршрутов движения автомобилей, нажав кнопку запуска. Результат работы представлен на рисунке 3.

В результате выводится длина каждого маршрута, его карта, а так же динамика поиска решения в виде графика длины маршрута на каждом шаге алгоритма.

Автомобили			Аптеки		Товары		
Номер	Объем	Владелец	Название	Адрес	Наименов	Шифр	Масса
*			*		*		

Рисунок 1. Форма управления базой учета доставки товаров

	Аптека	Товар	Кол-во
*			

Рисунок 2. Форма создания заявки на поставку товаров

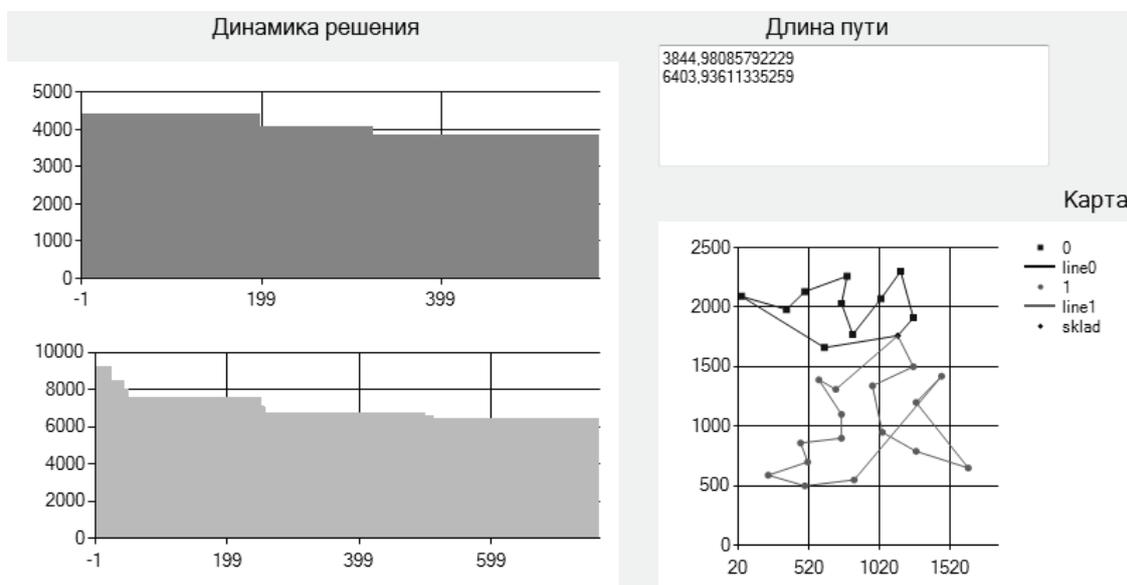


Рисунок 3. Результат работы программы

### **Выводы**

В результате данной работы была рассмотрена задача маршрутизации транспорта с использованием генетических алгоритмов. Разработан алгоритм, позволяющий для заданного парка грузовых автомобилей произвести кластеризацию клиентских точек и проложить маршруты, минимизируя их общую протяженность. Было разработано соответствующее приложение.

### **Литература**

- [1] Мурзин Б.П., Светличная В.А. Использование алгоритма муравьиной колонии для определения оптимального маршрута доставки грузов. Сборник материалов II Всеукраинской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. I том, 2011.
- [2] Е.В. Панкратьев. Алгоритмы и методы решения задач составления расписаний и других экстремальных задач на графах больших размерностей. МГУ, 2003.
- [3] Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 312 с.
- [4] Ю.Н. Кузнецов, В.И. Кузубов, А.Б. Волощенко. Математическое программирование: учебное пособие. 2-е изд. перераб. и доп. – М.; Высшая школа, 1980. – 300 с.