



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

К.М. Бадгетдинова

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА С УЧЕТОМ ВРЕМЕННЫХ ОКОН

(ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный
технический университет»)

При построении маршрутов следования транспортных средств (ТС) при доставке товаров и грузов, целесообразно использовать современные информационные технологии с оптимизационным алгоритмическим обеспечением. Процесс маршрутизации следования транспортных средств (VRP, Vehicle Routing Problem) является важнейшей частью предприятий, занимающихся грузоперевозками. Впервые формулировка проблемы маршрутизации предложена в работе [1] в 1959 году, и методы их решения с самыми разнообразными условиями широко представлены в зарубежных публикациях. Протяжённость маршрутов является ключевым моментом в транспортной логистике, поскольку от дальности перевозок зависят расходы на топливо, время в пути, оплата труда водителей. Актуальна разработка приближённых и эвристических алгоритмов, поскольку задача является чрезвычайно сложной: известные NP-трудные задачи коммивояжёра и одномерной упаковки контейнеров — всего лишь частные случаи VRP; в общем же случае в маршрутизации «переплетаются» задачи назначения, поиска путей, упаковки, составления расписания и другие. В данной статье рассматривается задача маршрутизации ТС с временными окнами.

1 Постановка задачи маршрутизации с временными окнами

Часто при планировании грузоперевозок важное значение имеет время доставки, которое оговаривается с клиентами заранее. В этом случае при построении маршрутов первичная роль отводится соблюдению установленных временных рамок и минимизации количества задействованных ТС. Соответствующая задача называется задачей маршрутизации с временными окнами (Vehicle Routing Problem with Time Windows, VRPTW) [2].

Формулируется задача следующим образом. Дан связный взвешенный неориентированный граф $G=(V, E)$; множество его вершин представляет собой набор пунктов $V=\{0,1,\dots, m+1\}$, один из которых — депо (склад предприятия, вершина 0), а остальные — клиенты (пункты назначения; вершины $1,\dots, m+1$); множество рёбер представляет пути между пунктами $E=\{[i,j]: i, j \in V\}$.

Каждому клиенту приписывается некоторый промежуток времени в течение рабочего дня, когда продукция должна быть ему доставлена (e_v, l_v) . Вводятся



продолжительности проезда по ребрам c_{ij} ; также устанавливается время разгрузки в каждом из пунктов δ_{v_i} .

В распоряжении предприятия имеется неограниченное число одинаковых транспортных средств (ТС) с неограниченной грузоподъемностью.

Маршрут должен представлять собой простой путь, начинающийся и заканчивающийся в депо. Каждый клиент должен быть обслужен только одним ТС. Маршрут считается недопустимым, если ТС прибывает в пункт какого-либо клиента после наступления верхней границы его временного окна. Если ТС прибывает к клиенту до наступления нижней границы временного окна, то оно вынуждено ждать наступления этого времени; подобные простои w_{v_i} считаются нежелательными. Каждое ТС должно выехать из депо и вернуться туда в течение рабочего дня самого депо (e_0, l_0) , т. е. определен горизонт планирования.

Целью данной задачи является: минимизация количества задействованных ТС и суммарного времени в пути и времени простоя, необходимого для обслуживания всех клиентов в установленные сроки.

Математическая модель VRPTW. Обозначим за b_v начало работы у заказчика. Возможный маршрут $R_i = (v_0, v_1, \dots, v_m, v_{m+1})$, при условиях $e_{v_i} \leq b_{v_i} \leq l_{v_i}$, $1 \leq i \leq m$ и $b_{v_m} + \delta_{v_m} + c_{v_m,0} \leq l_0$.

Начало работы у заказчика, при условии, что ТС успевает к следующему клиенту, как только он закончит обслуживание предыдущего, вычисляется как $b_{v_i} = \max\{e_{v_i}, b_{v_{i-1}} + \delta_{v_{i-1}} + c_{v_{i-1},v_i}\}$, с условиями $b_0 = e_0$ и $\delta_0 = 0$. Таким образом, время простоя может быть вычислено по формуле $w_{v_i} = \max\{0, b_{v_i} - b_{v_{i-1}} - \delta_{v_{i-1}} - c_{v_{i-1},v_i}\}$ для клиента v_i . Стоимость маршрута в данный момент времени: $C_{VRPTW}(R_i) = \sum_{i=0}^m c_{i,i+1} + \sum_{i=1}^m \delta_i + \sum_{i=0}^m w_{v_i}$. Необходимо минимизировать функцию $F_{VRPTW}(R_1, \dots, R_m) = \sum_{i=1}^m (C_{VRPTW}(R_i) + M)$, где $M = const$ – стоимость аренды одного ТС [2].

2 Применение эволюционного алгоритма для решения задачи маршрутизации

Решение задачи VRPTW путем составления полного перечня вариантов маршрутов с последующей оценкой каждого из вариантов и выбора наиболее подходящего, не представляется возможным в связи с большим количеством вариантов. Задача может быть решена эффективно эвристическими алгоритмами.

Наиболее перспективным представляется разработка алгоритма перебора случайных вариантов с использованием выбранной метаэвристики $(\mu+\lambda)$ -EA [3] (EA – эволюционный алгоритм).

Применение общего эволюционного алгоритма для решения задачи маршрутизации с заданными временными окнами: Случайным образом формируются λ последовательностей посещения клиентов транспортным средством.



Итерации эволюционного поиска производятся следующим образом:

1. Из λ последовательностей формируются еще μ последовательностей посещения вершин с помощью оператора мутации (две случайные вершины в последовательности меняются местами).

2. Получаем $(\mu+\lambda)$ последовательностей, для каждой из которых вычисляется значение целевой функции F_{VRPTW} .

3. Из них отбираются λ последовательностей с минимальными значениями целевой функции, остальные предаются забвению. Переход на следующую итерацию.

Алгоритм (1+1)-EA – частный случай общего эволюционного алгоритма, когда $\mu < \lambda = 1$ (одна особь в популяции и один потомок). Его называют еще однотоочечным эволюционным алгоритмом [4].

3 Вычислительный эксперимент

Для оценки эффективности работы предложенного метода было сгенерировано 1500 тестовых примеров. Проведено 5 видов численных экспериментов по исследованию эффективности предложенных эволюционных алгоритмов $(\mu+\lambda)$ -EA, (1+1)-EA) и сравнение их с «жадным» на различных классах исходных данных. Исследование показало, что для нахождения наилучшего решения достаточно 50 000 итераций эволюционного поиска, и что эффективность алгоритмов (1+1)-EA и $(\mu+\lambda)$ -EA превышает эффективность «жадного» алгоритма в среднем на 26.21% и 27.66% соответственно. Это подтверждает целесообразность использования эволюционных стратегий для маршрутизации транспортных средств в современных информационных системах.

Литература

1. Dantzig G.B., Ramser J.H. The truck dispatching problem // Management Science, 1959. – 6. – pp. 80 – 90
2. The VRP Web – in collaboration between AUREN and the Languages and Computation Sciences department of the University of Málaga by Bernabé Dorronsoro Díaz (Personal homepage) – <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP>
3. Luke S. Essentials of Metaheuristics. A Set of Undergraduate Lecture Notes. Zeroth Edition. Online Version 0.5. October, 2009 (<http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/>). Перевел – Юрий Цой, 2009
4. Борисовский П.А., Еремеев А.В. О сравнении некоторых эволюционных алгоритмов // М.: Изд-во «Наука». Автоматика и телемеханика, 2004. – №3. – с. 3 – 9