

геометрию паза якоря – сделать его более широким и менее глубоким по сравнению с пазами четырехполюсной машины, увеличить площадь поперечного сечения станины за счет переноса вентиляционных окон на подшипниковые щиты, а также выполнить утолщение станины.

Для подтверждения внешних характеристик генератора и его работоспособности необходимо провести испытания опытного генератора в составе автономного сварочного поста.

1. Любарский Б.Г. Методика расчета поля сварочного генератора постоянного тока с комбинированной магнитоэлектрической и электромагнитной системой возбуждения // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Серия «Новые решения в современных технологиях». Вып.45. – Харьков, 1999. – С.71–72.

2. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979 – 342 с.

3. Found F.A., Nehl T.W. and Demerdash N.A Permanent magnet modeling for use in vector potential finite element analysis in electrical machinery. – IEEE Trans. Magn. Vol. 6, 1981. – p.3002-3004.

4. Любарский Б.Г. Методика расчета характеристики холостого хода сварочного генератора постоянного тока с комбинированной магнитоэлектрической и электромагнитной системой возбуждения // Новые решения в современных технологиях: Вестник ХГПУ. Вып.46. – Харьков, 1999. – С.34-36 .

Получено 30.05.2005

УДК 519.857

Н.И.САМОЙЛЕНКО, д-р техн. наук, А.А.ВОЛОДЧЕНКО

Харьковская национальная академия городского хозяйства

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА БОЛЬШИХ РАЗМЕРНОСТЕЙ

Исследуются методы решения задачи коммивояжера. Приведен краткий обзор и анализ различных методов решения указанной задачи. Предложена модификация метода динамического программирования, приводится блок-схема алгоритма метода и его модификации.

Многие задачи оптимизации транспортных перевозок сводятся к так называемой задаче коммивояжера. Постановка задачи следующая. Даны пункт отправления и n пунктов назначения. Каждый из них непосредственно достижим из любого другого. Заданы затраты на перемещение между двумя пунктами. Необходимо с минимальными затратами, выехав из начального пункта, побывать во всех остальных ровно по одному разу, а затем вернуться в пункт отправления.

Наиболее очевидным является метод полного перебора [1]. Осуществляется оценка всех возможных вариантов маршрута и выбор наиболее экономичного. Этот метод, безусловно, гарантирует получение абсолютного минимума, но требует чрезмерного количества вычислений. Необходимо рассматривать $n!$ маршрутов для несиммет-

ричных задач и не менее $n!/2$ вариантов для симметричных. Это делает метод неприемлемым для использования уже при сравнительно небольшой размерности задачи. Однако он может быть полезен для проверки эффективности других методов.

Задачу коммивояжера можно рассматривать как задачу целочисленного линейного программирования [2], для решения которой используются те же методы, что и для задач с действительными переменными, но результаты округляются до целых чисел. Недостатком такого подхода является большая погрешность решения, которая образуется за счет округления. Кроме того, решение задач оптимизации при больших размерностях требует значительных объемов вычислений и затрат памяти.

Широко известен так называемый метод «ветвей и границ» [1, 2], являющийся одним из самых точных. При решении задачи этим методом определяется нижняя граница затрат на маршруты как сумма наименьших затрат на прибытие и выезд для каждого пункта. Далее определяется путь между некоторыми пунктами i и j , исключение которого из всего множества путей повлечет за собой максимальное увеличение нижней границы затрат. Все множество путей разбивается на два подмножества, в одно из которых указанный пункт включен, а в другое – нет. Вычисляется нижняя граница для каждого из этих подмножеств, и далее рассматривается то, у которого нижняя граница меньше. На основании такой оценки строится множество путей, которые необходимо включить в оптимальный маршрут. Сохраняется информация о каждом шаге процесса отбора. Если на некотором шаге нижняя граница получается меньше границы для отброшенного подмножества путей, осуществляется возврат и проверка его на оптимальность.

Достоинством метода является то, что он гарантирует оптимальное решение при выполнении сравнительно небольшого количества итераций. Недостатком является необходимость сохранения информации о ходе решения, что существенно снижает допустимую размерность задачи.

Для задачи коммивояжера также применим метод динамического программирования [3], являющийся итеративным. Строится m ($m \leq n$) маршрутов, начинающихся в пункте отправления и заканчивающихся одним из пунктов назначения. На первом шаге каждый пункт назначения достигается непосредственно из точки отправления по единственно возможному пути. На втором шаге i -й пункт назначе-

ния, $i = \overline{1, n}$, достигается из пункта отправления с обязательным прохождением некоторого пункта с номером j , $j \neq i$. На третьем шаге строятся маршруты, в которых каждый пункт достигается с обязательным прохождением двух других. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут построены маршруты, каждый из которых включает $n + 1$ пункт, включая начальный. Маршруты строятся таким образом, что каждый пункт встречается в маршруте только один раз. Таким образом, образуются маршруты, позволяющие обойти все пункты назначения, не проходя каждый более одного раза. На каждом шаге новый маршрут, заканчивающийся пунктом i , строится следующим образом. Из маршрутов, построенных на предыдущем шаге, выбирается такой, что сумма затрат на него плюс затраты на перемещение из его конечной точки k в точку i является минимальной. На последнем шаге из всех полученных маршрутов выбирается такой заканчивающийся вершиной i маршрут, затраты на который с учетом затрат на возвращение из пункта i в начальный являются наименьшими. Полученный маршрут является решением задачи коммивояжера.

Преимуществом метода динамического программирования является то, что изначально известно необходимое количество итераций. Для любой задачи оно равно $n + 1$ и является сравнительно небольшим. При реализации на ЭВМ необходимо сохранять информацию только о предшествующем шаге, затраты памяти также невелики. Недостатком метода является то, что он не гарантирует оптимального решения. На каждом шаге мы отбрасываем большое количество маршрутов, причем некоторые из них могут оказаться более выгодными.

В [4] приведен матричный метод, позволяющий построить маршрут наименьшей длины, проходящий через все вершины.

Обозначим через C матрицу затрат. Ее элемент c_{ij} , $i, j = \overline{1, n}$, $i \neq j$, равен заданным затратам на перемещение из пункта i в пункт j . Нулевым пунктом считаем пункт отправления, всем пунктам назначения присваиваются произвольные номера. Ведется преобразование матрицы затрат путем попарной перестановки строк и столбцов. Матрица расстояний преобразовывается таким образом, чтобы сумма

элементов, находящихся над главной диагональю $\sum_{i=1}^n c_{ii+1}$, была ми-

нимальной. Перестановка осуществляется на основании оценок, полученных по формулам:

$$l(i, j) = c_{i-1j} + c_{ij+1} + c_{j-1i} + c_{ji+1} - c_{ii+1} - c_{i-1i} - c_{j-1j} - c_{jj+1}, \quad j \neq i + 1; \quad (1)$$

$$l(i, j) = c_{i-1i} + c_{ii+2} + c_{i+1i} - c_{i-1i} - c_{ii+1} - c_{i+1i+2}, \quad j = i + 1. \quad (2)$$

Меняются местами те пары элементов, для которых оценка, полученная по формулам (1-2), является наименьшей. Можно выполнять такую перестановку для нескольких пар сразу при условии, что для каждых двух пар (i_t, j_t) и (i_s, j_s) выполняются условия

$$i_t \neq i_s, i_t \neq j_s, i_t \neq i_s + 1, i_t \neq j_s + 1. \quad (3)$$

Процесс повторяется до тех пор, пока в результате очередной перестановки полученная матрица не совпадет с одной из предшествовавших ей. Все перестановки фиксируются в специальном массиве. В оптимальном маршруте последовательность пунктов получается выполнением всех выбранных перестановок.

Достоинством данного метода является то, что количество итераций конечно. На каждом шаге используется результат, полученный при выполнении предшествующего, и нет необходимости сохранять данные всех итераций. В [1] приведено доказательство, что данный алгоритм обеспечивает абсолютный оптимум. Недостатком метода является то, что количество итераций не фиксировано, при большой размерности задачи оно может существенно возрасти. Кроме того, не учтен возврат в начальный пункт.

Все приведенные методы либо обеспечивают решение задачи с высокой точностью, как метод полного перебора, метод «ветвей и границ», матричный метод, но при этом не позволяют решать задачи больших размерностей, либо применимы к решению реальных задач с большой размерностью, но не гарантируют оптимального результата, как, например, метод динамического программирования.

Нами предлагается использовать метод динамического программирования в сочетании с методом, предложенным А.В.Крушевским в [4].

Метод динамического программирования можно улучшить добавлением нескольких шагов метода, предложенного в [4]. Для описания предлагаемого алгоритма введем следующие обозначения. Матрица $C = \{c_{ij}\}_{n+1 \times n+1}$ – матрица затрат. Элемент c_{ij} равен затратам на перемещение из пункта i в пункт j , $i, j = \overline{1, n}$, $i \neq j$. Матрица L –

матрица вида $L = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & l_{12} & l_{13} & \dots & l_{1n} \\ 0 & 0 & 0 & l_{23} & \dots & l_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & l_{n-1n} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$, где элементы l_{ij} вычисляются по формулам (1), (2).

ся по формулам (1), (2).

На рис.1 приведена блок-схема предлагаемого алгоритма.

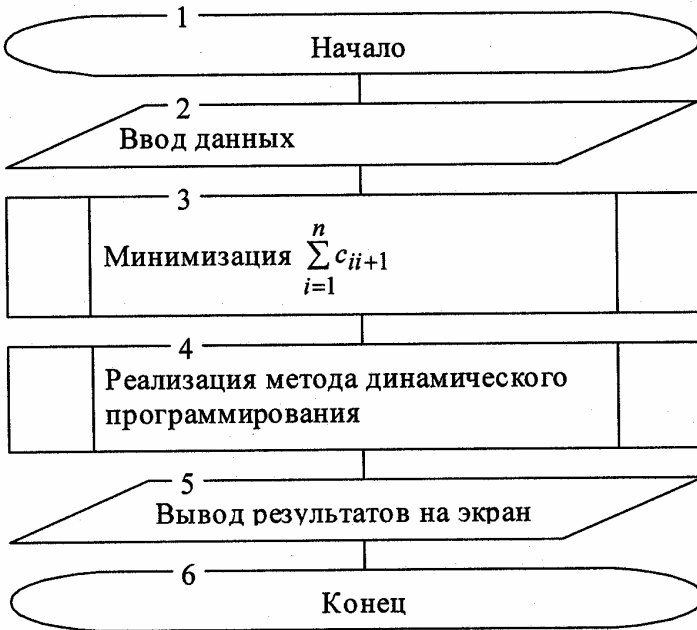


Рис.1

Более подробно блоки 2 и 3 алгоритма, приведенного на рис.1, представлены на рис.2, 3 соответственно.

Данная модификация метода динамического программирования обеспечивает оптимальное решение задачи для 200 пунктов назначения за приемлемое время. Изложенный алгоритм можно рекомендовать для решения реальных задач составления маршрутов транспортных перевозок.

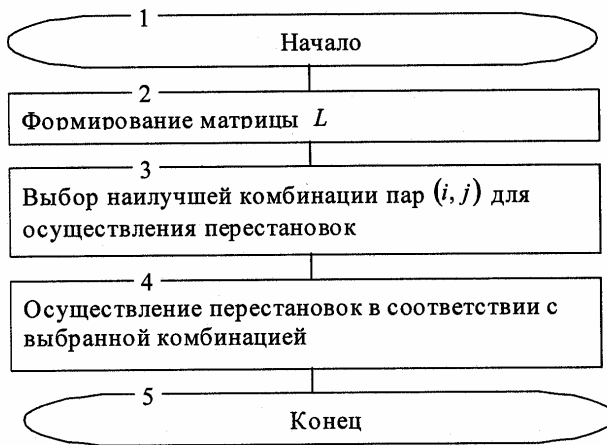


Рис. 2

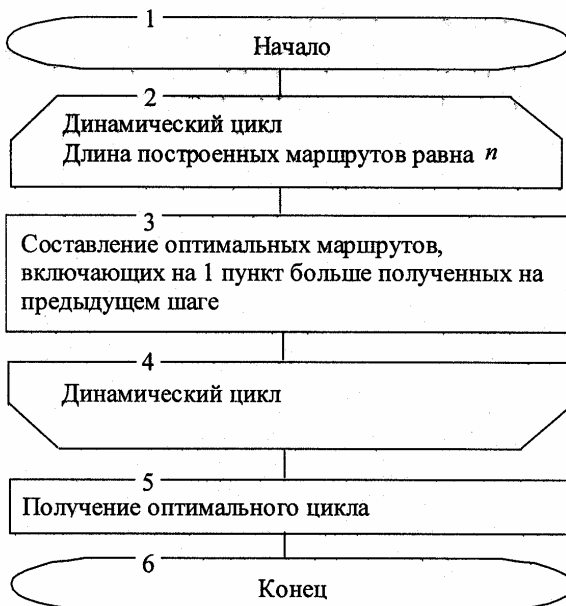


Рис.3

1.Житков В.А., Ким К.В. Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок. – М.: Транспорт, 1982. – 184 с.

2.Танаев В.С., Шкурба В.В. Введение в теорию расписаний. – М.: Наука, 1975. – 240 с.

3.Беллман Р. Применение динамического программирования к задаче о коммивояжере // Кибернетический сборник. – М.: Мир, 1964. – 270 с.

4.Крушевский А.В. Задача о бродячем торговце / Материалы научных семинаров по теоретическим и прикладным вопросам кибернетики. – К.: Освіта, 1964. – 320 с.

Получено 20.05.2005

УДК 625.72 : 331.015.11

И.Э.ЛИННИК, канд. техн. наук, Э.В.ГАВРИЛОВ, д-р техн. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ ГОРОДА

Рассматривается критериальная база оптимизации транспортных сетей города. Предложен новый системный критерий оптимизации – время совместного существования компонентов системы «транспортная сеть – биосфера города».

Оптимизация транспортной сети города является одной из важнейших в разработке планов преобразования городской территории. Проблема оптимизации включает три группы задач: анализ пассажиропотоков на существующей сети города, синтез маршрутов городского транспорта и синтез новых участков транспортной сети или сети в целом.

Анализ пассажиропотоков позволяет выявить наиболее и наименее нагруженные участки сети при существующих видах и маршрутах городского транспорта. Пассажиропотоки определяются на основе гравитационных моделей, в которых учитывается стоимость поездки, для этого обычно выбирается время поездки. Предполагается, что пассажиры движутся по путям, стоимость по которым является минимальной [1].

Задача синтеза маршрутов городского транспорта решается путем изменения маршрутов, а иногда и видов транспорта, чтобы получить равномерную нагрузку на сети. В качестве критерия оптимальности маршрутов используется минимум функционала от разницы между фактической и желаемой плотности распределения потоков в сети. При большой размерности сети в ней выделяются наиболее чувствительные к изменениям маршрутов участки, и поиск оптимальных маршрутов производится только по этим участкам. На целевую функцию оптимизации маршрутов накладываются ограничения по средней скорости транспортных средств, загрязнению окружающей среды и т.п. [1].