УДК 519.7

Д.В. НИКОЛАЕНКО
Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

АДЕКВАТНОСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В СИСТЕМЕ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА РАЦИОНАЛЬНОЙ РАЗВОЗКИ МЕЛКОПАРТИОННЫХ ГРУЗОВ

Рассматриваются этапы построения математической модели рациональной развозки мелкопартионных грузов. Выявляются основные преимущества использования метода динамического программирования для решения задач данного класса, а также исследуется на адекватность предложенная математическая модель для построения маршрута при развозке грузов

Ключевые слова: оптимальный маршрут, мелкопартионный груз, пункт, модель, адекватность, состояние системы.

D.V. NIKOLAENKO
Automobile and Road Institute, Gorlovka, Ukraine

ADEQUACY OF THE MATHEMATICAL MODEL IN THE CONSTRUCTION OF OPTIMAL ROUTE RATIONAL CONVEYING SMALL-LOT GOODS

We consider the stages of construction of mathematical models of rational distribution small shipments. Taped the main benefits of using dynamic programming method for solving this class, and studied at the adequacy of the proposed mathematical model for routing in the distribution of goods.

Keywords: optimal route, small-lot cargo item, model adequacy, system state.

Введение

При переходе экономики страны на рыночные отношения и быстром темпе развития малого и среднего бизнеса сокращаются жизненные циклы изделий, уменьшаются размеры партий груза, формируется рынок транспортных услуг на внутригородских перевозках, возрастает объем мелкопартионных перевозок, наблюдается рост числа торговых точек и предъявляются более жесткие требования к доставке грузов согласно условию «точно в срок». Особенностью таких перевозок является большое количество пунктов реализации на территории населенных пунктов, а также широкий ассортимент, для поддержания которого завоз продукции осуществляется от разных производителей.

Анализ последних достижений и публикаций

В результате, количество мелкопартионных перевозок возрастает вследствие их широкого использования для доставки социально значимых грузов, продовольственных товаров и т.д. Актуальность расчета развозочных маршрутов очевидна. Поэтому вопросам их совершенствования, а также экономического обоснования занимались и занимаются многие отечественные и зарубежные ученые: С.Р. Лейдеромман, Л.Л. Афанасьев, А.И. Воркута, Б.Л. Геронимус, В.А. Гудков, А.В. Вельмажин, Л.Б. Миротин, В.А. Житков, М. Кристофидес, С. Ейлон, Т. Гаскеля, К.В.Ким, Дж. Литтл и др.

Постановка проблемы

Для эффективного управления перевозочным процессом необходимо решение задач маршрутизации. Однако в настоящее время в новых условиях хозяйствования на транспорте нет четко выстроенной теории перевозок мелкопартионных грузов на маршрутах. Одним из путей повышения эффективности развозочных маршрутов является совместная доставка грузов от нескольких производителей, которые имеют встречные холостые пробеги. На сегодняшний день альтернативы точным методам решения задачи маршрутизации нет. Успехи в увеличении быстродействия и памяти компьютера, с одной стороны, и требование рынка к повышению точности прогнозирования транспортных услуг, с другой, делают актуальным использование метода динамического прогнозирования.

К настоящему времени имеется испытанные на практике методы решения задач развозки [1], основанные на интуиции и здравом смысле авторов, которые не гарантируют получение точного результата. Получить его можно, например, простым перебором всех вариантов, однако это возможно только при относительно небольшом количестве пунктов завоза. Кроме того, неясно как организовать саму систему перебора этих вариантов маршрутов.

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что большинство теоретически значимых работ исследуемой области не носят прикладного характера, поскольку процесс поиска оптимального маршрута мелкопартионных перевозок сводится к интуитивным предположениям самого исследователя. Таким образом, возникает необходимость разработки такого программного средства, использование которого позволило бы построить оптимальный маршрут для развозки груза потребителю с наименьшими для него потерями.

Цель работы – исследование адекватности математической модели рациональной развозки мелкопартионных грузов на основе использования метода динамического программирования для дальнейшей автоматизации исследуемого процесса.

Настоящая цель определила необходимость решения следующих задач:

- проведение теоретического анализа существующих подходов в решении вопросов маршрутизации;
- формализация общего вида математической модели поиска оптимального маршрута для задачи развозки мелкопартионных грузов;
- проведение расчетов экспериментальным путем для отражения целесообразности использования выбранной математической модели в системе развозки мелкопартионных грузов.

Объектом исследования является система построения оптимального маршрута перевозок мелкопартионных грузов, в которых могут использоваться различные типы подвижного состава автомобильного транспорта.

Предметом исследования является применение математического аппарата динамического программирования в системе построения оптимального маршрута перевозок мелкопартионных грузов.

Изложение основного материала

Задачи планирования перевозок мелкопартионных грузов представляют собой один из наиболее распространенных классов задач маршрутизации [2, с. 185]. В этот тип перевозок входят обслуживание населения, развозка продовольствия, развозка и сбор почты, и ряд других задач. По характеру решаемых проблем эти задачи можно условно разбить на два класса. Задачи поиска оптимального решения по отношению к подвижному составу (минимизация длины маршрута, времени го реализации и т.д.) и по отношению к перевозимому грузу [3, с. 83].

Общий вид математической модели рациональной развозки мелкопартионных грузов представлен рекуррентным соотношением Беллмана (1):

$$T_k(S_k) = \min_j \left\{ t_{i_k,j} \cdot \sum_{i \in N_{i_k}} m_i + T_{k-1}(S_{k-1}) \right\}, \quad (1)$$

где k – номер шага с конца маршрута;

i_k – пункт пребывания автомобиля за k шагов до конца маршрута;

N_{i_k} – список оставшихся пунктов развозки;

$S_k = N_{i_k} \cup i_k$ – состояние системы на k-м шаге;

j – пункт маршрута следующий за i_k, $j \in N_{i_k}$ и задает множество управлений;

$t_{i_k,j}$ – время в пути от пункта i_k до j;

$\sum_{i \in N_{i_k}} m_i$ – количество единиц груза в пути от i_k до j;

$T_{i_k,j} = t_{i_k,j} \cdot \sum_{i \in N_{i_k}} m_i$ – суммарное время в пути всех единиц груза от пункта i_k до j;

$T_k(S_k)$ – минимальное время в пути всех единиц груза от пункта i_k до завершения развозочного процесса.

Для проверки адекватности используемой математической модели рассмотрим случай, когда в маршруте четыре пункта развозки, для чего введем матрицу расстояний между этими пунктами (табл. 1).

Таблица 1

Матрица расстояний между пунктами развозки грузов

Номер пункта	0	1	2	3	4
0		10	8	7	9
1	10		6	5	4
2	8	6		7	3
3	7	5	7		6
4	9	4	3	6	

Количество единиц груза для каждого из пунктов маршрута $m_1 = 6$, $m_2 = 10$, $m_3 = 8$, $m_4 = 6$.

Приведем фрагмент поиска оптимального маршрута, для этого построим таблицу поиска рационального маршрута для 2-х шагов (табл. 2) и проиллюстрируем схему маршрута нахождения груза в дороге (рис. 1).

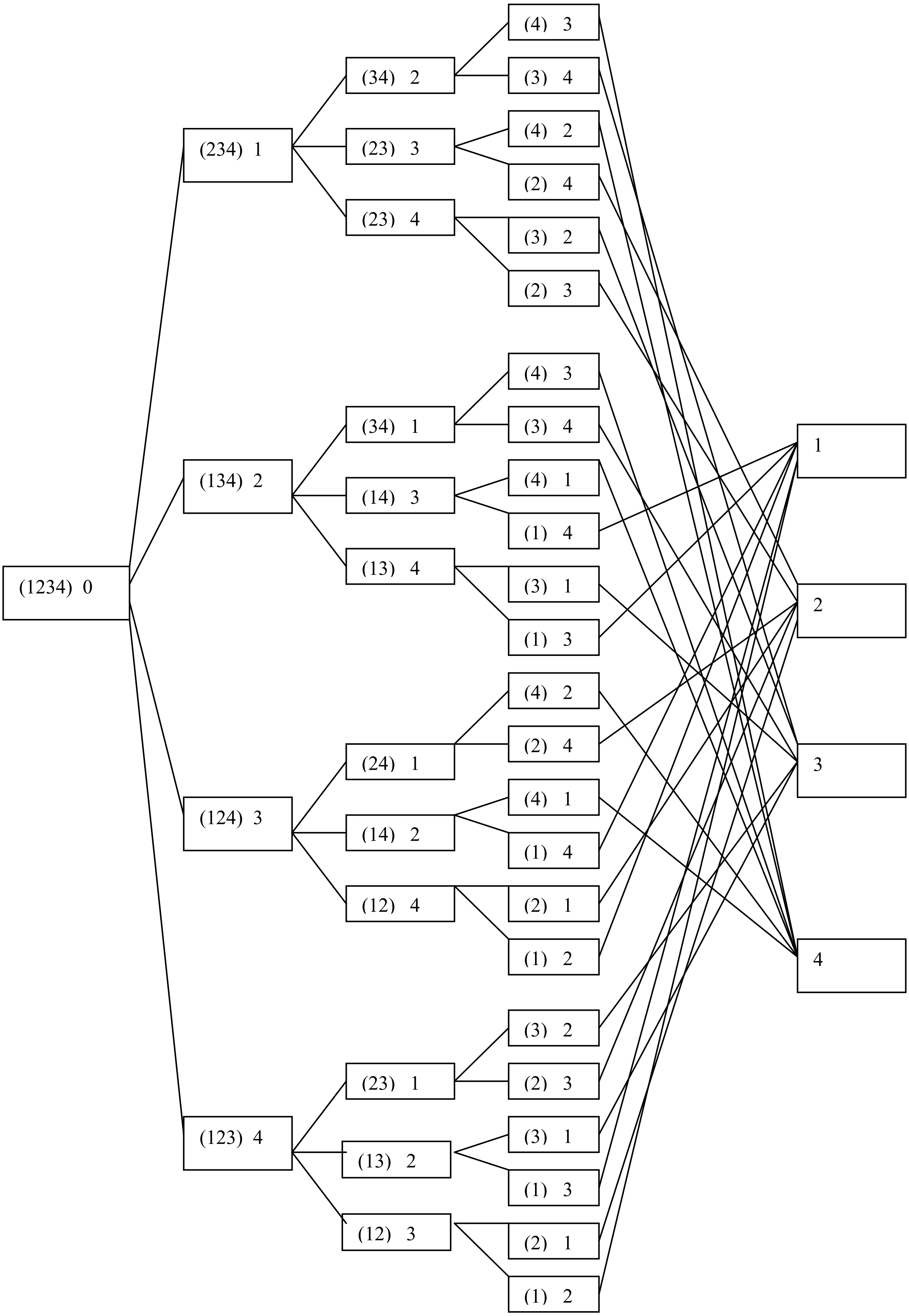

Рис. 1. Схема маршрута нахождения груза в дороге

Выводы

Проведя экспериментальные исследования для каждого k-го шага на этапе развозки груза, получено значение оптимального времени в пути всех единиц груза равное 374 минутам, а оптимальный маршрут представлен следующим образом: 0 → 2 → 4 → 1 → 3. Для классической задачи коммивояжера при тех значениях расстояний между пунктами и времени нахождения груза в пути, значение будет равно 382 минутам, при этом, известно, что данное значение всегда больше или, в частных случаях, равно оптимальному значению времени груза в пути для задачи развозки мелкопартионных грузов. Таким образом, полученный результат свидетельствует о целесообразности использования данного алгоритма для проектирования маршрута в задаче рациональной развозки мелкопартионных грузов.

Таблица 2

Расчет оптимального времени нахождения груза в пути на втором шаге развозки груза

i_k	N_{i_k}	S_k	j	$\sum\limits_{\forall i \in N_{i_k}} m_i$	$t_{i_k,j}$	$t_{i_k,j} \cdot \sum\limits_{\forall i \in N_{i_k}} m_i$	$T_k(S_k)$
1	2	3	4	5	6	7	8
К=0							
1	$\varnothing$	$\varnothing \cup 1$	0	0	0	0	0
2	$\varnothing$	$\varnothing \cup 2$	0	0	0	0	0
3	$\varnothing$	$\varnothing \cup 3$	0	0	0	0	0
4	$\varnothing$	$\varnothing \cup 4$	0	0	0	0	0
К=1							
1	2	$2 \cup 1$	2	$m_2 = 10$	6	60	$\min\{60 + T(\varnothing \cup 2)\} = 60$
	3	$3 \cup 1$	3	$m_3 = 18$	5	40	$\min\{40 + T(\varnothing \cup 3)\} = 40$
	4	$4 \cup 1$	4	$m_4 = 4$	4	16	$\min\{16 + T(\varnothing \cup 4)\} = 16$
2	1	$1 \cup 2$	1	$m_1 = 6$	6	36	$\min\{36 + T(\varnothing \cup 1)\} = 36$
	3	$3 \cup 2$	3	$m_3 = 18$	7	56	$\min\{56 + T(\varnothing \cup 3)\} = 56$
	4	$4 \cup 2$	4	$m_4 = 4$	3	12	$\min\{12 + T(\varnothing \cup 4)\} = 12$
1	2	3	4	5	6	7	8
3	1	$1 \cup 3$	1	$m_1 = 6$	5	30	$\min\{30 + T(\varnothing \cup 1)\} = 30$
	2	$2 \cup 3$	2	$m_2 = 10$	7	70	$\min\{70 + T(\varnothing \cup 2)\} = 70$
	4	$4 \cup 3$	4	$m_4 = 4$	6	24	$\min\{24 + T(\varnothing \cup 4)\} = 24$
4	1	$1 \cup 4$	11	$m_1 = 6$	4	24	$\min\{24 + T(\varnothing \cup 1)\} = 24$
	2	$2 \cup 4$	2	$m_2 = 10$	3	30	$\min\{30 + T(\varnothing \cup 2)\} = 30$
	3	$3 \cup 4$	33	$m_3 = 18$	6	48	$\min\{48 + T(\varnothing \cup 3)\} = 48$
К=2							
1	22,3	$2{,}3 \cup 1$	2 3	$m_2 + m_3 = 18$	6 5	108 90	$\min\{108 + 56; 90 + 70\} = 160$
	22,4	$2{,}4 \cup 1$	2 4	$m_2 + m_4 = 14$	6 4	84 56	$\min\{84 + 12; 56 + 30\} = 86$
	33,4	$3{,}4 \cup 1$	3 4	$m_3 + m_4 = 12$	5 4	60 48	$\min\{60 + 24; 48 + 48\} = 84$
2	11,3	$1{,}3 \cup 2$	1 3	$m_1 + m_3 = 14$	6 7	84 98	$\min\{84 + 40; 98 + 30\} = 124$
	11,4	$1{,}4 \cup 2$	1 4	$m_1 + m_4 = 10$	6 3	60 30	$\min\{60 + 16; 30 + 24\} = 54$
	33,4	$3{,}4 \cup 2$	4	$m_3 + m_4 = 12$	7 3	84 36	$\min\{84 + 24; 36 + 48\} = 84$

Литература

1. Житков В.А. Методы оперативного планирования грузовых перевозок / В.А. Житков, К.В. Ким. –

М. : Транспорт, 1984. – 218 с.

2. Кожин А.П. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками / Кожин А.П. – М. : Высш. школа, 1979. – 304 с.

3. Аннкеич А.А. Сменно суточное планирование работы грузовых автомобилей на ЭВМ / Аннкеич А.А., Грибов А.Б., Сурин С.С. – М. : «Транспорт», 1976. – 152 с.

4. Шептура А.Н. Повышение эффективности автомобильных перевозок партионных грузов при переменном спросе на перевозки : дисс. … канд. техн. наук / А.Н. Шептура. – Х., 2004. – 150 с.

5. Васильев К.К. Математическое моделирование систем связи : [учебное пособие] / К. К. Васильев, М. Н. Служивый – Ульяновск : УлГТУ, 2008. – 170 с.

References

1. Zhitkov V.A., Kim K.V. Metodyi operativnogo planirovaniya gruzovyih perevozok.– M.: Transport, 1984. – 218 s.

2. Kozhin A.P. Matematicheskie metodyi v planirovanii i upravlenii gruzovyimi avtomobilnyimi perevozkami. – M.: Vyissh. shkola, 1979. – 304 s.

3. Annkeich A.A., Gribov A.B., Surin S.S. Smenno sutochnoe planirovanie rabotyi gruzovyih avtomobiley na EVM. – M.: «Transport», 1976. – 152 s.

4. Sheptura A.N. Povyishenie effektivnosti avtomobilnyih perevozok partionnyih gruzov pri peremennom sprose na perevozki: diss. kand. tehn. nauk / A.N. Sheptura. – H., 2004. – 150 s.

5. Vasilev K.K., Sluzhivyiy M.N. Matematicheskoe modelirovanie sistem svyazi: uchebnoe posobie / K. K. Vasilev, M. N.Sluzhivyiy – Ulyanovsk: UlGTU, 2008. – 170 s.

Рецензія/Peer review : 10.3.2013 р. Надрукована/Printed :7.4.2013 р.

Рецензент: