

# 基于 A \* 算法和图遍历的烟草物流 VRP 的研究

方伟华

(浙江理工大学 信息电子学院, 浙江 杭州 310018)

**摘要:**同发达国家相比,我国的物流成本明显偏高,因此如何在日益激烈的竞争环境下,降低自己的物流成本,成为了众多企业关注的焦点。以烟草行业物流为基础,积极探索降低物流成本的方法。通过对烟草物流过程中的核心环节烟草配送的研究,在配送最优路径搜索过程中,采用 A \* 算法,并在此基础上结合图的遍历进行物流调度优化,可以快速有效地找到配送的最优路径,从而大大地降低了烟草配送的成本。通过福建中烟项目的实行,也很好证明了这一点。

**关键词:**A \* 算法;图的遍历;路径优化;物流调度;车辆路线问题

**中图分类号:**TP302

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2011)12-0063-03

## Research on Tobacco Logistics VRP Based on A \* Algorithm and Graph Traversal

FANG Wei-hua

(Institute of Information and Electrics, Zhejiang University of Science & Technology, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Compared with the developed countries, China's logistics cost is higher obviously. So, in the increasingly fierce competition environment, many enterprises focus on how to low their own logistics costs. Based on the tobacco industry logistics, it tries actively to find a method to reduce the logistics cost. Based on the research on the core tache of the tobacco distribution, it adopts A \* algorithm and graph traversal in distribution optimal path search process, can quickly and effectively find the optimal distribution path, and also greatly reduced tobacco distribution costs. Through the practice of Fujian Zhongyan project, it also well proved this point.

**Key words:** A \* algorithm; graph traversal; path optimization; logistics dispatch; VRP

## 0 引言

随着电子商务的快速发展以及区域间经济互动的不断加强,企业间“三流”(信息流、资金流、物流)中的物流问题<sup>[1,2]</sup>已成了进一步发展的瓶颈。据烟草行业有关资料显示,国内物流成本平均占整个制造业的25%左右,而发达国家的先进水平是8%左右,因此如何降低物流成本正日益成为企业间新的竞技场。由于企业通过成功的物流改造能创造巨大的利润并提高效益,所以物流又被称为“第三利润源泉”或“企业脚下的金矿”。在整个物流过程中,物流调度<sup>[3]</sup>问题是其重要的一环,国外称之为 Vehicle Routing Problem<sup>[4-6]</sup>(VRP, 车辆路径问题),该问题最早由 Dantzig 和 Ramser 于 1959 年提出。由于这是一个 NP 难题,随着客户节点数及约束条件的增加,使用传统精确算法进行求解的计算量将极大地增加,因此寻求一种合适算法来获取最优路径将显得极为重要。文中将采用 A \* 算法

和图的遍历对这个问题进行研究。

## 1 A \* (A-Star) 算法

A \* 算法<sup>[7]</sup>是一种有序搜索算法,即它总是选择最有希望的节点作为下一个要扩展的节点。因此  $f$  是根据需要找到一条最小代价路径的观点来估算节点的,所以可考虑每个节点  $n$  的估价函数值为两个分量:从起始节点到节点  $n$  的代价以及从节点  $n$  到达目标节点的代价。其公式表达时为  $f(n) = g(n) + h(n)$ 。

其中  $f(n)$  是节点  $n$  的估价函数,  $h(n)$  是从  $n$  到目标节点最佳路径的估计代价,  $g(n)$  是在状态空间中从初始节点到  $n$  节点的实际代价。其算法的成功与否,主要在于估价函数的选择,这又与实际情况有很大关系。其优点有:

(1) A \* 算法一定能保证找到最优解。

(2) 如果以搜索的节点数来估计它的效率,则当启发函数  $h$  的值单调上升时,它的效率只会上升,不会降低。

(3) 有比较合理的渐进性质。

其缺点是:不仅要考虑搜索节点的多少,而且还要

收稿日期:2011-05-11;修回日期:2011-08-23

基金项目:“863”重点项目(2008AA042304)

作者简介:方伟华(1985-),男,硕士研究生,研究方向为计算机应用技术。

考虑搜索节点被搜索的次数,当  $h(n)$  过低估计  $h^*(n)$  时,有时会显出很高的复杂性。

### 1.1 A\* 算法主要搜索过程

(1) 把  $s$  (起始节点) 放入 OPEN 表中, 此时  $f=h$ , 令 CLOSED 为空。

(2) 对下列过程进行循环, 直到找到目标节点为止。如果 OPEN 表为空, 则宣告失败。

(3) 选取 OPEN 表中还没有设置过的具有最小  $f$  值的节点为最佳节点 BESTNODE, 将其放入 CLOSED 表中。

(4) 如果 BESTNODE 是目标节点, 那么搜索成功。

(5) 如果 BESTNODE 不是目标节点, 那么进行扩展, 产生后继节点 SUBNODE。

(6) 对每个 SUBNODE 进行下列搜索过程:

(a) 建立从 SUBNODE 指向 BESTNODE 的指针。

(b) 求解  $g(\text{SUB}) = g(\text{BES}) + g(\text{BES}, \text{SUB})$ 。

(c) 如果 SUBNODE 在 OPEN 中, 则将此节点记为 OLD, 并将它加入 BESTNODE 的后继节点表中。

(d) 比较新旧路径代价。如果  $g(\text{SUB}) < g(\text{OLD})$ , 就重新确定 OLD 的父节点为 BESTNODE, 记下较小代价  $g(\text{OLD})$ , 并修正  $f(\text{OLD})$  的值。

(e) 如果 OLD 节点的代价较小或一样, 则停止节点扩展。

(f) 如果 SUBNODE 不在 CLOSED 表中, 则看是否在 OPEN 中。

(g) 如果 SUBNODE 在 CLOSED 表中, 则转向步骤 C。

(h) 如果 SUBNODE 既不在 OPEN 表中, 又不在 CLOSED 表中, 则将它放入 OPEN 表中, 并添加入 BESTNODE 后裔表中, 然后转向(7)。

(7) 计算  $f$  的值。

(8) GO LOOP。

其算法框图如图 1 所示。

### 1.2 算法改进

A\* 算法常用的估价函数有曼哈顿距离、对角线距离、欧几里得距离等, 以上这些启发函数都具有相

容特性, 可以简化搜索所使用的数据结构, 但它们相对来说都比较简单, 仅仅考虑了距离而忽略了方向, 在一些不太复杂的地图中使用价值比较高, 但不太适用于地形复杂的地图。在地图比较复杂、范围比较大的情况下, 可以考虑引入方位和距离两方面的因素, 提高启发函数的信息量, 加快搜索的速度和准确程度, 提高运行效率。基于这种设想, 下面将引入图的遍历来实现方位的引入。先将要遍历的对象通过一定的方法(如分组)转化为树结构, 再进行遍历, 可以大大提高搜索效率。

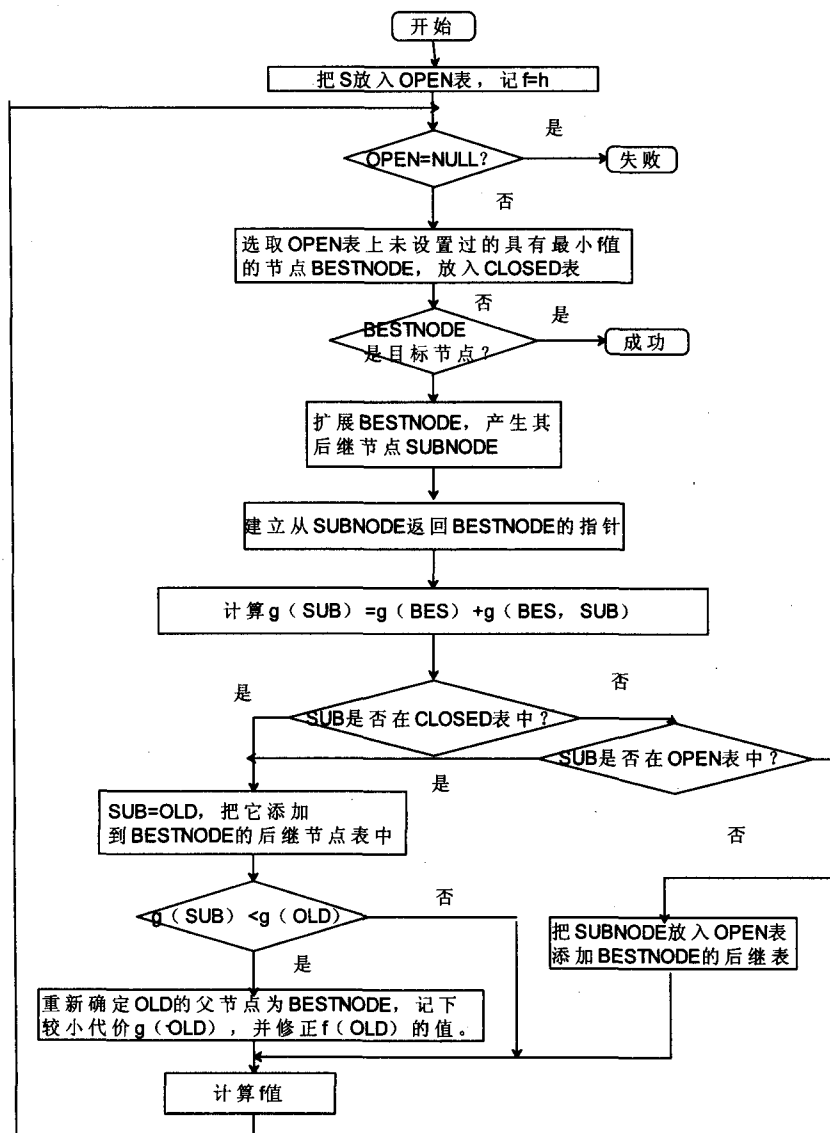


图 1 A\* 算法参考框图

## 2 图的遍历

图的遍历<sup>[8,9]</sup>分为深度优先遍历和广度优先遍历, 深度优先搜索遍历类似于树的先根遍历; 广度优先搜索遍历类似于树的按层次遍历的过程。

### 2.1 图的广度优先遍历

图的广度优先遍历 BFS 算法<sup>[10]</sup>是一个分层搜索

的过程,和树的层序遍历算法类同,它也需要一个队列以保持遍历过的顶点顺序,以便按出队的顺序再去访问这些顶点的邻接顶点。

下面以图 2 为例说明广度优先搜索的过程。首先从起点  $v_1$  出发访问。 $v_1$  有两个未曾访问的邻接点  $v_2$  和  $v_3$ 。先访问  $v_2$ ,再访问  $v_3$ 。然后再先访问  $v_2$  的未曾访问过的邻接点  $v_4$ ,  $v_5$  及  $v_3$  的未曾访问过的邻接点  $v_6$  和  $v_7$ ,最后访问  $v_4$  的未曾访问过的邻接点  $v_8$ 。至此图中所有顶点均已被访问过。得到的顶点访问序列为:

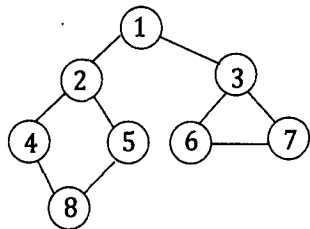


图 2 示例无向图 1

则最终广度优先遍历的搜索顺序为: $v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_3$ 、 $v_4$ 、 $v_5$ 、 $v_6$ 、 $v_7$ 、 $v_8$ 。

## 2.2 图的深度优先遍历

图的深度优先遍历 DFS 算法<sup>[11]</sup>(见图 3)是每次在访问完当前顶点后,首先访问当前顶点的一个未被访问过的邻接顶点,然后去访问这个邻接点的一个未被访问过的邻接点,这样的算法是一个递归算法。

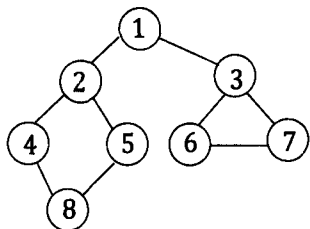


图 3 示例无向图 2

则最终深度优先遍历的搜索顺序为: $v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_4$ 、 $v_8$ 、 $v_5$ 、 $v_3$ 、 $v_6$ 、 $v_7$ 。

## 3 应用举例

假设一烟草物流公司的配货中心需要向其业务区中的八个客户送货,0 表示配货中心,以 1~8 表示 8 个客户。

在本例子中,又做以下假设:

- 各个送货点没有到达的时间先后的要求。
- 各个需求点和供货点之间道路相通。

首先,采用 A \* 算法求出各个点之间的最短距离,见表 1。

将其转化为无向图(见图 4),有利于进行图的遍历。

如果从配货中心分别向各个客户运送货物,则配

送的总距离为:

$$S_1 = (5+9+11+12+15+23+24+17) * 2 = 232$$

表 1 各个客户之间的路径距离表

(i,j)	(0,0)	(0,1)	(0,2)	(0,3)	(0,4)	(0,5)	(0,6)	(0,7)	(0,8)
S(i,j)	0	5	9	11	12	15	23	24	17
(i,j)	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(1,6)	(1,7)	(1,8)	(2,2)
S(i,j)	0	4	11	7	10	18	19	12	0
(i,j)	(2,3)	(2,4)	(2,5)	(2,6)	(2,7)	(2,8)	(3,3)	(3,4)	(3,5)
S(i,j)	15	3	6	22	23	8	0	18	21
(i,j)	(3,6)	(3,7)	(3,8)	(4,4)	(4,5)	(4,6)	(4,7)	(4,8)	(5,5)
S(i,j)	7	8	23	0	9	25	26	5	0
(i,j)	(5,6)	(5,7)	(5,8)	(6,6)	(6,7)	(6,8)	(7,7)	(7,8)	(8,8)
S(i,j)	28	29	7	0	6	30	0	31	0

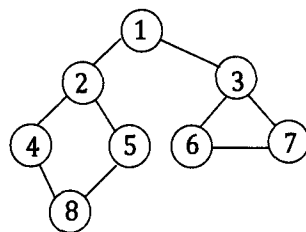


图 4 各个客户之间的五项图

如果采用图的深度优先遍历对各个客户进行配送,则配送的路径为:

$$0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 5 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 0$$

$$\text{总距离为: } S_2 = 5+4+3+5+7+21+7+6+24 = 82$$

由结果可知,采用图的遍历对各个客户进行配送要比单独配送的距离短了许多,而且单独配送又会增加人员及车辆成本。所以在 A \* 算法求得两个客户间的最优路径的基础上,再采用图的遍历对配送路线进行规划<sup>[12]</sup>,不失为解决 VRP 的一种优化方法。

## 参考文献:

- [1] 郭耀煌,李 军. 车辆优化调度问题的研究现状评述[J]. 西南交通大学学报,1995(4):376-382.
- [2] 孙旭东. 电子商务与物流企业的发展策略[J]. 管理世界,2003(3):143-144.
- [3] 刘 辉,周经伦. 物流配送中心综合决策支持系统的设计[J]. 计算机技术与发展,2007,17(9):220-223.
- [4] Psarafis H N. Dynamic vehicle routing: status and prospects[J]. Annals of Operation Research,1995,61:143-164.
- [5] 刘芳华,赵建民,朱信忠. 基于改进遗传算法的物流配送路径优化的研究[J]. 计算机技术与发展,2009,19(7):83-86.
- [6] Potvin Jean-Yves, Xu Ying, Benyahia L. Vehicle routing and scheduling with dynamic travel times[J]. Computers & Operations Research,2006,33:1129-1137.
- [7] Chabini I, Lan S. Adaptations of the A \* algorithm for the computation of fastest paths in deterministic discrete-time dy-

(下转第 69 页)

签描述弧上的权值,<offset>是权值相对于弧中间点坐标的偏移位置。

表 3 Transition 对象的 PNML 表示

```
<transition id="1">
<graphics>
<position page="1" x="231" y="216" />
</graphics>
<name>
<graphics>
<offset page="1" x="20" y="0" /> </graphics>
<value>t1</value>
</name>
</transition>
```

表 4 Arc 对象的 PNML 表示

```
<arc id="a1" source="p1" target="t1">
<graphics>
<position page="1" x="174" y="189" />
</graphics>
<inscription>
<graphics>
<offset page="1" x="10" y="0" />
</graphics>
<value>1</value>
</inscription>
</arc>
```

库所 p1、p2 和弧 a2、a3 的 PNML 表示与表 2 和表 4 中的描述类似,不再重复列举。

3 PNML 应用研究

PNML 文件交换标准在很多领域已经应用。文献[6]讨论了 PNML 到 SVG 矢量图的转换机制,实现了 Petri 网模型的网络化传输,拓展了 PNML 的应用领域。文献[7]描述了 PNML 在业务流程领域的应用潜力和局限,是 PNML 在工作流领域的应用尝试。文献[8,9]通过实例说明了如何使用 PNML 描述 workflow 模型。文献[10]讨论了 UML 活动图模型转换为 PNML 的方法,从而借助 Petri 网对 UML 模型进行分析验证。文献[11]讨论了 Petri 网的关联矩阵和 PNML 文件格式之间的转换及其实现的技术细节。文献[12]讨论了 WF-net 模型到 PNML 的转换,为解决 workflow 网和其他 Petri 网互操作性问题做出探索。

4 结束语

文中详细介绍了 PNML 的结构及元模型,结合实例分析 PNML 文件中对象及标签的含义,最后介绍了 PNML 的最新应用领域。PNML 从 2000 年提出至今已经有十余年,目前仍处于发展阶段。PNML 已经通过的标准是 ISO/IEC-15909-2,未来的发展方向是如何定义新的网类型和扩展 PNML 交换格式。

参考文献:

[1] Bastide R, Billington J, Kindler E, et al. XML/SGML Based Interchange Formats for Petri Nets [R]. [ s. l. ]: [ s. n. ], 2000.

[2] Kindle E. Concepts, Status, and Future Directions [R]. Germany: Entwurf Komplexer Automatisierungssysteme, 2006; 35 - 55.

[3] Billington J, Christensen S, van Hee K. The Petri Net Markup Language: Concepts, Technology, and Tools [C]//In: Application and Theory of Petri Nets 2003, 24th International Conference. Berlin: Springer, 2003: 483-505.

[4] 吴哲辉. Petri 网导论 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

[5] Kindler E, Weber M. The Petri Net Kernel—an infrastructure for building Petri net tools [J]. Software Tools for Technology Transfer (STTT), 2001, 3(4): 486-497.

[6] Stehno C. Petri Net Markup Language: Implementation and Application [C]//In: Promise 2002. [ s. l. ]: [ s. n. ], 2002: 18-30.

[7] Kindler E. Using the petri net markup language for exchanging business process models potential and limitations [C]//In: Proceedings of the 1st GI Workshop. Modellierung, Marburg: [ s. n. ], 2004: 43-60.

[8] 陈传波, 谢文君. 一种基于 PNML 的工作流模型的实现 [J]. 华中科技大学学报, 2004, 32(10): 89-90.

[9] 霍金健, 黄雨, 屈婉玲, 等. 工作流分层模型的 PNML 表示 [J]. 南京大学学报(自然科学), 2005, 41(5): 538-543.

[10] 邢冠男. UML 活动图到 PNML 转换的研究与实现 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2009.

[11] 吴振寰, 王鹏伟. Petri 网关联矩阵与 PNML 描述之间的转换 [J]. 计算机工程与应用, 2006(21): 32-34.

[12] 周建涛, 边晓军. WF-net 模型到 PNML 的转换方法研究与实现 [J]. 计算机科学, 2010, 37(12): 96-98.

(上接第 65 页)

namic networks [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2002, 3(1): 60-74.

[8] 余惠芳. 图的遍历的分析与算法设计 [J]. 青海师范大学学报(自然科学版), 2005(5): 54-59.

[9] 余云, 邹奇梅. 数据结构中图的遍历算法 [J]. 电脑知识与技术, 2008(17): 1516-1518.

[10] 杨智明. 图的广度优先搜索遍历算法的分析与实现 [J]. 农

业网络信息, 2009(12): 136-137.

[11] 刘萍, 冯桂莲. 图的深度优先搜索遍历算法分析及其应用 [J]. 青海师范大学学报(自然科学版), 2007(3): 41-44.

[12] 黄豫丽, 张伟. 图的全遍历方法的研究及实现 [J]. 天津纺织科技, 2005, 43(3): 56-59.