

用于动态交通分配的合理路径集合算法研究

李曙光

(长安大学 电子与控制工程学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:为了解决在基于路径的动态交通分配问题中,在每一个起点与终点之间的合理路径集合产生问题.首先,介绍了目前常用的路径集合产生方法,如 Dial 算法、路段删除算法、路段惩罚算法以及仿真方法等,然后在此基础上提出了可用于动态交通分配问题的合理路径集合产生以及路径合理性判断指标.在一个中型路网中,通过仿真方法确定了本文提出的算法的有效性和正确性,结果表明:以 Dial 算法、路段删除算法和路段惩罚算法为基础的算法给出的结果更加有效,而仿真算法给出的路径集合偏差较大.

关键词:合理路径集合;动态交通分配;路径;仿真
中图分类号: U 491 **文献标识码:** A

0 引言

动态交通分配理论作为智能交通系统的核心理论,近些年有了长足的发展.在求解动态交通分配的算法中,使用基于路径的算法可以对一些基于路径的非自加性花费进行研究,而且可以更灵活性地使用相应的路径选择模型(考虑路径覆盖的路径选择模型如:PS-logit 模型等).但是在真实的大规模路网中,通过路径枚举方法将产生大量的路径,而且这其中许多路径具有很高的路径覆盖率.也可以说,在路网中一个 OD 对之间真正合适的路径数只占整个枚举路径的一部分,因此怎样获得路网中的合理路径集合是非常重要的^[1-7].另外,通过事先算好的合理路径集合,可以在动态交通分配程序运行时不需要使用费时的动态最短路算法,因而可以节约大量的运行时间.笔者对目前的几种路径生成方法进行了对比研究,并在此基础上推荐了可用于动态交通分配问题的合理路径集合产生以及路径合理性判断指标,并在一个中等的路网中对这几种方法进行了对比.

1 合理路径产生方法

在任一 OD 对之间,通过路径生成方法给出

合乎出行者旅行选择目的的路径集合.

路径生成的相应算法主要包括 K 条最短路算法、启发式算法(路段删除方法、路段惩罚方法以及仿真方法),文献[6]对路径产生方法进行了详细的介绍.下面给出产生 OD 对之间合理路径集合产生的几个主要算法.

1.1 Dial 算法

根据 Dial 算法中的原理,删除相应的路段,然后在简化的路网中计算出相应的合理路径^[5].

(1)对于每一个起点 r ,计算从起点 r 到其它每个节点 i 的最小花费,记为 C_{ri} .

(2)对于每一个终点 s ,计算从起点 s 到其它每个节点 j 的最小花费,记为 C_{sj} .

(3)对于每个路段 $a = (i, j)$,如果 $C_{ri} > C_{sj}$ 或是 $C_{ri} < C_{sj}$,则从路网中删除相应的路段.

(4)在简化的路网中计算每一 OD 对之间的路径集合,可以通过节点数组和路段数组中扩展得到相应的路径数组.

1.2 路段删除算法^[2]

(1)首先使用最短路算法计算出在 OD 对之间的最短路径;

(2)从这个最短路径中删除全部或是部分路段;

(3)然后,在剩下的路网中再计算相应的最

收稿日期:2008-11-12;修订日期:2009-01-12

基金项目:国家自然科学基金项目(60804049)

作者简介:李曙光(1974-),男,安徽郎溪人,长安大学副教授,博士,主要从事于智能交通系统研究,E-mail:lxlsq@vip.sina.com.

短路径;

(4) 重复上面的过程得到相应的最短路径选择集。

缺点:删除全部路段的方法可能把路网中一些重要的连接路段删除,导致删除后的路网缺乏连接性;而一次删除一个路段的方法,可能使路网的变化不大。

1.3 路段惩罚算法^[3]

(1) 首先使用最短路算法计算出在 OD 对之间的最短路径;

(2) 增加这个最短路径中部分路段的权重;

(3) 然后,在剩下的路网中再计算相应的最短路径;

(4) 重复上面的过程得到相应的最短路径选择集。

描述:这个算法允许必要的路段依然存在路段上,这样避免了路段删除算法所导致的路网连接性不够的情况。

1.4 仿真方法^[4]

由于旅行者在选择路径的时候可能并不能得到确定的旅行时间信息,因此他们选择路径更多的是根据带有误差的感觉出行时间。为了能够反映旅行者的这种特性,分析者使用了可以代表旅行者感觉的随机分布中,作随机抽样的方法产生路段出行时间。

算法的具体流程表示如下:

(1) 确定一个随机分布表示旅行者的感觉变化。如路段行程时间用高斯分布表示;

(2) 从路段出行时间的随机分布中,进行采样,得出相应的路段出行时间数据;

(3) 使用最短路算法,计算相应的最短路径;

(4) 重复以上过程。

2 合理路径集合的判断

上面 4 个算法的缺点是不能保证在动态交通平衡中的所有路径都包括在产生的路径集合中。然后在路径产生过程中选择合适的参数,获得充分的具有表示性的路径集合。怎样判断上面给出的路径集合是否合理,目前主要使用两种方法:一种是在执行动态交通分配程序之前通过一些判断标准确定合理性(事先判断法),笔者采用文献[6]中使用的路径覆盖率作为判断标准;另一种是在动态交通分配程序执行完后,通过动态最短路算法以检验是否存在丢失的路径(事后判断法)。

笔者根据这些先前的有效路径集合判断方

法,提出了一个综合性的合理路径集合判断方法,其过程如图 1 所示。首先通过前面给出的路径生成方法生成相应的路径集合,而后确定生成的路径集合是否合理。文献[6]中给出了一个确定路径集合是否合理的判断指标,即是通过观察者选择路径与算法生成路径进行对比,以确定生成路径的合理性。这个指标虽然直观,但是需要大量的出行者调查数据,而且在非常真实的大规模路网中,这样收集数据得到相应的指标值是十分困难的。为了避免这个困难,以路径覆盖率(表示在一个起点与终点之间路径集合中,其中一个路径与其它路径的重合部分的比例)为基础,给出了一个数学上易于计算的指标。这个指标计算的是生成路径集合中的路径覆盖率,如果一条路径覆盖率过高,表示这条路径是不合理的。直观而言,出行者选择出行路径时,选择的出行路径一般会有一些区分。比如说,有两条重叠很多的路径,出行者可能只会选择其中的一条出行。这里使用简单的 PS - Logit 模型^[1]中的路径覆盖率计算公式,表示如下:

$$PS_p'' = \sum_{a \in T_p} \frac{t_a}{T_p} \cdot \frac{1}{\sum_{j \in P_n} \delta_{aj}} \quad \forall rs, p \quad (1)$$

式中: P_n 表示 OD 对 rs 之间的路径集合; δ_{aj} 表示路径 p 包括路段 a 是 1, 否则是 0; t_a 表示路段 a 的自由流行程时间; T_p 表示路径 p 的自由流行程时间; 如果 $PS_p'' \geq \Delta$ (Δ 表示预先设定的指标值), 则路径 p 是合理的; 否则, 路径 p 是不合理的。

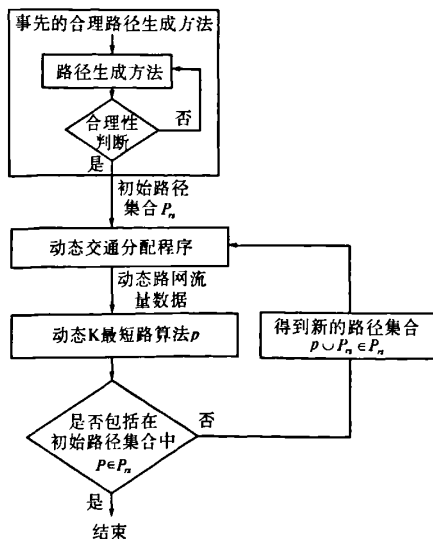


图 1 合理路径集合生成方法

Fig. 1 The Reasonable Path Generation Method

3 仿真实验

通过在 Sioux Falls 仿真试验路网(图 2)进行了仿真试验路网中有 24 个节点和 76 个路段,路段参数是随机产生的;使用 4 个 OD 对 (1,20), (2,13), (4,20), (10,21);4 个 OD 之间的枚举路径分别达到 3 165,4 498,2 880,2 739. 比较上面的路径生成算法以及合理路径集合生产流程的合理性. 在路径生成方法中的路段删除算法中,为了保持路网的连接性,在每次迭代中删除一个路段. 在路段惩罚方法中,每次迭代增加最新生成的最短路径上的路段权重 3%. 在路段仿真算法中,假设路段行程时间函数中的参数合乎高斯分布. 这 3 种方法总的迭代次数设为 50 次. 图 1 中的动态交通分配方法采用文献[5]给出的动态随机同时的出发时间和路径平衡方法. 通过上面的算法流程得到在 Sioux Falls 路网中 4 个 OD 对之间的合理路径集合.

表 1 给出了 4 种算法流程中在 OD 对之间路径数量(其中包括最后通过动态最短路径算法获得的增补路径,以“A”打头的路径路段序列表示增补的路径). 从表 1 中可以看出:通过前 3 个算法得到的合理路径集合是类似的,而算法 4(路段仿

真算法)得到的路径数量多于其它 3 个方法. 而且最后增补的路径数量相比前 3 个方法要多,这主要是仿真方法得到的初始路径集合是抽样具有高斯分布的随机数得到的,因此初始路径集合并不一定合理,进而导致随后的增补路径集合较多. 从表 1 给出的结果可以认为:通过前 3 个算法得到的路径集合是比较合理的路径集合. 这些路径数量相比于枚举得到的路径数量而言,大大减少.

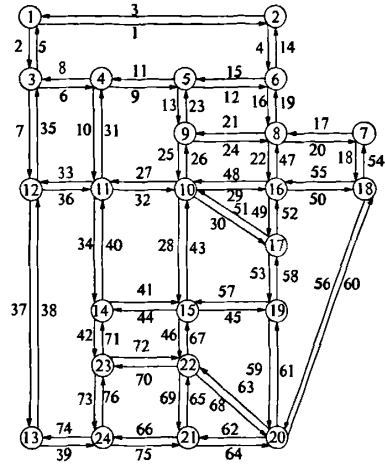


图 2 实验路网

Fig. 2 Example network

表 1 在 OD 对之间路径(路段序列)集合

Tab. 1 The path set (link Series) between OD pairs

OD	算法 1	算法 2	算法 3	算法 4
(1,20)	1-4-16-20-18-56	1-4-16-20-18-56	1-4-16-20-18	1-4-16-20-18-56
	1-4-16-22-50-56	1-4-16-22-49-53-59	1-4-16-22-50-56	2-7-37-39-75-65-68
	2-6-10-32-28-45-59	2-6-10-34-41-45-59	2-6-10-34-41-45-59	2-7-36-32-30-53-59
	2-6-10-32-28-46-68	2-6-10-34-41-46-68	2-6-10-32-28-45-59	2-7-36-34-41-46-69-64
	2-6-10-34-41-45-59	A-1-4-16-22-50-56	2-6-10-34-42-72-68	2-7-36-34-42-73-75-64
	2-6-10-34-41-46-68	A-2-7-37-39-75-64	A-2-7-37-39-75-64	2-6-10-34-41-46-68
	A-1-4-16-22-49-53-59	A-2-6-10-34-42-72-68	A-2-6-9-13-25-28-46-68	A-2-6-9-13-25-30-53-59
	A-2-6-9-13-25-30-53-59	A-2-6-9-13-25-30-53-59	A-2-6-10-34-41-46-68	A-2-6-9-13-25-28-45-59
				A-2-7-37-39-75-64
				A-2-6-10-34-42-72-68
(2,13)	3-2-7-37	3-2-7-37	3-2-7-37	3-2-7-37
	3-2-6-10-33-37	4-16-22-48-27-33-37	4-16-22-48-27-33-37	3-2-6-10-33-37
	A-4-16-22-48-27-33-37	4-16-22-18-28-46-70-73-74	4-16-22-48-28-44-42-73-74	3-2-6-10-34-42-73-74
	A-4-16-22-48-28-46-70-73-74	4-16-20-18-56-63-70-73-74	4-16-22-48-28-46-70-73-74	3-2-7-36-32-28-46-59-66-74
	A-4-16-22-48-27-34-42-73-74	A-4-15-11-10-34-42-73-74	A-16-20-18-56-63-70-73-74	4-16-22-48-28-46-70-73-74
			A-4-15-11-10-34-42-73-74	4-6-20-18-56-62-66-74
				A-4-16-20-18-56-62-65-70-73-74
				A-4-16-20-18-56-63-70-73-74
				A-4-15-13-25-28-44-42-73-74
				A-4-15-13-25-28-46-70-73-74
(4,20)				A-4-15-13-25-27-34-42-73-74
				A-4-16-22-48-27-34-42-73-74
				A-4-16-22-48-27-33-37
(10,21)				

续表 1

OD	算法 1	算法 2	算法 3	算法 4
(4,20)	10-34-41-45-59	10-34-41-45-59	10-34-41-45-59	8-7-37-39-76-72-68
	10-34-41-46-68	10-34-41-46-68	10-34-41-46-68	9-12-16-22-50-56
	9-12-16-20-18-56	9-12-16-20-18-56	10-34-42-72-68	10-34-41-45-59
	9-12-16-22-50-56	9-13-25-28-46-68	9-12-16-20-18-56	10-33-37-39-76-72-69-61
	A-9-13-25-30-53-59	9-13-25-28-45-59	9-12-16-22-50-56	10-32-30-53-59
	A-10-34-42-73-75-64	A-8-7-37-39-75-64	9-13-25-30-53-59	10-32-28-46-68
	A-10-34-42-72-68	A-9-13-25-30-53-59	A-8-7-37-39-75-64	A-9-12-162-20-18-56
	A-10-32-30-53-59	A-10-34-42-72-68	A-9-13-25-28-45-59	A-9-13-25-30-53-59
		A-10-32-30-53-59	A-10-32-30-53-59	A-9-13-25-28-45-59
				A-10-34-41-46-68
(10,21)	28-46-69	28-46-69	28-46-69	27-33-37-39-75
	28-45-59-62	28-45-59-62	28-46-68-62	27-31-8-7-37-39-75
	28-46-68-62	28-46-70-73-75	28-45-59-62	28-46-69
	28-44-42-73-75	28-46-68-62	28-46-70-73-75	28-45-59-63-69
	28-46-70-73-75	30-53-59-62	27-33-37-39-75	29-50-56-63-69
	27-34-42-73-75	A-27-34-42-73-75	29-50-56-62	30-53-59-63-69
		A-27-33-37-39-75	A-30-53-59-62	A-28-46-70-73-75
				A-30-53-59-62
				A-28-45-59-62
				A-27-34-42-73-75

4 结论

笔者对在动态交通分配中的合理路径生成方法进行了研究。首先介绍了几种常用的合理路径生成方法,如 Dial 方法、路段删除方法、路段惩罚方法、路段仿真方法等。并给出了一个新的合理路径产生流程以及判断标准。通过在一个中等路网中的仿真研究得到 4 个 OD 之间的合理路径集合,结果表明:通过 Dial 方法、路段删除方法、路段惩罚方法得到的路径集合是类似的,而且是合理的。

参考文献:

- [1] BEN-AKIVE M E, RAMMING M S. Discrete choice models of traveler behavior in networks[C] // Lecture Notes: Advanced Methods for Planning and Management of Transportation Networks. Capri, Italy. 25 May 1998.

- [2] AZEVEDO J A, SANTOS M E O. An Algorithm for the ranking of shortest paths[J]. European Journal of Operational Research, 1993, 69(2): 97-106.
- [3] BARRA T D, ANEZ J. Multidimensional path search and assignment[C] // Proceedings of the 21st PTRC Summer Meeting, 1993: 307-319.
- [4] SHEFFI Y, POWELL W B. Powell. An algorithm for the equilibrium assignment problem with random link times[J]. Networks, 1982, 12(2): 191-207.
- [5] LIM Y, HEYDECKER B. Dynamic departure time and stochastic user equilibrium assignment[J]. Transportation Research Part B, 2005, 39(3): 97-118.
- [6] RAMMING M S. Network knowledge and route choice [D]. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2002.
- [7] 田智慧,武 舫,熊 伟. 公路地理信息系统中的数据组织与管理[J]. 郑州大学学报:工学版, 2008, 29(4): 118-121.

Reasonable Path Set Algorithm for Dynamic Traffic Assignment

LI Shu - guang

(School of Electronic & Control Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In order to obtain the reasonable path set between each OD pair for the path - based dynamic traffic assignment problem, the path generation procedure is presented. Firstly, some path generation methods such as link elimination method, link penalty method and link simulation method are introduced. Then a reasonable path generation procedure is proposed and the reasonable path index is given. Finally, in a medium network, the simulation example demonstrates that the dial method, link elimination method, link penalty method are better than the link simulation.

Key words: reasonable path set; path; dynamic traffic assignment