

文章编号: 1002-0268 (2004) 06-0088-05

OD 矩阵推算技术在高速公路影响区交通需求预测中的应用

马俊来, 王 炜, 李文权, 边 扬
(东南大学交通学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 为了简化高速公路影响区的交通需求预测工作, 从分析我国高速公路的特点入手, 引入节点 OD 矩阵和线路 OD 矩阵推算技术, 对传统四阶段法中的交通生成和分布预测过程进行了修改。重点对新预测过程中的一些关键步骤, 如对交通区划进行调整以实现线路 OD 与区域 OD 间的关联、运用 OD 矩阵反推技术推算得到现状 OD 以及进行交通区划的还原等, 进行了详细的阐述, 并给出新预测方法的流程图和工程应用实例, 最后总结出新方法的应用条件。该方法的应用大大减轻了高速公路交通预测的工作量, 对高速公路后评价、高速公路项目工可研究等具有重要的理论意义和实用价值。

关键词: OD 矩阵推算; 高速公路; 节点 OD 矩阵; 线路 OD 矩阵

中图分类号: U491.14 **文献标识码:** A

Application of OD Matrix Estimation in Traffic Demand Forecasting of Expressway's Influencing Area

MA Jun-lai, WANG Wei, LI Wen-quan, BIAN Yang
(Transportation College, Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096 China)

Abstract: In order to reduce the workload of traffic demand forecasting of expressway's influencing area, the technique of OD matrix estimation was adopted considering the characteristics of expressways to modify the process of the traditional "four-stage" method. Some key steps of the new method, such as adjusting the partition of traffic areas to associate line OD matrix and area OD matrix, using OD matrix estimation to get preliminary OD matrix and how to revert the partition, were expatiated in detail. Additionally, the flow chart and an application example of the new method were offered. Finally some preconditions for the application were pointed out. The application of the new method is of great important academic meaning to the study of expressway post-evaluation, project feasibility study and so on.

Key words: OD matrix estimation; Expressway; Line OD matrix; Node OD matrix

目前, 在对高速公路影响区进行交通需求预测时, 一般多采用传统的四阶段方法。四阶段法是站在整个路网的角度进行交通量分配, 使交通量预测过程具有较高的科学性、可信性。然而四阶段法需要做大范围的 OD 调查, 花费的人力和物力巨大, 同时调查资料整理和预测工作过程也较复杂, 需要专门的技术人员和计算机辅助才能完成。对于一些针对高速公路进行的规划或评价项目而言, 用四阶段法对整个路网

进行需求预测, 代价太大。

结合高速公路的特点, 一些学者提出了利用高速公路路段流量检测数据来推算其影响区域 OD 矩阵的思路, 并将这种思路应用到高速公路影响区实际 OD 调查工作中, 收到了良好的效益。这给我们一个很好的启示: 能否将这种思路引入到高速公路影响区交通需求预测过程中, 使预测工作得到简化呢? 答案是肯定的。作者通过引入 OD 矩阵推算技术, 对传统的四

阶段法预测过程进行了简要的修改, 得出了一套新的高速公路影响区交通需求预测方法。

1 OD 矩阵推算技术基本原理

1.1 OD 矩阵的分类

在交通工程领域有 3 种不同性质的 OD 矩阵: 区域 OD 矩阵、线路 OD 矩阵和节点 OD 矩阵。一般情况下, 人们所说的 OD 矩阵往往是指区域 OD 矩阵, 即 OD 量是指从一个交通区至另一个交通区的出行量。

线路 OD 矩阵 (或称通道 OD 矩阵^[2]) 是指某一城市主干道上从某一进出口驶上干线而在另一进出口驶离干线的出行分布矩阵, 或水路运输线上码头间的出行分布矩阵。

结点 OD 矩阵指某一道路交叉口 (或交通枢纽) 上从某一进口进入而从另一出口驶出的 OD 分布矩阵, 亦即交叉口流向; 或某一城镇各出入口之间的 OD 分布等。

1.2 OD 矩阵推算的概念

传统 OD 分布矩阵的获取是通过抽样调查, 其工作量十分巨大。20 世纪 70 年代初, 国外学者提出了根据路段检测流量来推算 OD 出行矩阵的思路^[3], 利用易于获取的路段流量, 反向推算出行 OD 矩阵, 工作量可大大减少。经过多年来的研究与探讨, 已有了较为成熟的 OD 矩阵推算方法。

1.3 线路 OD 矩阵推算方法

线路 OD 矩阵推算是根据主干道进出口观测交通量来推算主干道 OD 量。对于如图 1 所示的双向干线, 可先将其分解为两条单向干线 (图 2), 再分别针对这两条单向干线进行反推计算得出单向 OD 矩阵, 最后将矩阵合并。

对单向干线进行推算时, 设 $O(i)$ 为第 i 个进出口的进口交通量, $D(j)$ 为第 j 个进出口的出口交通量, X

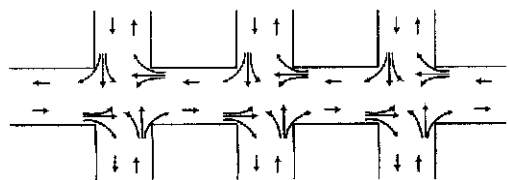


图 1 双向干线示意图

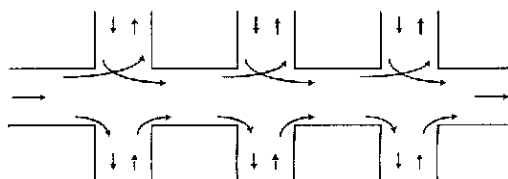


图 2 单向干线示意图

(i, j) 为进口 i 到出口 j 的 OD 量, $Y(i, j)$ 为在进口 i 驶上干线而在出口 j 前仍留在干线的车辆数, $N(j)$ 为出口 j 前的干线断面总流量, $P(i, j)$ 为出口 j 前断面上每一辆车驶离干线的概率。根据流量平衡条件, 各变量间有如下关系

$$Y(i, j) = Y(i, j-1) - X(i, j-1) \quad (1)$$

$$N(j) = \sum Y(i, j) \quad (2)$$

$$X(i, j) = D(j)P(i, j) =$$

$$\text{当为等概率时 } D(j)Y(i, j)/N(j) \quad (3)$$

$$D(j) = \sum_i X(i, j), i = 1, 2, \dots, j-1 \quad (4)$$

已知单向干线的各进出口交通量 $O(i)$ 、 $D(j)$, 即可根据公式 (1)、(2)、(3)、(4) 推算出 OD 量 $X(i, j)$, 为一上 (或下) 三角矩阵。再将两方向的结果合并, 得到最终的双向干线 OD 矩阵。

1.4 节点 OD 矩阵推算方法

在上述的方法中, 将双向干线分解为两条单向干线的关键在于要确定干线中各交叉口的转向车流量。节点 OD 矩阵推算方法的目的就是利用易于观测的少量数据来推求整个交叉口的转向车流量。

进行交叉口节点 OD 推算的方法可分为线性方法和迭代方法。线性方法是根据流量平衡条件建立各转向车流之间的线性关系来推求节点 OD 矩阵的方法, 其精确度高, 但需要补充观测部分转向车流量, 因此一般不宜采用。迭代方法是引用交通预测的思想对节点 OD 量进行迭代求解, 只需要知道交叉口各个进出口的流量而无需进行补充观测。现行的迭代模型主要有 Fratar 模型和 Furness 模型两种。

2 OD 矩阵推算技术在高速公路交通需求预测中的应用

2.1 我国高速公路的特点

我国高速公路具有以下两个显著特点: (1) 一般都是收费道路, 同时为了尽量减少收费对车流的干扰, 并且使收费设施集中设置、便于管理, 除起终点的收费站一般设在线路上之外, 其余进出口上的收费站一般都设置在互通式立体交叉的匝道上^[4]; (2) 高速公路对其周边一定范围区域 (直接影响区) 内的交通影响力往往是压倒性的, 各交通区在该区域内的交通联系几乎都要通过高速公路来完成。

2.2 应用思路

以高速公路为主体, 各个进出口作为 OD 点对, 建线路 OD 矩阵体系。通过交通区的划分或合并, 实现高速公路线路 OD 与影响区域 OD 之间的关联。

再引入 OD 矩阵反推技术, 使现状调查和交通分布预测过程得以简化。

2 3 实现线路 OD 与区域 OD 的关联

对高速公路影响区域原有的交通区划分进行调整(合并和拆分), 使得最终的交通区划与高速公路各进出口形成一一对应的关系如图 3 所示。这样就实现了高速公路线路 OD 与高速公路影响区区域 OD 的对应关联。在具体操作时, 同样要遵循交通区划分的基本原则, 并考虑到在交通区划还原时数据拆分的便利性。

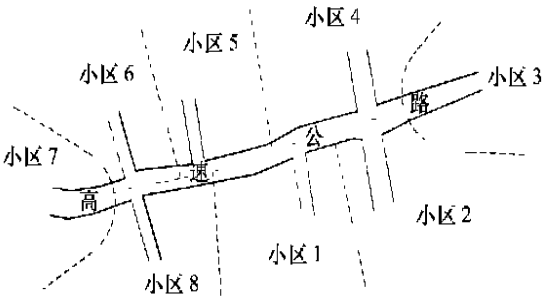


图 3 调整后的交通区划图

通常情况下, 对区域公路网络交通区的划分都是在遵照地区行政区划的基础上进行的, 并且高速公路的每个出入口基本都对应着其影响区内的某个行政区块, 因此对交通区划进行调整的工作量一般不大。在对交通区划进行调整后, 要相应地将社会经济、人口等资料进行合并与拆分, 使之与新的交通区划吻合。

2 4 利用 OD 推算技术对调查数据进行反推得到现状区域 OD 矩阵

通过高速公路沿线各出入口处的收费站可以对全日进出车流量数据进行统计调查。对统计数据运用节点 OD 矩阵推算技术, 可推算出高速公路沿线各交叉口的转向车流量。值得一提的是, 不论是 Fratar 模型还是 Furness 模型, 均必须给定迭代初始矩阵。高速公路收费站一般都有历史流量统计数据, 因此可将这些历史数据作为初始值。

有了转向车流量数据, 便可将双向高速公路干线

一分为二, 分成两条单向干线, 相应的转向车流量数据作为单向干线的 $O(i)$ 和 $D(j)$ 。再运用线路 OD 矩阵推算技术, 推算出两条单向干线的线路 OD 矩阵(均为三角阵)。以上三角阵为例, 计算时按照行序由上至下依次进行: 首先确定每一行的初始留线车辆数, 即每一行第一格的留线车辆数。然后每一行的数据自左至右进行推算, 推算顺序为①按公式(1)计算 $Y(i, j)$; ②按公式(2)计算 $N(j)$; ③按公式(3)计算 $X(i, j)$ 。最后将两三角阵合并, 得到全线线路 OD 矩阵, 即现状区域 OD 矩阵。

2 5 修正的交通生成和分布预测过程

根据高速公路原始区划的各区社会经济人口数据, 采用传统的生成率法、回归分析法等进行交通生成预测, 得到高速公路影响区原始交通区规划年的交通生成量。再对交通区划进行调整, 对数据进行合并和拆分, 得到高速公路新区划规划年交通生成量。

有了高速公路新区划的现状区域 OD 矩阵和规划年区域交通生成量数据, 就可以进行交通分布预测了。采用传统的交通分布预测方法, 得到新区划规划年区域 OD 矩阵。最后对交通区划进行还原, 得到最终的规划年区域 OD 矩阵。

2 6 交通区划的还原

对原有交通区划的调整是暂时的, 最终还要还原为原有的区划格局。在得到高速公路新区划区域 OD 矩阵后, 需要将该 OD 矩阵转换为与原有区划相对应的 OD 矩阵。这显然是原先进行交通区划调整的反过程, 因此也是一个对数据进行合并与拆分的过程, 只是转换的对象是 OD 矩阵数据, 而不是简单的社会经济人口数据。

矩阵的合并非常简单, 只需相应地将数据合并即可, 如图 4。

矩阵的拆分则较为复杂。在对如图 5 左表所示的矩阵进行拆分时, 必须分两类情况考虑。当左表中下标 $I \neq J$ 时, 数据的拆分过程是两交通区间出行数据

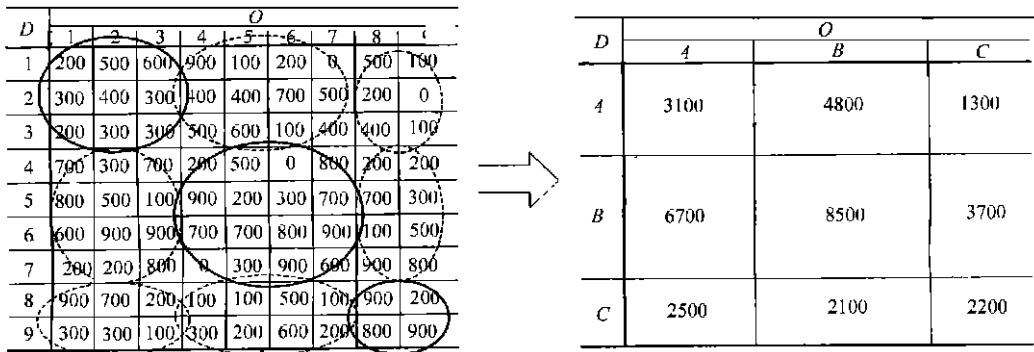


图 4 矩阵数据合并

的拆分, 可以按照拆分后各交通区的预测交通生成量之比进行分配拆分。例如将图 5 中的 X_{BA} 拆分为 X_{31} 、 X_{41} 、 X_{32} 和 X_{42} , 设右表中交通区 1、2 的交通吸引量为 H_1 和 H_2 , 交通区 3、4 的交通产生量为 G_3 和 G_4 ,

则数据计算如下: $R = G_3 \times H_1 + G_3 \times H_2 + G_4 \times H_1 + G_4 \times H_2$; $X_{31} = X_{BA} \times G_3 \times H_1 / R$; $X_{32} = X_{BA} \times G_3 \times H_2 / R$; $X_{41} = X_{BA} \times G_4 \times H_1 / R$; $X_{42} = X_{BA} \times G_4 \times H_2 / R$ 。

	A	B	C	D
A	X_{AA}	X_{BA}	X_{CA}	X_{DA}
B	X_{AB}	X_{BB}	X_{CB}	X_{DB}
C	X_{AC}	X_{BC}	X_{CC}	X_{DC}
D	X_{AD}	X_{BD}	X_{CD}	X_{DD}



	1	2	3	4	5	6	7	8
1	X_{11}	X_{21}	X_{31}	X_{41}	X_{51}	X_{61}	X_{71}	X_{81}
2	X_{12}	X_{22}	X_{32}	X_{42}	X_{52}	X_{62}	X_{72}	X_{82}
3	X_{13}	X_{23}	X_{33}	X_{43}	X_{53}	X_{63}	X_{73}	X_{83}
4	X_{14}	X_{24}	X_{34}	X_{44}	X_{54}	X_{64}	X_{74}	X_{84}
5	X_{15}	X_{25}	X_{35}	X_{45}	X_{55}	X_{65}	X_{75}	X_{85}
6	X_{16}	X_{26}	X_{36}	X_{46}	X_{56}	X_{66}	X_{76}	X_{86}
7	X_{17}	X_{27}	X_{37}	X_{47}	X_{57}	X_{67}	X_{77}	X_{87}
8	X_{18}	X_{28}	X_{38}	X_{48}	X_{58}	X_{68}	X_{78}	X_{88}

注: X_{ij} 表示从交通区 i 到交通区 j 的交通量

图 5 矩阵数据的合并

当左表中下标 $I=J$ 时, 则是对交通区内部出行数据进行拆分。由前述方法得到的高速公路新区划区域 OD 矩阵中 X_{JJ} 均为空值, 即得不到各新交通区的区内出行数据。因此, 在该情况下对数据拆分时, 需

要作区内的补充调查, 得到各新交通区内出行数据 X_{JJ} 。然后用 $I \neq J$ 时的方法进行计算。

2 7 框图

整个预测过程如图 6 所示。

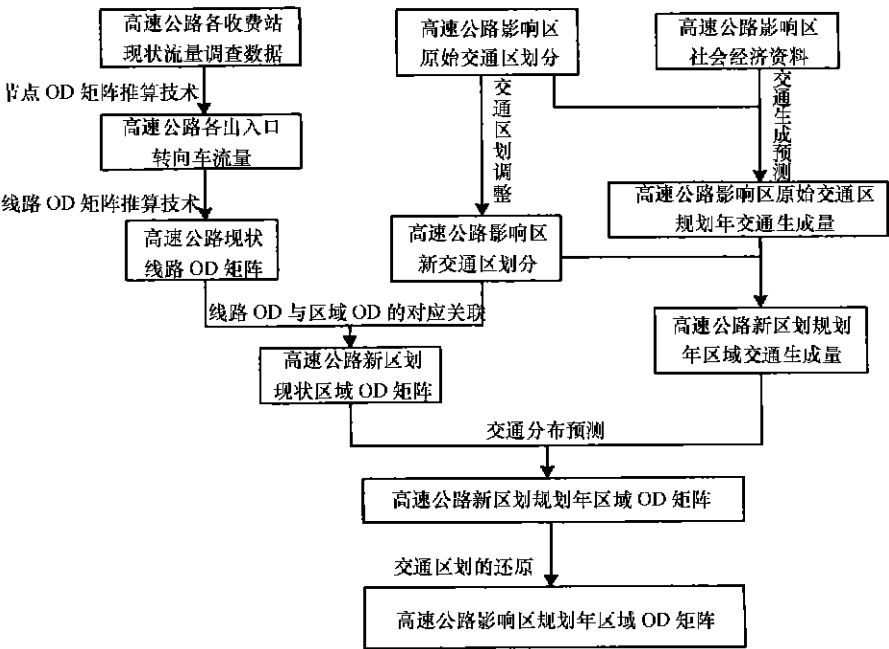


图 6 预测流程图

3 应用实例及效果评价

3 1 交通区划的确定和现状区域 OD 矩阵的获取

京石高速公路位于河北省境内, 地跨北京、保定和石家庄三市, 是连接北京和石家庄的骨架通道, 其在直接影响区域内的交通影响力占绝对主导地位, 项

目性质为高速公路直接影响区后评价, 因此可采用上述新方法对其影响区进行短期交通预测。根据前述思路, 对原有的 8 个交通区划进行拆分调整, 得到新的交通区划分, 如表 1 所示。

交通区划建立起线路 OD 与区域 OD 的对应关系, 然后针对高速公路沿线收费站的交通量统计数据, 利

表 1 京石高速公路交通小区划分一览表

编号	小区名称	原交通区划
1	北京市及以远	1 北京市及周边县市
2	影视城	2 涿州及周边地区
3	涿州	
4	高碑店	
5	定兴	3 定兴徐水地区
6	徐水	
7	保定	4 保定市
8	清苑	5 清苑望都二县区
9	望都	
10	定州	6 定州市
11	新乐	7 新乐正定二县区
12	正定	
13	石家庄市及以远	8 石家庄市

用两类 OD 矩阵推算技术进行推算，得到线路 OD 矩阵，进而得到直接影响区现状区域 OD 矩阵。

3.2 两套预测方法应用效果比较

在项目实践过程中对预测工作实行了两套方案，一是按照常规四阶段法进行，二是运用新方法进行，目的是为了检验新方法的精度。借助于交通系统分析软件 TRANSTAR 的交通需求预测功能，最终得到的交通分布预测结果如图 7、图 8 所示，图中的数字 1~8 为原交通区划编号。

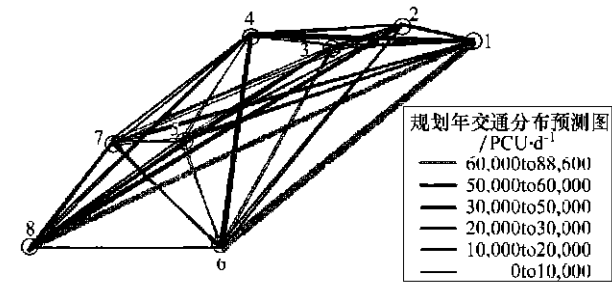


图 7 常规四阶段法交通分布预测图

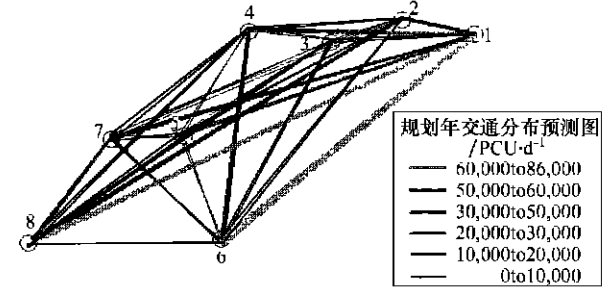


图 8 改进四阶段法交通分析预测图

从图中可见，运用新方法所得结果与常规方法结果接近。比较预测矩阵数据误差，个别数据误差较大，最大的达到 44.82%，但数量极少，误差最小的仅为 0.71%，矩阵总量误差为 11.38%。这说明，运用新方法得到的预测结果除个别数据误差较大外，基本与常规方法相当。

4 应用条件与进一步研究

(1) 由于预测过程中对交通区划进行调整是以高速公路的路网结构为参照的，因此 OD 矩阵推算技术能够在高速公路影响区交通需求预测中应用的前提就是在规划期内高速公路自身的结构没有大的变化，如改线等。高速公路的建设规划期较长，在 3~5 年内一般不会有太大的结构调整，这就保证了运用该新方法进行短期预测的可行性。从这点上讲，该新方法多适用于短期规划项目。

(2) OD 矩阵推算技术在高速公路影响区交通需求预测中应用的思路是以高速公路为预测主体，这就要求高速公路对整个路网的影响占主导地位。在高速公路的直接影响区内，这个条件可以满足。但在更为广阔的范围（间接影响区或更远区域）内，由于不收费道路的存在，使得各交通区间的交通联系很多是通过其它道路完成而不是仅依靠高速公路，此时单单针对高速公路进行预测的结果就很难保证其精度了，必须作其它道路的辅助调查和预测。因此，利用 OD 矩阵推算技术进行预测的方法一般只用于以高速公路为主要研究对象的工程项目中，如高速公路后评价。

作者在工程实践中曾遇到一类特殊的情况：在研究范围内存在一条走向与高速公路大体平行的较高等级道路，且该路与高速公路紧邻。此种情况下应用新方法进行预测时可作如下处理：将两条道路看成一条道路来进行交通区的重新划分，并将两条道路的交通量数据进行合并。注意由于两条道路沿线的出入口位置和数量往往均不相同，在数据合并时应将两个线路 OD 矩阵作累加，即合并后得到的线路 OD 矩阵的点数为初始两者之和。

(3) 公式 (3) 中的车辆驶离干线的概率 $P(i, j)$ ，在应用时一般均假设为恒量，即在干道上每辆车驶离的概率相等。这样便于线路 OD 矩阵推算模型的实际运用，但却不一定符合实际。关于如何合理地确定 $P(i, j)$ 的取值，尚有待进一步研究。

参考文献:

[1] 王炜，徐吉谦，等. 城市交通规划理论及其应用 [M]. 南京：东南大学出版社，1998.
[2] 帅斌，青学江，等. 通道 OD 矩阵推算算法的应用研究 [J]. 成都：西南交通大学学报，2001，36 (2): 121—125.
[3] 周晶. 城市交通系统分析与优化 [M]. 南京：东南大学出版社，2001.
[4] 陈团结，陈桂发. 弗雷特法在高速公路交通调查中的应用 [J]. 公路，2002 (8): 67—71.