

用于模拟无车日的交通需求预测模型

A Travel Demand Forecasting Model for Car Free Days

张 建

(美国 Caliper 公司, Newton, MA 02461)

ZHANG Jian

(Caliper Corporation, Newton, MA 02461)

摘要: 无车日活动是在有限的时间内,在城市规定区域里限制非公交机动车辆的通行,以减少拥堵、污染和噪音,并鼓励人们使用有利于环保的交通方式。介绍了一个专用于模拟无车日活动的交通需求预测模型,以对无车日期间的交通网络状况作量化分析。模型运行结果表明,在整个城市范围内,无车日措施使公交和非机动出行比例大幅增长,特别是自行车。同时,城市道路的拥堵情况和机动车废气排放量明显减少。缺点是除步行外,各类交通方式的平均出行时间有所增加。

Abstract: During a Car Free Day event, motorized non-transit vehicles are prohibited in certain urban areas, so as to reduce congestion, pollution, and noise, as well as to encourage the use of travel modes without negative impacts on environment. This paper introduces a travel demand model that simulates car free day activities, with a purpose to quantitatively analyze the corresponding network conditions. The results show that in the entire network the proportions of transit and non-motorized mode trips increased significantly, especially for bicycle mode. Meanwhile, roadway congestions and emission pollutant volumes dropped greatly. One shortcoming, however, is that, except for walking, all other travel modes resulted in an increased average travel time.

关键词: 无车日;交通需求预测模型;交通方式;环境保护;废气排放模型

Keywords: car free day; travel demand forecast model; travel modes; environment protection; emission model

中图分类号: U491

文献标识码: A

收稿日期: 2007-06-20

作者简介: 张建,男,博士,美国 Caliper 公司交通规划部主任,主要研究方向:城市交通规划模型、公共交通预测、用地模型等。E-mail: jian@caliper.com

0 引言

“无车日”活动将在中国许多城市开展,其目的是在有限的时间内缓解城市交通拥堵,减少机动车污染,以再现城市的安全以及环境的安静,同时提高市民的环保意识,倡导健康、环保、节能的出行方式。在无车日,城市的规定区域内将限制非公交机动车辆通行,鼓励人们使用除小汽车以外的其他交通方式,如步行、自行车、公交车等。

为了对无车日期间的交通网络状况作模拟和量化分析,本文以交通规划软件 TransCAD 为平台^[1],采用美国阿马里洛(Amarillo)市的交通出行数据和路网数据,建立一个交通需求预测模型。在对非公交机动车作限制与不作限制的两种情况下运行模型,比较其路网上各种交通方式的流量和小汽车废气排放量。

1 模型介绍

阿马里洛市位于得克萨斯州东北部,市区面积 90 mi² (约 234 km²),人口近 20 万。模型路网包含了市区以及郊区道路,总面积约 400 mi² (约 1 040 km²),模型路网的主要参数见表 1。

该市路网见图 1,米黄色部分是市区,其东部浅黄色区域为国际机场。

交通需求预测模型结构见图 2。模型的输入文件包括出行发生和吸引矩阵(P/A 矩阵)、公路及公交网络,其中 P/A 矩阵来自模型以外的出行分布计算,为全日出行量。利用网络路径属性计算模块的输出和人口经济统计数据,方式

选择模块把总出行分为不同交通方式，再由出行分配模块把它们分配到路网上去。将分配后的网络路段长度、车辆速度和流量输入废气排放模块，计算出城市各区域内的小汽车废气排放量。

交通方式结构见图3，中间方式包括小汽车 (Auto)、公交 (Transit) 和非机动 (None-motorized) 3种，而末端方式为单人驾驶 (Drive Alone)、多人合乘 (Carpool)、公共汽车 (Bus)、自行车 (Bicycle) 和步行 (Walk) 5种。多人合乘的乘载率为2.75，步行方式不使用州际公路和州公路，且最长步行时间不超过45 min。

各种交通方式的效用 (Utility) 公式所使用的变量见表2，涉及人口、经济、公路和公交各方面。对应于各中间方式的总效用变量 (Logsum) 和各末端方式变量的参数，在模型校正时得出。

各种方式的出行分配方法见表3。自行车和步行使用STOCH分配法，是为了在缺乏相关路段容量的情况下作多路径分配。公交车流量作为预分配流量加到小汽车的出行分配中。由于自行车和步行有专用道，其流量不作为拥堵因素。

机动车废气排放模块使用了美国环境保护局国家车辆与燃油排放实验室开发的Mobile 6模型^[2]，将全市划成许多1 mi²的栅格，其中，

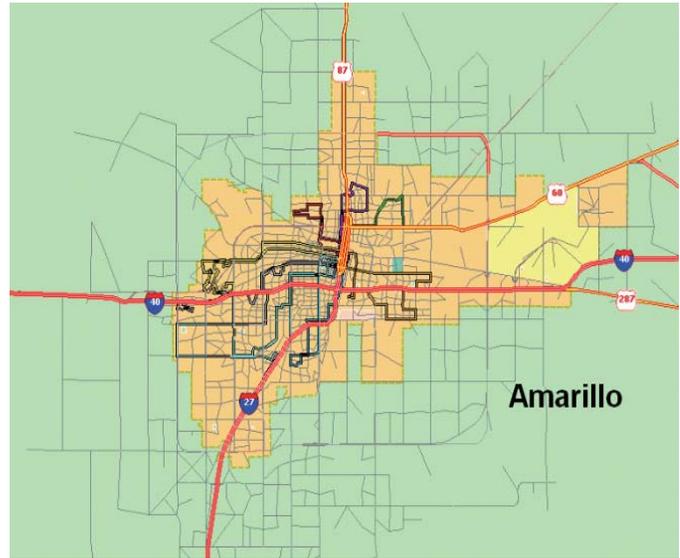


图1 阿马里洛市路网图
Fig.1 Amarillo roadway network

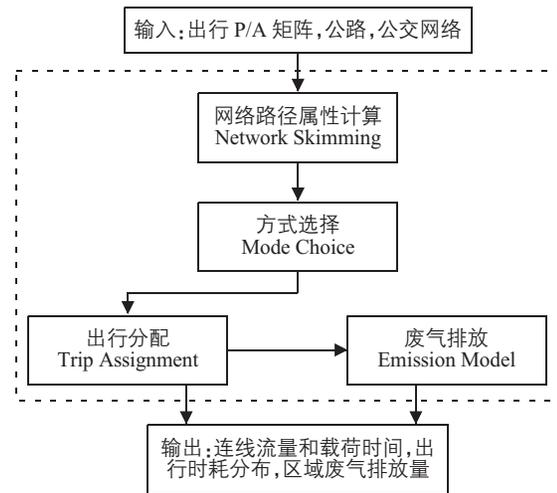


图2 需求预测模型结构
Fig.2 Model structure

表1 阿马里洛市路网主要参数
Tab.1 Main parameters of Amarillo network

参数名称	数值
域心	390
路网节点数	2 207
路网路段数	3 438 (其中市区路段2 697)
公路(州际, 州)总长/mi	189(约304 km)
其他道路总长/mi	892(约1 435 km)
市区公路长度/mi	94(约151 km)
市区其他道路长度/mi	520(约837 km)
公交线数/条	8
公交线总长/mi	103(约166 km)
公交车站数/个	167

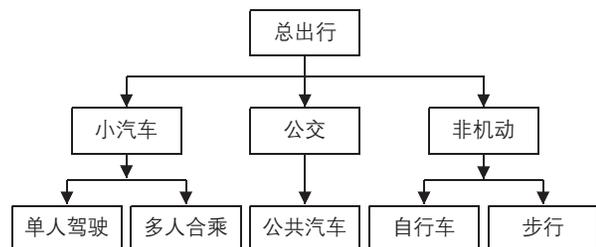


图3 交通方式选择结构
Fig.3 Mode choice structure

含道路的栅格在市区有120个，郊区有205个。在每个含道路的栅格内，以路段长度、车辆速度和流量为基础，计算出废气中主要污染物的排放量，包括碳氢化合物(HC)、一氧化碳(CO)、和氮氧化合物(NO_x)。

表2 各交通方式的效用公式变量

Tab.2 Utility function variables for travel modes

方式	变量
单人驾驶	小汽车行驶时间, 停车费, 个人收入
多人合乘	小汽车行驶时间, 个人收入
公共汽车	车票票价, 公共汽车行驶时间
自行车	自行车行驶时间
步行	步行时间

表3 各种交通方式使用的出行分配方法

Tab.3 Assignment methods for travel modes

方式	出行分配法
单人驾驶+多人合乘	用户平衡(UE)
公共汽车	Pathfinder 方法
自行车	STOCH
步行	STOCH

表4 各种交通方式的出行总需求

Tab.4 Total demands for travel modes

方案	正常		无车日	
	出行量/人次	比例/%	出行量/人次	比例/%
单人驾驶	368 280	58.34	2 170	0.34
多人合乘	172 805	27.37	703	0.11
公共汽车	48 983	7.76	211 953	33.58
自行车	35 164	5.57	378 778	60.01
步行	6 021	0.95	37 649	5.96
总计	631 253	100.0	631 253	100.0

表5 路段饱和度

Tab.5 Network link V/C ratio

饱和度	正常	无车日
最大值	2.00	0.02
平均值	0.09	0.001

2 运行结果

模型使用两个运行方案：正常方案和无车日方案。在无车日方案中，所有市区道路将对小汽车方式(单人驾驶和多人合乘)关闭。在两种运行方案下，方式选择模块输出的各种交通方式的出行总需求见表4。

从表中可以看出，在正常情况下，小汽车出行量达到总量的86%，占绝对优势，而公交和非机动车方式分别只占7.8%和6.5%。在无车日，小汽车出行萎缩至0.5%，公交和非机动出行都有大幅增长，其中自行车出行尤为突出，比平时增加10倍以上。市区内部及市区与郊区间的出行无法由小汽车承担，公交由于

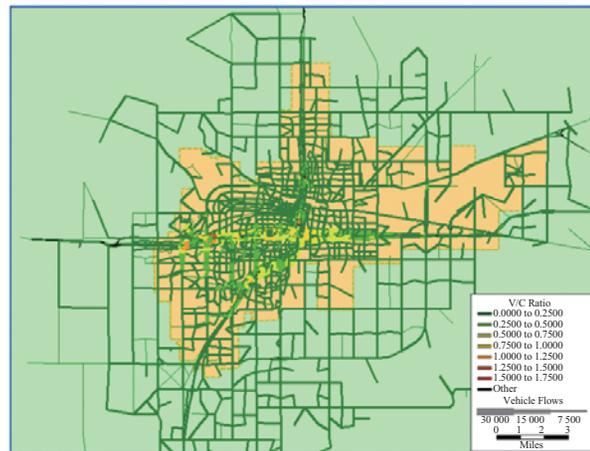


图4 正常方案下出行分配流量/饱和度图

Fig.4 Trip assignment flow chart on normal day

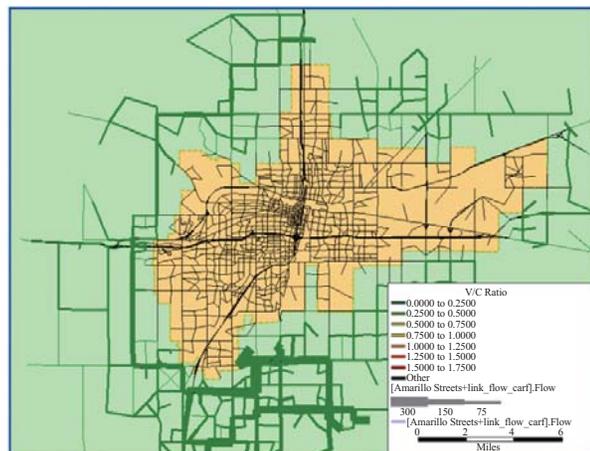


图5 无车日方案下出行分配流量/饱和度图

Fig.5 Trip assignment flow chart on car free day

表6 各种交通方式的平均出行时间
Tab.6 Average trip time for travel modes

方式	正常	无车日
单人驾驶	8.7	13.3
多人合乘	8.4	13.2
公共汽车	31.2	38.5
自行车	15.6	25.2
步行	19.5	20.5
全部	10.8	29.3

表7 机动车废气日排放量
Tab.7 Daily emission volumes

方案	排放值	正常		无车日	
		市区	郊区	市区	郊区
总量/g	HC	444 538	37 214	3 906	3 583
	CO	5 577 715	442 357	53 187	45 092
	NO _x	439 469	35 243	3 212	3 132
浓度/ (g/mi ²)	HC	3 704	182	33	17
	CO	46 481	2 158	443	220
	NO _x	3 662	172	27	15

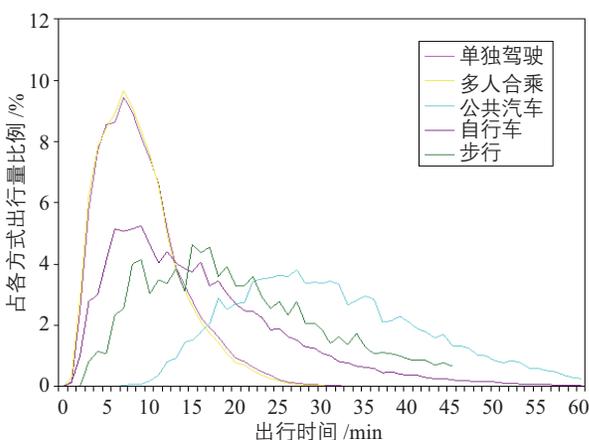


图6 正常方案下各交通方式出行时间分布

Fig.6 Trip length distribution of travel modes on normal day

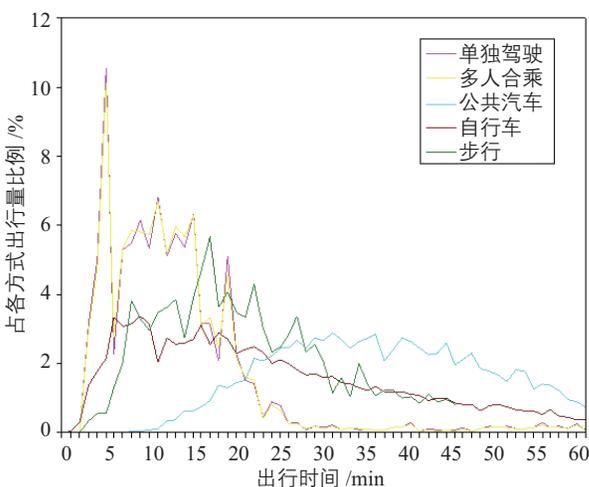


图7 无车日方案下各交通方式出行时间分布

Fig.7 Trip length distribution of travel modes on car free day

受线路覆盖范围限制而无法提供全面服务，而步行速度慢且不能作长途旅行，这些原因导致了自行车出行量的剧增。

阿马里洛市交通拥堵程度较轻，在两种方案下路段机动车饱和度(V/C)的数值见表5。在正常和无车日方案下的出行分配流量/饱和度图分别见图4、图5。

两种方案下各种交通方式的平均出行时间见表6。在无车日，小汽车出行只限于郊区，而郊区的分区一般比市区大，因而其平均出行时间增加。同时，市区内较长距离的平日由小汽车承担的出行，在无车日改由公交和非机动方式承担，从而这些方式的平均出行时间也增加了。整个路网的平均出行时间从10.8 min增至29.3 min。在两种方案下各交通方式的出行时间分布曲线见图6、图7。在无车日，各交通方式的分布曲线向横轴右方移动，以公交和自行车最为明显，其次是小汽车，曲线形状变化最小的是步行。单人驾驶和多人合乘的曲线非常相似。在各种交通方式中，公交的平均出行时间最长。

两种方案下市区和郊区废气主要污染物的排放总量和浓度见表7。数据显示，平日市区污染物排放量约为郊区的12倍，而浓度约为20倍。无车日由于市区禁行小汽车，加之没有市区和郊区之间的机动车出行，市区污染物主要来自公交车辆，排放量和浓度降至不到平日的1%，郊区各项污染物指标也降至平日的1/10左右。两种方案下栅格废气排放总量分别见图8、图9，它们之间存在巨大差别。

3 结语

模型在对象城市数据上的运行结果显示，在市区禁行小汽车，使小汽车出行萎缩，而公交和非机动出行均大幅增长。其中，自行车出行增加尤为突出，其

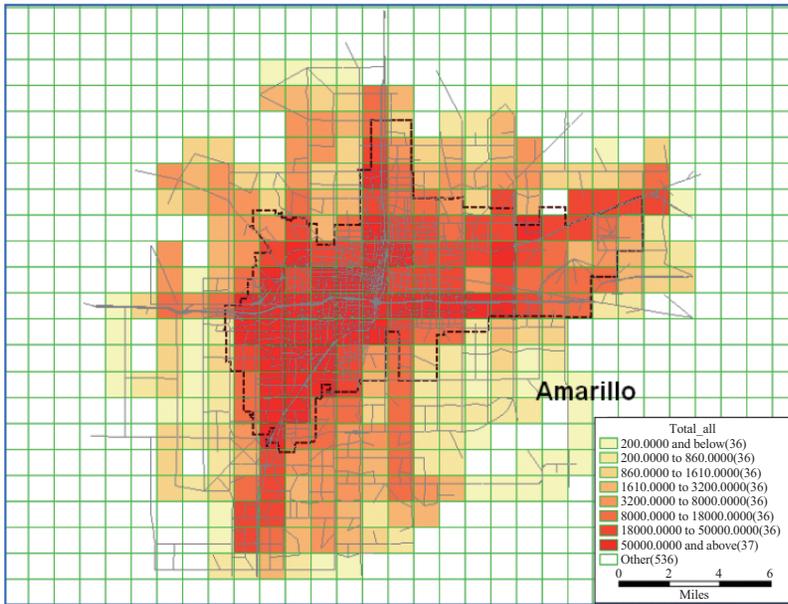


图8 正常方案下栅格废气排放总量
Fig.8 Total cell emission on normal day

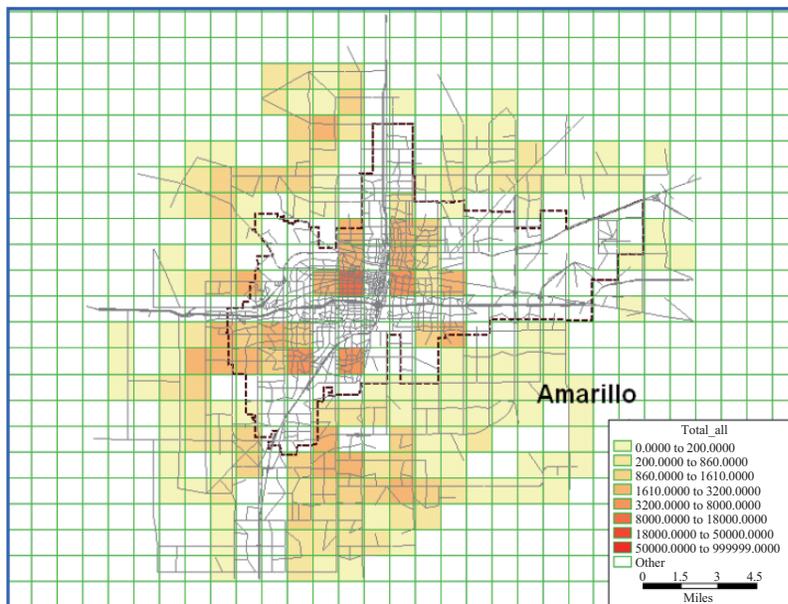


图9 无车日方案下栅格废气排放总量
Fig.9 Total cell emission on car free day

次为公交出行，步行出行增加较少。自行车不像公交车那样受固定线路的限制，也不像步行那样容易受行程限制。因此在无车日时，首先应该采取各种措施，鼓励人们使用自行车。其次可以临时增开和加长公交线路，扩大其服务范围。

模型输出数据表明，无车日活动的实施极大缓解了城市道路的拥堵情况，减少了机动车废气排放量，即使在未禁行小汽车的郊区也是如此。运用此模型的对象城市平日道路较为通畅，如果换一个交通拥堵严重的城市，无车日的优点可能更加显著。

无车日的缺点是除步行外，各类交通方式的平均出行时间有明显增加。但是，这一出行成本的增加值，可能远不及包括交通拥堵、环境污染和城市噪音等无形成本的减少值。

模型有待改进方向：①考虑国内路网中行人和自行车在交叉口对机动车流的影响；②加入出租汽车出行方式；③可以设立多种对小汽车的禁行范围，通过模拟找到正面效果(如废气排放量降低)和负面影响(如平均出行时间增加)之间的最佳平衡点。

参考文献

- 1 Caliper Corporation. Travel Demand Modeling with TransCAD 4.8 [M] . Newton, Massachusetts, U.S.A.: Caliper Corporation. 2005
- 2 Office of Transportation and Air Quality, U.S. Environmental Protection Agency. User's Guide to MOBILE6.1 AND MOBILE6.2: Mobile Source Emission Factor Model [R] . EPA420-R-03-010, Washington D.C., U.S.A.: EPA, 2003