

# 城市路网车辆出行轨迹调查分析系统<sup>①</sup>

王龙飞, 陈红, 李杨, 邵海鹏

(长安大学 公路学院, 西安 710064)

**摘要:** 提出一种城市路网环境下面向车辆出行轨迹的调查思路及数据处理方法; 采用车牌照作为车辆在路网中的唯一标识得到车辆完整出行轨迹, 生成路网内全部车辆的详细出行信息以及丰富、真实、可靠的路网交通运行现状信息; 基于 ArcGIS 构建了车辆出行轨迹调查分析系统确保了车辆出行轨迹调查、处理、分析全过程的可视、可查、可管、可控; 最后以西安市曲江新区为例验证了系统在处理车辆出行轨迹调查方法时高效性、准确性和科学性。

**关键词:** 交通轨迹调查; 车辆出行轨迹; 车牌照; 统计分析; 城市路网

## Running Vehicle Traveling Track Survey Analysis System for Urban Network

WANG Long-Fei, CHEN Hong, LI Yang, SHAO Hai-Peng

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** A traveling track based traffic survey approach and its data processing method under urban road network is proposed. Taking plate number as the only identity, complete travel tracks of vehicles are obtained through statistical analysis of plate number from the whole network, thus amount of detailed and useful travel information of vehicles and rich, authentic and reliable of traffic status information of network can be generated. To ensure the whole process of traveling track survey controllable, manageable, queryable and visible, a traveling track survey analysis system is architected based on ArcGIS platform. Finally, an example of traffic survey for Xi'an QuJiang new district has shown the efficiency, accuracy and scientificity of the methodology and analysis system of travelling track survey approach.

**Key words:** traveling track survey; vehicle traveling track; plate number; statistical analysis; urban network

## 1 引言

随着传统的交通调查如交通量、密度、车速、通行能力、起讫点等调查大都停留在单一交通参数上, 很少能同时兼顾其他目的调查, 其局限性、低效性很难满足当今复杂交通系统分析的信息需求。随着交通信息采集设备自动化、智能化水平的不断提升, 全球定位系统 (Global Positioning System, GPS)<sup>[1]</sup>、射频识别 (Radio Frequency Identification, RFID)<sup>[2]</sup>、无线通信<sup>[3]</sup>、视频监控<sup>[4]</sup>、车牌自动识别<sup>[5]</sup>、无线传感器网络<sup>[6]</sup>等技术都可用于追踪、识别车辆在路网中的完整出行轨迹, 通过对路网中全部车辆出行轨迹的科学处理可得到详实、准确、可靠的路网交通运行现状信息, 为一次调查即获取多种

交通状态信息提供了新的解决思路。地理信息系统 (Geography Information System, GIS) 在交通领域中的空间数据管理、图形表现、辅助决策等方面具有良好的优势<sup>[7,8]</sup>。因此, 可利用 GIS 技术构建车辆出行轨迹分析系统, 为轨迹的分析、处理提供直观可视化呈现和辅助决策支持。

本文采用车牌照作为路网中车辆的唯一标识, 提出车辆出行轨迹调查的数据处理流程, 基于 ArcGIS 平台设计并实现了城市路网环境下的车辆出行轨迹调查分析系统 (Running Vehicle Traveling Track Survey Analysis System, RVTTSAS), 最后以西安市曲江新区为例验证了车辆出行轨迹调查方法的有效性、科学性

① 基金项目: 交通部交通应用基础研究项目 (2008319812020)

收稿时间: 2011-04-22; 收到修改稿时间: 2011-05-28

及系统在处理车牌数据时的高效性、准确性。

## 2 RVTTSAS系统设计

### 2.1 RVTTSAS 数据处理流程

基于车牌照的车辆出行轨迹调查首先从各调查点收集车辆车牌照、通过时间、车型等信息,统计车辆途经调查点时间序列,利用最优路径连接序列中相邻调查点得到车辆全信息出行轨迹(包括车辆行驶路径及交通状态),最终结合路网拓扑结构信息生成 OD 分布矩阵、交通量、密度、饱和度 V/C、出行特征等交通状态信息, RVTTSAS 数据处理流程如图 1 所示。

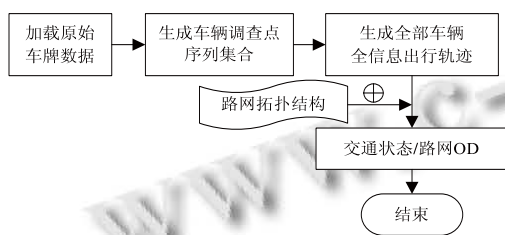


图 1 RVTTSAS 数据处理流程

### 2.2 系统架构

RVTTSAS 总构架分为三层:数据平台层、数据处理层和应用显示层,如图 2 所示。

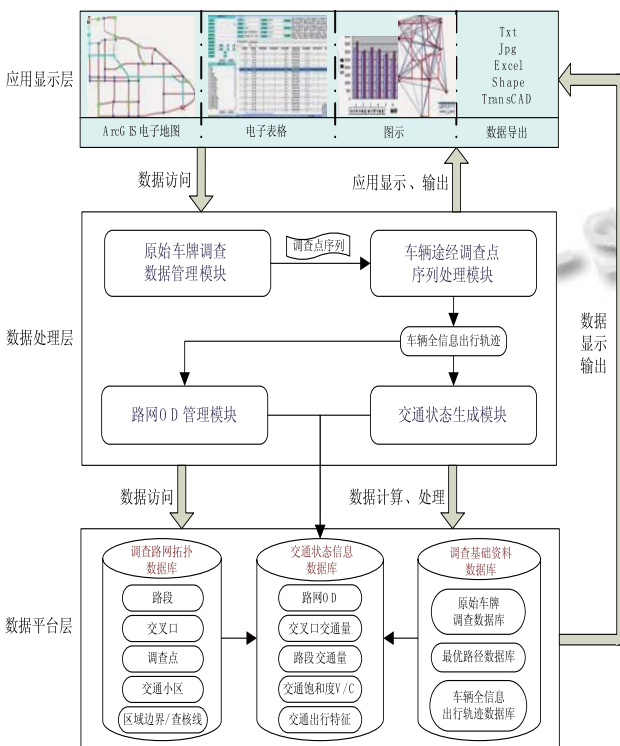


图 2 RVTTSAS 系统架构图

### 2.3 数据平台层

负责调查基础资料、调查路网拓扑数据和交通状态数据的存储,提供数据访问接口,供数据处理层访问、处理调查数据,供应用显示层呈现、导出调查结果。调查路网拓扑数据库包括路段、交叉口、调查点、交通小区、区域边界和查核线等地理信息要素;基于 GIS 技术建立要素数据模型和地理特征模型,利用应用显示层的 GIS 平台实现要素的可视化呈现与格式化导出,便于使用者查询、分析与管理。调查基础资料数据库包括原始车牌调查数据库、最优路径库、车辆全信息出行轨迹库;每个调查点在原始车牌调查数据库中唯一对应一个同名的车牌数据表,存储车牌照、通过时间、流向、车型等信息;最优路径库是路网内任意两交叉口间的最优(距离最短、时间最短、效用最大)路径集合;原始车牌数据经处理后得到的全部车辆的详细出行信息存储于车辆全信息出行轨迹库中。交通状态信息数据库包括任意调查点/交通小区的出行 OD、交叉口和路段交通量、路段饱和度 V/C、交通时空出行特征等信息。

### 2.4 数据处理层

访问数据平台层的基础调查数据及路网拓扑数据,处理车牌信息得到车辆全信息出行轨迹,生成交通状态与 OD 信息存储于交通状态信息数据库中,处理过程与结果通过应用显示层呈现、输出。

#### 2.4.1 原始车牌调查数据管理模块

负责原始车牌数据的完整性校验、查询分析、融合处理。

##### (1) 车牌数据完整性校验

完整、规范的车牌信息是确保数据准确利用的前提,需对不符规格的异常数据进行完整性校验、处理,具体对车牌信息的索引、车牌照、调查日期、调查点编号、车辆通过时间的格式和内容进行完整性校验;若是格式问题应按正规格式做归一化处理,若是内容问题,则按数据属性进行校正、补充或删除操作。

##### (2) 车牌数据的查询分析

通过数据平台层访问接口查询车牌照在各调查点的全部出现情况以及各调查点上车辆流经情况,可实现车辆完整出行轨迹的跟踪,也便于利用集合论分析具有流向衔接关系的相邻调查点的车牌交集,得出路径上交通流量的分担情况。

##### (3) 车牌数据的融合处理

为获取相异车牌照数量及每辆车所经过的调查点序列，需对各调查点的原始车牌数据进行融合处理，处理流程如图 3 所示。

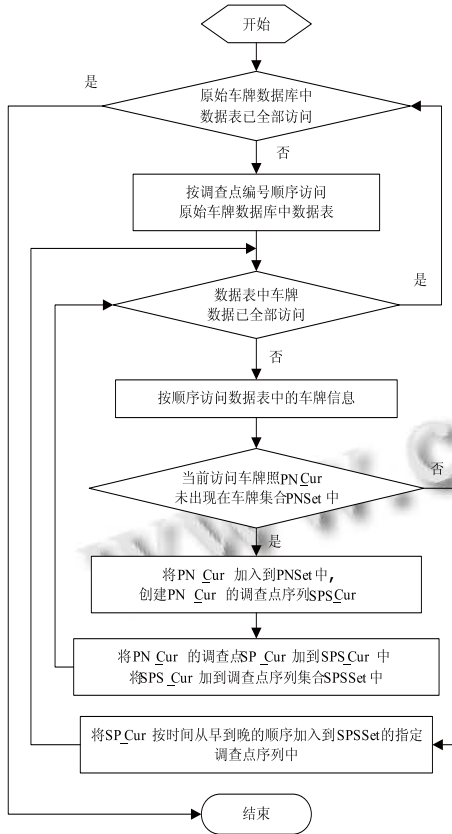


图 3 车牌数据融合处理流程

### 2.4.2 车辆途经调查点序列处理模块

对调查点序列进行校验、拆分、补充，生成完整的车辆途经调查点序列和车辆全信息出行轨迹。

#### (1) 调查点序列的校验

人工记录车牌时通常记录后几位，致使车牌尾数与车型重复的车辆被识别为一辆车，需要对融合处理后得到调查点序列中的相邻调查点进行重复性校验、时间与距离校验、可达性校验；若相邻调查点之间存在重复、时距不符或无可达路径任一种情况，都表明调查点序列由多辆车组成，即混合调查点序列，需要拆分还原成多辆车的调查点序列。

#### (2) 混和调查点序列的拆分

根据调查点间的流向衔接关系将混合调查点序列分解成多条相邻调查点可达的子序列，组成序列组(可分解成多个序列组)，验证序列组中各子序列相邻调查点的时间间隔与距离是否相符，最终从全部序列组中

选出一个时间、距离最匹配的序列组作为拆分结果。

#### (3) 单调查点序列的补充

由于调查开始/结束阶段有车辆离开/进入路网或调查时段内车辆在路网中长时间经停，都会导致车辆调查点序列中只有一个调查点，即形成单调查点序列，此时可根据全部有效调查点序列的首尾调查点分布概率对应补充单调查点序列的起点、终点或起终点。

#### (4) 生成车辆全信息出行轨迹

利用相邻调查点之间的最优路径连接调查点序列，结合车辆经过各调查点时间，计算全程及各路段的行程时间和平均速度，得到每辆车出行的详细信息即车辆全信息出行轨迹，包括：序号、车牌号、车型、出行距离、出行时间、平均行程速度、出行起始时间、出行起点信息、出行终点信息、途经各调查点详细信息、途经各交叉口详细信息、途经各路段详细信息、各路段的行程时间与速度。

### 2.4.3 路网 OD 管理模块

利用车辆全信息出行轨迹生成路网 OD，实现 OD 数据的查询与分析、交通小区的动态划分与分级管理。

#### (1) 生成路网 OD 分布

车辆全信息出行轨迹的起、终点交叉口对应着车辆的起、讫点，统计全部车辆起终点可得到交叉口 OD 分布矩阵，利用交叉口与交通小区的唯一归属关系可将交叉口 OD 分布矩阵转成交通小区 OD 分布矩阵。

#### (2) OD 数据查询与分析

利用交叉口和交通小区的 OD 矩阵，结合交通小区的划分、组织关系，可生成交叉口与交叉口、交通小区与交通小区、交叉口与交通小区之间任意组合的出行产生、出行吸引、出行分布及出行期望；根据车辆出行起、讫点所处位置(路网出口、入口、中间)可分析过境出行、区内出行、区间出行的交通量。

#### (3) 交通小区的动态划分

根据不同的交通分析需求场景，建立一套灵活的小区划分、合并策略，通过设置调查点与交通小区的归属关系，制定多种分区方案，生成多种格式、样式的 OD 数据，实现交通小区动态的分层、多级管理。

### 2.4.4 交通状态生成模块

统计车辆全信息出行轨迹，生成路段交通量、交叉口交通量、路径交通量、平均车速、密度、饱和度 V/C 等交通状态信息，分析路网交通出行特征，生成路网交通运行现状评价。

(1) 生成交通量、密度、饱和度

从路网拓扑结构中可获取路段与交叉口的详细进、出口路段信息,包括驶入交叉口路段、驶出交叉口路段、驶入交叉口路段所分流的各路段、汇入驶出交叉口路段的各路段;统计这些路段及目标路径的连续路段序列在全部车辆出行轨迹中的出现次数,可得路段、交叉口和目标路径的交通量;路段密度和饱和度可分别由交通量比上路段长度和通行能力得到。

(2) 交通出行特征分析

通过统计车辆全信息出行轨迹,可分析交通量的时间分布特征,如交通量随时间变化曲线,也可分析交通量的空间分布特征,如不同等级、功能、区位的路段的交通量的方向分布、流向分布等交通状态特征以及不同位置交叉口的进出口的流量、流向分布特征。

(3) 路网交通运行现状评价

利用车辆全信息出行轨迹所反映的路网交通实时运行状态和交通出行特征,生成路网中重要路段、交叉口的交通运行现状评价,包括:路网拥挤率、平均行车延误、饱和度、区内主要交通流量/流向分布、区内拥挤路段情况、交叉口通行能力等。

2.5 应用显示层

采用多种手段提供丰富、直观的数据显示与输出,将数据平台层的数据及数据处理层的数据处理过程以多种格式包括数据表格、曲线图表、GIS 地图、图片、文件(txt、excel、shape、TransCAD 文件)进行显示和导出,提高数据访问的便利性、数据处理的透明度以及结果应用的灵活性。基于 GIS 技术构建可视化地理信息平台,实现调查点部署与管理、交通小区的动态划分与分级管理、交通运行状态以及地理要素信息的查询与管理,确保车辆出行轨迹调查、处理、分析全过程的可视、可查、可管、可控。



图 4 车牌数据处理过程界面

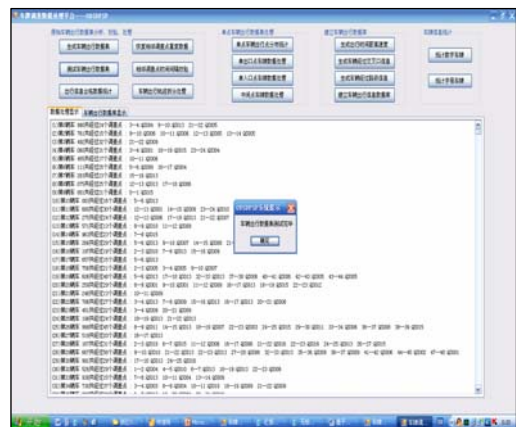


图 5 车辆全信息出行轨迹查询界面

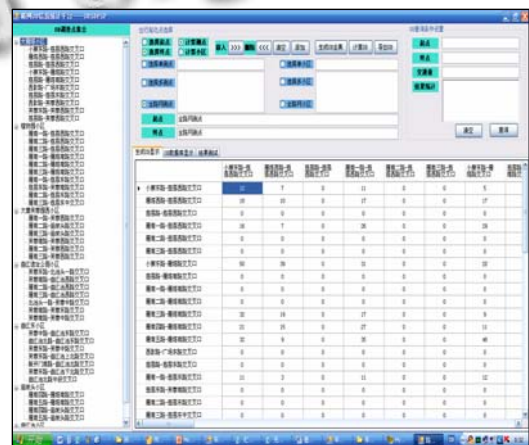


图 6 路网 OD 管理模块运行界面

3 RVTTSAS系统实现

基于 VB.Net 平台研发了 RVTTSAS,采用 ArcGIS 9.2 作为地理信息平台,使用 MySQL 5.0 作为后台数据库。下面以西安市曲江新区车辆出行轨迹调查为例说明 RVTTSAS 各模块的运行。通过对晚高峰小时(17:30~18:30)全部 36 个调查点 21828 条有效车牌数据的采集、处理,如图 4 所示,得到 3412 辆车的全信息出行轨迹,通过 ArcGIS 平台可查看任一条出行轨迹的详细信息,如图 5 所示。路网 OD 管理模块与交通状态生成模块运行界面分别如图 6、7 所示。图 8 显示了路网内的拥有较大流量的流向分布情况,图 9 给出了路网中 OD 分布期望线,通过与实际路段交通量对比,车辆出行轨迹调查数据处理结果可总体反映路网交通运行的真实状态。实践证明,RVTTSAS 整体性能良好,达到了较高的数据处理水平。

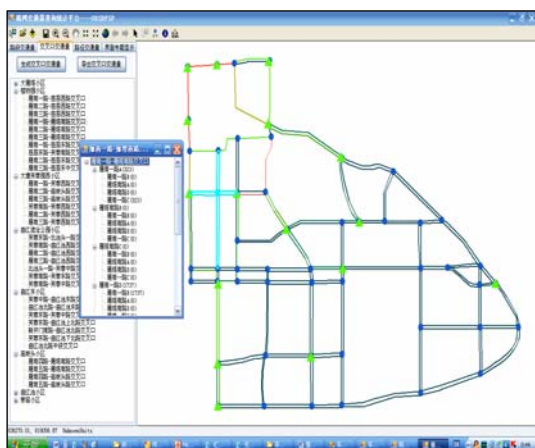


图7 交通状态生成模块运行界面

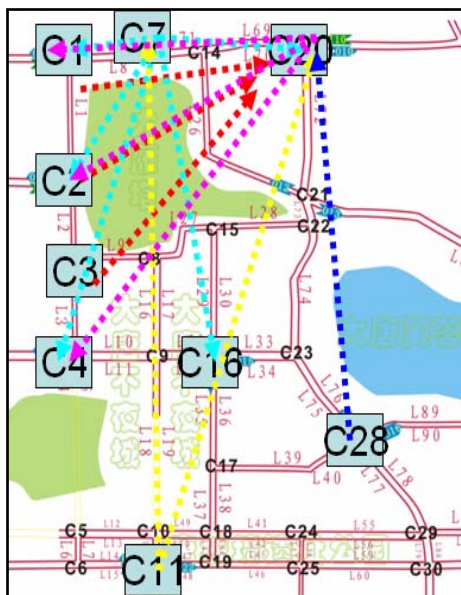


图8 曲江新区 OD 分布期望线图

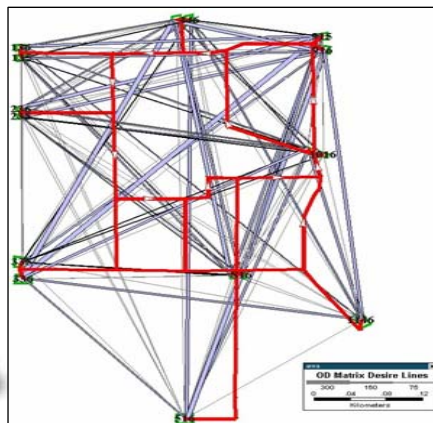


图9 曲江新区 OD 分布期望线图

将数据挖掘技术等引入到出行轨迹的分析研究与应用扩展过程中,进行交通出行特征、模式、规律、路径选择行为的深入挖掘与分析。

### 参考文献

- 1 邓中伟,季民河,陈雯,施宝宏,徐超,张治华,张波,邬毅敏.耦合被动式 GPS 与网络调查的居民出行调查.交通运输系统工程与信息,2010,10(2):178-183.
- 2 Eiji Hato. Development of behavioral context addressable loggers in the shell for travel-activity analysis. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2010,18(1):55-67.
- 3 Asakura Y, Hato E. Tracking survey for individual travel behaviour using mobile communication instruments. Transportation Research Part, 2004,12:273-291.
- 4 卞建勇,徐建闽,裴海龙.基于强化学习的视频车辆跟踪.华南理工大学学报(自然科学版),2008,36(10):57-60.
- 5 杨晓光,蔡润林,庄斌.基于车牌自动识别系统的城市道路行程时间预测算法.交通与计算机,2005,23(3):29-32.
- 6 李旭.车载传感器网络的应用及关键技术研究.上海:上海交通大学,2009.
- 7 李瑞敏,陆化普.基于 WebGIS 的智能交通管理指挥调度系统.计算机工程,2007,33(21):232-234.
- 8 王英杰,原勘省,李天文.交通 GIS 及其在 ITS 中的应用.北京:中国铁道出版社,2004.

### 4 结语

基于车牌照的车辆出行轨迹调查具有数据量大、准确度高、实用性强等特点,可获取调查路网内全部车辆的出行轨迹,生成详实的路网交通运行状态。本文基于 GIS 技术设计实现了城市路网车辆出行轨迹调查分析系统 RVTTSAS,并以西安市曲江新区为例验证了行系统的处理数据的高效性、准确性。未来工作是