

# 基于货运车辆 GPS 数据的交通调查技术研究

詹起林<sup>1</sup>, 高峻<sup>1</sup>, 王磊<sup>2</sup>

(1. 上海师范大学地理系, 上海 200234; 2. 上海市城市综合交通规划研究所, 上海 200032)

**摘要:** 基于 GPS 轨迹点与道路网络拓扑数据, 利用 GIS 技术进行 OD 点和交通通道的调查研究。利用货运车辆 GPS 轨迹数据, 分析轨迹点的时间、速度及其空间分布特征, 实验并确定合理的阈值过滤出点簇, 生成 OD 点; 用轨迹点捕获含有拓扑关系的临近路段, 通过最短路径算法生成货运车辆沿道路的线型轨迹, 最终获得完整的货运车辆出行通道调查数据。与传统交通调查方法相比, 该方法的组织实施环节大大减少, 调查数据和成果更加客观可靠, 是一种通过信息技术进行交通调查研究的全新尝试。

**关键词:** 交通调查; GPS; OD; 交通通道; 最短路径

中图分类号: P208 文献标识码: A 文章编号: 1672-0504(2011)03-0030-04

## 0 引言

交通调查是借助客观的手段, 测定道路交通流及其有关现象的片断并进行分析, 从而了解交通流的规律<sup>[1]</sup>, 一般包括公路交通流量和车速、车辆 OD 点、通行能力、交通事故、车辆行驶特性调查等。城市交通调查是进行城市交通规划、城市道路系统规划和城市道路设计的基础工作, 通过对城市交通现状的调查与分析, 获取城市交通空间和时间分布特征, 研究城市交通的产生、分布、运行规划规律及现状存在的主要问题, 评价城市交通的运行水平, 是进行城市交通科学管理、规划和决策所必需的步骤。

传统的交通调查资料需人工输入计算机进行整理, 对获取的数据往往只是通过关系型数据库进行分析和挖掘, 与日益发展的交通行业相比数据处理分析系统较为滞后, 一般只能实现数据的查询、统计工作, 所得统计结果比较单一, 利用率较低。近年来, 现代城市交通调查在交通调查技术中形成许多新的解决思路, 如罗胜平<sup>[2]</sup>对基于手持式交通调查仪的交通调查方案进行研究, 王富等<sup>[3]</sup>提出基于公路收费站的公路交通调查优化方法, 钱卫东等<sup>[4]</sup>利用 Google 地图平台进行客流 OD 调查; 在货运交通调查方面, 刘力元<sup>[5]</sup>提出了基于产业结构的货运 OD 调查方法。随着智能交通技术 ITS 的发展, 对交通调查提出了新要求, 也为交通调查提供了先进的技术。利用移动通信设备, 可以实时动态地把握人们出行的时间和空间信息; 随着图像处理

技术的实用化, 利用 AVI (Automatic Vehicle Identification) 车辆牌照识别装置进行车辆的行驶径路跟踪, 获取车辆的动态径路和动态 OD; 随着通信技术、网络技术的发展, 利用无线通信网络的交通调查技术和设备将会获得发展; 此外部分学者提出基于手机定位、一卡通、遥感等新技术进行交通出行的思路<sup>[6]</sup>。

2009 年开展的上海市第四次综合交通调查, 在充分利用既有数据资源、扩大信息技术应用等方面形成新的综合交通运行监测思路<sup>[7]</sup>。本文以上海市城市综合交通规划研究所采集的货运车辆 GPS 轨迹数据库为数据源, 在分析这些行驶轨迹数据和空间分布特点的基础上, 利用 GIS 技术基于道路网络拓扑最短路径, 提出一种优化的交通调查技术, 获得货运车辆的交通 OD 和通道。

## 1 研究区数据分析

### 1.1 数据概况

货运车辆 GPS 轨迹数据属海关监管车辆(集卡和其他种类的货运车辆)的 GPS 轨迹数据(表 1)。本研究以 2009 年 5 月 22 日全天货运车辆 GPS 轨迹数据为例, 在地域上辐射了全国诸多区域并以长三角区域为主, 其空间分布见图 1(见封 2), 涉及车辆共计 9 732 辆, 其中港区和机场的轨迹点记录数共计 4 159 982 条。交通小区图事先经过图形拓扑处理, 在空间上拼接完好, 不存在重叠现象, 用于货运车辆 OD 分析。本文还涉及同时期上海市范围内的道路中心线电子地图数据。

收稿日期: 2011-02-17; 修订日期: 2011-03-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(40871256); 上海市教委重点学科《地理学与城市环境》(J50402)

作者简介: 詹起林(1981-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为 GIS 与城市生态。E-mail: kileng@163.com

表 1 货运车辆 GPS 数据结构  
Table 1 GPS data structure of freight vehicles

字段名称	说明
车牌号	货运车辆回报 simid 号(唯一标识)
数据接收时间	yyyy mmr dd hh: mm: ss
经度	WGS84 坐标经度
纬度	WGS84 坐标纬度
车速	GPS 设备生成的瞬时车速, 单位: km/h
角度	以正北为起始值, 顺时针方向计算的瞬时夹角
GPS 时间	格式同数据接收时间
车辆位置	省市区/ 县级市/ 地级市路段名
行驶总里程	累计里程, 单位: km

### 1.2 货运车辆 GPS 数据特征和预处理方法

根据货运车辆 GPS 数据的特点, 对其中包含的时间、速度和位置信息进行分析。基于数据库查询和分析语句对数据的有效性和数值进行归纳; 利用 ArcGIS 软件平台将货运车辆 GPS 轨迹数据与交通小区、道路中心线、港区边界等数据进行空间分析, 得出数据的空间特征和规律用于交通 OD 判断和通道分析。分析数据特征归纳如下: 1) 数据量大。货运车辆单日平均 GPS 数据记录有 800 多万条, 详尽的数据对客观分析和数据挖掘有利, 但对后续的数据分析过程和算法提出一定的要求。针对此问题, 对数据表采取了建立属性索引、空间索引及分拆子表的方式来提高效率。2) 数据采集不稳定。车辆 GPS 接收机设定的接收时间间隔为 1 min, 但由于 GPS 接收信号易受天气、环境因素影响, 造成数据无效及存在缺失现象。针对这一问题, 设计时间顺序重排模块, 对所有记录按单一车辆的时间顺序进行重排并设定序号, 固定了前后两个 GPS 点的时间步长, 以便对记录拾取和统计。3) 部分记录重复。由于 GPS 信号弱和车辆停车导致记录重复现象, 进而

可能导致 OD 点误判。针对这一情况, 预先对重复记录进行标记并删除。4) 采集路段的不连续性。货运 GPS 点的时间间隔是 1 min, 按照平均时速 8~9 m/s 计算, 两个 GPS 点间的距离约为 500 m。很多情况下, 相邻两个 GPS 点可能跨两个或多个路段, 这时会出现 GPS 点采集路段的不连续, 即部分路段上没有 GPS 点。这在货运 GPS 的通道分析中会因无 GPS 点覆盖而造成出行断路现象(图 2)。针对这种情况, 基于车辆出行行为特征, 结合路网拓扑关系, 利用 GIS 中网络分析方法, 在轨迹点经过的临近路段间, 通过选取最短路径填补路段空缺, 从而使得出行轨迹为一条连通的路段(图 3)。5) GPS 点漂移。货运车辆 GPS 点由于存在水平误差, 轨迹点不可避免地发生漂移, 特别是在车辆停留状态下表现更为明显, 如路口及港区附近。停留点区域的点集合相对漂移位置通常在 0~200 m 范围, 信号接收正常情况下一般在 0~50 m 范围。GPS 点漂移会影响通道的选取, 容易造成岔路情况(图 4)。对路网数据进行拓扑处理, 生成路网拓扑中的路段起止节点, 然后判断路段的方向及相邻路段是否存在岔路现象; 若存在, 则从结果中剔除岔路路段。漂移点处理后的通道分析结果见图 5。6) 低速时回报点形成点簇。从货运 GPS 数据的统计分析看, 车辆停留、加(减)速阶段产生低速时回报点, 这些回报点形成点簇用来判断是否 OD 点。在装卸货物时, 回报点会长时间停留在以某点为中心的漂移点簇, 如果持续时间大于 30 min 则可判为一个 OD 点。进入港区范围利用吊机装卸货, 停留时间可能低于 30 min, 在交通调

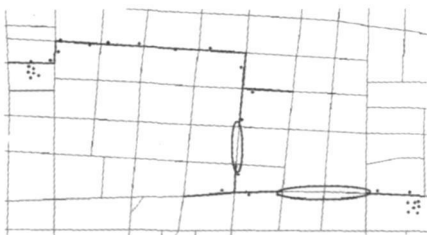


图 2 轨迹点间隔导致叠加的道路不连续  
Fig. 2 Track point interval leads to the path discontinuity

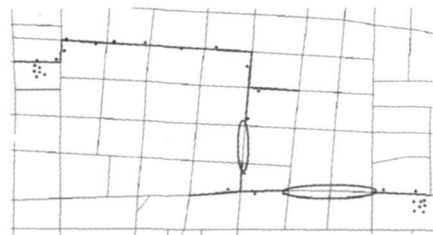


图 2 轨迹点间隔导致叠加的道路不连续  
Fig. 2 Track point interval leads to the path discontinuity

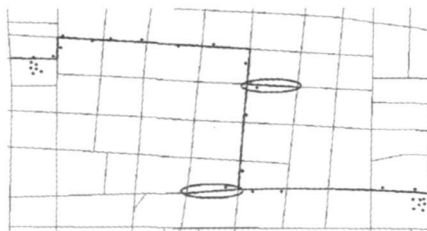


图 4 GPS 点漂移造成的岔路情况  
Fig. 4 The fork situation in the road caused by GPS point drift

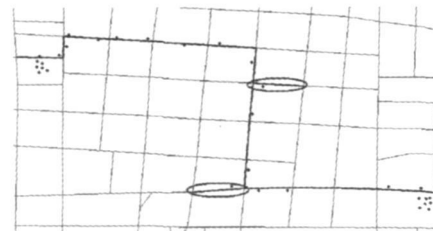


图 4 GPS 点漂移造成的岔路情况  
Fig. 4 The fork situation in the road caused by GPS point drift

查中也算作一个 OD 点;这一特征与运动中记录的线型轨迹明显不同(图 6, 见封 2), 用于区分沿道路行驶的停留点和 OD 点。通过实验不同的速度阈值划定点簇区, 发现低速定义为 < 5 km/h 时能够获取最佳低速点簇。采用 GIS 的空间分析方法实现泰森多边形并生成点簇重心用于拟合为停留点和 OD 点(图 7, 见封 2)。7) GPS 点沿路网分布。货运车辆 GPS 点轨迹基本沿道路中心线分布, 这与车辆行驶路径相吻合, 同时点位的密集程度与道路等级相关。在处理中, 以轨迹点捕捉到邻近的道路中线为参考, 然后进行后续的网络最短路径分析。

## 2 交通调查方法及验证

### 2.1 模块设计

基于货运车辆 GPS 数据及其特点, 利用数据库技术和 GIS 技术, 研究并设计交通调查方法, 其模块技术实现见图 8。模块关系中: 时间顺序模块是所有分析的前提; OD 点模块主要用于分析每次出行的 OD 点及其所在的区域, 最后整理出 OD 汇总表; 在 OD 模块分析出所有 OD 所在的小区后, 统计模块即可针对各自的需求进行统计; 通道模块则必须基于时间顺序模块和 OD 汇总表进行, 模块内部的通道数据分析必须待通道分析完成后进行。

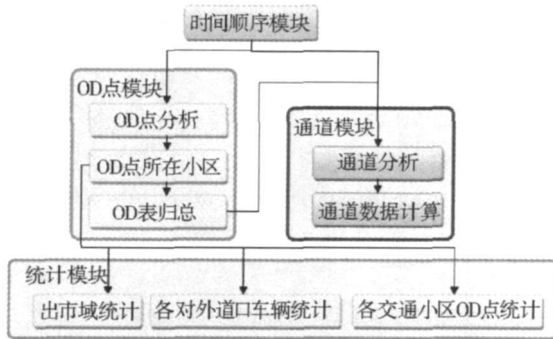


图 8 交通调查方法模块设计  
Fig 8 Module design about the traffic survey methods

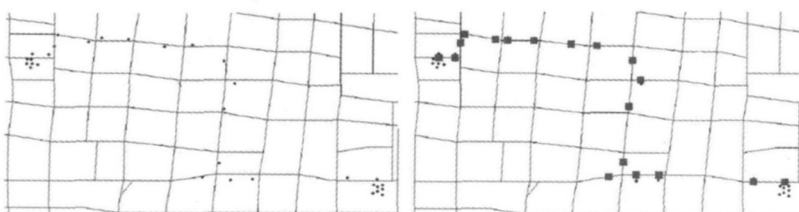
### 2.2 关键技术说明

(1) OD 点分析。该过程中, OD 点均为低速停留点(但低速停留点并非就是 OD 点), 而 GPS 点在低速

情况下漂移特别严重, 如果仅从空间上对 OD 点进行分析非常困难, 必须结合 GPS 轨迹点的时间、速度等因素进行综合分析和判断。为了减少货运车辆因停滞等造成的影响, 在 OD 点分析前, 利用高等级路面图层标记出路内运行速度小于阈值的轨迹点, 其在 OD 待选范围外。利用设定的速度、出行里程、停留时间等阈值进行判断, 主要步骤如下: 1) 利用车牌号“SIMNO”字段, 找出每日每辆车的 GPS 点, 选出所有的低速轨迹点。2) 在连续的低速点记录中出现少数高速运行的记录时判断为速度跳跃现象, 选出速度跳跃现象的记录, 若速度跳跃点间运行的里程数不超过距离阈值, 则算作停留状态; 低速点集在时间跨度(利用“RECVTIME”字段进行判断)上必须超过一定阈值, 否则算作运行状态。3) 将低速点集中时间顺序(利用“TIME\_ORDER”字段)排第一的点定义为 O 点, 时间顺序排最后的点定义为 D 点。4) 若低速点集包含该日该车的第一个 GPS 点, 则只记录 O 点, 若低速点集中包含最后一个 GPS 点, 则只记录 D 点; 将分析结果写入“OD”字段。

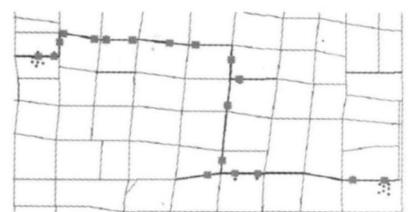
(2) 通道分析(包括通道识别和通道数据分析)。其基本原理是通过 GPS 点定位所在的路段, 利用 GPS 点的属性数据内插出货运车辆在该通道上的数据记录。

通道识别是利用 GPS 轨迹点通过空间位置分析, 找出离该点最近的路段, 即得到货运车辆一次出行途经的路段。但由于数据存在时间间隔过大和 GPS 漂移等问题, 所以在空间查询结果的基础上, 运用 GIS 中网络分析中最短路径获得经过的路段, 并用道路拓扑分析以保证得到一条连续的无岔路的通道。本研究采用几何网络分析进行断路间的最短路径分析<sup>[8]</sup>, 用于交通通道分析。最短路径分析参考交通网络上求任意两点间的最短路径的具体方法<sup>[9]</sup>。具体实现是建立道路拓扑, 利用 GPS 点叠加并选择经过的道路中线(图 9), 然后使用最短路径分析获得所经过的通道(图 10)。从图 10 可知, 分析结果为一条连续的通道, 但仍存在岔路情况。



注: ■ 标示确定的道路中线

图 9 货运车辆出行轨迹点与道路中线模拟



注: 一为几何网络的通道结果

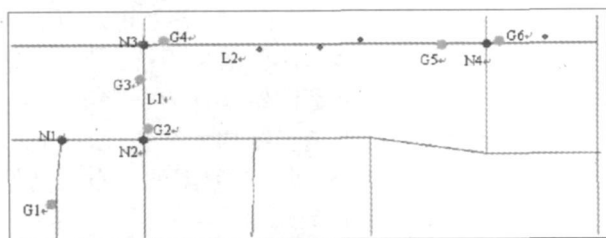
图 10 几何网络分析的通道结果

Fig 9 The simulation of freight vehicles travelling track points and road center line

Fig 10 The channel results of geometry network analysis

经网络分析后的通道虽然填补了断路现象, 但仍未解决由于 GPS 漂移造成的通道岔路情况。为解决这一问题, 采取带有拓扑的路网进行通道的拓扑分析。依据前后通道的线形起止节点是否相同来判断是否为岔路, 同时根据拓扑分析记录行车的方向。本研究中岔路分为单一岔路和多路段岔路, 在处理方法上需要区别对待。遇到单一岔路将该岔路的记录删除即可; 而在多路段岔路情况下, 除了多路段岔路的终止路段, 其他的均会被记录两次, 即“正向记录一次, 到达岔路终止路段后再回流记录一次”, 直到回到岔路口, 再顺着行车方向逐一记录, 这时就需要将记录两次的岔路路段删除两次。虽然两种岔路的分析方法具有差异, 但核心思路一致, 即通过道路节点来判断。

通道数据分析是获取通道速度、车流密度等运行参数的过程。这些数据通过车辆 GPS 轨迹点中包含的属性数据计算得到, 但实际通道中并不是每个路段都有 GPS 点记录。为了解决这个问题, 利用内插的方法计算缺少 GPS 点记录的路段上的通道数据。首先找出一次出行中行车方向上所有相邻 GPS 点之间间隔了道路节点的点(图 11), 再利用这些 GPS 点内插出道路节点处的数据(图 11 中 G1、G2 用于 N1、N2 数据分析, G3、G4 用于 N3 数据分析; G5、G6 用于 N4 数据分析), 以通道方向的长度作为内插的距离权重。



注: ●为选中的GPS点, ◆为货运车辆GPS经过的道路节点

图 11 GPS 内插点图  
Fig. 11 GPS interpolation points

以图 11 中的 N3 为例: 首先确定 G3、G4 为相关内插点, 然后作 G3 在 L1 上的投影点 G3' 及 G4 在 L2 上的投影点 G4', 定义 D1 为从 G3' 起沿 L1 通道方向至 N3 的长度, D2 为从 G4' 起沿 L2 通道方向至 N3 的长度。N3 点相关属性的求值公式为:  $TIME(N3) = TIME(G3) + (TIME(G4) - TIME(G3)) * D1 / (D1 + D2)$ ;  $METER(N3) = METER(G3) + (METER(G4) - METER(G3)) * D1 / (D1 + D2)$ 。

求出各个道路节点的属性数据后, 两两相减, 即得到所有通道的数据。

### 3 结论

基于货运车辆 GPS 数据轨迹和空间分布的特点, 利用数据库和 GIS 技术的交通调查技术与传统的城市交通调查方式相比具有以下优点: 1) 利用既有 GPS 海量的交通信息监测数据进行交通调查分析, 调查组织实施环节大大减少, 调查数据和成果更加真实可靠; 2) 设计思想和模块化程序具有可复制性和移植性, 可以扩展到其他车辆类型及其出行方式的交通调查中, 进而挖掘新的专题成果, 如危险品车辆、出租车的 GPS 监测数据; 3) 基于成熟的 GIS 和数据库技术, 使得整个分析过程更为简单, 避免复杂的交通网络矩阵算法, 且全记录数据参与分析弥补了抽样调查方法的局限; 4) 投入产出效益比高, 同时图表方式使成果表现形式更加丰富, 2009 年上海综合调查项目中取得了基于港区和机场的 OD 分布图和货运通道流量图、集装箱卡车出市域的车辆数及比例图、各对外道口的车辆数及比例图、基于港区和机场的货运车辆在各交通小区内的车辆数分布图、所有货运车辆一日出行的统计表等多项成果。但这种模式对数据收集的质量和数量有一定的要求, 这有待 GPS 相关技术的突破和发展。既有的监测数据内容丰富, 还可以进行数据挖掘, 做更多方面的交通分析, 如早晚高峰和平峰、车辆上下行的分析; 同时, 该技术方法在设计过程中对数据的过滤、标准化、精度等方面都有待进一步的研究和优化。

#### 参考文献:

- [1] 王建军, 严宝杰. 交通调查与分析[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [2] 罗胜平. 基于手持式交通调查仪的交通调查方案研究[D]. 华南理工大学, 2009.
- [3] 王富, 石景山. 基于公路收费站的公路交通调查优化方法[J]. 公路, 2008(6): 130-133.
- [4] 钱卫东, 刘志强, 郑明伟, 等. 基于 Google 地图的交通 OD 调查方法研究[J]. 中外公路, 2010, 30(1): 25-29.
- [5] 刘力元. 区域货运交通调查方法与实践[J]. 交通与运输, 2008(2): 75-77.
- [6] 陈华文. 航空遥感技术在上海市交通调查中的应用[J]. 遥感技术动态, 1990(3): 55-59.
- [7] 朱洪, 曲广妍. 新发展形势下的交通调查技术探讨[J]. 上海建设科技, 2009(6): 43.
- [8] 张小宁, 林航飞, 陈小鸿, 等. 剩余最短路径算法应用于起讫点交通调查统计[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2006, 34(10): 1335-1339.
- [9] AHUJA R K, MAGNANTI T L, ORLIN J B. Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications[M]. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1993. 579-645.

(下转第 37 页)

## 参考文献:

- [1] 顾朝林,段学军,于涛方,等.论“数字城市”及其三维再现关键技术[J].地理研究,2002,21(1):14-24.
- [2] 张晶,韦中亚,邬伦.数字城市实现的技术体系研究[J].地理学与国土研究,2001,17(3):26-30.
- [3] 路甬祥.数字地球与数字城市[J].中国建设信息,2007(10):23-25.
- [4] 龙毅,温永宁,盛业华.电子地图学[M].北京:科学出版社,2006.304-334.
- [5] 金泰虎.三维电子地图设计与实现[D].复旦大学,2008.16-31.
- [6] 郑丽萍,李光耀,沙静.城市仿真技术概述[J].系统仿真学报,2007,19(12):2860-2863.
- [7] 刘屹林.数字三维仿真城市的研究与设计[D].武汉理工大学,2009.15-40.
- [8] 马琪,谢忠.海量栅格地理数据的组织与调度[J].地理与地理信息科学,2008,24(6):39-41.
- [9] 万元崑.影像数据剖分金字塔结构研究[D].北京大学,2009.15-46.
- [10] 邬建伟,秦艳平.多源遥感影像多项式配准精度影响因素分析[J].计算机工程与应用2009,45(32):153-155.
- [11] 孟鲁闽,席晶.利用几何校正法进行不同影像间空间配准[J].测绘通报,2003(6):14-15.

## Realization Method for Multi angle 3D Simulation City Map

REN Peng<sup>1,2</sup>, XIANG Nan-ping<sup>1</sup>, HU Jin-xing<sup>2</sup>

(1. School of Geosciences and Info Physics, Central South University, Changsha 410083;

2. Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518055, China)

**Abstract:** Now the three dimensional simulation city map provide only a fixed view angle to display geo data, which cause the problem of geo data loss inevitably because of map blind point. To a certain extent, this problem limits the expression of geo information. In order to solve the problem, a method named multi angle three dimensional simulation city map is put forward in this paper, which display three dimensional map by many switchable view angles to reduce the geo data lose. This method is divided into three parts to discuss. At first, based on the research of the original pyramid model, a pyramid group model is given, which provides a solution to organize the mass multi types map data. This model means that a pyramid group includes some sub pyramids; each pyramid is independent, but all sub pyramids adopt uniform codes. In the second part, the three dimensional simulation city map local coordinate system is customized. And the coordinate transformation method between the local coordinate system and geographic coordinates is discussed, which is based on polynomial model. At last, the realization of map loading, map zooms, map rotation is researched, the obtaining and replacing of map blocks during the foregoing operation is discussed. This method has been successfully used in a public service platform system, whose result shows that the method is efficient in map rotation and increasing the map information. The method will be promising in three dimensional map service.

**Key words:** 3D simulation city; WebGIS; electronic map

(上接第 33 页)

## Traffic Survey Techniques Study Based on the Freight Vehicles GPS Data

ZHAN Qi-lin<sup>1</sup>, GAO Jun<sup>1</sup>, WANG Lei<sup>2</sup>

(1. Department of Geography, Shanghai Normal University, Shanghai 200234;

2. Shanghai City Transportation Planning Institute, Shanghai 200032, China)

**Abstract:** Traffic survey is the foundation of urban transportation plan, construction and management. In the traditional study of traffic survey, a lot of manpower and material resources are required. After studying the research progress in the traffic survey, based on the GPS track points, road network topology data, and GIS technology, traffic technology research of OD points and traffic channel was realized in this paper. 1) By using freight vehicles GPS track data under customs' monitoring, the time, speed and mileage information of track point, and the spatial distribution characteristics about these track points were analyzed, by determining a reasonable threshold to filter out the cluster of stop points, and then traffic OD points were generated. 2) GPS track points can be captured to the nearest road, it can obtain the linear track of freight vehicles travelling through the shortest path algorithm. Additional the road sections without any track points recorded were collected to produce a complete vehicle traffic channel travel during freight vehicles driving. 3) In the end, it calculated the channel operation data combined with track points GPS attribute information on the channel. The traffic survey technology was used in the fourth comprehensive traffic survey in Shanghai, ultimately got a number of achievements that reflect traffic conditions, for example the OD distribution graph about the freight vehicles port and airport, shipping channel flow graph and so on. This study has shown that the use of this survey method can greatly reduce the steps of the traffic survey organization and implementation. Survey data and results are more objective and reliable. This is a new information technology for further extension and in depth investigation in the other applications of traffic areas.

**Key words:** traffic survey; GPS; OD; traffic channel; shortest path



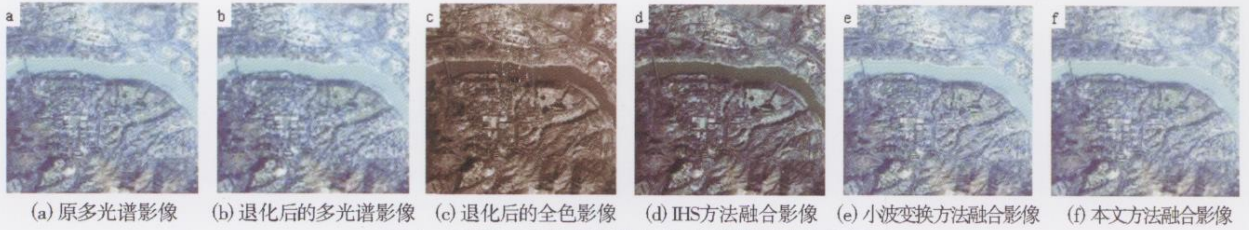


图 2 IKONOS 全色影像与多光谱影像融合结果  
Fig. 2 Fusion results of panchromatic and multi-spectral images of IKONOS

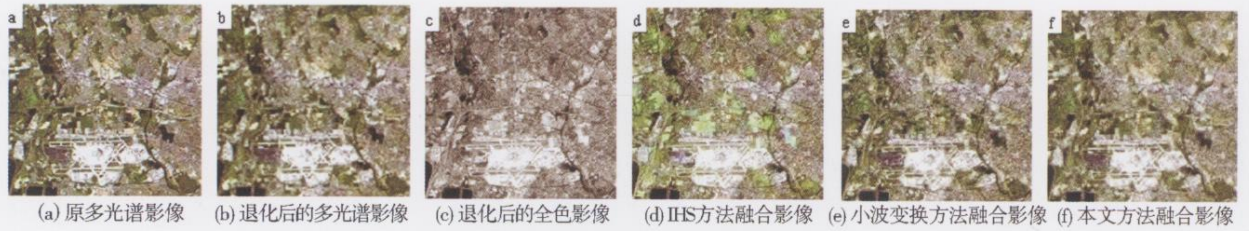


图 3 SPOT 全色影像与 TM 多光谱影像融合结果  
Fig. 3 Fusion results of SPOT panchromatic and TM multi-spectral images



注: 黄色点为GPS轨迹记录点

图 1 货运车辆 GPS 部分轨迹分布  
Fig. 1 Part of the freight vehicles GPS track distribution

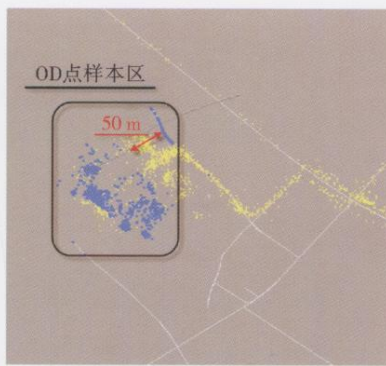


图 6 停留点簇与运动中线性轨迹区分  
Fig. 6 Distinguishing of trajectories from the stopover points cluster and the linear motion

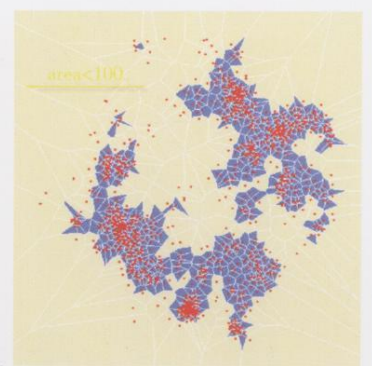


图 7 轨迹点簇通过泰森多边形生成中心  
Fig. 7 The center generated from trajectory points cluster through the Thiessen polygon

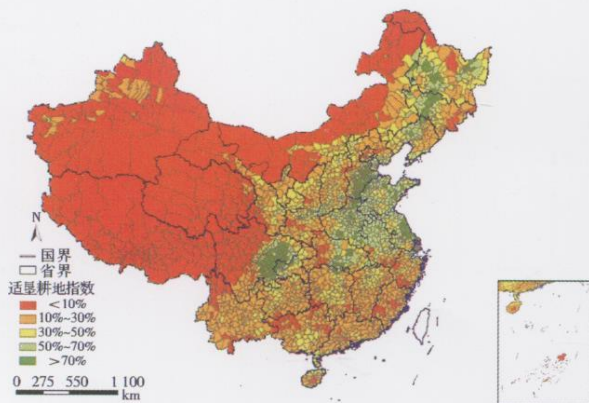


图 2 2006 年中国适垦耕地指数空间分布  
Fig. 2 Spatial distribution of arable cultivated land in China in 2006

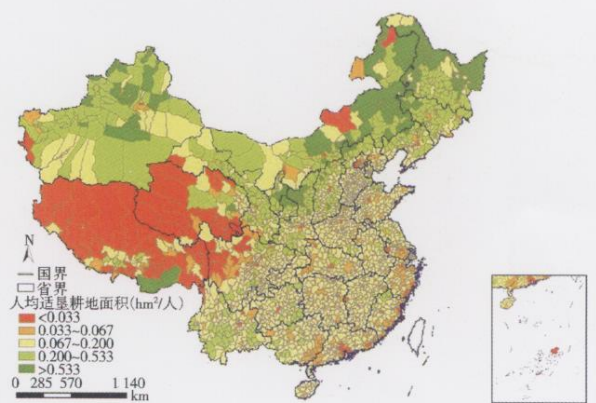


图 3 2006 年中国人均适垦耕地面积空间分布  
Fig. 3 Spatial distribution of per capita arable cultivated land in China in 2006