

基于 GPS 数据的公共汽车 GIS 数据库自动更新研究

周 韬, 高杨斌

(杭州市综合交通研究中心, 浙江 杭州 310006)

摘要: 公共汽车地理信息数据库的及时更新对于智能化监测、管理以及信息发布至关重要, 以往人工开展这项工作费时费力且常有疏漏。与此相反, 公共汽车车载全球定位系统(GPS)数据及相关大数据分析具有快速、实时、全覆盖的优点。以公共汽车 GPS 数据以及其他静态信息为基础, 以 ArcGIS 二次开发为手段, 通过不同场景下公共汽车运行轨迹特征分析、公共汽车线网空间要素分析等步骤, 建立了一套相对高效率且低成本的公共汽车地理信息数据库更新方法。该方法可有效识别公共汽车线路走向变更及车站变更。最后, 以杭州市数据为例, 对该方法的具体操作过程以及计算结果进行详细说明。

关键词: 交通管理; 公共交通; 公共汽车 GPS 数据; GIS 数据库; ArcGIS

Auto-Update GIS Database Based on the GPS Data of Bus Transit

Zhou Tao, Gao Yangbin

(Hangzhou Comprehensive Transport Research Center, Hangzhou Zhejiang 310006, China)

Abstract: Updating the Geographic Information System (GIS database) of bus transit plays a crucial role in the intelligent monitoring and detection, management and information distribution. The manual updating methods used in the past are expensive, labor intensive and error-prone. In contrast, the built-in GPS on buses and relevant big data analysis methods can update the information of the entire bus transit system fast and in real-time. Based on the bus GPS data and other static (non-time dependent) information, this paper proposes an effective and cost-saving approach for updating the GIS database by a program developed on the ArcGIS platform, which can analyze the characteristics of bus routing under different scenarios and the spatial layout of bus transit networks. This method can effectively identify the change of bus routes and stops. Finally, taking Hangzhou as an example, the paper elaborates the operation procedures and calculation results using the method.

Keywords: traffic management; public transportation; bus GPS data; GIS database; ArcGIS

收稿日期: 2017-07-31

作者简介: 周韬(1986—), 男, 硕士, 浙江天台人, 工程师, 主要研究方向: 城市交通管理及信息化。E-mail: 726374074@qq.com

0 引言

随着公交都市战略的落地, 各城市对于公共汽车智能管理系统、监测系统及信息服务系统的建设方兴未艾^[1-2]。与此同时, 许多城市正处于高速发展期, 道路施工等引发的公共汽车线路调整十分频繁^[3]。若要维持公共汽车信息化系统的精度, 则必须不断对底层地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 数据库进行更新。而这种更新如何既做到高频度、高效率, 又易操作、低成本, 则成了问题的关键。

理论上, 公共汽车运营部门掌握线路或车站调整的第一手资料, 可以及时将所有变更信息汇总、处理, 并建立一套准确、完整的公共汽车 GIS 数据库, 再反馈给其他相关需求单位。然而, 由于各地公共汽车运营部门信息化发展程度的差异以及工作目标导向等原因, 该方法始终存在信息滞后、效率低下等问题; 相关互联网企业依靠巨额资金投入、建立庞大的用户反馈体系实现了其地图产品的更新, 然而该模式对一般企业或单位不可复制。

因此, 探索一种以技术判断为主导, 基

础数据易采集的公共汽车 GIS 数据库更新方法意义重大。本文以目前较为普及的公共汽车车载全球定位系统 (Global Positioning System, GPS) 数据为基础, 通过梳理、总结公共汽车轨迹数据特征与实际运营行为之间的关系, 并进行 ArcGIS 二次开发, 最终实现公共汽车线网变更的自动识别以及变更后的信息输出。

1 公共汽车 GIS 数据库更新意义

公共汽车智能监测或分析系统的一般框架如图 1 所示。最下端的数据层从根本上影响所有计算指标乃至后续分析的准确性。其中, GPS 数据、IC 卡数据等基本属于设备自产生的实时数据, 不存在更新问题。而公共汽车线路走向、车站序列等则完全依赖人工生成并定期更新, 是 GIS 数据库更新的重点^[4]。因此, 研究的最终目标是: 根据车载 GPS 数据(以及其他辅助数据)实现公共汽车线路走向及其车站变更的自动识别与更新。

2 GPS 数据质量分析与预处理

2.1 数据质量分析

公共汽车车载 GPS 数据虽然已有广泛应用, 但是各城市数据质量差异巨大。为确保

后续分析计算的准确性, 有必要对 GPS 原始数据质量进行全面分析, 包括: 数据(时空)覆盖率分析、数据量缺失或重复分析、数据延迟或超前分析、数据漂移分析(含显著漂移和非显著漂移)等。其中, 最后两项分析围绕经纬度和时间信息展开, 是数据质量分析的核心。

针对其他辅助数据的分析还包括车辆运行调度表的有效性分析, 例如调度表的实时性、车辆覆盖完整性、线路编号有效性等。

2.2 数据预处理

对公共汽车 GPS 数据的预处理主要包括: 无效数据剔除和数据修复。其中, 无效数据包括重复数据、延迟或超前数据、漂移数据以及调度表缺失的车辆数据(即找不到线路编号)。本次设定的具体剔除条件如下:

1) GPS 数据传输时间差(即服务器接收到 GPS 数据的时间与 GPS 数据本身自带时间之间的差值, 记为 delays)超过 20 s。

2) GPS 数据的经纬度(分别记为 lon , lat)超过城市行政区划范围。

3) 经修复后, 调度表中的线路编号字段仍然为 NULL 或者 0 的记录。

数据修复主要包括: 车站坐标纠正、线路编号修复(根据历史线路编号关系)。

2.3 非显著漂移 GPS 数据处理

无效数据指经纬度或时间信息明显错误的数, 除此之外, 还有很多数据在时空属性上有一定漂移但远远小于判定为无效的阈值(暂称为“非显著漂移”), 这些数据若不处理也会对计算产生不利影响。具体有两类: 1) 数据在横向发生一定程度漂移(见图 2a), 此时需将漂移数据按照时间线性关系映射到前后正常数据点的连线上; 2) 数据在纵向发生漂移, 出现向前跳跃或向后倒行的情况, 公共汽车停站或行驶速度很慢时经常发生。如图 2b 中, 数据 $i+1$ 为倒行数据, 而实际上公共汽车已靠站停泊。因此, 数据 $i+1$ 等同于数据 i , 均表示公共汽车停靠在车站 j 。以此类推, 如果有多个倒行数据, 则所有倒行数据具有相同的位置。

3 公共汽车行为数据特征分析

公共汽车运营时的场景类型十分复杂, 包括正常运营、临时调度、早晚回场、故障维修、加油加气、车辆外借等。每种行为所

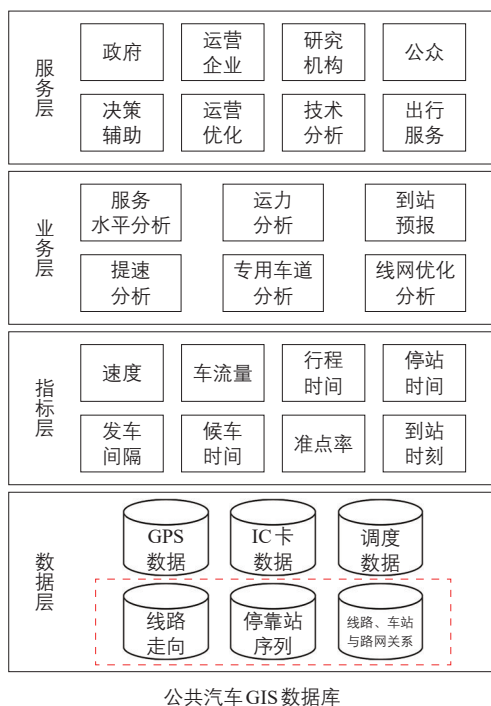


图1 智能公共汽车监测与分析系统一般框架

Fig.1 General framework for intelligent bus monitoring and analysis system

资料来源: 文献[5]。

表现出来的GPS数据轨迹特征各不相同。经过对比、分析大量车载GPS数据,发现其轨迹图样式与实际运营场景之间的关系大致包含以下几类:

1) GPS轨迹整体符合线路理论走向,即公共汽车处于正常运营中(见图3a)。

2) GPS轨迹在理论走向之外出现零散漂移,这种情况一般是GPS信号受高楼遮挡或设备本身老化等导致的经纬度漂移(见图3b)。

3) GPS轨迹连续、整段的偏离理论走向,但又与后者在某处相连。这种情况一般是由于个别车辆首末班回场、中途维修、加油加气等行为造成。因此,偏离部分的GPS点集只涉及少量的车辆(见图3c)。

4) GPS轨迹连续、整段的偏离理论走向,且不与后者相连。产生这种情况的原因有:①某线路临时调度车辆支援另一线路而调度表未更新;②调度表错误;③车辆被外借、外租用于其他非正常运营活动(见图3d)。

5) GPS轨迹与理论走向局部偏离,且偏离部分涉及该线路下的所有(或绝大多数)车辆,没有车辆沿旧路径走。此时可视为正常的线路走向调整(见图3e)。

6) GPS轨迹与理论走向局部偏离,但偏离部分只涉及1~2辆车,大多数车辆仍然沿旧路径走。这种情况一般是少量驾驶员在正常运营时,或最后班次时抄近路所致(见图3f)。

4 线路走向及车站变更自动判别方法

4.1 总体步骤

在公共汽车行为数据特征分析的基础上,判断线路走向及车站变更的总体步骤如下:1)生成旧的线路路径缓冲区;2)将旧路径缓冲区与新GPS轨迹点进行相交分析;3)对未落在旧路径缓冲区内的GPS点集(即残余点集)构建缓冲区并进行融合;4)对具有相同线路属性的缓冲区(即面要素)进行合并;5)输出初始的线路变更面域及线型;6)结合面域几何特征以及属性特征进行非真实变更面域(即“伪面”)的剔除;7)新面域与旧车站叠加分析;8)输出最终变更面域、变更线型以及车站序列。

4.2 点线要素空间一致性分析

“点”指新的公共汽车GPS轨迹点,“线”指旧的公共汽车线路。分析过程是:以每条公共汽车线路(分方向)为对象,比对

最新GPS轨迹点与线路理论走向之间的空间相符程度,由此得到所有未落在正常线路路径范围内的GPS数据点集(即残余点集)。通过对残余点集进行缓冲、融合以及同线路面域合并等操作,最终得到初始的变更区段(面域)。分析过程如图4所示,其中红线为理论公共汽车线路走向,蓝色点集为GPS实际轨迹,其余面域为公共汽车线路或GPS点缓冲面。

4.3 基于车辆行为数据特征的伪面剔除技术

公共汽车行为特征分析中,图3b~图3f所示的五种类型均属于公共汽车实际轨迹与理论走向不一致的疑似走向变更情况。但其中图3b,图3c,图3d,图3f的情况并非真正线路走向调整,称为“伪面”。由于“伪面”出现原因不同,无法用简单条件一次全部剔除,需要从不同因素出发制定综合的剔除条件。

1) 小面积缓冲区剔除。

该方法主要针对图3b所示情况,即GPS零散漂移。GPS设备由于受信号遮挡、电磁干扰、气象不佳等因素影响普遍存在漂移现象,车载GPS也不例外。城市高架桥、高楼大厦等均会导致少量GPS数据产生随机的、不连续的漂移。因此,对GPS点生成缓冲区后,漂移点产生小面积区域,正常行驶GPS点则连成带状区域。经统计,在分析时段内(一日),同一线路下3个及以上GPS点漂移到同一个地方的概率小于5%,因此设定最小可接受面积 $S_{\min}=3 \times \pi r^2=23\,550\text{ m}^2$ (r 为

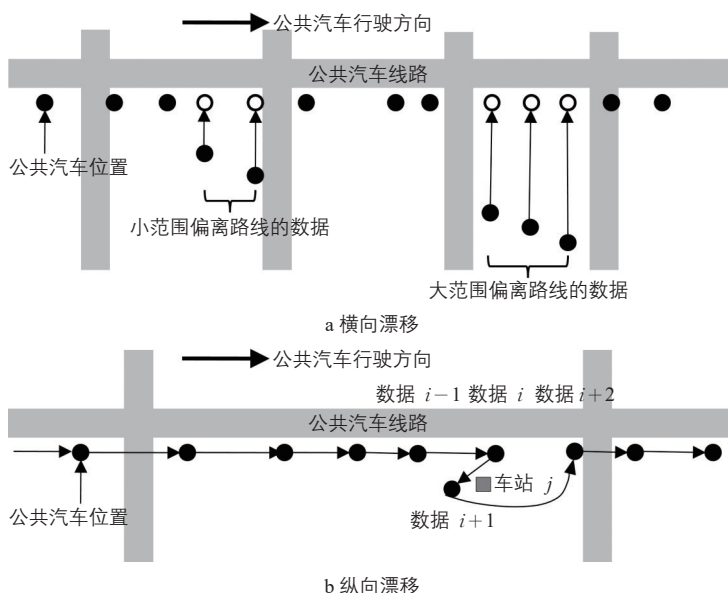


图2 公共汽车GPS数据非显著漂移

Fig.2 Non-significant drift of bus GPS data

50 m缓冲区半径),面积小于该值的面域则剔除^①(见图5)。

2) 个别车辆缓冲剔除。

该方法主要针对图3c与图3f所示情况,即个别车辆在正常运营时间内由于维修、加油等原因而偏离理论路线。针对此种情况的剔除方法是:设定面域内包括的车辆数与线路总车辆数(指该线路一天内上传过GPS数据的车辆总数,记为 N_{all})比例的最小阈值 R_{min} ,比值小于该阈值的面域则剔除(见图6)。其中 R_{min} 可通过对不同缓冲区内包含的车辆数进行分类统计得到。经统计,所有缓冲区分两类,一类是正常运营情况,其包含的车辆数(记为 N_{ser})接近或等

于线路总车辆数,比值一般是0.7~1.0;另一类是非正常运营情况,其包含的车辆数(记为 N_{nser})明显少于线路总车辆数,比值是0~0.3。因此, R_{min} 最后取值是0.3。剔除过程基于二维空间QR-tree算法^[6](见图7)进行,即通过四叉树算法将研究对象(如杭州市主城区)地理坐标范围划分为若干子空间,然后对每个子空间内的GPS点缓冲区建立R树索引,由此在尽量短的时间内搜索出所有满足剔除条件的缓冲区,进行剔除。

上述两种方法基本能将大部分“伪面”剔除。剩下的主要是图3d所示情况,对此一种解决方法是实时调取最新的调度表(线路-车辆关系表)参与计算;另一种方法是,

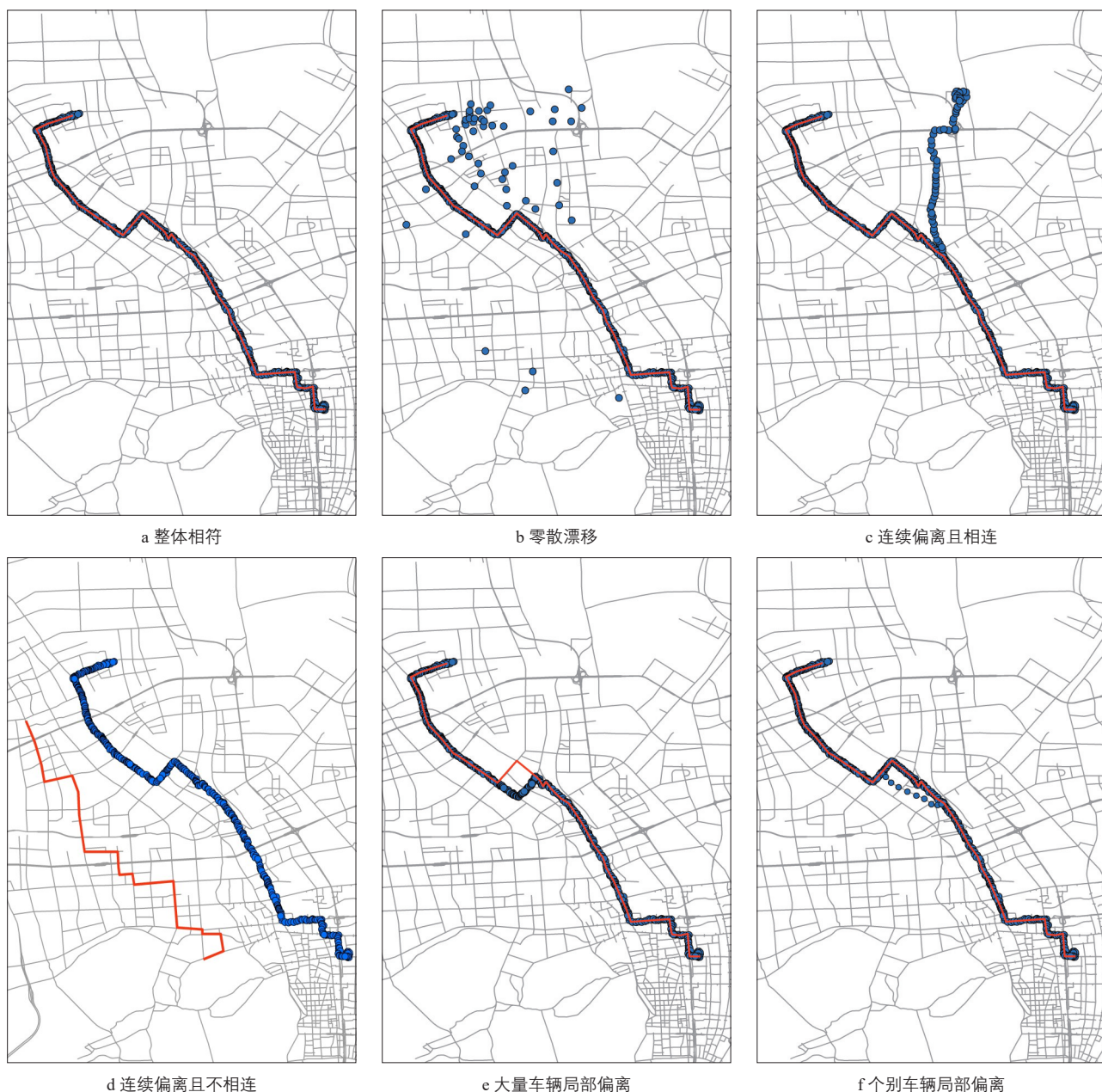


图3 单一趟次公共汽车GPS轨迹图样式分类

Fig.3 Classification of bus GPS track patterns

事后比对该GPS轨迹与现状其他所有线路走向，若发现相符的则为临时调度，若没有发现则可能是车辆外借。

4.4 车站变更识别

车站变更识别的技术流程如图8所示。

1) 对每条公共汽车线路进行走向变更识别(详见4.1—4.3)。

2) 提取新线路走向(若无变更则为旧走向)上所有可能停靠的公共汽车站。

3) 判断每辆车在上述车站上实际停靠与否。定义 c 为某辆车某一趟次在公共汽车站40 m半径范围内留下的GPS点数量， v 为该车辆通过上述范围的平均速度， C_0 ， V_0 为阈值。若同时满足 $c \geq C_0$ ， $v \leq V_0$ 这两个条件则认为公共汽车停站，否则认为没有

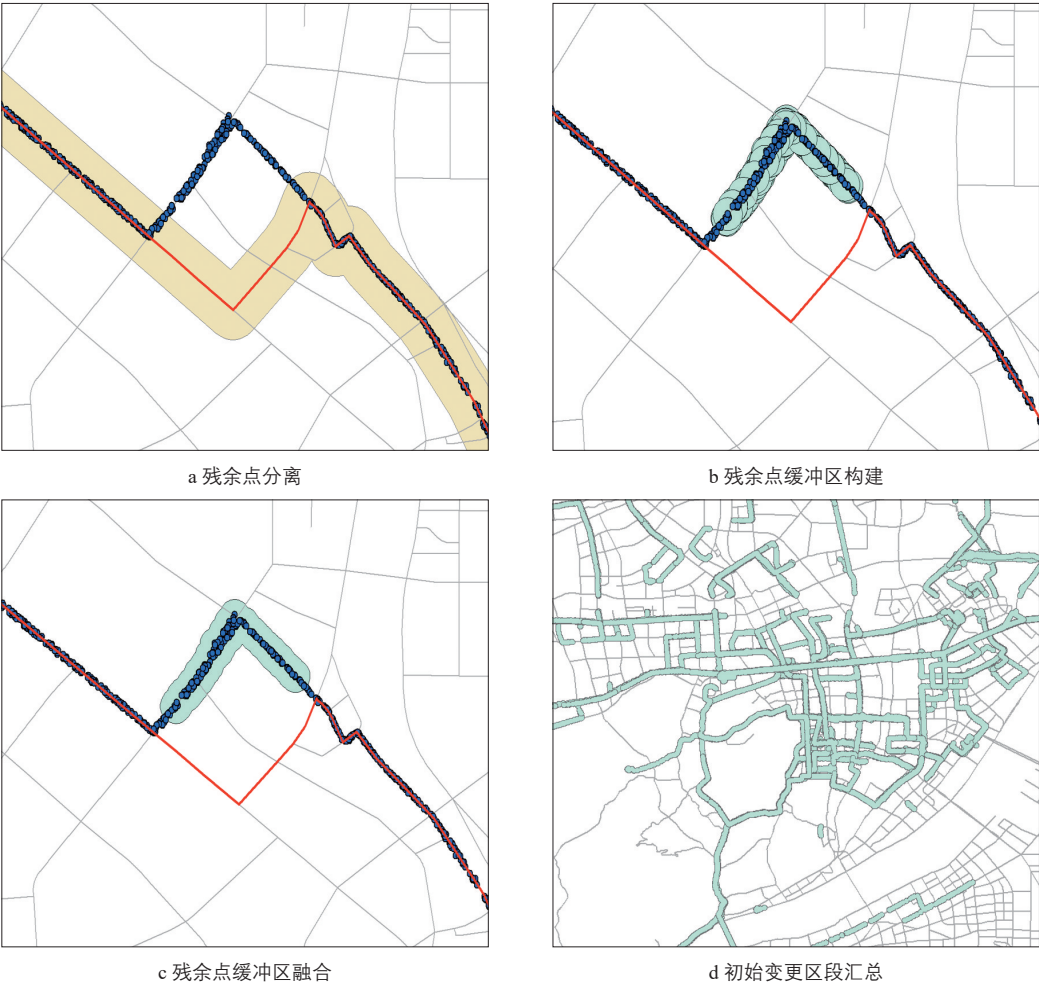


图4 点线要素一致性分析过程

Fig.4 Consistency analysis for point and line features

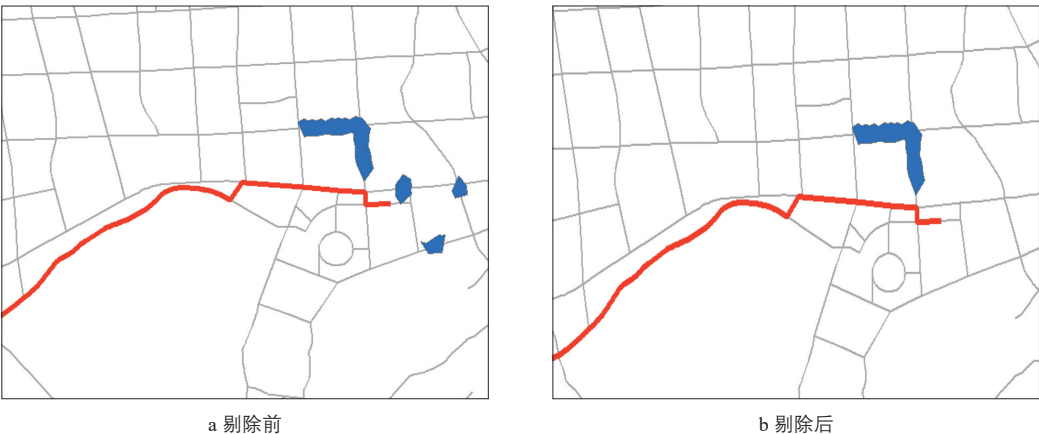


图5 小面积“伪面”剔除

Fig.5 Removal of small-area “invalid buffer”

停站。经过对历史数据的统计发现,发送间隔为10 s时,停站和不停站两种情况对应的 c 和 v 数值分布存在显著差异,如图9所示^②。观察图中数据的分界点,最后 C_0 取4, V_0 取7 km·h⁻¹。另外,用平均速度而非GPS点的瞬时速度来判断停站的原因是,公共汽车常因拥堵或礼让行人等原因而停停走走,瞬时速度变化频繁。另外,瞬时速度字段的精度也经常有问题^③。

4) 确定每条线路的最终车站。理论上,线路一日内在每个车站停靠过的总班次次数应等于线路正常运营车辆数(即 N_{ser})乘以每辆车平均运行班次数。但实际上,公共汽车浮动车匹配时常因以下原因导致部分车站、部分班次匹配缺失或匹配错误:①少量高架道路附近的公共汽车站由于GPS数据漂移严重,导致停站漏判;②部分临时调度或应急车辆(实时调度表没有更新)导致停站判断错误;③少量驾驶员在夜间尤其是郊区,存在无客不停的行为。经统计,上述情况出现概率不到30%,因此设定:对于老车站

(旧停站序列表中的车站),一天总停靠车辆数 $n>0.7N_{ser}$ 则认为该站继续停靠, $n<0.3N_{ser}$ 则认为该站不再停靠;对于新车站, $n>0.7N_{ser}$ 则认为该站为新增停靠站。

程序输出结果需经两种方式核实后再更新进入数据库。一种是对比实时应用系统每天产生的监测日志确定其准确性。例如监测日志中某线路的GPS匹配率、停站完整率都出现了明显下降,程序输出的变更线路列表里也有这条线路,则该记录可信度较高;另一种是人工核实。经核实为正确的变更记录可由程序直接生成实时系统需要的基础文件,导入相应数据库。核心文件一般有4个:线路图层、车站图层、线路与道路link关系表、车站与道路link关系表。

在复杂路网环境下,公共汽车线路路径的确定还要面临高架或地面道路、主路或辅路区分等问题,这也一直是浮动车地图匹配领域的难题^[7]。为解决上述问题,本次公共汽车基础数据更新在对路网进行充分标记的基础上(包括不同构筑物形式以及交通管



图6 单车辆“伪面”剔除
Fig.6 Removal of single-bus “invalid buffer”

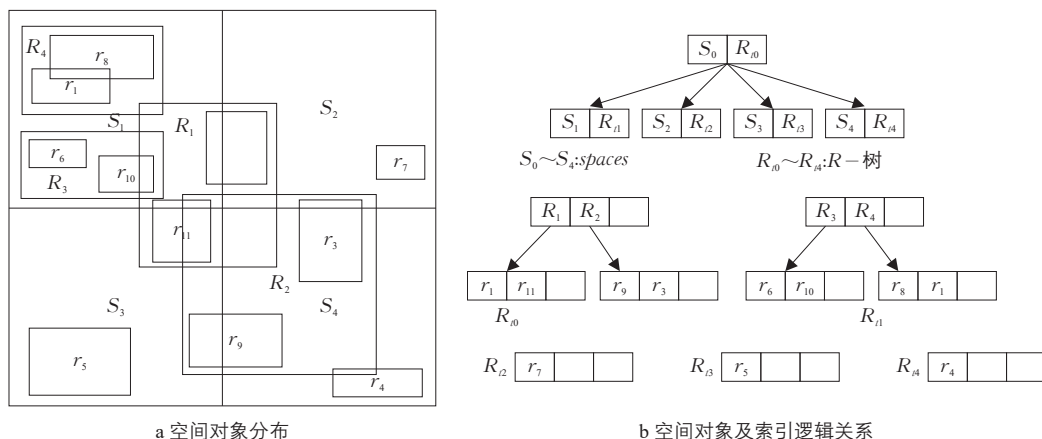


图7 二维空间QR-tree算法示意
Fig.7 2D QR-tree algorithm

制等信息标记), 综合考虑以下几方面因素: 1)GPS 基本匹配特征, 即从匹配距离、匹配角度等判断车辆行驶在高架或地面道路的概率; 2)速度值特征, 包括前后轨迹点速度变化连续性、速度主体区间等; 3)路径合理性, 例如拓扑连通性、频繁上下匝道的剔除等; 4)行为相关性, 例如同一条线路下的公共汽车应该走相同的路径。由于上述公共汽车基础数据更新均为离线计算(可在时间上回溯分析), 程序可实现度得到保障。

5 案例应用

5.1 数据基本情况

本文以杭州市数据为例, 对上述方法的操作过程及计算结果进行说明。所选取 GPS 数据日期为 2016 年 7 月 8 日(星期五), 共 368 条公共汽车线路, 4 044 辆车, GPS 数据的基本传输间隔为 10 s。线路-车辆, 线路-车站等基础关系表均为同一天数据。另外, 初始公共汽车线网为 2016 年 1 月版本, 即通过程序分析主要查看 2016 年上半年公共汽车线网的变更情况。

经分析, 95%以上的公共汽车 GPS 数据传输时间差在 20 s 以内, 缺失加重重复的数据量不超过 1%, 经纬度错误(即经纬度明显偏离杭州市区范围)数据量不超过 3%。因此, GPS 数据虽存在一定瑕疵, 但总体质量尚可, 符合程序计算要求。

除 GPS 数据外, 基础路网、已有公共汽车线网和车站等辅助数据的质量对于程序计算结果也有一定影响。除常规信息外, 路网的特殊要求包括: 1)路网覆盖度(因为公共汽车线路经常途经低等级道路); 2)特殊信息标注(如道路构筑物形式、相关管制信息等)。

公共汽车线路及车站图层表达要尽量细化, 例如一个线路名称下同时有常规线、高峰线、区间线时, 相应的线路文件及其车站序列列表都要分开。杭州市从 2009 年建立信息平台开始每年对基础路网开展定期更新, 范围涵盖市区内所有通行公共汽车的道路。路网文件含 50 多个字段, 能详细区分高架道路、隧道、立体交叉口、平行匝道等不同构筑物形式并标记单行道、单循环、匝道管制等不同管制信息, 满足后续程序计算要求。

5.2 分析结果

程序最终输出成果包括两部分:
1) 发生变更的公共汽车线路信息汇总表。
如表 1 所示, 汇总表内容包括线路名

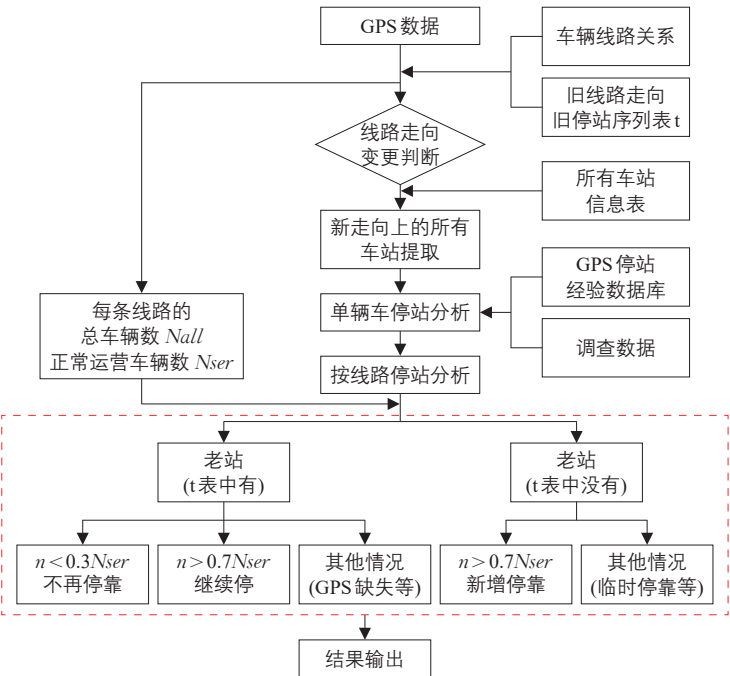


图8 车站变更识别技术流程
Fig.8 Techniques of the stop change identification

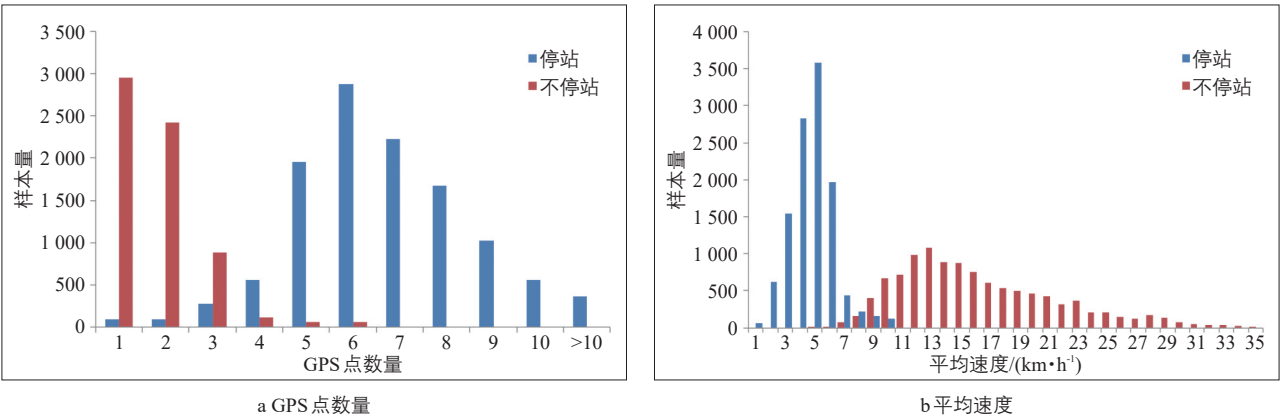


图9 单趟次公共汽车站 40 m 半径范围内的 GPS 点数量及平均速度分布
Fig.9 The number of GPS points and distribution of average travel speed within the 40m-radius of an one-way bus stop

称、方向、总长度、变更部分的长度、变更类型等。其中，变更类型分以下几种：①线路局部走向变更，即线路走向变更区段的长度占线路总长度比例小于40%的情况；②线路大范围走向变更，即线路走向变更区段的长度占线路总长度比例大于等于40%的情况；③线路延长；④线路新增；⑤停站调整。

2) 发生变更的公共汽车线路(区段)新走向(ArcGIS shp 文件格式)。

图10为常见的公共汽车线路走向变更或车站变更情况，其中，红线表示公共汽车线路的旧走向，蓝线表示程序识别出的变更后的新走向。

最终结果的核实可通过三种方式进行：

1) 收集公共汽车运营公司官网发布的线路调整

通知，进行对比分析。经对比2016年1—7月相关通知，程序结果总体准确率约75%，基本满足宏观性指标计算要求，对于微观区域或具体路段分析仍需人工辅助核实。2) 对少量有疑问或程序判断错误的记录用便携式GPS设备进行现场跟车调查。经调查，错误来源主要包括基础调度表(车辆-线路关系表)存在部分错误，以及少量未预料到的公共汽车车辆行为(如抛锚)。3) 进行连续多天GPS数据观测。本次仅采用了主城区一个工作日全天的数据，对于周末或纯外围地区的参数取值需另行研究。人工工作主要在于输入数据的处理以及输出成果的核实，变更判断过程以及基于判断结果(正确部分)更新数据库均可由程序自动完成。

表1 公共汽车线路变更信息汇总表

Tab.1 Summary of changes in bus routes

序号	线路名	线路编号	方向 ¹⁾	线路总长度/m	变更部分长度/m	变更比例/%	变更类型
1	156路	55	1	15 168	1 682	11.1	① ²⁾
2	193路	134	2	22 498	2 503	11.1	①
3	339路	443	1	27 277	3 102	11.4	①
4	308路	311	1	20 303	2 327	11.5	①
5	771路	796	2	20 966	2 484	11.8	①
...	...	...	...	...	...	...	...

1) 方向1或2代表线路上下行方向；2) 公共汽车线路具体起终点与线路静态信息表一致。

6 结语

本文以公共汽车GPS数据为基础，通过分析GPS轨迹图样式与公共汽车实际运营场景之间的关系并利用ArcGIS进行二次开发，建立一种公共汽车线路走向及车站变更的自动识别方法，从而有效减少公共汽车智能化系统底层数据更新所需的人力和时间。本文方法主要限于杭州市主城区工作日场景，对于周末、节假日以及郊区公共交通地理信息数据的更新有待进一步研究。



图10 公共汽车线路走向变更情况

Fig.10 Bus route adjustment

注释:

Notes:

- ① 统计数据源同5.1节数据,下同。 r 取50 m是因为10 s传输间隔下绝大部分正常行驶的GPS点缓冲区能相连,同时又不会导致平行道路上的缓冲区相叠加。
- ② 统计对象是2016年7月8日杭州市主城区201个车站的公共汽车GPS过站数据。
- ③ 2016年7月8日杭州市公共汽车GPS数据中,有57.8%瞬时速度字段为0或NULL。

参考文献:

References:

- [1] 兰泉军,郑骞.武汉市公共交通管理数字信息系统研究[J].交通与运输(学术版),2011(2): 99-102.
Lan Quanjun, Zheng Qian. Wuhan Public Transportation Management Date Informational System Study[J]. Traffic & Transportation, 2011(2): 99-102.
- [2] 李英远,谭建军,陈少沛.公交数据更新机制研究[J].测绘科学,2010,35(S1): 224-225+240.
Li Yingyuan, Tan Jianjun, Chen Shaopei. Data Update Mechanism of Intelligent Transportation System[J]. Science of Surveying and Mapping, 2010, 35(S1): 224-225+240.
- [3] 史守正,王海燕.基于GIS的公交信息系统的研制[J].苏州科技学院学报(工程技术版),2006,19(3): 88-90.
Shi Shouzheng, Wang Haiyan. The Development of Public Transit Information System Based

on GIS Technology[J]. Journal of University of Science and Technology of Suzhou (Engineering and Technology), 2006, 19(3): 88-90.

- [4] 陈自强,谭建军,陈基清,等.基于移动GIS的ITS数据更新机制研究[J].微计算机信息(测控自动化),2009,25(7): 165-167.
Chen Ziqiang, Tan Jianjun, Chen Jiqing, et al. Study on Updating Mechanism of ITS Data Based on Mobile GIS[J]. Microcomputer Information (Control & Automation), 2009, 25(7): 165-167.
- [5] 徐珺,杨东援,刘允才,等.上海城市综合交通信息中心建设方案研究[J].城市交通,2006,4(2): 74-79.
Xu Jun, Yang Dongyuan, Liu Yuncai, et al. Construction Scenarios for Shanghai Comprehensive Traffic Information Center[J]. Urban Transport of China, 2006, 4(2): 74-79.
- [6] 郭菁,郭薇,胡志勇.大型GIS空间数据库的有效索引结构QR-树[J].武汉大学学报(信息科学版),2003,28(3): 306-310.
Guo Jing, Guo Wei, Hu Zhiyong. QR-Tree: An Efficient Spatial Indexing Structure for GIS with Very Large Spatial Database[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2003, 28(3): 306-310.
- [7] 张天然.基于GIS的公交模型数据库构建及维护[J].城市交通,2014,12(5): 65-71.
Zhang Tianran. Development and Maintenance of a GIS- Based Transit Model Database[J]. Urban Transport of China, 2014, 12(5): 65-71.

(上接第41页)

参考文献:

References:

- [1] 郑猛,余世英,代琦,等.武汉市公交线网结构性优化重组经验与启示[J].交通工程,2018,18(2): 1-7.
Zheng Meng, She Shiyong, Dai Qi, et al. The Experiences and Implications of Public Transportation Network Structural Optimization and Reorganization in Wuhan[J]. Journal of Transportation Engineering, 2018, 18(2): 1-7.
- [2] 徐斌,陈佑湘,代琦,等.2018年武汉市公共交通发展年度报告[R].武汉:武汉市交通运输委员会,2018.

- [3] 朱顺应,李佳玉,等.2018年武汉市交通服务质量满意度调查[R].武汉:武汉理工大学,2018.
- [4] 何梅,孙小丽,代琦,等.武汉市常规公交线网区域协调规划(2019—2021年)[R].武汉:武汉市交通发展战略研究院,2019.
- [5] 澎湃新闻.香港和新加坡如何选择和管理公共交通运营商[EB/OL].2019[2019-06-25].
https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_3715061.
- [6] 香港特别行政区运输署.2018运输资料年报[R].2018[2019-06-25].
https://www.td.gov.hk/mini_site/atd/2018/sc/section5_2.html.