

视频和地磁融合停车检测机制探索研究

唐恒亮^{1,2}, 张可³, 穆屹⁴, 耿松麟³, 蔡锦德³

(1. 北京物资学院 信息学院, 北京 101149; 2. 北京工业大学 信息学部, 北京 100124;

3. 北京市交通运行监测调度中心, 北京 100073; 4. 北京市交通委员会, 北京 100073)

摘要: 通过研究视频、地磁等多种停车检测技术基本原理和实际应用情况, 深入分析了视频和地磁检测技术的适用性和挑战性, 探索了视频和地磁技术动态融合检测机制, 并搭建了视频和地磁停车检测试验环境, 针对不同天气和不同停车模式进行了大量测试; 实地测试结果验证了融合机制可有效发挥视频与地磁技术优势, 精确获取停车监测信息, 提升检测效率; 该机制在强化路侧停车管理与收费监管、促进路侧停车规范有序、提高车位信息检测准确性与可靠性等方面, 均具有较强的研究价值和广泛的应用前景。

关键词: 停车动态检测; 视频; 地磁; 融合分析

Parking Detection Technique Based on Fusing Video and Geomagnetic Methods

Tang Hengliang^{1,2}, Zhang Ke³, Mu Yi⁴, Geng Songlin³, Cai Jinde³

(1. School of Information, Beijing Wuzi University, Beijing 101149, China;

2. Department of Information, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

3. Beijing Transportation Operations Coordination Center, Beijing 100073, China;

4. Beijing Municipal Commission of Transport, Beijing 100073, China)

Abstract: Researching on the principle and application of parking detection technologies, a dynamic parking detection approach fusing the two technologies was presented in this paper, based on the analysis of the challenges and applicability for video and geomagnetic technologies. Experimental environment of parking detection was built and a large number of tests were carried out for different weather and parking mode. The experiments demonstrated the method could obtain accurate parking detection information and enhance the detection efficiency. The multi-technology fusion detection mechanism has strong research value and wide application on promoting the parking supervision and management and improving the accuracy and reliability for parking detection.

Keywords: parking dynamic detection; video; geomagnetism; fusion analysis

0 引言

据公安部对我国汽车保有量的统计调查, 截至 2017 年底, 全国汽车保有量高达 2.17 亿辆, 其中, 2017 年度汽车增长量为 2304 万辆。通过对汽车归属地数据分析可知, 全国汽车保有量超百万辆的城市 53 个, 超 200 万辆的城市 24 个, 超 300 万辆的城市 7 个。尽管继 2010 年北京首次推行汽车限购政策以来, 全国相继另有 7 个城市推行了限购政策, 但仍然难以有效遏制全国汽车高速增长的势头, 北京更是以 564 万汽车保有量高居榜首。随着汽车产业的高速

发展, 鉴于公共停车位数量不足、地下车库利用率不高、立体车库建设步伐缓慢等原因, 占道停车已成普遍现象, “行车难、停车难”的交通乱象日益凸显^[1]。尽管北京推行了“夜间占道停车”相关政策, 仍无法缓解城市停车问题。因此, 亟待深入研究并有效缓解“停车难”这一社会性问题。

1 研究现状

在智能交通系统中, 路侧占道停车是对固定停车场的重要补充。当前的路侧停车基本靠人工管理方式, 传统的人工模式工作效率低下, 而且车位利用率不高。随着科技的进步, 智能停车检测技术^[2-3]已逐渐成为智能交通系统的重要组成部分, 车位检测技术是提高车位管理、停车诱导、合理调度与统筹的重要手段。通过调研与分析, 当前应用较为广泛的停车检测技术主要有地磁和视频两大类。

1.1 视频检测技术

视频停车检测技术是近年来较为流行的一种检测方式, 常用的视频检测技术有图像背景差分法^[4-5]、图像边界检测法、运动目标标记和跟踪法等。

收稿日期: 2018-06-04; 修回日期: 2018-07-16。

基金项目: 北京市交通行业科技项目(0610-1641NF0505031); 北京市社科基金项目(16GLC064); 北京市高创计划青年拔尖个人项目(2017000026833ZK25); 通州区两高人才项目(2017B0200452); 北京市教委科技项目(KM201710037001); 北京物资学院科技协同攻关项目(2017GG04); 此外, 本课题得到了北京市智能物流系统协同创新中心和智能物流系统北京市重点实验室(BZ0211)。

作者简介: 唐恒亮(1982-), 男, 山东阳谷县人, 硕士生导师, 副教授, 主要从事信息融合、图像处理技术方向的研究。

王卫锋等人^[6]采用昆虫复眼仿生学原理, 对视频前景按区域分块并构建块模型, 实现了道路停车事件自动监控。赵敏等人^[7]利用混合高斯模型提取停车现场背景图像, 并通过时间序列分析识别静止车辆, 实现了适应露天场景环境变化的高速违章停车视频检测方法。Carletti 等人^[8]提出了一种利用传统监控摄像机分析并自动检测禁停区所停车辆信息的方法。Wu 等人^[9]提出一种基于多级支持向量机分类器的新型停车空间检测方法。Huang 等人^[10]针对车位光照、遮挡等问题, 基于最大后验概率理论设计了三层贝叶斯层次架构, 实现对空闲车位场景的高效建模。姜明新等人^[11]针对传统违章停车人工检测方式准确率低、成本高等缺点, 提出一种基于监控视频的违章停车检测算法。

目前, 视频停车检测技术正逐步推广应用。长春市采取多方位优化措施提高道路通行能力, 已设置近三百处视频监测点, 并派专人监控, 智能提取违规停车信息, 加强对全市道路交通安全与停车信息的监控; 淮南市已配置道路视频监控 270 余处, 基本覆盖全市主要道路出入口、事故多发路段、交通拥堵路段等, 并配以道路卡口、灯控路口电子警察等对全市交通及路侧停车情况进行实时监控; 北京市朝阳区根据路侧占道监控的实际需求, 在部分路侧车位设置高清视频监控点, 构建了路侧停车场数字监控系统, 实现了无线、高清的视频监控体系。

1.2 地磁检测技术

自 2008 年起, 地磁停车检测技术已经逐步应用于道路交通领域^[12]。王维锋等人^[13]基于车辆磁偶极子模型提出一种车位占用检测算法。根据地磁传感器对车辆驶入、驶离车位时的磁感应效应, 提取多种车型的磁感应强度和变化方向特征, 用以检测车位占用情况。茅嘉磊^[14]通过对路侧停车时间及视频取证等的分析研究, 提出一种基于视频分析技术的车辆检测方法。通过视频技术对泊位停车状态自动取证, 实现停车计时计费自动化。

根据 Tranbbs 调研, 中国约有 50% 以上地区采用磁性线圈检测技术采集交通流量。北京市朝阳区于 2012 年 5 月在东大桥路、朝外南街等 10 条大街的 972 个路侧占道停车位, 采用“路侧停车场联网收费管理系统”。该系统中的停车位检测子系统即利用地磁检测技术实时监测车位状态, 实现对车位的实时监测与远程监控; 浙江省东阳市于 2015 年 2 月初在城市统一实施路侧占道收费系统。初期在核心路段的 200 个车位安装地磁探测器, 通过无线传输模式将监测数据实时发送至后台管理系统, 后台再将车位状态信息同步到车主手持终端设备, 实现了收费数据交互与快速收费管理, 缓解了路侧占道停车拥堵现象。

本文重点探讨视频和地磁停车检测技术机理和技术适用性, 提出多种检测技术的数据层融合机制模型, 并通过实地试验验证方法的可行性和有效性。多种停车动态检测技术的融合应用, 可获取统一的停车监测信息, 提升路侧停车收费监管与管理水平, 促进路侧停车规范有序, 提高

路侧停车监测准确性与可靠性, 并对未来智能交通相关应用提供技术支撑。

2 停车检测技术机理

2.1 视频检测机理

视频停车检测方法通常采用摄像机对车位状态数据进行实时采集, 再利用图像处理、模式识别等多种分析处理技术有效拟合视频数据, 提取有效的判别特征用于车位占用信息检测, 是一种主动式检测方法。

与地磁和射频等方法相比, 视频监控范围较广、设备利用率高, 可提供实时、丰富的车位监测数据并具有追踪功能, 便于管理、取证与应用拓展; 视频设备通常安装于地表之上, 对路面和交通影响较小, 安装方便、可靠性高、维护费低。

视频检测技术是未来停车检测与监控的发展趋势, 具有较强的适用性和广泛的应用前景, 但受环境光线强度、天气能见度、车辆驻停规范程度等因素影响较大, 仍需进一步深入研究。

2.2 地磁检测机理

地磁检测方法通常利用磁力传感器采集车辆驻停数据, 利用地球磁场会因铁磁物体靠近而产生磁力线扰动的原理, 对车辆驶入和驶离车位状态进行监测, 是一种被动式检测方法。

当铁磁物体靠近磁力传感器时, 原有地磁场磁力线分布状态被打破, 传感器周边地磁场磁力线发生一定程度扭曲变形; 铁磁物体越大, 对地磁场的干扰和影响也越大。鉴于汽车发动机、车轴等主要部件均由铁磁物质铸造而成, 因此, 车辆靠近磁力传感器时, 会使地磁场磁力线受到不同程度的挤压变形。车辆与磁力传感器距离越近, 磁力线受挤压程度越大、越向磁感中心区域聚合; 反之, 当车辆距磁感器越远, 磁力线越沿中心区向外发散, 直至恢复初始状态。铁磁物质对地磁场的干扰程度会因该物质结构和质量不同而产生差异。磁力传感器正是利用上述原理完成对车辆驻停状态的监测, 并可通过分析磁力线挤压程度与分布状态对车型进行判别。

磁力传感器鉴于其安装位置原因, 通常采用自供电模式, 性能比较稳定, 工作时间较长, 但也存在一些挑战性问题, 如无线网络稳定性、周边磁性物质干扰、检测范围有限等。

3 融合检测机制与分析

鉴于视频和地磁检测技术各具一定优势与局限性, 如融合应用上述两种技术协同完成对车辆的驻停监测, 则可在技术与数据层面取长补短, 协同提升检测效率。在充分研究视频和地磁检测技术机理基础上, 为实现监测数据的完整性与一致性, 设计了视频、地磁数据定义模式和数据层融合模式, 并详细分析了融合技术的优势。

3.1 数据层融合模式

视频监测信息较为丰富, 在违章取证、纠纷排除等方

面均起到了积极作用, 结合实际应用需求, 视频数据可定义为表 1 所示模式。

表 1 视频数据定义模式

字段名称	字段类型	字段含义	备注
CameraID	Character(15)	车位摄像机编号	主键
ParkID	Character(10)	车位编号	主键
CarID	Character(7)	车辆号牌	主键
InTime	Character(19)	驶入时间	主键
OutTime	Character(19)	驶离时间	属性
CarBrand	Character(10)	车辆品牌	属性
CarColor	Character(10)	车身颜色	属性

其中, 摄像机编号 (CameraID) 可定义为全区域唯一编码, 用于标记视频设备位置, 每个摄像机设备可同时监控一个 (视频桩设备) 或多个 (高架摄像头设备) 车位; 车位编号 (ParkID) 用于存储当前检测车位位置; 车辆号牌 (CarId) 用于存储车牌信息; 驶入时间 (InTime) 和驶离时间 (OutTime) 可定义为如下格式: “2016/09/02 08:03:05”; 车辆品牌 (CarBrand)、车身颜色 (CarColor) 可与交管局车辆信息数据对接, 保证数据一致性。摄像机编号 (CameraID)、车位编号 (ParkID)、车辆号牌 (CarId) 和驶入时间 (InTime) 共同构成视频数据主属性, 用于检索每条监测记录。

鉴于地磁技术工作原理, 地磁设备可监测信息较少, 其数据模式相对简单, 如表 2 所示。

表 2 地磁数据定义模式

字段名称	字段类型	字段含义	备注
MagneticID	Character(15)	车位地磁设备编号	主键
ParkID	Character(10)	车位编号	主键
InTime	Character(19)	驶入时间	主键
OutTime	Character(19)	驶离时间	属性
PulseInfor	Bool	设备当前脉冲信息	属性

其中, 地磁设备编号 (MagneticID) 可定义为全区域唯一编码, 用于标记车位位置; 车位编号 (ParkID)、驶入时间 (InTime)、驶离时间 (OutTime) 同视频数据相应字段定义模式, 后两字段用于记录磁力感应器捕获的脉冲信号变化时刻; 设备当前脉冲信息 (PulseInfor) 可定义为布尔型, 无车状态设备不产生脉冲突变, 记录为假; 车辆驶入时, 设备附近磁场发生变化, 产生脉冲信号, 记录为真。地磁设备编号 (MagneticID)、车位编号 (ParkID) 和驶入时间 (InTime) 共同构成地磁数据主属性, 用于检索每条监测记录。

对于视频和地磁设备的监测记录, 可通过监测车位编号属性进行信息关联, 并通过数据筛选、清洗、关联度分析等技术, 可有效校正车辆驶入时间和驶离时间数据, 并形成统一、完备的监测记录, 从而可构建视频和地磁技术的数据层融合模式, 如表 3 所示。

表 3 融合机制数据定义模式

字段名称	字段类型	字段含义	备注
CameraID	Character(15)	车位摄像机编号	主键
MagneticID	Character(15)	车位地磁设备编号	主键
ParkID	Character(10)	车位编号	主键
CarID	Character(7)	车辆号牌	主键
InTime	Character(19)	驶入时间	主键
OutTime	Character(19)	驶离时间	属性
CarBrand	Character(10)	车辆品牌	属性
CarColor	Character(10)	车身颜色	属性

上表中各字段含义同表 1 和表 2, 地磁数据模式中的设备当前脉冲信息 (PulseInfor) 字段在充分矫正车辆驶入时间 (InTime) 和驶离时间 (OutTime) 字段后可舍弃。表 3 中的车位编号 (ParkID)、车辆号牌 (CarId) 和驶入时间 (InTime) 可共同构成融合数据模式主属性, 用于检索每条监测记录。

上述视频和地磁技术数据层融合模式可对部分缺失的监测数据进行有效拟合与补充, 更有利于构建统一、完备的停车监测数据库, 提升检测性能, 并为智能停车相关应用提供基础数据。

3.2 融合技术优势

鉴于视频和地磁技术的工作原理, 其监测数据的形式、环境适应性等方面均存在一定的局限性, 而且每种技术均存在一定的适用性, 故两种技术在数据层的融合应用, 可丰富监测信息, 并对监测数据完整性起到一定的积极作用。

视频技术可捕获更多停车现场数据, 例如车牌、车身颜色、停车模式、当前路况等, 但视频技术受环境光线影响较大, 在特殊、恶劣环境下, 因捕获的视频图像质量下降会导致其检测效率急剧降低, 甚至检测失败, 造成数据漏检或检测不准确, 需进行一定补偿。地磁技术通过磁感原理可准确探测车辆驻停过程, 环境适应性较强, 对环境变化相对鲁棒, 检测结果相对稳定, 但限于地磁技术检测机理, 其监测数据相对单一。因此, 在恶劣环境下, 地磁监测数据可对视频数据进行有效校正, 并为其提供必要支撑, 有效缓解视频技术因环境恶劣造成图像无法识别等问题; 针对地磁监测数据单一性问题, 可利用同步获得的视频数据进行有效补充, 丰富其数据形式。

因此, 视频与地磁技术的融合应用, 可充分发挥各自优势, 取长补短, 提升路侧停车检测效率与稳定性。此外, 无论何种监测设备, 均可能因技术、人为等故障产生误检、漏检现象, 引发争议。多种技术融合应用可有效规避应用风险, 减少争议, 提高服务质量和水平。

4 停车检测试验与分析

为进一步验证视频、地磁技术融合应用的有效性和可用性, 设计了试验场测试方案, 搭建真实试验环境 (图 1、图 2), 并进行了实地测试。



图 1 试验场视频检测应用环境

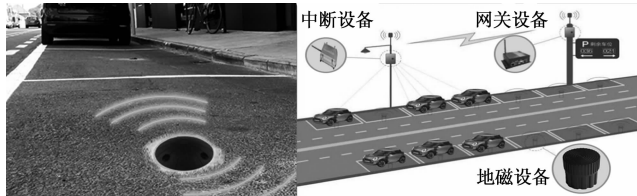


图 2 试验场地磁检测应用环境及示意图

针对 4 种天气环境 (晴天、雾天、傍晚、夜间)、5 种停车模式 (正常、跨位、半侧位、斜位、反复入位), 测试了 300 组停车过程, 测试结果见表 4。

表 4 试验测试结果

检测技术	视频技术	地磁技术	融合技术
检测正确率	95.3%	85.9%	98.7%

经过数据统计、比对与分析, 基于视频技术的停车检测试验正确率为 95% 左右。绝大多数情况下, 视频检测设备都能识别出车辆信息, 并实时跟踪整个驶入/驶离过程, 对车辆驻停状态做出准确判断, 试验结果尚可; 但特殊情况下, 例如漆黑夜晚、大雾、黑暗, 或者车辆开启大灯或远光灯等外界极端条件 (见图 3 范例), 视频检测结果产生了一定的误差, 甚至完全失效。



图 3 视频检测极端环境范例

鉴于地磁检测技术受天气影响较小, 故试验主要针对 5 中停车模式进行了反复测试, 共采集回 323 条地磁检测记录。经过数据清洗与统计分析, 地磁停车技术检测正确率仅为 85% 左右, 实验结果不太理想。分析可知, 在正常停车模式下, 地磁检测设备检测成功率逼近 100%; 但停车不规范时, 地磁检测效率急剧下降。在跨位、半侧位、斜位停车模式下, 若驻停位置未覆盖地磁监测区域, 则会直接造成地磁监测记录缺失, 进而检测失败; 若驻停位置少部分覆盖地磁监测区域, 也会造成检测结果不准确; 而反复入位停车模式, 可能造成重复的地磁监测数据记录, 导致

检测结果不准确。

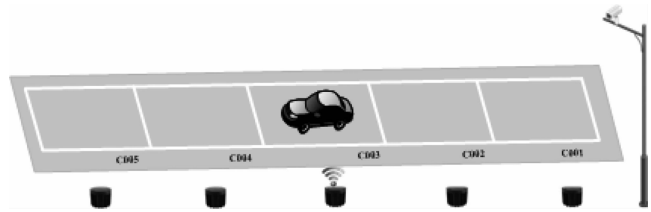


图 4 视频、地磁融合检测机制示意图

鉴于视频、地磁技术各具优势和局限性, 对融合检测机制进行了试验 (见图 4)。经过数据清洗、拟合与统计分析, 在融合机制下停车试验的检测正确率接近 99%, 试验结果较为理想。在绝大多数情况下 (天气较好、停车较为规范等), 视频和地磁检测设备均能正确检测出停车过程, 并对车辆停车状态做出准确判断。

在特殊、极端条件下 (天气恶劣、停车不规范等), 融合机制也保障了停车检测的准确性和有效性。在天气或光线环境比较恶劣的情况下, 虽然视频技术一定程度失效, 但在地磁检测技术的辅助下, 一定程度上仍可正确识别出车辆驻停状态; 在天气或光线较为正常的情况下, 对于反复入位停车模式, 地磁设备虽监测到多条停车记录, 但在视频技术辅助下, 可有效剔除地磁设备监测到的重复、无效等停车信息。但对于极个别的测试情况, 融合机制也存在一定局限性。例如, 天气或光线环境比较恶劣时, 视频设备一定程度上失效, 地磁设备虽不受天气或光线影响, 但对于反复入位停车模式, 仍会监测到多条重复、无效的停车信息, 因而导致最终检测结果不准确。

5 结束语

通过归纳总结并深入研究视频和地磁停车检测技术基本原理和实际应用情况, 搭建了视频和地磁停车检测试验环境, 并针对晴天、雾天、傍晚、夜间 4 种天气环境, 正常、跨位、半侧位、斜位、反复入位 5 种停车模式进行了大量测试; 在此基础上, 深入分析了视频和地磁检测技术的优势和挑战性; 鉴于每种检测方法的技术优势和不足, 探索了融合视频与地磁技术的停车检测方案, 并分析了融合机制的优势。该方案可充分发挥各种技术优势, 取长补短, 提升停车检测性能。

在当前停车矛盾愈加激烈的情况下, 多技术融合检测机制具有较强的研究价值和广泛的应用前景。未来可围绕融合检测机制的失败案例展开深入研究, 以提升系统鲁棒性; 同时, 可进一步拓展其他检测技术的融合应用模式。

参考文献:

- [1] Tang S, Wang F, Wang G, et al. Development and Research of Intelligent Transportation Systems in China's Tenth Five-year Plan [A]. Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems [C]. Toronto: IEEE Societies, 2006: 377-378.