

基于激光感应与人工智能的智能停车场管理系统研究

解钦仰

韩国亚洲大学，韩国 水原 16499

DOI: 10.61369/SSSD.2025170026

摘要：随着城市化进程的加速，停车难问题日益凸显。传统停车场管理效率低、信息不透明，急需智能化升级。本文提出一种基于激光车位状态感知与人工智能识别的智能停车管理系统，系统在每个车位安装激光接收器，实时检测车位占用状态，并通过Python程序将数据上传至管理平台。同时，每个车主都可以通过手机端APP实时查询空余车位数量及具体位置。本系统结合了机器学习模型对停车场全局状态进行动态分析，实现车位信息的可视化与智能化管理，有望显著提升管理效率与用户体验。

关键词：智能停车场；激光检测；人工智能；车位管理；Python

Research on Intelligent Parking Lot Management System Based on Laser Sensing and Artificial Intelligence

Xie Qinyang

Asia University, Suwon, South Korea 16499

Abstract : With the acceleration of urbanization, the problem of parking difficulty has become increasingly prominent. Traditional parking lot management is characterized by low efficiency and opaque information, which is in urgent need of intelligent upgrading. This paper proposes an intelligent parking management system based on laser parking space status sensing and artificial intelligence recognition. The system installs a laser receiver in each parking space to detect the occupancy status of the parking space in real time, and uploads the data to the management platform through a Python program. At the same time, each car owner can query the number of available parking spaces and their specific locations in real time through a mobile APP. Combined with a machine learning model to dynamically analyze the overall status of the parking lot, the system realizes the visualization and intelligent management of parking space information, and is expected to significantly improve management efficiency and user experience.

Keywords : intelligent parking lot; laser detection; artificial intelligence; parking space management; Python

引言

随着城市化进程的加速和居民生活水平的提高，我国汽车保有量呈现出迅猛增长的态势。据相关数据显示，过去十年间，我国汽车保有量以年均超过10%的速度递增。根据2025年5月发布的《中国汽车改装市场发展蓝皮书》，截至2024年年底，全国机动车保有量为4.53亿辆。且这一增长趋势在城市中尤为显著，所以城市交通拥堵问题日益严峻，停车难已成为困扰城市居民生活和城市发展的突出问题。

在城市商业区、办公区、居民区等区域停车需求远超停车位供给，导致车辆在停车场周边长时间等待，既浪费车主时间精力又加剧周边道路拥堵。传统停车场管理方式如人工收费、人工管控进出等存在效率低、成本高、信息不透明等问题，难以满足日益增长的停车管理需求。智能停车场管理系统融合先进激光感知技术、人工智能技术与数据分析技术，可实现车位实时监测、车辆自动识别与引导、自动收费等功能，提升停车场管理效率与服务质量。激光感知技术能准确检测车位状态避免人工判断误差，人工智能算法可分析车辆行驶路线与停车行为实现车位智能分配与引导。

本研究旨在设计并实现基于激光感知与人工智能的智能停车场管理系统，通过实时监测车位状态与智能分析为车主提供便捷高效的停车服务，为停车场管理者提供科学决策依据，从而缓解停车难问题、提升城市交通整体运行效率，具有重要实际意义与应用价值。研究内容包括系统整体架构设计、激光感知技术在车位检测中的应用、人工智能算法选择与优化及系统实际应用与效果评估等。

一、基于激光感知与人工智能的智能停车场管理系统方案设计

(一) 系统总体架构

首先在系统架构设计方面，构建一个高效、稳定的系统框架，实现激光感知设备、数据传输模块、人工智能处理单元以及用户交互界面的有机结合。同时架构详细规划了各部分的功能和职责，确保系统能够准确地采集车位信息，快速地传输和处理数据，并为用户提供便捷的服务。其次对于激光感知技术的应用，重点研究其在复杂环境下的车位检测精度和可靠性。通过实验和数据分析，优化激光传感器的安装位置、参数设置以及信号处理算法，以提高车位检测的准确性，减少误判和漏判的情况。最后，人工智能算法的选择与优化是本研究的核心内容之一。深入研究各种机器学习和深度学习算法，如卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）等，选择最适合本系统的算法模型，并对其进行优化和改进。

1. 系统层级划分

本智能停车场管理系统采用分层架构分为感知层、网络层、平台层和应用层，意在通过各层协同配合来实现停车场智能管理。

感知层作为系统基础，负责数据的收集。每个车位安装激光传感器利用激光反射原理检测车位状态，车位上方激光传感器发出的激光正常反射表明车位空闲，激光被车挡住导致无法反射或反射信号变化则表明车位被占用。停车场出入口安装高清摄像头收集车辆车牌、车型、颜色等信息为车辆进出管理与收费提供数据，同时安装地磁传感器辅助检测车辆存在与行驶状态，提升数据收集准确性与可靠性。

网络层负责数据传输，将感知层收集的数据快速稳定传输至平台层，采用有线与无线相结合的传输方式。停车场内部通过以太网线将激光传感器、摄像头等设备连接至交换机进行数据汇总，室外停车场或临时停车位等布线困难区域采用 Wi-Fi、蓝牙等无线通信技术传输数据，传输过程中采用加密技术保证数据安全完整防止窃取与篡改。

平台层是系统核心，负责数据存储、分析与处理，利用云计算技术构建云服务器将车位信息、车辆信息等存储于云数据库实现数据集中管理与共享。通过大数据分析技术挖掘分析大量停车数据，如不同时间车位使用情况、车辆进出规律、车主停车喜好等，为停车场运营管理提供决策依据。借助机器学习、深度学习等人工智能算法识别与预测车辆图像和车位状态，实现车辆自动识别、车位智能分配与引导等功能，自动识别车辆时采用卷积神经网络（CNN）算法提取识别车牌图像特征提升准确度与速度。

2. 硬件与软件平台

本智能停车场管理系统硬件设备包括激光传感器、摄像头、道闸、地磁传感器、服务器和通信设备等，通过相互配合为系统稳定运行提供坚实硬件基础。

激光传感器作为车位检测的核心设备，应选用高精度、高可靠的型号，如 SICK TIM5 系列激光传感器。该系列传感器具有

检测精度高、响应速度快、抗干扰能力强等优点，能够准确地检测车位是否被占用。其工作原理是通过发射激光束，并接收反射回来的激光信号，根据信号的变化来判断车位状态。当车位上没有车辆时，激光束能够正常反射回传感器；当有车辆停放时，激光束被车辆阻挡，反射信号发生改变，传感器据此判断车位已被占用^[1]。

摄像头安装在停车场的出入口和关键位置，用于采集车辆的图像信息。选用高清智能摄像头，如海康威视 DS-2CD7A26G0/P-IZHS 8MP 星光 + 摄像头，其具备高分辨率、低照度、宽动态等特性，能够在各种环境下清晰地拍摄车辆的车牌号码、车型、颜色等信息。同时，摄像头还内嵌深度学习算法，利用海量图片和视频资源进行训练，支持智能分析功能，能够自动识别车牌、检测车辆的行驶方向和速度等，为车辆的进出管理和收费提供准确的数据支持^[2]。

道闸是控制车辆进出停车场的关键设备，采用快速起落的道闸，如海康威视 DS-TMG300 道闸，其起落速度快、稳定性高，能够有效地提高车辆的通行效率。同时此道闸深度兼容海康车牌识别系统，道闸与车牌识别系统和车位检测系统联动，当车辆进入停车场时，系统自动识别车牌，若车牌信息合法且有空余车位，道闸自动抬起放行；当车辆离开停车场时，系统根据停车时间和收费标准计算费用，车主缴费后道闸自动抬起，车辆驶出停车场^[3]。

(二) 激光感知技术

1. 激光车位检测原理

本智能停车场管理系统利用激光的反射特性来实现车位检测功能。在每个车位的上方安装激光传感器，该传感器由激光发射器和接收器组成。当车位处于空闲状态时，激光发射器发射出的激光束能够直接照射到车位地面，并被地面反射回激光接收器。此时，接收器接收到的激光信号强度和频率处于正常的预设范围。

一旦有车辆停放在该车位上，激光束在传播过程中会被车辆的车身阻挡，无法按照原路径反射回接收器，或者反射回来的激光信号会因为车辆表面的材质、形状等因素而发生改变，如信号强度减弱、频率发生偏移等。激光传感器内部的信号处理电路会对接收到的激光信号进行实时分析和处理，将接收到的信号与预设的空闲车位信号特征进行比对。如果信号特征出现明显差异，系统就会判定该车位已被车辆占用，并将这一信息通过网络传输给停车场管理系统的上位机进行记录和处理。

2. 激光传感器的选择与布局

在激光传感器的选择上，应充分考虑停车场的实际环境和应用需求，从多个方面进行综合评估。

检测精度是首要考量因素。为了实现高精度的车位检测，选用检测精度达到毫米级别的激光传感器，如 SICK TIM571 激光传感器，其测量精度可达到 ± 15 毫米。这使得传感器能够准确地捕捉到车位上车辆的细微变化，即使是小型车辆或车辆停放位置稍有偏差，也能精确判断车位状态，有效减少误判和漏判的情况。

检测范围也是关键指标。根据停车场车位的大小和布局，选

择检测范围合适的激光传感器。对于标准尺寸的停车位，一般选择检测范围在0.1米至10米之间的传感器，确保能够覆盖整个车位区域。在大型停车场中，对于一些特殊的大型车位或异形车位，可选用检测范围更大的激光传感器，并通过合理的安装角度和位置调整，实现对车位的全面检测。

环境适应性同样不容忽视。停车场环境复杂多变，可能面临高温、潮湿、强光等恶劣条件。因此，选择具备良好环境适应性的激光传感器至关重要。^[4]具体型号激光传感器采用了特殊的防护外壳和光学元件，能够在-30℃至+50℃的温度范围内正常工作，并且在高湿度环境下具有良好的防潮性能。同时，该传感器具备强光抑制功能，在强光直射的情况下仍能稳定工作，确保在各种环境条件下都能准确检测车位状态^[4]。

(三) 人工智能技术应用

1. 物体识别模型选择

在智能停车场管理系统中，准确识别车辆是实现高效管理的关键环节。通过对多种物体识别模型的深入研究和对比分析，选用了YOLO (You Only Look Once) 系列模型中的YOLOv5作为车辆识别的核心模型。YOLO系列模型以其卓越的实时目标检测能力而在计算机视觉领域备受赞誉，YOLOv5更是在YOLO系列的基础上进行了优化和改进，在速度和精度上取得了更好的平衡，非常适合本系统对车辆识别的需求^[5]。

YOLOv5模型的工作原理基于深度学习中的卷积神经网络(CNN)架构。在模型的输入端，它直接接收整个停车场场景的图像，通过一系列的卷积层、池化层和全连接层对图像进行特征提取和分析。在这个过程中，模型会将图像划分为多个网格，每个网格负责预测其所在区域内可能存在的物体。对于每个网格，模型会输出一组边界框(bounding box)和对应的物体类别概率。

(四) 系统功能模块

1. 车位管理功能

本智能停车场管理系统的车位管理功能实现了对车位状态的实时监控和精细化管理，为车主和停车场管理者提供了高效、便捷的服务。

通过安装在每个车位上的激光传感器，系统能够实时获取车位的占用信息，并将这些信息以直观的方式展示在管理平台和车主的手机APP上。在管理平台的监控界面上，停车场管理者可以清晰地看到每个车位的实时状态，绿色表示空闲车位，红色表示已占用车位，黄色表示异常状态车位(如传感器故障等)。这种实时监控功能使管理者能够及时掌握停车场的车位使用情况，便于进行合理的调度和管理，同时也为车主提供准确的车位信息，帮助车主快速选择合适的停车区域。

2. 车辆识别与计费功能

车辆识别与计费功能是智能停车场管理系统的核心功能之一，它实现了车辆进出停车场的自动化管理和精准计费，提高了停车场的运营效率和服务质量。

系统集成了先进的车牌识别系统，通过在停车场出入口安装高清摄像头和智能图像识别设备，能够快速、准确地识别车辆的车牌号码。车牌识别系统采用了深度学习算法，对车牌图像进行多维度的特征提取和分析，能够在各种复杂环境下(如强光、逆光、雨雪天气等)稳定工作，识别准确率高达98%以上。当车辆驶入停车场入口时，摄像头自动抓拍车辆的车牌图像，车牌识别系统迅速对图像进行处理和识别，将识别结果与系统数据库中的车辆信息进行比对。如果是已注册的内部车辆或已预约的车辆，系统自动放行，并记录车辆的入场时间；如果是临时车辆，系统会自动分配一个临时停车卡号，并记录车辆的入场信息。

二、结束语

本研究成功设计了基于激光感知与人工智能的智能停车场管理系统，通过对停车场管理系统的深入研究和技术创新，可以有效解决了传统停车场管理中存在的诸多问题，提升停车场的管理效率和服务质量。未来，基于激光感知与人工智能的智能停车场管理系统的研究将朝着多个方向深入展开，以进一步提升系统性能、拓展功能和应用场景，满足不断增长的城市停车需求。

参考文献

- [1] 陈星. 城市级智慧停车综合管理系统的研究与应用 [J]. 运输经理世界, 2022(15):68-70.
- [2] 左劲中. 基于NB-IOT 互联网技术的城市智慧停车管理系统设计 [J]. 九江学院学报(自然科学版), 2021, 36(1):75-78.
- [3] 徐鑫鑫. 基于物联网的智慧停车管理系统研究与设计 [D]. 武汉: 武汉工程大学, 2020:22.
- [4] 张喜翠. 智慧园区智能停车管理系统的应用与实现 [D]. 南京: 南京理工大学, 2018:23.
- [5] 郭立强. 基于物联网的智慧停车管理系统设计 [A]. 信息与电脑, 2022, 23:132-134.