

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2022.09.019

基于 MobileNet 的车位占用识别及智能 停车引导策略研究

顾思思, 王 淼, 于加晴
(中交公路规划设计院有限公司, 北京 100088)

摘要:为了解决高速公路服务区停车一位难求的问题,提供准确的车位信息和有效的停车入位引导,提出了基于 MobileNet 的车位占用识别及智能停车引导策略。在详细分析了高速公路服务区停车现状和剖析存在问题的基础上,提出了服务区智能停车引导分级策略,建立了基于 AI 视觉的车位识别技术路线。首先,以服务区场区内高位视频、低位视频为检测数据来源,采用轻量化的 MobileNet 分类模型对车位占用情况进行了分类和实时分析,以提供准确可靠的停车场场区内空余和占用车位数信息。然后,通过 3 级引导屏实现主线预告引导、入口总容量引导、分车型车位引导的 3 级停车引导,让出行者预先对服务区车位占用情况有全面的了解。为验证智能停车引导分级策略的有效性,选择华北某高速公路服务区进行了实地验证。结果表明:基于 MobileNet 的车位占用识别模型,在白天光照充足的情况下识别准确率为 98.0%,在夜间识别准确率为 90.0%;车辆在高峰节假日因服务区拥堵等待导致的总行程时间减少约 7%,与传统服务区停车场寻找车位时间相比,可节省 20%~30% 的寻位时间。因此,所提出的基于 MobileNet 的车位占用识别及智能停车引导策略,能够显著解决服务区的实际问题,最大限度满足公众出行停车需求,缓解高峰时段停车压力,提高服务区通行能力。

关键词:智能交通;智能停车引导;MobileNet;服务区;车位占用识别

中图分类号:U495

文献标识码:A

文章编号:1002-0268(2022)09-0149-06

Study on Parking Space Occupancy Recognition Based on MobileNet and Intelligent Parking Guidance Strategy

GU Si-si, WANG Miao, YU Jia-qing
(CCCC Highway Consultants Co., Ltd., Beijing 100088, China)

Abstract: In order to solve the problem of difficulty to find a parking place in the expressway service area and provide accurate parking space information and effective parking guidance, the parking space occupancy recognition and intelligent parking guidance strategy based on MobileNet is proposed. Based on the detailed analysis of the parking situation in the expressway service area and analysis of the existing problem, the intelligent parking guidance and classification strategy in the service area is proposed, and a technical route of parking space recognition based on AI vision is built. First, taking the high position and low position videos in the service area as the detection data source, the parking space occupancies are classified and analyzed in real time by using the lightweight MobileNet classification model, so as to provide accurate and reliable information about the vacant and occupied parking spaces in the parking lot. Then, through the 3-level guidance screen, the 3-level parking guidance including main line pre-announcement guidance, entrance total capacity guidance, and parking space guidance of different vehicle types is realized, so that travelers can

收稿日期:2022-01-20

基金项目:中交集团交通强国建设试点子任务项目(ZJJTQG-RW3-6-1)

作者简介:顾思思(1983-),女,山西忻州人,硕士,高级工程师.(gusisi@hpdi.com.cn)

have a comprehensive understanding of the parking space occupancy information in the service area in advance. To verify the effectiveness of the intelligent parking guidance classification strategy, an expressway service area in North China is selected for field verification. The result shows that (1) the MobileNet-based parking space occupancy recognition model has the recognition accuracy of 98.0% in daytime with sufficient light and 90.0% at night; (2) the total travel time of vehicles due to congestion in the service area during peak holidays is reduced by about 7%, it can save 20% to 30% of searching time compared with the searching time in the traditional service area parking lot. Therefore, the proposed MobileNet-based parking space occupancy recognition and intelligent parking guidance strategy can significantly solve practical problems in service area, meet the public's travel parking needs to the greatest extent, relieve the pressure of parking during peak hours, and improve the traffic capacity of the service area.

Key words: ITS; intelligent parking guidance; MobileNet; service area; parking space occupancy recognition

0 引言

随着经济的快速发展,高速公路车流量急剧增加,如何为高速公路出行者提供安全、舒适、便利的停靠空间,成为服务区建设的一个重要问题。尤其是近年来,随着自驾游活动的兴起,节假日期间服务区车流量激增,因缺少必要的停车位诱导信息,车辆驶入服务区后经常出现“一位难求”的现象,如何为途经服务区的出行者提供准确的车位信息,正确、直观的引导车辆停车入位就显得格外重要^[1-4]。

通过对当前高速公路服务区车位引导现状分析,发现存在诸多问题:如占用场区内车道资源,甚至会造成场内交通拥堵;停车位划线不合理,部分服务区停车位未做有效划分,导致不规范停车、场区拥堵现象严重;服务区入口宏观提示,无法连续引导驾驶员寻找车位;数据尚未打通,相邻服务区饱和度信息无法共享或服务区引导信息无法及时发布到道路主线情报板上^[5-6]。

另外在交通运输部下发的《进一步加强公路服务区货车停放服务工作的通知》中,明确要求加强车位信息发布服务,加快推进服务区信息化建设,实时统计空闲车位数量,通过公路沿线可变情报板、导航软件、交通广播等渠道及时发布,统筹相邻服务区停车资源,引导货车合理分流。在相应的政策引导下,服务区停车引导问题有所缓解,但仍缺少系统性的解决方案。

综上所述,本研究提出分级引导策略,并对智能停车引导系统进行探究,提出基于 MobileNet 分类模型的车位识别方法,构建以 AI 视觉识别技术为依托,将文字、图形信息进行分级有效发布的一套可行的系统方案,该系统方案能够针对上述问题起到辅助管理和引导交通流的作用。

1 分级停车引导方案研究

1.1 服务区智能停车引导分级策略

服务区分级智能停车引导系统主要考虑结合主线交通量、服务区现有客流量、车位占用情况等数据,通过设置的 1, 2, 3 级停车引导屏向驾驶员实时发布服务区的空余泊位情况^[7-8]。

1 级停车引导屏可采用距离服务区 3 km 左右的主线可变信息标志,主要是为过往车辆提供服务区整体资源饱和度的情况,让驾驶员了解该区段内服务区整体使用情况。路段分中心管理者可发布动态信息,引导驾驶员对线路和服务区进行选择,从而实现预先管理。

2 级停车引导屏采用服务区入口匝道前的悬臂式或 T 型可变信息标志,为等待进入服务区的车辆提供各类车型停车位方向信息及空位数量信息。

3 级停车引导屏采用各类车型停车区入口处停车引导屏,为已经进入服务区的车辆提供准确的剩余车位信息,通过引导屏告知空余车位的数量和具体方位,帮助驾驶员迅速找到最佳停车位置,实现精确引导,减少因寻找泊位在停车场内部的绕行。

同时配合服务区场区交通安全标志、第三方互联网 APP 等渠道,引导车主快速寻找车位,解决客流高峰时期车主停车难的问题。

1.2 服务区分级智能停车引导方案

本研究按照服务区智能停车引导分级策略提出了服务区分级智能停车引导方案,即在高速公路服务区设置分级智能停车引导系统,基于服务区设置的高位摄像机、搭配场区内低位摄像机,辅以软件后台 AI 识别模块实时准确分析场内车位占用状况^[9-10],提供场区内空余车位数、占用车位数,并通过道路主线、服务区入口前、停车区前方设置的

信息发布屏, 实时发布各类型车位的剩余泊位情况, 实现主线预告引导、入口总容量引导、分车型

车位引导的3级停车引导。系统总体结构如图1所示。

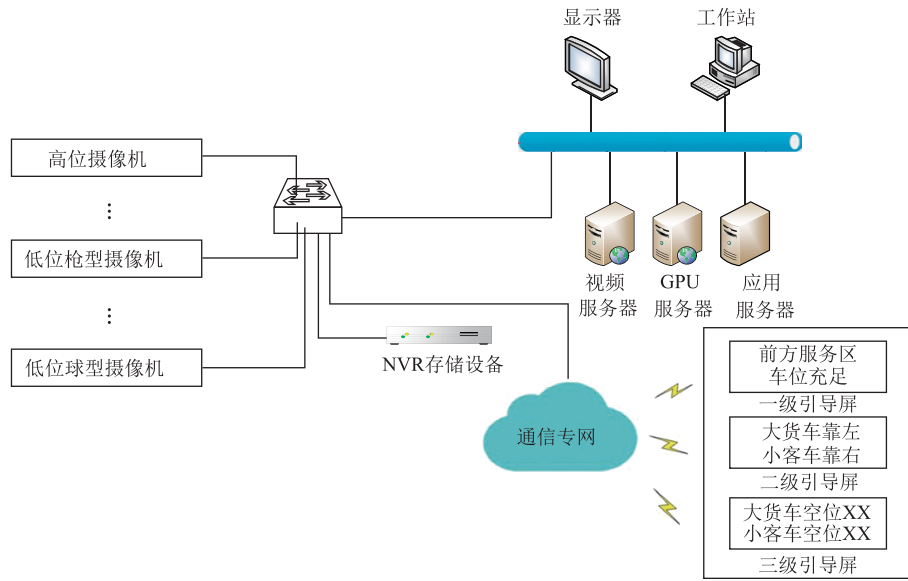


图1 分级智能停车引导系统总体结构

Fig. 1 Overall structure of hierarchical intelligent parking guidance system

2 基于AI视觉的车位识别技术

2.1 技术路线

通过服务区高位摄像机、低位摄像机输出的视频流进行抓流, 从视频流中抽取图像; 通过AI视觉识别模块进行有效分析处理。对于车位识别而言, 由于区域内停车位固定不变, 即停车位在监控图像

中区域固定, 因此我们可以依据先验知识, 提前标记出停车位在图像中的区域。在识别时, 依据标记的区域, 分割图像送入模型中完成分类。在管理模块中对识别结果进行分区统计, 按照已经设置好的分区, 计算出每个分区车位状态(有车、空闲、占用时长等)^[11-13], 将此类信息通过停车位引导模块进行发布。技术路线如图2所示。

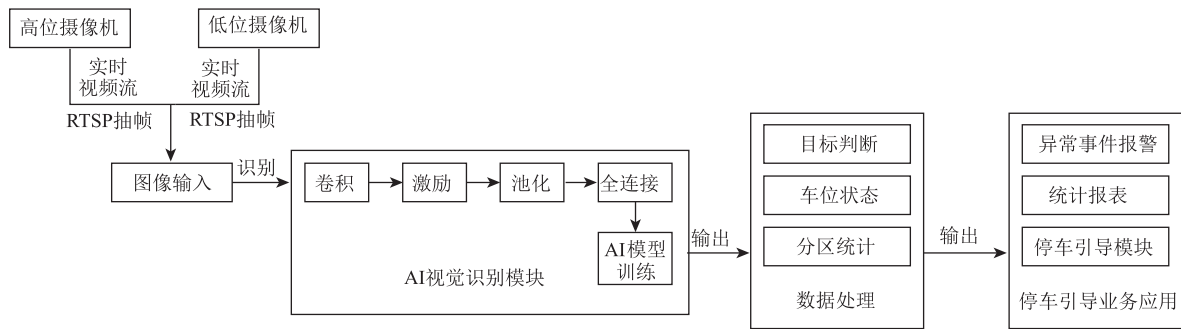


图2 基于AI视觉的车位识别技术路线

Fig. 2 Technical route of parking space recognition based on AI vision

2.2 数据集构建

深度学习模型的识别精度依赖于数据集的好坏, 制作适合识别任务特点的数据集具有重要的意义。本研究的数据集构建通过采集近千张不同停车位的高位、低位摄像机的帧截图, 帧截图的拍摄时间分布广, 包含各种光线环境、各种天气状态、各种可能出现的停车位状态。

通过对数据集进行分析, 发现很多停车位并非

矩形, 在确定停车位区域时, 如果按照车位线进行分割, 再填充, 会造成图像中大面积的区域是黑色(以填充像素值0为例)。如图3所示。填充区域不会对模型分类提供有效的图像特征, 如果该区域过大会影响结果。

本研究使用菱形选取停车位区域(即连接4个条边的中心), 如图4所示, 通过对比可以看出黑色区域相较于整个图片明显减少。使用菱形选区可以有效

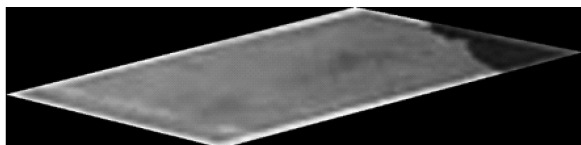


图3 停车区域的选取

Fig. 3 Selection of parking area

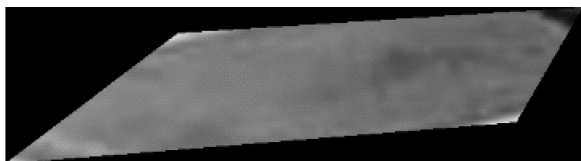


图4 菱形停车区域的选取

Fig. 4 Selection of diamond parking area

避免由于相邻车位车辆停放不规范, 占据当前车位部分区域的情况; 另外, 选取区域的面积相比之前减少了1倍, 数据量减少带来模型识别效率的提升。

2.3 车位识别模型

近年来, 深度学习模型不断加深, 虽然精度得到了刷新, 但是计算资源消耗加大, 运行速度变慢^[14]。考虑到本系统需要实时监控停车情况, 因此选择轻量化的 MobileNet^[15-16]作为分类模型。

激活函数使用 Leaky Relu 激活函数, 如式 (1) 所示:

$$\text{leakyRelu}(x) = \begin{cases} x & x > 0 \\ \alpha x & x \leq 0 \end{cases}, \quad (1)$$

式中 α 取值为 0.01。

损失函数选择交叉熵损失函数, 如式 (2) 所示:

$$\text{loss} = -[y_i \ln(\hat{y}_i) + (1 - y_i) \ln(1 - \hat{y}_i)], \quad (2)$$

式中, y_i 为第 i 个样本的实际值; $\hat{y}_i$ 为第 i 个样本的预测值。

为了避免模型陷入最优解, 将学习率设为动态变化, 采用指数衰减的形式, 随着训练过程不断地减小。学习率衰减公式如式 (3) 所示:

$$lr_n = lr_o d^n \quad (3)$$

式中, lr_n 为第 n 轮的学习率; lr_o 为初始学习率, 本次试验设置为 0.01; d 为衰减率, 本研究设置为 0.8; n 为第 n 轮训练。

优化器在深度学习模型训练中有着重要的作用, 本研究选择 Adam 优化器^[17-18], 它是一种自适应梯度优化算法, 利用梯度 1 阶矩和 2 阶矩估计值更新参数。如式 (4) 所示:

$$\theta_i^{(k+1)} = \theta_i^{(k)} - g_i^{(k)}, \quad (4)$$

$$g_i^{(k)} = \frac{lr v_i^{(k)}}{\sqrt{s_i^{(k)} + \varepsilon}}, \quad (5)$$

式中, k 为迭代次数; $\theta_i^{(k)}$ 为迭代过程中的第 i 个特征参数; $g_i^{(k)}$ 为沿梯度方向下降距离值, 由式 (5) 计算得出; 学习率 lr 和 ε 均为超参数分别取值 0.01 和 0.5; $\hat{v}_i^{(k)}$ 和 $\hat{s}_i^{(k)}$ 分别为 $v_i^{(k)}$ 和 $s_i^{(k)}$ 的偏差修正值, 分别由式 (6), (7) 计算得出;

$$\hat{v}_i^{(k)} = \frac{v_i^{(k)}}{1 - \beta_1^k}, \quad (6)$$

$$\hat{s}_i^{(k)} = \frac{s_i^{(k)}}{1 - \beta_2^k}, \quad (7)$$

$$v_i = \beta_2 v_{i-1} + (1 - \beta_2) g_i^2, \quad (8)$$

$$s_i = \beta_1 s_{i-1} + (1 - \beta_1) g_i, \quad (9)$$

式中, $v_i^{(k)}$ 为历史梯度二次方的指数衰减平方值, 初始值为 0, 由式 (8) 计算得出; $s_i^{(k)}$ 为历史梯度的指数衰减平均值, 初始值为 0, 由式 (9) 计算得出; β_1, β_2 均为超参数分别取值 0.9, 0.999。

2.4 试验结果

本研究模型训练在 Windows10 64 位操作系统中进行, 编程语言为 Python 和 Pytorch 框架进行模型训练, 试验所使用的 GPU 为 Nvidia GTX 2080, 训练共迭代 50 个 epoch。

选择准确率 (accuracy) 作为模型的评价指标, 表示预测正确的样本占总样本的比例, 计算公式如式 (10) 所示:

$$\text{accuracy} = \frac{T}{S}, \quad (10)$$

式中, T 为预测正确的样本数; S 为样本总数。

表1 结果对比

Tab. 1 Comparison of results

场景	准确率/%
白天	98.0
夜间	90.0

通过表 1 可以看出, 车位识别在白天光照充足的情况下, 识别准确率为 98.0%; 在夜间识别难度增加, 识别准确率为 90.0%。综合上述两种场景下的识别结果, 基于 AI 视觉的车位识别可以满足日常使用需求。

3 系统验证与应用

3.1 试验路段选择

华东地区某高速公路是该省份“十三五”期间重点建设高速公路项目和重点打通的出省通道之一。

项目的建设对完善高速公路网布局,促进沿线旅游资源的整合开发,加快省际产业融合,提升区域社会经济的竞争力具有重要的现实意义。

3.2 设置方案

1级引导屏利用道路主线段2~3 km的门架式可

变信息标志,提供服务区整体资源饱和度信息;2级停车引导屏选用悬臂式可变信息标志,设置在服务区入口匝道前600 m处,提供各类型停车位空余车位信息;3级停车引导屏设置在每个独立车位分区入口前,显示该区空余车位的数量和具体方位信息,如图5所示。

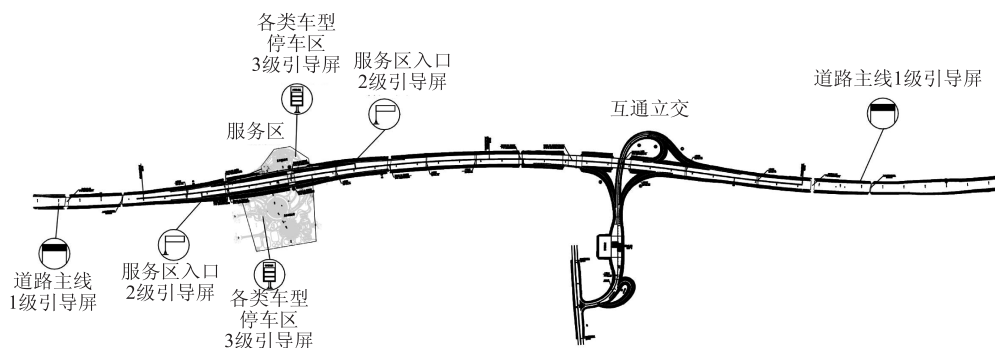


图5 分级智能停车引导系统引导屏布设示意图

Fig. 5 Schematic diagram of layout of guidance screen of hierarchical intelligent parking guidance system

3.3 效果分析

(1) 提供有效信息,提升高速形象

将服务区各类型车辆空余车位信息、服务区饱和度信息、相邻服务区信息等进行数据资源的整合,对道路使用者发布有效的停车引导信息,可使得车辆在高峰节假日因服务区拥堵等待导致的总行程时间减少约7%,营造动态交通环境和服务区场区内有序的停车秩序,提高高速公路管理水平和服务能力,从而提升高速公路整体形象。

(2) 减少寻位时间,降低环境污染

采用基于 MobileNet 分类模型的车位识别技术,可以实时准确地分析出场区空余车位数等信息,减少驾驶员对空车位的寻找时间,节省20%~30%在传统服务区停车场寻找空车位的时间,减少车辆的无效低速行驶,降低碳排放和环境污染;同时可以减少无序交通流,避免由于寻找泊车位而造成的无效行驶,有助于提高交通秩序。

(3) 复用场区安防摄像机,降低工程建设成本

由于车位识别采用的是后端AI视觉识别,故前端视频来源是服务区停车区的高位、低位摄像机,在项目建设过程中低位摄像机尽量复用场区内的安防摄像机,降低工程建设成本。

4 结论

本研究对高速公路服务区分级智能停车引导系统进行了研究,得到系统设计方案和 workflows,实现了服务区分级智能引导的系统功能,并成功实践

于智慧服务区项目中,主要结论如下:

(1) 提出1, 2, 3级停车引导屏布设方案,明确引导屏的设置位置,实现了车辆的科学引导,有效提升服务区内车辆的进出效率,提高停车资源整体利用率。

(2) 提出基于 MobileNet 分类模型的车位识别技术,实时准确分析场内车位占用状况,提供场区内空余车位数、占用车位数等多类信息。

(3) 经工程实际验证,效果良好,显著改善了服务区“一位难求”的实际问题,最大限度满足停车需求,缓解高峰时段停车压力,提高了服务区通行能力。

参考文献:

References:

- [1] 吴恺华,郑皓,谢飞. 高速公路服务区中的城市形象塑造策略研究[J]. 公路, 2018, 63(11): 199-203.
WU Kai-hua, ZHENG Hao, XIE Fei. Strategy Study of Establishing City Image in Expressway Service Area[J]. Highway, 2018, 63(11): 199-203.
- [2] 王殊. 面向用户的高速公路服务区综合评价研究[J]. 公路交通科技, 2016, 33(2): 125-129.
WANG Shu. Research of Comprehensive Evaluation of User-oriented Expressway Service Area[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2016, 33(2): 125-129.
- [3] 王殊,徐英俊. 基于排队论的高速公路服务区停车位合理规模的计算[J]. 公路交通科技, 2016, 33(3): 116-119.

- WANG Shu, XU Ying-jun. Calculation of Reasonable Scale of Parking Spaces in Expressway Service Area Based on Queuing Theory [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2016, 33 (3): 116-119.
- [4] 田佳. 高速公路服务区运行指数研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- TIAN Jia. Study on Operation Index of Expressway Service Area [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2018.
- [5] 陈兴文, 鹿永丽, 袁帅, 等. 高速公路既有服务区优化提升研究 [J]. 公路, 2021, 66 (2): 219-224.
- CHEN Xing-wen, TUO Yong-li, YUAN Shuai, et al. Research on Optimization and Upgrading of Existing Service Areas on Expressways [J]. Highway, 201, 66 (2): 219-224.
- [6] 李耘, 夏晶晶, 张雅静, 等. 高速公路服务区客运接驳站布局与交通组织设计 [J]. 公路工程, 2019, 44 (1): 70-75.
- LI Yun, XIA Jing-jing, ZHANG Ya-jing, et al. Layout and Traffic Organization Design of Freeway Service Transferring Stations [J]. Highway Engineering, 2019, 44 (1): 70-75.
- [7] 张楠楠, 张晓. 基于物联网技术的智能停车场系统设计与实现 [J]. 现代电子技术, 2020, 43 (12): 38-41.
- ZHANG Nan-nan, ZHANG Xiao. Design and Implementation of Intelligent Parking Lot System Based on Internet of Things Technology [J]. Modern Electronics Technique, 2020, 43 (12): 38-41.
- [8] 续宏, 杨顺新, 杨哲. 事件状态下山西省高速公路 VMS 信息发布内容研究 [J]. 中国交通信息化, 2018 (3): 88-91.
- XU Hong, YANG Shun-xin, YANG Zhe. Research on VMS Information Release Content of Expressway in Shanxi Province under Event State [J]. China ITS Journal, 2018 (3): 88-91.
- [9] 马飞, 吴群琪, 王炼. 多源诱导信息对驾驶员路径变更行为的影响研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2014, 14 (5): 61-66.
- MA Fei, WU Qun-qi, WANG Lian. Impact of Multi-source Guidance Information on Path Change of Drivers [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2014, 14 (5): 61-66.
- [10] 陈大地, 覃薇, 莫新强. 高速公路服务区智能停车诱导系统建设方案 [J]. 西部交通科技, 2020 (6): 141-142, 153.
- CHEN Da-di, TAN Wei, MO Xin-qiang. Construction Scheme of Intelligent Parking Guidance System in Expressway Service Area [J]. Western China Communications Science & Technology, 2020 (6): 141-142, 153.
- [11] 应捷, 陈文, 杨海马, 等. 基于仿射变换与模板匹配的车位识别与计数算法研究 [J]. 计算机应用研究, 2022, 39 (3): 919-924.
- YING Jie, CHEN Wen, YANG Hai-ma, et al. Research on Parking Spaces Recognition and Counting Algorithm Based on Affine Transformation and Template Matching [J]. Application Research of Computers, 2022, 39 (3): 919-924.
- [12] 安旭骁, 邓洪敏, 史兴宇. 基于迷你卷积神经网络的停车场空车位检测方法 [J]. 计算机应用, 2018, 38 (4): 935-938.
- AN Xu-xiao, DENG Hong-min, SHI Xing-yu. Parking Lot Space Detection Method Based on Mini Convolutional Neural Network [J]. Journal of Computer Applications, 2018, 38 (4): 935-938.
- [13] 王栋辉. 基于 AI 视觉的智能停车场信息感知方法研究 [D]. 吉林: 吉林大学, 2021.
- WANG Dong-hui. Research on Information Perception Method of Intelligent Parking Lot Based on AI Vision [D]. Jilin: Jilin University, 2021.
- [14] 韩冲, 王俊丽, 吴雨茜, 等. 基于神经进化的深度学习模型研究综述 [J]. 电子学报, 2021, 49 (2): 372-379.
- HAN Chong, WANG Jun-li, WU Yu-xi, et al. A Review of Deep Learning Models Based on Neuroevolution [J]. Acta Electronica Sinica, 2021, 49 (2): 372-379.
- [15] SANDLER M, HOWARD A, ZHU M L, et al. MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks [C] // Proceedings of 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Salt Lake City: IEEE, 2018: 4510-4520.
- [16] 高淑萍, 赵清源, 齐小刚, 等. 改进 MobileNet 的图像分类方法研究 [J]. 智能系统学报, 2021, 16 (1): 11-20.
- GAO Shu-ping, ZHAO Qing-yuan, QI Xiao-gang, et al. Research on the Improved Image Classification Method of MobileNet [J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2021, 6 (1): 11-20.
- [17] 杨观赐, 杨静, 李少波, 等. 基于 Dropout 与 ADAM 优化器的改进 CNN 算法 [J]. 华中科技大学学报 (自然科学版), 2018, 46 (7): 122-127.
- YANG Guan-ci, YANG Jing, LI Shao-bo, et al. Modified CNN Algorithm Based on Dropout and ADAM Optimizer [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2018, 46 (7): 122-127.
- [18] 樊翔宇, 张聪. 基于 Adam 的推荐系统模型研究 [J]. 武汉轻工大学学报, 2020, 39 (1): 62-67.
- FAN Xiang-yu, ZHANG Cong. Research on Recommendation System Model Based on Adam [J]. Journal of Wuhan Polytechnic University, 2020, 39 (1): 62-67.