

Optimization Method of Intersection Space-Time Matching Based on “Knowledge Map”

Haoran Cheng, Jie Qu, Jiaen Yu, Yan Chu, Zezhao Ao

College of Mechanical and Automotive Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao Shandong
Email: 1715968268@qq.com

Received: Mar. 3rd, 2020; accepted: Mar. 19th, 2020; published: Mar. 26th, 2020

Abstract

According to the data of Gaud report, 1/3 of urban peak commuting in China is threatened by congestion. Based on the analysis of traffic congestion at urban intersections, it is found that the causes of existing intersection congestion are: unreasonable lane function, unreasonable distribution of green signal ratio, unreasonable phase sequence setting, lack of internal channelization design, uneven distribution of traffic supply and demand, and mismatched number of import and export lanes Match etc. With the rapid development of face recognition and fingerprint recognition technology, we think that analogical face recognition will recognize the intersection face for feature recognition, match through recognition, and find the known defects in intersection management or planning and optimize or solve the existing intersection congestion problems. The design is divided into three modules: knowledge map module, data acquisition module and control module. Through knowledge extraction and knowledge fusion, the case database is established. After deep learning and a lot of training, the knowledge map of intersection optimization of “AI + deep learning” is established. Through the multi-target radar in the data acquisition module to monitor the traffic flow and other information, the intelligent traffic camera, camera and other front-end equipment to capture the road characteristic elements of the intersection, after image information preprocessing, use image recognition technology to identify the congested intersection, judge the matching degree of the known intersection and the standardized model of the intersection in the standard case base, and then match them according to the matching degree Different degrees match different optimization strategies.

Keywords

Knowledge Map, Image Recognition, Fit Judgment, Matching Recognition, Urban Intersection

基于“知识图谱”的交叉口时空匹配优化方法

程浩然, 曲洁, 于佳恩, 初岩, 敖泽钊

青岛理工大学, 机械与汽车工程学院, 山东 青岛
Email: 1715968268@qq.com

收稿日期: 2020年3月3日; 录用日期: 2020年3月19日; 发布日期: 2020年3月26日

摘要

高德报告数据显示, 全国有1/3的城市高峰通勤受到拥堵的威胁, 通过对城市交叉口交通拥堵问题分析, 发现造成现有交叉口拥堵的原因有: 车道功能不合理、绿信比分配不合理、相位相序设置不合理、路口内部渠化设计缺失、交通供需分布不均、进出口车道数量不匹配等。随着人脸识别、指纹识别技术的迅速发展, 我们思考, 类别人脸识别将交叉口交通数据来进行特征识别, 通过识别进行匹配, 发现已知交叉口管理或规划上的缺陷。从而优化或解决现有交叉口拥堵问题。本设计分为知识图谱模块, 数据采集模块, 控制模块三大模块。通过知识抽取和知识融合, 建立案例数据库, 经过深度学习和大量训练, 建立“AI+深度学习”式的交叉口优化知识图谱。通过数据采集模块中的多目标雷达监测车流量等信息, 智能交通摄像机、照相机等前端设备对交叉口道路特征元素的捕捉, 经图像信息预处理后, 运用图像识别技术对拥堵交叉口进行识别, 对已知交叉口和标准案例库中交叉口标准化模型进行匹配度判断并根据匹配度不同匹配不同的优化策略。

关键词

知识图谱, 图像识别, 拟合度判断, 匹配识别, 城市交叉口

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 研究背景

随着城市经济的发展、汽车数量的逐渐增加, 交通拥堵状况不断加剧。渠化不合理, 城市道路交通信号灯、标志标线的设置和使用存在大量问题。交通设施、信号方案等基础数据处于人工或无管理状态, 数据不完整不连续不准确, 且以非结构化形式存储, 数据获取、使用极不方便, 无法进行数据关联分析。除此之外, 目前交通问题的发现主要依赖人工巡检、舆情反馈, 交通问题识别不准确、效率低, 业界希望有专业的工具和平台, 能有效提高交叉口优化效率, 实现信号交叉口规范化管理, 标准化设计。

与此同时, 人工智能、物联网等前沿技术的迅速发展, 人脸识别技术、指纹识别技术等逐渐应用于日常生活。引发我们思考, 能否类别人脸识别技术, 将交叉口当成一个脸部来进行特征识别, 从而解决或优化现有交叉口拥堵问题。

为了缓解城市交通拥堵问题, 优化现有交叉口交通状况, 故此提出一种能够将特征信息提取识别的技术应用于交通领域, 以海量结构化数据为支撑, 自动识别城市交叉口并进行匹配, 从而给出基于知识图谱的交叉口时空匹配优化方法。

2. 设计原理

2.1. 设计思路

针对交叉口交通拥堵状况, 分析其影响因素, 本文本着“以人为本”、“解决问题”的理念, 得出

本系统整体设计思路。

本系统包含三大模块,分别为知识图谱模块[1],数据采集模块,控制模块。通过提取全国通行率高、通行能力较大的交叉口实例,首先建立标准案例数据库,系统由知识图谱模块作标准案例数据和图像识别技术支撑,通过多目标雷达检测将车流量等信息进行采集,通过数据采集模块的照相机、摄像机对交叉口进口道数量、车道数、标志标线信息等路口道路特征元素进行捕捉,将捕捉到的图像等信息进行预处理,并进行特征提取,然后传至控制模块,在控制模块中识别待优化的交叉口,并从标准案例库中抽取多个交叉口标准化模型与之匹配。二者进行匹配度的判断,根据匹配度的不同,给出多个不同的优化策略。部分交叉口标准化模型示意如图 1~3。



Figure 1. Crisscross
图 1. 十字交叉

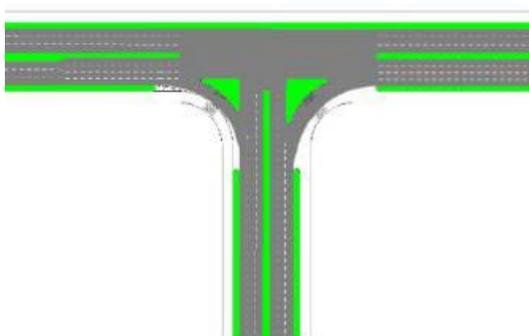


Figure 2. Type T crossover
图 2. T型交叉



Figure 3. Cross ring
图 3. 十字环形

2.2. 模块设计

2.2.1. 知识图谱模块

将现有路口渠化、交通设施、信号方案等基础数据和纸质、excel、word、Visio、CAD、图片、视频以及各类交通案例等非结构化和半结构化数据进行采集和汇总，将国标规范、专家方法等经验以规则的方式固化到系统当中，通过知识抽取、知识融合和知识处理形成结构化数据，基于路口数字化特征属性及运行参数，依据系统固化的国标规范、“两化”要求等具体标准，以结构化数据持续记录路口、路段信息(区划、问题、流量、方案等)的演变情况，积累调优数据，形成案例库。再将结构化数据和案例库中数据一同进行知识融合和知识处理，结合国标规范、专家经验、技术指南等基础知识，通过大量的学习和案例训练，使其能够自我进行知识的推理、评估并表达出该知识对应的本体，通过交通语义规则构建“AI+深度学习”式的交叉口优化视觉知识图谱。

通过实体抽取，运用 NRE 技术从非结构化的文本数据集当中，对命名的实体进行自动识别，抽取上述实体，并按照需求识别出更多的实体，比如交叉口名称、类型、形状等。运用关系抽取技术[2]，抽取路口区域内交叉口所具有的道路特征要素之间的相互作用关系、交通要素和交通流参数和已经在数据库中已经定义了语义链接等来获取需要的信息。运用属性抽取技术，从路口的属性特征进行抽取。比如进口车道数、进口车道功能等。通过借助抽取的属性来对路口实体进行完整地勾画。

通过实体抽取、关系抽取、属性抽取，能够将原先以半结构化和非结构化形式储存的数据进行整合，使其数字化、结构化。通过构建可视化采集绘制工具，将路口交通数据采集模块获取的由部署在路口或道路的前端设备采集到的路口的各种特征属性，包括路口类型、车道类型、右转渠化、分隔带、人行道、待行区、交通设施、信号方案、交通流量等交通数据以及高清视频电子警察系统、道路车辆智能监测记录系统等交管部门的资料，进行信息加工和信息整合并搭载原有交通部门数据库或第三方大数据库，建立知识库。将得到的完整的结构化数据进行解析，定义本体并进行进一步知识推理和更新，最终进行质量的评估，形成预期构建的视觉知识图谱。构建流程见图 4。

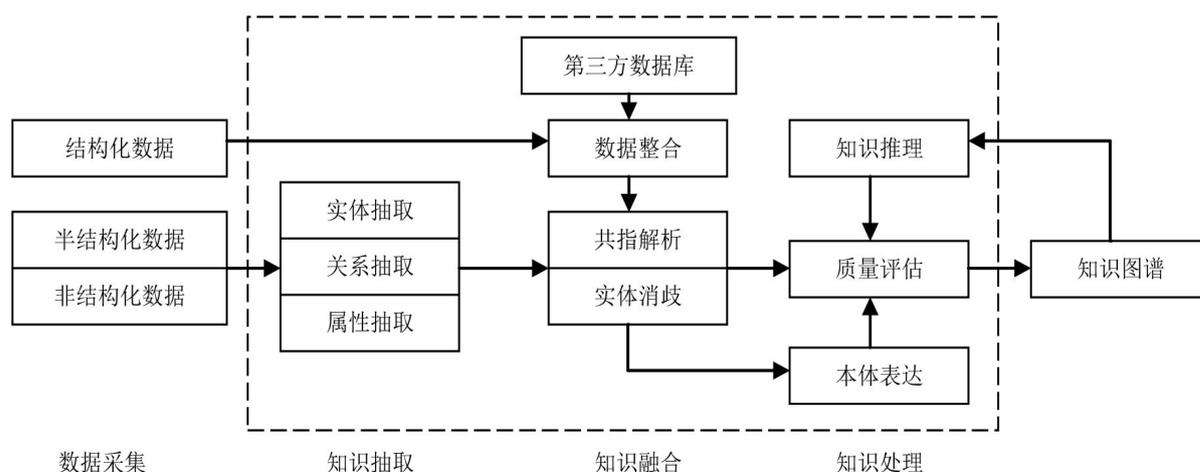


Figure 4. Construction process of knowledge map

图 4. 知识图谱构建流程

2.2.2. 数据采集模块

数据采集模块由多目标雷达侦测数据获取；智能交通摄像机、照相机抓拍数据获取；知识处理三部分组成。工作流程如图 5。

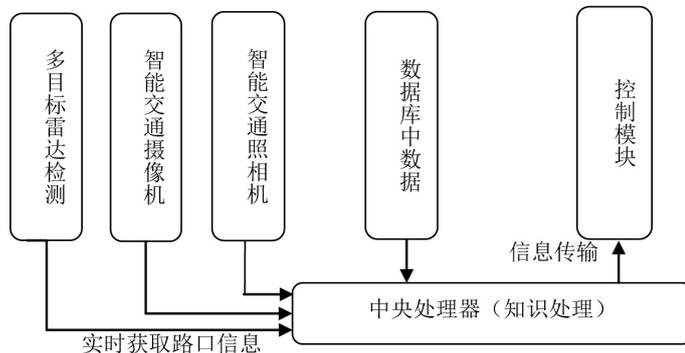


Figure 5. Data acquisition module
图 5. 数据采集模块

1) 多目标雷达侦测数据获取

运用多目标雷达区域检测分析技术[3]，实时获取不同道路方向上各车道的车流量、时间占有率和传统截面检测方式无法获取的速度、空间密度、车辆坐标等数据，实时显示交叉口各向车辆的数量、拥堵情况。较之传统检测手段，其对数据侦测具有范围广、精度高的优势，且为城市交通的智能控制提供准确可靠的数据支撑。多目标雷达侦测数据获取模式见图 6，工作原理见图 7。

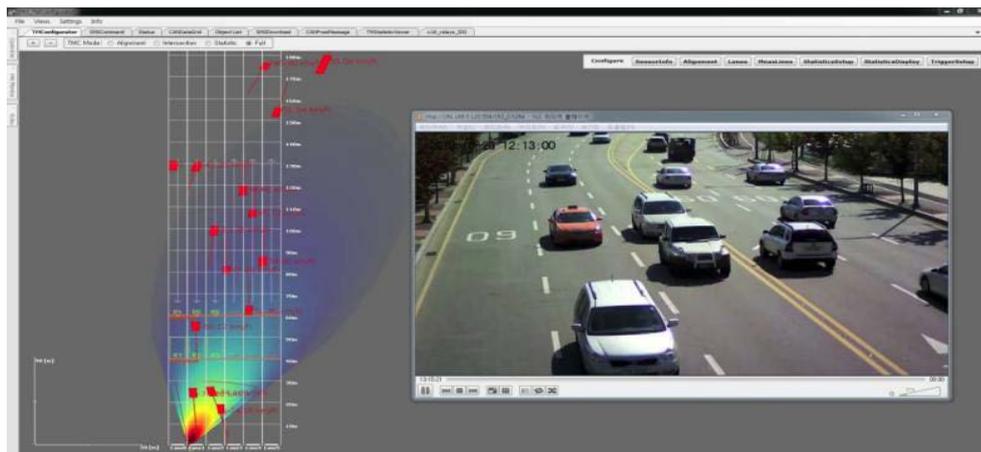


Figure 6. Data acquisition of multi-target radar detection
图 6. 多目标雷达侦测数据获取

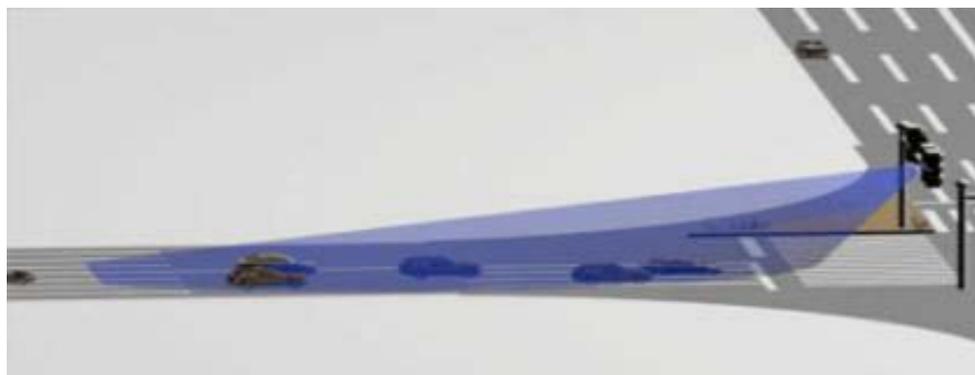


Figure 7. Multi-target radar detection data principle
图 7. 多目标雷达侦测数据原理

2) 智能交通摄像机、照相机抓拍数据获取

通过视频检测和抓拍,能够实时获取路口的各种属性信息,包括路口类型、车道类型、右转渠化、分隔带、人行道、待行区以及交通设施、信号方案、交通流量、交通现象等交通数据。设置直观、灵活,检测范围大,性价比高,故障率低,能够实现全过程智能化检测。

3) 知识处理

将多目标雷达侦测采集的车流量等信息进行存储,将由智能交通摄像机、照相机采集来的图片性信息进行灰度校正、噪声过滤、光线补偿、灰度变换、直方图均衡化、归一化、几何校正、滤波以及锐化等图像预处理。将图像信息预处理之后进行在再进行特征提取。

根据预处理之后的图像信息[4],对交叉口进口道数量、标志标线信息、进口道路特征要素的形状等特征进行提取。交叉口由多个进口道、进口道车道数、道路标志标线等构成,对这些局部和它们之间结构关系的几何描述,可作为识别交叉口并进行匹配度判断的重要特征。将预处理、特征提取后的信息传至控制模块进行匹配度判断并匹配优化策略。

2.2.3. 控制模块

通过前期结构化数据的整合和标准案例库的建立,通过大量的案例训练和学习,形成一种人工智能、深度学习式知识图谱。控制模块对已采集并经过知识处理和加工的交叉口数据进行识别,将提取的交叉口特征数据与知识图谱数据库中储存的特征案例进行搜索匹配,得出不同的匹配度。为体现不同交叉口的交通特性及优待化程度,通过设定三个匹配度区间,使匹配度落在三个不同区间,针对不同区间,给出不同的优化策略。

在识别过程中,分三步进行:

- 1) 先进行交叉口进口道数量和交叉类型的识别,总体判断交叉口类型。
- 2) 然后进行进口道车道数的识别和是否有路口拓宽、是否设立交通岛的识别,判断路口现有总体渠化特征。
- 3) 再进行路口标志标线、车道宽度、车道属性的识别,判断其细节渠化特征。

通过对判断的的交叉口类型、总体渠化特征、细节渠化特征的分析,得出本交叉口交通特性。在进行已知交叉口与标准案例库中交叉口标准化模型匹配时,搜索匹配知识图谱标准案例库中储存的与已识别路口交通量基本一致的标准化案例。

在匹配过程中,根据已知交叉口和标准案例库中交叉口标准化模型进行匹配度判断。对于匹配度计算,本文选择交叉口类型、进口道车道数、车道功能、标志标线等路口特征元素作为匹配度判断的依据并根据层次分析法赋予不同权重。将识别出的路口特征元素确定其形状及位置,利用元素关键点位置进行关系计算:

- 1) 利用层次分析法建立层次结构模型:

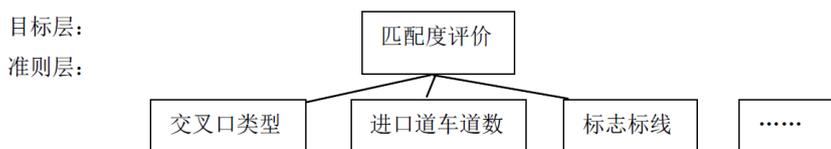


Table 1. Judgment matrix

表 1. 判断矩阵

匹配度评价	交叉口类型 A	进口道车道数 B	标志标线 C
交叉口类型 A	1	3	2
进口道车道数 B	1/3	1	1/2
标志标线 C	1/2	2	1

- 2) 确定评价基准：1：同等重要。2：稍微重要。3：较强重要。
- 3) 判断矩阵 $M_i = (b_{ij})$ 形成：如表 1。
- 4) 计算优先级向量：
依次计算：

$$\bar{W} = \sqrt[n]{M_i} M_i = \prod_{j=1}^n b_{ij} W_j = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

式中： $W_i = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ ，即为优先级(特征根)向量。

- 5) 一致性检验：

计算 MW，然后计算最大特征根 λ_{\max} ， $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ ，平均随机性指标 $CR = \frac{CI}{RI} < 0.1$ 。

RI 取值如表 2。

Table 2. RL value table
表 2. RL 取值表

维数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.96	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

- 6) 获取待识别特征并求特征关键点坐标，分别记为 P_1, P_2, \dots, P_n 。
- 7) 根据元素外轮廓求元素的几何中心坐标，记为 P_0 [5]。
- 8) 分别计算 P_i 与 P_m ($m = 0, 1, 2, \dots, n$ 且 $m \neq i$) 的欧式距离并乘以相应权重，并将其降序排列，得 $P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{im}$ 。

欧几里德距离公式：

$$d(x, y) = \sqrt{\sum (x_i - y_i)^2} \quad sim(x, y) = \frac{1}{1 + d(x, y)}$$

这样我们得到一个欧式距离值，并在 MATLAB 中运行 Simulink 模型，得出欧氏距离，系统通过判定二者欧氏距离的差异大小，判断拟合度大小。通过设定相应欧氏距离阈值，得到三个匹配度区间(85%, 100%)、(70%, 85%)、(60%, 70%)。针对三种匹配度区间，分别采取不同的优化方法。具体如下：

1) 对于匹配度 > 85% 的，认为匹配度较高，给予匹配标准化模型对应的信号优化方案。根据不同方向的交通量及通行能力，类比案例数据库良好交叉口的信号匹配，调整路口不同方向的信号灯时长、绿信比等，通过信号优化缓解交叉口拥堵状况。这种优化方案成本较低、优化后效果较为明显。

2) 对于匹配度落在(70%, 85%)的，认为现有匹配度一般，将标准案例库标准化模型中多种空间渠化上的优化和信号方案的优化进行排列组合，选择其中一种能使交通状况最优的信号优化和渠化优化组合方案。

3) 对于拟合度落在(60%, 70%)的，认为匹配度较低，主要进行渠化改进，给予匹配标准化模型中较优的渠化方案并匹配相应信号方案。例如采取设置交通岛或者交通标线、设立标志来疏导、引导道路交通流，并使交通流畅，达到提高道路通行能力。

控制模块工作流程见图 8。

3. 可行性分析

3.1. 经济可行性

目前，国内大多数城市的交通管理部门已实现视频监控和交通信号远程控制功能。本系统能够以现

有的智能交通指挥平台为基础，利用现有的交通管理和控制的设备，搭载交管部门计算机网络系统，无须另外购买添置硬件设备。除去算法开发，软件编程等软性开支，建设造价成本较低。该系统低成本、高效益，经济可行性好。

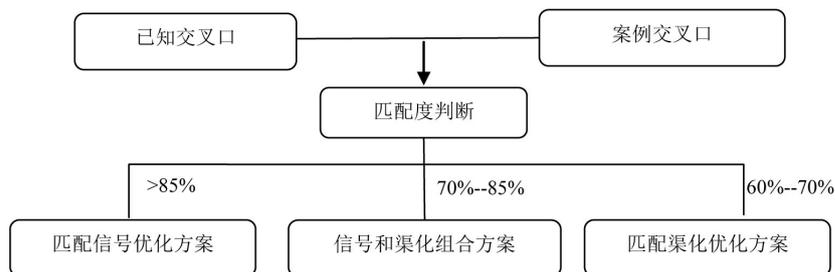


Figure 8. Control module workflow
图 8. 控制模块工作流程

3.2. 技术可行性

基于知识图谱的交叉口时空匹配优化方法，关键技术如下。

- 1) 视频检测技术：通过高清视频电子警察系统，获取交通图像信息，技术成熟。
- 2) 图像识别技术：通过图像识别技术提取、识别已获取的图像信息，匹配相似案例，技术先进。
- 3) 知识图谱技术：知识图谱将多种学科理论与技术方法相结合，搭载大数据案例，库处理信息更为准确，技术更为智能。
- 4) 区域交通状态检测技术：通过多目标雷达检测技术获得常规检测技术无法获得的交通状态数据，检测技术高效且先进。
- 5) 人工智能转化技术[6]：提取国标规范、专家方法等经验，分解经验逻辑和处理判断过程，转化为自动判断和控制方法。

4. 结论

为缓解交叉口交通拥堵，提升交叉口时空优化效率，实现交叉口规范化管理，本文提出了基于知识图谱的交叉口时空匹配优化方法，主要结论有：

- 1) 通过类别人脸识别、指纹识别等特征识别技术对交叉口图像识别并建立交叉口知识图谱数据库，将具体交叉口特征与数据库比对，对交叉口优化提供技术支持。
- 2) 通过欧式距离公式，在 MATLAB 中运行 Simulink 模型得出欧氏距离，系统通过判定二者欧氏距离的差异大小来判断拟合度大小，选择交叉口最优优化方案。
- 3) 3D 模拟结果表明，通过对交叉口与数据库比对分析，通过问题交叉口拟合度进行渠化交通，单向通行量提升 12.5%，有效提升交叉口通行能力。

5. 前景展望

本优化方法类别人脸识别过程，运用图像识别技术及知识图谱的方法对路口进行识别，进行拟合度判断从而匹配优化策略。对比常规交叉口交通状况改善方法具有更高的智能程度，更高的先进水平。本优化方法的推广运用能有效提高交叉口时空优化效率，推进信号交叉口规范化管理，标准化设计进程。

随着互联网等科学技术的发展，人工智能技术、知识图谱技术的成熟，其运用将更加广泛。通过本系统的设计理念以及工作原理的推广，我们可将该系统运用到解决更多的交通问题，不仅是解决交叉口

的拥堵,甚至解决路段、道路乃至路网的其他交通问题,未来的可运用性极强。

参考文献

- [1] 靳京. 基于深度学习融入实体描述的知识图谱表示学习研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- [2] 霍珊. 知识图谱的实现与技术流程[J]. 电子技术与软件工程, 2018(23): 165.
- [3] 曲大义, 杨建, 王五林, 等. 基于雷达多目标检测技术的智慧信号控制系统设计[J]. 青岛理工大学学报, 2017, 38(1): 1-8.
- [4] 张明生. 图像识别技术在城市交通管理中的应用研究[J]. 人工智能与识别技术, 2018(6): 106-108.
- [5] 王玉源, 徐杰, 吉卫喜, 等. 从特征识别到局部拼接的零件轴承孔在线检测[J]. 食品与机械, 2019, 35(2): 117-122.
- [6] 刘舒燕. 交通运输系统工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 2012.