引文格式：岳照溪. 街景影像目标信息智能化分析与处理方法研究[J]. 地理空间信息, 2025, 23(4):114-118. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.04.025

街景影像目标信息智能化分析与处理方法研究

岳照溪[1,2]
（1. 上海市测绘院，上海 200063；2. 自然资源部超大城市自然资源时空大数据分析应用重点实验室，上海 200063）

摘　要：随着街景影像采集与处理技术的发展，街景数据已经成为城市空间信息的重要载体，为解决街景影像中目标信息智能化挖掘与敏感信息处理的问题，依据不同需求将研究目标分为管理中需要检索的目标与应用中需要保护的对象。针对需要检索的目标，将轨迹信息与自动识别结果相结合，为识别目标赋予空间位置信息，有效提升了大范围内目标信息的检索能力，为街景数据信息挖掘与应用扩展提供技术支持；针对需要保护的对象，通过样本的优化实现了人脸与车牌等敏感信息的处理效果，构建了智能化识别到模糊处理的流程，技术通用性较强，可推广至所有街景影像处理流程中。

关键词：街景影像；索引构建；敏感信息模糊化；自动检测
中图分类号：P231　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）04-0114-05

Research on Intelligent Analysis and Processing Methods of Street View Image Target Information

YUE Zhaoxi[1,2]
(1. Shanghai Surveying and Mapping Institute, Shanghai 200063, China;
2. Key Laboratory of Spatio-temporal Big Data Analysis and Application of Natural Resources in Megacities, MNR, Shanghai 200063, China)

Abstract: With the development of street view image acquisition and processing technology, street view data has become an important carrier of urban spatial information. In order to solve the problem of intelligent target information mining and sensitive information processing in street view images, we divided the research objectives into the objects that need to be retrieved in management and the objects that need to be protected in application according to different needs. For the objects that need to be retrieved, we combined the trajectory information with the automatic recognition results to endow the recognition target with spatial location information, which could effectively improve the retrieval ability of target information in a large range and provide technical support for street view data information mining and application expansion. For the objects that need to be protected, we realized the processing effect of sensitive information such as faces and license plates through the optimization of samples, and constructed the process from intelligent recognition to fuzzy processing, which had strong technical versatility and could be extended to all street view image processing processes.

Key words: street view image, index construction, sensitive information fuzzification, automatical detection

街景影像是感知城市物质环境的一种新型地理大数据[1]，被广泛应用于交通信息采集、城市不见调查、城市兴趣点量测等众多领域[2]。由于该类空间数据以全景影像的方式展示三维空间信息，并且视角与普通行人接近，所以不论是从数据管理还是用户使用方面，都是空间信息展示的良好载体，可以为城市环境研究、人地关系研究、空间数据挖掘与知识发现研究提供新的思路。

街景影像常见的应用方式是通过街景浏览工具按顺序进行浏览，增强对空间环境的沉浸感认知[3]，以及结合深度学习辅助点云分类的应用[4]，也有针对街景影像的人脸和车牌进行识别的研究，但是在应用中街景影像处理的目标不仅仅局限于需要保护的隐私信息，还包括对管理有价值与意义信息，需要在优化隐私信息保护的同时，实现有效信息的组织管理。

针对上述问题，本文提出一种街景影像目标信息智能化分析与处理方法，针对不同的应用场景，将需要检索的管理信息与需要去除的敏感信息区分处理，利用对应的深度学习网络实现智能化提取，对管理需要的目标信息进行整理并构建空间索引，为统计与分析做数据基础，将需要保护的隐私信息进行模糊化处理。总体流程如图1所示。

1　深度学习辅助的道路设施信息检索

街景影像中包含丰富的城市道路附属设施信息，如路边消防栓、路牌、电箱等，在城市管理、高精地图采集中都有重要作用，属于管理中需要检索的目标，

项目来源：上海市2021年度社会发展科技攻关项目（21DZ1204100）。
作者简介：岳照溪（1993—），硕士研究生，工程师，从事摄影测量与遥感方面工作，E-mail：931082111@qq.com。

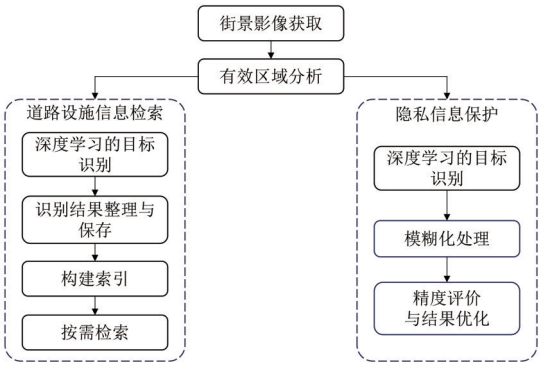


图 1　总体技术流程

但是在超大城市行道树茂密的区域，难以通过卫星、航空以及无人机等方式进行该类信息的获取。本文通过街景影像智能化识别的方式，完成目标对象在街景影像中的检测，并将检测结果与空间轨迹信息结合构建索引，实现道路目标信息的空间检索，提升了街景影像信息挖掘能力。

由于城市道路附属设施种类较多，本文以消防栓为例，针对一个车次的街景影像进行消防栓自动识别，并将识别结果与空间位置信息结合，构建空间索引，实现深度学习辅助的街景影像道路设施信息检索，具体的技术流程如图 2 所示。

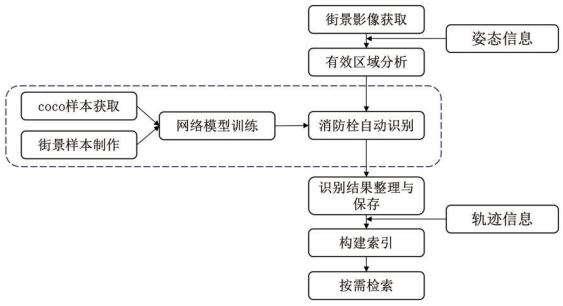


图 2　深度学习辅助道路设施信息检索流程图

1.1　有效区域分析

街景影像作为一种广角图，通常情况下为一张矩形图像，其实质是等距圆柱投影。



图 3　全景图原理

由于街景获取设备一般架设于采集车顶部一定高度处，其镜头所在高度往往高于正常人的身高以及车牌的高度（约为 2.5 m 左右），结合图 3 可以看出，行人、车辆和消防栓等目标均低于镜头平视角度，并且街景影像下方黑色区域是设备拍摄角度形成的，不存在有效信息（经统计，该区域高度约为 1 600 像素，约占影像高度的 1/5），所以剩余有效区域面积约占影像的 0.3。

1.2　消防栓自动识别

目前对于图片形式的信息载体，深度学习目标识别是一种准确高效的信息提取方式，消防栓作为常见的对象，目前已有样本构建与识别研究。但是由于街景影像的特殊性，需要在公开样本集基础上扩展针对性样本集，优化目标识别的效果。

本文样本由 2 个部分构成，其一是结合上海市街景影像选取消防栓区域，进行样本制作；其二是使用 COCO 数据集中的 fire hydrant 标准样本。在模型训练方面，目前图像语义分割领域有很多深度学习方法提出[5]，如 FCN[6]、DeepLab 等[7]，本文选用 Mask_rcnn[8]网络进行训练，获得网络模型。

用训练获得的网络模型对单车次的街景影像进行滑块模式的自动识别，选取识别精度大于 0.99 的对象作为消防栓自动识别结果，记录其图片名称、置信度、每个检测目标的外包矩形坐标、采集位置坐标、相片方位等信息，并形成 json 文件。如图 4 所示。

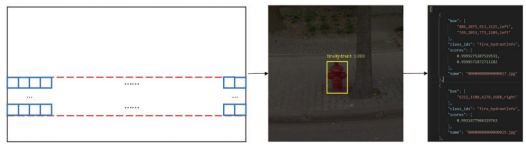


图 4　消防栓自动检测结果与保存示意图

1.3　消防栓索引构建与检索

由于街景影像的目标识别结果只与每张影像有关，在检索中难以实现目标的定位以及空间搜索，考虑到每张全景图的获取都会对应一个采集车的空间点位信息，在信息挖掘与分析的过程中，可以将空间位置与街景影像中识别的结果进行关联，实现更多维度的空间分析。

首先依据轨迹信息绘制出采集路线的空间分布，然后通过街景名称将轨迹信息与识别结果 json 文件相关联，从而构建索引数据，索引信息如图 5 所示。

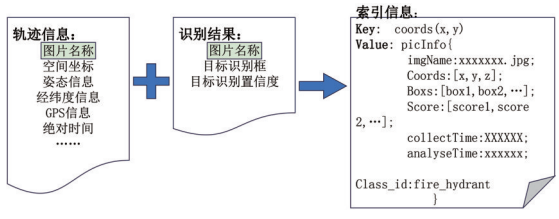


图 5　索引信息关联示意图

索引信息中，以街景影像采集位置的平面坐标（x，y）为 key 值，以图片相关信息 picInfo 为 value 值，其中 picInfo 包含图像名称、采集空间坐标、目标外包

框、目标置信度、类别名、采集时间和分析时间。为了便于识别结果在空间上的查询与检索，本文选用rtree的结构进行空间索引构建，将构建的索引信息key与value作为一个节点，加入到rtree中形成空间索引文件。

考虑到街景影像的数据采集是在行车过程中获取街景影像，所以受车辆起停和车速的影响，同一个消防栓可能存在于连续的2~3张街景影像中，为了减少数据冗余，首先删除空间位置完全一致的识别结果，然后将连续2~3张街景影像中都检测出消防栓的进行优化，若两张连续，则保留先检测出的点位；若三张连续，则保留中间检测出的点位。建立rtree索引后，即实现在空间中依据划定范围直接检索，快速获取自动识别结果的相关信息。

本方法可以直观展现目标识别的空间分布信息，辅助高效锁定目标位置，便于目标发现，利用深度学习技术有效挖掘了街景影像中的信息，扩展街景影像应用。

2 深度学习辅助的敏感信息模糊化

目前针对互联网街景数据已有相关的检测研究[9]，主要的影像处理技术研究包括人脸与车牌的识别与模糊处理。由于街景影像受拍摄的视角以及成像方式的影响，影像中目标的尺寸、形状都可能会随着距离与角度产生较大的差异，本文针对街景影像进行了深度学习的人脸与车牌识别，并通过对影像有效信息区域的分析，最后通过对识别结果的模糊化处理，提出了一种敏感信息模糊化的解决方案，总体技术流程如图6所示。

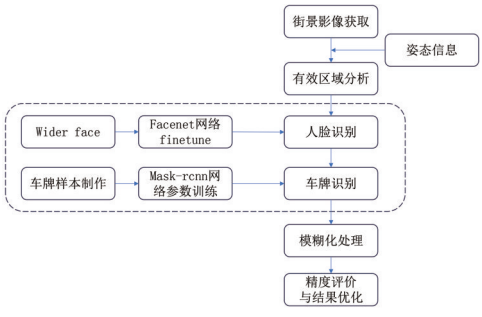


图6 敏感信息模糊化流程图

2.1 人脸识别

目前人脸识别技术发展已经较为成熟，人脸识别包括人脸检测与人脸匹配等不同类型的方法，在街景影像隐私保护中，只需要进行人脸目标范围的检测，获取人脸的位置与范围。目前较为常用的人脸识别网络有FaceNet[10]、Deepface[11]、Arcface[12]、deepID[13]、Retinaface[14]、YOLOv5-Face[15]等，基于人脸识别的商业应用正在成为推动中国乃至全球公共安全信息化发展的重要组成力量[16]。

结合上海市街景影像进行分析，发现人脸识别的主要问题在于：①人距离采集车远近差距较大，人脸普遍面积较小；②相较于常用的人脸识别网络样本，戴口罩的人较多，影响识别结果；③侧脸或俯视状态的人脸情况较多，并且通常为亚裔面孔。为解决上述问题，进一步优化深度学习人脸自动识别结果精度，需要在现有网络的基础上进行样本扩充，提升网络对上述3种问题的识别效果。

本文选用FaceNet作为基础网络，并用Widerface数据集进行Finetune。Widerface数据集在光照、遮挡、姿态等不同角度都有较完整的人脸样本，尤其是对小面积的人脸也有充足的样本。下载widerface的训练图像与标注文件，按照Facenet的数据要求进行样本制作与Fintune，获取优化后的网络模型。

由于人脸识别结果为外包矩形，为了减少非人脸区域的信息损失，在矩形的基础上绘制内包椭圆，可以减小需要模糊的区域，尽量保留街景影像的信息（为保护隐私信息，图7以公开数据集人脸为例）。

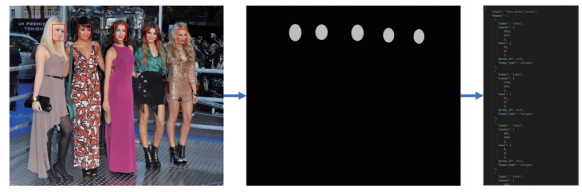


图7 人脸自动检测与结果保存示意图

对于内包椭圆，只需要记录中心坐标以及长短轴坐标即可确定椭圆范围，所以将对应信息保存在文件夹（如json）中，以便后续模糊处理。

2.2 车牌识别

在车牌识别中，主要有基于边缘信息、基于颜色分割、基于纹理特征和基于机器学习四类方法[17]。在机器学习车牌自动识别中，目前研究较为广泛的是基于深度学习的自然场景文本检测方法[18]，对车牌中的文字和数字信息进行识别，但在街景影像隐私保护中，只需要进行车牌目标的检测并模糊化处理，所以难以直接使用现有网络的训练成果。本文选用maskRcnn网络进行车牌识别，利用其二阶段目标识别的方式，采用Resnet为内核，实现车牌的准确识别。

首先进行样本制作，样本分2个部分：一部分是CCPD公开数据集，另一部分是本文依据已有的街景数据制作的车牌样本，目的是加入全景影像畸变下的车牌样本。首先使用labelme对街景影像进行样本标注，然后对标注结果json文件进行栅格化，最后将街景影像与标注影像进行同步裁切为400×400的尺寸，

并删除掉裁切后无样本的部分对常见样本手工勾选不同类别的样本，进行学习，步骤是使用labelme进行勾选，然后转为矢量图，然后进行切割获得样本。

训练后通过滑块模式进行测试，对识别结果进行边界提取，并对边界的节点进行简化，获取四角点的车牌检测结果，并将角点信息记录在json文件中，形成最终的车牌识别结果，如图8所示。

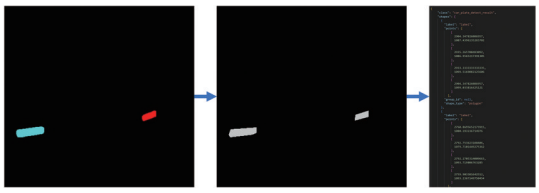


图8　车牌自动检测结果优化与保存示意图

2.3　模糊处理

由于人脸与车牌是街景数据应用中需要保护的信息，所以在自动识别后需要通过模糊的方式进行隐私信息处理。首先读入街景影像和人脸以及车牌的json识别结果，依据记录的隐私信息范围形成对应的掩膜，然后用高斯模糊算子对影像进行处理。

边界优化，对车牌而言，为保证车牌模糊的安全性，需要稍微向外扩展一些；对人脸而言，由于检测结果是方形的，一般是模糊方框内的内接圆部分进行模糊，采用高斯模糊的方法进行计算。

$$H_{x,y}=\frac{1}{2\pi\sigma^2}e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

式中，x，y为二维坐标位置；σ为标准差。在计算过程中，通过设定σ与高斯核大小，可以计算得到高斯模板。

3　实验与分析

本实验数据采用上海市街景全景影像，共计1 870张，主要进行人脸、车牌和消防栓的深度学习自动识别实验，以及高斯模糊处理、索引构建与检索2个后处理实验，下面进行实验结果的分析。

3.1　深度学习辅助的道路设施信息检索实验分析

在1 870张影像中，共检测出192张影像存在消防栓，经人工检核共有135张影像真实存在消防栓，其中133张被正确检测，59张街景影像存在误检，主要存在与红色的路障和红衣服的行人。对检测结果进行人工比对，计算得到准确率约为96.7%，召回率约为98.5%。将消防栓自动识别结果的点位信息，与采集轨迹信息关联叠加后，得到图9的效果。

图9中可以看出该车次数据采集中，通过自动识别可以有效获取消防栓出现的点位，实现识别目标的空间索引。

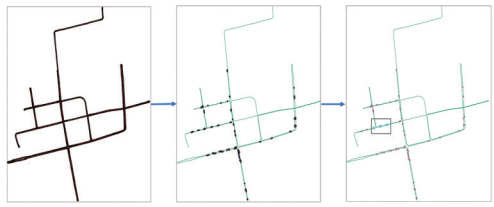


图9　轨迹路线生成到识别结果检索过程示意图

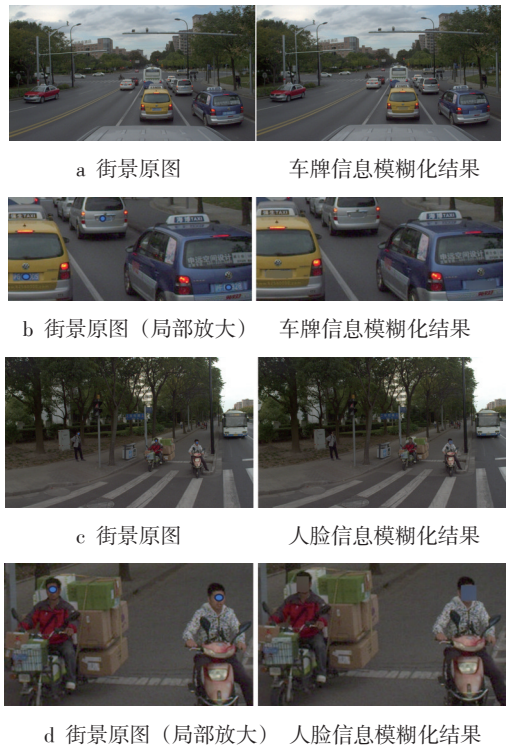
其中解析文件并组织索引文件共用时86 ms，写出索引文件用时8 ms。由表1可知，通过深度学习目标识别结果与空间信息结合，借助索引构建可以快速检索识别结果的空间位置，并获取对应的属性信息。

表1　检索实验分析结果/ms

目标	解析文件并构建索引时间	读取索引文件时间	检索时间
消防栓	94	40	61

3.2　基于深度学习的敏感信息模糊化实验分析

在街景影像敏感信息模糊化实验中，本文方法通过对样本扩充优化了识别结果，人脸去除与车牌去除效果如图10所示（为保护人脸、车牌隐私信息，在原图中的对应位置进行遮盖）。



a 街景原图　　车牌信息模糊化结果

b 街景原图（局部放大）　车牌信息模糊化结果

c 街景原图　　人脸信息模糊化结果

d 街景原图（局部放大）　人脸信息模糊化结果

图10　敏感信息模糊化效果示意图

对车牌识别结果和人脸识别结果进行像素级分析，计算准确率和召回率，结果如表2所示。

表2　车牌与人脸识别分析结果/%

计算内容	车牌	人脸
准确率	98.8	81.13
召回率	71.62	68.46

上表可以看出车牌的识别准确率相对较高，召回

率稍低是为了减少误检，将识别的阈值设定较高。人脸识别的准确率和召回率都低于车牌，是由于距离远近影响所致，同时遮挡和倾斜等问题也较多，虽通过样本加强进行了优化，但还需要进行进一步针对性样本扩充。

4 结 语

针对街景影像数据中目标信息处理的问题，本文提出了深度学习辅助的识别与模糊、检索技术，解决了全景影像中车牌、人脸等敏感信息的模糊化问题，同时将有用的目标信息进行识别与提取，构建索引形成检索方式，

经实验证明，文中算法针对街景全景影像目标信息识别与处理的正确率较高，且效率较高，可广泛应用于街景数据发布前的敏感信息处理，结合人工复检，基本实现自动化处理，并且目标信息的提取和检索流程可推广至其他类型的目标，对提高街景数据使用有重要意义。

参考文献

[1] 张帆,刘瑜.街景影像:基于人工智能的方法与应用[J]. 遥感学报,2021,25(5):1 057-1 068

[2] 王朝辉,王润哲,郭震冬,等. 基于YOLO的街景影像中行人车辆检测方法[J]. 北京测绘,2021,35(11):1 452-1 455

[3] 刘勤,刘坚耿,严俊.可量测360°街景地图建库与在线发布技术分析[J]. 地理空间信息,2015,2(4):48-58

[4] Yuan W, Y H L, Y P C, et al. Automatic Registration of Point Cloud and Panoramic Images in Urban Scenes Based on Pole Matching[J]. International Journal of Applied Eatrh Observation and Geoinformation,2022(10):115-118

[5] 王俊,王静,曹旺.基于Deeplabv3+的街景语义分割算法优化研究[J]. 现代计算机,2021,35(11):1 452-1 455

[6] Long J, Shelhamer E, Darrell T. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentatio[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,2015:3 431-3 440

[7] Chen L C, Zhu Y, Papandreou G, et al. Encoder-decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation[C]//Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV),2018:801-818

[8] He K M, Gkioxari K G, Dollar P, et al. Mask R_CNN[C]// Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Venice,2017:2 980-2 988

[9] 王晓迪,蔡艳辉,闫庆庆,等.互联网影像地图和街景数据检测[J]. 地理空间信息,2023,9(21):81-84

[10] Schroff F F, Kalenichenko D, Philbin J. FaceNet: Aunified Embedding for Face Recognition and Clustering[C]// Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Boston,2015:815-823

[11] Taigman Y, Yang M, Ranzato M A, et al. DeepFace: Closing the Gap to Human-level Performance in Face Verification[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recgnition,Columbus,2014:1 701-1 708

[12] Deng J, Guo J, Xue N, et al. Arcface: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition[C]// Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,Long BeachL,2019:4 690-4 699

[13] YI S, Xiao G W, Xiao O T. Deep Learning Face Representation from Predicting 10 000 Classes[C]// Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision & Pattern Recognition,2014:23-28

[14] Deng J, Guo J, Zhou Y , et al. Retina Face: Single-stage Dense Face Localisation in the Wild[J]. 2019, DOI:10.48550/arXiv. 190 5 00 641

[15] Qi D, Tan W, Yao Q, et al. YOLO5 Face: Why Reinventing a Face Detector[J]. 2021. DOI:10.48550/ arXiv. 2105, 12 931

[16] 张泽晗. 基于局部遮挡人来鸟识别的移动端人员管控系统设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学,2021

[17] 刘立,胡庆武,王少华.在线街景服务车牌模糊化方法[J]. 测绘科学,2018,43(9):93-97

[18] 朱志颖,程艳云.基于深度学习的街景下的文本检测[J]. 微电子学与计算机, 2023,40(2):79-86

（上接第86页）

tion Based on Local Normal Saliency From Mobile Laser Scanning Data[J]. IEEE Geoscience & Remote Sensing Letters, 2015, 12(10):2 085-2 089

[10] Zai D , Li J , Guo Y , et al. 3 D Road Boundary Extraction from Mobile Laser Scanning Data Via Super Voxels and Graph Cuts[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2018, 19(3):802-813

[11] 肖建华,肖辉,彭明军,等.基础地理实体数据组织与建库[M]. 武汉:武汉大学出版社,2022:46-55

[12] 张号,王虹,王炜,等.二维地理实体质量特性分析[J]. 北京测绘,2022,36(11):1 570-1 575

[13] 王越,石森,文琳,等.车载移动测量技术在市政道路调查中的应用[J]. 地理空间信息,2024,22(6):89-93