

智能垃圾分类监管系统

马俊杰¹, 岳坤¹, 雷雨晴², 韩韧^{1*}

¹上海理工大学光电信息与计算机工程学院, 上海

²上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2022年1月23日; 录用日期: 2022年2月16日; 发布日期: 2022年2月23日

摘要

本文设计了一种系统可通过智能垃圾桶及垃圾分类移动应用程序对垃圾类型进行有效识别。系统将保留投错类型、投放时间、地点、垃圾截图等一些列数据, 通过政府监控系统获取垃圾错投人员相关信息, 并以短信方式告知该人员。通过短信还可下载移动应用查看违规记录, 依靠强制力手段规范居民垃圾分类行为。针对用户的垃圾分类情况对其进行相应积分的加减。积分进行等级划分, 不同等级者将获得不同奖励。针对难以有效辨别垃圾类型的用户, 可使用基于MobileNet技术的移动应用垃圾分类识别功能帮助他们学习识别垃圾类型。为了提高垃圾投放站点使用效率, 该系统可收集投放参数, 整合数据, 计算最佳投放时间及投放地点。该系统通过普及知识, 强制管理, 等级奖励制度, 优化投放点设置等方法推进实现垃圾分类的目标。

关键词

垃圾分类, 智能识别, 分类科普

Intelligent Garbage Sorting System

Junjie Ma¹, Kun Yue¹, Yuqing Lei², Ren Han^{1*}

¹School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

²School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Jan. 23rd, 2022; accepted: Feb. 16th, 2022; published: Feb. 23rd, 2022

Abstract

In this paper we design a system that can effectively identify garbage types through smart garbage cans and garbage classification mobile applications. The system can save data such as the type,

*通讯作者。

time, location, and screenshots of garbage. It can also obtain information about the person who made an irregular garbage classification through the government monitoring system and inform the person by short message service (SMS). In addition, mobile Apps can be downloaded through SMS to check violation records. Residents' garbage classification behaviors can be regulated by coercive means. According to the user's personal classification, the corresponding score is added or subtracted. Scores are divided into several grades, and different grades correspond to different rewards. For users who cannot identify garbage types effectively, garbage classification and recognition function based on Mobile Net technology can be used to help them in recognizing garbage types. In order to improve the use efficiency of garbage sites, the system can collect the relevant parameters, integrate data, and calculate the optimal opening times and placement positions for garbage sites. The system is used to realize the goal of garbage classification through popularizing knowledge, compulsory management, hierarchical reward strategy and optimized setting for garbage site.

Keywords

Garbage Classification, Intelligent Identification, Popular Science of Garbage Classification

Copyright © 2022 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. 引言

改善环境, 整合资源, 垃圾回收再利用是国家主导, 政府推动, 全民参与的重大国家举措。在共同实行垃圾分类管理政策中, 垃圾分类投放监管难度大, 错投乱投甚至拒绝积极配合的现象时有发生。垃圾分类知识难以全面普及。目前的垃圾分类解决方案基本上是运用自动开盖垃圾桶和定时定点投放垃圾的措施, 不具有识别功能, 可以识别垃圾类型的垃圾桶体型过于巨大, 成本较高、应用少。垃圾分类后的垃圾收集路径也缺少合理性, 经常会出现定时定点投放处无垃圾可收, 而个别投放处垃圾严重溢出未能及时清除的现象, 导致垃圾收集车得不到充分利用。目前垃圾分类监管也缺乏较为完善的机制, 如对市民的垃圾分类投放的奖惩机制, 没能与时俱进地发展, 需要合理的机制减少市民垃圾乱投的现象。本文将介绍一种针对上述问题可有效解决智能垃圾分类监管系统。

2. 系统主体结构

该图展示了系统的主体功能框架结构, 见图 1, 主体分为三大层级模型, 分别为硬件感知层、模型层、移动端, 模型间通过数据的交流转换以及该层次自带功能对信息进行收集。硬件感知层由智能识别垃圾桶组成, 移动端由智能识别 App 组成, 模型层由 Web 端组成。用户通过 App 端登录使得后台 Web 端获取用户信息。垃圾桶通过存储垃圾投放情况, 包括违规行为的照片、时间、地点, 垃圾投放量, 传送给后台 Web 端, 当 Web 端发现垃圾投放总量达到满溢值时, 反馈信息至垃圾桶, 从而关闭垃圾桶盖。Web 端将违规记录的时间地点传送给政府从而获得对应的场景照片, 经过处理得到人像照片, 传送给政府获得人员信息, 包括手机号、身份证。当 Web 端的个人的违规记录到达一定值时, 通过手机号给用户发送警告短信。Web 端实时将个人绿色账户的积分、二维码、违规记录等信息传送到手机 App 中。通过三方面主体层次的划分, 将功能专一化, 将科普、监管、查询等功能统筹于一体, 有效达到全民参与, 协助丰富统一管理。

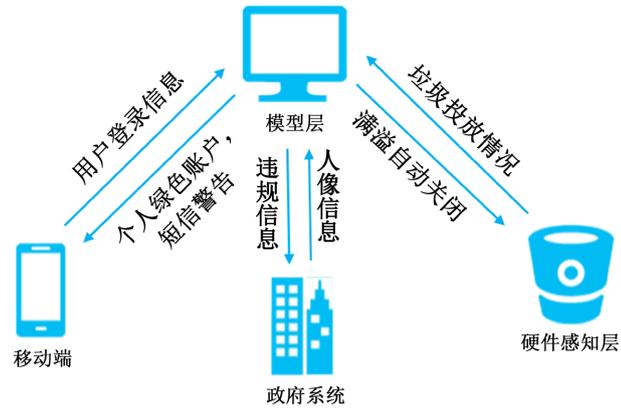


Figure 1. System function block diagram
图 1. 系统功能框架图

该系统的数据库信息存储内容及方式采用分模块化处理。见图 2，市民与垃圾桶两个实体各自包含相应的属性，在发生投放事件时将垃圾桶与市民通过时间戳以及投放记录产生关系。将市民的身份证号以及基本信息和从垃圾桶内获取的信息如垃圾桶编号、垃圾桶地址、垃圾桶类别进行整合。通过投放事件判定是否违规操作，如操作违规将通过记录时间戳、身份证号、违规记录截屏、垃圾桶地址等进行汇总，进行积分统计。在信息统计好过后进行记录汇总，生成相应积分，将积分发送至用户端个人 App 以及 Web 端，告知市民以及政府统计。

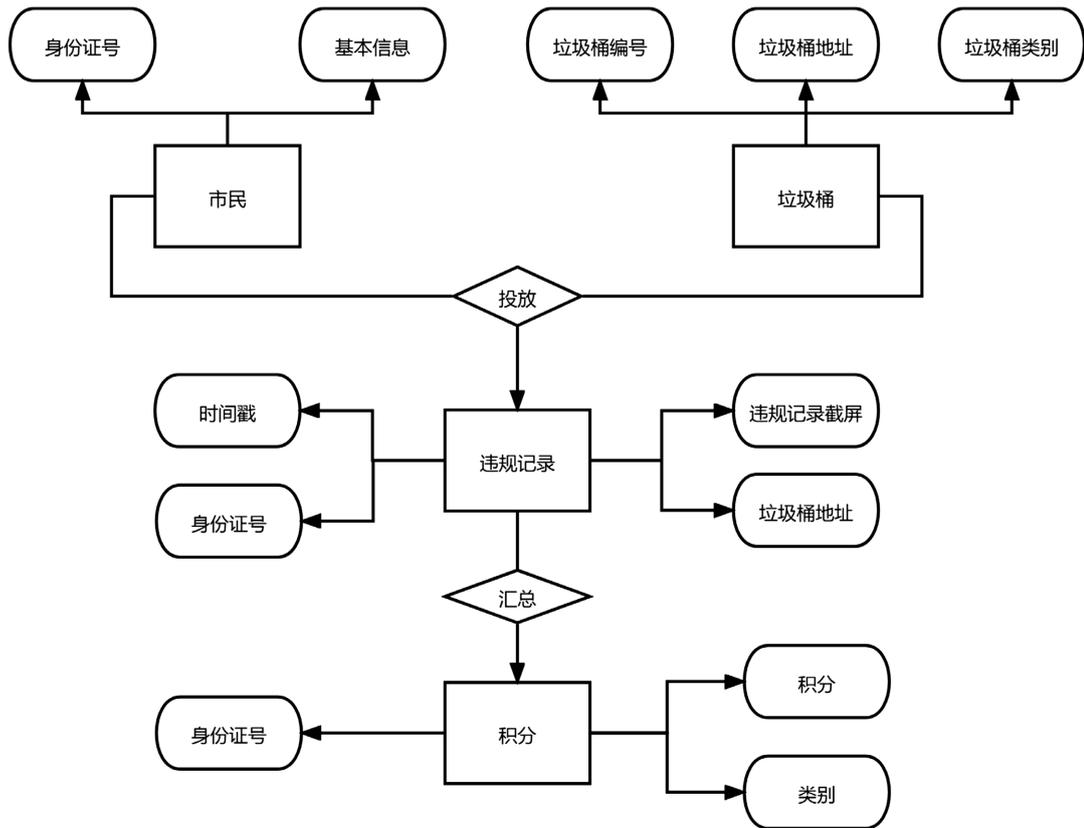


Figure 2. Information storage structure diagram
图 2. 信息存储结构图

3. 关键技术

3.1. 垃圾识别技术和违规投放记录

系统应用深度学习模型结合迁移学习算法[1]，可以识别四类垃圾并进行分类。需要使用这个已有的分类模型去完成更多的垃圾分类。系统中，使用的深度学习模型与迁移学习算法结合[2]，由于深度学习模型需要大量的高质量标注数据，Pre-training 与 fine-tuning 的结合可以为图像识别带来更好的效果，所以选择预训练的 ImageNet 对模型进行初始化[3]。

对市民违规垃圾投放进行记录的过程，见图 3。如果垃圾投放错误则垃圾桶进行语音报错，同时垃圾桶的识别摄像头进行拍照截屏。将照片，时间，地点发送至后台服务器中。后台通过传送时间，地点给到政府系统来调取政府的监控，得到政府反馈的当时的情景照片。后台对此照片进行处理，截取出投错垃圾的人像，传送给政府系统来获得此人的身份信息，包括身份证号、姓名、手机号等。最终，后台的数据库中将存储此人违规记录的详细内容，包括时间、地点、次数，当次数到达一定值后，后台将会根据所得到的电话号码，结合垃圾桶反馈的违规记录以及政府系统反馈的人像信息，对该手机号发送警告信息“您的垃圾投放行为存在多次违规记录，若是后续再有违规现象的发生，将会影响到您的征信，请您重视。详情请通过 App 来查询”。该系统采用积分制度，每一位新注册客户将获得 70 分起评分，当投放垃圾错误时将违规次数加 1，每加 1 后将扣除相应分数，当分数低于及格分数 60 分时将进行短信告知。除分数控制外还有错误次数通报，连续错误投放超过三次同样进行短信告知。

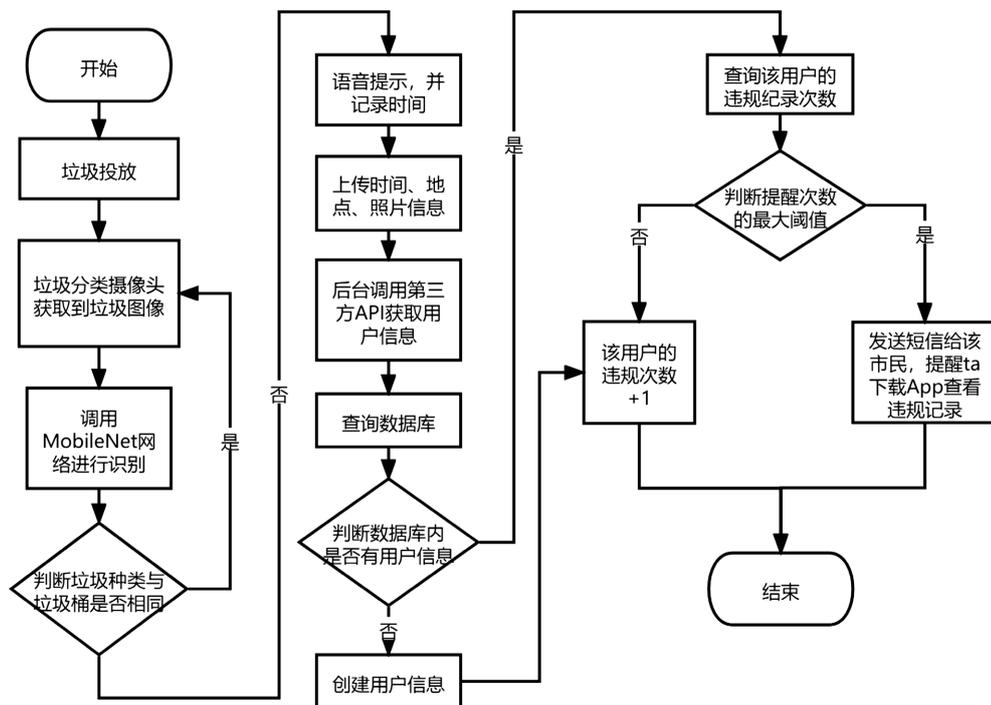


Figure 3. Flow chart of record of illegal placing
图 3. 违规投放记录流程图

3.2. Web 端数据处理技术

智能垃圾分类监控系统总体架构见图 4，底层使用 MySQL 数据库进行数据存储，再使用 Redis 作为辅助进行缓存的读写。在服务应用层中，实现了以下功能：用户账号管理、用户不良记录管理、用

户积分管理、不良记录统计分析、垃圾回收策略。并且使用了日志记录，方便数据的实时分析。在网络方面，使用了 HTTP 协议与 Servlet，实现了不同设备端的数据传输。调用了第三方 API，使信息的整合更为完善。

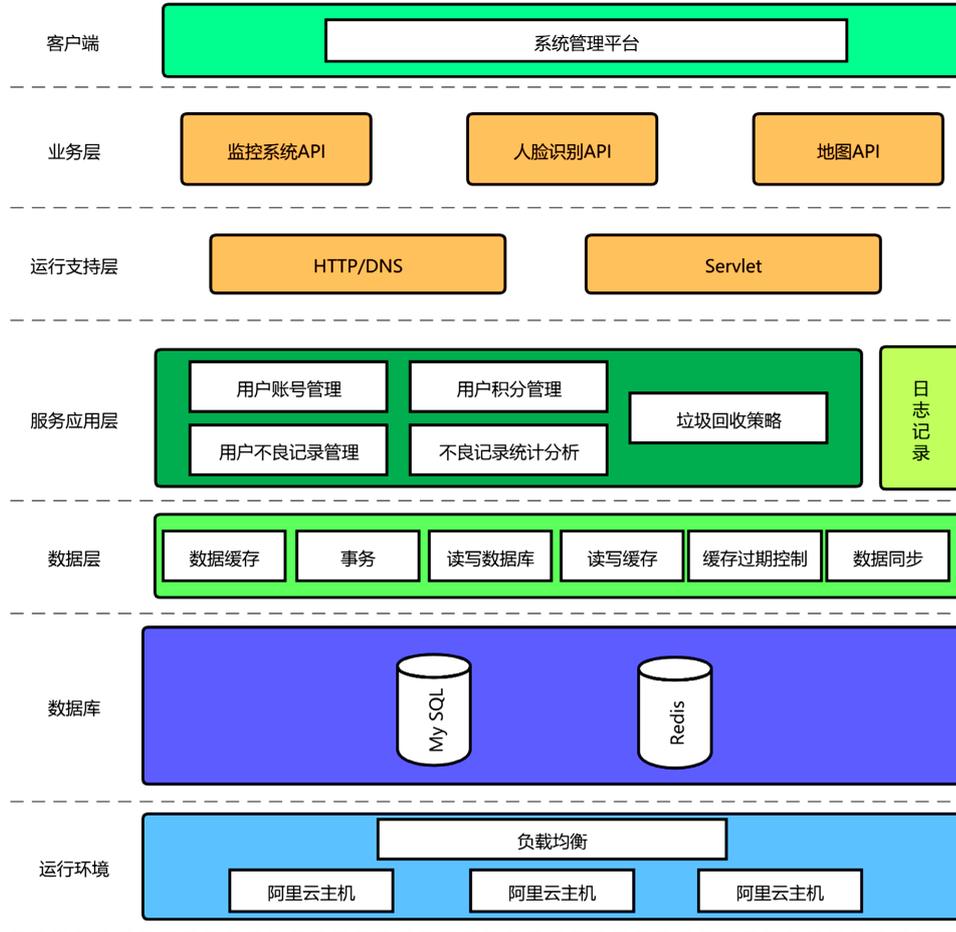


Figure 4. Web management terminal for sanitation Bureau
图 4. 面向环卫局的 Web 管理端

3.3. 移动 App 数据处理

移动应用 App 总体架构见图 5，该 App 可以在所有 Android 移动设备端进行使用。在底层的数据库方面，使用了自带的 SQLite 数据库，方便数据在本机上进行存储，减轻了服务器的存储压力。在服务应用层中，实现了以下功能：垃圾科普识别、垃圾投放点查询、个人积分查询、投放错误记录查询。并且在开发过程中，使用了日志记录，方便了代码逻辑的及时纠错。

4. 系统界面设计

4.1. 面向市民的移动应用 App 设计

移动应用 App 采用 Android 系统开发，所使用的开发软件为谷歌推出的 Android 集成开发工具 Android Studio。整体 UI 设计风格倾向于简约清新风格，符合垃圾分类的环保特色。数据内容采用 Android 自带轻量化数据库 SQLList，用于存储客户信息。连接百度地图 API 对用户进行寻找附近站点的地图导航。识

别拍照功能采用 MobileNet 训练数据集，对获取的垃圾图像进行分类。主体功能简约便捷，界面风格简单使用户易于操作。

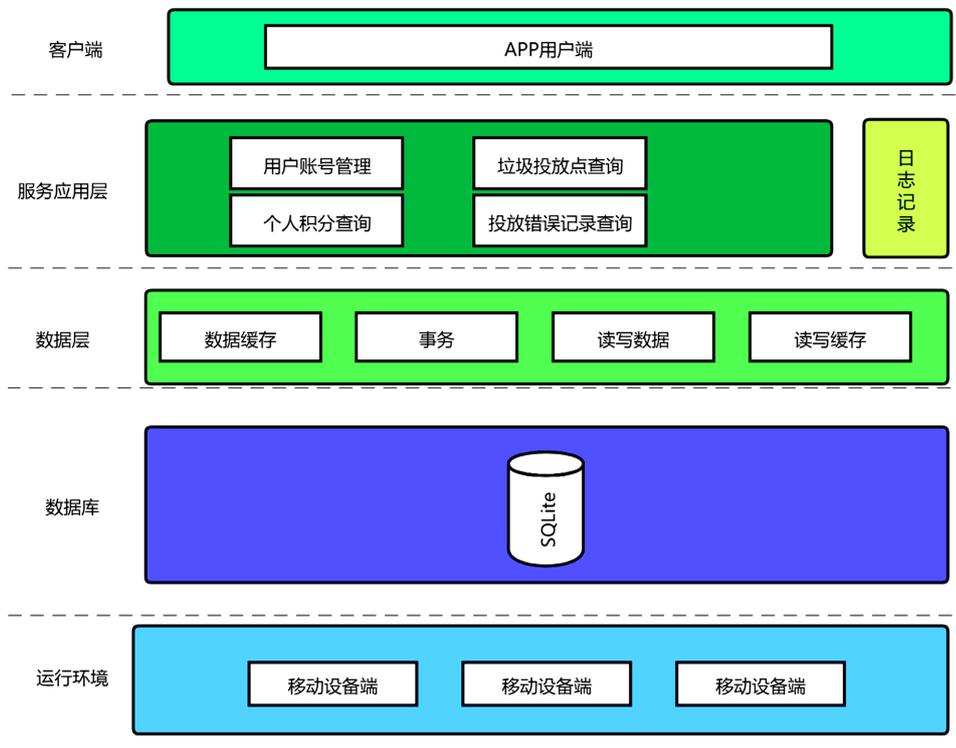


Figure 5. App for citizens
图 5. 面向市民的 App 应用端

1) 登录页面

应用 App 登录窗口页面见图 6，用户可通过个人账号及密码进行登录使用。

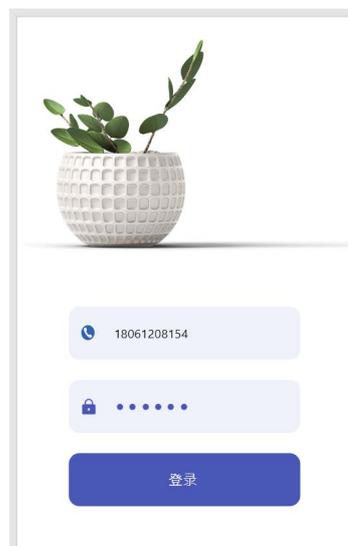


Figure 6. Login interface
图 6. 登录界面

2) 垃圾分类科普识别

垃圾分类科普识别界面见图 7、图 8，该移动应用程序对于图像中垃圾有较高的识别正确率，得到图片中的垃圾属于类别，湿垃圾的置信区间达到 95%。该系统模型对于垃圾分类的图像识别有较高的准确率。该系统有很好的应用前景，并且加以升级与改善有更好的社会效益和广阔的发展空间。



Figure 7. Recognition results
图 7. 识别结果



Figure 8. Result popularization
图 8. 结果科普

3) 垃圾站点定位查询

站点查询见图 9，该页面可展示当前用户所在位置与最近垃圾投放站点的距离与路线。

4) 违规垃圾投放记录

违规记录查询见图 10，用户可打开该页面查询投放垃圾时的违规记录以及相关数据。



Figure 9. Site query page
图 9. 站点查询页面



Figure 10. Violation record query page
图 10. 违规记录查询页面

5) 个人账号积分查询

个人积分查询见图 11，用户在此页面可查询当前积分情况，以及个人图标所处等级。

4.2. 面向环卫局的 Web 管理端

Web 管理端使用 JAVA Web 开发技术，采用 MVC 框架，数据存储采用 MySQL 数据库，对每日的垃圾投放数据进行量化分析，进行可视化处理，用曲线图、柱状图等图表展示信息量。

1) 违规事件实时处理

管理端违规处理页面见图 12，该页面将统计违规事件的总个数，待处理、已处理事件的信息，也可具体查询。



Figure 11. Personal points query page
图 11. 个人积分查询页面



Figure 12. Violation processing page
图 12. Web 端违规处理页面

2) 垃圾分类数据统计

数据统计见图 13, 该页面统计收集数据, 进行不同站点、不同时间垃圾投放量的动态情况。

3) 垃圾回收路径规划

垃圾回收路径规划见图 14, 通过垃圾投放点所处位置, 规划道路, 寻找回收垃圾的最佳路径, 并在该页面显示。



Figure 13. Garbage classification data statistics page
图 13. 垃圾分类数据统计页面

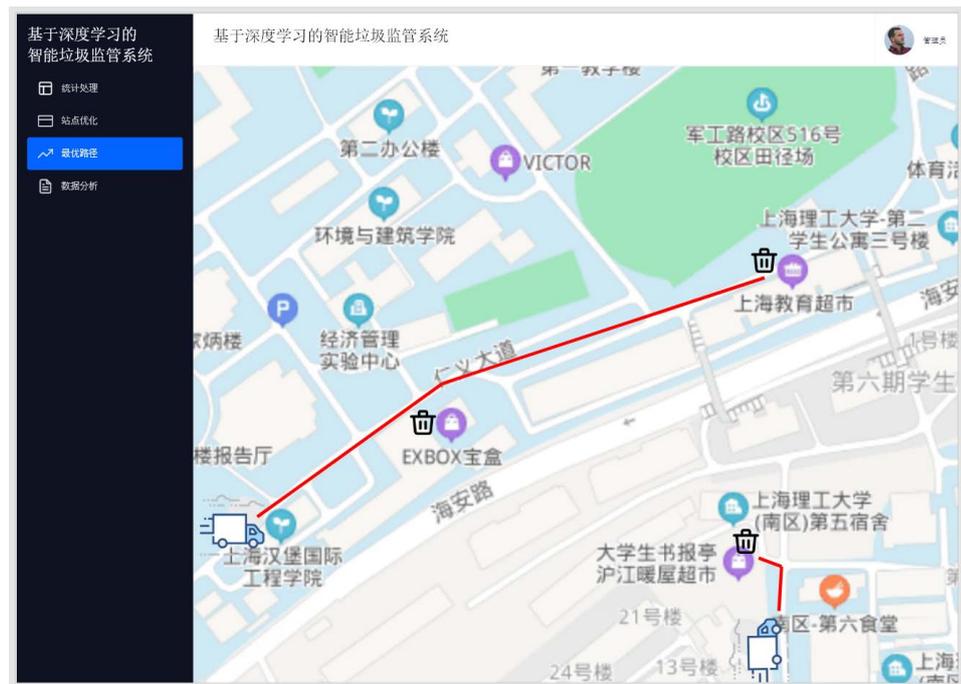


Figure 14. Garbage collection path planning page
图 14. 垃圾回收路径规划页面

4) 站点优化部署建议

优化部署见图 15，通过上述收集数据的分析，根据不同地点垃圾投放量的多少，对垃圾站点的容量，以及位置进行优化部署。

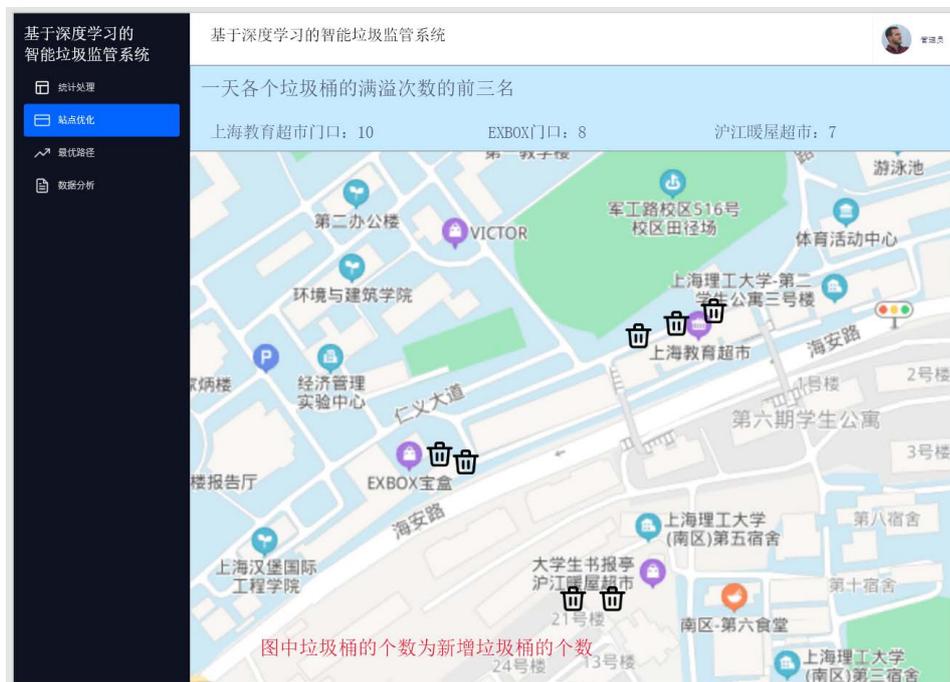


Figure 15. Optimized site deployment page

图 15. 站点优化部署页面

5. 结论与展望

本文重点介绍了智能垃圾分类监管系统。该系统将记录、存储一系列垃圾投放错误的相关数据。由相关数据可寻找到指定人员并进行告知。用户可通过移动应用来进行查看个人错误行为。系统通过积分制奖惩来激励市民养成主动分类的良好习惯。该系统可收集投放参数，整合数据，计算最佳投放时间及投放地点。该系统通过普及知识，强制管理，合理化分配发展，等级奖励制度等加深垃圾分类目标的推进，实现垃圾从强制分类到自主分类的监管，具有良好的工程应用价值。

现阶段是垃圾分类政策的测试阶段，以上海市为试点城市推行垃圾分类政策。该系统现阶段为符合政策推行阶段的要求，提升全民的分类素养，规范市民投放行为，普及分类知识等。当前系统通过数据采集，包括投放时间，地点，人流量等信息，在未来将会利用所收集数据进行分析与处理，采用一些机器学习算法预测合理的投放时间，正确地回收站点位置等内容。从规范个人行为与政府监察到垃圾分类部署策略的调整与优化。在提升国民素质之后，专注于调整政策向更人性化，合理化的趋势发展。

参考文献

- [1] Howard, A.G., *et al.* (2017) MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. *Computer Science*. <https://arxiv.org/abs/1704.04861>
- [2] Sandler, M., Howard, A., Zhu, M.L., Zhmoginov, A. and Chen, L.-C. (2018) MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. 2018 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Salt Lake City, 18-23 June 2018, 4510-4520. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00474>
- [3] Howard, A., Sandler, M., Chu, G., Chen, L.-C., Chen, B., Tan, M.X., Wang, W.J., Zhu, Y.K., Pang, R.M., Vasudevan, V., Le, Q.V. and Adam, H. (2019) Searching for MobileNetV3. *Computer Science*. <https://arxiv.org/abs/1905.02244v3>