



本科学生毕业设计（论文）附件

毕业设计（论文）题目：_____

私家车位共享平台 app 后端系统的设计与实现

学 院：_____计算机学院_____

专 业：_____计算机科学与技术_____

学生姓名：_____王正霆_____

学 号：_____20194249_____

指导教师姓名：_____张玉芳_____

目 录

| | |
|--------------|--------|
| A 任务书 | A1-A2 |
| B 开题报告 | B1-B6 |
| C 译文 | C1-C15 |
| D 译文原文 | |

毕业设计（论文）任务书

设计（论文）中文题目：私家车位共享平台 app 后端系统的设计与实现

设计（论文）的主要内容与要求：

目前城市很多地方存在着驾车出行停车难的矛盾，而某些区域的私人停车位由于业主出门上班或办事，车位处于空闲状态。如果能将位于某些区域的私人业主停车位进行共享的话，可以解决部分停车难的问题，同时也给私人车位一些停车补贴。基于此双赢的目的，引出私人车位共享停车系统课题，客户可以在客户端（如果可能的话也可以在手机端）直接进行车位出租和寻找车位停车。

学生对所收集到的文献进行国内外现状的研究与分析，以作为后期完成开题报告的基础。

本课题基于 web 应用平台，采用 JAVA 技术以及数据库技术。实现对共享车位系统的有效管理。设计方案过程中遵守工程职业道德和规范，并考虑社会、健康、安全、法律、文化和环境等因素。

私人车位共享系统后台需要完成的功能

1. 对加入共享车位的小区进行管理
2. 对需要加入共享车位的车位进行管理
3. 对需要加入共享车位的车辆进行管理，通常车辆与车位一一对应
4. 提供附近的共享车位所属小区的定位显示
5. 提供加入共享车位的某小区共享车位的信息
6. 共享车位各种报表数据

主要的技术指标：

- 1、完成该软件平台的总体结构，并具有可扩展性
- 2、具有良好的分层的软件体系结构。
- 3、能够在测试环境中运行。
- 4、有规范的设计文档。

本题目工作量较大，涉及学科面积较广，包括但不限于计算机网络、数据库系统、软件工程、面向对象程序设计、web 应用开发等知识。题目难度适中，开发工作量较大。通过本项目，将提升学生知识综合应用、文献查阅分析、系统分析设计与实现等能力，该课题在工作量，难度和广度上满足毕业设计要求，能对学生进行很好的综合能力训练。

按照重庆大学毕业设计规范文件和规定进度按时完成开题报告、译文和毕业设计论文。

进 度 安 排

| 序号 | 设计（论文）工作内容 | 时间（起止周数） | 序号 |
|----|--------------------|------------|----|
| 1 | 开题报告（2022 秋季） | 15 周至 18 周 | 1 |
| 2 | 需求分析、方案设计（2022 秋季） | 15 周至 18 周 | 2 |
| 3 | 程序设计（2023 春季） | 1 周至 5 周 | 3 |

| | | | |
|---|---------------------|------------|---|
| 4 | 程序测试、调试与联调（2023 春季） | 5 周至 11 周 | 4 |
| 5 | 撰写论文（2023 春季） | 11 周至 12 周 | 5 |
| 6 | 论文评审、程序检查和答辩 | 13 周至 14 周 | 6 |
| 7 | 最终论文提交 | 14 周 | 7 |

主要参考文献：

建议学生自己在数图中通过多种文献检索工具（如 CNKI、万方、维普、EI、SCI 等学校提供的数字图书馆检索工具，以及 Baidu、Google 等互联网搜索引擎）查找，教师可以提供相关帮助，以此培养学生的自主学习能力。查阅相关文献资料的数量不少于 20 篇/本，其中英文文献数量不低于学校要求。

| | |
|---|---|
| <p>指导教师签字：</p> <p style="text-align: center;">年 月 日</p> | <p>学生签字：</p> <p style="text-align: center;">年 月 日</p> |
|---|---|

说明：

1. 任务书由指导教师填写，于第七学期（五年制第九学期）第 20 周前下达给学生。
2. 学生签字时间就是任务下达时间（学生接受任务时间）。

毕业设计（论文）开题报告

私家车位共享平台 APP 后端系统的设计与实现

一、课题的目的及意义

（一）课题背景

根据公安部交管局的数据显示^[1]，2022 年全国机动车保有量达 4.17 亿辆，其中汽车 3.19 亿辆，机动车驾驶人达 5.02 亿人，其中汽车驾驶人 4.64 亿人。2022 年全国新注册登记机动车 3478 万辆，新领证驾驶人 2923 万人。全国 84 个城市汽车保有量超过 100 万辆。全国有 84 个城市的汽车保有量超过百万辆，同比增加 5 个城市，39 个城市超 200 万辆，21 个城市超 300 万辆。另一方面，根据《2022 年中国智慧停车行业大数据报告》的数据显示，2022 年中国传统停车位总数约八千万个，但停车位的需求是 3.8 亿个，停车位缺口约为 2 亿个，且停车位缺口仍会继续增长。

巨大的机动车保有量和较少的停车位数量以及机动车数量的快速增长，机动车停车问题变得日趋严峻。由于没有足够的停车位，一方面许多车主需要“扩圈式”行驶寻找车位，汽车尾气排放量增加的连锁反应，而这些不仅加重了环境负担，对经济发展更是一个消耗式阻碍；另一方面，如果车主没有找到车位或寻找车位困难，很容易出现乱停车的现象，道路拥堵状况日益紧张^[2]。

要缓解这个矛盾，仅靠增加停车位的数量是远远不够的，除了政府加大对城市停车的研究规划，将停车管理与“互联网+”相结合，提高现有车位的利用效率，充分利用现有车位资源才是重中之重。同时，随着近几年“共享经济”概念的兴起，越来越多的人开始选择将过剩资源再流通，通过互联网降低交易成本，提高过剩资源配置^[3]，无论是一辆车、一本书，或是一个知识点、一个视频，均可以通过第三方共享平台在网络上公开。共享经济时代下，越来越多的行业涌入共享领域，共享单车、共享办公、共享短租等新生事物像雨后春笋一样冒头^[4]，“共享车位”的概念也因此逐渐走进人们的视野。所谓“共享车位”，就是利用车位在没有车辆停放的时段，以一定的价格或资源优势，将该时段租给其他有需求的车主，从而降低车位的闲置率，提高车位使用率，对缓解当前日益严峻的停车问题有着重要的研究价值和意义。

本课题旨在结合当下热门的 Vue-Element-Admin 框架设计一种基于互联网+

私家车位共享平台 app 的后台管理系统，为提高停车位的综合利用率、缓解停车难问题提供了技术途径，并提高车位共享 app 的适用性、可拓展性。

（二）国内外的研究现状分析

1. 国外研究现状

针对停车位共享的问题，国外研究者首先对业主共享私人住宅停车位的意愿进行调查，通过分类和回归树两个模型进行预测，得到主要结论：业主在自用停车需求得到满足的情况下对车位的共享意愿持乐观态度^[5]，这为共享车位 app 的开发打下了良好的基础。

在共享车位 app 诞生前，国外研究者首先想到的是通过共享信息而非共享车位的方式解决停车难题，通过在停车区提供一个数字系统来并利用 RFID(Radio Frequency Identification, 射频技术)持续更新停车场的可用空间信息共享给用户^[6]，这样确实能一定程度改善停车问题，但面对巨大的停车位缺口还是杯水车薪。

于是 020、SParking 等共享车位 app 陆续诞生^[7-8]，它们都秉持以共享经济概念创建合作性在线社区市场的理念，将两个人群聚集在一起：寻找停车位的人和希望从未使用的停车位中获利的有商业头脑的人。用户可以注册并分享他们的停车设施，并按小时付费，以此来共享车位达到解决停车问题的效果。

2. 国内研究现状

国内也不乏共享车位 app 设计与实现方案，最普遍的设计方案^[9-11]便是通过软件开发来创建一个共享车位 app，然后运用云平台、大数据、移动网络、互联网、物联网、卫星定位系统等科技，形成城市车位共享市场，充分挖掘汽车业主自身拥有的车位资源，形成大数据库，而用户在使用时可以通过定位系统来智能推荐优质位置，从而帮助用户快速准确的找到停车位。也有在此基础上更进一步，配合交通调度模型和大数据研究分析的手段的共享车位 app 设计方案^[12]，实现共享车位错时利用的效率最大化。

但现阶段，共享车位市场格局较为分散^[13]，具体以智能停车设备商、智慧停车解决方案提供商以及互联网停车运营企业为核心，百度、阿里巴巴以及腾讯均利用自身优势建立软件平台，参与共享车位市场。除此之外，共享车位还要面临共享停车使业主安全得不到保障、共享停车政策和技术层面不成熟、共享停车增加物业服务压力、共享推广收益对业主没有吸引力^[4]等问题，导致空有设计方案、真正的实施工作却困难重重，现阶段市面上也难找到知名的共享车位 app。

总的来说，国内的共享车位 app 还处于萌芽阶段，除了企业愿意探索，也需要政府的支持和物业、业主、车主等多方配合，本课题也希望在车位共享平台 app

的后台管理系统的开发工作中努力，提高停车资源利用率，最大程度地缓解停车问题。

（三）设计方案以及技术选型分析

在上述共享车位 app 后台管理系统的设计方案中^[9-11,14-15]，前端一般采用 Html，后端一般采用 Spring+Oracle 或 Spring+Mybatis，时效性更好的采用 SSM(Spring+SpringMVC+MyBatis) 框架技术，但相比目前热门的 Vue-Element-Admin 框架都有一定的局限性。许多企业在后台管理系统的开发过程中放弃之前 SSM 搭建项目框架的传统方式^[16-18]，包括与课题研究对象共享车位类似的共享单车 app^[19]，都逐渐采用后台 SpringBoot 框架，前台 Vue 的框架构建，项目实现前后端分离，提高了开发效率。

Vue-Element-Admin 基于 Vue 和 Element-UI 进行网站搭建，使用最新的前端技术栈，内置 i18 国际化解决方案，拥有动态路由、权限验证等功能模型，能够帮助开发者迅速搭建一套企业级中后台产品原型^[20]。目前采用 SpringBoot 结合 Vue 的这种流行模式，能够使得系统用户界面更加的美观的情况下用户的体验也更加良好，同时还能提高系统开发和扩展的速度。

因此，本课题拟采用 Vue-Element-Admin 框架完成私家车位共享平台 app 的后台管理系统的设计与开发。

二、课题任务、重点研究内容及实现途径

（一）课题任务

学生对所收集到的文献进行国内外现状的研究与分析，基于 web 应用平台，采用 JAVA 技术以及数据库技术，完成私家车位共享平台 app 后端系统的设计，实现对共享车位系统的有效管理，完成对加入共享车位的小区进行管理；对需要加入共享车位的车位进行管理；对需要加入共享车位的车辆进行管理；提供附近的共享车位所属小区的定位显示；提供加入共享车位的某小区共享车位的信息；共享车位各种报表数据六项主要功能以及其它功能。

课题应满足完成该软件平台的总体结构，并具有可扩展性；具有良好的分层的软件体系结构；能够在测试环境中运行；有规范的设计文档四项主要的技术指标以及其它指标。同时，设计方案过程中应遵守工程职业道德和规范，并考虑社会、健康、安全、法律、文化和环境等因素。

（二）重点研究内容

课题重点包括后台管理系统整体框架的技术选型与布局；对共享车位、加入

共享车位的小区、加入共享车位的车辆等主体的有效管理包括增删改查等操作的实现；后台管理系统中整合定位功能；后台管理系统中整合共享车位各种报表数据等。

（三）实现途径

对后台管理系统整体框架，课题拟采用 Vue+Springboot 前后端分离的技术框架对项目进行搭建，前端主要采用 Vue 整合 ElementUI，同时借助 axios、qs、mockjs 工具进行开发，后端主要采用 springboot+mybatis plus 框架进行开发，同时整合 spring security、JWT 工具搭建权限框架。对共享车位、加入共享车位的小区、加入共享车位的车辆等主体的有效管理包括增删改查等操作，课题拟采用 Vue 前端映射到后端由 springboot+mybatis plus 实现。对后台管理系统中整合定位功能，课题拟采用 Vue 整合现有的主流地图工具如百度地图 API 进行实现。对后台管理系统中整合共享车位各种报表数据，课题拟采用 Vue 整合 Echarts 工具进行实现。

参考文献：

- [1] 吕俐缘. 全国机动车保有量数据快递_中国政府网[EB/OL]. [2023-2-16]. Available at:http://www.gov.cn/shuju/2023-01/11/content_5736278.html
- [2] 崔昕晗. 基于互联网+的分时共享停车位管理系统研究与设计[D]. 山东大学, 2018.
- [3] 谈胜华. 共享经济视角下智慧城市共享停车位的发展策略研究[J]. 中国民商, 2021.
- [4] 史建儿. 论物业住宅小区闲置车位的共享[J]. 汽车周刊, 2022(3):0224-0225.
- [5] Zhang C, Chen J, Li Z, et al. Predicting owners' willingness to share private residential parking spots[J]. Transportation Research Record, 2018, 2672(8): 930-941.
- [6] Satre S M, More P, Shaikh S, et al. Smart parking system based on dynamic resource sharing[J]. International Journal of Engineering Science, 2018, 16236.
- [7] Ibrahim, M. et al. Blockchain-based parking sharing service for Smart City Development[J]. Computers and Electrical Engineering, 103, p. 108267.
- [8] Zhu X, Wang S, Guo B, et al. Sparking: a win-win data-driven contract parking sharing system[C]//Adjunct Proceedings of the 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2020 ACM International Symposium on Wearable Computers. 2020: 596-604.
- [9] 周端明. 互联网环境下共享车位 APP 设计与实现[J]. 科技创新导报, 2019, 16(8):2.
- [10] 王星辰. 浅谈城市“共享车位”APP 的开发及应用模式[J]. 科技资讯, 2018, 16(20):2.
- [11] 卢军, 高先和, 石朝毅, 等. 一种共享车位服务方法及系统.CN110503852A[P]. 2019.
- [12] 杨雷. 基于物联网技术的共享停车位管理系统设计[J]. 数码设计, 2018(1):3.

[13] 刘阳. 共享车位市场现状与发展策略探讨[J]. 中小企业管理与科技, 2021(31):3.

[14] 马伯阳. 共享停车管理系统的设计与实现[D]. 燕山大学.

[15] 崔昕晗. 基于互联网+的分时共享停车位管理系统研究与设计[D]. 山东大学, 2018.

[16] Yang Y. Exploring the development of system management module based on spring boot and Vue[J]. Audio Engineering, 2019.

[17] 章跃庭. Vue-Element-Admin 在广播电视员工线上培训系统中的应用[J]. 电视技术, 2020, 044(012):1-3.

[18] 姜全坤. 基于 Vue 的通用后台管理系统设计与实现[J]. 现代信息科技, 2022, 6(8):4.

[19] Lin Y, Xu J, He J, et al. Design and implementation of campus bike rental system from the perspective of sharing economy[C]//2022 International Conference on Computers, Information Processing and Advanced Education (CIPAE). IEEE, 2022: 131-135.

[20] 王志文. Vue+Elementui+Echarts 在项目管理平台中的应用[J]. 山西科技, 2020, 35(6):3.

三、进度计划

| 序号 | 起止周次 | 工 作 内 容 |
|----|------------|--------------|
| 1 | 1 周至 3 周 | 开题报告 |
| 2 | 1 周至 3 周 | 需求分析、方案设计 |
| 3 | 4 周至 7 周 | 译文、译文原文 |
| 4 | 4 周至 7 周 | 程序设计 |
| 5 | 8 周至 10 周 | 程序测试、调试与联调 |
| 6 | 11 周至 12 周 | 撰写论文 |
| 7 | 13 周至 14 周 | 论文评审、程序检查和答辩 |
| 8 | 14 周 | 最终论文提交 |

学生签名： 王正霆

2023 年 2 月 17 日

四、指导教师意见

指导教师签名：

年 月 日

指导教师评定成绩
(五级制):

指导教师签字:

SParking: 一个双赢的数据驱动的合同停车共享系统

摘要：随着现代城市车辆的快速增长，寻找停车位对司机来说变得很困难，特别是在高峰期。为了缓解停车困难，充分利用城市停车资源，合同停车共享服务允许司机在车主的同意下支付停车费，达到双赢的目的。为了验证 SParking 的有效性，我们对中国武汉 368 个停车场和 14,704 个停车位的 7 个月真实停车数据进行了评估。实验结果显示，SParking 在停车时间预测方面达到了 90% 以上的准确率，合同停车位的平均利用率提高了 35%。

关键词：停车共享、使用预测、在线调度

1 引言

寻找一个空闲的停车位对司机来说是很困难的，而且会带来额外的街道交通，尤其是在高峰时段。根据最近的一项调查^[7]，45% 的街道交通是由寻找停车位引起的，这导致了严重的交通拥堵和空气污染。为了减轻停车的痛苦，许多研究人员已经调查了与停车有关的问题。一些研究提出了利用公共停车场的空置停车位的方法^[16,25]。此外，研究人员提出调度算法来缓解公共停车场的压力^[13,19]。

与现有的研究不同，我们提出了一个受共享经济思想启发的合同停车共享系统。例如，由于大量的停车需求和有限的医院停车位，在工作时间内，在医院停车是很困难的。同时，由于车主外出工作，周边社区有大量的空置车位。如果我们允许司机在车主的同意下使用这些合同停车位，停车难的问题就会得到缓解。实现合同停车位共享是一个具有挑战性的问题，原因有以下几点：具体来说，合同停车位的使用是动态和不确定的。此外，在供需不确定的情况下，很难实现合同停车位和停车要求之间的最佳匹配，也很难避免车主和二级用户的停车冲突。

由于物联网技术的发展^[8,15,20]，大多数现代停车场使用各种传感器记录车辆的细粒度停车数据，包括进入和离开的时间戳。利用细粒度停车数据，我们提出 SParking，一个数据驱动的合同停车共享系统，旨在充分利用合同停车位资源，为在线合同停车共享问题提供一个最佳解决方案。

为了实现这一目标，我们首先引入了一个基于熵的模型来决定那些有效的空置合同停车位，这些停车位的利用率足够规律，可以共享。最后，SParking 通过一

个最佳调度算法在停车请求和可用的合同停车位之间进行停车调度。

据我们所知，这是第一个提出合同停车共享来解决停车问题的工作。合同停车共享提高了停车位的利用率，实现了临时停车司机、合同停车位所有者和停车场管理者的互利共赢局面。—基于现实世界的停车数据，我们提出了一个预测模型，旨在预测合同停车共享的可用停车时间，并考虑到空间时间、气象和假日因素。

为了验证我们设计的有效性，我们在涉及 368 个停车场和 14,704 个停车位的七个月真实世界停车数据上评估了我们的设计。

第 3 节描述了合同停车共享系统的系统结构和挑战。第 4 和第 5 节描述了我们系统的设计和实现。第 6 节评估了 SParking 的性能。第 7 节讨论了吸取的教训和局限性。在第 8 节中，我们回顾了相关的工作，然后在第 9 节中总结了本文。

2 事实与理由

在这一节中，我们解释了合同停车位共享的见解，其目的是为了缓解停车困难。通过实证数据分析，我们展示了共享合同停车位的潜力。

2.1 停车困难和交通拥堵

据统计，2018 年第三季度，美国汽车保有量达到 2.81 亿辆，比上年增加约 700 万辆^[4]。2018 年，中国新注册汽车 3172 万辆，汽车总量达到 3.27 亿辆，比上年增长 10.51%^[5]。除了停车难，寻找停车位产生的交通量超过总流量的 30%^[21]。

面对巨大的停车压力，完全依靠有限的公共停车位难以缓解现有的停车问题。在本文中，我们建议探索合同停车共享服务的潜力。

2.2 合同停车位共享的潜力

我们通过部署在 366 个社区停车场的监测探头来收集武汉市的停车记录。基于数据集，我们在图 1 中显示了武汉市的 300 多个停车场，这些停车场基本上覆盖了武汉市的各个商业区。我们发现一定数量的车位业主的停车行为是有规律的，这些合同车位在业主的同意下适合用于共享目的。



图 1 武汉停车场分布

考虑到时间边界和不确定的停车时间，我们应用散点来描述车主的停车行为，包括开始时间和停车时间。例如，坐标 $[0, 8]$ 表示合同车位车主在 0 点出门，8 小时后回家，这表明车位在 0 点开始闲置，可用停车时间为 8 小时。

如图 2 左图所示，散点分布显示，该合同车位车主几乎在早上 8:30 出门，8-10 小时后回家。然而，图 2 中右图的合同车位车主的停车行为是不规则的。如图 2 所示，如果散点较近，车位的出门时间和出门时间都比较固定，有可能成为共享合同车位。

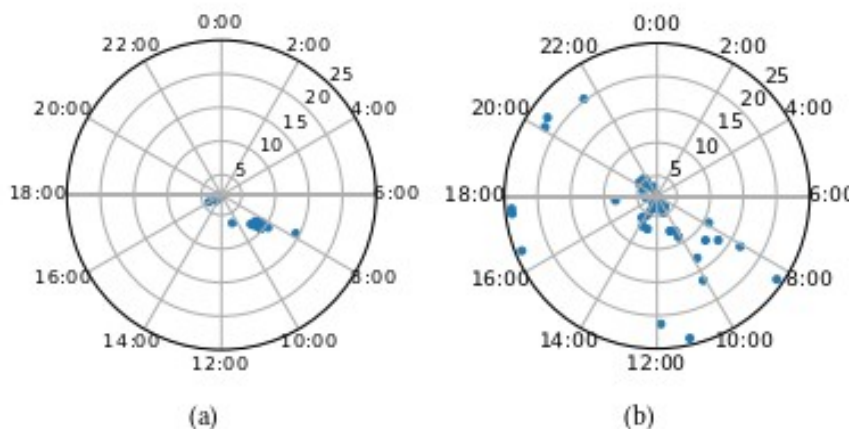


图 2 合同停车位所有者的停车行为

3 系统综述

3.1 停车数据收集

我们的停车场管理平台收集了城市路外停车场的信息，并实现了路内和路外停车场的的数据交换和共享。智能停车场管理系统包括停车场车辆进出、在线交通流引导和停车费用收取等几个模块。车辆通过刷卡或拍照进行图像识别进出停车场，进入或离开停车场的车辆将被记录下来，这是我们用来分析停车行为的重要数据。

3.2 设计要求

为了解决停车难的问题，我们提出了合同停车位共享系统，该系统的设计要满足以下要求。除了提供基本功能外，即：需要建立一个合同停车位共享平台。为了保证合同车位共享系统的顺利实施，操作应尽可能简单，以实现用户友好的应用；由于不同合同车位业主的停车习惯不同，合同车位需要是一个指定的车位，而不是停车场内的任何车位，因此系统需要识别特定的免费车位，并准确引导需要停车的司机到合同车位。

3.3 挑战

为了满足这些要求，在开发合同停车共享系统时需要解决两个主要挑战。-如第二节所述，司机很难在公共停车场找到停车位。为了充分利用私人停车位，我们的系统需要找到可用的合同停车位并准确预测其可用的停车时间。-为了进行实时停车调度，我们的系统需要有效地计算出推荐的合同停车位，同时最大限度地提高合同停车位的利用率。

3.4 系统架构

我们的合同停车位共享系统是在原有的停车场管理系统的基础上，利用原有系统获取数据，在平台上处理和调度停车位。

传感组件：传感组件作为数据输入模块，收集五个数据集：(i)车位的历史停车记录，(ii)车辆每天的出发信息，(iii)用户的位置，(iv)所需的停车时间，以及(v)天气数据。天气数据来自气象局，用户信息通过应用程序收集，其他数据来自停车场的物联网系统。这些传感数据集被实时发送到调度中心的服务器，作为计算组件的输入。

计算服务器：计算服务器接收这些上传的数据，然后提供实时可用的停车时间分析。当出现新的停车需求时，计算中心会尽快分配一个合适的空闲停车位。最后，结果被发送到客户端 APP。

行动组件：在收到服务器的调度结果后，客户端程序负责引导目标停车位。

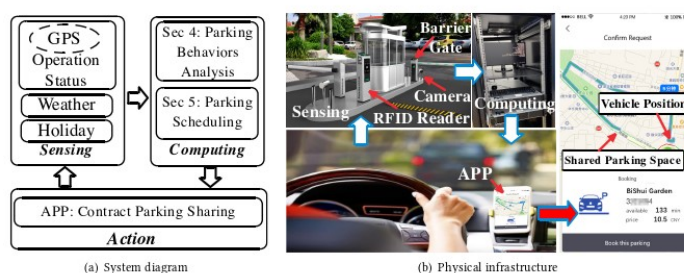


图 3 停车共享系统的架构

4 停车行为分析

如第 2 节所述，并不是所有合同停车位的所有者的停车行为都是有规律的。停车时间不规律的停车位不适合共享。我们使用信息熵来量化停车行为的规律性。在选择适合停车的停车位后，我们提出一个基于先知的预测模型来预测停车位的可用时间。

4.1 停车行为的熵值

为了获得潜在的合同停车位，我们需要找到有正常停车行为的合同停车位。我们利用信息熵来表示合同停车位所有者的停车行为。

$$H(U) = E[-\log p_i] = -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (1)$$

其中， U 是完整的随机变量集， p 是第 i 个随机事件的概率。合同车位的信息熵越大，停车行为就越不规范。

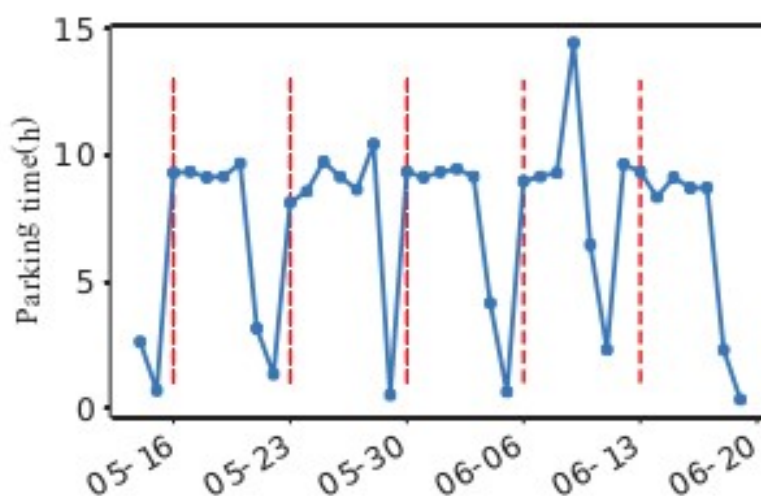


图 4 停车位的可用停车时间

4.2 特性选择

由于现实世界的环境因素在停车行为中引入了很高的动态性，所以选择专业的特征来提高预测的准确性是很重要的。此外，我们注意到 2016 年 6 月 9 日有一个特别的亮点，接下来的三天也与其他时期不同。这是因为 2016 年 6 月 9 日至 2016 年 6 月 11 日是中国的端午节假期，而原来的周末 6 月 12 日由于假期的调整需要工作。

天气状况是影响停车共享服务的另一个重要因素。我们将晴天定为 1，大风、

多云定为 0.5，雨天、雪天或其他不方便的天气定为 0. 如图 5 所示，天气变化基本上不影响合约停车位的可用停车时间。

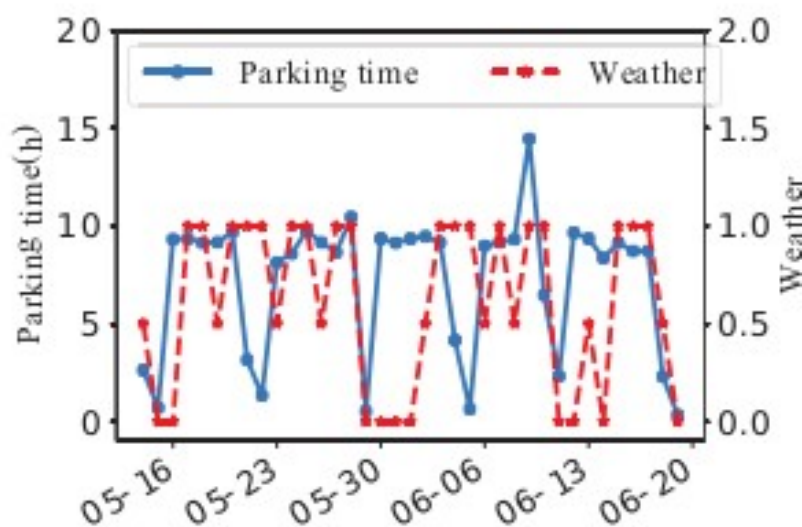


图 5 天气与可用停车时间之间的关系

4.3 预测模型

在选择适当的特征后，我们建立了基于学习的模型来预测合同车位的停放时间。在我们的系统中，我们基于 Prophet 模型进行时间预测^[24]。Prophet 是一个预测时间性捕猎数据的框架，它考虑了多种非线性趋势^[3]。-每小时、每天或每周的观察，至少有几个月的历史。-强烈的多种“人类尺度”的季节性：一周中的一天和一年中的时间。-不定期出现的重要的特殊日子，如节假日和特殊天气。-合理数量的缺失观测值或大的离群值。在我们的模型中，基于对合同车位所有者停车行为的分析，我们选择了三个主要部分来建立时间序列，包括趋势、周期性和假期。

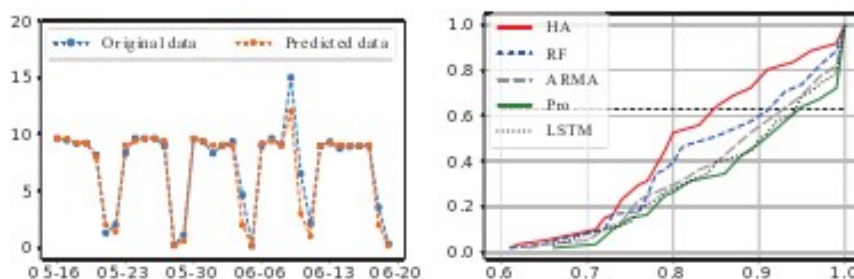


图 6 我们方法的预测结果和不同预测方法的平均精度

其中 $g(t)$ 是一个非周期性的趋势函数。我们的模型通过从数据中选择趋势变化点来自动检测趋势变化。 $s(t)$ 表示每周或每月或每年的周期性变化，适用于傅里叶

序列建模。 $h(t)$ 代表不定期发生的特殊日子的影响， e 是一个误差项，表示一些特殊的变化。

为了进一步验证我们预测方法的有效性，我们将基于 Prophet 的模型与其他三种广泛使用的预测模型进行了比较。Historical Average(HA)^[10]是时间序列预测的一个基本模型，它利用同一时间和地点的历史观测值的平均值来预测未来的数据。Auto Regressive Moving Average(ARMA)^[2]用两个多项式对静止的随机过程进行了类似的描述：动量和均值反转效应(AR)和白噪声项中观察到的冲击效应(MA)。随机森林(RF)^[23]是一种树状预测器的组合，每个树都取决于独立采样的随机向量的值，并且森林中的所有树都具有相同的分布。长短期记忆(LSTM)^[1]是一种具有反馈连接的循环神经网络结构。

5 停车位调度

在这一节中，我们定义了停车调度问题，然后提出其解决方案。我们提出了一种算法来计算最大的合同停车位利用率。

5.1 停车调度问题的定义

调度问题一般可以理解为机器和工作之间的分配关系。多个工作按照一定的算法分配给多个机器。这些问题大多是 NP-hard 问题^[14]。在我们的系统中，我们向正在寻找停车位的司机推荐附近几个停车场的可用合同停车位。

我们的调度算法的优化目标是使停车位的总利用时间最大化。我们假设有 m 停车请求的时间段， n 停车位，并且满足 $n < m$ 。在我们的停车调度问题中，我们采用了分层区间调度法来减少复杂性。我们假设最多 m 个空闲时间段是重合的，并将 n 个空闲时间段分成 1 个子集 Sh ($h=1, \dots, l$)。因此，每个子集中的时间段是相互排斥的。我们把 Sh 称为第 h 层。

5.2 最优方案

动态编程是一种通过将原始问题分解为相对简单的子问题来解决复杂问题的方法。

经过分层处理，我们根据以下建模思路改进了动态编程算法。我们假设有 x 层满足停车结束时间 fn 的需求，然后将 fn 放在其中一个 x 层，或者不放，即有 $x+1$ 种情况的需求 fn 。通过自下而上的迭代方法，可以得到模型的最优结果。算法的细节见算法 1。

Algorithm 1: Optimal Layer Scheduling(OLS)

Input: $i, Parkings\{P_i\}_{i=1}^n,$
 $Requests\{R_j\}_{j=1}^m, R', Totaltime$

Output: R'

```

if  $i == m$  then
    if  $Totaltime \geq besttime$  then
         $besttime = Totaltime;$ 
        return  $R';$ 
    else
        // not put  $R_i$  in;
         $OLS(i + 1, P, R, R', Totaltime);$ 
        // try put  $R_i$  in;
        for  $t = 1 : len(P)$  do
            // put  $R_i$  in;
            if  $match(P_t, R_i)$  then
                 $P_{n+1} = park(R_i.end, P_t.end);$ 
                 $P = P \cup P_{n+1};$ 
                 $P_t.end = R_i.start;$ 
                 $R' = R' \cup R_i;$ 
                 $OLS(i + 1, P, R, R', Totaltime + R_i.time);$ 
                 $P_t.end = P_{n+1}.end;$ 
                remove  $P_{n+1}$  from  $P;$ 
                remove  $R_i$  from  $R';$ 
                break if;

```

6 系统评估

在这一节中，我们在中国武汉的 368 个停车场和 14704 个停车位的真实世界停车数据集上评估了合同停车共享系统的设计。

6.1 比较算法

我们比较了三种调度算法。

– 先到先得算法（FCFS）。停车请求根据其生成时间进行服务。第一个停车请求有最高的优先权。这是一种常见的调度算法。– 最长先得算法(LFS)：停车请求根据停车时间的长短进行服务，最长的停车请求将被首先安排。– SParking。动态编程算法为停车请求计算出可行的调度方案，并选择停车位利用率最高的方案。DP 实现了最佳的调度方案，但它很耗时。

6.2 评价标准

我们根据真实世界的停车场进出记录，获得车辆进出的分布特征。

在实验中，我们产生了大量的符合分布规则的停车请求。每个实验都要重复一千次。我们的系统倾向于在半分钟内给出结果，换句话说，半分钟内的停车请求会被安排在一起。这个时间会随着停车高峰期的到来在一个小范围内变化。

6.3 实验结果

不同算法的停车时间。我们以一个有 10 个停车位的社区为例，绘制了停车时间。如图 7 所示，该社区在一天内提供了 3914 分钟的停车时间。SParking 得到最长的停车时间为 2221 分钟。FCFS 和 LFS 的性能稍差。我们的系统将合同停车位的利用率提高了 50%以上。

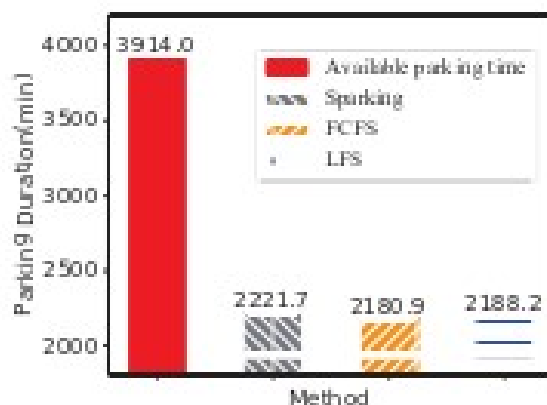


图 7 停车时间

图 8 显示了三种不同调度算法的利用率。可以看出，我们的算法比 FCFS 和 LFS 更好。

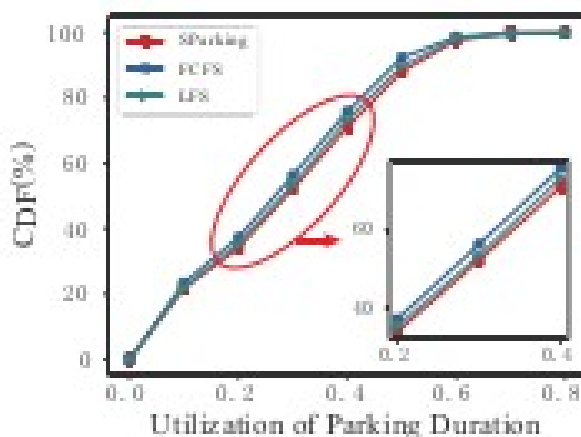


图 8 利用率

我们观察到，随着停车请求数的增加，FCFS 和 LFS 的运行时间与 SParking 的运行时间相比可以忽略不计。这是因为我们的停车调度问题是 NPhard，而 SParking 使用动态编程来获得解决方案，这导致了更长的运行时间。然而，在短时间和小范围内的停车请求数量并不多，所以 SParking 的复杂性是可以接受的。

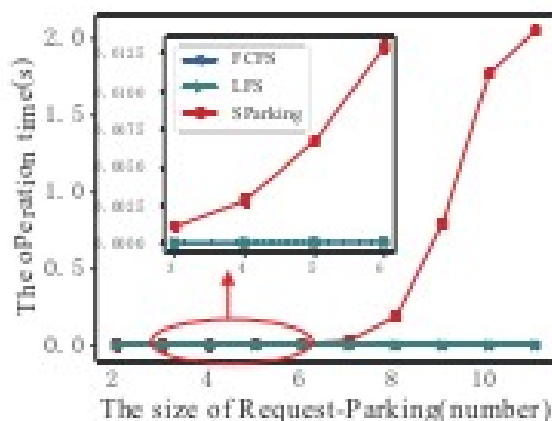


图 9 时间比较

可用停车位的影响。影响系统性能的最典型和最重要的因素之一是可用停车位的数量。我们已经得到了所有可用停车位数据的结果。但在实践中，并不是所有的合同车位业主都愿意分享他们的车位。

我们认为只有 80% 的合同车位所有者愿意参与合同车位共享项目。图 10 显示，随着停车位数量的减少，停车位的最大利用率反而上升了。这是因为随着停车位数量的减少，可能的分配方案的数量也在减少。然而，总的停车时间却减少了。停车时间波动的影响。另一个关键影响因素是停车时间的波动。在我们的系统中，估计的停车时间是由司机输入我们的应用程序。因此，在有些情况下，司机的实际停车时间会超过他们输入的时间。此外，签约停车位的可用时间来自于我们模型的预测，我们也需要考虑预测的误差。

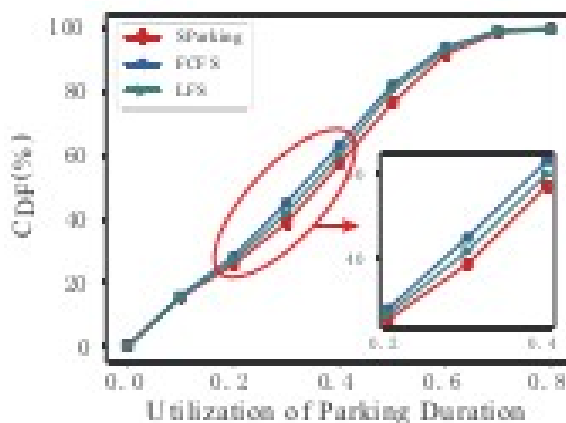


图 10 参与情况

通过对停车数据的分析，我们发现大部分停车时间的波动都在 5% 以内。因此，我们在实时调度中加入了更加保守的时间策略。如图 11 所示，三种算法的利用率都有所下降。但是 SParking 的性能仍然优于 FCFS 和 LFS。

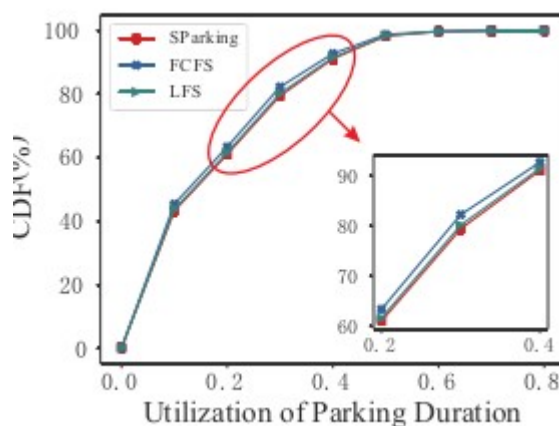


图 11 保守策略

7 讨论

在本节中，我们首先总结了从实地研究中获得的一些见解和教训。然后我们讨论一些局限性、隐私问题和这项工作的潜在影响。

启示和经验：不同城市的停车场的管理规则可能不同。有些停车场管理严格，不允许外来车辆进入；有些则比较宽松，没有其他限制，或者允许车辆在登记后进入。对于第一类，我们的系统确实无能为力。但对于第二类，我们的系统仍然有效，而且还提供了一种电子登记方法。交通行为。很明显，交通行为有不同的特点。然而，在我们系统的实际操作中，交通行为最终反映在司机的行为上，这可以从数据集中提取。因此，交通行为不会影响我们系统在不同城市的性能。

在其他城市的实施。我们在武汉市的现实世界数据基础上评估了我们的合同停车管理系统。然而，在不同的城市，特殊的地方条件可能导致不同的停车行为。因此，我们必须从公共汽车运营和交易数据集中重新提取特征，使预测模型适合新的城市。因此，在不同的城市实施合同停车共享是极为重要的。

隐私匿名化。所有分析的数据都由服务提供商进行匿名处理。所有可识别的 ID，如用户 ID、停车位 ID 和车牌号都被一个序列标识符所取代，在本项目的分析中不涉及。聚合。我们的合同停车位共享模型分析的是汇总的结果，并不关注单个停车位提供者或具体用户。因此，学到的模型主要是基于从人群中收集到的信息，不太可能暴露特定个人的敏感信息。

我们的合同停车系统为减少停车位的闲置时间和减轻大城市中寻找停车位的

痛苦提供了一个很好的方法。

8 相关工作

智慧城市是近几年的热门话题，要实现大规模的时空传感覆盖，并在部署和维护上保持低成本是很困难的^[11, 27-29]。Chen 等人^[12]提出了一个车辆人群感应系统，在有限的预算下，有效地激励车辆代理将采样数据的感应分布与期望的目标分布相匹配。由于停车问题对人们日常生活的重要性，已经有相当多的研究对其进行了调查。我们在表 1 中用一个二维分类法总结了现有的工作：(i) 数据与单个停车场或多个停车场有关；(ii) 系统提供粗粒度或细粒度的估计。例如，一个简单地将收集到的信息呈现给用户的系统被定义为粗粒度的系统，而细粒度的系统需要从数据中挖掘更多的信息。

对单个停车场的粗粒度研究。这些研究的目的是为了设计一个有效的停车位预订系统。这可以提高个别司机寻找停车位的速度。然而，就整个社会而言，停车位的数量并没有增加，停车难的问题仍然存在。

对单个停车场的精细化研究。针对用户缺乏信息的问题，有很多研究使用物联网设备来检测停车位的可用信息，并向用户提供这些实时数据。然而，使用专用传感器的智能停车系统在安装和维护方面可能存在成本问题。

对多个停车场进行粗粒度的研究。一些智能停车系统为司机推荐目的地。他们设计调度算法来缓解同一停车场的停车压力。大多数现有的工作都与公共停车场有关。他们中很少有人考虑利用合同停车位，这些停车位基本上是闲置的。因此，在本文中，我们设计了一个共享合同停车位系统，利用合同停车位来解决与停车有关的问题。

表 1 不同参与率下的停车需求利用率

| 类别 | 单个停车场 | 多个停车场 |
|-------|---------------------|-----------------|
| 粗粒度的 | [18][26][6] | [16][25] |
| 精细控制的 | [13][19][9][22][17] | SParking (这项研究) |

9 总结

在本文中，我们设计了 SParking，一个数据驱动的合同停车位共享系统。基于武汉市真实世界的合约停车位数据集，我们提出了一个停车时间预测算法和一个调度算法。在我们的 SParking 中，我们首先提供了合同停车位的日期驱动的行为分析。然后，我们提供了一个准确的预测模型来预测合同车位的可用停车时间，充分考虑了节假日和天气的影响。最后，我们提出了一种最优算法来解决停车位

调度问题，并证明了其性能。

10 致谢

这项工作得到了国家自然科学基金 6167219 号、江苏省自然科学基金 BK20190336 号和中国国家重点研发计划 2018YFB2100302 的部分支持。

参考文献

- [1] 2006.LSTM.<https://www.mitpressjournals.org/doi/10.1162/089976600300015015>.Online;accessed 6 July 2020.
- [2] 2018.ARMA.<https://people.cs.pitt.edu/~milos/courses/cs3750/lectures/class16.pdf>.Online;accessed 6 July 2020.
- [3] 2018.Forecasting at Scale.<https://facebook.github.io/prophet/>.Online; accessed 6 July 2020.
- [4] 2018.Numberofvehicles.<https://www.statista.com/statistics/738687/projected-us-vehicles-in-operation/>.Online;accessed 6 July 2020.
- [5] 2019.In 2018,the number of cars in China exceeded 200 million for the first time.<https://www.mps.gov.cn/n2254098/n4904352/c6354939/content.html>.Online;accessed 6 July 2020.
- [6] C Ajchariyavanich,T Limpisthira,N Chanjarasvichai,T Jareon watanan,W Phongphanpanya,S Wareechuensuk,S Srichareonkul,S Tachatanitanont,C Ratanamahatana,N Prompoon,et al.2019.Park King:An IoT-based Smart Parking System.In 2019 IEEE International Smart Cities Conference(ISC2).IEEE,729–734.
- [7] Transportation Alternatives.2007.No vacancy:park slope’s parking problem and how to fix it.New York:TransportationAlternatives.<http://www.transalt.org/files/news/reports/novacancy.pdf>(2007).
- [8] H.Arasteh,V.Hosseinnazhad,V.Loia,A.Tommasetti,O.Troisi,M.Shafie-khah,and P.Siano.2016.Iot-based smart cities:A survey.In 2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering(EEEIC).1–6.
- [9] Walter Balzano and Silvia Stranieri.2019.ACOp:an algorithm based on ant colony optimization for parking slot detection.In Workshops of the International Conference on Advanced Information Networking and Applications.Springer,833–840.
- [10] John Y Campbell and Samuel Brodsky Thompson.2008.Predicting Excess Stock Returns Out of Sample:Can Anything Beat the Historical Average?Review of Financial Studies 21,4(2008),1509–1531.

- [11] Xinlei Chen,Susu Xu,Haohao Fu,Carlee Joe-Wong,Lin Zhang, Hae Young Noh,and Pei Zhang.2019.ASC:Actuation System for City-Wide Crowdsensing with Ride-Sharing Vehicular Platform.In Proceedings of the Fourth Workshop on International Science of Smart City Operations and Platforms Engineering(Montreal,Quebec,Canada) (SCOPE'19).Association forComputingMachinery,NewYork,NY,USA,19–24.<https://doi.org/10.1145/3313237.3313299>
- [12] Xinlei Chen,Pei Zhang,Susu xu,Jun Han,Haohao Fu,Xidong Pi, Carlee Joe-Wong,Yong Li,Lin Zhang,and Hae Noh.2020.PAS:Pre diction Based Actuation System for City-scale Ride Sharing Vehicular Mobile Crowdsensing.IEEE Internet of Things Journal PP(01 2020), 1–1.<https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2968375>
- [13] Yanfeng Geng and Christos G Cassandras.2013.New“smart parking” system based on resource allocation and reservations.IEEE Transac tions on intelligent transportation systems 14,3(2013),1129–1139.
- [14] Claire Hanen.1994.Study of a NP-hard cyclic scheduling problem: The recurrent job-shop.European Journal of Operational Research 72, 1(1994),82–101.
- [15] M.He,W.Gu,Y.Kong,L.Zhang,C.J.Spanos,and K.M.Mosalam.2020. CausalBG:Causal Recurrent Neural Network for the Blood Glucose Inference With IoT Platform.IEEE Internet of Things Journal 7,1(2020), 598–610.
- [16] Abhirup Khanna and Rishi Anand.2016.IoT based smart parking system.In 2016 International Conference on Internet of Things and Applications(IOTA).IEEE,266–270.
- [17] Adam Millard-Ball.2019.The autonomous vehicle parking problem. Transport Policy 75(2019),99–108.
- [18] SatyaSrikanth Palle,R Akhila,B Devika Bai,Arun Oraon,et al.2018. IoT Based Smart Vehicle Parking Manager.In 2018 3rd IEEE Interna tional Conference on Recent Trends in Electronics,Information&Com munication Technology(RTEICT).IEEE,1124–1127.
- [19] Thanh Nam Pham,Ming-Fong Tsai,Duc Binh Nguyen,Chyi-Ren Dow, and Der-Jiunn Deng.2015.A cloud-based smart-parking system based on Internet-of-Things technologies.IEEEAccess3(2015),1581–1591.
- [20] C.Ruiz,S.Pan,A.Bannis,M.Chang,H.Y.Noh,and P.Zhang.2020. IDIoT:Towards Ubiquitous Identification of IoT Devices through Visual and Inertial Orientation Matching During Human Activity.In 2020 IEEE/ACM Fifth International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation(IoTDI).40–52
- [21] Rosario Salpietro,Luca Bedogni,Marco Di Felice,and Luciano Bononi. 2015.Park Here!a smart parking system based on smartphones' embedded sensors and short range Communication Technologies.In 2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things(WF-IoT).IEEE,18–23.

- [22] Jongho Shin and Hongbae Jun.2014.A study on smart parking guidance algorithm.Transportation Research Part C-emerging Technologies 44(2014),299–317.
- [23] Vladimir Svetnik,Andy Liaw,Christopher Tong,Christopher J Culberson,P Robert Sheridan,and P Bradley Feuston.2003.Random forest:a classification and regression tool for compound classification and QSAR modeling.Journal of Chemical Information and Computer Sciences(2003),1947–1958.
- [24] Sean J Taylor and Benjamin Letham.2018.Forecasting at scale.The American Statistician 72,1(2018),37–45.
- [25] Hongwei Wang and Wenbo He.2011.A reservation-based smart parking system.In 2011 IEEE Conference on Computer Communications Workshops(INFOCOM WKSHPS).IEEE,690–695.
- [26] Hongwei Wang and Wenbo He.2011.A reservation-based smart parking system.In 2011 IEEE Conference on Computer Communications Workshops(INFOCOM WKSHPS).IEEE,690–695.
- [27] Susu xu,Xinlei Chen,Xidong Pi,Carlee Joe-Wong,Pei Zhang,and Hae Noh.2019.Incentivizing vehicular crowdsensing system for large scale smart city applications.51.<https://doi.org/10.1117/12.2514021>
- [28] Susu Xu,Xinlei Chen,Xidong Pi,Carlee Joewong,Pei Zhang,and Hae Young Noh.2019.iLOCuS:Incentivizing Vehicle Mobility to Optimize Sensing Distribution in Crowd Sensing.IEEE Transactions on Mobile Computing(2019),1–1.
- [29] Susu Xu,Xinlei Chen,Xidong Pi,Carlee Joewong,Pei Zhang,and Hae Young Noh.2019.Vehicle dispatching for sensing coverage optimization in mobile crowdsensing systems:poster abstract.(2019), 311–312.

译文原文出处： Blancaflor E B, Butalon J M T, Pascual P E S, et al. Parkpal: A park sharing and crowdsource park monitoring mobile application[C]//Proceedings of the 10th International Conference on E-Education, E-Business, E-Management and E-Learning. 2019: 383-388.