

分类号： U491

U D C :

密 级： 公 开

单位代码： 10424

学 位 论 文

基于停车场信息的动态停车诱导系统

研究

高静

申请学位级别： 硕士学位 专业名称： 交通运输规划与管理

指导教师姓名： 任 传 祥 职 称： 副 教 授

山 东 科 技 大 学

二零一六年五月

论文题目：

基于停车场信息的动态停车诱导系统研究

作者姓名： 高静 入学时间： 2013年9月

专业名称： 交通运输规划 研究方向： 交通运输系统
与管理 规划与管理

指导教师： 任传祥 职 称： 副教授

论文提交日期： 2016年5月

论文答辩日期： 2016年5月

授予学位日期： 2016年6月

**THE RESEARCH OF DYNAMIC PARKING GUIDANCE
SYSTEM BASED ON INFORMATION OF THE PARKING
LOT**

A Dissertation submitted in fulfillment of the requirements for the degree of

MASTER OF PHILOSOPHY

from

Shandong University of Science and Technology

by

Gao Jing

Supervisor: Associate Professor Ren Chuanxiang

College of Transportation

May 2016

声 明

本人呈交给山东科技大学的这篇硕士学位论文，除了所列参考文献和世所公认的文献外，全部是本人在导师指导下的研究成果。该论文资料尚没有呈交于其它任何学术机关作鉴定。

硕士生签名：

日 期：

AFFIRMATION

I declare that this dissertation, submitted in fulfillment of the requirements for the award of Master of Philosophy in Shandong University of Science and Technology, is wholly my own work unless referenced or acknowledged. The document has not been submitted for qualification at any other academic institute.

Signature:

Date:

摘要

近年来，机动车的数量急剧增加，随之带来的是交通拥堵、停车难、环境污染等各种问题。特别是随着我国城市化进程的加快，停车难问题变得越来越严重。停车难造成车辆在路上的行驶时间增加，增加了燃油的消耗、影响到了环境、增加了道路拥堵情况。停车问题成为了人们迫切需要解决的问题，基于智能化技术的动态停车诱导系统及方法成为研究热点。

论文对基于实时停车场信息的动态停车诱导系统进行研究，首先从动态停车诱导系统的研究背景和意义出发，对停车诱导系统的国内外研究现状进行分析；然后分别从用户需求、系统功能、关键技术和停车行为过程几个方面进行了停车诱导系统的需求分析，提出了基于停车场信息的动态停车诱导系统的整体设计思路 and 具体结构设计；接着对实现动态停车诱导所需的智能停车场进行设计，包括了智能停车场的组成、功能，智能停车场的管理过程、车辆入场及出场的工作流程，室内外停车场的停车位信息采集方式，特别提出了一种利用太阳能无人机群实时检测室外大型停车场车位的方法，以解决现有停车场因缺乏移动性检测车位方法造成停车位浪费及停车难问题；进而提出基于停车场信息的动态停车诱导方法设计，通过初选和组合选择过程选择最优停车场范围，将可选的最优停车场按优劣顺序排序，动态路径诱导过程中，只要第一目标停车场有停车位，则选择最优停车场的最优路径作为行驶路径，当第一目标停车场没有停车位时，则按顺序选择次优停车场进行诱导；最后，对基于停车场信息的动态停车诱导方法进行仿真实验，选择了从山东科技大学北门到利群商厦进行动态停车诱导，证明了基于停车场信息的动态停车诱导系统的可行性。

关键词：交通出行；智能停车场；动态停车诱导；多目标优化

ABSTRACT

In recent years, the number of motor vehicles has increased dramatically, then there is traffic congestion, parking difficulty problem and environment pollution problem and so on. Especially the parking problem is becoming more difficult with the process further of urbanization in our country. The parking difficulty problem increases the driving time on the road, the gas consume, the road congestion, positive environment. The parking problem has been the urgent problem needed to resolve, and the dynamic parking guidance system based on intelligent technologies and methods are the key research point.

The thesis researches the dynamic parking guidance system based on the information of parking lot, analyzed the dynamic parking guidance system research background and significance at home and abroad, and discussed the importance of the design and implementation based on the parking lot information dynamic parking guidance. Then starting from an overview of the parking guidance system, the parking guidance system requirements are analyzed which included the system function, user requirements and parking behavior process, the dynamic parking guidance system design method and concrete structure design are proposed. The intelligent parking lot is put forward and designed, which includes the components, functions, indoor and outdoor parking space information acquisition methods, and introduction of the working process of the parking lot, especially a use of solar energy of unmanned aerial vehicle group of real-time detection of large parking lot parking method. Dynamic parking guidance method is provided, which includes two steps: select the optimal range of the parking lot, will be able to choose the optimal parking lot, as long as the first target is parking lot parking, select optimal parking lot of optimal path as a moving path. The simulation experiment is carried out on the main choice from the north gate of Shandong university of science and technology to LiQun shopping mall are selected for dynamic parking guidance simulating, and the results are proved the feasibility of the dynamic parking guidance's sign and implementation based on parking lot.

Keywords: Transportation; Intelligent parking lot; Dynamic parking guidance; Multi-objective optimization

目录

1 绪论.....1

1.1 研究背景及意义..... 1

1.2 国内外研究现状..... 3

1.3 论文研究的主要内容.....6

2 停车诱导系统的方案设计.....7

2.1 停车诱导系统需求分析.....7

2.2 停车诱导系统结构设计.....12

2.3 本章小结.....15

3 停车场管理系统..... 16

3.1 停车场的功能及其组成.....16

3.2 停车场停车位信息采集.....18

3.3 停车场内工作流程.....22

3.4 本章小结.....24

4 基于停车场信息的动态停车诱导方法设计..... 25

4.1 多目标组合选择停车场.....25

4.2 最优停车场动态路径诱导..... 32

4.3 本章小结.....35

5 仿真实验.....36

5.1 动态停车诱导选择最优停车场.....36

5.2 动态停车诱导仿真实验.....38

5.3 本章小结.....40

6 总结与展望.....41

6.1 总结.....41

6.2 展望.....41

参考文献.....42

致谢.....46

Contents

1 Introduction.....	1
1.1 The background and significance of the study.....	1
1.2 The research status at home and abroad.....	3
1.3 The main contents of the paper.....	6
2 The scheme design of parking guidance system.....	7
2.1 Parking guidance system requirements analysis.....	7
2.2 Structure design of parking guidance system.....	12
2.3 The summary of this chapter.....	15
3 Parking lot management system.....	16
3.1 The component and function of the parking lot.....	16
3.2 Parking space information acquisition in the parking lot.....	18
3.3 Intelligent parking lot system workflow.....	22
3.4 The summary of this chapter.....	24
4 Dynamic parking guidance method based on the information in parking lots.....	25
4.1 Multi-objective portfolio selection in the parking lot.....	25
4.2 Dynamic route guidance to the optimal parking lot.....	32
4.3 The summary of this chapter.....	35
5 The simulation results.....	36
5.1 Dynamic parking guidance to choose the optimal parking lot.....	36
5.2 Dynamic parking guidance simulation experiment.....	38
5.3 The summary of this chapter.....	40
6 Summary and Outlook.....	41
6.1 Conclusion.....	41
6.2 Prospect.....	41
Acknowledgements.....	42
References.....	46

1 绪论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

随着我国经济的快速发展，汽车数量快速增加，这给人们出行带来了便捷，与此同时也带来了停车难等问题，特别是在城市中心区域停车问题已经成为了城市规划与管理的重要课题，而且也是世界大中城市普遍存在的问题。为了缓解或解决城市停车难问题，我国很多城市不断开辟、增设地上停车场，如图 1.1 所示为某城市区域的一地上停车场；同时，也充分利用地下空间资源建设地下停车场，如图 1.2 所示为一地下停车场；此外，也有城市建设了立体停车库或停车楼，如图 1.3 所示为立体停车库，图 1.4 为在天津所建设的国内首家停车楼，这为日益增长的机动车提供了更多的停车空间。各种停车场的建设为城市停车问题的解决起到了较好的作用，然而正如修建越来越多的道路并没有解决道路交通拥挤问题一样，建造越来越多不同样式的停车场没有在根本上解决停车难问题，究其原因，并不是因为停车位不够，而是人们无法快速找到并有效的利用停车位，造成部分停车位的浪费，此种情况下动态停车诱导系统的出现则可以有效的解决该问题，为停车难提供有效的途径。



图 1.1 地上停车场

Figure 1.1 The Ground Parking Lot



图 1.2 地下停车库

Figure 1.2 The Underground Parking Garage



图 1.3 立体停车库

Figure 1.3 Mechanical Parking Equipment



图 1.4 天津市首家停车楼

Figure 1.4 The first Parking Building of Tianjin

1.1.2 研究目的及意义

机动车的状态有“行”与“停”两种状态，机动车辆的“行”即车辆的出行，其形成动态交通，需要有道路及交通管理的支持；同样，机动车辆的“停”即车辆的停车状态，其形成静态交通，需要有停车场及其管理的支持^[1]。统计显示，一辆车的出行与停车的时间符合帕累托定律^[2]，即一年当中车辆的停靠时间为 80% 以上，而在路上行驶的时间仅为 20%。汽车作为当今最主要的交通工具之一，除了交通拥堵是一大难题外，停车难已经成为一个社会问题，实际上停车问题相应也会导致交通拥堵。当人们抱怨“停车难”的时候，就意味着一个庞大的停车消费市场已经形成，要实现车辆的畅通无阻，停车诱导系统的建立至关重要。

实际中关于停车诱导系统的研究及应用已经不少，但是大都是以静态诱导为主，很多实时的交通信息、停车泊位信息等没有在这种停车诱导系统中得到应用，因此，其对

于驾驶员的停车诱导未有很明显的效果。基于停车场实时信息的停车诱导可以为驾驶员提供更准确的停车信息，并可以引导驾驶员到达目标停车场。本课题针对停车场实时信息获取及停车诱导技术和方法进行研究，可以避免驾驶员无目标的搜寻，有效缓解城市停车难的问题。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

停车诱导系统的发展，得益于城市智能交通系统（ITS, Intelligent Transportation System）的迅猛发展，自上世纪六十年代开始，欧洲、日本、美国的停车诱导系统陆续发展起来，以下为该三个区域主要的停车诱导系统发展情况。

西班牙的 IBERSEGUR OPTIMA 是通过全自动泊位诱导控制系统让驾驶员在停车场内方便而快速地找到空闲泊位，以防因盲目寻车位造成停车场内的无效驾驶行为^[3]。德国科隆市的停车诱导系统是 PGIS（Parking Guidance and Information Systems）应用成功的典型，该市的停车诱导系统拥有众多动态诱导屏和指路牌，覆盖了整个内城中心区，利用电台、广播、电视等多种方式发布信息，甚至通过网络平台可以了解到每个停车场的车位剩余情况，并将已知的信息建成由市政府交通指挥中心管理及发布的信息数据库^[4]。由德国西门子公司和博世有限公司于上世纪九十年代联合开发的典型车辆导航系统 Euro-Scout^[5]是欧洲最具代表性的车载导航系统，除了应用在德国柏林等欧洲城市外，还应用到了美国的部分地区。现在，欧洲的车路协调系统（CVIS, Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems）不仅能实现智能路径诱导、停车位的自动导航等技术，还能智能诱导多车避免同时进入同一道路路段。

美国早期的诱导系统 ERGS^[6]开发于上世纪六十年代末，是一种车载的静态路径诱导系统，该系统将 7 个停车库和三个停车场的停车信息进行统计管理，通过电子诱导屏和指示牌来显示车位的占用情况以及停车方位。计算机中心将获得的信息数据，传送至电子诱导显示屏，驾驶员设定目的地后，根据电子诱导屏和诱导指示牌，该系统会自动引导驾驶员到达目的地。现在，美国开发了区域性的多方式出行者信息系统（MTIS, Multi-modal Traveler Information System），在多地广泛应用，通过网络实时交通信息的发布，车载导航设备实现路线的选择、车辆定位、自动导航到目的停车场，此系统需要较丰富的信息共享渠道^[7]。截至目前，美国多个城市已将停车诱导系统应用在路外停车场、室内停车库等多种停车设施中。

日本的停车诱导系统是通过交通综合管理系统 UTMS (Universal Traffic Management System) 项目的开发而发展起来的,它是亚洲最早应用停车诱导系统的国家,该系统在主要交叉路口、区域干道、停车场内部建立电子诱导指示牌,实时显示停车场的位置、方向、泊位剩余情况等信息^[8]。现在,日本开始致力于深入研究停车诱导系统的发展状态,对停车搜索模型以及诱导信息显示配置的优化、智能停车管理系统及技术革新等方面实现停车诱导系统的更高层次的发展。

这些国家停车诱导系统的发展,除了国家的政府提供资金支持外,还得益于各国学者的不断深入研究。1991 年, Axhausen 与 Polak^[9]通过对 1990 年之前的出行者停车行为进行了出行者的停车意向调查,并建立了停车选择模型,分析出停车区域与停车诱导设施对出行者停车的影响。1998 年, Thompson^[10]等人在位于日本东京中心的新宿区、Osaka 以及 Utsunomiya 城市进行了问卷调查,主要利用二项式 Logit 方法分析归纳出不同驾驶员的出行特征,提出了停车诱导系统 PGIS 中不同个人属性的驾驶员选择不同停车场分类模型。2001 年, Thompson^[11]在停车诱导系统与信息显示技术的最优化的著作中提出了停车诱导系统设计及开发的基础理论知识及方法,提出了基于改进城市 PGIS 的显示优化技术的停车行为模型。2003 年, Mauro Dell' Orco 和 Michele Ottomanelli^[12]等人通过模糊集表达停车费用情况,在提供选择的停放和选择的概率之间进行比较,利用概率论的知识建立数学模型,提出了提高停车选择过程中的精确性的方法。2011 年, Sayanti Banerjee^[13]等人提出了基于实时图像处理的停车场管理系统,根据停车场内行驶车辆占用状态,实时将信息传递给司机。2012 年, Mr. Vivekanand P. Thakare^[14]等人提出了一种基于无线传感网络的停车诱导及管理系统,这个系统由空间监控节点、微控制单元和中心控制器组成,通过无线传感器传输网络对行驶车辆的信息进行整合,显示停车状态。2015 年, Ahmed Tijjani Dahiru^[15]将模糊逻辑推理应用于道路交通和停车空间管理中,用 Matlab 开发的工具箱进行停车分配的修改,通过更改输入变量,修改最优的停车推荐策略。

1.2.2 国内研究现状

国内对于停车诱导系统的使用,特别是智能停车服务的研究工作开展较晚,但随着交通事业的不断发展,一些先进的交通诱导系统先后在北京、深圳、上海等大中城市得以应用。

2001 年年底,在北京王府井建立了国内第一个 PGIS,停车诱导信息系统真正在北京得到应用。“十一五”期间,北京建立了北京市交通运行监测中心 TOCC (Transportation

Operations Coordination Center), 如图 1.5 所示为北京市交通信息中心网; “十二五”期间, 建立智能化、一体化的综合交通信息数据共享交换体系; “十三五”期间, 北京将推进公共停车场建设, 加强京津冀区域公路互联互通, 建设多个停车设施及停车位, 最终实现综合交通运输的联动, 推动城市综合停车诱导枢纽建设^[16]。



图 1.5 北京市交通信息中心网

Figure 1.5 the network of Beijing traffic Information Center

2005 年, 深圳启用停车诱导系统, 包括十多个停车场的近 2000 个停车空位。该系统在片区主次干道及停车场附近设立了 19 块醒目的电子显示标志牌, 将科学的统计出来的空余车位实时的发布出来, 引导驾驶员快速找到车位, 但由于停车诱导引入中国的时间太短, 诱导设施不完善, 仅仅暂时解决了停车难问题。“十二五”期间, 深圳市开展了智能交通专项规划工作, 投入 16 亿元资金发展智能交通体系(ITS), 是国内少数编制智能交通专项规划工作的城市之一, 开通运行了智能化大公交体系, 推动了深圳市智能交通系统的发展^[17]。

2010 年, 为支持世博会, 迎接各国贵宾的畅通出行, 上海在全市范围内建设 PGIS, 市民可通过网络、电话等方式查询停车场、停车库的泊位剩余情况, 并提前预定停车位。世博会结束后, 上海仍采用世博会期间的交通管理措施, 加快“智能交通”建设, 为市民提供实时的、动态的交通信息服务, 便于广大市民畅通出行^[18]。

国内停车诱导系统在借鉴国外研究结果的同时, 国内的各大高校以及研究学者也在不断的进行自主创新, 促进国内停车诱导系统的发展。1995 年, 同济大学提出了动态标志路线导行系统, 该系统通过电台和可变标识牌进行交通诱导, 这是我国在交通诱导领域中关于车外的诱导系统的较早尝试^[19]。随后, 吉林工业大学开发了城市交通流诱导系统 UTFGS, 由于其提出基于实时的交通信息的诱导特性, 成为了我国第一个动态路径诱导项目^[20]。2000 年, 杨兆升和初连禹^[21]在动态路径诱导系统的研究进展中, 通过对动态路径诱导系统进行分析归纳, 最终提出了适合国内城市交通流诱导系统的框架。2003 年,

李静和范炳全^[22]运用博弈论的概念与方法,分析了出行者对描述性诱导信息和建议性诱导信息的不同反应,得出建议性诱导信息能更好地改善博弈结果的结论。2005年马寿峰和卜军峰^[23]在交通诱导中系统最优与用户最优的博弈协调中,对系统最优与用户均衡这两种均衡思想在引入博弈论后的结果进行分析,将启发性的路网分配求解算法应用到诱导系统中,在保证交通网络系统的整体最优的同时,验证其符合实际交通状况。2010年,韩波^[24]在实时动态停车诱导信息系统车辆排队模型研究中,建立基于车辆实时到达率的实时动态停车诱导排队模型,对产生停车需求的车辆进行动态信息指引,更符合实际。2015年,肖婧和王皓^[25]在高维多目标动态停车场选择及路径诱导研究中,提出一种综合用户出行前静态的和行进中动态的诱导模型,并设计了高维多目标优化算法 KS-MODE,实例验证后表明该模型和算法确实使得现有停车诱导系统的诱导更精确。

上述关于停车诱导系统的文献,从可变标志牌、动态路径诱导、博弈论、排队论等各个方面提出了改进的方法,对于停车难问题有一定的缓解,但未结合停车场现状进行分析,因此其对于驾驶员的停车诱导未有很明显的效果。停车诱导系统不能达到预期的诱导效果,很重要的一点就是信息的滞后性不能保证驾驶员获取到的车位的信息是最实时的,因此停车场的车位信息采集的实时性便是本文将要研究的重点。

1.3 论文研究的主要内容

论文针对基于停车场信息的动态停车诱导系统进行研究,具体安排如下:

第1章 绪论,阐述研究的目的及意义,并对国内外停车诱导系统研究的国内外现状进行论述和分析,给出论文的主要研究内容。

第2章 停车诱导系统方案设计,首先介绍了停车诱导系统的定义,对用户需求、系统功能、关键技术、停车行为过程进行分析,提出本文基于停车场信息的动态停车诱导系统的整体设计目标和具体的结构设计。

第3章 停车场管理系统,首先对停车场的管理系统结构的功能进行分析,接着对室内室外停车场的停车位信息采集方式进行介绍,最后介绍车辆出入停车场的工作流程。

第4章 基于停车场信息的动态停车诱导设计,先是进行最优停车场的选择,然后基于已知的停车场信息进行动态路径优化。

第5章 仿真分析,对建立的数学模型进行仿真实验,证明基于停车场信息的动态停车诱导系统的重要性。

第6章 总结与展望,对论文进行总结并对下一步的工作进行展望。

2 停车诱导系统的方案设计

2.1 停车诱导系统需求分析

2.1.1 停车诱导系统概述

停车诱导系统(PGIS)对于车辆的诱导有着重要的作用, 该系统包括中央控制中心、信息采集子系统、信息传输子系统和信息发布子系统, 可以向驾驶员提供停车场的地理位置、泊位剩余情况、出发地到目的地的路线、停车场内到达空余泊位的最短路线等信息, 使得停车场及相邻道路的车位利用率有明显提高, 帮助驾驶员方便快捷的停车^[26]。停车诱导系统可以有效缓解城市交通压力, 减少在寻找泊车位过程中的无效巡游, 提高停车场的使用率和周转率, 合理利用停车资源, 对于解决停车难问题起着重要作用。

2.1.2 用户需求分析

停车诱导系统主要服务于道路使用者、交通管理者、行政管理者、交通营运者以及其他部门, 如表 2.1, 目的就是使与交通相关的各个部门及个体能够更加协调顺畅的共享交通信息, 使得道路更畅通, 停车更方便, 心情更舒畅。

表 2.1 用户需求分析表

Table 2.1 user requirement analysis table

服务对象	服务内容
道路使用者	实时获取与出行相关的停车场信息、道路网信息、出行路线、天气情况
交通管理者	实时获取各类交通原始数据, 经过处理后用于调控交通流、制定相关交通政策、管理措施等提供数据依据
行政管理者	实时获取与城市停车政策相关的各类信息及分析报告, 便于制定各类紧急预案, 利于更好的处理相关道路交通事故
交通营运者	实时获得道路交通信息, 了解各停车场停车现状, 为出行者做出出行引导, 快速与交管、行政等部门进行信息共享, 整体调控城市停车状况
其他部门	综合获取相关交通状况信息, 实现信息共享, 有助于提高城市交通出行与停车整体运行效率

特别地, 构建停车诱导系统的最重要的目的是减少驾驶员为寻找停车设施所花费的时间, 减少因寻找停车位而产生的道路巡游交通量, 缓解道路拥挤状况, 降低驾驶员的不满情绪^[27]。随着停车诱导信息系统的不断发展, 出行者们希望通过计算机网络服务在出行前获得更多的停车信息, 希望通过路测的可变信息板获得停车地的方向和车位使用

情况，希望通过手机或车载设备在行驶过程中获得停车信息的诱导。因此，驾驶员对于动态停车诱导系统中关于停车场的信息主要包括：停车场具体的方向位置、收费情况、剩余泊位信息、附近的交通状况、停车换乘方式是否方便快捷等信息。这些信息，便于驾驶员对目的地周边停车场的情况有个大致了解，诱导系统可以诱导车辆用最短的时间到达目的停车场进行停车行为，避免到达停车场后因不熟悉情况或找不到停车位而产生焦虑烦躁的心情。

2.1.3 系统功能分析

停车诱导系统可以通过发布停车信息，帮助驾驶员提前了解停车场的车位使用状况，减少路边违规停车的现象；通过整合停车设施内的有效资源，改善停车场的运行条件，来提高停车场的车位使用效率；通过及时诱导驾驶员快速找到停车位，缓解驾驶员的急躁情绪等。停车诱导系统的功能主要有：统一的数据库管理功能、信息处理功能、停车场智能管理功能，以下具体进行分析。

统一的数据库功能主要是对道路网信息（道路的技术等级、收费方式、道路的通行能力）、停车场信息采集设备传送过来的停车场实时车位信息、驾驶员档案信息（驾驶员的驾龄、行车记录等）、车辆保有量信息等存储到数据库中，这些数据在一定时间段内保持相对稳定，便于驾驶员出行时随时随地调用信息。由于诱导信息量比较大，需要快速、及时的对信息进行存储、访问、修改和更新，利用数据挖掘技术进行深度挖掘，保留有价值的信息，提高分析数据和决策方案的效率，完善数据的安全性和完整性。停车诱导系统的数据库结构包含的内容如图 2.1 所示。

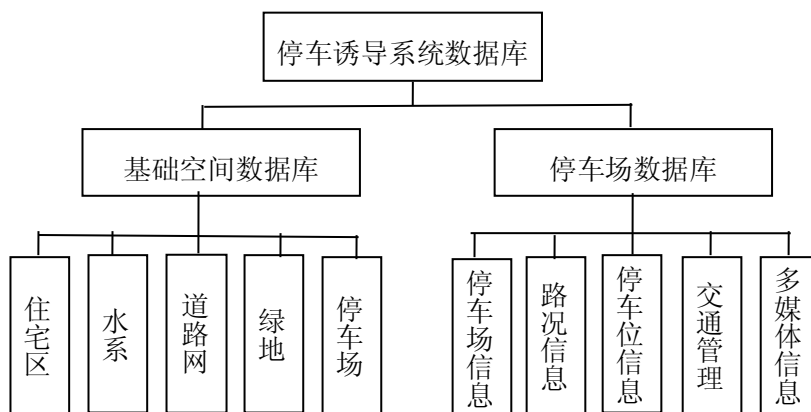


图 2.1 停车诱导系统数据库

Figure 2.1 parking guidance system database

停车场管理功能主要指通过停车场内的检测设备，获取哪些停车位已被占用，哪些

停车位还未被使用，再将检测到的这些节点信息发送到停车场的嵌入式终端，通过 GPRS（General Packet Radio Service）等无线通信网络传输到信息中心的服务器上，信息中心服务器将这些空车位的信息显示到诱导屏上，供驾驶员使用^[28]。当驾驶员选定某个位置的停车空位后，根据停车场内的诱导指示牌，以最快的时间选择最近的行驶路线，到达停车位进行停车。

信息处理功能将信息采集设备采集到的周边道路状况信息以及停车场车位空余状况信息加工处理成驾驶员能够接受的信息，信息处理流程图如图 2.2 所示。例如，当收集到各个停车场内部的实时数据后，应该用所有驶入停车场的车辆数减去所有驶出停车场的车辆数，得到停车场内部车辆的实际数量，用停车场内所有的停车位减去实际数量，得到剩余车位数，生成具体停车信息送入待发队列，即将数据转换为停车信息。将剩余泊位的个数以及位置，以驾驶员容易接受的形式展示到可变信息板上，便于驾驶员使用。

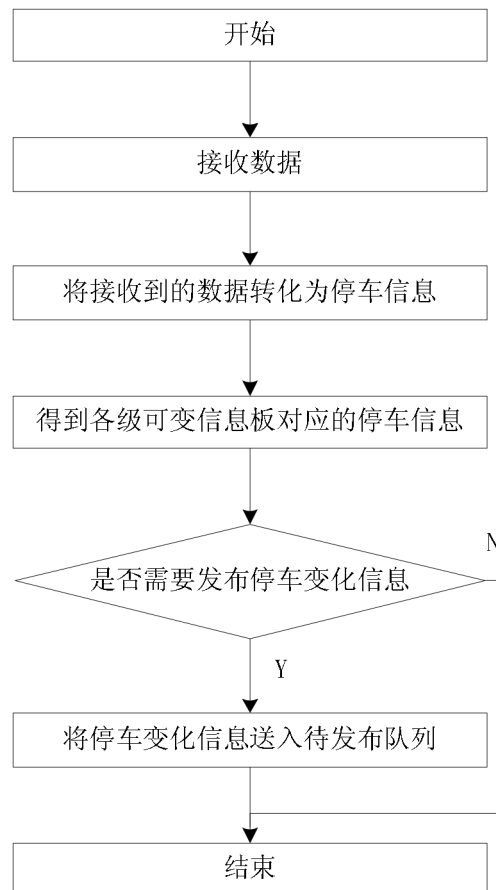


图 2.2 信息处理流程图

Figure 2.2 The flow chart of information processing

2.1.4 关键技术分析

无线数据通信技术，ZigBee 是基于 IEEE802.15.4 标准的低功耗局域网协议。它是一

种集安全性、易用性、可靠性和低功耗性为一体的无线传感网络技术，主要适合用于自动控制和远程控制领域，具有近距离、低复杂度、自组织、低功耗、低数据速率的特点，可以嵌入各种设备。IEEE802.15.4 标准定义了物理层和介质接入控制层，ZigBee 联盟定义了网络层、应用层（由设备对象、应用支持子层和有不同制造商制定的应用对象构成以及各层需要的安全服务^[29]）。相对于其他的无线通讯技术，ZigBee 除了具有近距离、低复杂度、自组织、低功耗、低数据速率的特点，还具有短时延、大容量网络、自配置、免许可的无线通讯频段、多种组网方式、三级安全模式等技术，ZigBee 协议示意图如图 2.3 所示。

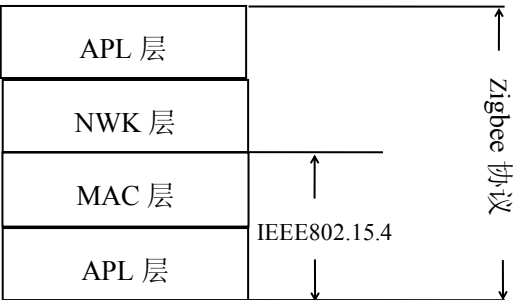


图 2.3 ZigBee 协议示意图

Figure 2.3 ZigBee protocol diagram

Wi-Fi（WIREless-FIdelity）即无线保真技术，是一个高频无线电信号，可以将个人电脑、手持设备等终端以无线方式互相连接起来。无线保真与蓝牙技术一样，属于短距离无线技术，是一种网络传输标准，其优点是成本低、信号稳定、穿透能力强、高速率。GPRS（General Packet Radio Service）即通用分组无线服务技术，引入了分组交换和分组传输的概念，加强了 GSM 网络在网络体系上对数据业务的支持，高于 GSM 对网络资源的利用率^[30]。GSM（Global System For Mobile Communications）即全球移动通信系统，在无线通信领域中应用广泛。其覆盖面积广、维护费用低，但实时性较差，对于那些实时性要求不高的用户来说，是个很好的无线通信方式。GPRS 与 GSM 的区别就是，GSM 是按连接时间计费的，而 GPRS 只需要按数据流量计费。

随着全球定位技术的普及，在道路上安装微波检测器，实时采集道路上各个车道的车流量、速度、占有率等交通流数据的时代已成过去。在车辆上安装 GPS 定位系统，实时采集路网信息，避免了避免了传统检测方式的高投入、低精度以及实时性差等缺点，降低成本的同时，获取较高精度的实时道路网信息。在实时交通信息处理技术中，交通信息中心是其技术核心，主要由计算机和各种通信设备等硬件系统组成，将获取的实时

交通信息转化为用户需要的数据形式，为相关交通参与者提供数据支持。它通过通信系统向路上车辆不断发送实时交通状况，包括道路的通行能力、平稳度、有无交通事件、是否拥挤等信息。

车载装置通过无线数据通信技术、卫星定位、电子地图等多种高新技术，接收、储存和处理交通信息，保证车辆实时定位，为驾驶员提供良好的人机界面，为用户提供实时交通信息，便于实时诱导。在车辆行驶过程中，驾驶员可以实时查看车辆当前的位置、交通状况以及行车轨迹，并利用屏幕显示的电子地图信息以及语音导航路径服务，享受驾车的愉悦。

2.1.5 停车行为过程分析

停车行为过程是指驾驶员对停车空间的寻找、选择、决策、使用过程，一般包括驾驶员从出发地到达目的地、在目的地周围搜寻停车场、停车场是否有空位或者空位是否满足要求、选择下一个停车位进行停车这四个环节^[31]。对于停车行为，有诱导信息与没有诱导信息相比较有较大的区别，下面分别对其停车过程进行分析。

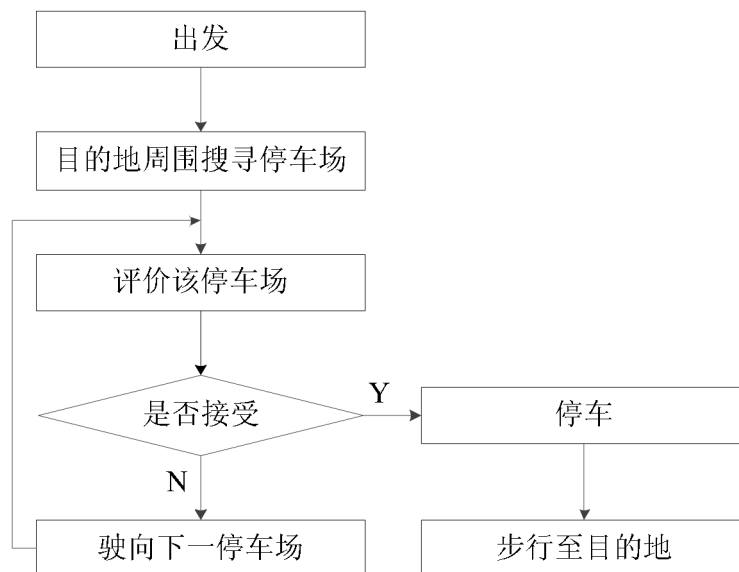


图 2.4 无停车诱导条件下的停车过程

Figure 2.4 parking process without parking guidance

在没有停车诱导时，驾驶员选择停车场比较盲目，且经常到达停车位已满的停车场盲目寻找^[32]。首先驾驶员到达目的地后，搜寻到第一家停车场，根据它的收费标准或其他个人原因决定是否使用该停车场，如果决定使用，进行停车位的搜寻，有停车位进行停车，没有停车位继续搜寻直到找到停车位或换一家停车场继续此搜寻过程，直到找到满意的停车位，行为过程如图 2.4 所示。

在有停车诱导系统时，驾驶员在出行前通过计算机或手机网络获取目的地的停车信息，利用停车诱导系统进行出发地到目的停车场的路径导航^[33]。到达目的停车场后，停车场有车位进行停车，没有车位则自动定位导航到下一个有泊位停车场，继续此过程，直到找到停车位进行停车，行为过程如图 2.5 所示。

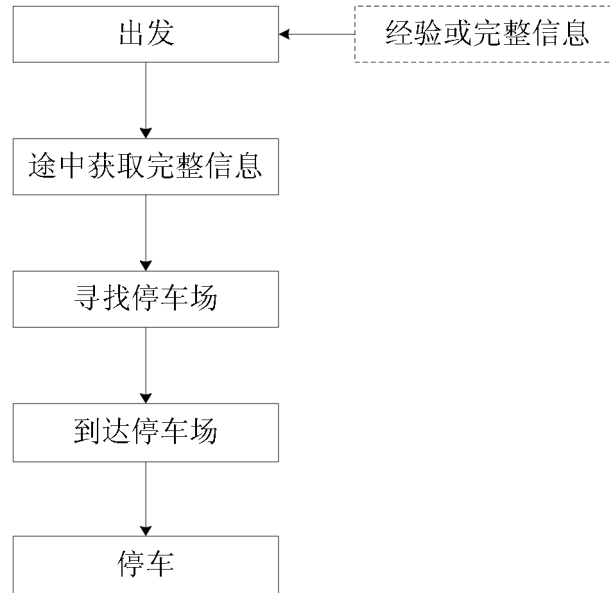


图 2.5 有停车诱导条件下的停车过程

Figure 2.5 parking process with parking guidance

2.2 停车诱导系统结构设计

2.2.1 整体设计思想

动态停车诱导系统以静态诱导为基础，在完成针对出行前的信息查询、出发地、目的地停车场的选择后，融合无线数据通信技术，利用车载移动装置，实时采集道路交通信息，实现停车诱导系统的准确性，动态诱导过程如图 2.6 所示。图 2.6 中每个黑点表示感应节点，用于交通信息的收集，在城市交通指挥中心将收集到的交通信息转化为实时的交通状态，显示在车辆显示屏上，驾驶员根据自己的个人偏好做出诱导路径选择。

现有停车诱导系统主要是静态诱导或者基于当前交通信息的动态诱导，而停车场的动态信息则没有被利用或没有被充分利用。本文所设计的动态停车诱导系统在动态交通信息诱导的基础上加入从各停车场实时获得的动态停车位信息，保证车辆到达停车场一定会有停车位。其中，停车场内停车位的实时信息采集是实现基于停车场信息的动态停车诱导系统的重点，也是本文研究的重要内容，其分为室内停车位信息采集和室外信息采集两部分。关于室外停车信息的实时检测，设计了基于太阳能无人机群的大型停车场

车位检测系统，其能够解决停车高峰时期，现有停车场因缺乏移动性检测车位方法造成停车位浪费及停车难问题。另外，通过多目标组合选择最优停车场的方式，在实时获得停车场信息的同时，可以满足驾驶员多目标意愿的停车选择行为，并为驾驶员提供从出发点到满足其需要的最优停车场的最优路径，保证驾驶员以尽可能短的时间到达停车场时有车位可停。

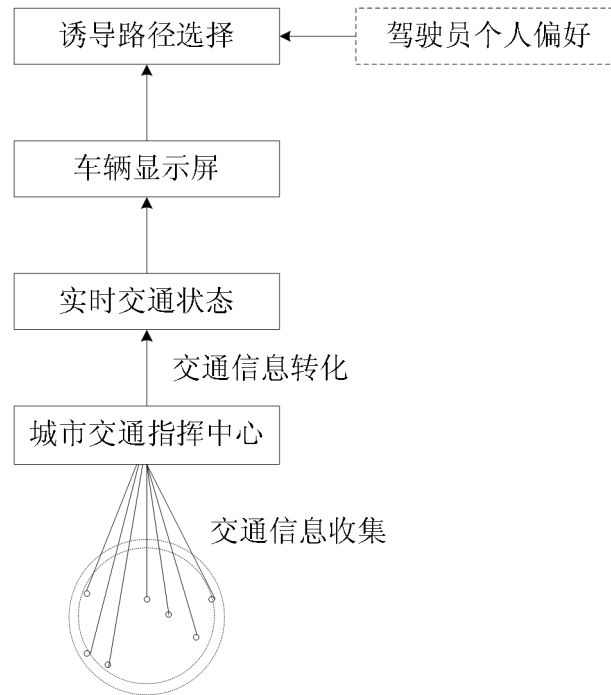


图 2.6 动态诱导过程

Figure 2.6 dynamic induction process

2.2.2 具体结构设计

基于停车场信息的动态停车诱导系统结构设计可分为信息采集模块、信息传输模块、信息发布模块和路径诱导模块，以下具体介绍这几个模块的构成及作用。

信息采集模块主要包括不同的信息采集方式获取的停车场信息、道路信息，并将取得的数据存放在数据库中备用。停车场内获得的信息主要包括：停车场的名称、地址、电话号码、容量、营业时间、停车费用、规章制度等信息；而道路信息主要包括：城市道路基础信息数据（一般可从手机或电脑上直接下载）、道路网信息、交通管理信息、到达目的地的路径诱导等信息。

本文中停车场停车位信息采集分为室内信息采集和室外信息采集两部分，如表 2.2 所示，室内停车场主要通过超声波检测技术、地磁车辆检测技术以及网络摄像机这三种技术进行空车位的检测；室外停车场或者一些因大型活动搭建的短时停车场主要利用太

阳能无人机群系统实时检测停车位的方法，以解决现有停车场因缺乏移动性检测车位方法而造成停车位浪费及停车难问题。

表 2.2 停车位信息采集模块

Table 2.2 Automatic information acquisition equipment usage

信息采集	方法	特点
室内信息 采集	超声波检测技术	其检测迅速、方便，具有较高的检测实时性和超高精度，计算简单
	地磁车辆检测技术	其检测精度高，安装维护方便，稳定可靠，可使用的时间长
	网络摄像机检测	利用现有综合布线网络来传输图象，具有超强的检测性能，并能保证检测的实时性
室外信息 采集	基于太阳能无人机群的大型停车场车位检测	解决了室外停车场环境复杂，车位检测不方便以及临时搭建短时停车场利用铺设检测器、安装摄像头等检测车位方法浪费资金的问题，高峰期检测可以提高车位的利用率，不占用地面空间

信息处理模块主要是由通过串口与控制芯片协调器相连接的硬件模块，利用计算机语言开发软件程序，将信息采集模块采集到的各停车场位置、使用状况的数据信息转化成驾驶员可以接受的信息，交由信息传输模块传递出去，由信息发布模块发布出来，供驾驶员查询及利用。

信息传输模块，主要是将信息采集模块采集到的各种信息传递给信息处理模块，信息处理模块再将获得的信息转化成驾驶员可以接受的信息传递给信息发布模块，最终将信息发布出去，供驾驶员使用，数据传输过程如图 2.7 所示。

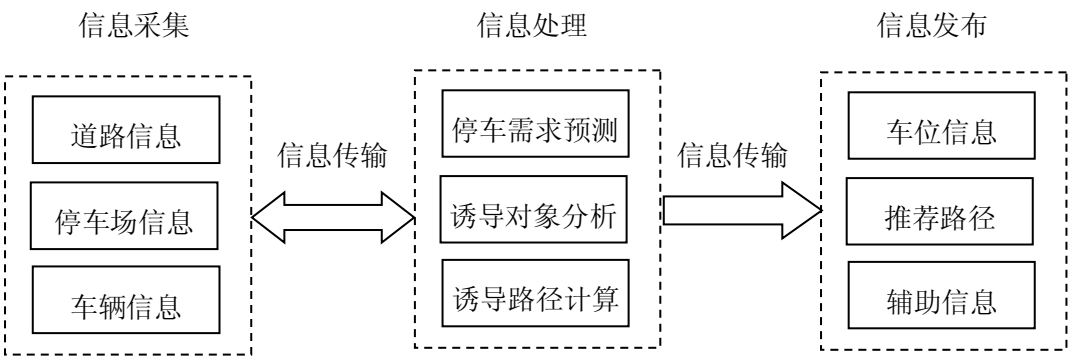


图 2.7 信息传输过程

Figure 2.7 information transmission process

信息发布模块，包括行驶途中 LED 显示屏显示的停车场方向、停车场车位信息，对于驾驶员路径的诱导，停车场外 LED 显示实时停车位信息、收费信息，以及停车场内 LED

显示各区域或者各层车位信息、引导驾驶员到达停车位的路线，便于驾驶员快速找到车位。由于设置停车诱导系统的区域范围较大，可采用分区诱导的方式，即在每个区域的出入口、停车场由外向内分层次发布诱导信息，避免因整体区域引导造成的诱导层次不简洁。首先是当车辆到达主干道路口，区域诱导板显示主干道区分的各区域内的停车场空满状态，使驾驶员提前了解即将到达区域的停车状况，如图 2.8 所示；当车辆进入某街区，街区诱导板会显示街区内的停车场使用状况，便于驾驶员选择，如图 2.9 所示，避免了因信息发布模块某部分出错而全系统崩溃的局面，使驾驶员更方便的体验停车过程。



图 2.8 区域诱导标志

Figure 2.8 area inducing sign



图 2.9 街区诱导标志

Figure 2.9 blocks inducing sign

路径诱导模块，除了根据当前道路交通的实时信息进行诱导，本文加入了停车场信息的动态变化，主要是根据停车场内停车位不断变化更新的数据，使得各停车场的优劣顺序发生变化，而路径诱导模块优先保证的最优停车场一定是有停车位的，即针对最优停车场进行最优路径诱导，这样可以保证车辆到达停车场时，停车场是一定有空余停车位的，减小了驾驶员二次寻泊的费用，保证车辆有车位可停。停车完成后，路径诱导模块会将停车信息通过信息传输过程负反馈给信息发布模块，将动态的停车场停车位信息发布出来。

2.3 本章小结

本章主要对停车诱导系统的方案进行设计，首先介绍了停车诱导系统的定义，对停车诱导系统进行需求分析，具体对用户需求、系统功能、关键技术和停车行为过程三方面进行了分析；然后是停车诱导系统的结构设计，给出基于交通信息动态诱导基础上的停车场信息动态诱导的思想，设计了动态停车诱导系统的具体结构，分析了其组成及基本原理。

3 停车场管理系统

3.1 停车场的组成及其功能

关于停车场，从最初的人工管理到取卡入场、取纸票入场再到智能化的不停车进出，停车场不断采用新的技术以满足人们的出行对停车场的要求；同时，要实现基于停车场的动态停车诱导需要停车场的信息，特别是实时停车位信息，如表 3.1 所示为动态停车诱导所需的停车场信息，这些静态信息和动态信息都需要有智能化的设备来支持，即通过智能化的停车场管理来获取停车场的实时信息。

表 3.1 智能停车场信息

Table 3.1 intelligent parking lot information

分类		包含内容
智能停车场 信息	静态信息	停车场的名字、地址
		停车场在地图中的位置
		停车场的最大容量
		停车场的营业时间
		停车场的服务类型
		停车场的收费情况
	动态信息	停车场的空满状态
		停车场内空车位数的实时动态

停车场管理系统包括了停车场出入口控制设施、停车位及其检测设备、停车位诱导指示标志及安全监控和自动收费设备等。整个停车场的组成可以通过其管理系统体现出来，如图 3.1 所示为停车场管理系统结构图。

自动识别收取停车费功能^[34]。采用 32 位 ARM 的处理器高度集成，内部安装蓝牙远距离读卡器，读卡距离 3-15 米范围可调，读卡方向及定位可调，功能稳定可靠；基于 IC 卡脱机脱网设计，具备 U 盘接口，可下载和提取用户信息及出入场脱机收费记录，系统收费及运行维护不受电脑或网络的制约；自动吐卡及收卡，剩余车位显示，图片对比抓拍，语音同步播报；抗干扰能力强，能穿透车辆防护膜，远距离不停车、不开窗刷卡，不受外界恶劣天气影响，适用于所有车辆；配备系统软件后可轻松实现嵌套性、中央收费、车牌识别等停车场收费及其他管理功能。

车位检测功能。通过车位检测，系统可以统计停车场内空车位数量，将探测的车位

情况上传至数据处理中心，将空车位的情况发布到停车场内停车诱导屏的同时，也会将车位数据传输给相关软件，在经过程序运行分析后，将空车位合理分配给驾驶员^[35]。车位检测可分为室内车位检测和室外车位检测，室内停车场主要通过超声波检测技术、地磁车辆检测技术以及网络摄像机这三种技术进行空车位的检测；室外停车场或者一些因大型活动搭建的短时停车场主要利用太阳能无人机群实时检测停车位的方法，以解决现有停车场因缺乏移动性检测车位方法而造成停车位浪费及停车难问题，下一节将具体进行介绍。

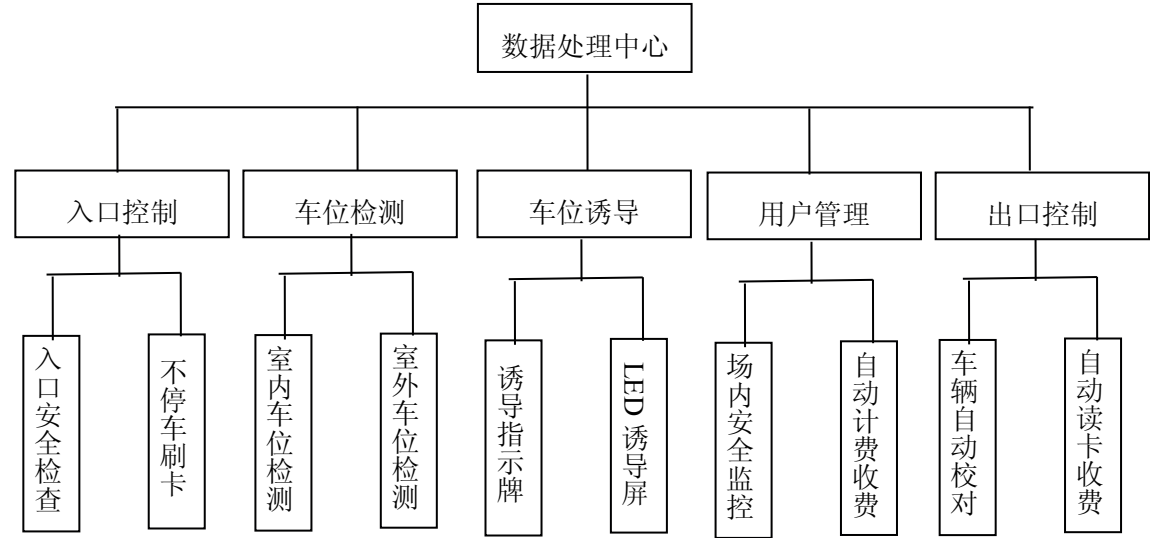


图 3.1 停车场管理系统结构

Figure 3.1 parking lot management system structure

停车场诱导及车位诱导功能。简单的停车诱导标志，一般位于停车场外，告知驾驶员停车场的类型、方位、车位剩余数等信息，便于驾驶员根据个人喜好做出选择。现今的停车场规模越来越大，当驾驶员到达有巨大容量的停车场空间时，不知道该如何更容易的寻找停车位，特别是当空车位比较少时，驾驶员在停车场内开着车却无法找到空位时，内心必定产生烦躁心理^[36]。在停车场内，主要有停车诱导牌和 LED 诱导显示屏两种诱导方式。车位诱导功能可帮助驾驶员根据诱导指示灯或者诱导标志牌快速的找到空余车位。另外，在大型停车场内，驾驶员停车后，很难能记住停车的具体车位，这就增加了驾驶员在停车场的无效时间。反向寻车诱导功能可帮助车主迅速找到自己的车辆，成为停车场管理系统发展的主要特点之一。反向寻车功能需要通过停车场内的数据采集模块对各停车场的车位与车辆相关信息进行采集并绑定，然后通过数据传输网络将信息送至信息处理模块，由信息处理模块对信息进行分析处理后存放到数据库中，同时分送给

信息发布模块，为驾驶员提供最优寻车路径，完成寻车服务。

保证车辆安全功能。以前，停车场车辆的进出由特定的人员进行登记管理，安排保安巡查，时刻关注车辆的状态，确保车辆的安全。在智能停车管理下，停车场安装有摄像机监控拍摄，车辆进入停车场时，进行安全检测，无需人员登记；进入停车场后，实时进行监控，管理人员只需坐在监控室，就可以通过电脑观察车辆被抓拍的图像对比，抓拍图像流程如图 3.2 所示，图像不匹配会发出自动报警信号，从而保证车辆的安全；而车辆驶出停车场时，也会通过电脑自动对比监控图像，以确保车辆安全。对抓拍图像的视频识别技术要求较高，以保证即使在恶劣天气环境、抓拍角度不是最佳状态时，也可以采集到最准确的车辆信息，保证停车场内的车辆安全^[40]。

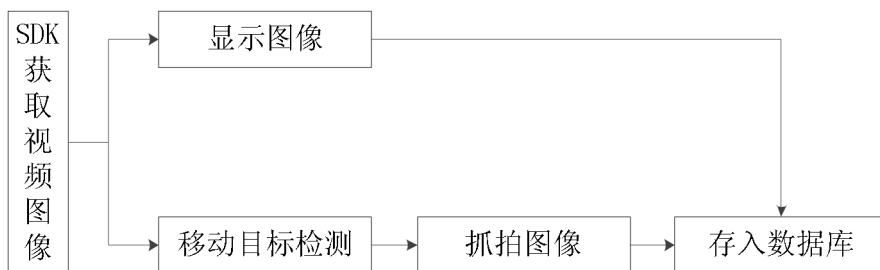


图 3.2 抓拍车辆图像流程

Figure 3.2 capture vehicle image process

3.2 停车场停车位信息采集

3.2.1 室内停车位信息采集

室内停车场车位检测及引导过程主要通过超声波检测技术、地磁车辆检测技术以及网络摄像机这三种技术进行检测空车位，然后将检测到的信息传输给停车场信息管理主系统，进行车辆的停车引导。

超声波穿透能力强，方向性好，在密度较大的固体及液体中也可获得较集中的声能，传播距离远^[37]。超声波传感器主要通过“发送声波”和“接收声波”的方式进行距离检测，其检测迅速、方便，具有较高的检测实时性和超高精度，计算简单。超声波车位探测器就是基于超声波功能开发出来的，通过检测“发送声波”和“接收声波”时间差的方式，判断安装在车位正上方探测器与下方障碍物的距离。当探测距离大于某一固定值，则车位空，指示灯显示绿色；当探测距离小于某一固定值，则车位已占用，指示灯显示红色，如图 3.4 所示，同时将探测到的信息传输到车位显示屏及后台系统中。利用超声波探测到的车位信息显示在 LED 显示屏上，通过 LED 显示屏上的动态箭头引导驾驶员前往空车位，便于空车位的寻找。

地磁车辆检测器是利用磁场效应，车辆停入停车位时，车辆上的铁磁对停车位的地磁信号产生影响，传感器感知到信号的变化，使停车位的地球磁力线发生弯曲，经信号分析得到检测目标的相关信息^[38]。如图 3.5 所示，车辆一旦停入泊位后，后台系统中便会亮起红灯，空余车位数量及位置信息显示在系统中，驾驶员根据停车位的信息来进行停车。

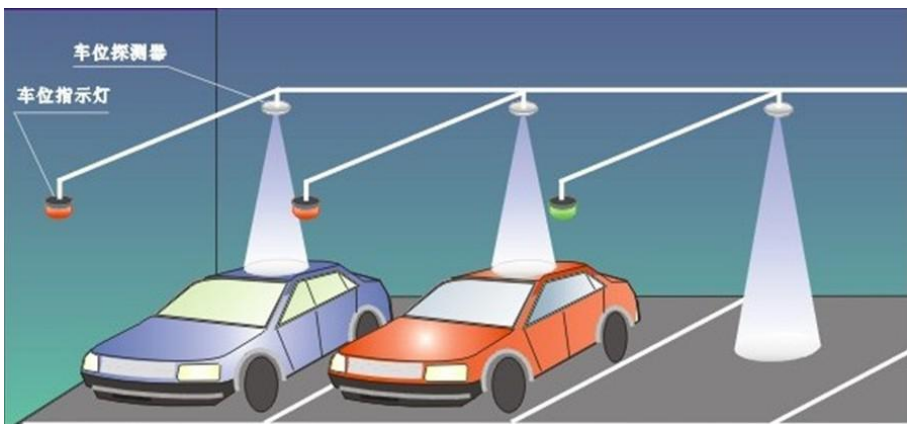


图 3.4 超声波车位检测技术

Figure 3.4 ultrasonic parking space detection technology



图 3.5 地磁车辆检测技术

Figure 3.5 geomagnetic vehicle detection technology

网络摄像机一般由镜头、声音传感器、A/D 转换器/控制接口、图像等部分组成^[39]，其将传统摄像机与网络技术结合起来，将拍到的图像通过网络传至远端的浏览者，即可监视其影像。网络摄像机内部嵌入式实时操作系统，传输图象的过程中，可进行实时监控。所需的前端设备少、连线简洁；设备的可靠性高、维护性能好；后端无需太多软件系统，一套即可实现远程，易操作与改进。视频检测车位如图 3.6 所示，具有超强的检测性能，每台主机最大可接入 16 路 266 万像素高清网络摄像机，每路摄像机最大可支持 16 个车位的状态检测；采用工业级设计，可全天候 24 小时工作；具有车位分区功能，

可对车位进行编号和分组，便于车位的引导。

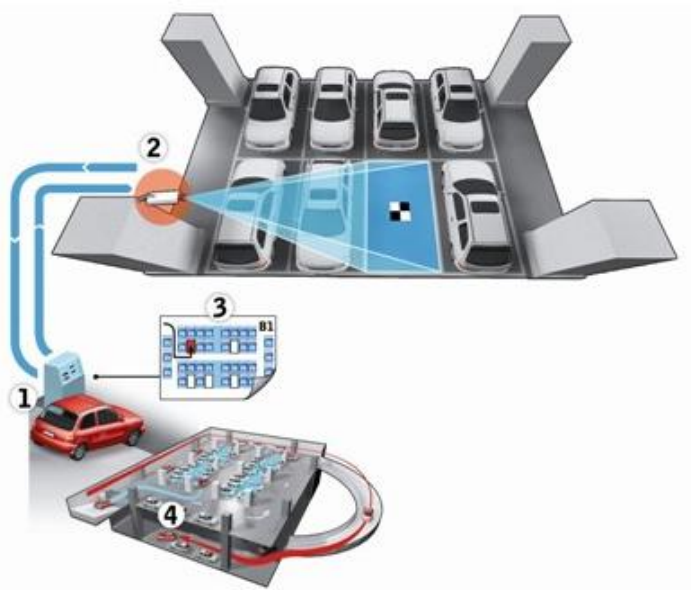


图 3.6 视频控制监测寻车位

Figure 3.6 video control monitoring for parking

3.2.2 室外停车位信息采集

对于室内停车场，利用超声波传感器、地磁车辆检测器、网络摄像机视频检测等技术可以判断车位占用情况，从而提高车位使用率，但室外停车场以及因大型活动搭建的短时停车场，由于环境复杂等问题，使得停车位的识别特别困难，而在停车高峰时段，停车位的识别问题又特别重要。对于室外一些大型停车场，为了实时获得停车位实用情况，若在地面铺设传感器或安装摄像头，一方面不安全及易损坏，另一方面花费较高。对于一些因大型活动搭建的短时停车场，车位划定很容易，但要像室内停车场一样建立车位检测系统，花费较高资金，且利用时间短，经济效益差。当前绝大部分室外停车场以及短时停车场都没有提供停车位实用状况的信息，这就导致高峰时期，少量的停车位空余，而仍有很多车辆不能停不下来的矛盾；或者停车场车位已满，仍有很多车辆进去寻找车位，造成巡游时间的浪费。

本文提出一种利用太阳能无人机群实时检测大型停车场车位的方法，以解决现有停车场因缺乏移动性检测车位方法造成停车位浪费及停车难问题。由于停车场的高峰时段基本是固定的，在平峰或者低峰时段，停车场内会有停车位，因此无人机只在停车场高峰时段进行停车位的检测，这样既避免资源的浪费，又能保证驾驶员在高峰时段了解停车场内是否有空余停车位。

无人机是利用无线电遥控设备通过自动程序控制装置来操纵的不载人飞机。随着无

人机的体积越变越小，价格也越来越低，《2014-2018 年中国无人机行业市场需求预测及投资战略规划分析报告》^[40]显示无人机应用在社会各领域的可能性越来越大。

室外停车位检测系统包括了空中无人机模块、无线通信模块及地面监控和显示模块，其组成结构如图 3.7 所示。空中无人机为四旋翼无人机，其由自稳定陀螺仪、GPS 定位模块、高清广角照相机、太阳能电池板和电池、无线传输 ZigBee 模块、直流电机驱动板组成，该模块根据指定的命令获取地面图像并向计算机传输；无线通信部分采用 ZigBee 技术构成整个信息传输系统，每个部分的连接信息传输都是通过该模块；地面监控和显示部分包括监控计算机及相应图像识别系统，计算机可对获取的图像进行处理以获取停车场空停车位的位置信息和数量信息，同时实时监控定位无人机，保证无人机在停车场范围工作，LED 显示屏可以显示空车位，对驾驶员进行引导。

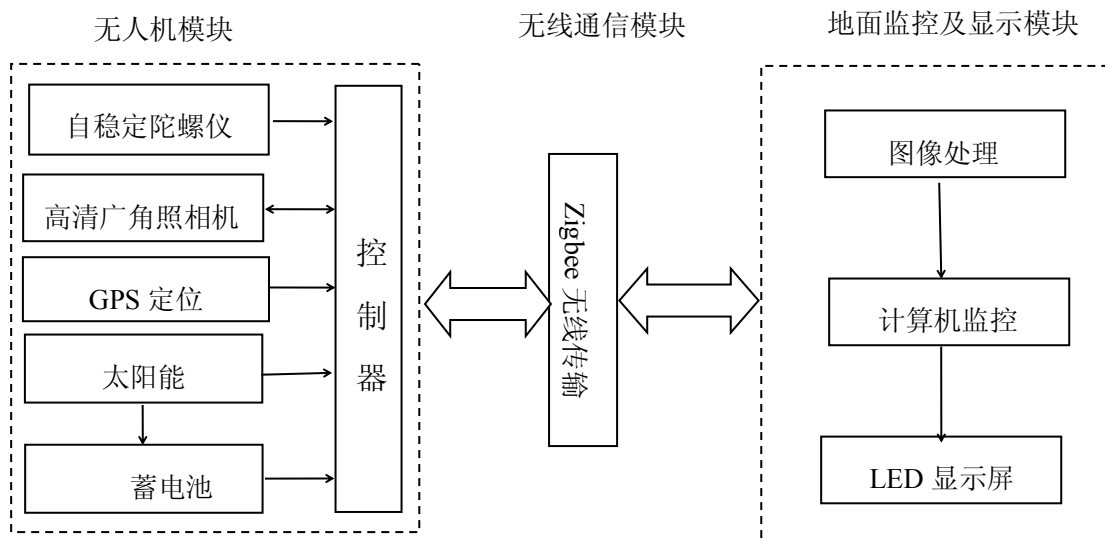


图 3.7 停车场车位检测系统组成

Figure 3.7 parking lot parking space detection system

室外停车场车位检测系统运行过程如图 3.8 所示，无人机升空后，可根据其 GPS 模块的位置信息控制其飞行区域，当所有无人机抵达指定位置时，可控制无人机打开视频拍摄设备，并开始获取停车场的图像信息并实时传输回地面控制部分的计算机系统。计算机图像处理过程：首先对无人机群发送的图像利用图像合成技术进行拼接整合，避免图像分别处理时对停车位的重复计算；然后，对整合后的图像进行停车线边缘检测，对检测到的停车线采用一定的策略形成图像轮廓，通过轮廓跟踪完成多个图像子区域的分割；接着对分割后的每一帧图像与背景图像相减，若差值大于某一范围就判为车位已被占用，小于这一范围则停车位空；最后将车位空余情况显示在计算机中，并在 LED 屏上

进行显示对驾驶员进行引导。

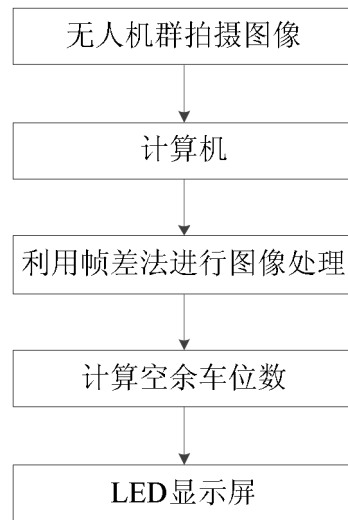


图 3.8 停车场车位检测系统运行过程

Figure 3.8 parking lot parking test system operation process

本设计将无人机群应用在智能停车场中，可协助停车诱导系统，让无人机群在停车场上空盘旋，在停车高峰时期，检测可使用车位，记录其位置，提高停车位的利用率。

3.3 停车场内工作流程

由于路外地面停车场只需要驾驶员停到对应的车位上即可，临时搭建的室外大型停车场也需要尽可能的减少资金投入，而铺设感应线圈和设置出入口设备需要浪费大量的资金并不划算，因此出入停车场的工作流程主要涉及的是路内停车场和地下停车场。

3.3.1 车辆入场流程

车辆进入停车场时，先根据停车场入口处的显示屏或其他设备判断停车场内是否有停车位，如果停车场内没有车位，则驾驶员需要在入口排队等待；如果停车场内有车位，则进入停车场。车辆探测器将检测到的有车信号传送给入口控制器，入口控制器允许车辆进入，并且向相关设备发出启动摄像系统和车辆识别系统的指令，根据指令，判断是否为停车场固定用户。则若是长期用户车辆，用户刷卡后，射频卡会向读卡器发送卡信息，读卡器即与射频卡之间建立起信息交换关系，自动判断射频卡的合法性和时间有效性，射频卡如果有效，卡号信息会被传送至数据处理中心，入口控制器抬起栏杆，允许用户驾车驶入停车场^[41]。若是临时用户车辆或长期卡用户车辆检测无效时，计算机记录牌照信息、颜色信息、车型信息等车辆信息后，语音设备会提示用户按动取卡按钮取卡，用户取走卡后，取卡信号传输给入口控制器，抬起栏杆，车辆驶入停车场。确定车辆已驶入停车场后，栏杆落下，车辆入场过程结束，整个入场流程如图 3.9。

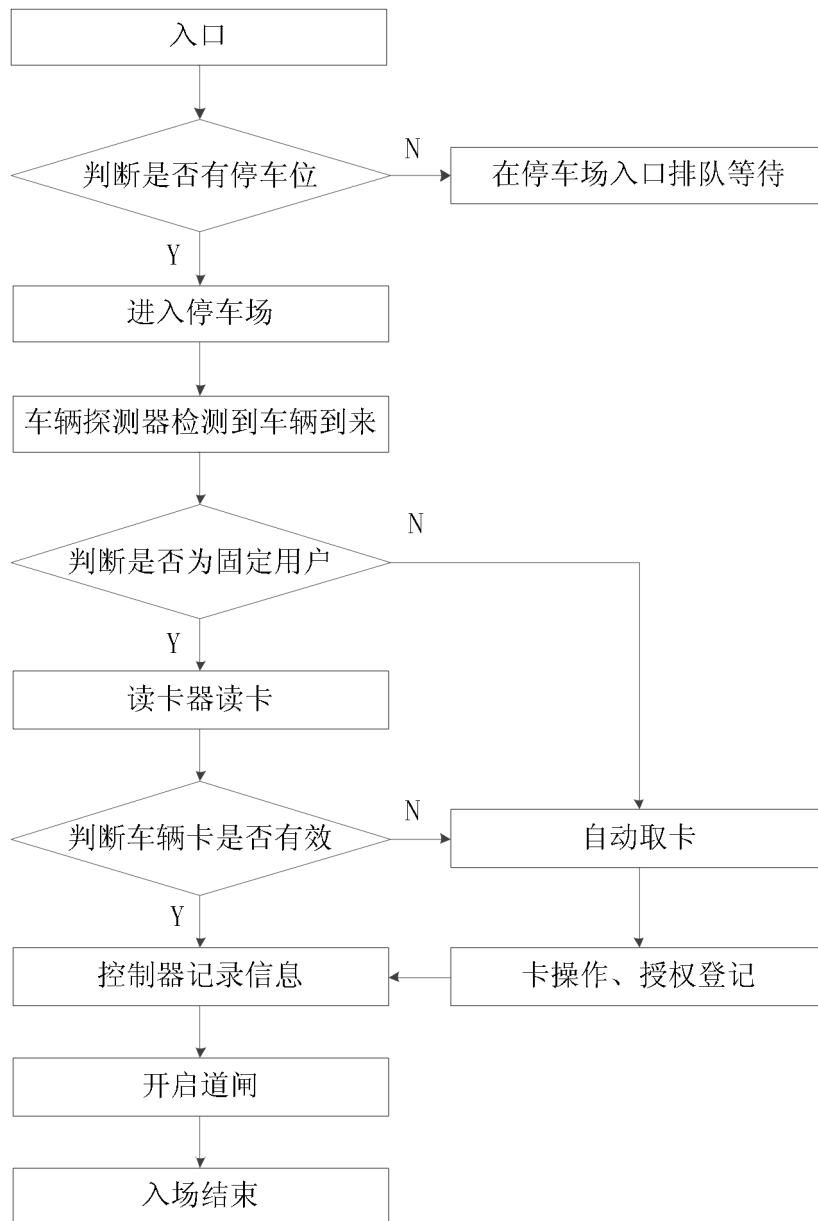


图 3.9 车辆入场流程

Figure 3.9 vehicle entry process

3.3.2 车辆出场流程

驾驶员驾驶车辆进入停车场离场通道出口处，车辆探测器将检测到的有车信号传送给出口控制器，出口控制器根据车辆对比信息重合度来决定是否允许车辆出场^[42]。允许读卡后，判断是否为固定用户车辆。若是长期固定用户车辆，用户刷卡后，系统会自动启动车辆图像识别功能，数据中心会将查询到的信息与即将出场的车辆信息进行比对，保证车辆安全出入停车场。若是临时用户车辆，管理员会提示用户缴费，读卡器自动计算车辆停放时长及消费情况，显示在金额显示器屏幕上，用户缴纳费用。信息符合或费用缴纳完毕后，出口控制器控制抬起出口电动栏杆，用户驾车离开停车场，同时停车场

的剩余泊位显示屏的泊位数相应增加车位数，车辆出场工作完成，整个车辆出场流程如图 3.10。

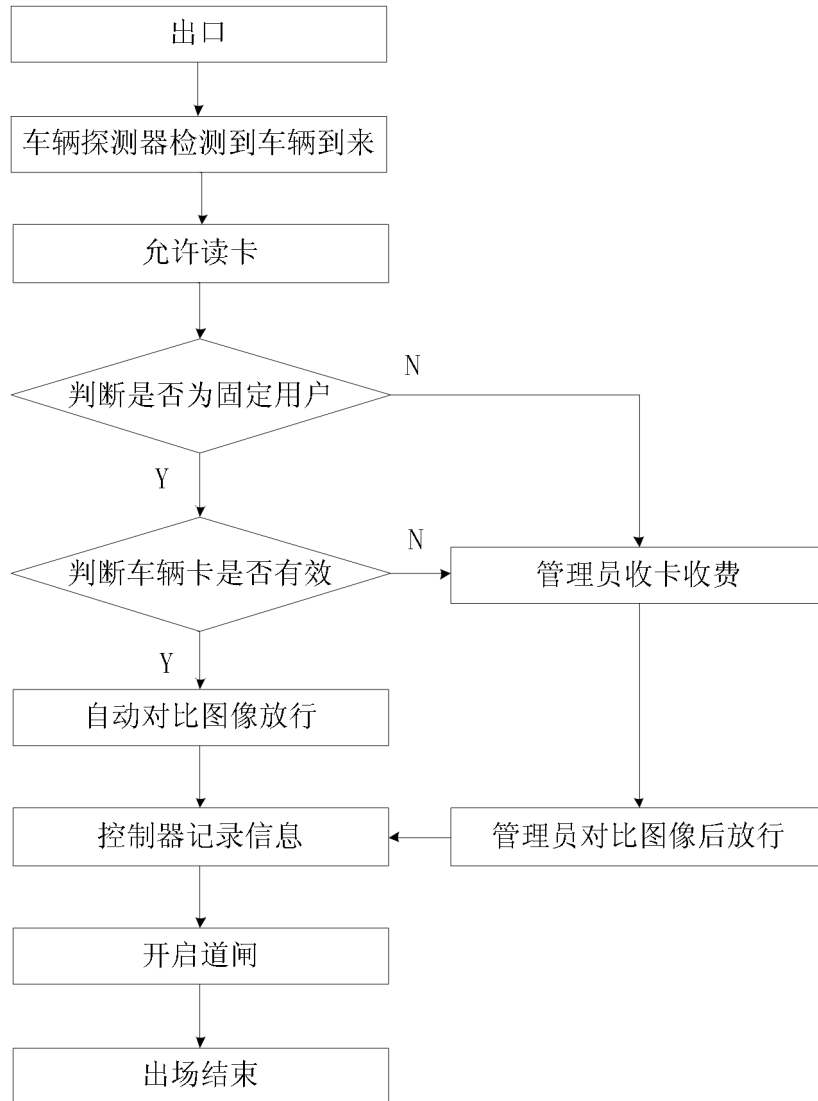


图 3.10 车辆出场流程

Figure 3.10 vehicle process out of the parking lot

3.4 本章小结

本章给出了实现动态停车诱导所需智能停车场的组成及其功能，阐述了整个智能停车场的管理过程、车辆入场及出场的工作流程，重点对于停车场车位检测进行了设计，分为室内和室外停车位检测。室内停车场车位检测主要通过超声波检测技术、地磁车辆检测技术以及网络摄像机这三种技术进行检测，而对于室外停车场车位检测，提出了一种基于无人机技术的室外停车场车位检测方法，可针对大型室外停车场及大型活动搭建的短时停车场，特别是在高峰时间段内的停车位进行实时检测，解决停车难问题。

4 基于停车场信息的动态停车诱导方法设计

动态停车诱导是在静态停车诱导的基础上，加入了停车场的实时停车位的剩余数，并根据实时的道路路网交通信息，在到达目的地的地理信息路径中选择最优的行车路线提供给驾驶员。本文所设计的动态停车诱导系统的特点在于基于停车场信息的动态停车诱导方法设计，将驾驶员对停车场各属性信息的重要性评价引入停车场的选择因素中，在提供附近区域的实时路况做参考的同时，为驾驶员提供适合自己需求的最优停车场，可以避免驾驶者因对停车场全局信息掌握的不全面，造成与其他驾驶员因相同的诱导信息驶向同一停车位，产生停车冲突问题。该动态停车诱导方案能够保证车辆到达停车场时，停车场是一定有空余停车位的，减小了驾驶员二次寻泊的费用，保证车辆有车位可停。

对停车需求者出行过程分析发现，整个停车过程可以分为三部分，如图 4.1 所示^[43]：O 至 M 是停车者至停车场的出行费用；M 是停车场自身的收费费用；M 至 D 是停车场至目的地的步行费用，每一部分都包含选择某停车场的多个因素。

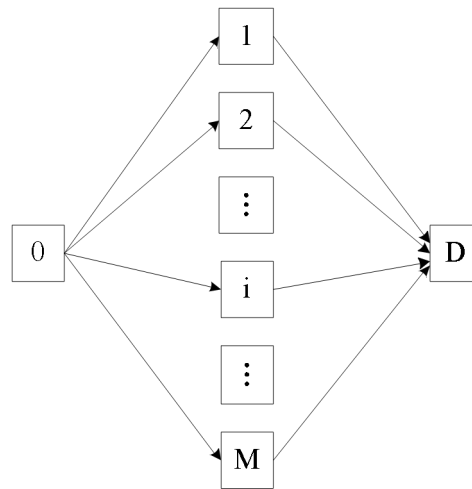


图 4.1 停车需求者的出行过程

Figure 4.1 Parking demand travel process diagram

4.1 多目标组合选择停车场

驾驶员从出行点 O 出发，到达目的地 D，周围有 M 个备选停车场可供选择，而每个驾驶员选择到某一停车场是根据个人的需要及喜好选择的，有的人选择最短路径，有的人选择费用最低，有的人选择交通路况最畅通的路线。多目标组合选择停车场是为了在实时获得停车场信息的同时，满足驾驶员多目标意愿的停车选择行为，并为驾驶员提供从出发点到所选停车场的最优路径。由于停车场选择影响因素有很多，将选择过程分

为两个阶段：初选过程和组合选择^[44]。

出行者无论是在出行前还是在出行过程中，都会根据个人偏好选择最优的停车场，因此在设计动态的多目标停车场选择模型时，最重要考虑的就是用户需求，模型建立基于以下两点假设：

假设一：所选停车场均为智能停车场，停车场的位置、场内的停车设备、收费价格、车位数等信息是提前存储在数据库中的已知信息，停车场周围的路况以及停车场内的剩余泊位数是可以实时了解到的。

假设二：城市智能交通系统可以实时采集城市路网上的交通数据，并且用户车载机与动态停车诱导系统互相通信，即驾驶员和系统间可以有效、实时地进行信息交互。

4.1.1 初选过程

初选过程（如图 4.2 所示）主要考虑第一层次停车场选择因素，此处选择的是停车后的步行距离以及停放可行性两个方面，根据驾驶员对于停车后的步行距离有一定的距离限制和到达停车场后一定要有空余停车位这两个要求，筛选出候选停车场的集合。

$$a = \frac{I}{(365 - 52 \times 2) \times 8} = \frac{I}{2088} \quad (4.1)$$

$$L_{iD} = \sqrt{(x_D - x_i)^2 + (y_D - y_i)^2}$$

$$l_{iD} = \begin{cases} 1 & L_{iD} \leq L_{\max} \\ 0 & L_{iD} > L_{\max} \end{cases} \quad (4.2)$$

停车后的步行距离是指从停车泊位到达目的地的距离，大部分驾驶员会选择步行距离最近的停车场。初选过程首先考虑停车后的步行距离，选择以目的地为圆心，以某一合理数值（如 1000 米范围内）为半径的圆内的停车场为候选停车场，满足驾驶员需求的同时最大范围的缩小搜索范围。在停车选择过程中，不同出行目的、不同年龄、不同身体条件的驾驶员对步行距离的要求是不同的，对短时间停车的驾驶员来说，对停车点的步行距离会要求高一点，对于年龄较大或身体条件不好的出行者，对停车点的步行距离要求也相对较高，距离目的地越近越好。 $\min(a \cdot \frac{L_{iD}}{v_2})$ 表示停车场距目的地的步行费用最

低； L_{iD} 表示从停车场 i 至目的地 D 的出行距离； v_2 表示步行平均行驶速度。

式（4.1）中，个人全年工作时间可用全年 365 天减去 52 个周末所得，按平均每天工作 8 个小时计算全年工作时间为 2088 个小时， I 表示个人可支配收入（元），可通过动态停车诱导系统中用户登记的个人信息中的收入情况获取，若无此数据，可根据当地

人均收入确定^[45]。

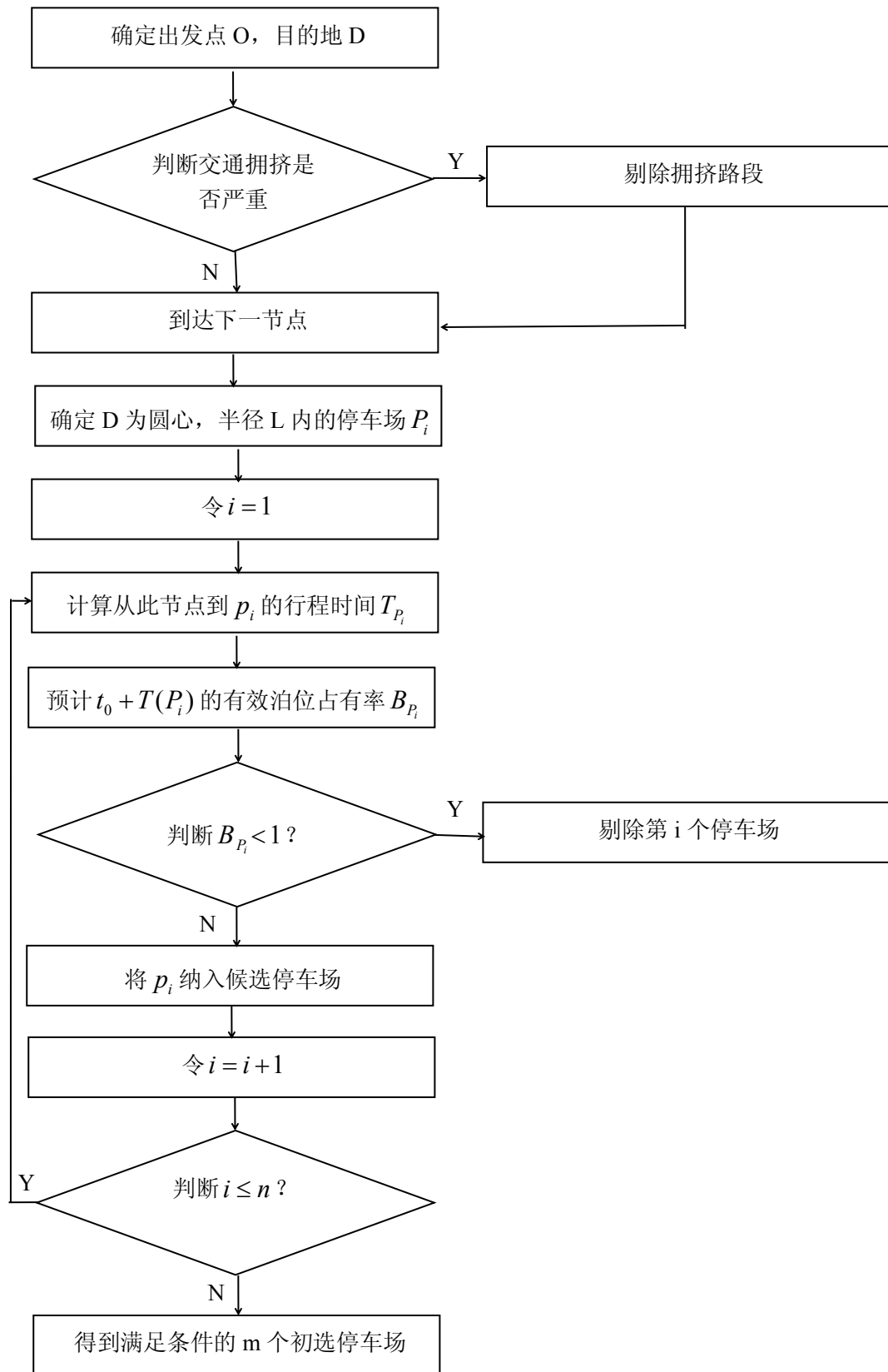


图 4.2 初选过程

Figure 4.2 primary process

式 (4.2) 中, (x_D, y_D) 为目的地的坐标, (x_i, y_i) 为停车场 i 的坐标, L_{iD} 即为停车场 i 到目的地之间的步行距离, L_{\max} 表示驾驶人从停车场至将要到达的目的地可以容忍的步行距离的上限; l_{iD} 表示判断出行目的地是否能由某一停车场来服务的函数, 取 0 或 1, $l_{iD} = 0$ 表示驾驶员不会选择第 i 个停车场停车后步行去目的地, $l_{iD} = 1$ 表示驾驶员会选择第 i 个停车场停车后步行去目的地。

停放可行性即车辆到达停车场后是否有空余停车位可停, 主要指停车场的有效泊位占有率的高低, 驾驶员一般都会选择确定到达该停车场时有空余停车位才会驶往该停车场。有效停车泊位数主要通过停车场实时发布的停车位信息, 通过数据处理, 获得候选停车场集合的剩余有效停车位。影响停放可行性的因素主要有: 停车场的位置、停车场的类型、停车时间等, 其中最重要的因素是停车场的历史数据, 其中隐含了该停车场的停车规律。另外, 道路交通流、天气、大型活动等对有效停车泊位产生影响, 因此, 不同的影响因素下有效停车泊位数的变化规律是不同的。出行时查询到达目的地路段行程时间预测值, 确定到停车场的最短行驶路线和相应行驶时间, 结合图 4.3 所示停车场有效泊位多步预测流程, 预测车辆到候选停车场时是否有空余泊位可供停车, 判断该停车场的停放可行性, 剔除没有停车位的初始候选停车场。

经过上述停车后的步行距离和停放可行性两个步骤后, 最终可以进入组合选择过程的 m 个候选停车场: P_1, P_2, \dots, P_m 。

4.1.2 组合选择因素

组合选择过程 (如图 4.4 所示) 主要考虑第二层次的停车场选择因素, 以停放便利性最佳、停放成本最低、停放安全性最高和停车场可达性最好为优化目标, 根据用户个人偏好确定权重, 进行第二阶段选择。根据专业的在线问卷调查、测评、投票平台问卷

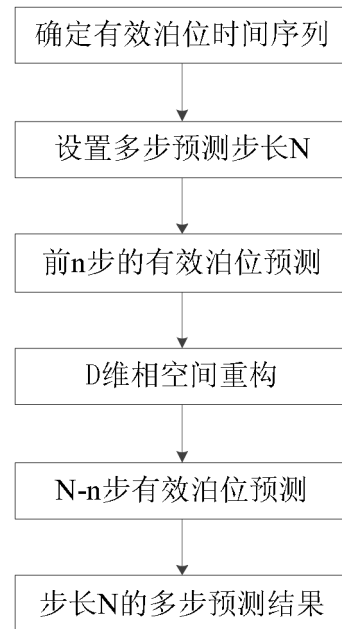


图 4.3 停车场有效泊位多步预测流程图

Figure 4.3 Parking lot effective berth multi-step prediction flow chart

星网络平台关于停车场的调查^[46]，影响选择停车场的因素投票结果如图 4.5 所示，表示除去距离目的地近的这一条件外，大部分驾驶员还会考虑停车方便、停车费用低和停车等待时间短这几个因素。

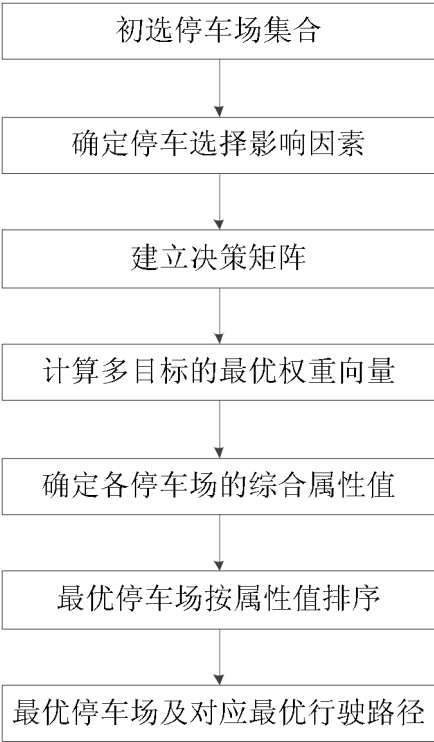


图 4.4 组合选择过程

Figure 4.4 portfolio selection process

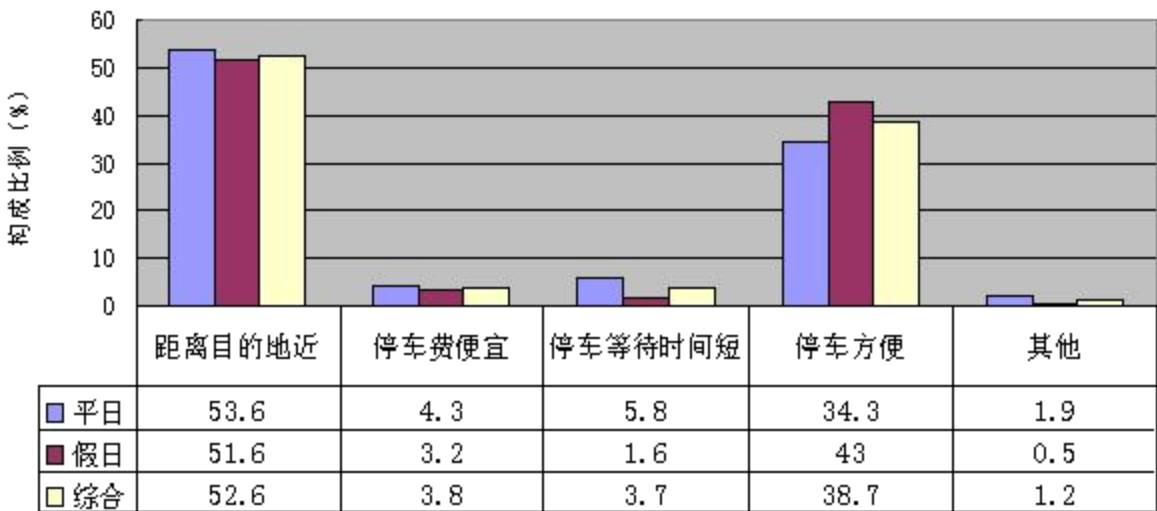


图 4.5 选择该停车场的理由

Figure4.5 Reasons for choosing parking lots

车辆停放成本，即停车费率是影响出行者是否选择该停车场的重要因素，每个停车

场的收费价格都通过实际调查获得，存储在数据库中，供动态停车诱导系统实时调用。针对不同出行目的的驾驶员来说，停车费用主要对出行目的和出行方式产生影响。对于上班出行的驾驶员，若停车费太高，他们会选择乘坐公交、地铁或自行车等公共交通，但不会影响他们出行的目的地；而对于休闲购物的驾驶员来说，停车费过高只会让他们选择去那些相对来说停车费较低甚至没有停车费的停车场进行停车，停车收费对于其出行目的地有着很大影响。因此，停车收费的价格不同程度的影响着驾驶员，需要在选择停车场时考虑到。对于不同的停车场，车辆停放成本主要与驾驶员到达停车场的时刻和停放时间相关，停车时间的不同与停车费用的关系如式（4.3）所示。

$$F_i = \begin{cases} 0 & , 0 < t \leq t_{i1} \\ y_{i1} \times (t - t_{i1}) & , t_{i1} < t \leq t_{i2} \\ y_{i1} \times (t_{i2} - t_{i1}) + y_{i2} \times (t - t_{i2}), & t_{i2} < t < t_{imax} \\ F_{max} & , t > t_{imax} \end{cases} \quad (4.3)$$

$0 < y_{i1} < y_{i2}$

其中， F_i 表示第 i 个停车场的停车费（元）； t 表示停车者预计的停放时间（h）； t_{i1} 表示当驾驶员在第 i 个停车场的停车时间不超过该时间，则可免费停车（h）； t_{i2} 表示当驾驶员在第 i 个停车场的停车时间超过 t_{i1} 但不超过此时间会有较低的收费率（h）； t_{imax} 表示表示当驾驶员在第 i 个停车场的停车时间超过此时间会收取最高额度的费用（h）； y_{i1} 表示在第 i 个停车场停车时间超过 t_{i1} 但不超过 t_{i2} 的收费费率（元/h）； y_{i2} 表示在第 i 个停车场停车时间超过 t_{i2} 但不超过 t_{imax} 的收费费率（元/h）； F_{max} 表示第 i 个停车场超过 t_{imax} 最高收取的费用（元）。

停车等待时间指因附近的停车场都已停满，需要排队等待进行停车，等待时间的长短也是影响出行者选择该停车场与否的重要条件，如果停车等待时间较短，或者前方的等待车辆少于 5 辆，则驾驶员会选择在此继续等待；若前方等待车辆较多，或者此时段属于停车高峰时间段，很少有车辆会驶出停车场，则驾驶员会选择离开此停车场，寻找其他的停车场进行停车。

停车场使用便捷程度主要是由出行者到达停车场的道路拥挤状况、停车场内寻找车位的难易程度、到达停车场时停车入库方便程度、离开停车场时倒车出库方便程度等多方面因素决定的。通常，出行者愿意选择到达停车场的路况较好、寻找车位方便、等

待时间较短、存取车方便的停车场进行停车。若对停放便利性进行赋值，则数字 1-5 表示便利性从低到高，其中 1 表示最不方便停车，5 表示停车最方便。

停车场的安全性，主要由停车设施类型决定，一般来说，由于停车场内配备了视频设备保障车辆的安全，在停车场内停车大都是安全的，但对于需要过夜的车辆，停车场的安全性是必须要考虑的问题。为各类型停车场的停放安全性排序，安全等级指标量化如图 4.6，立体停车楼的安全等级到地下停车库的安全等级到路外地面停车场安全等级到路内停车位安全等级是依次递减的，若对这四类停车场的安全等级进行赋值，则 Saf（路内停车位）=2，Saf（路外地面停车场）=3，Saf（地下停车库）=4，Saf（立体停车楼）=5。

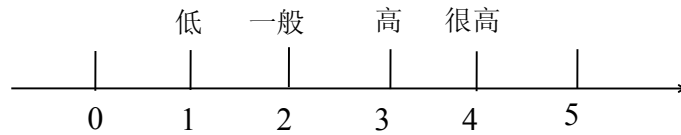


图 4.6 安全等级指标量化

Figure 4.6 index quantitative safety level

4.1.3 组合选择过程

首先根据上一节的组合选择影响因素，可以确定各候选停车场的具体指标值 $\{y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{in}\}$, $i=1, 2, \dots, m$ 。据此建立决策矩阵 $A_{m \times n} = (y_{ij})_{m \times n}$ 。为了消除各效益型与成本型指标间的不平等性，决策矩阵要经过标准化处理后才有价值。标准化处理如式（4.4），其中停车后的步行距离 L_{iD} 、车辆停放成本 F_i 、停放可行性 T_i 属于成本型指标，停车场使用便捷程度 C_i 、停车场的安全性 S_i 属于效益型指标。标准化处理后， $0 \leq Z_{ij} \leq 1$ ，不改变原始数据相对差异性的同时，解决了效益型与成本型指标间的矛盾性。

$$Z_{ij} = \begin{cases} \frac{y_j^{\max} - y_{ij}}{y_j^{\max} - y_j^{\min}}, & \text{成本型指标} \\ \frac{y_{ij} - y_j^{\min}}{y_j^{\max} - y_j^{\min}}, & \text{效益型指标} \end{cases} \quad i=1, 2, \dots, m \quad (4.4)$$

然后在满足单位化约束条件 $\sum_{j=1}^n w_j^2 = 1, w_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n$ 的前提下，计算目标向量集

$G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$ 中各目标权重 w_j 组成的权重向量 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 。一般情况下，如果所有的候选停车场在目标 G_j 下的属性值差异的大小决定其对停车场选择的作用的大小，差异值越小，该属性的作用就越小，当目标 G_j 对停车场选择不起作用时，可令其权重为零。从决策角度考虑，优化目标的重要程度越大，就赋予越大的权重；相反，优化目标的重要程度越小，就赋予越低的权重。

最后如式 (4.5) 根据简单加性加权法，进行多目标综合评价值 $D_i(w)$ 的确定， $D_i(w)$ 越大表示决策方案越优，根据计算结果的大小，对停车场按优劣顺序进行排序。

$$D_i(w) = \sum_{j=1}^n z_{ij} w_j \quad (4.5)$$

4.2 最优停车场动态路径诱导

停车场的优劣顺序确定后，驾驶员自然希望选择到最优停车场，且到停车场的行程费用最短。但是在实际的出行过程中，停车场车位以及道路信息是实时变化的，基于停车场信息的动态路径诱导主要是根据车路协同平台、相关交通部门和传感器设备等获取动态路径诱导的请求消息，获取并融合请求所需要的停车场相关信息，最终形成动态路径诱导信息，动态路径诱导功能图如图 4.7 所示。

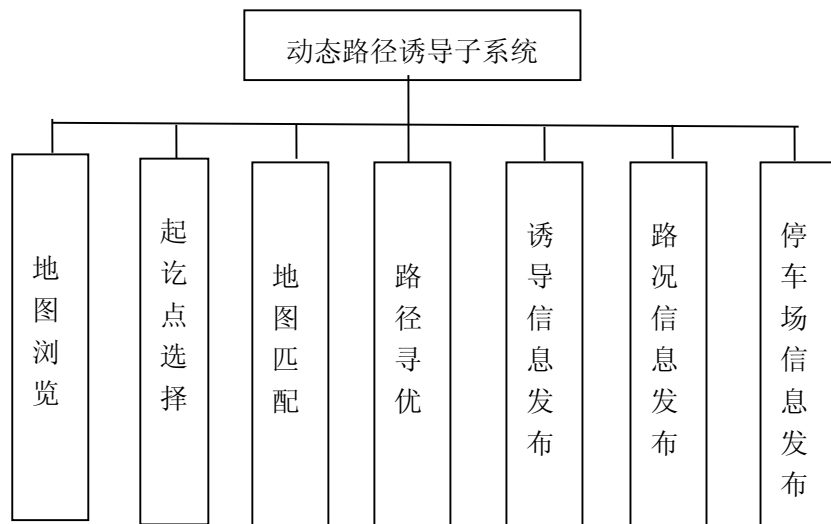


图 4.7 动态路径诱导功能图

Figure 4.7 Dynamic route guidance function diagram

4.2.1 动态路径诱导选择的方法

当根据实际情况选择了最优停车场后，便进行从出发点到指定最优停车场的路径诱

导，动态路径诱导系统包含静态路径诱导的功能，诱导方式的选择可分为采用中心决定式的路径诱导或者局部决定的路径诱导^[47]。中心决定式的动态路径诱导系统 CDRGS(Centrally Determined Route Guidance Systems)一般基于双向通信，首先主机在诱导中心基于系统整体的实时交通信息为每一个可能出行地域目的地距离进行最优路径规划，然后通过通信网络提供给用户。局部决定式的动态路径诱导 LDRGS (Located Determined Route Guidance Systems) 一般是通过从通信网络获取到的实时交通信息进行诱导，不需要功能强大的主机，只是依赖于车载装置进行路径规划和诱导，允许用户基于各种最短路径准则或者用户最优策略自由选择路线，其功能框图如图 4.4 所示。基于用户对于动态停车诱导的需求，以及现今的车载诱导设备的普遍性，局部决定式的动态路径诱导成为动态路径诱导的首选。

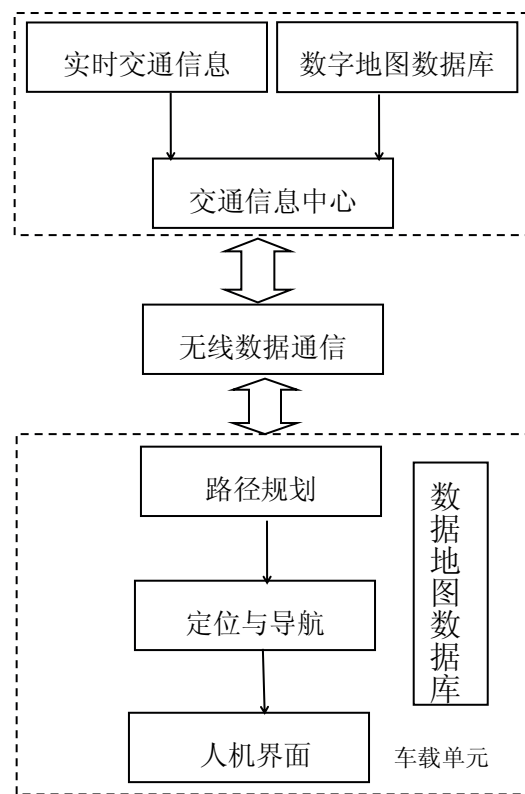


图 4.8 LDRGS 的功能框架图

Figure 4.8The function figure of LDRGS

在初始的动态路径诱导过程中，由于交通环境的动态性和不确定性，驾驶员根据自己的经验以及系统提供的实时信息来判断时，难免具有主观性。驾驶员只会根据自己的经验决定是否改变路径，这就会导致在交通信息发布的后续路段，大量的驾驶员根据自己的经验选择到达同一条路段，导致新路段的拥挤。要想得到事件可能出现结果的客观

概率，即路段被选择的可能性，则由各停车场信息的客观实时数据来进行动态的停车路径诱导。当车辆从出发地刚刚进入主干道时，会有区域停车诱导标志，来提醒驾驶员整个区域的停车场停车使用情况；当到达交叉口时判断交通拥堵是否严重，一般拥挤可根据实时传递的停车场车位数来判断是否继续沿此路段到达最优停车场，交通拥堵严重时，可转移到另一路段交叉路口处选择最优停车场；当在车辆行驶快到目的地的街区时，会有街区诱导标志，告知街区附近的停车场车位使用情况，便于驾驶员提前做好准备。

现有的最短路径问题主要有 Dijkstra 和 Floyd 等算法来求解，但都有一个共同的缺点，那就是最短路径只有一条，也就是狭义最短路径。在实际的咨询或决策系统应用中，除去最优决策外，用户还希望得到次优、再次优等等决策，即广义最短路径（包含次优路径、再次优路径等 N 条路径）。因此，根据上一节求出来的最优停车场排序，按顺序分别计算从出发点到各个停车场的最优路径、次优路径以及次次优路径，计算到达各停车场所花费的费用，从而有利于快速计算出更改路径所要付出的经济代价，告知驾驶员最合适的选择策略。

4.2.2 基于停车场信息的动态路径诱导的实现

驾车至停车场行驶费用利用式（4.6）计算，其中的行程时间是利用美国联邦公路局提出的 BPR 路阻函数模型计算出来的^[48]。

$$W = \sum_{m=1}^M \left\{ a \cdot t_{im0} \left[1 + \alpha \left(\frac{Q_{im}}{C_{im}} \right)^\beta \right] + 0.01 g b s_{im} \right\} \quad (4.6)$$

其中， a 表示时间价值（元/小时），与当地的生活水平、工资水平有关； a 表示交通流为零时去第 i 个停车场途中经过路段 m 的行驶速度； α, β 为利用最小二乘法求出的回归参数，此处取 $\alpha = 0.15, \beta = 4$ ； Q_{im} 表示在去第 i 个停车场的途中经过的路段 m 上的机动车交通量 (pcu/h)； C_{im} 表示在去第 i 个停车场的途中经过的路段 m 的实际通行能力 (pcu/h)； L_{Oi} 表示从出发地 O 到某一停车场 i 的距离； g 表示驾驶员行驶车辆的耗油量 (升/百公里)； b 表示单位油价（元/升）； s_{im} 表示驶往第 i 个停车场途中与路段 m 相邻的交叉口间距 (m)。

按照上述多目标组合选择出的停车场排序顺序计算到达每个停车场的最优路径、次优路径以及次次优路径，初始行驶便按照到达最优停车场的最优路径。当遇到突发交通事故或交通拥堵时，根据停车场传来的实时停车位信息判断是否更改最优停车场，若更

换，则直接定位到此时的次优停车场，动态路径诱导方案流程图如图 4.11 所示。只要第一目标停车场有停车位，则选择最优停车场的最优路径作为行驶路径，道路拥挤时，则依次选择次优路径和次次优路径；当第一目标停车场没有停车位时，则按顺序选择次优停车场，道路拥挤时，则依次选择次优路径和次次优路径；道路畅通时，则直接导航到该停车场进行停车。该动态停车诱导方案除了考虑道路交通状况，还加入了实时的停车场车位信息，能够保证车辆到达停车场时，停车场是一定有空余停车位的，减小了驾驶员二次寻泊的费用，保证车辆有车位可停。

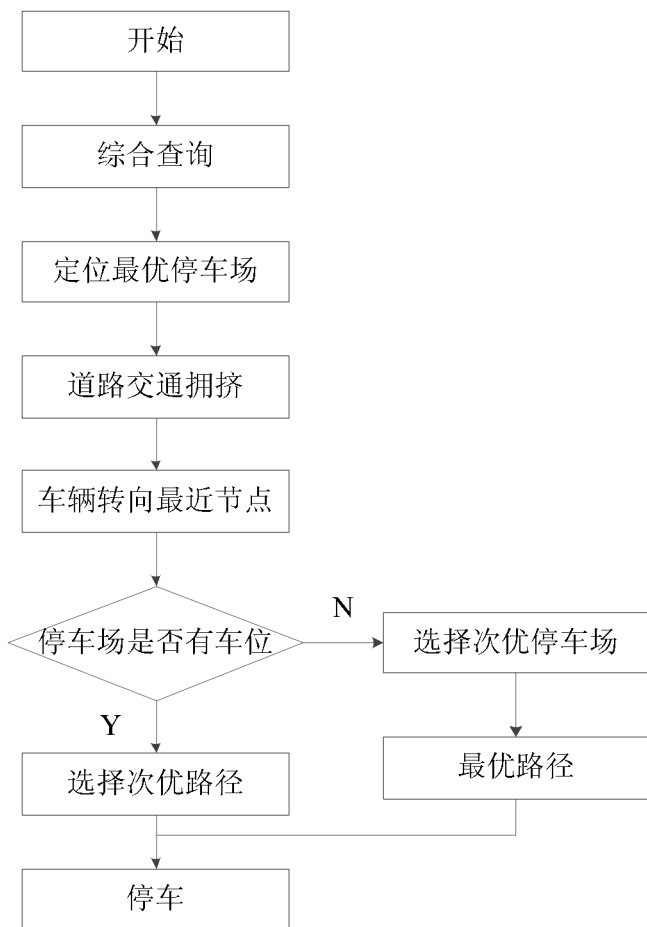


图 4.11 动态路径诱导方案流程图

Figure 4.11 Dynamic route guidance program flow chart

4.3 本章小结

本章给出了基于停车场信息的动态停车诱导设计过程，首先是多目标选择最优停车场，先是初选过程排除不符合初选条件的多数停车场，再根据组合选择过程选择几个最优停车场进行排序，按照最优、次优的顺序进行停车场的选择；然后，给出基于停车场信息实时改变的最优停车场动态路径诱导过程。

5 仿真实验

5.1 动态停车诱导选择最优停车场

假设出行者的起点为山东科技大学（北门），目的是位于香江路附近的利群商厦，出发时间为上午 9 点，预计停车时间为 2 个小时，为驾车者提供最优停车选择及相应的最短行车路径。其中，驾车者对此次停车场选择的影响因素主要包括：停车后的步行距离最短、停放可行性最好、停放成本最低、停放便利性最佳、停放安全性最高几个方面。

首先，对利群商厦附近的停车场进行初步筛选，以利群商厦所在位置为圆心，半径 700 米范围内的停车场包括：A 鑫汇国际停车场、B 宜居商务酒店停车场、C 香江一路停车场、D 拥军路停车场、E 华宇商务楼北停车场、F 文化广场地下停车场、G 扬帆托管东停车场、H 青岛滨海学院停车场。各停车场的具体位置如图 5.1 所示，基本特性如表 5.1 所示。其中，假设按小时收费的停车场收费规则为：停车不足一小时，按一小时收费；停车超过一小时后，以每半小时为计算单位加时收费，不足半小时，按半小时收费；停车超过八小时，按最高停车费标准收费。



图 5.1 各停车场具体位置

Figure 5.1 the parking location

表 5.1 停车场特性

Table 5.1 characteristics of the parking lots

停车场 编号	A	B	C	D	E	F	G	H
类型	路外地面	地下	路内	路外地面	路外地面	地下	路内	路外地面
停车收 费标准	5 元/小时	6 元/小时	4 元/小时	5 元/小时	5 元/小时	6 元/小时	4 元/小时	5 元/小时
距目的 地距离	175 米	200 米	350 米	626 米	545 米	762 米	670 米	787 米
停放安 全性	3	4	2	3	3	4	2	3
停放便 利性	3	1	5	3	3	1	5	3

如果驾车者早上 9 点从山东科技大学北门出发，此时为交通平峰时段，预计到达各停车场时间分别为 $T_A = 13\text{ min}$, $T_B = 14\text{ min}$, $T_C = 15\text{ min}$, $T_D = 12\text{ min}$, $T_E = 15\text{ min}$, $T_F = 17\text{ min}$, $T_G = 17\text{ min}$, $T_H = 13\text{ min}$ 。采用有效泊位预测方法对各停车场的车位进行预测，结果是青岛滨海学院停车场已无空余有效停车位，而其余 7 个停车场均有空余有效停车位，因此可将 H 青岛滨海学院停车场从候选停车场集合中剔除出去。停放后的步行距离即停车点到目的地的距离超过 600 米后，驾驶员便不愿选择在此地停车，由此将 D 拥军路停车场、F 文化广场地下停车场、G 扬帆托管东停车场从候选停车场集合中剔除出去，剩余停车场为 A 鑫汇国际停车场、B 宜居商务酒店停车场、C 香江一路停车场、E 华宇商务楼北停车场。此时候选停车场集合为 $P = \{A, B, C, E\}$ ，目标向量集为 $G = \{l, F, S, C\}$ ，各候选停车场的指标值如表 5.1 所示。运用离差最大化方法确定各目标的最优权重向量为 $w_A = 0.41, w_B = 0.16, w_C = 0.14, w_E = 0.29$ ，则候选停车场的多目标综合评价指标集表示为 $D_A(w) = 0.67, D_B(w) = 0.54, D_C(w) = 0.29, D_E(w) = 0.63$ 。各候选停车场排序为 $D_A(w) > D_E(w) > D_B(w) > D_C(w)$ ，显然最优选择为 A 鑫汇国际停车场，次优选择为 E 华宇商务楼北停车场，再次优选择为 B 宜居商务酒店停车场，优劣依次向后排序，保证车

辆有车位可停。

表 5.2 各候选停车场指标值

Table 5.2 each candidate parking index

停车场编号	步行距离	停放成本	停放安全性	停放便利性
A	175 米	10 元	3	3
B	200 米	12 元	4	1
C	350 米	8 元	2	5
E	545 米	10 元	3	3

5.2 动态停车诱导仿真实验

对于从山东科技大学北门到香江路附近的利群商厦，在确定路网模型及交通状况后，利用 3DMAX 软件建立路网建筑物模型（图 5.2）和动态停车诱导系统模型（图 5.3），用于对上面所介绍的动态停车诱导系统选择最优停车场进行停车的过程进行仿真实验。图 5.4 为车辆到达交叉路口，若仅根据道路交通信息，驾驶员会根据个人喜好选择停车场进行停车。如图 5.5 所示，红色 P 表示停车场内车辆已满，没有停车位，绿色 P 表示停车场内还有剩余停车位，而驾驶员由于缺乏停车场内停车位信息，选择了车位饱和的停车场。由于没有停车位，图 5.6 中红色箭头表示车辆只能变换行车道，按照图 5.7 中的红色箭头方向行车驶往下一处停车场，增加了再次寻泊的时间和费用，影响驾驶心情。

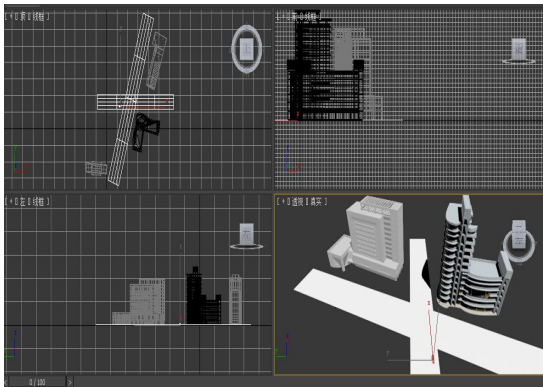


图 5.2 3DMAX 创建路网建筑物模型

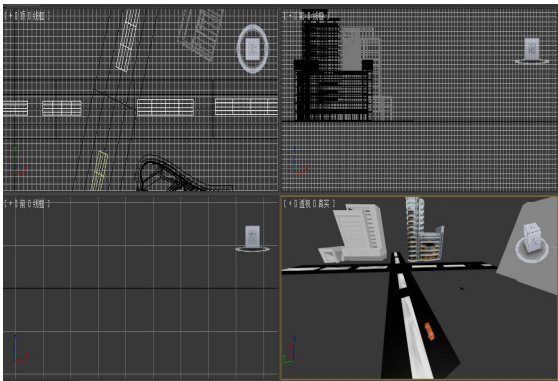


图 5.3 3DMAX 创建停车诱导系统模型

Figure 5.2 Create the model of the building and network by 3DMAX

Figure 5.3 Create a model of parking guidance system by 3DMAX

若按照本文研究的基于停车场信息的动态停车诱导系统，由于上一节已选择出最优停车场，则车辆根据导航显示的图 5.8 所示的最优停车场的方向，前往最优停车场 A 鑫汇国际停车场，如图 5.9 所示。



图 5.4 车辆到达交叉路口

Figure 5.4 vehicles reach the intersection

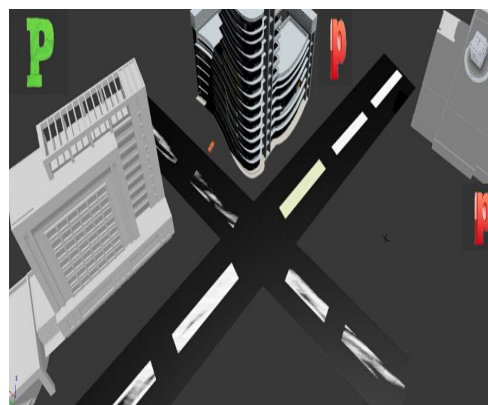


图 5.5 车辆到达饱和停车场

Figure 5.5 vehicles reach saturation in the parking lot

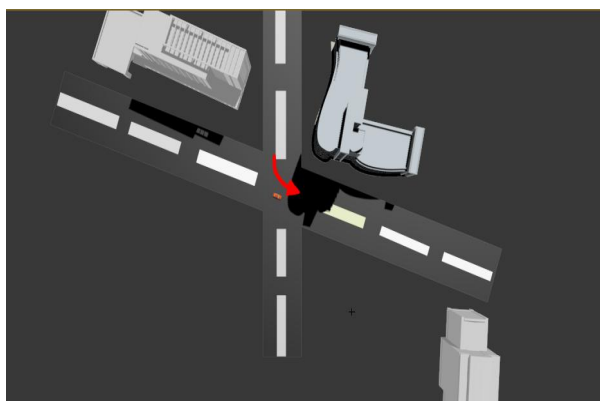


图 5.6 车辆变换行车道

Figure 5.6 vehicle changing driveway

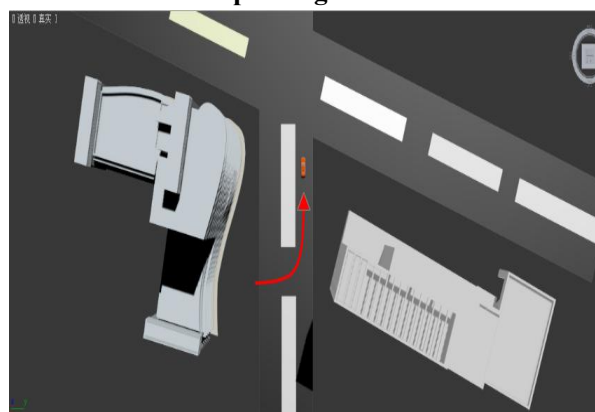


图 5.7 行车驶往下一处停车场

Figure 5.7 the vehicle drive to next parking lot

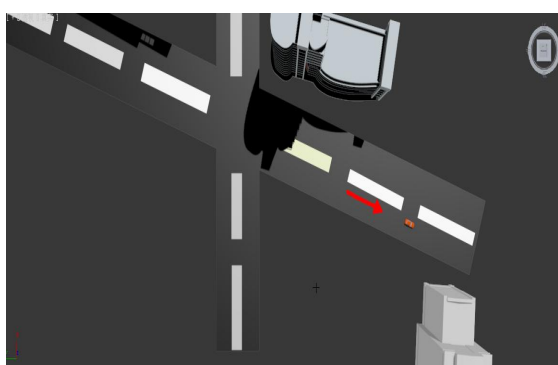


图 5.8 最优停车场方向

Figure 5.8 the direction of the optimal parking lot

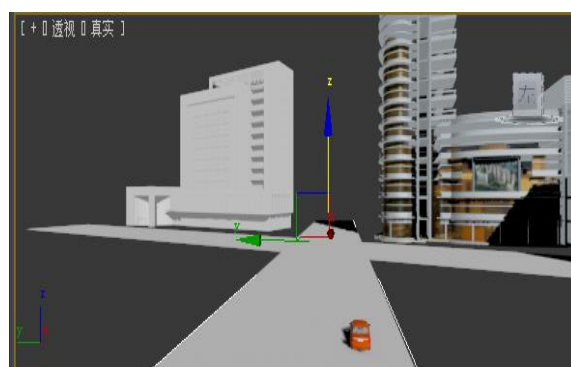


图 5.9 车辆驶向最优停车场 A

Figure 5.9 the vehicle drive to the optimal parking lot

到达交叉路口时，车辆会接收到来自诱导系统发出的停车场车位信息数等信息，如图 5.10，图中黄色信号为停车诱导中心向汽车发出信号。经过处理后告知驾驶员，由于

鑫汇国际置业举行售楼优惠活动，停车场已无空余停车位。汽车再次发送停车指令（图 5.11），图中蓝色信号为汽车发出指令，车载诱导显示屏按照上一节求出的最优停车场排序依次类推，最优停车场改为停车场 E 华宇商务楼北停车场。车辆自动定位到 E 停车场，驾驶员驾车按最优路径行驶（图 5.12），到达最优停车场华宇商务楼北停车场（图 5.13），驾驶员根据自己的需要，选择最适合自己的停车位及其停车路线泊车，停车诱导完成。



图 5.10 动态停车诱导系统发出信号

Figure 5.10 dynamic parking guidance
system give signals

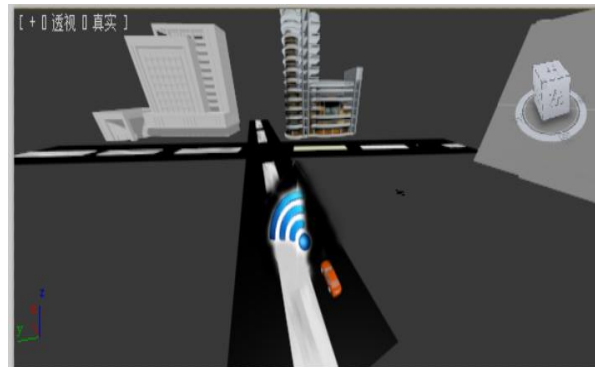


图 5.11 行车再次发送停车信息

Figure 5.11 vehicle send the parking
information



图 5.12 行车过程

Figure 5.12 the process of driving



图 5.13 行车驶入最优停车场停车

Figure 5.13 the vehicle drive into the parking lot

5.3 本章小结

本章对所设计的基于停车场信息的动态停车诱导系统进行仿真，选取了从山东科技大学北门到位于香江路附近的利群商厦分别为起点和终点，先是根据第四章介绍的多目标选择停车场的方法对利群商厦附近的最优停车场进行了排序，接着利用 3DMAX 软件对随机选择停车场过程和选择最优停车场停车过程进行了对比仿真实验，验证了基于停车场信息的动态停车诱导系统的可行性。

6 总结与展望

6.1 总结

本文在查阅相关文献资料的基础上，对基于停车场信息的动态停车诱导系统进行研究，具体工作有以下几点：

（1）设计了动态停车诱导系统方案，通过对系统功能、用户需求和行为过程三方面的分析，基于交通信息动态诱导基础上的停车场信息动态诱导思想，设计了动态停车诱导系统的具体结构；

（2）设计了智能停车场管理系统，包括了停车场的组成及其功能、整个停车场的管理过程、车辆入场及出场的工作流程，重点对于停车场车位检测进行了设计，包括了室内和室外停车位的检测方法；

（3）给出了一种动态停车诱导选择最优停车场的方法，主要包括两个步骤：初选过程考虑停车后的步行距离和停放可行性两个方面，组合选择过程主要考虑停车费用最低、停放便利性最佳、停放安全性最高和停车场可达性最好几个方面，最后将最终可选的最优停车场按优劣顺序排序；

（4）选择实例，应用了 3DMAX 软件对所设计的基于停车场信息的动态停车诱导方法进行了仿真，验证了基于停车场信息的动态停车诱导系统的可行性。

6.2 展望

本文虽然完成了以上工作，由于时间和能力有限，仍有很多方面值得进一步研究和拓展，主要包括：

（1）动态停车诱导过程具有的复杂性、动态性和离散性使得很难用严格的数学模型去描述，采用定量与定性分析相结合的方法进行研究，将会使得研究结果更加准确；

（2）在动态路径优化中，本文仅仅根据停车场的车位空余情况对路径诱导优化，可选用如蚁群算法、BP 神经网络等算法，加以比较改进后做进一步的探讨和优化。

参考文献

- [1] 彭利人.大城市停车管理模式研究[D].北京:北京工业大学,2000
- [2] 万涛.城市停车需求预测及停车场规划管理研究[D].北京:北京交通大学,2003
- [3] 董太源.城市停车管理与诱导系统研究[D].江西:江西理工大学,2011
- [4] 高颖寰.VNS 市场渗透率对 VNS 的实施效果影响分析[D].北京:北京交通大学,2006
- [5] 余诚强.面向用户的停车诱导信息系统研究[D].福建:福建农林大学,2009
- [6] Avinash Kshitij.An Interview With Mr. Sachin Bhatia[J].Journal of Global Information Technology Management, 2013, 17(3):213-216
- [7] 周元峰.基于信息的驾驶员路径选择行为及动态诱导模型研究[D].北京:北京交通大学,2007
- [8] 孟海军.智能停车场解决方案设计及实现[D].辽宁大连:大连理工大学,2013
- [9] K W Axhausen, J W Polak. Choice of Parking: Stated preference approach. Transportation,1991,18(1):59-81
- [10]Thompson, R. G, Kunimichi Takada, Satoru Kobayakawa. Understanding the demand for access information[J]. Transportation Research,1998,Part C6(3):231-245
- [11]Russell G. Thompson,etc.Optimization of Parking Guidance and Systems Information Display Configurations[J].Transportation Research Part C,2001:69-85
- [12]Mauro Dell’ Orco, Michele Ottomanelli, Domenico Sassanelli. Modelling uncertainty in parking choice behaviour[CD-ROM][C]. 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2003: 1-20
- [13]Sayanti Banerjee,Pallavi Choudekar,M.K.Muju. Implementation of Image Processing in Real Time Car Parking System[J].Indian Journal of Computer Science and Engineering,2011
- [14]Mr. Vivekanand P. Thakare,Asst. Prof. N. A. Chavan. Performance Evaluation of Parking Guidance and Management System using Wireless Sensor Network[J].International Journal of Recent Technology and Engineering, 2012
- [15]Ahmed Tijjani Dahiru. Fuzzy Logic Inference Applications in Road Traffic and Parking Space Management[J].Journal of Software Engineering and Applications, 2015:339-345
- [16]<http://tech.hexun.com/2013-10-30/159217284.html>

- [17] <http://www.asmag.com.cn/solution/pj-72669.shtml>
- [18] 筠如. 争做智慧城市的急先锋——各地智能交通建设风起云涌[J]. 运输经理世界, 2012(1): 82-84
- [19] 杨文轩. 基于遗传算法的路径诱导系统的研究与设计[D]. 湖北武汉: 华中科技大学, 2007
- [20] 杨旭. 交通流诱导预测控制研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2008
- [21] 杨兆升, 初连禹. 动态路径诱导系统的研究进展[J]. 公路交通科技, 2000, 17(1): 34-38
- [22] 李静, 范炳全. 基于驾驶员反应行为的诱导博弈分析[J]. 上海理工大学学报, 2003, 25(4): 398-400
- [23] 马寿峰, 卜军峰, 张安训. 交通诱导中系统最优与用户最优的博弈协调[J]. 系统工程学报, 2005, 20(1): 30-37
- [24] 韩波. 实时动态停车诱导信息系统车辆排队模型研究[J]. 交通标准化, 2010, 224: 53-56
- [25] 肖婧, 王皓. 高维多目标动态停车场选择及路径诱导研究[J]. 计算机应用研究, 2015, 32(7): 2009-2026
- [26] 年光跃, 陶怀仁, 谭云峰. 重庆主城区停车问题与综合改善对策研究[J]. 现代交通科技, 2013(1): 59-63
- [27] 谷远利, 李善梅. 城市交通流诱导与交通控制协同模型研究及仿真[J]. 物流技术 (技术与方法), 2008, 27(6): 65-67
- [28] Sujith Samuel Mathew, Yacine Atif, Quan Z. Sheng, Zakaria Maamar. Building sustainable parking lots with the Web of Things[J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2013, 18(3): 895-907
- [29] 高静, 任传祥, 张玉凯. 城市交通出行与停车协同管理研究[J]. 山东交通科技, 2015(1): 20-23.
- [30] 刘媛媛. 大型停车场内车位诱导系统研究[D]. 陕西: 长安大学, 2010
- [31] 基于 RFID 的车位感知模型研究及智能停车管理系统的设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2015
- [32] Reinhard Hössinger, Peter Widhalm, Michael Ulm, Klaus Heimbuchner, Eike Wolf, Roland Apel, Tina Uhlmann. Development of a Real-Time Model of the Occupancy of Short-Term Parking Zones[J]. International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, 2013, 12 (2): 37-37.

- [33]李航.基于无线网络的智能停车场关键技术研究[D].四川成都:西华大学,2014
- [34]Silva Ricardo, Kang Soong Moon, Airolidi Edoardo M. Predicting traffic volumes and estimating the effects of shocks in massive transportation systems[J].Proceedings of the National Academy of Sciences, 2015,112 (18):5633-5638.
- [35]孙婷婷.基于车牌识别的一体式寻车数据采集系统的实现[D].浙江:浙江大学,2015
- [36]许静.停车场智能管理系统设计[D].江西南昌:南昌大学,2013
- [37]赵立芳.基于物联网的智能停车场管理系统的设计[D].内蒙古:内蒙古大学,2014
- [38]Dorte Boesby Dahl."Making up" workers in an inclusive organisation: Inclusion and diversity in Danish parking patrol[J].Equality, Diversity and Inclusion: An International Journal, 2013,33(3):239-260.
- [39]唐辉.基于 RFID 的智能停车场管理系统关键技术研究[D].湖北武汉:武汉理工大学,2008
- [40]<http://www.pcpop.com/doc/1/1678/1678169.shtml>
- [41]赵宏凯.智能停车场的车位信息检测及管理系统[D].辽宁大连:大连交通大学,2014
- [42]陈泳.智能视频监控平台开发及其在停车场车牌识别系统中的应用与实现[D].湖南长沙:长沙理工大学,2013
- [43]季彦婕,邓卫,赵德等.停车诱导信息系统规划理论与协同诱导策略设计[M].科学出版社,118-119
- [44]应夏晖,石悦悦.基于停车诱导系统的用户停车场选择探究[J].电子测试,2015,(5):46-48
- [45]余诚强.面向用户的停车诱导信息系统研究[D].福建:福建农林大学,2009
- [46]<http://www.sojump.com/report/3852013.aspx>
- [47]杨兆升,初连禹.动态路径诱导系统的研究进展[J].公路交通科技,2000(1):32-36.
- [48]刘昱岗,徐宜河.基于模糊综合评价的公交专用道的交通效益评价[J].公路工程,2015(4):193-196.

攻读硕士期间发表的论文

[1]高静，任传祥，张玉凯，魏蕾. 城市交通出行与停车协同管理研究[J].山东交通科技

[2]路英杰，高静. 基于模糊层次分析的潍坊市路网拥挤度评价[J]. 山东交通科技

[3]任传祥，张梁，高静，尹唱唱等. 基于太阳能无人机群的大型停车场车位检测系统. 实用新型专利

致谢

三年的硕士研究生活即将结束，在三年的学习生活中我收获了很多，更成长了很多。回首论文从开始选题、收集资料、开题报告、整理内容直至现在的最终完稿，近一年的时间里得到了老师、同学和家人的帮助，现向他们表达我最诚挚的谢意！

首先，我要深深感谢我的导师任传祥老师。在十几年的学业生涯中，任老师是我见过的最谦和、最平易近人的老师。在论文写作过程中，任老师给了我很大帮助。无论我何时有所疑问，任老师都会不遗余力的给与我指点与帮助，使我在研究和写作过程中不致迷失方向。在论文初稿完成后，任老师无论多忙，都会抽出空来对我的论文进行阅读，提出许多中肯的指导意见，使我的论文写作更加顺利。论文修改后期，任老师都会字字句句把关，严谨治学，教会我任何的细节都需注意，他对我的关心和教诲我将永远铭记。借此机会，我谨向任老师及其家人表示深深地谢意！

其次，我还要感谢山东科技大学刘法胜教授，他对大交通、大数据时代的独到见解，专业素养的高深、专业知识的渊博对我的学习有很大的启发。感谢吕文红老师对我的论文提出了具体的修改意见，同时感谢高宏岩、刘兆惠等老师，感谢他们严格、无私、高质量的教导，使得我这几年的专业知识学习有了极大的提升，使我的论文能顺利的完成。同时也要感谢这三年来与我互勉互励的诸位同学，感谢我的舍友、感谢实验室里的兄弟姐妹们，正是在大家的共同努力之下，我们始终拥有一个积极向上的学习氛围。特别感谢栾金金师姐、程孝瞻同门、员骞同学、张梁师弟对我学习以及生活的帮助，能在这样一个团队中度过，是我极大的荣幸。我还要感谢我的家人，是他们给予我前进的动力，让我全身心的投入到学习中。

最后，我要感谢参与我论文评审和答辩的各位老师，你们的批评和指正会使我的论文更加完善，谢谢你们！我将在今后的工作、学习中更加努力！再次感谢，祝大家一生幸福、安康！

2016年5月