

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: X2013231605

UDC _____

廈門大學

工 程 碩 士 學 位 論 文

某市森林防火指挥辅助决策系统的
设计与实现

Design and Implementation of Forest Fire Prevention
Decision-assisting System in a City

刘 璿

指 导 教 师: 陈俐燕 助理教授

专 业 名 称: 软 件 工 程

论 文 提 交 日 期: 2016 年 1 月

论 文 答 辩 日 期: 2016 年 2 月

学 位 授 予 日 期: 2016 年 6 月

指 导 教 师: _____

答 辩 委 员 会 主 席: _____

2016 年 1 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（）课题（组）的研究成果，获得（）课题（组）经费或实验室的资助，在（）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

森林生态系统作为陆地生态系统中面积最大最多、最重要的自然生态系统，也是可持续发展的基础，森林生态系统对于经济发展是不可或缺的一部分，越来越多的人意识到森林生态系统的不可替代性。森林保护需要预防和消除对森林的各种破坏和灾害，最大限度避免和减少森林资源的损失，在这其中，森林火灾是森林保护工作者所要面临的重要难题。

论文设计与实现了一款森林防火指挥决策辅助系统，森林防火信息系统是为了达到森林防火的目的，借助譬如森林资源数据、防火信息以及卫星遥感等数据资源，以及成熟的 3S 技术、计算机技术，汇集防火信息管理、实时监控、指导扑救、提前测报、灾后补救处理为一体的综合应用体系。

论文首先概括的介绍了森林防火信息系统发展现状。然后论文分析了森林防火指挥辅助决策系统的需求，根据这种需求，论文较为系统的阐述了此款软件系统的设计框架以及主要业务流程，明确系统的功能需求以及性能需求，并根据指挥辅助决策的实际需求需要，确定系统的体系结构；接着，论文对开发森林防火指挥辅助决策系统所涉及的技术进行了研究和探讨，对 GPS 定位信息和卫星监测信息进行解析；最后，论文基于森林防火指挥辅助决策的需求，设计并开发一个用户界面良好，操作简洁，自动化、智能化、信息化的森林防火业务管理平台，使其具备基本的 GIS 功能的同时，还提供了更多高级分析功能，比如三维电子沙盘生成、火势蔓延分析、扑救路径分析、森林防火设施布局分析等。该系统的设计是将 3S 技术、计算机技术等高效技术应用于森林火灾扑救防工作中，尽可能有效的提升森林火灾扑救工作的效率和现代化水平，进一步推动数字林业的建设脚步。

关键字：森林防火；指挥辅助决策；3S 技术

Abstract

As the largest and the most important ecological system in the natural ecological system, forest ecological system is also the foundation for sustainable development. Forest ecological system is an indispensable for economic development, and more and more people realize the irreplaceable role forest ecosystem. Forest protection is to prevent the forest from destruction, and to reduce the loss of forest resources. Among the forest disasters, forest fires are the most serious problem that forest conservation workers have to face.

The dissertation proposes the design and development of a command decision-assisting system for forest fire prevention. Forest fire prevention information system aims at forest fire prevention, and uses forest resources, fire prevention information and remote sensing data as data sources. Forest fire prevention information system uses 3S technology and computer technology to predict, monitor and control forest fires, and assist the firefighting and post-disaster reconstruction.

The dissertation firstly discusses the development of the current forest fire prevention information systems. Secondly, the dissertation focuses on the requirement needs analysis and system architecture design: we analyze the requirement of forest fire prevention decision-assistant system. Based on the needs requirement, we design the system framework and the business process. Thirdly, we study explore the technology using used in the development of the command decision-assisting system for forest fire prevention. Forest fire prevention decision-assistant system. Finally, based on the requirements for such a system, we design and develop a command decision-assisting system for forest fire prevention. Forest fire prevention decision-assistant system with good user interface and simple easy operation, which is automatic, intelligent and efficient. The system also provides a more advanced analysis functions, such as three-dimensional electronic sand table, analysis of the spread of fire etc. Advanced technologies such as 3S, computer technology are

applied to develop the system, so as to effectively improve the efficiency for forest fire prevention and further the development of digital systems for forest management.

Keywords: Forest Fire Prevention; Decision-Assist; 3S

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究概况	2
1.2.1 国外发展现状.....	2
1.2.2 国内发展现状.....	3
1.3 课题的内容和目标	4
1.3.1 研究的目标.....	4
1.3.2 研究的内容.....	4
1.4 论文的结构安排	5
第二章 相关技术介绍	6
2.1 3S 技术介绍	6
2.1.1 GIS 地理信息系统技术与组件式系统 ArcEngine.....	6
2.1.2 GPS 全球定位系统	9
2.1.3 RS 遥感技术.....	9
2.2 UML 统一建模语言	10
2.3 NET 框架技术	11
2.4 Oracle 数据库系统	12
2.5 本章小结	12
第三章 系统需求分析	13
3.1 产品描述	13
3.2 用户角色分析	13
3.3 功能需求	14

3.3.1 基本 GIS 功能	14
3.3.2 三维电子沙盘生成.....	15
3.3.3 热点信息管理.....	16
3.3.4 视频监测信息管理.....	16
3.3.5 火点定位.....	17
3.3.6 火势蔓延分析.....	18
3.3.7 火情态势标绘.....	18
3.3.8 扑救路劲分析.....	19
3.3.9 地形图、森林分布图整饰输出.....	20
3.3.10 森林火灾预测预报.....	20
3.3.11 森林防火设施布局分析.....	21
3.3.12 森林火灾损失评估.....	22
3.4 非功能需求分析	23
3.4.1 一般约束分析.....	23
3.4.2 假设和依据分析.....	23
3.4.3 系统性能分析.....	23
3.4.4 系统属性分析.....	24
3.5 本章小结	25
第四章 系统设计	26
4.1 总体设计	26
4.1.1 软件架构体系.....	26
4.1.2 开发方式.....	27
4.1.3 功能组件.....	27

4.2 功能流程图	28
4.2.1 基本 GIS 功能	28
4.2.2 热点信息管理.....	29
4.2.3 林火识别.....	30
4.2.4 火点定位.....	31
4.2.5 火势蔓延分析.....	33
4.2.6 火情态势标绘.....	33
4.2.7 扑救路径分析.....	34
4.2.8 森林火灾损失评估.....	35
4.3 数据库设计	35
4.3.1 ER 模型与概念设计	36
4.3.2 数据库表设计.....	40
4.3.3 空间数据处理流程.....	43
4.4 本章小结	44
第五章 系统实现	45
5.1 系统运行环境及运行界面	45
5.2 系统组成和工具介绍	45
5.2.1 快捷菜单栏.....	46
5.2.2 工具栏.....	46
5.2.3 图层控制窗口.....	55
5.2.4 鹰眼窗口.....	55
5.2.5 地图窗口.....	56
5.3 基本功能模块展示	56

5.3.1 地图模块.....	56
5.3.2 信息查询模块.....	57
5.3.3 测量功能模块.....	60
5.3.4 路径分析和决策支持模块.....	62
5.3.5 热点管理.....	65
5.3.6 统计报表.....	67
5.3.7 扑火方案.....	69
5.3.8 火灾热点.....	69
5.3.9 林斑损失结算.....	70
5.3.10 林火定位.....	72
5.4 本章小结	74
第六章 总结与展望	75
6.1 总结.....	75
6.2 展望.....	76
参考文献.....	77
致 谢.....	79

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Research Background.....	1
1.2 Overseas and Domestic Research Status	2
1.2.1 Overseas Research Status	2
1.2.2 Domestic Research Status.....	3
1.3 Research Contents and Objectives	4
1.3.1 Research Objective	4
1.3.2 Research Contents.....	4
1.4 Structure of Dissertation	5
Chapter 2 Relevent Technologies	6
2.1 Introduction of 3S Technologies	6
2.1.1 Geographic Information System	6
2.1.2 Global Positioning System.....	9
2.1.3 Remote Sensing	9
2.2 Unified Modeling Language.....	10
2.3 .NET Framework	11
2.4 Oracle Database	12
2.5 Summary.....	12
Chapter 3 System Requirement Analysis	13
3.1 Description of Product.....	13
3.2 Role Definition.....	13
3.3 Analysis of Product Functions	14
3.3.1 Basic GIS Function	14
3.3.2 3D Electronic Sand Table	15
3.3.3 Hotspot Information Management.....	16
3.3.4 Video Detection Information Management	16
3.3.5 Fire Location Positioning.....	17
3.3.6 Fire Spreading Analysis	18
3.3.7 Fire Plotting	18
3.3.8 Analysis of Path of Fire Fighting.....	19
3.3.9 Topographic Map and Forest Distribution Map Output	20
3.3.10 Forest Fire Prediction.....	20

3.3.11 Forest Fireproofing Facility Placement	21
3.3.12 Forest Fire Loss Assessment.....	22
3.4 Analysis of Non-functional Requirements	23
3.4.1 General Constraint	23
3.4.2 Assumptions.....	23
3.4.3 Performance Analysis	23
3.4.4 System Attributes.....	24
3.5 Summary.....	25
Chapter 4 System Design	26
4.1 System Architecture Design	26
4.1.1 System Architecture.....	26
4.1.2 Development Mode.....	27
4.1.3 Function Component.....	27
4.2 Function Flow Chart.....	28
4.2.1 Basic GIS Function	28
4.2.2 Hotspot Information Management.....	29
4.2.3 Forest Fire Detection.....	30
4.2.4 Fire Location Positioning.....	31
4.2.5 Fire Spreading Analysis	33
4.2.6 Fire Plotting	33
4.2.7 Analysis of Path of Fire Fighting.....	34
4.2.8 Forest Fire Loss Assessment.....	35
4.3 Database Design	35
4.3.1 ER Modeling.....	36
4.3.2 Database Sheet Design.....	40
4.3.3 Spacial Data Processing	43
4.4 Summary.....	44
Chapter 5 System Implementation.....	45
5.1 Running Environment of System	45
5.2 System Components and Tools	45
5.2.1 Shortcut Menu Bar	46
5.2.2 Tool Bar	46
5.2.3 Layer Management View.....	55

5.2.4 Eagle Eye View.....	55
5.2.5 Map View.....	56
5.3 Basic Modules.....	56
5.3.1 Map Module.....	56
5.3.2 Information Search Module	57
5.3.3 Measurement Module	60
5.3.4 Path Analysis and Decision-supporting Module.....	62
5.3.5 Hotspot Management	65
5.3.6 Statistical Form	67
5.3.7 Fire Fighting Solution	69
5.3.8 Fire Hotspot	69
5.3.9 Forest Loss Assessment	70
5.3.10 Forest Fire Positioning.....	72
5.4 Summary.....	74
Chapter 6 Conclusions and Prospects.....	75
6.1 Conclusions.....	75
6.2 Prospects	76
References.....	77
Acknowledgements	79

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

森林是人类社会的发展基础，是人类赖以生存的环境基础，在经济发展中具有重要的地位。森林生态系统是可持续发展的基础，森林生态系统对于经济发展是不可或缺的，对森林生态的破坏会对经济造成不可逆转的损失，从世界范围来看，1996年由于生态破坏造成的直接和间接经济损失达到生产总值的14%^[1]。由此可以看出，森林保护是世界上所有国家所共有的责任和义务。

我国森林资源匮乏，全国森林面积约1.34亿hm²，森林覆盖率13.92%，远低于全球31%的平均水平，人均森林面积不到0.11hm²，人均占有森林面积和林木面积都远远低于世界水平，仅为世界人均水平的1/7^[2]，森林资源处于总量不足，质量不高，分布不均匀的状态，并在短期内无法得到根本改变。因此，对于我国来说，森林保护更是重中之重。

森林保护需要预防和消除对森林的各种破坏和灾害，最大限度避免和减少森林资源的损失，在这其中，森林火灾是森林保护工作者所要面临的突出问题。森林火灾是指逐渐失去人为掌控的，可以在森林中肆意扩张的，对森林以及森林生态系统会造成一定损失和危害的林火行为。此森林火灾具有突发性强、破坏力大、处置救治较为困难等特点，已成为新世纪森林生态环境保护的重大威胁。中国不仅是森林资源匮乏国家，也是森林火灾多发国家，中国国家林业局公布的森林火灾统计数据显示，在近50年的时间里，中国累计发生森林火灾约60万起，受害森林面积约3000万公顷。森林火灾破坏力大、影响范围广，不仅对当地的生态环境造成重大破坏，也对当地的经济造成重大损失，同时威胁人民群众的生命财产安全。并且，森林火灾所造成的环境上、经济上的破坏及损失在短期内无法快速恢复，势必对当地经济在未来几年的发展造成不利影响。因此，如何积极预防、快速发现、尽早扑灭森林火灾，合理调配指挥森林火灾现场的消防队伍，最大限度地利用消防资源，成为森林防火部门正待解决的重要问题。因此，一套运作良好的森林防火系统对保护环境、维护经济发展及社会安全具有重要意义。

1.2 国内外研究概况

森林防火信息系统是指将森林防火设为对象，运用森林资源基础数据、防火信息和卫星遥感等数据源，同时使用成熟的计算机技术，得出了涵盖防火信息管理、实时管控、指导扑救、预测预报、损失估评及灾后处理等信息的、为防范林火服务的综合应用系统。从 20 世纪 90 年代开始，世界各国纷纷加入到了森林防火信息系统的开发研制当中。

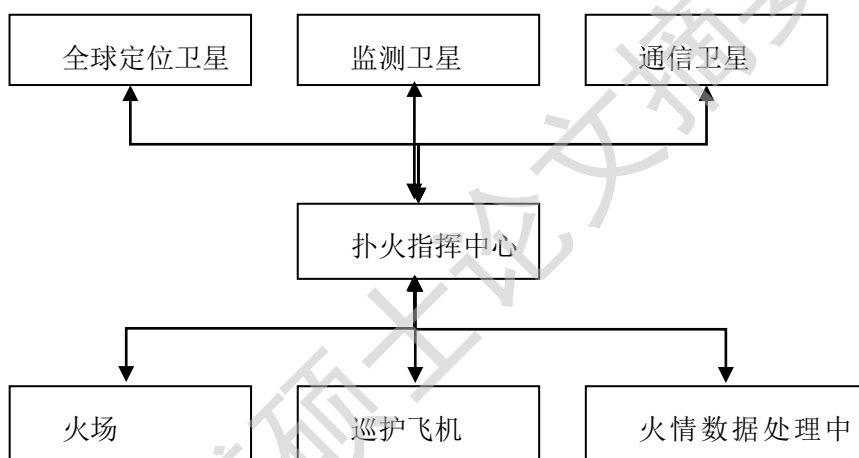


图 1.1: FFAST 系统结构示意图

1.2.1 国外发展现状

美国是最早投入到森林火灾的监控、测绘、扑救和防范工作的主要几个国家中的一个，并且在森林火灾防控领域始终走在世界前列。据了解，美国林务局实施了“联合火科学计划”，利用地理资讯系统（Geographic Information System, GIS）评估森林火情等级，监测火情动态，以及部署防控以减少火灾危害。在此之后，美国林务局通过与各大公司合作，不断地投入人力物力进行相关技术的研发，逐渐形成了一套森林消防高级系统技术（Forest Fire Advanced System Technology），简称 FFAST 系统，该系统广泛应用于美国本土森林火灾的监测和扑救工作中，发挥着重要的作用。美国最新的 FFAST 系统结构如图 1 所示，主要分为三个层

次：地面、航空、航天。这三个层次使得 FFAST 系统能够全方面、立体地监测森林火灾动态，并及时进行数据传输^[3]。

加拿大也较早地投入林火信息系统的研发工作。在 20 世纪 90 年代初，Petawawa 加拿大国家林业研究所开发了一套用于预测森林火灾的大型系统，该系统结合 GIS 地理信息，模糊聚类理论和既有的火灾预防知识，能够有效地预测由人为或自然灾害（如闪电）造成的森林火灾。到目前为止，加拿大魁北克的“计算机森林火灾管理系统”是国际上公认较为先进的森林防火扑救系统。该系统主要分为两个部分：（1）初期火灾扑救部分，即以气象数据为基础，预测可能导致森林火灾发生的行为以及该行为下森林火灾发生的概率；（2）持久火灾扑救部分，即以气象数据为基础，模拟森林火灾的动态，为之后的火灾动向进行预测分析，从而为指挥决策提供数据支持^[4-5]。

德国的林业地理信息系统发展自 20 世纪 90 年代初。1995 年，德国巴登符腾堡州开始投入研发林业运算、通讯与企业管理系统，简称 FOKUS2000，该系统于 2003 年顺利完成。从 1998 年开始，德国各州已经开始广泛应用森林防火系统，目前，在德国的很多地方，FOKUS2000 信息系统已能够满足其森林防火的需求，并成为自然保护和环境信息监控不可或缺的部分^[6]。

法国将遥感技术（Remote Sensing Technology）广泛应用于森林火灾监控中，其航片可以用于火场地理信息分析以及受灾面积计算^[7]。

1.2.2 国内发展现状

从 20 世纪 90 年代开始，我国陆续开展了森林防火信息系统的研发工作，其中，国家林业局于 1991 年所开发的基于 GIS 的国家林火管理信息系统^[8]，已经在全国各地多省市进行了推广。2000 年，我国建立了全国森林防火信息系统，全面提高了国内森林火灾监控的可靠性，为之后的森林防火工作奠定了良好的基础。各省市也陆续开发了森林防火系统：福建省地质遥感中心于 2004 年开发了基于 Web 和“3S”技术的“德化县森林防火指挥系统”^[8]；广西省气象台投入研发“地县级 NOAA 卫星遥感森林火灾检测服务系统”，并成功建立了基于 GIS 的广西省森林火灾卫星遥感监测系统^[9]；广东省广州市开发了基于“3S”技术的包含森林火灾预报预测、森林火灾指挥扑救等功能的森林防火信息系统。

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.