

1012.03



Y1848439

# 中南林业科技大学

## 学位论文原创性声明

本人郑重声明：所提交的论文是本人在导师的指导下独立进行研究所取得的研究成果。除了文中特别加以标注引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写的成果作品，也不包含为获得中南林业科技大学或其他教育机构的学位或证书所使用过的材料。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式表明。本人完全意识到本声明的法律后果由本人承担。

作者签名：陈少坚

2010 年 6 月 15 日

# 中南林业科技大学

## 学位论文授权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件或电子版，允许论文被查阅或借阅。本人授权中南林学院可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于：

- 1、保密 ，在年解密后适用本授权书。
- 2、不保密 。

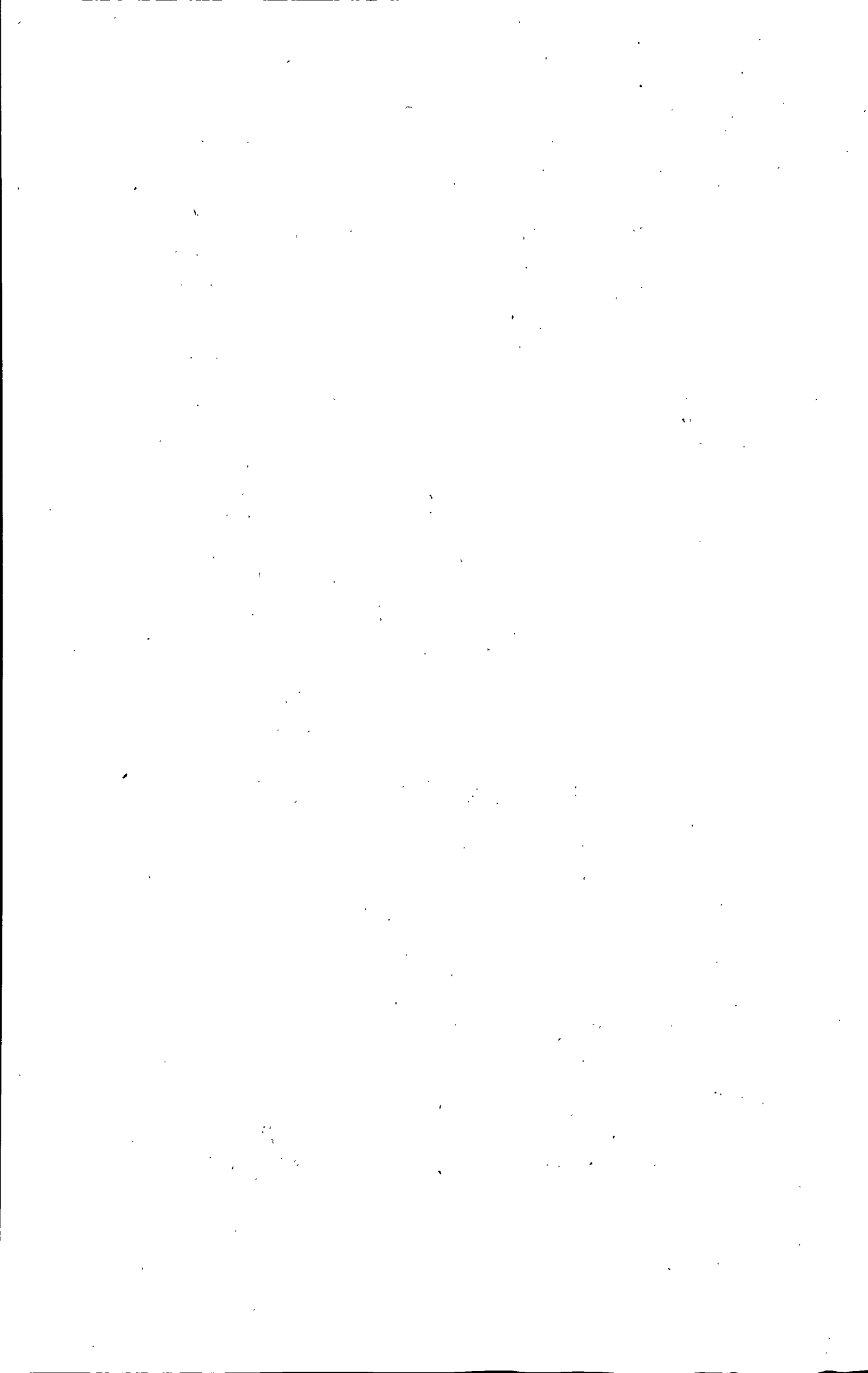
(请您在以上相应方框打“√”)

作者签名：陈少坚

2010 年 6 月 15 日

导师签名：唐代志

2010 年 6 月 15 日

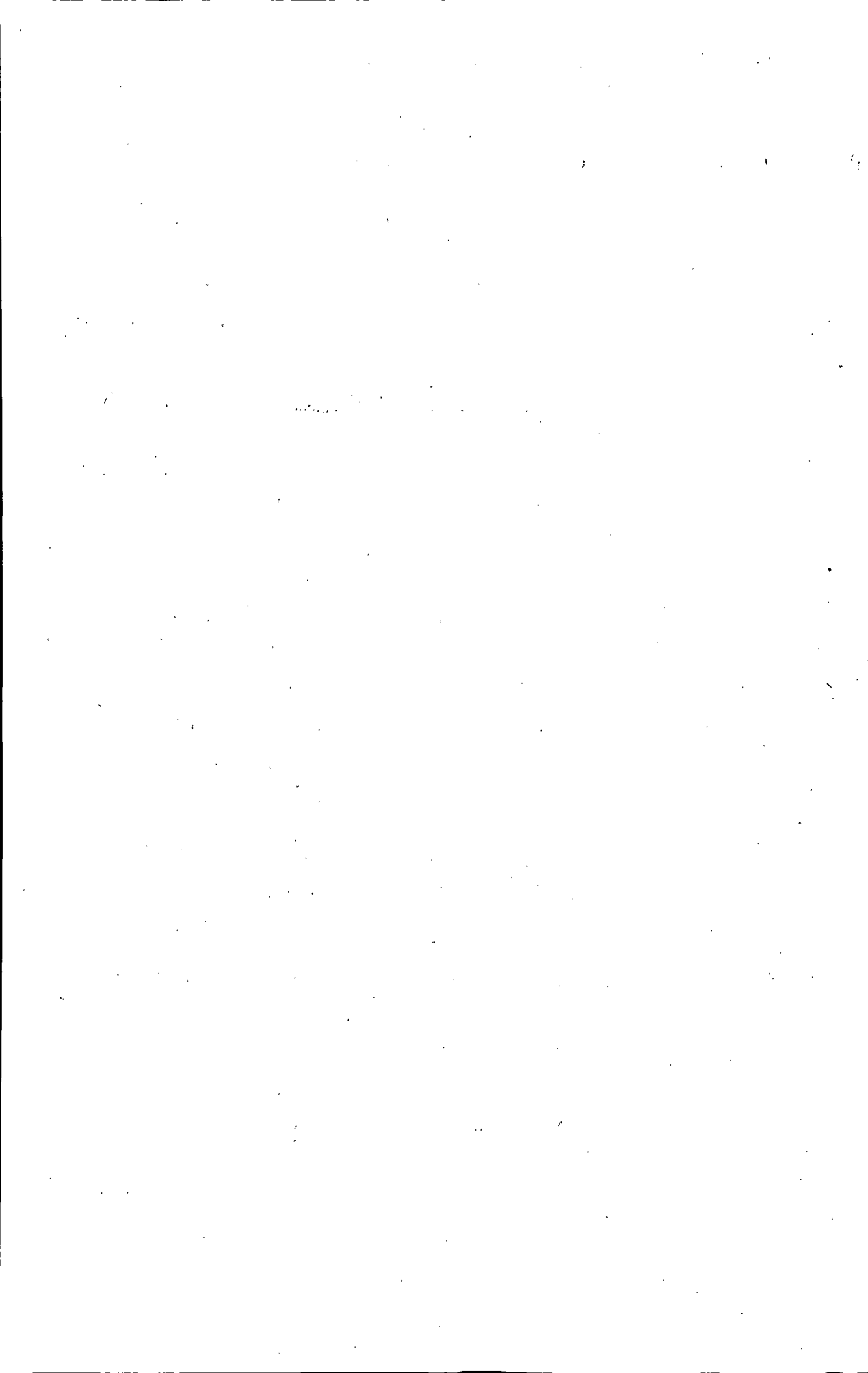


## 摘要

随着我国国民经济的高速发展和人口急剧增加,对木材需求量日益增加,特别是对纸浆、纤维板等原料用材的需求大幅度提高,传统的林业经营模式因生产周期长且产出木材量不高,难以满足需求。短周期工业原料林具有产量高、收益早、效益高的特点,能有效解决我国木材供应不足的问题。但是,我国目前的短周期工业原料林经营仍然沿袭了旧的粗放的营林经营模式,技术管理手段落后,单位面积产量低效率差,采用传统方法制定管理决策,缺乏直观性、动态性和决策过程的可视化,给经营管理带来许多困难。

论文针对短周期工业原料林在经营过程中存在很多相互关联、相互影响的决策变量和信息,以及传统经营模式难以凑效这一现实问题,基于数字技术、林业持续经营理论、决策理论和决策支持系统理论、人工智能理论,从短周期工业原料林数字化经营的观点来研究智能决策支持系统在林业中的应用,以翁源研究区桉树林的调查数据为信息源,在深国商林业信息化平台上展开利用数字技术进行短周期工业原料林 IDSS 的试验研究。并结合短周期工业原料林的轮伐期短、高投入、高产出和高效益具体特点,分析短周期工业原料林 IDSS 研究的必要性,并提出了短周期工业原料林 IDSS 的框架体系、结构特点以及功能,根据桉树林的特点和采伐的要求,建立桉树林的采伐收获模型、运输费用和分配模型,利用模型库系统和推理机对模型进行求解分析,为决策人员提供了多种辅助方案供参考。最后利用盈亏平衡分析法对决策模型提供的决策结果进行分析,并对采伐量进行决策结果判定,即当  $Q > Q_0$  时,就可获得利润,当  $Q < Q_0$ ,就会亏损。研究表明:运用数字技术和 IDSS 可以实现短周期工业原料林的采伐和分配智能辅助决策,基于深国商林业信息化平台可实现林木运输决策过程的界面显示。与传统的管理系统相比, FIDSS 更有助于森林的动态经营管理,更有利于提高数字信息的处理和分析效率。

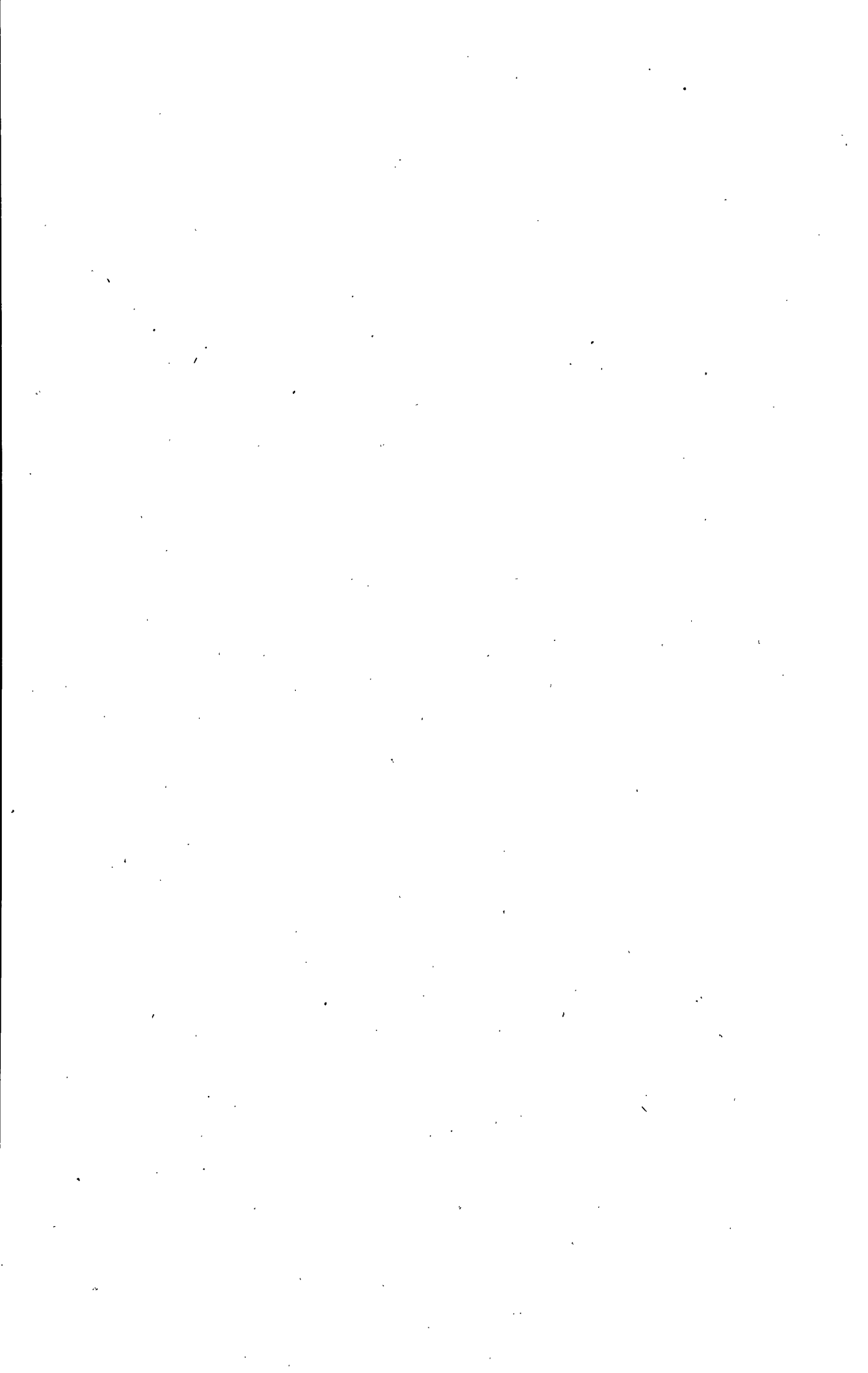
**关键词:** 短周期工业原料林; 数字技术; 智能; 模型; DSS



## Abstract

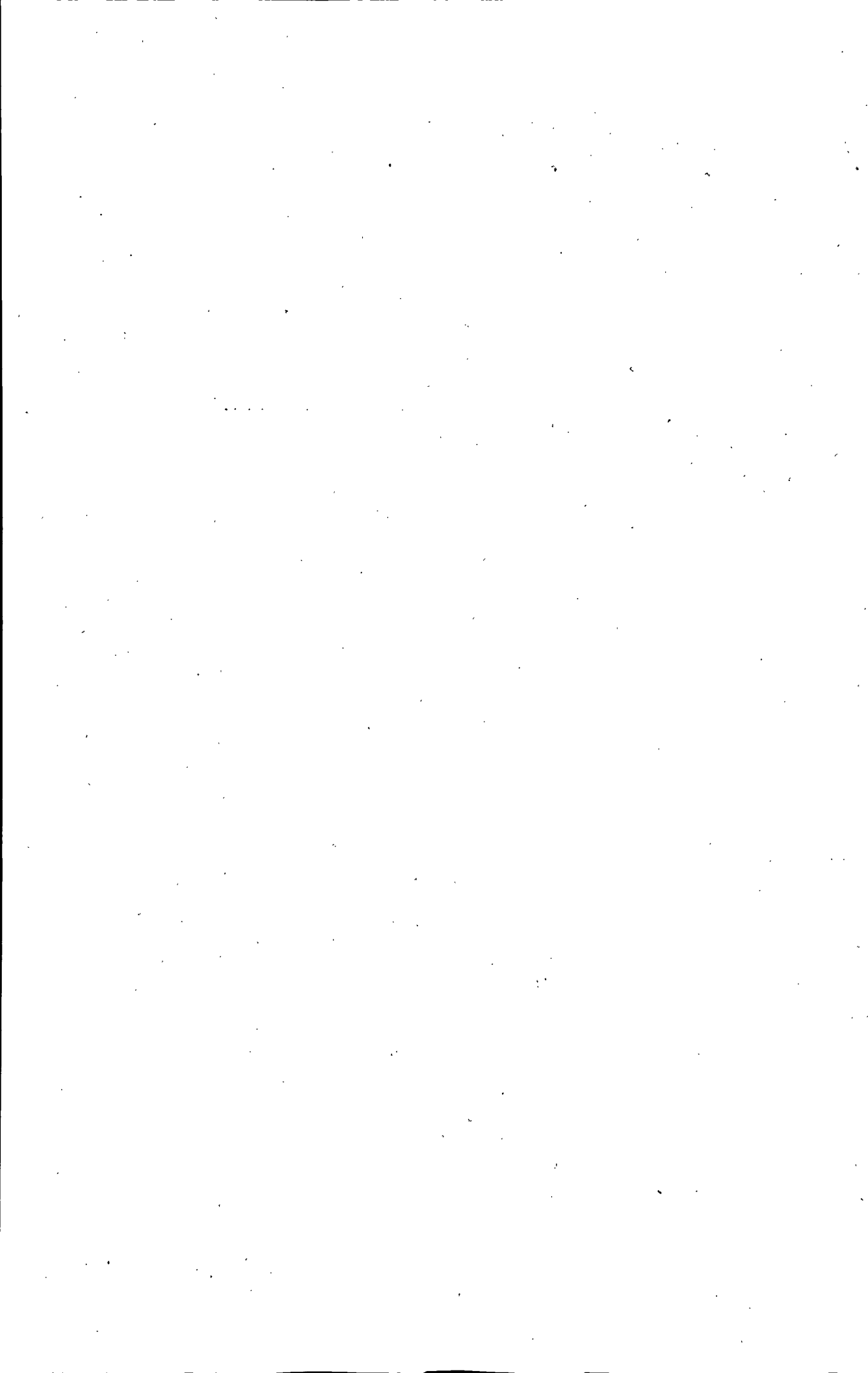
With the high development of economy and rapid population increase, the demand for wood, especially for raw timbers like pulp and fiberboard is increasing greatly. Traditional forest management model cannot meet the demand for its long productive period and low output of timber. Short-cycle industrial row material forest which characterizes as high output, benefit early and effective can solve this problem. However, it still adhere to the old extensive business management model which brought many difficulties to the operation and management because its backward technical, inefficient low yield per unit area and traditional methods to develop management decisions which lack of intuitive, dynamic and decision-making process visualization.

Based on digital technology, forestry sustainable management, decision making theory, DSS and AI, this paper makes studies on the application of IDSS in forestry at the point of digital management in connection with many interrelated and mutually influenced decision-making variables and information which are less effective to deal with. By taking the survey data of Wenyuan as the information source, paper did tentative studies on short-cycle industrial row material forest IDSS using digital technology on the Shenguoshan forest information platform. Combined with the specific characteristics of the short-cycle industrial row material forest such as the short harvest cycle, high input and output and high efficiency, it firstly analyzes the necessity of building the short-cycle industrial row material forest IDSS and proposes the frame, structural features and functions, then it builds the harvesting, transferring and allocation model of Eucalyptus according to the characters and harvesting requirements and can provide a variety of auxiliary programs for the decision making by analyzing the models using modeling system and inference engine and finally it evaluates and judges the results by Break-Even Analysis which means if harvesting  $Q > Q_0$  accepted, or else if  $Q < Q_0$ , reject. The result shows that the harvest and allocation intelligent decision making can be realized by combining digital technology and IDSS and the interface can also be shown based on Shenguoshang forest information platform. Compared with traditional MIS, the FIDSS is more useful to the dynamics of forest management and conducive to improving the processing and analysis efficiency of digital information.



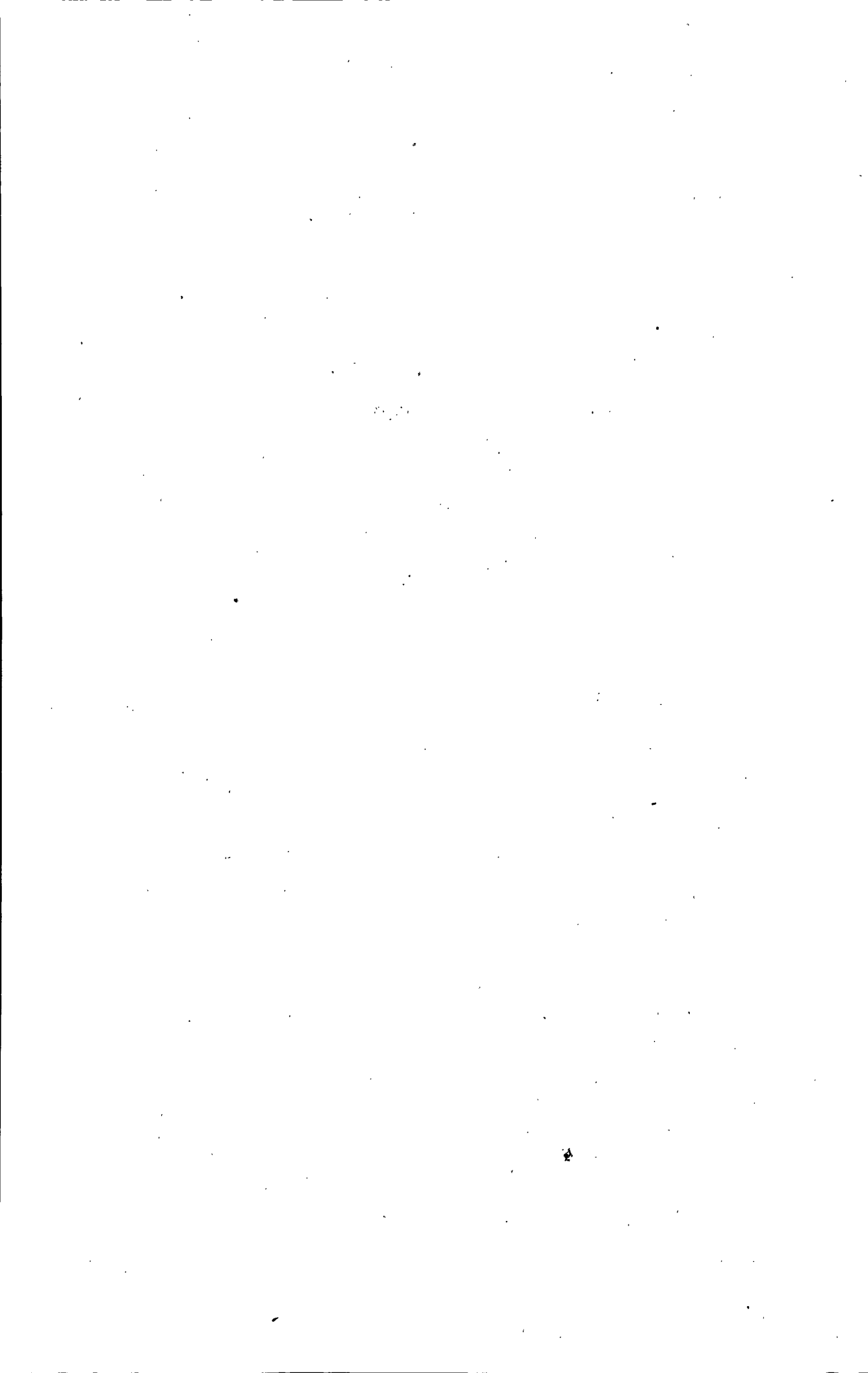
**Key Words: Short-cycle Industrial Row Material Forest; Digital Technology;  
Intelligence; Model; DSS**



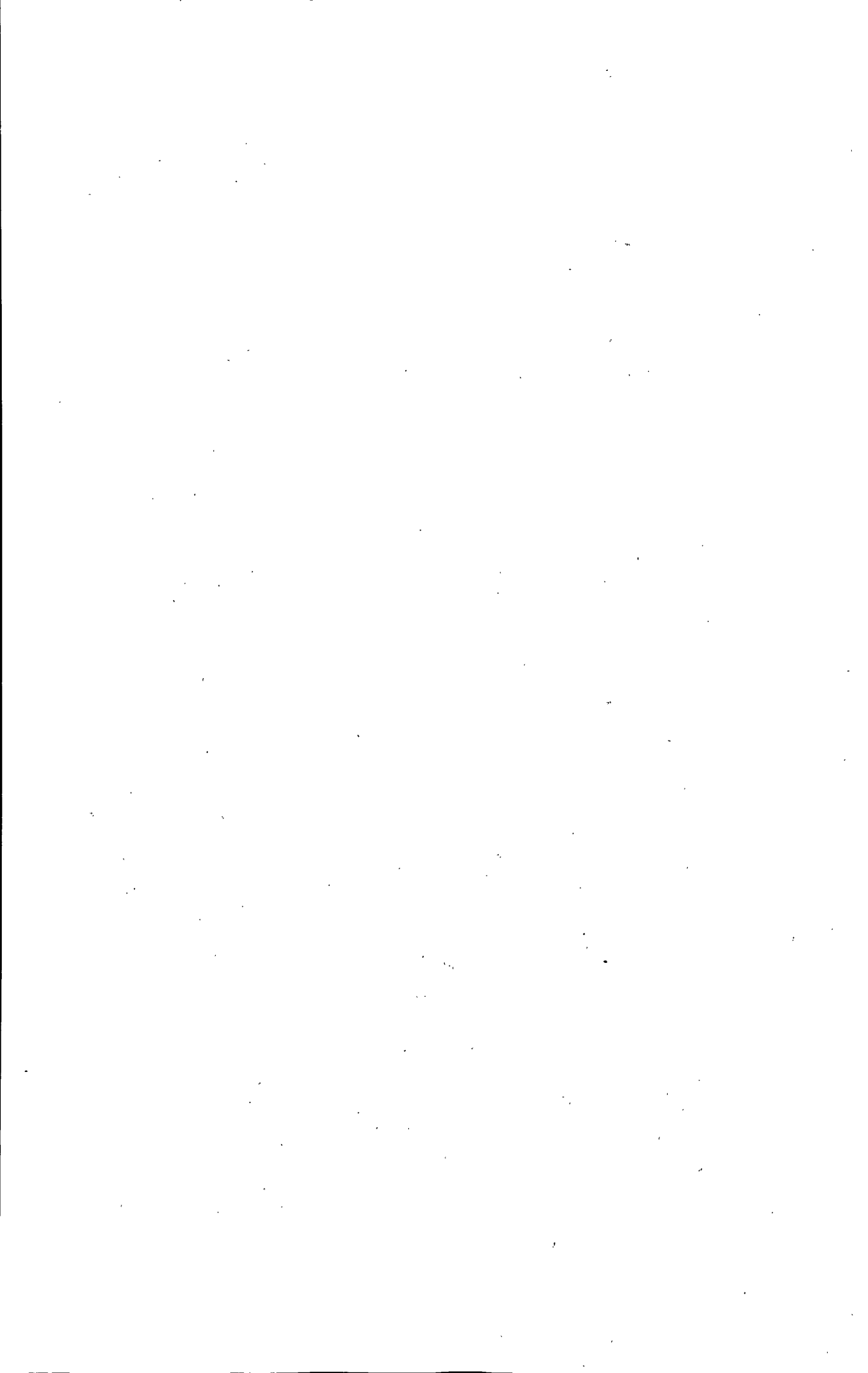


# 目 录

摘 要 .....	I
ABSTRACT .....	II
1 绪论 .....	1
1.1 研究背景与意义 .....	1
1.1.1 计算机、网络、数据库技术和 3S 技术的发展概述 .....	1
1.1.2 人工智能和专家系统概述 .....	4
1.1.3 数据挖掘技术、数字地球和数字林业概述 .....	5
1.2 智能决策支持系统 (IDSS) 国内外研究现状 .....	7
1.2.1 IDSS 国外研究现状 .....	8
1.2.2 IDSS 国内研究现状 .....	9
1.2.3 IDSS 理论研究的最新进展和发展趋势 .....	10
1.3 本文研究内容及研究路线 .....	10
1.3.1 研究目标 .....	10
1.3.2 研究内容与方法 .....	11
1.3.3 研究技术路线 .....	11
2 IDSS 理论及其特征 .....	12
2.1 IDSS 的定义及内涵 .....	12
2.2 与 IDSS 相关的几个概念 .....	13
2.2.1 决策 .....	13
2.2.2 模型 .....	13
2.2.3 智能 .....	14
2.2.4 专家系统 .....	15
2.3 IDSS 的结构、功能及决策过程 .....	15
2.3.1 IDSS 的总体框架 .....	15
2.3.2 IDSS 的一般功能 .....	16
2.3.3 IDSS 的一般决策过程 .....	18
2.4 IDSS 的类型及其特点 .....	19
2.4.1 基于 AI 的 IDSS .....	19
2.4.2 基于数据仓库的 IDSS .....	19
2.4.3 基于网络技术的 IDSS .....	20



2.5 IDSS 与 MIS 的联系和区别 .....	21
2.5.1 联系 .....	21
2.5.2 区别 .....	21
<b>3 短周期工业原料林 IDSS 研究 .....</b>	<b>22</b>
3.1 短周期工业原料林概述及发展状况 .....	22
3.1.1 短周期工业原料林的概念及特点 .....	22
3.1.2 短周期工业原料林分类 .....	23
3.1.3 短周期工业原料林的发展状况 .....	24
3.2 数字技术下短周期工业原料林 IDSS 研究的必要性 .....	25
3.3 短周期工业原料林 IDSS 的总体框架和功能 .....	26
3.3.1 短周期工业原料林 IDSS 结构框架设计 .....	26
3.3.2 短周期工业原料林 IDSS 的特点 .....	29
3.3.3 短周期工业原料林 IDSS 的功能介绍 .....	29
3.4 短周期工业原料林 IDSS 的决策过程 .....	30
<b>4 IDSS 在深国商林业信息化管理中的应用 .....</b>	<b>32</b>
4.1 深国商林业的基本概况 .....	32
4.2 短周期工业原料林 IDSS 的采伐决策 .....	33
4.2.1 采伐和运输决策系统的运行流程 .....	33
4.2.2 桉树采伐模型的建立 .....	34
4.3 基于深国商林业信息化平台的采伐运输费用及分配决策 .....	38
4.3.1 木材采伐运输费用决策 .....	38
4.3.2 分配桉树林木产品决策 .....	40
4.4 决策结果判定 .....	41
4.4.1 盈亏平衡模型 .....	41
4.4.2 盈亏平衡分析 .....	42
<b>5 结论与讨论 .....</b>	<b>43</b>
5.1 结论与创新点 .....	43
5.2 论文的不足与展望 .....	43
<b>参考文献 .....</b>	<b>45</b>
<b>附录 攻读学位期间的主要学术成果 .....</b>	<b>52</b>
<b>致 谢 .....</b>	<b>53</b>



# 1 绪论

## 1.1 研究背景与意义

资源和环境是人类赖以生存和发展的物质基础,随着国民经济的迅速发展,人类对资源和环境的需求越来越高,森林资源在国民经济持续发展和保持地球生态平衡中起着重要作用,然而森林资源作为一种生长在地球表面的多年再生性资源,具有周期长、分布地域广、结构复杂等特点,极易受人为因素和自然力的作用而不断发生变化<sup>[1]</sup>。目前,随着我国国民经济的高速发展和人口急剧增加,对木材需求量日益增加,特别是对纸浆、纤维板等原料用材的需求大幅度提高,传统的造林培育方式因生产周期长且产出木材量不高,难以满足需求<sup>[2]</sup>。短周期工业用材林具有产量高、收益早、效益高的特点,能有效解决我国木材供应不足的问题。近年来,短周期工业用材林基地建设发展迅猛,已取得可喜的成绩。但是,我国目前的短周期工业用材林经营仍然沿袭了旧的粗放的营林经营模式,技术管理手段落后,单位面积产量低效率差,采用传统方法制定管理决策,缺乏直观性和决策过程的可视化,给经营管理带来许多困难,不适应短周期工业用材林高投入高产出高效益的市场发展要求<sup>[2]</sup>。因此,迫切需要先进的科学技术和手段为之服务。随着社会各领域的信息化建设的展开,现代林业正向着集约化、最优化、社会化和数字化的方向发展。应根据森林结构特点和自身生长规律的要求统筹规划,分树种或树种组按经营模式组织森林经营。随着全球环境意识和生态意识的不断增强,利用遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)为主体的广义3S等数字技术<sup>[3]</sup>,并结合决策支持系统(DSS)、人工智能(AI)和专家系统(ES)并使之集成建立林业的智能决策支持系统(FIDSS),对森林经营进行自始至终的动态的跟踪监测、评价、预测、决策,使林业从过去的单一、粗放的经营管理模式走向系统、动态、精准、智能的模式<sup>[4]</sup>,为短周期工业用材林的生产经营管理在提高效率、节省成本、科学决策等多方面带来极大的效益,进一步加强和完善传统的森林资源经营管理体系,建立数字林业,已成为世界各国研究和关注的重要课题<sup>[5]</sup>。

### 1.1.1 计算机、网络、数据库技术和3S技术的发展概述

随着世界上第一台通用电子数字计算机 (ENIAC) 于 1946 年问世于美国以来, 迄今为止, 计算机的发展已经历四代, 而且正向新一代计算机过渡。在此期间, 计算机的硬件与软件技术都获得了惊人的发展。计算机系统向微型化、巨型化、网络化和智能化的方向发展, 计算机的系统软件的功能日趋完善, 规模越来越大、应用软件的开发日趋简便。多媒体技术的兴起引起计算机应用领域的革命, 人们利用声音、符号、图形、图像即可开发计算机的应用。在网络技术的支持下, 信息表达工具 (电话、电视、终端)、信息处理工具 (计算机) 和信息传输工具 (有线通讯、无线通讯及卫星通讯) 已经趋于一体化, 为人类方便地处理信息开辟了更广阔的前景<sup>[6]</sup>。数据库的诞生和发展给计算机信息管理带来了一场巨大的革命。三十多年来, 国内外已经开发建设了成千上万数据库, 它已成为企业、部门乃至个人日常工作、生产和生活的基础设施。同时, 随着应用的扩展与深入, 数据库的数量和规模越来越大, 数据库的研究领域也已经大大地拓广和深化了。30 年间数据库领域获得了三次计算机图灵 (C.W. Bachman, E.F.Codd, J.Gray), 随着信息管理内容的不断扩展, 出现了丰富多样的数据模型 (层次模型, 网状模型, 关系模型, 面向对象模型, 半结构化模型等), 新技术也层出不穷 (数据流, Web 数据管理, 数据挖掘等), 数据库技术在林业上的应用也越来越广。与此同时, 以 RS、GPS 和 GIS 为代表的 3S 技术也在飞速发展<sup>[7][8]</sup>。

遥感 (RS) 技术——遥感是一种以物理手段、数学方法和地学分析为基础的综合探测技术。遥感是在不直接接触的情况下, 对目标物或自然现象远距离感知的一门探测技术。广义遥感技术 (RS) ——航天遥感、航测、无人驾驶轻型飞机、数字航测、近影摄影测量等, 是森林生态系统中森林、环境、人类影响和活动等时空信息获取的主要途径<sup>[9]</sup>。具体的讲, 遥感是在高空和外层空间的各种平台上, 运用各种传感器获取反映地表特征的各种数据, 通过传输、变换和处理, 提取有用的信息, 实现研究地物空间形状、位置、性质、变化及其与环境的相互关系的一门现代应用科学技术。随着当前遥感技术在空间分辨率、光谱分辨率、时间分辨率等方面取得的技术进步以及遥感数据获取成本降低, 遥感信息变得更加综合、丰富、动态、快速, 越来越广泛的被林业、农业、地质、环境等部门采用, 并成为这些部门数据获取的基本手段。随着遥感技术日新月异的发展, 遥感的应用有大量成果, 有些领域有突破性进展, 如从作物类型的识别到作物估产。另外

是从宏观分析到微观分析,从农业生产的宏观分析入大面积干旱探测到精细农业,即用遥感方法指导和实施作物的技术管理措施。另一方面,以掌上电脑技术为代表的地面调查技术的发展是遥感技术的有益补充,结合大容量的移动存储工具以及 PDA,使遥感与地面调查的结合更加紧密,而使得数据显示与存储模式更加方便<sup>[10]</sup>,目前,遥感技术在立地条件调查、景观分析与类型划分、树种分类及适生界线划分、立地因子的拟定及其植被因子的提取方面有着广泛应用。

全球定位系统(GPS)技术——GPS全球定位系统是美国军方研制的第二代卫星导航系统,为目前一种快速而精确的定位方法。可用于导航、授时校频及地面和卫星的精准定位测量。通过GPS卫星的观测,可以求得接收机所在点三位坐标和时钟改正数。GPS接收机通过同时接收空中几颗卫星发射的信号,采用三维后方交汇测量的原理确定出地球空间任意位置的精确空间坐标。GPS正式运行后,空间将由21颗工作卫星和3颗备用卫星组成,每4颗工作卫星在同一轨道面内运行,彼此相距 $90^\circ$ ,18颗卫星分布在6个轨道平面中,这6个轨道平面彼此相差 $60^\circ$ ;轨道平面倾角都为 $55^\circ$ ,卫星离地面高度为20200Km,按圆形轨道运行,运行周期0.5恒星日,以便保证在任一瞬间任一地点至少有4颗卫星出现在用户视场中。80年代以来,尤其是90年代以来,GPS卫星定位和导航技术与现代通信技术相结合,在空间定位技术方面引起了革命性的变化,为林业调查规划提供了全新的技术方法,大大的拓宽应用范围及其应用领域<sup>[12]</sup>。目前,GPS技术已在森林固定样地调查、近景摄影测量中坐标点的精准定位以及林相图测绘中得到广泛应用。

地理信息系统(GIS)技术——地理信息系统简称GIS(Geographical Information System),是六十年代开始迅速发展起来的地理学研究技术。GIS至今尚没有国际统一的定义,不同学科和不同领域对GIS的理解不尽相同。有学者认为GIS是用于采集、存储、管理、分析、显示与应用地理信息的计算机系统,是分析和处理海量地理数据的通用技术。地理信息系统一般具有以下三个方面的特征:空间性和动态性,即具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力;产生高层次的地理信息,即以地理研究和地理决策为目的,以地理模型方法为手段,具有区域空间分析、多要素综合分析和动态预测能力;作用于空间数据,即由计算机系统支持进行空间地理数据分析、计算和管理,并由计算机程序模拟



常规的或专门的地理分析方法,海量处理空间信息,完成人类难以完成的任务[13]。

“3S”技术——遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)是目前对地理观测系统中空间信息获取、存储管理、更新、分析和应用的3大支撑技术(简称“3S”),是现代持续发展的技术手段。在“3S”技术中,RS是实时对地观测、分析的先进技术系统,是GIS准确可靠的信息源和实时更新数据的重要保证;GPS主要是为遥感实时数据定位提供空间坐标,以建立事实数据库,及时地对GIS进行数据更新;GIS则是对多种来源的时空数据进行综合处理,在专家系统及各种专业模型支持下,进行动态仿真、模拟,进行最优化决策。作为“3S”技术集成的基础平台,“3S”集成技术不是简单的3个组成部分的叠加,而是一种有机地、在线地连接,同时具有实时、动态的特性。此外,将RS(卫星遥感)GPS(全球定位系统)和GIS(地理信息系统)集成,还可以实时采集、处理、更新和分析数据[14]。“3S”技术是将RS、GIS、GPS3种技术进行有机结合,并辅之以当今网络技术、通讯技术和决策支持等技术构成一个有机地整体而形成的一项综合性技术。它集信息获取、信息处理、信息应用决策与管理于一身,在信息获取与信息处理的高速、实时与信息应用的高精度、量化方面有着独到的优势。并以实现快速、精准以及实时遥感图像定位、对多维的非均质数据进行快速复合处理,并在以生物地学规律模型、社会经济发展模型、决策与决策支持模型、特殊专业模型等专家知识及推理功能的支持下做出综合分析,提供辅助决策信息。目前,GIS技术在森林资源信息管理、森林经营优化决策、森林分类经营区划、森林抽样设计、林业专题制图、森林采伐设计、营造林规划设计、森林保护、森林资源管理网络GIS、精准林业等诸多林业领域有着广泛的应用[15]。

### 1.1.2 人工智能和专家系统概述

人工智能(Artificial Intelligence,简称AI)是20世纪下半叶兴起的一门新科学,它由计算机科学、控制论、信息论、神经生理学、心理学、语言学等多种学科相互渗透而发展起来,被誉为20世纪的重大科学技术成就之一,并在新世纪的网络经济时代发挥重要作用[16]。自1956年首次提出AI以来,人工智能作为计算机学科的重要分支,现在已经渗透到应用计算机技术的各行各业,促进这些行为乃至计算机软件产业的变革,在21世纪的以信息技术为主导的网络和知识

经济中具有举足轻重的地位和影响<sup>[17]</sup>。

专家系统 (Expert System, 简称 ES) 是人工智能应用研究最活跃和最广泛的领域之一, 是一种设计用来对人类专家的问题求解能力建模的计算机程序<sup>[18]</sup>。专家系统是一个智能计算机程序系统, 其内部含有大量的某个领域专家水平的知识与经验, 能够利用人类专家的知识 and 解决问题的方法来处理该领域问题。也就是说, 专家系统是一个具有大量的专门知识与经验的程序系统, 它应用人工智能技术和计算机技术, 根据某领域一个或多个专家提供的知识和经验, 进行推理和判断, 模拟人类专家的决策过程, 以便解决那些需要人类专家处理的复杂问题, 简而言之, 专家系统是一种模拟人类专家解决领域问题的计算机程序系统, 在生产过程监控、调度和生产、经营管理、工业、服务业、政府和决策过程的自动化、数据解释等领域中有着广泛的应用<sup>[19][20]</sup>。

### 1.1.3 数据挖掘技术、数字地球和数字林业概述

数据挖掘 (Data Mining, 简称 DM) 又称数据采掘、数据开采, 一般认为数据挖掘是数据库中知识发现 (Knowledge Discovery in Database 简称 KDD) 的一个环节, 是采用具体的数据挖掘算法从数据中自动高效地提取有用模式的过程, 而 KDD 是包含数据挖掘、数据准备等环节的循环往复过程<sup>[21]</sup>。由此可见, 数据挖掘只是数据库中知识发现的一个步骤, 但又是最重要的一步, 离开数据挖掘, 数据库就达不到知识发现的目的。数据挖掘是数据库研究中的一个很有应用价值的新领域, 融合了数据库、人工智能、机器学习等多个领域的理论和技术<sup>[22]</sup>。此外, 数据挖掘是指一个完整的过程 该过程从大型数据库中挖掘先前未知的、有效的、可实用的信息, 并使这些信息做出更有效的决策或丰富知识。

空间数据挖掘 (Spatial Data Mining, SDM) 是数据挖掘 (Data Mining, DM) 的分支学科, 但 SDM 不同一般的 DM, 有别于常规的事务型数据库的数据挖掘, 比一般数据挖掘增加了空间尺度维<sup>[23]</sup>。空间数据挖掘是对空间数据库中存在的知识、空间关系或其他有意义的模式等的提取。空间数据挖掘需要综合数据挖掘与空数据库技术。它可用于对空间数据的理解, 空间关系和空间与非空间数据间关系的发现, 空间知识库的构造空间数据库的管理费用和空间查询的优化<sup>[24]</sup>。将空间数据挖掘技术应用于森林资源管理领域中, 建立森林资源数据挖掘系统。将 DMKD (Data Mining and Knowledge Discovery) 和 SDMKD (Spatial data

mining and knowledge discovery) 技术与林业 GIS 相结合, 从大量的数据当中发现隐含的、更加概括的各种森林资源知识规则, 如森林在二维或三维地表的分布规律、森林与公路、河流等其它地理要素的关联规律等知识, 将空间数据挖掘技术与森林资源 GIS 相结合, 从大量的数据当中发现隐含的、更加概括的各种森林资源经营管理领域的知识规则, 能为森林资源管理、林业合理规划以及森林资源可持续发展决策等提供有力的科学依据, 从而提高森林资源经营管理的智能化水平<sup>[25]</sup>。森林资源空间数据挖掘系统的研究与建立加速了林业信息化的进程, 其理论与实践可以为林业其他方面应用所借鉴<sup>[26][27]</sup>。

数字地球是美国副总统戈尔于 1998 年 1 月在加利福尼亚科学中心开幕典礼上发表的题为“数字地球—新世纪人类星球之认识”演说时, 提出的一个与 GIS、网络、虚拟现实等高新技术密切相关的概念<sup>[28]</sup>。数字地球是一种信息高度集成化的技术, 依托计算机技术、多媒体技术和大规模存储技术, 运用海量地球息, 并以宽带网络为纽带, 数字地球可对地球进行多分辨率、多尺度、多时空和多种类的三维描述。在电子计算机上实现数字地球不是一件很简单的事, 它需要诸多学科, 特别是信息科学技术的支撑。这其中主要基础技术包括: 信息高速公路和计算机宽带高速网络技术、高分辨率遥感影像、空间数据挖掘技术、近景摄影测量技术, 高速度高效率大容量数据处理和存储技术、科学计算以及可视化和虚拟现实技术。地球空间信息科学是数字地球的核心, 而 3S 技术及其集成又是地球空间信息科学的技术体系的基本技术核心。随着“3S”技术的发展, 变化中的地球是可以现实以数字的方式进入计算机网络系统。目前, 数字地球可以广泛地应用于对全球气候变化, 生态与环境变化, 土地利用变化的监测。与此同时, 还可以对社会可持续发展的许多问题进行综合分析 with 预测<sup>[29]</sup>, 在农林业领域也有着越来越广泛的应用研究。

数字林业是数字地球和数字中国的有机组成部分, 是对林业静态、动态、分析决策等各种特征的统一数字化表述与认识, 它以数字化为依托, 用宽带网连接各分布区数据库, 以虚拟现实技术为特征, 具有三维显示和无边无缝多级分辨浏览的开放系统。其核心是用数字化的手段来研究和认识全球性(国家、区域)森林资源及其周围环境历史、现状、变化和未来诸方面的问题<sup>[30]</sup>。包括森林资源的数量、质量、演变及其对环境影响的一切数字化数据, 实现数量管理, 网上交流,

实时、自动、集成、动态、智能化的服务系统。其技术体系包括 3S 对地观测系统、数据库技术、网络技术、科学计算技术、可视化技术、虚拟现实技术、虚拟环境技术等<sup>[31]</sup>。具有强大的分析决策功能，即通过预测、分析，进而能告诉我们森林数量、质量的变化会对人类产生什么样的效果和后果，我们应以什么样的对策合理开发和保护森林，实现森林资源的可持续开发与应用。“数字林业”的潜在应用前景非常广泛。例如可以利用气候、植被、动物群落结构变化动态、遗传资源变化等方面的数据，模拟环境的变化对濒危动物的影响，将有利于及时采取恰当措施以保护物种的多样性。利用“数字林业”的动态监测与分析评价功能，可以推算某特定区域的森林植被变化趋势，并做出气候变化、水土流失、生物产量变化等相关预测；通过数字林业反映出的森林景观变化特征可以掌握森林健康等方面的数据，并能排除相关影响因素，找出其真正原因以及预测可能对生长状况及环境效应的影响，提高森林健康水平及其生产能力；在城市或森林资源缺乏区，利用数字林业信息，合理利用当地其它资源及信息、自动化控制技术等，扬长避短，精确地调整各项土壤和林木作物管理措施，最大限度地优化使用各项投入，以获得最需要产品的最高产量和最大经济效益，同时保护生态环境，保护土地等自然资源<sup>[32]</sup>。近年来，利用数字林业的信息管理及模拟能力，通过虚拟现实技术结合生态旅游设计，可以在数字林业系统上作虚拟生态旅游规划及设计，以确定决策的正确性及可能的发展前景，以及虚拟绿色旅行等等。

## 1.2 智能决策支持系统（IDSS）国内外研究现状

智能决策支持系统(Intelligent Decision Support System, IDSS)的概念最早由 Bonczek 等人于 20 世纪 80 年代提出<sup>[33]</sup>。IDSS 是在决策支持系统(Decision Support System, DSS)的基础上集成人工智能(Artificial Intelligence, AI)及专家系统(Expert System, 简称 ES)而形成的，其核心思想是将人工智能与其它相关科学技术相结合，使 DSS 具有人工智能，能够更充分地应用人类的知识。IDSS 既充分发挥了专家系统以知识推理形式解决定性分析问题的特点，又发挥了决策支持系统以模型计算为核心解决定量分析问题的特点，充分做到了定性和定量分析的有机结合，使得解决问题的能力范围和范围得到一个大的发展。与 DSS 相比，在人机系统和系统知识库之间增加了问题处理系统，使系统的决策效能及智能化程度都得到了提高<sup>[34]</sup>。目前，IDSS 是决策支持系统的一个发展方向。

### 1.2.1 IDSS 国外研究现状

决策支持系统一词最早是由美国 MIT 的高端(Gorry)和斯柯特·莫顿(Scott Morton)等人于 1971 年提出的<sup>[35]</sup>。随后经很多学者不断地努力,才逐步发展形成了目前的决策支持系统。随后融合了大量的智能决策前沿技术,出现了智能决策支持。

美国联邦局和 NASA 等单位的 Vincent Ambrosia, Donald Sullivan 等人提出了自然灾害事件的高级决策支持技术。主要包括:改进的红外图像识别系统;改进的实时数据遥感测量技术;新的无人飞行器(UAV)平台技术;集成新技术的决策支持系统<sup>[36]</sup>。

日本京都大学灾害预防研究所 S.Oishi 等人建立了强降雨预测系统中采用了推理模型,包括相应的推理规则以及推理引擎,通过推理模拟云层运动,建立起三维定量云层模型、同时建立了大气诊断系统,为推理提供数据信息<sup>[37]</sup>。

美国克罗拉多大学 Jintae Lee 等人采用模板驱动的设计方法建立起灾害管理信息预测系统。模板用来表达从案例中抽取的信息特征,同时利用基于案例的推理技术,能够快速地寻找类似的危机或紧急事件,提供相应的解决方案<sup>[38]</sup>。

澳大利亚 Monash 大学的 Sohail Asghar 等人,提出一种用于灾害管理的混合决策支持系统。该系统需要很少参数,通过分析用户的需求,会逐渐增加参数的输入<sup>[39]</sup>。

美国新泽西理工学院的 David Mendonca 提出一种应急事件决策支持系统。它可以用来处理一些突发事件,通过分析灾情,提出在什么时候和怎样去处理突发事件,包括自然灾害和恐怖袭击等<sup>[40]</sup>。

希腊德莫克里斯大学的 L.S.Iliadis 等人进行了基于模糊函数自然灾害防护决策支持系统研究。他们认为有效的自然灾害防护首先需要合理和明智的保护预防政策,他们提出了一种两级结构的决策支持系统。第一级中,它主要利用模糊梯形成员函数,预测希腊各地的年森林火灾情况;在第二级中,它主要利用模糊期望间隔函数,预测最近间隔的森林火灾情况<sup>[41]</sup>。

W C Schou 等人开发了航空喷雾决策支持系统<sup>[42]</sup>; Quinteroetal 描绘了一个能够与城市基础结构的管理相协调的智能决策支持系统<sup>[43]</sup>; Raymond K Fink 等人利用机器学习方法分析空间土壤肥力、土壤物理性质和产量数据,在可变量施

肥系统中利用基于规则的决策支持工具(DSS4Ag)降低施肥量、增加产量<sup>[44]</sup>。随着数据挖掘、人工智能、3S与DSS技术的发展,以及精确林业自身发展的需要,国内外开始研究智能决策支持系统在林业中的应用,如防护林体系建设、森林防火、变量施肥等<sup>[45][46]</sup>。

### 1.2.2 IDSS 国内研究现状

随着决策理论、信息技术、数据库技术、办公自动化、专家系统等相关技术的发展, IDSS 取得了长足的进展, 我国已经在许多应用领域运用了 IDSS 智能决策支持系统。例如维修决策系统、税务稽查、渔业运用了 IDSS 专家系统、银行风险投资决策、为电信部门进行分析等等。此外, 由山东省计算中心研制的决策支持系统, 它由对话管理子系统、问题处理子系统、数据库子系统、模型库子系统和知识库子系统所组成; 张立厚在智能决策支持系统的研究与实现中介绍了一个用于作业调度的 IDSS 的新型的智能决策支持系统结构<sup>[47]</sup>; 高乾介绍了一种装备战场抢修智能决策支持系统<sup>[48]</sup>, 提出了自动生成战场抢修决策方案的基本原理; 杨长保等详细阐述了吉林省宏观农业 IDSS<sup>[49]</sup>, 提出了农业 IDSS 的熟期分区子系统、适宜区划分子系统和隶属度计算子系统的结构; Chung 等提出了一个自适应决策支持系统的概念模型, 该模型由两层多个部件组成, 包括自适应的人机界面、自适应问题领域知识和自适应的帮助系统等, 能根据决策者的需要调整自身行为, 通过归纳学习自动维护知识库<sup>[50]</sup>; 陈晓红在决策支持系统及其应用研究中提出了 IDSS 的层次结构模型, 并将 IDSS 的求解过程分成应用层, 任务层, 功能层和物理层四个层次<sup>[51]</sup>; 浙江大学的刘金现等提出基于多 Agent 的智能决策支持系统<sup>[52]</sup>, 并分析了基于 IDSS 的 Agent Economic 结构; 上海交大的谢康林等提出以知识库系统为核心和主导的 IDSS 结构<sup>[53]</sup>; 北方交大的黄平等认为可将智能控制系统作为整个系统的核心部件, 在智能控制系统与问题管理系统的基础上统一调控 IDSS 的各个部件<sup>[54]</sup>。中南林业科技大学的森林资源资产评估智能决策支持系统<sup>[55]</sup>, 提出了决策支持系统的开发过程和资源评估决策支持系统的功能框架; 赵刚等人研发设计的森林火灾扑救智能决策支持系统<sup>[56]</sup>, 在确定森林防火道的模型和评价参数后, 自动生成火灾扑救方案; 北京林业大学研制出区域生态经济型防护林体系建设模式智能决策支持系统<sup>[57][58]</sup>。该系统以专家系统为智能决策核心, 各模块相对独立, 以数据管理模块为中介, 组成有机整

体,可实现统计、预测、区域生态经济系统诊断、土地分类及生态评价、林种的水平及立体配置、区域经济结构优化等功能。东北林业大学与黑龙江大兴安岭防火指挥中心课题组通过3个阶段的研究,建立了基于WEB与3S技术的森林防火智能决策支持系统,实现了林火数据库、林火预防预报、林火蔓延模型、扑火指挥决策等方面的智能化、网络化管理<sup>[59][60]</sup>。

### 1.2.3 IDSS 理论研究的最新进展和发展趋势

IDSS的集成(integration)问题是IDSS研究的一个重要问题。对于涉及复杂对象系统的高层次、综合性评价决策支持来说,仅仅用定量分析方法或者是仅仅用基于知识和经验的ES方法都难以做到<sup>[61]</sup>。钱学森先生提出处理复杂巨系统要采用从定性到定量的综合集成方法<sup>[62]</sup>,于景元先生在文献中进一步指出,从定性到定量的综合集成方法的实质是将专家群体、统计数据和信息资料与计算机三者有机结合起来,构成一个高度智能化的人机交互系统,它具有综合集成各种知识,从感性上升到理性、实现从定性到定量的功能<sup>[63]</sup>。从思维科学角度看,这个方法充分体现了辩证思维和社会思维的特点。戴汝为先生在文献中阐述了知识系统与综合集成的关系,并指出综合各种模型的知识系统有可能为从定性到定量的综合集成提供强有力的支持<sup>[64]</sup>。王众托先生指出,系统的集成化的作用在于如何把不同层次、不同类型和不同用途的模块,按照决策过程的需要组织起来,发挥支持作用。现代化的DSS,既然要面向问题,对各种方法、技术及工具博采众长,为己所用,就必须有办法把各种模块组织起来,协同动作,虽然是从不同的侧面和角度、不同的准则进行分析得出多方面的结论,却要能够加以协调综合,通过和决策者的多次交换信息,得出较为满意的方案<sup>[65]</sup>。将评价专家(群体)的经验和知识、评价指标的数据信息、多种综合评价方法、相关的先进技术(人工神经网络、ES、AI、模糊集理论和计算信息处理技术等)及计算机软硬件有机地结合起来,从而构成一个集成式智能化评价支持系统(integrated intelligent evaluation support system),为复杂问题提供最有效的决策是IDSS今后发展的方向<sup>[66][67]</sup>。

## 1.3 本文研究内容及研究路线

### 1.3.1 研究目标

随着数字技术的发展成熟,其应用领域也不断地拓宽。论文针对短周期工业

原料林在经营过程中存在很多相互关联、相互影响的决策变量和信息,传统经营模式难以凑效这一现实问题,基于林业持续经营理论、决策理论和决策支持系统理论、人工智能理论,从短周期工业原料林数字化经营的观点来研究智能决策支持系统在林业中的应用,并提出短周期工业原料林智能决策支持系统框架,并以桉树林的采伐特点和运输费用结构为基础,建立采伐和收获的智能决策模型,以实现在复杂决策环境下提高生产和管理效率,为高层做出智能的辅助决策。

### 1.3.2 研究内容与方法

综上所述,目前,国内外智能决策支持系统的研究和应用多集中在商业和工业企业管理等领域,许多专家学者对林业管理也提出了许多有效措施,建立了一些管理模型,并设计和开发了相关的系统,不过这些很多是局部的、低层次的,而真正以林业生产经营应用为主的、综合性的、面向决策的系统较为鲜见。目前还没有建立起面向林业管理与决策的专用 GIS 软件,使 GIS 在基层林业生产的应用受到限制<sup>[68][69]</sup>。因此,以 GIS、ES、DM、DSS 等技术作为支持,建立适于基层林场的林业管理与决策系统是必然的发展趋势。本论文研究如何把地理信息系统(GIS)强大的空间分析、计算功能和管理信息系统(MIS)良好的文档管理功能以及办公自动化(OA)的优异的工作流程管理功能相结合,并融合数据库、网络技术、人工智能(AI)以及专家系统技术(ES),根据不同企业具体情况,再辅以当今时代其他的新技术新方法如 RS 和 GPS 使之系统集成,运用在短周期工业原料林建设中,共同完成海量信息处理和管理,建立短周期工业原料林智能决策支持系统,并结合短周期工业原料林的轮伐期短、高投入、高产出和高效益具体特点,分析短周期工业原料林 IDSS 研究的必要性,并提出了短周期工业原料林 IDSS 的框架体系、结构特点以及功能,根据桉树林的特点和采伐的要求,建立桉树林的采伐收获模型、运输费用和分配模型,利用模型库系统和推理机对模型进行求解分析,为决策人员提供了多种辅助方案供参考。最后利用盈亏平衡分析法对决策模型提供的决策结果进行分析,并对采伐量进行决策结果判定,为高层管理层在造林、采伐等实际应用方面做出智能决策,提高生产效率。

### 1.3.3 研究技术路线

本论文的研究技术路线如图 1 所示:

- (1) IDSS 国内外研究状况及发展趋势;



- (2) 短周期工业原料林数据、资料的收集、整理和分析；
- (3) 分析 IDSS 系统，提出林业智能决策支持系统的总体框架；
- (4) 结合实例对短周期工业原料林的采伐和分配进行智能决策设计；
- (5) 在林业信息化平台上输入采伐和运输费用的决策信息因子，做出智能辅助决策；
- (6) 修改输入采伐、运输决策变量进行比较和盈亏平衡分析；
- (7) 采伐、分配决策分析结果。

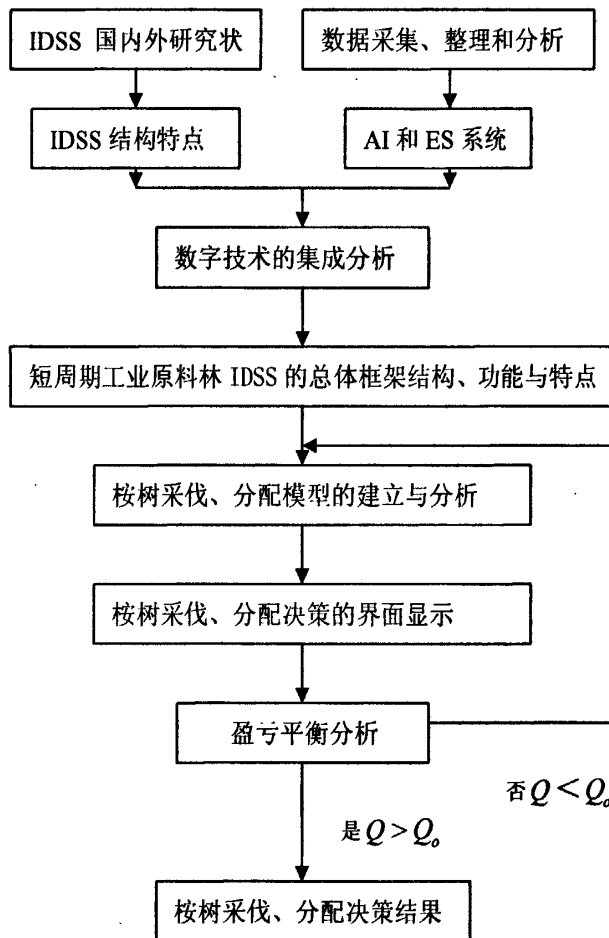


图 1 研究技术路线图  
Fig.1 the technical chart

## 2 IDSS 理论及其特征

### 2.1 IDSS 的定义及内涵

普遍学者认为,智能决策支持系统(Intelligent Decision Support System, IDSS)是决策支持系统与人工智能技术相结合的产物,它将人工智能中的知识表示与知识处理的思想引入到决策支持系统(Decision Support System, DSS),全面地反映决策过程,从而有效地解决半结构化和非结构化问题<sup>[70][71]</sup>。

## 2.2 与 IDSS 相关的几个概念

### 2.2.1 决策

决策时人们为了实现一定的目标,从行动方案中选择的过程。决策可广义地解释为一个过程,包括提出问题、收集资料、确定目标、拟定方案、分析评价、方案确定和实施的过程<sup>[72]</sup>。包含四个阶段,分别是(1)信息,(2)设计,(3)选择,(4)实现。根据 Simon(1977)的观点,管理决策是整个管理过程的核心。为了说明该思想,可以先了解计划的主要内容,即计划包含一系列决策,如要做什么?何时做?何处做?由谁做?因此,计划意味着决策。管理过程的其他功能,例如组织和控制也包含决策。

### 2.2.2 模型

#### 2.2.2.1 模型的定义及其分类

模型是以某种形式对一个系统的本质属性的抽象描述,以揭示系统的功能、行为及其变化规律,其实质是将数据转换成辅助决策信息的工具。IDSS 的主要特点是至少包含一个模型, IDSS 的基本思想是运行 IDSS 分析实现系统的模型,而不是现实系统<sup>[73]</sup>。实际的决策者可以利用模型程序在计算机上运行,计算出结果,得到辅助决策信息。模型是现实世界的简化表示或抽象,由于现实太复杂而难以精确复制,并且求解特定问题时,许多复杂性是不相关的,所以通常可对现实系统进行简化,一般可简化为以下三种<sup>[74]</sup>。

##### (1) 图标模型

图标模型是最不抽象的一种模型,它是系统的物理复制,通常是原型的不同比例。图标模型可以是三维的,如飞机、汽车、桥梁或生产线的模型。照片是另一种图标模型,但仅为二维的。

##### (2) 模拟模型

模拟模型不像现实系统,它比图标模型更抽象,是现实系统的符号表示,这

些模型常为二维表或图形。它们是物理模型，但模拟的形状与现实系统不同，如组织表、蓝图、温度表等。

### (3) 定量模型

定量模型即数学模型，它是当用以上两种模型表示比较麻烦或者较费时间，或者因组织系统中关系比较复杂时使用，数学方法可用来描述更抽象的模型，如运输(最小运输费用)和非线性规划等。大多数 IDSS 分析采用数学或定量模型进行分析。定量模型由三种变量组成，即决策变量、不可控变量(参数)和结果变量。决策的结果由决策(决策变量的值)、决策人不可控的因素以及各变量的关系所决定。

#### 2.2.2.2 模型的功能

IDSS 的模型库一般具有如下功能：

- (1) 用集成的方法来存储和管理模型的能力；
- (2) 对快而容易产生和建立所有形式的模型提供支持的能力；
- (3) 具有用模型库管理系统(MBMS)提供基本的模型处理功能的能力；
- (4) 具有捕获、存储、分析与模型使用有关的数据和分析决策过程的能力；
- (5) 在提供建模和分析支持中，能够提供产生灵活的、自适应的和可改变的系统的功能；
- (6) 允许用户在实际操作处理时，根据需要引入主观信息(如知识、经验等)以补偿问题求解过程中所用算法的不足，减少用户形成信息的负担，并可以将选中的模型灵活地连结起来，由一系列的初始子过程来解决其他问题或相关问题的过程。

#### 2.2.3 智能

IDSS 的智能是通过提问应答方式，能够给使用者提供一个易于理解和学习，具有功能完善的人机交互平台(自然语言接口或会话接口)，以便辅助决策者确定问题的边界条件和环境，有效地解决半结构化和非结构化问题<sup>[75]</sup>。问题、模型以及知识的智能描述语言一般是采用逻辑范式或自然语言。IDSS 智能的最大特点就是引入知识推理结构，即通过将决策者的思维方法和决策经验，并运用某种方法表示，建立推理机制来模拟决策者的思维过程，以交互对话、规则推理等方法引导决策者(尤其是缺乏领域经验的决策者)选择合适的模型<sup>[76]</sup>，当某

个模型或算法解决不了问题时,通过调入专家知识和专家经验, IDSS 可以自动辅助决策者组合现有的模型,或辅助建立新的模型来解决问题<sup>[77]</sup>。一个 IDSS 应该具有根据决策问题进行任务分解,并自动选择、组合合适模型进行求解的能力,在模型构造和模型操作中进行启发式控制<sup>[78]</sup>。此外, IDSS 还具有知识获取、动态数据抽取等功能<sup>[79][80]</sup>。

人类智能最大的特点就是具有学习能力和创造能力,能够不断地从实践中学习到知识,又去指导实践活动,并将所学到的知识进行抽象、归纳与总结<sup>[81]</sup>。因此,一个 IDSS 也应该具有这种学习能力,这就是 IDSS 与一般 DSS 的最大区别,主要体现在 IDSS 在进行决策问题求解过程中,通过多库协调器及计算规则,在决策过程中能够自动分析决策者的决策策略,根据问题类型提取决策经验知识和启发式规则,完善问题库,并最终能够自动抽取问题特征,获得问题分类规则和相应求解策略,用以辅助决策者进行有效的决策,并将有效的决策信息及时地反馈给决策者,大大地提高了决策效率<sup>[82][83]</sup>。

## 2.2.4 专家系统

专家系统是大量专门知识,并能运用这些知识解决特定领域中实际问题的计算机程序系统<sup>[84]</sup>。专家系统是一种很有效的辅助决策系统。它利用专家的知识,特别是先验知识,经过推理得出辅助决策信息。对于专家知识,更多的是不精确的定性知识,专家系统辅助决策方式属于定性分析, DSS 辅助决策的方式属于定量分析,把这两种结合起来,辅助决策的效果将会大大改善,即达到定性分析与定量辅助决策相结合,形成智能决策支持系统 (IDSS) <sup>[85]</sup>。专家系统中的核心部分由“推理机、知识库和动态数据库”三部件组成。知识库存放大量的专家知识;推理机完成对知识的搜索和推理;动态数据库存放已知的事实和推出的结果。专家系统中动态数据库不同于一般 DSS 的静态数据库,它是动态的。专家系统模拟的是某一领域的专家解决问题的能力,支持决策者决策实际上也是专家的职能<sup>[86]</sup>。

## 2.3 IDSS 的结构、功能及决策过程

### 2.3.1 IDSS 的总体框架

IDSS 是在 DSS 的基础上集成人工智能的专家系统而形成的<sup>[87]</sup>。IDSS 的总

体结构如图 2 所示。

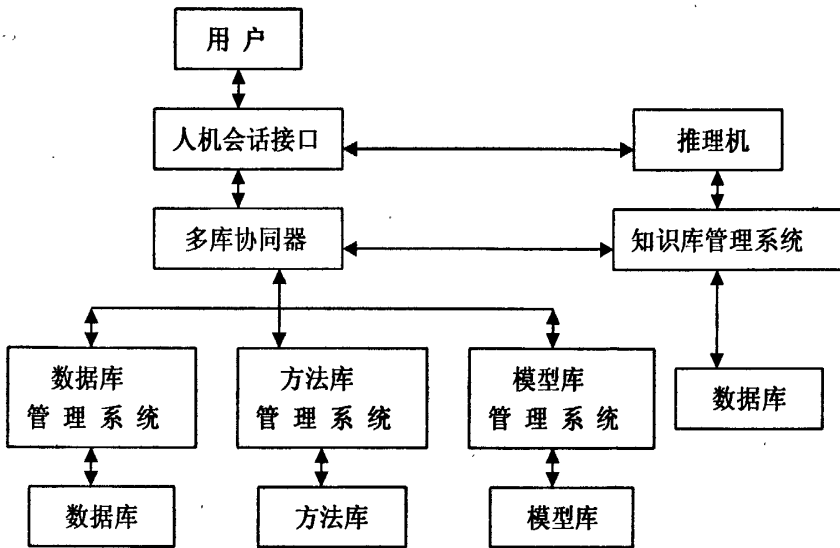


图 2 IDSS 的框架结构

Fig.2 the structure of IDSS

### 2.3.2 IDSS 的一般功能

智能决策支持系统（IDSS）结合了智能与专家系统，通过启发式计算规则和专家经验知识，做到了定性分析与定量分析的有机结合，即：既发挥了专家系统以知识推理形式解决定性分析问题的特点，又发挥了决策支持系统以模型计算为核心的解决定量分析问题的特点，从而使得解决问题的能力 and 范围得到了充分的发展。

#### 1、广义推理功能

由于 IDSS 具有知识推理结构，在一定程度上能够模拟决策者的思维过程，即：在决策经验知识的基础上，通过提问会话、分析问题、规则推理等方法引导决策者选择合适的模型。结合专家经验知识，当某个模型或算法解决不了问题时，IDSS 可以辅助决策者组合现有的模型，或辅助建立新的模型来解决问题，运用多库调入与协同以及 Agent 技术，在构造和操作中对模型进行试探法控制。此外，IDSS 还可以在模型库子系统的支持下，对不同方案进行模拟实施，经比较后为方案的最后判定奠定基础。

#### 2、智能界面

具有功能完善的人机交互平台,可智能地显示决策过程,一方面,通过提问应答方式,辅助决策者确定问题的边界条件和环境,有效地解决半结构化或非结构化问题。IDSS 智能界面的另一方面是具有解释机制,可以在一定程度上回答决策者诸如“*What if*”、“*Why*”、“*When*”、“*How*”之类的问题,结合专家经验知识, IDSS 可以提供决策者跟踪问题求解过程的方法,增加决策结果的可信度,最为重要的是, IDSS 还可以向决策者预示有关问题的变化趋向,及早发现问题,提高判断能力。

### 3、自学习

IDSS 具有自学习能力,这是人类智慧的最高体现。在决策过程中,能够根据问题的类型自动分析决策者的决策策略,并自动提取决策经验知识和启发式规则,不断地完善案例库,并将说学习的知识进行分类归纳、总结和存储,最终自动辅助决策。自学习的方法主要有以下三种:

#### (1) 归纳学习

归纳学习旨在从大量的经验数据中归纳、抽象出一般的规则和模式。由于其依赖于经验数据,依赖于数据间的相似性,所以又称为经验学习或基于相似性学习,是知识获取的主要手段,在专家系统、模式识别以及 IDSS 等领域有着重要的应用。

#### (2) 粗糙集理论

粗糙集理论 (rough set RS) 是一种处理具有信息不确定、不精确、不完善系统的数学工具,其核心理论是利用已知的知识库,将不确定的或不精确的知识用已知知识库中的知识,并结合专家经验知识来近似地描述和刻画<sup>[88]</sup>。它不需要提供除问题所需的数据之外的其他信息就可对问题进行不确定性的描述和处理为决策者提供有用的模糊辅助决策信息。

#### (3) 遗传算法

遗传算法 (genetic algorithms, GA) 是一类借鉴生物界自然选择和自然遗传机制的随机化搜索算法<sup>[89]</sup>。它是 J.Holland 教授 1975 年首先提出,其主要特点是直接对结构对象进行操作,不存在求导和函数连续性的限定;具有内在的隐并行性和更好的全局寻优能力;采用概率化的寻优方法,能自动获取和指导优化的搜索空间,自适应地调整搜索方向,不需要确定的规则。在复杂决策问题优化和不

确定性方面有着重要的应用，是 IDSS 自学习的一种重要方法。

### 2.3.3 IDSS 的一般决策过程

IDSS 的一般决策过程如图 3 所示：

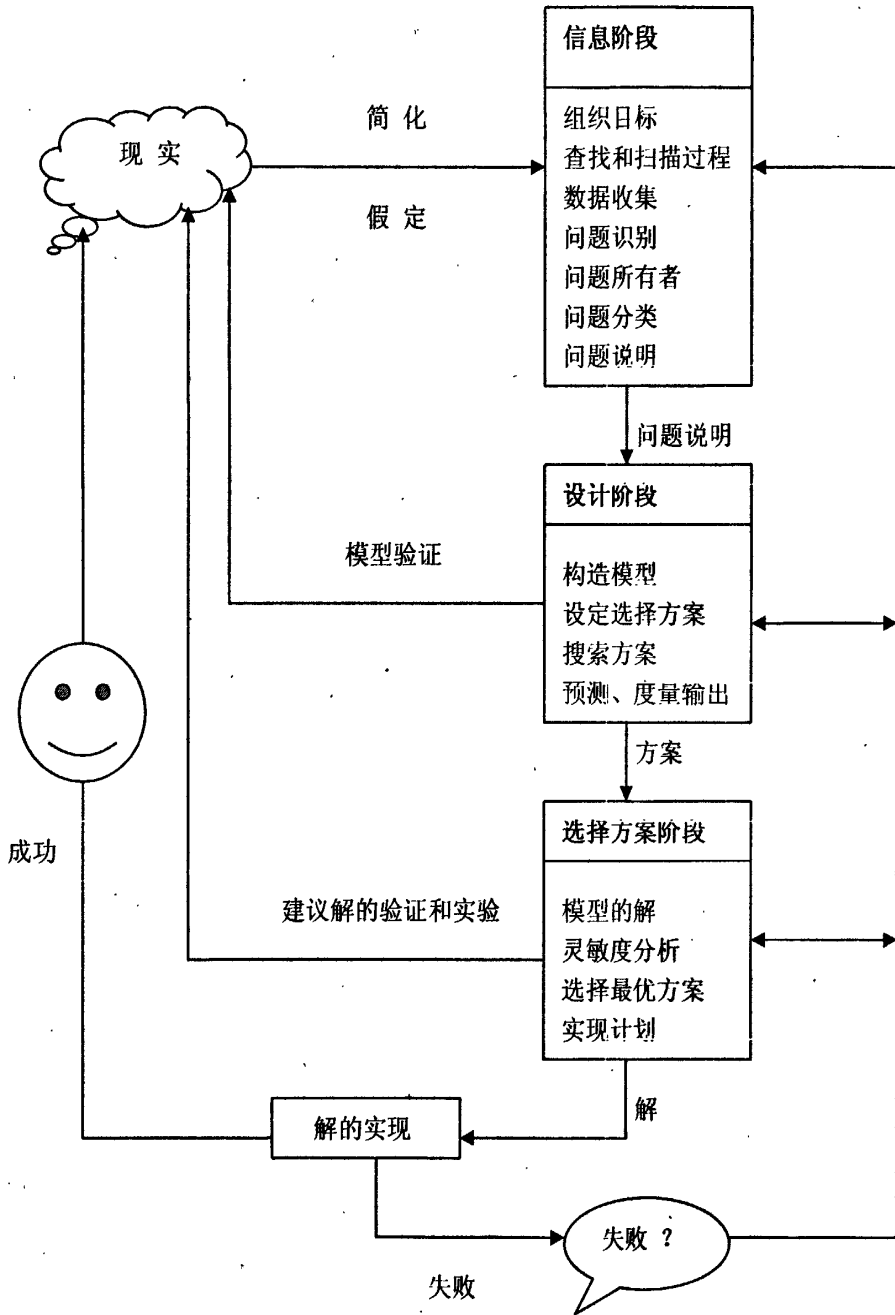


图 3 IDSS 的一般决策过程  
Fig.3 the general decision making process

## 2.4 IDSS 的类型及其特点

### 2.4.1 基于 AI 的 IDSS

#### 2.4.1.1 基于专家系统的 IDSS

ES 是目前人工智能 (AI) 中应用较成熟的一个领域, 非数量化的逻辑语句是 ES 表达知识的主要方式, 而智能决策支持系统 (IDSS) 的主要方法是数量化, 即: 先将问题转化为模型, 然后利用模型的计算结果来对数值进行决策支持<sup>[89]</sup>。

#### 2.4.1.2 基于机器学习的 IDSS

机器学习是 IDSS 的另一个重要类型, 主要是通过计算机模拟人类的学习方法和学习思维, 去获得解决问题的知识。机器学习是 IDSS 与 ES 结合研究的产物, 由于机器学习能自动获得知识, 在一定程度上能有助于扩大专家系统获取知识的范围和能力, 大大提升了知识的获取效率。国内方面, 机器学习研究中教典型的是哈尔滨工业大学的黄梯云教授, 黄教授用自顶向下的启发式搜索控制策略来搜索决策问题的描述空间, 并将机器学习理论成功地应用于 IDSS 的模型操纵知识的获取与求精方法中<sup>[90]</sup>, 从而在建模、选模等复杂的模型运算任务中能更有效提供辅助决策。

#### 2.4.1.3 基于 AGENT 的 IDSS

Agent 作为一门新兴的信息处理技术, 已广泛应用于 DSS 和各种多库协调的计算机系统中, 其核心思想是充分发挥一个或多个 Agent 自身的能力, 将复杂的问题简单化, 并逐步实现单个任务模型简单化, 最后利用多个 Agent 之间的协作来逐步、逐级, 从简单到复杂地解决问题。IDSS 的发展趋势必然是和 Agent 结合, 特别是与多 Agent 系统相结合, 以期解决 IDSS 中许多复杂的问题<sup>[91]</sup>。

### 2.4.2 基于数据仓库的 IDSS

数据仓库是一种新型数据组织和存储技术, IDSS 在解决问题时肯定要有大量的数据, 数据处理后, 通过机器学习和专家经验分析, 数据会大量的保存。以数据库作为基础, 并不断发展且能有效支持决策服务的数据库就是数据仓库。早在上世纪 90 年代初, W.H.Inmon 教授在决策支持系统等专题研究报告中, 就提出了数据仓库的定义和概念, 并描述了数据仓库的基本框架<sup>[92]</sup>。

#### 2.4.2.1 联机分析处理 (OLAP)



在 IDSS 的计算机系统中,联机分析处理(OLAP)和数据挖掘工具是必须的数据分析工具,可充分保证数据仓库起到支持决策的作用。OLAP 主要采用切片和切块、旋转、钻取等方式来进行多维数据分析。在针对特定问题进行联机数据访问和分析时,OLAP 在对信息进行多种形式观察后,可以快速、稳定一致地存取数据,以便辅助决策人员通过数据仓库更加深入观察和研究数据,提高决策效率。

#### 2.4.2.2 数据仓库的基本特征

数据仓库不同于面向应用的数据库,其数据具有以下基本特征:(1)、面向主题,(2)、集成和综合,(3)、相对稳定,(4)、数据更新。传统数据库的数据组织模式是面向事务处理,而数据仓库中的数据则是通过面向主题进行组织,数据组织在采用面向主题的方式后,对实现对数据进行完整和一致性描述,以便统一组织各个分析对象所涉及的数据。集成和综合指的是在进入数据仓库之前,必须进行加工和集成数据,这样可以解决原来在数据库或数据文件中存在的不一致等问题;相对传统数据库系统中经常更新的数据来说,数据仓库系统中的数据具有稳定性,相对稳定是数据仓库的一大特点,其所涉及的数据操作主要查询各种复杂地数据,需要用到大量的历史数据,一般不对这些数据进行修改;随着环境和问题的复杂化,需要每隔一段时间由系统自动或是人工手动扩充和更新数据仓库中的部分数据,并将最新数据加入到更新的数据仓库中。正是基于这三个基本特征,使得数据仓库相比数据库更有利于数据的联机分析处理。

#### 2.4.2.3 数据挖掘

数据挖掘(Data-Mining)的通俗定义为数据的发现过程,即指从已有的数据信息中通过特定的算法和计算规则,在隐含于数据信息中挖掘出知识的过程。其最终的目的是辅助决策者发现并挖掘潜在于数据间的关联性,及时剔除不相关的因素。数据挖掘过程一般可以分成三个阶段。第一个阶段是数据准备,并对原始数据进行集成、选择和预处理,清除不相关的因素和数据中存在的问题;第二个阶段是数据挖掘工具的选择,并进行数据挖掘操作;最后阶段是数据发现,并表达和解释所得到的结果,此外,还可以按决策用户的要求分析提取的信息,将有价值的信息通过决策支持工具提供给决策者,大大地提高了决策效率。

### 2.4.3 基于网络技术的 IDSS

#### 2.4.3.1 分布式决策支持系统(Distributed Decision Support System, DDSS)

根据分布式决策支持系统的定义, DDSS 是一个计算网络, 由多个物理上分离的信息处理节点构成, 计算网络上的每个节点至少具有一个决策支持系统或具有若干辅助决策支持的功能。DDSS 是相对于集中式 DSS 而言的, 是对集中式 DSS 的扩展, 是分布决策、分布系统、分布支持三位一体的结晶<sup>[93]</sup>。

#### 2.4.3.2 群体决策支持系统(Group Decision Support System, GDSS)

相对于个体 DSS 而言, 群体决策支持系统是对个体决策支持系统的延伸和扩展, 主要是为群体决策活动提供支持的信息系统。结合当今先进的通讯技术、测绘技术、卫星技术、计算机技术和决策理论, 促进具有共同责任的决策群体做出辅助决策, 在军事、银行以及农林领域内, 更有效地求解半结构化和非结构化决策问题。

#### 2.4.3.3 高层决策的支持系统(Stratagem Decision Support System, SDSS)

战略决策支持系统和决策支持中心是高层决策的支持系统两大分支。前者是支持战略管理的, 即指全局性、长远性、根本性和战略性的决策, 为决策支持提供定位和方向。而决策支持中心是支持应急的和重要决策的计算机信息系统, 主要存在于高层管理部位且配备了相关的信息系统人员, 要求信息系统人员熟悉决策环境和事务, 并能在特殊和应急状态下, 比如森林火灾等, 迅速做出决策。

## 2.5 IDSS 与 MIS 的联系和区别

### 2.5.1 联系

IDSS 是从 MIS 的基础上发展起来的, 都是以数据库系统为基础, 都需要进行数据处理, 也都能在不同程度上为用户提供辅助决策信息。

- (1) MIS 收集、存储组织结构提供的大量基础信息是 IDSS 的基础, 而 IDSS 能使 MIS 组织和保存的信息真正发挥作用。
- (2) MIS 需要担负起反馈信息的收集工作, 可以支持 IDSS 进行结果检验和评价。
- (3) IDSS 的工作可以对 MIS 工作进行检查和审计, 为 MIS 的改进完善指出方向。
- (4) IDSS 经过反复使用, 所涉及到的问题模式和数据模式逐步明确, 逐步结构化, 可归并 MIS 的工作范围。

### 2.5.2 区别

- (1) MIS 是面向中层管理人员, 为管理服务的系统。IDSS 是面向高层管理人员,

为辅助决策服务的系统。

(2) MIS 是按事物功能综合多个事物处理的 EDP, IDSS 是通过多个模型的组合计算辅助决策。

(3) MIS 是以数据库系统为基础、以数据驱动的系统, IDSS 是以模型系统为基础, 以模型驱动的系统。

(4) MIS 分析着重于系统的总体信息的需求, 输出报表模式是固定的。IDSS 分析着重于决策者需求, 输出数据时复杂的。

(5) MIS 系统追求的是效率, 及快速查询和产生报表。IDSS 追求的是有效性, 决策的正确性, 即想办法把事情办得尽可能好一些, 亦即提高决策的效果。

(6) MIS 支持的结构化决策。这类决策时已知的、可预见的, 而且是经常的、重复发生的, 是一个相对稳定协调的工作系统。IDSS 支持的是半结构化决策。这类决策时既复杂又无法准确描述处理原则又涉及大量计算, 既要应用计算机又要用户干预, 才能取得满意结果的决策, IDSS 强调充分发挥人的经验、智慧、判断力和创造性, 努力使决策更加正确。

### 3 短周期工业原料林 IDSS 研究

#### 3.1 短周期工业原料林概述及发展状况

##### 3.1.1 短周期工业原料林的概念及特点

短周期工业原料林的定义目前还没有统一的认识。但专家们普遍认为, 短周期工业原料林不同于速生丰产林, 速生丰产林建设为培育短周期工业原料林积累了丰富的生产和管理经验, 但速生丰产林的突出特点是培育目标不够明确, 而短周期工业原料林则把速生丰产和培育目标紧密结合起来, 是专为工业生产提供原料的速生林。福建省林业厅对短周期工业原料林的内涵进行了界定<sup>[94]</sup>, 即: 经过科学规划, 选择优质树种, 以提供工业原料或其他原料为目的, 具有适度经营规模, 实行工程造林、定向培育、集约经营, 在较短时间内(一般 15 年以内)实现高产、优质、高效, 并达到预期培育目标的人工林。可从以下四个方面来进一步了解短周期工业原料林的概念: ①第一, 轮伐期相对较短, ②第二, 有明确的林地经营培育目标, 即就是为工业生产提供足够的原料林, ③第三, ‘三高特点’: 即高投入、高产出和高效益, ④第四, 经营规模适度, 而且采用集约经营措施。

相对于传统的人工林而言，短周期工业原料林的明显特点有四个<sup>[95]</sup>：

(1)、经营培育目标和经营措施明确。从短周期工业原料林的定义可知，其培育目标就是专为提供工业原料服务，这是短周期工业原料林与一般木材供应林的最大区别。对木材的要求往往根据木材工业的用途而异，比如：定向用于造纸和纤维板的为纤维材林，追求的目标就是最多最好的纤维。所以，短周期工业原料林的经过过程中，各种特定的经营措施都是为各项经营培育措施服务的。

(2)、轮伐期短。随着市场经济的不断发展深入，以及随着高新技术如无性系培育技术、基因培育技术以及遗传改良技术等生产实践中推广和应用，林木的培育周期可以大大缩短，这也正是短周期工业原料林发展迅速的原因。轮伐期短意味着资金流通时间缩短和资金循环的频率提高，可大大提高经营价值和利润。对短周期工业原料林进行经营，一般选择轮伐期在 5-6 年左右的速生树种。

(3)、产量高。密度造林是短周期工业原料经营中最为普遍的造林方式，相对于传统经营的林分，短周期工业原料林能更充分的利用太阳能，单位面积产量就可大大提高。根据相关资料报道和实践证明，2 年生的短轮伐期杨树每公顷年产干质可达 13 吨，比普通人工林高 4.3 倍。另一方面，在采用了高新技术和大量资金投入的纸浆用材林经营中，其林木的年生长量甚至比一般天然林的生长量高出 4-7 倍，在生长期末时，其产量得到大大的提高。

(4)、投入大、效益高。短周期工业原料林轮伐期短，产量高，其相应的早期投入必然也很大。由于选用了速生树种，并结合采用集约化的经营措施去缩短轮伐期，所以短周期工业原料林的经营投入大、收益早、产量高、效益显著，除了经济效益，生态和社会效益也显著。我国南京林业大学在大面积试验林中投入产出比为 1: 20.5，大大超出了农业的盈利水平。加拿大短周期原料林的经营实例证明，每公顷杨树纸浆林的每年投资为 80 美元，10 年收获，每年平均收入 740 美元，投入产出比为 1: 9.5

### 3.1.2 短周期工业原料林的分类

我国短周期工业原料林的研究和栽培始于上世纪 70 年代开始，现在早已进入大量推广和普遍生产阶段。短周期工业原料林轮伐期短、收益早、产量高的显著特点，其经济效益和生态效益十分显著，具有广阔的发展前景，各地专家、学者以及林业公司纷纷加入到短周期工业原料的经营浪潮中来。上世纪 70 年代，

南京林业大学首先成功引进了黑羊派 3 个无性系,进行了短轮伐期引种栽培和培育的研究工作;自 80 年代末提出短轮伐期集约经营的概念后,我国黄淮海地区、江汉平原、浙江地区等将短轮伐期栽培技术进行了大面积推广,广东、广西、海南等地掀起了桉树短周期工业原料林产业化集约经营的热潮,取得了良好的经济效益<sup>[96]</sup>。截至目前,短周期工业原料林的经营已有几十年的历史,随着基因技术、培育技术的发展应用,短周期工业原料林基地遍地开花,比较典型的有,如海南省和广东省雷州半岛的桉树造纸林基地、湖北省和湖南省的国外松和杨树造纸林基地、轻工系统造纸企业的原料林基地等<sup>[97]</sup>。

根据不同的经营培育目标,短周期工业用材林的分类主要有以下 5 种:①食用菌原料林类型:以提供培育食用菌原料为培育目标。②纤维材工业原料林类型:以提供纸浆、纤维板、刨花板等工业原料为培育目标。③胶合板材工业原料林类型:以提供胶合板、细木工板、贴面板等工业原料为培育目标。④特种用途工业原料林类型:主要以培育树脂、药材、香料等工业原料为培育目标。⑤其它用途工业原料林类型:以提供矿柱材、装璜装饰材、工艺小料材、水泥模板、建筑用材等原材料为培育目标。

### 3.1.3 短周期工业原料林的发展状况

我国短周期工业用材林发展始于速生丰产林。早在 20 世纪 50 年代末与 60 年代初,原林业部就提出了营造人工林实行“基地化、林场化、丰产化”的方针,70 年代又提出在我国南方建设以杉木为主的速生丰产林用材林基地,到了 80 年代中期就发展较快。1988 年国家计委批复了《建设一亿亩速生丰产用材林基地规划》;1990 年国务院批复了《1989-2000 年全国造林绿化规划纲要》,并开始实施利用世界银行贷款建设我国速生丰产用材林基地的国家造林项目,使我国速生丰产用材林基地建设进入新的发展阶段。

一方面,由于人们对森林资源的不合理利用以及森林资源培育技术手段滞后,传统的造林以及培育方式因生产周期长、产量不高难以满足要求,导致森林资源不足和林产品供应严重短缺<sup>[98]</sup>。另一方面,随着国民经济高速发展以及科学技术的进步和人口急剧增加,对木材的需求量日益增长,特别是对纸浆、纤维板、胶合板等工业原料用材的需求大幅提高。更有影响的是,我国已全面推进天然林保护工程,天然林实施全面禁伐,必将导致对人工林需求的全面增加;据有

关部门预测：目前我国每年用于造纸业的木材仅有 700 万  $\text{m}^3$ -800 万  $\text{m}^3$ ，到 2010 年，仅造纸林业所需木材原料就达到 6 750 万  $\text{m}^3$ 。面对这一巨大的市场差额，大家纷纷把目光投向了短周期工业原料林，不断加速了短周期工业原料林的培育和经营<sup>[99]</sup>。

对短周期工业原料林的经营，国内外很多学者已经做了全面的研究，比如，立地类型的划分、评价到种源选择研究、造林、培育技术研究、短周期工业原料林经营数表的编制以及经营与信息管理系统的研究等，而把短周期工业原料林的集约化经营、林地信息化建设与决策支持技术结合起来进行研究的国内外相关报道很少。短周期工业原料林虽然具有轮伐期短、产量高的特点，但其投资大，经营风险也大。如果沿用旧的粗放方式和落后的技术手段来管理短周期工业原料林，将会浪费大量的资金、人力、物力，给企业造成巨大损失。在市场经济发展迅速的今天，以及在国家林业局林业方针、政策导向的大背景下，运用现代化数字技术手段改造传统经营管理方式、将传统、粗放式经营向精准、智能管理林业方向转变就显得十分迫切和重要。当前，计算机网络技术、3S 技术、数据挖掘技术、专家系统、智能决策支持系统等先进技术的出现为短周期工业原料林的经营管理决策提供了新的活力和强劲的技术支持。

### 3.2 数字技术下短周期工业原料林 IDSS 研究的必要性

在经济全球化的今天，未来社会中的主要经济资源是信息，数字化、智能化的信息将成为社会生产中最活跃的因素。经营短周期工业原料林的企业其劳动力、资金、生产、市场的空间分布、动态变化和合理布局对企业的经济发展具有重要意义，管理的关键决定于数字信息流，而空间位置的分布决定了 85% 以上的数字信息，信息的掌握量将直接影响短周期工业原料经营企业的管理，例如，对整个生产经营有直接影响的数据有：树种资源结构、造林地的分布、年龄结构、市场的地域分布、种苗及木材的运输、跨地域生产与销售等，这些数据分别以文字、声音、影像或图表、模型等数字形式在计算机中存储、处理、传输，并进行分析、总结、归纳推理和建立相对应的数学模型，能在高效率的处理信息的同时更好地把握决策结果。可以预见未来只有能够驾御这些数字世界的企业才有竞争的优势，数字信息成为促进企业和商业环境经常变动的动力<sup>[100]</sup>。传统的经营管理模式无法完成海量信息的处理、分析、推理并提供辅助决策信息，将短周期工

业原料林、数字技术和智能决策支持系统结合研究,可提高管理效率和决策效果,更有利于短周期工业原料林的数字化经营管理。

### 3.3 短周期工业原料林 IDSS 的总体框架和功能

#### 3.3.1 短周期工业原料林 IDSS 结构框架设计

根据短周期工业原料林的具体经营特点,并结合可以利用的数字技术来对短周期工业原料林 IDSS 进行结构设计,分为 6 个层次,如图 4 所示:

##### 一、网络通讯层:

短周期工业原料林的经营中,网络一直是影响经营的重要因素,随着通讯技术及 3G 网络的发展,不同林分之间的通讯和网络管理已经成为可能。短周期工业原料林 IDSS 充分利用分布式计算机网络,将经营企业内所有经营节点连接起来,利用计算机程序和网格拓扑结构,可显示出数据采集节点,信息融合节点和远程 Web 服务节点的信息,并通过网络共享。

##### 二、技术层:

充分利用前文所述的 RS、GIS、GPS、DM 等数字技术手段,挖掘发现工业原料林在生产过程中所需要的数据信息,为建立数据库做好充分的准备。

##### 三、数据知识层:

数据仓库中的海量数据不仅包括点、线、面等类型的地理空间数据,如地形图、立地类型图、小班分布图、林相图、等高线图、采伐和运输路线图、防火隔离带图、交通图等,也包括各种属性数据,如小班卡片记录的小班资料、林区小班和林班的统计分析资料,本地区的气象和水文资料、本地区及国内经济方面的资料等;此外,数据仓库中还包括一些文本数据,如政府颁布的相关法律法规及政策、以及本地林业部门实施的具体办法等。

知识是海量数据经过分析处理后,系统保存的决策信息,主要通过以下四种形式进行存储和调用,即:计算规则、模型、专家案例知识和方法。其中决策支持的核心是模型,这也是 DSS、IDSS 区别于其他信息管理系统的重要特征,为系统进行定量分析做好准备;另一方面,领域专家处理问题的案例和知识可以通过相关的计算规则获取,在分析处理后形成规则库,并结合推理机,对各种问题

进行推理求解,使决策支持系统模拟专家来处理问题,实现定性和定量分析相结合的科学决策,这也是专家系统与 DSS 结合研究的应用。因此,智能决策的关键就是计算和运算规则。充分利用以往专家经验案例知识来处理当前的现实问题是一种成功的方法。短周期工业原料林 IDSS 研究中,充分利用案例库的功能,为用户提供尽可能多的有用信息。模型:短周期工业原料林的模型主要有:空间分析、林木适宜性评价、生长预测、价格预测、林木布局、病虫害防治、产业结构评价与调整、系统优化、采伐收获、林木产品运输以及统计分析等模型。

#### 四、硬件和软件层:

短周期工业原料林 IDSS 是一个复杂的系统,集成并综合了相关的子系统,控件是可复用的软件组成成份,可实现构造其他软件的功能。硬件和软件层主要有:优化、预测、搜索、专家系统、虚拟林木生长模拟等方面。其中以构件形式组成有:优化、预测、搜索以及虚拟林木生长模拟。而专家系统的开发及运行则是采用集成镶嵌型方法,即以决策支持系统为母体,专家系统为附件镶嵌在母体中,专家系统的主要功能主要是将专家经验案例知识以子系统的形式集成到 IDSS 里面,这种方式集成程度高,系统结合紧密,可以直接调用专家系统所携带的一些控件。

#### 五、决策支持层:

本决策系统平台主要应用于短周期工业原料林生产的决策支持,具体用于:

(一)、前期经营:短周期工业原料林虚拟生长过程模拟子系统,林木品种选择与经营分类专家子系统,经营盈亏平衡分析模型,经济效益预测分析子系统,生产方案优化子系统,产业结构布局优化子系统。

(二)、中期经营:主要针对中期经营过程中的具体问题,比如病虫害诊断与防治专家子系统、施肥专家子系统、政策信息收集子系统、林区防火、防自然灾害专家子系统、。

(三)、产后管理:针对信息收集和产后再次经营,主要有采集分析市场供求信息子系统、价格分析预测和发布子系统、原料林收获和运输路线分析子系统、信息搜索与反馈子系统。

六、人机交互层:决策人员与 IDSS 的交流平台,分析辅助决策信息的窗口。



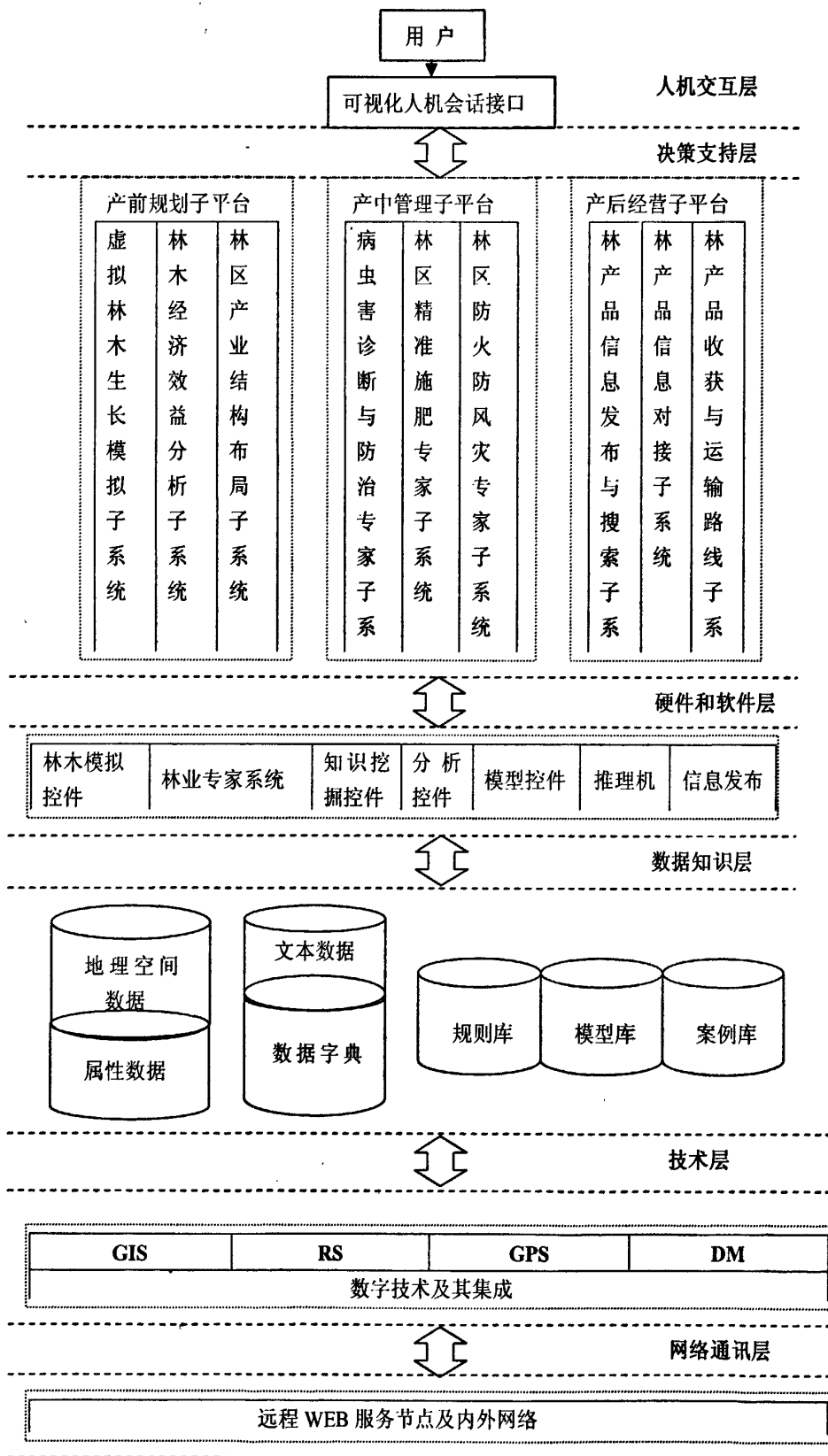


图 4 数字技术下短周期工业原料林智能决策支持系统框架体系

Fig.4 short-cycle industrial row material forest IDSS structure based on digital technology

### 3.3.2 短周期工业原料林 IDSS 的特点

开放性——短周期工业原料林智能决策支持系统提供了一个开放式的管理平台，不像传统的管理系统那样，只是一个工具集。系统可以把“智能”嵌入到 IDSS 的核心功能中，将无缝集成模式成功地运用到系统工具和外部。

复用性——利用硬件、软件及控件技术，可以提高应用软件的开发效率，支持应用系统集成，可伸缩好，提高软件可靠性，有效缩短开发时间及降低成本。

自适应性——短周期工业原料林智能决策平台是开放式平台、是一个智能性高和具有自适应性的软件实体。这个实体可自主执行，根据用户任务需求自动调入与决策相关的信息，更好地提供辅助决策的动态信息。

多库协同性——短周期工业原料林智能决策平台支持多组织群体协同完成一个任务，并将任务逐步逐级进行分类，将问题简单化，逐级的处理问题，并向上层协同库提供更准确的信息。具有灵活和面向服务的数据接口。

### 3.3.3 短周期工业原料林 IDSS 的功能介绍

一、通过产前规划子平台，进行产前规划决策（造林前决策）。

以标准小班为单位，利用 3S 技术，通过原料林虚拟生长模拟子系统，进行林木生长阶段的模拟，物质需求与产品形成的模拟，林木生长预测和效益的分析，对本地及周边的林木气象环境的模拟，从不同造林时间、密度、肥料使用量和次数方面对生长量和蓄积量的影响，进而预测林木的生长量，为生产经营提供蓄积量的辅助决策信息。

通过盈亏平衡分析系统模型，可以提前确定林木产品的产量，确定的收获量可更好指导林区的经营生产与管理。

通过产品需求信息，并结合价格信息，可以确定产品的运输路线，最大化的进行短周期工业原料林产业结构的优化布局，给出最佳生产和收获方案。

二、通过产中管理子平台，进行产中管理决策（造林后——第 6 年）。

根据林木生长情况，并结合专家系统，可以获取作物不同阶段的实施方案。根据现场小班样地及土壤调查及专家经验，经过推理机及智能计算规则，就可以得出一个科学的精准施肥方案。

通过病虫害诊断与防治专家系统，结合专家防治病虫害的案例知识和经验，进行病虫害防治咨询。并可针对性的地指导林区基地人员采取积极的防治管理措

施,再根据林木的症状表现,识别病虫害的类型,给出相应的防治措施等。

通过林区防火、防风暴专家子系统,根据实时监测天气状况或通过气象部门提供的信息,并结合 GPS 和遥感影像图,确定林区防火带、防风带的位置,在不同时间和气候条件下对林木进行最有效的保护,提高林木的收获量。

三、通过产后经营子平台,进行产后决策(采伐收获—再次造林)。

通过收获和运输路线子系统,并结合林区地形图和谷歌地图,确定最优的采伐方案和运输路线,最大化的节约成本,并结合林业部分的相关政策,优化与调整产业布局,为下一个收获期作经营前期的准备。

### 3.4 短周期工业原料林 IDSS 的决策过程

短周期工业原料林智能决策支持系统是一个复杂系统。正如前面所描述的 IDSS 的决策过程那样,是一个反复循环的过程,直到决策人员得到最优的决策信息。对于一个复杂的决策问题,针对具体的最终目标,往往需要将大问题分解成若干个子问题,子问题还可以再次分解。从最简单的问题开始,利用智能算法和专家知识,逐步逐级的、由下往上的求解。具体求解过程为:确定决策问题,收集决策相关的信息,调用数据仓库技术保存和分析数据;在获得问题基本数据的基础之上,将问题分解成简单的问题后,从最底层决策问题开始求解,逐层返回决策结果,在决策过程中,如果决策结果不满意,可以从上一层的决策主体返回下一层进行循环决策修正直到满意为止,如图 5 所示。

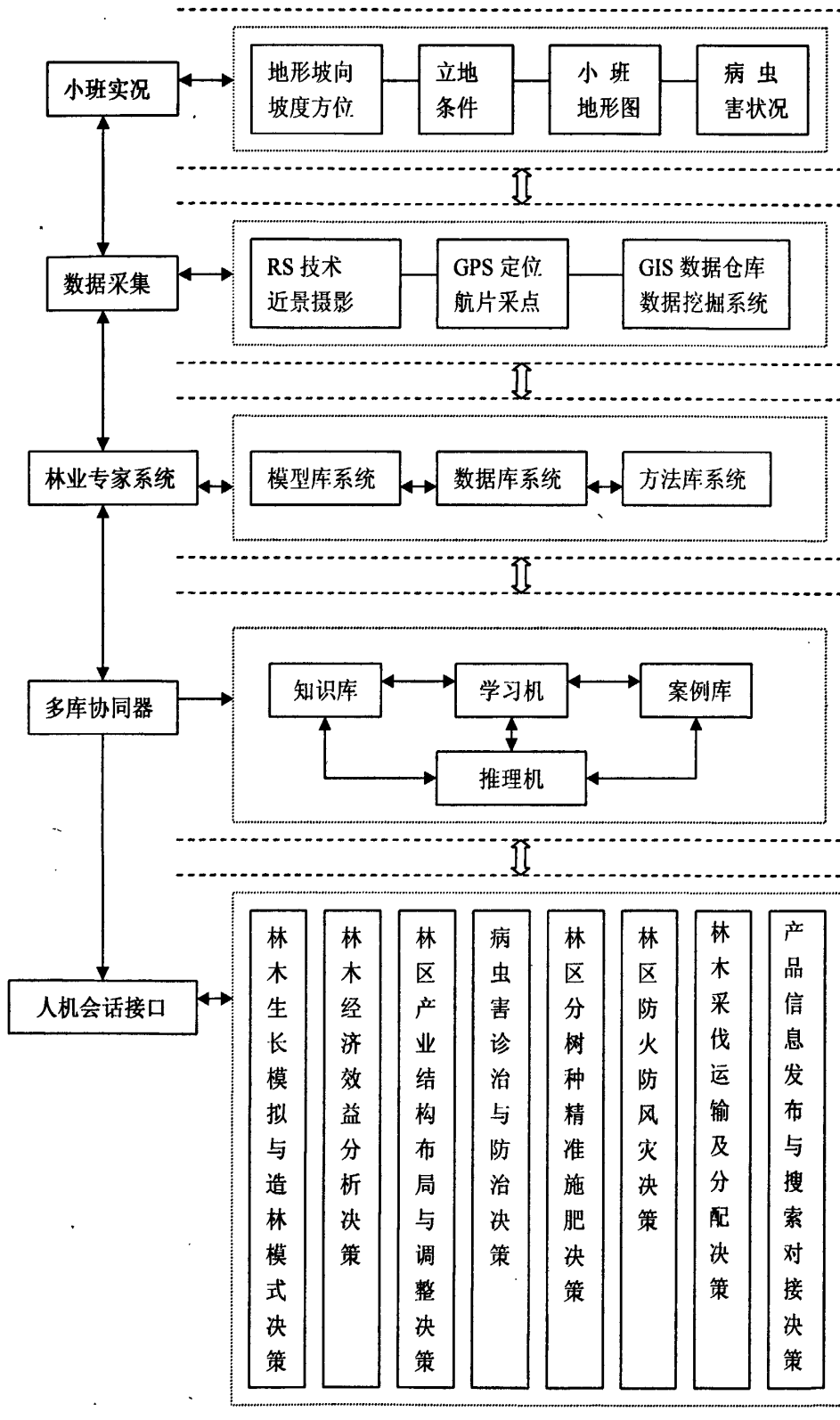


图 5 短周期工业原料林 IDSS 的决策流程

Fig.5 The decision making process of short-cycle industrial raw material forest IDSS

## 4 IDSS 在深国商林业信息化管理中的应用

### 4.1 深国商林业的基本概况

深圳市国商林业发展有限公司隶属于有“国门第一商”、“深圳橱窗”之美誉的深圳市国际企业股份有限公司（简称“深国商”）<sup>[101]</sup>。为响应中国政府保护天然林和鼓励发展林业项目的号召，公司以“以商养地，以地促商，大力发展林业”为发展战略，自 2004 年起开始了林业项目的开发。迄今，公司在当地政府的大力支持下先后在广东省北部的翁源县、东部的五华县、兴宁市成立了 3 家林业基地公司，在江西赣州市和广东紫金县设立了 2 家办事处。到目前为止，共营造桉树速生丰产原料林面积已达 8 千公顷，其中翁源县 2.8 千公顷，五华县 3.5 千公顷，兴宁市 1.2 千公顷和赣州市 0.5 千公顷。已储备林地资源 20 余千公顷，与当地政府签订合作开发林地协议面积 126.7 千公顷。

公司已建立完善的组织管理体系，林业公司下设基地公司，林业公司设财务部、行政人事部、工程部和营运部四个职能部门，基地公司设财务部、工程部、征地部和行政部四个职能部门。公司实施集约化、信息化管理模式，建立了完善的 GIS 信息管理系统，采用小班经营全过程管理。在良种繁育、林木栽培、病虫害防治、森林防火、森林经理等方面都体现出现代林业的经营理念。公司的营林模式是经过多年实践总结而来，征地、清山、开穴、施肥回土、种植补植、抚育追肥、林木管护等营林各个环节实行全过程管理，各个工序都具有科学的管理及施工规程，结合实际生产情况能较好地控制成本并确保营林质量，已形成成熟实用的营林模式。公司自 2005 年种植，种植面积逐年增加，至今已有 8 余千公顷林木储备，2005 年种植的 1.3 千公顷桉树林木 2010 年将进入成熟采伐收获期，预计产材 12-14 万吨。从 2010 年开始公司将以每年 6.7 千公顷的种植速度规模化发展，其将为国商林业产业化发展提供充足的林木储备。

翁源县位于广东省北部，是粤北重点林区县之一，全县土地总面积 221.7 千公顷，林业用地面积 164.8 千公顷。地处东经 113°39'02" 至 114°18'04"，北纬 24°07'04" 至 24°40'00"。属南亚热带季风气候，年均气温为 20.3℃，全年无霜期 303 天，年均降雨量 1 763.8 毫米，土壤为红壤、赤红壤、黄壤。京珠高速、106 国道，昆汕高速从境内通过，交通便捷。2005 年开始种植，至今已种植面积 2.8 千公

顷, 储备林地 2 千公顷, 与当地政府签订合作开发林地协议面积 33.3 千公顷。

## 4.2 短周期工业原料林 IDSS 的采伐决策

### 4.2.1 采伐和运输决策系统的运行流程

采伐和运输管理系统审批运行过程说明如下:

(1) 基地公司负责收集各类小班资料, 核对小班档案主要因子, 包括小班面积、地类(林种)、优势树种、林分起源、林木年龄、用材林经营类型; 审核小班因子, 包括树种组成、坡度、郁闭度(抚育间伐参考)、平均胸径、平均树高、单位公顷蓄积(低产改造参考)、散生木蓄积(补充采伐参考)、林分生长类型(低产改造参考); 审核采伐条件, 包括林班、地类、林种与采伐类型的关系, 起源、坡度、树种与采伐方式、采伐强度和面积的关系, 采伐类型与经营类型、林龄、郁闭度、年生长量、保留株数的关系。

(2) 依托数据挖掘和 3S 技术, 利用网络和计算机技术, 及时更新小班的数据库信息; 利用桉树生长模型, 预测桉树的生长量, 对所有小班的数据信息实行动态监测和管理。

(3) 建立小班收获采伐模型和运输模型, 利用林业专家系统, 对桉树的收获量和运输费用进行计算, 为采伐运输决策提供辅助信息。

(4) 将所有采伐方案和结果列出, 报上级主管部门审批, 对于伐区(林道)运输, 查询采伐数据库, 对采伐申请书指定的伐区进行审核, 包括对伐区的采伐审批数、规定的采伐限额指标、伐区执行运输情况等桉树种、材种(规格材、非规格材、薪材)进行计算; 上年度未用完的采伐限额指标结转。对于木材经营企业的产品运输(公路网)进行进出仓管理和运输费用管理, 审批其运输的成本以及合法性。

(5) 上级主管部门根据收获经验和林业部门下发的政策、要求, 对采伐运输的决策结果进行审批, 并将信息及时反馈给相关部门, 图 6 和图 7 为桉树小班采伐表和办事处决策流程表。

	A	B	C	D	E	F	G
1	日期起			日期迄			
2							
3	林木采伐统计一览表						
4							
5	公顷公顷	公顷公顷	公顷公顷	公顷公顷	公顷公顷	公顷公顷	公顷公顷
6							
7							
8							

图 6 深国商林业公司桉树采伐表

Fig.6 eucalyptus harvesting table of Shengguoshang Forest Company

任务名称	待办人	完成时间	任务状态	完成人	完成时间	说明
10小班设计号核算	曾南涛	2009-10-19 9:24:57	已完成	曾南涛	2009-10-19 9:24:43	10小班设计与核算 2009-10-10 特别快
基地管理	彭华成	2009-12-2 14:44:49	已完成	彭华成	2009-12-2 14:44:36	基地管理 10小班设计与核算 2009-10-10
基地工程队	太巴博	2009-12-2 14:44:48	已完成	太巴博	2009-12-2 14:45:22	基地工程队人员 10小班设计与核算 2009-
工程部管理	曾南涛	2009-12-2 14:45:22	已完成	曾南涛	2009-12-2 14:47:07	工程部管理 10小班设计与核算 2009-
设计部管理	曾南涛	2009-12-2 14:47:07	已完成	曾南涛	2009-12-2 14:45:16	设计部管理 10小班设计与核算 2009-10-10
林业公司总	龙鹏	2009-12-2 14:48:18	已完成	龙鹏	2009-12-2 14:48:19	林业公司总管理 10小班设计与核算 2009-
通知发起人	曾南涛	2009-12-2 14:48:19	已完成	曾南涛	2009-12-2 14:51:09	通知发起人 10小班设计与核算 2009-10-

图 7 深国商林业公司桉树采伐决策流程图

Fig.7 the decision making chart of eucalyptus harvesting in Shengguoshang Forest Company

### 4.2.2 桉树采伐模型的建立

森林是一种可再生的资源，短周期工业原料林的经营管理是一种可再生资源的管理问题。林区中的树木每年都要由一批的树木被砍伐而出售，为了使这片林区不被耗尽而且每年都有收获，我们要求：在每次皆伐后，就在原地补种上一棵幼苗，从而使林区中的树木总数保持不变，当然我们需要找到一种方案，使得每年都有收获的前提下，去砍伐树木，使得被砍伐的树木获得最大的收益，这就需要建立采伐的模型，再通过短周期工业原料林 IDSS 做出采伐的智能决策。

#### 4.2.2.1 模型的假设

- (1) 被出售的树木，其价值取决于树木的胸径；
- (2) 对森林进行砍伐，要求是先皆伐再分阶段统一种植，因此，森林的树木的总数保持不变；
- (3) 两次收获之间是森林的生长期，假设在一个生长期内，树木高度至多能生长一定的胸径；
- (4) 除砍伐外，树木不会死掉，即认为每一棵幼苗都可以生长到被收获；
- (5) 林地的可以无限制的种植下去。

#### 4.2.2.2 模型的各种记号以及其意义

(1) 树木的高度级别： $(d_{i-1}, d_i)$ ，下表给出了胸径区间与树木价值之间的关系。其中，第一级为幼苗，认为利用幼苗作为木材，没有任何经济价值；用  $x_i$  表示第  $i$  级的树木数量， $p_i$  表示第  $i$  级的树木的价值，用  $y_i$  表示收获  $i$  级的树木数量。这样，向量  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  表示森林群体， $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$  表示收获群体。

级别	价格 / 元	高度区间
1	0	$[0, d_1)$
2	$p_2$	$[d_1, d_2)$
3	$p_3$	$[d_2, d_3)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$n$	$p_n$	$[d_n, \infty)$

树木价格与胸径区间

- (2) 记森林的树木的固定值为  $s$ ， $x_1 + x_2 + \dots + x_n = s$ 。(4.1)
- (3) 在一个生长期内（一年内），所有的生长树木至多只能生长一个高度，此时，即第  $i$  级的树木可能进入第  $i+1$  级。也可能因为某种原因仍然停留在第  $i$  级，假设同级的树木生长速度相同，记  $q_i$  为第  $i$  级树木进入第  $i+1$  级的比例， $i=1, 2, \dots, n-1$ ，称  $q_i$  生长参数。



### 4.2.2.3 模型的建立

根据假设 (3)，我们首先考察树木的生长情况；记  $x_i^{k+1}$  为  $k+1$  年第  $i$  级中的树木数，则有：

$$x_1^{k+1} = x_1^k (1 - q_1) \tag{4.2}$$

$$x_i^{k+1} = x_i^k (1 - q_i) + x_{i-1}^k q_{i-1} \quad i = 1, 2, \dots, n-1 \tag{4.3}$$

$$x_n^{k+1} = x_n^k + x_{n-1}^k q_{n-1} \tag{4.4} \quad \text{即：}$$

$$\begin{bmatrix} x_1^{k+1} \\ x_2^{k+1} \\ x_3^{k+1} \\ \vdots \\ x_n^{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - q_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ q_1 & 1 - q_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & q_2 & 1 - q_3 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1^k \\ x_2^k \\ x_3^k \\ \vdots \\ x_n^k \end{bmatrix} \tag{4.5}$$

记  $x(k+1) = (x_1^{k+1}, x_2^{k+1}, x_3^{k+1}, \dots, x_n^{k+1})^T$ ，因此，上述关系可以表示为： $x(k+1) = Gx(k)$

$$\text{其中 } G = \begin{bmatrix} 1 - q_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ q_1 & 1 - q_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & q_2 & 1 - q_3 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}, \text{ 称为生长矩阵。}$$

设  $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$  是收获群体，根据假设 (2)，砍伐的树木和幼苗的树木相等，则记

$$n \times n \text{ 矩阵为： } R = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}, \text{ 则 } R_y = \begin{bmatrix} y_1 + y_2 + \dots + y_n \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, \text{ 是每次收获后幼}$$

苗的分布情况。根据每年收获的原则，即：(生长期开始的状态) = (生长期末状态) - (收获) + (新种的苗数)，这样就有收获模型：

$$x(k+1) = Gx(k) - y + Ry = Gx(k) - (I - R)y \quad \text{。 根据收获模型}$$

$$x(k+1) = Gx(k) - y + Ry = Gx(k) - (I - R)y, \text{ 如果对森林进行持续收获的话，就}$$

相当于要求  $y$  是一个常数，即定常收获。从数学意义上看，要求森林中每年树木

各个高度的分布情况相同，换句话说，即存在  $x^*$ ，使得  $x(k) = x^*$ ，此时  $y$  才能实

现持续收获。称  $x^*$  为收获模型的稳定解。如果存在  $x^*$ ，则有： $x^* = Gx^* - (I-R)y$ ，

则  $(G-I)x^* = (I-R)y$

$$I-R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & \cdots & -1 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix}, \quad G-I = \begin{bmatrix} -q_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ q_1 & -q_2 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & q_2 & -q_3 & \cdots & -q_n-1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & q_{n-1} & 0 \end{bmatrix}$$

他们相当于以下的关系：

$$\begin{cases} y_1 + y_2 + \cdots + y_n = q_1 x_1^* \\ y_2 = q_1 x_1^* - q_2 x_2^* \\ y_3 = q_2 x_2^* - q_3 x_3^* \\ \vdots \\ y_{n-1} = q_{n-2} x_{n-2}^* - q_{n-1} x_{n-1}^* \\ y_n = q_{n-1} x_{n-1}^* \end{cases} \quad (4.6)$$

注：在 (4.6) 的方程组中，第一个是其余  $n-1$  个方程组的和，并且因为  $y$  是收获量，

则  $y_i \geq 0, i=2,3,\dots,n$ ，考虑到幼苗的经济价值为零，故不砍伐幼苗，不妨设  $y_1 = 0$ ，

并且仍然用  $x_k$  表示这里的  $x_k^*$ ，则从式 (4.6) 可知：

$$q_1 x_1 \geq q_2 x_2 \geq q_3 x_3 \geq \cdots \geq q_{n-1} x_{n-1} \quad (4.7)$$

那么，采伐问题就变成在持续收获的前提下，使得收获的经济价值最大，设收获的总价值为  $p$ ，根据假设 (1)，就有： $p = p_2 y_2 + p_3 y_3 + \cdots + p_n y_n$ ，根据 (4.6) 有：

$$p = p_2 q_1 x_1 + (p_3 - p_2) q_2 x_2 + \cdots + (p_n - p_{n-1}) q_{n-1} x_{n-1} \quad (4.8)$$

这样，采伐的模型就转化为求解一个线性规划问题：

$$\text{Max } p = p_2 q_1 x_1 + (p_3 - p_2) q_2 x_2 + \cdots + (p_n - p_{n-1}) q_{n-1} x_{n-1}$$

$$\text{S.t. } \begin{cases} x_1 + x_2 + \cdots + x_n = s \\ q_1 x_1 \geq q_2 x_2 \geq q_3 x_3 \geq \cdots \geq q_{n-1} x_{n-1} \\ x_i \geq 0, i=1,2,\dots,n \end{cases}$$

通过对翁源桉树林的实际测量，并结合深国商林业公司护林和技术人员提供的资料，可得深国商林业 6 年生长期桉树的生长矩阵为：

$$G = \begin{bmatrix} 1-q_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ q_1 & 1-q_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & q_2 & 1-q_3 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.72 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.28 & 0.69 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.31 & 0.75 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0.77 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.23 & 0.63 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.37 & 1 \end{bmatrix}$$

$q_i$  为第  $i$  级树木进入第  $i+1$  级的比例,  $i=1,2,\dots,n-1$ , 称为生长参数。

再输入不同时间不同生长期的桉树价格  $(p_2, p_3, p_4, p_5, p_6)$ , 再结合 GIS 生成的蓄积量, 就可以将模型导入模型库管理系统, 对采伐模型进行求解, 通过推理机和人机交互平台, 就可做出采伐收益最大的决策。只要生长参数  $q_i$  已知的话, 就可以求出  $p_k$  的值, 再比较  $k$  取不同值时  $p_k$  的值, 从中确定持续收获的最大经济收入。

### 4.3 基于深国商林业信息化平台的采伐运输费用及分配决策

#### 4.3.1 木材采伐运输费用决策

运材费用由 5 部分构成 (Sundberget al., 1988) <sup>[102][103]</sup>, 即

$$TC = OC + VDC + TDC + VIC + TIC \quad (4.9)$$

式中:  $TC$  为运材总费用;  $OC$  为运材管理费;  $VDC$  为可变直接费用;  $TDC$  为直接终点费;  $VIC$  为可变间接费用;  $TIC$  为间接终点费。

运材管理费主要有: 计划、调度、控制和管理工作费用。直接终点费: 装车费和卸车费, 间接终点费: 伐区楞场和装车台的修建费分摊。固定费用是与运输距离和采伐数量无关的费用,  $OC$ ,  $TDC$  和  $TIC$  都属于固定费用。可变直接费: 车辆小时费用, 可变间接费: 道路修建费分摊, 两者均与运输距离有关, 把它们合而为一, 统称为可变费用。最后, 固定费用和可变费用就组成了单位木材运输费。即

$$TC = C_f + C_v \quad C_f = OC + TDC + TIC \quad C_v = VDC + VIC \quad (4.10)$$

设林分内有  $I$  木材等级, 每个木材等级有  $N$  棵可采伐的桉树; 有  $J$  集材点, 有  $K$  需材点;  $X_n$  为砍伐第  $i$  木材等级内第  $n$  棵桉树的费用;  $Y_j$  为将第  $n$  棵桉树运至第  $j$  集

材点的单位距离集材费,  $Y_{jk}$  为将第  $n$  棵按树从第  $j$  集材点运输至第  $k$  需材点的单位距离运材费;  $D_{ij}$  为第  $i$  木材等级内第  $n$  棵按树至第  $j$  集材点的距离,  $D_{jk}$  为第  $j$  集材点至第  $k$  需材点的距离。

则有:

$$C = C_f + C_v = C_f + \left( \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N X_{in} + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J D_{inj} Y_{ij} + \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K D_{jk} Y_{nj} \right) \quad (4.11)$$

所以采伐运输的费用模型为:

$$\text{Min}C = C_f + \left( \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N X_{in} + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J D_{inj} Y_{ij} + \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K D_{jk} Y_{nj} \right) \quad (4.12)$$

约束条件  $S.t: i=1, 2, \dots, I, j=1, 2, \dots, J, n=1, 2, \dots, N$

在模型库系统中应用加权距离函数  $COSTDIS-TANCE()$  和  $ZONALSUM()$  计算。函数  $COSTDIS-TANCE()$  输出 2 个栅格数据文件; 函数  $COSTPATH()$  以费用反向连接栅格数据文件为输入文件, 可以很容易得到一个林分到需材点的最小费用路径。函数  $ZONALSUM()$  用于计算每个林分的合计可变成本, 在 FIDSS 中调入函数生成的文本, 通过人机交互平台, 改变参数变量, 对不同变量下各种结果进行比较分析, 就可以进行采伐的智能决策, 基于公路网的运输费用决策界面如图 8 所示:

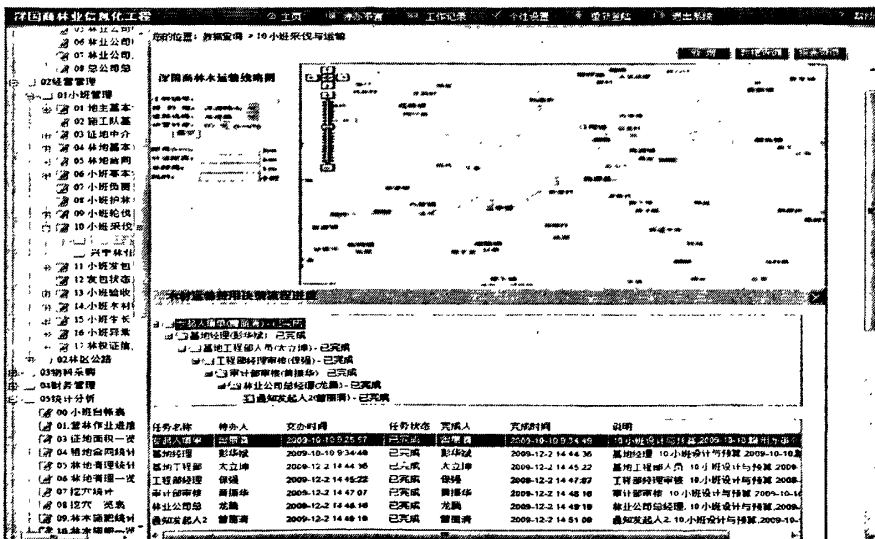


图 8 深国商林业翁源研究区林木运输决策路线图

Fig.8 decision making map of forest allocation in Wenyuan area of Shengguoshang Forest Company

### 4.3.2 分配桉树林木产品决策

采伐一个桉树林分，其产品的产量可能会很多，因此，若干个需材点所需的木材会集中到一个采伐点来，为了满足木材品种和数量的分配需求，需要对研究区域的林分、需材点和道路进行合理的分配，以便节约费用，图 9 为林分、需材点和道路的空间分布图。

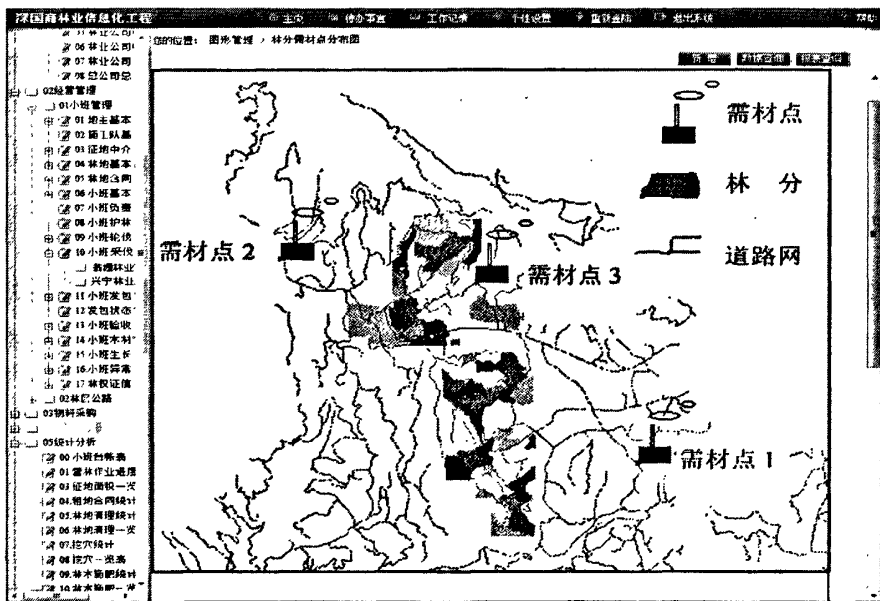


图 9 林分、需材点和道路的空间分布

Fig.9 spatial distribution map of stands, mills and roads

利用线性规划模型的方法，并结合道路交通情况，可将采伐林分点向需材点的分配建立一个模型。结合翁源地区桉树林的具体情况，下列为桉树林产品的分配模型：

$$\text{目标函数: } \text{Minimizing } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K C_{ij} X_{ijk} \quad (4.13)$$

$$\text{约束条件: } \sum_{i=1}^I X_{ijk} \geq Y_{jk}, j=1,2,\dots,J, k=1,2,\dots,K$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K X_{ijk} \leq T_i, i=1,2,\dots,I$$

式中:  $Z$  为运输总费用，元；  $C_{ij}$  为从林分  $i$  运输单位材积木材到需材点  $j$  的平均最小费用，  $X_{ijk}$  为林分  $i$  运到需材点  $j$  的品种  $k$  木材材积，  $m^3$ ；  $Y_{jk}$  为需材点  $j$  对品种  $k$

的定货量,  $m^3$ ;  $I$  为林分数量;  $J$  为需材点数量;  $K$  为木材等级数。在 FIDSS 系统环境下, 计算线性规划模型参数, 并写入 MPS 格式文件中, 由 LINDO 读取文件数据运算求解, 最后把结果写入一个文本文件中, 供 IDSS 系统查询调用。

## 4.4 决策结果判定

短周期工业原料林 IDSS 调用上述三个模型后会生成几种采伐方案供管理者决策, 采伐模型确定的最大收益扣除采伐运输费用和木材分配费用就是采伐按树可获得的收益, 怎样确定一个按树采伐量使得采伐收益刚好就等于成本, 从而判定决策结果是否可行, 这是每个林业生产企业经营者共同关心的问题。

### 4.4.1 盈亏平衡模型

盈亏平衡分析是在一定市场、生产能力及经营管理条件下, 通过对产品质量、成本、利润相互关系的分析, 判断企业对市场需求变化适应能力的一种不确定性分析方法, 亦称量本利分析。在林业工程经济评价中, 这种方法的作用是找出投资林业项目的盈亏平衡点, 以判断不确定性因素对方案经济效果的影响, 说明方案实施的风险大小及投资项目承担风险的能力, 为投资决策提供科学依据。此方法计算简单, 可直接对林业项目的关键因素进行分析。

在一定期间(按树林为 5 年)把成本分解成固定成本和可变成本后, 再考虑收入和利润, 成本、出材量和利润的关系就可以统一于一个数学模型。该数学模型的表达形式为:

$$\text{利润} = \text{采伐收入} - \text{总成本} - \text{税金} \quad (4.14)$$

假设产量等于销售量, 并且项目的采伐收入(销售收入)与总成本均是产量的线性函数, 则式(4.14)中: 销售收入 = 单位销售 × 销量

$$(4.15)$$

$$\text{总成本} = \text{可变成本} + \text{固定成本} = \text{单位可变成本} \times \text{产量} + \text{固定成本} \quad (4.16)$$

总成本包含一个采伐周期内的产前、产中以及产后的可变成本和固定成本, 即寿命周期成本。

$$\text{销售税金} = (\text{单位产品销售税金} + \text{单位产品增值税}) \times \text{销售量} \quad (4.17)$$

将式(4.15), (4.16), (4.17)代入式(4.14)中, 盈亏平衡模型用字母表示如下:

$$B = pQ - C_v Q - C_f - tQ \quad (4.18)$$

式(4.18)中  $B$  为利润,  $p$  为单位产品售价,  $Q$  为销量或生产量,  $t$  为单位产品

销售税金和单位产品增值税,  $C_v$  为单位产品可变成本,  $C_F$  为固定成本。

#### 4.4.2 盈亏平衡分析

为进一步明确表达盈亏平衡模型中的数量关系, 可将产销量、成本、利润反映在直角坐标系中, 如图 10 所示:

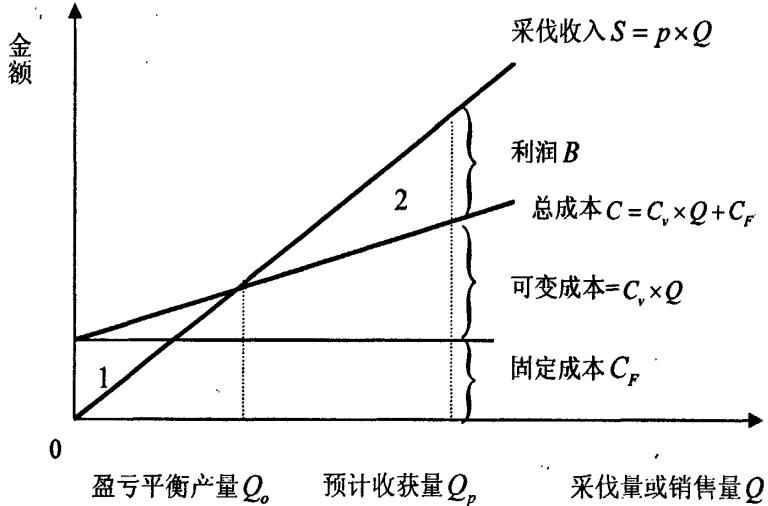


图 10 盈亏平衡模型的量本利图

Fig.10 The amount of principal and interest breakeven graph model

从图中可以看出, 1 区为亏损区, 2 区为盈利区。利用短周期工业原料林 IDSS 确定每个收获期的采伐量  $Q$  时, 就可以利用盈亏平衡点来分析是否有利润, 当  $Q > Q_0$  时, 就可获得利润, 当  $Q < Q_0$ , 就会亏损。此时, 即使  $Q$  满足采伐和运输分配模型的要求, 决策者也要根据实际情况改变如价格、采伐量、成本等决策参数来修正采伐和运输分配模型, 进一步提高决策效果, 直至获得最大的利益。

## 5 结论与讨论

管理的核心就是决策。利用 IDSS 技术进行短周期工业原料林的经营与传统的管理系统相比具有动态、准确、快捷和直观等诸多优点,依托推理机,通过建立模型和利用专家经验知识可以很有效地进行各种经营决策,可以直观的显示各种决策方案和结果。根据短周期工业原料林经营的特点,将数字技术应用到原料林信息的提取、处理与评价中具有十分重要的意义和价值。本文以翁源研究区桉树林的调查数据为信息源,在深国商林业信息化平台上展开利用数字技术进行短周期工业原料林 IDSS 的试验研究。研究的主要内容包括短周期工业原料林 IDSS 的框架体系、结构和功能,在深国商林业信息化平台下分析、建立桉树林智能采伐和运输决策的模型和方法,用深国商林业信息化平台对林木运输决策过程进行了界面显示。在以下方面取得了一些结论和进展。

### 5.1 结论与创新点

本研究主要有以下结论和创新之处:

- (1)运用数字技术和 IDSS,并结合短周期工业原料林的轮伐期短、高投入、高产和高效益具体特点,分析短周期工业原料林 IDSS 研究的必要性,并提出了短周期工业原料林 IDSS 的框架体系、结构特点以及功能,与传统的管理系统相比, IDSS 更有助于森林的动态经营管理。
- (2)根据桉树林的特点和采伐的要求,建立桉树林的采伐收获模型、运输费用和分配模型,利用模型库系统和推理机对模型进行求解分析,为决策人员提供了多种辅助方案供参考,这是运用 IDSS 理论解决森林经营相关问题的一个重要方面。
- (3)在深国商林业信息化平台上可实现林木运输和分配决策界面,为决策提供直观的操作界面,便于了解决策过程和结果查询。
- (4)利用盈亏平衡分析法对决策模型提供的决策结果进行分析,并对采伐量进行决策结果判定,即当  $Q > Q_0$  时,就可获得利润,当  $Q < Q_0$ ,就会亏损。

### 5.2 论文的不足与展望

由于研究对象本身的复杂性以及时间、资料和本人的学时水平所限,本研究还有诸多不足之处。例如与 IDSS 理论相关的开发技术和计算机编程技术掌握不够,本文提及的也只是小部分,进行收获分配决策之前,还不能够做到利用模型



库建立桉树林的仿真模型；建立桉树林采伐运输分配模型时，目标和约束条件的考虑并不是全面的，很多因素由于地域的不同会产生变化，单纯用线性规划模型去解决桉树林采伐决策中问题是不是很全面；IDSS 是一个大而复杂的系统，其涉及的技术也很复杂，3S 技术等数字技术与各个子系统之间的衔接、数据库之间的协同技术以及联机处理技术的集成也是制约 IDSS 迅速发展的瓶颈。在短周期工业原料林开发领域内，IDSS 开发的复杂性和理论研究还有差距，随着数字技术特别是数据仓库（data warehouse）、联机分析技术（on-line analytical processing）、数据挖掘技术（data mining）、互联网决策支持系统（web-based DSS）以及专家系统（ES）的日益发展，IDSS 在林业中的应用也越来越广，本文的研究仅从有限的角度对此进行了一定的有益探索。虽然也有一定的成效，但这些还只是粗浅和初步的。我们将以本文工作为基础不断深入研究，为我国数字林业的应用研究和建设做出一定的探索。

## 参考文献

- [1]江泽慧等著.中国现代林业[M].北京:中国林业出版社,2000.61-62.
- [2]兰灿堂.关于发展短周期工业原料林若干问题的思考[J].福建林业科技,第 27 卷增刊,2000 年 9 月.77-81.
- [3]冯仲科.“3S”技术及应用[M].北京:中国林业出版社,1999.91-95.
- [4]冯仲科,赵春江,聂玉藻,余新晓.精准林业[M].北京:中国林业出版社,2002 年 6 月.45-48.
- [5]冯仲科,张晓勤.发展我国的数字林业体系[J].北京林业大学学报,第 22 卷第五期,2000 年 9 月.69-73.
- [6]张会儒.计算机技术在国外林业中应用的现状及发展趋向[J].世界林业研究,1998,(5):44-50.
- [7]庾晓红,李贤伟,白降丽.“3S”技术在林业上的应用现状及发展趋势展望[J].林业调查规划,2005 年 6 月,30(3):1-3.
- [8]陈强,王艳侠,魏胜利. 广义 3S 技术在林业资源调查与管理上的应用[J].林业勘察设计,2006 年第 4 期.101-105.
- [9]孙家柄.遥感原理与应用[M].武汉:武汉大学出版社,2003 年 2 月.34-36.
- [10]冯仲科,孟宪宇,姚山,刘永霞,臧淑英.从林业信息数据采集至森林知识获取.北京林业大学学报, 2007,29(supp.2):1-7.
- [11]徐绍铨,张华海,杨志强,王泽民.GPS 测量原理与应用[M].武汉:武汉大学出版社,2003 年 1 月.65-66.
- [12]冯仲科,臧淑英,姚山.基于广义 3S 技术的森林资源经营管理系统建设[J].测绘工程,第 15 卷第 2 期,2006 年 4 月.76-79.
- [13]边馥苓.地理信息系统原理与方法.北京:测绘出版社,1996.71-73.
- [14]姚山,冯仲科,杨丹. 现代森林资源经营与管理信息系统建设[J]. 北京林业大学学报,第 29 卷增刊 2,2007 年 8 月.62-65.
- [15]苏春雨.我国森林经营管理的发展趋势综述[J].林业资源管理,2004 年 10 月第 5 期.55-58.
- [16]史忠植.高级人工智能[M].北京:科学出版社,1998.62-211.
- [17]高济,朱森良,何钦铭.人工智能基础[M].北京:高等教育出版社,2002 年 8 月.31-36.
- [18]喻小林.专家系统 200 解[M].北京:海潮出版社,1990.24-26.

- [19]蔡自兴,约翰·德尔金,龚涛.高级专家系统:原理,设计及应用[M].北京:科学出版社,2005年8月.79-82.
- [20]党延忠.专家知识在区域农业规划决策支持系统中的组织与应用[J].系统工程,1991,9(4):67-71.
- [21]徐晓伟.浅谈数据挖掘技术[J].福建电脑,2008年第12期.56-60.
- [22]陈京民,等.数据仓库与数据挖掘技术[M].北京,电子工业出版社,2002.45-49.
- [23]吴达胜,范雪华,应志辉.空间数据挖掘技术在森林资源信息管理中的应用研究[J].浙江林业科技,第24卷第3期,2004年5月.98-103.
- [24]李瑞林.数字林业:信息时代林业腾飞的翅膀[J].森林与人类,2001,(4):10-12.
- [25]张风.论数字技术在现代林业发展中的应用[J].湖北林业科技,2002,(1):34-35.
- [26]边馥苓,涂建光.从GIS工程到数字工程[J].武汉大学学报(信息科学版),2004,29(2):95-99.
- [27]聂玉藻,马小军,冯仲科,等.精准林业技术的设计与实践[J].北京林业大学学报,2002,24(3):89-93.
- [28]罗小荷,陈义刚,吴自华.高新技术在林业中的应用展望[J].福建林业科技,第30卷第一期,2003年3月.56-61.
- [29]范文义,殷晓伟,倪春迪,杨肃.“数字林业”在中国的建设研究现状.科技创新导报,2007年第32期.89-94.
- [30]王静,等.“数字林业”建设的现状与思考.长春大学学报,第13卷第2期,2003年4月.99-102.
- [31]李德仁.地球空间信息学的机遇.武汉大学学报.信息科学版,2004,29(9):753-756.
- [32]方陆明,陈勤娟,周友发.中国数字林业的构建与展望.浙江林学院学报,2002,19(2):222-226.
- [33]陈文伟.决策支持系统及其开发(第二版)[M].北京:清华大学出版社,2000.76-81.
- [34]陈晓红.决策支持系统理论和应用[M].北京:清华大学出版社,2000.98-102.
- [35]席酉民.人,计算机,决策支持,DSS[J].系统工程,1991,9(2):36-45.
- [36]RalphH. SpragueJr,ErieD. Carlson. Building Effective Decision Support System.Printicee-Hall INC,Englewood Cliffs,1980.95-100.
- [37]Llewellyn-DW,Shaffer-GP.A decision-support system for prioritizing restoration sites on the Mississippi river alluvial plain[J]. Conservation-Biology.1996,

- 10(5):1446-1455.
- [38]Stock-MW,Rauscher-HM.Artificial intelligence and decision support in natural resource management[J].New-Zealand-Journal-of-Forestry-Science. 1996, (26): 1-2,145-157.
- [39]Rauscher HM. Ecosystem management decision support for public forests: a review [J].Forest Ecology and Management.1999,(114):173-197.
- [40]NuteD, RosenbergG.Goals and goal orientation in decision support systems for ecosystem management[J].Comput-ers and Electronics inAgriculture 1999, (27):355-375.
- [41]MacleanDA,PorterKB.Spruce budwormdecisionsupportsystem: lessons learned in development and implementation. Computers and Electronics in Agriculture.2000,(27):293-314.
- [42]W C Schou, B Richardson,M E Teske,H W Thistle.Spray Safe Manager 2-Integration of GIS With an Aerial Herbicide Application Decision Support System. 2001 ASAE Annual International Meeting, Sacramento, California, USA, July 30-August 1,2001.77-80.
- [43]Kolstrom M, Lumatjaervi J.Saproxyllic beetles on aspen in commercial forests: a simulation approach to speciesrichness[J]. Forest Ecology and Management 2000,(126):113-120.
- [44]BuehlmannU,Ragsdale C.Aspreadsheet-based decision support system forwood panel manufacturing[J]. Deci-sion Support Systems.2000, (29):207-227.
- [45]Reynolds KM,Lloyd FT.A practical decision-analysis process for forest ecosystem management[J].Computersand Electronics inAgriculture. 2000, (27):195-226.
- [46]孙松平,郑加强,周宏平. 智能决策支持系统及其在林业中的应用研究[J].世界林业研究,第 18 卷第 2 期,2005 年 4 月.71-73.
- [47]徐天蜀,彭世揆,杨树华.林业及生态系统管理决策支持系统研究综述[J]. 西南林学院学报,第 21 卷第 1 期,2001 年 3 月.67-69.
- [48]高乾,赵英俊,王宏.装备战场抢修智能决策支持系统[J]. 软件开发与应用(兵工自动化) 2008 年第 27 卷第 8 期.69-72.
- [49]杨长保,马生忠.吉林省宏观农业智能决策支持系统的研究[J]. 吉林农业科学,2005,30(4):58-61.

- [50]王德吉.复杂环境下自适应智能决策支持系统研究,中国科学技术大学博士学位论文.2007年5月.73-76.
- [51]李际平.林业决策支持系统设计模式探讨[J].中南林学院学报,1991,11(2):187-192.
- [52]HUANG T Y.Intelligent decision support system[M]. Beijing:Publishing House of Electronics Industry,2001.96-100.
- [53]WANG J Y, ZHOU H Y,CHENG Y. Study on GIS and DSS [J].Science of Surveying and Mapping, 2003, 28(1):1-4.
- [54]ZHANG Y,WU J P,YU G P.The construction of Shanghai garde and green GIS embedding ES ideology[J].Geo-information Science 2000(3):24-31.
- [55]HUWY, ZHAO Y.Present status and prospect of GIS application on forestry [J].Journal of West China Forestry Science, 2004,3(2):99-102.
- [56]李际平.关于林业决策支持系统的设计思想[J].决策与决策支持系统.第四卷第一期,1994年.66-70.
- [57]陆守一,王久丽.区域生态经济型防护林体系建设模式智能决策支持系统的研制开发[J].生态学报,第16卷第6期,1996年12月.12-15.
- [58]王霓虹.基于WEB和3S技术的森林防火智能决策支持系统的研究[J].林业科学,2002,38(5):114-119.
- [59]R H Bonczek, C W Holsapple. Foundation of Decision Support System. New York:Academic Press,1981.77-78.
- [60]谭伟,冯仲科,胡涌,等.基于组件GIS的造林决策支持系统的构架[J].浙江林学院学报,2005,22(1):77-81.
- [61]戴建设.决策支持系统若干基本问题的探讨[J].系统工程,1991,9(6):66-72.
- [62]李亚,谭跃进.DSS研究的一个新视角[J].系统工程,1998,16(5):32-37.
- [63]任明仑,杨善林,朱卫东.智能决策支持系统:研究现状与挑战[J].系统工程学报,第17卷第5期,2002年10月.95-98.
- [64]彭运芳.论决策支持系统的发展概况和应用现状[J].科技与经济,2003年第6期.
- [65]曹晓静,张航,决策支持系统的发展及其关键技术分析[J].计算机技术与发展,第16卷第11期,2006年11月.71-72.
- [66]陈曦,王执铨.决策支持系统理论与方法研究综述[J].控制与决策,第21卷第9期,2006年9月.65-67.
- [67]李建洋,王俊,张庞.智能决策支持系统的研究与开发[J].合肥学院学报(自然科学

- 学版),第 16 卷第 3 期,2006 年 9 月.74-77.
- [68]张怀清.林业资源环境网络在线决策支持系统研究[J].林业科学研究,2002,15(6):637-643.
- [69]冯珊,郭四海.面向虚拟采办的智能决策支持系统概念框架[J].智能系统学报,第 3 卷第 3 期,2008 年 6 月.33-35.
- [70]高洪深.决策支持系统(DSS)理论.方法.案例[M].北京:清华大学出版社,2005 年 5 月.
- [71]孟波.计算机决策支持系统[M].武汉:武汉大学出版社,2003 年 7 月.53-55.
- [72]张荣梅.智能决策支持系统研究开发及应用[M].北京:冶金工业出版社,2003.43-46.
- [73]吕晶,张妍.IDSS 智能决策支持系统[J].计算机与信息技术,2007 年第 26 期.152-153.
- [74]张晓瑜.智能决策支持系统研究[J].北京 北京理工大学计算机应用技术,2002.75-77.
- [75]FENG Z K,YAO S, HAO X Y,et al. Design thoughts, functions and application foreground of F-star-GIS platform for forestry farms [J].Journal of Beijing Forestry University, 2005, 27(Supp. 2):1-4.
- [76]TANW,FENG Z K,HU Y,et al. Framework of component GIS-based afforestation decision support system[J].Journal of Zhejiang Forestry College, 2005, 22 (1) : 77-81.
- [77]Gottinger H W, Weimann P. Intelligent decision support systems [J]. Decision Support Systems, 1992, 8(4): 317-332.
- [78]ER M C. Decision support systems: A summary, problems and future trends [J]. Decision Support Systems, 1988, 4(4): 355-363.
- [79]Manheim M L. An architecture for active DSS[C]. 21st International Conference on System Science, Hawaii: IEEE Computer Society Press, 1988. 356-365.
- [80]Ribeiro R A, Powell P L, Baldwin J F. Uncertainty in decision-making: An abductive perspective [J]. Decision Support Systems, 1995, 13(2): 183-193.
- [81]蔡自兴,姚莉.人工智能及其在决策系统中的应用[M].长沙:国防科技大学出版社,2006 年 3 月.67-71.
- [82]Hsu Wen-Ling, Prietula M J, Thompson G L. An mixed-inductive scheduling workbench integrating AI, OR and HCI [J]. Decision Support Systems, 1993, 9(3):

245-257.

- [83]Ta-Tao Chuang, Yadav S B. The development of an adaptive decision support system [J]. Decision Support Systems, 1998, 24(2): 73-87.
- [84]王淑芬.马尾松毛虫防治决策专家系统[J].林业科学,1992,28(1):31-38.
- [85]Jarke M, Radermacher F J. The AI potential of model management and its central role in decision support [J]. Decision Support Systems, 1988,4(4): 387-404.
- [86]任勇.生态经济型防护林体系建设模式专家系统的研制开发[J].林业科学,1996,32(2):134-139.
- [87]杨善林,倪志伟.机器学习与智能决策支持系统[M].北京:科学出版社,2004年.
- [88]Fraser M M, Hipel K W. An architecture for integrating expert systems[J]. Decision Support Systems, 1989, 5(3): 263-276.
- [89]Tang daisheng, Chenshaojian, Bian fulingWan xixi.The Study of Genetic Algorithms on Forest Harvest Adjustment[J]. 2009 International Conference on Future Computer and Communication.
- [90]Beulence A, Nunen J V. The use of expert system technology in DSS[J]. Decision Support Systems, 1988, 4(5):421-431.
- [91]Turban E. Implementing decision support systems: A survey[C]. 1996 IEEE Conference on Systems, Man and Cy-bernetics, Beijing:IEEE Press.1996, 2540-2545
- [92]Mirchandani D, Pakath R. Four models for a decision support system [J].Information and Management [J], 1999,35(1): 31-42.
- [93]Holsapple C W, Jacob V S, Zaveri J S. Learning by problem processors: Adaptive decision support systems [J].Decision Support Systems, 1993, 10(2):85-108.
- [94]张顺恒.福建省发展短周期工业原料林调研报告[J].福建林业科技.2000.9 第27卷增刊.27-31.
- [95]朱志正.基于 GIS 的短周期工业原料林管理信息系统的研究,中南林业科技大学硕士学位论文.2006年6月.
- [96]黄宝强.杨树短周期工业原料林几个主要问题的探讨[J].江西林业科技.2002.6(2)28-32.
- [97]陈玮,刘新胜.湖北省短轮伐期用材林基地建设探讨短[J].湖北林业科技.2008.3(1)21-24.
- [98]龙定见.广西短周期造纸工业原料林发展前景与效益分析[J].广西林业科

技.2000.3(1)15-18.

[99]董治.发展短周期造纸工业原料林势在必行[J].广东林业科技.2003.7(1)34-37.

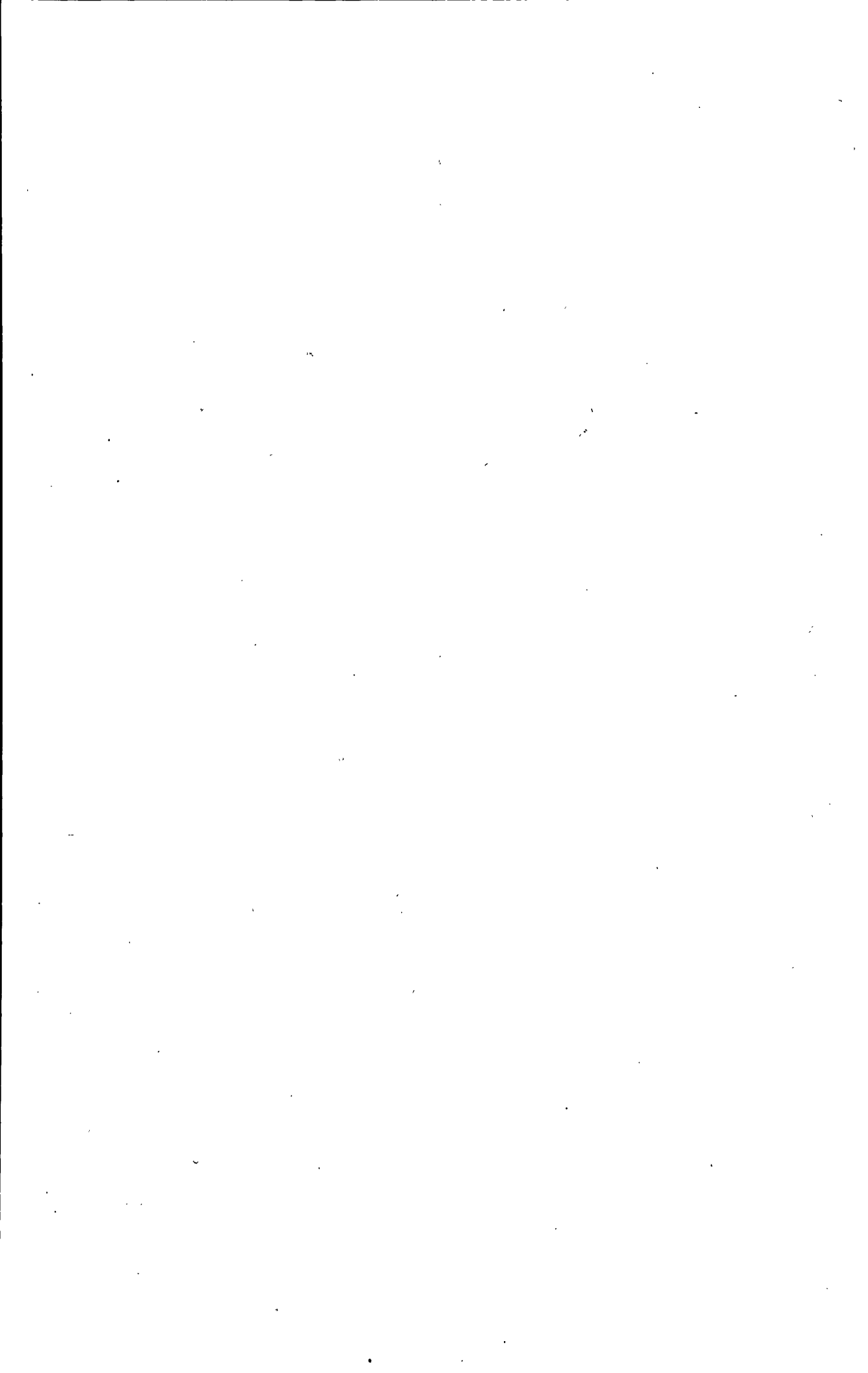
[100]陈立平.精确农业智能决策支持平台的设计与实现[J].农业工程学报,2002,18(3):145-148.

[101][http://www.china-ia.com/main.asp?f\\_id=E4DA3B7FBBCE2345D7772B0674A318D5&m\\_id=6512BD43D9CAA6E02C990B0A82652DCA](http://www.china-ia.com/main.asp?f_id=E4DA3B7FBBCE2345D7772B0674A318D5&m_id=6512BD43D9CAA6E02C990B0A82652DCA).

[102]景林,钟一文,蔡为茂,李月清.森林采伐运输网络系统模型[J].福建林学院学报,2004,24(1):8-11.

[103]邱荣祖.基于 GIS 的木材运输计划决策支持系统[J].林业科学,2002,1(38):116-121.





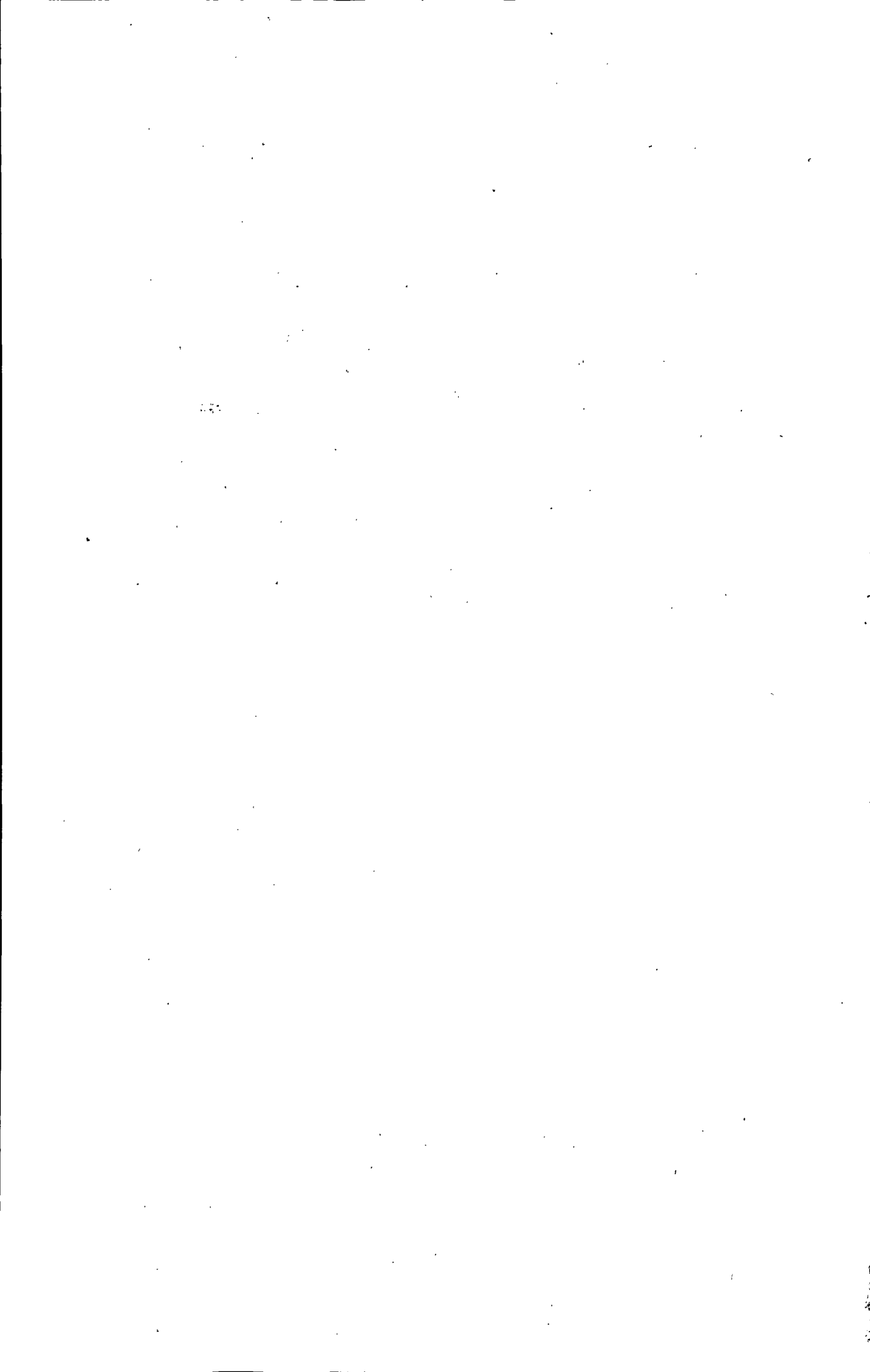
## 附录 攻读学位期间的主要学术成果

## 一、参加项目课题

序号	项目、课题名称(下达编号)	项目课题来源、属何种项目	起讫时间	本人承担任务	进展情况有无成果
1	湘乡君晖现代农业科技示范园 规划设计	君晖现代农业有限公司	2007.11— 2008.1	规划设计	完成
2	基于3S技术的可持续城市结构形态理论研究工作	湖南省科技厅项目	2008.1— 2008.12	规划设计	参与
3	湖南省第六次森林资源连续清查森林生物量调查	湖南省林业厅项目	2009.6— 2009.8	外业调查	完成

## 二、发表论文

序号	论文作者	论文题目	期刊名称	发表时间(卷次、页码)
1	唐代生, 陈少坚, 边馥苓, 万喜喜	The Study of Genetic Algorithms on Forest Harvest Adjustment	2009 International Conference on Future Computer and Communication	2009年6月 P160-163
2	唐代生, 陈少坚	The landscape pattern study of land use Based on 3S technology	The International Conference on Information Science and Engineering	2009年12月 P287-290



## 致 谢

本论文是在导师唐代生副教授的悉心指导下完成的。从最初的选题、提纲拟定、方案设计、技术路线制定、内容修改，直至论文的最后完成，每一步都倾注了导师大量的心血！导师执着的敬业精神、严谨的治学态度以及崇高的为人风范，将使我终生受益，同时也激励我今后在科学研究的道路上不断进取和创新！同时，还要特别向师母李爱英老师表示感谢，感谢她对导师的理解和支持，在导师将大量时间放在培养、指导学生方面没有半点怨言，默默承担起繁重的家务。三年以来，导师和师母在生活、学习上给予我亲人般的关怀和帮助，在此谨表我最崇高的致敬和最衷心的感谢！

感谢中南林业科技大学森林经理学的各位老师，他们对林业的敬业精神和诲人不倦的育人精神深深感染了我，将激励着我为祖国的林业事业奋斗。感谢曾思齐、李际平、张贵、吕勇、林辉、杨志高、余济云、陈彩虹和文东新老师，他们在我读研时指导我林业理论知识；感谢石军南、黄山如老师，他们对我的论文课题给予了细心的指导和热情的帮助，并无私地提供了大量资料。

感谢资源与环境学院的各位领导、森林经理教研室和研究生部的老师们给我创造良好的学习和生活环境。感谢中南林业科技大学研究生部和资源与环境学院的培养，感谢森林经理学科 2007 级同学三年来如兄弟姐妹般的关怀和帮助，研究生生涯将带给我美好的回忆。

感谢曹丹老师、师姐万喜喜、肖芳、师兄魏海林、同学刘古月、周国强、唐坤银、师妹周扬、师弟刘敏杰为项目顺利完成做出的努力，感谢他们为论文文字校正和修改提出了宝贵意见。

感谢我的亲人三年来给予我物质和精神上的帮助和无微不至的关怀！他们给予我极大的关心、支持、督促和鼓励，使我安心学习和研究，他们是我奋发向上、顽强拼搏的动力之源！

感谢所有关心、支持和帮助过我的老师、朋友、同学！

作者： 陈少坚

2010 年 5 月于中南林业科技大学

