

# 森林资源经营管理决策支持系统<sup>\*</sup>

张志耀

陈立军

(山西大学环境科学系, 山西 太原 030006) (阳泉职业大学, 山西 阳泉 045000)

**摘要** 本文在“森林资源现状分析与预测评价系统”的理论和实践基础上, 提出建立森林资源经营管理决策支持系统的基本思想和基本结构。同时给出了基本的参数指标体系和模拟控制模型。

**关键词** 森林 管理 仿真模拟 决策支持系统

## A Management Decision Support System for Forest Resources

Zhang Zhiyao<sup>1</sup> Chen Lijun<sup>2</sup><sup>1</sup>(Department of Environmental Science, Shanxi University, Taiyuan 030006)<sup>2</sup>(Vocational University of Yangquan, Yangquan 045000)

**Abstract** Based on the system of situation analysis and forecast assessment for forest resources, this paper puts forward the basic idea and construction suited to build management decision support system for forest resources. Meanwhile, it lists the system of basic parameter indexes and models of simulation control.

**Keywords** forest resources; management; simulation; decision support system

### 1 引言

森林资源是一个地区和一个国家重要的再生生物资源, 它与人类的物质生活和精神生活密切相关, 是测定国土资源利用情况, 人民生活水平质量的重要标志, 一方面森林可以向人们提供物质财富价值和观赏精神价值, 另一方面它能够维护和改善人类赖以生存的自然环境, 后者比前者更为重要, 而往往被人民所忽视。其原因在于森林系统的变化迁移过程是一个作用效果严重滞后的强惯性系统, 也就是说在它的自身变化过程中, 各种外界干预活动的作用后果不是执行者立刻就能全部看到的, 而是在执行者以后较长时间才能表现出来, 并且这种作用在相当长的时期内, 对森林系统的变化过程产生影响, 甚至是决定性的影响。因此, 林业政策和森林经营策略、方针的制定和实施, 必须对其后果进行充分的估测, 特别是面对当今环境污染日益严重, 生态环境不断恶化, 森林面积急剧萎缩的状态, 研究森林资源的变迁规律, 为制定林业政策和森林经营管理的方针、政策和措施提供坚实的理论基础和帮助支持作用具有重要的意义。

通过国家自然科学基金项目——森林系统的定量描述及其系统分析理论, 建立了“森林资源现状分析与预测评价系统”, 讨论了森林资源的预测和经营控制理论、方法和模型, 探讨了森林资源经营管理决策问题的外延和内涵, 提出了如下模式的森林资源经营管理决策支持系统。

森林资源经营管理决策支持系统(简称FDSS)是以现代计算机技术为基础, 运用决策支持系统的最新思想和理论方法, 用来解决森林经营管理决策中的非结构化和半结构化决策问题的计算机辅助决策帮助系统。在森林资源经营管理中的各类决策问题的决策过程中, 对管理决策者提供包括数据、模型、方案、方法和背景材料等方面的支持, 帮助决策者制定出正确的方针、政策和经营措施。针对森林系统是一个滞后的强惯性系统, FDSS采取以“支持—决策—(后果)评价—再支持—再决策—再评价”的决策模式和控

<sup>\*</sup> 本文于1997年3月20日收到  
国家自然科学基金资助项目

制策略, 在决策过程中, 充分发挥管理决策者的能动性和 FDSS 的支持作用, 启发决策者的决策经验和决策智慧, 为决策者制定各类方针、政策和经营措施提供理论基础和科学依据。

## 2 系统的设计思想和结构

森林资源的经营管理决策, 特别是战略控制和决策, 其本质是一个认知过程, 因此, 辅助决策系统必须是人—机交互的联合体, 必须能够嵌入其人类用户的决策过程, 也就是说, 用户必须能把为他设计的计算机辅助集成在自己的认知过程(决策过程)中。

森林系统是一个强滞后的惯性系统, 因此对森林资源的历史变迁规律的分析研究以及现状分析是预测森林资源经营决策方案后果的基础和重要途径, 所以抽样调查资料的分析研究是森林资源经营管理决策认知过程的重要基础, FDSS 提供决策帮助信息和知识的重要组成部分, 是实现“支持—决策—(后果)评价—再支持—再决策—再评价”的决策模式和控制策略的前提和保证。

因此, FDSS 采用如下图 1 的结构模式。

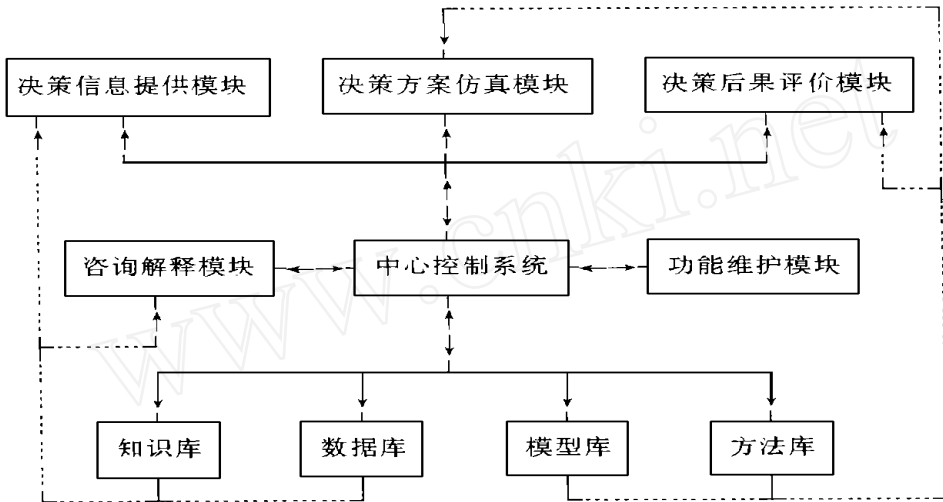


图 1 FDSS 结构图

1) 决策支持信息提供模块: 该模块的作用是在决策方案确定之前提供与决策问题有关的和影响决策方案各类数据和信息资料, 包括林地统计资料的分析整理、森林现状本底数据、森林系统的历史转移变迁参数以及以往森林经营的经验和教训等信息, 采用情景分析的人—机对话方式, 向决策者提供支持帮助, 决策者通过情景对话, 直接参与决策信息的提供和表达过程。

2) 决策方案仿真模块: 该模块是在决策信息提供模块提供决策信息的前提下, 针对具体的决策问题, 确定若干决策方案, 假定森林变化过程在没有突发性重大事件的干扰条件下, 对决策方案进行效果模拟分析, 比较决策方案的优劣程度, 以便确定最佳和合理的决策方案。在决策方案的仿真分析中, 决策者直接参与分析过程, 在分析中不断修正决策方案, 使其决策方案在决策者的决策智慧引导和仿真系统的精确分析双重作用下得以完成。

3) 决策方案后果评价模块: 方案评价模块是对决策方案后果进行预测分析和综合评价。当一决策方案初步确定后, 本模块运用各种预测和评价模型, 对其产生的后果进行预测及评价分析, 预测和评价决策方案对森林系统和与此相关联的系统产生的影响和作用, 从全方位的角度上评价一个决策方案的综合效益或效果。

4) 咨询解释模块: 该模块为决策者提供了人—机交互的窗口, 通过情景对话窗口, 决策者对森林经营管理的一系列活进行决策分析, 诸如林木抚育、造林、择伐或砍伐等, 为决策人员提供学习和思考的机会

和手段。

5) 功能维护模块: 该模块为系统维护人员提供对系统中知识库、数据库、模型库和方法库的操作机会和能力, 提供对决策信息提供模块、决策方案仿真模块、决策后果评价模块和咨询解释模块的修正和维护作用, 提供使决策帮助系统不断拓展, 不断完善的能力。

6) 中心控制系统: 中心控制系统是调整和控制整个系统的运行过程, 实现各模块之间的信息交换和诱发各模块的动作, 完成各模块之间的相互功能匹配, 它与咨询解释模块紧密配合, 形成决策支持的具体过程。

### 3 决策信息提供模块

森林资源的变化过程是人类活动和自然活动的共同结果, 它有自身演变的临界值, 当人类的干预活动作用在其临界值以内, 自然活动对森林的变化起主导作用, 当人类的活动作用超越了临界值, 森林系统的变化起主导作用的是人类活动, 此时森林系统是很难恢复到原有的发展轨迹上的。同时, 自然和人类作用的后果在近期内不可能完全表现出来。因此森林变化的历史统计数据 and 抽样调查数据的处理、分析, 研究其变迁规律和变迁临界值, 摸清森林系统的本底现状资料等是提供给森林经营管理决策者的重要的基本内容。在此以林木直径结构指标和地类指标体系为例, 介绍主要静态参数指标和动态参数指标的计算模式。

#### 3.1 林木直径结构指标体系

1)  $k$  年或  $k$  期第  $i$  树种立木总株数  $N_i(k)$

$$N_i(k) = \int_0^{D_m} P_i(D, t) dD = \sum_{j=1}^{m_i} N_{ij}(k),$$

其中:  $m_i$  为是第  $i$  树种的最大直径结构级;  $N_{ij}(k)$  为是  $k$  年或  $k$  期第  $i$  种树第  $j$  直径级的立木株数;  $P_i(D, t)$  为第  $i$  种树的立木分布函数;  $D_m$  为最大立木直径。

2)  $k$  年或  $k$  期全地区的直径结构总株数  $N(k)$

$$N(k) = \sum_{i=1}^n N_i(k)$$

其中:  $n$  是林地树种数

3) 第  $i$  树种株数、断面积、材积占总株数的比率。

$$PN_i(k) = \frac{N_i(k)}{N(k)} = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} N_{ij}(k)}{N(k)}$$

4) 有林地平均株数  $N_{\text{平}}(k)$

$$N_{\text{平}}(k) = \frac{N(k)}{S(k)}$$

其中:  $S(k)$  表示各种直径结构林分的总面积。

5) 第  $i$  树种在直径区间  $[D_1, D_2]$  的株数  $ND_i(k)$

$$ND_i(k) = \int_{D_1}^{D_2} P_i(D, t) dD = \sum_{j=D_1}^{D_2} N_{ij}(k)$$

直径区间  $[D_1, D_2]$  的立木总株数  $ND(k)$

$$ND(k) = \sum_{i=1}^n ND_i(k)$$

6) 直径分布特征数

(1) 径级区间  $[D_1, D_2]$  的株数分布频率

$$f_{N_i}^{(\%)}(k) = \frac{N D_i(k)}{N_i(k)} = \frac{\sum_{j=D_1}^{D_2} N_{ij}(k)}{N_i(k)},$$

(2) 累计频数和频率

频数:  $f_{N_{ij}}^{N_{ij}\text{累计}}(k) = \int_0^j P_i(D, t) dD = \sum_{l=0}^j N_{il}(k)$

频率:  $f_{N_{ij}}^{(\%) \text{累计}}(k) = \frac{f_{N_{ij}}^{N_{ij}\text{累计}}(k)}{N_i(k)}$

(3) 直径结构特征数

期望:  $\bar{N}_i(k) = \frac{\int_0^{D_m} D \cdot P_i(D, t) dD}{\int_0^{D_m} P_i(D, t) dD} = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} D_j N_{ij}(k)}{N_i(k)}$

方差:  $\alpha_i(k) = \frac{\int_0^{D_m} D^2 \cdot P_i(D, t) dD}{\int_0^{D_m} P_i(D, t) dD} = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} D_j^2 N_{ij}(k)}{N_i(k)}$

偏度:  $S K_{N_i}(k) = \frac{\int_0^{D_m} D^3 \cdot P_i(D, t) dD}{\int_0^{D_m} P_i(D, t) dD} = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} D_j^3 N_{ij}(k)}{N_i(k)}$

峭度:  $K_{N_i}(k) = \frac{\int_0^{D_m} D^4 \cdot P_i(D, t) dD}{\int_0^{D_m} P_i(D, t) dD} = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} D_j^4 N_{ij}(k)}{N_i(k)}$

变动系数:  $C_{N_i}^{(\%)}(k) = \frac{\alpha_i(k)}{\bar{N}_i(k)} \times 100\%$

依据上述公式, 同理可以给出断面积分布参数、林木材积分布参数等指标的计算式。

3.2 林木、地类变迁转移参数指标体系

1) 直径结构转移参数

林木直径结构转移状态方程为:

$$\begin{cases} \frac{\partial P(D, t)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial D} [\Psi(D, t) P(D, t)] = -\mu(D, t) P(D, t) - g(D, t) \\ P(D, 0) = P_0(D) \\ P(0, t) = Q(t) \end{cases}$$

从  $k$  期状态  $N(k)$  转移变化  $k+1$  期状态  $N(k+1)$  的转移过程可表示如下

$$\begin{cases} N(k+1) = H \cdot N(k) + N^{(0)}(k) - N^{(g)}(k) \\ N(0) = \{N_1(0), N_2(0), \dots, N_m(0)\} \end{cases}$$

其中:

$$N(k) = \begin{bmatrix} N_1(k) \\ N_2(k) \\ \dots \\ N_m(k) \end{bmatrix}, \quad N^{(0)}(k) = \begin{bmatrix} N_1^{(0)}(k) \\ N_2^{(0)}(k) \\ \dots \\ N_m^{(0)}(k) \end{bmatrix}, \quad N^{(g)}(k) = \begin{bmatrix} N_1^{(g)}(k) \\ N_2^{(g)}(k) \\ \dots \\ N_m^{(g)}(k) \end{bmatrix},$$

$$H = \begin{bmatrix} (1 - \mu_1(k)) \alpha_1(k) & 0 & \dots & 0 \\ (1 - \mu_1(k)) \alpha_1(k) & (1 - \mu_2(k)) \alpha_2(k) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (1 - \mu_1(k)) \alpha_1(k) & (1 - \mu_2(k)) \alpha_2(k) & \dots & (1 - \mu_m(k)) \alpha_m(k) \end{bmatrix}$$

假设每一期的转移矩阵  $H$ , 进界向量  $N^{(0)}$  和自然随机干扰项  $N^{(g)}$  均相同, 则  $k$  期到  $k + n$  期的转移变迁描述如下:

$$N(k+n) = H^n \cdot N(k) + \begin{pmatrix} n-1 \\ H^i \\ i=0 \end{pmatrix} N^{(0)} - \begin{pmatrix} n-1 \\ H^i \\ i=0 \end{pmatrix} N^{(g)}$$

从  $k$  期和  $k + n$  期的样地调查统计可求得  $n$  期内转移变化矩阵、进界项和干扰项, 分别记为矩阵  $A$ , 向量  $B$  和  $C$ , 则

$$H^n = A, \quad \begin{pmatrix} n-1 \\ H^i \\ i=0 \end{pmatrix} N^{(0)} = B, \quad \begin{pmatrix} n-1 \\ H^i \\ i=0 \end{pmatrix} N^{(g)} = C。$$

转移参数  $H, N^{(0)}, N^{(g)}$  由下面近似公式计算:

$$\begin{cases} H = \sum_{i=0}^{k-1} \frac{\sum_{j=0}^{i-1} \left[ \frac{1}{n} - j \right]}{i!} (A - E)^i, \\ N^{(0)} = \begin{pmatrix} n-1 \\ H^i \\ i=0 \end{pmatrix}^{-1} B, \\ N^{(g)} = \begin{pmatrix} n-1 \\ H^i \\ i=0 \end{pmatrix}^{-1} C \end{cases}$$

其中:  $k > [\frac{1}{\epsilon}] + 1$ ;  $\epsilon$  为计算绝对误差要求。

### 2) 地类面积转移参数

地类从  $k$  期到  $k + 1$  期的转移过程描述如下:

$$\begin{cases} S(k+1) = P \cdot S(k) - S^{(g)}(k) \\ S(0) = \{S_1(0), S_2(0), \dots, S_m(0)\} \end{cases}$$

其中:

$$S(k) = \begin{bmatrix} S_1(k) \\ S_2(k) \\ \dots \\ S_m(k) \end{bmatrix}, \quad S^{(g)}(k) = \begin{bmatrix} S_1^{(g)}(k) \\ S_2^{(g)}(k) \\ \dots \\ S_m^{(g)}(k) \end{bmatrix},$$

$$P = \begin{bmatrix} \beta_{11}(k) & \beta_{12}(k) & \dots & \beta_{1m}(k) \\ \beta_{21}(k) & \beta_{22}(k) & \dots & \beta_{2m}(k) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{n1}(k) & \beta_{n2}(k) & \dots & \beta_{nm}(k) \end{bmatrix}。$$

$S(k)$  为第  $k$  期的地类状态向量;  $S^{(g)}(k)$  为第  $k$  期地类变化的随机干扰项;  $P$  是从  $k$  期到  $k + 1$  期的转移变化矩阵。

## 4 决策方案仿真分析模块

决策方案仿真分析是运用模型库和方法库的模型方法, 采用决策信息提供模块所提供的数据、转移参数和知识, 对决策方案的效果以及效果显现时期进行仿真分析。用于研究决策方案对森林系统转移变迁过程的影响程度, 研究对不同树种的林地、不同地区的林地、不同林龄的林地进行经营活动的差异性, 其决策方案的仿真过程如图 2 所示。

### 4.1 直径结构转移控制

单期转移控制模式:

$$N(k+1) = H \cdot N(k) + N^{(0)}(k) - N^{(g)}(k) + N^{(m)}(k)$$

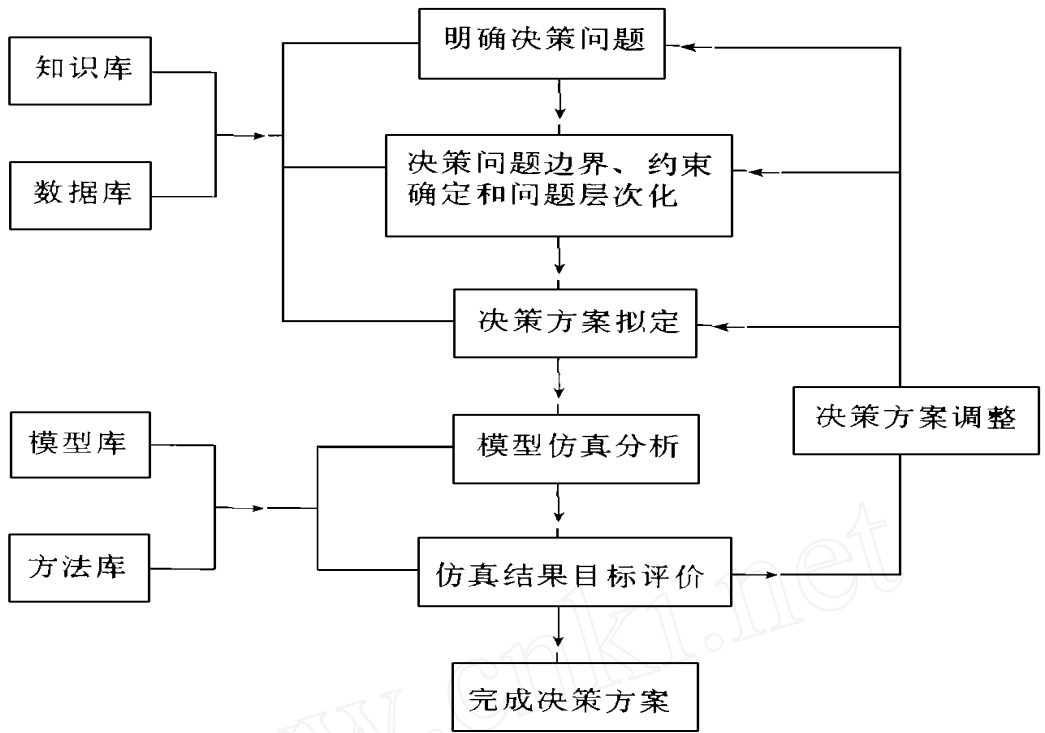


图2 仿真流程图

$n$  期动态转移控制模式:

$$N(k+n) = H^n \cdot N(k) + \sum_{i=0}^{n-1} H^i N^{(0)}(k+i) - \sum_{i=0}^{n-1} H^i N^{(s)}(k+i) + \sum_{i=0}^{n-1} H^i N^{(m)}(k+i)$$

其中  $N^{(m)}(k+i)$  是第  $k+i$  期的人类活动的干预项。

#### 4.2 地类转移结构控制

单期转移控制模式:

$$S(k+1) = P \cdot S(k) + S^{(m)}(k) + S^{(0)}(k)$$

$n$  期动态转移控制模式:

$$S(k+n) = P^n \cdot S(k) + \sum_{i=0}^{n-1} H^i S^{(m)}(k+i) + \sum_{i=0}^{n-1} H^i S^{(0)}(k+i)$$

其中:  $S^{(m)}(k+i)$  是第  $k+i$  期的人类活动的干预项;

$S^{(0)}(k+i)$  是第  $k+i$  期的地类转移边界拓展量。

直径·林龄分布结构、同龄纯林的林龄面积分布结构、林木株数的直径·树高分布结构以及多维数量分布结构等林木经营控制问题可参照上述模式, 此处不再一一叙述。

#### 5 决策后果评价模块

森林系统不是一个孤立系统, 它与人类的社会系统和自然环境系统密切相关, 在他们之间存在众多的相互作用关系。也就是说, 某一森林经营决策方案的实施不仅影响森林系统, 还将对人类社会系统和自然环境系统产生影响, 这种影响甚至是决定性的。决策方案后果评价就是进行某一决策方案对森林系统, 自

然环境系统和人类社会系统产生的各种影响的综合评价分析,评价比较决策方案的总体综合效果和其优劣程度。评价因素与人们对森林资源的用途和作用的认识深度和广度紧密相联,它可以是林木的自身繁衍率、立木蓄积量、林木开采经济价值、土地利用价值、水土保持价值、环境保护净化价值、防风价值、隔音隔声价值、观赏和美化价值等领域。评价指标由各评价因素的度量指标构成。一个具体的决策方案的评价,不必选取全部的评价指标,评价指标选取量由决策问题的内容和决策边界所决定。决策者应直接参与评价指标的确定和评价过程,才能使决策者真正了解决策方案“为何优?为何劣?”,并启发决策管理人员的思维能力,引导决策者进一步调整决策方案。

森林资源经营决策支持系统是一个开放性的系统,上述的决策支持模式仅是在现有的认识和技术下的一个基本模式,随着人们对森林系统的变迁规律的研究和森林对自然和人类生存环境作用认识的扩大和深化,必须补充新的知识、数据、模型和方法,不断扩展,不断完善,才能适应林业经营管理的决策需要,更好地为森林经营管理决策提供支持作用。

### 参 考 文 献

- 1 冯珊等 我国人口—经济发展战略决策支持系统 系统工程与电子技术, 1990(9), 1~ 7
- 2 梁嘉骅, 张志耀 决策支持系统建造的新思想和方法 系统工程理论和实践, 1990, 10: (5)
- 3 林业部规划院 《森林资源动态预测模型及预测的研究》研究报告, 1986 年 3 月。
- 4 郑治刚 “森林资源预测模型及预测之一, 之二, 之三” 森林资源管理, 1986(6), 1987(1, 2)。
- 5 郑治刚 林木直径分布结构变化方程, 系统工程理论与实践, 1992, 12(3)。

---

(上接第 118 页)

### 参 考 文 献

- 1 李洪兴等. 模糊数学. 北京: 国防工业出版社, 1994
- 2 许仁忠. 模糊数学及其在经济管理中的应用. 西南财经大学出版社, 1987
- 3 暴奉贤. 经济预测原理和方法. 广州: 广东人民出版社, 1984