

小流域综合治理决策专家 系统知识库的建立

李 江¹ 贺光明² 陈宏伟¹

(¹云南省林业科学院林业研究所 昆明 650204, ²中国林业科学院资源信息所 北京 100091)

提 要 知识库是专家决策系统的核心组成之一. 本文用规则表示法产生规则建立小流域综合治理决策专家系统知识库,其过程包括知识获取、知识整理、知识形式化与形成知识库几个方面.

关键词 小流域综合治理 专家系统 知识库

1 小流域综合治理决策专家系统综述

决策支持系统 DSS(Decision Support System)是在管理信息系统 MIS(Management Information System)的基础上发展起来的, DSS的最重要特点是它能支持管理者,对问题进行仿真和模拟,为管理者提供方法和模型的可能支持. 为进一步解决非结构化问题,专家系统 ES(Expert System)被引入到 DSS中形成智能决策支持系统 IDSS(Intelligent DSS),即所谓专家决策系统^[1]. 在水土保持实践中,小流域综合治理和防护林体系建设的核心是治理措施的配置以及林种的水平及立体配置,涉及到各个层次的专家知识以及实践中总结的成功经验这些非结构化因子. 小流域综合治理的关键就在于“综合”,即如何根据流域内水土流失的类型、程度提出相关决策,把局部地段的设防措施与全流域的综合治理有机结合起来,起到群体防护作用. 它涉及的因子很多,单纯用人工方法来管理与决策,在技术手段上已经满足不了要求. 为此,在广泛收集、整理、总结北京石质山区小流域综合治理的成功经验基础上,采用原型设计方法,建立了石质山区小流域综合治理决策专家系统,为小流域综合治理智能化提供科学手段^[1,2].

2 知识库的建立

2.1 知识获取

小流域综合治理决策专家系统知识库的知识来源包括书本、专家和国内外科学研究的成果. 主要采用现场采访、调查、问卷咨询和专家交流等形式综合获取知识. 先后向有关大专院校、科研院所、北京市水利局以及各郊县、区水保站的教授、专家以及第一线的工程技术人员咨询,并通过整理—反馈—调整过程^[3],分别建立了石质山区坡地、沟道和耕地不同条件下的治理措施配置模式,共 300余条,同时收集了 20种措施的设计要求,100余幅措施照片.

2.2 知识整理

在构造知识库时,把流域内自然地理因素相对均一的地块作为实施治理措施的基本

单元,同时考虑经济、交通、政策等对措施选择的影响.综合以上因素,选取不同的措施.因为坡面、沟道和耕地影响措施选择的自然因子及实际治理措施的差别很大,对这三种地类分别建立知识库,知识层次如图 1 所示.

在小流域水土流失综合调查的基础上,根据影响坡面、耕地发生水土流失的主要因子和影响沟道发生山洪、泥石流的主要因子,对坡面、沟道和耕地进行分级.因最后分类出的水土流失类型、程度、分布和发生山洪、泥石流的潜在危险性相对一致,故可以作为实施治理的基本单元.再加上社会、经济等其他非结构性限制因子,选取相应的配置措施.

可以看出,知识库的建立包括两个部分.第一部分是在地块基本因子的基础上进行分类,分类涉及因子及数量划分见表 1~ 8.第二部分是在分类的基础上,加进自然、经济与社会的约束条件,选取合适的治理措施.除要考虑实施地的经济承受能力、农牧业发展情况、人口及交通情况等;还要考虑坡面的位置、连续性及植被类型;沟道治理要考虑危害对象的性质、沟道的位置等^[4, 5].

根据表 1 坡度、表 2 植被和表 3 土层厚度三个主导因子对坡面进行分级,分级标准及结果见表 4^[6].

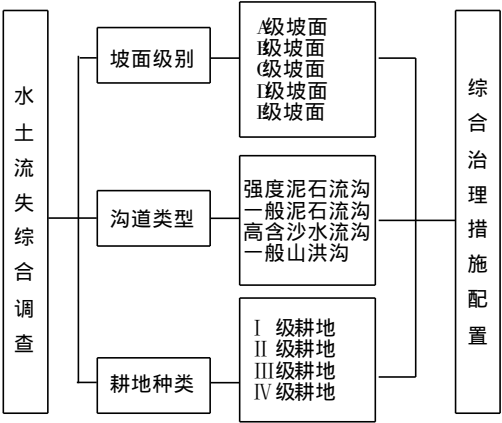


图 1 小流域综合治理专家决策系统知识库知识层次

Fig. 1 Logical structure of knowledge base

表 1 坡面平均坡度分级表

Table 1 Mean slopes of hillside fields

级别	取值范围 (°)	备注
a ₁	> 35	极陡坡
a ₂	25~ 35	陡坡
a ₃	15~ 25	较缓坡
a ₄	< 15	缓坡

表 2 坡面植被平均覆盖度分级表

Table 2 Mean plant cover degrees

级别	取值范围 (%)	备注
b ₁	< 30	一般为强度侵蚀坡
b ₂	30~ 50	一般为中度侵蚀坡
b ₃	50~ 70	一般为轻度侵蚀坡
b ₄	> 70	一般为微度侵蚀坡

表 3 坡面平均土层厚度分级

Table 3 Mean depths of hillside field soil

级别	取值范围 (cm)	备注
c ₁	< 20	一般不宜造林
c ₂	20~ 30	适宜一般造林
c ₃	30~ 50	适宜工程造林
c ₄	> 50	适宜经济林、用材林

根据表 5 流通区沟底纵坡危险性分级和表 6 流通区沟底砂砾堆积厚度危险性分级对沟道进行分级,分级标准及结果见表 7^[6].

2.3 知识形式化与形成知识库

知识形式化就是把经过知识整理的“后知识”用知识库规定的概念、结构和方式进行形式转换,然后把形式化的知识输入计算机,形成知识文件,经修改、编译后保存为库文件.知识形式化过程有特定的要求与技巧,与知识调试与推理的效率、方式选择都有关系^[1].

2.3.1 知识表达方式的确定

表 4 坡面分级表

Table 4 Grades of hillside field

级别	因子组合类型				说明
(a坡度 + b植被 + c土层)					
A级坡面	a ₁ b ₁ c ₁	a ₁ b ₂ c ₁	a ₁ b ₃ c ₁	a ₁ b ₄ c ₁	坡度> 35°,土层厚度 < 20cm,坡面适宜封山育灌草
	a ₁ b ₁ c ₂	a ₁ b ₂ c ₂	a ₁ b ₃ c ₂	a ₁ b ₄ c ₂	
	a ₁ b ₁ c ₃	a ₁ b ₂ c ₃	a ₁ b ₃ c ₃	a ₁ b ₄ c ₃	
	a ₁ b ₁ c ₄	a ₁ b ₂ c ₄	a ₁ b ₃ c ₄	a ₁ b ₄ c ₄	
	a ₂ b ₁ c ₁	a ₃ b ₁ c ₁	a ₄ b ₁ c ₁		
	a ₂ b ₂ c ₁	a ₃ b ₂ c ₁	a ₄ b ₂ c ₁		
	a ₂ b ₃ c ₁	a ₃ b ₃ c ₁	a ₄ b ₃ c ₁		
B级坡面	a ₂ b ₁ c ₂	a ₂ b ₁ c ₃	a ₂ b ₁ c ₄		土层较薄,坡度较陡,植被较差,可治理坡面
	a ₂ b ₂ c ₂	a ₂ b ₂ c ₃	a ₂ b ₂ c ₄		
	a ₂ b ₃ c ₂	a ₂ b ₃ c ₃	a ₂ b ₃ c ₄		
C级坡面	a ₁ b ₁ c ₂	a ₃ b ₂ c ₃	a ₄ b ₁ c ₂	a ₄ b ₂ c ₃	坡缓,土层较厚,植被较差,适宜重点工程治理坡面
	a ₃ b ₁ c ₃	a ₃ b ₃ c ₂	a ₄ b ₁ c ₃	a ₄ b ₃ c ₂	
	a ₃ b ₂ c ₂	a ₃ b ₃ c ₃	a ₄ b ₂ c ₂	a ₄ b ₄ c ₄	
D级坡面	a ₃ b ₁ c ₄	a ₃ b ₃ c ₄	a ₄ b ₁ c ₄	a ₄ b ₃ c ₄	坡缓,土层较厚,适宜工程治理与综合开发坡面
	a ₃ b ₂ c ₄	a ₃ b ₄ c ₄	a ₄ b ₂ c ₄	a ₄ b ₃ c ₃	
E级坡面	a ₂ b ₄ c ₁	a ₂ b ₄ c ₂	a ₂ b ₄ c ₃	a ₂ b ₄ c ₄	植被较好,坡度较缓,可开发利用坡面
	a ₃ b ₄ c ₁	a ₃ b ₄ c ₂	a ₃ b ₄ c ₃		
	a ₄ b ₄ c ₁	a ₄ b ₄ c ₂	a ₄ b ₄ c ₃		

表 5 流通区沟底纵坡危险性分级

Table 5 Danger grades of torrent slope in transport zone

危险性级别	流通区沟底纵坡
d ₁	底坡 > 15°, 集水区面积 > 0. 5k m ²
d ₂	底坡 > 15°, 集水区面积 < 0. 5k m ²
d ₃	底坡 8°~ 15°
d ₄	底坡 < 8°

表 6 流通区沟底堆积厚度危险性分级

Table 6 Danger grades of gravel depth in transport zone

危险性级别	砂砾堆积平均厚度
e ₁	平均厚度 > 2m
e ₂	平均厚度 0. 3m~ 2m
e ₃	平均厚度 < 0. 3m

表 7 沟道(荒溪)分类

Table 7 Classification of torrent

沟底纵坡	砂砾堆积量	沟道(荒溪)类型
d ₁	e ₁	强度泥石流沟
d ₂	e ₁	强度泥石流沟
d ₁	e ₂	一般泥石流沟
d ₂	e ₂	一般泥石流沟
d ₃	e ₁	一般泥石流沟
d ₁	e ₃	高含沙山洪沟
d ₂	e ₃	高含沙山洪沟
d ₃	e ₂	高含沙山洪沟
d ₃	e ₃	一般山洪沟
d ₄	e ₁	一般山洪沟
d ₄	e ₂	一般山洪沟
d ₄	e ₃	一般山洪沟

表 8 耕地分级表

Table 8 Classification of cultivated land

级别	地类	备注
1	水浇地(果园、菜地等)	具备灌溉设施
2	旱地(果园、果粮间作地等)	无灌溉设施, 有层状面蚀危险
3	边远旱地和撂荒地	距村子较远, 不便管理, 水土流失严重
4	坡耕地	坡度 > 25°, 强度流失

为了准确、有效地表达知识含义, 对不同知识应选择合适的知识表达方式. 一般地, 表达因果关系的用规则表示; 首先要将知识分解为原因和结果, 原因和结果必需是具体的事实. 表示具体的事实有语句和槽两种方式. 即选择语句或槽的形式来表示每一条事实知识.

1. 数字型知识用槽来表示; 如坡面、沟道分级涉及的自然因子;
2. 有三个以上句子成分的汉语句子用语句表示;

3. 三个或三个以下句子成分的汉语句子,表达性质、属性、方位、从属关系的,用槽表示,其他用语句表示;

4. 用户自己构造的规则中间结果,使用语句方式。

2.3.2 降低规则数量,二叉树规则

降低规则数量就是把尽量多的情形写到尽量少的规则中,避免重复,冗余与矛盾,同时又要遵循知识库的要求。比如规则

RULE 13 100

IF

SLOT流域 坡面 坡度级别 STRING= a1陡坡

THEN

SLOT流域 坡面 坡面级别 STRING= A

ENDR

把坡度级别为 a1即坡度 $\geq 35^\circ$ 的坡面所有情形写在一条规则内,它们的坡面级别都是 A,简化了规则。从表可看出坡面级别 A是坡度、植被与土厚 $K \leq 4=16$ 个组合,大大减少了规则数量。知识规则化应尽量简单,避免不必要重复。另如坡面分级时,分为各级坡面的情形很多,为了形成知识的二叉结构,需要加进一些中间结果。如规则

RULE 14 100

IF

SLOT流域 坡面 坡度级别 STRING = a2陡坡

SLOT流域 坡面 土层厚度级别 STRING = c1不宜造林

THEN

SENT坡面是 A1

ENDR

用上面示例构造中间结果:坡度级别为 a2及土层厚度为 c1的组合随植被覆盖度不同有 4种,分属 A和 E两类,前者包括植被覆盖度是 b1 b2 b3三种,后者仅植被覆盖度是 b4一种情况。引入中间结果,只要三条规则表达四种情形,且层次分明,另两条规则略。

2.3.3 规则线性排序

规则线性排序指规则在知识库中的物理位置应当是线性的,具体遵循两条规则:任何一条规则的条件部分不能是后面规则的结论;也即任何一条规则的结论部分不能是前面规则的条件。

如在知识库中出现如下两条规则

RULE 3 80

IF

SENT sent A

SLOT slot B

THEN

SENT sent C

ENDR

RULE 45 80

IF

SENT sent E

SLOT slot F

THEN

SENT sent A

ENDR

对于规则 3,其条件 1 语句 sent A 出现在后面规则 45 的结论中,所以是错误的;对于规则 45,其结论语句 sent A 在前面已是规则 3 的条件,故也是错误的.

2.4 工程设计的简要说明与措施照片库

水土保持的治理措施很多,有生物的和工程的. 这些措施在石质山区实施有自己的特点,把一些典型措施的主要设计参数列进知识库,供参考选用. 措施包括:石坎梯田,鱼鳞坑,护树盘,水平条,干砌石谷坊及浆砌石坝等.

选取典型治理措施的工程实地实施样例,拍摄照片,然后扫描成 BMP 格式,供咨询时屏幕输出. 主要有封育,经济林,防护林,用材林,石坎梯田,鱼鳞坑,护树盘,水平条,塘坝,干砌石谷坊及浆砌石坝等^[5].

参 考 文 献

- [1] 陆守一. 生态经济型防护林体系建设模式系统研究的方法. 北京林业大学学报, 1996, (增 2): 8~ 12.
- [2] 于晓迪. DSS 中的模型表示与模型库. 计算机科学, 1990, (4): 53~ 58.
- [3] 朱海滨, 胡运发. 面向对象方法学的研究. 计算机科学, 1990, (5): 1~ 7.
- [4] 蒋小蓬, 肖良. Visual C++ 6.0 程序设计. 北京: 学苑出版社, 1994. 4~ 50.
- [5] 王礼先, 苏新琴, 孙保平等. 水土保持工程学. 北京: 林业出版社, 1988. 6~ 156.
- [6] 水利电力部, 华北石质山区小流域(荒溪)水土流失综合调查工作细则(试行). 北京: 水利电力出版社. 1988. 3~ 20.

第一作者简介 李江,男,农学学士,1972 年生于云南省昌宁县,1994 年毕业于北京林业大学水土保持专业. 现主要从事森林资源培育及森林生态研究.

ESTABLISHMENT OF KNOWLEDGE BASE FOR SMALL WATERSHED COMPREHENSIVE MANAGEMENT DECISION EXPERT SYSTEM

Li Jiang¹ He Guangming² Chen Hongwei¹

(1. Yunnan Academy of Forestry Sciences, Kunming 650204;

2. Institute of Resources and Information, China Academy of forestry, Beijing 100091)

Abstract

A knowledge base is a key part of IDSS(Intelligent Decision Support System). The knowledge base of watershed comprehensive management decision support system was established by rule presentation. The establishment of the knowledge base includes the acquirement, regulation and formalization of knowledge.

Key words watershed comprehensive management, expert system, knowledge base