

应用“3S”技术进行北京市 森林立地分类和立地质量评价的研究*

张晓丽 游先祥

(北京林业大学资源与环境学院 北京 100083)

摘 要 本文针对目前森林立地分类和立地质量评价研究中存在的问题,试图从立地分类和评价的方法进行技术上新的探讨。研究中以生态学和景观生态学理论为基础,以遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和专家系统(ES)作为主要的技术手段,借助相关数学分析,对北京市森林进行立地类型划分和在此基础上的立地质量评价及多目标动态决策。通过对北京地区景观特征及其气候、地貌、地形、土壤、植被等各种因子的定性分析,以及一、二类调查数据的定性定量分析,结合实际应用,确定分类原则和分类系统。应用GIS建立各级分类的各因子专题数据库和图形库,通过各分类层次的主导因子及辅助因子的专题图叠加完成初分类。在此基础上,应用知识库中的专家知识及ES的推理机制对初分类结果进行综合,根据可信度理论,得出各级符合生产、造林规划和经营实际的立地类型图。对于最低一级的分类结果,采用专家打分的方法进行各类型立地质量的多因子综合评价,并编制立地质量评价图。在分类和评价的基础上,可以根据森林的生态效益、经济效益、环境效益和社会效益的综合考虑选择目标集,进行面向目标的动态决策。

关键词 立地分类,立地质量评价,多目标动态决策,遥感,地理信息系统,专家系统

1 引 言

目前,我国的立地分类研究,对于大范围、大区域主要是通过立地调查及遥感图像人工判读,手工勾绘成图。小区域或地方性的研究大多是通过设置固定样地和临时样地,获取林木生长数据及相应环境因子数据,运用聚类等数学方法完成分类。主要存在以下问题:(1)地方性的立地分类还不能形成完整的分类体系;(2)手工勾绘成图造成客观上的类型边界不准确,成图速度慢;(3)分类方法上还限于立地调查基础上的人工判读或数值分类,主观性较强,样地资料的准确程度直接影响分类的精度和科学性;(4)现有的一、二类调查数据及其它已有的专题数据及图件得不到充分利用。RS、GIS和ES技术应用于分类和评价中,将定性和定量方法相结合,可以综合多种因素,完成立地类型图和立地质量评价图的自动成图,提高分类的精度和客观性,缩短成图周期,并将森林的生态、经济、环境和社会效益结合起来,使分类与评价、规划和决策统一起来,直接应用

于造林和营林规划中,服务于生态系统经营和林业的可持续发展^[1,2]。

2 研究区概况和资料

2.1 研究区概况

北京市位于华北大平原的西北端,地理坐标为东经 $115^{\circ}25'$ — $117^{\circ}35'$,北纬 $39^{\circ}28'$ — $41^{\circ}05'$,总面积 $1.67 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中山区总面积占62%,平原占38%。在全国气候区划中属暖温带半湿润大陆性季风气候。土壤在土壤地带性上处于暖温带半湿润地区的褐土带。由于不同地区成土因素的差异,土壤分布具有明显的地域分布规律。自然植被分布受地形、气候、土壤的影响,特别是坡向和海拔高度制约着水热条件,从而构成自然植被的垂直分布规律及过渡交替现象。中山上部特别是阴坡和半阴坡,天然次生林较多,主要为杨、桦及栎类,中山下部为松栎林带,低山地区以落叶阔叶灌丛和灌草丛为主,平原地区多为人工栽培植被^[3]。

* 高等学校博士学科点专项科研基金,批准号:9502206。

收稿日期:1998-01-06;收到修改稿日期:1998-06-12

2.2 数据资料

遥感图像以1996年5月的TM图像为主,调查数据包括全市1996年连续清查数据、房山区和西山林场1996年二类调查数据。专题图件包括1:10万的北京市地貌类型分布图、土壤类型分布图、植被分布图、立地条件类型图(林业局编制)、坡度等级图;1:20万的农业气候区划图、行政区划图、林业区划图;西山林场1:1万的森林分布图、坡向图等。

3 分类原则和系统

3.1 立地类型分类原则

主要遵循以下原则:综合多因素与主导因素相结合,分区与分类相结合,景观特征分析与分区划分相结合,多级序原则,地域分异原则,有林地与无林地统一分类,系统性、科学性和实用性相结合原则。

3.2 资料分析与处理

图像处理

遥感图像处理以ERDAS 8.2为平台,经几何精校正后采用比值法、波段特征组合、图像滤波及增强放大等方法和技术实现植被信息提取。

各因子分类分级标准

气候区划:以北京市农业气候区划为参考,结合林业上的特点,将北京市划分为两个大区,第1个大区为暖温带半湿润平原区,第2个大区为暖温带温带半湿润半干旱山区。

地貌类型:按成因和形态相结合的原则,第1级为成因类型,分为平原和山地两大类型;第2级为形态类型,分为中山(海拔800m以上)、低山(海拔<800m)、丘陵(海拔150—300m,坡度多为7°—15°)、河谷及沟谷、台岗地(海拔<100m)、洪积扇、冲积平原、洼地、河床及河漫滩、沙丘及沙质决口扇。

土壤类型:根据北京市现有的土壤类型图,划分8个土类,19个亚类。土类为山地草甸土、棕壤、褐土、潮土、风沙土、水稻土、沼泽土、裸岩和卵石滩。

坡向:分为阴坡(东、北、东北、西北)、阳坡(南、西、东南、西南)。

坡度:依据北京市森林资源调查规程,划分6级,平坡(0°—5°)、缓坡(6°—15°)、斜坡(16°—25°)、陡坡(26°—35°)、急坡(36°—45°)、险坡(46°以上)。

土层厚度(A层+B层):按对林木生长的影响,

分为薄土(0—24cm)、中土(25—49cm)、厚土(50cm以上)。

坡位:共分7级,脊、上、中、下、谷、平地、全坡。

基岩类型:疏、坚。

主导因子选择

采用定性和定量相结合的原则进行选择。首先分析北京市以往有关森林立地环境因素的统计资料,可以得出初步结论:地貌制约着物质、水分和热量的再分配,地貌的成层性在一定程度上引起了其他自然要素的水平和垂直分异,形成不同的气候、植被与水文状况,进而形成不同的土壤类型。不同的土壤类型其土体构型和理化特性不同,因而构成了不同的土壤生产力,影响植被生长状况。坡向和土层厚度也是影响植被分布及生长的重要因素。分析北京市1996年连续清查中442块有林地的数据,影响树种分布的主要因素是地貌,海拔,土壤和坡向,有效土层厚度和基岩母质类型也是影响植被生长的重要因素之一。

在以上定性分析基础上,以房山地区1996年二类调查数据为基础进行定量分析。考虑到二类调查数据本身存在的问题及数据不完全符合立地分类的分级标准,研究中用TM图像作为主要的遥感信息源,经多波段信息组合、几何精校正、比值处理、图像增强和镶嵌等处理,制作1:10万影像图,用以修订调查数据和专题图。将修正后的调查数据中各主要树种环境因子数据分级后作为自变量,立地指数为因变量,用逐步回归法求取主导因子。结果表明,海拔、土壤为山区森林立地的主导因子,在坡向相同的条件下,土层厚度、基岩类型为山区森林立地的次主导因子,土壤质地和坡位为次要因子。平原区的主导因子依次为海拔、土壤类型、土层厚度、地下水位和土壤质地。由于海拔高度在划分地貌类型时已有体现,故不再作为主导因子而代以地貌类型为主导因子。

3.3 分类系统

根据分析结果,各分类层次选用不同的主导因子,分类系统及相应制图比例尺如下:

立地区(1:50万):依据大地貌、气候区划以及由此引起的植被垂直分布等生态、地理景观特征的综合分析来划分,共划分3个立地区。

立地类型区(1:20万):为立地类型划分的高级单位,主要依据中地貌、土壤类型和植被型划分,北京市共分为16个立地类型区。

立地类型组(1:10万):山区以坡向、土壤亚类、以及植被群系组划分,平原区以土壤亚类和土层厚度为主导因子。

立地类型(1:1万,选取典型区域):山区以土层厚度、土壤基岩类型及植物群系为划分依据,平原区以地下水位和土壤质地为主导因子。

4 立地分类及评价的技术实现

以上分类系统的实现和分类图及评价图的编制主要通过 GIS 和 ES 的松散式结合来实现。GIS 对属性数据库和图形库的建立、查询以及成果输出等方面提供了有力的支持,但它作为空间数据分析和处理工具,缺乏知识处理和进行启发式推理的能力,也无法为复杂的空间问题提供足够的决策支持。但是许多空间问题不仅涉及大量的图形计算和处理,还包含大量的人为经验和专家知识及对知识的处理,存在不确定性和非量化问题。ES 与 GIS 的结合,不仅可为 GIS 提供智能型界面以驱动 GIS 进行空间分析,进行启发式推理,同时可以充分利用 GIS 的空间和属性数据,从中提取有关因素的空间分布特征信息以及不同因子在空间上的相关关系,为专家和用户提供必要的启发性知识,从而有利于专家知识的补充和完善,更好地解决多层次、多因素、时变型和具有非线性变化的地学问题^[4,5]。

本研究分类原则和分类方案,归纳为多层次多因素的综合分类与评价体系,其空间与数据的多因素融合,不只是简单的空间位置的叠加,还必须考虑到这些因素间的相关关系、限定性因子的作用、各类型分布规律、空间分布随时间的变化以及实际应用当中的特定情况等等问题,是一个复杂的信息复合及推理问题。因此,研究中应用两阶段分类方法,采用 GIS / ES 松散结合方式,即二者拥有一共同界面并通过中间文件联系。GIS 用来管理空间数据库,并作为空间分析和显示及制图的工具,同时提供启发性知识,生成专家咨询表。ES 用来管理面向应用的知识库,并用其推理机制进行启发式推理,同时产生命令文件驱动 GIS 的操作。知识库中知识的获取采用 KDD 技术和专家咨询相结合的方式,建立分类和评价知识库,以 GIS 的空间叠加分析实现初分类,然后应用知识库中的知识及启发式推理完成最终的分类和评价。

研究中以 MapInfo 4.1 为 GIS 图形和属性数据管理及制图平台,开发分类、评价和多目标决策模块

实现系统目标。

4.1 GIS 综合数据库的建立

以 MapInfo 为平台,输入专题图和相应的数据,建立图形库和属性数据库,并对专题图进行编辑、填充等操作。输入的图采用统一的地理坐标系和控制点进行定位校准,形成完整的专题图库。

4.2 GIS 初分类

对专题图进行分析、整理、检查和编码后进行基于矢量数据结构的多图叠加。该模型可以实现多个专题图的空间和属性数据的叠加,叠加后的图综合了参与叠加的专题图的空间和属性特征,完成初分类。考虑到北京市植被受人为干扰严重,森林植被中主要是人工林,尤其是在低山区,植被对立地的指示作用并不明显,但并不是完全不起作用。为解决这一问题,研究中在各分类层次中只将主导因子进行空间和属性叠加,生成新的空间平面,植被不参与空间叠加,只作为参考信息叠加于新的属性数据表之上,在类型归并和小图斑综合中起参考作用。

4.3 ES 分类

叠加分类模型将各层次所有的地理要素进行空间配准后,按空间位置叠加,即按各要素间不同类别的组合形成新的类型,同时完成属性数据的融合。由于叠加后可能的组合很多,产生的新类别数可能会很大,特别当叠加的要素平面较多时。因此在叠加操作后,需遵照某些原则进行信息综合处理,这些原则由知识库中的知识表示。

知识库的建立

知识库中的知识可以分为 3 个不同层次,最低层次是因子分类分级知识、中层知识为类型归并知识和小图斑综合知识、高层知识为评价和有关决策方面的知识。中层知识的获取采用 KDD 技术和专家咨询相结合的方式,即以 GIS 叠加分类图的综合数据库为基础,通过空间关联分析,获取有关因子间相互关系及类型分布特征的启发性知识,同时对初分类结果进行统计分析,生成专家咨询表,由专家根据系统提供的启发性知识和自己的经验及掌握的知识填写。然后将其转化为知识库中的知识即规则。规则的表达式是: IF(条件) THEN(结论) CF(置信度),其中“条件”是各因素及其属性,即指标;“结论”为所属类型;“置信度”为结论的可信程度。

ES 分类

根据叠加分类结果中融合后的数据库中每个图斑的各因子属性指标及知识库中的知识,运用启发式推理得出各个图斑的类型,反填至 GIS 融合数据库中,并以此为依据将相邻且类型相同的图斑进行空间和属性数据的融合。然后根据用户输入的可保留最小图斑面积和知识库中小图斑归并知识对归类后的图进行综合,并修改相应的 GIS 融合数据库,完成最终的分类及成图,整个过程包含两类控制策略:一类是数据驱动控制,另一类为目标驱动控制,涉及到的主要问题包括对于不确定性知识的处理、推理过程中知识库匹配失败时的处理等。对前者,将 KDD 技术的空间相关分析和专家知识相结合,并应用可信度理论中并行规则和链接规则的计算方法,进行不确定性推理;对后者,引入景观生态学中的斑块破碎化指标进行归并。

ES 评价

将主要树种在不同环境因子下的适宜性等级指标通过专家打分的方式形成知识存储于知识库中,根据分类图中各图斑的类型及知识库中的知识,通过推理得出各图斑的立地质量等级,在 GIS 中以此

值对分类图进行填充,生成立地质量评价图,建立相应的属性库。此模块中主要解决的问题是关于立地因子权重的确定,研究中引入了面向目标的逐步优化方法,即根据主导因子确定过程中对各因子重要性程度的分析,初步确定各因子的权重变化范围,再根据目标确定对评价结果的约束条件,分析计算满足约束条件的最优权重集合。

决策

从生态系统经营角度出发,根据树种生长与环境因子关系,建立各类型在不同生态、环境、经济和社会效益综合条件下的适宜树种知识库,用户在分类图或立地质量评价图中选取一个或多个图斑,同时根据需要选择目标集合,系统根据目标集合和图斑的当前地类及植被进行决策,得出相应的造林规划、抚育和经营管理措施,从而指导生产实际。

分类实例

以北京市立地类型区的划分为例,首先将地貌类型图和土壤类型图进行叠加,生成 GIS 初分类图,系统对初分类结果进行统计分析,生成专家咨询表,专家咨询表结构如下:

原类别	属性1	属性2	...	植被	图斑数	最小面积	最大面积	总面积	面积百分比	归类	CF
-----	-----	-----	-----	----	-----	------	------	-----	-------	----	----

表 1 全市立地类型区面积及主要植被对比表(植被类型为编码)

Table 1 The Comparison of area and main vegetation types of the site type districts

类型区码	类型区名称	面积/ km ²	面积比例/ %	植被
1	中山山地草甸土	14.7372	0.0895	1
2	中山山地棕壤	1202.357	7.3055	3,1,2
3	低山山地棕壤	136.5552	0.8297	3,1,2
4	中山下部褐土	1020.3854	6.1999	3,1,6,2
5	低山褐土	4969.9364	30.1974	3,6,1,2,5,8
6	丘陵褐土	258.0737	1.5681	6,3,2,8,5
7	山地沟谷及河谷褐土棕壤	1586.6859	9.6407	6,3,5,1,2
8	台岗地褐土潮土	160.6142	0.9759	8,6,3,5
9	洪积扇冲积平原褐土	2124.9603	12.9113	8,6,5,3,2,1
10	洼地平原区河道褐土	296.0269	1.7987	8,6,5,3,2
11	洪积扇冲积平原潮土	3084.0844	18.7389	8,6,5
12	洼地平原区河道潮土	807.6254	4.9071	8,6
13	冲积平地低湿地沼泽土水稻土	60.891	0.37	8
14	沙地沙质决口扇及沙丘	355.2046	2.1582	8,3
15	裸岩卵石滩	237.9654	1.4459	3,8,6
16	水库	141.8853	0.8621	7

专家依据表中给出的各类别的地貌、土壤、植被属性以及有关面积的统计资料,结合自己的经验和知识填写表中的“归类”和“CF”项,系统整理多个专家填写的咨询表后,形成归并知识库,对于 CF < 1 的知识,进行不确定性推理,完成类型归并过程。然后系统根据小图斑归并知识库对小图斑

进行综合,从而完成分类过程,形成最终的分类图。图 1 为各立地类型区面积统计图,图版 I 图 2 为分类结果图,分类结果中各立地类型区的面积统计值及主要植被类型如表 1 所示。图版 I 图 3 为房山区立地类型组分类图,图版 I 图 4 为西山林场立地类型图。

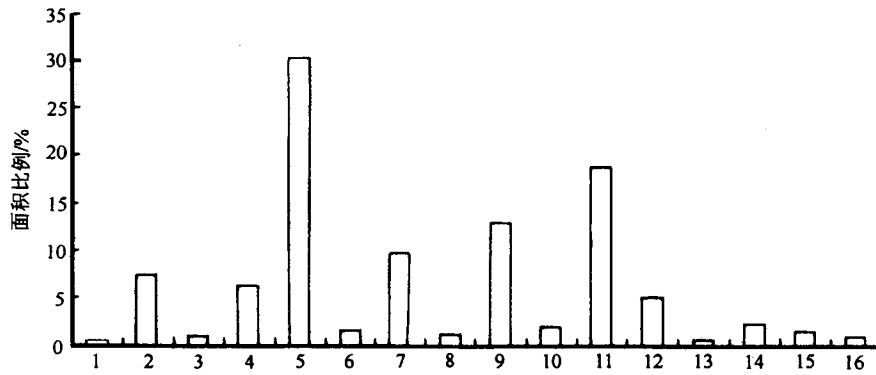


图1 各立地类型区面积对比图

Fig.1 The diagram of statistical value of area of different site type districts

5 结 论

本研究通过多种调查和统计数据的定性和定量分析,得出影响北京市山区森林立地的主导因子为地貌、气候、土壤类型、坡向,次主导因子为坡度、土层厚度和土壤基岩类型,次要因子为土壤质地和坡位;平原区的主导因子为海拔、土壤类型、土层厚度、地下水位和土壤质地。将这些因子应用于不同层次的分类,结果可适应生产和经营管理的需要。

应用“3S”技术可以实现多层次的综合多因素的立地分类和立地质量评价,并可以将有林地和无林地进行统一的分类和评价,从而克服以往方法存在的问题,提高分类的精度和客观性,编制的立地图和评价图可直接应用于生产实际,并直接作出决策和规划。

ES 与 GIS 的松散结合方式以及 KDD 技术的应用,使得系统不仅具有空间数据的处理和分析能力,也具有知识表示和利用知识进行启发式推理的能力,有助于解决 GIS 无法解决的一些定性化问题,同时可以反映生态系统对各种干扰反应的不确定性和模糊性,研究中引入的动态概念和面向目标的概念更符合生态系统经营思想,也更适合于多因素多目标的分类、规划或评价应用中。

应用“3S”技术可以将分类、评价与决策过程系统化、一体化,同时也便于数据与知识的更新与维护,从而反映森林立地空间和时间上的变化规律,有利于对森林资源或土地利用进行动态管理,形成完整的动态管理机制和更新反馈机制,实现林业的可持续发展的经营管理模式。

参 考 文 献

- 1 Tom, C.H., et al. Forest site lands mapping and modelling, *PE&RS*, 46(2).
- 2 Tuomas Hame. Landsat-aided forest site type mapping. *PE&RS*, 50(8).
- 3 霍亚贞主编. 北京自然地理. 北京:北京师范学院出版社, 1989.
- 4 V. Alarc Sample. Remote sensing and GIS in ecosystem management. 1994.
- 5 Kurt Fedra. Decision support for natural resources management: models, GIS, and expert systems. *AI Application*, 1995,9(3).

作 者 简 介

张晓丽,女,1967年出生,1997年毕业于北京林业大学,获博士学位。现主要从事遥感、GIS及专家系统综合应用方面的研究,已发表论文6篇。

Application of 3S Technology to Forest Site Type Classification and Site Quality Evaluation in Beijing

Zhang Xiaoli You Xianxiang

(The Institute of Resources and Environment, Beijing Forestry University)

Abstract In view of the existing problems in the study of forest site type classification and site quality evaluation, based on the ecology and landscape ecology theory, this paper deals with a new method to accomplish the forest site type classification, site quality evaluation, and automatic mapping in Beijing region using Remote Sensing(RS), GIS, Expert System(ES) and other relevant mathematical statistics analysis. First, the principles and system of classification are determined, according to the requests of application, the results of qualitative analysis to the features of landscape, climate, landforms, terrain, soil and vegetation, qualitative and quantitative analysis to the first type and the second type survey data. Secondly, setting up the thematic maps and attributes data bases of all factors of different classification levels using GIS as platform, and accomplishing the pre-classification of every level by overlaying the thematic maps. Thirdly, with the aid of expert knowledge stored in the knowledge base and the inference mechanism of ES, compiling the pre-classification maps in the light of the conference theory; Finally, assessing the site quality of every site type using scores of the factor indices given by the experts, and creating the evaluation maps. Based on the classification and evaluation results, the users can select different sets of objects which can integrate the ecological, economic, environmental and social benefit of forest, and implement the object-oriented dynamic decision-making.

Key words Site type classification, Site quality evaluation, Multi-object dynamic decisionmaking, RS, GIS, ES