

数字地形分析在造林设计中的应用与方法

——以武宁县石渡乡叶家源公益林受灾迹地恢复造林设计为例

江西省武宁县林业局 汤麒麟 李强

摘要: 利用ArcGIS软件提取造林区的坡位、坡向、坡度等地形因子,并进行定量计算分析确定造林区范围内的各种立地类型,同时结合当地主要造林树种的生物学特性来选择造林树种,并绘制立地类型图、造林树种布置图和编制造林类型表,为科学地选树适地、造林选址提供了有力依据。

关键词: 数字地形分析;造林设计;立地类型;适地适树方案;复合地形因子

林木生长除受自身生物特性作用外,还与气候、地形、土壤等外部环境因素(立地条件)密切相关。造林设计要根据地形等立地条件来选择适宜的树种和造林方法。以往造林设计一般是设计人员根据实地调查和地形图判读来确定小班的立地类型,这种方法工作量大,决策较为粗糙,还易受主观因素影响,并且无法准确反映小班内小微地形的差异。随着地理信息技术的发展,ArcGIS等地理信息处理软件可以方便地计算分析地形要素,进而快速准确地确定造林地的立地类型,以适应现代精细化的造林作业设计要求。

一、造林基地概况

江西省武宁县属中亚热带暖润季风气候,气候温和,四季分明,雨量充沛,阳光充足,多年平均气温16.6℃、平均年降水量1488.3mm、平均蒸发量为1482mm、平均湿度为80%,年平均风速为2.0m/s。

造林地位于武宁县石渡乡官田村,小地名叶家源,面积666.9hm²。该区海拔为110~337m,属丘陵地貌;成土母岩为石灰岩,土壤为红壤。

该造林地权属为国有,使用权单位为武宁县生态林场。造林地的地类为火烧迹地,受灾时间为2014年。受灾前地类为乔木林地,森林类别为生态公益林,林种为水土保持林,主要树种为杉木、马尾松、苦槠、枫树、酸枣、喜树,起源为人工林。

二、造林设计思路

(一) 相关概念

数字地形分析是在数字高程模型上进行地形属性计算和特征提取的数字信息处理方法,用以模拟表达现实地貌单元的地形形态特征,从而得到坡度坡向地形特征内容和地形湿度、太阳辐射等复合地形因子,来指导人们开展科学生产活动。

造林作业设计是按照作业区的立地类型和培育目标,再根据树种生物学特性来选择造林树种,并设计整地方式、密度、抚育等营林措施。

(二) 总体思路

1. 确定经营目的。该造林地属生态公益林,经营目的以维护生态安全、保护生态多样性,以发挥森林生态功能为主要经营目的。所以造林设计须按照《生态公益林建设技术规程》(GB/T18337.3-2001)的要求,采取乔木为主,乔、灌、草相结合,营造多树种、多层次、多功能的混交林,增加生物多样性。由于公益林经济效益较低,要尽量选取本地的乡土树种,以降低造林成本。主要选择当地苗

圃繁育的杉木、马尾松、酸枣、香椿、枫树、木荷等树苗。

2. 确定立地类型区。立地即生境,是指在一定空间由气候、地形、土壤和生物等要素组成,对林木生长发育有影响的环境因子的综合体,立地分类就是根据综合体的特征,把特征相似的地域空间并为同一个立地单元,把有差异的地域空间区分为不同的立地单元。

依据造林区域的纬度气候、大地貌、地理位置和海坡区间和成土母岩等几个稳定的宏观环境因子来定性分类,武宁县属东部季风森林立地区域,中亚热带森林立地带,湘赣丘陵立地区,幕阜山、九岭山低山丘陵立地亚区。武宁县官田村叶家源造林地属低丘岗地立地类型区,石灰岩立地类型亚区。

3. 确定立地类型。影响江西林木生长的主导因子是:坡位、坡向、海拔高度、母岩、土层厚、腐殖质层厚度等6个因子。局部地形(坡位、坡向、坡度)和土壤性质(土壤厚度及腐殖质层厚度)影响着土壤水、热、养分条件的差异,制约着森林生产力的高低,成为划分立地类型组和立地类型的主导因子。

成土母岩相对稳定,可以通过调查出露岩石和道路边坡的土壤剖面来确定。腐殖质层厚度与植物分布相关度高,由于该造林地的植被已被火灾烧毁,该因子在本造林地不予考虑。由于造林地范围广、面积大、土层厚度大,范围调查难度较大。土壤厚度与坡度关系密切,坡度在垂直方向上影响着水分和土壤养分流向,坡度的缓急直接改变土壤的厚度和土壤含水量。一般在坡度平缓的地方土壤厚度深,土壤肥沃,对植物生长有利;而在坡度陡急的地方,土层薄,石砾含量高,植物生长差。所以我们将坡度代替土壤厚度因子来划分造林地的立地类型。

我们将用ArcGIS软件对造林区的坡位、坡向、坡度等地形因子进行定量计算分析,最终确定造林区范围内的各种立地类型,用以绘制立地类型图、造林树种布置图和编制造林类型表。

(三) 选择适地适树方案

根据造林地立地类型的立地特征和苗木树种的生物学特性,来选择造林树种及营造措施。

三、数字地形分析过程和方法

(一) 数据准备

用Arcscan模块对造林区的地形图的等高线进行矢量化,并对高程进行赋值,得到造林区等高线数据。接着创建Tin工具,将等高线数据创建成Tin数据。然后用地形转栅格工具,将Tin数据转成DEM数据。

(二) 数据分析

1. 坡向分析

①创建自然坡向图。选择SpatialAnalyst工具→表面分析→坡向工具，将造林地DEM数据输出为造林地坡向数据。该结果是按照每个坡向45°分成8个方向，再加上一个平地，共9个区域。

②坡向分类。按照阳坡、阴坡界定标准，将西北292.5~337.5°、北337.5~22.5°、东北22.5~67.5°、东67.5~112.5°划为阴坡，将东南112.5~157.5°、南157.5~202.5°、西南202.5~247.5°、西247.5~292.5°划为阳坡。

选择SpatialAnalyst工具→重分类→重分类工具，将造林地自然坡向图进行重分类。在重分类对话框中选择分类，再在分类对话框中类别输入4，方法选手动，中断值分别为-1、112.5、292.5、360，得到重分类的坡向图。打开坡向重分类图数据属性表，添加一个坡向字段（文本），按照分类结果分别输入平地、阴坡、阳坡、阴坡。

③坡向图矢量化。选择转换工具→由栅格转出→栅格转面工具，在栅格转面工具对话框中，“字段”选坡向，并选中“简化面”，将坡向重分类图进行矢量化，得到坡向面数据。再用数据管理工具→制图综合→融合工具，按坡向字段进行融合，得到最终的造林地坡向分布图。

2. 坡度分析

①提取坡度因子。利用造林地DEM数据，选择SpatialAnalyst工具→表面分析→坡度工具，生成自然坡度图。

②坡度分级。利用重分类工具（方法同坡向重分类），按照平缓0~15°、斜16~25°、陡26~35°、急36°以上标准，将自然坡度图分成4个等级，生成坡度分级图。

③坡向图矢量化。打开坡度分级图数据属性表，添加一个坡度字段（文本），按照分类结果分别输入平缓、斜坡、陡坡、急坡。再用栅格转面工具（方法同坡向分类图矢量化），生成坡度分级面数据。再用融合工具按照坡度字段进行融合，生成最终的坡度分级图。

3. 坡位分析

①提取最大最小高程值。选择SpatialAnalyst工具→区域分析→分区统计工具，在统计类型中分别选择MAXDOM和MINDOM，对最终的造林地坡向矢量范围进行提取最大和最小高程值，分别得到石渡乡官田村叶家源造林地最大高程范围和最小高程范围两个栅格数据。

②计算上中下坡位临界值。选择SpatialAnalyst工具→地图代数→栅格计算器工具，输入“(最大高程范围数据-最小高程范围数据)*0.25+最小高程范围数据”表达式，得到中下坡位分界值；再输入“(最大高程范围数据-最小高程范围数据)*0.75+最小高程范围数据”表达式，得到中上坡位分界值。

再用con条件函数，将造林地DEM数据与中上、中下坡位分界值进行比较计算，生成造林地坡位图，图层属性表中的1代表下坡位、2代表中坡位、3代表上坡位，表达式为“con(DEM数据<中下坡位分界值, 1, con(DEM数据>中下坡位分界值, 3, 2))”。

③坡位矢量化。用重分类工具（方法同坡向重分类，

不需要重新定义分类值）对坡位图进行重分类生成坡位重分类图，并在坡位重分类图属性表中添加坡位字段进行赋值。然后选择栅格转面工具（方法同坡向矢量化），将坡位重分类图进行矢量化，得到坡位面数据。给坡位面数据添加面积字段计算面积，生成造林地坡位图。

(三) 叠加分析

用相交工具将上述造林地的坡向图数据、坡位图数据、坡度图数据进行相交，产生造林地立地类型数据，并在造林地立地类型数据属性表中添加立地类型和面积字段，计算面积，并用字段计算器将坡向、坡位和坡度字段连接生成立地类型值。接着选择表转Excel工具导出立地类型表，然后在立地类型数据图层属性中的符号化选项卡对立地类型字段进行符号化分类，生成石渡官田村叶家源造林地立地类型图。

四、选择适地适树方案

(一) 编制造林类型表

根据当地苗圃繁育树种的生物学（生长、形态、解剖特性）和生态学（光照、温度、水分、土壤）特性和适应性（详见《江西省森林经营主要乔木树种特征表》）到立地类型表中匹配相适应的立地类型，再结合树种特性和环境条件来确定造林密度、整地方法和混交方式比例等措施，最后编制造林类型表。

表 1 造林类型表

序号	立地类型	面积 (hm ²)	造林树种	混交方式	造林密度 (株/hm ²)	林地清理方法	整地方法	造林方法
1	平地上坡位平缓	0.4037	枫树		750	块状清理	全面整地	人工植苗
2	平地下坡位平缓	0.489	枫树		750	块状清理	全面整地	人工植苗
3	平地中坡位平缓	12.2598	枫树		750	块状清理	全面整地	人工植苗
4	阳坡上坡位陡坡	6.9053	南酸枣		1665	带状清理	穴状整地	人工植苗
5	阳坡上坡位急坡	3.8913	马尾松		4500	带状清理	穴状整地	人工植苗
6	阳坡上坡位平缓	12.4355	枫树		1500	块状清理	全面整地	人工植苗
7	阳坡上坡位斜坡	12.9983	香椿		1665	带状清理	带状整地	人工植苗
8	阳坡下坡位陡坡	16.1919	南酸枣		1665	带状清理	穴状整地	人工植苗
9	阳坡下坡位急坡	5.0256	构树、杉木	块状混交	2000	带状清理	穴状整地	人工植苗
10	阳坡下坡位平缓	27.1653	枫树		1500	块状清理	全面整地	人工植苗
11	阳坡下坡位斜坡	44.548	香椿		1665	带状清理	带状整地	人工植苗

12	阳坡中坡位陡坡	66.0152	南酸枣		1665	带状清理	穴状整地	人工植苗
13	阳坡中坡位急坡	27.2186	马尾松、南酸枣	块状混交	4000	带状清理	穴状整地	人工植苗
14	阳坡中坡位平缓	17.3401	枫树		1500	块状清理	全面整地	人工植苗
15	阳坡中坡位斜坡	70.2222	香椿		1665	带状清理	带状整地	人工植苗
16	阴坡上坡位陡坡	5.7426	构树		1500	带状清理	穴状整地	人工植苗
17	阴坡上坡位急坡	7.6867	杉木、灌木	块状混交	1111	带状清理	穴状整地	人工植苗+封育更新
18	阴坡上坡位平缓	4.974	苦楮		1500	块状清理	带状整地	人工植苗
19	阴坡上坡位斜坡	4.2761	山杜英		1650	块状清理	带状整地	人工植苗
20	阴坡下坡位陡坡	15.5492	杉木、木荷	块状混交	4500	带状清理	穴状整地	人工植苗
21	阴坡下坡位急坡	1.644	灌草			不清理	不整地	封育更新
22	阴坡下坡位平缓	60.3283	闽楠		3000	块状清理	带状整地	人工植苗
23	阴坡下坡位斜坡	55.5987	木荷		1650	块状清理	带状整地	人工植苗
24	阴坡中坡位陡坡	69.5428	杉木、酸枣	块状混交	4650	带状清理	穴状整地	人工植苗
25	阴坡中坡位急坡	23.8898	杉木	块状混交	4500	带状清理	穴状	人工植苗
26	阴坡中坡位平缓	24.9451	杉木、苦楮	块状混交	4500	块状清理	带状整地	人工植苗
27	阴坡中坡位斜坡	65.2767	杉木、山杜英	块状混交	4650	块状清理	带状整地	人工植苗

(二) 编制造林地树种配置图

打开立地类型数据属性表,以立地类型字段为关键字连接造林类型表,再导出为造林类型图数据。然后用融合工具按树种进行融合,生成造林地树种配置图数据。接着在造林地树种配置图数据图层属性中的符号化选项卡对树种进行符号化分类,生成造林树种配置图。

五、结论与展望

(一) 总结

随着近年来ArcGIS等地理信息软件的普及,数字地形图、DEM等地理数据不断完善,数字地形分析方法可以快捷地提取造林地的坡向、坡位、坡度等地形因子来划分立地类型,同时可以通过计算太阳辐射、地形湿度等复合地形因子来对造林的适宜性进行分析评价,并能方便地编制

立地类型图和造林类型图。数字地形分析方法提高了造林作业设计的效率和准确性,减少了野外调查的人力物力消耗,为科学地选树适地、造林选址提供了有力依据。

(二) 展望

数字地形分析方法是初次在武宁县造林作业设计进行实践应用,因造林涉及的知识较为广泛,且缺乏高精度的地形数据和量化的树种生态学特征,在造林设计应用实践中还有许多地方需要进一步完善和改进。

提高DEM数据精度。本文通过对原1:10000地形图等高线进行矢量得到的DEM数据的精度为14m。高精度的DEM能较好地模拟真实的地面信息,主要表现为:一是随着DEM精度的降低,平均坡度变小、坡度标准差变大。二是DEM精度对坡向的影响除平坡外变化较小,其中平坡面积随DEM精度的降低而增大。三是DEM精度对流域边界及水流路径的影响较大,低精度的DEM将导致水文地形信息损失,严重影响流域水文模型参数的确立及水文过程分析的精度。随着技术革新和无人机普及,以后对没有植被的迹地还可以采取无人机用摄影测量或是激光雷达来获取更高精度的DEM数据。

建立树种生态习性和适地适树评价模型。一是本文在确定适地适树方案时,是根据江西省主要乔木树种特征表的适应性描述,再结合立地类型进行定性分析,来配置造林树种。由于影响每个树种的主导立地因子都不同,如坡位、腐殖质层厚度是影响杉木生长的最为重要的因子,坡向、土厚是影响马尾松生长的最为重要的因子。这种方法主观性强,缺乏量化评价标准,不能对地形因子对单个树种的影响权重进行打分,无法采用层次分析法(AHP)分析,不便进行量化评价。二是缺乏合适的造林适宜性评价模型,在对造林树种生态适应性因子进行评价量化基础上,建立一套科学的造林适宜性评价模型。当前,国家林草局科学数据中心已建立了造林树种生物习性表和立地条件表。北京林业大学已有学者建立了各种环境因子及环境限制因子的隶属函数,并通过层次分析法和专家评价法相结合的形式为评价因子赋予权重系数,最终利用模糊综合评价法构建了评价模型。

参考文献:

- [1]周启鸣,刘学军.数字地形分析[M].北京:科学出版社,2017.
- [2]张志云,蔡学林,杜天真,等.江西森林立地分类、评价及适地适树研究(总报告)[J].江西农业大学学报,1997,19(6):1-30.
- [3]蔡学林,张志云,欧阳勤志.江西森林立地质量数量化评价研究[J].江西农业大学学报,1997,19(6):81-89.
- [4]张微笑.地形因子对山区植物生长的影响[J].华夏地理|资源与环境,2005(3):76-77.
- [5]毕华兴,谭秀英,李笑吟.基于DEM的数字地形分析[J].北京林业大学学报,2005(3):49-53.
- [6]张志云,蔡学林,欧阳勤志,李兴武.江西省森林立地分类研究(Ⅲ)森林立地基层分类[J].江西农业大学学报,1997,19(6):51-61.