

# 基于景观指数的八达岭林场森林景观格局动态分析

邱 实<sup>1</sup>, 赵广亮<sup>2</sup>, 杨 华<sup>1\*</sup>, 王 玲<sup>2</sup>, 王 妍<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 北京市八达岭林场, 北京 102112)

**摘要:** 以 2004 年和 2009 年 2 期的八达岭林场林相图以及森林资源二类调查数据为基础, 在 Arcgis 9.3 软件平台上进行空间信息建立和处理, 利用景观格局指数和半变异函数方法从不同尺度分析八达岭林场森林景观格局的动态变化, 为八达岭林场森林景观规划提供基本依据。结果表明, 混交林、针叶林、阔叶林和灌木林始终是八达岭林场的优势景观类型, 其中阔叶林面积减少, 针叶林的生态效用逐渐增加, 各景观类型趋向于更加均匀合理的发展方向。在 1 km 尺度下, 香农多样性指数的最高值出现在林场的中部, 并对外呈现出依次递减的环状扩展模式, 空间相关性明显提高, 随机因素对总体空间异质性的影响减小, 景观多样性空间分布不平衡, 景观破碎化程度有所改善。

**关键词:** 森林景观格局; 八达岭林场; 景观指数; 半变异函数

中图分类号: S757 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2014)11-0107-06

## Dynamic Analysis of Forest Landscape Pattern in Badaling Forest Farm Based on Landscape Index

QIU Shi<sup>1</sup>, ZHAO Guang-liang<sup>2</sup>, YANG Hua<sup>1\*</sup>, WANG Ling<sup>2</sup>, WANG Yan<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory for Silviculture and Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Beijing Badaling Forest Farm, Beijing 102112, China)

**Abstract:** Based on the data of forest resource management survey in Badaling forest farm and remote sensing image as the main data source which comes from 2004 and 2009, spatial information had been built and processed on the platform of Arcgis 9.3, and dynamic analysis of forest landscape pattern in Badaling forest farm was analyzed by the method of landscape pattern index and semivariogram, which could provide basic data for landscape planning in Badaling forest farm. The results indicated that mixed forest, coniferous forest, broad-leaved forest and shrub forest were the dominant landscape types in Badaling forest farm all the time, the area of broad-leaved forest decreased, and the ecological effect of coniferous forests gradually increased, the landscape types tended to be more uniform and reasonable direction. In 1 km scale, the SHDI was the highest in the middle of the forest farm, which reduced in annular model extension from the middle to outward; the spatial correlation improved significantly; the influence of random factors on the overall spatial heterogeneity reduced; the spatial distribution of landscape diversity was not balanced, and the degree of landscape fragmentation had improved.

**Key words:** forest landscape pattern; Badaling forest farm; landscape index; semivariogram

森林景观格局一般指森林的空间格局, 是大小和形状各异的景观要素在空间上的排列和组合形式<sup>[1]</sup>, 目前该方向已成为森林景观空间分析研究的

焦点之一, 且多采用在较大空间尺度上的数量分析评价方法<sup>[2-4]</sup>。从景观生态学角度出发, 利用各种方法对研究区森林景观格局进行研究, 可以确定出研

收稿日期: 2014-03-27

基金项目: 林业公益性行业科研专项(201104051)

作者简介: 邱 实(1987-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 在读硕士研究生, 研究方向: 森林资源监测与评价。E-mail: qiushi87@qq.com

\* 通讯作者: 杨 华(1964-), 女, 河北任丘人, 副教授, 博士, 主要从事森林可持续经营研究。E-mail: huayang8747@163.com

究区森林景观的分布状态,从而揭示其中潜在的有意义的规律或秩序,为森林资源的管理、保护和合理利用提供有力指导。对此国内外学者进行了大量研究<sup>[5-6]</sup>,杨珍珍等<sup>[7]</sup>、韩建平<sup>[8]</sup>分别利用 GIS 技术与景观指数相结合的方法对森林景观空间特征进行了定量研究;赵福强等<sup>[9]</sup>、张彬彬等<sup>[10]</sup>分别通过多时期数据分析了研究区森林景观时间上的动态变化。但多数研究没有将森林景观在时间和空间上的多尺度变化结合起来,缺少定性与定量的综合研究。

举世闻名的八达岭长城横贯北京市八达岭林场内,其周围的森林资源也就显得尤为重要,不仅影响着长城的整体森林美学价值,而且也从侧面反映了我国林业发展水平的现状。近年来,由于自然和人为等因素,林场内森林处于较脆弱状态<sup>[11]</sup>,需要合理规划、保护和恢复,这就需加强生态环境建设工程理论方面的研究,从而提供科学直观的基础参考数据。因此,从森林景观角度出发,借助 GIS 技术,以 2004 年和 2009 年 2 期的数字化林相图以及森林资源二类调查数据为基础,运用地统计分析方法,分别在时间和空间上多尺度对八达岭林场森林景观格局进行了研究,旨在为该区域森林资源的监测评价和优化经营提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

本研究对象位于北京市西北部的八达岭林场(东经 115°55′、北纬 40°17′),总面积约 2 940 hm<sup>2</sup>,在延庆县境内,东北部接连延庆县城,南与昌平县接壤,西部毗邻河北省怀来县,地处八达岭和居庸关长城之间,距离北京市区约 60 km,是北京市西北交通要道八达岭、京张高速公路以及京包铁路的必经之地。林场属于中山地区类型,平均海拔约 780 m,相对高差为 788 m,坡度以 30°~35°居多。其中,林场西部地区比东部海拔较高,坡度较大。林场所在地属于大陆性季风气候带,兼有半干旱半湿润及暖温带的气候特点,年均气温为 10.8℃,相对湿度 56.2%,无霜期约 160 d,全年平均降水量约为 454 mm,年平均风速在 3.0 m/s 以上。花岗岩为主要山地基岩,土壤类型主要为棕壤和褐土 2 种。八达岭林场是中国首家通过 FSC 国际认证的生态公益林区,著名景观有红叶艳映残长城和望龙系列等景点。

### 1.2 方法

以 2004 年和 2009 年 2 期的八达岭林场林相图以及森林资源二类调查数据为基础,同时参照林场

经营措施相关资料,利用地理信息系统软件 Arcgis 9.3 生成矢量数据文件,建立各小班森林景观类型的空间数据库及与空间数据库相关联的属性数据库;结合林场土地利用和经营管理现状,建立八达岭林场森林景观分类系统;利用景观分析软件 Fragstats 3.3 分别在斑块类型和景观尺度上计算景观指数;针对 2 期森林景观分类图,在 1 km 的尺度下计算景观多样性指数和半变异函数,并对其进行空间插值分析。

1.2.1 森林景观类型划分 为了全面客观地反映八达岭林场的森林景观特点,根据国家林业局制定的《森林资源规划设计调查主要技术规定》,结合林场土地利用和经营管理现状,建立八达岭林场森林景观分类系统,在把斑块类型分为林地和非林地两大类的基础上,对林地进行二级分类,分别是阔叶林、针叶林、混交林、灌木林、疏林地、未成林造林地和辅助生产林地等 7 个类型<sup>[12]</sup>,在 Arcgis 9.3 软件平台上,生成包含以上 8 类景观要素类型的矢量图,得到八达岭林场 2004 年和 2009 年的森林景观分布图(图 1)。

1.2.2 景观指数选择 景观指数可以反映景观的空间分布格局。对于景观指数的选择,国内外专家学者已经提出了一些定量指标<sup>[13-14]</sup>,结合本研究实际需要,在斑块类型尺度和景观尺度上选取了其中具有代表性的景观格局指数进行分析,具体包括斑块数(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)、边缘密度(ED)、分形维数(FD)、香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)和优势度指数(D),用以描述森林景观格局破碎化和稳定性现状。具体计算过程在景观分析软件 Fragstats 3.3 中实现。

1.2.3 半变异函数分析 半变异函数是地统计学中常用的基本工具,它可以描述区域化变量的结构性变化和随机性变化,从而探索出森林景观的空间自相关性<sup>[15]</sup>。区域化变量  $Z(x)$  在点  $x$  和  $x+h$  处的值  $Z(x)$  和  $Z(x+h)$  的方差的一半称为区域化变量  $Z(x)$  的半变异函数,记为  $\gamma(x, h)$ ,当其仅与距离  $h$  有关而与位置  $x$  无关时,可以改写为  $\gamma(h)$ ,公式表示为:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(x+h)]^2.$$

半变异函数的函数图如图 2,其中块金值( $C_0$ )表示  $Z(x)$  在小于观测尺度时的非连续变异,直接限制了空间内插的精度,基台值( $C_0 + C$ )表示半变异函数的最大值,而变程反映了区域化变量的空间相关距离。

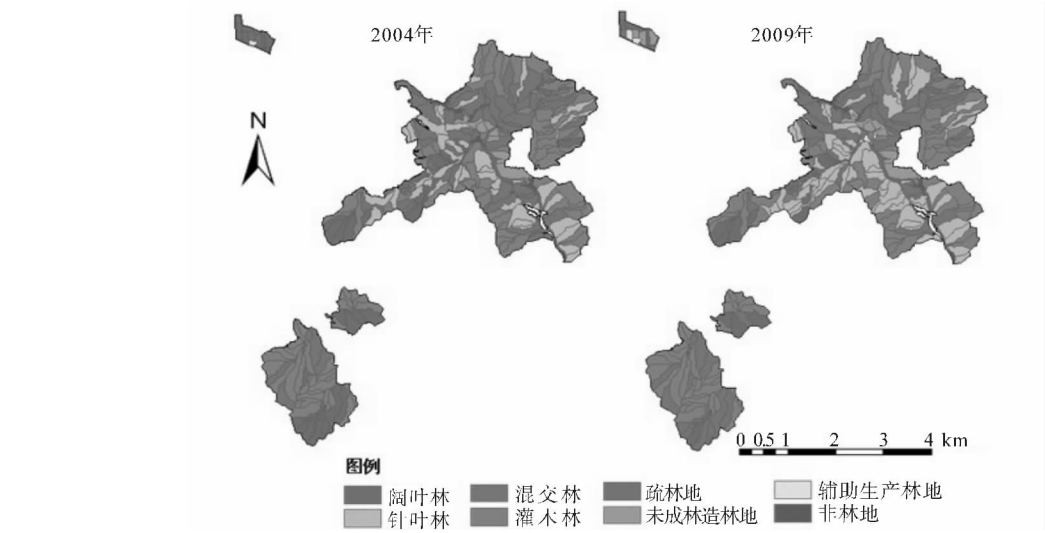


图 1 八达岭林场 2004 年和 2009 年森林景观类型分布

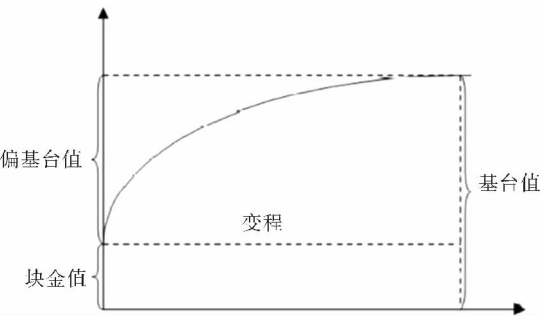


图 2 半变异函数

2 结果与分析

2.1 森林景观类型基本特征

研究区总面积 2 940. 72 hm<sup>2</sup>, 5 a 间未发生变

化, 各森林景观类型在总体上处于动态平衡状态。

从表 1 可以看出, 2004—2009 年八达岭林场森林景观类型面积各有增减。其中, 阔叶林面积总量变化最大, 减少了 196. 80 hm<sup>2</sup>, 主要原因是受到了林场人工造林、人工更新和封山育林措施的影响, 原有阔叶林结构得到进一步优化; 针叶林和混交林面积总量增加较多, 分别增加了 72. 66 hm<sup>2</sup>和 102. 88 hm<sup>2</sup>; 辅助生产林地和疏林地面积变化幅度比较明显, 辅助生产林地因初期面积较小和林场实际需要等原因, 面积增加了 12. 33 hm<sup>2</sup>, 疏林地因林场种植结构调整, 到期末已经在林场消失; 灌木林和未成林造林地面积略有增加; 非林地面积减少了 5. 35 hm<sup>2</sup>。

表 1 森林景观类型基本特征

景观类型	2004 年		2009 年		2009 年斑块面积比 2004 年±/hm <sup>2</sup>
	斑块面积/hm <sup>2</sup>	占总面积的比例/%	斑块面积/hm <sup>2</sup>	占总面积的比例/%	
阔叶林	452. 32	15. 38	255. 52	8. 69	—196. 80
针叶林	567. 69	19. 30	640. 35	21. 78	72. 66
混交林	605. 94	20. 61	708. 82	24. 10	102. 88
灌木林	1 193. 42	40. 58	1 205. 26	40. 99	11. 84
疏林地	11. 52	0. 39	0. 00	0. 00	—11. 52
未成林造林地	76. 58	2. 60	90. 53	3. 08	13. 95
辅助生产林地	4. 87	0. 17	17. 20	0. 58	12. 33
非林地	28. 39	0. 97	23. 04	0. 78	—5. 35

灌木林所占面积始终最大, 且与混交林、针叶林和阔叶林四者面积之和占林场总面积的比例超过 95%, 是优势景观类型, 它们的变化影响着整个八达岭林场生态功能的发挥, 对该区域生态环境的调控起主导作用。林场内较多地区具有坡度大、土层薄和土壤含砂量多的特点, 再加上长城廊道对景观的

分隔影响, 导致了这些地方仅可经营灌木林, 其中补植了黄栌、元宝枫和火炬树的红叶岭就是一个灌木林景观改造的成功例子。

2.2 森林景观格局指数变化

在斑块类型尺度上分别对八达岭林场 2 期数据的景观指数进行计算, 结果见表 2。2004—2009 年

间,八达岭林景观指数过渡较为平稳,其中阔叶林和非林地的斑块密度和边缘密度减小,未成林造林地和辅助生产林地的斑块密度和边缘密度增大,针叶林的斑块密度减小而边缘密度增大,说明以上景观类型受到了人为干扰的影响,除针叶林有规则化和融合化的趋势外,其余景观类型的破碎化和异质性程度有所增加,而混交林和灌木林的斑块密度和

边缘密度基本维持在一定水平,变化不大。对于最大斑块指数,阔叶林和混交林有所减少,针叶林和辅助生产林地有所增加,而灌木林、未成林造林地和非林地保持不变,说明针叶林的生态效用在逐渐增加,疏林地类型通过人为改造,2009 年时已经完全消失,表明林场土地利用程度得到提高,整体景观结构在向高效化和合理化转变。

表 2 主要景观类型的景观指数

景观类型	2004 年			2009 年		
	PD/ (块/hm <sup>2</sup> )	LPI/ %	ED/ (m/hm <sup>2</sup> )	PD/ (块/hm <sup>2</sup> )	LPI/ %	ED/ (m/hm <sup>2</sup> )
阔叶林	0.95	4.14	16.42	0.78	1.77	12.56
针叶林	0.61	3.60	21.38	0.51	7.58	24.71
混交林	0.75	9.95	25.01	0.78	9.55	25.97
灌木林	0.92	9.77	29.37	0.92	9.77	30.01
疏林地	0.03	0.39	0.63	/	/	/
未成林造林地	0.10	1.44	2.94	0.17	1.44	3.74
辅助生产林地	0.17	0.13	0.40	0.27	0.28	1.74
非林地	0.44	0.32	3.56	0.37	0.32	2.93

在景观尺度上分析整个林场的景观格局可以得到更加全面直观的结果。从表 3 可以看出,2004—2009 年间八达岭林场的斑块总数由 117 块减少为 112 块,斑块密度也相应降低,从 3.98 块/hm<sup>2</sup> 减小到 3.81 块/hm<sup>2</sup>,景观破碎化程度有所改善。森林景观边缘密度有所增加,从 49.86 m/hm<sup>2</sup> 变为 50.83 m/hm<sup>2</sup>,但分形维数始终保持在 1.09 不变,说明景观边界形状的复杂程度虽然有所增加,但仍处在人为控制的稳定状态下,林场整体森林景观受经营措施干扰影响较大。

同时,森林景观香农多样性指数和优势度指数

表 3 景观尺度上的景观指数

年份	NP/ 块	PD/ (块/hm <sup>2</sup> )	ED/ (m/hm <sup>2</sup> )	FD	SHDI	D	SHEI
2004	117	3.98	49.86	1.09	1.46	0.62	0.70
2009	112	3.81	50.83	1.09	1.43	0.52	0.73

均有所下降,分别从 1.46 和 0.62 减小为 1.43 和 0.52,香农均匀度指数从 0.70 变为 0.73,略有提高。疏林地类型 2009 年时在林场中已经消失,导致了景观多样性的最大值减少,而且 2004 年时疏林地的面积本身对整个景观的影响较小,因此会出现这种多样性指数和优势度指数同时减少的情况。香农均匀度指数反映的是多样性指数与其最大值的比,受类型数量变化影响较小,故其数值有较强的说服力,表明了各景观类型趋向于更加均匀合理的发展方向。

### 2.3 森林景观格局多样性指数特征

基于八达岭林场 2004 年和 2009 年的森林景观分类图,选取 1 km 为尺度,将研究区分为 54 块,分别重新计算每一块的香农多样性指数。对得到的样本数据进行 QQ 正态概率图检验,结果如图 3,表明数据基本服从正态分布,保证了克里格插值的可靠性。

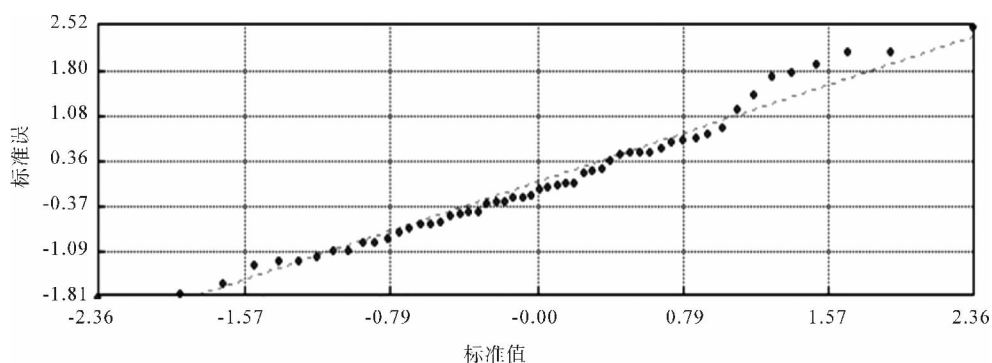


图 3 正态 QQPlot 分布

地统计学软件 GS+7.0 中生成半变异函数图,结果如图 4 所示,其中 2004 年的结果是块金值为 0.030 9,基台值为 0.120 8,块金值与基台值之比为 25.6%,介于 25%~75%,表示香农多样性指数具有中等空间相关性,空间自相关尺度为 1 220 m,在小于 1 220 m 的范围内,香农多样性指数具有较明显的空间自相关性,而超过该范围,空间自相关性就

不再存在。而 2009 年的结果是块金值为 0.009 9,基台值为 0.157 8,块金值与基台值之比为 6.3%,远小于 25%,说明香农多样性指数具有强烈的空间相关性,而块金效应即随机部分引起的空间异质性的影响较小,同时空间自相关尺度增大为 1 750 m,也说明了香农多样性指数的空间自相关性进一步提高。

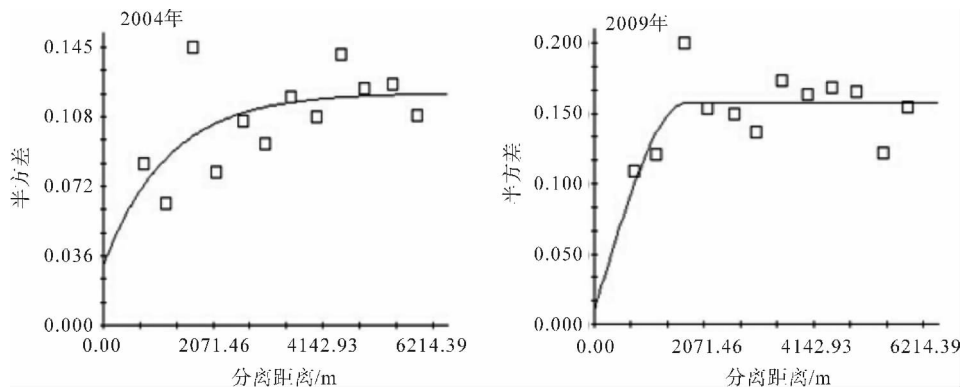


图 4 1 km 尺度下 SHDI 的半变异函数

选用普通克里格方法对 1 km 尺度下的 2 期香农多样性指数进行空间插值,得到八达岭林场的 SHDI 空间插值图(图 5)。从图 5 可以看出,在 1 km 尺度下八达岭林场景观多样性的空间分布变化,总体趋势是景观多样性指数的最大值出现在林场中部,并以其为中心依次向外递减,与八达岭林场森林景观类型分布图相对比,景观多样性的最大值也应出现在此处,与该地区景观类

型比较丰富、斑块较为破碎保持一致,外围地区由于人为经营和改造导致了多样性指数较低。2004 年时多样性分布较为均匀,说明林场整体处于森林景观较为破碎的状态,而到了 2009 年情况有所好转,破碎化面积集中减少,规模化营林取得了一定的成效。由于受到地理因素、林场经营措施和资源分布状态的影响,多样性在总体上是

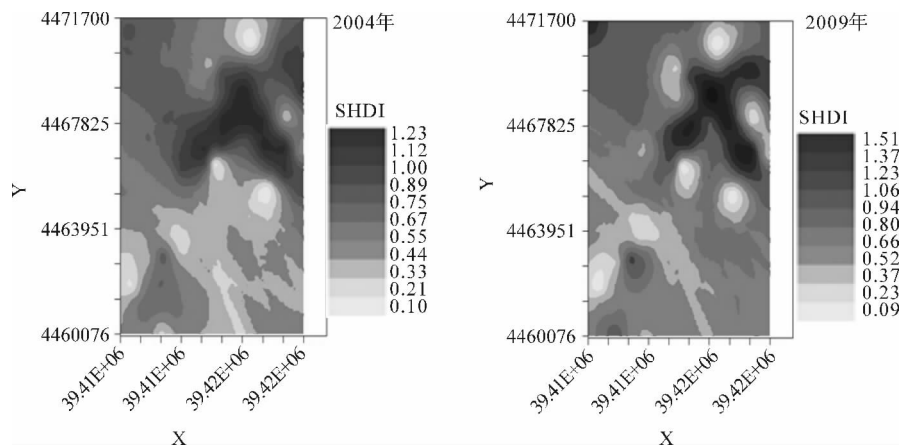


图 5 1 km 尺度下 SHDI 空间插值

3 结论与讨论

2004—2009 年间,灌木林、混交林、针叶林和阔叶林始终是八达岭林场的优势景观类型,在景观格局中占据主导地位;受人工经营措施的影响,针叶林

的最大斑块指数增幅明显,其生态效用在逐渐增加,阔叶林、非林地、未成林造林地和辅助生产林地的破碎化和异质性程度有所增加,混交林和灌木林基本维持在一定水平不变;5 a 间林场景观分布较稳定,仅低效的疏林地得到改造,没有出现大范围景观被

破坏的情况,斑块数减少 5 块,斑块密度、多样性指数和优势度指数减小,边缘密度和香农均匀度指数增加,分形维数保持不变,各景观类型趋向于更加均匀合理的方向发展。

在 1 km 尺度下,5 a 间八达岭林场香农多样性指数的空间相关性有了明显提高,半变异函数改变较大,块金效应逐渐减弱,表明受随机性因素引起的误差影响越来越小。在空间分布上,其最高值出现在林场中部,并依次向外递减,呈环状模式扩展,分布由均匀变为集中,景观破碎化程度有所改善。由于受到地理因素、林场经营措施和资源分布状态的影响,景观多样性在总体上是平衡的。在未来的工作中,八达岭林场应该根据长期规划,进一步优化林分结构,加强低效林改造,维持优势林地一定的比例,同时减少人工经营措施对自然林地的过多干预,更加重视保护和恢复高效稳定的自然林地。

本研究对八达岭林场森林景观格局时空变化分析所采用的数据,间隔时间较短,且只有 2 期,不能排除偶然因素的影响,有待于后续数据的补充与完善,而且由于林场有明确的界限,因此空间插值得到的林场范围外的数据没有实际的意义。今后还需进一步研究引起各要素变化的驱动力因子,加强对立地条件、人类活动和经济文化因素的综合考虑,为优化该区域森林资源经营管理水平提供科学依据。

#### 参考文献:

- [1] 肖笃宁,李秀珍,高峻,等. 景观生态学[M]. 2 版. 北京:科学出版社,2010.
- [2] 邱炳文,随银坡,陈崇成. 南方丘陵山区典型地物景观特征尺度研究[J]. 自然资源学报,2010,25(11):1970-1978.
- [3] 孟涛,王明常,梁立恒,等. 长白山生态景观格局动态变化分析[J]. 世界地质,2008,27(3):338-344.
- [4] 刘常富,孙冉,李小马,等. 基于 RS 与 GIS 的沈阳城市森林景观格局动态变化[J]. 东北林业大学学报,2009,37(4):13-15.
- [5] McRoberts R E. Using a land cover classification based on satellite imagery to improve the precision of forest inventory area estimates[J]. Remote Sensing Environment,2002,81(1):36-44.
- [6] Ma Shengde, Wang Jianfeng. Empirical analysis of forest landscape value assessment: a case study of Huangshui forest park in Xining, Qinghai province[J]. Journal of Landscape Research,2013,5(6):27-28.
- [7] 杨珍珍,白森源. 基于 GIS 的大兴安岭呼中森林景观格局分析[J]. 东北林业大学学报,2010,38(9):40-43.
- [8] 韩建平. 基于 GIS 的汾河源头森林景观格局分析[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2012,40(11):152-158.
- [9] 赵福强,代力民,于大炮,等. 长白山露水河林业局森林景观格局动态[J]. 应用生态学报,2010,21(5):1180-1184.
- [10] 张彬彬,韩海荣,梁大双,等. 基于遥感的京西北山地森林景观格局特征及动态[J]. 东北林业大学学报,2011,39(7):50-53.
- [11] 董耀会. 万里长城千年之痒[J]. 森林与人类,2004(8):30-35.
- [12] 国家林业局. 森林资源规划设计调查主要技术规定[M]. 北京:林业出版社,2003.
- [13] Turner M G, Gardner R H, O'Neill R V. Landscape ecology in theory and practice [M]. New York: Springer,2001.
- [14] 何鹏,张会儒. 常用景观指数的因子分析和筛选方法研究[J]. 林业科学研究,2009,22(4):470-474.
- [15] 刘爱利,王培法,丁园圆. 地统计学概论[M]. 北京:科学出版社,2012.