

长白山典型林区森林资源利用状况评价

于德永^{1,2}, 郝占庆^{1*}, 潘耀忠², 姜 萍¹, 叶 吉¹

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; 2. 北京师范大学资源学院, 资源信息科学与工程研究中心, 北京 100875)

摘要:选择长白山典型林区 1985 年、1999 年两期遥感图像数据, 在监督分类的基础上, 结合该地区森林经营历史资料, 基于采伐迹地的空间位置、形状、面积、采伐方式等, 从森林采伐及其造成的生态后果的角度, 对森林资源的变化及利用状况进行了评价。研究结果表明: 20 世纪 80 年代中期以前, 研究区对森林资源的利用强度很大, 伐区布局不够合理, 至 90 年代末利用强度有所减弱, 伐区布局趋向合理。从两个时期采伐方式来看, 单个采伐地块的面积有许多地块明显超过采伐规程所规定的面积上限, 而保留森林地块的面积基本都小于邻近采伐地块的面积, 不符合采伐规程的“等面积”要求; 从采伐地块的空间分布来看, 由于森林采伐、更新过程中缺乏生态学, 特别是景观生态学原理的指导, 大多数采伐地块连为一整片, 孤立了保留的森林地块, 完整的原始林分被严重破碎化, 间隔带状皆伐却造成了和大面积皆伐同样的后果。15a 间研究区地物覆盖类型发生很大变化, 其主要原因是森林采伐造成的。基于研究结果, 指出了当地森林经营策略存在的问题及改进方法, 以期能为当地森林资源的可持续经营及森林生态服务功能的充分发挥提供借鉴。

关键词:森林资源变化; 森林资源利用; 遥感; 采伐迹地

Evaluation on forest resources utilization in typical forest region of Changbai Mountains

YU De-Yong^{1,2}, HAO Zhan-Qing^{1*}, PAN Yao-Zhong², JIANG Ping¹, YIE Ji¹ (1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2. College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Geoinformatics Center, Beijing Normal University, Beijing 100875, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2940~2944.

Abstract: The research chose a typical forest region, Lushuihe Forestry Bureau, in Changbai mountainous to evaluate forest resource changes and utilization. The average slope of the region was within 10°, and altitude of most parts of the region ranges from 400 to 900m. So the study area is suitable for forest management. Remote sensed data of the study area in 1985 and 1999 were classified in a supervised way. Land covers of the study area were classified into seven classes: namely, water body, residence, stumpland, farmland, conifer forest, broadleaf forest and man-made young forest. The evaluation mainly relied on stumpland in the corresponding image data, because stumpland as the results of human activities remained for a long time and could be easily recognized from the RS image. Although man-made young forest was also the result of human activity, its border features were not obvious in the RS image and might be planted in other bare hills, so they could not fully reflect utilization conditions of forest resources exactly. Spatial distribution, shape, size, pattern of stumpland in the two images, together with forest management history and the ecological consequences of cutting, were used to evaluate forest resources utilization and changes during the periods.

The results showed that: (1) many individual fell patches were larger than the stipulated ones; (2) most remnant forest patches were smaller than fell patches in the neighborhood and broke the equal area principle of cutting regulation; (3) for lack of the principle of ecology, especially landscape ecology, guided deforestation, primeval forest was more frailer than before. A lot of stumplands connected with each other to form much larger areas of naked land, and left many isolated forest islands, so

基金项目:中国科学院知识创新重要方向资助项目(KZCX2-SW-320-3)

收稿日期:2004-06-21; **修订日期:**2004-10-04

作者简介:于德永(1973~), 男, 辽宁省朝阳市人, 博士生, 主要从事地图学与 GIS 应用及森林遥感研究。

* 通讯作者 Author for correspondence.

Foundation item: Major projects of Knowledge Innovation Program, Chinese Academy of Sciences (No. KZCX2-SW-320-3)

Received date: 2004-06-21; **Accepted date:** 2004-10-04

Biography: YU De-Yong, Ph. D. candidate, mainly engaged in application of cartology and GIS, forest remote sensing.

strip cutting had the same effect as large area of full cutting; 4) deforestation intensity in the late 1990s was much less than in the middle 1980s and cutting design was relatively rational; (5) Deforestation was the main force to cause land covers changes.

Key words: forest resources change; forest resources utilization; RS; stumpland

文章编号:1000-0933(2004)12-2940-05 中图分类号:Q948 文献标识码:A

随着人们对森林多功能,特别是生态服务功能认识的逐步加深,面临森林资源数量的减少和质量的下降,实施森林资源可持续管理已成为全球人类的共同目标。森林资源可持续经营实质是人-森林生态系统协同关系的反映。造成森林资源减少的主要因素是经济发展和人口增长,通过不同尺度上对森林生态系统格局和过程的研究,阐明人类活动对森林生态系统健康和可持续发展的影响是森林资源科学管理的基础。因受技术手段的限制,我国以往的森林资源研究主要侧重于对森林蓄积量和面积变化的分析,其结果往往无法反映森林资源动态的空间信息特征。遥感及地理信息技术的兴起,使人们对森林资源科学的认识、处理能力得到空前的提高,促进了森林资源的研究由静态向动态的转变。国外研究表明,基于遥感信息的森林生物量估测比传统方法更优越,而且遥感光谱信息与森林生物量之间存在相关关系。在我国,遥感与地理信息系统技术已广泛应用于森林资源调查与监测等领域,此外还有众多研究着重于林区土地利用变化以及森林资源调查体系的构建等。东北林区作为我国最大的国有林区,一直在我国经济建设中发挥重要作用,在天然林保护等六大林业工程开始实施的背景下,本文对长白山典型林区过去一段时期森林资源数量、质量及时空分布格局的变化进行研究,这对科学实施天然林保护,实现森林资源的可持续经营具有重要意义^[1~18]。

2 研究地区及方法

2.1 研究地区

研究地区选定在露水河林业局,该局位于长白山西北麓,地理坐标为 $127^{\circ}29' \sim 128^{\circ}02' \text{E}$, $42^{\circ}20' \sim 42^{\circ}40' \text{N}$,全局平均海拔 600~800 m,海拔 1000 m 以上区域很少,总坡向为西北向。气候为温带大陆性气候,冬夏风向更替明显。由于气温低,蒸发量小,空气湿润,这些因素的综合,有利于形成茂密的落叶阔叶与针叶混交林,研究区地带性植被为阔叶红松林,林木高大茂密,郁闭度高,层次明显,结构复杂。露水河林业局于 1965 年重新建局,共区划为 8 个林场,主要从事木材和锯材生产,截止到 1988 年底,已累计生产木材 $6.37 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。20 世纪 80 年代以前采伐方式为大面积皆伐,后改为采育兼顾伐和径级伐,后又回到大面积皆伐,由于脱离技术规程,形成了大面积的“四不像”伐区。至 20 世纪 80 年代末,研究区森林经营策略渐趋科学,并呈多样化趋势。

2.2 研究方法

2.2.1 研究区遥感影像分类 本研究主要利用研究区 1985 年、1999 年两期 TM 遥感数据探讨森林资源利用状况及其变化。根据研究区实际情况用林相图指导图像解译与修正,此外从遥感影像反映出来的地物光谱特征来看,处于各个林龄阶段的森林资源类型易于区分,为了提高影像分类的科学性和精度,对研究区进行了详细的地面 GPS 定点调查,了解研究区森林资源特点,并结合前人及当地林业工作者的生产实践、研究成果,制定了研究区地物类型分类系统,将研究区土地利用/土地覆盖类型分为:水域、居民用地、采伐迹地、农地、针叶林、阔叶林及人工幼林 7 类。人工幼林主要位于过去残留的采伐迹地或其它荒山荒地上人工更新且处于早期状态的林分,在幼年状态其光谱统计特征具有很大的相似性,在遥感影像上色泽易于区分。根据实地调查资料在影像图上均匀地选取各类型训练区,利用最大似然法,对影像进行监督分类,再经过分类结果精度评价(本研究平均分类精度为 86.97%)以及后处理(如分类错误校正、矢量化、研究区范围精确切割等)生成研究区土地利用/土地覆盖类型图。

2.2.2 图像单元统计及图像叠加分析(见图版 I) 利用单元统计函数(Cell statistics)将两时期的遥感分类图像进行叠加并进行相应单元的土地利用/土地覆盖类型标准偏差(Standard Deviation)统计计算,即可计算出各单元土地利用/土地覆盖类型的变化情况,从而得出各土地利用/土地覆盖类型的变动幅度大小,将两期图像的矢量化图像中变动幅度较大的主要类别进行叠加,即可看出相应类别变化的归属。计算结果如图 1 所示,颜色越深者代表标准偏差越大,相应地物类型在 15a 间变化幅度越大。从图中可以看出,标准偏差变化较大区域基本集中在四个椭圆形区域内。各类地物具体变化情况需要两期图像矢量化后叠加才能得知,本研究主要对图中地物类型变化较大的区域进行叠加分析,以期找到引起地物变化的主要原因。

2.2.3 利用 DEM 数据获取研究森林资源变化所需的支持信息 各类森林资源作为空间实体有其空间位置,科学的森林资源经营与这种空间位置具有密切的关系。例如在有些地理方位,森林资源应以保护为主,而在有些地理方位森林资源可以以较大强度加以利用。常用的方法是以地形高程值建立数字地形模型(DEM)来表达现实世界的地理位置信息。就森林资源的地理位置而言,本研究主要考虑海拔高度、坡度、坡向等并且借助于山体阴影来模拟现实世界的情况,使各类森林资源依据现实情况加以表达,并对各种营林措施做出综合评价。为此需由研究区所处位置的 DEM 数据进行表面分析以派生出各类地理因子数据。得知:研究区海拔主要分布于 600~800m 之间,超过 1000m 的地段只占很少一部分,地势较缓。利用坡向及坡度数据判断森林

资源的具体方位,结合海拔数据准确描述其具体地理位置,从森林资源的生态功能角度对各处森林资源的适用性以及过去森林资源利用情况做出评价,研究区大部分地区处于 0~10°的坡度范围内,适合以用材林为主的森林经营,坡度较大的区域主要集中在海拔相对较高处。

3 结果与讨论

两期遥感图像虽然仅间隔 15a,但森林资源被利用以后,其当时状态并不立刻消失而是持续很长一段时间,例如采伐地从更新至成林,至少要 10a 以上的时间。因此至少可以对过去 25a 以上的营林措施进行评价。

依据森林法,成熟的用材林可以根据不同情况,分别采取择伐、皆伐和渐伐方式,皆伐方式应当受到严格控制,并在采伐的当年或者次年内完成更新造林;防护林和特种用途中的国防林、母树林、环境保护林、风景林,只准进行抚育和更新性质的采伐;保护区性质的森林严禁采伐。择伐、皆伐、渐伐等采伐方式,其单个伐区面积一般规定为 5hm²,在地形平缓地带,可达到 20hm²,主伐方式要因林地坡度而异,等带间隔皆伐坡度<15°,连续带状皆伐坡度 15~25°,块状皆伐坡度 25~35°,单株择伐和块状择伐坡度>35°采伐带的宽度不超过 200m。选择采伐利用方式,必须遵循最大程度发挥森林生态系统的功能为原则。

对研究区森林资源利用的评价主要依据相应时段存留的采伐迹地为依据,因为采伐迹地是人类活动的产物,痕迹存留时间长且在遥感影像上易于区别。虽然人工幼林也是人类活动的产物,但可能在宜林荒山、荒地更新成林的,无法充分反映人类过去对森林资源的利用情况,因此将人工幼林用于评价森林资源利用情况不够准确。

图 2、图 3 分别是 1985 年及 1999 年各时段采伐迹地与等高线、山体阴影、坡度、坡向图的合成图像。对比图 2、3 可以得知:1985 年时段采伐迹地比 1999 年时段要密集得多,而且其空间分布广泛,几乎在各个海拔高度及坡度、坡向均有分布,此时是我国传统林业政策非常盛行的时期。1999 年时段采伐迹地只有零星分布,且主要分布在低海拔及缓坡地带。(见图版 II、III)

从两期图像中采伐迹地的分布来看,1985 年时段采伐迹地主要集中在图中椭圆区域内,采伐迹地分布区域与上面单元统计分析时各单元地物标准偏差较大的区域几乎一致,而 1999 年时段采伐迹地在椭圆范围内很少有分布,即 1999 时段采伐迹地在单元统计分析时颜色较深区域只占很小一部分。因此初步判定对森林的采伐利用是引起研究区地物类别剧变最主要的原因。为验证此结论,将其它地物类型分别在两期合成图像上表达,并用分类叠加的方法求取其变化量,除采伐迹地外,其它地物类型在图上分布区域均无法与单元统计时颜色偏深区域大范围吻合,由此采伐迹地的变化是研究区土地利用/土地覆盖变化的主因。

对研究区森林资源利用的评估可以主要集中于图中划出的重点区域即椭圆范围内进行。

3.1 1985 年划定区域伐区斑块分布情况评价

椭圆区域 1 内伐区情况见表 1,伐区单个斑块面积超过 20hm² 的较多,占总伐区斑块数的 17%,占其总面积的 59%,各别斑块面积达到了 259.720hm²;采伐迹地主要集中在海拔 400~600m,同时在各个海拔范围内都有采伐迹地的分布,即使在海拔 1000~1200m 的山顶也有采伐迹地,因此易于造成沙土流失;坡度主要位于 0~15°范围内,也有少部分位于 25~35°,由此可见,1985 年以前对区域内的森林资源利用强度较大,而且大量伐区设置不符合采伐规程,例如伐区内单个斑块面积过大,在研究区高海拔处设置伐区等。在东北地区,坡度 26~35°为二级生态脆弱区,坡度等 16~25°为三级生态脆弱区,而二、三级生态脆弱区内有大量伐区的存在等。这些都不利于森林生态系统生态功能的发挥,会造成森林生态系统的过度退化。

椭圆区域 2 内伐区情况见表 2,伐区内单个斑块面积超过 20hm² 的占总伐区斑块数的比例为 13.4%,占其总面积的 54%,最大伐区斑块面积为 273.19 hm²;伐区斑块主要集中在海拔 400~600m,坡度 0~15°范围内,也有少部分位于 16~25°的三级生态脆弱区和 26~35°的二级生态脆弱区内,另外 600~800m 范围内也有伐区的存在,该地段地势相对平缓,坡度不大,较适于以用材为主的森林经营,但从森林资源遥感监测情况来看,亦有部分伐区的设计不够合理。

表 1 1985 年椭圆区域 1 内伐区情况
Table 1 conditions of stumpland in the first elliptical area in 1985

伐区斑块数 Number	斑块面积 Area (hm ²)	所处坡度 Slope(°)	海拔 Altitude(m)
108	0.99~5	大部分 0~15°;部分 15~25°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m;偶到 1000~1200m
76	5~10	大部分 0~15°;部分 15~25°;少部分 25~35°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m;偶到 1000~1200m
33	10~15	大部分 0~15°;部分 15~25°;少部分 25~35°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m;偶到 1000~1200m
37	15~20	大部分 0~15°;部分 15~25°;少部分 25~35°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m;偶到 1000~1200m
15	20~25	0~15°	大部分处于 400~600m;少部分处于 800~1000m
24	25~100	0~15°	大部分处于 400~600m;少部分处于 800~1000m
3	100~257.2	大部分 0~15°;部分 15~25°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m;偶到 1000~1200m

椭圆区域3内伐区情况见表3,伐区内单个斑块面积超过20hm²的占总伐区斑块数的比例为7.91%,占其总面积的48.12%,最大伐区斑块面积为54.64hm²;伐区斑块主要集中在海拔400~600m,在600~800m也有相当数量的伐块存在,其坡度位置主要为0~15°,该地段地势平坦,适合以用材林为主的森林经营。

从3个椭圆区域内的伐区斑块分布来看,该区在20世纪80年代中期以前的森林经营中有许多经林措施不够完善,尤其是超大伐块的存在,非常不利于地带性植被阔叶红松林的更新,另外伐区的设计较少考虑森林生态系统的总体生态功能,很容易造成森林生态功能的减退,甚至整个森林生态系统逆行演替。

表2 1985年椭圆区域2内伐区情况
Table 2 The conditions of stumpland in the second elliptical area in 1985

伐区斑块数 Number	斑块面积 Area(hm ²)	所处坡度 Slope(°)	海拔 Altitude(m)
97	0.01~5	大部分 0~15°;部分 16~25°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m
38	5~10	大部分 0~15°;部分 16~25°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m
9	10~15	0~15°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m
5	15~20	0~15°;少部分 26~35°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m
12	20~25	0~15°;少部分 16~25°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m
10	25~100	0~15°;少部分 16~25°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m
1	100~273.19	0~15°	400~600m

表3 1985年椭圆区域3内伐区情况
Table 3 The conditions of stumpland in the third elliptical area in 1985

伐区斑块数 Number	斑块面积 Area (hm ²)	所处坡度 Slope(°)	海拔 Altitude(m)
97	0.29~5	0~15°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m
18	5~10	0~15°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m
7	10~15	0~15°;偶有 16~25°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m
6	15~20	0~15°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m
4	20~25	0~15°;偶有 16~25°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m
7	25~55	0~15°	大部分处于 400~600m;少部分处于 600~800m

3.2 1999年划定区域伐区斑块分布情况评价 1999年划定区域伐区斑块情况见表4。

伐区单个斑块面积超过20hm²的占总伐区斑块数的比例为4.42%,占其总面积的19.4%,最大伐区面积为29.15hm²;伐区斑块主要集中在海拔600~800m,坡度主要集中在0~15°范围内,在16~25°也有少许分布。

表4 1999年划定区域内伐区情况
Table 4 The conditions of stumpland in the specified area in 1999

伐区斑块数 Number	斑块面积 Area(hm ²)	所处坡度 Slope(°)	海拔 Altitude(m)
69	0.99~5	大部分处于 0~15°;少部分处于 16~25°	大部分处于 600~800m;少部分处于 400~600m
25	5~10	0~15°	600~800m
9	10~15	0~15°;偶有 16~25°	600~800m
5	15~20	0~15°;偶有 16~25°	600~800m
5	20~25	0~15°	大部分处于 600~800m;少部分处于 400~600m

与1985年伐区情况相比,至1999年时伐区斑块数量明显减少,斑块面积趋小,斑块的布局更为合理,说明至此时为止,对森林资源的利用强度有所减弱。据实地调查得知,原因有二:一是可以利用的森林资源日益减少,如果再按过去几十间的利用强度,研究区森林资源有面临枯竭的危险,迫使减少对森林资源的消耗;二是该局积极响应国家号召,实施森林资源可持续发展政策,发展林区多种经营,包括木材深加工,努力提高木材产品的技术含量,提高林产品的附加值,提高了应对解决当地人民生活压力的能力,从而减少了对森林资源的依赖程度。

另外,从两期遥感图像探测采伐方式来看,伐区斑块的设计存在共同的问题:单个采伐斑块的面积有许多明显超过采伐规程所规定的20hm²的面积上限,而保留的森林地块的面积基本都小于邻近采伐地块的面积,这不符合采伐规程的“等面积”要求;从采伐地块的空间分布来看,大多数采伐地块连为一整片,孤立了保留的森林地块,完整的原始林分被逐渐破碎化,间隔带状皆伐起到了“剃光头”效果,造成这种后果的主要原因是森林采伐、更新过程中缺乏森林生态系统和景观生态学原理的制约,不利于逐渐恢复长白山地带性植被阔叶红松林。

4 结论

(1)研究区 20 世纪 80 年代中期以前,对森林资源的利用强度非常大,而且部分采伐操作不规范,造成了研究区土地利用/土地覆盖类型的剧烈变化,研究区整个森林生态系统遭到了较大的破坏,从另一个角度也反映出当时我国林业政策的不完善,林业经营措施缺乏科学理论指导,基本上是“遍地开花,随处结果”,致使森林资源基本处于无序经营状态。

(2)到 20 世纪 90 年代末,研究区森林资源进入修整期而没有进行大规模采伐,与此同时我国林业经营政策、法规日趋完善,经过无数林业工作者的努力,提出了较为科学的林业经营策略。森林经营应将相当部分的天然林定为生态公益林,注重发挥森林的生态效益,积极发展林区多种经济形式,以减少对森林资源的依赖。

(3)由于当地没有森林生长量分类指标的统计数据,因此无从确切衡量相应林分生长量与消耗量的关系;此外由于五类森林(防护林、用材林、经济林、薪炭林、特种用途林)数据记录没有确切的空间地理位置,因此无法根据遥感影像进行五类森林利用效果的评价,这也说明林业经营管理要实现科学化以及真正意义上的数字林业还有较长的过程。

References:

- [1] Dickinson R. The Geophisology of Amazonia: Vegetation and Climate Interaction. New York: John Wiley&Sons. Inc. ,1986.
- [2] Feamside P. Deforestation in Brazilian Amazonia, the effect of population and land tenure. *Ambio*,1993,**22**:537~545.
- [3] Feng Z K,Meng X Y,Han X C. Establishing China's technology system of multiple resolution power in investigation of forest resources. *Journal of Beijing Forestry University*,2002,**22**(5):156~159.
- [4] Fredl M A, Davis F W, Michaelsen J, *et al.* Scaling and uncertainty in the relationship between the NDVI and land surface biophysical variables: An analysis using a scene simulation model and data from FIFE. *Remote sensing*,1995,(54):233~246.
- [5] Gao Z Q,Liu J Y,Zhuang D F. The research of Chinese land use/land cover present situations. *J. Remote Sensing*,1999,**3** (1) :134~138.
- [6] Guo Q X,Zhang F. Estimation of Forest Biomass Based on Remote Sensing. *J. Northeast For. Univ.* ,2003,**31** (2):13~16.
- [7] Han X C,Meng X Y,Feng Z K. Establishing China's technology system of multiple resolution power in investigation of forest resources. *Journal of Beijing Forestry University*, 2002,**24**(5/6): 156~159.
- [8] He Y F,Ma C C,Zhu J H, *et al.* The Dynamic Changes of Cultivated Land in Eastern Mountainous Area in Jilin Province——Taking Yanbian Autonomous Prefecture as an Example. *Sci. Geogr. Sin.* ,2003,**23** (2): 245~250.
- [9] Hong J Y,Li N Y. An Appraisal of Social Influence on the Collective Forest Area Affected by A Natural Forest Protection Project. *Acta Phytocol. Sin.* ,2002,**26**(1): 115~123.
- [10] Kaimwitz D. Factors determining low deforestation: the Bolivian Amazon. *Ambio*,1997,**26**:537~540.
- [11] Kleb HR, Wilson SD. Scales of heterogeneity in prairie and forest. *Can J Bot.* ,1999,**77**:370~376.
- [12] Qing L J,Wang N,Zhang Y, *et al.* Study on the effect of land use change on the ecoenvironment in the 3-lakes of the Songhua River. *J. Northeast Normal Univ.* (Nat. Sci.), 2003,**35**(2):80~86.
- [13] Spencer R D, Green M A, Biggs P H. Integrating eucalypt forest inventory and GIS in western Australia. *Photogrammetric Engineering & Remoter sensing*, 1997,**63**(12):1345~1351.
- [14] Vitousek P, Mooney H, Lubchenco J, *et al.* Human domination of earth's ecosystems. *Science*,1997, **277**:499.
- [15] Yang J Z, Kou W Z. Inherence dynamical mechanism and its model for sustainability of forest resources. *J. Beijing For. Univ.* ,2001,**23** (3):94~96.
- [16] Yi B Y,Zhang Y Z,Zhang S W, *et al.* Effect of Landcover Change in Neijiang Watershed on Runoff Volume. *Bull. of Soil Water Conserv.* ,2003,**23**(2):15~18.
- [17] Zhao X W,Li C G,Si L, *et al.* Building a new system of forest resources inventory by information technology. *Journal of Beijing Forestry University*,2002,**24**(56):147~155.
- [18] Zhao X W. *Quantitative Evaluation for Forestry Remote Sensing*. Beijing: China Forestry Publishing House,1997. 6~12.

参考文献:

- [3] 冯仲科,孟宪宇,韩熙春. 建立我国多级分辨率的森林资源调查技术体系. 北京林业大学学报,2002,**22**(5):156~159.
- [5] 高志强,刘纪远,庄大方. 基于遥感和 GIS 的中国土地资源生态环境质量同人口分布的关系研究. 遥感学报,1999,**3** (1) :134~138.
- [6] 国庆喜,张锋. 基于遥感信息估测森林生物量. 东北林业大学学报,2003,**15**(1):14~16.
- [7] 韩熙春,孟宪宇,冯仲科. 建立我国多级分辨率的森林资源调查技术体系. 北京林业大学学报,2002,**24**(5/6): 156~159.
- [8] 何艳芬,马超群,朱金花,等. 吉林省东部山区耕地动态变化研究——以延边朝鲜族自治州为例. 地理科学,2003,**23** (2): 245~250.
- [9] 洪家宜,李怒云. 天保工程对集体林区的社会影响评价. 植物生态学报,2002,**26**(1): 115~12.
- [12] 秦丽杰,王宁,张郁,等. 松花江三湖流域土地利用变化的生态环境效应研究. 东北师大学报(自然科学版),2003,**35**(2):80~86.
- [15] 杨建洲,寇文正. 森林资源可持续性的内在动力机制及其模型. 北京林业大学学报,2001,**23**(3):94~96.
- [16] 叶宝莹,张养贞,张树文. 嫩江流域土地覆被变化对径流量的影响分析. 水土保持通报,2003,**23**(2):15~18.
- [17] 赵宪文,李崇贵,斯林,等. 基于信息技术的森林资源调查新体系. 北京林业大学学报,2002,**24**(56):147~155.
- [18] 赵宪文. 林业遥感定量评估. 北京:中国林业出版社,1997. 6~12.

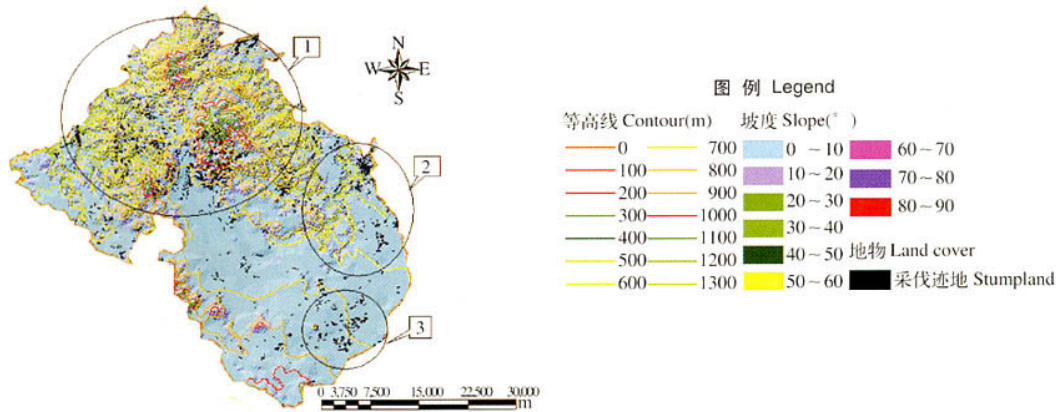
于德永 等：长白山典型林区森林资源利用状况评价

YU De-Yong,et al; Evaluation on forest resources utilization in typical forest region of Changbai Mountains



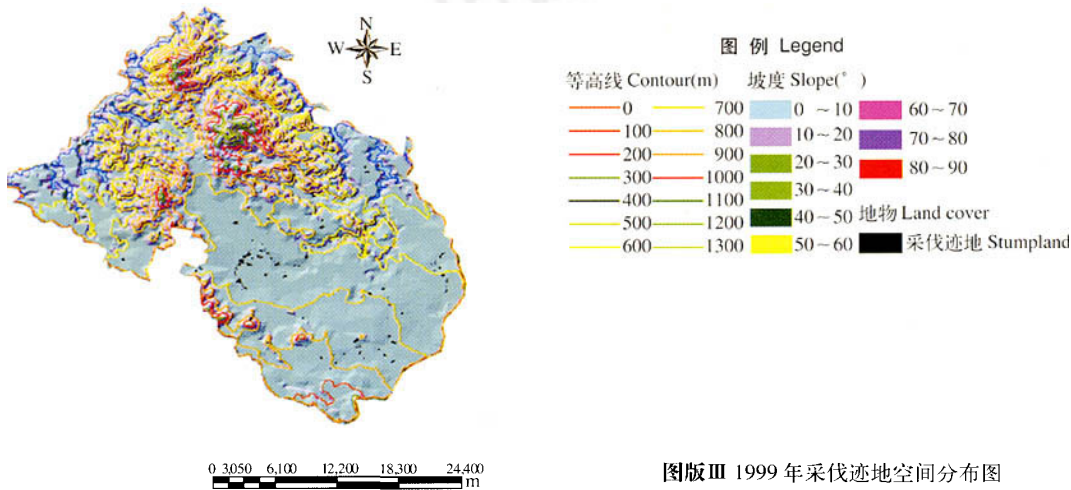
图版 I 15a 间各类地物单元统计后的标准偏差

Plate I Standard deviation of different land covers during 15 years



图版 II 1985 年采伐迹地空间分布图

Plate II Spatial map of stumpland in 1985



图版 III 1999 年采伐迹地空间分布图

Plate III Spatial map of stumpland in 1999