林业科学研究 2007, 20(3): 307~311
Forest Research

文章编号: 1001-1498(2007)03-0307-05

基于 RS的黄土高原天然林资源时空动态变化分析

赵鹏祥[1], 强建华[1], 张会儒[2], 陈国领[1]

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

摘要: 以黄土高原天然林典型分布地区黄龙山林业局蔡家川林场为研究对象, 以 1997年和 2004年两期 TM(专题制图仪)影像为主要数据源, 结合同年的森林资源二类调查资料, 在遥感数字图像处理系统支持下, 研究了该林场天然林资源的时空变化。结果表明, 1997年至 2004年之间, 该林杨优势树种面积增加, 其中栎类增加了 1.8%, 油松增加了 8.4%, 杨树增加了 6.7%; 同时, 其水平空间分布也发生了一定的变化; 森林覆盖率增加了 16.9%; 林地类型之间发生了明显的动态变化, 其中, 55.5%的采伐迹地变成了油松林地, 21.1%的采伐迹地变成了杨类林地。这些明显变化与天然林保护工程的实施有着密切的联系。

关键词: 遥感; 天然林资源; 动态变化
中图分类号: S757.2 文献标识码: A

Dynamic Spatial-temporal Changes Analysis of Natural Forest Resources Based on RS

ZHAO Peng-xiang[1], QIANG Jian-hua[1], ZHANG Hui-ru[2], CHEN Guo-ling[1]

(1. College of Forestry, Northwest Sci-Tech of Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, Shaanxi, China;
2. Research Institute of Resource and Information Techniques, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: This paper studied the dynamic spatial-temporal changes of natural forest resources based on RS. Caijiachuan Forest Farm, as the typical region of distribution of natural forest, was the research object, the TM images of 1997 and 2004 as the main data sources, with the survey data and suppored by IMAGE software, the authors studied the dynamic spatial-temporal changes of this area. The results showed that the area of dominant tree increased from 1997 to 2004, for example, the oak increased by 1.8%, Chinese pine increased by 8.4%, poplar increased by 6.7%; Meanwhile, spatial distribution has changed, forest coverage ratio increased by approximately 16.9%; obvious dynamic change has been occurred, such as 55.5% of cutting land was covered by Chinese pine and 21.1% was covered by poplar. These obviously changes has close relation with the implementation of the natural forest protection project.

Key words: remote sensing; natural forest resources; dynamic changes

森林资源影响着社会经济和生态环境的可持续发展。在我国天然林是森林资源的主体, 目前占全国森林资源总面积的 69.62%(107万 km^2), 蓄积量占森林蓄积量的 89.96%[1]。所以, 保护天然林对维持陆地生态平衡、防止生态环境恶化、为人类创造良好的生存环境具有重要意义。

研究天然林资源的动态变化有助于了解天然林资源变化的机理和原因, 从而可以通过人为调整来使天然林资源的数量、分布和格局更加趋于合理[2]。遥感技术的发展, 为天然林资源的变化分析提供了

收稿日期: 2006-04-10
基金项目: 国家林业局天然林保护工程重点技术研究及试验示范课题"天然林资源动态时空分析评价技术(TBKJ2003-5)"
作者简介: 赵鹏祥(1965-), 男, 青海乐教人, 副教授, 博士, 主要从事林业遥感和地理信息系统研究.
© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

时空序列上的完整数据和技术支持[3,4]。遥感获取的时空序列信息,为恢复重现天然林资源利用的空间信息和预测未来发展趋势奠定了坚实的基础[5,6]。地理信息系统的快速发展,为更好地管理与使用地理时空信息提供了工具和手段[7,8]。

利用遥感技术进行区域土地利用时空动态变化的研究在国内外都有大量的研究[9~14]。但是,森林资源时空动态变化研究尚不多。本研究以蔡家川林场为研究对象,主要研究基于遥感(RS)技术的黄土高原天然林资源监测方法,为快速掌握本地区天然林的数量和质量以及制定一系列天然林保护措施提供参考。

1 研究区概况

蔡家川林场位于延安地区黄龙山林业局中部,小南川中上游,属黄河水系。地理坐标 109°48′~110°02′E, 35°45′~35°57′N。总面积 207.26 hm^2。

该场地跨黄龙县山峪先、小寺庄和瓦子街、砖庙梁四乡,属黄土高原丘陵沟壑区。地面破碎,地形变化复杂,形成沟壑、梁峁、残原、土石质中低山等特有的黄土地形,剥蚀强烈,河谷深切。地势西南高,东北低,最高海拔(旗杆庙)1 650 m,为小南川、沙曲河之分水岭,最低海拔(乔峪沟)940 m,相对高差一般为 200~300 m,土壤为褐土带,地带性土类主要为褐土,林场范围内主要河流蔡家川河汇入小南川,为仁望河左岸三级支流,年径流量 1 700万 m^3。气候属暖温带大陆性半湿润气候,气温低,湿度大。年平均气温 8.6 ℃,极端高温 36.7 ℃,最低温度 -21.9 ℃。年降水量 602.2 mm,多集中于 7、8、9三个月。

森林植被属暖温带落叶阔叶林地带北部落叶阔栎林亚地带;天然植被覆盖高,森林植物种类较多。优势树种主要有油松(*Pinus tabulaeformis* Carr)、辽东栎(*Quercus liaotungensis* Koidz)、槲栎(*Quercus aliena* Blume)、山杨(*Populus davidiana* Dode)、白桦(*Betula platyphylla* Suk)、侧柏(*Platycladus orientalis* (L.) Franco)、小叶杨(*Populus simonii* Carr)等。

2 资料来源

研究区域 1997年 8月 25日、2004年 6月 25日 TM 图像数据,空间分辨率为 30 m;1∶5万地形图;1997年森林资源二类调查手薄;1998年蔡家川林场的林相图。

3 研究方法

为了实现利用遥感技术对黄土高原天然林区森林资源的动态变化进行分析的目的。本次采取的方法为:首先对两期 TM 图像进行几何校正;其次,选择不同的图像增强方法,分别进行图像增强处理和比较,最终选择最佳的图像处理结果;第三,建立两期 TM 图像的解译标志,其中 1997年的解译标志基于同年的森林资源二类调查资料建立,2004年的解译标志基于同年外业调查的资料建立;第四;对两期 TM 图像进行有监分类处理[15];第五,对两期图像上林地动态变化进行统计分析。工作流程见图 1。

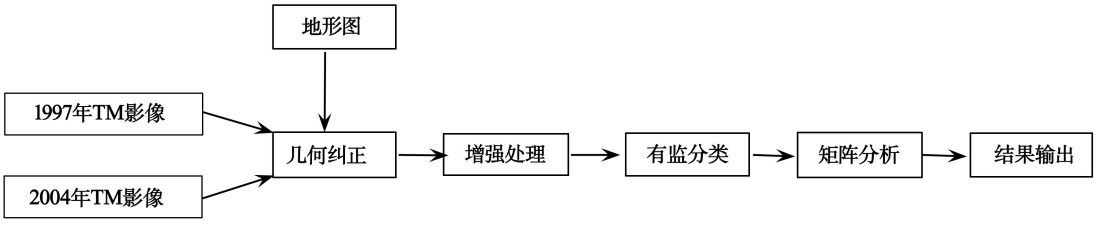

图 1 森林资源时空分析工作流程

4 结果及分析

4.1 图像配准

图像配准的方法是进行图像几何精纠正。本研究中,以研究区 1∶50 000的 DRG(数字栅格图)作为参考图像,分别对 1997年和 2004年的 TM 影像进行了几何纠正。采用二次多项式校正方法,采集了 20个均匀分布的明显地物点(河流的交汇点,桥梁,道路的拐弯处等)作为控制点,最终校正精度为 0.27个像元,满足误差小于 0.5个像元的精度要求。

4.2 图像增强方法的确定及预处理

以 1997年蔡家川林场森林资源二类调查结果为依据,以同年的 TM 遥感数据为处理对象,分别选用主成分变换(PCA)、比值变换、LBV变换 3种图像

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

增强方法[16], 对遥感图像进行处理, 增强后图像对地类的识别能力见表 1。

表 1　图像变换后的地类识别能力的比较

地类	主成分变换	比值变换	LBV变换
油松	可识别	可识别	可识别
栎类	与杨类有混淆	与杨类有混淆	可识别
杨类	与栎类有混淆	与栎类有混淆	与裸地不易区分
农田	可识别	与林地不易区分	不易区分
裸地	可识别	可识别	可识别
采伐迹地	可识别	不易识别	不易区分

从表 1可以看出, 经过比值变换的图像消除了地形的影响, 但是阔叶林之间不能区分, 以及采伐迹地与裸地色调相似, 不易分辨, 容易错分; LBV 变换后的图像总体视觉效果较好, 类于真彩色, 但是杨类与裸地色调相似, 不易区分, 采伐迹地也不易辨别; 相比之下, 经过主成分变换后的图像在区分地类方面优于其它两种变换。根据这一结论, 对 1997年和 2004年 TM 影像分别进行 PCA 变换, 前者以 PCA3 + PCA2+ PCA1进行 RGB(红、绿、蓝通道)合成, 后者以 PCA2+ PCA3+ PCA1进行 RGB合成。

4 3　建立解译标志

根据 1997年森林资源二类调查原始资料以及 2004年野外实地调查的结果, 并结合影像特征, 建立两期遥感影像的解译标志, 结果见表 2、表 3。其中, 1997年影像最终确定为 6类, 即以栎树为主的硬阔叶林; 杨树为主的软阔叶林; 油松为主的针叶林; 农田 1为有农作物覆盖的农田, 农田 2包括裸地、道路、荒地以及无农作物覆盖的农田; 以及采伐迹地 (主要是 1997年以前未实行天保工程的森林作业地)。2004年影像最终确定为 5类, 与 1997年相比, 去掉采伐迹地, 其他地类不变。

表 2　1997年蔡家川林场 TM 影像解译标志

地类	颜色	特征描述
栎类	绿色	以栎、桦为主的阔叶林或针阔混交林
油松	暗红色	以油松为主的针叶树过熟林、成熟林以及近熟林
农田 1	浅兰色	有农作物覆盖的农地
农田 2	白色	没有作物覆盖的农地, 道路及无林地
杨类	浅绿色	主要以杨树类为主的阔叶林或少量针阔混交林
采伐迹地	品红色	进行过人工作业

表 3　2004年蔡家川林场 TM 影像解译标志

地类	颜色	特征描述
栎类	品红色	以栎、桦为主的阔叶林或针阔混交林
油松	绿色	以油松为主的针叶树过熟林、成熟林以及近熟林
农田 1	浅兰色	有农作物覆盖的农地
农田 2	蓝色	没有作物覆盖的农地, 道路及无林地
杨类	白色	主要以杨树类为主的阔叶林或少量针阔混交林

4 4　图像分类

在遥感图像处理系统支持下, 依据解译标志建立训练样区, 分别进行监督分类、聚类分析以及去除分析, 结果见图 2、图 3。

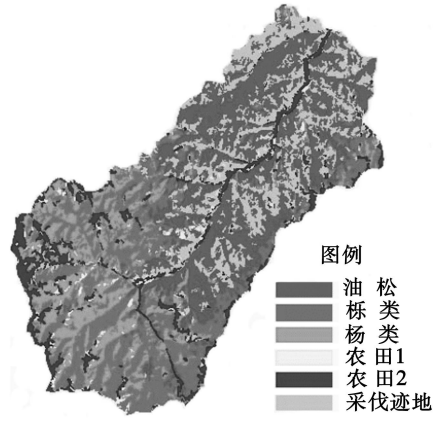

图 2　蔡家川林场 1997年图像分类结果

图 3　菜家川林场 2004年图像分类结果

4 5　各地类面积动态变化

4.5.1两期各地类面积统计及其变化　各地类的面积变化是评价天然林保护成效的一项非常重要指标[17]。为了全面了解研究区的地类面积变化, 对两个时期遥感影像地类分类的结果进行了统计 (见表 4)。

由表 4可知, 1997年栎类、油松、杨类分别占蔡家川林场总面积的 30.3%、26.1%和 15.3%, 2004年栎类、油松、杨类分别占总面积的 32.1%、34.5%和 22.0%, 与 1997年相比分别增长了 1.8%、8.4%和 6.7%。可以看出, 栎类、油松、杨类面积均有增加, 特别是油松增加幅度较大, 其次是杨类和栎类; 1997年大片的采伐迹地到 2004年已经消失, 在一定程度上说明了天然林保护工程的效果。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 4 蔡家川林场两期各地类面积变化对比

年份	项目	栎类	油松	农田 1	农田 2	杨类	采伐迹地	合计
1997年	面积 /km²	63. 825	54 919	3 263	19. 483	32. 212	36 636	210. 338
	像元数	102 202	87 958	58 766	5 253	31 560	51 594	337 333
	面积比例 /%	30 3	26 1	1 6	9. 3	15 3	17. 4	100
2004年	面积 /km²	67. 595	72 621	7 162	16. 674	46. 286	0	210. 338
	像元数	108 201	116 301	11 474	26 928	74 150	0	337 054
	面积比例 /%	32 1	34 5	3 4	8. 0	22 0	0	100
	增减 (+ /-)	+ 3. 77	+ 17. 702	+ 3 899	- 2. 809	+ 14. 074	- 36 636	

4. 5. 2 1997年至 2004年间主要优势树种的空间变化 对两期影像的分类结果进行矩阵分析, 并将分析的结果转化成矢量文件, 在 GIS支持下, 对转化来的矢量文件进行选择查询, 可以得到各地类分布及面积变化的情况 (见图 4、5、6)。

由图 4可以看出, 油松空间分布变化主要发生在油松生长适应区的林场中部和东北部, 根据历史资料证明, 此变化主要是 1997年的采伐迹地经过封山育林后自然更新或是人工造林引起的变化; 图 5反映了栎类的空间分布变化, 这种变化主要来源于自然更新以及针叶林向阔叶林的演替, 还有农田退耕还林等原因。图 6表明了杨类的空间分布变化格局, 此变化主要来源于采伐迹地的自然更新以及针叶林的演替, 还有农田退耕还林等原因。

图 4 油松发生增长变化的区域

图 5 栎类发生增长变化的区域

图 6 杨类发生增长变化的区域

4 5. 3 1997年至 2004年间森林覆盖率的变化情况 依据研究区遥感影像的实际情况, 对两期的森林覆盖率进行了计算, 结果见表 5。

表 5 蔡家川林场各类土地面积变化对比

年份	有林地 /km²	无林地 /km²	采伐迹地 /km²	森林覆盖率 /%	合计 /km²
1997年	150. 956	22 746	36 636	71 8	210. 338
2004年	186. 502	23 836	0	88 7	210. 338
增减 (+ /-)	+ 35. 546	+ 1 090	- 36. 636	+ 16 9	

由表 5可以看出, 整个林场有林地面积从 1997年的 150 956 km²增加到 2004年的 186 502 km², 增加 35 546 km², 森林覆盖率由 71. 8% 上升至 88. 7%, 提高了 16 9%。从各地类面积变化情况来看, 有林地面积的增加主要是由于实施天然林保护工程后, 实行封山育林等政策, 原来的采伐迹地现在已经变成有林地, 从而提高了森林覆盖率。

4 5. 4 1997年至 2004年间地类相互变化 统计分析天然林区不同地类属性之间的动态变化, 也是了解天然林资源消化变化的重要内容。从中可以了解天然林资源动态变化的趋势, 为确定天然林的经营决策提供依据。本次研究中, 主要通过建立研究区两期地类面积转移阵的方法进行分析, 结果见表 6。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 6　1997年和 2004年蔡家川地类面积变化情况对比　　km²

项目		1997地类变化						
		栎类	油松	农田 1	农田 2	杨类	采伐迹地	合计
2004年地类变化	栎类	44. 210	7. 501	0 457	0. 608	10 367	4 453	67. 595
	油松	5. 408	44 771	0 570	0. 709	0. 840	20 323	72. 622
	农田 1	0. 226	0 049	0 215	4. 073	0. 665	1 934	7. 162
	农田 2	1. 808	0 441	0 754	10. 124	1. 335	2 213	16. 674
	杨类	12. 173	2 158	1 268	3. 970	19 005	7 713	46. 286
	合计	63. 825	54 919	3 263	19. 483	32 212	36 636	210. 338

表 6表示的是面积变化的绝对值。对 7 a内油松、栎类、杨类和农田的变化进行进一步分析, 分析各地类的交互变化情况。2004年油松的增加部分主要是 1997年分类中属于采伐迹地、栎类、杨类和农田的类型, 其中, 来自采伐迹地的部分占所有油松增加部分的 73%, 栎类、杨类、农田分别占了油松增加部分的 19%、3%和 5%; 2004年栎类的增加部分主要来自 1997年属于杨类、油松和采伐地的类型, 其中, 杨类占栎类增加部分的 44%, 油松、采伐地分别占了栎类增加部分的 32%和 19%; 2004年杨类的增加部分主要来自 1997年属于栎类、采伐地和农田的类型, 其中, 栎类占杨类增加部分的 45%, 采伐地和农田分别占了杨类增加部分的 28%和 20%。总体来看, 蔡家川林场林地的增加主要来自于 1997年属于采伐迹地的部分, 说明天然林保护工程在该林场取得了明显成效。在林地所有增加的部分中, 油松和杨类的增加幅度较大, 分别占有林地增加总面积的 49. 8%和 39. 6%, 这说明油松和杨类这两个树种是当地植树造林的先锋树种。

5　结论

(1)利用不同时相遥感影像进行森林资源的时空动态变化分析, 能够直观地反映森林资源的消长变化和分布状况。由研究看出, 油松、栎类、杨类等主要树种分布面积分别增加了 8 4%、1 8%和 6 7%。

(2)自从实施天然林保护工程以后, 蔡家川林场森林资源总体有所增加, 有林地面积大幅增加, 森林覆盖率大约增加了 16 9%, 充分说明, 天保工程有利于森林资源的自然更新及林场的可持续发展。

(3)林地类型之间发生了明显的变化, 其中, 55. 5%的采伐地区域变成了油松林地, 21. 1%的采伐地区域变成了杨类林地。说明油松和杨树是该区域的适生树种和先锋树种。因此, 从森林经营的角度看, 该林场将来的森林经营模式主要是营造混交林。

(4)黄土高原树种单一, 而且分布特征明显, 是利用遥感技术进行天然林资源时空变化研究的理想场所。随着遥感数据成本的不断下降、图像空间分辨率的不断提高以及传感器类型的不断增多, 遥感技术在黄土高原天然林资源监测中将发挥更大的作用。

参考文献:

[1] 陈蓬. 建立管护经营承包制 有效保护天然林 [J]. 林业经济, 2003(7): 24~26

[2] 国红, 陆元昌, 洪玲霞. 基于 RS与 GIS的西峡县森林资源时空动态变化 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2005, 29(4): 53~56

[3] 郑光, 田庆久, 李明诗. 基于 ETM+遥感影像的南京市城市绿地的动态监测 [J]. 遥感信息, 2005(5): 22~24, 44

[4] 彭光雄, 李京, 武建军. 基于遥感的常德市城市扩展动态变化研究 [J]. 遥感信息, 2005(6): 32~37

[5] 张红, 舒宁, 刘刚. 多时相组合分类法在土地利用动态监测中的应用 [J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2005, 30(2): 131~134

[6] 孔祥生, 苗放, 刘鸿福. 利用多时相 Landsat遥感图像数据对土法炼焦点进行动态监测——以山西省东南部地区为例 [J]. 遥感技术与应用, 2005, 20(5): 460~464

[7] 张海林, 赵燕, 吴泉源. 基于 RS和 GIS的龙口市土地利用动态变化分析 [J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2005, 20(4): 62~64

[8] 刘静玉, 钱乐祥, 苗长虹. 基于 RS与 GIS技术的豫西山地典型区域 LUCC动态监测研究 [J]. 河南大学学报(自然科学版), 2005, 35(2): 46~51

[9] Turner B L, David Skole, Steve Sanderson. Land use and land cover change: Science/Research planning [R]. IGB Reports No. 35, Stockholm, 1995

[10] 雷军, 张雪艳, 吴世新. 新疆城乡建设用地动态变化的时空特征分析 [J]. 地理科学, 2005, 25(2): 161~166

[11] 丁圣彦, 张明亮. 1988—2002年开封市景观动态变化 [J]. 地理研究, 2005, 24(1): 28~37

[12] 朱晓铃, 汪小钦, 陈芸芝. 漳州市沿海防护林变化的遥感动态监测 [J]. 遥感技术与应用, 2005, 20(2): 243~346

[13] 吕宁, 高杨, 邓玉娇. 浙江省义乌市城市空间结构动态变化遥感监测 [J]. 国土资源遥感, 2005(4): 65~68

[14] 汤洁, 李昭阳, 林年丰. 松嫩平原西部草地的时空变化特征 [J]. 资源科学, 2006, 28(1): 63~69

[15] 党安荣. ERDAS IMAGE遥感图像处理方法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004

[16] 曾志远. 陆地卫星数据信息提取的一个新方法 [J]. 环境遥感, 1990, 5(2): 128~139

[17] 游先祥. 森林资源调查、动态监测、信息管理系统的研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net