

基于 GF-1 和 TM 数据的金河林业局天然林保护成效评估研究

胡 鸿^{1,2}, 鞠洪波¹, 田 昕¹, 杨雪清², 孙志超²

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091; 2. 国家林业局调查规划设计院, 北京 100714)

摘要: [目的] 利用遥感影像的特点, 将地表覆盖类型和植被覆盖度作为天然林保护成效评估的研究指标, 提出一种评估天然林保护成效的方法。 [方法] 首先, 分析 GF-1 遥感影像特点, 结合 TM 影像特点, 研究针对 GF-1 遥感影像的处理和分析技术; 其次, 选择评估天然林保护成效评估的指标; 再次, 选取内蒙古金河林业局作为试验区, 对试验区的地表覆盖类型变化、植被覆盖度变化进行分析, 结合现地调查数据进行验证, 从而评估天然林保护成效。 [结果] 基于采用分类后比较法能够有效检测出地表覆盖类型变化, 经验证检测精度能够达到 90% 以上; 归一化植被指数结合像元二分模型能够用于复杂地表植被覆盖度的反演, 经野外实测数据验证精度可达到 83%。 [结论] 根据地表覆盖类型变化和植被覆盖度变化监测结果, 金河林业局天然林保护工程实施以来实现了森林资源由过度消耗向恢复性增长转变。

关键词: 天然林保护; GF-1; TM; 地表覆盖类型; 植被覆盖度

中图分类号: S771.8

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2019)01-0141-06

国内遥感技术在林业中的应用主要包括森林资源监测、林业工程监测与生态效益评价、森林资源开发利用等方面, 如胡博等^[1]以寒温带针叶林区域为例开展基于遥感影像的大区域植被类型样本快速提取方法研究, 任冲等^[2]开展了多源数据林地类型的精细分类方法, 陈巧等^[3]开展了基于 3S 技术的天保区植被变化监测方法研究, 曹庆先等^[4]基于 TM 影像纹理与光谱特征和 KNN 方法开展了 5 种红树林群落生物量的估算。在天然林保护成效评估方面, 主要是基于生态定位站数据或者一类清查样地数据进行评估。使用遥感技术, 曾经基于 TM 遥感数据开展了天然林资源信息提取的工作, 但尚未真正使用遥感技术开展国家需要的工程成效评估^[5-11]。本研究通过采用分类后比较法监测地表覆盖类型变化, 采用归一化植被指数结合像元二分模型对复杂地表植被覆盖度的反演监测植被覆盖度变化, 实现对金河林业局天然林保护成效的评估。

1 实验区域与实验数据

1.1 实验区概况

实验区位于内蒙古自治区呼伦贝尔盟根河市金河镇的金河林业局。位于 120°52'57"~122°39'32"E, 51°01'45"~51°45'20"N。东西长 110 km, 南北宽 60 km。该区属寒温带季风气候, 寒温带针叶林区, 森林类型以兴安落叶松 (*Larix gmelini* (Rupr.) Rupr.) 为优势建种群, 是该区典型的植被类型。林业局总面积为 517 228 hm², 林地面积为 516 224 hm², 有林地面积为 459 680 hm²^[12]。

1.2 数据来源

采用 2 期的二类小班调查数据, 主要用于遥感影像分类精度评价的辅助数据。第 1 期为 2004 年的二类调查数据, 第 2 期为 2015 年的二类调查数据 (实际现地调查时间为 2012 年, 2015 年进行的数据更新)。小班调查的属性包括: 林班号、小班号、地类、林种、面积、森林类别、立地类型、地貌、坡向、坡位、坡度、海拔、郁闭度、优势树种、树种组成、龄组、

平均树高、平均胸径、小班蓄积、公顷蓄积等。

采用2004年8月22日接收的Landsat5 TM和2015年9月4日GF-1遥感影像,进行地表覆盖类型变化分析。

1.3 遥感影像预处理

对Landsat-5 TM和GF-1遥感影像数据依次进行辐射定标、大气校正和影像配准等预处理;Landsat5 TM数据辐射定标参数设置从头文件中自动读取,GF-1数据辐射定标参数参考中国资源卫星应用中心的《2015年国产陆地观测卫星绝对辐射定标系数(CBERS-04,GF-2,GF-1,ZY-3,ZY-1 02C,SJ-9A,HJ-1A/1B)》;采用基于大气辐射传输法的FLAASH模型对Landsat-5 TM和GF-1遥感影像进行大气校正,校正过程在ENVI5.1软件中完成;以Landsat TM影像为参考影像,对高分一号影像进行配准;将配准后的高分一号影像的像元大小重采样到与Landsat5 TM影像像元大小一致。

2 研究方法

2.1 成效评估指标

选择地表覆盖类型和植被覆盖度作为天然林保护成效评估的研究指标。

2.2 地表覆盖类型变化

影像分类:对预处理后的影像运用最大似然法对影像进行分类。根据研究区情况确定分类系统,直接利用影像光谱信息选取训练样本,并利用二类调查数据进行基于混淆矩阵的分类精度验证。

实地验证:对分类过程中存在疑惑以及重点变化区域进行实地验证,利用GPS定位取样并将结果叠加至分类影像图中,对比分析后对分类进行调整和修改。

分类后变化检测:对两期分类后影像进行变化检测。分别依据应用目的对两幅图像的属性进行重编码、匹配后得出变化检测影像图及统计结果,并对结果进行分析和验证^[13]。

地表覆盖度变化监测技术的具体技术路线如图1所示。

因为针对多时相多源遥感影像进行分类,所以采用分类后比较法^[14]。这种方法可以避免直接变化检测法对两期(或多期)不同时相图像的成像条件要基本一致的条件,以及两期(或多期)图像间的辐射校正匹配等问题,对用多源遥感数据进行变化检测也具有较好的效果;此方法还可以直接提供变

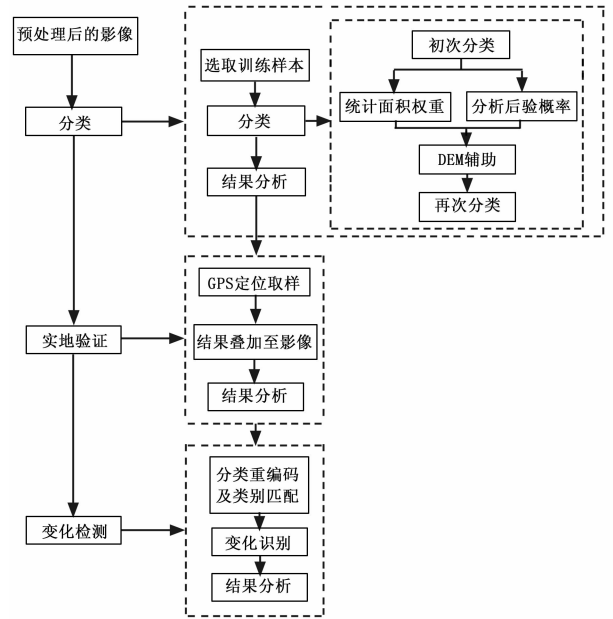


图1 地表覆盖度变化监测技术路线图

Fig. 1 Technology roadmap for monitoring change of surface coverage

化前后的地物类别信息和变化信息。

2.3 植被覆盖度变化

两期遥感影像经过预处理后,选取合适的植被指数,利用像元二分法分别进行两期植被覆盖度的估算,将估算结果求差得到植被覆盖度变化。

植被覆盖度反演:采用NDVI结合像元二分模型估算植被覆盖度。根据实验区的实际情况,采用像元二分模型中的混合像元模型进行反演^[3]。

变化监测结果:将植被覆盖度估算结果求差得到植被覆盖度变化情况。

相对变化监测分析:针对植被覆盖度变化区域,结合天保工程情况、实地调查数据等信息进行变化结果分析,找到变化的原因,对天保工程建设成效进行评价。

具体的技术路线如图2所示。

3 结果与分析

3.1 土地覆盖类型

3.1.1 土地覆盖类型分类精度 针对试验区的地表覆盖和土地类型情况,参考森林资源清查规程和《全国遥感监测土地利用/覆盖分类体系》,确定该应用示范区土地覆盖遥感分类的类别包括有林地、湿地、火烧迹地、建筑用地和水域共5类。

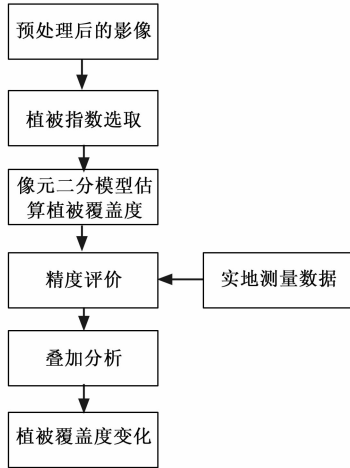


图2 植被覆盖度变化监测技术路线图
Fig.2 Technical roadmap for monitoring change of vegetation coverage

利用二类调查数据进行精度评价得到的分类结果精度评价结果表明,2期影像的总体精度均达到80%以上(表1、表2),满足后续变化检测的应用需求。

3.1.2 地表覆盖类型变化分析 统计2004年和2015年各地表覆盖类型的面积如表3所示。可以看出,2004—2015年间,火烧迹地面积减少了约8 165 hm²;2004—2015年间金河林业局西南及东北部发生林火,形成一定面积火烧迹地,统计约为5 310 hm²;有林地面积明显增加;湿地面积减少,大部分转化为有林地;其它类型面积变化不大(表4)。总体来说,金河林业局2004—2015年间森林(有林地和湿地)面积增加约为11 057 hm²,森林(有林地和湿地)面积覆盖率由92.11%提高至94.61%。

表1 2004年分类结果精度评价

Table 1 Accuracy evaluation of classification results in 2004

项目 Items	有林地 Forestland	湿地 Wetland	火烧迹地 Burned land	建设用地 Construction land	水域 Body of water	样本总数 Total number of samples	生产者精度 PA/%
有林地 Forestland	2 025	123	85	34	7	2 274	89.05
湿地 Wetland	120	1 819	111	17	15	2 082	87.37
火烧迹地 Burned land	111	98	1 227	66	6	1 508	81.37
建设用地 Construction land	0	0	71	305	16	392	77.81
水域 Body of water	0	39	0	5	165	209	78.95
样本总数 Total number of samples	2 256	2 079	1 494	427	209	6 465	
用户精度 UA/%	89.76	87.49	82.13	71.43	78.95		

总体精度: (5 541/6 465) = 85.71%, Kappa 系数: 0.800 03。

表2 2015年分类结果精度评价

Table 2 Accuracy evaluation of classification results in 2015

项目 Items	有林地 Forestland	湿地 Wetland	火烧迹地 Burned land	建设用地 Construction land	水域 Body of water	样本总数 Total number of samples	生产者精度 PA/%
有林地 Forestland	7 472	174	218	4	6	7 874	94.89
湿地 Wetland	477	6 324	446	28	1	7 276	86.92
火烧迹地 Burned land	399	263	3 814	119	50	4 645	82.11
建设用地 Construction land	0	238	344	471	43	1 096	42.97
水域 Body of water	0	17	5	19	376	417	90.17
样本总数 Total number of samples	8 348	7 016	4 827	641	476	21 308	
用户精度 UA/%	89.51	90.14	79.01	73.48	78.99		

总体精度: (18 457/21 308) = 86.62%, Kappa 系数: 0.806 49。

表3 2004—2015面积变化统计

Table 3 Area change statistics 2004—2015 hm²

项目 Items	2004年面积 Area in 2004	2015年面积 Area in 2015	面积变化 Area change
火烧迹地 Burned land	21 863.74	13 697.91	-8 165.83
建设用地 Construction land	5 635.49	6 063.66	428.17
有林地 Forestland	270 489.31	347 016.78	76 527.47
湿地 Wetland	135 974.13	70 503.66	-65 470.47
水域 Body of water	7 326.59	4 007.25	-3 319.34
总面积 Total area	441 289.26	441 289.26	0

将2004年和2015年的土地覆盖类型变化运算,得到主要地类到其他地类的转化如图3所示。从2004—2015年两期影像变化检测图可以看出,在2004—2015年间金河林业局西南及东北部有小面积林火发生,形成火烧迹地,过火面积约为5 310 hm²,如图3(a)所示;2003金河林业局南部由林火形成的火烧迹地已有部分完全恢复为有林地及湿地,如图3(b)所示;有很大一部分湿地转变为有林地,如图3(c)所示。

表4 2004—2015年土地类型转移矩阵
Table 4 Land type transfer matrix 2004—2015

hm²

项目 Items	2004年				
	火烧迹地 Burned land	建设用地 Construction land	有林地 Forestland	湿地 Wetland	水域 Body of water
2015年 火烧迹地 Burned land	6 913.05	338.49	5 039.55	1 096.95	309.87
建设用地 Construction land	723.35	1 146.51	2 113.47	1 890.36	189.97
有林地 Forestland	7 138.24	1 121.06	256 442.47	77 823.62	4 491.39
湿地 Wetland	6 816.31	2 695.53	5 525.91	54 326.24	1 139.67
水域 Body of water	272.79	333.9	1 367.91	836.96	1 195.69

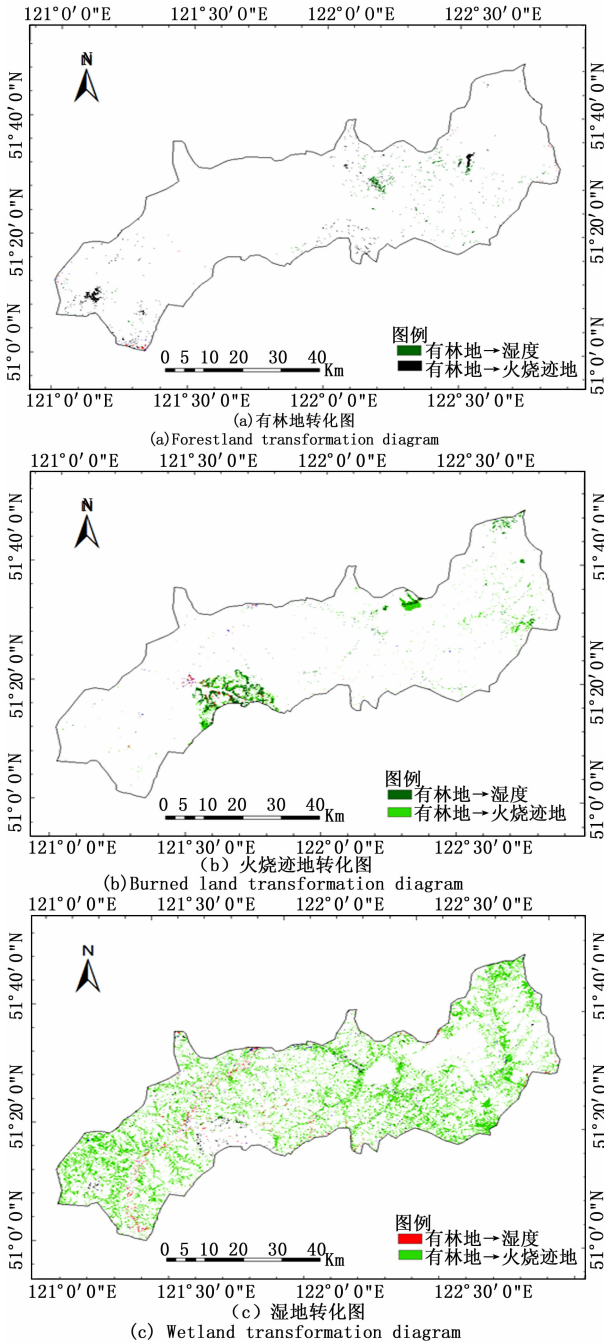


图3 2004—2015年某地类向其他各地类转化图
Fig. 3 The transformation diagram of a class to other local classes 2004—2015

3.2 植被覆盖度变化

3.2.1 植被覆盖度估算结果和精度 利用植被指数进行像元二分模型植被覆盖度的估算公式如下：

$$FVC = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$$

其中： $NDVI_{soil}$ 是无植被像元的 $NDVI$ 值，即完全被裸土覆盖的像元的 $NDVI$ 值； $NDVI_{veg}$ 是全植被像元的 $NDVI$ 值，即完全被绿色植被覆盖的像元的 $NDVI$ 值。像元二分模型的关键为计算 $NDVI_{veg}$ 和 $NDVI_{soil}$ 的值，取值会随植被类型和时空分布而发生变化，借助林相图，两者取值分别对应影像上给定置信区间内的最大值和最小值。试验不同的置信度值，并用野外实测数据进行验证，取精度最高情况下对应的 $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ 作为研究区植被覆盖度反演的 $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ ，森林在各置信度值对应的覆盖度反演精度如表5所示。

表5 不同置信度的模型参数及林地覆盖度反演精度

Table 5 Land type transfer matrix 2004—2015

项目 Items	置信度 0.1%	置信 0.5%	置信度 1%
	Confidence degree 0.1%	Confidence degree 0.5%	Confidence degree 1%
$NDVI_{soil}$	0.440 5	0.480 0	0.492 2
$NDVI_{veg}$	0.750 4	0.735 2	0.726 1
RMSE	0.214 3	0.197 9	0.239 7
精度(1-RMSE)/%	78.57	80.21	76.03

用0.5%作为置信度区间截取 $NDVI$ 上下限阈值近似代表 $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ ，两期影像的取值情况如表6所示。

表6 $NDVI_{veg}$ 和 $NDVI_{soil}$ 取值

Table 6 Value of $NDVI_{veg}$ and $NDVI_{soil}$

年份 Year	$NDVI_{veg}$	$NDVI_{soil}$
2014	0.735 2	0.480 0
2015	0.795 6	0.216 0

将 $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ 代入模型，即可得到两期研究区的植被覆盖度图，经野外实测数据验证精度达到83%，金河林业局2004年和2015年植被覆盖度如图4所示：

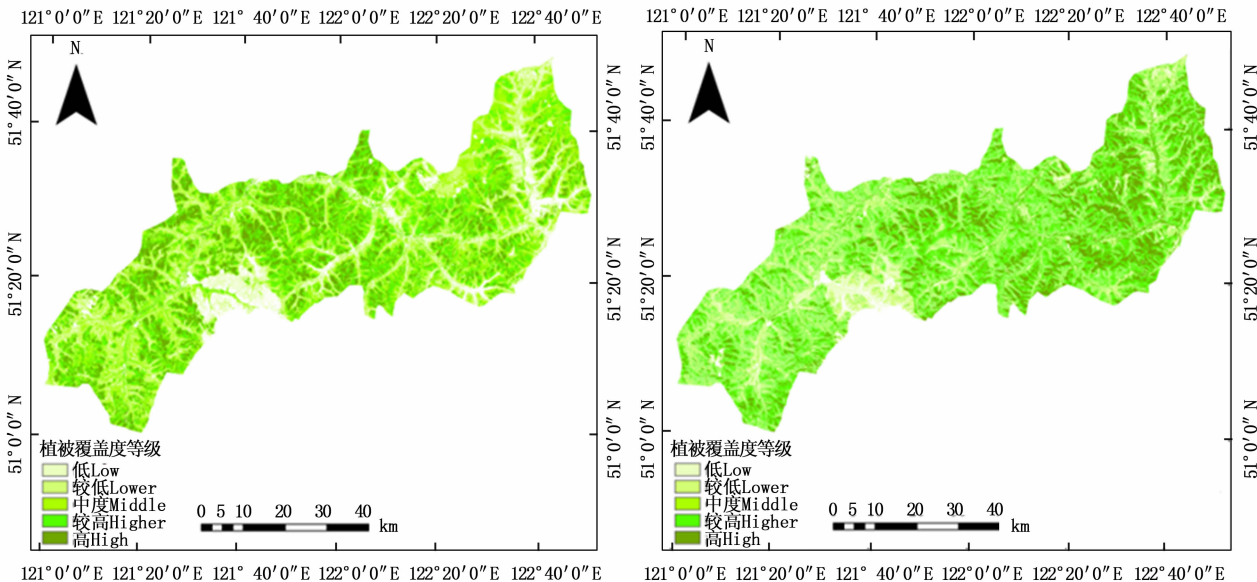


图 4 金河林业局 2004 年(左)和 2015 年(右)植被覆盖度等级分布

Fig. 4 Distribution of vegetation coverage in 2004 (left) and 2015 (right) of JinHe Forestry Bureau

3.2.2 植被覆盖度变化分析 将植被覆盖度变化 (f_c) 分为 10 个等级:5 级负变化,低退化 ($-20\% \leq f_c < 0$)、较低退化 ($-40\% \leq f_c < -20\%$)、中度退化 ($-60\% \leq f_c < -40\%$)、较高退化 ($-80\% \leq f_c < -60\%$)、高退化 ($-80\% \leq f_c < -1$),5 级正变化,低增长 ($0 \leq f_c < 20\%$)、较低增长 ($20\% \leq f_c < 40\%$)、中度增长 ($40\% \leq f_c < 60\%$)、较高增长 ($60\% \leq f_c < 80\%$)、高增长 ($80\% \leq f_c < 1$)^[15]。基于上述植被覆盖度变化的 5 个正变化等级分类,将天然林恢复成效评估等级分为低恢复、较低恢复、中度恢复、较高恢复、高恢复,如图 5 所示。金河林业局 2004—2015 年各植被覆盖度等级转移矩阵见表 7。

植被覆盖度的相对变化监测结果表明,尽管期间出现森林火灾等自然灾害,大面积毁坏森林,但截

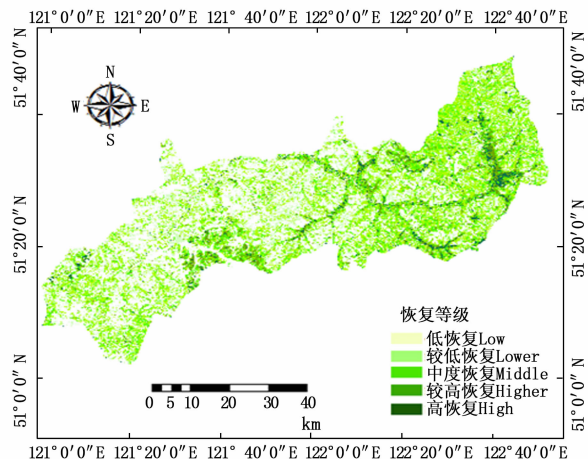


图 5 2004—2015 金河林业局植被覆盖恢复等级评估图

Fig. 5 Assessment map of vegetation cover recovery in Jinhe Forestry Bureau

表 7 金河林业局 2004—2015 年各植被覆盖度等级转移矩阵

Table 7 Grade transfer matrix of vegetation coverage from 2004 to 2015 in Jinhe Forestry Bureau %

项目 Items	2004 年				
	低 Low (0%~20%)	较低 Lower (20%~40%)	中 Middle (40%~60%)	较高 Higher (60%~80%)	高 High (80%~100%)
2015 年 低 Low(0%~20%)	9.30	1.84	0.62	0.20	0.13
较低 Lower(20%~40%)	8.17	7.60	5.42	1.03	0.34
中 Middle(40%~60%)	23.89	30.86	25.31	4.50	0.83
较高 Higher(60%~80%)	35.68	41.34	44.86	29.50	11.60
高 High(80%~100%)	22.92	18.09	23.75	64.73	87.06

至 2015 年 9 月份植被覆盖度主要集中在中、较高、高等级区域。自 1998 年开始试点启动重点国有林区天然林保护工程以来,2000 年正式启动,到 2015 年天保工程二期中期,经过十多年努力金河林业局

的天然林保护取得了一定成效。

4 结论

(1) 基于采用分类后比较法能够有效检测出地

表覆盖类型变化,经验证检测精度能够达到80%以上。

(2)归一化植被指数结合像元二分模型能够用于复杂地表植被覆盖度的反演,经野外实测数据验证精度可达到83%。

(3)根据地表覆盖类型变化监测和植被覆盖度变化监测,金河林业局天然林保护工程实施以来实现了森林资源由过度消耗向恢复性增长转变,生态状况由持续恶化向逐步好转转变。

参考文献:

- [1] 胡博,鞠洪波,刘华,等. 基于遥感影像的大区域植被类型样本快速提取方法研究——以寒温带针叶林区域为例[J]. 林业科学研究, 2017,30(1):111-116.
- [2] 任冲,鞠洪波,张怀清,等. 多源数据林地类型的精细分类方法[J]. 林业科学. 2016,52(6):54-65.
- [3] 陈巧,陈永富,鞠洪波,等. 基于3S技术的天保区植被变化监测方法研究[J]. 林业科学研究,2013,26(6):736:743.
- [4] 曹庆先,徐大平,鞠洪波. 基于TM影像纹理与光谱特征和KNN方法估算5种红树林群落生物量[J]. 林业科学研究,2011, 24(2):144-150.

- [5] 罗杰,周广华,赖家明,等. 遥感技术在川西天然林资源监测中的应用——以道孚县甲斯孔林场为例[J]. 四川农业大学, 2010, 28(3):313-318.
- [6] 王慧,王兵,牛香,等. 长白山森工集团天保工程生态效益动态变化[J]. 中国水土保持科学,2017, 15(5):86-93.
- [7] 崔方茹,支玲,谢彦明. 陕西靖边天保工程森林生态系统服务功能价值评估[J]. 西南林业大学学报,2017,37(4):58-66.
- [8] 谭炳香,李增元,陈尔学,等. 高光谱遥感森林信息提取研究进展[J]. 林业科学研究, 2008,21(z1):105-111.
- [9] 栗永红. 连续清查在天然林保护工程效益监测中的应用[J]. 山西林业, 2007, (5):13-14.
- [10] 邢喜云. 凉城县天然林保护工程一期监测效果分析[J]. 内蒙古林业调查设计,2015,38(2):39-41.
- [11] 刘晓双. 海南省霸王岭天然林变化的遥感监测技术研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2010.
- [12] 毕杰和. 内蒙古自治区金河林业局森林资源现状评价分析[J]. 内蒙古林业调查设计,2011,34(2):38-40.
- [13] 方杰诗,周晓霖. 基于遥感影像和NDVI阈值法的银川市植被覆盖度反演与监测[J]. 节水灌溉,2014,(11):68-70.
- [14] 吕浩博. 基于多时相光谱遥感影像的变化检测研究[D]. 西安:中国科学院研究生院(西安光学精密机械研究所),2015.
- [15] 徐琼琨. 基于统计分析的多波段遥感图像变化检测方法研究[D]. 上海:上海交通大学,2013.

Study on the Evaluation of Natural Forest Protection in Jinhe Forestry Bureau Based on GF-1 and TM Data

HU Hong^{1,2}, JU Hong-bo¹, TIAN Xin¹, YANG Xue-qing², SUN Zhi-chao²

(1. Research Institute of Forest Resources Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Academy of Forest Inventory and Planning, State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: [Objective] Based on the characteristics of remote sensing images, the surface cover types and vegetation coverage were used as indicators to evaluate the effectiveness of natural forest protection, and a method to evaluate the effectiveness of natural forest protection was put forward. [Method] The characteristics of GF-1 data in China were analyzed, and the processing and analysis techniques for GF-1 remote sensing images were studied in combination with the features of TM images. Then, in view of the performance evaluation of natural forest protection, the indicators for evaluating the effectiveness of natural forest protection were selected. The Jinhe Forestry Bureau was selected as a test area, where the changes of surface cover type changes and vegetation coverage were analyzed, and then verified with field survey data to assess the effectiveness of natural forest protection. [Result] The post-classification method can effectively detect the changes of land cover types based on proven detection, the accuracy are higher more than 90%. Two pixel normalized vegetation index model can be used for inversion of complex surface vegetation coverage, and the accuracy verified by the field data can reach 83%. [Conclusion] According to the results of monitoring the change of surface cover type and vegetation coverage, the natural forest protection project has achieved some achievements since the implementation of the natural forest protection project of the forest resources from excessive consumption to the restorative growth.

Keywords: natural forest protection; GF-1; TM; surface cover type; vegetation coverage