

利用 3S 技术进行退耕还林工程信息提取的研究

黄建文, 陈永富, 陈巧

(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

摘要: 运用 3S 技术, 对退耕还林工程新造林信息进行了遥感监测, 监测内容主要包括以下 5 个方面: 退耕地的定位及面积量算, 退耕还林林种的遥感检查, 退耕地块的验收, 林木种植密度(株行间距)信息的检查, 造林成活率及长势的检查。采用了面向对象的信息提取技术, 开发了树冠因子自动提取程序, 为退耕还林工程的实施提供技术支持。

关键词: 3S 技术; 退耕还林; 高分辨率遥感; 面向对象的信息提取技术; 树冠因子

中图分类号: S714.7

文献标识码: A

Application Methods of "3S" Technology in Extracting Forest Information in the Project of Returning Farmland to Forest

HUANG Jian-wen, CHEN Yong-fu, CHEN Qiao

(Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Current situation and problems are analyzed concerning the national key ecological project of returning farmland to forest. On the basis of analysis above, methods are proposed on application of "3S" technology(RS, GIS and GPS) in the project of returning farmland to forest. By using the high resolution remote sensing imagery in the conversion farmland back to forest, the research contents related to five major aspects of the ecological project are as follows: positioning the farmland and measuring its area, categorizing and accepting the farmland, checking planting density, checking survival rate in new afforestation. Tree crown are mapped by using object-oriented image analysis, a program was developed to acquire tree crown factors. An attempt has been made to improve monitoring effect in the project of returning farmland to forest. The results indicated that the methods could be of some valuable in the ecological project.

Key words: "3S" technology; returning farmland to forest; high resolution remote sensing; object-oriented image analysis; tree crown factors

退耕还林工程是我国为了恢复日趋恶化的生态环境推出的重要举措, 由于工程实施过程中, 管理手段落后, 缺乏先进的科学技术作支撑, 出现了诸多问题, 如退耕目的不明确, 经济林、用材林的比重过大; 缺乏退耕规划, 使得许多该退的耕地没有退, 而许多需保留的耕地却退了下來^[1-3]。

目前, 3S 技术已经在退耕还林工程中发挥作用, 多用于工程的规划和验收, 遥感数据多是中低分辨率, 应用范围是区域级的^[4-9]。而在工程的实施中, 对于退耕地块的规划和造林验收等信息, 在中低分辨率的遥感影像上很难反映。本文选用 0.6 m 的高空间分辨率遥感数据, 针对退耕地块还林信息, 提

出退耕还林地的造林监测方法。

1 研究区概况

研究区位于海南岛昌江县东南部的王下乡,是该县最边远的山区。东邻白沙县,南接乐东县,西临东方市,地形属于山麓地带,年平均气温 24℃,平均相对湿度 80% 相对湿度 95%,年平均降水量大于 1 600 mm。直至 20 世纪 90 年代初,当地农民仍过着刀耕火种近于原始的生活。经过多年垦荒滥伐,原始森林已经退到了山峰顶部,大量山地为上世纪 80 年代以后养护起来的次生林所取代,水土保持功能弱,山地破坏严重。退耕还林工程的实施为王下乡严峻的现状带来转机,王下乡 2001 年开始退耕,树种以橡胶树(*Hevea brasiliensis* (H. B. K.) Muell. -Arg) 为主,退耕地块破碎。2003 年退耕树树冠 0.5 公顷 1.7 m。

2 材料与方方法

2.1 资料获取

获取覆盖实验区的两期高空间分辨率的快鸟数据,时间为 2002 年 8 月 28 日与 2004 年 8 月 28 日。图像大小为 1 000 × 1 000 个像素。另外,搜集了退耕区的 1:1 万地形图,退耕作业规划设计图以及工程造林验收竣工图等资料。对图像做了全色和多光谱的分辨率融合,使融合后的图像空间分辨率达到 0.61 m。并做了遥感图像的正射校正。

2.2 利用 3S 技术进行退耕还林工程信息提取

2.2.1 退耕还林林种的信息提取 根据退耕地的特点,基本可以识别出退耕类型。生态林在遥感图像中主要呈现的纹理较均匀。而经济林在遥感图像中树木排列较规整,退耕地边界清晰,林种信息的提取首先计算归一化植被指数 NDVI,以区分植被与非植被信息,然后使用最大似然法的监督分类提取不同林种的退耕地。

2.2.2 退耕还林种植密度(株行间距)信息的提取

国家对退耕还林地有严格的初植密度标准。新造小树由于有一定的种植间隔并且尚未郁闭,在高空间分辨率遥感影像上,有明显的反映,使用 ERDAS 遥感图像处理软件的屏幕测量工具,很容易测量出株行距。

2.2.3 基于 GIS 的检查验收信息的提取 目前的检查验收是用 1:1 万的地形图作为底图,靠设计人员对退耕地块现场轮廓勾绘所得,由于地形图的地物信息量少,勾绘地块的位置,形状,面积大小随设

计人员的不同会有较大的差别,存在很大的主观性。高空间分辨率遥感图像提供详细的地物信息,在 GIS 系统的支持下,可以进行退耕还林地块空间分布及林木种植及成活状况的核查,则避免了通常采用轮廓勾绘,图纸与现地无法匹配的缺陷。

2.2.4 利用面向地物对象的影像分析技术监测造林成活率 采用影像的多尺度分割技术,在任意尺度上,将同质像元合并成多边形对象,生成不同尺度的若干对象层,根据分割所得的影像对象特征,用规则进行目标信息提取^[10]。首先,在大尺度分割的对象层中,利用影像对象中对植被敏感的 4 波段比值,提取退耕地边界,比值特征是指某波段图像对象的光谱均值除以所有波段的图像对象的光谱均值之和,公式为: $r_L = \frac{C_{object}}{\sum_{i=1}^n C_i}$, 其中, L 是波段号, C 是光谱反射值,

C_{object} 是 L 波段图像对象的光谱反射均值, n 为波段数。在小尺度分割的对象层中,根据影像对象的亮度均值和对象间相邻性的特征,提取树冠信息,相邻性就是目标对象与邻近对象的亮度差异的加权均值,在树冠分类中可以有效地将树冠与周围地物分开。

计算公式: $c_i = \frac{1}{l} \cdot \sum_{i=1}^n l_i \cdot (I - I_i)$ 。其中 l 是图像对象的边界长度, l_i 是与相邻对象 i 的共享边界长, I 是图像对象的光谱均值, I_i 是相邻对象 i 的光谱均值, n 是相邻对象个数^[11]。由于考虑了影像对象的形状特征,相邻关系,类间特征等,比基于像元依赖光谱特征的常规分类具备很大的优越性^[12]。

2.2.5 树冠因子的自动提取技术 本研究在树冠分布图的基础上开发了树冠因子的自动提取程序。

(1) 设计与功能: 算法设计采用面向对象编程技术,对栅格图进行处理。根据分类后得到的树冠分布图,计算出图像中每一棵树的树冠因子: 冠幅,面积,中心点坐标,并根据中心点坐标分布式显示树冠因子信息,按比例显示成活树的空间分布。

(2) 对象的确立与实现: 图像是以行为单位存储的像素集合。将树冠分布图看成一个森林对象 Forest,它是树对象的集合: $Forest = \{ Tree_1, Tree_2, \dots, Tree_n \}$, 树对象是由若干线段对象组成: $Tree = \{ Segment_1, Segment_2, \dots, Segment_n \}$, 图像文件每一行当作是一个线段集合 $L = \{ Segment_1, Segment_2, \dots, Segment_m \}$, 整个图像文件看成一个行集合 $F = \{ Line_1, Line_2, \dots, Line_n \}$ 。因此,每一棵树是由上下相邻的 n_1 个线段 segment 组成的集合,其中,最长的

线段即为树的東西寬, 线段数目 n_l 即为树的南北寬, 所有线段的总长即为树的面积。

3 结果与分析

3.1 利用 GPS 对退耕地块的定位及面积量算

首先在退耕区的野外调查中, 利用 GPS 进行退耕地块定位并确定退耕类型, 然后量测出其面积(表 1), 作为后续研究的依据。由于海南退耕地块破碎, 面积小, 地块边界清晰, GPS 实测面积与遥感测量面积接近, 平均误差为 0.008 hm^2 , 规划退耕地面积与 GPS 实测面积的平均误差为 0.04 hm^2 , 遥感测量面积与规划面积的平均误差为 0.049 hm^2 。

3.2 退耕还林林种信息的遥感提取

在 2004 年的高空间分辨率遥感影像上, 根据图像的光谱, 纹理, 并结合不同类型退耕地的特点, 可以识别出生态林和经济林。经济林一般有成行的田垄, 管护较好, 且离居民点较近。生态林一般植于荒

山、陡坡等立地条件较差的区域, 树木排列不如经济林规整, 还林地中生态林和经济林的解译标志如表 2。计算图像的标准化植被指数 NDVI, 用以增强退耕还林信息, 利用最大似然监督分类方法对快鸟图像进行分类, 生成分类图。从而提取出经济林和生态林的面积如表 2。通过计算得出, 研究区经济林与生态林的比例是 2.36 1(如表 3)。

表 1 GPS 实测面积与遥感测量面积的比较

| 退耕地块号 | GPS 坐标(°) | | 规划类型 | 规划面积/ hm^2 | 遥感测量面积/ hm^2 | GPS 实测面积/ hm^2 |
|-------|-----------|-----------|------|---------------------|-----------------------|-------------------------|
| | N | E | | | | |
| 16 | 19.013 9 | 109.132 8 | 退耕地 | 0.621 | 0.761 | 0.772 |
| 17 | 19.011 1 | 109.134 2 | 退耕地 | 0.499 | 0.613 | 0.583 |
| 18 | 19.012 3 | 109.133 6 | 退耕地 | 0.851 | 0.879 | 0.826 |
| 19 | 19.007 5 | 109.136 8 | 退耕地 | 1.653 | 1.725 | 1.741 |
| 20 | 19.004 5 | 109.138 7 | 退耕地 | 0.974 | 1.007 | 0.992 |
| 21 | 19.004 5 | 109.138 9 | 退耕地 | 0.258 | 0.233 | 0.238 |
| 22 | 19.001 9 | 109.139 9 | 退耕地 | 1.154 | 1.196 | 1.185 |
| 23 | 19.011 8 | 109.142 1 | 退耕地 | 0.187 | 0.171 | 0.183 |

表 2 林种的解译标志

| 地类 | 退耕类型 | 林种 | 影像纹理 | 光谱色调 | 光谱均值(16bit) | | | |
|-----|----------|----|----------------------------------|------|-------------|-------|-------|-------|
| | | | | | 波段 1 | 波段 2 | 波段 3 | 波段 4 |
| 经济林 | 退耕 1 年 | 橡胶 | 多边形面状结构, 新植苗木树冠小, 影像无法反映。只见成行田垄 | 兰绿 | 236.5 | 237.9 | 359.1 | 611.2 |
| 经济林 | 退耕 2 年 | 橡胶 | 多边形面状结构, 新植苗木呈排列整齐的粗粒状黑点, 有一定的间距 | 红绿 | 147.5 | 205.6 | 284.3 | 635.3 |
| 经济林 | 退耕 3 年 | 橡胶 | 多边形面状结构, 多呈排列整齐的粗粒红点, 前后相连 | 砖红 | 142.5 | 201.6 | 287.6 | 821.9 |
| 生态林 | 荒山造林 1 年 | 相思 | 无规则边界, 散布于接近山顶的紫色细小颗粒, 背景为暗绿色 | 暗绿 | 164.0 | 220.3 | 331.0 | 758.0 |
| 生态林 | 荒山造林 2 年 | 相思 | 均匀无规则边界, 集中分布于荒山上的紫红色粗颗粒, 排列无规则 | 紫红 | 130.8 | 203.3 | 266.2 | 588.1 |

表 3 遥感提取的经济林与生态林的比例

| 林种 | 林种类型 | 面积/ hm^2 | 百分比/% | 合计/% | 经济林/生态林 |
|-----|--------|-------------------|-------|-------|---------|
| 经济林 | 1 年退耕地 | 5.08 | 14.72 | 70.26 | 2.36 |
| | 2 年退耕地 | 12.21 | 35.35 | | |
| | 3 年退耕地 | 6.97 | 20.19 | | |
| 生态林 | 1 年生态林 | 6.70 | 19.41 | 29.74 | |
| | 2 年生态林 | 3.57 | 10.33 | | |

3.3 退耕还林林种植密度(株行间距)信息的检查

由于海南岛试验区新退耕图像对小树形成的独特光谱和纹理特性, 并且田垄的杂草较少, 可用来检查造林的初植密度, 试验区造林地规定株间距 3 m, 行距 4 m, 使用屏幕测量工具可以测量试验地株行距, 如图 1 所示。计算其平均株间距是 3.02 m, 株行距是 4.02 m, 可以判定该退耕地块株行距符合标准。

3.4 退耕地块的检查验收

图 2 是 2002 年的快鸟影像与 2002 年工程造林验收竣工图的叠加。图 2(a) 是地形图做底图勾绘的退耕地块与快鸟影像的叠加, 图 2(b) 是在快鸟影

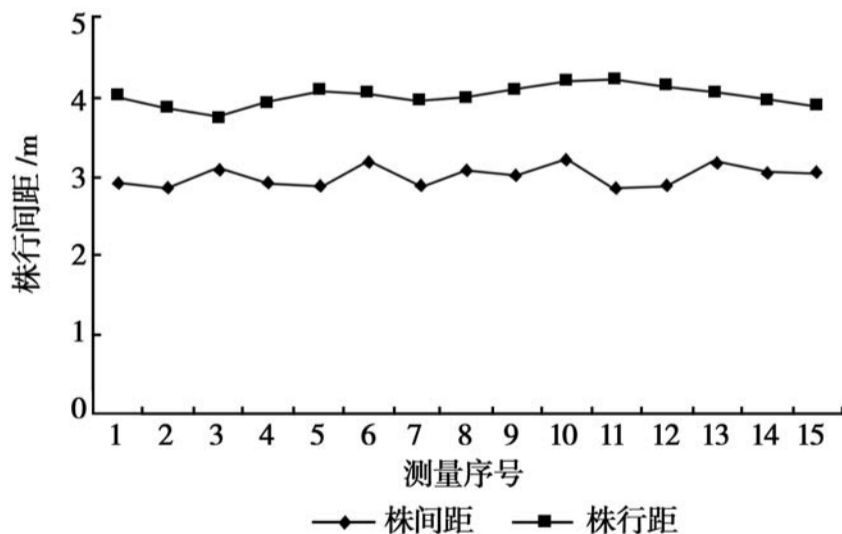


图 1 株行间距遥感量测

像上直接勾绘的退耕地块, 两者相比, (a) 图勾绘轮廓与地块边界吻合不上, 还有其它的非退耕地块被划到退耕地块中的情况, (b) 图由于直接从影像上勾绘边界, 遥感影像直接反映出造林地块, 目标清晰, 信息丰富, 可在 GIS 系统的支持下直接进行轮廓勾绘, 所以, 勾绘边界与地块吻合很好, 为管理部门科学准确地掌握地块现状提供了依据, 并且这些工作可以很快地在室内完成。



(a) 现地勾绘图与快鸟影像的叠加 (b) 在快鸟影像上勾绘的地块图

图 2 海南 2002 快鸟图像与造林验收竣工图叠加

3.5 造林成活率及长势的检查

本研究选用先进的面向对象的信息提取技术, 制作树冠分布图, 在此基础上, 开发了树冠因子提取程序, 从树冠图中计算出树冠因子, 统计造林成活率, 并根据实地测量数据进行精度验证, 最终结果输出到林业资源数据库中。

3.5.1 树冠分布图的制作 由高分辨率遥感影像制作树冠分布图, 利用 2004 年的影像, 对实验区中退耕一年的地块进行树冠分布图的制作。采用面向对象的影像分析技术。针对退耕地块进行大尺度分割, 提取出地块对象。在地块范围内, 针对树冠进行第二次小尺度分割, 提取树冠对象^[13]。其树冠分布图如图 3 所示。由于面向地物对象, 避免了类别间的相互干扰, 提取的地物更加精准。

3.5.2 树冠信息统计及成活率的计算 由树冠因子提取程序自动计算出树冠因子, 统计出海南 3 块样地的最大、最小冠幅尺寸(如表 4)。由表 4 看出, 该实验区遥感能提取的树冠尺寸在 0.6 m 以上。由提取的树冠统计成活树的个数, 从而得出退耕地的

造林成活率数据(如表 5), 由表 5 可以看出, 海南岛遥感影像计算出的 3 块样地的平均成活率为 87.76%, 实测的成活率为 92.39%, 平均精度达到了 94.06%。比较地面实测样地树冠尺寸与遥感测量树冠尺寸结果, 其误差见表 6。东西、南北冠幅的平均误差分别为 0.28 m 和 0.33 m。结果数据输入到林业资源数据库中, 为管理部门提供翔实的第一手数据, 及时准确掌握退耕地新造林的生长情况。

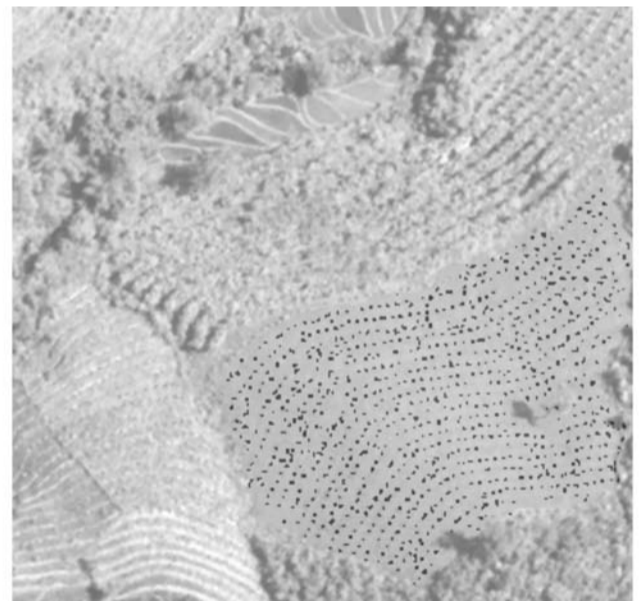


图 3 海南岛退耕地块树冠分布图

表 4 实测与遥感测量冠幅尺寸的比较 m

| 样地 | 实测(东西冠幅) | | 遥感测(东西冠幅) | | 实测(南北冠幅) | | 遥感测(南北冠幅) | |
|----|----------|------|-----------|-----|----------|------|-----------|-----|
| | 最大值 | 最小值 | 最大值 | 最小值 | 最大值 | 最小值 | 最大值 | 最小值 |
| 1 | 2.1 | 0.5 | 2.4 | 0.6 | 1.7 | 0.75 | 1.2 | 0.6 |
| 2 | 2.5 | 0.53 | 1.8 | 0.6 | 2.3 | 0.6 | 1.8 | 0.6 |

表 5 遥感测量成活率及误差检验

| 样地号 | 遥感测量 | | | 实测 | | | 精度 / % |
|-------|------|------|--------------|------|------|--------------|--------|
| | 成活株数 | 造林株数 | 成活率(保存率) / % | 成活株数 | 造林株数 | 成活率(保存率) / % | |
| 1 | 34 | 39 | 87.18 | 36 | 39 | 92.31 | 94.45 |
| 2 | 32 | 37 | 89.19 | 35 | 37 | 94.59 | 91.43 |
| 3 | 339 | 390 | 86.92 | 352 | 390 | 90.26 | 96.31 |
| (平均值) | | | 87.76 | | | 92.39 | 94.06 |

表 6 遥感测量冠幅、树冠面积的误差检验

| 样地号 | 误差 /m | |
|--------|-------|------|
| | 东西冠幅 | 南北冠幅 |
| 1 | 0.22 | 0.29 |
| 2 | 0.33 | 0.37 |
| (平均误差) | 0.28 | 0.33 |

4 小结

利用 3S 技术, 进行退耕还林工程信息的提取, 不仅减少了外业工作量, 而且大大提高了效率和精度, 为退耕还林工程的管理和决策支持提供了科学的依据, 具有很高的实用价值。

本文使用高分辨率遥感图像, 采用了先进的面向对象的图像信息提取技术, 根据图像对象的光谱和相邻性等特征自动提取树冠信息, 进而获取退耕还林地树木位置, 冠幅尺寸等信息。为退耕还林工程的管理提供了一种先进的技术方法。通过对结果的分析可知, 海南实验区遥感能提取的树冠尺寸在 0.6 m 以上, 冠幅尺寸的平均误差 0.4 m。

本研究利用高分辨率图像计算了退耕地的造林成活率, 平均成活率为 87.76%, 精度达到了 94.06%。造林成活率是退耕还林工程中的一个重要技术指标, 运用遥感的方法计算成活率无疑对工程的管理有重要的实用价值。

3S 技术支持下的退耕工程管理, 能够借助 RS 技术提供多期退耕地的影像, GPS 定位技术获取目标区域的精确坐标。根据本研究方法计算树冠因子, 可以得到树木生长趋势图, 更新 GIS 数据, 实现工程的动态管理和监测。

随着高空间分辨率影像数据的日益增多, 特别是近年来我国已发射的资源卫星及减灾卫星均载有高空间分辨率的传感器, 可以免费提供相关用户。使得高空间分辨率影像的使用日益广泛。由于图像

中能直接反映工程中详细信息, 所以如何利用先进的影像分析技术将其自动提取出来也成为其面向应用的关键。本文在退耕工程信息提取方面的应用技术研究, 是高分辨率遥感在林业应用领域的一次有益尝试。

参考文献:

- [1] 国家林业局退耕还林办公室. 退耕还林指导与实践 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003
- [2] 鞠洪波. 国家重大林业生态工程监测与评价技术研究 [J]. 西北林学院学报, 2003, 18 (1): 56 - 58
- [3] 张美华. 退耕还林(草)工程理论与实践研究 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005
- [4] 杨存建, 刘纪远, 张增强. 遥感和 GIS 支持下的云南省退耕还林(还草)决策分析 [J]. 地理学报, 2001, 56 (2): 181 - 188
- [5] 赵鹏祥, 刘广全, 王得祥, 等. “3S”技术用于黄土高原小流域退耕还林的方法构想 [J]. 西北林学院学报, 2003, 18 (1): 96 - 98
- [6] 刘勇, 刘悦翠, 王得军. 3S 技术在退耕还林工程项目监测中的应用 [J]. 西北林学院学报, 2008, 23 (2): 177 - 180
- [7] 张继平, 常学礼, 李健英, 等. 基于 3S 的呼和浩特市土地利用变化及其生态效应 [J]. 生态学杂志, 2008, 27 (12): 2184 - 2189
- [8] 张军, 倪绍祥, 周跃. GIS 技术支持下的龙川江流域退耕还林规划方法 [J]. 云南地理环境研究, 2003, 15 (2): 27 - 31
- [9] 石云, 米文宝, 刘万青. 3S 技术在宁夏南部山区退耕还林还草中的应用 [J]. 水土保持研究, 2006, 13 (1): 224 - 226
- [10] 黄慧萍, 吴炳方, 李苗苗. 高分辨率影像城市绿地快速提取技术与应用 [J]. 遥感学报, 2004, 8 (1): 68 - 74
- [11] Martin Baatz, Ursula Benz, Seyed Dehghani, *et al.* Ecognition User Guide [R]. Germany, 1999: 110 - 118
- [12] Hay G J, Guillermo Castilla, Wulder M A, *et al.* An automated object-based approach for the multiscale image segmentation of forest scenes [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2005 (7): 339 - 359
- [13] Schneider W, Steinwendner J. Landcover mapping by interrelated segmentation and classification of satellite images [J]. International Achieves of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32 (7): 3 - 4