

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.002

4 种绿化造林面积验收方法的比较研究

——以张家口地区为例

王 奇,付卓新

(国家林业和草原局林草调查规划院,北京 100714)

摘要:为有效解决大规模绿化造林面积验收精度差、效率低,成果信息化、可视化程度低的问题,以张家口地区为例,对比分析 4 种常用绿化造林面积验收方法。结果表明,奥维互动地图软件勾绘验收和利用无人机技术验收是适用性较强的两种方法。当地势平缓,地标地物明显时,奥维互动地图软件勾绘验收方法灵活、准确、易操作;当地形复杂,造林地块多位于山区、沟壑地带时,无人机技术验收精度高、外业劳动强度低,成果信息化、可视化程度高。

关键词:绿化造林;验收方法;面积测量;GPS;奥维互动地图软件;无人机技术;张家口地区

中图分类号:S725.3 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0007-06

引文格式:王奇,付卓新.4 种绿化造林面积验收方法的比较研究[J].林业调查规划,2023,48(3):7-12.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.002

WANG Qi, FU Zhuoxin. Comparative Analysis of Four Acceptance Methods for Afforestation Area——A Case Study of Zhangjiakou Region[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 7-12. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.002

Comparative Analysis of Four Acceptance Methods for Afforestation Area

——A Case Study of Zhangjiakou Region

WANG Qi, FU Zhuoxin

(Academy of Forestry Inventory and Planning, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: In order to effectively solve the problems in the large-scale afforestation area acceptance, such as poor accuracy, low efficiency, and low degree of information and visualization, this paper comparatively analyzed four commonly used acceptance methods for afforestation area based on the case of Zhangjiakou region. The results showed that the Ovital map and unmanned aerial vehicle were the suitable methods with strong applicability. When the local terrain is gentle and the landmarks are obvious, the acceptance method of the Ovital map is flexible, accurate and easy to operate. When the local terrain is complex and the afforestation plots are mostly located in mountainous areas and ravines, the acceptance method of unmanned aerial vehicle is a better choice with a high acceptance accuracy, low labor intensity, and the acceptance results are informationized and visualized with high degree.

Key words: afforestation; acceptance method; area measurement; GPS; Ovital map; unmanned aerial vehicle; Zhangjiakou region

收稿日期:2021-12-23.

第一作者:王奇(1988-),男,北京人,工程师.主要从事森林资源调查监测和评估工作.

近年来,我国大力开展绿化造林工作,习近平总书记连续 9 年参加首都义务植树活动,全国森林覆盖率稳步提高,已由上世纪 80 年代的 12% 增长到如今的 23.04%。为切实保障大规模绿化造林效果,面积验收是大规模绿化造林的重要工作任务。一般来说,林业项目常用的面积验收方法主要包括传统仪器测量、全球定位系统(GPS)以及近年来出现的奥维互动地图软件勾绘法和无人机测量法。目前,4 种绿化造林面积验收方法在实践工作中均被广泛使用,但其适用性仍然缺少对比研究。鉴于此,以张家口地区为例,通过对比分析 4 种常见面积验收方法,提出不同绿化造林面积验收方法的优势与不足,为大规模绿化造林面积验收提供借鉴。

1 研究背景

绿化造林面积直接影响到造林工程量的核算。如何保证大规模绿化造林面积验收精度,提高面积验收效率,增加面积验收成果的信息化,这对绿化造林面积验收方法和技术手段提出了更高要求,传统、繁琐、低效率的造林面积测量方法已不能满足现代林业工程需要,信息化、多元化、立体化、可视化的验收方法正逐渐走上舞台。

目前对于造林绿化面积验收的研究主要以探索和推广新技术为主,对于从实际应用的角度考虑如何选择适当的验收方法研究较少。笔者在张家口地区多次主持、参与了区(县)级的绿化造林工程验收工作,对于常用的绿化造林面积验收方法有一定的认识 and 了解。现将几种常用的面积验收方法从验收精度、工作效率、验收成本、验收成果应用 4 个方面进行比较,从实际应用的角度为后续的绿化造林验收工作提供理论支持。

2 张家口地区绿化造林面积验收现状

张家口市位于北京西北方向,外接内蒙古和山西,不仅是京津冀水源涵养功能区,更是我国北方阻挡风沙南侵的重要生态屏障,地理区位和生态功能极其重要。加快该区域绿化造林步伐,改善生态环境,提高生态服务功能,对推进京津冀协同发展,筹办 2022 年冬奥会,实现碳达峰、碳中和目标具有极其重要的战略意义。冬奥筹办工作启动以来,仅崇礼区就新增造林面积 4.92 万 hm^2 ,森林覆盖率达到 67%。

张家口市地势西北高、东南低,阴山山脉横贯中

部,将张家口市划分为坝上、坝下两大部分。坝上高原区属内蒙古高原的南缘,占张家口总面积的 1/3;坝下低中山盆地地势西北高,东南低,山峦起伏,沟谷纵横^[1]。张家口市近年来大力开展绿化造林工作,绿化造林工程的标准和要求虽然较以往均有很大提升,但社会各界关注的重点却只限于栽植苗木的规格和种类,对于绿化造林工程验收的要求和标准还停留在比较基础和粗糙层面。随着绿化造林工程规模的发展,造林面积越来越大,造林地块越来越多,尤其是经过多年的绿化造林工作后,集中成片、连续的宜林地越来越少,绿化造林地块也呈现细碎状。绿化造林工程实施后,需要由第三方对绿化造林工程进行全面验收,核实工程的实施情况,包括苗木栽植种类、规格、数量和位置信息等,这其中最重要的是面积验收。

3 4 种绿化造林面积验收方法

3.1 传统测量仪器方法

传统林业确定面积的方法主要有 3 种,包括地形图勾绘、皮尺或测绳丈量、罗盘仪闭合导线测量。地形图勾绘确定面积方法,在地形地物较为明显、地块面积较大时误差较小,不适用于小面积或地形地物不明显的地块。皮尺或测绳丈量确定面积的方法只适用于小面积地块,在进行测量时,要先进入地块内部,不仅费时费力,而且测量精度无法保障。罗盘仪闭合导线测量方法不受地块面积、地形地物的限制,同时又比皮尺和测绳丈量的方法节约时间,在测量时,存在闭合误差,对测量结果是否精确能够有效掌握^[2]。总体来说,以上几种传统测量仪器方法设备成本低,但测量过程较为繁琐,适用性不高,而且需要一定的操作经验和技术水平,测量工作效率不高,测量成果信息化程度较低。

3.2 全球定位系统(GPS)方法

全球定位系统(global positioning system, GPS)是一种以人造地球卫星为基础的无线电导航的定位系统。林业行业常用的 GPS 仪器有手持式 GPS 和精度更高的差分 GPS(DGPS),两种 GPS 均可以实现对某一闭合区域面积的求测。

在大规模绿化造林面积验收工作中使用较多的是手持式 GPS,其原理是利用航迹实时记录功能,采取航迹绕测或记录航点的方法来实现面积测量。因需要测量人员手持 GPS 绕测地块,所以实际的工作效率受地形的复杂程度和天气状况影响较大。当地形较为平缓、简单时,测量效率高;当地形较为复杂

时,例如山区、沟壑等地貌,测量效率较低。遇绿化造林地块内栽植情况复杂,存在建筑物、裸岩等未施工区域时,因需要扣除未施工面积,要单独绕测未施工区域。

手持式 GPS 的单点定位精度为 7~15 m,面积测量精度与测量地块面积大小有关,在测量面积大于 2 000 m² 区域时,其测量误差可控制在 3% 以内,对于面积比较小的地块,手持式 GPS 的测量误差较大^[3]。

3.3 奥维互动地图软件勾绘方法

随着科技的进步,智能手机、平板电脑的推广,北京元生华网公司基于 Google API 与 Sogou API 开发出了奥维互动地图跨平台地图浏览器,进而形成了奥维互动地图软件。奥维互动地图软件融合了谷歌卫星图, GPS 功能,支持导入多种格式的信息数据,实现了 3S 技术融合应用,对比常规调查工作需要随身携带地形图与 GPS 等多种图件与设备,大幅提高了工作效率^[4]。

具体操作方法也简单直观,在加载四维地球卫星图后,利用软件的实时定位功能进行勾绘、绕测造林地块,最后使用软件计算勾绘面积。外业工作结束后,还可以通过软件将数据导入电脑中,方便下一步工作。相较于手持式 GPS,奥维互动地图软件能够通过卫星图直观地看到建筑物、裸岩等地物的位置和分布,现场核实后,可在图中直接扣除,无需单独绕测,极大地提高了栽植情况复杂地块的面积验收效率。使用奥维互动地图软件在野外测量后,还可以用软件将勾绘的图形导入电脑中,通过 ArcGIS 软件对比卫星图进行修补,完善测量边界,能够极大地降低测量误差,提高精度。使用奥维互动地图软件来测量地块面积,具有灵活、便捷、直观的优势,但因同样要大量进行野外作业,工作效率也受到天气因素的影响。

测量精度受卫星图分辨率影响,奥维互动地图卫星图在 20 级层面的分辨率为 0.27 m^[5]。由于造林地块一般地处偏远,奥维互动地图的卫星图往往达不到 20 级层面,一般在 18 层以内,而且影像的更新较慢,影像与现地匹配度无保障,测量误差至少可控制在 5 m 以内。

3.4 利用无人机技术开展造林面积验收方法

无人机(unmanned aerial vehicle, UAV)或更广义上的无人机系统(unmanned aerial system, UAS),是指其上未载有操作人员或飞行员的飞行器。随着社会各界对无人机的深入研究,无人机技术也从最初的军事领域逐步发展到了包括林业调查等多个民

用领域。无人机依据不同的标准可划分为不同种类,常见的分类可按照结构和起降方法分为固定翼式无人机和旋翼式无人机^[6]。固定翼式无人机操作简单,在执行飞行任务时巡航速度快,有效覆盖范围广、续航时间长,适合执行大范围的造林地面积验收。小型旋翼式无人机具有良好的机动性和操作便利性,具有较强的抗风性能,但是在执行任务时飞行速度较低、动力需求大,续航时间短,覆盖面积有限,适合作为固定翼式飞机航拍的补充手段,验收跨界和变更地块。

利用无人机技术开展造林验收的实施步骤主要包括现场踏查、无人机航拍、正射影像生产、造林验收因子判读、现地核实与补充调查等内容。应用无人机开展造林验收重点解决了造林面积圈测难度大、精度低,跨界或变更造林地随意性强、验收难等难题,将大量的野外测量工作改在室内进行,不仅极大地降低了山区复杂地形条件下造林验收工作的外业劳动强度,也减少了天气因素对野外工作的影响,提高了整体验收工作效率和精度。

利用无人机技术开展造林面积验收前,需掌握绿化造林地块的位置信息和分布情况,便于申请空域和规划航飞路线,减少无效面积。无人机航拍的测量精度与影像的分辨率有关,可根据验收的具体情况选择影像分辨率,常用无人机航拍的分辨率可达厘米级。张家口地区的绿化造林工程种植穴整地方法一般为穴坑或鱼鳞坑,整地规格多为 60 cm × 50 cm × 40 cm,通过航拍后种植穴的分布和位置非常清晰,在光线和天气情况较好的条件下甚至可以看到栽植的苗木。

4 4种绿化造林面积验收方法的比较

影响造林面积验收的因素有很多,这里从实际应用的角度考虑主要因素,包括验收精度、工作效率、验收成本和验收成果应用。验收精度是验收工作的核心内容,关系到验收工作的质量。工作效率关系到验收工作的进度,影响到验收合同的履约情况。对于验收成本,站在经济实用的角度,根据造林绿化项目的实际情况来选择面积验收方法,才能保证面积验收工作的质量和进度,外业人员每日的差旅费用包括住宿费用标准 350 元/d(实际住宿费用支出以发票为准),伙食交通补助标准 180 元/d,野外普查津贴 60 元/d,每人每天外业成本约为 590 元,车辆租用费用 300 元/d(车辆为 SUV,不包括油费、司机),人均外业测量面积工作量(综合考虑平

缓地区和山区分布)约 53~67 hm²/d。验收成果的应用关系到下一步绿化造林成果上图、入库,报告图件,绿化造林成果展示等,是将验收结果信息化、可

视化的关键步骤,也是业主衡量验收工作的主要途径。张家口地区绿化造林面积验收常用方法的比较如表 1。

表 1 张家口地区 4 种绿化造林面积验收方法比较

Tab. 1 Comparison of four acceptance methods for afforestation area in Zhangjiakou

常用验收方法	验收精度	工作效率	验收成本	验收成果应用	适用情况
传统测量仪器方法	测量存在闭合误差,可以很直观地知道结果是否准确	目前已形成一套系统、完整的方法,但步骤繁多,工作效率较低,需要一定的操作经验和技术水平	成本主要为测量人员的差旅费用,外业时间越久,成本费用越高	验收成果多为纸质版,不利于绿化造林成果入库和展示	适用于以森林资源调查为目的的小面积地块
全球定位系统(GPS)方法	手持式 GPS 在测量面积大于 2 000 m ² 的区域时,其测量误差可控制在 3% 以内,对于面积比较小的地块误差较大,为 10 m 左右	面积测量的方法为航迹或航点绕测。当绿化造林地块边界清晰,地形平缓时,工作效率较高;当地形复杂,地块边界不规则,地块内存在未栽植情况时,工作效率较低。野外工作期间受天气因素影响较大	成本主要为测量人员的差旅费用,外业时间越久,成本费用越高	验收成果可通过软件导入电脑,形成验收地块图,显示绿化造林面积和位置信息	适用于地形平缓,造林地块内部清晰、完整的绿化造林工程验收
奥维互动地图软件勾绘方法	手机导航功能定位精度能够控制在 5~10 m。现场定位后,根据周围的地标地物和高精度影像底图对地块进行修补、完善,奥维互动地图卫星图在 20 级层面的分辨率为 0.27 m,但由于造林地块一般地处偏远,奥维互动地图的卫星图往往达不到 20 级层面,一般在 18 层以内,误差至少可控制在 5 m 以内	面积测量方法与手持 GPS 方法类似,需要对边界进行绕测。当地块边界清晰,地形平缓时,可通过卫星图直接勾绘,工作效率较高;当地形复杂,地块边界不规则时,工作效率较低。与手持 GPS 方法相比,当地块内存在未栽植情况时,可核对现地情况后,根据卫星图直接勾绘扣除面积,无需单独绕测。野外工作期间,受天气因素影响较大	软件可免费在常见智能手机上运行。成本主要为测量人员的差旅费用,外业时间越久,成本费用越高	验收成果可以通过软件导入电脑,结合卫星图可用于验收成果上图,显示地块面积和位置信息	适用于地形平缓、简单,地标地物明显的绿化造林工程验收
利用无人机技术开展造林面积验收方法	无人机航拍精度可选择性较高,根据栽植苗木的规格选择影像的分辨率即可,一般精度可达厘米级	利用无人机技术开展造林面积验收,可将大量的外业测量工作改在室内进行,具有速度快、精度均匀、劳动强度低、不受天气因素影响的优点,验收工作效率较高	根据造林地块的集中程度和航拍影像分辨率的不同,价格为 30~75 元/hm ² 。成本优势在于获得航拍影像后,可在室内根据设计图纸进行勾绘,将大量的外业工作转为内业,可大幅降低人员劳动成本	验收成果和航拍影像均可通过加工处理,用于验收报告、成果上图,不仅能够显示地块面积和位置信息,还能够直观地看到造林绿化成果,便于向社会各界宣传展示	适用于有设计图纸或造林地块矢量图,地形较为复杂的绿化造林工程验收

在面积测量方面,传统测量仪器方法工作效率较低,不适合当前张家口地区的大面积、多地块工程化造林面积验收工作;手持式 GPS 测量方法局限性较大,张家口地区地形复杂,平原、山区、沟壑交错,造林地块内部情况不一,存在各种未栽植情况,使用手持式 GPS 测量面积效率较低,精度无保障;奥维互动地图软件勾绘方法较为灵活,与手持式 GPS 相比,更加直观,工作效率更高,但受天气因素影响较大;利用无人机技术开展验收工作的精度和效率都

很高,但需要扎实的内业工作和前期投入。

在测量成果下一步应用方面,传统测量仪器方法的测量成果仅能以纸质版存档,不便于展示和调用;手持式 GPS 测量方法的测量成果为航迹或航点,虽然也能够显示造林地块的位置信息,但不够直观,内业处理工作量大;奥维互动地图软件勾绘方法的测量成果可通过软件导入电脑中,造林地块的位置信息很直观,但由于卫星图更新缓慢,会存在造林地块内部影像仍为荒山荒地的情况,不便于宣传展

示;使用无人机航拍后的影像结果不仅可以直观地显示造林地块的位置信息,还可看到绿化苗木栽植情况,便于下一步造林地块上图和绿化宣传工作,是将绿化造林成果实现立体化、信息化、可视化的保障。

5 典型案例和应用分析

5.1 典型案例

在2016年宣化区利用中国农业发展银行贷款建设储备林基地项目检查验收工作中,采用的面积验收方法以奥维互动地图软件勾绘方法为主,以手持式GPS方法为辅。2016年宣化区储备林项目设计造林面积7382.38 hm²,涉及13个乡镇,共28个标段,根据面积和造林地块分布,共投入15人组成验收项目组,外业工作由2016年11月24日至12月20日完成,期间包括人员食宿、差旅、租用车辆等,验收外业工作共持续了26 d。

在2017年宣化区利用中国农业发展银行贷款建设储备林基地项目检查验收第二标段工作中,采用无人机技术开展造林面积验收,先进行内业勾绘,再进行现场复核为主,以奥维互动地图软件勾绘和手持式GPS方法为辅。2017年宣化区储备林项目验收第二标段设计造林面积9135.93 hm²,涉及6个乡镇,共49个标段,根据面积和造林地块分布,共投入15人组成验收项目组,外业工作由2017年12月6日至12月25日完成,期间包括人员食宿、差旅、租用车辆等,验收外业工作共持续了15 d。

5.2 案例应用比较

2017年宣化区的储备林项目与2016年储备林项目相比,虽然涉及的乡镇少了,项目实施范围相对集中了,但是设计面积、标段和地块数量均增加了。验收方法由奥维互动地图软件勾绘转变为利用无人机技术开展造林面积验收,极大地提高了野外工作效率,降低了野外工作强度,缩短了外业工作时间,避免了天气因素的影响。在缩短野外工作强度的同时,还提高了造林面积验收精度,增加了造林绿化验收成果的可视化和信息化,使得业主、施工方对于造林地块的情况一目了然,也更加认可验收结果。

为对比奥维互动地图软件勾绘和利用无人机技术开展面积验收两种方法的优劣,选取了同一地块进行比较分析(图1,图2)。

图2中红色线条为验收人员勾绘的绿化造林地块小班边界。可以看出,同样是在1:1500的比例尺下,利用无人机航拍影像可以更直观地看到绿化

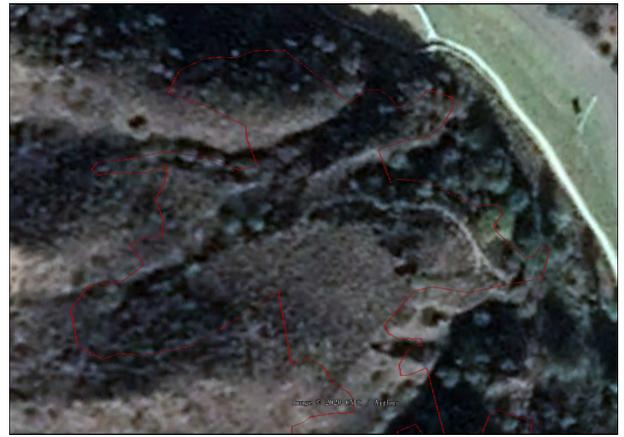


图1 奥维互动地图卫星图(1:1500)
Fig.1 Ovi map satellite image (1:1500)

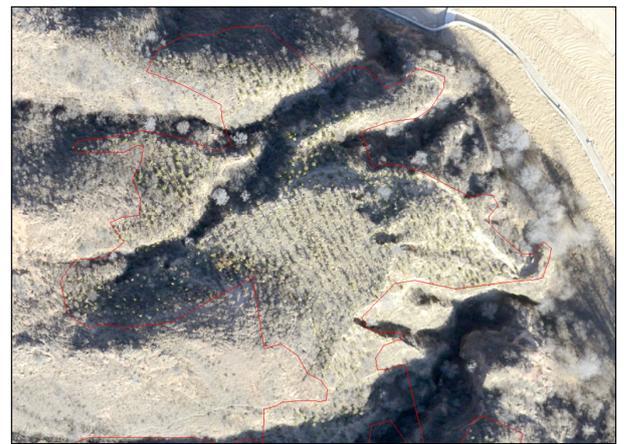


图2 无人机航拍影像图(1:1500)
Fig.2 Aerial image of UAV (1:1500)

造林地块边界和苗木栽植情况,验收人员只需在现场核对地块边界即可;奥维互动地图卫星图影像分辨率较差,不易通过卫星图分辨地块边界,而且因卫星图影像未及时更新,无法直观地看出绿化造林痕迹,需要验收人员在现场进行绕测核实。

6 结论

1)传统测量仪器方法因其繁琐的操作方法和诸多使用限制,已不适用于类似张家口地区的大规模绿化造林工程面积验收,可作为样方面积测量方法使用。手持式GPS测量方法适用广泛、门槛低,但当前绿化造林地块面积大小不一,栽植情况复杂,测量时精度无保障,测量工作效率较低,受天气因素影响较大,人工成本高。

2)当造林地块位置分散,地势较平缓,地块周围有明显的地标地物时,可使用奥维互动地图软件

来勾绘面积。通过借助汽车、摩托车等交通工具,快速记录地块拐点坐标信息,可有效提高野外工作效率,降低劳动成本。内业工作时可利用明显的地标地物作为参考,在计算机平台修补勾绘图形,再通过 ArcGIS 软件计算即可得到地块面积。对于地块面积较小,周围无明显边界的复杂地形地块测量精度无保障。

3) 当造林地块位置相对集中,地形较为复杂,外业人员工作强度大,测量精度难以保障时,可利用无人机技术航拍测量,将大量外业工作转变成内业工作,从而提高测量精度,增加工作效率,降低外业人员劳动强度。航拍影像成果可广泛用于下一步成果入库、展示和宣传。大规模绿化造林验收时,可先使用固定翼无人机进行全面航拍,内业勾绘后开展现地核实工作,遇到地块变更、跨界时可使用小型旋翼无人机航拍作为补充,验收方法灵活、快捷。

参考文献:

[1] 徐超. 张家口地区复杂地形冬季山谷风特征观测分析[J]. 低碳世界, 2019, 9(12): 297-298.

[2] 赵学荣, 傅文华, 杨李军. 罗盘仪闭合导线测量确定退耕地面积的新方法[J]. 林业实用技术, 2003(11): 17-18.

[3] 吴文友, 刘培超. 手持 GPS 测量林地面积的应用[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(1): 69-71.

[4] 张冲. 浅谈奥维互动地图在实际测量中的应用[J]. 大科技, 2018(27): 233.

[5] 马宇晓, 高向峰, 杨旭超, 等. 《奥维互动地图》交叉定位坐标的精度分析[J]. 科学技术创新, 2019(32): 124-125.

[6] 张军国, 闫浩, 胡春鹤, 等. 无人机在林业中的应用及前景展望[J]. 林业工程学报, 2019, 4(1): 15-23.

责任编辑: 许易琦

(上接第 6 页)

[11] DATT B, MCVICAR T R, VAN NEIL T G, et al. Preprocessing EO-1 Hyperion hyperspectral data to support the application of agricultural indexes[J]. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing, 2003, 41(6): 1246-1259.

[12] 陈尔学, 李增元, 谭炳香, 等. 高光谱数据森林类型统计模式识别方法比较评价[J]. 林业科学, 2007, 43(1): 84-89.

[13] KOKALY R F, CLARK R N. Spectroscopic determination of leaf biochemistry using band-depth analysis of absorption features and stepwise multiple linear regression[J]. Remote Sensing of Environment, 1999, 67(3): 267-287.

[14] 陈尔学, 李增元, 谭炳香, 等. 高光谱数据森林类型统计模式识别方法比较评价[J]. 林业科学, 2007, 43(1): 84-89.

[15] 王璐, 范文义. 基于高光谱遥感数据的森林优势树种组织识别[J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(5): 134-137.

[16] 侯逸晨, 赵鹏祥, 杨伟志, 等. 基于 SVM 的资源三号影像林地分类及精度评价研究[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(1): 180-185.

[17] BENEDIKTSSO J A, SWAIN P, ESROY O K. Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1990, 28: 540-542.

[18] EDIRIWICKREMA J, KHORRAM S. Hierarchical maximum-likelihood classification for improved accuracies[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1997, 35(4): 810-836.

[19] VAPNIK V, LEVIN E, LE C Y. Measuring the VC dimension of a learning machine[J]. Neural Computation, 1994, 6(5): 851-876.

[20] 李明泽, 张培赢. 基于 SAM 算法的遥感影像湿地植被分类[J]. 森林工程, 2015, 31(2): 8-13.

[21] 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.

责任编辑: 许易琦