基于不同分辨率遥感影像提取的水土保持措施精度分析

赵帮元[1]，马 宁[1]，杨 娟[2]，李志华[1]，王秦湘[1]

(1. 黄河水利委员会 黄河上中游管理局，陕西 西安 710021；2. 黄河设计公司 环境与移民院，河南 郑州 450003)

摘 要：在韭园沟小流域选择试验样区，采用地理信息系统等技术，基于不同分辨率遥感影像开展了水土保持措施等信息提取和精度分析。结果表明，在黄土丘陵沟壑区第Ⅰ副区，开展梯田、沟台地、疏林地、未成林造林地遥感监测的影像分辨率应优于 2.5 m，开展坡耕地、坝地、退耕荒草地遥感监测的影像分辨率宜优于 2.5 m，开展天然草地遥感监测的影像分辨率可选择 2.5 m，开展林草植被遥感监测的影像分辨率宜优于 10 m。

关键词：水土保持措施；遥感；分辨率；精度

文献标识码：B **文章编号**：1000-288X(2012)04-0154-04 **中图分类号**：S157.1，P231

Extracting Features of Soil and Water Conservation Measures from Remote Sensing Images of Different Resolution Levels: Accuracy Analysis

ZHAO Bang-yuan[1], MA Ning[1], YANG Juan[2], LI Zhi-hua[1], WANG Qin-xiang[1]

(1. *Upper and Middle Bureau of YRCC, Xi'an, Shaanxi* 710021, *China*; 2. *Environment and Migration Institute, Yellow River Engineering Consulting Co. Ltd, Zhengzhou, He'nan* 450003, *China*)

Abstract: A number of test areas were selected in Jiuyuangou small valley. Based on different resolution remote sensing images, features of soil and water conservation measures were extracted using GIS technology. The results show that in the first subzone of hill-gully zone of Loess Plateau, the image resolution must be higher than 2.5 m to appropriately extract the features of terraces, platforms, sparse forests, and undeveloped planting forests; the resolution level should be higher than 2.5 m for accurate extraction of slope farmland, dammed valley, and grassland converted from farmland; the image resolution level can be higher than or equal to 2.5 m for natural grassland. The resolution level should be higher than 10 m for forest-grass vegetation.

Keywords: soil and water conservation measure; remote sensing; resolution; accuracy

水土保持是根治水土流失的有效途径，是解决生态安全、支撑严重水土流失区经济社会可持续发展的重要手段。及时、准确地获得区域水土保持信息是分析评价水土保持措施效益、水土流失防治科学决策的重要基础。遥感是快速获得大范围、高精度区域水土保持信息的重要手段。20 世纪 90 年代以来，遥感技术在全国水利普查[1]、不同区域、不同尺度的土壤侵蚀调查等工作中发挥了重要作用。随着卫星遥感和航空遥感技术的不断发展，遥感影像的空间分辨率和时间分辨率不断提高，不同遥感器获得遥感影像的光谱分辨率也各具特色。高空间分辨率遥感影像的涌现为梯田等较小规格的水土保持措施信息提取提供了重要基础。随着遥感影像空间分辨率的提高，影像所承载的信息类别逐渐增加、相同类别信息的精度不断提高。不同空间分辨率的遥感影像提取的梯田等水土保持措施精度、适用性不同。龚明劼等[2-5]进行了影像空间分辨率与成图比例尺关系研究，寇权等[6-7]应用高分辨率卫星影像提取了水土保持措施信息，但不同空间分辨率的遥感影像提取得水土保持信息其精度和适用范围如何尚未见研究，因此，随着水土保持工作精度不断提高，分析不同空间分辨率的遥感影像提取水土保持措施等信息类别及精度，研究提出不同区域、不同监测对象遥感监测应选择什么样的遥感影像既能做到精度满足要求而且投资合理，是十分必要的。

1 试验材料

1.1 试验区布设

在陕西省绥德县韭园沟小流域(位于东经 110°14′50″—110°22′30″，北纬 37°32′25″—37°37′40″，

收稿日期：2011-07-24 修回日期：2011-10-06

作者简介：赵帮元(1972—)，男(汉族)，河南省潢川县人，硕士，高级工程师，主要从事水土保持监测工作。E-mail：hhzby@126.com。

属典型的黄土丘陵沟壑区第Ⅰ副区)上游左岸、中游右岸、下游左岸各选择一条典型支沟作为试验区,分别命为样区 a,b,c,试验样区总面积为 22.65 km^2。试验样区情况如表 1。

样区 a,b,c 平均坡度值较大、从上游至下游逐渐减小但基本接近,沟壑密度均较大但相差较小,可以代表典型的黄土丘陵沟壑区第Ⅰ副区的典型小流域——韭园沟小流域。

表 1　试验样区情况一览表

样区编号	经纬度范围	面积/km^2	平均坡度/(°)	沟壑密度/($km \cdot km^{-2}$)	位 置
a	110°21′04″—110°23′18″E,37°35′32″—37°37′12″N	5.54	31.3	5.89	小流域上游左岸
b	110°18′37″—110°20′09″E,37°35′14—37°37′28″N	4.74	30.8	5.54	小流域中游右岸
c	110°18′04″—110°22′11″E,37°32′48″—37°34′46″N	12.37	30.4	5.74	小流域下游左岸

1.2　数据来源

(1) 遥感影像。分别选择 10 m 分辨率的 SPOT 多光谱影像、5 m 分辨率的 SPOT 多光谱与其全色融合影像、2.5 m 分辨率的 P5 与 RapidEye 融合影像、0.6 m 分辨率的 Quickbird 融合影像进行试验研究,除 2.5 m 融合影像时相为 2006 年 11 月外,其余影像时相均为 2004 年 8—9 月。(2) DEM。韭园沟小流域 1∶1 万比例尺 DEM,栅格分辨率为 5 m。

1.3　数据处理

运用 Intergraph Image Analyst 等软件进行遥感影像处理;运用 ESRI ArcGIS 9 软件,基于 0.6 m 分辨率遥感影像提取试验样区边界,基于 1∶1 万比例尺 DEM,计算各样区坡度、沟壑密度,并基于不同分辨率遥感影像提取水土保持信息;运用 Excel 进行数据统计分析。

2　试验方法

2.1　遥感影像预处理

所用影像均经过了辐射校正、几何精纠正、正射纠正、融合、镶嵌等预处理,但不同遥感影像其数学基础和几何精纠正的依据、精度可能不同,本试验进行影像预处理的主要目的是使上述影像在空间位置上能完全对应和便于信息提取。

运用 Image Analyst 软件,先对上述影像旋转 180°消除反立体以便于信息提取,然后以 0.6 m 分辨率的影像为依据分别对其他 3 种影像进行几何纠正和配准以使其地物空间位置能完全对应,最后分别用 3 个样区界线裁切出各样区 4 种不同空间分辨率的影像用于信息提取。典型区不同空间分辩率影像对比如图 1 所示。

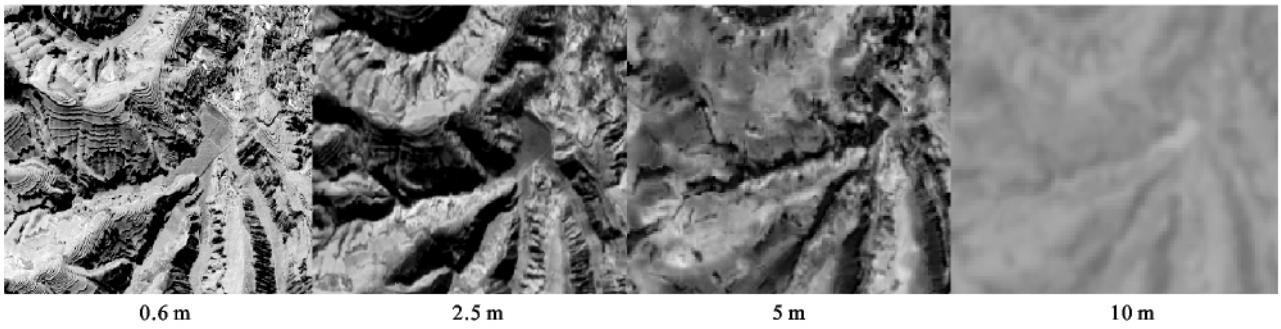


图 1　典型区不同空间分辨率遥感影像对比

2.2　水土保持措施提取

运用 ArcGIS 9 软件,根据《水土保持监测技术规程(SL277—2002)》[8] 的遥感监测技术流程,采用人机交互综合解译的方式,对裁切的各样区 4 种不同空间分辨率的影像进行全部范围的水土保持措施等信息提取和验证。为便于解译结果分析,突出本研究内容,对适用于水土保持的土地利用分类表[9] 进行了适当细化和归并,将梯田划分为耕作梯田(用于耕作的梯田)、有林地梯田(生长的乔木林郁闭度≥0.2 的梯田)、疏林地梯田(生长的乔木林郁闭度在 0.10～0.19的梯田),将荒草地划分为天然荒草地(指树木郁闭度<0.1,表层为土质,覆盖度≤40%、>10%的不用于畜牧业的其他天然草地)和退耕荒草地(指树木郁闭度<0.1,表层为土质,覆盖度≤40%、>10%的不用于畜牧业的退耕草地),将交通运输用地、水域及水利设施用地、城镇村及工矿用地合并为其他地类。

3 结果与分析

3.1 试验结果

基于 4 种分辨率遥感影像提取的各样区地类面积进行统计，并将梯田、荒草地所划分的地类相应归并后面积对比如图 2 所示。不同分辨率影像的信息提取分别由经验丰富的人员根据各影像实际表征的地物进行，保证了试验结果的客观性。

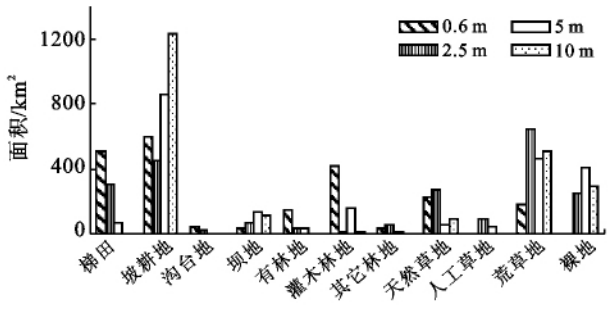


图 2 不同分辨率遥感影像提取地类面积对比

3.2 不同分辨率影像提取信息类别差异

根据图 2，基于 10 m 分辨率遥感影像未能提取梯田、沟台地、有林地、疏林地、未成林造地、人工荒草地和退耕荒草地地类，基于 5 m 分辨率遥感影像未能提取有林地梯田、疏林地梯田、沟台地、未成林造地和退耕荒草地地类，基于 2.5 m 分辨率遥感影像未能提取有林地梯田、疏林地梯田、未成林造地和退耕荒草地地类，基于 0.6 m 分辨率遥感影像均能提取表 2 所列地类。

3.3 不同分辨率影像提取信息精度差异

将梯田、荒草地所划分的地类相应归并，计算基于 2.5，5，10 m 分辨率遥感影像所提取不同地类面积与基于 0.6 m 分辨率遥感影像提取的相应地类面积比值，结果详见表 2。

表 2 基于不同分辨率遥感影像提取不同地类面积比统计

地 类	分辨率/m			
	0.6	2.5	5	10
梯 田	1.00	0.59	0.15	0
坡耕地	1.00	0.76	1.43	2.07
沟台地	1.00	0.36	0	0
坝 地	1.00	1.52	2.83	2.54
有林地	1.00	0.22	0.26	0
灌木林地	1.00	0.04	0.38	0.03
其他林地	1.00	1.44	0.29	0
天然草地	1.00	1.23	0.30	0.43
人工草地	1.00	49.00	28.00	0
荒草地	1.00	3.58	2.63	2.87
乔灌草混交	1.00	1.11	0.79	0.61

通过对图 2，表 2 的分析表明，(1) 梯田。随遥感影像空间分辨率降低，提取的梯田面积显著下降，原因是试验区梯田宽度多为 3～8 m，尤以宽度约 5 m 梯田居多。表明 5 和 10 m 分辨率遥感影像不适用于该区域的梯田监测，基于 2.5 m 分辨率遥感影像监测得到的梯田精度不足。(2) 坡耕地。基于 2.5 m 分辨率影像提取坡耕地，可能将坡耕地判为草地、裸地等地类；基于 5 和 10 m 分辨率影像提取坡耕地，可能将梯田、草地、林地判为坡耕地。表明 10 m 分辨率遥感影像不宜用于本区域的坡耕地监测，基于 2.5 和 5 m 分辨率遥感影像监测得到的坡耕地精度不足。(3) 沟台地。因其尺寸较小，较低分辨率遥感影像将沟台地多表征为草地。5 和 10 m 分辨率遥感影像不宜用于该区域的沟台地监测，基于 2.5 m 分辨率遥感影像监测得到的沟台地误差大。(4) 坝地。较低分辨率的影像表征的坝地及其边界不明显，致使部分草地、灌木林地、沟道判为坝地。5 和 10 m 分辨率遥感影像不宜用于该区域的坝地监测，基于 2.5 m 分辨率遥感影像监测得到的坝地精度不足。(5) 有林地。试验区内有林地较分散且每处有林地面积均很小(长度小于 30 m)，基于 10 m 分辨率遥感影像未能监测出研究区内较分散且每处面积很小的有林地，基于 2.5 和 5 m 分辨率遥感影像监测得到的有林地面积过小。(6) 灌木林地。因灌木林面积较小且不连片，多将灌木林判为草地。基于 2.5，5，10 m 分辨率遥感影像仅从纹理方面进行灌木林监测，精度过低。(7) 其他林地。基于 2.5 m 遥感影像可能将部分郁闭度较低的林地、部分灌木林地等判为疏林地或未成林地，5 和 10 m 分辨率遥感影像均不适宜进行疏林地和未成林地监测。(8) 天然草地。基于 2.5 m 遥感影像可能将部分灌木林地、坡耕地等判为天然草地；5 和 10 m 分辨率遥感影像可能将天然草地表征为荒草地，所监测得到的天然草地误差较大。(9) 人工草地。区内人工草地分散且每处面积较小，基于 2.5，5，10 m 分辨率遥感影像均不适宜进行小面积人工草地的监测。(10) 荒草地。2.5，5，10 m 分辨率遥感影像可能将部分灌木林地、有林地、天然草地、坡耕地等地类表征为荒草地，用于监测荒草地误差较大。低于 2.5 m 分辨率遥感影像难以提取退耕荒草地。(11) 乔灌草混交。基于 0.6，2.5，5 m 分辨率遥感影像提取的林草植被面积相差较小，表明 2.5 和 5 m 分辨率的遥感影像可用于林草植被面积提取，但基于 10 m 分辨率的遥感影像提取的林草植被面积存在一定误差。

4 结 论

基于 2.5 m 分辨率的融合影像可开展坡耕地、坝

地、天然草地、林草植被覆盖面积监测,基于 5 m 分辨率融合影像可开展坡耕地、林草植被覆盖面积监测,基于 10 m 分辨率多光谱影像仅可用于林草植被覆盖面积监测。0.6 m 分辨率的融合影像因其分辨率较高且影像色彩丰富,基本可适用于梯田、坡耕地、坝地、林地、草地等各种地类的监测。有林地、灌木林地监测应基于纹理和波谱特征提取。因此,在黄土丘陵沟壑区第Ⅰ副区,开展梯田、沟台地、疏林地、未成林造林地遥感监测的影像分辨率应优于 2.5 m,开展坡耕地、坝地、退耕荒草地遥感监测的影像分辨率宜优于 2.5 m,开展天然草地遥感监测的影像分辨率可选择 2.5 m,开展乔灌草混交林草植被遥感监测的影像分辨率宜优于 10 m。

本研究在地形十分破碎的黄土丘陵沟壑区第Ⅰ副区进行了不同分辨率遥感影像提取水土保持措施等信息精度对比分析,遥感监测中同谱异物、同物异谱现象比较普遍,不同地形地貌特征的区域、不同的监测对象、不同的监测时段,开展遥感监测所需影像的空间分辨率、影像类别(全色、多光谱等)、影像时相均有差异。因此,水土保持措施、土地利用分类等遥感监测,应根据不同区域的地形地貌特点、不同的监测对象和监测精度选择适宜空间分辨率、适宜类别、适宜时相的遥感影像并采用适宜的信息提取方法开展。

[参 考 文 献]

[1] 李智广,刘宪春,刘建祥,等. 第一次全国水利普查水土保持普查方案[J]. 水土保持通报,2010,30(3):87-91.

[2] 龚明劼,张鹰,张芸. 卫星遥感制图最佳影像空间分辨率与地图比例尺关系探讨[J]. 测绘科学,2009,34(4):232-233.

[3] 初艳锋,李二森,卢俊,等. 卫星影像空间分辨率与成图比例尺的适应性分析[J]. 海洋测绘,2007,27(4):47-50.

[4] 张廷斌,唐菊兴,刘登忠. 卫星遥感图像空间分辨率适用性分析[J]. 地球科学与环境学报,2006,28(1):79-82.

[5] 潘家文,朱德海,严泰来,等. 遥感影像空间分辨率与成图比例尺的关系应用研究[J]. 农业工程学报,2005,21(9):124-128.

[6] 寇权,王愿昌,吴永红,等. 基于高分辨率卫星影像的梯田监测方法研究[J]. 中国水土保持,2005(12):24-25.

[7] 王冬梅,吴卿,王西林,等. 应用高分辨率卫星影像提取水土保持措施信息的分类后处理技术研究[J]. 中国水土保持,2006(5):42-43.

[8] 中华人民共和国水利部. SL277—2002 水土保持监测技术规程[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.

[9] 中华人民共和国水利部. SL449—2009 水土保持工程初步设计报告编制规程[M]. 北京:中国水利水电出版社,2009.

(上接第 153 页)

2.3 密云县 2002－2010 年小流域治理效益评价

2002—2010 年,密云县共治理小流域 41 条,项目涉及流域面积共 807.7 km^2,共治理水土流失面积 378.8 km^2,宜林宜草地植被覆盖面积共增加 52.23 km^2。已治理的 41 条小流域,水土流失面积治理率平均达到 79.45%,土壤侵蚀模数平均降低 52.94%,林草地覆盖面积平均增加 11.27%,治理效益明显。依据小流域治理综合效益分类、定级原则,对全部 41 条小流域治理效益综合得分进行分类汇总,得到 2002—2010 年密云县 41 条小流域综合治理成效显著,51%的小流域综合治理效益达到良,24%的小流域综合治理效益达到优等水平,表明小流域综合治理措施发挥了比较显著的蓄水、保土效益。特别是 2004 年北京市提出生态清洁小流域建设思路之后,小流域综合治理效益明显提高。

2004—2010 年,综合治理效益得到优等的小流域达到 53%,比 2002—2010 年小流域治理综合效益均值提高了 29%,表明生态清洁小流域建设符合北京市山区小流域治理思路,可以有效地提高小流域治理综合效益。

3 结 论

(1) 小流域治理效益得分可以通过不同措施的工程量进行回归计算,计算值与实际值无显著差异,可以根据小流域治理中采取不同措施的工程量初步预测治理效益。

(2) 利用小流域治理效益综合得分对 2002—2010 年密云县山区小流域治理效益进行评价,结果表明小流域治理效益明显。生态清洁小流域建设思路更加符合北京市山区小流域治理实际需要,可以带来更大的蓄水、保土效益。

[参 考 文 献]

[1] 韩富贵. 密云县水土保持生态建设的成效与展望[J]. 中国水土保持,2007(6):50-52.

[2] 韩富贵. 密云县建设生态清洁小流域的实践[J]. 中国水土保持,2007(9):47-50.

[3] 刘宝元,毕小刚,符素华,等. 北京土壤流失方程[M]. 北京:科学出版社,2010.

[4] 任广平,邹志红,孙靖南. 因子分析及其在河网水质综合评价中的应用研究[J]. 环境污染治理技术与设备,2005,5(4):91-94.