

基于面向对象分类的细小河流水体提取方法研究*

刘 炜 王聪华 赵尔平 杜鹤娟

(西藏民族学院信息工程学院, 咸阳 712082)

摘要:以2010年8月和1986年8月横山县TM图像为基础数据源,获取精准水域分布信息并进行动态分析。对2期TM图像进行预处理;创建特征空间WFS,辅助土地利用现状图、地形图、水系图等专题图件进行叠加分析,在WFS中通过全局阈值分割分离出沟谷阴影、植被等背景地物信息,粗提水域分布信息;在此基础上进行LBV变换,并选取适宜尺度执行面向对象分割,优化目标对象识别区;执行SVM监督分类并组合数学形态学开、闭运算对初始全域水体信息提取结果的二值图像进行分类后处理,精确逼近各类水体的水陆界限;依据2期全域水体信息提取结果进行动态分析。结果表明,所用方法能完整、快速地提取出研究区各类型水体的分布信息,准确识别细小河流水体,显著减少对沟谷阴影等背景地物的误判,基本消除椒盐效应;1986年和2010年2期水体提取结果的制图精度和用户精度分别为0.921、0.875和0.913、0.862。

关键词:多光谱遥感 黄土丘陵沟壑区 细小河流 分级提取 面向对象分类

中图分类号: S127; TP753 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)07-0237-08

引言

陆地表层系统的水体类型主要包括河流、湖泊、湿地、水库、冰川等,这些内陆水体无论作为独立的环境因子或者是一种自然资源,一直以来都受到人们的高度重视,其形成与消失、扩张与萎缩、退化与污染都是局地或区域陆地生态系统对人类活动和气候变化最重要的响应。利用遥感和GIS技术,可以及时、快速、准确地监测各类地表水体的动态变化情况,为开展流域水土资源调查评价、农田水利规划管理、流域综合治理以及洪涝灾害预报与灾情评估等活动提供技术支撑和决策依据。

目前,国内外用于内陆水体多光谱遥感动态监测的数据源主要来自Landsat 5/7/8、ASTER、CBERS、ALOS、SPOT5/6等星载平台。在多光谱遥感图像上可以通过多特征分析(光谱特征、形态特征、拓扑特征、上下文特征、纹理特征和时间特征)识别各种水体类型,勾绘水陆界限,进而绘制水域分布图以及测算水域面积。常用的水体信息提取方法主要有:多波段谱间结构关系法^[1-2]、水体指数及单波段阈值分割法^[3-4]、监督分类法^[5]、数学形态学运算算法^[6-7]等。为了更准确划分水陆边界,近年来一些研究人员综合运用NDWI直方图阈值分割、最大似然法监督分类、缓冲区分析、形态学闭运算等方

法,设计了局部自适应分步迭代算法,在TM/ETM+图像上实现对湖泊、河流等内陆水体水陆边界的自动识别^[8-10]。

陕西省横山县位于陕北黄土丘陵沟壑区与毛乌素沙漠东南部的交接过渡地带,是我国典型的水蚀风蚀交错区,境内的地表水体类型主要表现为河流、水库、湖泊、水塘、川道、沟渠等形态。本文以TM图像作为基础数据源,先期测试了水体指数阈值分割法(NDWI和MNDWI)和监督分类法提取全域水体信息,结果显示对于面积较大的面状或带状明水体(如无定河、芦河、大理河、杨家湾水库等),可以准确识别水陆界限,获取水域分布信息;然而,对于大部分无定河的一级和二级支流水体,由于河流沿岸植被导致的混合像元、邻近像元效应,以及受河床地形等因素的影响,所采用的上述方法在水体光谱特征较弱的区域,提取出的水陆界限往往会损失边缘特征或水流线多处出现间断,部分水体图斑内部有孔洞,导致较多水体信息丢失;另一方面,在应用上述方法得到的全域水体信息提取结果中,存在较多的对沟谷阴影误判的情况,并且分类后地物图斑破碎,椒盐效应突出,分类后处理难以进行。

遥感图像监督分类在一定程度上模拟了人的图像目视解译过程^[11-13],可以取得较高的地物识别精度。然而,如果图像的基本单元是具有特定光谱特

收稿日期: 2014-02-09 修回日期: 2014-02-28

* 国家自然科学基金资助项目(41361044,61162025)

作者简介: 刘炜,讲师,主要从事土地遥感与GIS应用技术研究,E-mail: remote2009@126.com

征和形态特征的图斑而非单个像元,则可以进一步降低分类过程中为全类别选取典型训练样本集、设置单类别内部多个聚类中心、调整分类器参数等关键步骤的操作难度,加快分类后处理速度。为此,本文考虑基于特征空间阈值分割和面向对象分类,创建一个具有一定推广能力的水体信息分级提取方法,以实现对研究区精准水域分布信息的逐步优化和逼近,特别是能够有效提高对各类细小河流的识别精度,为后续专题制图及动态监测提供可靠的数据源。

1 研究区与数据源

1.1 研究区概况

横山县地处陕西省榆林市中南部,无定河的中游,位于东经 108°45′~110°64′,北纬 38°31′~37°32′,全县土地面积约 4 333 km²。横山县属于黄土丘陵沟壑区与毛乌素沙漠东南部的交接过渡地带,是我国典型的水蚀风蚀交错区、生态环境脆弱带。横山县南部黄土高原梁峁沟壑区与北部风沙草滩区分别约占 70% 和 30%。横山县地势东北低西南高,东北部海拔高度 1 000~1 200 m,西南部海拔高度 1 100~1 400 m。该县属温带半干旱大陆性季风气候,全年受暖湿热带海洋气团影响时间短,极地大陆气团影响时间长。年平均降雨量约为 395 mm,多集中于 7~9 月,并且常以雷阵雨或暴雨的形式出现,这期间降雨量约占全年总降水量的 60%。

横山县境内的地表水体类型主要包括河流、水库、湖泊、川道等。河流主要有无定河、芦河、大理河、黑木头川、小理河、柴家河、蚂蚁河、黑河则、石窑沟、盐子沟等,水系分布呈树枝状;水库主要有杨家湾水库、王沙湾水库、韩岔水库、王圪堵水库、庙岭梁水库、麒麟沟水库、河口庙水库等。该县境内流域面积超过 10 000 km² 的河流是无定河,流程超过 100 km 的河流是无定河与大理河,其它如芦河、大理河、黑木头川、盐子沟等河流均为无定河的一级或二级支流。这些河流均属无定河水系,多发源于山间或风沙区,具有流程短、流域面积小、河道沿岸沟深坡陡、冲刷强烈、含沙量高、径流量受降雨量影响骤涨骤落且年内分布不均(7~9 月间径流量约占全年径流总量的 55%) 的特点,以致每年夏季时常因高强度集中降雨引发水土流失,继而导致河湖库淤积,诱发洪涝灾害,严重危害当地民众的生产、生活和社会经济发展。此外,该县境内还有众多的季节性山溪流,其水源短缺、流程更短,径流量随季节更替变化更为显著。

1.2 数据源及预处理

本文所采用的研究资料主要包括 2 期 TM 多光谱遥感图像、专题图件和统计资料。2 期 TM 图像成像时间分别为 2010 年 8 月 20 日和 1986 年 8 月 2 日,每期各两景(轨道号 127/034 和 127/033),图像成像质量良好、无云。所采用专题图件主要包括《横山县地形图》(1:10 万)、《横山县土地利用现状图》(1:10 万)、《横山县土壤类型分布图》(1:10 万)、《陕西省水系图》(1:50 万)、《黄河及西北内陆河地图》(1:150 万)和 30 m 空间分辨率的 ASTER GDEM 等。所采用统计资料主要包括《陕西省水文志》、《陕西省榆林地区地理志》、《横山土地资源》、《陕西省土地利用现状调查数据集》、《榆林统计年鉴》、《横山县第二次土壤普查报告》、《陕北黄土高原地区遥感应用研究》和《黄土高原重点治理区资源与环境遥感调查研究》等。

辅助数字化后的 1:10 万地形图,首先对每期各 2 景图像进行拼接和几何精校正。几何精校正过程中在整幅图像上均匀布置较多的地面控制点,纠正模型采用三次多项式,图像重采样选择三次卷积内插法,校正结果的总均方根误差控制在 1 个像元以内。校正后图像的投影类型为高斯-克吕格投影,椭球体为克拉索夫斯基椭球体。经过几何精校正后,按照行政区划边界通过掩模运算分离出研究区以外的部分,之后对图像进行 FLASSH 大气校正,结果如图 1 所示(TM4(R)5(G)3(B))。

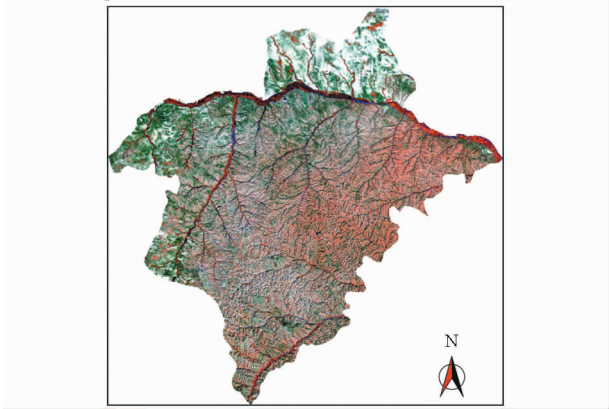


图 1 横山县 TM 多光谱遥感图像
Fig. 1 TM multispectral remote sensing image of Hengshan County

2 研究方法

2.1 全域水体信息提取的技术路线分析

横山县无定河以南地区地表切割破碎,梁、峁、沟谷发育,沟壑纵横密布,因暴流侵蚀形成的细小河流众多,并且水中多含有泥沙、浮游生物以及各类成分复杂的悬浮物质。采用多波段谱间结构关系法、

水体指数及单波段阈值分割法或监督分类法等方法,很难从 TM 图像上完整提取出全区所有的细小河流,并且用户精度较低,主要原因有:①受限于图像空间分辨率,河流沿岸植被、河床地形以及水体中多种悬浮物质的影响,在横山县 TM 图像上细小河流水体一般含有较多的混合像元,其光谱特征明显区别于面状或带状明水体。同时,细小河流上、下游区域水体的光谱特征也有差异,水流线部分位置会出现间断。②横山县境内无定河以南芦河以东地区,沟壑密布,在 TM4(R)3(G)2(B)或 TM4(R)5(G)3(B)假彩色合成图像上,沟谷阴影的光谱特征与细小河流的光谱特征相近。③以上常用的水体信息提取方法都基于图像像元的光谱特征,没有顾及河道与相邻地物图斑的形态特征差异;并且应用基于图像像元光谱特征的水体信息提取方法,得到的全域水体信息提取结果中,孤立分布着较多的散碎图斑,椒盐效应突出。

有鉴于此,本文认为要获取横山县精准水域分布信息,有效提高细小河流的识别精度,应当有效利用水体在 TM 图像上与背景地物的光谱特征和形态特征差异,然后在此基础上,采用“先粗后细”的分级提取方法,逐步分离出各类背景地物图斑,逼近精准的水陆界限。为此,在多次实验的基础上,本文设计了分级水体信息提取方法,技术路线如图 2 所示。

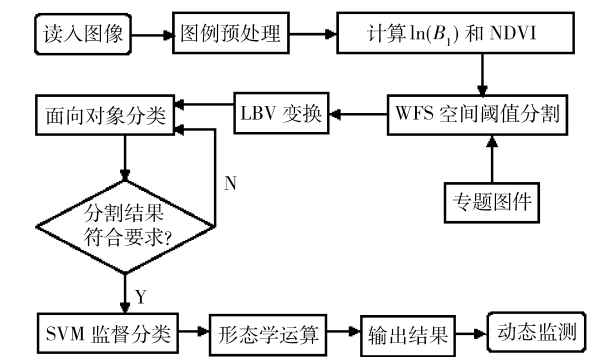


图 2 水体信息提取技术路线框图

Fig. 2 Technical route of water extraction

2.2 WFS特征空间阈值分割与分离沟谷阴影等背景地物信息

通过对 TM 多光谱图像进行波段运算,构建特征空间 WFS(Water feature space);然后辅助土地利用现状图、地形图、水系图进行叠加分析,在 WFS 中利用阈值分割和掩膜操作,可以在完整保留全域水体信息的同时,快速分离出大部分的沟谷阴影、植被、沙地等背景地物信息;之后,在全域分割的结果上观察全域河流、湖泊、水库的分布状况,可有效防止丢失各类细小水体以及误判沟谷阴影。WFS 由修正归一化差值水体指数(MNDWI)和归一化差值

植被指数(NDVI)构建,对 MNDWI 和 NDVI 的计算式为

$$\begin{cases} \ln(1/(B_1 + \Delta d)) \leq T_w \\ B_2 \leq T_v \end{cases}$$

式中 B_1 ——修正归一化差值水体指数
 B_2 ——归一化差值植被指数
 T_w ——分割阈值,取 5.57
 T_v ——分割阈值,取 0.06
 Δd ——偏移量,0.45

水体通常在绿波段的光谱反射率高,而在中红外波段因吸收了大部分的入射能量而导致光谱反射率较低^[14-15],水体光谱反射率在绿波段、中红外波段的变化规律正好与植被、土壤等地物相反;而沟谷阴影的光谱反射率在中红外波段和绿波段均较低,且大致相同。因此,利用绿波段与中红外波段的比差值运算,可以在增强水体光谱特征的同时,在一定程度上减弱沟谷阴影、植被、土壤等背景地物的光谱信息^[16-18]。为了进一步弱化背景地物光谱信息的影响,细化分割阈值的取值范围,对 MNDWI 附加偏移量($\Delta d=0.45$)后进行了对数变换。NDVI 对近红外波段与红波段进行了比差值运算,也可以在一定程度上弱化地形差异,在 NDVI 图像上植被信息特别突出^[19-20]。

图 3a、3b 分别是横山县境内无定河与黑木头川(左下支流)和响水沟(右下支流)交汇处的 TM 图像(TM4(R)5(G)3(B))和 MNDWI 图像,图 3c、3d、3e 分别是应用式(1)进行复合运算的结果。在图 3a 中,响水沟和黑木头川部分河段受沿岸两侧灌溉耕地、灌草丛光谱影响,水流线的光谱特征微弱,多处出现间断;然而在图 3e 中大部分的沟谷阴影、灌溉耕地、灌草丛、沙地等背景地物信息已经被分离,黑木头川和响水沟的水流线完整,基本连贯至末端。对于余下较难识别的背景地物,可以通过监督分类等方法进一步将其分离。

2.3 结合 LBV 变换的面向对象分类

2.3.1 LBV 变换

LBV 变换创建一个线性变换矩阵,对由 TM 图像绿波段、红波段、近红外波段和中红外波段组成的 4 维特征空间进行压缩和旋转,生成了 3 个互不相关、物理意义明确的特征波段 L、B 和 V,它们分别表征研究区地物总辐射水平,地物可见/红外光辐射平衡和地物辐射随波段改变而变化的方向及速率^[11]。在 LBV 变换图像中,水体图斑与其它背景地物图斑的光谱特征差异显著。

图 4a 是对图 3a 进行 LBV 变换的图像,图 4b、4c 分别是无定河与盐子沟(下侧支流)交汇处的

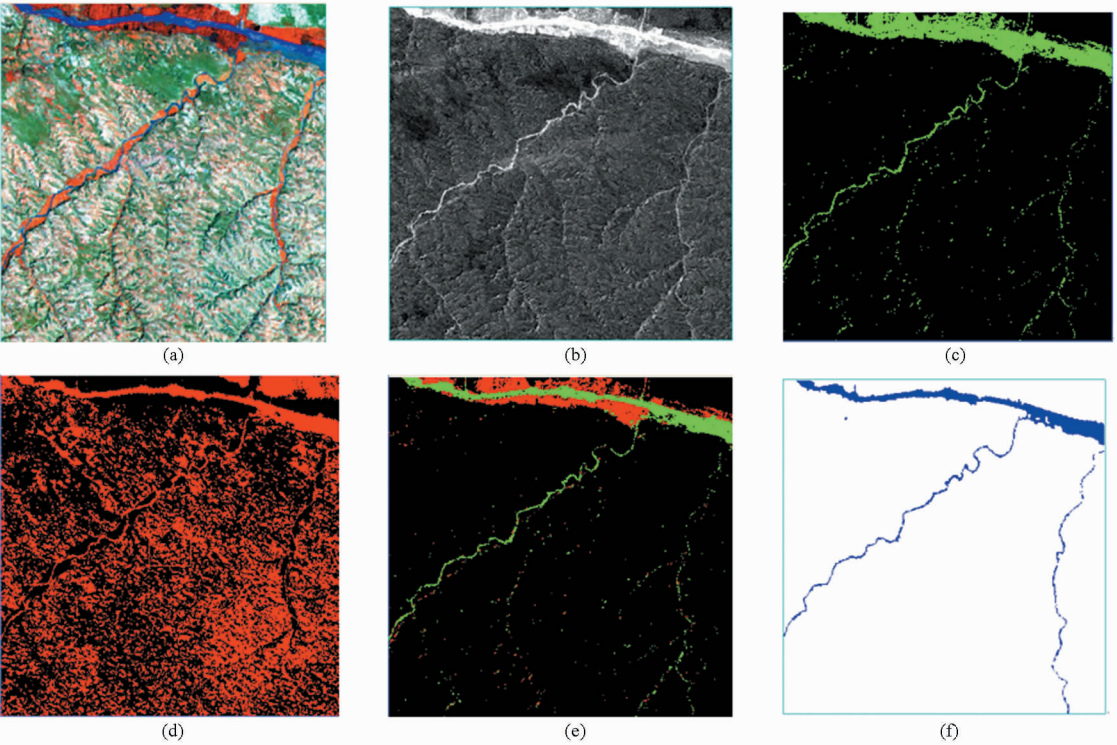


图 3 WFS 特征空间阈值分割

Fig. 3 Threshold segmentation of WFS feature space

(a) TM4(R)5(G)3(B)图像 (b) MNDWI 图像 (c) $\ln(1/(B_1 + \Delta d))$ 阈值分割图像
(d) NDVI 阈值分割图像 (e) WFS 阈值分割结果 (f) 水体信息提取结果

TM4(R)5(G)3(B) 图像和 LBV 的变换图像。在图 4a、4c 中可以看到,无定河、黑木头川、响水沟和盐子沟水体呈深浅不同的红色,河道沿岸的灌溉耕地、灌草丛呈黄色和黄绿色,沙地、荒草地呈蓝色及浅蓝色,不同种类地物的光谱特征对比强烈,且同类地物内部因像元光谱特征同质程度高而聚合形成斑块。由于响水沟、黑木头川、盐子沟水体图斑与河道沿岸灌溉耕地、灌草丛、沙地等背景地物图斑的光谱特征和形态特征差异明显,因而相对于 TM4(R)5(G)3(B) 图像能够辨识出更为完整的水流线。

2.3.2 面向对象分割

面向对象分类首先根据目标对象与背景地物的光谱特征和形态特征差异,在选定尺度下按照区域生长和合并算法分割图像^[21-22],分割后图像的基本单元是由若干相邻、光谱相似度高的像元组成的内部光谱特征一致、面积大小不一的多边形图斑(即同质对象);然后基于同质对象执行监督分类,面向对象分类的关键步骤是选取分类特征和分割尺度^[23-25]。按照图 2 所示的技术路线,在 WFS 特征空间辅助专题图件进行全局阈值分割后,可从全域

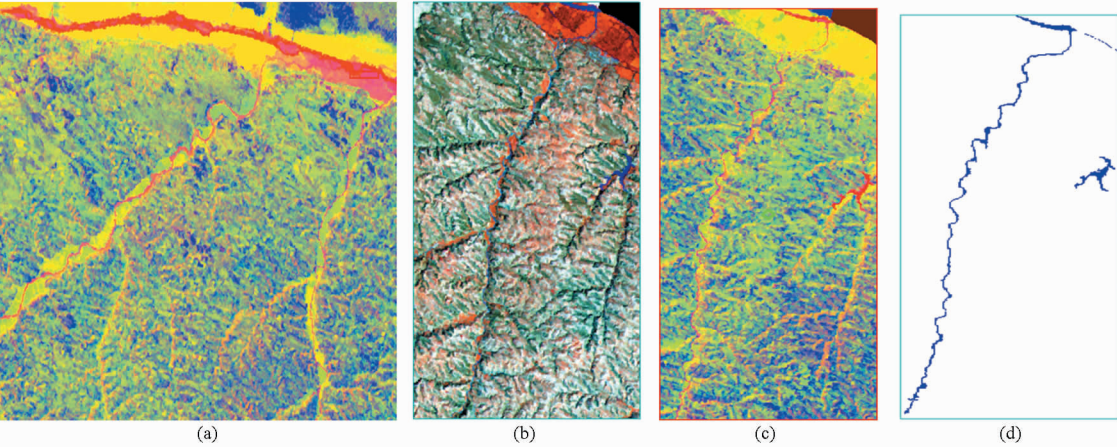


图 4 LBV 变换图像与原图像(TM4(R)5(G)3(B))对比

Fig. 4 Comparison between LBV transformation and original images (TM4(R)5(G)3(B))

(a) 图 3a LVB 变换结果 (b) TM4(R)5(G)3(B) 图像 (c) LVB 变换结果 (d) 最终水体信息提取结果

TM 图像上快速分离出大部分的沟谷阴影、植被等背景地物信息,之后以 L、B 和 V 这 3 个特征波段作为分类特征执行面向对象分割及监督分类。由于在 LBV 变换图像中,各类水体图斑的光谱特征和形态特征突出,特别是容易辨识各类细小水体,因此,为下一步选取分割尺度创造了条件。

图 5 显示了对研究区无定河、芦河(左下侧支流)、杨家湾水库、横山镇区域的 LBV 图像(已去除大部分非水体地类信息)进行面向对象分类的过程,其中图 5a 是在尺度 $T_{sc} = 6.2$ 时面向对象分割

的结果;图 5b 显示图像分割后,为各种地物选取的样本对象;图 5c 是支持向量机(SVM)监督分类的结果。由图 5a 可以看到,在面向对象分割后河流水体、水库水体、草地、灌溉耕地、居民用地等地物内部的像元,都合并成光谱特征完全一致、形态特征明晰、面积大小不一的同质对象;而不同类对象之间特征差异显著。另一方面,通过与土地利用现状图等专题图件进行叠加分析可以发现,该尺度下水体对象的水陆界限位置准确,较少出现因过度分割导致水体对象合并融入其它地类像元,或者相反的情况。

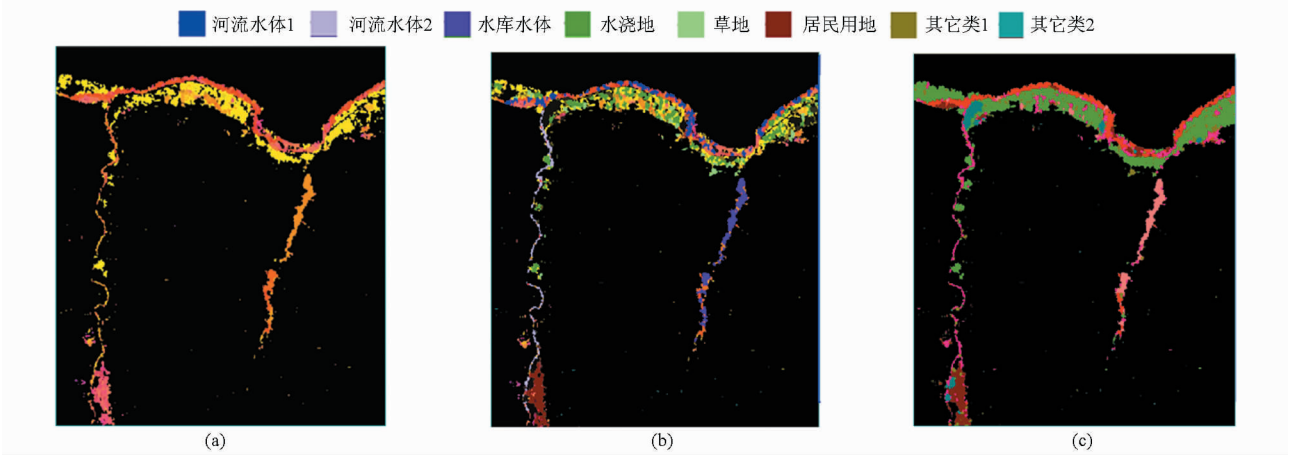


图 5 结合 LBV 变换的 TM 图像面向对象分类(SVM)

Fig. 5 Object-oriented image classification associated with LBV transformation

(a) 面向对象分割结果 (b) 不同地物选择样本对象 (c) SVM 监督分类结果

2.3.3 SVM 监督分类与形态学运算分类后处理

监督分类的实质是在一定的判别规则下,依据分类特征并通过预置的训练样本集解算分类模型,然后将所得分类模型推广至全体待分类样本^[12-13]。由于监督分类可以利用解译人员的先验知识制定分类方案、选取有效分类特征、采集完备训练样本集,因而其分类过程在一定程度上融入目视解译,应用在地表破碎、地物类型混杂的研究区域,针对特定目标对象能够取得更高的识别精度。在监督分类前,在 WFS 特征空间进行全局阈值分割;结合 LBV 变换执行面向对象分割,利用这些操作可以显著减少待处理数据量和待识别的地物种类,优化目标对象识别区,并使得图像分类的基本单元是具有特定光谱特征和形态特征的同质对象。因此,能够有效降低监督分类过程中执行关键步骤的复杂程度(选取有效分类特征,采集各地类完备训练样本集、设置单类别地物内部多个聚类中心、调整分类器参数以及分类后处理),发挥监督分类的性能,以更高精度分离出剩余的较难识别的背景地物。

本文在面向对象分割后的图像上,与土地利用现状图、地形图、土壤类型分布图等专题图件进行叠加分析,并结合先验知识从全域为剩余各类地物选

取训练样本对象,样本集的 Jeffries-Matusita 距离和转换分离度(Transformed divergence)均大于 1.950,分类器选择以径向基函数作为内积核的支持向量机(SVM)^[26],惩罚系数和间隔分别设置为 100 和 0.173;在 SVM 监督分类后,辅助人工选点,设置结构元素模板,组合数学形态学开、闭运算对初始全域水体提取结果的二值图像进行处理;利用闭运算的先膨胀后腐蚀操作连接间断水流线和较大水体图斑水陆界限的缝隙,填补水体图斑边缘缺损部分及其内部细小孔洞,并将一些小的斑块归并到包围它们并且连续分布的水体图斑中;利用开运算的先腐蚀后膨胀操作去除提取结果中孤立分布的碎斑以及水体图斑的边缘点。图 6a、6b 是由 2010 年 8 月 20 日和 1986 年 8 月 2 日这 2 期 TM 图像得到的全域水体信息最终提取结果,典型研究样区图 3a 和图 4b 的提取结果如图 3f、图 4d 所示。

3 水体信息提取结果精度评价及动态分析

将图 6a、6b 分别与土地利用现状图、LBV 变换图像进行叠加分析后进行目视判读。判读结果表明:在 2 期水体信息提取结果中,面状和带状水体的水陆边界位置准确,轮廓完整连续,识别效果理想;

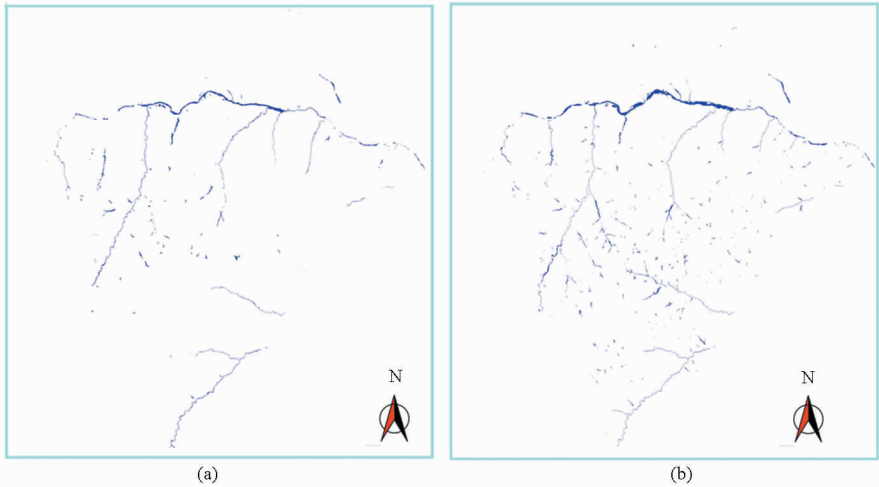


图 6 横山县 TM 图像水体信息提取结果
Fig. 6 Water distribution information in Hengshan County
(a) 2010 年 (b) 1986 年

TM 图像上的细小河流全部被提取出来,水流线位置准确,基本连贯至末端,较少出现水体信息丢失现象;此外,在 2 期水体信息提取结果中,很少混杂沟谷阴影以及灌溉耕地、灌草丛、道路、居民用地等地物图斑,椒盐效应基本消除。较之前直接进行 SVM 监督分类或采用多波段谱间结构关系法,对细小水体误判、漏判的情况显著减少,水体图斑边缘完整。在图 6a 和 6b 中分别随机选取了 700 个样点,逐点确定类别,然后采用制图精度和用户精度两项指标评价 1986 年 8 月和 2010 年 8 月这 2 期提取结果的识别精度^[27],分别为 0.921、0.875 和 0.913、0.862,表明应用图 2 所示方法提取横山县水域分布信息,能够获得较小的漏分误差和错分误差。

依据 2 期 TM 图像水体信息提取结果分别计算当年横山县的水域面积,从 2010 年 8 月 20 日成像的 TM 图像上提取出的水域面积为 3 872.16 hm²,占全县总土地面积的 0.89%;从 1986 年 8 月 2 日成像的 TM 图像上提取出的水域面积为 5 713.42 hm²,占全县总土地面积的 1.32%;从 1986 年到 2010 年,横山县水域面积下降了 32.23%,减少 1 841.26 hm²,占全县总土地面积的 0.42%,水域面积减少主要是因为无定河、大理河、芦河、黑木头川、黑河则及其支流的部分河段的水面宽度收窄,河道沿岸的草地、灌木林地及河滩漫地转化为灌溉耕地或旱地。在无定河两岸,尤其是从雷龙湾乡至响水镇一带出现大面积、带状连续分布的河床地被围淤用作灌溉耕地;另外,少部分细小河流无法从 2010 年 8 月 20 日成像的 TM 图像上被识别。

4 结 束 语

尽管横山县地表破碎,地物类型混杂,然而通过采用一定的特征变换的方法可以充分利用 TM 图像丰富的光谱信息,针对性地构建强化水体与沟谷阴影等背景地物光谱特征对比的特征空间 WFS。在 WFS 空间中辅助土地利用现状图、地形图等专题图件进行全局阈值分割,可以快速分离出大部分沟谷阴影、道路、居民用地、植被、沙地、荒草地等背景地物的信息,有效减少待处理数据量。同时为面向对象分割、在全域选取完备训练样本集以及分类后处理创造条件。

另一方面,本文在图像面向对象分割后基于同质对象进行监督分类,进一步分离出剩余的较难识别的背景地物图斑,并且在分类后应用形态学基本运算进行分类后处理。从而实现对横山县精准水域分布信息的逐步优化、逼近,有效提高细小河流水体的识别精度。

通过与专题图件进行叠加分析可以发现,提取结果中还存在部分错分和漏分现象,主要是由于误判了部分光谱特征混淆的地物,如河流拐弯地带、河滩漫地以及小池塘等;此外,本次水体信息提取实验仅以横山县作为研究区域,要进一步验证实验所用方法的可靠性和适用性,必须进一步扩展研究区域,选取更多时相以及不同类型星载遥感平台的多光谱数据进行测试,如 ASTER、LISS-3、CBERS、ALOS、SPOT5/6、HJ1-A/B 等^[28],并对所用方法做出针对性的改进,使之能够更好地服务于实际应用。

参 考 文 献

- 1 王桥, 吴传庆, 朱利. 水环境遥感应用原理与案例[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- 2 张兵, 李俊生, 王桥, 等. 内陆水体高光谱遥感[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- 3 沈占锋, 夏列钢, 李均力, 等. 采用高斯归一化水体指数实现遥感影像河流的精确提取[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(4): 421–428.
Shen Zhanfeng, Xia Liegang, Li Junli, et al. Automatic and high-precision extraction of rivers from remotely sensed images with Gaussian normalized water index[J]. Journal of Image and Graphics, 2013, 18(4): 421–428. (in Chinese)
- 4 Ouma Y O, Tateishi R. A water index for rapid mapping of shoreline changes of five east African rift valley lakes: an empirical analysis using LANDSAT TM and ETM+ data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2006, 27(15): 3153–3181.
- 5 慎利, 唐宏, 王世东, 等. 结合空间像素模板和 Adaboost 算法的高分辨率遥感影像河流提取[J]. 测绘学报, 2013, 42(3): 344–350.
Shen Li, Tang Hong, Wang Shidong, et al. River extraction from the high resolution sensing image based on spatially correlated pixels template and adaboost algorithm[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2013, 42(3): 344–350. (in Chinese)
- 6 杨树文, 薛重生, 刘涛, 等. 一种利用 TM 影像自动提取细小水体的方法[J]. 测绘学报, 2010, 39(6): 611–617.
Yang Shuwen, Xue Chongsheng, Liu Tao, et al. A method of small water information automatic extraction from TM remote sensing images[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2010, 39(6): 611–617. (in Chinese)
- 7 Lira J. Segmentation and morphology of open water bodies from multispectral images[J]. International Journal of Remote Sensing, 2006, 27(18): 4015–4038.
- 8 朱长明, 骆剑承, 沈占锋, 等. DEM 辅助下的河道细小线性水体自适应迭代提取[J]. 测绘学报, 2013, 42(2): 277–283.
Zhu Changming, Luo Jiancheng, Shen Zhanfeng, et al. River linear water adaptive auto-extraction on remote sensing image aided by DEM[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2013, 42(2): 277–283. (in Chinese)
- 9 骆剑承, 盛永伟, 沈占峰, 等. 分步迭代的多光谱遥感水体信息高精度自动提取[J]. 遥感学报, 2009, 13(3): 610–615.
Luo Jiancheng, Sheng Yongwei, Shen Zhanfeng, et al. Automatic and high-precise extraction for water information from multispectral images with the step-by-step iterative transformation mechanism[J]. Journal of Remote Sensing, 2009, 13(4): 610–615. (in Chinese)
- 10 Liu H, Jezek K C. Automated extraction of coastline from satellite imagery by integrating canny edge detection and locally adaptive threshold methods[J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(5): 937–958.
- 11 曾志远. 卫星遥感图像计算机分类与地学应用研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- 12 严泰来, 王鹏新. 遥感技术与农业应用[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008.
- 13 Lacoste C, Descombes X, Zerubia J. Unsupervised line network extraction in remote sensing using a poly line process[J]. Pattern Recognition, 2010, 43(4): 1631–1641.
- 14 邓孺孺, 何颖清, 秦雁, 等. 近红外波段(900–2 500 nm)水吸收系数测量[J]. 遥感学报, 2012, 16(1): 192–206.
Deng Ruru, He Yingqing, Qin Yan, et al. Measuring pure water absorption coefficient in the near-infrared spectrum (900–2 500 nm)[J]. Journal of Remote Sensing, 2012, 16(1): 192–206. (in Chinese)
- 15 邓孺孺, 何颖清, 秦雁, 等. 分离悬浮质影响的光学波段(400–900 nm)水吸收系数测量[J]. 遥感学报, 2012, 16(1): 174–191.
Deng Ruru, He Yingqing, Qin Yan, et al. Pure water absorption coefficient measurement after eliminating the impact of suspended substance in spectrum from 400 nm to 900 nm[J]. Journal of Remote Sensing, 2012, 16(1): 174–191. (in Chinese)
- 16 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报, 2005, 9(5): 589–595.
Xu Hanqiu. A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index(MNDWI)[J]. 2005, 9(5): 589–595. (in Chinese)
- 17 李炳燮, 马张宝, 齐清文, 等. Landsat TM 遥感影像中厚云和阴影去除[J]. 遥感学报, 2010, 14(3): 534–545.
Ri Pyongsop, Ma Zhangbao, Qi Qingwen, et al. Cloud and shadow removal from LANDSAT TM data[J]. Journal of Remote Sensing, 2012, 16(1): 192–206. (in Chinese)
- 18 虢建宏, 田庆久, 吴昀昭. 遥感影像阴影多波段检测与去除理论模型研究[J]. 遥感学报, 2006, 10(2): 151–158.
Guo Jianhong, Tian Qingjiu, Wu Junzhao. Study on multispectral detecting shadow areas and a theoretical model of removing shadows from remote sensing images[J]. Journal of Remote Sensing, 2006, 10(2): 151–158. (in Chinese)
- 19 朱高龙, 柳艺博, 居为民, 等. 4 种常用植被指数的地形效应评估[J]. 遥感学报, 2013, 17(1): 210–234.
Zhu Gaolong, Liu Yibo, Ju Weimin, et al. Evaluation of topographic effects on four commonly used vegetation indices[J]. Journal of Remote Sensing, 2013, 17(1): 210–234. (in Chinese)
- 20 何亚娟, 潘学标, 裴志远, 等. 基于 SPOT 遥感数据的甘蔗叶面积指数反演和产量估算[J]. 农业机械学报, 2013, 44(5): 226–231.
He Yajuan, Pan Xuebiao, Pei Zhiyuan, et al. Estimation of LAI and yield of sugarcane based on SPOT remote sensing data[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(5): 226–231. (in Chinese)

21 Mathieu R, Freeman C, Aryal J. Mapping private gardens in urban areas using object-oriented techniques and very high-resolution satellite imagery[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 81(3): 179 – 192.

22 Zhou W, Troy A, Grove M. Object-based land cover classification and change analysis in the Baltimore metropolitan area using multi temporal high resolution remote sensing data[J]. Sensors, 2008, 8(3): 1613 – 1636.

23 许文宁,梅树立,王鹏新,等. 改进 CV 模型在高分辨率遥感影像分割中的应用[J]. 农业机械学报,2011,42(3):180 – 183.
Xu Wenning, Mei Shuli, Wang Pengxin, et al. Improved Chan-Vese model and its application on high resolution remote sensing image segmentation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(3): 180 – 183. (in Chinese)

24 郭琳,裴志远,吴全,等. 面向对象的土地利用/覆盖遥感分类方法与流程应用[J]. 农业工程学报,2010,26(7):194 – 198.
Guo Lin, Pei Zhiyuan, Wu Quan, et al. Application of method and process of object-oriented land use-cover classification using remote sensing images [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 26(7): 194 – 198. (in Chinese)

25 Benz U C, Peter H, Gregor W, et al. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2004, 58(3 – 4): 239 – 258.

26 杜培军,谭琨,夏俊士. 高光谱遥感影像分类与支持向量机应用研究[M]. 北京:科学出版社,2012.

27 Foody G M. Status of land cover classification accuracy assessment[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 80(1): 185 – 121.

28 买凯乐,张文辉. 黄土丘陵沟壑区遥感影像信息面向对象分类方法提取[J]. 农业机械学报,2011,42(4):153 – 158.
Mai Kaile, Zhang Wenhui. Object-oriented classification approach for remote sensing imagery information extraction in loess hilly-gully region[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(4): 153 – 158. (in Chinese)

Extraction of Small River Information Based on Object-oriented Classification

Liu Wei Wang Conghua Zhao Erping Du Hejuan

(College of Information Engineering, Tibet University for Nationalities, Xianyang 712082, China)

Abstract: A hybrid method for small river-water extraction using TM images, covering Hengshan County in Shaanxi Province and acquired in August 20, 2010 and August 2, 1986, is proposed. After the pretreatment of the original image data, WFS feature space is built. Then, WFS is segmented to remove the influence of background spectral interference by aid of overlay analysis with thematic maps, such as present land use map, topographic map and drainage map. Next, the multispectral images containing the preliminary water distribution information are processed with LBV transformation and object-oriented segmentation. Further, the precise extraction of river water can be achieved by using SVM supervised classification and mathematical morphology open-close operator. Finally, water dynamic analysis is accomplished by adopting the precise water change information acquired from the above results. Results show that using the method provided can get precise water distribution information in Hengshan County, especially can improve the identification accuracy for small river. The map accuracy of water extraction results in 1986 and 2010 are 0.921 and 0.875, respectively, and the user’s accuracy are 0.913 and 0.862, respectively. The hierarchical extraction method proposed is feasible and reliable for small river-water extraction, can reduce the error of loess hilly and gully region identification, significantly.

Key words: Multispectral remote sensing Loess hilly and gully region Small waters Hierarchical extraction Object-oriented classification