

基于 HJ-1 星 CCD 数据的面向对象人工表面信息提取研究

——以陕西关中平原为例

谢家丽, 颜长珍, 宋翔 (中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沙漠与沙漠化重点实验室, 甘肃兰州 730000)

摘要 以 2010 年 HJ-1 号卫星 CCD 数据为主要数据源, 采用面向对象分类方法, 提取关中平原人工表面信息。在 eCognition 软件平台的支持下, 综合影像光谱信息、纹理、形状和地理空间关系等特征参数, 并添加 DEM、Slope、TM 数据、样本点数据以及特征指数等辅助信息, 依据决策树分类思想, 进行多尺度分割逐级提取地物类型。结果表明: 利用 HJ-1 号卫星数据提取区域人工表面信息是可行的, 采用面向对象的计算机自动分类方法提取人工表面信息的效率明显提高, 且精度达到 85.90%。

关键词 HJ-1 号卫星; 面向对象分类; 关中平原; eCognition

中图分类号 S126; TP79 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)15-04897-04

Extraction of Artificial Surface Based on HJ-1 Satellite CCD Images with Object-Oriented Method—A Case Study in Guanzhong Plain, Shaanxi Province

XIE Jia-li et al (Key Laboratory of Desert and Desertification, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, CAS, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract Real-time extraction of the artificial surface is important for the management of land resources and the assessment of ecological environment. The object-oriented classification method based on HJ-1 satellite CCD images was used to extract artificial surface information, and Guanzhong Plain, an important commodity grain base located in the middle of Shaanxi Province with intensive human activities, was chosen to test the adaptability of the extraction method. With the support of eCognition software, the image spectrum information, texture, shape index and geographical spatial relation together with other auxiliary information such as DEM, Slope, TM data, sample point data and some characteristic indices were synthesized, and then artificial surface information were extract hierarchically on the basis of the classification algorithm of decision tree. The classification accuracy was 85.90% and the results indicated that this method was feasible to extract artificial surface information using object-oriented method based on HJ-1 satellite CCD data. Compared with the traditional visual interpretation method, the efficiency of computer automatic classification based on object-oriented technology has been significantly boosted.

Key words HJ-1 satellite; Object-oriented classification; Guanzhong Plain; eCognition

在人类生产和生活活动对土地资源的空间分布、质量和数量的强烈影响下, 人工表面具有极强的动态性^[1]。实时提取人工表面信息, 对土地资源管理以及生态环境评价具有重要意义。但是传统的外业实地调查很难快速获取大面积的实时信息。遥感技术凭借探测周期短、现时性强、可大面积同时观测的优势, 已成为地物定性、定量探测的重要手段, 为地球资源监测提供了大量的数据支持^[2-3]。随着遥感技术的进步及其应用的深入, 遥感专题信息的提取方法也在不断革新, 经历了目视解译、自动分类、光谱特性的信息提取、光谱空间特征的专题信息提取、面向对象分类以及多尺度分类^[4-8]等多个阶段。目前除地物光谱特征外, 人们越来越注重影像的空间特征如纹理和形状与地学辅助数据等在信息提取中的作用^[9]。Baatz 等提出的面向对象的分类方法将影像基于不同波段的权重进行分割, 以对象为处理单元, 综合纹理、上下文等特征信息, 在分类精度和速度方面, 与传统方法相比都有显著提高^[10-11]。面向对象的分类方法在基于高分辨率影像的各种遥感信息提取中应用广泛^[12-13], 而在时间上连续性好、光谱信息比较丰富、获取成本较低的中分辨率影像利用方面存在不足^[14]。近年来, 一些学者开始中分辨率影像信息提取的研究^[15-16]。

人工表面信息的提取一直是影像分类中的难点, 在大面

积土地覆盖信息提取中更是如此。目前对人工表面信息的提取研究多是基于高分辨率影像的城市信息提取, 包括城市建筑物信息提取、城市绿地提取、道路和桥梁等重大工程信息的提取^[17-20]。由于影像光谱信息和时相信息过于单一, 人工表面信息的提取精度总是不理想^[21]。2008 年 9 月 6 日, 我国发射了专门用于环境与灾害监测的预报小卫星 (HJ-A、HJ-B), 可实现可见光探测在 30 m 分辨率下每 2 d 对国土进行全覆盖观测, 同时具备大范围、全天时、全天候环境与灾害监测等方面的能力^[22-23], 为人工表面信息的提取提供了丰富的信息源。为此, 笔者将 HJ-1 号卫星 CCD 数据作为主要数据源, 以关中平原为例, 发展面向对象的多尺度分类提取人工表面信息的方法, 为大面积土地覆盖分类中人工表面信息的提取提供成熟的方法。

1 研究区概况

关中平原位于陕西省中部, 西起陇山, 东至潼关, 南至秦岭北麓, 北至陕北黄土高原, 总面积 5.56 万 km², 其地处温带大陆性季风气候区, 年平均降水量时间上呈波动变化, 并由西南向东北递减^[24]。该区开发历史久远, 人为活动强烈, 土地覆盖中人工表面信息类型多、分布广, 在西北地区极具代表性。

2 数据与研究方法

2.1 数据来源及其预处理 环境减灾卫星 HJ 数据来源于中国资源卫星中心, 作为主要数据源, 并辅以 Aster 30m 的 DEM 数据 (<http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem-wist.asp>) 以及由 DEM 经过空间分析生成的坡度数据和 Landsat TM 数据

基金项目 全国生态环境十年变化土地覆盖与地表参量遥感提取项目 (STSN-01-03)。

作者简介 谢家丽 (1986 -), 女, 内蒙古乌兰察布人, 助理工程师, 从事遥感应用与区域生态环境评价方面的研究。

收稿日期 2014-05-04

(<http://glovis.usgs.gov/>)。HJ-1号卫星 CCD 数据共有 4 个波段,分别为:①蓝色波段,0.43~0.52 μm,对水体有透射能力;②绿色波段,0.52~0.60 μm,探测健康植被绿色反射峰;③红色波段,0.63~0.69 μm,测量植物绿色素吸收率;④近红外波段,0.76~0.90 μm,测定生物量和作物长势。前 3 个波段可区分人造地物类型,而近红外波段可区分植被类型。在数据选择方面,采用多时相的数据源(HJ/CCD:20100721、20101103、20100316),根据地物在不同季节所表现的光谱特征进行信息提取。

采用 WGS_1984_UTM 投影坐标系,对几何校正后的研究区 TM 影像数据进行投影转换,将其作为校正 HJ 星数据控制点的参考影像。另外,对 HJ 星数据进行大气校正、辐射校正、几何精校正、波段合成等处理。由于 HJ 数据幅宽较大,为了提高工作效率,在进行几何精校正时采用自动配准生成控制点,并人工检查和修改匹配不准的控制点,模型选用 Rubber Sheeting,误差控制在 1.5 个像元内。

2.2 信息提取方法 面向对象分类方法是指通过对影像进行分割,使同质像元组成大小不同的对象^[25],以每个对象为处理单元,获取对应地物的光谱信息,并综合利用影像对象的纹理、形状、空间拓扑关系等信息。影像的多尺度分割技术是一个局部优化过程,从任一个像元开始,采用自上而下的区域合并方法形成对象,每一个对象的大小调整都必须确保合并后的对象的异质性小于给定的阈值^[25-26]。对所有面向对象的信息提取方法来说,成功的影像分割是必要前提,影像分割本身不是目的,但其分割的尺度和精度对下一步分类的精度影响很大^[8]。

在进行对象分割时,面向对象的分类方法通过集合邻近像元作为一个对象来识别感兴趣的光谱要素。影像分割应遵循两条原则:①尽可能地将颜色因子的权重设大,因为光谱信息是影像数据中所包含的主要数据,形状因子权重太高会导致光谱均质性的损失;②对于那些边界不很光滑但聚集度较高的影像对象尽可能使用必要的形状因子^[18]。该研究主要是利用德国 Definiens Imaging 公司开发的面向对象的遥

感分类软件 eCognition 进行人工表面信息提取。基于面向对象的理论知识,利用多尺度分割技术,统计分析对象的光谱属性,建立规则集对影像进行分类,并用野外样本点对分类结果进行精度验证。

根据项目需求制定的我国土地覆盖分类系统,将人工表面分为 3 个 I 级类型和 6 个 II 级类型(图 1),并对研究区主要的人工表面信息进行对象 DN 值采样(图 2)。影像对象 DN 值的差异、变化特征及相应人工表面的特征指数是建立分类规则集的依据。试验采用的整个技术流程和选用的特征参数如图 3 所示。

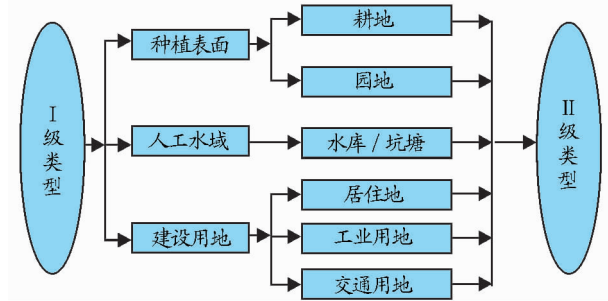


图 1 研究区人工表面信息分类系统

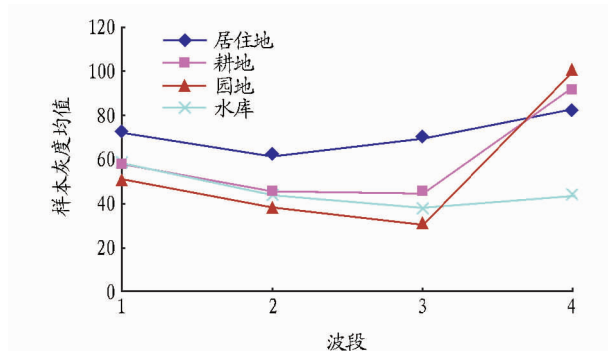


图 2 主要人工表面地物类型样本光谱响应曲线

2.3 云检测与去除 进行土地覆盖分类时,选择影像的要求包括:①选择植被生长期的影像,以反映植被类型和现状;②选择云覆盖量最少的影像。但实际上很难找到同时满足

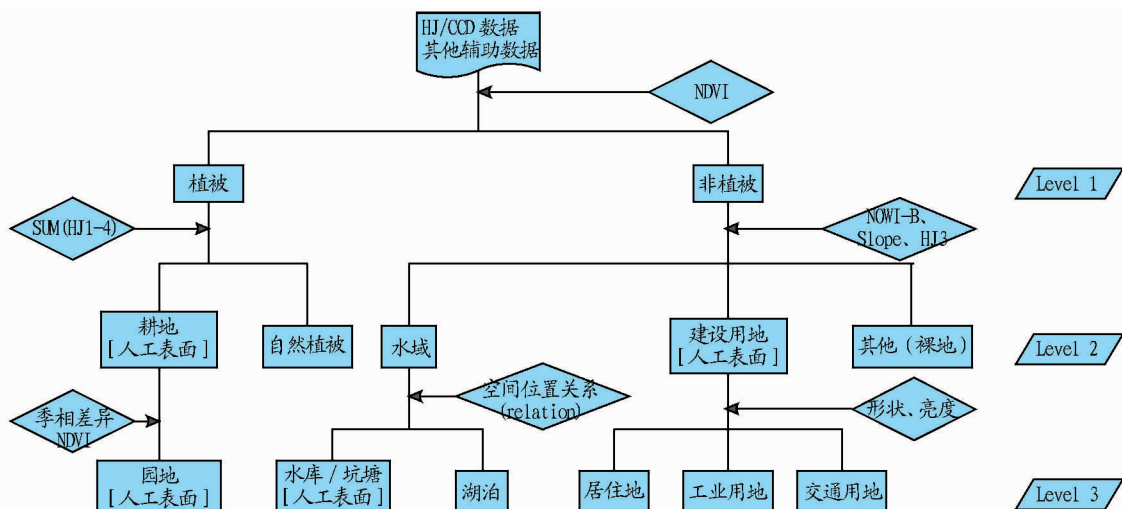


图 3 面向对象的人工表面信息提取流程

两个条件的数据,并且目前的去云技术只能消除薄云对定量遥感反演的影响,因此对土地覆盖分类工作来说,获取云覆盖区域的地物类型的难度较大。为了提高土地覆盖信息提取的精度,需要进行去云处理。采用许章华等^[27]的替换法思路对影像中的云进行处理。该研究利用“(HJ1 + HJ2 + HJ3)/3”的值将研究区内被云覆盖的区域全部提出,并将其定义为云指数(Cloud Index,简称CI),经过多次试验,取CI > 86.45 的区域赋值为“云”,但是由于部分工业用地的光谱反射值较大,使其包含在“云”里面,因此对“云”需要再次设定阈值,采用DEM和Slope将这部分居住地提出,然后对“云”进行影像替换,重新分类。

2.4 特征指数计算

2.4.1 水体指数计算

水体在近红外波段的反射率远低于其他地物,并且随着波长从蓝光增加到近红外,水体的反射率降幅很大。根据对水体的光谱特征分析,建立基于蓝光波段的归一化差异水体指数模型(Normalized Difference Water Index-Blue,NDWI-B),公式如下^[22]:

$$NDWI - B = (Blue - NIR) / (Blue + NIR) \quad (1)$$

式中,Blue为HJ星CCD数据的蓝光波段;NIR为HJ星CCD数据的近红外波段。

2.4.2 植被指数的计算

归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index,NDVI)是植被生长状态及植被覆盖的最佳指示因子,它的时间变化曲线可反映季节和人为活动的变化,公式如下^[28]:

$$NDVI = (HJ4 - HJ3) / (HJ4 + HJ3) \quad (2)$$

式中,HJ3和HJ4分别为HJ-1 CCD数据的第3波段和第4波段的DN值。

3 试验结果与分析

对研究区影像进行多尺度分割,以I级分类15的分割尺度和II级分类5的分割尺度进行分割。在信息的自动提取过程中采用决策树^[23, 29]的分类思想逐级开展。按照技术流程图(图3),对试验区人工表面信息进行提取,具体特征参数设置如下。

(1)通过分析影像中耕地的光谱特征值,对4个波段的值进行求和,设定阈值提取耕地。该研究中取 $SUM(HJ_{1-4}) > 240$ 。在关中平原,园地和耕地呈交叉分布,容易混淆。在耕地中需要利用耕地的季节差异,通过不同时相的NDVI和HJ星第4波段的值区分耕地和园地,选取研究区同年3个季节的影像(HJ/CCD:20100721、20101103、20100316)进行对比分析得出:春季农田的NDVI值大于0.3,而夏季和秋季农田的NDVI值均位于0附近;春季园地的NDVI值在0附近,而夏季和秋季园地的NDVI值大于0.25。

(2)利用基于蓝波段的改进型归一化差异水体指数NDWI-B提取水体,理论上水体的NDWI-B的值应大于0,但是由于影像的时相以及传感器等因素的影响,该研究中取NDWI-B > 0.045为水体。研究区内的水体包括河流、湖泊和水库/坑塘,利用形状指数将河流剔除,分别对湖泊和水库/坑塘与耕地的空间拓扑关系进行分析,通过“find enclosed by

class”以及“Rel. to neighbor class”将耕地包围的和耕地附近的水体划分为水库/坑塘。

(3)通过分析对象样本的DN值,发现建设用地与其他地物在第3波段的差异较大,因此可以利用DEM、坡度和第3波段的值来提取建设用地信息。由于关中平原人类活动比较集中,居住地通常分布在低平区, $Slope < 10$ 。建设用地分为居住地、工业用地和交通用地,首先通过形状指数将交通用地提出,然后根据亮度区分居住地和工业用地。此外,分布于耕地间的居民地可用纹理值提取,取其值大于2.25的为居住地。

综合利用地物对象的光谱特征、亮度、纹理、地理空间关系等信息参数,运用面向对象的分类方法进行多尺度分割,对分割后的影像对象进行逐级信息提取,得到研究区人工表面信息的分类结果(图4)。

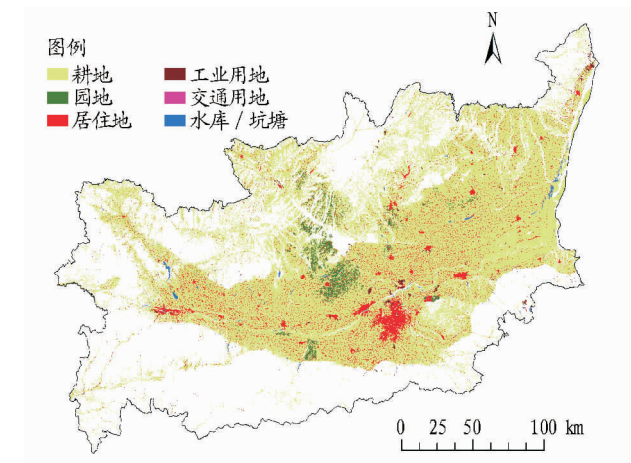


图4 关中平原人工表面信息分类结果

利用外业采样验证点和基于Google Earth等高分辨率影像的目视解译随机采样点(按各地类图斑数的5%随机抽样)共2475个,对关中平原人工表面信息分类结果进行验证,精度可达到85.90%(表1)。但是由于受HJ影像数据空间分辨率以及混合像元等因素的影响,建设用地和园地分类精度相对较低,需要后期人工修改,最终分类精度提高到93%。

表1 人工表面信息分类精度验证结果

土地覆盖类型	正确	错误
耕地	1 017	119
园地	158	29
水库/坑塘	45	5
居住地	837	182
工业用地	31	6
交通用地	38	8
总计	2 126	349

4 结论

(1)HJ-1号卫星的CCD数据具有重访周期短、覆盖范围大和空间分辨率较高的特点,在大区域人工地表信息分类提取应用中具有很大潜力,可为快速、准确地提取地物分类信息提供数据基础。

(2) 与传统的视解译分类方法相比,面向对象的计算机自动分类方法的效率显著提高,并且 eCognition 软件可以充分利用分类之前采集的野外调查样本点作为样本专题层,在分类时加入多时相影像数据以及 DEM、Slope、TM 和特征指数等辅助数据。此外,面向对象的分类方法不仅利用地物本身的光谱特性,而且综合纹理、形状、地理空间关系等参数信息,提高了分类精度。

(3) 受影像数据空间分辨率的限制和混合像元的影响,建设用地的分类精度相对较低,后期需要手工修改以提高分类精度。此外,由于计算机自动分类图斑的破碎化,经过手工整饰后才能用于专题制图。

参考文献

- [1] 张银辉,赵庚星. 利用 ENVI 软件卫星遥感耕地信息自动提取技术研究[J]. 四川农业大学学报,2000,18(2):170-172.
- [2] 童庆禧. 遥感科学技术进展[J]. 地理学报,1994,49(S1):616-623.
- [3] 陈鹏飞,王卷乐,廖秀英,等. 基于环境减灾卫星遥感数据的呼伦贝尔草地上生物量反演研究[J]. 自然资源学报,2010,25(7):1122-1131.
- [4] 濮静娟. 遥感图像视解译原理与方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,1992.
- [5] HARRIS A J L, VAUGHAN R A, ROTHERY D A. Volcano detection and monitoring using AVHRR data: the Krafla eruption[J]. Remote Sensing, 1995,16(6):1001-1020.
- [6] 陈伟荣,郭德方. 比值合成和特征主成分选择技术在提取油区信息中的应用[J]. 遥感技术与应用,1995,10(3):33-39.
- [7] 喻光明,王朝南,钟儒刚,等. 基于 DEM 的洪涝灾害信息提取与损失估算[J]. 国土资源遥感,1996(1):42-50.
- [8] 钱巧静,谢瑞,张磊,等. 面向对象的土地覆盖信息提取方法研究[J]. 遥感技术与应用,2005,20(3):338-342.
- [9] GONG P, MARCEAU D J, HOWARTH P J. A comparison of spatial feature extraction algorithms for land-use classification with SPOT HRV data[J]. Remote Sensing of Environment, 1992,40(2):137-151.
- [10] BAATZ M, SCHÄPE A. Object-oriented and multi-scale image analysis in semantic networks[C]//2nd International Symposium: Operationalization of Remote Sensing. Netherlands, 1999:16-20.
- [11] GAO Y, MAS J F, MAATHUIS B H P, et al. Comparison of pixel-based and object-oriented image classification approaches—a case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China [J]. International Journal of Re-

mote Sensing, 2006,27(18):4039-4055.

- [12] YU Q, GONG P, CLINTON N, et al. Object-based detailed vegetation classification with airborne high spatial resolution remote sensing imagery [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2006,72(7):799-811.
- [13] 李斌兵,黄磊. 基于面向对象技术的黄土丘陵沟壑区沟沟遥感提取方法研究[J]. 水土保持研究,2013,20(3):115-119.
- [14] 林川,宫兆宁,赵文吉. 基于中分辨率 TM 数据的湿地水生植物提取[J]. 生态学报,2010,30(23):6460-6469.
- [15] 崔一娇,朱琳,赵力娟. 基于面向对象及光谱特征的植被信息提取与分析[J]. 生态学报,2013,33(3):867-875.
- [16] 贾明明,刘殿伟,王宗明,等. 面向对象方法和多源遥感数据的杭州湾海岸线提取分析[J]. 地球信息科学学报,2013,15(2):262-269.
- [17] 车风,林辉. 城市建设用地遥感信息提取方法研究[J]. 测绘科学,2010,35(4):97-99.
- [18] HUANG H P, WU B F, LI M M, et al. Detecting urban vegetation efficiently with high resolution sensing data[J]. Journal of Remote Sensing, 2004,8(1):68-74.
- [19] 王波. 基于面向对象的高分辨率遥感影像人工地物信息提取[D]. 赣州:江西理工大学,2011.
- [20] 刘浩,胡卓玮,赵文慧. 基于面向对象的重大工程土地利用变化信息提取——以国家体育场(鸟巢)建设工程为例[J]. 国土资源遥感,2009(4):86-89.
- [21] 张峰,吴炳方,黄慧萍,等. 泰国水稻种植区耕地信息提取研究[J]. 自然资源学报,2003,18(6):766-772.
- [22] 曲伟,路京选,李琳,等. 环境减灾小卫星影像水体和湿地自动提取方法研究[J]. 遥感信息,2011,4(7):28-33.
- [23] 刘睿,冯敏,孙九林,等. 基于环境减灾卫星 CCD 数据与决策树技术的植被分类研究[J]. 地理科学,2012,32(12):1488-1495.
- [24] 张俊香,延军平. 关中平原小麦产量对气候变化区域响应的模型研究[J]. 干旱区资源与环境,2003,17(1):85-90.
- [25] 陈云浩,冯通,史培军,等. 基于面向对象和规则的遥感影像分类研究[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2006,31(4):316-320.
- [26] BENZ U C, HOFMANN P, WILLHAUCK G, et al. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2004,58(3):239-258.
- [27] 许章华,龚从宏,刘健,等. 基于面向对象与替换法的遥感影像云检测与去除技术[J]. 农业机械学报,2013,44(6):210-214.
- [28] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [29] 温兴平,胡光道,杨晓峰. 基于 C 5.0 决策树分类算法的 ETM+ 影像信息提取[J]. 地理与地理信息科学,2008,23(6):26-29.

(上接第 4894 页)

参考文献

- [1] 童庆禧. 我国高光谱遥感的发展[N]. 中国测绘报,2008-04-18.
- [2] GOODENOUGH D G, DYK A, NIERNANN K O J, et al. Processing Hyperion and ALI for forest classification[J]. IEEE Transactions on Geo-Science and Remote Sensing, 2003,41(6):1321-1331.
- [3] 张辉. Hyperion 高光谱数据条带噪声消除方法研究[J]. 厦门理工学院学报,2010,18(3):170-178.
- [4] 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.
- [5] MATTHEW M W, ADLER - GOLDEN S M, BERK A, et al. Status of atmospheric correction using a MODTRAN4 - based algorithm [J]. Proc

SPIE, 2000, 4049:199-207.

- [6] MATTHEW M W, ADLER - GOLDEN S M, BERK A, et al. Atmospheric correction of spectral imagery: Evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data[J]. Proc SPIE, 2003, 5093:474-482.
- [7] ADLER - GOLDEN S M, ACHARYA P K, BERK A, et al. Remote bathymetry of the littoral zone from AVIRIS, LASH, and quickbird imagery[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2005,43(2):337-347.
- [8] 张学工. 关于统计学习理论与支持向量机[J]. 自动化学报,2000,26(1):32-42.
- [9] VAPNIK V N. Statistical learning theory [M]. New York: Wiley, 1998.