

文章编号: 1672-8785(2010)09-0030-07

环境一号卫星 CCD 影像质量评价研究

孙中平 熊文成 魏 斌 厉 青 吴传庆 刘晓曼

(环境保护部卫星环境应用中心, 北京 100029)

摘 要: 从图像工程质量评价和影像应用质量评价两个方面, 对环境一号卫星 CCD 影像的质量进行了评价与分析, 通过将其与同时相 Landsat TM 影像的相关特征参数进行比较, 客观评价了环境一号卫星 CCD 影像的质量。图像工程质量评价从影像的统计特征、纹理特征和能量特征三方面进行, 结果表明该卫星影像能够提供地物目标的形状、细节、纹理特征; 影像应用质量评价则是通过将该卫星影像应用于北京市城市绿地信息提取的具体工作来进行的, 结果表明该卫星影像的绿地信息提取精度较高, 总分类精度达到 84.45%, 适用于城市绿地信息的提取。

关键词: 环境一号卫星; 质量评价; 纹理特征; 能量特征; 绿地信息提取

中图分类号: TP751 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2010.09.007

Image Quality Evaluation of HJ-1 Satellite CCD Sensor

SUN Zhong-ping, XIONG Wen-cheng, WEI Bin, LI Qing, WU Chuan-qing, LIU Xiao-man

(Satellite Environment Center, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100029, China)

Abstract: The quality of the images obtained by the CCD sensor onboard HJ-1 satellite is evaluated and analyzed in two aspects of image project quality and image application quality. By comparing the result with that of the same temporal Landsat TM image, the quality of the images from the CCD sensor onboard HJ-1 satellite is evaluated objectively. The image project quality evaluation is carried out in three aspects of statistical feature, texture feature and energy feature. The result shows that HJ-1 CCD images can exhibit the shapes, details and textures of objects. The image application quality evaluation is carried out by using HJ-1 CCD images to extract the urban vegetation information in Beijing. The result shows that its information extraction accuracy is better and its total classification accuracy is up to 84.45% which is suitable for the extraction of urban vegetation information.

Key words: HJ-1; image quality evaluation; texture feature; energy feature; vegetation information extraction

1 引言

环境一号卫星于 2008 年 9 月 6 日在太原卫星发射中心发射升空。A、B 两星各自搭载了两个分辨率为 30m 的 CCD 传感器, 两星协同可实现两天的重访周期。由于时间分辨率高、宏观特

性好以及具有多尺度等特性, 该卫星在大范围、全天候、全天时环境和灾害监测与评价等方面具有广泛的应用前景。为了对 CCD 影像质量有一个定量、客观的评价, 并为数据处理及将来推广应用和进一步发展我国对地观测卫星技术提供更好

收稿日期: 2010-05-21

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2008BAC34B03)

作者简介: 孙中平 (1978-), 男, 山东诸城人, 工程师, 主要从事环境遥感与 GIS 应用、软件设计与开发等方面的研究, E-Mail: sunnybnu114@163.com

的技术支撑, 需要对环境一号卫星 CCD 影像的质量及初步应用潜力进行定量评价。

卫星影像质量评价可为遥感数据定量应用的精度评价提供依据, 为数据处理及信息提取提供先验知识^[1], 这对于影像应用、将来数据质量的进一步提高及后继星的研制都具有重要意义^[2]。目前, 国内外许多研究人员和使用者已从图像工程 and 实际应用的角度对国内外许多遥感卫星影像的质量进行了评价^[3-5], 其核心问题是评价影像所能提供信息的能力 (即影像可懂度的分析评价)^[6] 和对地物的识别能力。本研究从图像工程质量和影像实际应用质量两个方面, 对环境一号卫星 CCD 影像的质量进行评价。其中, 图像工程质量评价基于光谱响应能力分析、辐射量统计分析与评价两个方面。所用评价指标包括影像的统计特征、纹理特征和能量特征。影像实际应用质量评价则是通过将该卫星影像应用于北京市城市绿地信息提取而进行的, 即以绿地信息提取精度评价的总精度和 Kappa 系数来评价该卫星影像的实际应用能力。

2 影像选取与评价模型的建立

2.1 影像选取与研究区概况

根据研究区内地物类型必须丰富、影像质量必须具有代表性的要求, 以及影像噪声评估典型观测条件的要求^[7], 本研究选取环境一号 B 星 CCD 于 2009 年 7 月 9 日获取的北京市影像进行质量评价, 用于对比分析的参考影像为同时相的 Landsat 5 TM 遥感影像。在影像中, 选取较为均匀的城市绿地、山区林地、农田、菜地、水体、各种密度的建设用地等作为试验区。

北京是中国的首都, 位于华北平原西北边缘, 东南距渤海约 150km。其面积为 16410km², 由 16 个市辖区和 2 个县组成, 市中心位于北纬 39°, 东经 116°。北京市的山地面积占全市面积的 62%, 北部为军都山; 西部为西山; 东南部是永定河、潮白河等河流冲积而成的、缓缓向渤海倾斜的平原; 中部为小平原即北京小平原。研究区内的土地利用类型较为齐全, 地形地貌具有代表性。

2.2 评价模型的建立

准确地评价影像数据质量, 需要选取合适的评价参数。将影像的空间域特征和离散小波变换的频率域与时间域的特征相结合是本研究的重要组成部分。本研究共选取 12 个评价指标, 以同时相 Landsat TM 数据为参考, 对环境一号卫星 CCD 影像质量情况作对比分析。

2.2.1 图像工程质量评价模型

(1) 影像统计特征

影像统计特征是影像灰度值 (即 DN 值) 的统计分析参数, 包括最小值、最大值、均值、标准差和直方图。影像灰度值是模拟地物辐射物理量的值, 灰度直方图则是用来表达影像灰度级分布的概率统计, 可反映不同灰度值的像素面积或像素个数在影像中所占的比例。影像灰度值统计特征值的具体计算公式可见参考文献^[6] 和^[8]。

(2) 影像纹理特征

影像纹理特征计算基于空间域, 可利用灰度共生矩阵 (GLCM) 方式进行。一幅影像的灰度共生矩阵含有影像灰度中关于方向、相邻间隔、变化幅度的综合信息。基于灰度共生矩阵计算的二次统计纹理特征参数, 能够很好地反映影像纹理细节、边缘突变的情况, 较适合对遥感影像纹理特性的理解, 可以用来检测影像的条带噪声和掉线情况^[9]。根据影像质量评价的要求, 本研究选择四种纹理特征参数: 对比度、同质性、角二阶矩和熵。各参数的计算方法及地学意义见参考文献^[10]。

(3) 影像能量特征

影像能量特征评价可从细节能量与边缘能量两个方面基于离散二维小波变换的频率域和时间域进行。小波变换被誉为“数学显微镜”, 是在多尺度分析的基础上集频谱分析、结构分析和统计分析于一体的综合分析方法^[11]。小波变换将原始影像按不同频带和分辨率分解成子带影像, 每一层小波系数又可以被分解成 4 个子带: 垂直和水平方向低频的子带 LL; 水平方向低频和垂直方向高频的子带 LH; 垂直方向低频和水平方向高频的子带 HL; 垂直和水平方向

高频的子带 HH^[12-14]。本研究的影像能量特征评价则是基于每层的 4 个子带进行的,其中细节能量基于各分解层的近似影像计算,而边缘能量基于各分解层的垂直高频影像、水平高频影像和对角线高频影像。图 1 为多层/多分辨率小波分解过程。

2.2.2 影像应用质量评价模型

环境一号卫星 CCD 影像实际应用的质量评价基于实际的信息提取工作。该影像的质量及适用性评价是以试验区内的绿地信息提取精度评价结果为依据进行的。信息提取过程中选取的训练样本数量为:城市绿化绿地(66 像素)、农田(86 像素)、林地(87 像素)、水体(46 像素)和建设用地(72 像素)。测试样本数目为:城市绿地(524 像素)、水体(198 像素)、建设用地(326 像素)。影像质量的评价指标为信息提取的总精度和 Kappa 系数。

3 环境一号卫星 CCD 影像质量评价与结果分析

影像质量评价与分析是针对研究区内有代表性的区块进行的,区块的选择原则是:土地覆被类型多样,涉及耕地、建设用地、林地、水体等多种地类;区块大小尽量一致。此外,为了进行影像质量的比较分析,本研究选择同时相 Landsat 5 TM 遥感影像作为参考影像。综合以上因素,本研究选取 3 个区块的典型试验区影像

(见图 2):一个是四环以内的城市区范围(见图 2(a)和图 2(d)),一个是大兴南部的农田部分(见图 2(b)和图 2(e)),另外一个怀柔的山区(见图 2(c)和图 2(f))。

3.1 图像工程质量评价结果

3.1.1 影像统计特征评价结果

用数理统计方法分别计算了环境一号卫星 CCD 影像和 Landsat TM 影像的最小值、最大值、均值、标准差,并绘制了直方图。[最小值,最大值]反映影像的灰度分布范围即影像信息量的丰富程度。对于同一地区的不同影像,灰度范围越大,表明影像反映的信息越丰富。均值反映影像的综合特性。标准差主要反映影像信息量的大小,标准差越大,影像信息越丰富。直方图的形态反映影像的反差与对比度^[15]。统计结果(表 1)表明,环境一号卫星 CCD 影像的[最小值,最大值]灰度范围等于或小于 Landsat TM 影像;对于均值,环境一号卫星 CCD 影像的第二波段均值大于 Landsat TM 影像,其他波段均值小于但接近 Landsat TM 影像的各波段均值;环境一号卫星 CCD 影像的第二波段标准差接近或大于 Landsat TM 影像,其他波段标准差则小于 Landsat TM 影像。图 3 为环境一号卫星 CCD 影像与 Landsat TM 影像的各波段的直方图。从图 3 中的试验区 1 和试验区 2 的直方图来看,环境一号卫星 CCD 影像较 Landsat TM 影像偏暗,直方图较集中;图 3(c)和图 3(f)为试验区 3 的直方

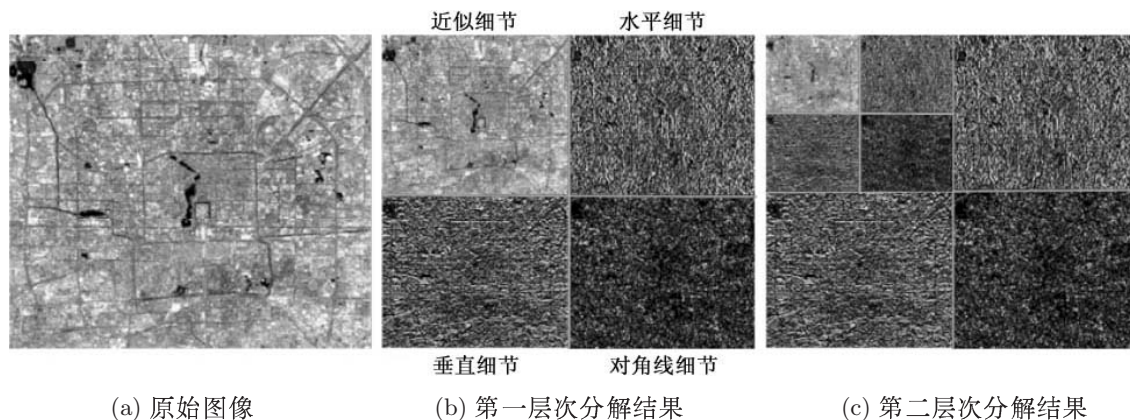


图 1 多层/多分辨率小波分解过程图

图, 环境一号卫星 CCD 影像的波段间重叠区域较少, 说明波段间相关度低, 可分性和对地物的区别能力更强一些。

3.1.2 影像纹理特征评价结果

利用灰度共生矩阵方法分别提取环境一号卫星 CCD 影像和 Landsat TM 影像的 4 个纹理特征值: 对比度、均质度、角二阶矩和熵。对比度是用于评价影像纹理的参数。在同一幅影像中, 相邻像素间的灰度值差异相同的灰度对的多少最

能影响影像效果。角二阶矩也是对影像中纹理特征特别敏感的参数, 其程度与对比度相近。基于灰度共生矩阵定义的熵考虑了影像细节纹理的分布, 与传统的熵公式相比, 它不仅考虑了灰度的整体分布情况, 而且更能说明真实的影像质量^[2]。从视觉效果来看, 环境一号卫星 CCD 影像的质量接近于 Landsat TM 影像; 从影像纹理特征计算结果也可以看出, 环境一号卫星 CCD 影像的角二阶矩、均质度比 Landsat TM 影像的

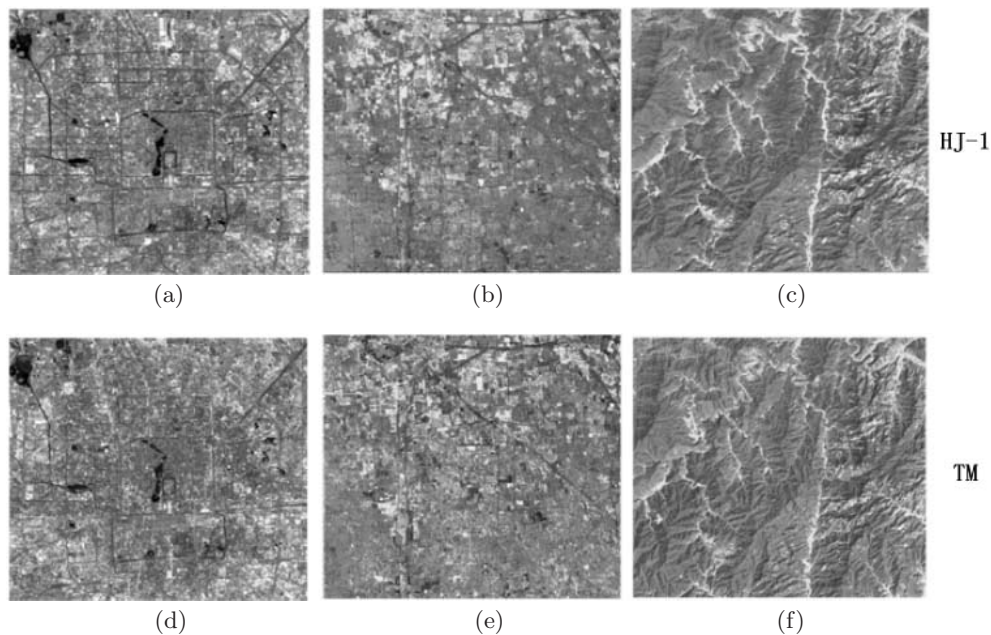


图 2 用于数据质量评价的环境一号卫星 CCD 影像

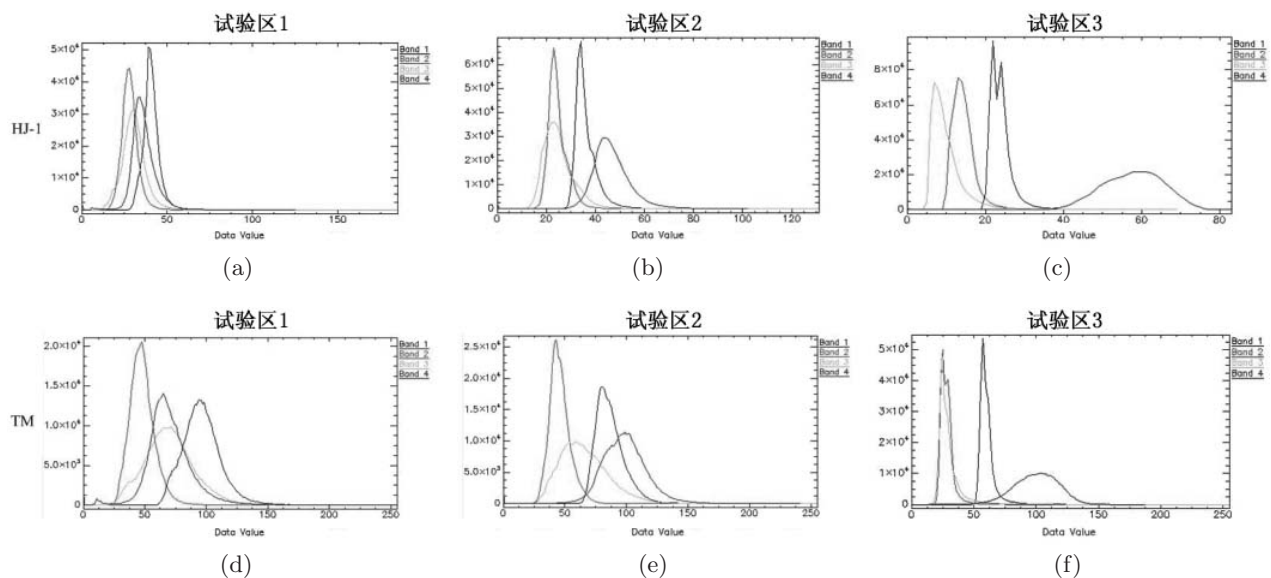


图 3 环境一号卫星 CCD 影像与 Landsat TM 影像的各波段直方图

大,对比度和熵值比 Landsat TM 影像的小。从定性和定量的角度综合评价,环境一号卫星 CCD 影像的质量接近于 Landsat TM 影像。

3.1.3 影像能量特征评价结果

选择 db4 小波基对三个试验区影像进行离散二维小波分解,并根据每一个分解层的低频近似细节子影像和高频边缘子影像的小波分解

系数计算影像的能量,由此比较说明环境卫星影像的质量。表 3 列出了三个试验区的环境一号卫星 CCD 影像和 Landsat TM 影像各波段第一层小波分解的细节能量和边缘能量信息。从中可以看出,环境一号卫星 CCD 影像第一层小波分解的细节能量比 Landsat TM 影像的大,且质量较优;水平、垂直和对角线方向上的边缘能量略小

表 1 影像辐射量统计表

统计值	波段	试验区 1 影像		试验区 2 影像		试验区 3 影像	
		HJ-1	TM	HJ-1	TM	HJ-1	TM
[最小值, 最大值]	1	[0,231]	[0,255]	[0,214]	[0,255]	[0,114]	[0,255]
	2	[0,255]	[0,255]	[0,222]	[0,219]	[0,119]	[0,161]
	3	[0,255]	[0,255]	[0,199]	[0,255]	[0,109]	[0,255]
	4	[0,202]	[0,255]	[0,166]	[0,241]	[0,137]	[0,187]
均值	1	73.05	96.00	65.12	86.48	44.15	60.29
	2	60.43	47.70	53.87	45.74	33.90	28.04
	3	51.85	70.12	43.97	65.54	22.43	29.44
	4	63.96	69.93	80.26	98.23	97.58	99.43
标准差	1	9.99	17.38	9.27	13.44	5.26	6.84
	2	10.54	10.78	8.82	9.03	6.44	5.17
	3	11.03	21.21	9.87	19.85	6.75	9.49
	4	11.71	18.30	12.87	18.89	12.53	18.44

表 2 影像纹理特征统计表

统计值	波段	试验区 1 影像		试验区 2 影像		试验区 3 影像	
		HJ-1	TM	HJ-1	TM	HJ-1	TM
均质度	1	0.3546	0.1474	0.4907	0.2157	0.3319	0.3887
	2	0.3013	0.2025	0.4282	0.2660	0.4189	0.4474
	3	0.2813	0.1184	0.3715	0.1402	0.3785	0.3573
	4	0.2912	0.1380	0.3053	0.1546	0.3133	0.1368
角二阶矩	1	0.0110	0.0006	0.0236	0.0014	0.0681	0.0096
	2	0.0089	0.0015	0.0202	0.0025	0.1057	0.0114
	3	0.0044	0.0004	0.0078	0.0004	0.0451	0.0074
	4	0.0056	0.0006	0.0050	0.0005	0.0041	0.0005
对比度	1	34.5565	169.5810	24.4976	86.9434	7.9939	18.1350
	2	38.8811	67.6214	22.5533	39.1869	13.9110	10.4034
	3	37.7337	241.8650	23.2262	179.2200	11.2483	37.6768
	4	42.0273	182.2130	43.4182	161.6470	17.5992	132.0650
熵	1	5.0544	7.8102	4.4540	7.0476	4.3222	5.3278
	2	5.2032	6.9697	4.5256	6.4817	4.9518	5.0679
	3	5.9166	8.3609	5.4021	8.1279	4.8578	5.8175
	4	5.7708	7.9842	5.8365	7.9816	5.8250	8.0331

于或接近 Landsat TM 影像。从细节能量和边缘能量的角度同样可以看出, 环境一号卫星 CCD 影像质量接近于 Landsat TM 影像。

3.2 影像应用质量评价结果

城市绿地是城市 (包括郊区) 范围内对改善城市生态环境和城市生活具有直接影响的所有绿地及其相关植被^[16,17], 其面积多少是衡量生态质量、生活质量和城市文明的一个重要指标, 受到城市管理者的重视。为了客观地评价该影像的实际应用质量, 该研究选择北京市绿地信息提取精度作为评价指标。在环境一号卫星 CCD 遥感影像上, 将 R(Band4)G(Band3)B(Band2) 波段组合植被显示为醒目的红色调, 以便于与其他地物相区别。综合考虑研究区内的地物分布情

况, 本研究提取的绿地类型包括城市绿化绿地、农田、林地, 此外还提取了水体和建设用地两种非植被类型。信息提取过程中使用环境一号卫星 CCD 影像的 4 个原始光谱波段和 2 个衍生波段 (NDVI、主成分分析的第一主成分)^[18]。为了保证 NDVI 和主成分分析衍生波段运用的合理性, 提取信息前先对这两个波段进行归一化处理, 将其数值范围归一化到 0~255。信息提取方法为支持向量机 (SVM) 方法; 精度评价选择野外调查数据和同时相 Landsat 5 TM 遥感影像作为测试数据。表 4 表明, 基于环境一号卫星 CCD 影像的城市绿地信息的提取精度较高, 生产精度为 92.18%, 用户精度为 100%, 符合应用要求。

表 3 影像能量特征统计表

统计值	波段	试验区 1 影像		试验区 2 影像		试验区 3 影像	
		HJ-1	TM	HJ-1	TM	HJ-1	TM
细节能量	1	0.0692	0.0209	0.0885	0.0288	0.1365	0.0738
	2	0.0663	0.0327	0.0881	0.0395	0.1176	0.0756
	3	0.0453	0.0158	0.0531	0.0163	0.1015	0.0580
	4	0.0509	0.0215	0.0428	0.0179	0.0356	0.0170
边缘能量 (水平)	1	0.4788	0.4990	0.4588	0.4978	0.3729	0.4912
	2	0.4807	0.4984	0.4563	0.4955	0.4001	0.4848
	3	0.4895	0.4991	0.4738	0.4991	0.4353	0.4947
	4	0.4861	0.4991	0.4887	0.4988	0.4753	0.4983
边缘能量 (垂直)	1	0.4870	0.4991	0.4772	0.4981	0.4445	0.4941
	2	0.4829	0.4975	0.4703	0.4953	0.4285	0.4878
	3	0.4899	0.4992	0.4777	0.4989	0.4282	0.4942
	4	0.4846	0.4989	0.4874	0.4988	0.4847	0.4990
边缘能量 (对角线)	1	0.4087	0.4972	0.3689	0.4929	0.4098	0.4844
	2	0.3849	0.4939	0.3527	0.4856	0.3479	0.4671
	3	0.4489	0.4982	0.3808	0.4964	0.3631	0.4876
	4	0.3932	0.4968	0.4159	0.4956	0.3513	0.4962

表 4 植被信息提取精度评价结果

	水体	绿地	建筑物	错分	漏分	生产精度	用户精度
水体	204	0	0	0	37.42	62.58	100
绿地	0	483	0	0	7.82	92.18	100
建筑物	122	41	198	45.15	0	100	54.85
总计	326	524	198				

总精度: 84.45%, Kappa 系数: 0.7585

4 结论与讨论

本研究以北京市为试验区,从图像工程质量评价和影像实际应用质量评价两个方面对环境一号卫星 CCD 影像的质量进行了评价与分析,并将其与同时相 Landsat TM 影像的质量进行了比较。结论如下:

(1) 图像工程质量的评价结果为:环境一号卫星 CCD 影像的辐射统计量与 Landsat TM 影像的大致相同,对地物的区分能力比 Landsat TM 影像略差一些;影像纹理特征明显,角二阶矩、均质度特征值比 Landsat TM 影像的大,对比度和熵值比 Landsat TM 影像的小;影像细节能量比 Landsat TM 影像的大,质量较优,水平、垂直和对角线方向上的边缘能量略小于或接近 Landsat TM 影像。从影像辐射量、纹理特征和能量三个方面评价,环境一号卫星 CCD 影像与 Landsat TM 影像一样能够提供地物目标的形状、细节和纹理特征,并能提供丰富的地面信息。更重要的是,其性价比较高,这使它将来在各领域的广泛应用成为可能。

(2) 影像应用质量的评价结果为:基于环境一号卫星 CCD 影像的绿地信息的提取精度较高,信息提取总精度达到 84.45%, Kappa 系数为 0.7585。这表明,环境一号卫星 CCD 影像完全适用于城市绿地信息提取工作,能够满足生态监测的各项工作需求,可对我国环境变化实施大范围、全天候、全天时的动态监测。

环境卫星是我国继气象、海洋、资源卫星系列之后发射的又一个新型民用卫星系列,其影像数据经过处理后可以产生与 Landsat TM 图像大致相同的效果。随着我国卫星传感器技术的不断改进,卫星影像的质量将逐步提高。这将可以推动该影像在生态监测、灾害监测中的广泛应用,从而推动我国遥感应用事业的快速发展。

参考文献

- [1] 陈述彭,赵英时. 遥感地学分析 [M]. 北京:测绘出版社, 1990.
- [2] 杨元元,王鸿南,汪静,等. CBERS-1 卫星超期图像数据质量评价研究 [J]. 航天返回与遥感, 2003, 24(4): 34-39.
- [3] 汪静,杨媛媛,王鸿南,等. CBERS-1 卫星 02 星图像数据质量评价 [J]. 航天返回与遥感, 2004, 25(2): 34-38.
- [4] 冉琼,迟耀斌,王智勇,等. 北京 1 号小卫星图像噪声评估 [J]. 遥感学报, 2009, 13(3): 554-558.
- [5] 刘江,张为成,王强. MODIS 影像质量评价方法研究 [J]. 黑龙江工程学院学报(自然科学版), 2009, 23(1): 32-35.
- [6] 曾生根,仲海泉,夏德深. 从图像工程角度看 CBERS-1 卫星图像 [J]. 航天返回与遥感, 2001, 22(3): 40-45.
- [7] Surrey Satellite Technology Limited. Detailed Design Description for BLMIT Enhanced Earth Observation Microsatellite (Version 8) [M]. 2004.
- [8] 李石华,角媛梅. 环境与灾害监测预报小卫星 A 星 CCD 影像质量评价 [J]. 红外技术, 2009, 31(3): 167-172.
- [9] Hall-Beyer M. The GLCM tutorial home page [EB/OL]. <http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/tutorial.htm> (assessed on 30 June, 2009).
- [10] Su Wei, Li Jing, Chen Yunhao, et al. Textural and local spatial statistics for the object-oriented classification of urban areas using high resolution imagery [J]. International Journal of Remote Sensing, 2008, 29(11): 3105-3117.
- [11] Wouwer G Van de, Scheunders P, Dyck D Van. Statistical texture characterization from discrete wavelet representations [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1999, 8(4): 592-598.
- [12] Huang K, Aviyente S. Information-theoretic wavelet packet subband selection for texture classification [J]. Signal Processing, 2006, 86(7): 1410-1420.
- [13] Avci E, Sengur A, Hanbay D. An optimum feature extraction method for texture classification [J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(3): 6036-6043.
- [14] 李亚春,夏德深,徐萌. 小波变换在图像纹理分析中的研究进展 [J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(35): 47-51.
- [15] 韦玉春,汤国安,杨昕. 遥感数字图像处理教程 [M]. 北京:科学出版社, 2007.
- [16] Aber J D. Nitrogen cycling and nitrogen saturation in temperate forest ecosystems [J]. Trends in Ecology and Evolution, 1992, 7(7): 220-223.
- [17] 王桥,杨一鹏,黄家柱. 环境遥感 [M]. 北京:科学出版社, 2005.
- [18] 李森,张永红,张继贤. 绿地信息提取研究 [J]. 测绘科学, 2007, 32(2): 131-132.