

基于 SPOT5 影像的京杭大运河自动提取研究

于丽君, 聂跃平

(中国科学院遥感应用研究所中国科学院、教育部、国家文物局遥感考古联合实验室, 北京 100101)

摘要:京杭大运河是世界上开凿最早、距离最长的运河,是活着的、流动的重要人类遗产,作为南北交通大动脉的运河,在历史上曾起过巨大作用,是物质文化遗产、非物质文化遗产和自然遗产的结合体,只有切实保护好运河,才能实现大运河成为世界文化遗产的宏伟目标。京杭大运河时空跨度大,采用传统的方法很难对其进行普查;遥感凭借其先进、便捷、经济的特点在现代考古中发挥着日益明显的作用,逐渐成为考古研究的一种重要手段,它记录了不同历史进程中运河的分布和周边现状。分析了运河在 SPOT5 影像上的光谱及空间特征,将遥感和 GIS 方法相结合,采用决策树方法实现了自动提取,并对结果精度进行了定性和定量的评估。京杭大运河自动提取可以为大运河申遗提供信息资料,为大运河保护规划提供决策支持。

关 键 词:京杭大运河;遥感考古;自动提取;阈值法;决策树法

中图分类号:TP 79 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-0323(2008)02-0179-05

1 引 言

近年来,国内外遥感考古事业的发展方兴未艾。纵观世界各国开展的遥感考古研究大多集中在文明古国,中国不仅是世界上著名的文明古国,也是世界上唯一具有连续发展历史的文明古国,遗址遍布全国各地。京杭大运河时空跨度大,具有近 2500 a 的历史,穿越 6 个省市,贯通 5 大水系,只有遥感考古方法才能对遗址进行普查并加以保护。

近 20a,运用遥感进行水体自动提取得到了广泛的研究,常用的有阈值法、比值法、密度分割法、决策树分类等,色度判别法、比率测算法、谱间关系法等也被用来识别水体。陆家驹^[1]等比较了红外单波段、色度判别法和比率测算法在提取 TM 影像水体中的应用,指出比率测算法不但能识别大量小水体,而且还能对大水体的面积形状有所改进。刘建波^[2]等利用密度分割法提取出 TM 图像中水体的分布。

杜云艳^[3]等以 NOAA/AVHRR 图像为例进行水体的自动提取,取得了较好的效果,可进一步应用于洪水灾害的监测。都金康^[4]等采用水体的光谱特征及空间特征对 SPOT 影像上的水体进行提取及

分类。李畅游^[5]等将多波段组合法和多光谱混合分析法进行了比较,并阐述了二者的适用范围。曹凯^[6]等用水体自动提取模型对 SPOT5 图像的城市水体进行提取,精度比监督分类提高 2.5%。此外,最常见的方法是使用分类方法提取水体如 Shi^[7]利用 Landsat MSS 提取水体等。

本文在分析研究了 SPOT5 影像上运河及背景地物的光谱和空间特征的基础上,采用遥感考古和 GIS 方法相结合进行京杭大运河扬州段河道自动提取,同时应用到其它典型区如宿迁进行验证,并取得了较好的结果。

2 研究区概况与数据

京杭大运河南起 30°N,北达 40°N,是舞动在华夏大地东部经济发达地区的一条巨龙,是中国古代伟大的水利工程,是我国古代劳动人民创造的一项伟大工程。京杭运河的开凿与贯通,使中国的地理和自然环境为之一变,促进了农业技术和农业商品经济的发展,促进了沿岸城市的迅速发展,使运河区域成为中国人口最稠密、农业经济最发达的地区^[8]。然而,现今部分运河干涸,依托运河发展起来的一系

收稿日期:2007-12-13;修订日期:2008-03-17

基金项目:十一五国家科技支撑计划项目“大遗址保护关键技术与开发”子课题“空间信息技术在大遗址保护中的应用研究(以京杭大运河为例)”(2006BAK30B01)资助。

作者简介:于丽君(1982—),女,硕士研究生,主要研究领域为遥感考古研究、遥感信息提取等应用。E-mail:seraphfish@163.com。

列历史性城镇遭到破坏,因此急需对其进行保护与修复。京杭运河河道包括干涸与非干涸河段,本研究针对的是通航河道。

遥感影像是不同时期地表景观的真实写照,实验

中选用的卫星影像资料为 2003 年 8 月 25 日扬州地区和 2003 年 1 月 5 日宿迁地区的两景 SPOT5 数据。与其它卫星遥感数据相比,SPOT5 具有高分辨率和大面积接收的优势,其传感器特征如表 1 所示。

表 1 SPOT5 传感器波段特征
Table1 The bands feature of SPOT5 sensor

光谱波段	波长范围(μm)	地面分辨率(m)	主要应用领域
XS1:Green	0.50~0.59	10	探测健康植物绿色反射率,可区分植被类型和评估作物长势。对水体有一定的透射力。
XS2:Red	0.61~0.68	10	可测量植物绿色素吸收率,并依次进行植物分类,可区分人造地物类型。
XS3:NIR	0.78~0.89	10	测定生物量和作物长势,区分植被类型,绘制水体边界、探测水中生物的含量。
B4:SWIR	1.58~1.75	20	用于探测植物含水量及土壤湿度,区别云与雪,通常植被、水体、土壤在这个波段上反差明显,易于识别。
PAN 全色	0.48~0.71	2.5	具有较高的空间分辨率,可用于农林调查和规划,城市规划 and 较大比例尺专题制图。

3 SPOT5 影像京杭大运河特征分析

遥感图像反映的是影像区域内地物的光谱辐射能量,有明确的物理意义。各种地物由于其结构、组成及理化性质的差异,导致其对电磁波的反射及本身的热辐射存在着差异,即图像中像元亮度值的大小变化主要由地物类型的变化引起。因此要进行运河提取必须分析 SPOT5 影像上大运河的光谱特征和空间特征。

3.1 光谱特征

运河的主体是水,要进行运河河道提取必须了解水的光谱特性。水的光谱特征主要取决于水本身的物质组成,同时又受到各种水态的影响。天然水体对 0.4~2.5 μm 电磁波的吸收明显高于绝大多数其它地物,因而水体的总辐射水平低于其它地物,在彩色遥感影像上表现为暗色调。在红外波段,水体吸收的能量高于可见光波段,所以水体在近红外及中红外波段的反射能量很少,而植被、土壤在这两个波段内的吸收能量较小,且有较高的反射特性,这使得水体在这两个波段上与植被和土壤有明显的区别。

为了分析 SPOT5 影像上运河与其它地物的光谱特征差异,本文选取了实验区内 6 种典型地物类型,分别为运河、水体(除运河以外的其它水体)、水田、植被、居民地、阴影。对每种地物进行样点采集,

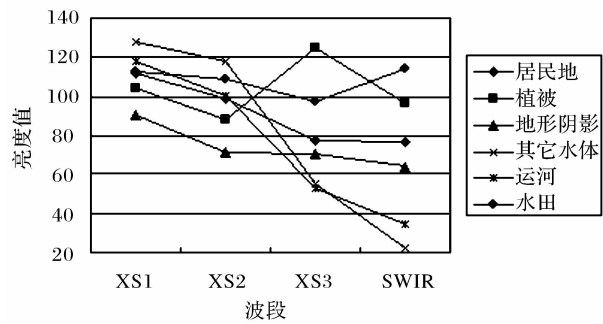


图 1 SPOT5 影像 6 种不同地物波谱曲线
Fig. 1 Spectral signatures of six different land use classes in the SPOT5 images

做出地物的均值波谱曲线如图 1。

从图 1 可以看出,在 XS1 波段,运河与水田和居民地以及其它水体有混淆;在 XS2 波段,运河与水田基本重叠;在 XS3 波段,运河与其它水体几乎完全重叠,而与其它地物较容易分离;在 SWIR 波段,运河反射率明显减少,与植被、居民地等主要地物亮度值差异较明显,波谱曲线完全分开,有利于运河的提取,但运河与其它水体仍有部分重叠。

为了区分运河与其它水体,另外选取 5 种典型的水体包括长江水、运河、湖水、养殖场、河流,得到图 2 所示主要水体的光谱曲线图。运河与其它水体的反射特性基本相同,很难通过光谱曲线进行区分,因此考虑从运河的空间特征对其进行区分。

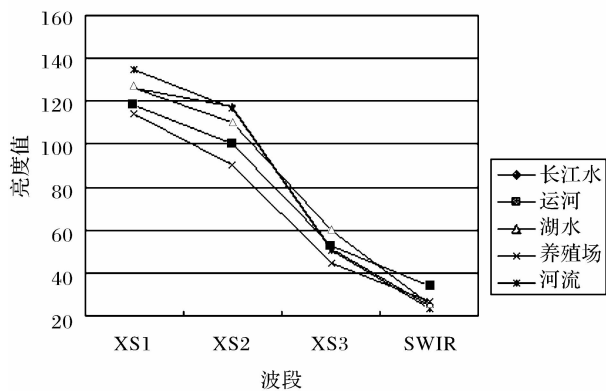


图 2 SPOT5 影像上不同水体光谱曲线
Fig. 2 Spectral signatures of typical waters
in the SPOT5 images

3.2 空间特征

空间特征主要包括大小、形状、纹理、位置等要素。易与运河混淆的类型主要包括河流、湖泊、养殖场等,而他们又具有各自不同的几何特征。运河全长 1 794 km,宽约为 30 200 m,具有特定的几何形态(尤其是济宁以南段),这些先验知识有助于分离

运河与其它水体。

小河流与运河相比,呈曲线,且曲率较大;大河流、运河虽然都呈面状,但大河流如长江面积比运河大很多;运河与湖泊形状不同,湖泊边界比较平滑。从形状规则程度考虑,定义形状指数 $M = \sqrt{A}/P$,其中: M 为形状指数; A 为图形对象的面积; P 为多边形的周长。其中圆形的 M 值最大(大于 0.25),其次为正方形($M = 0.25$),再次为长方形($M < 0.25$),图形越复杂,其形状指数越小^[9]。运河类似于线状河流,且具有特定的长度和宽度,其形状指数较小。运河具有的这些独特的空间特征,可以作为重要的识别依据,本文从面积、长度及形状指数 3 个角度进行分析。

4 运河信息自动提取方法

根据运河的特征分析,可以采用决策树方法提取运河。决策树的基本思想是通过一些判断条件对原始数据集逐步进行二分和细化。本文根据上述分析,提出基于特征波段和空间特征的决策树方法进行运河提取,基本流程如图 3。

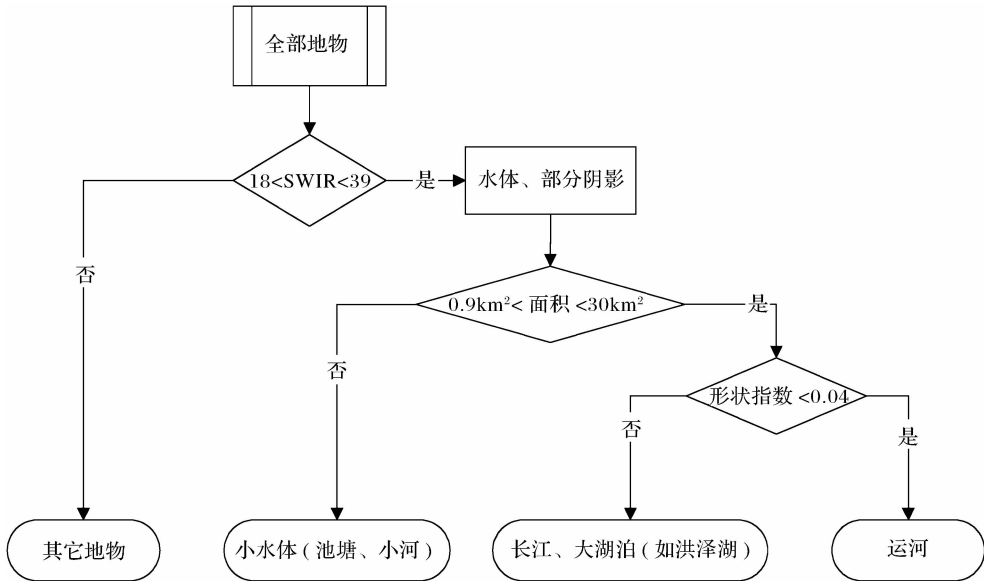


图 3 运河提取流程图
Fig. 3 Flow chart of extraction of the Grand Canal

首先,采用单波段阈值法。根据典型地物波谱曲线确定出提取运河的最佳波段为 SWIR,根据采样分析实验得出水体的亮度阈值在 18~39 之间,由于阈值法得到的运河河道由于道路、桥梁等的影响,出现运河不连续的现象,因此需要将得到的感兴趣区转化为分类图格式,可以进行分类后处理,主要是 clump classes 和 sieve classes,处理后图中的桥、路等断开部分重新连成一个整体,由此得到

的结果图中包括运河、长江、湖泊、小河以及部分阴影等。

其次,阈值法得到结果图(Classification 图)要进行空间特征提取需要转换成 shp 格式的矢量,便于后续处理,然后根据运河独特的空间特征对运河进行提取。一般来说,一定面积以上的对象为运河、长江或者大的湖泊(洪泽湖、骆马湖等),一定面积以下的为小湖泊或阴影等。总体来讲,运河面积要比

长江、洪泽湖等面积小得多,但比一般的河流、湖泊大得多,根据统计知识和经验取面积 $0.9 \sim 30 \text{ km}^2$ 作为阈值,这样就可以剔除面积太小的水体和面积

太大的湖泊、河流等。从结果对照图上看,基本上将长江、小水体等剔除出去,但仍有一部分湖泊、河流存在,还需进一步的筛选。



图 4 阈值法提取结果图
Fig. 4 The result of Threshold Method

然后,基于面积提取的结果还需要根据形状指数提取运河。形状指数可以作为一个重要的指标衡量一个物体的形状。一个复杂或狭长的物体总是具有较小的形状指数值,而运河恰恰类似于线状物体,具有很小的形状指数值。根据分析及试验知道运河的形状指数一般小于 0.04。

最后一步是对运河提取结果进行检验。通过对本文方法提取到的结果与原始图像和水系图进行叠加分析,进行定性分析,表明提取结果与运河基本吻合。定量方面采用提取精度进行分析。提取精度定义为: $P = 1 - \left| \frac{L_{\text{ext}} - L_{\text{real}}}{L_{\text{ext}}} \right|$, 其中: P 表示提取精度, L_{real} 表示运河实际长度, L_{ext} 表示提取的运河长度。扬州段运河(包括古运河和新运河)实际长度为 46.06 km,自动提取结果为 51.48 km,提取精度为 89.47%。

为验证上述决策树对京杭大运河全线(通航段)的适用性,另选取宿迁段运河进行检验对比研究,运河结果如图 5。宿迁段运河实际长度为 59.87 km,提取长度为 67.24 km,提取精度为 89.04%。

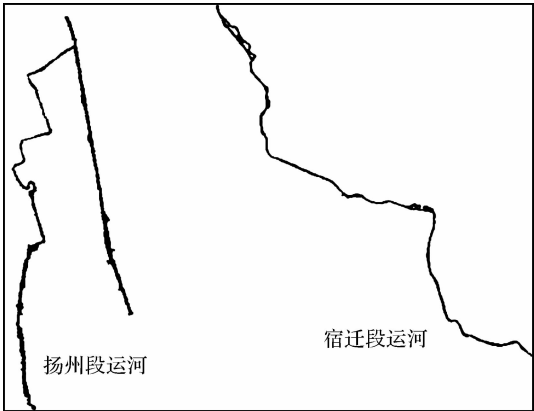


图 5 运河提取结果图
Fig. 5 The result of the extraction of Grand Canal

5 结 语

将提取到的运河图与原始图像和水系图进行对比分析,采用目视判读发现提取结果与运河实际分布图绝大部分吻合,同时采用提取精度指标进行评价,研究表明,该方法的总体提取效果较好,且快速、简便、准确,只有极少数误判的像元主要位于水路、桥交界处。由于运河的本体是水,采用单一光谱信

息无法有效提取运河。但利用运河的空间特征信息,分析不同水体的空间特征特点,可以很好地提取运河。实现运河自动提取可以为运河的变化检测、管理、保护以及规划提供及时的数据支持,为大运河现状的综合评价、申遗和综合研究提供信息资料。

参考文献:

- [1] Lu J J, Li S H. Improvement of the Techniques for Distinguishing Water Bodies from TM Data[J]. Remote Sensing of Environment, 1992, 7(1): 17-23. [陆家驹, 李士鸿. TM 资料水体识别技术的改进[J]. 环境遥感, 1992, 7(1): 17-23.]
- [2] Liu J B, Dai C D. The Application of TM Image in Reservoir Situation Monitoring [J]. Remote Sensing of Environment, 1996, 11(1): 53-58. [刘建波, 戴昌达. TM 图像在大型水库库情监测管理中的应用[J]. 环境遥感, 1996, 11(1): 53-58]
- [3] Du Y Y, Zhou C H. Automatically Extracting Remote Sensing Information for Water Bodies [J]. Journal of Remote Sensing, 1998, 2(4): 364-369. [杜云艳, 周成虎. 水体的遥感信息自动提取方法[J]. 遥感学报, 1998, 2(4): 364-369.]
- [4] Du J K, Huang Y S, Feng X Z, *et al.* Study on Water Bodies Extraction and Classification from SPOT Image [J]. Journal of Remote Sensing, 2001, 5(3): 244-247. [都金康, 黄永胜, 冯学智, 等. SPOT 卫星影像的水体提取方法及分类研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(3): 244-247.]
- [5] Li C Y, Yu R H, Wang L, *et al.* The Water Withdraws and Spectral Characteristic Analysis of Background Surface Features in Wuliangsu Lake [J]. Journal of Mongolian Agriculture University, 2004, 25(1): 1-4. [李畅游, 于瑞宏, 王丽, 等. 乌梁素海遥感影像的水体提取方法与分析[J]. 内蒙古农业大学学报, 2004, 25(1): 1-4.]
- [6] Cao K, Jiang N, Li X G. A Model for Automatic Extraction of Water Information from the City Zone Based on Spot-5 Image [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2005, 4: 24-37. [曹凯, 江南, 李新国, 等. 基于 SPOT5 图像的城市水体自动提取模型研究[J]. 国土资源遥感, 2005, 4: 24-37.]
- [7] Shil S F. Component of ELAS Classification and Density Slicing Landsat Data for Water Surface Area Assessment [A]. In Hydrologic Applications of Space Technology[C]. Intl. Assoc. Hydrological Sci., 1985.
- [8] Shao B. The Application for the World Heritage of Three Kilometers: The Grand Canal [J]. National Park of China, 2005 (02), 16-19. [少白. 三千里申遗——京杭大运河[J]. 风景名胜, 2005, 02: 16-19.]
- [9] Li X. A New Method to Improve Classification Accuracy with Shape Information [J]. Remote Sensing of Environment, 1995, 10(4): 279-287. [黎夏. 形状信息的提取与计算机自动分类[J]. 环境遥感, 1995, 10(4): 279-287.]

Study on Automatic Extraction of Grand Canal Based on SPOT-5 Image

YU Li-jun, NIE Yue-ping

(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The Grand Canal of China is the longest ancient canal in the world and the alive heritage. As the main artery between the northern and the southern, it plays an important role in history. The Grand Canal is the combination of cultural heritage, intangible cultural heritage and natural heritage. Only by safeguarding the canal well can we realize the goal that Grand Canal can apply the World Legacy successfully. The fact that the spatio-temporal span of Grand Canal is large made the investigation difficult especially in the conventional way. Remote Sensing plays an increasing important role in the contemporaneity archaeology by right of the advantage of advance, convenient and economic. The RS images record the distributing and the status quo of the canal in different courses of history. The article analyses the spectral and spatial feature in order to extraction the canal automatically with the RS and GIS technology. The extraction of canal can provide the information for the application for World Legacy of the Grand Canal and offer the protection layout deciding support.

Key words: Grand Canal; Remote sensing archaeology; Automatic extraction; Threshold method; Decision tree