

# 基于 Munsell HSV 变换的 TM 影像 水体提取方法研究

孙步伟<sup>1</sup>, 赵 萍<sup>2</sup>, 程 雷<sup>1</sup>, 张旭明<sup>1</sup>

(1. 安徽师范大学国土资源与旅游学院 GIS 重点实验室, 安徽 芜湖 241000;

2. 合肥工业大学资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230009)

**摘要:**目前基于 TM 影像的水体信息提取方法有很多种,但是都很难快速、准确、客观地消除山体或建筑物阴影的影响。对常用的几种提取方法进行了验证论述,并基于孟塞尔(Munsell)HSV 色彩变换,构建了新的水体提取模型( $WEM: TM2 - TM5 > 0$  且  $Sat - Va > 0$ )。结果表明,基于该模型可以很好地消除阴影的影响,准确地提取水体信息。

**关 键 词:**Munsell HSV 变换;水体提取;TM

**中图分类号:**TP 79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2009)06-0797-04

## 1 引 言

水是环境中最活跃的自然要素之一,它与人类生活、生产紧密相关。因此如何快速、动态地了解其空间分布状况,并对洪涝、干旱等灾害现象进行监测,是人们研究的焦点问题<sup>[1,2]</sup>。

空间遥感技术可以有效地解决这个问题,人们通过对各种类型的遥感影像进行解译,可以很好地提取水体信息。目前基于 TM 影像的水体信息提取方法有很多,大体可以归为两类:一是根据水体在各个波段的波谱特征构建区分于其它背景地物的各种指数或谱间关系进行提取。如 Mcfeeters<sup>[3]</sup>针对水体在遥感影像绿光及近红外波段的波谱特征,提出归一化差异水体指数(NDWI)提取水体信息;周成虎<sup>[4]</sup>等针对 TM 影像利用  $TM2 + TM3 > TM4 + TM5$  的谱间关系提取水体信息;徐涵秋<sup>[5]</sup>通过分析 TM 影像 7 个波段,认为 NDWI 不能很好地去除土壤及建筑物等背景信息的影响,并提出改进的归一化差异水体指数(MNDWI);闫霏<sup>[6]</sup>等针对 TM 影像提出了增强型水体指数(EWI),用于区分半干涸河道与背景噪声。二是通过对影像进行变换或融合处理,结合阈值法或谱间关系进行水体信息的提取。

如李小曼<sup>[7]</sup>等结合 IHS 变换,利用谱间关系法提取水体信息,认为该方法可以有效识别细小水体;余明<sup>[8]</sup>等将利用亮度平滑滤波调节(SFIM)融合法提取的水体与 DEM 叠加,把 DEM 大于某高程值的部分划归为阴影部分,从而剔除混入的阴影信息;王刚<sup>[9]</sup>等结合 LBV 变换利用 B 图像与归一化植被指数相结合提取水体。

然而上述方法对于受阴影影响严重的区域,由于水体与阴影的光谱相似性,还是不能有效地去除易与水体信息混分的山体或建筑物阴影。利用 DEM 虽然能够去除部分山体阴影,但仍难以剔除建筑物及高程较低地区的阴影,且对于缺乏 DEM 数据的地区无法实现。本文以安庆沿江湖湿地 2007 年 TM 影像为例,探讨基于 Munsell 彩色空间的 HSV 变换在水体信息提取中的应用。

## 2 数据及其预处理

选取安庆沿江湖湿地 2007 年 TM 影像,大小为  $30\text{ km} \times 30\text{ km}$  的区域进行实例分析,该区域中存在很多的山体阴影,其阴影面积比水体面积要大的多,适合进行水体提取的试验。

收稿日期:2009-03-20;修订日期:2009-11-09

基金项目:国家自然科学基金项目(40771207),安徽省教育厅自然科学基金项目(KJ2007B219),安徽省教育厅教学项目(2007JYXM208),合肥工业大学博士科研资助计划,安徽师范大学 GIS 重点学科建设项目。

作者简介:孙步伟(1984—),男,硕士研究生,主要研究方向为遥感数字图像处理。E-mail:wei\_9133@yahoo.com.cn。

通讯作者:赵萍(1975—),女,副教授,主要研究方向为遥感数字影像处理技术和土地利用变化研究。E-mail:njuzhp@sina.com。

首先对数据进行了辐射校正、几何纠正等预处理,以降低受大气、太阳辐射所引起的辐射误差,并统一地图投影与地理坐标;然后对试验区影像进行 HSV、IHS、LBV 变换,并将变换后影像与原始影像进行波段合成。

3 水体信息提取方法

3.1 HSV 变换理论模型

HSV 色彩变换系统是由孟塞尔(Munsell)色彩空间简化而来,是以色彩的色调(Hue)、饱和度

$$Hue = \begin{cases} \frac{(-B+G) * \pi/3}{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)} \\ \frac{(-R+B) * \pi/3}{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)} \\ \frac{(-G+R) * \pi/3}{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)} \\ \text{undefined} \end{cases}$$
$$Sat = \begin{cases} \frac{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)}{\max(R,G,B)} \\ 0 \end{cases}$$

$Va = \max(R,G,B)$  (3)

其中:Hue 的取值范围为[0,360],Sat 的取值范围为[0,1],Va 的取值范围为[0,1]<sup>[12]</sup>。

3.2 水体波谱特征分析

水体对入射能量具有强吸收性,在大部分遥感传感器的波长范围内,总体表现较弱的反射率,并具有随波长的增加进一步减弱的趋势。具体表现为在可见光的波长范围里(0.48~0.58 μm),其反射率约为 4%~5%;而在近红外及随后的中红外波段范围里(0.74~2.5 μm),清澈水体几乎无反射<sup>[5]</sup>。

根据水体的这一波谱特性,人们在利用 TM 影像进行水体信息的提取时,通常都是利用 TM2>TM4,或者 TM2>TM5,又或者是其它的谱间关系来进行与其它地物类型的区分,但是由于阴影在可见光到中红外波段的波谱特征和水体非常贴近,因此利用上述的判别条件,常常只能把水体同阴影一起从背景地物中提取出来,而不能更好地将水体、阴影做进一步区分。

文章通过对变换合成后影像的采样分析,构建水体与其它背景地物的 DN 值变化曲线发现:对 TM 原始影像不同的波段组合进行 IHS 变换、LBV 变换都不能有效地区分水体和阴影,而对 TM4、3、2 三波段的 R、G、B 组合,应用 Munsell 彩色空间系统的 HSV 变换却可以很好地区分水体和阴影。从

(Sat)、亮度(Va)为三要素来表示的。该系统被土壤科学家和地质学家用于描述土壤、岩石以及水体的颜色特征。属于非线性色彩的表示系统。HSV 色彩表示方法同人对色彩的感知相一致,彩色图像在 HSV 空间中,利于图像处理,如边缘检测、图像分割、目标识别及信息提取等。将 TM 影像 RGB 空间 3 个波段转换为 HSV 空间后,信息结构更加紧凑,各个分量的独立性增强,并且信息的丢失少<sup>[10-12]</sup>。RGB 空间到 HSV 空间的转换过程如下:

当  $R = \max(R,G,B)$

当  $G = \max(R,G,B)$

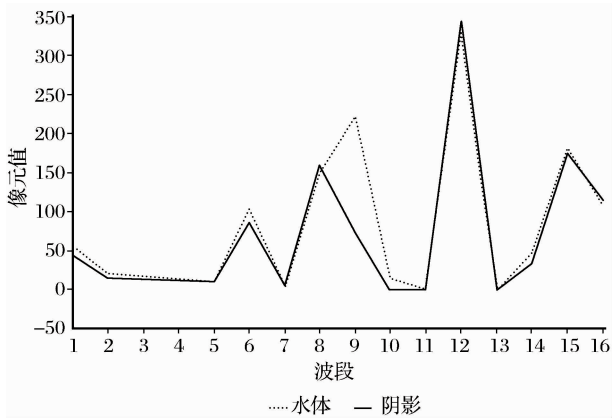
当  $B = \max(R,G,B)$

当  $R = G = B$

当  $\max(R,G,B) \neq 0$

当  $\max(R,G,B) = 0$

$Va \sim Sat$ ,即图 1 所示的 8~9 波段,水体的 DN 值曲线呈上升趋势,而阴影的 DN 值曲线呈下降趋势。因此在利用通常的  $TM2>TM5$  的判别条件将水体和阴影信息共同提取的基础上,再利用基于该变换的 DN 值变化趋势特征,可以把水体同阴影区分开。



(图中 1~16 个波段,依次对应 TM1、TM2、TM3、TM4、TM5、TM6、TM7、Va、Sat、Hue、IHS1、IHS2、IHS3、L、B、V)

图 1 水体、阴影在变换合成后影像中的 DN 值变化曲线  
Fig. 1 The vary curves of DN value for water body and shadow on images after transformation and stack

3.3 水体信息提取

基于上述分析,构建如下水体信息提取模型——Water Extracting Model(WEM):

$$WEM = \begin{cases} TM2 - TM5 > 0 \\ Sat - Va > 0 \end{cases} \quad (4)$$

满足 WEM 条件的即为水体信息。图 2 为基于 Munsell HSV 变换的 WEM 模型提取水体的效果。

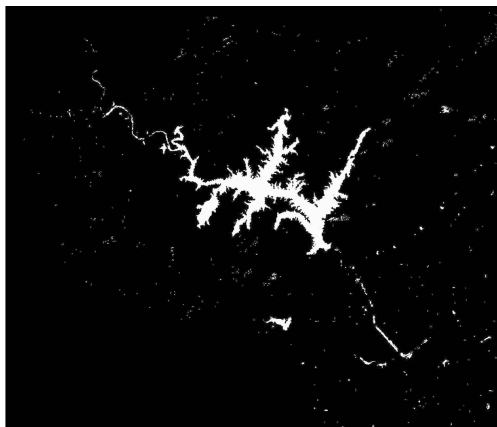


图 2 基于 Munsell HSV 变换的 WEM 模型的水体提取结果

Fig. 2 Extraction result of water information by WEM model based on Munsell HSV transformation

为了进行比较,利用前人提出的归一化差异水体指数法(NDWI)、改进的归一化水体指数法(MD-NWI)、谱间关系法、NDVI 指数结合 B 分量阈值法等 4 种方法,分别进行水体信息提取试验,结果如图 3~图 6(见图版Ⅲ)所示。

归一化差异水体指数在 TM 影像中进行水体信息提取的公式为  $NDWI = [TM2 - TM4] / [TM2 + TM4]$ ,其考虑水体的反射从可见光到中红外波段逐渐减弱,而植被在近红外的反射却是增强的,因此用可见光和近红外波段作归一化差值计算,可以在很大程度上抑制植被信息,从而突出水体,达到提取水体信息的目的。改进的归一化水体指数为  $MNDWI = [TM2 - TM5] / [TM2 + TM5]$ ,该指数认为用 TM5 波段代替 TM4 波段,可以消除另一类重要地类“土壤/建筑物”带来的噪音,从而更好地提取水体信息。谱间关系法利用水体具有独特的谱间关系特征,即  $TM2 + TM3 > TM4 + TM5$  的关系进行水体信息的提取。NDVI 指数结合 B 分量阈值法根据水体在 LBV 变换的 B 分量上具有较大的数值,选择阈值 T,利用  $B > T$  且  $NDVI < 0$  的条件进行水体信息的提取。

### 3.4 结果分析

经统计该试验区的水体面积为  $33.752 \text{ km}^2$ 。利用归一化差异水体指数(NDWI)提取的水体面积为  $75.442 \text{ km}^2$ ,其中山体阴影的面积为  $41.690 \text{ km}^2$ ,精度为  $44.74\%$ ;利用改进的归一化水体指数法(MDN-

WI)提取的水体面积为  $88.577 \text{ km}^2$ ,山体阴影的面积为  $54.825 \text{ km}^2$ ,精度仅为  $38.11\%$ ;利用谱间关系法提取的水体面积为  $68.951 \text{ km}^2$ ,山体阴影的面积为  $35.199 \text{ km}^2$ ,精度为  $48.95\%$ ;利用归一化植被指数(NDVI)结合 B 分量阈值法提取的水体面积为  $44.575 \text{ km}^2$ ,山体阴影的面积为  $10.823 \text{ km}^2$ ,精度为  $75.72\%$ ;而利用水体信息提取模型(WEM)提取的水体面积为  $36.178 \text{ km}^2$ ,多提取山体阴影的面积仅为  $2.426 \text{ km}^2$ ,精度可以达到  $93.29\%$ 。

由此可以看出,基于 Munsell HSV 色彩变换构建的水体信息提取模型(WEM),能有效消除山体阴影的影响,而其它的方法则达不到这个效果。这主要是由水体和阴影的波谱特征在 TM 影像 7 个波段中异常相似的原因造成的(见图 1),因此传统的 NDWI 指数法、MNDWI 指数法、谱间关系法,其构建模型虽然能做到水体同植被、土壤、建筑物等主要背景地物的区分,但是却不能进一步区分水体和阴影。对于 NDVI 指数结合 B 分量阈值法,由于在 B 分量波段,水体和阴影的波谱值仍然有部分混淆在一起,且阈值不容易确定,因此也只能部分消除阴影的影响。对于 IHS 变换、LBV 变换,文章通过分析其变换后的波谱特征,认为水体同阴影的区分并不明显(见图 1),很难有效提取水体。

基于 Munsell HSV 色彩变换构建的水体信息提取模型(WEM)是在传统方法提取水体和阴影的基础之上,结合 HSV 变换后两者不同的波谱变化趋势构建的模型,既考虑到水体同主要背景地物的区分,也兼顾了同阴影的区分,所以应用该方法可以准确、客观地提取受阴影影响较严重区域的水体信息。

## 4 结 语

文章以安庆沿江湖湿地 2007 年 TM 影像为例,采用基于 Munsell HSV 色彩变换的水体提取方法,进行水体信息的提取,并与其它的水体提取方法加以比较,得出如下结论:

(1)基于 TM 原始影像的传统指数法、谱间关系法只是消除某一类、或几类背景地物的影响,但是都不能消除阴影信息带来的噪音。

(2)基于传统的 IHS 变换、LBV 变换由于其变换后阴影、水体的波谱特征很贴近,因此也很难构建新的谱间关系进行水体信息的提取。NDVI 指数结合 B 分量阈值法可以部分消除阴影的影响,但是 B 分量阈值的选定,却因影像的不同而不同,同时也会受到人的主观因素的干扰而影响水体的提取精度。

(3)基于 Munsell 彩色空间系统的 HSV 变换,可以很好地识别水体信息,基于此构建的水体信息提取模型(WEM)能有效消除山地或建筑物阴影的影响,快速、准确、客观地提取水体信息,而且不需要 DEM 等其它辅助数据。Munsell HSV 色彩变换系统很少被应用到遥感数字图像处理领域,文章在此引用也是一个初步的尝试,有关该变换对其它地物信息的反映还有待进一步探讨。

#### 参考文献:

- [1] Water\_Baidu Encyclopedias[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/150061.htm>. [水体\_百度百科[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/150061.htm>.]
- [2] Fu Suxing. Remote Sensing Thematic Analysis & Geo-Tupu[M]. Beijing: Science Press, 2002. [傅肃性. 遥感专题分析与地学图谱[M]. 北京: 科学出版社, 2002.]
- [3] Mcfeeters S K. The Use of Normalized Difference Water Index(NDWI) in the Delineation of Open Water Features[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(7): 1425-1432.
- [4] Zhou Chenghu. Geo-understanding and Analysis of Remote Sensing Images[M]. Beijing: Science Press, 2003. [周成虎. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京: 科学出版社, 2003.]
- [5] Xu Hanqiu. A Study on Information Extraction of Water Body with the Modified Normalized Difference Water Index(MNDWI)[J]. Journal of Remote Sensing, 2005, 9(5): 589-595. [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.]
- [6] Yan Pei. A Study on Information Extraction of Water System in Semi-arid Regions with the Enhanced Water Index(EWI) and GIS Based Noise Remove Techiques[J]. Remote Sensing Information, 2007, 6: 62-67. [闫霏. 利用增强型水体指数(EWI)和 GIS 去噪音技术提取半干旱地区水系信息的研究[J]. 遥感信息, 2007, 6: 62-67.]
- [7] Li Xiaoman. Study of the Method of Picking-up Small Water-Bodies in Landsat TM Remote Sensing Image[J]. Journal of Southwest Agricultural University(Natural Science), 2006, 28(4): 580-582. [李小曼. TM 影像中水体提取方法研究[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2006, 28(4): 580-582.]
- [8] Yu Ming. Study on Water Body Extraction and Wetland Classification Based on SPOT5 Images[J]. Remote Sensing Information, 2006, 3: 44-48. [余明. 基于 SPOT 影像的水体信息提取以及在湿地分类中的应用研究[J]. 遥感信息, 2006, 3: 44-48.]
- [9] Wang Gang. Comparison of Sevral Water-body Information Extraction Methods in Landsat TM Remote Sensing Image[J]. Science of Surveying and Mapping, 2008, 33(3): 141-142. [王刚. 几种 TM 影像的水体自动提取方法比较[J]. 测绘科学, 2008, 33(3): 141-142.]
- [10] Zhang Na. Research of Bamboo Slips Image Enhancement Algorithm Based on HSV Space[J]. Application Research of Computers, 2007, 24(6): 204-206. [张娜. 基于 HSV 空间的简牍图像增强算法研究[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(6): 204-206.]
- [11] Su Haihua. A Color Segmentation Algorithm Applied in Maps with Its Implementation[J]. Journal of Computer Aided Design and Computer Graphics, 1999, 11(5): 395-398. [粟海华. 彩色地图分色算法及其实现[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 1999, 11(5): 395-398.]
- [12] Zhang Quanhai. Color Image Edge Detecting Method Base on HSV Color Space[J]. Computer Simulation, 2000, 17(6): 25-32. [张全海. 基于 HSV 空间彩色图像的边缘提取方法[J]. 计算机仿真, 2000, 17(6): 25-32.]

## Study on Extraction Method of Water Body from TM Based on Munsell HSV Transformation

SUN Bu-wei<sup>1</sup>, ZHAO Ping<sup>2</sup>, CHENG Lei<sup>1</sup>, ZHANG Xu-ming<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of GIS at School of Territorial Resources and Tourism in Anhui Normal University, Wuhu 241000, China; 2. School of Resources and Environmental Engineerng in Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** There are many extraction methods based on TM images for getting water body information. However, most of them fail to eliminate the influence of shadow of mountain or building fast, accurately and objectively. The paper discussed and verified several commonly used extraction methods. Based on the Munsell HSV color transformation, a new model of water body information extraction (WEM:  $TM_2 - TM_5 > 0$  and  $Sat - Va > 0$ ) was established. It was testified that by WEM the influence of shadow can be eliminated thoroughly and accurate information of water body can be obtained.

**Key words:** Munsell HSV transformation; Water body extraction; TM