

基于主成分融合的盐田水体遥感分类研究

胡平香 张 鹰 王进华

(南京师范大学地理科学学院 ,江苏 南京 210097)

摘要 :以连云港台北盐场为例 ,分析了盐田内各类实测的地物光谱特征 ,对 2000 年的遥感影像数据 (ETM 影像)进行大气校正和几何校正 ,再利用主成分融合技术 ,将多波段的 ETM 影像与对应的全色波段影像进行主成分融合 ,在此基础上进行盐田水体分类 .实验表明 ,该方法的结果分类精度较高 ,与实地调查结果基本相符 ,且现场调查工作量大大减少 .

关键词 :主成分融合 ;盐田水体 ;遥感 ;光谱特征

中图分类号 :P627 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2004)05-0519-04

盐是化学工业的基本原料之一 ,又是人类生活的必需品 ,加强盐田生产监测管理 ,保证一定的盐田生产面积和生产结构的合理性 ,对国民经济的发展非常必要 .从 20 世纪 60 年代发展起来的遥感技术 ,为盐田的生产监测提供了有效的手段 ,然而不同类型传感器图像或者同一类型传感器但不同波段图像反映的对象特征不尽相同 .为了充分利用各种类型的图像资源 ,同时获得较高光谱分辨率和空间分辨率的遥感图像 ,20 世纪 80 年代 ,遥感图像融合技术开始出现 .目前 ,图像融合技术已经在各方面得到广泛研究和应用 ,如李军等^[1,2]提出了将小波的多分辨率分析与 IHS 变换相结合叠加融合的方法 ,以及基于局部直方图匹配滤波技术的融合方法 ,陈冬林等^[3]提出了一种知识型遥感图像光谱特征融合方法 ,该方法可以清晰分辨水体、农田、植被、道路、居民地等信息 .本文选择主成分融合方法 ,将光谱分辨率较高的陆地卫星多光谱图像(ETM + 123457)与其空间分辨率较高的全色图像(ETM + 8)进行融合 ,再利用融合结果对盐田水体进行分类 ,并分析分类结果 .

1 研究区概况

本研究区位于连云港市中部的台北盐场 ,介于北纬 34°39'11" ~ 34°47'23" ,东经 119°9'50" ~ 119°20'49" ,地形平坦 ,海拔 2 m 左右 ,属于暖温带半湿润气候 ,降水集中于夏季 ,全年太阳总辐射能在 502.416 kJ/cm² 以上 ,其中夏季占 1/3 .全年蒸发量大于 1873.2 mm ,主要集中在夏季 .研究区 90.32% 的土壤粒径小于 0.01 mm ,属于重黏土 ,土壤渗透系数为 0.219^[4] .该盐场生产水体主要由蒸发区、制卤区和结晶区组成 ,盐垛一般分布在结晶区附近 ,毗邻运盐河道 ,用黑油布覆盖 .盐田生产分为纳潮扬水、蒸发、结晶、扒盐和进垛等过程 .

2 研究方法

研究中使用 ASD 公司的 Field spec handheld 地物光谱仪进行野外地物光谱测量 ,共采到 7 组光谱数据 ,再对实测光谱数据整理分析 ,得出各类盐田地物的光谱特性 ,作为盐田水体分类的依据 .同时 ,收集该研究区陆地卫星(Landsat-7 ,其传感器是加强型专题制图仪 ETM +)2000 年 3 月 8 日的遥感图像 ,对其进行大气校正、几何校正和主成分分析融合 .然后 ,根据各类地物的光谱特性对处理后的遥感图像进行盐田水体分类 .

2.1 实测光谱信息整理分析

首先 ,去除实测光谱数据异常光谱点值 ,再通过地物反射比计算地物反射率 .最终的反射率 $R(\lambda)(\%)$ 计算公式为

$$R(\lambda) = \rho(\lambda) \alpha$$

收稿日期 2004-05-27
基金项目 :江苏省社会发展项目资助计划(BS2001047)
作者简介 :胡平香(1979—) ,女 ,湖南株洲人 ,硕士研究生 ,主要从事海岸带地理信息系统和遥感技术研究 .

式中： $\rho(\lambda)$ ——野外测量得到的反射比； α ——参考板反射率^[5]。

整理分析各种地物光谱，得出其光谱特征，见图1。

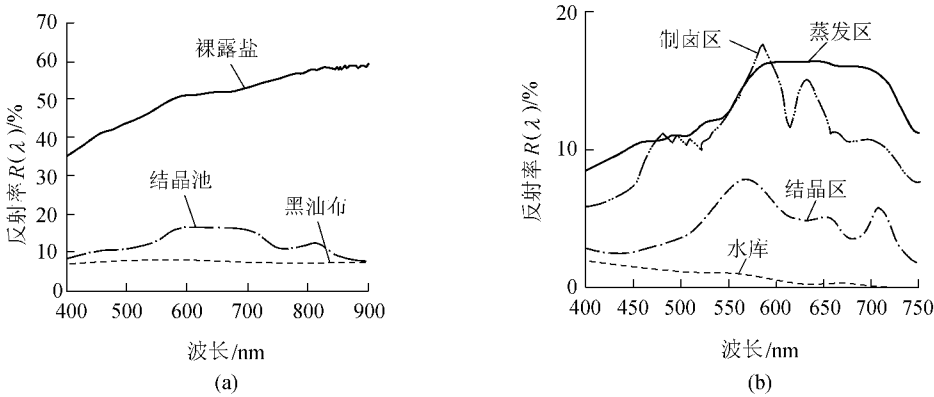


图1 盐田各类地物光谱曲线

Fig.1 Spectral curve for different kinds of substances in salt fields

a. 黑油布的反射率比较低(小于10%)，而且平坦；裸露盐的反射率比较高，通常在40%以上，且随着波长的增加而增加；结晶池的反射率在550~750nm之间有一个平坦的反射峰，在图像上会出现 $TM3 > TM2 > TM1 > 10\%$ 的情况。

b. 水库水体在可见光波段反射率曲线接近线形，且随着波长向红外波段增大反射率逐渐减小，在700nm左右，光谱反射率接近于零。蒸发区反射率由于与水体底部藻类在不同波长处的光谱反射率以及色素的光学活性、细胞的几何形态和细胞外表面组成等参数有关，其反射率曲线变化较大，图像上出现 $TM1 < TM3 < TM2 < 10\%$ 。制卤区反射率曲线在可见光部分变化曲折，数值上满足 $TM2 > TM3 > TM1 > 10\%$ 。

2.2 影像数据处理

2.2.1 大气校正和几何校正

本研究使用最常用的直方图最小值去除法进行大气校正，具体步骤为：首先确定图像上辐射亮度或者反射亮度为零的地区，然后将每一波段中各个像元亮度值都减去该波段的最小值，即得到大气校正后的影像光谱值。

遥感图像由于传感器的结构和性能、地形起伏、地球表面曲率、地球自转等因素会发生几何变形，因此在应用前，除了需要卫星地面站进行系统校正外，还需要做几何配准，以得到比较精确的结果。本研究使用高斯-克吕格投影，采用最近邻重采样法进行亮度插值，再从江苏沿海6幅1:50000地形图和影像上选取20个分布均匀且不易变动的校正控制点，采用二次多项式校正函数对图像进行校正，控制点校正时的均方根误差最大为0.4630。

2.2.2 主成分融合

主成分分析(PCA)也称K-L变换，主要用于数据压缩和减少数据的维数。它将一组相关变量转化为一组原始变量不相关线性组合的正交变换，其目的是把多波段的图像信息压缩或综合在一幅图像上，并且各波段的信息所做的贡献能最大限度地表现在新图像中^[6]。PCA融合算法为：首先由多光谱图像数据求得影像数据的相关系数矩阵，由相关系数矩阵计算特征值和特征向量，求得各主分量影像；然后将高空间分辨率影像数据进行直方图匹配，使之与第一主分量影像数据具有相同的直方图；最后用直方图匹配生成的高空间分辨率影像代替第一主分量，将它同其他主分量经K-L逆变换得到融合影像，其中的特征值就是各主成分的方差信息，它们对应的特征向量即为主成分变换系数。主成分变换前后方差总和不变，但把原来的方差不等量地再分配到新的组分图像中，且第一主分量取得方差最大，信息量最大(常常占80%以上)，其余各组分所得方差依次减少，因此主成分变换还可以分离出噪声。目前，主成分分析方法在各方面的应用十分广泛。如朱小鸽^[7]把多重主成分分析方法应用在地质构造信息提取中，取得显著效果；余丰宁等^[8]建立了一种水域水质状况图像识别的主成分监督分类方法。

根据多源遥感数据融合的优点和K-L变换突出主信息、压抑噪声等特征，本研究采用PCA融合法，先对ETM多光谱图像进行六分量主成分变换，然后用分辨率比较高而且反映全色波段地物总辐射强度的ETM+

8 波段与第一主分量 PC_1 进行直方图匹配,再代替第一主分量进行主成分逆变换,变换得到的图像的影像分辨率大大提高(图 2)。图 2(a)为 ETM+ 原始数据插值成 15 m 分辨率后的假彩色图像 $R_5G_4B_3$ (ETM+ 的 5、4、3 波段依次被赋予红、绿、蓝色)波段组合,图像上盐田区地物边界模糊;图 2(b)是经 K-L 变换后 $R_{PC1}G_{PC2}B_{PC3}$ (第一、二、三主成分分别赋予红、绿、蓝色)通道组合,图像上盐田区地物边界清晰度有了一定改进;图 2(c)是经 K-L 变换融合后 $R_5G_4B_3$ 通道组合,图像上盐田区地物边界清晰度较高。

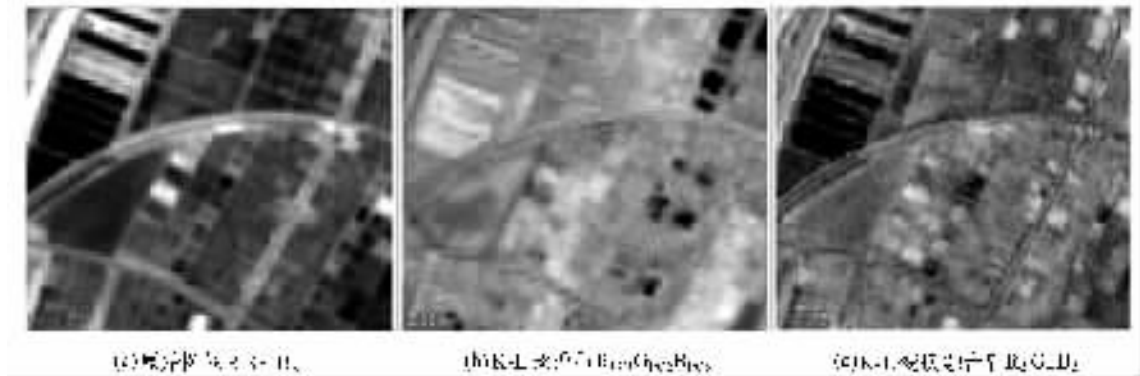


图 2 K-L 变换融合前后图像变化

Fig.2 Image change before and after K-L transformation and fusion

2.3 盐田水体分类

2.3.1 盐田水体提取

目前,对水体提取方法的研究较多,例如阈值法、差值法、比值法、密度分割法等相继提出并得到了应用。研究证明,在近红外波段水体吸收的能量高于可见光波段,其反射率明显低于其他地物,在影像上呈暗色。因此选用一种合适的近红外波段,确定该波段水体的阈值,将低于该值的像元规定为水体,高于该值的像元规定为非水体,这样就能够把水体与其他地物分开。本文根据这一遥感机理,采用阈值法进行水体提取,选用 TM_5 (ETM+5)波段为基本波段($1.55 \sim 1.75 \mu m$)。为了将各种水体都归并于地表水,其阈值定为非水体的起点。据此将影像数据进行密度分割,得到盐田水体。但有些水体能否识别,取决于该水体是否完全落入一个像元之内,如果分别落在几个像元内,则无法识别。由于图中有许多像元刚好处于水体周边,这就产生了水面积缩小的问题。针对这一问题,本文参考陆家驹提出的比率测算法^[9],采用 60% 作为判断像元是否为水体的界限(水体比例大于 60% 的像元划为水体,否则为非水体),对前面提取的结果再进行水体提取,最后得到的水体为水库、养殖池、低盐度蒸发区、中盐度制卤区和高盐度结晶区。

2.3.2 结晶池水体提取

由于主成分变换的第一主成分往往取得方差的绝对部分,信息量最大,其余各主成分不同波段组合的加权差值影像,这些成分常常会增强某种特殊异常的专题信息^[7]。通过比较发现,第三通道中的结晶池增强较大,与其他地物的反差明显,在图上显示为黑色。因此本文选择主成分变换后的第三通道进行结晶池水体的监督分类,实现结晶池水体的提取。再将分类结果建立掩膜,并应用该掩膜负片将其他水体提取出来,作为下一步研究的对象。

2.3.3 水库和养殖池水体提取

由于盐度对水体的吸收系数几乎没有影响,而且有些养殖池是将蒸发池加深改造成的,这类水体的深度、水色和水库水体相似,所以可以将盐田水库和养殖池看成纯净水体来考虑。纯净水体在可见光波段的反射率曲线接近线形,且随着波长向红外波段的增大反射率减小,在 ETM+4 波段纯净水体的反射率接近于零(没有水底反射的情况下),在图像上显示为黑色。

2.3.4 蒸发区、制卤区的分离

由前面的光谱分析结果可知,制卤区在数值上满足 $TM_2 > TM_3 > TM_1 > 10\%$,而蒸发池在数值上满足 $TM_1 < TM_3 < TM_2 < 10\%$,为了减少地物随时间变化反射率变化的影响,选用 TM_3 (ETM+3) $< 10\%$ 作为划分两者的标准,发现分类结果较好。

3 实验结果与分析

将各类水体的分类结果进行叠加显示,得到分类结果(图3)。从各类水体的空间分布规律来看,由于盐田生产是流水线工作方式,各种水体应该依次排列出现,即为水库—蒸发区—制卤区—结晶区的顺序,并且结晶区一般在制卤区的包围之中。将分类结果与实地调研情况比较后发现,各类水体的排列顺序与实地基本相符,但分类结果中出现结晶区的丢失。其原因主要是2~3月为盐田收获季节,盐田收获后结晶区底质(泥质)出露,导致结晶区和裸露地的光谱特征一致,因此将结晶区分至裸露地一类中。

4 结 论

a. 本文提出的基于遥感的盐田水体分类方法,从地物的光谱特征着手,利用主成分融合技术增强图像,分步骤提取盐田各类水体。该方法无需大量的现场调查,既降低了成本,又得到了较好的分类效果,是一种有效而实用的方法,可以代替实地测量。

b. 恰当利用除第一主成分之外的其他主成分,能得到特殊的专题信息。本文选择主成分变换后的第三通道进行结晶池水体的提取,得到了较好的结果。

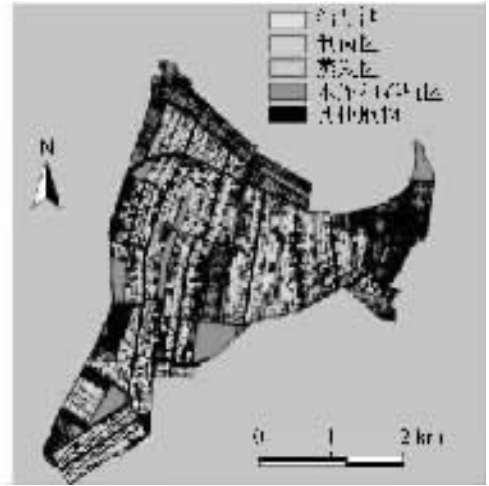


图3 盐田水体的遥感数据分类结果

Fig.3 Classification of salt field water body based on remote sensing image

参考文献:

- [1] 李军,周月琴,李德仁.小波变换用于高分辨率全色影像与多光谱影像的融合技术[J].遥感学报,1999,3(2):116—120.
- [2] 李军,周月琴,李德仁.影像局部直方图匹配滤波技术用于遥感影像数据融合[J].测绘学报,1999,28(3):226—231.
- [3] 陈冬林,李勤爽.知识型遥感图像光谱特征融合探讨[J].遥感信息,2001(2):6—8.
- [4] 制盐工业手册编委会.制盐工业手册[M].北京:中国轻工业出版社,1994.2—4.
- [5] 李素菊,王学军.内陆水体水质参数光谱特征与定量遥感[J].地理学与国土研究,2002,18(2):26—30.
- [6] 刘哲,郝重阳,刘晓翔,等.多光谱图像与全色图像的像素级融合研究[J].数据采集与处理,2003(9):296—301.
- [7] 朱小鸽.多重主成分分析及在地质构造信息提取中的应用[J].遥感学报,2000,4(4):299—303.
- [8] 余丰宁,蔡启铭.主成分监督分类及其在水质特征遥感图像识别中的应用[J].湖泊科学,1997,9(3):261—268.
- [9] 陆家驹,李士鸿.TM资料水体识别技术的改进[J].环境遥感,1992,1(1):17—23.

Principal component fusion-based classification of salt field water bodies with remote sensing technique

HU Ping-xiang, ZHANG Ying, WANG Jin-hua

(College of Geographical Science, Nanjing Normal Univ., Nanjing 210097, China)

Abstract: With the Taipei salt refinery of Lianyungang City as an example, an analysis was made of the spectral characteristics of different kinds of substances detected in salt fields. In consideration of the atmospheric and geometric effect, the TM images for year 2000 of the salt fields were revised. Then the principal component analysis was performed by fusion of multiple spectral bands of the TM images with their panchromatic images, and based on which, the water bodies of the salt fields were classified. Experiment showed that with high precision of classification, the result of the method accorded well with that of the field investigation, and that the workload for field investigation could be greatly reduced.

Key words: principal component fusion; salt field water body; remote sensing; spectral characteristic