

# 天水市不透水表面提取及时空变化分析

尹毅, 黄哲 (兰州大学资源环境学院, 甘肃兰州 730000)

**摘要** 不透水表面的发展是城市化进程的重要体现。采用天水市 1996、2001、2007 年 3 个时期的 Landsat TM 遥感影像, 使用面向对象的方法, 通过构建具有较强适应性的比值不透水表面指数 *RISI*, 结合植被指数 *NDVI*、水体指数 *MNDWI* 等, 从遥感影像中提取了不透水面信息, 并对其时空发展变化和驱动力进行了分析。结果表明, 天水市不透水表面增加明显, 与该地区的自然地理格局和经济社会发展密切相关。

**关键词** 不透水面; 基于对象; 光谱特征

中图分类号 P333 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)29-11893-03

## Impervious Surface Extraction and Temporal-Spatial Change Analysis in Tianshui City

YIN Yi et al (College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000)

**Abstract** Impervious surface is an important indicator to present the process of urbanization. This study monitored the dynamics of impervious surface in Tianshui city during 1996 to 2007 by using Landsat TM images in 1996, 2001 and 2007 with object based image analysis (OBIA). This paper, building the Ratio Impervious Surface Index (*RISI*) and combining Normalized Difference Vegetation Index (*NDVI*) and Modified Normalized Difference Water Index (*MNDWI*) for characterizing the urban landscape structure in remote sensing images, analyzed temporal-spatial changes of impervious surface on Tianshui city. The results showed that the area of impervious surface in Tianshui City has increased significantly which is closely related to the geographic structures and social economic conditions.

**Key words** Impervious surface; Object-based image analysis; Spectral characteristics

不透水表面是城市区域的重要特征, 被定义为一种水不能快速入渗到地表以下的人工覆盖类型<sup>[1]</sup>。近年来, 随着城市化进程的快速发展, 作为城市下垫面的重要组成部分, 不透水表面也得到了迅速的扩展, 一方面城市的容积率得以大幅度扩充, 住宿、交通条件得到了大幅改善; 另一方面, 不透水表面对城市径流的改变以及其较高的热容量, 引起了诸如城市内涝、热岛效应等多种问题, 给城市居民的生活也带来了许多负面作用。基于此, 不透水表面的研究对于城市建设和管理具有十分重要的意义, 诸多学者在这方面的研究也取得了一定的成果。王俊松等分别采用传统的遥感监督分类方法和基于对象方法对昆明、福州、南京等城市的不透水表面信息进行了分析研究<sup>[2-4]</sup>。在已有研究基础上, 笔者以天水市建成区为研究区, 以美国陆地资源卫星影像(TM)数据为基础, 采用基于对象的影像分析方法, 创建了具有较强适应性的不透水表面指数, 分别提取了天水市建成区 3 个时期的不透水表面信息, 并进行了时空发展变化分析, 较为准确地反映了天水市区 10 年间的城市化发展进程。

## 1 研究区概况与遥感数据预处理

**1.1 研究区概况** 天水市是甘肃省第二大城市, 位于甘肃东南部, 正好在祖国的几何中心, 地处 104°35' ~ 106°44' E、34°05' ~ 35°10' N, 总面积 14 392 km<sup>2</sup>, 总人口 370 万。地势总体西北高东南低, 市区平均海拔为 1 100 m, 属温带半湿润气候, 年平均气温为 11 ℃。研究区为秦州区与麦积区两个市辖区。

**1.2 数据源及其预处理** 研究所采用的遥感影像源于美国 Landsat 卫星系列中 TM 数据, 成像时间分别为 1996 年 7

月 10 日、2001 年 5 月 21 日、2007 年 6 月 23 日, 包括 6 个波段(去除热红外波段), 各波段空间分辨率为 30 m, 3 幅影像含云量均低于 1%。以 2001 年影像为基准, 首先将 3 幅影像进行几何精纠正, 纠正后总体误差控制在 0.5 个像元以内。然后对 3 幅影像进行了 FLAASH 大气校正, 将影像 *DN* 值转换为地表反射率值, 从而更好地反映各类地物真实的光谱特征。

## 2 不透水表面提取方法研究

**2.1 影像对象的建立** 影像对象通过影像分割来建立, 影像分割质量直接关系到后续影像分类及信息提取的精度。该研究采用 eCognition 软件对影像进行多尺度分割以获取影像对象。多尺度分割算法需要设置 3 个参数, 分别为尺度、形状因子、紧凑度因子, 这 3 个因子决定了分割后影像对象的大小、形状、邻域异质性及内部同质性。该研究中, 关于影像分割参数的选择采用了 Liu 等提出的不一致性算法, 即首先在影像上针对不同地物类型分别数字化得出其参考多边形, 然后通过一系列参数变化选择得到不同分割结果, 最后通过综合参考多边形与分割多边形的几何不一致性和代数不一致性来确立最优的分割参数组合<sup>[5]</sup>。该研究最终得出最优分割尺度为 5.0, 形状因子为 0.5, 紧凑度因子为 0.4。

**2.2 不透水表面特征分析** 该研究中将研究区的土地覆盖类型分为不透水表面、裸土、植被和水体 4 种。为了从中有效提取不透水表面信息, 需要对 4 种土地覆盖类型的影像对象特征进行分析。分别在 1996、2001、2007 年 3 个不同时期分割后的影像上对上述 4 种地物类型进行采样, 每一类型样本对象数为 30 个, 样本在研究区内均匀分布, 具有较强代表性。然后, 分别对样本对象集在光谱空间中的分布特征进行分析, 从而得到各个时相上不同地物类型对象的光谱曲线图, 如图 1 所示(以 2007 年影像对象为例)。

从图 1 可以看出, 4 种土地覆盖类型在可见光波段(1 ~ 3

基金项目 国家自然科学基金项目(41271360)。

作者简介 尹毅(1986 - ), 男, 甘肃秦安人, 硕士研究生, 研究方向: 遥感信息自动提取, E-mail: yinyi167@163.com。

收稿日期 2013-08-18

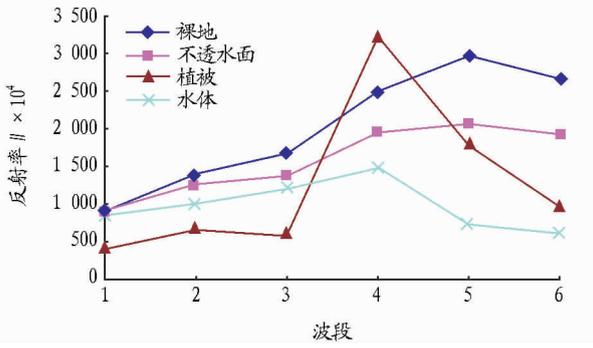


图1 2007年4种城市土地覆盖类型地物光谱特征

波段)的光谱反射率相对接近,裸土的光谱反射率值总体较高,而植被的反射率总体较低。不透水表面、裸土、水体3类地物的光谱曲线呈逐渐增高趋势,整体趋势比较一致,所以仅利用可见光波段不利于提取不透水表面信息。而在近红外及两个中红外波段(4~6波段),4种地物类型的光谱差异逐渐增大,植被在近红外波段呈现高反射率,与可见光波段相比,变化最为明显,而水体在近红外波段反射率达到峰值后,在中红外波段呈现明显下降趋势;不透水表面与裸土的光谱曲线总体趋势依然相似,但是二者之间的差值相比可见光波段显著增加,尤其以中红外波段最为明显。

**2.3 新的不透水面指数构建** 徐涵秋等在2008年曾经提出一种归一化差值不透水面指数<sup>[6]</sup>,该指数的表达式如下:

$$NDISI = \frac{TIR - (MNDWI + NIR + MIR_1) / 3}{TIR + (MNDWI + NIR + MIR_1) / 3}$$

式中, $MNDWI$ <sup>[7]</sup>为归一化差异水体指数, $NIR$ 、 $MIR_1$ 和 $TIR$ 分别代表影像的近红外、中红外1和热红外波段的反射率值。然而该指数适用性只针对于南方城市及其周边农田、植被、水体广泛分布的郊区;而此次研究区位于西北黄土梁峁沟壑区,植被覆盖度较低,水体所占比例较小,城市周边裸土覆盖范围较广。据前面光谱特征分析可以看出,不透水表面与裸土的光谱特征总体非常相似,可分性较差,如果仍旧使用徐涵秋等提出的 $NDISI$ 指数对不透水表面信息进行提取,总体精度只有71%,结果并不太理想。

通过“2.2”的光谱特征分析可以看出,不透水表面与裸土在蓝光波段呈现最低值,且两者差异最小,而在中红外波段呈最高值且差异最大,依据比值植被指数 $RVI = NIR/R$ 的构建思想,该研究创建出一种新的比值不透水表面指数 $RISI$  (Ratio Impervious Surface Index),其表达式如下:

$$RISI = \frac{MIR_1 + MIR_2}{Blue}$$

式中, $Blue$ 代表蓝光波段, $MIR_1$ 和 $MIR_2$ 分别代表两个中红外波段。这种指数对西北内陆城市建成区不透水表面的密集分布区域具有较高的敏感性,并且可以很好地区分裸土与不透水面。通过对2007年分割后影像的4种土地覆盖类型对象进行采样(各个类型样本数均为30个),统计分析各地物类型的 $RISI$ 指数值。从图2可以看出,不透水表面与裸土在该指数空间中基本没有重叠,区分明显。

**2.4 最近邻法分类** 最近邻法是面向对象分类中常用的一

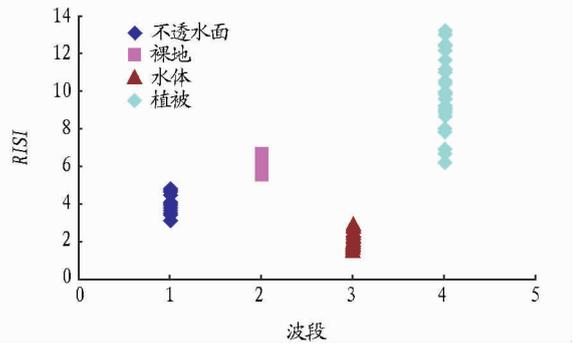


图2 4种城市土地覆盖类型的RISI指数散点图

种方法,该方法针对各土地覆盖类型选取有代表性的影像对象特征,通过不同地物类型样本采集的方法建立特征空间,然后根据每个影像对象与各个地物类型特征空间的距离来赋予其相应的隶属度,最终将该对象划分到隶属度最高;即特征空间距离最近那一类地物类型中去。

由“2.2”可知,研究区4种土地覆盖类型在可见光波段不易区分,而在近红外和中红外波段差异明显;另据前人研究,归一化植被指数( $NDVI$ )和归一化水体指数( $MNDWI$ )<sup>[7]</sup>可以很好地增强植被和水体信息。结合新构建的不透水表面指数,该研究中选取图3包含的影像特征来建立特征空间,在分割对象中分别选取不透水表面、裸土、水体、植被4种地物类型建立训练样本,每类地物样本对象数不少于50个。通过特征空间的构建,使用最近邻分类器对影像对象进行分类。在初次分类结束后,调整漏分和错分的训练样本,从而得到更加精确的分类结果。经过分类得出1996、2001、2007年3个不同时期的土地覆盖类型图如图4所示。精度评价结果表明,使用新构建的 $RISI$ 指数构建提取不透水表面信息,其生产者精度、用户精度、总体精度和 $Kappa$ 系数分别达到90%、88%、89%和0.86以上,说明该指数对增强研究区不透水表面信息具有良好的效果。

选取特征	光谱反射率			光谱增强指数		
	$NIR$	$MIR_1$	$MIR_2$	$RISI$	$NDVI$	$MNDWI$

图3 最近邻分类法影像特征空间构成

### 3 不透水表面的时空变化分析

在对3个时期影像不透水表面信息提取结果及其变化特征数据进行统计和分析的基础上,对不透水表面的时空发展变化进行探索研究,其结果如表1所示。由表1可知,1996~2007年,天水市区不透水表面的面积一直呈增加趋势,从1996年的2285.19  $hm^2$ 增加至2007年的3959.57  $hm^2$ ,占总研究区的比重也从1996年的6.99%增加到2007年的12.11%,增加幅度达到了73%。从面积变化速率上来看,1996~2001年不透水表面增长速率较快,为161.19  $hm^2/a$ ,而2001~2007年不透水表面增加速度有所减缓,为144.74  $hm^2/a$ ,这与自2000年以来,我国城市建设日渐重视生态平衡与长远规划是分不开的,这从图4中植被和水体面积的变

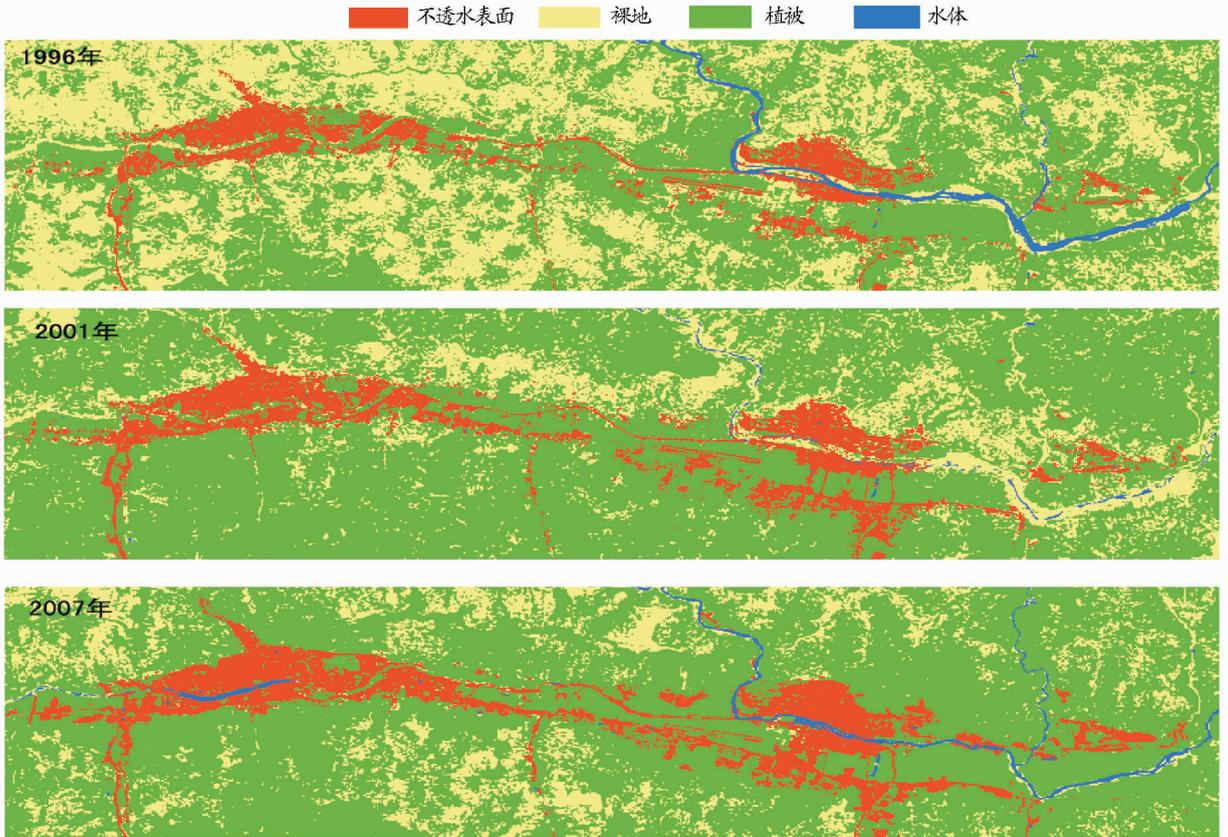


图4 研究区不同时期4种基本土地覆盖类型分类结果

化也可以看出。从不透水表面变化空间分布来看,1996~2001年不透水表面的增加主要集中在秦州区老城区、麦积区老城区以及310国道南侧马跑泉镇,位于社棠镇的经济开发区不透水表面面积也有较为明显的增加;2001~2007年不透水表面增加主要集中于麦积区花牛镇以及经济开发区,而老

城区不透水面数量已相对饱和,较之2001年以前增加并不明显。不透水表面的减少区域主要集中于秦州区藉河沿线,该沿线自2001年天水市藉河城区段生态环境综合整治工程实施以来,土地覆盖类型发生较大改变,相当一部分不透水表面及裸地转变为水体。

表1 研究区4种土地覆盖类型面积及百分比统计

年份	4种城市基本土地覆盖类型							
	不透水表面		植被		裸地		水体	
	面积//hm <sup>2</sup>	百分比//%						
1996	2 285.19	6.99	16 838.27	51.51	13 114.26	40.12	450.18	1.28
2001	3 091.13	9.46	23 957.46	73.29	5 529.34	16.92	110.07	0.34
2007	3 959.57	12.11	23 217.81	71.03	5 097.33	15.59	413.28	1.26

#### 4 结论

(1) 采用基于对象方法进行遥感信息提取时,根据感兴趣信息的需求,选取适当的分割参数,可以有效地提高信息提取的精度。

(2) 虽然高分辨率遥感影像已经得到了广泛应用,但是传统的中等分辨率 Landsat TM 影像在大面积城市变化监测应用中依然具有优势。

(3) 不透水表面指数的应用也需要根据研究区的总体自然地理状况,结合影像对象的光谱特征有针对性地分析并适当调整,才能在最终的信息提取中取得较好的效果。

#### 参考文献

[1] 徐涵秋. 城市不透水面与相关城市生态要素关系的定量分析[J]. 生态

学报,2009,29(5):2456-2462.

- [2] 王俊松,杨逢乐,贺彬,等. 利用 QuickBird 影像提取城市不透水率的研究[J]. 遥感应用,2008,97(3):69-74.
- [3] 周存林,徐涵秋. 福州城区不透水面的光谱混合分析与识别制图[J]. 中国图象图形学报,2007,12(5):875-881.
- [4] 孙志英,赵彦锋,陈杰,等. 基于对象分类在城市地表不可透光度提取中的应用[J]. 地理科学,2007,27(6):837-843.
- [5] LIU Y, BIAN L, MENG Y H, et al. Discrepancy measures for selecting optimal combination of parameter values in object-based image analysis [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2012, 68:144-156.
- [6] 徐涵秋. 一种快速提取不透水面的新型遥感指数[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2008,33(11):1150-1153.
- [7] 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.