

汶川地震前后都江堰植被盖度变化的遥感研究^{*}

倪忠云¹, 何政伟^{1,2}, 赵银兵¹, 高 慧¹, 蔡柯柯¹, 王 乐¹

(1. 成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059; 2. 首都师范大学 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100037)

摘 要:选取都江堰市 2007 年 9 月 18 日和 2008 年 7 月 18 日两个时相的 TM 数据,在辐射校正相关理论的指导下,对遥感影像进行辐射校正,主要是将图像的 DN 值转换为表观反射率,再使用归一化植被指数 (NDVI) 对图像进行密度分割、分类等处理,提取植被盖度信息。根据区内植被发育特点,将之分为无植被覆盖、低植被覆盖、中植被覆盖和高植被覆盖 4 级,通过震前和震后对比分析,研究发现地震活动的强弱直接导致了区内植被盖度不同程度的变化。

关键词:辐射校正;表观反射率;植被盖度;汶川地震;都江堰

中图分类号:X171;P315.728

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)04-0045-04

Study on Vegetation Coverage Changes in Dujiangyan Before and After Wenchuan Earthquake

NI Zhong-yun¹, HE Zheng-wei^{1,2}, ZHAO Yin-bing¹, GAO Hui¹, CAI Ke-ke¹, WANG Le¹

(1. Geosciences College, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Key Laboratory of Resource Environment and GIS in Beijing, Capital Normal University, Beijing 100037, China)

Abstract: TM remote sensing data of September 18, 2007 and July 18, 2008 were collected in the view of radiation correction theory by first doing remote sensing images radiation correction which can changes DN value to the apparent reflectance, then using NDVI processing to do density partition and classification, and finally getting the vegetation cover information. Considering the vegetation characteristics, classifying vegetation cover into none, low, medium and high four categories. The research showed that Wenchuan Earthquake has made huge effects on vegetation coverage change.

Key words: radiation correction; apparent reflectance; vegetation covers; Wenchuan earthquake; Dujiangyan

都江堰市是受“5·12”地震影响 10 个极重灾区之一。地震诱发的次生崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害都导致都江堰地区的植被覆盖发生了巨大的变化。植被盖度作为土地覆被系统的主要外在形式,是衡量自然生态环境的主要指示物,地震后这一指示物必然发生相应的变化。植被盖度在空间和时间上的动态变化直接反映了特定区域环境的变化结果,起着“指示器”的作用^[1]。依靠传统的方法,通过实地调查和实测地面样方等来估测区域植被盖度必然耗费大量的人、财、物力。而野外踏勘过程中人工确定植被盖度也存在着诸多主观的不确定因素,影

响最终成果的精度。因此,利用遥感数据快速统计出受灾地区的植被的覆盖状况成为解决这一问题的方法。

选择季节相近的两期遥感图像(2007 年 9 月和 2008 年 7 月),计算出两期图像的归一化植被指数 (NDVI), $-1 \leq NDVI \leq 1$ 。由于云、水、雪等在红光波段 (R) 比在近红外波段 (NIR) 有较大的反射率,故这些地物的 NDVI 表现为负值;岩石或裸土等在 NIR 和 R 近似相等,故 NDVI 值近于 0;而植被在近红外波段具有较大的反射率,正值表示有植被覆盖,且随覆盖度的增大而增大。对比两期图像的 ND-

^{*} 收稿日期:2008-12-01

基金项目:国家科技支撑“十一五”计划(2008BAK49B02);国家 863 重点项目(2007AA120306);四川省杰出青年学科带头人培养计划项目(06ZQ026-014);四川省教育厅自然科学重点项目(2006A116)

作者简介:倪忠云(1982-),女,河南驻马店人,博士研究生,主要从事生态遥感及 GIS 应用研究。E-mail:theoneyun@gmail.com

通信作者:何政伟(1966-),男,四川南部县人,博士,教授,博士生导师,主要从事遥感地质学、生态地理信息系统和生态环境地质等学科研究。E-mail:hzw@cduet.edu.cn

VI,经过密度分割、分类等处理,进行研究区的植被盖度信息提取,最后,统计出研究区震前震后的植被覆盖状况变化。

1 研究区概况

都江堰市地理位置为 $103^{\circ}25' - 103^{\circ}47' E$, $30^{\circ}44' - 31^{\circ}23' N$,位于四川省中部,毗邻成都市区,因有著名的水利工程而闻名于世。区内最高海拔 4 582 m,最低海拔 592 m,相对高差 3 990 m(图 1,图 2)。区内地势西北部高,东南部低,跨成都平原与龙门山两个不同的自然地理区域,植被类型及盖度与地势呈现出正相关的分布规律。

2 数据选取及研究方法

植被分布受季节影响十分显著,加之区域差异,导致植被盖度具有明显的时空分异特性。如果季节相差较大,植被盖度信息将降低研究的可比性和精度。为宏观、快速提取变化信息,应用 30 m 分辨率的 Landsat 数据。鉴于植被盖度夏季在遥感图像

上的响应程度最好,选择季节相近的两期 TM 影像(2007 年 9 月 18 日和 2008 年 7 月 18)作为研究的数据源(轨道编号为 130038 和 130039),研究技术路线如图 3 所示。

3 数据处理

由于传感器本身的光电系统特征、太阳高度、地形、大气等引起光谱亮度失真,使得从遥感器得到的地物目标辐射或反射的电磁能量观测值与地物目标本身的光谱反射率或光谱辐射亮度等物理量不一致,需要消除此类失真而正确反演地物反射特征。因此,大气辐射校正是遥感数字图像预处理的关键^[2]。加上近年来,植被遥感应应用定量化和检测等的需要,光学遥感数据的辐射校正更加受到重视,并且原始遥感数据的 DN 值必须经过辐射校正,才能满足现代遥感定量应用的新要求^[3]。

几何校正的重采样过程会影响原始像元值,因此几何校正之前进行大气辐射校正,反演结果更加切合实际。

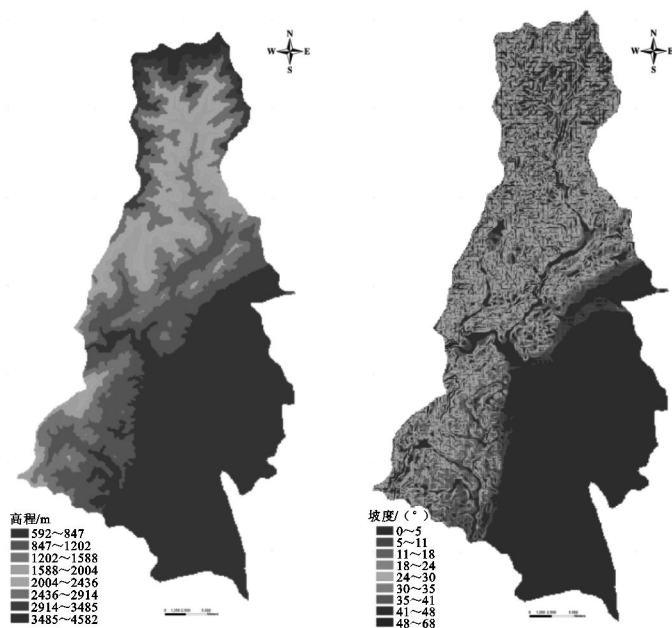


图 1 都江堰高程分级图



图 2 都江堰坡度分级图

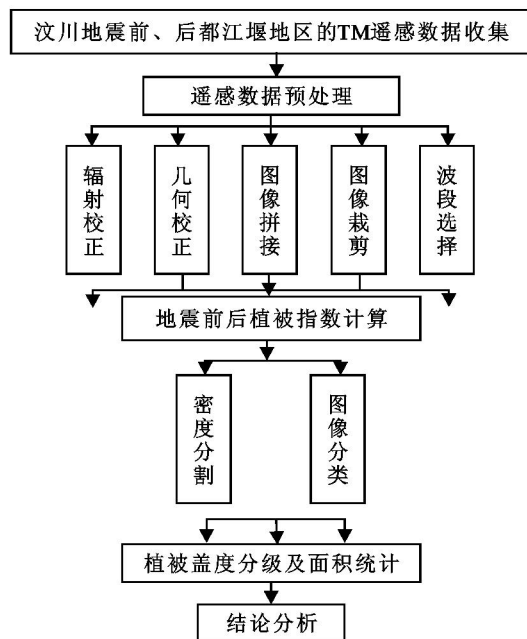


图 3 技术路线

关于辐射校正(Radiometric correction)的定义和内容无定论,使得人们对辐射校正、辐射定标(Radiometric calibration)和大气校正(Atmospheric correction)的概念得出不同认识^[3]。池宏康等^[3]对 3 者区别如下:辐射校正包括:辐射定标和大气校正,辐射定标后才能完成大气校正。辐射定标是消除传感器本身的误差,定标完成后可以得到与地面像元 DN 值紧密联系的辐射亮度值(Radiance)或反射率(Reflectance);大气校正则消除大气散射、吸收

等引起的误差。ENVI 软件中有专门模块可以完成对 TM 数据的辐射定标(Calibration Utilities)和大气校正(FLAASH)。Chavez 在 1988 年提出了完全基于图像的大气校正 DOS(Dark - Object subtraction)模型^[4],并在 1996 年提出了改进版 - COST 模型,从而实现多波段多时相的 TM/ETM+ 遥感数据地表相对反射率反演,并与地面实测光谱波段对比分析,校正和反演结果基本满足一般研究和应用^[5]。采用 COST 模型,将图像的 DN 值转换为表

观反射率。

表观反射率的定义可以用式(1)来表达。

$$\rho = \frac{\pi \cdot L \cdot D^2}{ESUN \cdot \cos \theta_s} \tag{1}$$

式中： ρ ——大气层顶表观反射率(无量纲)； L ——大气层顶进入卫星传感器的光谱辐射亮度[W/ (m² · sr · μm)]； D ——日地距离(天文单位)； $ESUN$ ——大气顶层的平均太阳光谱辐照度[W/ (m² · μm)]； θ_s ——太阳的天顶角(°)。而 L 是大气层顶卫星传感器接收的辐射亮度。辐射定标就是确定与 DN 的关系式,以及相应的定标参数,增益(Gain)和偏移(Bias)。由于光学传感器器件性能的变化,这些参数也在改变。Landsat5 和 Landsat7 系列的传感器是通过飞行前实地测量,预先测出各个波段的辐射值和记录值之间的校正增益系数和校正偏移量。传感器光谱辐射定标采用式(2)转换。

$$L = DN \cdot G_{ain} + B_{ias} \tag{2}$$

式中:DN——图像的像元值; G_{ain} ——增益; B_{ias} ——偏移。增益和偏移值可以从数据头文件中获得。若是没有定标参数 G_{ain} 和 B_{ias} , Landsat-7 数据的某一

波段的 L 可以通过式(3)计算。

$$L = \frac{L_{max} - L_{min}}{254} \cdot (DN - 1) + L_{min} \tag{3}$$

Landsat-5 数据的某一波段的 L 可以通过(4)式计算。

$$L = \frac{L_{max} - L_{min}}{255} \cdot DN + L_{min} \tag{4}$$

而 L_{max} 和 L_{min} 的参数可以到美国地质勘探局(USGS)上搜索 CPF(Calibration Parameter Files)文件和使用说明^[6]。

日地天文单位距离 $D = 1 - 0.01674 \cos(0.9856 \times (JD - 4) \times \pi / 180)$, JD ——遥感成像的儒略日(Julian Day),可通过儒略日算法模块获得,或者到美国国家航空和航天管理局(NASA)上通过输入数据获取的年月日进行转换^[7-9]。

太阳的天顶角 θ_s 为 90°减去太阳高度角,太阳高度角可以从头文件中获取。

文中所用的遥感数据参数如表 1、表 2 和表 3 所示。将进行过表观反射率的数据,进行图像的几何校正、拼接、裁剪。

表 1 2007 年、2008 年 TM 遥感数据的技术参数

轨道号	成像时间	太阳高度角/(°)	太阳天顶角/(°)	儒略日	日地距离
130038	2007-09-18	53.84	36.16	2454361.5	1.016668721
130039	2007-09-18	54.78	35.22	2454361.5	1.016668721
130038	2008-07-18	64.00	26.00	2454665.5	1.006897571
130039	2008-07-18	64.00	26.00	2454665.5	1.006897571

表 2 2007-09-18 TM 数据各波段的增益和偏移

2007 年数据	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
G_{ain}	0.762824	1.442510	1.039880	0.872588	0.119882	0.065294
B_{ias}	- 1.520000	- 2.840000	- 1.170000	- 1.510000	- 0.370000	- 0.150000
ESUN	1957.000	1826.000	1554.000	1036.000	215.000	80.670

表 3 2008-07-18 TM 数据各波段的 L_{max} 和 L_{min}

2008 年数据	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
L_{max}	193.0000	365.0000	264.0000	221.0000	30.2000	16.5000
L_{min}	- 1.520000	- 2.840000	- 1.170000	- 1.510000	- 0.370000	- 0.150000
ESUN	1957.000	1826.000	1554.000	1036.000	215.000	80.670

4 植被盖度信息提取

采用 NDVI 对研究区进行分析,通过密度分割将其分为 5 级,分类结果见图 4、图 5(A、C 为经过表观反射率计算的 4、3、2 波段的合成图像,B、D 为 A、C 对应区域的 NDVI 密度分割后的效果图)。根据实际情况,将这 5 级划分为:- 1 ~ 0,为水体、云,为无植被覆盖区域;0.01 ~ 0.12 为裸露的岩石或是城市密集的建筑物,为无植被覆盖区域;0.13 ~ 0.31

为低植被覆盖区域;1.32 ~ 0.55 为中植被覆盖区域;0.56 ~ 0.71 为高植被覆盖区域^[10]。通过图像分类,统计出各分级所占面积,如表 4。

数据表明:由于受地震的影响,区内的无植被覆盖区域增加了 204.75 km²,高植被覆盖区域减少了 206.91 km²,从植被指数分布图上看,主要分布在受地震强烈冲击的中山和高山地带,而丘陵和平原地带则相对稳定。

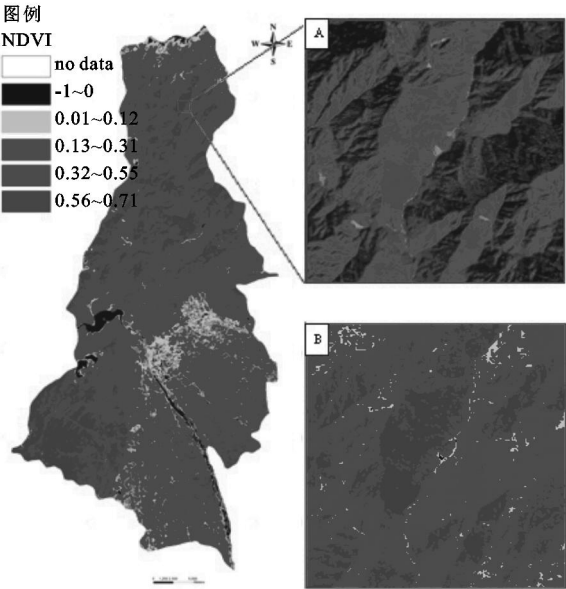


图 4 都江堰地区震前 NDVI 分级图

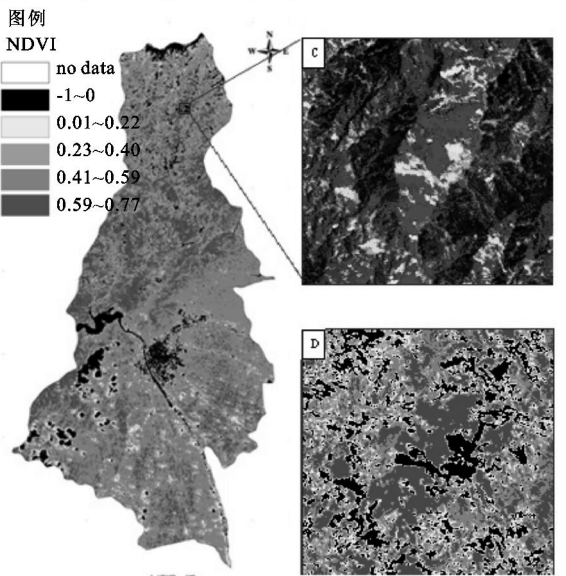


图 5 都江堰地区震后 NDVI 分级图

表 4 都江堰震前震后植被覆盖状况统计

指标	无植被覆盖	低植被覆盖	中植被覆盖	高植被覆盖
震前各类植被盖度面积/ km ²	63.26	187.99	478.13	476.87
震前各类植被盖度面积百分比/ %	5.00	16.00	39.00	40.00
震后各类植被盖度面积/ km ²	268.01	187.89	480.37	269.96
震后各类植被盖度面积百分比/ %	22.00	16.00	40.00	22.00

5 结 论

通过对地震前后都江堰地区的遥感图像进行处理,先进行辐射校正,即将图像的 DN 值转换为表观反射率,并对这一理论算法进行了详细的阐述;使用归一化植被指数(NDVI),经过密度分割、分类等处理,对研究区进行植被盖度信息提取,将其划分为无植被覆盖、低植被覆盖、中植被覆盖和高植被覆盖 4 级;统计出每一等级所占研究区的面积。研究表明:植被发生剧变的区域也是次生地质灾害最发育的区域,因而从灾害防治和景观格局恢复的角度来看,这些区域都应成为未来避让和预防灾害的重点区域。

参考文献:

[1] 孙丹峰.土地利用/覆被遥感分析[M].北京:中国大地出版社,2006:114-138.
[2] 王静.土地资源遥感监测与评价方法[M].北京:科学出版社,2006:142-149,173-183.
[3] 池宏康,周广胜,许振柱,等.表观反射率及其在植被遥

感中的应用[J].植物生态学报,2005,29(1):74-80.
[4] Chavez P S J. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data [J]. Remote Sensing of Environment. 1988,24:459-479.
[5] Chavez P S J. Image-based atmospheric correction revisited and improved [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1996,62(9):1025-1036.
[6] Landsat 5 (L5) Thematic Mapper (TM) [EB/OL]. http://landsat.usgs.gov/science_L5_cpf.php.
[7] Time Conversions [EB/OL]. http://lambda.gsfc.nasa.gov/toolbox/tb_timeconv.cfm.
[8] Julian Day [EB/OL]. http://wise-obs.tau.ac.il/~eran/Wise/Util/Julian_Day.html.
[9] CALCUL DU JOUR JULIEN [EB/OL]. http://www.bdl.fr/page.php?nav=fr/ephemerides/astronomie/jour_julien/index.php.
[10] 李晓琴,孙丹峰,张凤荣.北京山区植被覆盖率遥感制图与景观格局分析:以门头沟区为例[J].国土资源遥感,2003(1):23-28.