

基于 Landsat 8 遥感图像的土壤含水量提取研究

崔丽霞, 王 蕾

(唐山学院 智能与信息工程学院, 河北 唐山 063020)

摘要:土壤含水量是影响植被生长的一个主要因素,也是研究气候、水温、生态、农业等领域的重要参数。遥感能够快速方便地获取较大区域的地表信息,因此使用遥感技术对土壤含水量进行提取具有重要的意义。以 2015 年 8 月 15 日获取的唐山市中北部地区 Landsat 8 影像为研究对象,通过计算植被归一化指数和反演地表温度,利用植被供水指数法得到该区域内的土壤含水量分布情况。研究结果表明,利用植被供水指数法可对 Landsat 8 遥感影像进行土壤含水量信息的提取,由此也扩充了 Landsat 8 影像的应用范围。

关键词:土壤含水量; Landsat 8; NDVI; 地表温度

中图分类号: TP79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-349X(2016)03-0048-03

DOI: 10.16160/j.cnki.tsxyxb.2016.06.013

A Research into Soil Moisture Extraction Based on Landsat 8 Remote Sensing Images

CUI Li-xia, WANG Lei

(College of Intelligence and Information Engineering, Tangshan University, Tangshan 063020, China)

Abstract: Soil moisture is not only a major factor in the growth of vegetation, but also an important parameter in the study of climate, water temperature, ecology, agriculture and many other fields. Remote sensing can quickly and easily get the surface information of a large area, so it is very important to use remote sensing technology to extract soil moisture content. In this essay, with Landsat 8 images of August 15, 2015 in north central of Tangshan as the research object, the soil moisture distribution of the region is obtained by calculating the normalized vegetation index and inverting the land surface temperature. The research results show that the vegetation water supply index method can be used to extract the information of the soil moisture content of Landsat 8 remote sensing images, which extends the application range of Landsat 8 images.

Key Words: soil moisture; Landsat 8; NDVI; land surface temperature

0 引言

土壤含水量对于植被的生长有极其重要的作用,随着近几年水资源的严重匮乏,大面积的土壤含水量信息研究成为了热点问题。传统的方法只能采集到点的含水量信息,效率低而且费时费力,能否及时快速地获取土壤含水量成为人们关心的重点内容。卫星遥感技术具有信息量大、观测范围广、获取

速度快、动态性和实时性等优点,因此基于遥感数据进行土壤含水量的提取具有一定的实用价值。最新发射的 Landsat 8 卫星携带的 2 个主要传感器陆地成像仪(OLI)和热红外传感器(TIRS),在扫描方式、波段设置、辐射分辨性能等方面较之前的 Landsat 系列卫星都有很大的改进,它提供的影像可以成为土壤含水量遥感监测中新的数据源。

遥感图像是根据像元的灰度信息以及其他空间特征来区分地表特征的。利用遥感图像提取土壤含水量就是对遥感图像中不同地物的光谱信息、空间特征以及其他信息进行分析,利用不同地物在不同波段图像中呈现的信息不同来进行信息提取。

1 遥感图像提取土壤含水量信息的原理

植被在生长中的蒸腾作用受土壤含水量的影响,而植被的蒸腾作用又影响植被冠层的温度,所以植被的冠层温度可以作为表征土壤水状况的一个重要指标。因此提取土壤含水量信息时需要获知植被的冠层温度。植被的冠层温度与地表温度不同,但是植被冠层温度反演的困难远远大于地表温度的反演,在多数中的应用中采用地表温度代替很难反演的冠层温度。另外,归一化植被指数(简称 NDVI)是表征植被生长状况的一种常用指标。当土壤含水量较低时,植被的叶片会出现萎蔫等生长不正常的现象,从而影响归一化植被指数。

当植被供水正常时,遥感图像获取的植被指数在一定的生长期保持一定的范围内,植被的冠层温度也保持一定的范围内。综合考虑归一化植被指数和地表温度两种影响土壤含水量的重要指标,定义植被供水指数(VSWI:Vegetation Supply Water Index)为:

$$VSWI = NDVI / LST, \quad (1)$$

其中 LST 为地表温度反演值。植被的 $VSWI$ 值越低表明土壤含水量越低。

1.1 归一化植被指数

测定归一化植被指数对植被监测灵敏度要求较高,当植被在生长过程中缺水时,植被的生长将受到影响,对应的植被指数将会降低。归一化植被指数通常与绿色植被的繁茂程度有关,所以用归一化植被指数可以进行植被覆盖度的研究。该指数在一定程度上能消除地形和群落结构的阴影、辐射干扰及太阳高度角和大气所带来的噪声。通常利用波段计算来定量计算 $NDVI$ 。

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R). \quad (2)$$

其中 NIR, R 为不同波段的遥感数据的反射率值。

$NDVI$ 的值在 -1 到 1 之间,负值表示地面覆盖为云、水、雪等,对可见光高反射;0 表示有岩石或裸土等, NIR 和 R 近似相等;正值,表示有植被覆盖,且随覆盖度增大而增大。

1.2 温度

地表温度(LST)是用来表示地表能量平衡的一个主要参数,同时也是在某个地区或在整个地球范围上来衡量地表具体过程的一个重要参数。遥感信息参量的反演旨在建立植被供水指数和土壤含水量之间的关系模型。根据植被供水指数的计算公式可以看出,建立土壤含水量遥感信息模型需要反演出地表温度。Landsat 8 的 TIRS 热红外传感器具有 2 个波段,分别编号为 TIRS10 和 TIRS11。当前,针对 landsat 8 热红外波段地表温度反演所提出的算法有单通道算法(SC)。

Jiménez-Muñoz 等人^[1]在原有的 SC 算法的基础上,增加了针对 landsat 8 的大气参数,其算法为:

$$LST = \gamma [\epsilon^{-1} (\varphi_1 L + \varphi_2) + \varphi_3] + \delta, \quad (3)$$

$$\gamma \approx T^2 / (b_\gamma L), \delta \approx T - T^2 / b_\gamma.$$

式中 ϵ 为地表比辐射率,可通过 ASTER 光谱库获得主要地物在 TIRS 10, TIRS11 波段的比辐射率,表 1 为本文综合 ASTER 光谱库和 Nichol^[2]的研究成果计算的比辐射率;参数 b_γ 分别为: TIRS 10 = 1 324 K, TIRS 11 = 1 199 K; L 和 T 分别由公式(5)和(6)获得。

表 1 Landsat 8 TIRS 10, TIRS 11 波段的比辐射率

	林	草	土壤	建筑	水体
TIRS10	0.981 3	0.982 3	0.972 2	0.921 2	0.990 8
TIRS11	0.982 0	0.988 4	0.976 3	0.933 7	0.990 2

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ 用它们的原始推导公式来计算,即

$$\varphi_1 = 1/\tau; \varphi_2 = -L^\downarrow - L^\uparrow/\tau; \varphi_3 = L^\downarrow. \quad (4)$$

式中 τ 为大气透过率; $L^\uparrow$ 和 $L^\downarrow$ 为大气上行和下行的辐射强度。

图像的亮度值转换为大气顶部的光谱辐射值,即

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L. \quad (5)$$

式中 L_λ 为波段 λ 的大气顶部光谱辐射值(TOA spectral radiance); M_L 为波段 λ 的调整因子; A_L 为波段 λ 的调整参数; Q_{cal} 为图像灰度值。

将 Landsat 8 的 TIRS 热红外传感器 TIRS 10 和 TIRS 11 通过下式转换为亮温:

$$T = K_2 / \ln(K_1 / L + 1). \quad (6)$$

式中 T 为传感器处的亮温; L 为由公式(4)求出的热红外波段的辐射值; K_1 和 K_2 为热红外波段的定标常数;对于 TIRS 10 波段, $K_1 = 774.89 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$, $K_2 = 1321.08 \text{ K}$;对于 TIRS 11 波

段, $K_1=480.89 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$, $K_2=1\ 201.14 \text{ K}$ 。

2 研究区域介绍及数据预处理

2.1 研究区域概况

以唐山市中北部地区作为研究区域,该研究区域包括唐山市区、丰润区、开平区、古冶区、迁安市、遵化市、玉田县等地区。唐山市位于河北省东部,地处渤海湾中心地带,地势北高南低,自西、西北向东及东南趋向平缓,直至沿海。北部和东北部多山,海拔在 300~600 m 之间;中部为燕山山前平原,海拔在 50 m 以下,地势平坦;南部和西部为滨海盐碱地和洼地草泊,海拔在 15~10 m 以下。地理坐标为 $117^{\circ}31' \sim 119^{\circ}19' \text{E}$, $38^{\circ}55' \sim 40^{\circ}28' \text{N}$ 。属于暖温带,呈现出明显的大陆性气候特征。

2.2 数据源

本研究采用的数据源是免费获取的 Landsat 8 影像数据,覆盖整个研究区域,影像云量较少,图像的分辨率为 30 m。获取影像日期为 2015 年 8 月 15 日。

2.3 数据预处理

由于遥感影像在获取过程中受到传感器特性和大气以及其他因素的影响,获取的图像存在一定的误差,因此影像在实际应用之前一般需要进行预处理,以便尽可能地去掉误差的影响。

本研究所用的图像数据是进行几何校正处理后的数据产品,所以可对数据直接进行辐射校正处理。辐射校正的目的是消除或修正由于地物反射而引起的影像畸变,主要包括辐射定标和大气校正。本研究采用 ENVI 进行大气校正,具有较高的辐射校正精度。结合唐山地区的行政区划图,利用 ENVI 软件平台进行影像裁剪,裁剪后的影像作为研究区的基础数据,且影像质量满足研究需要。

3 实验分析

3.1 NDVI 计算

对于 Landsat 8 的 OLI: $NDVI = (B5 - B4) / (B5 + B4)$, 其中 $B4, B5$ 为 Landsat 8 数据波段 4, 5 反射率值。

波段 4(Band4)为红外波段,波长范围在 $0.630 \sim 0.680 \mu\text{m}$;波段 5(Band5)为近红外波段,波长范围在 $0.845 \sim 0.885 \mu\text{m}$,排除了 $0.825 \mu\text{m}$ 处的水汽吸收特征。图 1 为 NDVI 指数图。

图 1 中 A 区域显示为黑色,根据实际调查可知



图 1 NDVI 指数图

该区域为于桥水库,位于唐山市与天津市交界处。B 区域为唐山市城区,因此显示的颜色较浅。C 区域位于唐山市东北部地区的山区,这一区域被山地环绕,在 8 月份植被生长茂盛,覆盖度较大。这表明图像中绿色越深(黑色除外)植被覆盖度越大。

3.2 温度反演

本研究采用的温度反演的方法是地表温度劈窗算法,但是对于 Landsat 8 影像该算法精确度并不理想,由于 TIRS 11 热红外波段的定标参数不精确,使得已提出的 2 个劈窗算法的误差都较大。因此采用 SC 算法单独反演 TIRS 10 波段来计算地表温度^[3]。图 2 为温度反演结果图。

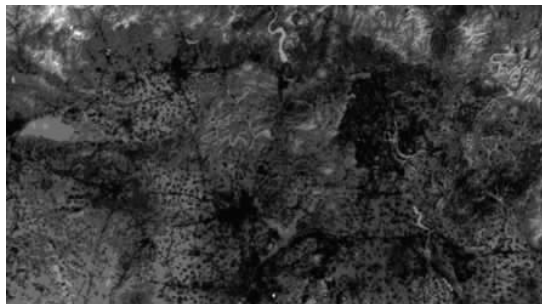


图 2 温度反演结果图

颜色越深表示温度越高。通过图 2 反演结果图可以看出,城区的温度较高,这是由于人类活动容易产生大量的热能。而在水库或是植被茂密的地区,地表温度较低。

3.3 植被供水指数法

利用 VSWI 公式计算出植被供水指数^[4],从而得到土壤含水量的分布,如图 3 所示。

颜色越深表示土壤含水量越大。选取的研究区域包括唐山市区在内的唐山市中北部地区。从提取结果上看,唐山市区以及各个县区处于颜色较浅区域,说明这些地区的土壤含水量较低。(下转第 60 页)

的企业集团及各级安监管理部门,实现远程管理、移动办公等功能,促进企业或部门的安全评价管理。

参考文献:

- [1] 陈文郑. 论目前煤矿安全管理现状及存在的问题[J]. 中小企业管理与科技, 2013, 19(4): 43 - 45.
- [2] 林颖. 基于计算机技术的煤矿安全生产管理研究[J]. 通信设计与应用, 2015(12 下): 41.
- [3] 崔守清. 煤矿安全生产管理研究[J]. 能源与节能, 2014(2): 8 - 10.
- [4] Zhang Degan, Li Guang, Zheng Ke. An energy-balanced routing method based on forward-aware factor for Wireless Sensor Network[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2014, 10(1): 766 - 773.

(上接第 50 页)而颜色接近黑色的区域为湖泊或是河流地带。颜色为蓝色及深蓝色的区域代表该地区植被覆盖率较高,常年降水充沛。8 月份正是植被蒸腾较强的季节,所以大部分地区土壤含水量较高。研究结果和实际调查结果基本一致,从而验证了该方法的可行性。



图 3 土壤含水量分布图

4 结果与讨论

利用 Landsat 8 数据进行土壤含水量提取,时效性比较强,应用范围比较广,可以在农业生产中起到重要作用,为政府部门提供服务。

- [5] Zhang Degan, Wang Xiang, Song Xiaodong. A novel approach to mapped correlation of ID for RFID anti-collision[J]. IEEE Transactions on Services Computing, 2014, 7(4): 741 - 748.
- [6] Zhang Degan, Zhu Yannan. A new constructing approach for a weighted topology of wireless sensor networks based on local-world theory for the Internet of Things(IOT)[J]. Computers & Mathematics with Applications, 2012, 64(5): 1044 - 1055.
- [7] Zhang Degan, Liang Yanping. A kind of novel method of service-aware computing for uncertain mobile applications[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2013, 57(3-4): 344 - 356.

(责任编辑:李秀荣)

在提取的过程中,由于算法的不完善性,尤其是在计算冠层温度时是用地表温度代替的,使得提取的结果存在一定的误差。该方法还有待完善。

参考文献:

- [1] Jiménez-Muñoz J C, Sobrino J A, Skokovic D, et al. Land surface temperature retrieval methods from landsat-8 thermal infrared sensor data[J]. IEEE Geosci. Remote Sens. Lett., 2014, 11(10): 1840 - 1843.
- [2] Nichol J. An emissivity modulation method for spatial enhancement of thermal satellite images in urban heat island analysis[J]. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2009, 75(5): 547 - 556.
- [3] 徐涵秋. 新型 Landsat 8 卫星影像的反射率和地表温度反演[J]. 地球物理学报, 2015, 58(3): 741 - 747.
- [4] 肖国杰,李国春,赵丽华,等. 植被供水指数法在辽西干旱监测中的应用[J]. 农业网络信息, 2006(4): 106 - 107.

(责任编辑:李秀荣)