

Land Surface Temperature Inversion Based on ETM+ Images of Pixel Geothermal Radiation Correction

WANG Runfang

Institute of Surveying Engineering, Sichuan College of Architectural Technology, Deyang, China e-mail: pangwawa668@126.com

Abstract: Land Surface Temperature is an important parameter in earth sciences research and physical process of land surface. With the depth of its applications, many land surface temperature algorithms have been proposed. Based on the characteristics of Landsat 7 ETM + thermal channel data and the study of relevant algorithms, a geothermal radiation correction method was put forward. And using strict model to calculate corrected data, the final results of the land surface temperature inversion are highly consistent with the actual temperature.

Keywords: land surface temperature inversion; ETM+; geothermal radiation correction; brightness temperature inversion; land surface emissivity

基于对 ETM+影像像元辐射改正的地温反演

王润芳

四川建筑职业技术学院测量工程研究所,四川德阳,中国,618000 e-mail: Pangwawa668@126.com

【摘 要】地表温度是地学研究中重要的参量,是地表物理过程中的重要参数,随着其应用的深入,多种地表温度反演算法相继被提出。针对 Landsat7ETM+的热通道数据特点,通过对相关算法的研究,提出一种像元辐射强度的改正方法,并采用严密的模型对改正后的数据进行计算,最终得到的地温反演结果与实际温度高度一致。

【关键词】地温反演; ETM+; 辐射改正; 亮温反演; 地表比辐射率

1 引言

地表温度是地学研究中一个非常重要的参量,是地表物理过程中的一个重要参数,在许多领域中有着重要的应用,特别是在气象、气候和热环境的研究中。早在20世纪60年代初学者们就用卫星遥感数据反演地表温度。随着遥感应用研究的深入,根据所采用的遥感数据出现了许多地表温度反演算法,例如,对于TM遥感数据(只有一个热辐射通道),有单通道算法,对于ASTER/MODIS等具有多个热辐射通道的影像数据,也有不同的劈窗算法。ETM+6影像数据的地面分辨率为60*60m,远远高于其他热辐射通道的地面分辨率(TM6:120*120m、ASTER:90*90m、MODIS:1000*1000m),因此,对于要求精确的区域分析来说,ETM+6数据是

资助信息:四川省环境保护局重点项目(2008HBY002)-基于定量遥感技术的四川省城市热岛效应动态特征与评价研究。

比较好的选择。

2 研究区与影像数据来源

2.1 研究区概况

本文实验区域是成都市及其周边地区,属东部季风区中亚热带湿润气候亚区。热量丰富,雨量充沛,四季分明,雨热同季。其气候特点:冬季较暖少雨,无霜期较长;春季气温与同纬度地区相比,回升早,天气变化不稳定,降雨量偏少,春旱时有发生;夏季多暴雨、洪涝,亦常有干旱;秋季阴雨连绵。全年阴天多,为全国日照时数少的地区之一。

2.2 遥感影像数据来源

本研究所采用的遥感影像是 2002 年 10 月 7 日获取的 ETM+影像,轨道号为 129/0390000.影像具有较少云层覆盖,质量比较好。



3 研究技术路线

传感器所接收到的热辐射强度除了地物的辐射强度,还包括它的传输介质—大气的向上、向下辐射强度,因此,在地温反演时除了计算地表比辐射率之外,还要对相关的大气参数进行估算。

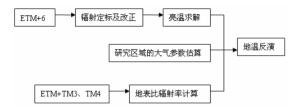


Figure 1. Flow chart of ground temperature inversion 图 1. 地温反演技术流程图

4 地面温度的反演

4.1 辐射定标及改正

本文选取的数据是 ETM+61,一般而言,我们所得到的 ETM+数据是以灰度值(DN 值)来表示,DN (Digital number)值在 0 和 255 之间,但是不是实际的反射或辐射强度。因此,在利用 ETM+的红外波段反演温度之前,必须对数据进行辐射定标。即通过 DN 值来计算辐射强度,Landsat 陆地卫星遥感器在设计制造时已考虑到把所接收到的辐射强度转化为相对应的 DN 值问题。因此,对于 ETM+数据,所接收到的辐射强度与其 DN 值有如下关系^[5]:

 $L_{\lambda}(ETM+6)=L_{\min}(ETM+6)+[(L_{\max}-L_{\min})/25\S*DN_{\delta}]$ 式中: L_{\max} 为传感器可探测的最大辐射亮度, L_{\min} 为可探测的最小辐射亮度。在 ETM+6 低增益时, $L_{\min}=0.0$, $L_{\max}=17.04$;高增益时, $L_{\min}=3.2$, $L_{\max}=12.65$ 。为保证对地面数据的正常获取及对数据的充分利用,landsat7 对 ETM+传感器的信号处理部分进行了重新设计,使其可以再两种状态下工作,即高增益状态和低增益状态。它的目的是使获取的图像数据尽可能地充分反映地物的光谱信息,避免出现亮度饱和或过暗,波段 6 在格式 1 时总设置为低增益,在格式 2 时总设置高增益,没有增益改变问题。在数据使用时,用户可从头文件中了解该图像是低增益还是高增益,然后选择合适的参数计算。图 1、图 2 即为ETM+61、62 利用上述模型计算得到的辐射强度图。

ETM+6 波段包括 ETM+61 和 ETM+62, 它们只是

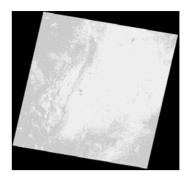


Figure 2. Geothermal radiation intensity of ETM+61 图 2. ETM+61 的辐射强度图

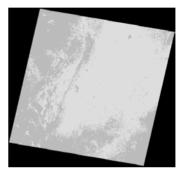


Figure 3. Geothermal radiation intensity of ETM+62 图 3. ETM+62 的辐射强度图

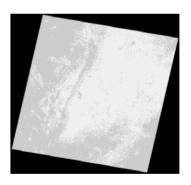


Figure 4. Correction of geothermal radiation intensity 图 4. 改正后的辐射强度图

在信号处理部分做了调整,使得影像上的 DN 值有变化,但是它们所包含的地物辐射亮度值是相同的,所以在辐射定标初步之后,ETM+61 和 ETM+62 的辐射亮度值理论上应该是相等的。一般情况下,它们是不相同的,因此本文在求解亮温之前就要对 ETM+61 和 ETM+62 进行辐射亮度值的改正。

4.2 亮温求解

亮度温度简称为亮温,是描述一般地物的"等效" 温度参数。当实际物体(非黑体)在某一指定波长下,



其辐射亮度同黑体在同一波长下的辐射亮度相等,则该黑体的温度称为实际物体的亮度温度。即在一定的波段范围内,一般地物与绝对黑体相比,具有相等的辐射亮度时,以此时绝对黑体的温度等效地物的温度,此温度称为地物的亮度温度。亮温可直接用 plank 辐射函数计算,但是为了方便,一般用如下近似式求算[5].

$$T_b = K_2 / \ln(1 + K_1 / L_\lambda)$$

式中: T_b 是 ETM+6 的像元亮度温度, K_1 和 K_2 为发射前预设的常量,对于 Landsat-7 的 ETM 数据, K_1 =666.09, K_2 =1287.71。图 4 为 ETM+61 数据经过辐射强度改正后利用上述模型得到的亮度温度图。

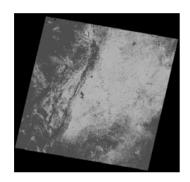


Figure 5. Brightness temperature inversion 图 5. 亮度温度图

4.3 地表比辐射率计算

地表比辐射率(land surface emissivity, LSE) 是陆面温度反演中的一个关键参量,它是表面热能转换成辐射能量的内在的有效度量器。不同的地物具有不一样的发射率,它不仅依赖于地表物体的组成成分,而且与物体的表面状态(表面粗糙度等)及物理性质(介电常数,含水量、温度等)有关,并会随着所测定的辐射能的波长、观测角度等条件的变化而变化(Gillespie.A等,1998)。陆面温度反演中地表发射率的变化极为重要,因为它与地表组成直接相关,在地表温度研究中具有非常重要的意义。

到目前为止,学者们提出了很多种 LSE 的测定方法。 其中 Sobrino 等人提出的 NDVI Thresholds Methods—NDVITEM 是一种适用性比较广,而且精度也比较高的方法。 覃志豪等人在其基础上结合研究区地表类型的多样性对其模型进行了简化^[3]:

$$\varepsilon = \varepsilon_m (1 - p_v) + \varepsilon_v p_v + 0.003796(1 - p_v)$$

其中: ε_m 是建筑物表面发射率, ε_v 是植被发射率, p_v 是植被构成比例

$$p_{v} = \left[\frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right]^{2}$$

式中: $NDVI_{max} = 0.5$, $NDVI_{min} = 0.2$, NDVI > 0.5时,可以认为是植被完全覆盖,此时 $p_v = 1$; 当 NDVI < 0.2 可以认为是完全裸土, $p_v = 0$; 对于 ε_m 、 ε_v ,从大多数已发表的文献来看,建筑物表面的发射率在 0.956~0.980 之间变动,为了计算方便,采用其平均值即 0.968: 植被完全覆盖时的典型发射率值是 0.99。

4.4 地温反演

基于单通道的地温反演方法主要有三种: 热辐射传输方程、单窗算法(覃志豪等,2001)、Jimenez -Munoz和 Sobrino 提出的普适的单通道法(Jimenez-Munoz.J.C等,2003).比较分析之后得知,覃志豪等提出的单窗算法不仅精度高,而且计算简便,所以本文采用单窗算法进行反演地温。其模型为^[2]:

$$\begin{split} T_s = & \{a_6(1 - C_6 - D_6) + \\ & [b_6(1 - C_6 - D_6) + C_6 + D_6]T_b - D_6T_a\} / C_6 \\ & C_6 = \varepsilon \tau \\ & D_6 = & (1 - \tau)[1 + (1 - \varepsilon)\tau] \end{split}$$

式 中 : T_s 为 陆 地 表 面 温 度 , $a_6 = -67.355351$, $b_6 = 0.458606$, ε 为地表比辐射率, τ 是大气透过率, T_b 是亮度温度, T_a 代表大气平均作用温度。

4.5 大气透射率和大气等效温度的估计

4.5.1 大气透射率的估计

大气透射率是指光能传播到一定距离处,经大气介质吸收和反射等损耗后实际到达的光能与光源发出的光能的比率。即,地物辐射的能量在到达传感器时是有损耗的。所以大气透射率对地表温度的反演有非常重要的影响,需要进行精确的估计。影响大气透射率的因素较多,气压、气温、气溶胶含量、大气水分含量、CO2等对热辐射传导均有不同程度的作用,从而使地表的热辐射在大气中的传导产生衰减。因此,准确的大气透射率求算比较复杂,需要较详细的大气剖面数据。而大多数情况下,这种数据并不具备,从而使大气模拟法难以实施。研究表明,大气透射率的变化主要取决于大气水分含量的动态变化,其它因素对大气透射率的变化没有显著影响。

根据覃志豪等的研究,用以进行这一估计。针对



研究区域的特征,得出大气透射率的估计值为0.685。

4.5.2 大气等效温度的估计

单窗算法认为,大气等效温度主要取决于大气剖 面的气温分布和大气水分状况。

 $T_a = 16.0110 + 0.92621T_0$

式中: T_0 为地表附近气温,成都市的地表附近气温是 300K。所以 $T_a = 293.87K$ 。

图 5 是地温反演的结果图,像元值主要分布在288k-299k之间,最高气温分布在成都市中心,最低气温分布在成都郊区周边地区,这完全符合成都市及其周边地区在卫星拍摄时段的温度。

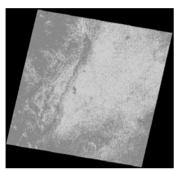


Figure 6. The results of ground temperature inversion 图 6 地温反演结果图

5 结论

针对 ETM+数据进行地表温度反演的工作,将 ETM+61 和 ETM+62 两个数据进行结合起来对像元的 辐射亮度值进行改正,之后采用比较严密的模型对这一改正值进行计算,最终得到的反演结果完全符合研究区域在卫星拍摄时段的温度。

致谢

感谢四川建院测量工程研究所所长许辉熙博士和 其他同仁给予的大力支持。

References (参考文献)

- [1] Zhang zhaoming, He guojin, Xiao rongbo,et. A Study on the New Algorithms for Retrieving LandSurface Temperature Based on TM6 Data [J], Remote sensing technology and application 2005,20(6):547-550.
 - 张兆明,何国金,肖荣波等,利用 TM6 数据反演陆地表面温度新算法研究[J],遥感技术与应用,2005,20(6):547-550.
- [2] Schoeider K, Mauser W. Processing and accuracy of Landsat Thermatic Mapper data for lake surface temperature measurement[J].International Journal of Remote Sensing, 1996, 1.3-8.
- [3] Qin zhihao, Zhang minghua, Arnon Karnieli,et. Mono-window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature from Landsat TM 6 data[J],Acta geographica sinica, 2001, 56(4): 456-466. 覃志豪, Zhang M,Karnieli Arnon Karnieli, et.用陆地卫星 TM6数据演算地表温度的单窗算法[J],地理学报,2001,56(4): 456-466.
- [4] Qin zhihao, Li wenjuan, Zhang minghua,et. Stimating of the essential atmospheric parameters of mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat TM6 [J].Remote sensing for land & resources. 2003,(2):37-43. 覃志豪, Li wenjuan, Zhang minghua,et.. 单窗算法的基本大气参数估计方法 [J],国土资源遥感,2003,(2):37-43.
- [5] QIVZ, KARNIELIA, BERLINERPA Mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border rgion[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22(18): 3719-3746.
- [6] Zhaohui. The research of Thermal infrared remote sensing image information extraction[D]. Wuhan University, 2005. 赵慧. 热红外遥感影像中温度信息的提取研究[D],武汉大学, 2005.
- [7] Luo zhiyong, Liu hanhu, Yang wunian. The applicationg study of mono-window algorithm in Chengdu for land temperature retrieval[J], Journal of tropical meteorology, 2007,23 (4):410-412. 罗智勇,刘汉湖,杨武年.单窗算法在成都市地温反演中的应用研究[J].热带气象学报,2007,23 (4):410-412.
- [8] Karnieli A. Development and implementation of spectral crust index over dune sands[J].International Journal of Remote Sensing, 1997.18, 1207-1220.