

单通道算法地表温度反演的若干问题讨论 ——以 Landsat 系列数据为例

徐涵秋^{1,2} 林中立^{1,2} 潘卫华³

1 福州大学环境与资源学院,福建 福州,350108

2 福建省水土流失遥感监测评价重点实验室,福建 福州,350108

3 福建省气象科学研究所,福建 福州,350001

摘要:在地表温度反演中,Jiménez-Muñoz 和 Sobrino 开发的单通道(SC)算法因其需要的实时大气参数少而被广泛应用。由于 SC 算法在 2003 年提出时只提供了针对 Landsat TM 的大气参数,导致许多后续基于 ETM+ 数据的地表温度计算也都采用 TM 的大气参数。即使 SC 算法于 2009 年提出了改进版,但这一混用现象仍未改观。因此,基于实测地表温度,以 Landsat 5/7/8 号卫星的热红外数据为例比较了 2003 和 2009 版的算法,探讨了 Planck 函数、 λ 取值和大气参数等常见问题。结果表明,2009 版的算法明显提高了 ETM+ 地表温度反演的精度,且以采用 Planck 函数和 USGS 提供的 λ 值时所获得的平均精度最高。在当前,如果要用 SC 算法来反演 Landsat 8 的地表温度,可在大气水汽含量较低时选用 TIRS 10 波段来单独进行。

关键词:单通道算法;地表温度;热红外遥感

中图分类号:P237.3 文献标志码:A

地表温度(land surface temperature)是区域热环境研究的重要参数^[1],它的获取主要是依靠气象站实测和卫星热红外遥感手段。由于气象站获得的只是有限点的数据,对研究空间尺度热环境的意义十分有限,因此,获取大范围地表温度信息的唯一来源是遥感卫星的热红外数据。

在中尺度遥感数据中,Landsat 系列卫星的热红外数据得到了广泛的应用,已有多重相应的地表温度反演算法^[2-4],其中 Jiménez-Muñoz 和 Sobrino 开发的单通道算法(single channel method, SC)^[3]由于所需大气校正参数少,得到了广泛应用。该算法最初提出时,只提供了针对 TM 热红外数据的大气参数,使得其后的许多基于 ETM+ 数据的研究也只能采用 TM 的大气参数来计算地表温度。虽然 Jiménez-Muñoz 和 Sobrino 在 2009 年推出了该算法的改进版,增加了针对 ETM+ 的大气参数,但许多研究者并未了解这一情况,仍然继续使用着 2003 年针对 TM 的大气参数。这一参数的混用究竟会产生多大的误差,迄今也无相关研究涉及。由于热红外影像反演的

地表温度经常缺乏对应的实测地面温度,难以进行精度验证,因此,选择正确的公式和参数是保证反演精度的必要前提。本文基于实测地表温度数据,以 Landsat 系列卫星的热红外影像为例,对 Jiménez-Muñoz 和 Sobrino SC 反演的地表温度进行比较和验证,并特别就该算法对最新发射的 Landsat 8 热红外数据的应用潜力进行了探索。

1 单通道算法

1.1 2003 版单通道算法

SC 算法由 Jiménez-Muñoz 和 Sobrino 于 2003 年提出^[3],其公式为:

$$T_s = \gamma [\epsilon^{-1}(\psi_1 L_{\text{sensor}} + \psi_2) + \psi_3] + \delta \quad (1)$$

式中, γ 和 δ 是基于 Planck 函数的两个参数,可由下式获得:

$$\gamma = \left\{ \frac{c_2 L_{\text{sensor}}}{T_{\text{sensor}}^2} \left[\frac{\lambda^4}{c_1} L_{\text{sensor}} + \frac{1}{\lambda} \right] \right\}^{-1} \quad (2)$$

$$\delta = -\gamma L_{\text{sensor}} + T_{\text{sensor}} \quad (3)$$

$$T_{\text{sensor}} = K_2 / \ln(K_1 / L_{\text{sensor}} + 1) \quad (4)$$

收稿日期:2013-12-02

项目来源:国家科技支撑计划资助项目(2013BAC08B01-05)。

第一作者:徐涵秋,博士,教授,主要从事遥感信息处理与应用研究。E-mail: hxu@fzu.edu.cn

式中, L_{sensor} 为辐射值 ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$); ϵ 为地表比辐射率; T_{sensor} 为传感器处亮温值 (K); K_1 和 K_2 为热红外波段的定标常数; λ 为热红外波段的中心波长或有效波长; c_1 、 c_2 是 Planck 辐射常数, 分别为 $1.191\,04 \times 10^8 \text{ W} \cdot \mu\text{m}^4/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$ 和 $14\,387.7 \mu\text{m} \cdot \text{K}$; ψ_1 、 ψ_2 、 ψ_3 是大气水汽含量 w 的函数, 其计算公式为:

$$\begin{cases} \psi_1 = p_{11}w^2 + p_{12}w + p_{13} \\ \psi_2 = p_{21}w^2 + p_{22}w + p_{23} \\ \psi_3 = p_{31}w^2 + p_{32}w + p_{33} \end{cases} \quad (5)$$

式中, p_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) 是与水汽含量 w 相关的大气参数, 对于 TM 6 波段, 作者给出了特定参数, 见表 1。

如果使用有效波长 λ_e 计算式(2), 其计算公式为:

$$\lambda_e = \frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \lambda f(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} f(\lambda) d\lambda} \quad (6)$$

式中, $f(\lambda)$ 为热红外波段的光谱响应函数; λ_{\max} 、 λ_{\min} 分别为波段光谱范围的最大和最小值。

1.2 2009 版单通道算法

2009 年, Jiménez-Muñoz 和 Sobrino 对原算法提出了改进版^[5], 对大气参数和公式进行了两大修改。

1) 增加了 5 组针对 ETM+ 6 波段的大气参数, 避免了 ETM+ 6 波段因采用 TM 6 的大气参数而可能产生的误差。

2) 用式(7)~(9)取代式(2)~(4)来计算 γ 、 δ 和 T_{sensor} :

$$\gamma \approx T_{\text{sensor}}^2 / (b_\gamma L_{\text{sensor}}) \quad (7)$$

$$\delta \approx T_{\text{sensor}} - T_{\text{sensor}}^2 / b_\gamma \quad (8)$$

$$T_{\text{sensor}} = c_2 / \{ \lambda \ln [c_1 / (\lambda^5 L_{\text{sensor}}) + 1] \} \quad (9)$$

式中, TM 的 b_γ 为 1 256, ETM+ 的 b_γ 为 1 277, 式(9)用 Planck 函数取代式(4)来计算亮温。显然, 2009 版较之于 2003 版有较大的改变。

1.3 地表比辐射率 ϵ 的计算

由于本次地表温度反演采用的是 Jiménez-Muñoz 和 Sobrino 的 SC 算法, 因此对于 TM/ETM+ 影像, ϵ 的计算同样采用他们提出的基于植被覆盖度的算法^[6], 以便与 SC 算法更好地匹配。

与之前的 Landsat 卫星不同的是, Landsat 8 具有独立的热红外传感器 TIRS, 并有 TIRS 10 和 TIRS 11 两个波段。因此, 可采用 MODIS 光谱库和 Nichol 的数据^[7,8] 来确定 ϵ 。TIRS 10 的

比辐射率取值如下: 植被 0.981 6, 土壤 0.972 2, 建筑物 0.921 2, 水体 0.990 8; TIRS 11 辐射率取值: 取植被 0.984 2, 土壤 0.976 3, 建筑物 0.933 7, 水体 0.990 2。

2 实验

本研究选用福州市 Landsat 5、7、8 号星的热红外影像来进行实验, 时间分别为 2000-05-04、2001-05-23、2002-05-26、2010-10-24、2013-08-04 (后者下载于美国地质调查局 (USGS) 于 2014-02-17 重新定标处理的数据)。验证点的实测地表温度来自福州乌山国家基准气候站 ($26^\circ 4' 39'' \text{N}$, $119^\circ 17' 24'' \text{E}$), 大气水汽含量 (w) 取自美国宇航局提供的全球大气参数库 (NCEP)^[9]。表 1 列出了利用 SC 算法计算地表温度所需的参数。

新的 Landsat 8 TIRS 传感器有两个独立的热红外波段, 可以通过劈窗算法来反演地表温度。但由于 TIRS 的定标参数尚不稳定, 因此 USGS 暂不鼓励使用劈窗算法, 仍建议采用 TM 的单波段方式来计算地表温度^[10]。有鉴于此, 本文尝试使用 SC 算法来计算 Landsat 8 的地表温度, 以考察 SC 是否可以用于反演 Landsat 8 的地表温度。但是, 由于本次实验影像的大气水汽含量较高 (表 1), 因此不用式(5)计算 ψ_1 、 ψ_2 、 ψ_3 , 而是用它们的原始推导公式来计算^[5], 即:

$$\begin{cases} \psi_1 = 1/\tau \\ \psi_2 = -L^\downarrow - L^\uparrow/\tau \\ \psi_3 = L^\downarrow \end{cases} \quad (10)$$

式中, τ 为大气透过率; L^\uparrow 和 L^\downarrow 为大气上行和下行辐射强度; 通过 MODTRAN 软件来估算。根据实验区所处地理方位与季相, 将中纬度夏季大气廓线作为 MODTRAN 大气剖面数据输入, 并结合 TIRS 10、11 波段的光谱响应函数, 在大气水汽含量 $1.0 \sim 4.2 \text{ g/cm}^2$ 范围间模拟得到 τ 、 L^\uparrow 、 L^\downarrow , 列于表 1。

3 结果与讨论

3.1 精度验证

根据以上公式分别反演出各实验影像的地表温度, 然后将其与福州国家基准气候站实测的地表温度进行比较。由表 2 可知, 在选择正确的参数和算法版本后, SC 算法反演的地表温度具有很好的精度。以最佳精度计算, SC 的平均误差只有 -0.51°C , 而绝对平均误差也只有 1.2°C 。

表 1 各实验影像反演地表温度所用的参数

Tab.1 The Parameters Used for Retrieving LST from the Test Images

	$\lambda/\mu\text{m}$	$K_1/(W/(m^2 \cdot \mu\text{m}^2 \cdot \text{sr}))$	K_2/K	$w/(g/cm^2)$	$p_{ij} (i = 1, 2, 3, j = 1, 2, 3)$			
Landsat TM 2010-05-24	11.45	607.76	1 260.56		1.399	0.147 14 -1.183 60 -0.045 54	-0.155 83 -0.528 94 -0.390 71	1.123 40
Landsat ETM+ 2000-05-04	11.45	666.09	1 282.71	1.270	0.045 97	0.062 69 -0.322 97 -0.063 97	1.008 18 0.556 98 0.457 47	
2001-05-23	11.269			2.564	0.045 97	0.062 69 -0.322 97 -0.063 97	1.008 18 0.556 98 0.457 47	
2002-05-26	11.45			2.416	0.065 18	0.006 83 -0.530 03 -0.019 65	1.027 17 0.104 90 -0.243 10	
Landsat-8 2013-08-04						τ	L^{\uparrow}	L^{\downarrow}
TIRS 10	10.90	774.89	1 321.08	4.180	0.449 38	4.120 81	6.137 73	
TIRS 11	12.01	480.89	1 201.14		0.311 57	4.867 53	6.748 09	

注: w, p_{ij} 用于计算式(5),此处的 p_{ij} 选用的是每个时相获得最佳精度所使用的大气参数(参见表 2)。

表 2 气象站实测地表温度与 SC 反演地表温度的比较

Tab.2 Comparison Between in Situ-measured and SC-retrieved LSTs

	大气参数库	波长 $\lambda/\mu\text{m}$	地表温度/ $^{\circ}\text{C}$	误差/ $^{\circ}\text{C}$
2000-05-04				
实测			31.94	
ETM+ 6	2003 版	11.45	32.46	0.52
	2009 版	SAFREFE402	32.04	0.10
2001-05-23				
实测			31.54	
ETM+ 6	2003 版	11.269	37.22	5.68
	2009 版	SAFREFE402	33.16	1.62
2002-05-26				
实测			39.65	
ETM+ 6	2003 版	11.45	40.59	0.94
	2009 版	TIGR1761	39.15	-0.50
2010-05-24				
实测			36.93	
TM 6	2003 版	11.45	35.90	-1.03
	2009 版	TIGR1761	35.79	-1.14
2013-08-04				
实测			60.57	
TIRS 10	2009 版		57.80	-2.77
TIRS 11	2009 版		64.20	3.63
TIRS(10+11)/2			61.00	0.43
平均误差				-0.51
绝对平均误差				1.20

注:平均误差是用各时相的最小误差值(以斜体表示)来计算均值;绝对平均误差是以各时相最小误差的绝对值来计算均值。

3.2 2003 版和 2009 版算法的比较

表 2 中 ETM+ 数据采用 2009 版的算法和参数反演的地表温度的平均误差为 0.41 $^{\circ}\text{C}$, 绝对平均误差为 0.74 $^{\circ}\text{C}$; 而采用 2003 版的算法和参数反演的地表温度的平均误差和绝对平均误差都为 2.38 $^{\circ}\text{C}$, 明显大于 2009 版。可见 2009 年的新算

法及其针对 ETM+ 提出的大气参数显著地提高了地表温度的反演精度。而对于 TM 数据, 2003 版的精度只略高于 2009 版, 这可能与当时主要针对 TM 开发的 2003 版算法已经有了很高的精度有关^[3, 5]。

3.3 不同亮温计算公式的比较

2009版的算法推荐用 Planck 函数来计算亮温,但现有许多算法都用 Landsat 的亮温式(4)来计算。究竟基于二者计算出的地表温度是否有差别,本次研究也做了探讨。从表3可以看出,

Landsat 亮温公式计算出的地表温度要比 Planck 函数计算的地表温度低约 0.5°C ;若与实测温度对比,Planck 函数计算的地表温度的绝对平均误差为 1.01°C ,而 Landsat 亮温公式计算的绝对平均误差为 1.12°C ,二者差距为 0.11°C 。

表3 不同亮温计算公式、 λ 取值以及大气参数反演的地表温度的比较

Tab. 3 Comparison Between the LSTs Based on Different Brightness-temperatures Calculation Formulas, λ Values, and Atmospheric Functions

	亮温公式比较				波长 λ 比较			大气参数库比较	
	亮温公式	大气参数库	波长 $\lambda/\mu\text{m}$	误差/ $^{\circ}\text{C}$	波长 $\lambda/\mu\text{m}$	大气参数库	误差/ $^{\circ}\text{C}$	大气参数库	误差/ $^{\circ}\text{C}$
2000-05-04								SAFREE402	0.10
ETM+6	Planck	SAFREE402	11.45	0.10	11.269 ^[5]	SAFREE402	-0.71	STD66	0.32
	Landsat			-0.42	11.335 ^[9,12-13]	SAFREE402	-0.19	TIGR1761	0.36
						11.450 ^[10]	SAFREE402	0.10	TIGR2311
							TIGR61	0.23	
2001-05-23								SAFREE402	2.44
ETM+6	Planck	SAFREE402	11.45	2.44	11.269 ^[5]	SAFREE402	1.62	STD66	3.76
	Landsat			1.91	11.335 ^[9,12-13]	SAFREE402	1.91	TIGR1761	4.28
						11.450 ^[11]	SAFREE402	2.44	TIGR2311
							TIGR61	3.33	
2002-05-26								SAFREE402	-2.23
ETM+6	Planck	TIGR1761	11.45	-0.50	11.269 ^[5]	TIGR1761	-1.37	STD66	-1.12
	Landsat			-1.02	11.335 ^[9,12-13]	TIGR1761	-1.06	TIGR1761	-0.50
						11.450 ^[11]	TIGR1761	-0.50	TIGR2311

3.4 不同热红外波段 λ 值的比较

在实际计算中,不同研究者采用的 λ 值并不相同,有的采用中心波长,有的采用有效波长,因此有必要对由此产生的差别进行比较。表3列出了比较有代表性的三组 λ 值及其根据 2009 版算法计算出的地表温度。其中,文献[5]采用有效波长值,文献[11]和[9,12-13]采用的是中心波长值。从表3中可以看出,虽然 Jiménez-Muñoz 和 Sobrino 在文献[5]中提倡用有效波长值来计算地表温度,但其绝对平均误差却是最大的(1.23°C),而使用 USGS 的 Landsat 网站提供的中心波长 $11.45\mu\text{m}$ ^[11] 的绝对平均误差最小(1.01°C),其次是文献[9,12-13]采用的 λ 值(1.05°C)。由于地表温度随着 λ 值的增大而增大,对于 ETM+6,最小的 λ 取值($11.296\mu\text{m}$)和最大的 λ 取值($11.45\mu\text{m}$)之间的地表温度反演结果可相差 0.8°C ,因此必须引起足够的重视。

3.5 ETM+不同大气参数文件的比较

2009版的 SC 算法提供了 5 种大气参数文件,其中 TIGR61、TIGR1761 和 TIGR2311 整合了来自全球不同纬度区和季节的大气参数;STD66 由 MODTRAN 数据中的 66 个不同纬度区和季节的大气轮廓参数组成;SAFREE402 则包含了 402 个海洋区的大气轮廓参数,但 Jiménez-Muñoz 和 Sobrino 也把它应用于陆地。

表3列出了以这 5 种参数反演的地表温度, λ 值统一采用 $11.45\mu\text{m}$ 。由表3可知,没有一种大气参数文件可以稳定获得最高精度。平均来看,采用 SAFREE402 获得的精度最高,然后依次是 TIGR2311、TIGR61、STD66、TIGR1761。

3.6 Landsat 8 地表温度的反演

表2中 Landsat 8 地表温度的反演精度不高,这可能与 TIRS 热红外传感器的定标参数不稳定有很大关系。USGS 在 2013 年先后两次调整了其热红外波段的定标参数^[10],2014 年 2 月则用新的定标参数对全部已发布的 Landsat 8 数据重新处理,但 TIRS 11 波段仍存在不确定性。因此,USGS 暂不鼓励用劈窗算法来反演地表温度。

从本次实验的结果来看,TIRS 10 的误差小于 TIRS 11,这可能与其波长的设置有关。由于 TIRS 热红外波段的波长设置在 $10\sim 12\mu\text{m}$ 这一明显受大气水汽影响的范围之内,而 TIRS 11 所处的 $12\mu\text{m}$ 的波长范围比 TIRS 10 的 $10\mu\text{m}$ 所受到的影响更大,因此其误差会大于 TIRS 10。总体来看,Landsat 8 地表温度反演精度不高的原因可能和它过空时的大气水汽含量高达 $4.18\text{g}/\text{cm}^2$ 有关。Jiménez-Muñoz 和 Sobrino 指出,当 w 大于 $3\text{g}/\text{cm}^2$ 时,SC 算法的精度会受到影响^[5]。但即便如此,TIRS 10 的误差也只有 -2.77°C 。Jiménez-Muñoz 和 Sobrino 的实验结

果表明,当 ω 下降到 2 g/cm^2 时,误差通常会降低 $1.5 \sim 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 。因此可以预测,如果本次实验影像的 ω 从 4.18 g/cm^2 下降到 2 g/cm^2 时,其误差有可能至少下降 $1.5 \text{ }^\circ\text{C}$,从而使原精度误差降低一半。这使我们看到了 SC 算法在反演 Landsat 8 地表温度上的潜力。也就是说,当大气水汽含量较低的时候,Landsat 8 的地表温度可以通过 SC 算法单独反演 TIRS 10 波段来获得。本次实验还发现,如果将 TIRS 10 和 11 波段反演的地表温度取均值,则其与实测温度的误差只有 $0.43 \text{ }^\circ\text{C}$ (表 2)。

4 结 语

Jiménez-Muñoz 和 Sobrino 提出的 SC 算法对各种参数和相关算法有较严格的要求,采用正确的算法和参数,可以获得很高的精度,反之则可能造成明显的误差。

2009 改进版 SC 算法可以明显地提高 ETM+ 6 波段的地表温度反演精度,因此不应继续将 2003 版的公式参数用于计算 ETM+ 的地表温度。在采用 2009 版的算法时,要注意选用正确的大气参数文件、 λ 波长值,以及亮温的计算公式。对于 TM 6 波段,2003 版和 2009 版的 SC 算法并没有实质性的差别。

在当前,Landsat 8 的地表温度可以在大气水汽含量较低的情况下,通过 SC 算法单独反演 TIRS 10 波段来获得。虽然本次研究也发现,取 TIRS 10 和 11 波段反演的地表温度的均值可以获得很高的精度,但这一结果还需由更多的实验来证实。

参 考 文 献

- [1] Georgescu M, Moustou M, Mahalov A, et al. Summer-time Climate Impacts of Projected Metropolitan Expansion in Arizona [J]. *Nature Climate Change*, 2013, 3(1):37-41
- [2] Nichol J. Remote Sensing of Urban Heat Islands by Day and Night [J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2005, 71(5): 613-621
- [3] Jiménez-Muñoz J C, Sobrino J A. A Generalized Single-channel Method for Retrieving Land Surface Temperature from Remote Sensing Data [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2003, 108 (D22): 4 688, doi: 10.1029/2003JD003480
- [4] Qin Z, Karnieli A, Berliner P. A Mono-window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature from Landsat TM Data and Its Application to the Israel-Egypt Border Region [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2001, 22(18): 3 719-3 746
- [5] Jiménez-Muñoz J C, Sobrino C J, Soria J A, et al. Revision of the Single-channel Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat Thermal-infrared Data [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2009, 47(1): 339-349
- [6] Sobrino J A, Jiménez-Muñoz J C, Soria G, et al. Land Surface Emissivity Retrieval from Different VNIR and TIR Sensors [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2008, 46(2): 316-327
- [7] ICES. MODIS UCSB Emissivity Library [OL]. <http://www.ices.ucsb.edu/modis/EMIS/html/em.html>, 2013
- [8] Nichol J. An Emissivity Modulation Method for Spatial Enhancement of Thermal Satellite Images in Urban Heat Island Analysis [J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2009, 75(5): 547-556
- [9] Barsi J A, Schott J R, Palluconi F D, et al. Validation of a Web-based Atmospheric Correction Tool for Single Thermal Band Instruments [C]. SPIE, San Diego, CA, 2005
- [10] USGS. Landsat 8 (L8) Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) Calibration Notices [OL]. http://landsat.usgs.gov/calibration_notices.php, 2013
- [11] USGS. What are the Band Designations for the Landsat Satellites? [OL]. http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php, 2013
- [12] Chander G, Markham B L, Helder D L. Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2009, 113(5): 893-903
- [13] Coll C, Galve J M, Sánchez J M, et al. Validation of Landsat 7/ETM+ Thermal Band Calibration and Atmospheric Correction with Ground-Based Measurements [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2010, 48(1): 547-555

Some Issues in Land Surface Temperature Retrieval of Landsat Thermal Data with the Single-channel Algorithm

XU Hanqiu¹ LIN Zhongli^{1,2} PAN Weihua³

¹ College of Environment and Resources, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China

² Fujian Provincial Key Laboratory of Remote Sensing of Soil Erosion, Fuzhou 350108, China

³ Institute of Meteorological Science of Fujian Province, Fuzhou 350001, China

Abstract: The single-channel algorithm (SC) developed by Jiménez-Muñoz and Sobrino in 2003 has been frequently used in retrieving land surface temperature (LST). However, many studies employed the Landsat TM's atmospheric parameters for the LST retrieval of ETM+ thermal data because the parameters for ETM+ were not provided in 2003. Although Jiménez-Muñoz and Sobrino revised the SC algorithm and provided the atmospheric parameters specialized for ETM+ in 2009, such misusing still not changes. Therefore, this paper compared the LSTs retrieved from Landsat TM/ETM+/TIRS thermal data with the SC's 2003 and 2009 versions, discussed the correct usage of the Planck function and wavelength value, and explored the potential of the SC for retrieving LST from Landsat 8 TIRS data. Results show that the 2009 version can achieve higher accuracy averagely for ETM+ thermal data than the 2003 version, when calculated using wavelength value provided by USGS and the brightness temperature computed with Planck function. This study also reveals that at this stage the LST of Landsat 8 could be retrieved using the SC with TIRS band 10. This could be achieved when the atmospheric water vapor content is relatively low.

Key words: single-channel algorithm; land surface temperature; thermal-infrared remote sensing

First author: XU Hanqiu, PhD, professor, specializes in remote sensing of environment and resources. Email: hxu@fzu.edu.cn

Foundation support: The National Key Technology Research and Development Program, No. 2013BAC08B01-05.