

石玉, 宫恒瑞, 李聪. 基于 MERSI 数据的单通道法反演地表温度 [J]. 陕西气象, 2014 (6): 22-25.

文章编号: 1006-4354 (2014) 06-0022-04

# 基于 MERSI 数据的单通道法反演地表温度

石玉<sup>1</sup>, 宫恒瑞<sup>2</sup>, 李聪<sup>1</sup>

(1. 新疆维吾尔自治区气候中心, 乌鲁木齐 830002; 2. 乌鲁木齐市气象局, 乌鲁木齐 830002)

**摘要:** 以乌鲁木齐市为研究区域, 根据 FY-3 气象卫星的 MERSI 数据特征, 选用具有普适性的单通道法反演地表温度。结果表明: 反演得到的地表温度较实际观测数据明显偏低, 其中夏季偏低幅度较春秋季节大。虽然反演结果未能达到理想的误差范围, 但其变化趋势与观测值的变化趋势相一致, 可以清晰地反映地表温度场的变化情况。通过对实测温度与反演温度分季节拟合的一元线性方程进行误差订正, 可将误差控制在 2 °C 左右, 订正后的结果更接近真实地表温度, 可满足一般监测业务定量化应用的需要。

**关键词:** MERSI; 地表温度; 单通道法

**中图分类号:** P407.6

**文献标识码:** A

精确地测定地表温度, 对于植被生长及作物产量预测、地表水气循环、城市热岛效应、全球气候变化等研究等都具有非常重要的意义<sup>[1-3]</sup>。目前, 地表温度的获取主要依靠地面气象观测站, 但由于地表温度随时间、空间变化明显, 因此对于区域乃至全球性范围地表温度的动态监测与应用只能通过卫星遥感技术来实现。20 世纪 70 年代末开始, 对于地表温度的热红外遥感应用已经广泛地开展, 目前比较成熟的地表温度算法为 Price 算法以及在其基础上提出的分裂窗算法<sup>[4]</sup>。在单窗算法方面, Jimenez-Mufloz 和 Sobrino 等<sup>[5]</sup>于 2003 年提出利用普适性单通道算法反演地表温度。与其它单通道方法相比, 该方法不需要太多实时资料, 且适用于不同的传感器<sup>[6]</sup>。

MERSI 是中国第 2 代极轨气象卫星风云三号 (FY-3) 上的一个中分辨率光谱成像仪, 其热红外通道传承了 FY-1 系列气象卫星的单窗特性, 且热红外通道 250 m 的空间分辨率较 MODIS 卫星的 1 000 m 分辨率有显著提高<sup>[7]</sup>。

利用 MERSI 数据, 以乌鲁木齐市为研究区, 采用普适性单通道算法反演研究区内地表温度的时空分布特征, 并与实时观测数据进行误差分析与订正。

## 1 计算方法

FY-3/MERSI 数据的热红外通道为第五通道, 中心波长为 11.25  $\mu\text{m}$ , 空间分辨率为 250 m, 较 MODIS 的热红外通道分辨率明显提升, 可改善地表温度的监测精度。单通道算法由 Jimenez-Mufloz 和 Sobrino 提出<sup>[5]</sup>, 计算公式为

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

式中,  $T_s$  为地表温度(K);  $L_{\text{sensor}}$  为卫星高度上遥感传感器接收到的光谱辐射亮度( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ );  $\epsilon$  是地表比辐射率,  $\gamma, \psi_1, \psi_2, \psi_3, \delta$  是中间变量。参数  $\gamma, \delta$  可由公式(2)、(3) 计算得到, 而  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$  则是大气水汽含量  $\omega$  的函数。因此地表温度反演的关键是对地表比辐射率  $\epsilon$  和大气水汽含量  $\omega$  的估算。

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

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

**收稿日期:** 2014-07-25

**作者简介:** 石玉 (1980—), 女, 汉族, 浙江诸暨人, 学士, 工程师, 从事遥感监测应用工作。

**基金项目:** 新疆维吾尔自治区气象局气象科技研究课题 (201206)

式中,  $c_1$ 、 $c_2$  为系数;  $\lambda$  为有效波长( $\mu\text{m}$ );  $T_{\text{sensor}}$  为亮度温度(K)。

### 1.1 地表比辐射率的估算

地表比辐射率是地表温度反演过程中一个必需的参数,其受实际地表物质结构、表面粗糙度、观测波段等因素的影响。Valor 和 Casselles<sup>[8]</sup> 提出了利用植被覆盖度  $P_v$  估算比辐射率  $\epsilon$  的模型,同时考虑了混合像元的影响,适用于类似 FY-3/MERSI 成像为中分辨率混合像元的传感器。

$$\epsilon = 0.0028P_v + 0.9872. \quad (4)$$

利用遥感数据估算植被覆盖度  $P_v$  的常用方法为归一化植被指数  $I_{\text{NDV}}$  像元二分法<sup>[9]</sup>

$$P_v = (I_{\text{NDV}} - I_{\text{NDVS}}) / (I_{\text{NDVV}} - I_{\text{NDVS}}), \quad (5)$$

式中,  $I_{\text{NDV}} = (\rho_4 - \rho_3) / (\rho_4 + \rho_3)$ ,  $\rho_4$ 、 $\rho_3$  分别为经过大气校正的 FY-3/MERSI 对应于近红外波段(NIR)的第4通道( $0.815 \sim 0.915 \mu\text{m}$ )及对应于红外波段(R)的第3通道( $0.600 \sim 0.700 \mu\text{m}$ )反射率。 $I_{\text{NDVS}}$  为裸露土壤或无植被建筑表面的植被指数值,  $I_{\text{NDVV}}$  为完全植被覆盖像元的植被指数值,它们的取值分别为 0.05 和 0.75。

### 1.2 大气水汽含量的估算

大气水汽含量是指单位截面大气柱内所含水汽总量<sup>[10]</sup>。它是遥感反演地表温度的一个重要参量,常用的大气水汽含量反演方法为两通道比值法<sup>[11]</sup>,也就是利用水汽的强吸收和弱吸收通道来反演大气水汽。MERSI 数据在近红外 940 nm 波长附近存在强水汽吸收特征,同时在 865 nm 附近窄波段的大气透过率大于 0.99,存在水汽的弱吸收特征。因此利用 18 通道 940 nm 波段与 16 通道 865 nm 波段上的反射率来反演大气水汽含量。公式为

$$\omega = [(\alpha - \ln T_\omega) / \beta]^2, \quad (6)$$

其中,  $\omega$  为大气水汽含量;  $T_\omega$  为大气水汽吸收波段地面反射率与大气窗口波段地面反射率的比,  $\alpha$ 、 $\beta$  是参数,分别取  $\alpha = 0.02$ ,  $\beta = 0.65$ 。

## 2 反演结果与误差分析

### 2.1 反演实例

以乌鲁木齐市为研究区,选取 2012 年 4 月 19 日 12:39 的 FY-3A 热红外数据,利用单通道算法反演地表温度,得到乌鲁木齐市地表温度

分布图(见图 1)。由图 1 可见,地表温度高的区域主要分布在米东区南部、头屯河区以及达坂城区的荒漠地区,地表温度在  $30^\circ\text{C}$  以上;地表温度低的区域主要分布在天山山区,其中积雪覆盖区域的地表温度在  $0^\circ\text{C}$  以下。山区的地表温度明显低于平原区。在平原区,受植被覆盖及城市热岛效应的影响,城区的地表温度明显高于周边农区的地表温度。山区地表温度随海拔的升高而降低,山谷地温较高,山顶地温较低。

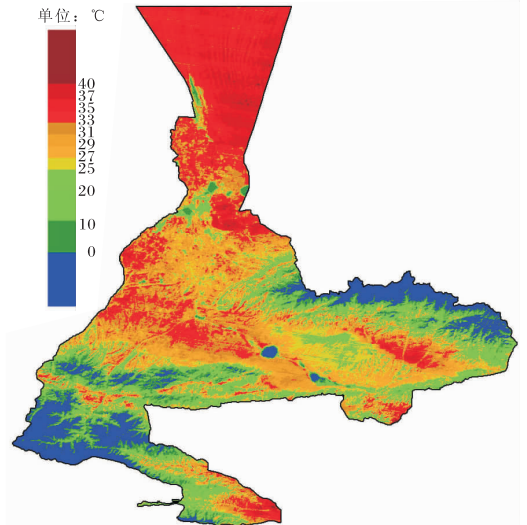


图 1 2012 年 4 月 19 日 FY3/MERSI 卫星反演乌鲁木齐市地表温度分布图

### 2.2 反演误差分析

利用 2012 年 4—10 月乌鲁木齐市晴空数据(每月选取 1 幅),采用单通道法反演地表温度。为了对反演结果进行精度评价,全部选择 FY-3A 卫星过境时间在 12 时左右的资料。地面观测资料则选择乌鲁木齐市 4 个气象观测站 12 时 0 cm 地表观测温度。对比 MERSI 数据反演的地表温度与地表观测温度的差异(见图 2)发现,总体来说反演结果与观测值变化趋势较为一致,但较观测值均偏低(除大西沟站个别月份),平均偏低  $7.2^\circ\text{C}$ ,这与刘军<sup>[12]</sup>得出的 MERSI 数据反演地表温度较观测值偏低的结论相同。从时间上看,春秋两季(4 月、5 月、9 月和 10 月)反演地表温度与观测值误差较小,而夏季(6—8 月)反演结果比观测值偏低幅度较大。

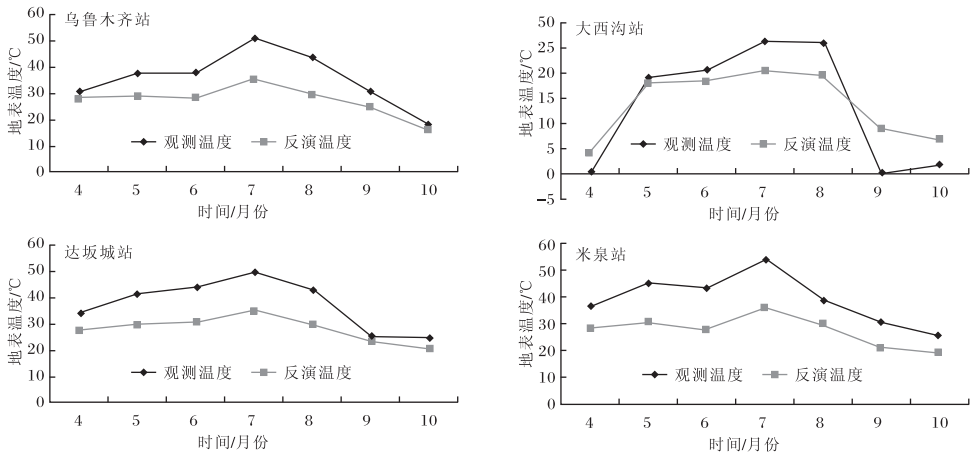


图2 各站点观测地面温度与反演地面温度比较

### 反演误差产生的原因。①传感器自身误差

由于传感器自身的特性,如波段宽度、波长等不同,在计算地表比辐射率、大气水汽含量会产生一些误差。②算法的误差 单通道法在 Landsat TM6 数据中得到了验证<sup>[13]</sup>,所涉及的参数并未调整,因而算法本身会有一定误差。③植被覆盖及混合像元引起的误差 夏季植被生长旺盛,植被郁闭度较高,250 m 的空间分辨率基本上都为混合像元。因而反演的地表温度基本上为植被冠层温度而不是真实地表温度,而地面观测温度均为观测站开阔地的地表温度,因而夏季反演温度较观测温度明显偏低。

### 2.3 地表温度反演误差订正

从误差分析结果来看,反演地表温度未能达到理想偏差范围,且误差随季节变化明显。因此有必要分季节对监测模型做误差订正。分别将春秋季和夏季的反演地表温度与观测温度做一元线性回归拟合(见图3),结果表明,在95%置信水平下, $R^2$ 均大于0.94,结果较为理想。从整体上看,经过误差订正的反演温度更接近真实的地表温度,反演平均误差由7.2℃减小到2.2℃,因此应用该一元线性回归方程进行误差订正具有更好的反演效果。

### 3 结语

以乌鲁木齐市为例,基于FY3/MERSI数据应用单通道法反演地表温度。反演结果图清晰地显示了乌鲁木齐市地表温度场的空间分布,符

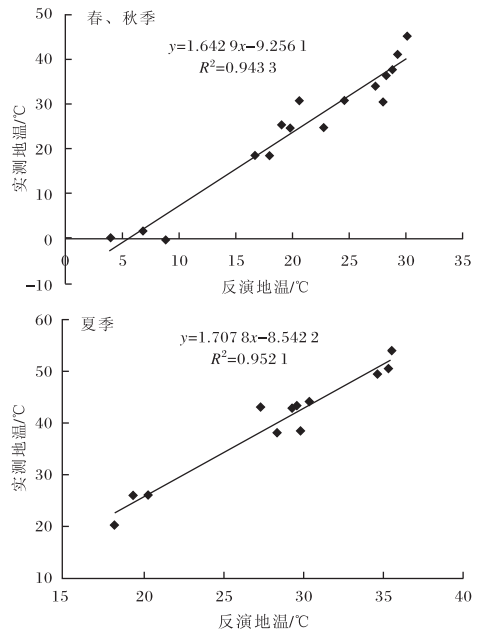


图3 春秋季和夏季反演温度与实测值的一元线性回归拟和

合地表温度变化规律。通过与地面观测数据对比分析,虽然反演结果较观测温度平均偏低7.2℃,但反演地表温度的变化趋势与实况较为一致。通过分季节建立反演温度与观测值的一元线性回归方程来进行误差订正,大大提高了反演精度,将平均误差控制在2℃左右。因此,基于MERSI数据的单通道法反演地表温度方法能够满足一般监测业务需要,可以应用在土壤湿度、城市热岛等多种监测业务上,该方法可弥补气象站点少,地面观测数据插值误差较大的缺陷。

张博宇, 高雪娇. 榆阳区近 62 年气温突变分析 [J]. 陕西气象, 2014 (6): 25-27.

文章编号: 1006-4354 (2014) 06-0025-03

# 榆阳区近 62 年气温突变分析

张博宇, 高雪娇

(榆林市气象局, 陕西榆林 719000)

**摘要:** 利用估计温度变化趋势的线性回归方程及 M-K 检验方法, 对陕西北部榆阳区 1951—2012 年年、季平均气温和最高(低)气温序列进行诊断分析。结果表明: 近 62 a 来榆阳区升温显著, 年平均气温线性趋势率  $0.21\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ; 榆阳区气温变化有两个特点, 一是最低气温升高, 二是冬季升温明显高于其它季节; M-K 检验表明年平均气温在 1993 年发生突变, 年平均最高气温突变发生远早于年平均最低气温。

**关键词:** 气温变化; 趋势分析; M-K 检验; 突变分析

**中图分类号:** P467

**文献标识码:** A

由于全球气候变暖, 气温突变成为研究热点。向辽元等<sup>[1]</sup>对中国大陆地区气温突变的区域

特征和季节特征进行了探讨, 认为 1951—2003 年中国大陆地区变冷区域显著缩小, 变冷区域的

**收稿日期:** 2014-06-10

**作者简介:** 张博宇 (1986—), 男, 陕西榆林人, 学士, 助理工程师, 从事气象科技服务工作。

## 参考文献:

- [1] 崔彩霞, 杨青, 杨连梅. MODIS 资料用于塔克拉玛干沙漠地表温度计算方法初探 [J]. 中国沙漠, 2003, 23 (5): 596-599.
- [2] 杨青生, 刘闯. MODIS 数据陆面温度反演研究 [J]. 遥感技术与应用, 2004, 19 (2): 90-94.
- [3] 石玉, 肖继东, 张旭. 基于 MODIS 数据的乌昌地区地表温度反演 [J]. 沙漠与绿洲气象, 2010, 4 (4): 48-50.
- [4] 孟鹏, 胡勇, 巩彩兰, 等. 热红外遥感地表温度反演研究现状与发展趋势 [J]. 遥感信息, 2012, 27 (6): 118-123.
- [5] Jimenez-Mufloz 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 (22): 4688-4695.
- [6] 石玉立. 中巴地球资源卫星数据反演地表温度产品设计 [J]. 气象与环境科学, 2009, 32 (1): 5-8.
- [7] 朱琳, 刘健, 张晔萍, 等. FY-3A/MERSI 数据在中国北方干旱监测中的应用 [J]. 遥感学报, 2010, 14 (5): 1010-1016.
- [8] Valor E, Casselles V. Mapping of Land Surface Emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American Areas [J]. Remote Sensing of Environment, 1996, 57 (3): 167-184.
- [9] 李苗苗, 吴炳方, 颜长珍, 等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算 [J]. 资源科学, 2004, 26 (4): 153-159.
- [10] 杨何群, 尹球, 周红妹, 等. 利用 MATLAB 实现 FY-3/MERSI 地表温度反演及专题制图 [J]. 国土资源遥感, 2004 (4): 62-70.
- [11] 毛克彪, 谭志豪. 用 MODIS 资料反演环渤海地区大汽水汽含量 [J]. 遥感信息, 2004 (4): 47-49.
- [12] 刘军. 利用单通道法对 MERSI 数据进行地表温度的反演研究 [J]. 现代农业科技, 2010 (2): 283-288.
- [13] 丁凤, 徐涵秋. 基于 Landsat TM 的 3 种地表温度反演算法比较分析 [J]. 福建师范大学学报, 2008, 24 (1): 92-96.