

基于 FY3 热红外数据的地表温度反演方法研究*

鲍艳松¹ 李紫甜² 王冬梅³ 闵锦忠¹ 严婧¹

(1. 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 南京 210044;

2. 南京信息工程大学大气物理学院, 南京 210044; 3. 江苏省水利科学研究院, 南京 210017)

摘要: 使用中分辨率大气辐射传输模式 MODTRAN 模拟风云三号卫星 (FY3) 热红外通道数据, 基于模拟数据, 利用分裂窗温度反演方法, 建立地表温度反演模型。利用平均比辐射率方法确定像元比辐射率, 并将该反演模型用于江苏省 3 个时次 (2012 年 1 月 23 日、2 月 3 日和 2 月 11 日) 的地表温度反演。将反演结果与 MODIS 的温度产品进行了对比分析, 分析反演模型的系统偏差, 并对反演模型进行修订。验证试验结果表明: 修订后模型反演的地表温度与 MODIS 温度产品的平均相关系数为 0.877, 均方根误差为 1.33 K; 相比于同时期的 FY3 温度产品, 所建模型反演的地表温度与 MODIS 温度产品更为接近。

关键词: 风云三号卫星 地表温度 遥感反演

中图分类号: P407.1; P423.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)06-0266-09

引言

地表温度 (Land surface temperature, LST) 是影响区域和全球尺度陆面过程的一个重要因子, 是陆-气交界面通量计算的重要参数^[1], 直接决定地表的长波辐射^[2], 并间接影响潜热和显热通量^[3-4]。它在农业、气象、水文、地质和全球模式中有广泛的应用^[5]。对于地球科学众多研究领域, 获取大范围的高时空分辨率的地表温度资料至关重要。遥感探测技术可以获得大范围、时间连续的地表温度, 能够准确反映地表温度的时空分布^[6]。因此, 遥感地表温度反演对于地球科学众多领域的研究具有重要意义。

近年来, 国内外对地表温度反演研究作了很多工作。大致可以分为单通道法^[7-10]、多通道法^[11-18] (分裂窗算法)、多角度法^[19-21] 以及多通道和多角度相结合方法^[22-24]。在这些方法中, 基于 MODIS 资料的分裂窗算法研究最为广泛^[25]。经过近 20 年的研究, Wan 等^[26-30] 提出了适用于 MODIS 数据的推广分裂窗方法, 该方法应用于陆地区域, 最高反演精度可达 1 K。

我国风云三号 (FY3) 卫星上装载了可见光红外扫描辐射计 (VIRR) 和中分辨率光谱成像仪

(MERSI), 其资料可用于地表温度反演。目前, MODIS 的温度产品在海洋区域精度可达 0.5 K, 在陆地区域最高精度可达 1 K。相比于 MODIS 产品, 我国的 FY3 温度产品精度还有一定差距^[31-33]。为提高 FY3 地表温度反演精度, 本文重点研究基于 FY3A/VIRR 数据和 FY3A/MERSI 数据的地表温度反演方法。使用 MODTRAN 大气辐射传输模式模拟 FY3 热红外通道数据, 利用分裂窗地表温度反演方法, 构建基于 FY3 数据的地表温度分裂窗反演模型。通过对比本研究的地表温度反演结果、FY3 温度产品和 MODIS 温度产品, 评价所建模型地表温度反演的精度。

1 数据与方法

1.1 研究区和数据集

为研究基于 FY3 资料的地表温度反演方法, 选择江苏省为研究区, 位于 116°18' ~ 121°57'E, 30°45' ~ 35°20'N。研究区以平原为主, 江南和北部有少许山地, 其主要地表类型有草地、永久湿地、农用地、农用地/自然植被、稀疏植被、水体、常绿针叶林、常绿阔叶林、落叶针叶林、落叶阔叶林、混交林、稠密灌丛、稀疏灌丛、城市和建筑区, 基本涵盖 MODIS 分类产品 MCD12Q1/IGBP 全球植被分类的 17 类地型。

收稿日期: 2013-07-11 修回日期: 2013-08-18

* 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 资助项目 (2013CB430101)、中国博士后科学基金资助项目 (20090461131、201003596) 和江苏高校优势学科建设工程资助项目 (PAPD)

作者简介: 鲍艳松, 副教授, 主要从事卫星遥感研究, E-mail: ysbao@hotmail.com

通讯作者: 闵锦忠, 教授, 博士生导师, 主要从事中小尺度数值模拟与资料同化研究, E-mail: minjz@nuist.edu.cn

研究中选用江苏省 2012 年 1~2 月云覆盖度较低的 3 个时次(2012 年 1 月 23 日、2 月 3 日和 2 月 11 日)FY3 L1 级数据作为地表温度反演的数据源。为检验地表温度反演的精度,下载了 MODIS 温度日产品 MOD11A1 和国家卫星气象中心的 FY3 VIRR 温度日产品。同时,收集了 2011 年 MODIS 地表分类产品 MCD12Q1 中的 IGBP 全球植被分类信息,作为反演中的辅助数据;该数据将地表分为 17 类。

FY3 卫星是我国第二代极轨气象卫星,星上装载了 11 个遥感传感器,可实现地表参数反演、大气状态探测和空间环境监测。由于仪器的良好性能,FY3 卫星已被世界气象组织纳入全球业务气象卫星观测网。FY3 卫星上装载的可见光红外扫描辐射计 VIRR(Visible and infrared radiometer)4 和 5 通道的波长范围为 10.3~11.3 μm 和 11.5~12.5 μm ,图像空间分辨率为 1 km;装载的中分辨率光谱成像仪 MERSI(Medium resolution spectral imager)第 5 通道的中心波长为 11.25 μm ,图像空间分辨率为 250 m(表 1)。这些通道都位于热红外波段,可用于陆地和海洋表面温度反演。

表 1 FY3 VIRR 和 MERSI 热红外通道参数

Tab.1 Primary parameters of thermal infrared bands belonging to visible and infrared radiometer and medium resolution spectral imager

参数	MERSI5 通道	VIRR4 通道	VIRR5 通道
中心波长/ μm	11.25	10.3~11.3	11.5~12.5
光谱带宽/ μm	2.5		
空间分辨率/m	250	1100	1100
噪声等效温差/K	150	60	60
动态范围/K	180~330	180~330	180~330

1.2 数据预处理

1.2.1 FY3 数据预处理

FY3 VIRR 红外通道亮温的计算包括 4 个步骤:

(1) 星上线性定标公式为

$$N_{\text{LIN}} = S_c C_E + O_f \quad (1)$$

式中 N_{LIN} ——利用星上定标系数计算的辐亮度, $\text{mW}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{sr})$

S_c ——增益 O_f ——截距

C_E ——FY3/VIRR 传感器记录的数值

S_c 和 O_f 分别存放在 FY3/VIRR L1 级数据的文件属性“Emissive_Radiance_Scales”及“Emissive_Radiance_Offsets”中。“Emissive_Radiance_Scales”及“Emissive_Radiance_Offsets”分别有 3 列数据,依次对应 3、4、5 通道;每一列不同行的数据对应不同的扫描线。

(2) 辐亮度非线性订正公式为

$$N = b_0 + (1 + b_1)N_{\text{LIN}} + b_2 N_{\text{LIN}}^2 \quad (2)$$

式中 N ——非线性订正后的辐亮度

b_0, b_1, b_2 ——订正系数

订正系数由地面定标试验获取,存放在文件属性“Prelaunch_Nonlinear_Coefficients”中,共有 12 个数值,前 9 个数值分别对应 CH3 的 b_0, b_1, b_2 , CH4 的 b_0, b_1, b_2 和 CH5 的 b_0, b_1, b_2 。

(3) 计算有效黑体温度,所用 Plank 公式为

$$T_{\text{BB}}^* = c_2 \nu_c / \ln(1 + (c_1 \nu_c^3 / N)) \quad (3)$$

其中 $c_1 = 1.1910427 \times 10^{-5} \text{ mW}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{cm}^{-4})$

$$c_2 = 1.4387752 \text{ cm} \cdot \text{K}$$

式中 T_{BB}^* ——有效黑体温度, K

ν_c ——地面标定得到的红外通道中心波数, cm^{-1}

红外通道的中心波数存放在文件属性“Emissive_Centroid_Wave_Number”中,其中第 2、3 个数值分别对应通道 4、5 的中心波数。

(4) 计算黑体温度,即热红外通道的亮温,公式为

$$T_{\text{BB}} = (T_{\text{BB}}^* - A) / B \quad (4)$$

式中 T_{BB} ——黑体温度, K

A, B ——常数,每个红外通道有一组,存放在文件属性“Emissive_BT_Coefficients”中

FY3A/MERSI L1 数据中科学数据集 EV_250_Aggr.1KM_Emissive 存放的是红外辐亮度,将它转换成黑体温度可分两步:首先,以 875.1379 cm^{-1} 为中心波数,使用式(3),进行有效黑体温度 T_{BB}^* 计算;然后将 T_{BB}^* 转换为黑体温度 T_{BB} ,即

$$T_{\text{BB}} = AT_{\text{BB}}^* + B \quad (5)$$

其中, $A = 1.0103, B = -1.8521$ 。

由于 FY3 数据包含每个像元的经纬度信息,使用 ENVI 软件的 GLT(Geographic lookup table)功能,对 FY3 图像进行几何纠正,转换成 WGS-84 坐标系、Lambert Conformal Conic 投影下的影像数据。

1.2.2 MODIS 数据预处理

对 MODIS 地表温度产品 MOD11A1 乘以定标系数 0.02,得到地表温度。使用 MODIS 数据处理软件 MRT(MODIS reprojection tool)对 MODIS 图像数据进行几何校正和拼接,得到 WGS-84 坐标系、Lambert Conformal Conic 投影下的影像数据。

1.3 地表温度反演模型构建

根据局地分裂窗算法,地表温度 T_s 可以表达为两个热红外通道亮温的函数($i=1$ 和 $i=2$)

$$T_s = A_0 + \frac{P(T_1 + T_2)}{2} + \frac{M(T_1 - T_2)}{2} \quad (6)$$

$$P = 1 + \frac{\alpha(1 - \varepsilon)}{\varepsilon} + \frac{\beta\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \quad (7)$$

$$M = \gamma' + \frac{\alpha'(1 - \varepsilon)}{\varepsilon} + \frac{\beta'\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \quad (8)$$

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} \quad (9)$$

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \quad (10)$$

式中 T_1, T_2 ——热红外通道 1、2 的亮温, K

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ ——热红外通道 1、2 的地表比辐射率

A_0, P, M ——局地分裂窗系数, A_0 是与大气状况有关的系数, P 和 M 可以表达为两个通道的波段比辐射率 ε_1 和 ε_2 的函数

ε ——热红外通道的平均比辐射

$\Delta\varepsilon$ ——热红外通道的比辐射率之差

$\alpha, \beta, \gamma', \alpha', \beta'$ ——常数

常数可以通过最佳拟合获得。本文利用 SPSS 软件中的多元逐步回归功能拟合得到以上几个系数。

MODTRAN(中分辨率辐射大气辐射传输模式)是美国空军研究实验室开发的产品,可用于模拟大气顶接收到的地球大气系统辐射,其光谱分辨率可达到 2 cm^{-1} 。MODTRAN 提供了各种模式大气模型参数的选择输入,用户只要提供地表温度、地表比辐射以及传感器的通道响应函数,并可模拟出卫星观

测数据。由于试验区位于中纬度,试验时间为冬季,使用 MODTRAN 大气辐射传输模式,模拟中纬度冬季不同地表条件下的一组 FY3 热红外通道 (VIRR4、VIRR5 和 MERSI5) 亮温数据。不同地表条件可通过改变 MODTRAN 输入参数来实现,输入数据包括:11 组地表温度,取值范围为 $[267.2 \text{ K}, 292.2 \text{ K}]$, 取样间隔为 2.5 K ; 5 组平均比辐射率,取值范围为 $[0.9, 1]$, 取样间隔为 0.02 ; 9 组比辐射率扰动,取值范围为 $[-0.016, 0.016]$, 取样间隔为 0.004 。将模拟的 VIRR4 和 VIRR5 组合作为一组, VIRR4 和 MERSI5 组合作为另一组,结合输入的地表温度和比辐射率,基于式(6)~(10),利用数学分析软件 SPSS 中的多元逐步回归功能进行最小二乘拟合,分别拟合分裂窗算法中的 $A_0, \alpha, \beta, \gamma', \alpha', \beta'$ 等 6 个参数,得到基于 FY3 数据的地表温度反演模型。

1.4 地表比辐射率确定

Wan^[34]的研究表明,利用分裂窗算法反演地表温度时,采用平均比辐射率方法,可以得到较高的反演精度(精度可达 1 K)。因此,利用平均比辐射率的方法,确定各类地表的比辐射率。由于 FY3 VIRR 和 MERSI 热红外通道特征与 MODIS 热红外通道设置类似,参考蔡国印等^[35-36]有关地表比辐射率的研究成果,确定研究区各类地表 3 个波段比辐射率范围,并取平均值作为此类地表平均比辐射率(表 2)。

表 2 各类地表的 VIRR4、VIRR5 和 MERSI5 比辐射率范围

Tab.2 Emissivity of various land types at bands of VIRR4, VIRR5 and MERSI5

类别	VIRR4			VIRR5			MERSI5		
	最小 ε	平均 ε	最大 ε	最小 ε	平均 ε	最大 ε	最小 ε	平均 ε	最大 ε
水	0.990 0	0.991 5	0.993 0	0.991 0	0.993 0	0.995 0	0.990 0	0.992 5	0.995 0
常绿针叶林	0.975 0	0.983 5	0.992 0	0.978 0	0.986 0	0.994 0	0.975 0	0.984 5	0.994 0
常绿阔叶林	0.975 0	0.985 0	0.995 0	0.978 0	0.986 5	0.995 0	0.975 0	0.985 0	0.995 0
落叶针叶林	0.975 0	0.983 5	0.992 0	0.977 0	0.985 0	0.993 0	0.975 0	0.984 0	0.993 0
落叶阔叶林	0.949 0	0.970 5	0.992 0	0.958 0	0.974 0	0.990 0	0.949 0	0.969 5	0.990 0
混交林	0.975 0	0.985 5	0.996 0	0.980 0	0.988 5	0.997 0	0.975 0	0.986 0	0.997 0
稠密灌丛	0.949 0	0.972 0	0.995 0	0.949 0	0.972 0	0.995 0	0.949 0	0.972 0	0.995 0
稀疏灌丛	0.924 0	0.955 5	0.987 0	0.932 0	0.962 5	0.993 0	0.924 0	0.958 5	0.993 0
木本热带稀树草原	0.974 0	0.983 5	0.993 0	0.978 0	0.987 0	0.996 0	0.974 0	0.985 0	0.996 0
热带稀树草原	0.950 0	0.970 0	0.990 0	0.950 0	0.970 0	0.990 0	0.950 0	0.970 0	0.990 0
草地	0.949 0	0.972 0	0.995 0	0.958 0	0.977 5	0.997 0	0.949 0	0.973 0	0.997 0
永久湿地	0.950 0	0.970 0	0.990 0	0.950 0	0.970 0	0.990 0	0.950 0	0.970 0	0.990 0
农用地	0.950 0	0.973 0	0.996 0	0.950 0	0.973 0	0.996 0	0.950 0	0.973 0	0.996 0
城市、建筑区	0.950 0	0.970 0	0.990 0	0.950 0	0.970 0	0.990 0	0.950 0	0.970 0	0.990 0
农用地/自然植被拼接	0.950 0	0.973 0	0.996 0	0.950 0	0.973 0	0.996 0	0.950 0	0.9730	0.996 0
雪和冰	0.950 0	0.973 0	0.996 0	0.950 0	0.973 0	0.996 0	0.950 0	0.973 0	0.996 0
稀疏植被	0.950 0	0.973 0	0.996 0	0.950 0	0.973 0	0.996 0	0.950 0	0.973 0	0.996 0

1.5 地表温度反演

使用 MODIS IGBP 分类数据, 结合表 2 中各类地表平均比辐射率, 确定研究区每个像元的通道比辐射率。基于 FY3 通道比辐射率数据和热红外通道数据, 利用式(6)~(10)反演研究区地表温度。

2 结果和分析

2.1 FY3 资料的地表温度反演模型

FY3 VIRR4 和 VIRR5 资料组合的地表温度反演模型为

$$T_s = 0.7973 + \frac{P(T_{VIRR4} + T_{VIRR5})}{2} + \frac{M(T_{VIRR4} - T_{VIRR5})}{2} \quad (11)$$

$$P = 1 + \frac{0.166(1 - \varepsilon)}{\varepsilon} - \frac{0.329\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \quad (12)$$

$$M = 4.074 + \frac{5.146(1 - \varepsilon)}{\varepsilon} - \frac{13.978\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \quad (13)$$

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{VIRR4} + \varepsilon_{VIRR5}}{2} \quad (14)$$

$$\Delta\varepsilon = \frac{\varepsilon_{VIRR4} - \varepsilon_{VIRR5}}{2} \quad (15)$$

式中 T_{VIRR4} ——FY3 VIRR 第 4 通道亮温, K
 T_{VIRR5} ——FY3 VIRR 第 5 通道亮温, K
 ε_{VIRR4} ——FY3 VIRR 第 4 通道地表比辐射率
 ε_{VIRR5} ——FY3 VIRR 第 5 通道地表比辐射率

FY3 VIRR4 和 MERSI5 资料组合的地表温度反演模型为

$$T_s = -0.7988 + \frac{P(T_{VIRR4} + T_{MERSI5})}{2} + \frac{M(T_{VIRR4} - T_{MERSI5})}{2} \quad (16)$$

$$P = 1 + \frac{0.154(1 - \varepsilon)}{\varepsilon} - \frac{0.263\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \quad (17)$$

$$M = 3.359 + \frac{6.914(1 - \varepsilon)}{\varepsilon} - \frac{9.216\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \quad (18)$$

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{VIRR4} + \varepsilon_{MERSI5}}{2} \quad (19)$$

$$\Delta\varepsilon = \frac{\varepsilon_{VIRR4} - \varepsilon_{MERSI5}}{2} \quad (20)$$

式中 T_{MERSI5} ——FY3 MERSI 第 5 通道亮温, K
 ε_{MERSI5} ——FY3 MERSI 第 5 通道地表比辐射率

基于模拟的 FY3 VIRR4、VIRR5 和 MERSI5 通道的数据, 利用构建的模型反演地表温度。结果如图 1 所示。如图 1 所示, 输入 MODTRAN 的地表温度和反演的温度具有很好的相关性 ($R = 1$), 均方根误差分别为 0.114 K 和 0.045 K, 散点基本上在 $y = x$ 对角线上分布。这说明, 在已知通道比辐射率的条件下, 基于晴空区 FY3 VIRR 和 MERSI 数据, 利用所建的分裂窗地表温度反演模型, 可以获得很高的地表温度反演精度。

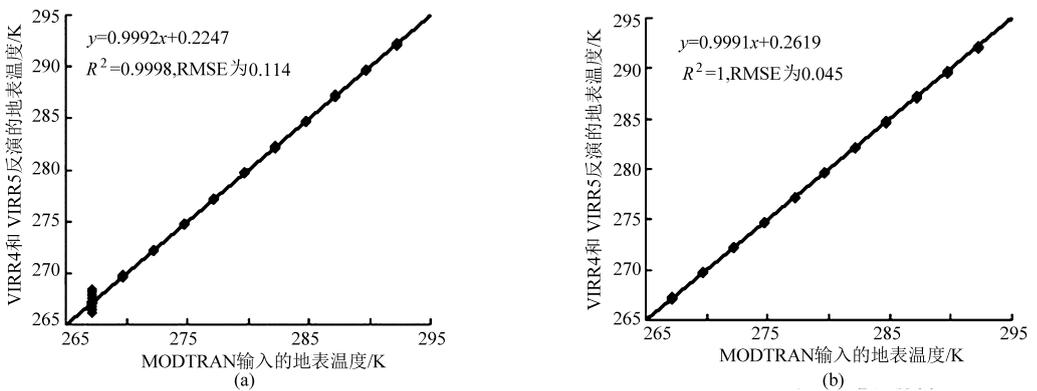


图 1 FY3 模拟资料地表温度反演精度评价结果

Fig. 1 Surface temperature inversion results from the simulated FY3 satellite data

(a) VIRR4、VIRR5 模拟资料地表温度反演精度评价结果 (b) VIRR4、MERSI5 模拟资料地表温度反演精度评价结果

2.2 模型验证及精度评价

基于 FY3 VIRR4、VIRR5 通道和 MERSI5 通道数据, 利用上述方法, 分别反演前两个时期(2012 年 1 月 23 日、2 月 3 日)研究区的地表温度。将反演的地表温度与同一时期的 MODIS 地表温度产品做交叉验证, 计算两类反演温度的相关系数 R 、均方根误差 RMSE 和平均绝对偏差 BIAS, 结果如表 3 所示。从两个时期的反演结果来看, FY3 VIRR4、VIRR5

通道组合反演的温度与 MODIS 温度产品的相关性更高, 均方根误差更小。FY3 VIRR4、VIRR5 通道组合两个时期相关系数 R 平均值为 0.730, RMSE 平均值为 1.926 K, BIAS 平均值为 -1.664 K; 而 VIRR4 和 MERSI5 通道组合的相关系数 R 平均值为 0.554, RMSE 平均值为 7.452 K, BIAS 平均值为 -7.283 K。显然 VIRR4 和 MERSI5 通道组合反演的地表温度误差过大, 不适合地表温度的反演。

反演误差过大可能原因是:两个传感器影像几何位置偏差带来较大误差;较大的 MERSI 第 5 通道比辐射率误差带来较大误差。试验区主要地表类型是农用地和 水体,反演的农用地表面温度 RMSE

略高于水体,说明水体的反演精度略高于农用地。相比于 FY3 温度产品数据的 RMSE (2.64 K)^[33], VIRR4/VIRR5 通道组合模型温度反演精度提高了将近 0.7 K。

表 3 LST 反演结果与 MODIS 地表温度产品交叉验证精度

Tab. 3 Validation of estimated surface temperature with MODIS land surface temperature products

时间	LST	类别	木本热 热带		永久 农用地	农用地/ 自然植 稀疏 植被	水体	常绿 常绿 落叶 落叶	混交 稠密 稀疏 城市、雪和	总体											
			带稀疏 稀疏 草原	草地							湿地	地	针叶 阔叶 针叶 阔叶	林 林 林 林	林 灌丛 灌丛 建筑区 冰						
2012-1-23	VIRR4/ MERSI5 反演结果	像元数	714	107	1 209	1 269	61 992	2 411	995	5 389	1 772	4	124	13	884	130	134	1 815	47	79 009	
		R	0.379	0.473	0.425	0.370	0.485	0.507	0.406	0.643	0.349	0.761	0.542	0.230	0.397	0.604	0.134	0.390	0.169	0.498	
		RMSE/K	7.631	7.254	7.496	7.158	7.600	7.576	7.372	7.180	7.564	9.709	7.949	7.941	7.378	7.441	7.235	7.619	7.741	7.557	
		BIAS/K	-7.43	-7.05	-7.21	-6.86	-7.47	-7.39	-7.01	-6.98	-7.32	-8.33	-7.81	-7.34	-7.06	-7.27	-6.97	-7.46	-7.46	-7.40	
	VIRR4/ VIRR5 反演结果	像元数	714	107	1 209	1 269	61 992	2 411	995	5 389	1 772	4	124	13	884	130	134	1 815	47	79 009	
		R	0.616	0.638	0.549	0.566	0.654	0.678	0.611	0.774	0.525	0.254	0.522	0.287	0.617	0.714	0.190	0.526	0.362	0.663	
		RMSE/K	2.113	1.723	1.871	1.665	2.143	2.183	2.005	1.897	2.057	3.528	2.362	2.180	2.058	1.933	1.515	2.068	2.266	2.110	
		BIAS/K	-1.79	-1.32	-1.26	-1.17	-1.93	-1.88	-1.40	-1.49	-1.70	-2.66	-2.13	-1.43	-1.48	-1.66	-0.63	-1.80	-1.85	-1.85	
	2012-2-3	VIRR4/ MERSI5 反演结果	像元数	694	98	932	1 235	29 464	974	1 021	6 012	1 706	2	78	22	1 108	114	82	830	27	44 399
			R	0.409	0.468	0.696	0.495	0.582	0.461	0.671	0.579	0.343	1.000	0.617	0.373	0.414	0.501	0.540	0.650	0.505	0.655
			RMSE/K	7.468	7.256	7.431	7.193	7.278	7.259	7.384	7.083	7.442	10.811	7.896	6.388	7.113	7.399	7.008	7.615	7.635	7.266
			BIAS/K	-7.19	-6.97	-7.07	-6.75	-7.14	-7.02	-6.90	-6.80	-6.99	-7.64	-7.65	-6.09	-6.78	-7.12	-6.74	-7.46	-7.10	-7.07
VIRR4/ VIRR5 反演结果		像元数	694	98	932	1 235	29 464	974	1 021	6 012	1 706	2	78	22	1 108	114	82	830	27	44 399	
		R	0.606	0.706	0.846	0.715	0.783	0.666	0.857	0.820	0.593	1.000	0.739	0.595	0.636	0.715	0.653	0.771	0.659	0.851	
		RMSE/K	1.885	1.472	1.420	1.411	1.610	1.586	1.496	1.518	1.756	2.400	1.883	0.963	1.610	1.657	0.988	1.719	1.963	1.598	
		BIAS/K	-1.54	-1.05	-0.80	-0.82	-1.42	-1.25	-0.85	-1.19	-1.25	-1.70	-1.63	-0.38	-1.14	-1.29	-0.02	-1.50	-1.26	-1.33	

虽然 FY3 VIRR 4、VIRR5 通道组合能够获得更高的精度,但相对于 MODIS 温度产品存在负的系统偏差(-1.664 K),从两类 LST 的散点图(图略)来看,这个偏差是加性的误差。用两个时期加权平均偏差-1.664 来订正 FY3 VIRR 4、VIRR5 通道组合的温度反演模型,得到订正后的温度反演模型为

$$T_s = 2.4613 + \frac{P(T_{VIRR4} + T_{VIRR5})}{2} + \frac{M(T_{VIRR4} - T_{VIRR5})}{2} \quad (21)$$

表 4 是式(21)反演的 LST 和 MODIS LST 统计分析结果。同时,也交叉验证了 FY3 LST 产品的精度(表 4)。

如表 4 所示,验证试验(2012 年 2 月 11 日)反演的 LST 和 MODIS LST 的平均相关系数为 0.877, RMSE 为 1.33 K;FY3 LST 产品与 MODIS LST 产品的相关系数为 0.458, RMSE 为 2.641 K。显然,以 MODIS 地表温度为参考,本文提出的 LST 反演方法取得了更好的精度。表 4 显示:试验区主要地表类型——农用地的 RMSE 在 1 K 左右。图 2 是 3 个时期反演的 LST 和 MODIS LST 产品的散点图,如图所示,反演的 LST 和 MODIS LST 的散点在直线 $y = x$ 附近分布, RMSE 分别为 1.027 K、0.948 K 和 1.33 K;

相比于 FY3 LST 产品的 RMSE (3.011 K、2.402 K、2.641 K),精度有了较大的提高。

图 3 是试验区 3 个时期反演的 LST、国家卫星气象中心的 FY3 LST 产品和 MODIS LST 产品的空间分布图。对比 MODIS LST,本文反演的地表温度和 MODIS LST 产品在空间上具有更好的一致性,很好地反映出随时间变化温度逐步升高的趋势。此外,如图 3 所示,相比于 MODIS 温度, FY3 产品的温度偏低。

3 结论

(1) 相比于 VIRR4/MERSI5 波段组合, VIRR4/VIRR5 波段组合反演的温度和 MODIS LST 产品的相关系数高,均方根误差小;这说明 VIRR4/VIRR5 波段组合能够获得更高的地表温度反演精度。VIRR4/VIRR5 波段组合反演的温度精度更高的原因是:①VIRR4/VIRR5 是同一个传感器不同通道数据,它们对应地表空间同一个像元;而 VIRR4/MERSI5 是两个不同传感器的数据,它们对应像元存在位置偏差,这会带来一定的地表温度反演误差。②VIRR5 相比于 MERSI5 的光谱范围较窄,采用平均比辐射率方法确定通道比辐射率误差更小,因而地表温度反演误差较小。

表 4 FY3 温度产品、订正后的 LST 反演结果与 MODIS 地表温度产品交叉验证精度

Tab. 4 Validation of estimated land surface temperature and Fengyun 3 land surface temperature production with MODIS land surface temperature products

时间	LST	类别	本本热	热带	永久	农用地	农用地/ 自然植 被拼接	稀疏 植被	水体	常绿	常绿	落叶	落叶	混交	稠密	稀疏	城市、	雪和	总体		
			带稀疏 草原	稀疏 草原						草地	湿地	针叶 林	阔叶 林		针叶 林	阔叶 林	林	灌丛		灌丛	建筑区
2012- 1-23	VIRR4/ VIRR5 反演结果	像元数	714	107	1 209	1 269	61 992	2 411	995	5 389	1 772	4	124	13	884	130	134	1 815	47	79 009	
		R	0.616	0.638	0.549	0.566	0.654	0.678	0.611	0.774	0.525	0.254	0.522	0.287	0.617	0.714	0.190	0.526	0.362	0.663	
		RMSE/K	1.121	1.149	1.447	1.283	0.967	1.130	1.464	1.188	1.154	2.084	1.102	1.611	1.436	0.972	1.728	1.030	1.294	1.027	
	FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	552	96	812	863	53 705	2 189	487	2 043	1 240	2	107	11	725	106	121	1 593	35	64 687	
		R	0.558	0.687	0.400	0.467	0.626	0.645	0.472	0.617	0.420	-1.000	0.504	0.455	0.522	0.696	0.267	0.530	0.062	0.581	
		RMSE/K	2.591	2.552	2.752	2.407	3.079	3.078	2.617	2.234	2.548	5.016	2.620	2.824	2.422	2.659	2.899	2.811	2.925	3.011	
	2012- 2-3	VIRR4/ VIRR5 反演结果	像元数	694	98	932	1 235	29 464	974	1 021	6 012	1 706	2	78	22	1 108	114	82	830	27	44 399
			R	0.606	0.706	0.846	0.715	0.783	0.666	0.857	0.820	0.593	1.000	0.739	0.595	0.636	0.715	0.653	0.771	0.659	0.851
			RMSE/K	1.095	1.204	1.462	1.423	0.793	1.060	1.480	1.056	1.307	0.125	0.928	1.585	1.248	1.094	1.928	0.850	1.539	0.948
FY3 VIRR 地表温度 日产品		像元数	364	64	393	513	22 568	719	255	1 007	762	1	46	16	546	57	54	624	12	28 001	
		R	0.533	0.591	0.573	0.348	0.676	0.671	0.724	0.506	0.344		0.529	0.059	0.412	0.769	0.471	0.451	0.616	0.606	
		RMSE/K	2.042	1.911	2.075	2.019	2.487	2.307	1.849	1.717	2.026		2.124	2.121	1.854	2.169	2.121	2.171	2.087	2.402	
2012- 2-11		VIRR4/ VIRR5 反演结果	像元数	283	53	699	855	54 836	2 529	872	5 451	1 307	1	28	22	520	38	24	1 464	18	69 000
			R	0.610	0.542	0.637	0.634	0.765	0.826	0.617	0.768	0.598		0.754	0.774	0.717	0.540	0.634	0.720	0.819	0.877
			RMSE/K	2.156	2.109	2.060	2.616	1.187	1.169	2.053	1.674	2.313		2.545	1.601	1.805	1.867	2.851	1.352	2.126	1.330
	FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903	
		R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458	
		RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641	
	FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903	
		R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458	
		RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641	
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品	像元数	128	39	210	333	40 657	1 809	122	729	629	1	14	14	259	19	9	926	5	45 903		
	R	0.088	0.105	0.097	0.075	0.549	0.541	0.210	0.126	0.041		-0.105	0.726	0.224	-0.229	-0.362	0.328	0.276	0.458		
	RMSE/K	2.695	2.176	2.433	2.920	2.591	2.695	2.945	4.713	2.754		3.099	2.172	2.571	2.175	2.522	2.309	1.611	2.641		
FY3 VIRR 地表温度 日产品																					

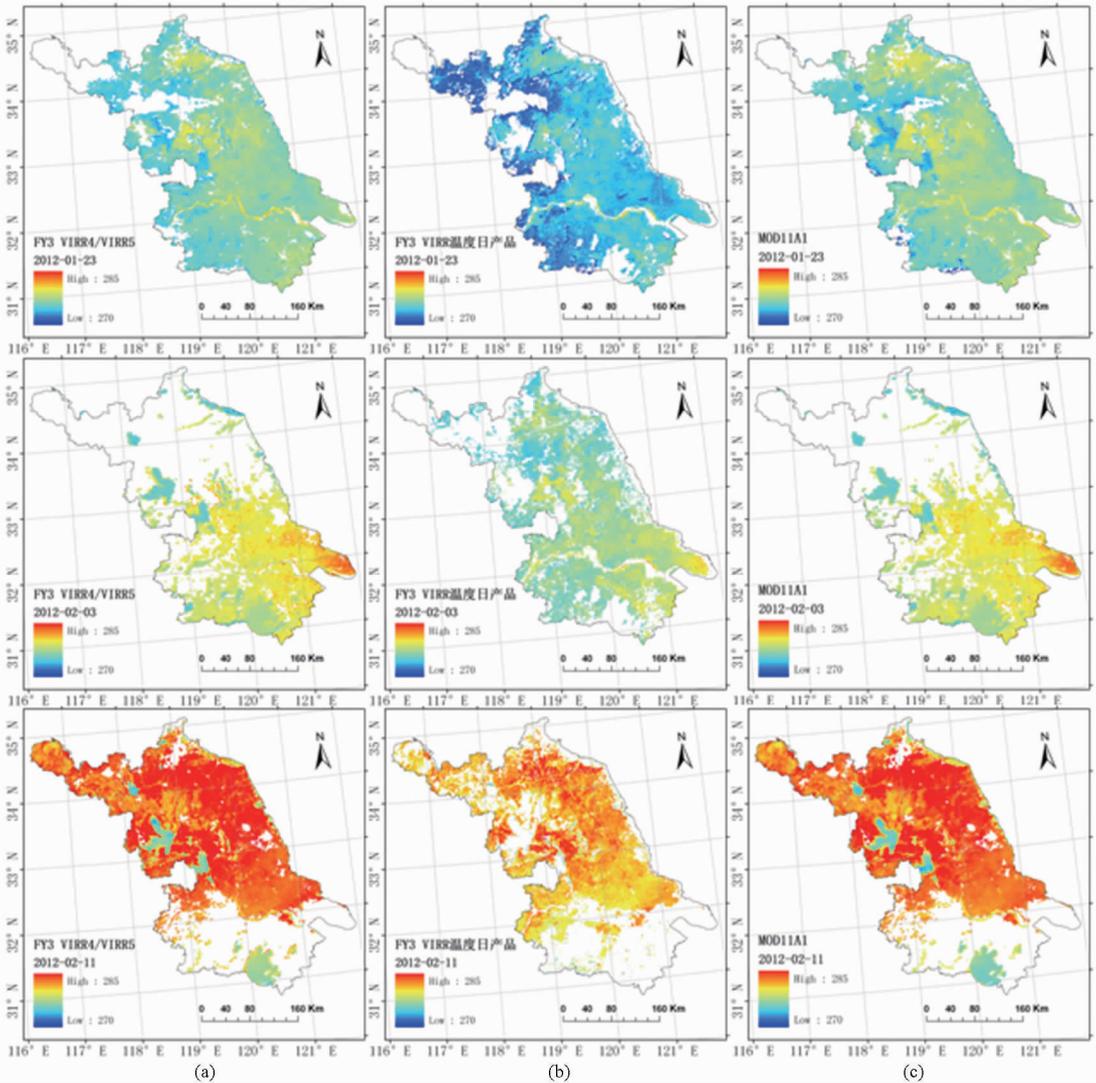


图3 2012年1月23日、2月3日及2月11日江苏地区地表温度图

Fig.3 Jiangsu land surface temperature products on January 23, February 3 and February 11, 2012

(a) VIRR4/VIRR5 地表温度反演图 (b) 国家 FY3 VIRR 地表温度日产品 (c) MODIS 地表温度日产品

值”是非常困难的。因此,本文只利用 MODIS 地表温度验证反演结果的研究还需进一步开展。温度产品与反演结果进行交叉验证,利用实测地表

参 考 文 献

- 1 Wang K, Wan Z, Wang P, et al. Evaluation and improvement of the MODIS land surface temperature/emissivity products using ground-based measurements at a semi-desert site on the western Tibetan Plateau[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2007, 28(11): 2549 - 2565.
- 2 Wang Kaicun, Wan Zhengming, Wang Pucui, et al. Estimation of surface long wave radiation and broadband emissivity using moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) land surface temperature/emissivity products[J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2005, 110(11109): 1 - 12.
- 3 Norman J M, Kustas W P, Humes K S. Source approach for estimating soil and vegetation energy flux in observations of directional radiometric surface temperature[J]. *Agriculture and Forest Meteorology*, 1995, 77(3-4): 263 - 293.
- 4 Wang K, Li Z, Cribb M. Estimation of evaporative fraction from a combination of day and night land surface temperatures and NDVI: a new method to determine the Priestly-Taylor parameter[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2006, 102(3-4): 293 - 305.
- 5 Kerr Y H, Lagouarde J P, Nerry F, et al. Land surface temperature retrieval techniques and applications[M]//Quattrochi D A, Luvall J C. *Thermal remote sensing in land surface processes*. Boca Raton: CRC Press, 2000: 33 - 109.
- 6 白洁, 刘绍民, 扈光. 针对 TM/ETM⁺ 遥感数据的地表温度反演与验证[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(9): 148 - 154. Bai Jie, Liu Shaomin, Hu Guang. Inversion and verification of land surface temperature with remote sensing TM/ETM⁺ data[J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24(9): 148 - 154. (in Chinese)
- 7 Price J C. Estimation of surface temperatures from satellite thermal infrared data-a simple formulation for the atmospheric effect

- [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1983, 13(4): 353–361.
- 8 覃志豪, Li Wenjuan, Zhang Minghua, 等. 单窗算法的大气参数估计方法[J]. *国土资源遥感*, 2003, 56(2): 37–43.
Qin Zhihao, Li Wenjuan, Zhang Minghua, et al. Estimating of the essential atmospheric parameters of mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat TM6[J]. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2003, 56(2): 37–43. (in Chinese)
- 9 Sobrino J A, Jimenez-Munoz J C, Paolini L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM5[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 90(4): 434–440.
- 10 甘甫平, 陈伟涛, 张绪教, 等. 热红外遥感反演陆地表面温度研究进展[J]. *国土资源遥感*, 2006, 67(1): 6–11.
Gan Fuping, Chen Weitao, Zhang Xujiao, et al. The progress in the study of thermal infrared remote sensing for retrieving land surface temperature[J]. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2006, 67(1): 6–11. (in Chinese)
- 11 Price J C. Land surface temperature measurements from the split window channels of NOAA-7 AVHRR[J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 1984, 89(D5): 7231–7273.
- 12 Becker F, Li Zhaoliang. Towards a local split window method over land surface[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1990, 11(3): 369–394.
- 13 Sobrino J A, Coll C, Caselles V. Atmospheric correction for land surface temperature using NOAA-11 AVHRR channels 4 and 5[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1991, 38(1): 19–34.
- 14 Prata A J. Land surface temperature derived from the AVHRR and the ATSR[J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 1993, 98(D9): 1689–1702.
- 15 Becker F, Li Zhaoliang. Surface temperature and emissivity at different scales: definition, measurement and related problems[J]. *Remote Sensing Reviews*, 1995, 12: 225–253.
- 16 柳钦火, 徐希孺, 陈家宜. 遥测地表温度与比辐射率的迭代反演方法——理论推导与数值模拟[J]. *遥感学报*, 1998, 2(1): 1–9.
Liu Qinhuo, Xu Xiru, Chen Jiayi. The retrieval of land surface temperature and emissivity by remote sensing data: theory and digital simulation[J]. *Journal of Remote Sensing*, 1998, 2(1): 1–9. (in Chinese)
- 17 Sobrino J A, El Kharraz J, Li Zhaoliang. Surface temperature and water vapour retrieval from MODIS data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(24): 5161–5182.
- 18 毛克彪, 覃志豪, 施建成, 等. 针对 MODIS 影像的劈窗算法研究[J]. *武汉大学学报:信息科学版*, 2005, 30(8): 703–707.
Mao Kebiao, Qin Zhihao, Shi Jiancheng, et al. The research of split-window algorithm on the MODIS[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2005, 30(8): 703–707. (in Chinese)
- 19 Sobrino J A. Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1996, 17(11): 2089–2114.
- 20 徐希孺, 陈良富, 庄家礼. 基于多角度热红外遥感的混合像元组分温度演化反演方法[J]. *中国科学:D辑*, 2001, 31(1): 82–88.
- 21 何立明, 阎广建, 王锦地, 等. 利用 ATSR2 数据提取地表组分温度[J]. *遥感学报*, 2002, 6(3): 161–167.
He Liming, Yan Guangjian, Wang Jindi, et al. Retrieval of land surface components temperature using ATSR2 data[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2002, 6(3): 161–167. (in Chinese)
- 22 庄家礼, 陈良富, 徐希孺. 地表组分温度反演[J]. *北京大学学报:自然科学版*, 2000, 36(6): 850–857.
Zhuang Jiali, Chen Liangfu, Xu Xiru. Retrieval of land surface component temperature[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2000, 36(6): 850–857. (in Chinese)
- 23 Jia L, Li Z L, Menenti M, et al. A practical algorithm to infer soil and foliage component temperatures from bi-angular ATSR-2 data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(23): 4739–4760.
- 24 Xue Y, Cai G, Guan Y N, et al. Iterative self-consistent approach for earth surface temperature determination[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2005, 26(1): 185–192.
- 25 刘翔舸, 黄健熙, 秦军, 等. 基于 GOES 数据和弱约束变分的地表水热通量估算[J]. *农业机械学报*, 2014, 45(1): 236–245.
Liu Xiangge, Huang Jianxi, Qin Jun, et al. Estimating of land surface turbulent fluxes based on weak constraint variational method and GOES data[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2014, 45(1): 236–245. (in Chinese)
- 26 Wan Z, Dozier J. A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space[J]. *IEEE Transaction of Geoscience and Remote Sensing*, 1996, 34(4): 892–905.
- 27 Wan Z, Li Z L. A physics-based algorithm for retrieving land-surface emissivity and temperature from EOS/MODIS Data[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1997, 35(4): 980–996.
- 28 Wan Z, Zhang Y, Zhang Q, et al. Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra moderate resolution imaging spectroradiometer data[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 83(1–2): 163–180.
- 29 Wan Z, Zhang Y, Zhang Q, et al. Quality assessment and validation of the MODIS global land surface temperature[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2004, 25(1): 261–274.
- 30 Wan Z M. New refinements and validation of the MODIS land-surface temperature/emissivity products[J]. *Remote Sensing of*

Environment, 2008, 112(1): 59–74.

- 31 刘军. 利用单通道算法对 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.
- 32 胡菊昉. 风云卫星地表温度反演算法研究[D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2012.
Hu Juyang. The study of algorithms for land surface temperature retrieval from Feng Yun satellite data[D]. Beijing: Chinese Academy of Meteorological Sciences, 2012. (in Chinese)
- 33 董立新, 杨虎, 张鹏, 等. FY-3A 陆表温度反演及高温天气过程动态监测[J]. 应用气象学报, 2012, 23(2): 214–222.
Dong Lixin, Yang Hu, Zhang Peng, et al. Retrieval of land surface temperature and dynamic monitoring of a high temperature weather process based on FY-3A/VIRR data[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2012, 23(2): 214–222. (in Chinese)
- 34 Wan Z M. MODIS land-surface temperature algorithm theoretical basis document (LST ATBD) version 3.3[R]. NAS5-31370. Santa Barbara: Institute for Computational Earth System Science, University of California, 1999.
- 35 蔡国印. 基于 MODIS 数据的地表温度、热惯量反演研究及其在土壤水分、地气间热交换方面的应用[D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2006.
Cai Guoyin. MODIS data based thermal inertia and land surface temperature modeling and their applications in determination of soil moisture and heat exchange[D]. Beijing: Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, 2006. (in Chinese)
- 36 Snyder W C, Wan Z, Zhang Y, et al. Classification-based emissivity for land surface temperature measurement from space[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(14): 2754–2774.

Retrieval of Land Surface Temperature from FY3 Infrared Imageries

Bao Yansong¹ Li Zitian² Wang Dongmei³ Min Jinzhong¹ Yan Jing¹

(1. Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters,
Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China

2. School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China

3. Jiangsu Research Institute of Hydraulic Science, Nanjing 210017, China)

Abstract: This paper focuses on the estimation of land surface temperature (LST) based on the measurements from the visible and infrared radiometer (VIRR) and the medium resolution spectral imager (MERSI) on board the second-generation polar-orbiting meteorological satellite of China (FY3). The moderate spectral resolution atmospheric transmittance algorithm and computer model (MODTRAN) were used to simulate FY3 VIRR and MERSI infrared data. The split-window algorithm was employed to build LST estimation models based on the simulated data. The LST estimation experiments were conducted in Jiangsu Province. Nine images with fewer clouds cover were acquired on January 23 and February 3 and 11, 2012. They consisted of three VIRR band 4 images, three VIRR band 5 images and three MERSI band 5 images, which were used to retrieve LST of the experimental region. LST estimation from the images acquired at the first two days was evaluated by MODIS LST products. The results showed that the combination of the VIRR 4th and 5th bands obtained higher LST estimation accuracy, compared with the combination of the VIRR 4th and MERSI 5th band. In addition, it was found that the estimated LST from VIRR 4 and 5 band images had a systematic bias (-1.664) compared with MODIS LST. The systematic bias was used to revise the LST estimation model. The revised model was validated by the images acquired at February 11. The results showed that the correlation coefficient between the estimated LST and MODIS LST was 0.877, and the RMSE was 1.33 K. Compared with FY3 LST products, the estimated LST from the model was comparable to MODIS LST product.

Key words: Feng-Yun 3 satellite Land surface temperature Estimation by remote sense technology