引文格式：胡永森, 周朝阳, 施开分, 等. 基于遥感的疫情后工业企业复工复产监测研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(10): 41-43. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2023.10.010

基于遥感的疫情后工业企业复工复产监测研究

胡永森[1]，周朝阳[2*]，施开分[3]，王　力[1]
（1. 中国科学院空天信息创新研究院 遥感科学国家重点实验室，北京 100101；
2. 江西省国防科技信息和卫星应用中心，江西 南昌 330038；
3. 国家统计局辽宁调查总队，辽宁 沈阳 110033）

摘　要：遥感监测具有客观性、时效性、稳定性和普适性等特征，根据高温目标遥感特征形成机理，以南昌市主要工业园区为研究对象，基于工业企业生产下光学和热红外遥感表征要素的客观提取与定量估算获取不同时段工业企业复工复产信息，并基于气象预报温度进行修正剥离季节因素。研究结果标明，南昌市从2月底全面复工以来，截至4月15日，城市开始“热起来”，全市主要工业园区地表温度大幅上升，重点企业已恢复正常生产活动，监测结果与江西省工信厅发布数据相吻合，证明该方法具有可行性，能够对工业企业复工复产情况进行客观、有效的分析并进行可视化展示，可为相关部门制定助力工业企业复工复产和促进经济发展扶持政策提供良好的数据支撑。

关键词：Landsat8；高分二号；地表温度反演；单通道算法；复工复产监测
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）10-0041-03

Research on Rework and Reproduction Monitoring of Industrial Enterprises After the Epidemic Based on Remote Sensing

HU Yongsen[1], ZHOU Chaoyang[2], SHI Kaifen[3], WANG Li[1]
(1. The State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
2. National Defense Science & Technology Information and Satellite Application Center of Jiangxi, Nanchang 330038, China;
3. Survey Office of National Bureau of Statistics in Liaoning Province, Shenyang 110033, China)

Abstract: Remote sensing monitoring has the characteristics of objectivity, timeliness, stability and universality. According to the formation mechanism of remote sensing characteristics of high-temperature targets, taking the main industrial parks in Nanchang as the research object, we obtained the rework and reproduction information of industrial enterprises in different periods based on the objective extraction and quantitative estimation of the characterization elements of optical and thermal infrared remote sensing under the production of industrial enterprises, corrected the seasonal factors based on the weather forecast temperature. The research results show that since Nanchang rework at the end of February, as of April 15, the city came to life. The surface temperature in the urban major industrial parks has risen sharply, which means key enterprises have resumed normal production activities. The monitoring results are consistent with the data released by Jiangxi Provincial Department of Industry and Information Technology, proving the method is feasible. The method can objectively and effectively analyze and visually display the rework and reproduction of industrial enterprises, offering data support for relevant departments to formulate supporting policies to spur industrial enterprises rework, reproduction and economic development.

Key words: Landsat8, GF-2, surface temperature inversion, single channel algorithm, rework and reproduction monitoring

江西省南昌市在2019年末至2020年初受疫情影响，大部分企业停工停产。2020年2月20日，江西省人民政府印发《关于加强疫情科学防控推进全省企业复工复产的通知》，全面推动企业稳步有序复工复产。文章以南昌市主要工业园区为研究对象，基于高分二号光学卫星数据及Landsat8卫星热红外传感器TIRS数据，通过对研究区地物解译和地表温度反演来追踪工业企业复工复产导致地表温度异常区域，引入气象预报温度剔除季节因素影响，对研究区内工业企业复工复产情况进行可视化监测分析。

收稿日期：2022-06-10。
项目来源：国家自然科学基金面上项目（41871347）。
第一作者简介：胡永森（1990—），硕士研究生，主要从事卫星遥感应用研究，E-mail：yshu1@qq.com。
通信作者：周朝阳 （1990—），硕士研究生，主要从事卫星遥感影像处理及应用，E-mail：550470362@qq.com。

1 数据来源

2013年2月11日，最新一代Landsat8卫星发射成功，其携带的热红外传感器TIRS（thermal infrared sensor）具有两个热红外波段，分别是第10（10.6~11.9 μm）波段和第11（11.5~12.51 μm）波段[1]，为地表温度反演提供了新的数据。高分二号卫星是国家高分重大专项中的一颗亚米级卫星，于2014年8月19日发射成功，高分二号卫星分别配置了0.8 m分辨率全色和3.2 m分辨率多光谱相机，其数据已广泛应用于地质解译、土地利用监测与变更调查，城乡建设管理等领域[2]。

综合查询疫情前后Landsat8数据，排除云量过大等无效数据，结合疫情防控和企业复工复产进程，最终选取时相为2020年2月18日、2020年4月15日的可用数据两景，作为对比分析数据。在中国陆地资源卫星数据服务平台查询南昌市高分二号卫星数据，时相从2019年8月至2020年4月，完整覆盖研究区行政区域，作为数据分析底图。

2 研究方法

2.1 地表温度反演

目前，针对Landsat8热红外遥感数据已有大量地表温度反演算法，其中，代表性算法有覃志豪单窗算法和劈窗算法、JCJ Muñoz单通道算法和劈窗算法、JK Dan单窗算法和Sobrino多通道多角度算法等[3-5]。相对而言，反演地表温度的劈窗算法误差较大，而单通道算法反演精度较高，适用性强，反演温度和实测数据具有较好的一致性。根据部分学者的研究结果以及USGS的建议，目前，TIRS第11热红外波段存在不稳定性，定标参数不理想[6]，故本文采用TIRS第10波段进行单通道算法反演，过程如下：

亮度值及光谱辐射值转换：

$$L = MQ + A \tag{1}$$

式中，L 为大气顶部光谱辐射值；Q 为影像亮度值，M 、A 为头文件中调整因子和调整参数。利用Planck公式，将大气顶部光谱辐射值转换为亮度温度值。

$$T = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{L} + 1)} - 273.15 \tag{2}$$

式中，T 为辐射亮温，K_1、K_2为定标常数[7-8]，对于TRIS传感器第10波段，K_1=774.89 W/(m²·sr·um)，K_2=1 321.08 W/(m²·sr·um)。

单通道法反演地表温度：

$$LST = \gamma[(\varphi_1 L + \varphi_2)/\varepsilon + \varphi_3] + \delta \tag{3}$$

$$\gamma \approx T^2/(b_\gamma L) \tag{4}$$

$$\delta \approx T - \frac{T^2}{1\,324} \tag{5}$$

$$\varphi_1 = \frac{1}{\tau},\ \varphi_2 = -L_\downarrow - \frac{L^\uparrow}{\tau}, \varphi_3 = L_\downarrow \tag{6}$$

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第10波段的比辐射率，林地、草地、土壤、建筑物和水体在TIRS第10波段的比辐射率分别为0.981 3、0.982 3、0.972 2、0.921 2和0.990 8，对于TRIS第10波段，参数 b_γ 为1 320.46，L 和 T 分别可由公式（1）（2）获得，ϕ_1 、ϕ_2 、ϕ_3 分别为大气水含量的函数 ω，τ 为大气透过率，可在NASA（美国国家航空航天局）相关网站上查得，$L_\downarrow$ 、$L_\uparrow$ 分别为大气下行和上行辐射强度[9]。

2.2 温度变化值分析

在得到不同时期地表温度反演结果后，进行波段运算得到温度变化值。同时，考虑到当天温度差异，须剔除气温变化带来的地表温度变化从而剥离季节影响。

$$T_q = T_{q1} - T_{q2} \tag{7}$$

式中，T_q 为影像拍摄不同时间的气温差异；T_{q1}，T_{q2} 为影像拍摄时的该地气温。

$$T_\Delta = LST1 - LST2 - T_q \tag{8}$$

式中，T_Δ 为温度变化值；LST1 、LST2 为不同时相Landsat8影像反演得到的温度值。

3 数据处理

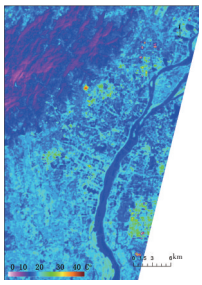
3.1 地表温度反演结果

基于TIRS第10波段，根据单通道反演算法得到地表温度图（图1）。2月18日数据拍摄时间为14：50左右，通过查询历史资料，南昌市气温约为12℃，4月15日数据拍摄时间为14：43左右，气温约为25℃，将两期数据重叠区域反演结果按照公式（7）、（8）进行波段运算，剔除气温差异后得到温度变化值分布图（图2）。

3.2 高分卫星数据底图生产

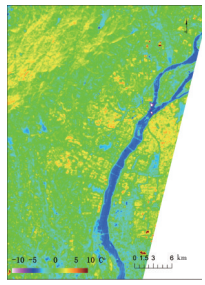
选取时相为2019年8月至2020年5月，高分二号卫星数据40景，数据质量较好，综合云量小于1%，实现研究区全覆盖[10]。

本次实验数据通过GXL遥感数据处理加速器进行


a 2月18日


b 4月15日

图1　不同时相地表温度反演结果分布图

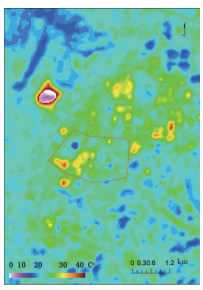

图2　不同时相温度变化值分布图

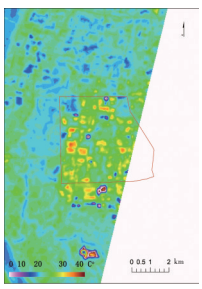
处理。高分二号影像经过控制点校正、区域网平差、正射校正、影像融合后得到单景数据成果，再进行影像间的统一匀光匀色，使不同时相数据纹理信息趋于一致，最后进行镶嵌、裁切得到研究区正射影像成果。

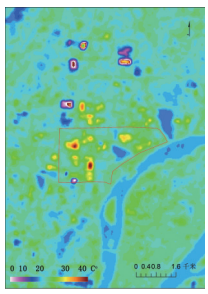
4　结果分析

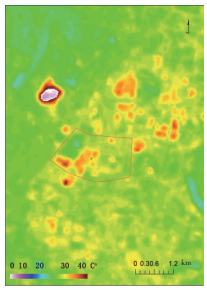
4.1　主要工业园区地表温度反演结果分析

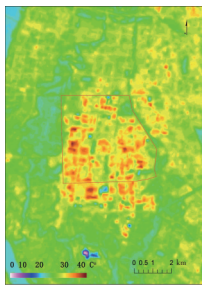
从图1能够看出，2月18日南昌市影像反演地表温度值大部分位于10~30℃之间，4月15日南昌市影像反演地表温度值大部分位于20~45℃之间。通过选取主要工业园区影像（长垅工业区、小蓝工业区、昌北经济开发区）进行对比分析（图3）。


a 长垅工业区（2月18日　）


b 小蓝工业区（2月18日）


c 昌北经济开发区（2月18日）


d 长垅工业区（4月15日）


e 小蓝工业区（4月15日）

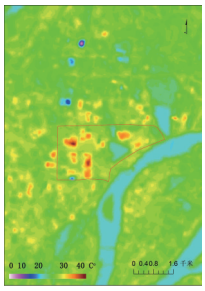

f 昌北经济开发区（4月15日）

图3　主要工业园区地表温度反演影像图

分别对比每个工业区2个不同月份的地表温度反演结果，长垅工业区变化较为明显，小蓝工业区次之，昌北经济开发区变化幅度相对最小。这种分布情况与长垅工业区（南昌市三大物流基地之一）工、企业分布情况所导致的热红外遥感表征明显的现状正好相吻合，也显示出企业工作量环比增加，复工复产明显；昌北经济开发区定位为高新技术产业基地，配套制造业转移基地，大专院校、科研机构科技成果转化基地，科技人才、留学人员创业基地，商务化办公较多，因此呈现出相对小型点状热红外辐射结果。

4.2　部分重点企业监测结果分析

基于复工复产后4月15日定量反演数据及高分二号卫星镶嵌数据，选取部分具有代表性的重点企业开展监测[11-12]。基于高分二号卫星解译数据结合热红外遥感监测可知，主营业务为汽车制造的江西江铃控股有限公司生产区处于高活跃状态，比周边温度高出10℃左右。

江西洪都钢厂为国有大型企业，通过高分二号遥感影像定位其炼钢厂区域，监测到该公司厂区分布十余座厂房，温度反演影像显示大部分都处于高辐射强度状态，部分强度超高（温度超过40℃），证明该公司大部分厂房处于工作状态。

4.3　不同时相温度变化值分析

通过分析2个时相地表温度反演变化值分布图，对比两期影像的温度反演结果，剔除季节性气温升高的影响因素，发现主要工业区的地表温度变化值都有所升高，尤其是长垅工业区，增幅十分明显，基本在15℃之间，反映出工业园区热辐射强度有所增加，主要为企业复工复产比例和生产量环比增加所致。

4.4　统计数据对比分析

对比江西省工业和信息化厅2020年4月23日发布数据，截至3月底，全省规模以上工业企业复工复产率100%[19]，与本文方法监测结果相符。

5　结　语

通过landsat8热红外遥感数据及高分二号卫星数据，基于单通道算法反演地表温度，监测疫情后南昌市复工复产情况的方法，取得了良好的效果。该方法不仅对工业园区复工复产情况进行了监测，还对单个规模以上企业复工复产情况进行了精细化监测，监测结果与工业园区产业结构、江西省工业和信息化厅发布数据相对应，证明了方法的可行性。但因云量影响，本实验未能获取2020年1月底前后，疫情最严重时的研究区热红外影像数据，无法做进一步分析，在后续研究中应采用编程方式对研究区提前进行加密拍

（下转第130页）