

引用格式:Luo Hongxia, Cao Jianhua, Wang Lingling, *et al.* Studying NDVI Change of Typhoon NESAT in Hainan with HJ-1CCD Satellite Images[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2013, 28(6): 1076-1082.
[罗红霞, 曹建华, 王玲玲, 等. 基于 HJ-1CCD 的“纳沙”台风 NDVI 变化研究——以海南省为例[J]. 遥感技术与应用, 2013, 28(6): 1076-1082.]

基于 HJ-1CCD 的“纳沙”台风 NDVI 变化研究

——以海南省为例

罗红霞¹, 曹建华¹, 王玲玲¹, 张以山², 戴声佩¹, 李海亮¹

(1. 中国热带农业科学院科技信息研究所/海南省热带作物信息技术应用研究重点实验室, 海南 儋州 571737;
2. 中国热带农业科学院橡胶研究所, 海南 儋州 571737)

摘要:台风是世界上最严重的自然灾害之一,及时、快速地开展台风灾害监测对台风灾害评估以及灾后重建具有极为重要的作用。以 2011 年第 17 号强台风“纳沙”为例,采用 HJ-1 CCD 影像开展台风灾害前后海南省 NDVI 植被变化研究。选取 2011 年台风灾害前 7 月 8 日、台风过后 12 月 25 日两个时相的 CCD 遥感影像,通过影像预处理及矢量裁剪等运算,得到台风灾害前后 7 个农场的 NDVI 数据。随后,选取了 2010 年 7 月 5 日、12 月 27 日两个时相的 CCD 影像提取相同区域的 7 个农场 NDVI 值进行对比分析;最后应用线性回归分析方法,建立了台风前后 NDVI 值变化与距离台风风眼的关系模型。研究结果表明:受台风“纳沙”的影响,7 个农场的 NDVI 值均有不同程度的下降;距离台风越近的农场 NDVI 值下降程度越大,两者呈现显著的线性相关关系。

关 键 词:HJ-1 CCD 影像; NDVI; 台风“纳沙”; 线性回归

中图分类号:TP 79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2013)06-1076-07

1 引 言

HJ 卫星是由中国国务院批准,专门用于环境和灾害监测的对地观测系统,HJ1A/B 小卫星星座已于 2008 年成功发射,两颗小卫星星座上搭载了 CCD/CCD1/CCD2 相机、超光谱成像仪以及红外相机,能够获取光学、红外以及超光谱影像,具有大范围、全天候,实施环境和灾害动态监测的能力,能够为灾情的迅速评估以及灾后重建等工作提供科学准确的卫星影像数据^[1-5]。

台风是世界上最严重的自然灾害之一,具有突发性强、破坏力大等特点^[6]。据世界卫生组织统计全球每年死于热带风暴的人数约为 2 000~3 000 人,西太平洋沿岸各国平均每年因台风造成的损失

高达 40 亿美元,我国也是一个台风高发的国家,其中受台风影响较为频繁的地区为广东和海南,有的年份登陆广东和海南地区的台风就高达 14 个。2011 年第 17 号强台风“纳沙”于 2011 年 9 月 29 日在海南文昌登陆,成为 6 年来登陆海南的最强台风。海南省截至 2011 年 9 月 30 日,全省受灾人口达到了 377.23 万人,农作物受灾面积 164.967 千 km²,倒塌房屋 1 350 间,造成直接经济损失 58.14 亿元。

传统的评估台风造成植物损害情况只能通过野外实地调查^[7],随着遥感技术的发展,遥感影像也逐渐开始应用于台风灾害评估中。Ramsey^[8]应用 AVHRR 卫星影像数据提取飓风“安德鲁”NDVI 值,通过 NDVI 值的变化情况来判断研究区域森林受飓风的影响。Ayala-Slica^[9]应用飓风 Georges 前

收稿日期:2012-09-24;修订日期:2013-01-24

基金项目:海南省热带作物信息技术应用研究重点实验室开放课题基金项目(rdzwkfjj014),国家星火计划项目(2011GA800001),国家科技支撑计划项目(2012BAD35B04),2012 年“三电合一”农业信息服务“热带作物生产信息化服务研究”,中国热带农业科学院本级中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(1630022012018)。

作者简介:罗红霞(1985—),女,湖北荆州人,研究实习员,主要从事“3S”技术在热带农业中的应用研究。E-mail:359633096@qq.com。

通讯作者:曹建华(1973—),男,四川乐山人,副研究员,主要从事农业信息化研究。E-mail:120081008@163.com。

后的 AVHRR 卫星影像提取 NDVI 值,通过该值的变化来反映飓风 Georges 对 Puerto Rico 地区的影响。刘少军等^[10]应用 MODIS 遥感卫星影像提取 0518 号台风“达维”前后的 NDVI 值,结合海南岛橡胶分布情况分析了台风“达维”对橡胶的影响。

本研究分别选取了提取“纳沙”台风前后的 HJ 卫星影像;经过影像的几何精校正、辐射校正、影像裁剪等操作提取 7 个农场的 NDVI 值,通过 NDVI 值的变化,分析 2011 年第 17 号强台风“纳沙”对海南的影响情况。由于所能选择的两景 HJ 卫星影像时间相隔较长,为了尽可能排除时间因素对 NDVI 值变化造成的影响,随后选取了 2010 年同一月份的两幅影像进行 NDVI 对比研究。最后,通过应用线性回归分析方法建立了台风前后 NDVI 变化与研究区域距离台风风眼距离的线性关系。

2 研究区域简介

海南省位于中国最南端,全省陆地面积(包括海

南岛和西沙、中沙、南沙群岛)总面积 3.54 万 km² (其中海南岛陆地面积 3.39 万 km²),海南的植被生长速度快,植物繁多,是热带雨林、热带季雨林的原生地,由于其得天独厚的地理优势,素有北方“菜篮子”和果盘子之称;不仅如此,海南还是我国战略物资——天然橡胶的 3 大植胶区之一。海南岛是个多热带风暴、台风地区,热带风暴、台风次数较多,年均 8~9 次,最多可达 11 次,其中每年 8~10 月为热带风暴、台风的繁盛期;台风的肆虐对天然橡胶的种植以及北方冬季瓜菜的供应均产生了极大的影响。

2011 年 9 月 29 日台风“纳沙”(英文名 NESAT)以 40 m/s 的风速从海南省文昌翁田镇登陆,中心风力达到 14 级;随后由东向西穿越海南岛,平均风速达到 37 m/s,途径文昌、海口及澄迈 3 个市县;“纳沙”台风在海南岛内停留近 7 h 后于 2011 年 9 月 29 日 22 时许离开海南岛。“纳沙”台风也成为继 2005 年台风“达维”对海南岛影响最大的台风。2011 年第 17 号强台风在海南省的路径具体如图 1 所示。

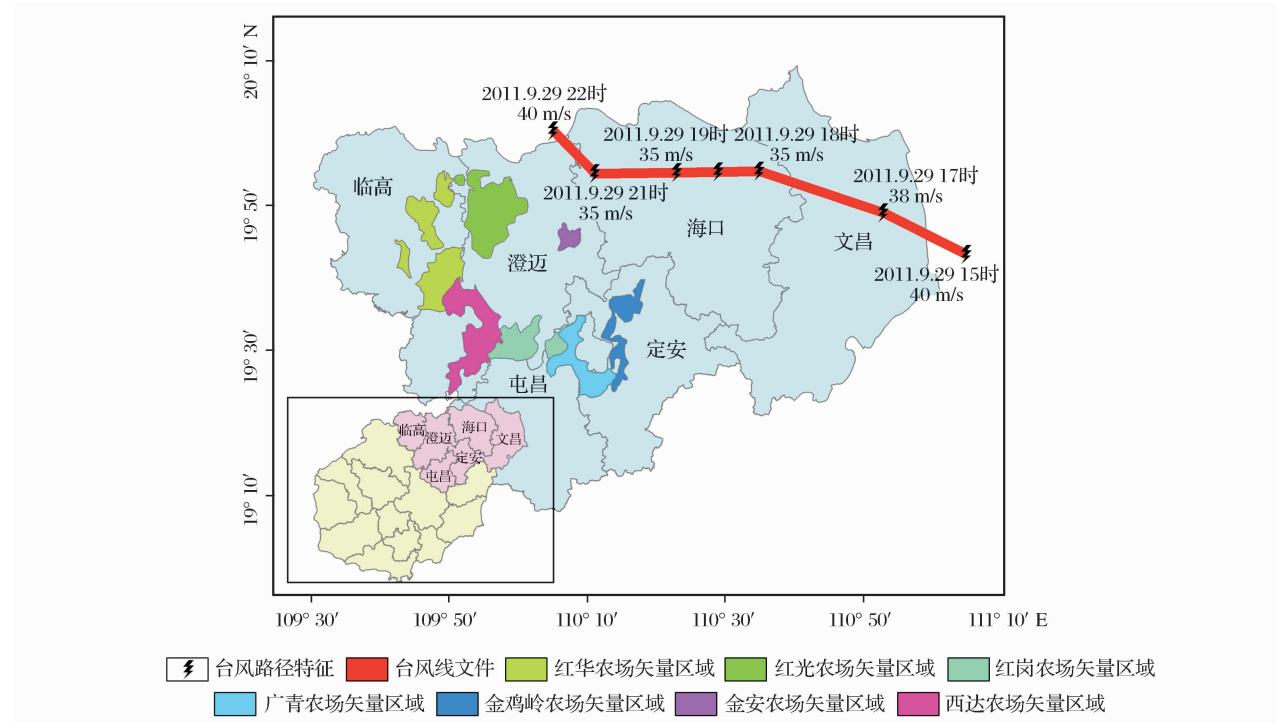


图 1 海南省台风过境路径及本次研究选取的农场分布
Fig. 1 Typhoon track and observation sites map in Hainan

3 研究数据及方法

3.1 研究数据

本次研究所用的影像数据来源于中国资源卫星中心网站,由于海南省四面环海,所能免费获取到的

卫星影像被云遮挡或覆盖严重,考虑到“纳沙”台风发生时间以及 NDVI 提取过程中云量对研究区域的影响,最终选择了 2011 年 7 月 8 日和 2011 年 12 月 25 日两景影像进行研究。其中,台风之前 2011 年 7 月 8 日的影像编号为 HJ1A-CCD1-3-92-

20110708-L20000573172,台风之后 2011 年 12 月 25 日的影像编号为 HJ1A-CCD2-4-94-20111225-L20000679968。卫星影像的光谱分辨率为 30 m。获取的两景卫星影像数据采用通用横轴墨卡托投影 UTM,为了更好地提取研究区域的 NDVI 值,对两景影像进行了几何校正及大气校正。几何校正 ENVI4.7 中 Image to Map 几何校正功能进行。具体方法为:采集明显地物点的 Google Earth 中的坐标作为地面控制点,通过二次多项式校正模型对影像进行几何精校正操作,重采样方法选择为最邻近距离,其均方根误差 RMSE 均在 0.5 个像元内。影像的大气校正采用 ENVI 中的 FLAASH 大气校正模型进行,传感器定标所需数据来自于中国资源卫星中心下载原始影像时提供的 XML 文件中,所需要的光谱响应函数文件来源于中国资源卫星应用中心网站。

由于最终选择的两景台风灾害前后的影像时间跨度较大,随后选取了 2010 年 7 月和 12 月的两景影像进行相同区域的 NDVI 变化对比分析;其中,2010 年 7 月 5 日影像的编号为 HJ1A-CCD1-4-92-20100705-L20000337888,2010 年 12 月 27 日影像的编号为 HJ1A-CCD2-2-92-20101227-L20000451361。

本次试验中涉及到提取 7 个农场的 NDVI 值,这 7 个农场的矢量域文件通过 ArcGIS10.0 从海南省农垦分布矢量图中裁剪得到;然后通过 ENVI4.7 软件中矢量区域 ROI 裁剪工具就能从研究影像中裁剪得到农场卫星影像。本次实验仅仅针对距离台风带较近区域的 7 个农场的植被变化进行了分析比较。

3.2 研究方法简介

3.2.1 NDVI 简介

NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)归一化植被指数,又称标准化植被指数,是近红外与红色通道反射率比值的一种变化形式,该值是植物生

长状态的最佳指示因子,NDVI 值越大,代表植物生长状况越好^[11-13]。NDVI 值的计算公式如下:

$$NDVI=(NIR-RED)/(NIR+RED) \tag{1}$$

考虑到 HJ1A CCD1/CCD2 卫星只有 4 个波段,在进行 NDVI 值计算时选取的近红外及红外波段分别为 Band4 和 Band3。

为了便于分析台风前后对海南省植被的破坏,研究过程中分别从台风前后两景影像中提取 7 个农场的 NDVI 值,并计算 NDVI 值的变化率,其计算公式为:

$$\triangle NDVI=(NDVI_{\text{台风后}}-NDVI_{\text{台风前}}) \tag{2}$$

$$\triangle NDVI\%=100\% \times (NDVI_{\text{台风后}}-NDVI_{\text{台风前}})/NDVI_{\text{台风前}} \tag{3}$$

其中: $\triangle NDVI$ 为 NDVI 值的变化率, $NDVI_{\text{台风前}}$ 、 $NDVI_{\text{台风后}}$ 分别为台风前后提取的研究区域的 NDVI 值。

3.2.2 研究区域与台风风眼距离回归方程建立及显著性检验

为了探讨研究区域的 NDVI 变化情况与该区域同台风风眼的某种联系,采用线性回归分析方法建立台风前后 NDVI 变化率与研究区域距离台风风眼距离的线性回归方程,并进行了显著性检验,本研究采用的 F 检验。

4 研究结果

4.1 研究区域 NDVI 值的变化

通过辐射校正、几何校正及应用已有的矢量区域裁剪得到上述 7 个农场的卫星影像数据,并提取了 7 个农场的 NDVI 值,对比分析了台风前后 NDVI 值的变化及变化率,如表 1 所示。从表 1 中可以看出,7 个农场全部的 NDVI 值均大于 0.50;且西达农场与红岗农场台风前 NDVI 值均超过了 0.8,分别为 0.812816、0.811278,表明研究区域的植被覆

表 1 台风前后 NDVI 值及 NDVI 变化率
Table 1 NDVI values and NDVI change rate before and after Typhoon

序号	农场名	台风前 NDVI	台风后 NDVI	$\triangle NDVI$	$\triangle NDVI/\%$
1	金安农场	0.598606	0.531001	0.067605	11.29
2	红光农场	0.688725	0.632556	0.056169	8.16
3	金鸡岭农场	0.719908	0.682024	0.037884	5.26
4	红华农场	0.729704	0.695135	0.034569	4.74
5	广青农场	0.771133	0.745277	0.025856	3.35
6	红岗农场	0.811278	0.788358	0.02292	2.83
7	西达农场	0.812816	0.791344	0.021472	2.64

盖率较高。通过与台风后的 NDVI 值对比分析, NDVI 值变化从大到小排列依次为金安农场、红光农场、金鸡岭农场、红华农场、广青农场、红岗农场、西达农场, 台风前后的变化分别达到 0.067605、0.056169、0.037884、0.034569、0.025856、0.02292 和 0.021472, 台风前后 NDVI 变化率最高的是金安农场, 其 NDVI 变化率高达 11.29%, 变化最小的西达农场的 NDVI 变化率也达到了 2.64%。考虑到同期选择的 两幅影像时间跨度较大, 所以随后又选择了 2010 年 7 月和 10 月两景 HJ-1A 影像, 通过对两景影像进行辐射校正、几何校正, 应用已有的矢量区域裁剪得到上述 7 个农场 2010 年 7 月和 10 月的卫星影像数据, 并提取了 7 个农场的 NDVI 值, 具体 NDVI 值如表 2 所示。从表 2 及图 2 可以看出, 2010 年 7 个农场

的 NDVI 值均高于 2011 年同期, 且 2010 年 12 月的 NDVI 值要略高于 7 月, 经分析认为可能与海南省的特殊热带亚热带气候有关。7 个农场台风前后及 2010 年 7 月、12 月 NDVI 图如图 3 所示。

表 2 2010 年 7 月和 12 月 NDVI 值
Table 2 NDVI values for July 2010 and December 2010

序号	农场名	2010 年 7 月	2010 年 12 月	Δ NDVI
		NDVI	NDVI	
1	金安农场	0.656731	0.681487	-0.024756
2	红光农场	0.738544	0.817521	-0.078977
3	金鸡岭农场	0.759099	0.794844	-0.035745
4	红华农场	0.755898	0.80394	-0.048042
5	广青农场	0.83439	0.856471	-0.022081
6	红岗农场	0.825296	0.861238	-0.035942
7	西达农场	0.82462	0.875368	-0.050748

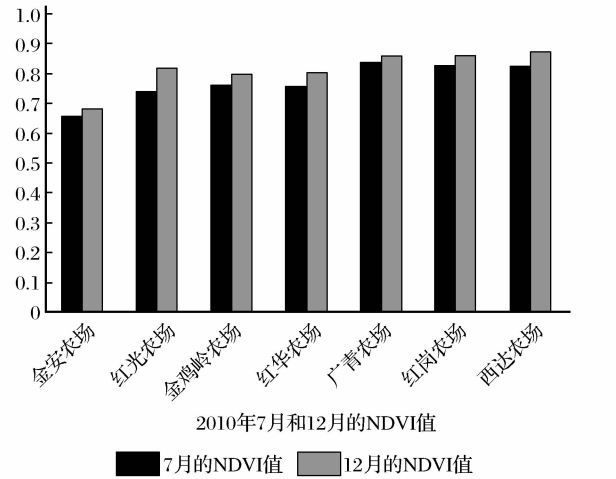
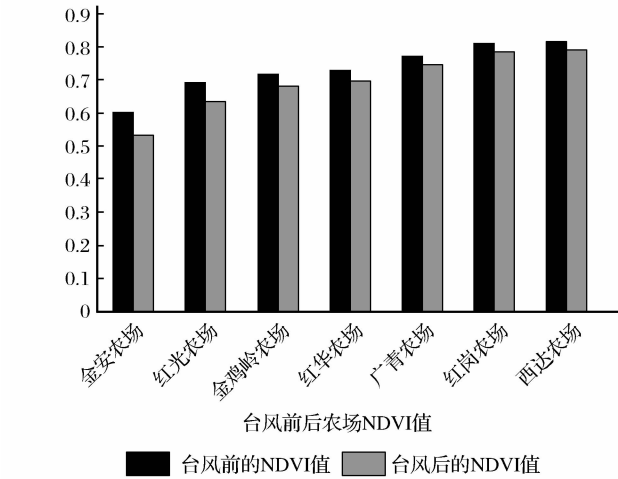


图 2 台风前后 NDVI 值和 2010 年 7 月、12 月 7 个农场的 NDVI 值

Fig. 2 NDVI values before and after typhoon and NDVI values for July 2010 and December 2010

4.2 台风前后 NDVI 值的变化与距离台风风眼的关系

从表 3 可以看出, 距离台风风眼由远及近 7 个农场排列顺序为: 金安农场、红光农场、金鸡岭农场、红华农场、广青农场、红岗农场、西达农场, 对应的台风前后的 NDVI 变化值分别为 0.067605、0.056169、0.037884、0.034569、0.025856、0.02292 和 0.021472; 从与台风风眼距离的远近及台风前后 NDVI 的变化情况可以看出: 越靠近风眼的区域其 Δ NDVI 变化越大, 随着距离的不断 增加 Δ NDVI 的值也在逐渐减小, 得出的农场与台风风眼距离的关系图如图 4 所示。通过线性回归分析方法, 得到两者的线性方程如下:

$$\Delta\text{NDVI}=0.085-0.0016\text{Distance} \tag{1}$$

其中, 相关系数 $R^2=0.9383$, 统计量 $F=75.9837$, 与 F 对应的概率 $p=0.0003$, $p<0.05$, 表

明台风前后 Δ NDVI 与农场距离台风风眼呈现显著相关; 从中可以看出台风对植被的破坏一定程度上能够通过距离台风风眼的远近关系反映出来, 这也为今后应用 HJ 卫星进行台风灾害快速监测提供了一定的参考依据。

5 结 语

(1) 对比表 1、表 2 的数据, 2010 年 7 月份的 NDVI 值略低于同年 12 月的 NDVI 值, 而 2011 年 7 月份各农场的 NDVI 值低于同年 12 月的 NDVI 值, 可以认为 NDVI 值的变化是由于受到当年台风“纳沙”的影响造成的, 证明 HJ 卫星能较好地应用于进行台风灾害监测。

(2) 从表 3 中可以看出, 距离台风风眼最近的金安农场其 NDVI 变化最大, 通过研究区域距离台风

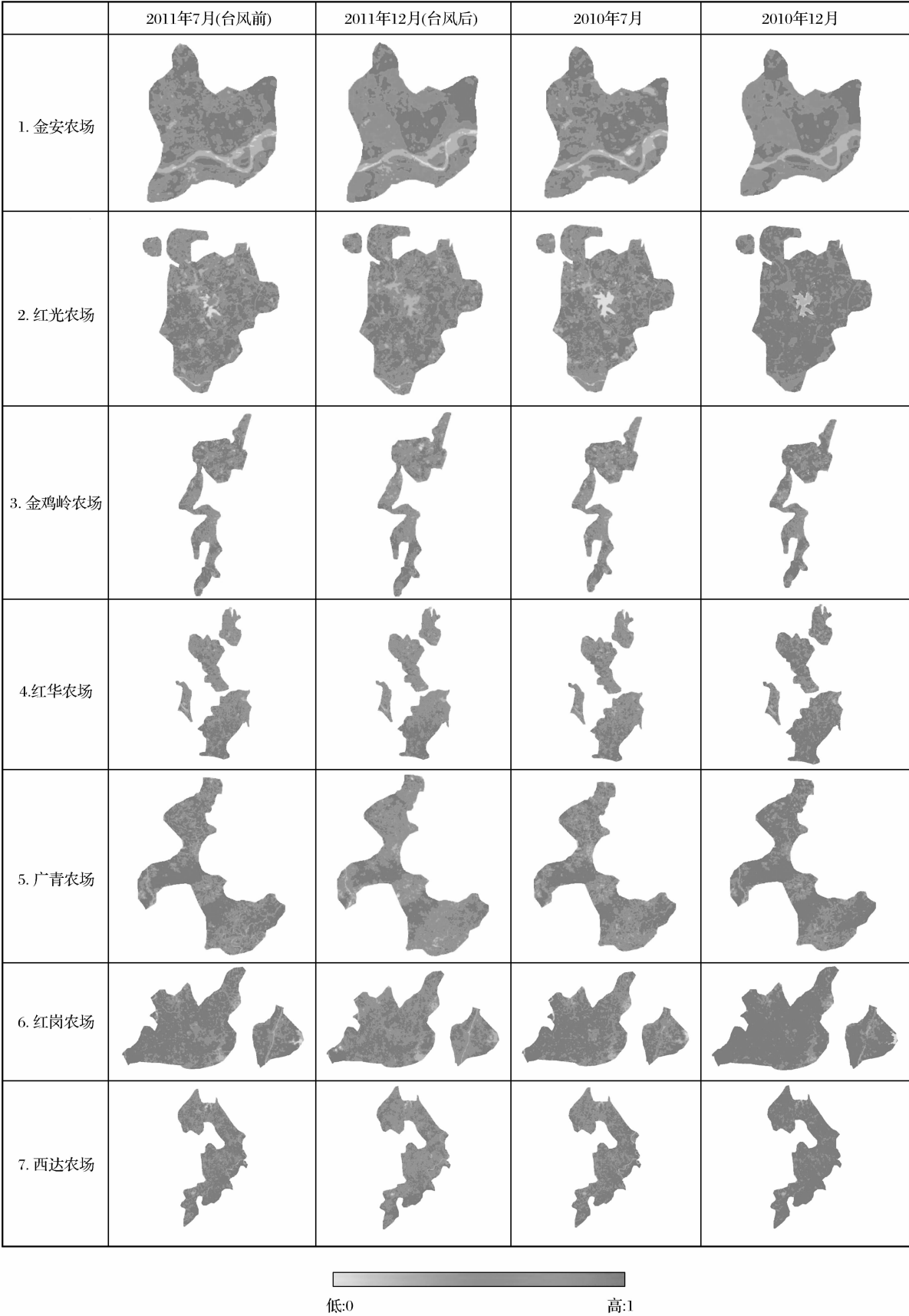


图 3 农场台风前后及 2010 年 7 月、12 月 NDVI 图

Fig. 3 NDVI images of before and after typhoon & NDVI values for July 2010 and December 2010

表 3 7 个农场台风与台风风眼距离及 NDVI 变化值

Table 3 Distances at selected Farm between the eye and NDVI changes

序号	农场名	距离台风风眼的距离/km	台风前后 △NDVI
1	金安农场	15.9	0.067605
2	红光农场	16.2	0.056169
3	金鸡岭农场	27.7	0.037884
4	红华农场	29.8	0.034569
5	广青农场	36.9	0.025856
6	红岗农场	39.7	0.02292
7	西达农场	43.2	0.021472

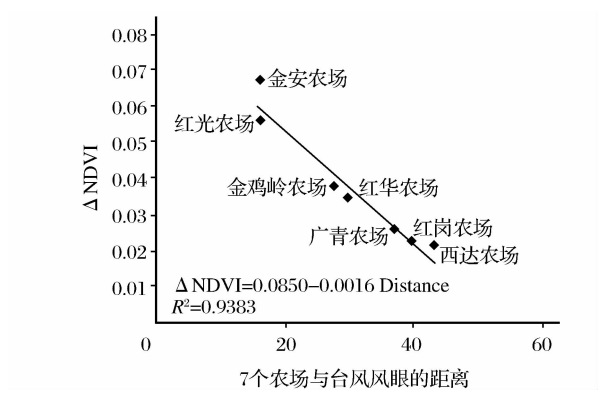


图 4 农场与台风风眼距离同△NDVI 的拟合

Fig. 4 Fitting map of distances at selected Farm between the eye and NDVI changes

风眼与台风前后 NDVI 变化回归方程的建立, 计算得到 $p < 0.05$; 表明台风前后 ΔNDVI 与农场距离台风风眼呈现显著相关。

(3) 台风前后 NDVI 值除了台风风力本身大小的影响之外, 相同风力条件下, 不同种植植被的类型、不同土壤对植被根系的固定程度等因素也会对 NDVI 值的变化产生不同的影响, 这也会导致台风前后 NDVI 值差异产生一定的偏差。

(4) 由于海南岛四面环水, 要搜集一景无云覆盖的影像变得较为困难, 这也极大地制约了 HJ 卫星在台风灾害监测中的应用, 下一步将研究如何应用多源遥感手段对海南台风灾害进行监测, 充分发挥遥感技术手段在台风农业灾害监测中的作用。

参考文献 (References):

[1] Ma Shangjie, Pei Zhiyuan, Wang Qingfa, *et al.* Research of Sugarcane Harvest Process Monitoring with Multi-temporal HJ-1 Satellite Data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(3): 215-219. [马尚杰, 裴志远, 汪庆发, 等. 基于多时相环境星数据的甘蔗收割过程遥

感监测[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 215-219.]

[2] Feng Haixia, Qin Qiming, Jiang Hongbo, *et al.* Drought Monitoring based on HJ-1A/1B CCD Data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(Supp. 1): 358-365. [冯海霞, 秦其明, 蒋洪波, 等. 基于 HJ-1A/1B CCD 数据的干旱监测[J]. 农业工程学报, 2011, 27(增刊 1): 358-365.]

[3] Liu Liangming, Xu Qi, Zhou Zheng, *et al.* Ice Flood Monitoring of Yellow River Using HJ-1A/1B CCD Data[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2012, 37(2): 141-144. [刘良明, 徐琪, 周正, 等. 利用 HJ-1A/1B CCD 数据进行黄河凌汛监测[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2012, 37(2): 141-144.]

[4] Meng Jihua, Wu Bingfang, Du Xin, *et al.* Predicting Mature Data of Winter Wheat with HJ-1A/1B Data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(3): 225-230. [蒙继华, 吴炳方, 杜鑫, 等. 基于 HJ-1A/1B 数据的冬小麦成熟期遥感预测[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 225-230.]

[5] Deng Rui, Huang Jingfeng. The Monitoring of Landslide and Debris Flow Caused by Typhoon Morakot based on HJ-1 Images[J]. Remote Sensing for Land&Resources, 2011, 88(1): 106-109. [邓睿, 黄敬峰. “莫拉克”台风引起的滑坡泥石流灾害 HJ-1 图像遥感监测研究[J]. 国土资源遥感, 2011, 88(1): 106-109.]

[6] Yu Wei, Zhang Mulan, Mai Quanfa, *et al.* Damage of Typhoon to the Rubber Industry in Hainan State Farm Bureau and Its Countermeasures for Future Development[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2006, 26(4): 41-43. [余伟, 张木兰, 麦全法, 等. 台风“达维”对海南农垦橡胶产业的损害及所引发的对今后产业发展的思考[J]. 热带农业科学, 2006, 26(4): 41-43.]

[7] Wang Jun, Xu Shiyuan, Shi Chun, *et al.* Dynamic Assessment of Typhoon Disaster Condition based on Multi-sources Remote Sensing Imagery: Research Progress[J]. Journal of Natural Disasters, 2008, 17(3): 22-28. [王军, 许世远, 石纯, 等. 基于多源遥感影像的台风灾情动态评估—研究进展[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(3): 22-28.]

[8] Ramsey E W, Chappell D K, Baldwin D G. AVHRR Imagery Used to Identify Hurricane Damage in a Forested Weather of Louisiana[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1997, 63(3): 293-297.

[9] Ayala-Silva T, Yaw A. Twumasi Corresponding Author Hurricane Georges and Vegetation Change in Puerto Rico Using AVHRR Satellite Data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(9): 1629-1640.

[10] Liu Shaojun, Zhang Jinghong, He Zhengwei, *et al.* Analysis of the Effects on Rubber Plant by Typhoon based on Remote Sensing and GIS[J]. Guangdong Agriculture Sciences, 2010, (10): 191-193. [刘少军, 张京红, 何政伟, 等. 基于遥感和 GIS 的台风对橡胶的影响分析[J]. 广东农业科学, 2010, (10): 191-193.]

[11] Meng Jihua, Wu Bingfang, Du Xin, *et al.* Method to Construct

High Spatial and Temporal Resolution NDVI DataSet-STAVFM[J]. Journal of Remote Sensing, 2011, 15(1): 44-59. [蒙继华, 吴炳方, 杜鑫, 等. 高时空分辨率 NDVI 数据集构建方法[J]. 遥感学报, 2011, 15(1): 44-59.]

[12] Han Huihang, Ma Mingguo, Yan Ping. Periodicity Analysis of NDVI Time Series and Its Relationship with Climate Factors in the Heihe River Basin in China[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2011, 26(5): 554-560. [韩辉邦, 马明国, 严平. 黑河流域 NDVI 周期性分析及其与气候因子的关系[J]. 遥感技术与应用, 2011, 26(5): 554-560.]

[13] Dai Shengpei, Zhang Bo, Wang Qiang, *et al.* Variation in Grassland Vegetation NDVI and Its Ten-day Response to Temperature and Precipitation in the Qilian Mountains[J]. Resources Science, 2010, 32(9): 1769-1776. [戴声佩, 张渤, 王强, 等. 祁连山草地植被 NDVI 变化及其对气温降水的旬响应特征[J]. 资源科学, 2010, 32(9): 1769-1776.]

Studying NDVI change of Typhoon NESAT in Hainan with HJ-1CCD Satellite Images

Luo Hongxia¹, Cao Jianhua¹, Wang Lingling¹,
Zhang Yishan², Dai Shengpei¹, Li Hailiang¹

(1. *Institute of Scientific and Technical Information, Chinese Academy Agricultural Sciences/Key Laboratory of Practical Research on Tropical Crops Information Technology in Hainan, Danzhou 571737, China;*

2. *Rubber Research Institute, Chinese Academy Agricultural Sciences, Danzhou 571737, China*)

Abstract: Typhoon is one of the most severe natural disasters. Monitoring the typhoon timely and quickly is very significance for Typhoon disaster evaluation. HJ-1A CCD remote sensing images were used to study the changes before and after typhoon intrusion, taking NO. 17 severe NEAST of 2011 as an example. Selected two CCD images, including July 8th, 2011 and Dec. 25th, 2011, then extracted the NDVI information of 7 farms before and after typhoon with the course of image pretreatment and vector cutting. Subsequently, extracted the NDVI of 7 farms from July 5th, 2010 and Dec. 27th, 2010 for comparative analysis. Finally, established a linear model between the changes of NDVI and the distance from farm to eye of wind, applied the method of linear regression analysis. The results show that: ①because of the typhoon NESAT influence, the NDVI of 7 farms decreased in different degree; ②there was a linear positive correlation between the distance from farm to eye of wind and the decreased degree of NDVI changes, the closer is between the eye and the farms, the more declines NDVI values and vice versa. The research shows that it is possible to monitor typhoon impacts on vegetation by using HJ-1CCD satellite images.

Key words: HJ-1 CCD images; NDVI; Typhoon NESAT; Linear regression