





第19卷第6期（总第218期）

2014年6月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿，均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版，所刊载论文已获得著作权人的授权。本刊所有图片均为非商业目的使用，所有内容，未经许可，不得转载或以其他方式使用。

Copyright

All rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

主管单位 中国科学院

主办单位 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版《中国图象图形学报》编辑出版委员会

邮政信箱 北京9718信箱

邮 编 100101

电子信箱 jig@irsa.ac.cn

电 话 010-64807995

网 址 www.cjig.cn

广告经营许可证 京朝工商广字第0361号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司
(邮政信箱：北京399信箱 邮编：100048)

印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

Title inscription: Song Jian

Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS
China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of
Image and Graphics

P.O.Box 9718, Beijing, P.R.China

Zip code 100101

E-mail jig@irsa.ac.cn

Telephone 010-64807995

Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Overseas China International Book Trading Corporation
(P.O.Box 399, Beijing 100048, P.R.China))

Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB

ISSN 1006-8961

CODEN ZTTXFZ

国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

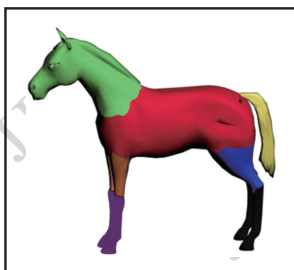
国内定价 50.00元



帧内复制粘贴视频伪造的盲检测(第825页)



基于流形学习的人体动作识别(第914页)



层次结构导向下的动画角色模型分割与标记(第955页)

综述

虹膜图像质量评价综述

李星光, 孙哲南, 谭铁牛

0813

图像处理和编码

帧内复制粘贴视频伪造的盲检测

杜振龙, 焦丽鑫, 李晓丽, 郭延文, 杨小健

0825

破损区域分块划分的图像修复

翟东海, 鱼江, 段维夏, 肖杰

0835

分布式视频编码中相关噪声分布的非参数估计

胡晓飞, 朱秀昌

0843

分数阶原始对偶去噪模型及其数值算法

田丹, 薛定宇, 杨雅婕

0852

结合感知特征和自然场景统计的无参考图像质量评价

贾惠珍, 孙权森, 王同罕

0859

图像置乱度评估的层次分析法

曹光辉, 胡凯, 张兴

0868

图像分析和识别

结合目标预测位置的压缩跟踪

罗会兰, 钟宝康, 孔繁胜

0875

标牌粘连字符自适应定位分割重建识别

洪涛, 梁伟建, 卢玉凤

0886

结合色度和纹理不变性的运动阴影检测

殷保才, 刘羽, 汪增福

0896

仿射不变的自适应局部线性嵌入

顾播宇, 孙俊喜, 李洪祚, 刘广文, 曹永刚

0906

基于流形学习的人体动作识别

王鑫, 沃波海, 管秋, 陈胜勇

0914

图像理解和计算机视觉

基于压缩感知理论的3维人脸快速重建

周大可, 吴子扬, 杨欣

0924

压缩感知跟踪中的特征选择与目标模型更新

石武祯, 宁纪锋, 颜永丰

0932

高动态场景的图像融合优化和实时应用

范逵, 周晓波

0940

计算机图形学

真实图像转换的水墨图像绘制模拟

陈添丁, 金炜炜, 陈英旦, 吴淦

0946

层次结构导向下的动画角色模型分割与标记

李琳, 陶涛, 刘晓平

0955

遥感图像处理

静止卫星图像热带气旋云系自动识别

耿晓庆, 李紫薇, 杨晓峰

0964

非下采样Contourlet域融合和参数化内核图割的SAR图像无监督水灾变化检测

李青松, 覃锡忠, 贾振红, 杨杰, 胡英杰

0971

地理信息技术

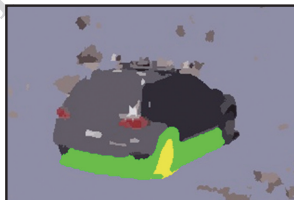
描述定性方向关系的复合表达模型

王中辉, 杨艳春

0979

CONTENTS

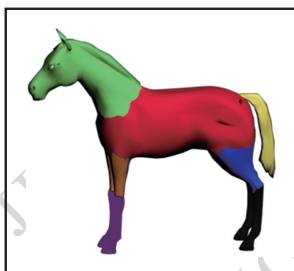
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Intraframe copy-paste forgery video blind detection based on dense SIFT flow(P825)



Human action recognition based on manifold learning(P914)



Animation character model segmentation and labeling approach under the guidance of hierarchical structures(P955)

Review

- Overview of iris image quality-assessment
Li Xingguang, Sun Zhenan, Tan Tieniu 0813

Image Processing and Coding

- Intraframe copy-paste forgery video blind detection based on dense SIFT flow
Du Zhenlong, Jiao Lixin, Li Xiaoli, Guo Yanwen, Yang Xiaojian 0825
- Image inpainting algorithm based on partition block of damaged region
Zhai Donghai, Yu Jiang, Duan Weixia, Xiao Jie 0835
- Non-parametric estimation for correlation noise distribution in distributed video coding
Hu Xiaofei, Zhu Xiuchang 0843
- Fractional-order primal-dual model and numerical algorithm for denoising
Tian Dan, Xue Dingyu, Yang Yajie 0852
- Blind image quality assessment based on perceptual features and natural scene statistics
Jia Huizhen, Sun Quansen, Wang Tonghan 0859
- Image scrambling degree evaluation based on analytic hierarchy process
Cao Guanghui, Hu Kai, Zhang Xing 0868

Image Analysis and Recognition

- Object tracking algorithm by combining the predicted target position with compressive tracking
Luo Huilan, Zhong Baokang, Kong Fansheng 0875
- Merged characters segmentation reconstruction and recognition of labels based on adaptive location
Hong Tao, Liang Weijian, Lu Yufeng 0886
- Moving shadow detection by combining chromaticity and texture invariance
Yin Baocai, Liu Yu, Wang Zengfu 0896
- Affine invariant adaptive locally linear embedding
Gu Boyu, Sun Junxi, Li Hongzuo, Liu Guangwen, Cao Yonggang 0906
- Human action recognition based on manifold learning
Wang Xin, Wo Bohai, Guan Qiu, Chen Shengyong 0914

Image Understanding and Computer Vision

- Fast 3D face reconstruction based on compressed sensing
Zhou Dake, Wu Ziyang, Yang Xin 0924
- Feature selection and target model updating in compressive tracking
Shi Wuzhen, Ning Jifeng, Yan Yongfeng 0932
- The optimization of image fusion and real-time application for HDR scenarios
Fan Kui, Zhou Xiaobo 0940

Computer Graphics

- Rendering simulation of real-image converting into chinese ink painting
Chen Tianding, Jin Weiwei, Chen Yingdan, Wu Di 0946
- Animation character model segmentation and labeling approach under the guidance of hierarchical structures
Li Lin, Tao Tao, Liu Xiaoping 0955

Remote Sensing Image Processing

- Tropical cyclone auto-recognition from stationary satellite imagery
Geng Xiaoqing, Li Ziwei, Yang Xiaofeng 0964
- Unsupervised detection of flood changes with SAR images combining nonsubsampling Contourlet domain fusion and parametric kernel graph cuts
Li Qingsong, Qin Xizhong, Jia Zhenghong, Yang Jie, Hu Raphael 0971

Geoinformatics

- Compound model for describing direction relations qualitatively
Wang Zhonghui, Yang Yanchun 0979

中图法分类号: TP79 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2014)06-0964-07

论文引用格式: Geng X Q, Li Z W, Yang X F. Tropical cyclone auto-recognition from stationary satellite imagery[J]. Journal of Image and Graphics, 2014, 19(6): 964-970. [耿晓庆, 李紫薇, 杨晓峰. 静止卫星图像热带气旋云系自动识别[J]. 中国图象图形学报, 2014, 19(6): 964-970.][DOI: 10.11834/jig.20140618]

静止卫星图像热带气旋云系自动识别

耿晓庆^{1,2}, 李紫薇¹, 杨晓峰¹

1. 中国科学院遥感与数字地球研究所遥感科学国家重点实验室, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 目的 热带气旋对我国东南沿海地区国民经济和人民生命财产威胁巨大, 静止卫星云图是热带气旋实时监测的主要数据源。热带气旋在卫星云图上的纹理特征与其他云系相似度高, 为气旋云系的自动准确提取带来困难。本文在矢量矩概念的基础上, 提出旋转系数的概念来表征热带气旋的形态本质特征, 从而实现热带气旋的自动识别。方法 建立了基于静止卫星图像, 运用最大类间方差法确定目标云系分割阈值, 结合云系面积和亮温分布特性, 利用旋转系数进行热带气旋云系的自动识别。结果 以 1211 台风海葵为例, 在台风生成发展期、成熟期以及消亡期内, 进行了改进前后方法识别率的对比实验, 统计发现改进方法的识别率分别为 76%、95%、78%, 均高于原始方法的 59%、90%、63%。结论 实验结果表明, 改进方法分割的热带气旋云系更为完整, 对各阶段的热带气旋云系识别率均更高。

关键词: 热带气旋; FY-2E; 天津法; 旋转系数; 自动识别

Tropical cyclone auto-recognition from stationary satellite imagery

Geng Xiaoqing^{1,2}, Li Ziwei¹, Yang Xiaofeng¹

1. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing and Digital Earth,
Chinese Academy of Sciences. Beijing 100101, China;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: **Objective** Tropical cyclones pose a serious threat to the economy as well as people's life and property in the southeast coastal areas of China. Stationary satellite imagery is the main data source for tropical cyclone real-time monitoring. On the satellite cloud image, the textures of tropical cyclones are similar to that of other cloud structures, which makes the automatic extraction of tropical cyclones difficult. Base on a vector square, a concept of rotation coefficient is proposed to describe the characteristics of tropical cyclones. Additionally, a tropical cyclone auto-recognition method is also presented. **Method** The Otsu algorithm is used to obtain the segmentation threshold, then rotation coefficient combined with cyclone area and brightness temperature features are implied to recognize tropical cyclone. **Result** The contrast experiment of the original vector square method and the improved method was carried on, using the imagery of typhoon HAIKUI. The statistics results generated throughout the life cycle stage shows that, the recognition rate of the improved method are 76%, 95% and 78% respectively, which are higher than that of the original method. **Conclusion** Experiments show that relative to the vector square algorithm, the segmentations of tropical cyclone are more complete and the recognition rate of tropical cyclones in different development stages is higher.

Key words: tropical cyclone; FY-2E; Otsu; rotation coefficient; automatic recognition

收稿日期: 2013-10-28; 修回日期: 2013-12-31

基金项目: 国家自然科学基金项目(41228007)

第一作者简介: 耿晓庆(1989—), 女, 中国科学院大学地图学与地理信息系统专业硕士研究生, 主要研究方向为遥感图像处理与模式识别。E-mail: gengxiaoqing@126.com

0 引言

热带气旋(TC)是发生在热带或副热带洋面上具有暖心结构的低压涡旋,是一种能量强大的热带天气系统^[1]。近 50 年来,平均每年约有 10 个热带气旋登陆我国,造成的经济损失高达 100 亿人民币以上,伤亡人数高居各类自然灾害的首位,因此,热带气旋的准确监测与预报至关重要^[1-2]。在第 1 颗气象卫星发射之前,热带气旋的监测主要依赖海上常规探测资料,由于海上探测站点少,探测资料匮乏,监测存在着巨大困难。随着卫星传感器时间和空间分辨率的不断提高,卫星尤其是静止卫星遥感技术成为热带气旋监测的主要手段^[3]。静止气象卫星每半小时获取一次影像数据,能够对热带气旋发展过程进行持续监测^[4]。目前,热带气旋的业务化监测主要采用有经验的预报员目视判读的方式进行热带气旋识别与定位,为了避免传统方法中人工判读的不确定性,提高热带气旋监测的客观性和自动化水平,近年来,利用静止卫星云图对热带气旋进行自动识别与定位成为研究的热点^[4-5]。

目前,利用卫星云图识别热带气旋云系主要借助于神经网络、模糊技术、数学形态学、小波变换和分形几何等数学工具,利用云图的灰度、纹理、形态及统计特征进行识别^[6-14]。热带气旋在不同发展阶段表现出不同的纹理、形状特征,由于图像分割技术本身的局限性,基于云系单一特征(如纹理、形状等)的识别方法,难以对整个发展阶段的热带气旋进行准确识别^[15]。郝玉龙等人提出热带气旋内部气流在中心处汇聚上升,在高空向外辐散,在卫星云图上具有独特的纹理方向分布特征,通过矢量矩的概念对这一本质特征进行刻画,从而实现对热带气旋的识别,但是采用固定大小窗口进行全局搜索识别热带气旋云系,计算量大,并且受固定窗口大小的限制,热带气旋云系提取的未必完整^[16]。针对这一问题,利用风云二号静止卫星数据开展热带气旋云系的自动识别研究,在矢量矩基础上改进构造了旋转系数对热带气旋纹理方向特征进行描述,并结合气旋面积和亮温特性,进行热带气旋的识别。采取先进行目标云系的分割与提取,再进行热带气旋云系识别的策略,建立了一套热带气旋云系自动识别算法,并利用 1211 号热带气旋海葵的全过程卫星影像验证了改进算法的可用性。

1 算法原理

热带气旋是一种低压涡旋,中心处的气流在低层辐聚上升,在高空向外辐散,在卫星云图上,云系围绕着中心以近似涡旋的形式分布,具有独特的纹理方向分布特征,因此,以此作为判断依据能够有效地识别目标云系。热带气旋云系的识别包括目标云系的分割和热带气旋云系的识别两个部分,算法流程如图 1 所示,下面分别阐述两个部分的方法原理。

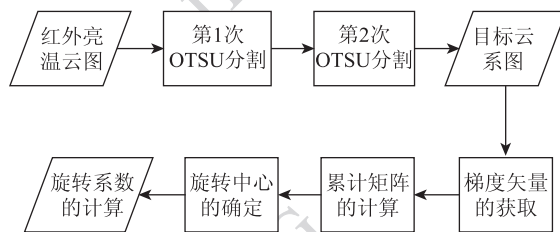


图 1 算法流程

Fig. 1 The flowchart of the proposed algorithm

1.1 目标云系的分割

卫星云图中,云系形态复杂多样,灰度变化范围广,云系分割阈值的选取是气旋主体云系识别的重要前提。阈值的选取方法很多,如迭代法、最大熵阈值法、聚类算法等。最大类间方差法(OTSU 法)^[17]是应用最广的方法之一,阐释了阈值分割的本质:先给出合理的目标函数,再最大化或最小化该目标函数来得到最佳分割阈值^[18],本文利用 OTSU 法选取阈值进行目标云系的分割。

OTSU 法根据图像的灰度特性,将图像分成背景和目标两部分。背景和目标之间的类间方差越大,背景与目标的可分性越大,目标与背景云图的错分会导致类间方差变小,因此,使类间方差最大的分割意味着错分概率最小。类间方差为

$$\delta(t) = \omega_0(t) \times (\mu_0(t) - \mu)^2 + \omega_1(t) \times (\mu_1(t) - \mu)^2 \quad (1)$$

式中,当分割的阈值为 t 时, $\omega_0(t)$ 为背景比例, $\mu_0(t)$ 为背景均值, $\omega_1(t)$ 为目标比例, $\mu_1(t)$ 为目标均值, μ 为整幅图像的均值, $\delta(t)$ 为类间方差。使 $\delta(t)$ 值最大的 t , 即为图像分割的最佳阈值。

根据热带气旋云系灰度值集中的特点,为了更有效地提取热带气旋主体云系,减少云团稀薄边缘的影响,利用选取的阈值对图像进行一次分

割以后,按照上述规则对已提取的目标云系再进行一次OTSU阈值选取和图像分割,获取最终的目标云系。

1.2 热带气旋云系的识别

热带气旋云系围绕着中心呈现近似涡旋的形态分布,利用图像旋转系数对云系的纹理方向分布规律进行描述。首先分别对每个目标云系计算其梯度矢量,并由梯度矢量计算其累计矩阵,累计矩阵的极值点选为旋转中心点,再依据旋转系数的定义,计算每个云系的旋转系数,旋转系数最大的云系便为热带气旋云系。旋转系数定义如图2所示。

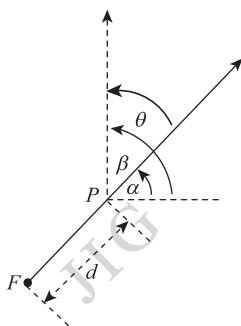


图2 旋转系数的定义

Fig. 2 The definition of rotation coefficient

1.2.1 旋转系数

旋转系数定义为,图像各点到旋转中心的方向与其纹理方向的夹角满足一定阈值范围内的点所占的比例系数。具体计算过程如下:对于目标云系上的每一点 P ,其与云系的旋转中心 F 的连线的方向为 α (以水平向右方向为 0° ,角度沿逆时针方向增加),点 P 所在位置的梯度矢量方向为 β ,两方向之间的夹角定义为 θ ,如图2所示。定义一个阶跃函数 $s(\theta)$,当 θ 满足一定阈值范围时, $s(\theta)$ 为1,否则为0,将中心点 F 到点 P 的距离 d 的倒数作为满足条件的点的权重系数。对每一个目标云系,计算除中心点 F 以外所有点在内的旋转系数

$$W = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{1}{d} \times s(\theta)}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{1}{d}} \quad (2)$$

$$d = \sqrt{(F_x - P_x)^2 + (F_y - P_y)^2} \quad (3)$$

$$s(\theta) = \begin{cases} 1 & -\pi/4 < \theta < \pi/4 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

式中, F_x 、 F_y 、 P_x 、 P_y 分别为点 F 、 P 的 x 、 y 坐标, M 、 N

为目标云系的行数与列数, d 为点 F 与点 P 两点间的距离。

1.2.2 旋转中心点确定

旋转中心点的选取尤为关键,它象征着气流辐散的中心,是梯度矢量指向或背离的公共点,对旋转系数的计算影响很大。

首先使用Prewitt算子对亮温图像进行卷积计算得到水平梯度和垂直梯度,在水平梯度和垂直梯度的基础上得到图像亮温的梯度矢量,即

$$d_h = I * S_h \quad (5)$$

$$d_v = I * S_v \quad (6)$$

式中, I 是图像亮温, d_h 、 d_v 分别为水平梯度和垂直梯度, S_h 、 S_v 为Prewitt算子

$$S_h = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$S_v = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

构造一个初值均为0的累计矩阵,对于梯度矢量中的每一个像元,作平行于该像元处梯度矢量的直线,直线所经过的栅格点的累计矩阵的值均增加1,遍历整个目标云系,累计矩阵的极值点便为中心点 F 。累计矩阵极值点位置表明该点有很多梯度矢量投影线经过,是纹理方向汇聚的中心,是目标云系旋转的中心,因此,将其选作中心点。图3为理想情况下,气旋云系的亮温图,及中心处所对应的梯度矢量和密度矩阵^[19]。

2 T1211号台风海葵的自动识别

利用风云静止卫星FY-2E数据,以T1211号台风海葵为例进行热带气旋云系自动识别实验。FY-2E卫星具有1个可见光与4个红外探测通道,具体技术指标如表1所示。1211号台风海葵是2012年对中国沿海影响最大的热带气旋之一,于8月3日在西北太平洋洋面上生成,8月8号登陆我国,8月9日消亡。本文收集了2012年8月3日到9日的312景卫星云图遥感影像数据(<http://satellite.cma.gov.cn>),利用IR1通道的亮温数据进行热带气旋云系的识别与定位。基于静止卫星数据的热带气旋自动识别流程主要包括卫星云图的预处理,热带气旋主体云系的分割和识别两部分。

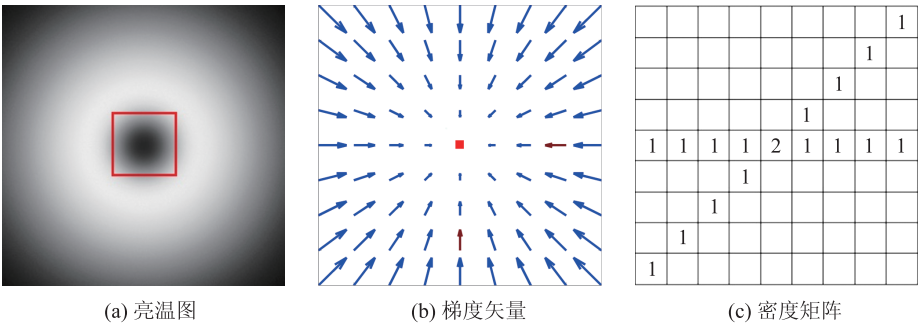


图 3 理想气旋云系的亮温图及中心处的梯度矢量和密度矩阵(引自文献[19])

Fig. 3 Brightness temperature image of the ideal cyclone, gradient vectors of the ideal vortex's central section, accumulator matrix

表 1 FY-2E 技术指标

Table 1 FY-2E technical index

通道标识	通道名称	波长/ μm	星下点分辨率/km
IR1	长波红外通道	10.3 ~ 11.3	5
IR2	红外分裂窗通道	11.5 ~ 12.5	5
IR3	水汽通道	6.3 ~ 7.6	5
IR4	中波红外通道	3.5 ~ 4.0	5
VIS	可见光通道	0.55 ~ 0.90	1.25

2.1 卫星云图预处理

首先利用影像绝对定标查找表,根据灰度值与红外亮度温度值的对应关系,将 IR1 通道的图像灰度值

转换为红外亮度温度值,并根据影响我国热带气旋的频繁活动区域,截取西北太平洋海域($90^{\circ}\text{E} \sim 135^{\circ}\text{E}$, $10^{\circ}\text{N} \sim 50^{\circ}\text{N}$)作为研究区开展后续研究(图 4)。

2.2 台风海葵的分割与识别

连续利用两次 OTSU 法选取自适应阈值,并对卫星云图进行图像分割,获取最初的目标云块(如图 4(c)),由于热带气旋云系一般具有较大的面积,密闭云区温度较低,通过设定面积阈值,平均亮温阈值,去除薄云和一些零星分布小面积云团(如图 4(d))。

使用 Prewitt 算子对亮温图像进行卷积计算最终得到梯度矢量,然后对整个图像进行遍历,获得其密度矩阵,取矩阵极值点为中心 F (如图 4(e)(f))。遍历图像

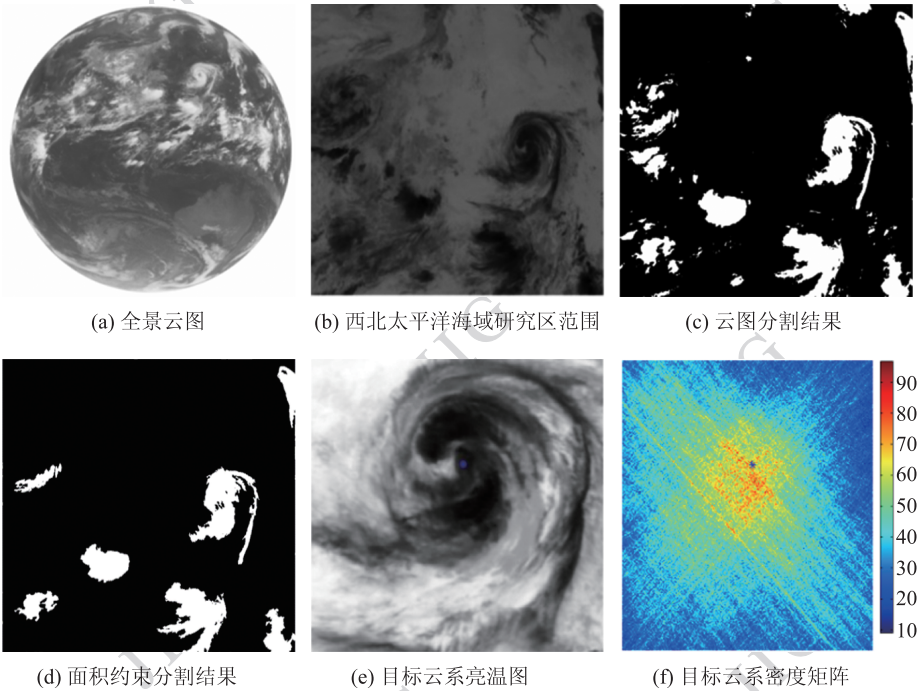


图 4 热带气旋识别流程

Fig. 4 Recognition procedure of tropical cyclone

上的每一点,计算与中心点 F 连线的方向,并与梯度矢量方向进行比较,根据式(2)计算图像整体的旋转系数。目标云系中旋转系数最大的云系即为热带气旋云系。

2.3 实验结果与分析

2012 年 8 月 3 日到 9 日的 312 景影像覆盖了热带气旋海葵发展、成熟、消亡整个生命周期,分别用矢量矩法和本文提出的算法对云系进行识别。图 5 为本文算法识别海葵发展期、成熟期、消亡期阶段的部分云图结果,第 1 列为 8 月 4 号 9 时的海葵发展期云图及识别结果,在卫星亮温图上,云系紧凑,略有旋转特性,其旋转系数值为 0.169。第 2

列为 8 月 6 号 19 时的海葵成熟期云图及识别结果,在卫星亮温图上,可以看到热带气旋螺旋特性明显,由于其旋转中心处于整体略偏上部位,导致其旋转系数略偏低一些,值为 0.257,在中央有一个不规则的台风眼区,识别结果图上,螺旋云带也完整的分割出来了。第 3 列为 8 月 9 号 9 时的海葵消亡期云图及识别结果,消亡期云系渐渐散开,但总体的类圆性较好,其旋转系数为 0.285,本文算法正确的识别出了海葵云系,而矢量矩算法把干扰云系误判为热带气旋云系,该干扰云系的旋转系数为 0.216。对 312 景影像的识别结果进行目视判别,统计结果的识别率如表 2。

发展期2012-08-04T9, $W=0.169$ 成熟期2012-08-06T19, $W=0.257$ 消亡期2012-08-09T9, $W=0.285$

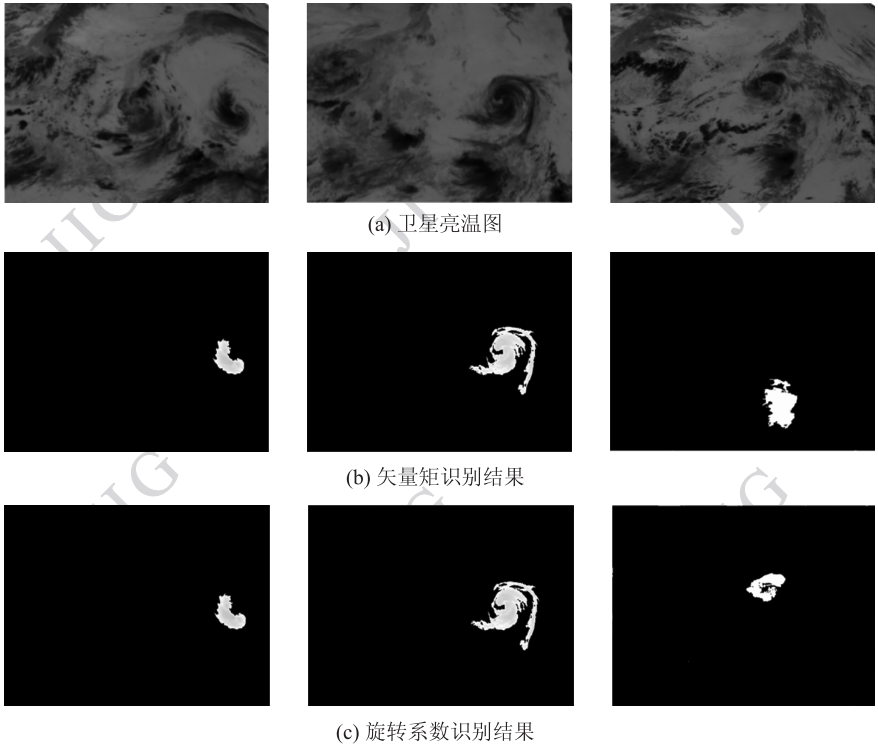


图 5 原始云图及识别结果

Fig. 5 Original cloud image and their recognition results

表 2 热带气旋云系各阶段识别结果

Table 2 Recognition results of Tropical Cyclone in different development stages

	生成发展期 08-03 T08—08-06 T16		成熟期 08-06 T17—08-08 T15	消亡期 08-08 T16—08-09 T20	合计
样本数	162	114 *	94	56	312
矢量矩算法(识别正确 数/正确率)	67/41.4%	67/58.8%	85/90.4%	35/62.5%	71%
本文算法(识别正确 数/正确率)	87/53.7%	87/76.3%	90/95.7%	44/78.6%	77%

注: * 表示去除台风达维干扰后的样本数目

将识别结果与目视判读结果进行比对,结果表明成熟期气旋的识别率较发展与消亡期识别率高。这是由于在成熟期,气旋云系的形态更规则,像素集中度更好,纹理方向的辐散效果更佳。在气旋发展期,由于1210号台风达维的存在,而且达维云系的气旋特征要比海葵云系的更为明显,算法更多的是将达维台风云系识别出来,所以影响了总体的识别率,将达维并存的影响筛选删除后,生成发展期的识别率有显著的提高。在气旋消亡期,由于气旋登陆我国沿海区域后,强度减小云系散开,提取的云系不再那么完整,影响了旋转系数计算的最终结果。

综上所述,本文识别方法是在分割出云团基础上再进行识别,相对于原始的矢量矩方法利用固定窗口进行全局搜索,算法更为简单,计算量更小。但是当气旋强度变弱,云团消亡散开时,密闭云区不再那么明显和集聚,阈值法提取的云块过于破碎,影响云系提取的结果和最终的识别正确率。

3 结 论

根据热带气旋云系的整体纹理方向特征,在矢量矩算法的基础上,提出了旋转系数的概念,构建了热带气旋云系自动识别算法流程。利用两次OTSU算法确定分割阈值,结合热带气旋云系温度与面积特性,利用旋转系数进行热带气旋的自动识别。针对T1211号台风海葵,基于FY-2E卫星云图,使用改进算法对生成发展、成熟和消亡整个生命周期内的热带气旋云系进行了自动识别实验,实验结果表明:

1) 相对于原始的矢量矩算法,本文算法的总体识别精度更好,在对热带气旋云系的识别造成干扰的云系存在的情况下,抗干扰能力更强。

2) 识别算法对成熟期热带气旋的识别效果远比生成发展期与消亡期的要好,这是由于成熟期,热带气旋云系的形态更规则,像素集中度更好,纹理方向的辐散效果更佳。

但是还存在一些不足,首先在气旋强度变弱,云团消散情况下,密闭云区不明显或者不集聚时,阈值法提取的云块过于破碎,影响旋转系数计算结果和最终的识别正确率,其次是该方法只能提取识别单个台风,当双台风或更多台风存在时,会产生遗漏的现象,后续的研究将会针对这两个问题,引入智能判别方法,进一步提高方法的普适性。

志谢 感谢国家卫星气象中心卫星数据服务网(<http://satellite.cma.gov.cn>)为本文提供研究所需的FY-2E卫星资料。

参考文献(References)

- [1] Zhang W L, Cui X P. Review of the studies on tropical cyclone genesis [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2013, 29(2): 337-346. [张文龙, 崔晓鹏. 热带气旋生成问题研究综述[J]. 热带气象学报, 2013, 29(2): 337-346.] [DOI: 10.3969/j.issn.1004-4965.2013.02.019]
- [2] Wang H, Yu J B, Chen M M, et al. Research on method of typhoon segmentation based on FY-2C meteorological satellite cloud image [J]. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(20): 188-191. [王虹, 余建波, 陈明明, 等. 基于FY-2C气象卫星云图的台风分割方法的研究[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(20): 188-191.] [DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2008.20.057]
- [3] Li X F, Zhang A J, Yang X F, et al. Tropical cyclone morphology from spaceborne synthetic aperture radar [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2013, 94(2): 215-230.
- [4] Li Y, Chen X, Fei S M. Study of automatic location of typhoon center based on IR satellite cloud images [J]. Infrared, 2010, 31(3): 11-14. [李妍, 陈希, 费树岷. 基于红外卫星云图的台风中心自动定位方法研究[J]. 红外, 2010, 31(3): 11-14.] [DOI: 10.3969/j.issn.1672-8785.2010.03.003]
- [5] Liu K, Huang F, Luo J. A study of automatic location method of typhoon without eye [J]. Information and Control, 2001, 30(6): 543-546. [刘凯, 黄峰, 罗坚. 无眼台风自动定位方法研究[J]. 信息与控制, 2001, 30(6): 543-546.] [DOI: 10.3969/j.issn.1002-0411.2001.06.013]
- [6] Vannoorenberghe P, Flouzat G. A belief-based pixel labeling strategy for medical and satellite image segmentation [C]// Proceedings of IEEE International Conference on Fuzzy Systems. Piscataway, USA: IEEE Press, 2006: 1093-1098. [DOI: 10.1109/FUZZY.2006.1681846]
- [7] Ooi W S, Lim C P. Fuzzy clustering of color and texture features for image segmentation: a study on satellite image retrieval [J]. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 2006, 17(3): 297-311.
- [8] Lopez-Ornelas E, Laporterie-Dejean F, Flouzat G. Satellite image segmentation using graph representation and morphological processing [C]// Image and Signal Processing for Remote Sensing IX. Bellingham WA, USA: SPIE, 2004, 5238: 104-113. [DOI: 10.1117/12.511221]
- [9] Intajag S, Pathoonwatanakij K, Cracknell A P. Iterative satellite image segmentation by fuzzy hit-or-miss and homogeneity index [J]. IEEE Proceedings-Vision, Image and Signal Processing, 2006, 153(2): 206-214.
- [10] Xue J T, Liu Z G, Liu H Z. Application of wavelet transforms on

- the boundary processing of the infrared satellite cloud image [J]. Tianjin Daxue Xuebao, 2002, 35(6): 736-739. [薛俊韬, 刘正光, 刘还珠. 小波变换在云图边缘处理中的应用[J]. 天津大学学报, 2002, 35(6): 736-739.] [DOI: 10. 3969/j. issn. 0493-2137. 2002. 06. 014]
- [11] Wang Y, Sun J, Han Y, et al. Segmentation of tropical cyclone cloud systems with compositive algorithms [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2011, 26(3): 287-293. [王毅, 孙佳俊, 韩永, 等. 基于卫星云图的台风云系特征提取算法研究[J]. 遥感技术与应用, 2011, 26(3): 287-293.]
- [12] Liu K, Huang F, Luo J. The auto-recognition of typhoon based on extracting the texture features of the satellite image [J]. Microcomputer & Its Applications, 2001, 20(9): 48-49. [刘凯, 黄峰, 罗坚. 基于纹理特征的卫星云图台风自动识别方法[J]. 微型机与应用, 2001, 20(9): 48-49.]
- [13] Zeng M J, Yu B, Zhou Z K, et al. Researches and applications of locating technology for typhoon center on satellite infrared cloud picture [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2006, 22(3): 214-217. [曾明剑, 于波, 周曾奎, 等. 卫星红外云图上台风中心定位技术研究和应用[J]. 热带气象学报, 2006, 22(3): 241-247.] [DOI: 10. 3969/j. issn. 1004-4965. 2006. 03. 006]
- [14] Lu J, Zhang C J, Zhang X, et al. Auto-recognition of typhoon cloud based on boundary features [J]. Journal of Remote Sensing, 2010, 14(5): 990-1003. [鲁娟, 张长江, 张翔, 等. 利用边界特征自动识别台风云系[J]. 遥感学报, 2010, 14(5): 990-1003.] [DOI: 10. 11834/jrs. 20100512]
- [15] Li W L. Research on the feature extraction and the construction of the feature system of developing typhoon [D]. Tianjin: Tianjin University, 2003. [李文利. 形成期台风云系特征提取及特征体系构建方法的研究[D]. 天津: 天津大学, 2003.]
- [16] Hao Y L, Chen B Y, Fan Y, et al. Auto-recognition of typhoon based on the character of layout of texture direction [J]. Journal of Image and Graphics, 2002, 7(12): 1319-1322. [郝玉龙, 程宝义, 范茵, 等. 基于纹理方向整体分布特征的台风自动识别方法[J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(12): 1319-1322.]
- [17] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1979, 9(1): 62-65.
- [18] Xie X, Wang H, Zhang X F. A survey of partial sums algorithms in image thresholding techniques [J]. Journal of Xi'an University of Post and Telecom, 2011, 16(3): 1-5. [谢鑫, 王辉, 张雪锋. 图像阈值分割技术中的部分和算法综述[J]. 西安邮电学院学报, 2011, 16(3): 1-5.] [DOI: 10. 3969/j. issn. 1007-3264. 2011. 03. 001]
- [19] Piñeros M F, Ritchie E A, Tyo J S. Objective measures of tropical cyclone structure and intensity change from remotely sensed infrared image data [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2008, 46(11): 3574-3580.