

基于低空无人机搭载可见光近红外传感器的太湖蓝藻监测

张蔚,何正兴

(苏州工业园区格网信息科技有限公司,江苏苏州 215027)

摘要:传统卫星遥感手段因受其访问周期的限制,较难在时间频率上保证数据的及时性。低空无人机搭载轻小型传感器,以其机动、快速、经济等优势,在环境监测等领域日益发挥重要作用。面向太湖蓝藻监测需求,探索了一种基于低空无人机搭载可见光近红外传感器的监测方法。在系统规划和平台设计的基础上,选取太湖梅梁湖湖区进行试验。依据前人经验,采用可见光和近红外波段及其组合方式提取蓝藻信息,并与试验数据验证。该方法可为蓝藻灾害的防灾、减灾、救灾等提供辅助手段和决策支持。

关键词:无人机;可见光近红外;蓝藻;太湖

中图分类号:P236

文献标识码:B

0 引言

蓝藻是一种原始的原核生物,在丰富的有机氮和有机磷水质中,在一定的气压和光照条件下会出现水华现象。即蓝藻便会疯狂生长,导致暴发,水中的氧被蓝藻大量消耗,鱼等其他水生生物因缺氧而死亡,水体变色发臭,严重影响城市供水和渔业生产^[1,2]。太湖蓝藻自20世纪90年代开始,每年夏季太湖都有不同规模的蓝藻水华爆发^[3-5]。2007年尤为严重,极大影响了居民生活受国家环境监测部门的高度重视。

目前常用的卫星遥感监测方法,是较为有效的手段,经过长期的积累,已经掌握了蓝藻的光谱特征^[6,7]。但是受制于卫星在特定地区的时间覆盖度不足,以及云层对数据质量的影响,导致卫星数据的及时性有限。因此,寻求时间频率更高的检测手段。随着材料科学和自动控制工程的发展,低空无人机以其机动灵活、实时性强、低成本等优势,迅速成为快速获取地理数据的有效平台。国际上已有无人机搭载光学传感器用于环境监控,但针对太湖蓝藻的检测鲜有研究。

该文以太湖梅梁湖湖区为实验区,依据遥感光

谱分析原理,利用无人机搭载可见光至近红外波段相机获取的高分辨率、高时间频率的影像以及实测点位信息,检测蓝藻的情况。技术流程包括数据预处理、影像匹配与纠正、多波段分析、叠加分析等^[8]。通过与实测数据的对比,验证了该实验系统可实现低成本、高可靠的小空间范围高时间覆盖度的水域蓝藻检测,为防治蓝藻水华提供了技术保障。

1 技术规划与平台设计

试验采用小型固定翼无人机为飞行平台,搭载可见光相机及近红外相机,低空获取小区域、高分辨率高时间覆盖率的可见光及近红外影像。试验系统主要由地面控制系统、任务传感器、无人飞行平台、飞行控制系统、地面保障系统5部分(主要参数见表1)组成。其中近红外相机的波段范围,是依据国内太湖蓝藻卫星遥感监测中公认的特征波段范围来挑选的。

无人机的飞行控制器是其控制中心,采用全套惯性传感器,包括陀螺仪、三维加速传感器和磁场传感器等,拥有精准的位姿控制能力。飞行控制器负责处理输入信号,完成飞行姿态和航向控制,保障飞行器稳定飞行,并控制相机吊架和相机快门等。

收稿日期:2013-07-10;修订日期:2013-07-15;编辑:陶卫卫

作者简介:张蔚(1983—),男,江苏太仓人,工程师,主要从事GIS和环境遥感方面研究;E-mail:zhangwei@dpark.com.cn。

表1 无人机平台及传感器主要性能指标

名称	硬件指标	参数	
近红外相机	传感器类型	1/2"interline Frame Transfer EMCCD	
	最大分辨率 (pixels)	782 × 582	
	光谱范围 (nm)	300 ~ 1100	
	快门速度 (s)	1/8000 ~ 1/250	
	重量 (g)	150	
	信噪比 (dB)	75	
可见光相机	CCD 尺寸 (inch)	1/2.33	
	最大分辨率 (pixels)	4320 × 3240	
	快门速度 (s)	60 ~ 1/2000	
	感光度 (ISO)	80 ~ 6400	
	重量 (g)	160	
无人机 (固定翼)	翼展 (m)	2.05	
	巡航速度 (km/h)	60 ~ 90	
	续航时间 (min)	35	
	载重 (kg)	1.7	
飞控	陀螺仪	量程 (°/s)	± 320
		灵敏度 (mV/°/s)	5
		带宽 (Hz)	0.01
		噪音 (°/s/rtHz)	0.04
	GPS	跟踪类型	50 通道 GPS
		接受信号	L1 的 C/A 码
		数据更新率 (Hz)	3
	定位模式	动态单点定位	

2 试验设计与数据获取

试验区位于太湖梅梁湖湾,设计航飞面积约 5 000 × 3 000 m,区内皆为水域。拍摄时间为 2011 年 8 月,当天多云,风力 3 级左右,在区内设置了 5 个水质实测点(图 1)。

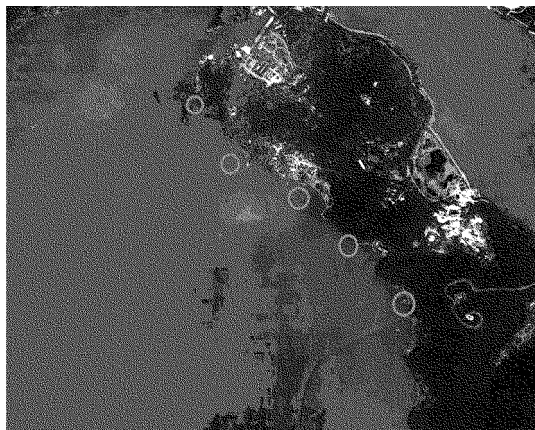


图1 水质实测点分布图

为确保影像较高重叠度,预设飞行相对航高为 240 m,航向重叠为 80%,旁向重叠为 50%,两次航飞,南北向共飞行 56 条航带。为降低飞行拍摄影像

的模糊度,相机快门速度设置为 1/500 s。

3 影像处理方法及结果

基于计算机视觉原理的影像处理技术,可在不依赖相机校验或其他先验信息提供位置、姿态或几何关系前提下,从无序的无人机影像中自动恢复相机位置、内外方位元素。其技术流程见图 2。

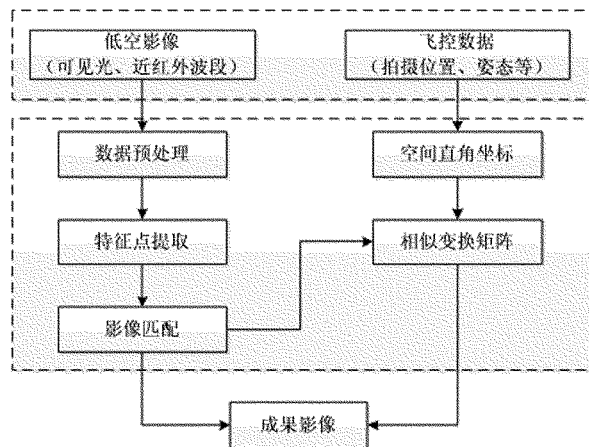


图2 影像处理流程图

3.1 数据预处理

该步骤主要进行数据分析和影像质量检核。初步数据分析发现:

(1)飞行器受偏向风干扰,使得影像重叠率不规则(旁向重叠率相差较大)、畸变较大,影像间明暗对比度不尽相同。

(2)飞控系统 GPS 采用动态绝对定位,定位精度较低(约 20 m)。故需检查影像的清晰度、层次的丰富性、色彩反差、色调等,手动剔除明显模糊、重影和错位的影像。

3.2 影像匹配

在确定各影像提取的特征点位置并建立相应局部特征描述之后,可采用特征向量欧氏距离作为特征点相似性的度量,从而建立各影像间的关联关系。具体过程包括:

(1)利用基于 K-D 树的近似最邻近算法对影像进行粗匹配。

(2)采用随机抽取一致性策略和 8 点算法相结合,估计出一个鲁棒的基本矩阵,进一步剔除误匹配点,最终得到满足对极几何约束的匹配特征点对。

4 数据分析

4.1 影像数据分析

介于前人在太湖蓝藻的特征光谱的研究已经非常的深入,并取得共识,该文直接采用主流的波段区间及成像方法进行研究。由于在近红外波段水体的吸收率很高,水面反射率非常小,所以湖水呈暗黑色,而由于叶绿素 a 的原因,蓝藻区的反射率高,所以亮度较湖水区高而显亮白色^[9],图3中是 0.78 ~ 0.86 μm 灰阶图像。

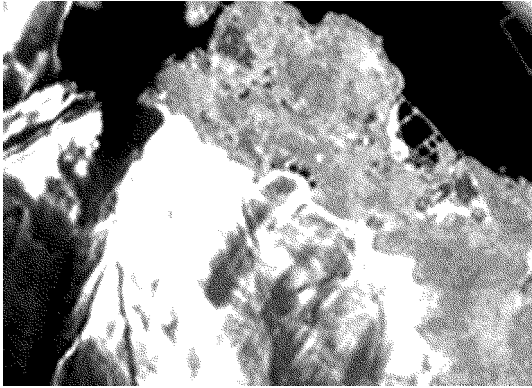


图3 0.78 ~ 0.86 μm 灰阶图像图

选择可见光近红外的 0.78 ~ 0.86 μm , 0.63 ~ 0.69 μm , 0.52 ~ 0.60 μm 三波段合成 RGB。叶绿素含量增加使水体反射光谱发生变化。由于所含高叶绿素 a 的作用,蓝藻区在绿波段(0.52 ~ 0.60 μm)具有较高的反射率,在红波段(0.63 ~ 0.69 μm)反射率略降但仍比湖水高,在近红外波段反射率达到最大^[10,11]。因此,在合成图像上,蓝藻区呈非红色(图4)。

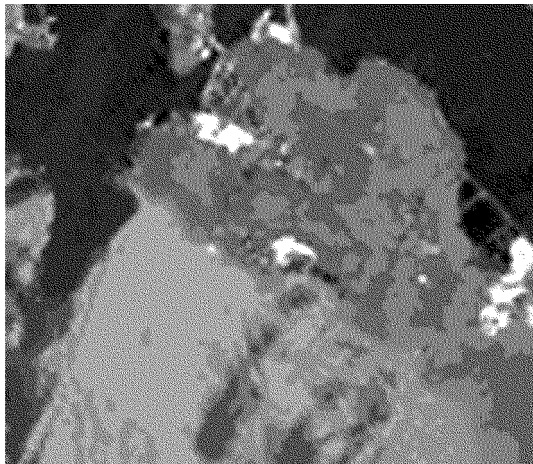


图4 三波段合成 RGB 图

4.2 实测数据分析

遥感影像图直观、全面地显示出蓝藻带的分布状况,而结合实测采样数据可以更好的监测蓝藻暴发的强度。表2是太湖水环境监测站提供的梅梁湖区各采样点的8月份数据,该结果与图4的显示结果是一致的,即三波段合成的叶绿素含量高低趋势与实测数据的叶绿素含量高低趋势一致。

表2 各采样点数据

采样点	叶绿素 a 含量
1	27
2	55
3	43
4	32
5	17

5 结论与讨论

该文介绍了基于低空无人机搭载可见光近红外传感器的太湖蓝藻监测方法,探讨了一种基于低空无人机搭载可见光近红外传感器的检测方法。依据前人经验,采用可见光和近红外波段及其组合方式提取蓝藻信息,并由试验数据验证,可以满足较小区域、高时间覆盖度的蓝藻检测需要。

受制于设备的型号档次问题,近红外波段的精确度和分辨率有限。为此,下一步试验中,考虑使用更高分辨率、更多波段选择的近红外传感器,以提高近红外波段的精确度和分辨率。

参考文献:

- [1] Lathrop R G, Lillesand, Yandell, B S. Testing the Utility of Simple Multi - date Thematic Mapper Calibration Algorithms for Monitoring Turbid Inland Waters[J]. Int J Of Remote Sensing, 1991, 10: 2045 - 2063.
- [2] Lathrop, R G. Landsat Thematic Mapper Monitoring of Turbid Inland Water Quality[J]. PhotogrammEng Remote Sens, 1992, 58: 465 - 470.
- [3] 顾岗. 太湖蓝藻暴发成因及其富营养化控制[J]. 环境监测管理与技术, 1996, 6(12): 17 - 19.
- [4] 李旭文. 太湖梅梁湖湾蓝藻生物量的遥感估算[J]. 国土资源遥感, 1995, (2): 35 - 38.
- [5] 尹球, 疏小舟, 徐兆安, 等. 湖泊水环境指标的超光谱响应特征分析[J]. 红外与毫米波学报, 2004, (6): 18 - 22.
- [6] 翟淑华, 李俊翔. 遥感技术在太湖水质监测中的成果回顾和应用展望[J]. 遥感技术与应用, 2004, (2): 27 - 29.
- [7] 王学军, 马廷. 应用遥感技术监测和评价太湖水质状况[J]. 环境科学, 2000, 21(11): 65 - 68.

- [8] 齐峰,王学军. 内陆水体水质监测与评价中的遥感应用[J]. 环境科学进展,1999,(6):25-34.
- [9] 刘元波. 太湖梅梁湾藻类生态模拟与蓝藻水华治理对策分析[J]. 湖泊科学,1998,10(4):53-59.
- [10] S Ekstrand. Landsat TM based Quantification of Chlorophyll - a during Algae Blooms in Coastal Waters [J]. Int J Of Remote Sensing, 1992, 13(10):1913-1926.
- [11] 黄家柱,赵锐. 卫星遥感监测太湖水域蓝藻暴发[J]. 遥感信息,1999,(4):43-44.

Method of Monitoring Cyanobacteria in Taihu Lake Based on the Low Altitude UAV with Visible – near Infrared Sensor

ZHANG Wei, HE Zhengxing

(Suzhou Industrial Park Geone Information Technology Limited Corporation, Jiangsu Suzhou 215027, China)

Abstract: Due to limitations of the access cycle, traditional means of satellite remote sensing is difficult to ensure the timeliness of data in time frequency. The low – altitude UnmannedAerialVehicle(UAV) equipped with a small light sensor, its maneuvers, rapid, economic and other advantages play an increasingly important role in the field of environmental monitoring. In order to meet monitoring requirements of cyanobacteria in TaihuLake, a visible – near infrared sensor monitoring method has been found based on the low – altitude UAV. On the basis of system planning and design platform, selecting Meiliang Lake area of Taihu lake to carry out the experiment. Based on previous experiences, using the Visible and Near Infrared Bands, and its combination, cyanobacteria linformation can be extracted, and verified with the experimental data. The method can provide auxiliary means and decision support for preventing and managing cyanobacteria disaster.

Key words: UAV; visible – near infrared; cyanobacteria; Taihu lake