



新一代全球红树林遥感制图产品

郭华东^{1,2,3}

1. 可持续发展大数据国际研究中心, 北京 100094;

2. 中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100094;

3. 中国科学院大学, 北京 101408

E-mail: hdguo@radi.ac.cn

An innovative remote sensing product of global mangrove forests

Huadong Guo^{1,2,3}

¹ International Research Center of Big Data for Sustainable Development Goals, Beijing 100094, China;

² Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China;

³ University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101408, China

E-mail: hdguo@radi.ac.cn

doi: [10.1360/TB-2023-0487](https://doi.org/10.1360/TB-2023-0487)

红树林是全球生产力最高、生物多样性最丰富的生态系统之一, 具有独特的海陆过渡特征, 在维持滨海生态稳定、促进海陆能量循环中发挥着重要作用^[1,2]. 同时, 红树林作为海洋“蓝碳”生态系统的重要组成部分, 在减缓气候变化中扮演着重要角色^[3]. 研究表明, 海陆方向宽度大于100 m的红树林具有显著的防风消浪能力, 宽度大于1500 m的红树林可将1 m高的海浪消减至0.05 m^[4,5]. 此外, 红树林还具有促淤造陆、净化水质及景观旅游等生态功能, 为全球数亿滨海人口提供生计、庇护与社会经济产品^[6]. 综上所述, 红树林生态系统的保护、管理和恢复关乎地球生态安全与人类福祉, 具有重大意义^[7].

2015年9月25日, 联合国可持续发展峰会正式通过了《2030年可持续发展议程》, 该议程涵盖17个可持续发展目标(Sustainable Development Goals, SDGs)及169个相关具体目标(Targets)^[8]. 其中, 缺乏适用的数据是全球SDGs落实面临的重大挑战之一^[9]. 红树林与SDG 6、SDG 13、SDG 14等多项目标密切相关, 其可持续发展状况得到了联合国与国际社会的广泛关注^[10,11]. 评估红树林可持续发展状况的重要基础是准确的空间分布信息. 然而, 受潮汐周期性淹没的影响, 红树林环境背景复杂多变, 且只在最低潮时期短暂地全部裸露出水面^[12]. 全球尺度红树林的完整识别和快速、精准提取一直是红树林调查包括遥感制图的难点. 尽管目前已有全球尺度红树林遥感数据产品, 但这些产品存在一定的不足, 如漏分误差较大、“椒盐”噪声严重以及空间细节缺失等^[13].

针对上述问题, 可持续发展大数据国际研究中心、中国

科学院东北地理与农业生态研究所贾明明、王宗明联合武汉大学王超、美国罗德岛大学王野乔和美国俄克拉荷马大学萧向明等专家^[13], 研发了基于密集时序遥感大数据(超过100万景Sentinel影像)、云计算平台和面向对象机器学习算法的红树林分析和解译方法, 构建了首套10 m分辨率全球红树林遥感制图产品.

他们深入挖掘Sentinel-2卫星重访周期短(2~5天)的特点, 发展了高精度、高鲁棒性的最低潮影像自动合成方法, 构建了高质量的全球热带、亚热带滨海最低潮影像集, 并应用面向对象随机森林算法完整地提取了红树林斑块, 最终生成了10 m分辨率2020年全球红树林数据产品(HGMF_2020). 与已有的全球红树林数据产品相比, HGMF_2020具有以下三方面的优势: (1) 空间分辨率更高, 被精细刻画的红树林斑块包含具有地理学意义的属性信息, 如潮沟和林窗等; (2) 红树林斑块空间形态完整、边界清晰, 景观结构意义明确, 可直接用于后续的研究和分析; (3) 漏分误差较低, 包含更多零散分布的小面积红树林, 总体制图精度达到95%以上.

以HGMF_2020为基础, Jia等人^[13]从红树林空间分布、保护状况与受威胁状态、抵御自然灾害能力三个方面系统分析了全球红树林的保存现状. 结果表明, 2020年全球红树林总面积为145068 km², 其中96%位于热带地区; 亚洲红树林面积最大, 约占全球总面积的39.2%, 其次是非洲(19.3%)、南美洲(15.4%)、北美洲(14.3%)和大洋洲(11.9%). 全球共有红树林斑块336972个, 其中95%以上斑块的面积小于1 km², 可见红树林生境较为破碎.

同时,他们还分析了全球302个国际重要湿地、23个世界自然遗产地和数十个国家级保护地内的红树林状况。结果显示:(1) 全球44%的红树林位于保护地内部,略高于全球红树林联盟发布的数值(42%);(2) 南美地区受保护的红树林面积最大,南亚地区受保护的红树林比例最高,澳大利亚红树林保护地的面积最大。这些结果可以为SDG 6.6、SDG 14.2和SDG 14.5等子目标的进展评估提供数据支撑。

此外,全球99%以上的红树林海陆方向宽度大于100 m,

这表明全球几乎所有的红树林都具有明确的防风消浪作用。这一研究结果与SDG 1.5和SDG 14.4密切相关。

综上所述,贾明明、王宗明研究团队利用海量遥感数据完成的新一代全球红树林制图产品(HGMF_2020)具有空间分辨率高、制图精度高、应用前景广阔的优势与特点,可支撑联合国可持续发展议程、国际湿地公约、世界遗产公约、国际生物多样性公约、减少灾害风险框架等全球议程、国际条约和政策的制定和实施。

参考文献

- 1 Lin P, Zhang Y H, Yang Z W. Protection and restoration of mangroves along the coast of Xiamen (in Chinese). *J Xiamen Univ (Nat Sci)*, 2005, 44: 1–6 [林鹏, 张宜辉, 杨志伟. 厦门海岸红树林的保护与生态恢复. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2005, 44: 1–6]
- 2 Field C B, Osborn J G, Hoffman L L, et al. Mangrove biodiversity and ecosystem function. *Glob Ecol Biogeogr Lett*, 1998, 7: 3–14
- 3 Alongi D M. Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annu Rev Mar Sci*, 2014, 6: 195–219
- 4 Alongi D M. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuar Coast Shelf Sci*, 2008, 76: 1–13
- 5 Hashim A M, Catherine S M P, Takaijudin H. Effectiveness of mangrove forests in surface wave attenuation: A review. *Res J Appl Sci Eng Technol*, 2013, 5: 4483–4488
- 6 Friess D, Yando E, Alemu J, et al. Ecosystem services and disservices of mangrove forests and salt marshes. *Oceanogr Mar Biol*, 2020, 58: 107–142
- 7 Jia M M, Wang Z M, Mao D H, et al. Spatial-temporal changes of China's mangrove forests over the past 50 years: An analysis towards the Sustainable Development Goals (SDGs) (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 3886–3901 [贾明明, 王宗明, 毛德华, 等. 面向可持续发展目标的中国红树林近50年变化分析. *科学通报*, 2021, 66: 3886–3901]
- 8 Colglazier W. Sustainable development agenda: 2030. *Science*, 2015, 349: 1048–1050
- 9 Guo H, Liang D, Sun Z, et al. Measuring and evaluating SDG indicators with Big Earth Data. *Sci Bull*, 2022, 67: 1792–1801
- 10 Amezcaga J, Bathurst J, Iroumé A, et al. SDG 6: Clean water and sanitation-forest-related targets and their impacts on forests and people. In: Katila P, Pierce Colfer C J, Jong W De, et al., eds. *Sustainable Development Goals*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. 178
- 11 Friess D, Aung T, Huxham M, et al. SDG 14: Life below water-impacts on mangroves. In: Katila P, Pierce Colfer C J, Jong W De, et al., eds. *Sustainable Development Goals*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. 445
- 12 Wang L, Jia M, Yin D, et al. A review of remote sensing for mangrove forests: 1956–2018. *Remote Sens Environ*, 2019, 231: 111223
- 13 Jia M, Wang Z, Mao D, et al. Mapping global distribution of mangrove forests at 10-m resolution. *Sci Bull*, 2023, 68: 1306–1316