

关于海岸带和水体环境变化监测的 **ESA Dragon V GREENISH** 项目: 实验和初步结果

Antonio Pepe¹, Fabiana Calò¹, Pietro Mastro², Carmine Serio², Guido Masiello², Francesco Falabella^{1,2,3}, Fusun Balik Sanli⁴, Mustafa Ustuner⁵, Saygin Abdikan⁶, Caglar Bayik⁷, Nevin Betul Avsar⁷, Jiavi Pan^{8,9,10}, Adam Devlin^{8,9,10}, Tianliang Yang^{11,12,13}, Jinxin Lin^{11,12,13}, Xinlei, Huang^{11,12,13}, Yixian Tang¹⁴, Chao Wang¹⁴, Kun Tan^{15,16,17}, Wen Chen^{15,16,17}, Jingjing Wang^{15,16,17}, Peng Chen^{15,16,17}, Zhengjie Li^{15,16,17}, Chengfang Yao^{15,16,17}, Qing Zhao^{15,16,17}

1. Institute for Electromagnetic Sensing of the Environment (IREA), Italian National Research Council, 328, Diocleziano, 80124 Napoli, Italy;
2. School of Engineering, University of Basilicata, 85100 Potenza, Italy;
3. Institute of Methodologies for Environmental Analysis (IMAA), Italian National Research Council, Tito Scalo, 85050 Potenza, Italy;
4. Department of Geomatic Engineering, Yildiz Technical University, 34220 Istanbul, Turkey;
5. Department of Geomatic Engineering, Artvin Çoruh University, 08100 Artvin, Turkey;
6. Department of Geomatics Engineering, Hacettepe University, 06800 Beytepe Ankara, Turkey;
7. Department of Geomatics Engineering, Zonguldak Bulent Ecevit University, 67100 Zonguldak, Turkey;
8. Key Lab of Poyang Lake Wetland and Watershed Research of Ministry of Education, Nanchang 330022, China;
9. School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China;
10. Institute of Space and Earth Information Science, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, Hong Kong, China;
11. Key Laboratory of Land Subsidence Monitoring and Prevention, Ministry of Land and Resources, Shanghai 200072, China;
12. Shanghai Engineering Research Center of Land Subsidence, Shanghai 200072, China
13. Shanghai Institute of Geological Survey, Shanghai 200072, China
14. Aerospace Information Research Institute (AIR), Chinese Academy of Sciences (CAS); Beijing, China.
15. Key Laboratory of Geographical Information Science, Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China;
16. School of Geographic Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241, China
17. Key Laboratory of Spatial-Temporal Big Data Analysis and Application of Natural Resources in Megacities, Ministry of Natural Resources, Shanghai 200241, China

海岸带对许多国家的社会经济至关重要[1]。海岸带有多种用途和功用，但其容易受到极端事件和气候变化的影响。这些地区许多关键因素受到长期效应的影响，例如公共/私有基础设施监测、文化/自然遗产保护、风险管理和农业。海平面上升（SLR）、潮汐演变、洋流和极端天气事件的综合作用可能会对沿海、河流三角洲和内陆水域产生许多影响，包括水资源管理，进而对其他因素产生级联和不可预测的影响。ESA-DRAGON V GREENISH 项目[2]旨在对欧洲和中国受气候变化（如海平面上升、海岸洪涝和城市气候变化威胁）和人类活动影响（如填海造陆引起的地面沉降）的地区进行广泛的研究和分析，目的是研究开发新的基于遥感的环境监测方法。全球海平面加速上升，世界范围内潮汐也在变化，伴随这些风险的同时，全球低洼沿海地区在快速城市化和日益受到海岸洪涝侵扰。另一方面，随着经济的快速发展，内陆湖泊和河流等内陆水体系统也正在经历严重退化。

本项目的主要目标是：i) 使用传统和新型干涉 SAR 方法研究沿海/三角洲地区的地面变形；ii) 通过相干和非相干的变化检测分析，监测海岸带区域变化；iii) 使用高分辨率光学和合成孔径雷达卫星影像研究洋流和海岸之间的相互作用，例如海岸侵蚀；iv) 评估城市沿海地区的 SLR、潮汐演变和水文地质风险；v) 研究鄱阳湖及其连接河流之间的相互作用。vi) 利用多时相 SAR 影像开发大气相位校正方法；vii) 通过地理信息系统研究易受主要和次要风险影响的海岸带城市和内陆区域，并形成交互式地图，最后 viii) 培训年轻科学家。

既定的研究计划已经有序开展并且取得了一些成果，这些成果计划于 2022 年 10 月在线汇报。具体包括：我们处理了一系列欧洲沿海和三角洲地区的 SAR 数据，为进一步分析区域极端天气条件和泻湖、海平面上升的影响奠定了基础[3]。为此，我们还研究分析了 2019 年研究区最近发生的洪水事件的影响。并应用和实验了多种基于非相干变化检测的方法[4]-[5]。在中国研究区，我们将人工智能方法应用于城市背景下的 TerraSAR-X 图像时间序列，检测城市化过程引发的变化。对上海超大城市地区的减灾能力进行了评估，并对减灾能力关键指标进行了模拟和分析。我们还利用四个星载合成孔径雷达（SAR）卫星数据集研究了上海崇明岛近十年的地表形变的演变过程。

进一步分析了上海超大城市沿海地区的洪水风险。以上海为研究区，基于 2018 年至 2021 年成像的 167 景升轨 Sentinel-1 影像和 78 景降轨 COSMO-SkyMed 影像，利用 MT-InSAR 方法分别反演了两个卫星平台视线向(Line of Sight, LOS)形变时序结果。进而利用 MinA 方法融合

了两个卫星平台的形变时序, 获取了上海市沿海区域二维形变速率场, 提取了海堤所在像元的形变速率值后, 得到海堤在垂直和东西方向的形变速率。发现沉降主要发生在上海东部新成陆区, 其中浦东机场第 5 跑道及外围海堤沉降最为显著, 年平均速率达到了 20 mm/year。本文将海堤分为 40 个长度为 2 km 的单元, 利用海堤形变信息, 并结合极值水位数据, 计算出各段海堤的漫堤概率和表征溃堤概率的溃堤指标。海堤失效概率结果显示, 上海南部海堤总体上具有更高的漫堤和溃堤概率。利用 LISFLOOD-FP 水动力模型进行了各段海堤失效情景下, 100 年一遇洪水的危险性评估。永久散射体是在雷达影像中后向散射强且随时间稳定(不受时间、空间去相关和大气延时影响)的点, 基于方位向光谱分割算法(Azimuth Split-spectrum Algorithm, ASS)并设置相干阈值 0.35, 提取出在上下多普勒频带都具有相干性的永久散射体(即高相干点)。高相干点主要分布在人工建筑区域, 将高相干点密度(单位格网内高相干点数量)作为易损性指标, 估算了海堤失效后洪水引起的潜在损失。整体上上海南部海堤失效后的淹没面积相对较小, 但淹没区内高相干点密度更高, 因此海堤失效可能造成的损失更严重。东部海堤失效导致的淹没范围更大, 表现为滴水湖到浦东机场沿岸发生连续洪水入侵, 但由于淹没区内的耕地、水体和湿地面积大, 而人工建筑面积小, 评估出的潜在损失较小[7]。

还使用 Sentinel-1 数据集对土耳其伊斯坦布尔缓慢发生滑坡的地区进行了调查[8]。其他计划的研究正在进行中: i) 伊斯坦布尔/马尔马拉海海岸环境的分析, ii) 由地下资源开采(如环渤海地区的地下水和化石燃料开采)而导致的环渤海地区地面沉降的反演, iii) 洋流和海平面上升影响分析。

参考文献

1. Sengupta, D.; Chen, R.; Meadows, M.E. Building beyond land: An overview of coastal land reclamation in 16 global megacities. *Appl. Geogr.* 2018, 90, 229-238.
2. <https://dragon5.esa.int/projects/>
3. Mastro P, Calò F., Giordan D., Notti D., Pepe A., “On Monitoring the Impact of Floods and Extreme Weather Events in Protected Cultural Heritage Areas: The Venice Lagoon Case Study”, proceedings of Living Planet Symposium, 23 – 27 May, 2022, Bonn, Germany.
4. Lu, D.; Mausel, P.; Brondizio, E.; Moran, E. Change Detection Techniques. *Int. J. Remote Sens.* 2004, 25, 2365–2407.
5. Mastro, P.; Masiello, G.; Serio, C.; Pepe, A. Change Detection Techniques with Synthetic Aperture Radar Images: Experiments with Random Forests and Sentinel-1 Observations. *Remote Sens.* 2022, 14, 3323. <https://doi.org/10.3390/rs14143323>
6. Bates, P.D.; De Roo, A.P.J. A simple raster-based model for flood inundation simulation. *J. Hydrol.* 2000, 236, 54–77.

7. Tang, M.; Zhao, Q.; Pepe, A.; Devlin, A.T.; Falabella, F.; Yao, C.; Li, Z. Changes of Chinese Coastal Regions Induced by Land Reclamation as Revealed through TanDEM-X DEM and InSAR Analyses. *Remote Sens.* 2022, 14, 637. <https://doi.org/10.3390/rs14030637>.
8. Bayik, C.; Abdikan, S.; Ozdemir, A.; Arikan M.; Balik Sanli F.; Dogan U. Investigation of the landslides in Beylikdüzü-Esenyurt Districts of Istanbul from InSAR and GNSS observations. *Nat Hazards* 109, 1201–1220 (2021).