

## **Towards an End-to-End Analysis and Prediction System for Weather, Climate, and Marine Applications in the Red Sea.**

Ibrahim Hoteit, Yasser Abualnaja, Shehzad Afzal, Boujemaa Ait-El-Fquih, Triantaphyllos Akylas, Charls Antony, Clint Dawson, Khaled Asfahani, Robert J. Brewin, Luigi Cavaleri, Ivana Cerovecki, Bruce Cornuelle, Srinivas Desamsetti, Raju Attada, Hari Dasari, Jose Sanchez-Garrido, Lily Genevier, Mohamad El Gharamti, John A. Gittings, Elamurugu Gokul, Ganesh Hittawe, Ashok Karumuri, Omar Knio, Armin Köhl, Samuel Kortas, George Krokos, Ravi Kunchala, Leila Issa, Issam Lakkis, Sabique Langodan, Pierre Lermusiaux, Thang Luong, Jingyi Gopalakrishnan, Daquan Guo, Bilel Hadri, Markus Hadwiger, Mohammed Abed Hammoud, Myrl Hendershott, Mohamad Ma, Olivier Le Maitre, Matthew Mazloff, Samah El Mohtar, Vassilis P. Papadopoulos, Trevor Platt, Larry Pratt, Naila Raboudi, Marie-Fanny Racault, Dionysios E. Raitsos, Shanas Razak, Sivareddy Sanikommu, Shubha Sathyendranath, Sarantis Sofianos, Aneesh Subramanian, Rui Sun, Edriss Titi, Habib Toye, George Triantafyllou, Kostas Tsiaras, Panagiotis Vasou, Yesubabu Viswanadhapalli, Yixin Wang, Fengchao Yao, Peng Zhan, and George Zodiatis

**लाल सागर में मौसम, जलवायु और समुद्री अनुप्रयोगों के लिए एंड-टू-एंड विश्लेषण और भविष्यवाणी प्रणाली की ओर।** इब्राहिम होट, यासेर अबुलनजा, शहजाद अफजल, बौजेमैत-अल-फकीह, त्रियनताफ्यल्लोस अकीलास, चार्ल्स एंटनी, क्लिंट डासन, खालिद असफाहानी, रॉबर्ट जे. ब्रूइन, लुइगी कवालेरी, इवाना सेरोवेकी, ब्रूस कॉर्नुएल, श्रीनिवास देसमसेट्टी, राजू अट्टाडा, हरि दसारी, जोस सांचेज-गैरिडो, लिली जेनेवियर, मोहम्मद एल घरामती, जॉन ए. गिटिंग्स, एलामुरुगु गोकुल, गणेश हितावे, अशोक करमुरी, उमर कनियो, आर्मिन कोहल, सैमुअल कोरटास, जॉर्ज क्रोकोस, रवि कूचाला, लीला इस्सा, इस्साम लाकिस, सबिक लैंगोडन, पियरे लेरमुसिक्स, थांग लुओंग, जिंगयी गोपालकृष्णन, दाक्वान गुओ, बिलेल हदरी, मारकस हैडिगर, मोहम्मद अब्द हम्मौद, मायआरएल हेंडरशॉट, मोहम्मद मा, ओलिवर ले मैत्रे, मैथ्यू मैलॉफ, समाह अल मोहतार, वासिलिस पी. पापाडोपोलोस, ट्रेवर प्लैट, लैरी प्रैट, नायला रबूदी, मैरी-फैनी रैसॉल्ट, डिओन्यसिओस ई. राइटसोस, शानस रजाक, शिवरेड्डी सैनिकोम्मू, शुभा सत्येंद्रनाथ, सारंटिस सोफियानस, अनीश सुब्रमण्यन, रूई सन, एड्रीस्स तिति, हबीब टोय, जॉर्ज त्रिंताफिलोउ, कोस्टास त्सियारास, पनाजिओटिस वासु, येसुबाबू विस्वनधपल्ली, यिक्सिन वांग, फेंगचाओ याओ, पेंग ज़हान और जॉर्ज ज़ोडियाटिस

### **सार:**

लाल सागर, दुनिया में दूसरी सबसे लंबी प्रवाल भित्ति प्रणाली का घर, सऊदी अरब साम्राज्य के लिए एक महत्वपूर्ण संसाधन है। लाल सागर राज्य के पीने योग्य पानी का 90% अलवणीकरण, पर्यटन, शिपिंग, जलीय कृषि और मछली पकड़ने के उद्योगों का समर्थन करके प्रदान करता है, जो एक साथ देश के सकल घरेलू उत्पाद का लगभग 10% -20% योगदान करते हैं। ये सभी गतिविधियाँ, और लाल सागर क्षेत्र में कहीं और, गंभीर रूप से समुद्री और वायुमंडलीय स्थितियों पर निर्भर करती हैं। लाल सागर तट और ग्लोबल वार्मिंग के साथ मेगा-विकास परियोजनाओं के समय, प्राधिकरण अक्षय ऊर्जा और वर्षा जल संचयन सहित पर्यावरणीय संसाधनों के दोहन को अनुकूलित करने पर काम कर रहे हैं। इन सभी के लिए उच्च-रिज़ॉल्यूशन वाले मौसम और जलवायु संबंधी जानकारी की आवश्यकता होती है। इस दिशा में, हमने एक बहुआयामी अनुसंधान और विकास गतिविधि शुरू की है जिसमें हम एक एकीकृत डेटा-संचालित क्षेत्रीय युग्मित मॉडलिंग प्रणाली विकसित कर रहे हैं। मौसम और जलवायु चुनौतियों से निपटने के लिए दूरबीन से नेस्टेड घटकों में 5-किमी से 600 मीटर-संकल्प वायुमंडलीय मॉडल शामिल हैं, 4-किमी-से 50-मीटर-संकल्प महासागर मॉडल क्षेत्रीय और तटीय विन्यास के साथ सामान्य और मेसोस्केल परिसंचरण, 4-किमी-से 100-मीटर-संकल्प पारिस्थितिकी तंत्र मॉडल बायोजियोकेमिस्ट्री का अनुकरण करने के लिए, और 1-किमी-से 50-मीटर-संकल्प तरंग मॉडल का अनुकरण करने के लिए। इसके अलावा, एक पूरक संभाव्य परिवहन मॉडलिंग प्रणाली संदूषक प्लम, तेल रिसाव, और समुद्री पारिस्थितिकी तंत्र कनेक्टिविटी के फैलाव की भविष्यवाणी करती है। सटीक पूर्वानुमान के लिए उन्नत पहनावा डेटा आत्मसात क्षमताओं को भी लागू किया गया है। परिणामस्वरूप उपलब्धियों में क्षेत्रीय परिसंचरण की हमारी समझ में महत्वपूर्ण प्रगति और वैश्विक जलवायु, विकास और दीर्घकालिक लाल सागर क्षेत्रीय वायुमंडलीय-महासागरीय-तरंग पुनर्विशानला और पूर्वानुमान क्षमताओं के सत्यापन के लिए इसके संबंध शामिल हैं। इन उत्पादों को बड़े पैमाने पर शिक्षा, सरकार, और विभिन्न मौसम और समुद्री अध्ययन और संचालन, पर्यावरण नीतियों, नवीकरणीय ऊर्जा अनुप्रयोगों, प्रभाव मूल्यांकन, बाढ़ की भविष्यवाणी, और अधिक में उद्योग द्वारा इस्तेमाल किया जा रहा है।

**Abstract:**

The Red Sea, home to the second-longest coral reef system in the world, is a vital resource for the Kingdom of Saudi Arabia. The Red Sea provides 90% of the Kingdom's potable water by desalinization, supporting tourism, shipping, aquaculture, and fishing industries, which together contribute about 10%–20% of the country's GDP. All these activities, and those elsewhere in the Red Sea region, critically depend on oceanic and atmospheric conditions. At a time of mega-development projects along the Red Sea coast, and global warming, authorities are working on optimizing the harnessing of environmental resources, including renewable energy and rainwater harvesting. All these require high-resolution weather and climate information. Toward this end, we have undertaken a multipronged research and development activity in which we are developing an integrated data-driven regional coupled modeling system. The telescopically nested components include 5-km- to 600-m-resolution atmospheric models to address weather and climate challenges, 4-km- to 50-m-resolution ocean models with regional and coastal configurations to simulate and predict the general and mesoscale circulation, 4-km- to 100-m-resolution ecosystem models to simulate the biogeochemistry, and 1-km- to 50-m-resolution wave models. In addition, a complementary probabilistic transport modeling system predicts dispersion of contaminant plumes, oil spill, and marine ecosystem connectivity. Advanced ensemble data assimilation capabilities have also been implemented for accurate forecasting. Resulting achievements include significant advancement in our understanding of the regional circulation and its connection to the global climate, development, and validation of long-term Red Sea regional atmospheric–oceanic–wave reanalyses and forecasting capacities. These products are being extensively used by academia, government, and industry in various weather and marine studies and operations, environmental policies, renewable energy applications, impact assessment, flood forecasting, and more.