

Enhanced simulation of the Indian summer monsoon rainfall using regional climate modeling and continuous data assimilation.

Desamsetti Srinivas, Hari Prasad Dasari, Sabique Langodan, Yesubabu Viswanadhapalli, Raju Attada, Thang M. Luong, Omar Knio, Edriss S. Titi, and Ibrahim Hoteit

क्षेत्रीय जलवायु मॉडलिंग और निरंतर डेटा सम्मिलन का उपयोग करके भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून वर्षा का उन्नत अनुकरण।

देसमसेट्टी श्रीनिवास, हरि प्रसाद दसारी, सबिक लंगोडन, येसुबाबू विश्वनाथपल्ली, राजू अट्टादा, थांग एम. लुओंग, उमर नियो, एड्रिस एस. टिटी और इब्राहिम होटिट

सार:

यह अध्ययन भारतीय ग्रीष्म मानसून (आईएसएम) प्रणाली के अनुकरण को बढ़ाने के लिए एक सतत डेटा एसिमिलेशन (सीडीए) डायनेमिकल-डाउनस्केलिंग एल्गोरिदम का आकलन करता है। सीडीए एक गणितीय रूप से कठोर तकनीक है जिसे हाल ही में मोटे स्थानिक पैमाने के डेटा के साथ उच्च-रिज़ॉल्यूशन वाले वायुमंडलीय मॉडल की बड़े पैमाने की विशेषताओं को बाधित करने के लिए पेश किया गया है। यह स्पेक्ट्रल न्यूजिंग के समान है लेकिन स्केल अलगाव के लिए किसी स्पेक्ट्रल अपघटन की आवश्यकता नहीं होती है। यह आईएसएम के लिए विशेष रूप से प्रासंगिक होने की उम्मीद है, जिसमें बड़े पैमाने पर परिसंचरण और क्षेत्रीय भौतिक प्रक्रियाओं के बीच विभिन्न अंतःक्रियाएं शामिल हैं। नियंत्रण सिमुलेशन के साथ, मौसम अनुसंधान और पूर्वानुमान (डब्ल्यूआरएफ) मॉडल के साथ कई डाउनस्केलिंग सिमुलेशन आयोजित किए गए थे, जो सीडीए, स्पेक्ट्रल (विभिन्न तरंगों को बनाए रखना) और तीन विपरीत आईएसएम वर्षा ऋतुओं के लिए ग्रिड न्यूजिंग का उपयोग करके 10 किमी क्षैतिज संकल्प पर भारतीय मानसून क्षेत्र में कॉन्फिगर किए गए थे: सामान्य (2016), अधिकता (2013), और सूखा (2009)। सिमुलेशन $1 \times 1^\circ$ क्षैतिज रिज़ॉल्यूशन पर उपलब्ध वैश्विक एनसीईपी अंतिम विश्लेषण डेटा के भीतर नेस्टेड हैं। मॉडल आउटपुट का मूल्यांकन भारत मौसम विज्ञान विभाग (IMD) ग्रिडेड वर्षा और पांचवीं पीढ़ी के ECMWF वायुमंडलीय पुनर्विश्लेषण (ERA-5) के विरुद्ध किया जाता है। ग्रिड और स्पेक्ट्रल न्यूजिंग की तुलना में, सीडीए का उपयोग करने वाले सिमुलेशन भारतीय उपमहाद्वीप में उन्नत आईएसएम विशेषताओं का उत्पादन करते हैं, जिसमें निम्न-स्तरीय जेट, उष्णकटिबंधीय पूर्वी जेट, पूर्वी पवन कतरनी और सभी जांच किए गए आईएसएम मौसमों के लिए वर्षा वितरण शामिल हैं। प्रमुख आईएसएम प्रक्रियाएं, विशेष रूप से अरब सागर के ऊपर मानसून उलटा, मध्य भारत में क्षोभमंडलीय तापमान प्रवणता और नम स्थिर ऊर्जा, और मानसून क्षेत्र पर क्षेत्रीय पवन कतरनी, सभी सीडीए के साथ बेहतर रूप से सिमुलेटेड हैं। स्पेक्ट्रल न्यूजिंग आउटपुट तरंग संख्या की पसंद के प्रति संवेदनशील पाए जाते हैं, आईएसएम प्रणाली के मजबूत सिमुलेशन प्रदान करने के लिए सावधानीपूर्वक ट्यूनिंग की आवश्यकता होती है। इसके विपरीत, नियंत्रण और ग्रिड न्यूजिंग आम तौर पर ISM की कुछ मुख्य विशेषताओं को अच्छी तरह से पुनः उत्पन्न करने में विफल होते हैं।

Abstract:

This study assesses a Continuous Data Assimilation (CDA) dynamical-downscaling algorithm for enhancing the simulation of the Indian summer monsoon (ISM) system. CDA is a mathematically rigorous technique that has been recently introduced to constrain the large-scale features of high-resolution atmospheric models with coarse spatial scale data. It is similar to spectral nudging but does not require any spectral decomposition for scales separation. This is expected to be particularly relevant for ISM, which involves various interactions between large-scale circulations and regional physical processes. Along with a control simulation, several downscaling simulations were conducted with the Weather Research and Forecasting (WRF) model configured over the Indian monsoon region at 10 km horizontal resolution using CDA, spectral (retaining different wavenumbers) and grid nudging for three contrasting ISM rainfall seasons: normal (2016), excess (2013), and drought (2009). The simulations are nested within the global NCEP Final Analysis data available at $1 \times 1^\circ$ horizontal

resolution. The model outputs are evaluated against the India Meteorological Department (IMD) gridded precipitation and the fifth generation ECMWF atmospheric reanalysis (ERA-5). Compared to grid and spectral nudging, the simulations using CDA produce enhanced ISM features over the Indian subcontinent including the low-level jet, tropical easterly jet, easterly wind shear, and rainfall distributions for all investigated ISM seasons. The major ISM processes, in particular the monsoon inversion over the Arabian Sea, tropospheric temperature gradients and moist static energy over central India, and zonal wind shear over the monsoon region, are all better simulated with CDA. Spectral nudging outputs are found to be sensitive to the choice of the wavenumber, requiring careful tuning to provide robust simulations of the ISM system. In contrast, control and grid nudging generally fail to well-reproduce some of the main ISM features.