القدرة على التنبؤ بحالات الهطول المتطرفة وعلاقتها بظواهر الأنظمة الحركية العالمية خلال الفصل الرطب على المملكة العربية السعودية

رانا محمد عاطف
المشرف
أ.د منصور بن عطية المزروعي

المستخلص

يعد تقييم حالات الهطول المتطرفة أمرًا مهمًا بسبب تأثيراتها المحتملة على سبل العيش والنظام الإيكولوجي وإدارة موارد المياه. في هذه الرسالة تم تحليل حالات الهطول المتطرفة خلال الفصل الرطب (نوفمبر - أبريل) على المملكة العربية السعودية وارتباطها بحركة الغلاف الجوي العالمية خاصة في مناطق العروض الوسطى. علاوة على ذلك، تم إجراء محاولة لتحسين القدرة على التوقع والتنبؤ بحالات الهطول المتطرفة من خلال تحليل مخرجات نموذج المناخ العالمي لجامعة الملك عبد العزيز (Saudi-KAU GCM)، ومخرجات نموذج أبحاث الطقس والتنبؤ(WRF) ، وصور القمر الصناعي للرصد الجوي من الجيل الثاني (الميتيوسات MSG).

تم إجراء تحليلات التكرار والتركيب والارتباط لتقييم إحصائيات حالات الهطول المتطرفة وصلتها بظواهر الأنظمة الحركية العالمية باستخدام مجموعات بيانات محطات الرصد والبيانات المعاد تحليلها على التوالي. تم التعرف على حالات الهطول المتطرفة من خلال تطبيق النهج الإحصائي الغير الحدودي (٩٥%) باستخدام بيانات هطول الأمطار اليومية المرصودة للفترة ١٩٨٤-٢٠١٦ في ٢٧ محطة أرصاد جوية في المملكة العربية السعودية. خلال موسم الأمطار، كان معدل تكرار حالات الهطول المتطرفة (≤٢٥ ملم/يوم) أعلى في المناطق الساحلية الشمالية الشرقية والوسطى والجنوبية الغربية من المملكة العربية السعودية. وتُظهر تحليلات الارتباط والتركيب أن حالات الهطول المتطرفة فوق المملكة العربية السعودية ترتبط مع التتابع الموجي المحيطي العالمي (CGT) للعروض الوسطى. يعدل التتابع الموجي المحيطي العالمي (CGT) أخدود الهواء في طبقات الجو العليا فوق شبه الجزيرة العربية جنبًا إلى جنب مع نظام الضغط المنخفض السطحي الشاذ، والذي يعزز تدفق الرطوبة وتقارب الرياح المناسب لحدوث حالات الهطول المتطرفة على المنطقة. تُظهر أيضًا علاقة التقدم/التأخر بين الارتفاعات الجهدية على مستوى الـ ٥٠٠ هيكتوباسكال وحالات الهطول المتطرفة على المملكة العربية السعودية، وجود ارتباطاً قوياً بين حالات الهطول المتطرفة مع التتابع الموجي

المحيطي العالمي (CGT) في مناطق العروض الوسطى، والذي يتطور قبل أيام قليلة من ظهور حالات الهطول المتطرفة ويتلاشى بعد ذلك. كما تؤكد عمليات المحاكاة باستخدام النموذج السعودي المناخي (Saudi-KAU GCM) وجود التتابع الموجي المحيطي العالمي (CGT) في مناطق العروض الوسطى والتي تدعم حدوث حالات الهطول المتطرفة على المملكة العربية السعودية.

وأيضًا ترتبط حالات الهطول المتطرفة في المملكة العربية السعودية بالتذبذب الجنوبي للنينيو (إنسو)، والذي يوضح أنه خلال الطور الدافئ (البارد) الإنسو تزداد (تقل) حالات تكرار حالات الهطول المتطرفة في جميع أنحاء المملكة. ووجد أيضًا أن طور التتابع الموجي المحيطي العالمي (CGT)الإيجابي يرتبط بطور الإنسو الدافئ (النينو) بينما يرتبط طور التتابع الموجي المحيطي العالمي (CGT) السالب يرتبط بطور الإنسو البارد (اللانينا). وهذا الارتباط يكون من خلال الارتفاعات الضغطية والرياح في طبقات الغلاف الجوي العليا التي تولد ظروفًا مناسبة لحدوث حالات هطول متطرفة فوق المملكة العربية السعودية. علاوة على ذلك، فإن ظاهرة النينيو (مع التتابع الموجي المحيطي العالمي (CGT) الإيجابي) تعزز تكرار حالات الهطول المتطرفة على المملكة العربية السعودية في حين أن العكس يحدث في حالة اللانينا (مع التتابع الموجي المحيطي العالمي (CGT) السلبي).

ولتحسين التنبؤ بحالات الهطول المتطرفة، تم محاكاة حالات هطول متطرفة مختارة على مناطق مناخية مختلفة من المملكة العربية السعودية خلال فترة الدراسة باستخدام نموذج أبحاث الطقس والتنبؤ (WRF). وتبين النتائج أنه من الممكن تحسين التنبؤ الخاص بحالات الهطول المتطرفة بدرجة كبيرة عن طريق اختيار مخططات السحب الركامية المناسبة، ضمن نموذج (WRF). علاوة على ذلك، يمكن أن تكون درجة حرارة قمة السحب من تصوير الأقمار الصناعية (MSG) بمثابة مؤشر لهطول أمطار غزيرة وبالتالي مقدمة لحدوث هطول أمطار متطرفة والذي يمكن أن يكون مفيدًا كذلك في التنبؤ بالفيضانات المفاجئة في مناطق لا يوجد بها قياسات للأمطار.

Predictability of Extreme Precipitation Events and their relationship with large-scale phenomena during the wet season over the Kingdom of Saudi Arabia

Rana Muhammad Atif
Supervisor
Prof. Mansour Almazroui

ABSTRACT

An assessment of the Extreme Precipitation Events (EPEs) is important because of their potential impacts on the local livelihood, ecosystem, and water resources. In this Thesis, the EPEs during the wet season (Nov-Apr) over Saudi Arabia and their association with large-scale circulations particularly over the mid-latitude are analyzed. Moreover, an attempt is made to improve the EPEs predictability and forecast by using Saudi King Abdulaziz University Global Climate Model (Saudi-KAU GCM) simulations, Weather Research and Forecasting (WRF) Model simulations, and satellite imageries from Meteosat Second Generation (MSG).

The frequency, composite and correlation analyses are performed to evaluate the statistics of EPEs and their teleconnections using observed station and reanalysis datasets. The EPEs are defined by applying a non-parametric (95^{th} percentile) approach using observed daily precipitation data for the period 1984-2016 obtained from 27 meteorological stations over Saudi Arabia. During the wet season, the frequency of the EPEs (≥25mm/day) is higher over northeastern, central and southwestern areas of Saudi Arabia. The composites and correlation analyses show that the EPEs over Saudi Arabia are associated with mid-latitude circumglobal wave train (CGT). The CGT modulates the upper-level trough over the Arabian Peninsula along with the surface anomalous low-pressure system that enhances moisture flux and convergence, favoring the occurrence of EPEs over the region. A lead-lag relationship between 500 hPa geopotential heights and the EPEs over Saudi Arabia shows that the mid-latitude CGT pattern becomes visible few days before the onset of EPEs and decays afterward. Simulations from Saudi-KAU GCM also confirm the presence of CGT in the mid-latitudes favoring the occurrence of EPEs over Saudi Arabia.

The EPEs over Saudi Arabia are also associated with El Niño Southern Oscillation (ENSO). During the warm (cold) ENSO phase the frequency of EPEs increases (decreases) over the country. It is also found that positive CGT phase is associated with warm ENSO (El Niño) phase while negative CGT phase is linked with cold ENSO (La Niña) phase. ENSO and CGT cause the upper atmospheric geopotential heights and wind anomalies which generate suitable conditions for the occurrence of EPEs over Saudi Arabia. Moreover, the El Niño (with CGT in positive phase) enhances the EPEs frequency whereas, in case of La Niña (with CGT in negative phase) the EPEs frequency is reduced over Saudi Arabia. Madden-Julian Oscillation (MJO) also impacts EPEs occurrence over Saudi Arabia as increased (decreased) frequency is observed during 1, 2, 7, 8 (3, 4, 5, 6) MJO phases.

To improve the forecast of the EPEs, selected extreme precipitation cases over different climatic regions of Saudi Arabia during the study period were simulated using the WRF model. It is found that forecast of the EPEs can significantly be improved by selecting the suitable cumulus schemes, within the WRF model. Moreover, cloud top temperature from MSG satellite imageries can serve as proxy to heavy rainfall which can improve the nowcasting of an upcoming extreme precipitation event.