تأثير التغيرات الطبوغرافية الناتجة عن التدخل البشري على الاستجابة الهيدرولوجية لأودية مدينة مكة المكرمة ، المملكة العربية السعودية

إعداد

أسيف محمد هداية الله

إشراف

أ.د .محمد السيد عبدالفتاح الحاج

د .انيس فرج علي الشعباني

الملخص العربي

تساهم عدة أنشطة بشرية مثل تطوير المدن ، الاستغلال المفرط للمياه الجوفية، تعدد المشاريع التطويرية الكبرى، انشاء الطرق وشق الانفاق في التأثير على مسارات الأودية وطبوغرافيا سطح الأرض. الهدف من هذه الرسالة هو دراسة التغيرات الطبوغرافية الحاصلة بمنطقة مكة المكرمة باستخدام تقنية تداخل الضوئي للرادار ذو الفتحة الاصطناعية-PS InSAR وكذلك دراسة تأثير الأنشطة البشرية على الاستجابة الهيدرولوجية لأودية مدينة مكة المكرمة. تتميز مدينة مكة المكرمة (منطقة الدراسة) الواقعة في الجزء الغربي من المملكة العربية السعودية بتطور سريع في البنية التحتية الأساسية.

كخطوة أولى في هذه الدراسة، تم حساب سرعة الازاحة الأرضية باستخدام عدة صور من القمر الصناعي Sentinel-1 والتي تغطي سنتين من الزمن وكذلك تم الاستعانة بمجموعة من برامج تحليل صور الفضائية (الرادار) وبرامج التحاليل الإحصائية مثل StaMPS، SNAP، MATLAB وR . أظهرت النتائج أن سرعة التشوه في مدينة مكة المكرمة تتراوح بين -١٩,١ إلى +١٩,١ ملم / سنة خلال الفترة التالية: من ديسمبر ٢٠١٧ إلى يناير ٢٠١٩.

في الجزء التالي، تم تقييم جودة عدة نماذج ارتفاعات رقمية DEM (SRTM / ALOS / Copernicus / Sentinel-1) من خلال القيام بمقارنة مجموعة من النقاط التي تم انتقاؤها بطريقة عشوائية مع بيانات الارتفاع للخريطة الطبوغرافية لمدينة مكة المكرمة وكذلك مع بيانات حقلية GPS. بناءً على التحليل الاحصائي، تبين أن Copernicus و SRTM لهما أعلى دقة مقارنة ببقية النماذج و ذلك من خلال ارتباط طردي قوي $R^2_{Cop} = 0.978$ و R^2_{SRTM} ٠,٩٧٦ = على التوالي و أقل نسبة خطأ ٣,٨٩ م= $RMSE_{Cop}$ و ٤,٢٣ م = $RMSE_{SRTM}$.

تم استخدام برنامج Arc Hydro لاستخراج الخصائص المورفولوجية للأودية، ثم تم حساب المعلمات الجيومرفولوجية Horton-Strahler لإنشاء المنحنى المائي GIUH لبعض الأحواض المائية لمدينة مكة المكرمة مثل وادي النعمان، وادي الشرائع ووادي إبراهيم. من خلال تحليل النتائج، تم التوصل أن حوض وادي إبراهيم المستخرج من النموذج Copernicus انقسم إلى واديان فرعيين. يرجع هذا التغيير في مسار الوادي الرئيسي الى كثافة الأنشطة البشرية لتطوير البنية التحتية حول مدينة مكة المكرمة (مثل المشروع الضخم لتوسيع المسجد الحرام ، وإنشاء الطرق والمباني). هذا التغيير الذي طرأ على مستوى شكل وادي إبراهيم أثر بشكل واضح على معلمات المنحنى المائي أو الهيدروجراف GIUH مثل q_p , t_p. من ناحية أخرى، تتشابه أنماط تدفق الأودية في المناطق الجبلية للنموذجين SRTM و Copernicus وذلك بسبب غياب الأنشطة البشرية وعدم وجود تغيرات على مستوى الارتفاعات، أما في المناطق العمرانية، فان اتجاهات الأودية الأقرب تمثيلا للسطح الطوبوغرافي فهي التي تم استخراجها من نموذج الارتفاع الرقمي Copernicus. بالتالي تتميز نماذج الارتفاع الرقمي Copernicus مقارنة بباقي البيانات المفتوحة بالدقة والأكثر تحديثا من الناحية المكانية.

الكلمات المفتاحية: الأنشطة البشرية ، DEM ، PS-InSAR ، تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ، مدينة مكة.

EFFECT OF ANTHROPOGENIC TOPOGRAPHIC DEFORMATION ON HYDROLOGICAL RESPONSE IN MAKKAH CITY, SAUDI ARABIA

By

Asep Muhammad Hidayatulloh

Supervised By

Prof. Mohamed Elhag

Dr. Anis Chaabani

Abstract

The anthropogenic activities such as urbanization, overexploitation of groundwater recharge, land use landcover changes, extended construction projects, and improved road networks through cutting the mountains can affect topographic and watershed conditions. The aim of this study is to measure the deformation velocity using PS-InSAR technique and to investigate the effect of anthropogenic activities on the stream network and stream flow of the watershed. The study area is Makkah City, in the western part of the Kingdom of Saudi Arabia which has rapid infrastructure development and is the most important place for Muslims over the world. The deformation velocity was calculated using Sentinel-1 satellite images and the StaMPS code in SNAP, MATLAB, and R software. The four DEM datasets (SRTM, ALOS, Copernicus, Sentinel-1) were compared to the topographic map of Makkah City and GPS data in order to assess the quality of the DEM elevation. Arc Hydro tools was used to extract morphometric and Horton-Strahler ratios characteristics to create a GIUH hydrograph of the watersheds of Wadi Nouman, Wadi Al-Sharaea, and Wadi Ibrahim inside

Makkah City. The results show that deformation velocity in Makkah city ranged from -19.1 to +19.1 mm/year in the period December 2017 to January 2019. Based on the DEM comparison, Copernicus and SRTM have the highest accuracy with R^2 = 0.978 and 0.976, respectively and the lowest RMSE are 3.89 m and 4.23 m, respectively. Sentinel-1 and ALOS has the lowest R^2 with 0.902 and 0.968, and the highest RMSE = 6.31 m and 4.27 m, respectively. GIUH Copernicus DEM on wadi Nouman has a higher q_p and lower t_p (0.21 1/hr and 2.66 hr) than SRTM (0.20 1/hr and 2.75 hr), respectively. Copernicus also showed similarity in wadi Al-Sharaea (q_p 0.28 1/hr and t_p 2.05 hr) compared to SRTM (q_p 0.24 1/hr and t_p 2.32 hr). Due to the wadi having two shapes, the SRTM has a greater q_p and lower t_p than Copernicus in wadi Ibrahim. The stream network in the mountain area is almost similar for SRTM and Copernicus due to the dominant influence of the mountainous relief and the relatively inconsequential influence of anthropogenic activities and DEM noise. In the urban area, the variation of the stream network extracted from SRTM is high due to differing DEM noise and significant anthropogenic activities such as urban redevelopment. Indeed, the Copernicus DEM features the most reliable data quality compared to other open-source DEM and represents the most recent data.

Keywords: Anthropogenic activities, Deformation, PS-InSAR, DEM, GIS and Remote Sensing, Makkah City