

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران

الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة

باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

د. وليد شكري عبد الحميد يوسف

مدرس نظم المعلومات الجغرافية - قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية - كلية الآداب - جامعة أسيوط

د. الطاهر محمد محمود بسيوني شمس

مدرس نظم المعلومات الجغرافية - قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية - كلية الآداب - جامعة أسيوط

د. سحر نور الدين توفيق أحمد

مدرس الجيومورفولوجيا ونظم المعلومات الجغرافية - قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية - كلية الآداب - جامعة الإسكندرية

ملخص البحث:

ناقش البحث تطبيق النمذجة المكانية لدراسة الخصائص الهيدرولوجية للجريان السيلفي في حوض وادي إبراهيم (أحد أودية مكة المكرمة) الذي يضم الحرم المكي الشريف وبئر زمزم، وذلك باستخدام نموذج (SCS- CN) المعتمد من قبل هيئة حفظ التربة الأمريكية (US Soil Conservation Service)، وتطبيق المحاكاة الهيدروليكية التي تساعد في تصميم وسائل الحماية من أخطار السيول، واعتمدت الدراسة على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التعرف على خصائص الجيومورفولوجيا الحضرية لحوض الدراسة واشتقاق طبقات الغطاء الأرضي، والمجموعات الهيدرولوجية للتربة، واستخلاص قيم منحني الجريان المائي (CN)، وتم تجهيز عواصف مطرية مصممة لفترات عودة 100 سنة بالاعتماد على محطة الرصد الجوي لمدينة مكة المكرمة. وتوصلت الدراسة إلى تحديد حجم مياه السيل (m^3) والعمق (مم) والفواقد (مم) وزمن تركيز المياه بالحوض (بالساعة) وسرعة المياه (كم/ساعة)، وقد تم إعداد هيدروجراف السيل ومنحنى شدة المطر، وأظهرت النتائج زيادة خطر السيول المفاجئة على العمران الحضري في اتجاه المجرى الرئيس لحوض وادي إبراهيم، وبالإستعانة بالنمذجة

الهيدروليكية تم التنبؤ بحجم التدفق المائي ومحاكاة الجريان السيلبي، وتحديد مواقع العمران الحضري المتأثرة مكانياً بأخطار السيول، ووضع حلول لها مع تقييم مشروعات شبكات تصريف السيول الحالية. وتساعد هذه الدراسة المخططين وصانعي القرار في اتباع الطرق اللازمة لحماية المناطق الحضرية من أخطار السيول المحتملة قبل وأثناء وبعد حدوثها بمنطقة الدراسة .

الكلمات المفتاحية: الجيومورفولوجيا الحضرية، النمذجة المكانية، المحاكاة الهيدروليكية، التحليل الهيدرولوجي.

**Integration of Spatial modeling and Hydraulic Simulation
for Flash Flood Hazard on Urban areas in Wadi Ibrahim
in Makkah Al-Mukarramah
Using RS and GIS**

Waleed shokry Abd Elhamid Yousuf

Lecturer in Geographical Information System, Faculty of Arts, Assiut University

Eltaher Mohamed Mahmoud Shams

Lecturer in Geographical Information System, Faculty of Arts, Assiut University

Sahar Nour Eldin Tawfik Ahmed

Lecturer in Geomorphology and Geographical Information System, Faculty of Arts,
Alexandria University

Abstract

The research discussed the application of spatial modeling to study hydrological flow-flow in the Wadi Ibrahim Basin (one of the valleys of Makkah Al-Mukarramah), which includes the Holy Mosque and the well of Zamzam, using the (SCS-CN) Model approved by the US Soil Conservation Service, and the Application of hydraulic simulation that helps in designing means of Protection against the Floods hazard. The study relied on remote sensing techniques and geographic

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

information systems to identify the characteristics of urban geomorphology for the study basin and to create the layers of land cover, and the hydrological groups of the soil. And extracting the values of the water flow curve (CN), and rainstorms designed for return periods of 100 years were prepared based on the meteorological station for the city of Makkah Al-Mukarramah. The study reached to determine the volume of floods flow (m³), depth (mm), losses (mm), water concentration time in the basin (hour) and water velocity (km/h), floods hydrograph and the rain intensity curve were prepared, and the results showed an increase in the hazards of sudden flash floods on urban development in the direction of the main stream of the Wadi Ibrahim Basin, and using hydraulic modeling, the volume of water flow was predicted and the flow floods simulation was simulated. and Determining the sites of urban development that are affected by the flash floods hazards, and developing solutions for them, along with evaluating the projects of the current flood drainage networks. This study helps planners and decision makers to follow the necessary methods to protect urban areas from the potential hazard of floods before, during and after their occurrence in the study area.

Keywords: Urban Geomorphology, Spatial Modeling, Hydraulic Simulation, Hydrological Analysis.

مقدمة:

يعد رسم خريطة تقييم مخاطر السيول في المناطق الحضرية المستندة على علوم الجيوماتكس، والنمذجة الهيدرولوجية، والمحاكاة الهيدروليكية، أمراً مهماً لإدارة أحواض تصريف المياه لأجل عملية التخطيط والتنمية الحضرية المستدامة والحماية من مخاطر السيول، لا سيما في مدينة مكة المكرمة التي شهدت عدداً من السيول المفاجئة نتج عنها خسائر فادحة في الممتلكات والتأثير على شبكات البنية التحتية، على سبيل المثال في يوم ١٥ أبريل ٢٠٢٠م (وزارة المياه والكهرباء، ٢٠٢٠) أدت العواصف الرعدية الغزيرة إلى هطول أمطار وصلت إلى ١٧٢مم خلال فترة قصيرة لم تتجاوز ٣,٢١ ساعة في حوض تصريف مائي صغير المساحة، شديد الانحدار، إذ لم تتجاوز مساحته ٩٧كم^٢، مما تسبب إلى تولد جريان سيلبي مرتفع بلغ ١٤,٥ مليون م^٣، كما وصلت أعماق المياه المرصودة في بعض تجمعات المياه بالشوارع حوالي ١,٥٠م مصحوبة بسرعات عالية تحمل الكثير من السيارات والأنقاض، مما تسبب لأضرار جسيمة للمباني والممتلكات وتعطيل حركة السير.

ويعد الاستشعار عن بعد المقترن بنظم المعلومات الجغرافية ونماذج التحليل الهيدرولوجي والمحاكاة الهيدروليكية تقنيات مهمة في دمج المعلومات ومعالجتها وتحليلها من أجل تفهم سلوك الجريان السيلبي وتحديد مناطق الخطورة المحتملة بسرعة كبيرة وكفاءة عالية (Wang et al.2013).

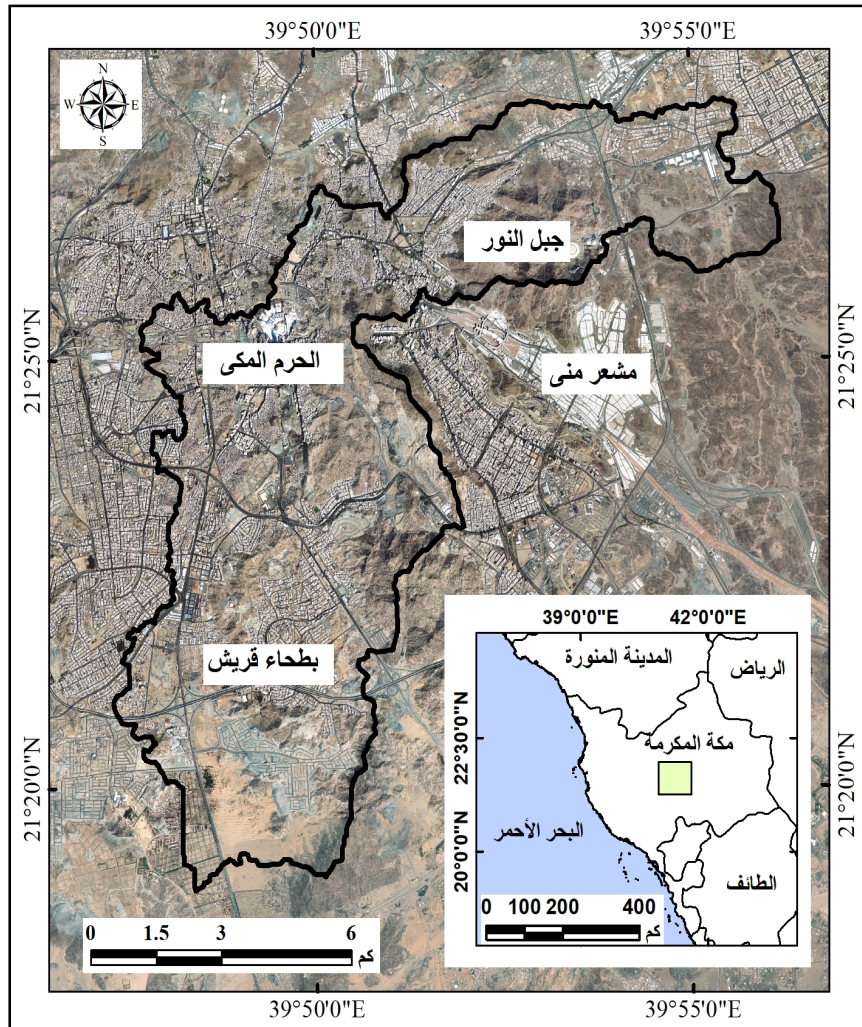
تحديد منطقة الدراسة:

يعد وادي إبراهيم أحد أهم الأودية المؤثرة على مدينة مكة المكرمة، ويقع بين درجتي عرض ٤٨° ١٨' ٢١° و ٢° ٢٨' ٢١° شمالاً، وبين خطي طول ١٨° ٤٧' ٣٩° و ١٢° ٥٦' ٣٩° شرقاً، ويتجه من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي، شكل (١)، وتبلغ مساحته ٩٧كم^٢، ويضم البلديات المركزية لمدينة مكة

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

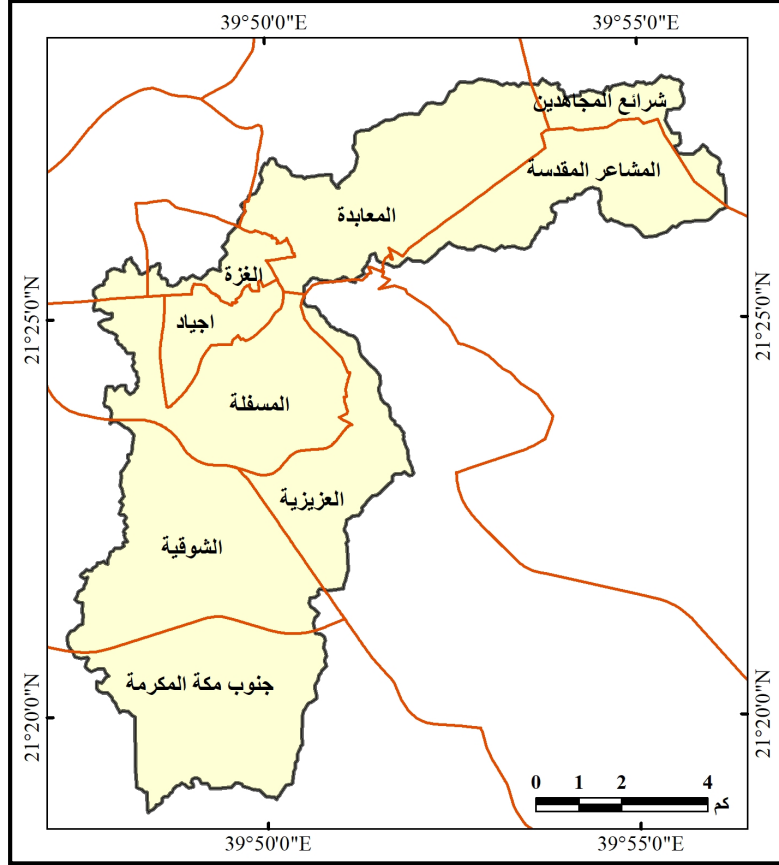
مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية وال تربوية

المكرمة، وهى: (المعابدة- الغزة- أجياد- المسفلة- الشوقية- الشرائع- المشاعر المقدسة- العزيزية- جنوب مكة) شكل (٢)، ويجمع مياهه من جبال ثبير وجبل النور في الشمال الشرقي من مدينة مكة المكرمة ويمتد باتجاه جنوبي غربي بطول ٢٤ كم، حتى يلتقي مع وادي عرنة.



المصدر: اعتماداً على التحليل الهيدرولوجي لنموذج الارتفاع الرقمي

شكل (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على مركز نظم المعلومات الجغرافية- أمانة مكة المكرمة

شكل (٢) موقع حوض وادي إبراهيم بالنسبة لبلديات مدينة مكة

مشكلة الدراسة:

أدى التغير في الظروف المناخية في السنوات الأخيرة إلى زيادة احتمالية حدوث جريان سيلبي في المناطق الحضرية ذات الطابع الجبلي، وقد شهدت مدينة مكة المكرمة أحداثاً مماثلة على الرغم من قيام الجهات المختصة بتطوير نظام تصريف مياه السيول، إلا أن السيول المفاجئة أظهرت عدم كفاءة نظام السيطرة الآلية لإدارة السيول طول فترة العاصفة المطرية، وساعد على ذلك تغير الغطاء الأرضي وجيومورفولوجية حوض الدراسة.

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

أهداف البحث:

توظيف نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد في تطبيق النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لدراسة الجريان السيلي المحتمل وخصائصه بحوض وادي إبراهيم ومحاكاة تأثيره على العمران الحضري، وتقييم وسائل الحماية من أخطار السيول وتقديم مقترحات تسهم في تخفيف خطر الجريان السيلي بمنطقة الدراسة، وتحديد المناطق المعرضة للسيول ووضع خرائط لأثر السيول على العمران الحضري على أساس الجيوماتكس والنمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية؛ وذلك لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة.

أهمية البحث:

في ضوء ما تتعرض له العاصمة المقدسة من العواصف المطرية المفاجئة والتي تتسبب في العديد من المشكلات المكانية المرتبطة بأخطار السيول، تأتي هذه الدراسة لتسهم في عملية إدارة السيول في حوض وادي إبراهيم، وتحليل خصائصها وأثارها المحتملة وتحديد مواقع الخطورة ووضع حلول تتناسب مع الطابع العمراني لمدينة مكة المكرمة.

الدراسات السابقة:

قدم عبد الرزاق (١٩٩٣) دراسة بحثية لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بالرياض "تقييم كميات السيول وأثارها في منطقة جنوب غرب المملكة" وهدف في دراسته إلى معرفة خصائص جريان السيول والتنبؤ بكمياتها وتكرارها، مع التطبيق على وادي عتود، ووضح في دراسته أن تحليل الصور الفضائية أظهر مدى الضرر الذي وقع على الأراضي الزراعية في سيل ١٩٩٠، وكشفت تقنية الاستشعار عن بعد التغيرات الطبيعية التي سببتها السيول، دراسة (Salim S., Thamer.M., Muhamad.Z.,2002) وتناولت دراسة المحاكاة

الهيدروليكية لحوادث الفيضانات في نظام نهر استوائي: دراسة حالة نظام نهر Linggi، دراسة سامي بن عايطي (٢٠٠٣) في رسالته للماجستير "برنامج مقترح لتوعية المواطنين من مخاطر السيول- دراسة حالة- وادي الليث بمنطقة مكة المكرمة" وقد هدف في دراسته إلى معرفة العلاقة بين مشكلات السيول واستخدامات الأرض في مجرى وادي الليث، دراسة الطويرقي (٢٠٠٣) وقدم فيها برنامج مقترح لتوعية المواطنين من مخاطر السيول بالتطبيق على وادي الليث بمنطقة مكة المكرمة في أكاديمية نايف العربية للعلوم الأمنية، دراسة الزهراني (٢٠٠٧) وفيها تناول تأثير مخاطر السيول على سلامة الحجاج بمشعر منى- مكة المكرمة، وأكدت الدراسة أن ضيق مساحة وادي منى ساعد على سرعة وصول الجريان السطحي من أطراف الحوض إلى منطقة المصب بسرعة شديدة، مما نتج عنه غرق سريع للشوارع واسكان الحجيج. دراسة بوروبه (٢٠٠٧) وهي دراسة هيدرولوجية لتقدير حجم سيول حوض وادي عتود بالمملكة العربية السعودية. دراسة (Mason et al., 2009) و (Shaaban et al., 2020) لتقييم أخطار السيول باستخدام الاستشعار عن بعد وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية بالاعتماد على الخصائص الهيدرولوجية والقرار الإحصائي متعدد المعايير، دراسة (Chen et al., 2009; Fox et al., 2012) وفيها تم تطبيق استخدام التطبيقات الجيوماتيكية لتقدير آثار أخطار الفيضانات المفاجئة على المناطق الحضرية فيما يتعلق بالتغيرات في استخدامات الأراضي، دراسات (Rawat et al., 2013) و (Attwa et al., 2021) وتناولت أثر السيول على العمران الحضري وتأثير التغير في استخدامات الأرض بأحواض التصريف المائي وعلاقته بتدفقات السيول. دراسة (Sidayao et al., 2014) والتي تناولت تكامل الجيوماتكس والنمذجة الهيدرولوجية الرياضية للتحليل المكاني لتعرض المناطق الحضرية لأخطار الفيضانات المفاجئة والتخفيف من احتمالية حدوث

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

أضرار، دراسات (Dewan and Yamaguchi, Rawat et al., 2013) (El Bastawesy et al., 2020) (El-Saadawy et al., 2020)، وهدفت هذه الدراسات إلى بيان أثر التعدي العمراني على الغطاء الطبيعي للأرض وما ينتج عنه من تعديلات كبيرة في السلوك الهيدرولوجي للأحواض. دراسة (Ashraf.A., Ahmed F., 2019) وتناولت تقييم أخطار السيول في حوض وادي النعمان جنوبي شرقي مكة المكرمة واعتمدت الدراسة على تكامل الجيوماتكس والنمذجة الهيدرولوجية، ودراسة (Waleed A. El-Saoud a, Abdullah Othman et al., 2020) وتناولت استخدام النمذجة الهيدرولوجية المتكاملة للجريان السطحي للمياه في تقييم مخاطر السيول في شرق مدينة مكة المكرمة (مشعر منى).

منهجية الدراسة وأساليبها وبياناتها:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي في دراسة العمران بمدينة مكة المكرمة، والتعرف على المفاهيم الجيومورفولوجية والهيدرولوجية والهيدروليكية، ودراسة وسائل الحماية من السيول، والمنهج التحليلي في تحليل البيانات التي تتعلق بالدراسة من صور الأقمار الاصطناعية ونماذج الارتفاعات الرقمية، حيث تم تحديد حوض وادي إبراهيم المؤثر على النطاق العمراني في مدينة مكة المكرمة وحساب المعطيات الهيدرولوجية له.

وتمت الدراسة على عدة مراحل، وهي : مرحلة جمع البيانات وفيها تم الحصول على صور الأقمار الاصطناعية من نوع Land Sat OLI من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS عام ٢٠١٩، ونموذج ارتفاع رقمي (DEM) بدقة ١٢,٥م، والبيانات المناخية لمحطة الرصد الجوي لمدينة مكة المكرمة خلال الفترة (١٩٩٥-٢٠٢٠). مرحلة الدراسة الميدانية، وتم خلالها القيام بالقياسات الميدانية والتقاط الصور الفوتوغرافية. مرحلة معالجة وتحليل

البيانات، وتم فيها إجراء التصحيح الهندسي للخرائط وصور الأقمار الاصطناعية، ومعالجة وتحليل ونمذجة البيانات والحصول على النتائج.

وقد تم إجراء النمذجة الهيدرولوجية من خلال تطبيق نموذج SCS-CN المعتمد من قبل هيئة حفظ التربة الأمريكية American Soil- Conservation Curve Number Service SCS-CN لتحديد حجم الجريان السيلي، ومن أهم مدخلاته معامل رقم منحنى الجريان المائي (CN)، ويعد هذا النموذج أكثر طرق تقدير الجريان السطحي انتشارا في الدراسات الهندسية ومشروعات إدارة الموارد الطبيعية، كما تم تجهيز معطيات النمذجة الهيدروليكية ومحاكاة تدفق السيل على العمران الحضري بمنطقة الدراسة خلال فترة حدوثه، وفيما يلي أهم هذه النماذج والمعادلات المستخدمة في الدراسة تبعاً (USDA- TR55, 1986p 3-6):

$$QV = (Q \times \frac{A}{1000})$$

حيث:

QV = حجم الجريان السطحي م³

Q = عمق الجريان السطحي مم

A = مساحة حوض التصريف المائي

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P + 0.8S)}$$

حيث:

Q = عمق الجريان السطحي مم Run off depth

P = الأمطار الساقطة مم

Ia = المستخلصات الأولية قبل بدء الجريان كالتسرب والامتصاص من قبل النباتات

والتبخر Initial Abstraction

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

$S =$ التجمع السطحي الأقصى بعد بدء الجريان السطحي مم (سمك التربة المشبعة بالمياه)
(S) Potential Maximum Retention after Runoff

$$S = \frac{(25400)}{(CN)} - 254$$

$$I_a = 0.2 \times S$$

$$TC = 0.057 \frac{L \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right) \cdot 7}{\sqrt{J}}$$

(George, 2009, P19)

حيث:

TC = زمن التركيز بالساعات Time of Concentration

L = طول الحوض كم

J = نسبة الانحدار %

CN = قيم الأرقام المنحنية

$$VW = L/TC$$

حيث:

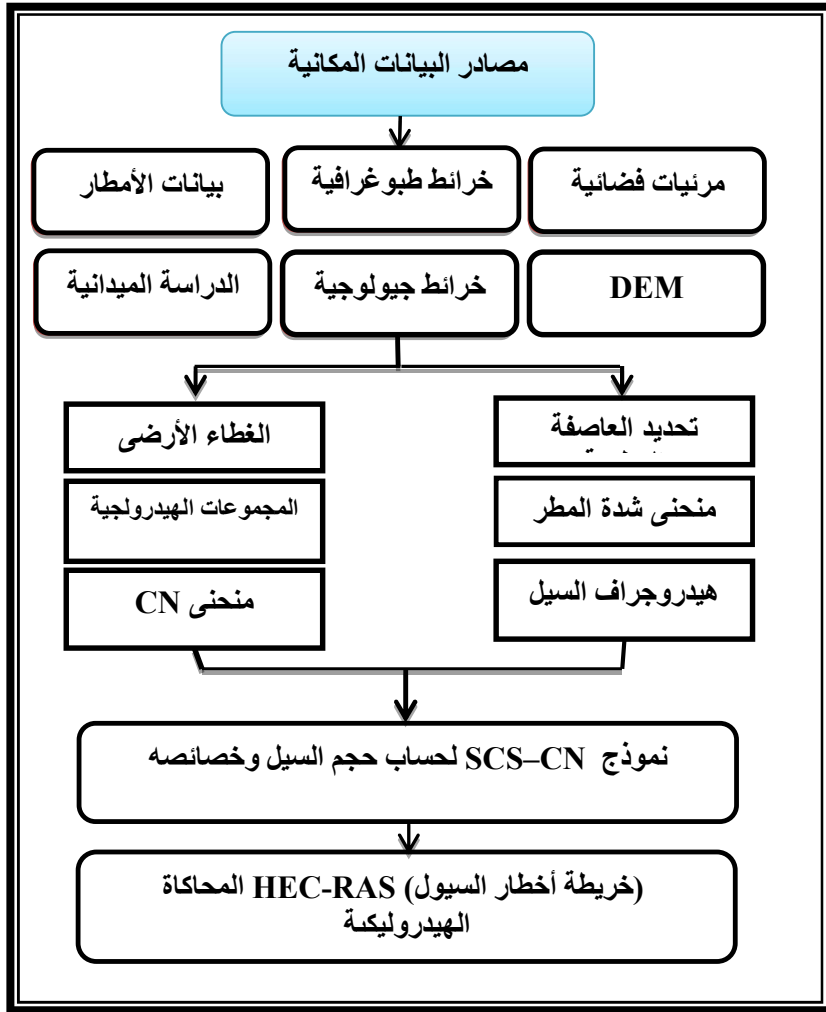
VW = سرعة المياه كم/الساعة

L = طول الحوض (كم)

TC = زمن التركيز

أما فيما يتعلق بالمحاكاة الهيدروليكية، فقد تم استخدام برنامج HEC-RAS المصمم من قبل مركز الهندسة الهيدرولوجية التابع لسلاح المهندسين الهيدرولوجيين بالجيش الأمريكي لتنفيذ النمذجة الهيدروليكية ثنائية الأبعاد، ومحاكاة انتشار التدفقات المائية للسيول وحساب أخطارها في المناطق الحضرية. وقد تم تطبيق النموذج الهيدروليكي ثنائي الأبعاد، بأربع مراحل: (أ) التصحيح أو إضافة بيانات هندسية للمقاطع العرضية والهيكل الهيدروليكية (ب)

إدخال بيانات ذروة التدفق المائي (ج) تعريف عام لخطة النموذج (يتم تعيين ملفات المدخلات للبيانات الهندسية على أساس نتائج النمذجة الهيدرولوجية التي تم إعدادها في الخطوات السابقة وإدخال نموذج الارتفاع الرقمي ١٢,٥ متر؛ (د) التنفيذ والتحقق من الحسابات الهيدروليكية.



شكل (٣) منهجية الدراسة

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

البرامج المستخدمة في الدراسة:

اعتمدت الدراسة على بعض البرامج المتخصصة التي لها القدرة في تجميع ومعالجة وتحليل ونمذجة البيانات المكانية، ويوضحها جدول (١).

جدول (١) البرامج المستخدمة في الدراسة

اسم البرنامج	نوع التطبيق
ARC GIS	معطيات نموذج SCS- CN
ERDASE IMAGENE	معالجة بيانات صور الاقمار الاصطناعية
WMS	التحليل الهيدرولوجي
HYFRAN	لتقدير احتمالية شدة هطول الأمطار القصوى لفترة عودة معينة
HEC-HMS	تحديد منحني شدة المطر وهيدروجراف السيل
HEC- RAS	المحاكاة الهيدروليكية لجريان السيل بحوض الدراسة

وجاءت الدراسة تبعاً للمحاور الآتية:

أولاً: الجيومورفولوجيا الحضرية لمنطقة الدراسة.

ثانياً: النمذجة المكانية لخصائص حجم التصريف السيلي.

ثالثاً: المحاكاة الهيدروليكية للأخطار المحتملة للسيول.

رابعاً: تقييم الوضع الراهن لشبكة تصريف السيول.

أولاً: الجيومورفولوجيا الحضرية لمنطقة الدراسة:

يؤثر عاملي التضاريس والانحدار في تحديد استخدامات الأرض والتوسعات العمرانية بمنطقة الدراسة، حيث اعتمدت وزارة الشؤون البلدية والقروية على تحديد المباني السكنية في مدينة مكة المكرمة على المنحدرات الجبلية التي لا تتعدى نسبة انحدارها ٣٠% (أمانة مكة المكرمة، ٢٠١٩).

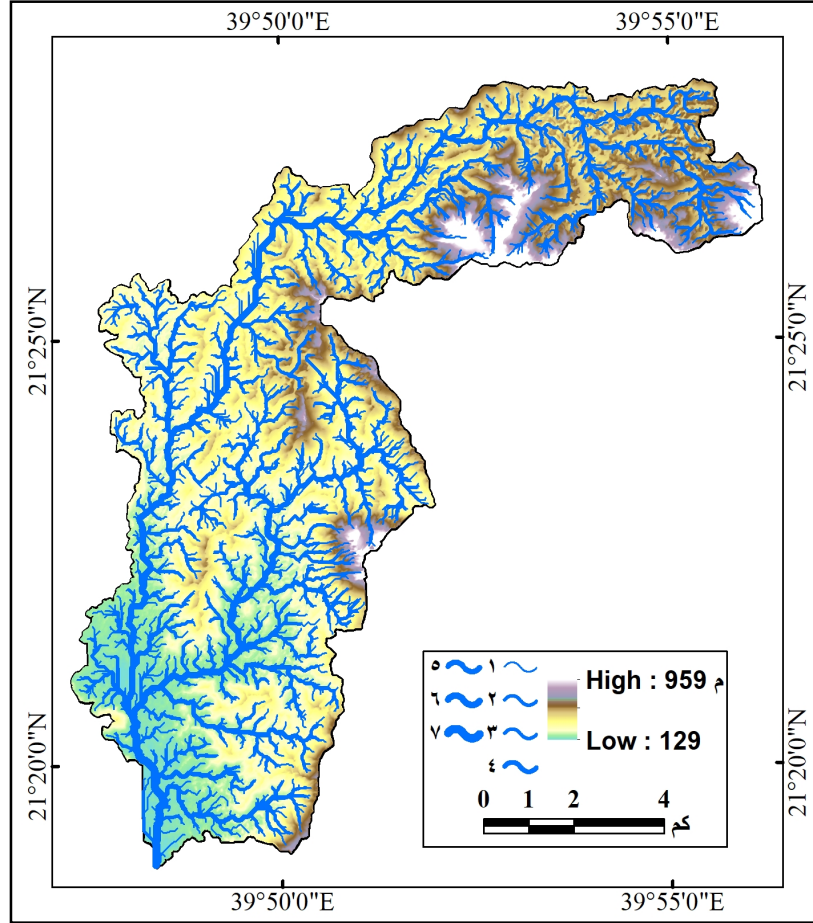
وتتسم مدينة مكة المكرمة بنمط عمراني خاص، حيث يمتد العمران بشكل إشعاعي من منطقة المسجد الحرام الوسطى إلى بطون الأودية المحيطة به، وتعد هذه الأودية في الفترة الحالية بمثابة شوارع داخلية، وانعكس ذلك على النسيج العمراني حيث يظهر بشكل مقطع نتيجة للجبال التي تفصل بين مجارى الأودية، إلا أنه نتيجة لزيادة الضغط السكاني وقلة المساحات المناسبة للتوسع العمراني تم اتصال النسيج العمراني فى بعض المواقع، وساعد على ذلك عمليات القطع الصخرى لأجزاء من الجبال وتشبيد الأنفاق لتعزيز سهولة الاتصال الحضري بين أحياء المدينة.

ومن تحليل ملف الارتفاعات الرقمية واشتقاق شبكة التصريف المائي، شكل (٤) والخرائط الطبوغرافية، يتبين أن حوض وادي إبراهيم يتكون من سبع رتب، ويتراوح ارتفاعه بين ١٣٠ : ٩٦٠م، ويتميز بالتضرس وتقطع سطحه وتباين درجات انحداره شكل (٥)، حيث تتراوح ما بين ٧ : ٥٦.٣٨ درجة بمتوسط قدره ١٢.٧ وانحراف معيارى ٩.٣، وتبين أن الحوض بشكل عام يتميز بشدة انحداره خاصة فى منابعه العليا فى الشمال الشرقي والشرق، مما يترتب عليه سرعة تدفق مياه السيول وصعوبة التوسعات العمرانية.

ويحيط بحوض الدراسة سلسلتين جبليتين الأولى فى الغرب والثانية فى الشرق وكل من هذه السلاسل له خصائصه وتأثيره على النسيج العمرانى. تتكون السلسلة الجبلية الغربية من جبال (النور، الخنساء، المعابدة، السيدة، السليمانية، المدافع، هندي، جبل الكعبة، جبل عمر) شكل (٦). وتتخذ هذه الجبال شكل قوس بداية من جبل النور فى الشمال الشرقي حتى الطرف الجنوبي من جبل عمر فى الجنوب.

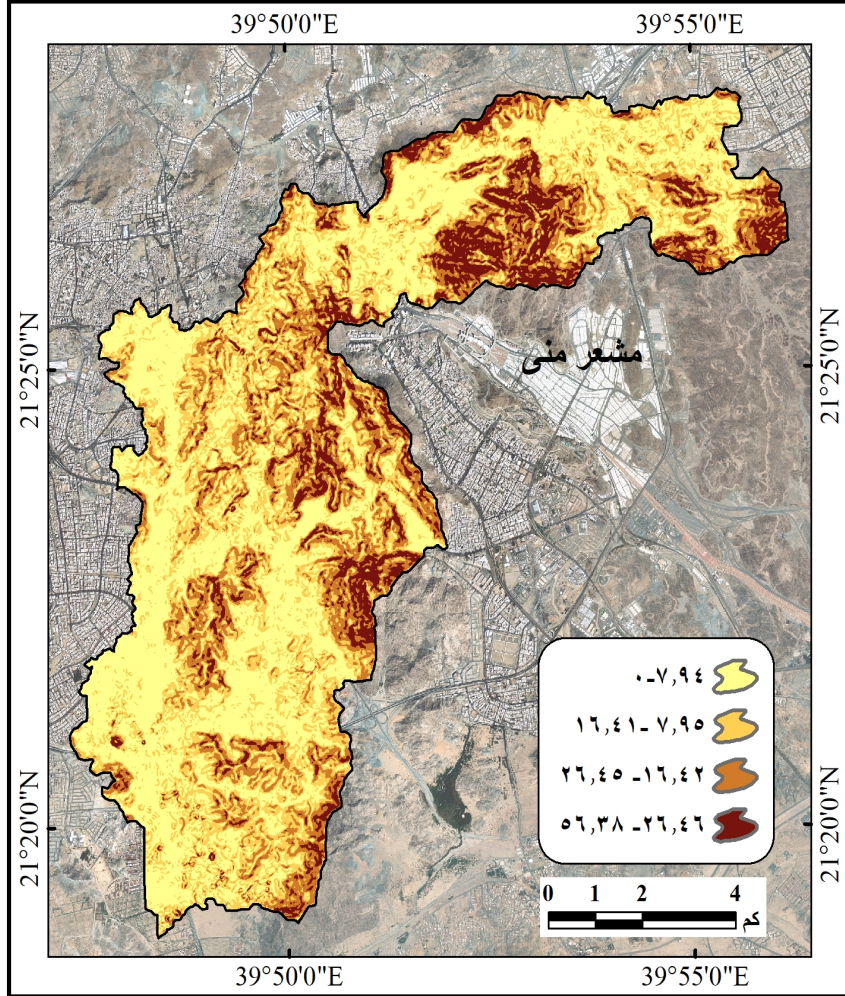
تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية



المصدر: اعتماداً على التحليل الهيدرولوجي

شكل (٤) شبكة التصريف المائي ونموذج الارتفاعات الرقمية لحوض وادي إبراهيم



المصدر: اعتماداً نموذج الارتفاعات الرقمية

شكل (٥) درجة الانحدار بحوض وادي إبراهيم

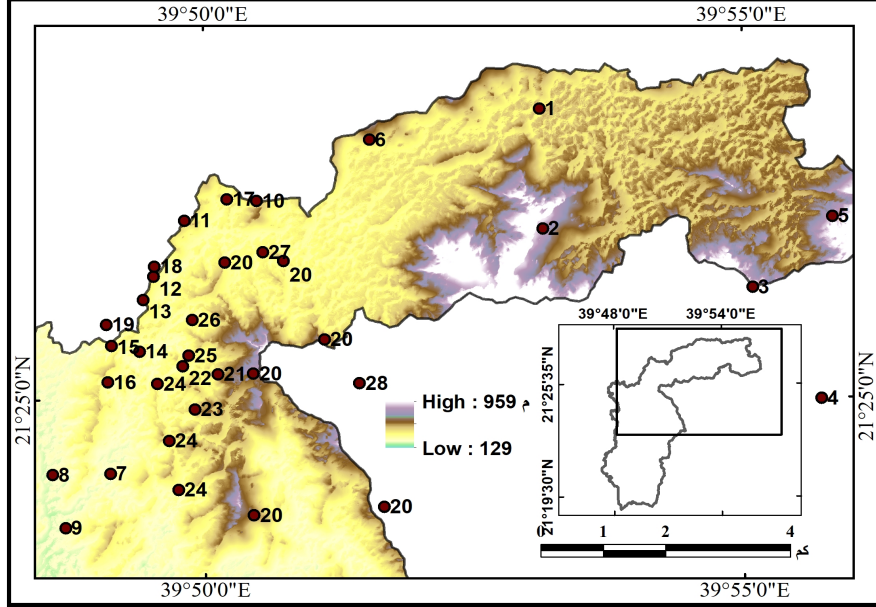
تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والترابوية

ويتميز سطح هذه السلسلة بتقطعها بعدد من الذنبيات والشعاب المنحدرة إلى وادي إبراهيم، ومن أهمها: ثنية الخانسة وتضم شعب الخنساء الذي يفصل بين جبل عيرة الشامية وبين أذاخر، وثنية أذاخر التي تقطع سطح جبل أذاخر، وثنية الحجون التي تفصل جبل أذاخر عن كتلة قعيقان، وثنية كُدى التي تفصل بين كتلة قعيقان وجبل عمر الذي يستمر بامتداد طولي لينتهي في جنوب مكة المكرمة.

وتتسم هذه الجبال بأنها قليلة الارتفاع نسبيا، حيث يصل ارتفاع جبل النور ٥٢٠م فوق مستوى سطح البحر، بينما جبل أذاخر لا يزيد ارتفاعه عن ٤٦٠م، أما قعيقان لا يتجاوز ارتفاعه ٤٢٠م، وجبل عمر لا يتعدى ارتفاعه ٣٥٠م. وقد ساعد الانخفاض النسبي لارتفاعات هذه السلسلة وتقطعها بالشعاب على التوسع العمراني بسفوحها.

أما فيما يتعلق بالسلسلة الجبلية الشرقية التي تحيط بوادي إبراهيم؛ فتبدو في شكل كتلة جبلية ضخمة تتسم بارتفاعها وشدة انحدارها مقارنة بالسلسلة الغربية، وتضم هذه السلسلة كتلة جبل خندمة التي تتحدر سفوحها الغربية والشمالية الغربية والجنوبية الغربية نحو وادي إبراهيم، ويتقطع سطحها من ناحية الغرب شعاب: أجياد السد وأجياد المصافي وعلي وعامر والملاوي وتتحدر هذه الشعاب من أعالي كتلة خندمة من سفوحها الغربية والشمالية الغربية، أما منحدرات هذه الكتلة من ناحية الشرق تجاه حي العريزية لا يوجد بها شعاب فهي كتلة متصلة تتسم بشدة انحدارها الذي تجاوز ٥٦ درجة.



المصدر: اعتماداً على تحليل الخرائط الطبوغرافية والمراجعة الحقلية

شكل (٦) يوضح أهم جبال وروافد وثنيات وادي وادى إبراهيم

١	وادي إبراهيم	١٥	جبل الكعبة
٢	جبل ثبير غيناء	١٦	جبل عمر (ثبير الزنج)
٣	جبل ثبير الأحذب	١٧	ثنية أذاخر
٤	جبل ثبير النصح	١٨	ثنية كداء (الحجون)
٥	جبل الطارقي (ثبير الأعرج)	١٩	ثنية كدى (حارة الباب أو ريع الرسام)
٦	جبل النور (حراء)	٢٠	جبل خندمة
٧	وادي إبراهيم	٢١	شُعب أجباد الصغير (أجباد السد)
٨	وادي طوى	٢٢	جبل أبى قبيس
٩	التقاء وادي إبراهيم مع وادي طوى	٢٣	شُعب أجباد الكبير (المصافى)
١٠	جبل المعابدة	٢٤	جبل خليفة
١١	جبل السيدة (أذاخر)	٢٥	شُعب بنى هاشم (شُعب على)
١٢	جبل السليمانية (الحجون)	٢٦	شُعب عامر
١٣	جبل المدافع (قرن)	٢٧	شُعب الملاوى
١٤	جبل هندي (قُغيقعان)	٢٨	حى الغزيرية

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

وبمطابقة خريطة العمران مع خريطتي الارتفاعات ودرجة الانحدار لحوض وادي إبراهيم، تبين تركيز العمران في منطقة الحرم المكي بحيي أجياد والغزة، أما في حي المسفلة فيلاحظ تبعثر العمران بجبل خندمة نتيجة شدة انحداره، وفي المعابدة يتقطع العمران بجبال ثور والنور، وفي منطقة الشوقية فيلاحظ تقطع العمران بجبل ثرد، أما في مخطط بطحاء قريش فيمتد العمران بشكل كبير نظرا لاتساع وادي إبراهيم عند مصبه واتصاله بوادي عرنه وخلوه من الجبال المرتفعة. كما امتد العمران متخذا أذرعاً سكنية في شعاب على وأجياد السد وأجياد المصافي.

ثانياً: النمذجة المكانية لخصائص التصريف السيلي بحوض وادي إبراهيم:

تعد النمذجة المكانية من أهم الطرق الحديثة لحل المشكلات المكانية المعقدة، خاصة في الحماية من الأخطار الطبيعية ومجالات التخطيط الحضري، ولتقدير حجم الجريان السيلي (م³) لحوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة، فقد تم تطبيق نموذج SCS-CN، الذي يعتمد على تصنيف الغطاء الأرضي والمجموعات الهيدرولوجية للتربة، ودمجها معاً فيما يعرف بقيمة منحنى الجريان المائي (Number Curve CN)، جدول (٢).

وتعبر قيم (CN) عن هيدرولوجية التربة من حيث قدرتها على امتصاص المياه، وتتراوح بين صفر إلى ١٠٠، وكلما اتجهت القيم إلى الصفر يكون السطح منفذاً للمياه، أما في حالة اقترابها من رقم ١٠٠، فإنها تدل على انخفاض نفاذية السطح للمياه، أما قيمة رقم المنحني ٥٠ فتدل على نوع من التوازن بين معدلات الجريان السطحي ومعدلات المياه (Ponce, V.M.; Hawkins, R.H)

جدول (٢) قيم CNS المقابلة لغطاءات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية للتربة

المجموعات الهيدرولوجية				الغطاء الارضى
D	C	B	A	
٩٣	-	-	-	صخور مكشوفة
-	٩١	٨٦	٧٧	تربة جرداء
-	٨٩	٨٥	٧٦	رواسب خشنة مفككة
٩٨	٩٨	٩٨	٩٨	طرق ومواقف اسفلتية واسقف مباني
٨٨	٨٥	٧٧	٦٣	غطاء نباتى بحالة فقيرة
٨٦	٨١	٧٢	٥٥	غطاء نباتى بحالة جيدة

After: USDA, 1986, P.24

ولدراسة الغطاءات الأرضية دوراً مهماً في السلوك الهيدرولوجي لأحواض التصريف المائي، حيث تم إجراء العديد من الدراسات لتقييم تأثير التغيرات في استخدامات الأراضي على الجريان السطحي ومنها دراسات: (Istomina, (M.N.; Kocharyan, A.G (Solín, L.; Feranec, J.Novacek, j)، وأثبتت الدراسات المماثلة أن زيادة الأنشطة الحضرية في مناطق التدفقات المائية تؤدي إلى زيادة في كمية الجريان المائي، وتقليل الوقت الذي يستغرقه السيل للوصول إلى ذروة التصريف.

وقد تمت عملية التصنيف الموجه للمريئة الفضائية لمنطقة الدراسة (Landsat-OLI)، ونتاج خريطة الغطاء الأرضي شكل (٧)، وتضم الفئات الآتية:

أ- الصخور المكشوفة:

وتمتد بالمرتفعات الجبلية في أعالي حوض الدراسة، وتتألف من صخور نارية ومتحولة، وتتسم بضعف مساميتها، إذ لا تسمح بتسرب كميات كبيرة من المياه وتشغل مساحة ٤٠.٢٠ كم^٢ من إجمالي مساحة حوض وادي إبراهيم.

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

ب- التربة الجرداء:

تغطي معظم المناطق الجبلية بمنطقة الدراسة، وتخلو من النباتات الطبيعية وتنتشر في أعالي ووسط حوض وادي إبراهيم، وتتسم بضعف تسربها للمياه، مما يترتب عليه زيادة الجريان السطحي، وتبلغ مساحة هذه الفئة ٧.٤ كم^٢ من إجمالي مساحة الحوض.

ج- طرق ومواقف أسفلتية ومباني:

تشمل الشوارع والمباني ومواقف السيارات، وتشكل مساحتها ٤٩.٣٦ كم^٢ من إجمالي مساحة الحوض.

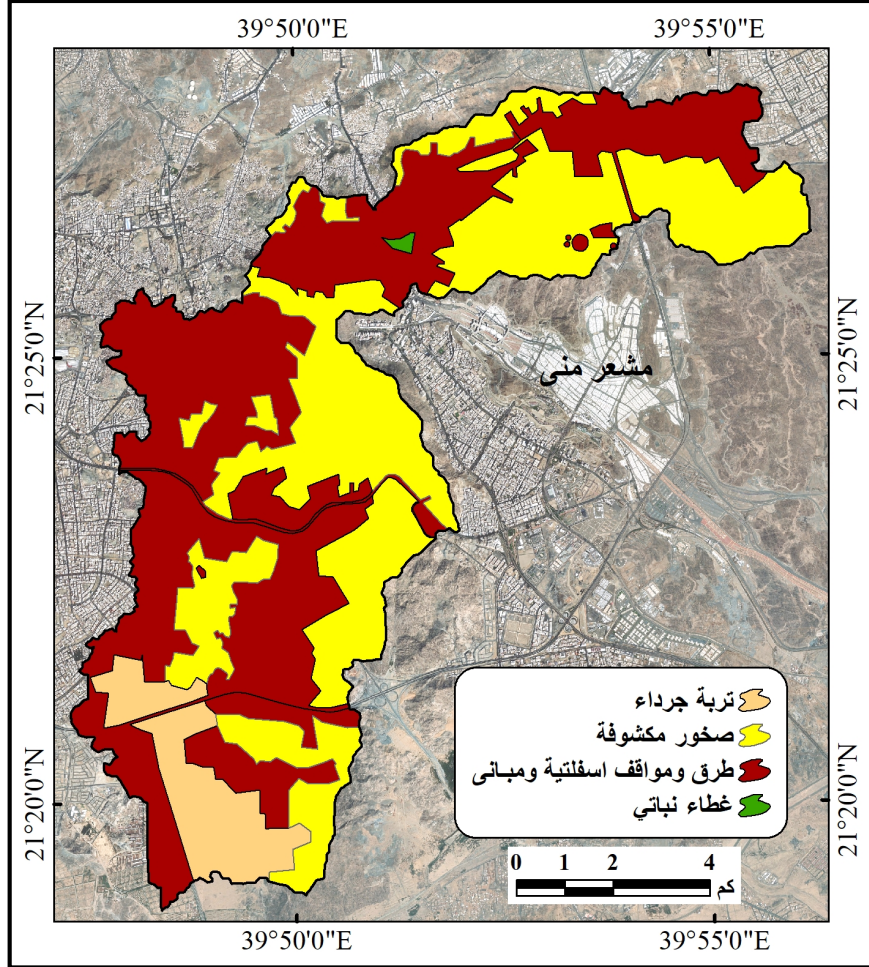
د- غطاء نباتي:

يشمل الجزر الوسطى بالشوارع والحدائق والمنتزهات، وتشغل مساحة ٠.١٤ كم^٢ من إجمالي مساحة الحوض.

جدول (٣) الغطاءات الأرضية بحوض وادي إبراهيم

م	الغطاء الأرضي	المساحة (كم ^٢)
١	تربة جرداء	7.40
٢	صخور مكشوفة	40.20
٣	طرق ومواقف أسفلتية ومباني	49.36
٤	غطاء نباتي	0.14

المصدر: اعتماداً على التصنيف الموجه لصور الأقمار الاصطناعية



تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

١- المجموعات الهيدرولوجية لتربة حوض وادي إبراهيم:

تم تحديد المجموعات الهيدرولوجية لحوض منطقة الدراسة تبعاً للتصنيف العالمي للمجموعات الهيدرولوجية للتربة (HSG) Hydrological Soil Groups وتبعاً لدراسة (Maidment, 1993, p. 5.25, 9.22) تم تصنيفها إلى مجموعات، وهي كالتالي:

فئة التربة B:

معدلات التسرب بها متوسطة عندما تكون رطبة تماماً، وتتألف من تربة عميقة إلى متوسطة العمق، وذات قوام ناعم إلى خشن، ويصل معدل انتقال المياه خلالها بين ٠,٣٨ - ٠,٧٦ سم/ساعة، ومن أهمها: السلت اللومي واللوم، وتغطي هذه الفئة ٠.١٤ كم^٢ من إجمالي مساحة الحوض.

فئة التربة C:

معدل التسرب بها منخفض عندما تكون رطبة تماماً، وتتكون من تربة ذات طبقة تعوق حركة المياه إلى الأسفل، وتتسم بقوامها الناعم إلى المتوسط، ويتراوح انتقال الماء بها بين ٠,١٣ - ٠,٣٧ سم/ساعة، وتبلغ مساحة هذه الفئة ٨٩.٥٦ كم^٢ من إجمالي مساحة الحوض.

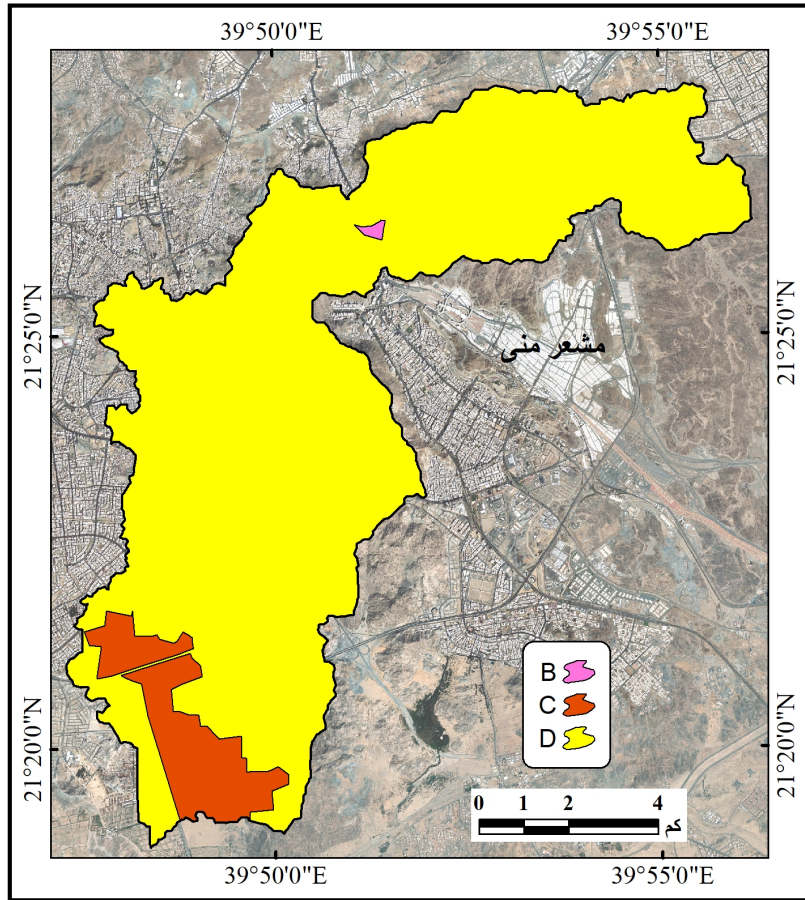
فئة التربة D:

تغطي حوالي ٧.٤٠ كم^٢ من إجمالي مساحة الحوض. جدول (٤) وشكل (٨)، وتشتمل على تربات من قشور صلصالية، وسلتية صلصالية، ورملية صلصالية، وتتسم بضحالتها وقلة سمكها، وتتركز عليها طبقة غير منفذة للمياه، كما تتسم بانخفاض معدل تسربها (٠ - ٠,١٣ سم/ساعة)؛ لذا ينتج عنها جريان سطحي عالي.

جدول (٤) المجموعة الهيدرولوجية للتربة

م	المجموعة الهيدرولوجية	المساحة (كم ^٢)
1	B	0.14
2	C	89.56
3	D	7.40

المصدر: اعتماداً على خريطة التربة والحالة المسبقة لتتبع التربة بالمياه



شكل (٨) المجموعات الهيدرولوجية للتربة لحوض الدراسة

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية وال تربوية

ونظراً لتغير قيم CN في أعالي الحوض عن قطاعه الأوسط والأدني؛ فقد تم حساب قيم منحنيات الجريان المائي الموزونة، ويرمز لها بالرمز CNS ويتم حسابها من خلال حاصل ضرب كل رقم CN في نسبة ما يمثله من مساحة في حوض التصريف المائي، ثم تجمع النواتج وتقسّم على ١٠٠ - شكل (٩)، وتراوح هذه القيم بين ٧٤ بمساحة ٠.١٣ كم^٢ وبين ٩٥ بمساحة ٤٩.٤٤ كم^٢، وبمتوسط قدرة ٨٦,٧٥ جدول (٥).

تم إعداد مدخلات نموذج SCS-CN لحساب حجم الجريان السيلي بالإعتماد على قيم منحنى الجريان المائي الموزونة CNS وكمية المطر الناتجة عن العاصفة المطرية التي سجلت بمحطة أرصاد مكة المكرمة، وكانت هذه المدخلات كما يأتي:

٢- العاصفة المطرية وخصائصها:

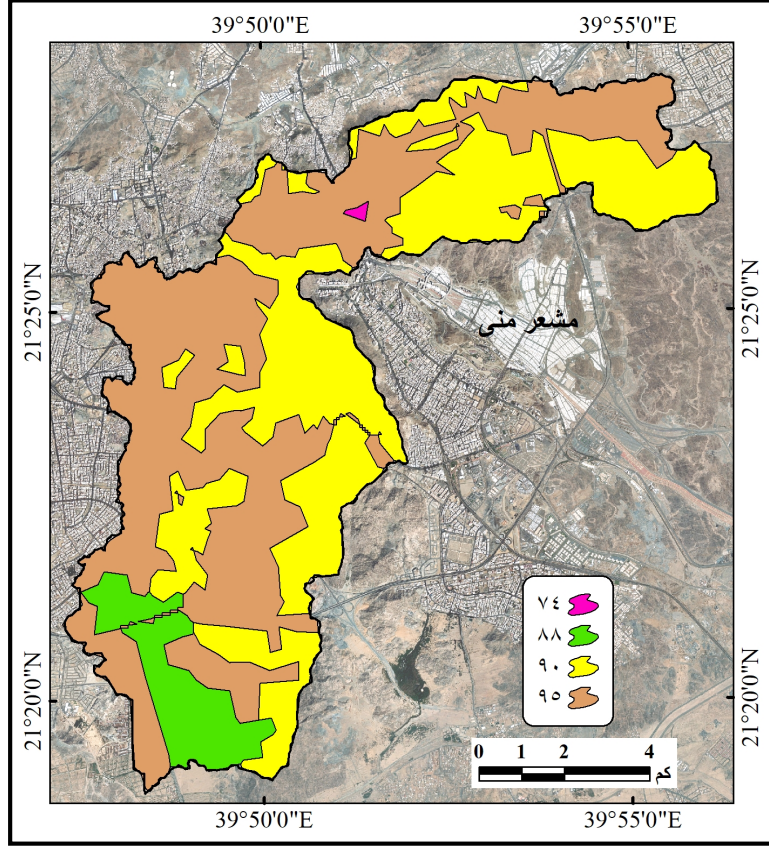
يعد التحديد الدقيق لكمية الأمطار التي تسقط على حوض وادي إبراهيم خلال العاصفة المطرية من أكثر العوامل التي تساعد في الحساب الدقيق لحجم السيل وخصائصه؛ ولزيادة الدقة فقد تم حساب احتمال تكرارية العواصف المطرية لفترة رجوع قدرها ١٠٠ سنة، ويوضحها جدول (٦).

وفي ذلك تم الاعتماد على سجلات محطات الرصد الجوي التابعة لوزارة المياه والكهرباء وحماية البيئة، خاصة محطة أمطار مكة المكرمة (J114).

جدول (٥) حساب منحنيات الجريان المائي الموزونة

المساحة (كم ^٢)	CNs	
0.13	74	1
7.41	88	2
40.08	90	3
49.44	95	4

المصدر: دمج طبقتي الغطاءات الأرضية والمجموعات الهيدرولوجية للتربة.



المصدر: اعتماداً على دمج طبقتي الغطاءات الأرضية والمجموعات الهيدرولوجية للتربة

شكل (٩) قيم منحني الجريان المائي الموزونة CNS لحوض الدراسة

جدول (٦) كمية الامطار المحتملة بطريقة Exponential لمحطة أمطار مكة المكرمة J114

سنة	سنة	سنة	سنة	سنة	سنة	سنة	سنة	فترة التردد (سنة)
100	50	25	20	10	5	3	2	كمية الامطار المحتملة بطريقة Exponential
172	146	120	112	86.3	60.6	41.6	26.6	

المصدر: تحليل بيانات الأمطار لمحطة الرصد الجوي بمدينة مكة المكرمة في برنامج HYFRAN

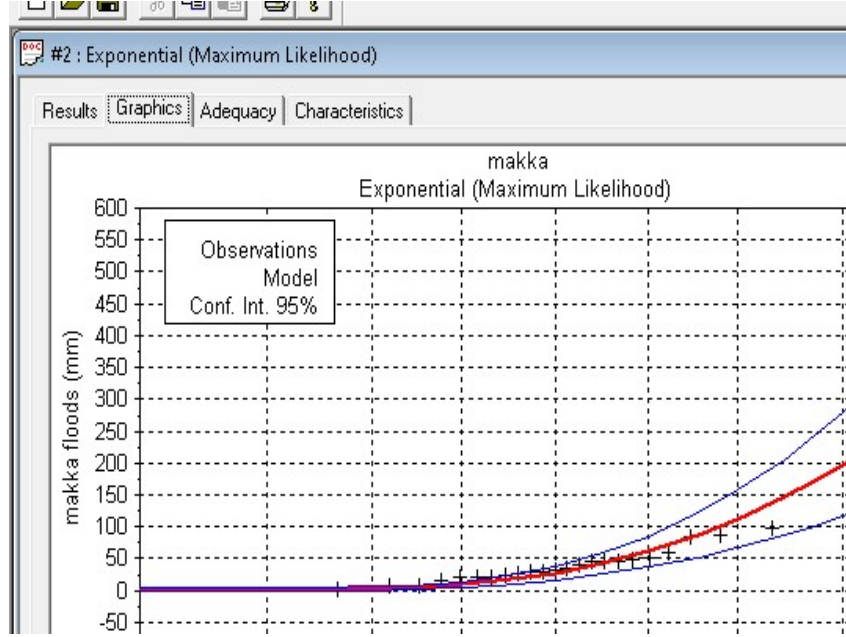
وتم تحديد العاصفة المطرية المحتملة الحدوث بدقة عالية لفترة زمنية

تكرارية قدرها ١٠٠ سنة، حيث يفضل خبراء الهيدرولوجي هذه الفترة التكرارية؛

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية وال تربوية

وذلك للاعتماد عليها في التصميم الهيدروليكي لقنوات التصريف، وكانت ١٧٢م، كما يتضح من جدول (٦) وتم الاعتماد على طريقة Exponential التي زادت من دقة تحديد العاصفة المطرية شكل (١٠).

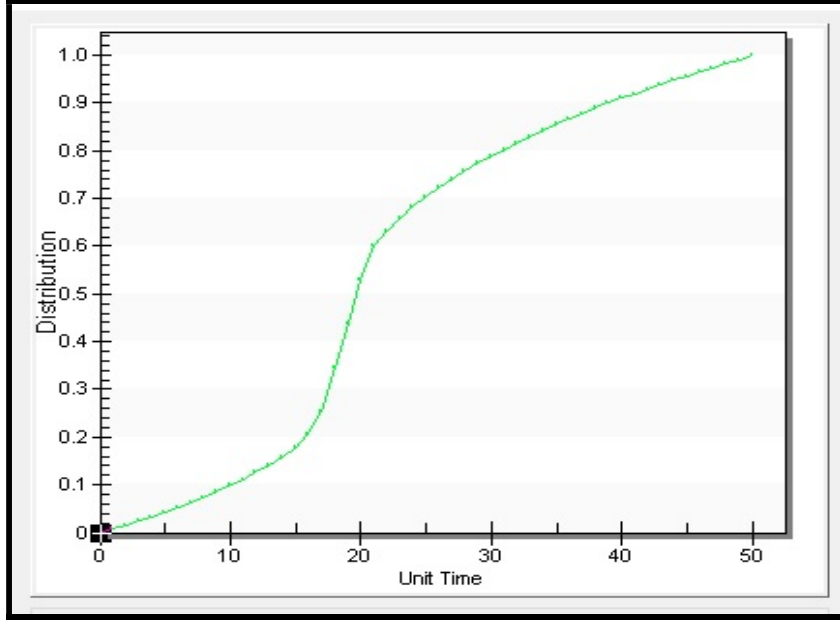


المصدر: تحليل بيانات الأمطار لمحطة أرصاد مدينة مكة المكرمة في برنامج HYFRAN

شكل (١٠) تحديد العاصفة المطرية المحتملة بطريقة

Exponential maximum likelihood

وللتعرف على خصائص العاصفة المطرية وشدتها، فقد تم إعداد منحنى شدة المطر، الذي يعبر عن العلاقة بين شدة المطر والزمن، كما بالشكل (١١). وتبين أن العاصفة المطرية المدروسة تتغير زمنياً في قوتها، فبداية من الدقيقة صفر إلى الدقيقة ١٠ تصبح العاصفة المطرية ضعيفة وليست منتشرة ومن الدقيقة ١٠ إلى الدقيقة ٢٠ تشتد ثم بداية من الدقيقة ٢٠ إلى الدقيقة ٣٠ تنتشر، وعند وصولها الدقيقة ٥٠ تصل إلى ذروتها وقوتها.



المصدر: تحليل بيانات العاصفة المطرية بالاعتماد على برنامج Hyfran plus
شكل (١١) خصائص العاصفة المطرية وشدتها

٣- معامل الإمكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالماء (S):

Potential Maximum Retention After Runoff

يعرف هذا المعامل بطاقة التخزين المائي للتربة، ويفيد في معرفة أقصى قدرة لاحتفاظ التربة بالماء بعد بدء الجريان السطحي، ويستدل عليه بسمك التربة المشبعة بالمياه.

يشير الجدول (٦) والشكل (١٢) إلى تباين التوزيع الجغرافي لمعامل الإمكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالماء بحوض وادي إبراهيم، إذ تراوحت القيم بين ١٣م تغطي مساحة ٤٩.٤٤ كم^٢، و ٨٩م بمساحة ٠.١٣ كم^٢، بمتوسط ٤١م، وبالتالي يتبين انخفاض قيم هذا المعامل بشكل واضح؛ ويرجع ذلك لزيادة مساحة العمران ومساحة المنحدرات الجبلية ذات التربة الجرداء، ومن ثم تزداد احتمالية حدوث جريان سطحي عالي نتيجة هذه العوامل وتدني قيمة هذا المعامل.

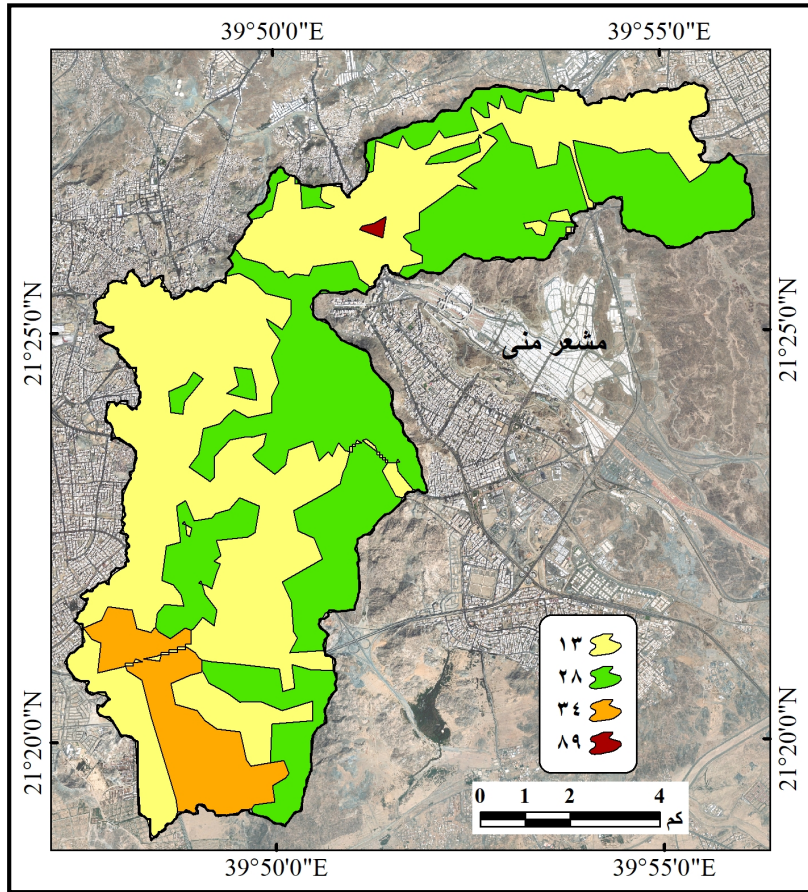
تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
 د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية وال تربوية

جدول (٧) معامل الإمكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالماء S (مم)

م	سمك التربة المشبعة بالمياه (مم)	المساحة (كم ^٢)
١	١٣	٤٩,٤٤
٢	٢٨	٤٠,٠٨
٣	٣٤	٧,٤١
٤	٨٩	٠,١٣

المصدر: اعتماداً على معادلة معامل الامكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالمياه ضمن نموذج SCS-CN.



المصدر: اعتماداً على نتائج معادلة معامل الامكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالمياه

شكل (١٢) سمك التربة المشبعة بالماء/ معامل امكانية التربة على الاحتفاظ بالمياه (مم) بحوض وادي إبراهيم

٤- معامل الاستخلاص الأولي (Ia) Initial abstraction

يعبر هذا المعامل عن فواقد المياه من خلال التبخر والتسرب من مواقع تجمعات مياه السيول قبل بدء الجريان السطحي، وتقدر قيمة هذا المعامل بخمس قيمة معامل الإمكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالماء، وتشير القيم القريبة من الصفر إلى قلة كمية الفواقد، مما يساعد على توليد كميات كبيرة من مياه الجريان السطحي والعكس.

تم تقدير معامل الاستخلاص الأولي لحوض وادي ابراهيم، ومن خلال شكل (١٣) وجدول (٨)، إذ تراوحت قيم المعامل ما بين ٢,٦ مم بمساحة ٤٩.٤٤ كم^٢، و ٦,٩ بمساحة ٠.١٣ كم^٢.

وبصفة عامة؛ يتضح انخفاض معامل الاستخلاص الأولي بحوض الدراسة، حيث يصل متوسطه العام ٤.١٨ مم وبانحراف معياري ١.٧، مما يشير إلى زيادة احتمالية أخطار السيول بمنطقة الدراسة أثناء حدوث العواصف المطرية.

جدول (٨) معامل الاستخلاص الأولي لحوض الدراسة

الفئة	Ia معامل الاستخلاص الأولي	المساحة (كم ^٢)
1	٢,٦	٤٩,٤٤
2	٥,٦-٢,٧	٤٠,٠٨
3	٦,٨-٥,٧	٧,٤١
4	١٨-٦,٩	٠,١٣

المصدر: اعتماداً على نتائج معادلة معامل الاستخلاص الأولي لمنطقة الدراسة

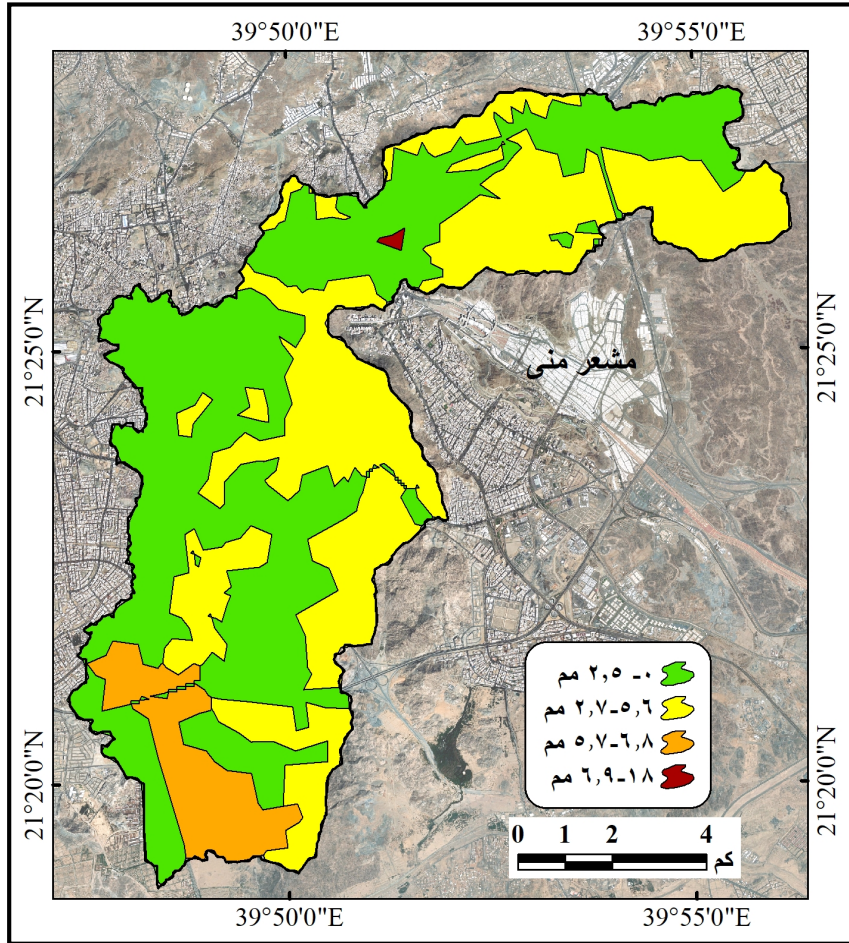
٥- عمق الجريان السطحي للمياه Runoff Depth (Q):

يعبر هذا المعامل عن سمك مياه الأمطار المتبقية، ويكون لها القدرة على الجريان السطحي خلال العاصفة المطرية، ويتأثر بـ CN من حيث نوع التربة

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والثرورية

ومقدار النفاذية. ويتبين من جدول (٩) وشكل (١٤) أن سمك الجريان السطحي بالحوض يتراوح بين ٩٧,٧٧ مم - ٣٧,٨٢ مم، بمتوسط عام ٤٩ مم، وبانحراف معياري ٨.٢١؛ مما يشير إلى احتمالية حدوث جريان سيلبي شديد.



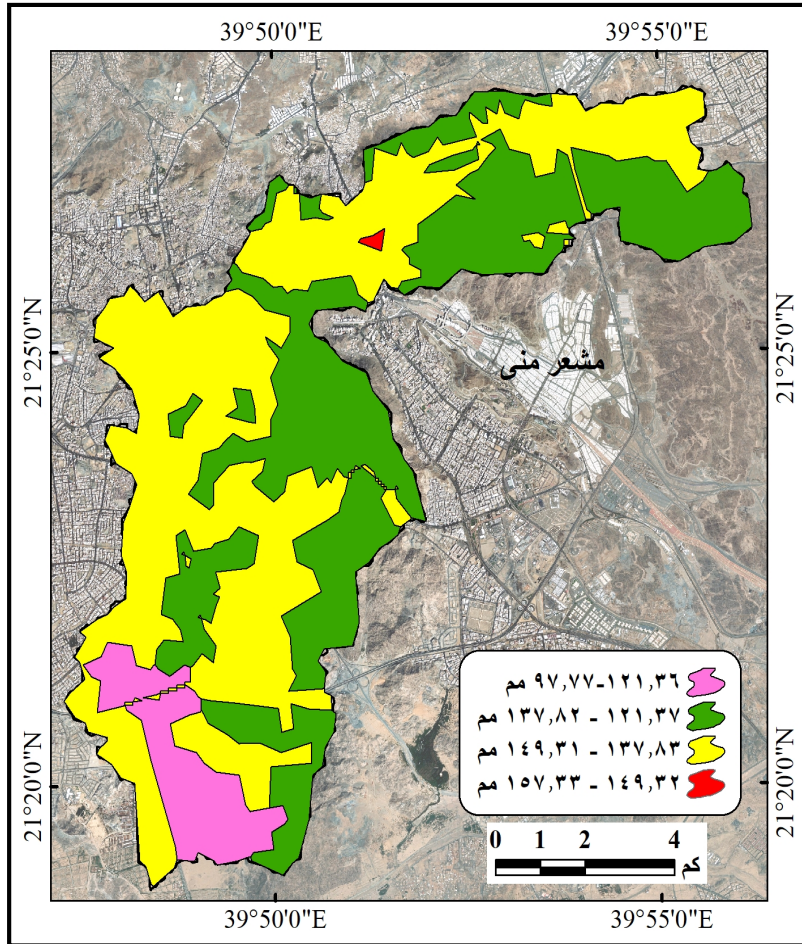
المصدر: اعتماداً على نتائج معادلة معامل الاستخلاص الأولى لمنطقة الدراسة

شكل (١٣) معامل الاستخلاص الأولي Ia لحوض الدراسة

جدول (١٤) عمق الجريان السطحي للمياه Q لحوض الدراسة:

الفئة	عمق الجريان السطحي	المساحة (كم ^٢)
١	١٣٧,٨٢-١٢١,٣٧	٤٠
٢	١٤٩,٣١-١٣٧,٨٣	٤٩,٤٤
٣	١٥٧,٣٣-١٤٩,٣٢	٠,١٣
٤	١٢١,٣٦-٩٧,٧٧	٧,٤١

المصدر: اعتماداً على معادلة عمق الجريان السطحي للمياه بمنطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على معادلة عمق الجريان السطحي للمياه بحوض وادي إبراهيم

شكل (١٤) عمق الجريان السطحي q مم لحوض الدراسة

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

٦- حجم الجريان المائي السطحي لحوض وادي إبراهيم:

تم حساب حجم الجريان السطحي في حوض وادي إبراهيم على مستوي مساحة كل بيكسل ومساحة إجمالي الحوض. ويشير الجدول (١٠) والشكل (١٥) إلى قيم حجم الجريان السيلي للعاصفة المطرية المدروسة التي تراوحت بين ٣م^٣٦٣.٨ و ٣م^٣٥٨٥.٤١، بمتوسط ٣م^٣٥٥٦.٤٠، وانحراف معياري ٠.٣٠.٥٧، كما بلغ مجموع الجريان السطحي لإجمالي حوض وادي إبراهيم (٣م^٣١٤٥٢٣٩٤٠.٥٧) مما يشير إلى ارتفاع حجم الجريان السيلي بالحوض بالنسبة لمساحته.

جدول (١٠) حجم الجريان السطحي في حوض وادي إبراهيم

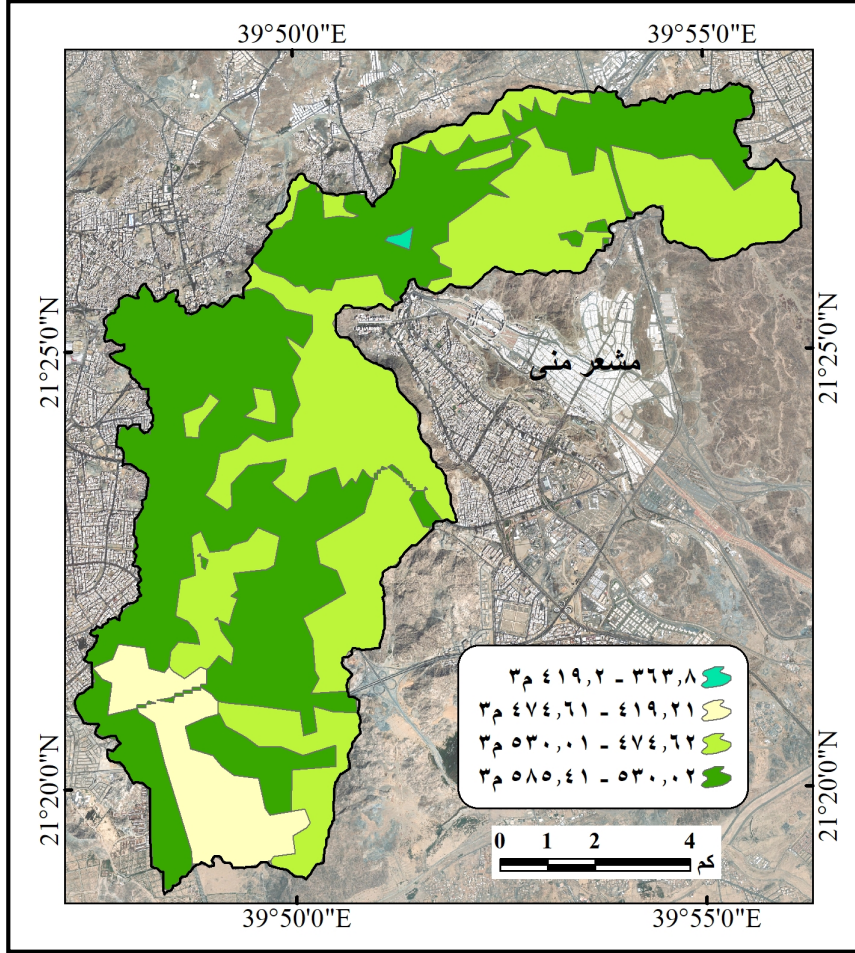
الفئة	حجم الجريان السطحي(م ^٣)	المساحة (كم ^٢)
١	٤١٩,٢-٣٦٣,٨	٠,١٣
٢	٤٧٩,٦١-٤١٩,٢١	٧,٤١
٣	٥٣٠,٠١-٤٧٤,٦٢	٤٠,٠٨
٤	٥٨٥,٤١-٥٣٠,٠٢	١,٩٧

المصدر: اعتماداً على نموذج SCS-CN بحوض وادي إبراهيم.

٧- المتغيرات الهيدرولوجية لحوض التصريف المائي:

أ- زمن تركيز المياه بالحوض Time of Concentration :

يعبر زمن التركيز عن الفترة الزمنية التي تستغرقها المياه من منطقة المنابع العليا للحوض حتى تصل إلى نقطة المصب؛ وترجع أهمية زمن التركيز من خلال تأثيره على مدة بقاء الماء بالحوض لفترة زمنية طويلة، ومن ثم يصبح الماء أكثر تعرضاً للتبخر والتسرب. تم حساب زمن تركيز المياه بالحوض من خلال المعادلة المخصصة له، حيث بلغ ٣,٢١ ساعة.



شكل (١٥) حجم الجريان السطحي م^٣

ب- سرعة المياه:

تدل سرعة المياه على مدى خطورة السيل أثناء الجريان السطحي، وهناك علاقة طردية بين سرعة المياه ودرجة الخطورة، فكلما تزداد سرعة المياه ترتفع معها درجة الخطورة الناتجة عن عظم طاقة السيل، مما ينتج عن السيل أخطار كبيرة. وتم حساب سرعة المياه بالحوض، حيث بلغت ٧,٧٨ كم/ ساعة.

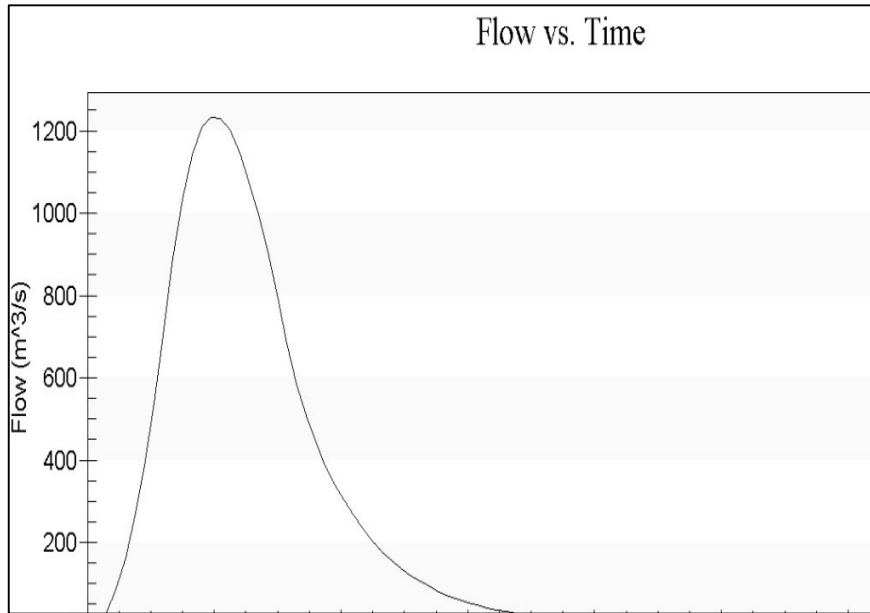
تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والترابوية

١. هيدروجراف السيل لحوض الدراسة:

يعبر عن العلاقة بين حجم التدفق والزمن، ويفيد في دراسات تصميم وسائل الحماية من أخطار السيول، خاصة عند تحديد قطر قنوات التصريف السيلي أثناء الاعتماد على فترة تردد ١٠٠ سنة.

وبقراءة هيدروجراف تدفق ذروة السيل بحوض وادي إبراهيم - شكل (١٦) - يتضح زيادة شدة السيل بدءاً من الدقيقة ١٩٥، ليسجل أقصى تصريف مائي (١٢٣٢.٥٨ م^٣/ث)، مما يتطلب استيعاب قنوات تصريف السيول لهذه الكمية من الجريان السيلي، وفي حالة عدم استيعابها فإن السيل يجرف كل ما يقابله وتزداد خطورته؛ لذا يجب أن يوضع في الاعتبار عند تصميم قنوات التصريف اختيار الأقطار المناسبة لكمية السيل التي يوضحها الهيدروجراف.



المصدر/تحليل البيانات في برنامج HEC- HMS لحوض الدراسة.

شكل (١٦) هيدروجراف تدفق ذروة السيل بحوض وادي إبراهيم خلال فترة عودة ١٠٠ سنة

ثالثاً: المحاكاة الهيدروليكية للأخطار المحتملة للسيول بمنطقة الدراسة:

من خلال الاعتماد على هيدروجراف العاصفة المطرية أو أقصى ذروة لتصريف المياه، فإنه يمكن محاكاة حركة السيل واتجاهه وارتفاعه، وتفسير تباين خصائصه مكانياً وزمنياً، وذلك باستخدام النماذج الهيدروليكية. ولتطبيق هذه النماذج لمحاكاة المواقع المحتمل تأثرها بالسيول، فقد تم الاعتماد على برنامج HEC-RAS الذى طوره سلاح المهندسين الهيدرولوجيين بالجيش الأمريكي، وتم استخدامه فى انتاج النماذج الأحادية الأبعاد (1D) Dimensional التى تحسب التدفق الموازي وغير الموازي للتدفق الرئيسي والنماذج الثنائية الأبعاد (2D) Dimensional التى تتطلب بيانات عالية الجودة ووقت زمنى كافى فى إعدادها. وباستخدام هذا النوع من النماذج يمكن التعرف على الأضرار المرتبطة بمراحل السيول المختلفة، وكذلك الخسائر الاجتماعية أو الاقتصادية (Meghan et al., 2011).

وتم تطوير النموذج على أساس الحد الأقصى للتصريف المائى الذى تم حسابه بالتحليل الهيدرولوجي لحوض التصريف المدروس لتحديد مناطق الغمر وعمق المياه ومستوى سرعة المياه لمناطق مستجمعات المياه لحدث تساقط مطري لفترة عودة ١٠٠ عام.

بدأت عملية النمذجة الهيدروليكية برسم مضع لمنطقة التدفق ثنائي الأبعاد بحوض وادي إبراهيم؛ لكشف الخطوط المركزية لتصريف المجارى المائية وتوضيح المنخفضات في سطح الحوض، مما يساعد على تمثيل تدفق مياه السيول المفاجئة، وقد تم ذلك باستخدام أدوات محرر البيانات الهندسية SA/2D - Area BC Lines شريط أدوات ببرنامج HEC-RAS، وتمت إضافة المعطيات الهيدرولوجية يدوياً إلى بيانات التضاريس التفصيلية لبناء شبكة ثنائية الأبعاد فوق بيانات التضاريس لمساعدة النموذج على إجراء العمليات الحسابية وتحديد اتجاهات وعمق مياه السيل.

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

وأثبتت الدراسات التطبيقية، ومنها دراسة (Ramsbottom et al., 2006) أن برنامج HEC-RAS يعد أداة مناسبة لدراسة مخاطر السيول على المناطق العمرانية وتحديد المتوقع غمرها بالمياه، ومحاكاة احتمالية حدوث السيول المفاجئة بها، والكشف عن مشكلات البنية التحتية الحضرية، وذلك خلال عاصفة مطرية تردها ١٠٠ سنة.

وأوضحت دراسة (Naeem et al., 2021) أن عمق الجريان السيلي في حالة زيادته على ٠,٢٥م يعد مهدداً للحياة ومؤثراً على شبكات البنية التحتية الحضرية.

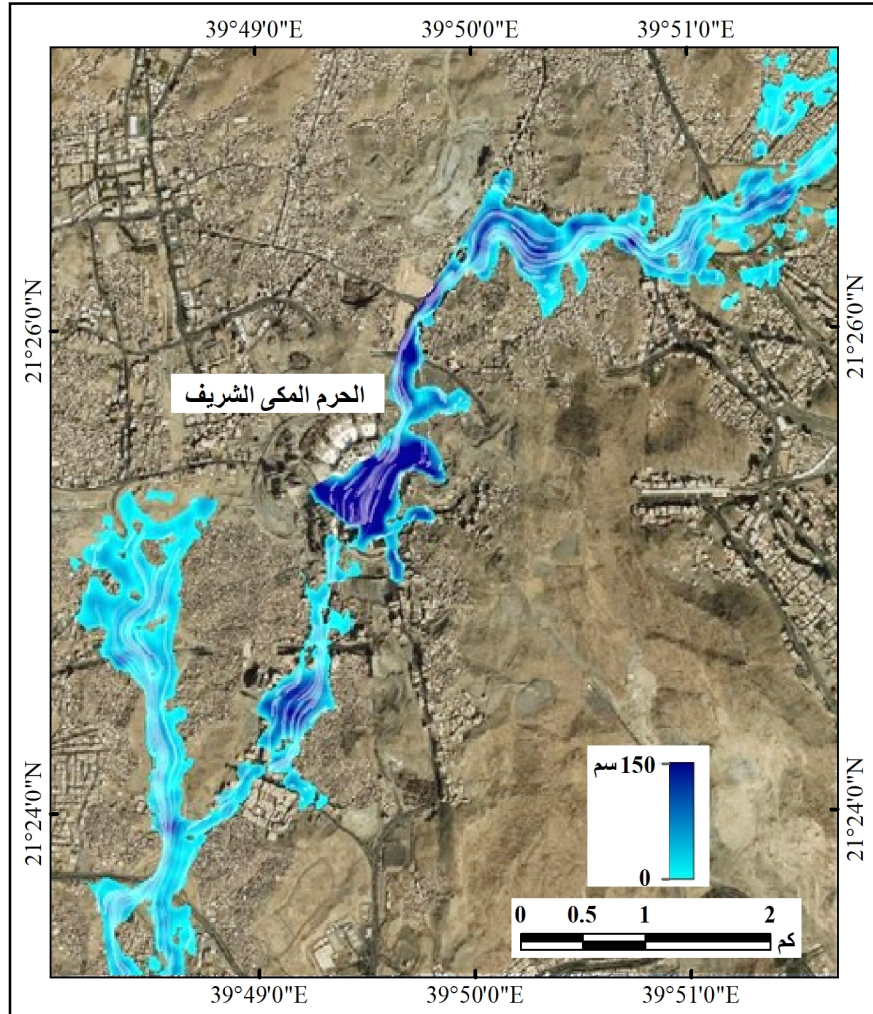
من خلال تطبيق النمذجة الهيدروليكية الثنائية الأبعاد على حوض وادي إبراهيم (شكل ١٧) وتحديد حجم الجريان السيلي بطريقة SCS-CN، والمراجعة الحقلية؛ فقد تم تحديد بعض المناطق العمرانية التي غمرتها السيول والمناطق المحيطة بها خلال عاصفة مطرية مصممة لفترة عودة ١٠٠ سنة.

وأظهرت التحليلات أن عتبة عمق السيل من المحتمل وصولها إلى ١٥٠سم وهذه المناطق تتوزع بالأحياء المركزية لمدينة مكة المكرمة الواقعة في نطاق حوض وادي إبراهيم، ومن ثم يوجد العديد من المناطق المهددة بمخاطر الجريان السيلي، وفيما يلي دراسة لهذه الأماكن:

١. منطقة الحرم المكي الشريف:

تشمل مواقع: أحياد السد، أحياد المصافي، بئر بليلة، والمنطقة المحيطة بالحرم المكي الشريف، وجميعها تتبع بلدية أحياد. وقد شهدت منطقة الحرم المكي سيولا شديدة منها سيل (الجحاف) الذي امتدت أضراره إلى المسجد الحرام ووصل منسوب المياه إلى باب الكعبة المشرفة، ونتجت هذه السيول بوادي إبراهيم الذي يمر من منطقة الحرم المكي الشريف، إلا إنه تم انشاء وسيلة حماية؛ تمثلت في تعديل مسار مجرى السيل عند تقاطع شارع الحج مع حديقة العدل. وبالتالي تم نقل مياه سيل أهم روافد وادي ابراهيم وتحويل مساره إلى وادي عرنة خارج منطقة

الحرم المكي الشريف جنوب مكة المكرمة، وعلى الرغم من تعديل مجرى السيل إلا أن هذه المناطق مازالت متضررة بالسيول المفاجئة العالية باستثناء موضع الحرم المكي الشريف نظراً لوجود شبكة بنية تحتية ذات كفاءة عالية تحيط به.



المصدر: المحاكاة الهيدروليكية للتدفق المائي باستخدام برنامج HEC-RAS

شكل (١٧) المحاكاة الهيدروليكية للتدفق المائي بحوض وادي إبراهيم خلال العاصفة المطرية المدروسة

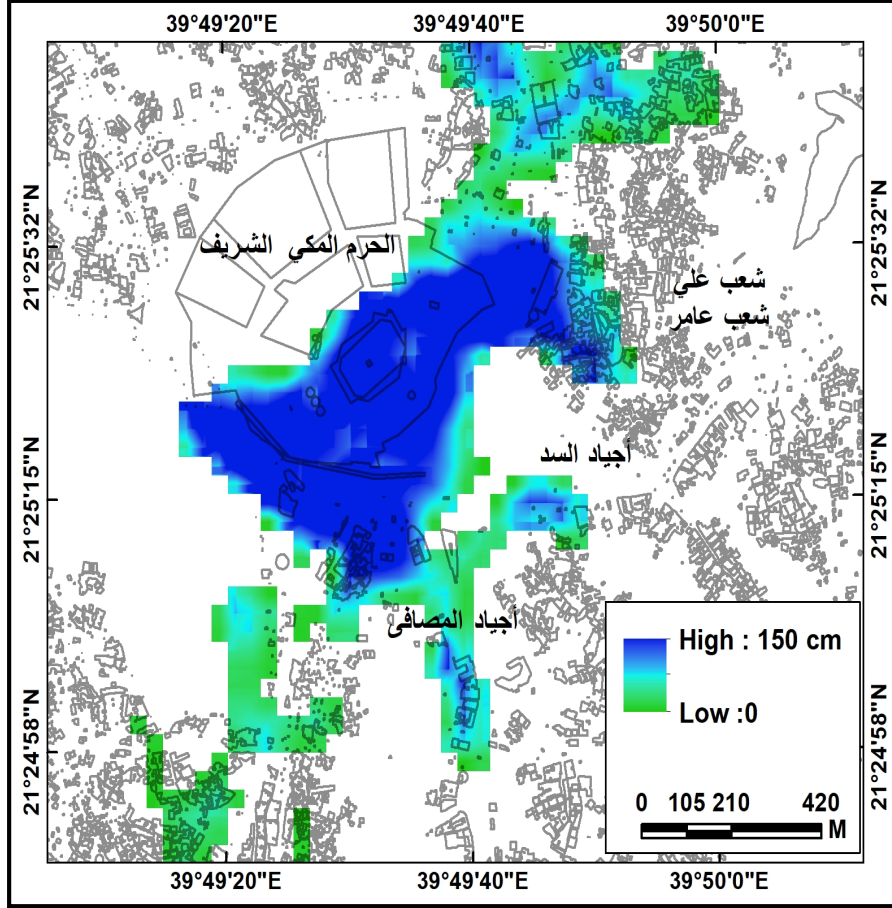
تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية وال تربوية

وقد أوضحت المحاكاه الهيدروليكية للجريان السيلى أن هذه المناطق سابقة الذكر تقع ضمن نطاق السيول المحتملة (شكل ١٨)، وذلك لشدة انحدارها وموقعها في نطاق مجرى روافد وادي إبراهيم.



شكل (١٨) موقع منطقة أحياء وبنر بليلة بالقرب من منطقة الحرم المكي الشريف خلال العاصفة المطرية المدروسة، ويلاحظ قوة اندفاع مياه السيل نتيجة التجمع السريع للمياه وعامل الانحدار



المصدر: المحاكاة الهيدروليكية للتدفق المائي باستخدام برنامج HEC-RAS

شكل (١٩) يبين المحاكاة الهيدروليكية للجريان السيلبي على العمران الحضري بمنطقة الحرم المكي الشريف

٢. منطقة المسفلة: (١)

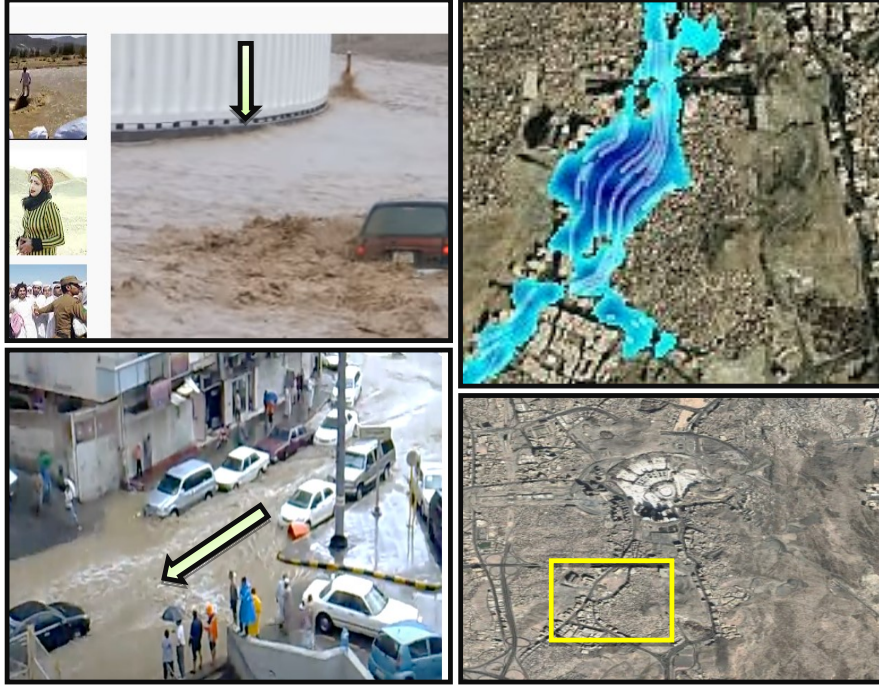
تقع ضمن بلدية المسفلة، وهي حارة من حارات مكة المكرمة التاريخية، وأوضحت المحاكاه الهيدروليكية للجريان السيلبي أن هذه المنطقة تقع ضمن المواقع التي تتأثر سريعا بالسيول المحتملة بمنطقة الدراسة؛ ويرجع ذلك إلى شدة

١- سميت بهذا الاسم نظراً لانخفاض مستوى منسوبها عن منسوب المسجد الحرام، لذا يطلق عليها أهل مكة بالمسفلة.

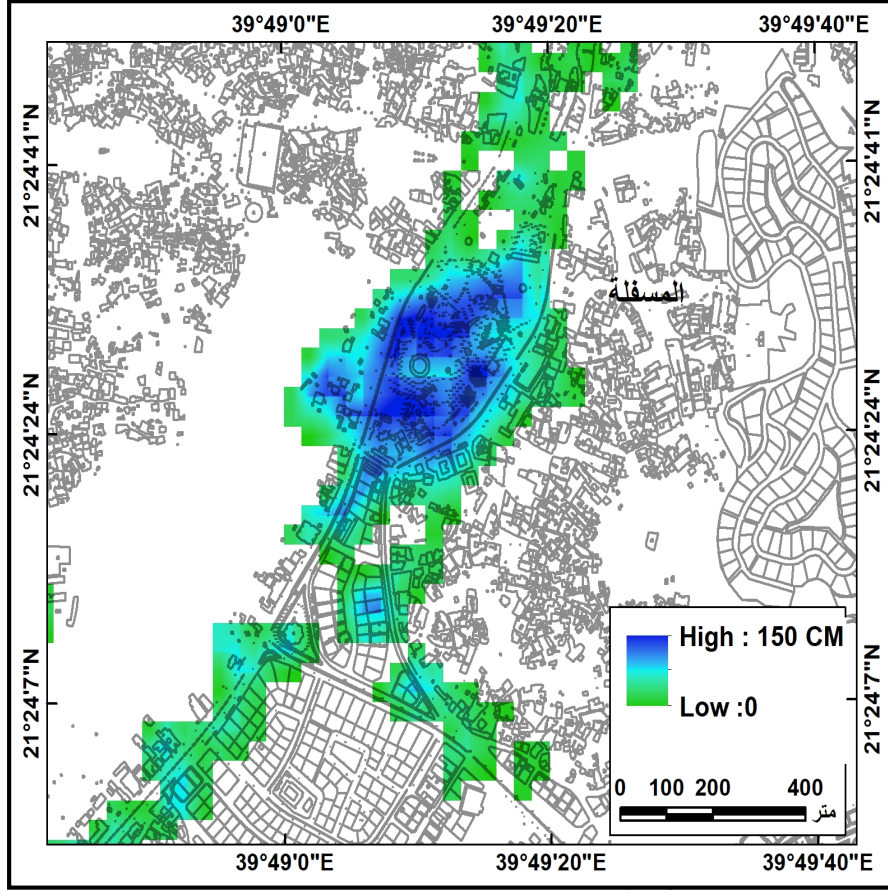
تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

انحدارها وانخفاض منسوبها وموضعها في مجرى السيل، مما ترتب عليه تجمع المياه بها، كما بالشكلين (٢٠ - ٢١).



شكل (٢٠) مخطط يوضح موقع المسفلة ومدى شدة خطر الجريان السيلى



المصدر: المحاكاة الهيدروليكية للتدفق المائي باستخدام برنامج HEC-RAS

شكل (٢١) المحاكاة الهيدروليكية للجريان السيلي على العمران الحضري بمنطقة المسفلة جنوب الحرم المكي الشريف

٣. مناطق المعابدة (ميدان العدل، ريع زاخر، مخططات الغسالة وجبل النور):

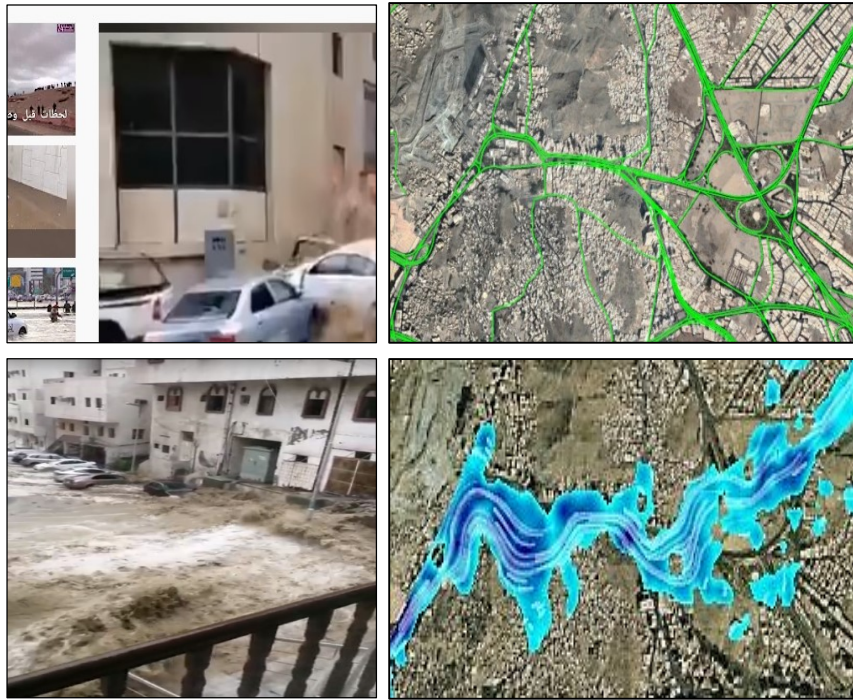
تقع بحي المعابدة شمالي شرق مكة المكرمة بوادي إبراهيم، وتبعد عن

المسجد الحرام بحوالي ٢ كم، وتمتد من جسر الحجون إلى بدايات المشاعر.

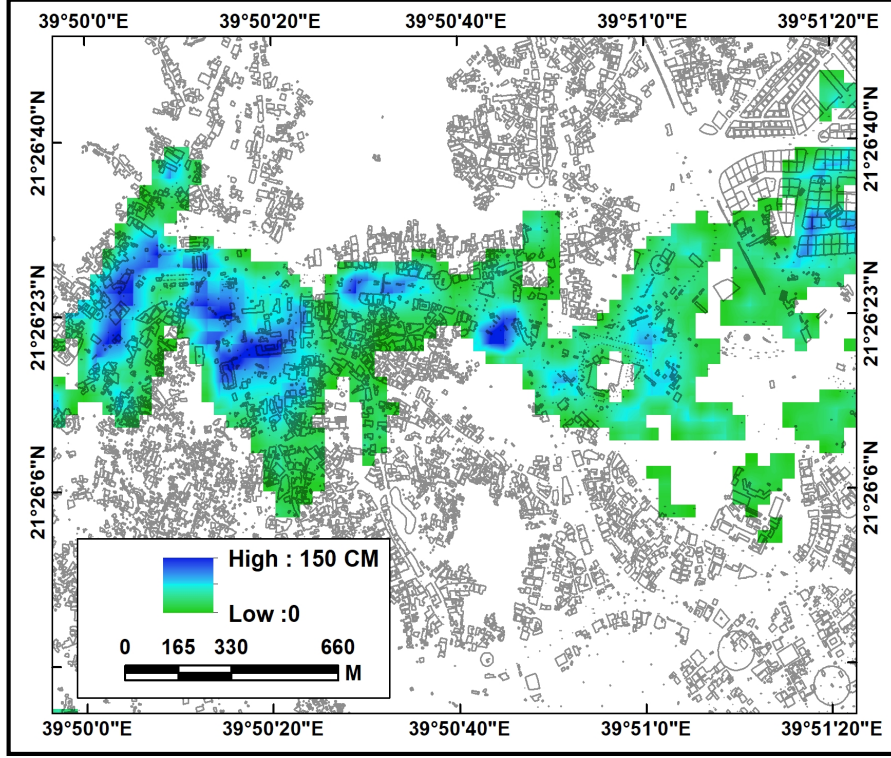
تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية وال تربوية

ومن خلال النمذجة الهيدروليكية للجريان السيلي الموضحة بأشكال (٢٢-٢٣) تبيّن أن المعاودة تصنف ضمن الأماكن المحتمل حدوث جريان سيلي عالى بها ؛ ويرجع ذلك إلى التقاء روافد وادي إبراهيم في هذا الموضع وتجمع المياه وشدة انحدار الجبال المحيطة به، مثل جبال: النور وخدمة والسيدة.



شكل (٢٢) مخطط يوضح محاكاة الجريان السيلي وخطورته بميدان العدل تقاطع شارع الحج وريع زاخر



المصدر: المحاكاة الهيدروليكية للتدفق المائي باستخدام برنامج HEC-RAS

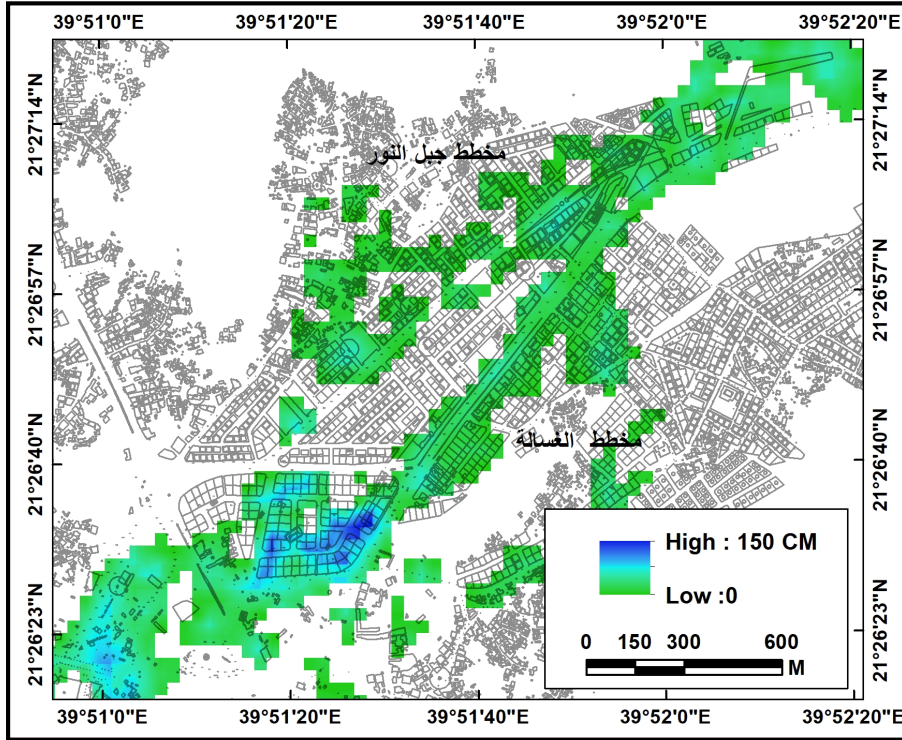
شكل (٢٣) المحاكاة الهيدروليكية للجريان السيلفي على العمران بمنطقة
المعابدة (ربع زاخر وميدان العدل)

مخطط بطحاء قريش:

يقع بلدية الشوقية، ويعد من المواقع المهددة بالسيول بمدينة مكة المكرمة (شكل ٢٥)، إذ يمر به أحد الروافد الرئيسية لحوض وادي إبراهيم التي تنبع من أعالي جبال منى. ويتعرض هذا المخطط منذ فترة زمنية طويلة إلى مخاطر السيول، مما نتج عنها مشكلات مكانية وبالتحديد موقع ممشي بطحاء قريش.

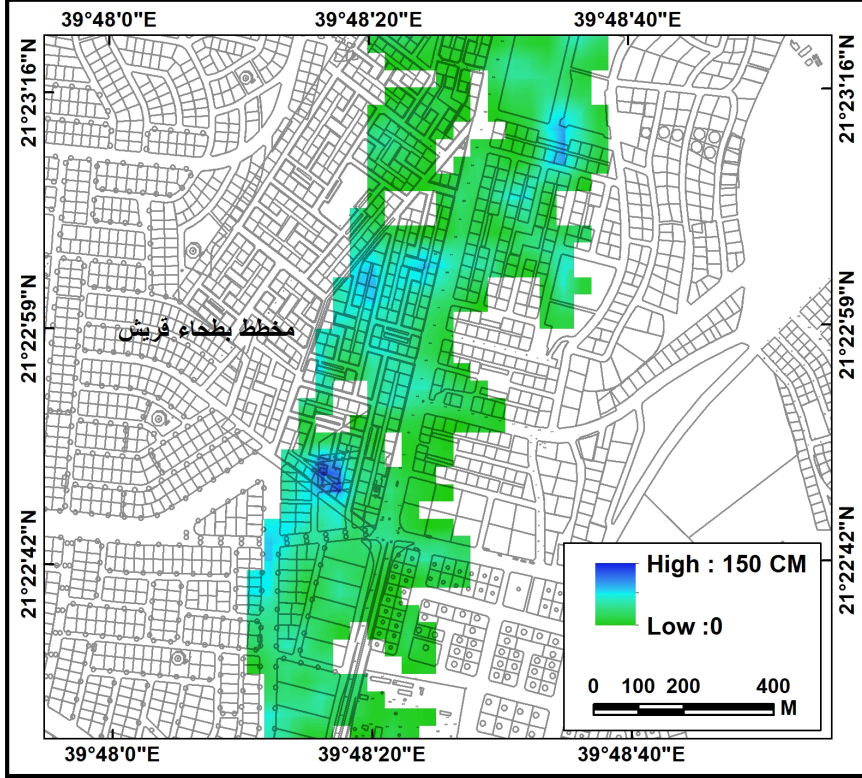
تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية وال تربوية



المصدر: المحاكاة الهيدروليكية للتدفق المائي باستخدام برنامج HEC-RAS

شكل (٢٤) يبين المحاكاة الهيدروليكية للجريان السيلبي على العمران الحضري بمنطقة المعابدة (مخططات الغسالة وجبل النور)



المصدر: المحاكاة الهيدروليكية للتدفق المائي وخريطة أخطار السيول باستخدام برنامج HEC-RAS

شكل (٢٥) المحاكاة الهيدروليكية للجريان السيلبي على العمران الحضري بمخطط بطحاء قريش ببلدية الشوقية



صور (١) وسائل الحماية من الجريان السيلبي على العمران بمخطط بطحاء قريش ببلدية الشوقية

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

رابعاً: تقييم الوضع الراهن لشبكة تصريف السيول بمنطقة الدراسة:

تمتلك مدينة مكة المكرمة شبكة تصريف للسيول بطول ٢٢٦ كم، وتتنوع بين قنوات صندوقية مغلقة وأنبوبية ونفقية عميقة، إضافة إلى قنوات التصريف السطحية والمفتوحة، ويجري العمل على مدار العام لتنفيذ خطط صيانتها ونظافتها لتكون جاهزة بشكل كبير لاستقبال موسم الأمطار في أي وقت (إدارة السيول - أمانة مكة المكرمة، ٢٠١٩).

وتقوم أمانة العاصمة المقدسة بإجراء أعمال الصيانة والنظافة لجميع هذه الشبكات بصورة مستمرة، كما قامت بتنفيذ شبكات تصريف للسيول بالأحياء السكنية وربطها بالشبكة القائمة.

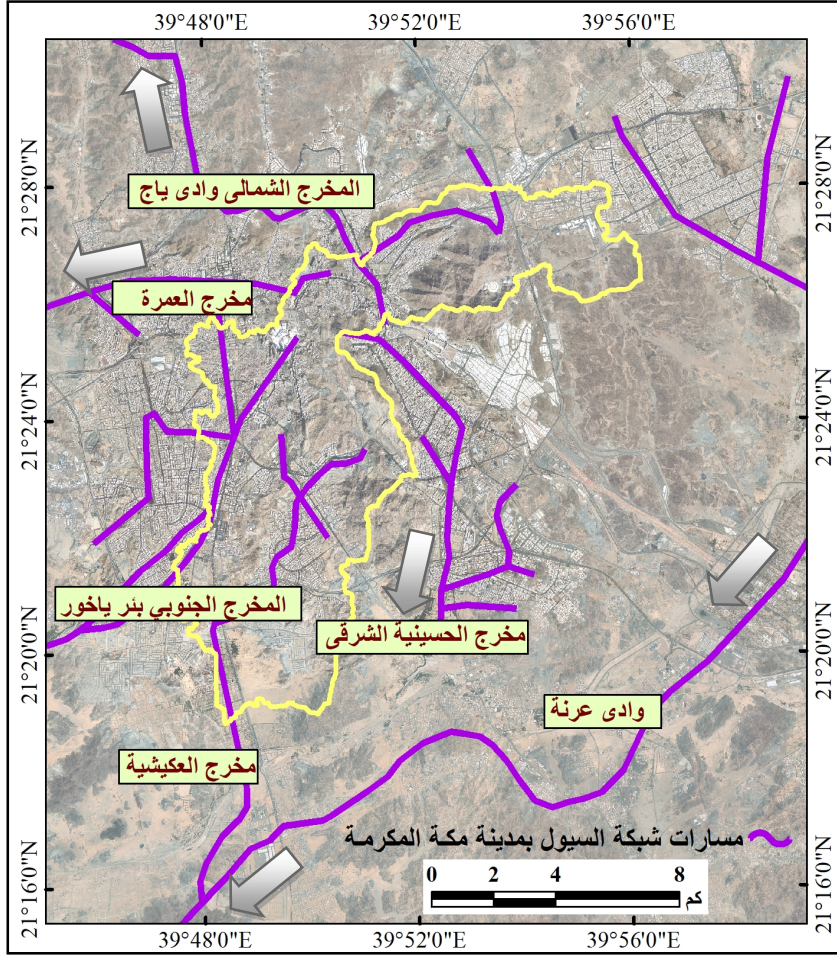
وقد تم تصميم شبكة التصريف السيلي بمدينة مكة المكرمة بحيث تكون في أربعة اتجاهات رئيسية، وتتوافق مع الانحدار العام للسطح، واتجاهات الأودية، وهي كالاتي: أولها؛ المخرج الشمالي ويتخذ مسار وادي ياج. ثانيها؛ المخرج الشرقي ويتخذ مسار الحسينية. وثالثها؛ المخرج الجنوبي ويتخذ مسار بئر ياخور (شكل ٢٦).

أما فيما يتعلق بنظام التصريف السيلي بمنطقة الدراسة، فقد قامت أمانة مكة المكرمة بتطوير الكثير من المواقع التي كانت تحدث بها مشكلات مكانية نتيجة الأمطار الشديدة، وعملت على تهيئتها لاستيعاب كميات كبيرة من المياه وتصريفها خارج الحوض وصولاً إلى المجاري الطبيعية، وفيما يلي أهم هذه المشاريع:

١- مشروع تصريف مياه بئر ياخور:

يشمل المخرج الجنوبي، ويقوم بنقل الجريان السيلي من منطقة الحرم المكي الشريف عبر وادي إبراهيم إلى مخرج بئر ياخور الواقع بمنطقة الكعكية خارج

النطاق العمراني، مما قلل من مخاطر هذه المياه، حيث كانت تتسبب في الإضرار بالمواطنين جنوب الحرم المكي.



شكل (٢٦) محاور شبكة تصريف السيول بمدينة مكة المكرمة

٢- مشروع تصريف اتجاه العوالى والحسينية:

يشمل المخرج الجنوبي، ويهدف إلى تصريف مياه الأمطار والسيول القادمة من العزيزية والمشاعر المقدسة جنوباً إلى خارج حدود العمران، (صور ٢).

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية وال تربوية



صور (٢) توضح وسائل الحماية من أخطار السيول بمنطقة الشوقية بمكة المكرمة

٣- مشروع تمديد مخرج شبكة السيول بالعمرة

يتخذ مسار وادي ياج، ويهدف إلى حماية المخططات السكنية بالعمرة شمالي مكة المكرمة، حيث ينقل مياه السيول إلى وادي ياج ووادي سرف. وبتقييم هذه المشاريع لتصريف مياه الأمطار والسيول، يتضح أنها تعمل بكفاءة عالية في مواقع المخططات السكنية المنظمة؛ لكن يحدث العكس في الأماكن غير المخططة، خاصة مواقع الأحياء التي تزداد بها العشوائيات ومواقع تقاطعات الطرق التي في الأساس عبارة عن تقاطعات أودية.

ويرجع انخفاض كفاءة شبكة التصريف في الأماكن غير المخططة إلى عدم التوافق بين قطر قنوات التصريف ومدى استجابتها واستيعابها لقمة التصريف المائي المصممة لعاصفة مطرية مفاجئة ذات فترة رجوع سنوي ١٠٠ سنة (صورة ٣)، ويوضح ذلك هيدروجراف السيل لوادي إبراهيم، حيث يصل التصريف المائي إلى ١٢٣٢.٥٨ متر مكعب/ ثانية، ومن ثم لا تستوعب الهياكل

الهيدروليكية -حسب مواصفات التصميم الحالية- هذه الكمية فى زمن قصير لا يتعدى ثلاث ساعات.



صورة (٣) تبين ضعف استيعاب شبكة التصريف السيلي للتدفق وخروج المياه من المانهول

كما لا يوجد قنوات تقوم بنقل مياه السيل إلى القنوات الرئيسية بأنظمة التصريف السيلي ببعض الأماكن الشعبية غير المخططة بمدينة مكة المكرمة، حيث لا تشمل الشبكة جميع الشوارع، وفي حالة تصميم وتنفيذ هذه القنوات توجد مشكلات، ومنها: عامل درجة انحدار السطح الذي يتميز بشدته، وعامل التكوين الصخري الصلب، وعامل النمط السكني المتقارب من بعضه البعض. وفي مجابهة هذه المشكلات المكانية المؤثرة على خطورة السيل بمدينة مكة المكرمة، فإنه يتم التركيز على مواقع التقاطعات بالشوارع الرئيسية والفرعية، حيث تتجمع فيها مياه السيول، وإعداد وصلات من قنوات التصريف السيلي تربطها بالشبكة الرئيسية؛ خاصة فى مواقع الحارات الشعبية التي تتميز بانحدار شوارعها.

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

الخاتمة

توصلت الدراسة إلى العديد من النتائج هي كالآتي:

- بلغ متوسط قيم منحنى التصريف المائي لحوض الدراسة ٨٦,٧٥، وبلغ متوسط قيم معامل الامكانية القصوى لاحتفاظ التربة بالمياه ٤١ مم.
- تراوح معامل الاستخلاص الأولي ما بين ٢,٦ مم و ٦,٩ مم.
- تراوح سمك الجريان السطحي بمنطقة الدراسة خلال العاصفة المطرية المدروسة في فترة تردد ١٠٠ سنة ما بين ٩٧,٧٧ مم و ٣٧,٨٢ مم، ومتوسط ١٤٩ مم، وانحراف معياري ٨.٢١، مما يدل على احتمالية حدوث جريان سيلبي شديد.
- تراوحت قيم حجم الجريان السيلبي للعاصفة المطرية المدروسة بين ٣٦٣.٨ م^٣ و ٥٨٥.٤١ م^٣ بمتوسط قدره ٥٥٦.٤٠ م^٣ وانحراف معياري ٣٠.٥٧، وبمجموع (٣١٤٥٢٣٩٤٠,٥٧).
- ارتفاع حجم الجريان السيلبي بحوض وادي إبراهيم بالنسبة لمساحته، ويصل زمن تركيز المياه بالحوض نحو ٣,٢١ ساعة، وتصل سرعة المياه بالحوض ٧,٧٨ كم على الساعة.
- وصل السيل إلى أقصى تصريف مائي ابتداءً من الدقيقة ١٩٥، حيث يبلغ ١٢٣٢.٥٨ متر^٣/ثانية.
- ومن خلال تطبيق النمذجة الهيدروليكية الثنائية الأبعاد، تم إعداد محاكاة للأماكن العمرانية المهددة بأخطار السيول المحتملة.
- أظهرت النمذجة الهيدروليكية ثنائية الأبعاد أن عتبة عمق السيل من المحتمل وصولها إلى ١٥٠ سم في الأحياء المركزية لمدينة مكة المكرمة الواقعة في نطاق حوض وادي إبراهيم.

- تصدرت منطقة أجياد السد المرتبة الأولى من حيث مخاطر الجريان السيلي على العمران، تليها أجياد المصافى وبئر بليلة فى نطاق الحرم المكى الشريف ومنطقة المسفلة ومنطقة المعابدة تقاطع شارع الحج بميدان العدل والجميزة ومخطط النور ومنطقة ريع زاخر، ومخطط بطحاء قریش.
- تنخفض كفاءة شبكة التصريف السيلي خلال العواصف المطرية المفاجئة فى الأماكن غير المخططة لعدم التوافق بين قطر قنوات التصريف ومدى استيعابها لقمة تدفق التصريف المائى خلال وقت العاصفة المطرية التصميمية خلال فترة رجوع سنوي طويلة.
- اسهم اعتماد المخططات العمرانية، والتوسع العمرانى فى مواقع الشعب دون مراعاة مسارات وروافد الأودية فى زيادة مخاطر السيول فى حوض وادي إبراهيم.

التوصيات:

- تعطي توصيات الدراسة الأولوية لتنفيذ خطة للوقاية من أخطار السيول وحماية البنية التحتية من خلال الصيانة المستمرة لمنشآت تصريف مياه السيول ممثلة بقناة التصريف المائي تجاه بئر ياخور والعوالى جنوباً واتجاه العمرة شمالاً.
- يجب إنشاء مرافق هيدروليكية للتحكم والإعاقة والتباعد.
- زيادة عرض قناة التحويل بوادي إبراهيم (باتساع لا يقل عن 170م) حتى تتمكن من نقل مياه التصريف المائى من منطقة الحرم المكى إلى مجرى وادي عرنة.
- تجريم البناء فى مجاري وادي إبراهيم ومناطق مستجمعات السيول، وضرورة القيام بدراسات إلزامية لمخاطر السيول وتقييد رخص البناء فى روافد وادي إبراهيم.

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

- ضرورة توسيع القناة الجنوبية عند بئر ياخور لتقليل ارتفاع المياه، فضلاً عن الأخطار الناتجة التي تهدد العمران الحضري، بحيث لا يقل عرضها عن ٢٠٠م.
- اعتماد خطة لحصاد مياه السيول في الروافد العليا الفرعية بوادي إبراهيم والتي من شأنها أن تساعد في تزويد السكان والحدائق العامة بالمياه.
- جاءت هذه البدائل المقترحة لمنع أخطار السيول والتقليل منها بما يتماشى مع خطة ورؤية المملكة ٢٠٣٠.

المراجع باللغة العربية:

- (١) إدارة السيول، أمانة مكة المكرمة (٢٠٢٠).
- (٢) بوروبه، محمد فضيل (٢٠٠٧): "دراسة هيدرولوجية لتقدير حجم سيول حوض وادي عتود بالمملكة العربية السعودية"، سلسلة الأصدارات الخاصة، العدد ٢١، مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية، مجلس النشر العلمي، جامعة الكويت.
- (٣) الزهراني، افراح احمد (٢٠٠٧): "مخاطر السيول على سلامة الحجاج بمشعر منى - مكة المكرمة" رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الملك عبد العزيز، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جدة.
- (٤) الطويرقي، سامي بن عايطي (٢٠٠٣): "برنامج مقترح لتوعية المواطنين من مخاطر السيول، دراسة حالة وادي الليث بمنطقة مكة المكرمة"، رسالة ماجستير غير منشورة، أكاديمية نايف العربية للعلوم الأمنية، قسم العلوم الشرطية.
- (٥) عبد الرزاق، محمد بليلة (١٩٩٣): "كميات السيول وأثارها في منطقة جنوب غرب المملكة" مع التطبيق على وادي عتود، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بالرياض.
- (٦) وحدة نظم المعلومات الجغرافية (٢٠١٩)، أمانة مكة المكرمة.

- ٧) وزارة الشؤون البلدية والقروية (٢٠١٩)، المملكة العربية السعودية.
٨) وزارة المياه والكهرباء (٢٠٢٠)، المملكة العربية السعودية.

ثانياً: المراجع باللغة الإنجليزية

1. Meghan V. Christophe hazel, F., and Sally, P., Flood Hazard Research Center, Flood Risk Management Consortium Methods for Creating a Flood Risk Assessment Tool 2011 Middlesex University; London, United Kingdom.
2. Ashraf.A., Ahmed F., Flood Risk Assessment of the Wadi Nu'man Basin, Mecca, Saudi Arabia (During the Period, 1988–2019) Based on the Integration of Geomatics and Hydraulic Modeling: A Case Study, MDPI, September 2019.
3. Attwa, M., El Bastawesy, M., Ragab, D., Othman, A., Assaggaf, H.M., Abotalib, A.Z., 2020. Toward an integrated and sustainable water resources management in structurally-controlled watersheds in desert environments using geophysical and remote sensing methods. Sustainability 13 (7), 4004.
4. Chen, Y., Xu, Y., Yin, Y., 2009. Impacts of land use change scenarios on storm-runoff generation in Xitiaoxi Basin. China. J. Quat. Internat. 208 (1–2), 121–128.
5. Dewan, M., Yamaguchi, Y., 2009. Land use and land cover change in greater dhaka, bangladesh: using remote sensing to promote sustainable urbanization. J. Appl. Geogr. 29 (3), 390–401
6. El Bastawesy, M., El Saadawy, O., Abotalib, A.Z., Othman, A., Taha, M., Gaber, A., 2021. Examining the impact of different DEM sources and geomorphology on flash flood analysis in hyper-arid deserts. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 10 (7), 431.

تكامل النمذجة المكانية والمحاكاة الهيدروليكية لأخطار السيول على العمران الحضري في حوض وادي إبراهيم بمدينة مكة المكرمة - باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية
د. وليد شكري عبد الحميد يوسف د. الطاهر محمد محمود شمس د. سحر نورالدين توفيق أحمد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

7. El-Saadawy, O., Gaber, A., Othman, A., Abotalib, A.Z., El Bastawesy, M., Attwa, M., 2020. Modeling flash floods and induced recharge into alluvial aquifers using multi-temporal remote sensing and electrical resistivity imaging. MDPI, J. Sustainability. 12 (23), 10204.
8. George, (2009), Flood Flows, www.fechnologismiki.com
9. Istomina, M.N.; Kocharyan, A.G.; Lebedeva, I.P. Floods: Genesis, socioeconomic and environmental impacts. Water Resour. 2005, 32, 349–358.
10. Maidment, D.R., 1993, Handbook of Hydrology", McGraw-Hill, Texas, USA. 6. Omran, A., Schroder, D., El-Rayes, A. & Geriexh, M., 2011, "Flood Hazard Assessment in Wadi Dahab- Egypt based on basin morphometry Using GIS techniques", GI Forum Symposium and Exhibit Applied Geoinformatics, Salzburg, Austria, Wichman. PP. 1–11.
11. Mason, D.C., Bates, P.D., Dall Amico, J.T., 2009. Calibration of uncertain flood inundation models using remotely sensed water levels. J. Hydrol. 368 (1–4), 224–236.
12. Naeem M. Azmat H. Tao S.2021, Ahmad M. Khattak S. Haider S. Ahmad Z. Khoro C. Goodell Flood Hazard Assessment for the Tori Levee Breach of the Indus River Basin, Pakistan Water 13 5 604.
13. Ponce, V.M.; Hawkins, R.H. Runoff Curve Number: Has It Reached Maturity? J. Hyrol. Eng. 1996, 1, 11–19. [CrossRef]
14. Ramsbottom, D., Wade, S., Bain, V., Hassan, M., Penning-Rowsell, E., Wilson, T., Fernandez, A., House, M., and Floyd, P., 2006. Flood Risks to People: Phase 2. R&D Technical Report FD2321/IR2, Department for the Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), UK Environment Agency.

15. Rawat, S., Biswas, V., Kumar, M., 2013. Changes in land use/cover using geospatial techniques: A case study of Ramnagar Town Area, District Nainital, Uttarkhand, India. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.* 16, 111–117.
16. Salim S., Thamer.M., Muhamad.Z., Hydraulic Simulation of Flood Occurrences in a Tropical River System: the Case of Linggi River System , Universiti Putra Malaysia Press, 1 January 2002
17. Shaaban, F., Othman, A., Habeebullah, T.M., El-Saoud, W.A., 2020. An integrated GPR and geoinformatics approach for assessing potential risks of flash floods on high-voltage towers, Makkah, Saudi Arabia. *Environ. Earth Sci.* 80 (5), 1–15.
18. Siddayao, P., Valdez, E., Fernandez, L., 2014. Analytic hierarchy process (AHP) in spatial modeling for floodplain risk assessment. *Internat. J. Machine Learn. Comput.* 4 (5), 450–457
19. Solin, L.; Feranec, J.; Novacek, J. Land cover changes in small catchments in Slovakia during 1990-2006 and their effects on frequency of flood events. *Nat. Hazards* 2011, 56, 195–214.
20. USDA-TR55, 1986. Urban Hydrology for Small Watersheds, Technical Release (TR55); United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, US Government Printing Office: Washington, DC, USA.
21. Wang, HB,Wu SR,Shi JS,Li B.2013.Qualitative hazard and risk assessment of landslides: a practical framework for a case study in China. *Nat hazards.* 69: 1281- 1294.