



مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

مجلة علمية محكمة تصدر عن
مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية
كلية الآداب - جامعة المنوفية

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: 2357-0091
الترقيم الدولي الموحد للإلكتروني: 2735-5284



مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

بكلية الآداب – جامعة المنوفية

مجلة علمية مُحَكَّمَة

إدارة مياه السيول في مدينة الصبية في ضوء المخطط الهيكلي الثالث لدولة الكويت

إعداد

الباحث/ وليد خالد الهبيده العازمي

طالب دراسات عليا بقسم الجغرافيا

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الملك سعود

أ.د. محمد السيد حافظ

أستاذ الجغرافيا المناخية، قسم الجغرافيا

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية جامعة الملك سعود

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية بكلية الآداب – جامعة المنوفية

مجلة علمية مُحَكَّمة

السادة أعضاء هيئة تحرير المجلة	
رئيس التحرير	أ.د/ لطفي كمال عبده عزاز
مساعد رئيس التحرير	أ.د/ إسماعيل يوسف إسماعيل
السادة أعضاء هيئة التحرير	أ.د/ عبد الله سيدي ولد محمد أبنو
	أ.د/ سهام بنت صالح سليمان العلولا
	أ.د/ موسى فتحي موسى عتلم
	أ.م.د/ أماني عطية أحمد الإمام
	أ.د/ سالم خلف بن عبد العزيز
	أ.م.د/ طوفان سطاتم حسن البياتي
	أ.م.د/ أمين إسماعيل بركة
	أ.م.د/ عمر أحمد عبد الجليل محمد
	د/ أحمد محمد حسن القصبي
المحرر اللغوي	د/ محمد مرتضى صادق
	د/ حازم أحمد جلهوم
المحرر التنفيذي والفني	د/ صلاح محمد صلاح دياب
سكرتير التحرير	أ/ هنية منشاوي

[موقع المجلة على بنك المعرفة المصري: https://mkgc.journals.ekb.eg/](https://mkgc.journals.ekb.eg/)

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: ٢٣٥٧-٠٠٩١
الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: ٢٧٣٥-٥٢٨٤

تتكون هيئة تحكيم إصدارات المجلة من السادة الأساتذة المحكمين من داخل وخارج اللجنة العلمية الدائمة لترقية الأساتذة والأساتذة المساعدين في جميع التخصصات الجغرافية

بحث:

إدارة مياه السيول في مدينة الصبية في ضوء المخطط الهيكلي الثالث لدولة الكويت

إعداد

الباحث/ وليد خالد الهبيده العازمي *

أ.د/ محمد السيد حافظ **

* طالب دراسات عليا بقسم الجغرافيا كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية جامعة الملك سعود
** أستاذ الجغرافيا المناخية قسم الجغرافيا كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية جامعة الملك سعود

ملخص البحث:

نشأت العديد من المشاكل البيئية في بعض مدن دولة الكويت، بسبب عدم مراعاة الخصائص الجيومورفولوجية عند اختيار مواقع هذه المدن، وخاصة عدم مراعاة الأودية والسيول التي تجري بها، وقد اتجهت الأمطار لاتجاه مغاير وأشد غزارة، مما ترتب عليه حدوث جريان سيلي شديد في نوفمبر ٢٠١٨م، وهذا الجريان السيلي لم تشهده دولة الكويت من قبل، وتضاعفت كميات الأمطار وتم إعلان مدينة صباح الأحمد منطقة منكوبة، كما حدث الأنهيار الأرضي الذي دمر مدينة المطلاع في فبراير ٢٠٢٠م. لذا وجب أن تتم مراجعة وتقييم المخطط الهيكلي الثالث لدولة الكويت (٢٠٠٥ - ٢٠٣٠) من وجهة النظر الجيومورفولوجية، وينبغي تحديد درجة خطورة السيول على مدينة الصبية المقترحة في المخطط.

تهدف الدراسة الحالية إلى تقدير خطر الجريان السطحي المباشر في أحواض التصريف المؤثرة على مدينة الصبية التي اقترحها المخطط الهيكلي الثالث لدولة الكويت، وإلى تقدير تدفق ذروة الجريان السطحي المباشر، وذلك من خلال تطبيق النمذجة الهيدرولوجية والهيدرولوجية للسيول HEC-HMS، باعتباره أحد الأساليب المستخدمة في التحليل المكاني للسيول، بحيث يمكن دمج المكان في التحليل الإحصائي الذي يقيس الخصائص والعلاقات بين الظواهر الجغرافية وأشكال تغيراتها الزمكانية، وتبرز أهمية هذه النمذجة من خلال تحديد حجم تصريف الأودية بشكل دقيق ويحدد مواضع الخطر.

وفي ضوء التحليل الإحصائي والهيدرولوجي الذي أُجري على بيانات الأمطار في منطقة مدينة الصبية، أظهرت نتائج الدراسة مجموعة من المؤشرات الهامة لفهم الوضع الحالي والمستقبلي للمخاطر المرتبطة بالأمطار الغزيرة. تم تطبيق طريقة Weibull على أقصى كميات الأمطار اليومية السنوية خلال الفترة من ١٩٦٢ إلى ٢٠٢٢، وتم تقدير القيم المتوقعة لفترات رجوع مختلفة، بدءًا من ٢ سنة وحتى ١٠٠ سنة. وقد بيّنت النتائج تزايدًا تدريجيًا في شدة الأمطار مع زيادة فترة الرجوع، حيث تراوحت القيم المتوقعة من ٢١.٥ ملم (كل سنتين) إلى ٧٠.٦ ملم (كل ١٠٠ سنة)، مما يدل على أن المدينة معرضة لأحداث مطرية نادرة، ولكن شديدة.

من جانب آخر، أظهرت الدراسة خصائص مورفومترية ضعيفة لأحواض التصريف، حيث تتسم الأحواض بصغر المساحة وقصر المجاري، وانخفاض الانحدارات، مما يقلل من خطورتها في حال حدوث أمطار غزيرة. كما أظهرت بيانات أطوال الرتب النهرية وأعدادها تفاوتًا كبيرًا بين الأحواض، خاصة في الرتبة الأولى، مما يعكس تعقيدًا متفاوتًا في شبكات التصريف السطحي.

أما من الناحية الهيدرولوجية، فقد تم تحليل الوضع في حالتي تساقط الأمطار لسيناريوهين محتملين خلال السنوات القادمة (٥ و ١٠ سنوات)، وأظهرت النتائج أن حجم الجريان السطحي المتوقع في المنطقة قد يتراوح بين ٢.٧ إلى ٣.٥ مليون متر مكعب، مع فترات تركيز تتراوح بين ٦٦٠ و ٧٥٠ دقيقة، وتفاوت كبير في قمة التدفق بين الأحواض المختلفة، حيث سجل الحوض رقم ٢ أعلى القيم دائمًا. كما أوضحت الدراسة حساسية المنطقة لتغيرات شدة الأمطار، إذ أن الزيادة البسيطة في كمية التساقط تؤدي إلى زيادات ملحوظة في حجم الجريان وقمة التدفق.

وأخيرًا، ومن خلال التحليل الهيدروليكي باستخدام برنامج HEC-RAS، تم التوصل إلى أن أعماق المياه الجارية أثناء السيول قد تتجاوز ١ متر في بعض المواقع، مما يبرز الحاجة إلى التخطيط الهيدرولوجي والمورفومتري المتكامل لضمان إدارة فعّالة لمخاطر السيول المستقبلية في المنطقة. وبناء عليه توصي الدراسة بأهمية تطبيق النموذج الهيدرولوجي والهيدروليكي (HEC-1، HEC-RAS) في دراسات السيول في دولة الكويت واستغلال مياه الأمطار في حوض رقم ٢ في مدينة الصبية لأنه أكثر الأحواض تأثرًا بالأمطار.

الكلمات الدالة: مدينة الصبية، التحليل الهيدرولوجي، نموذج HEC-RAS، نموذج HEC-1.

المقدمة:

تعد دولة الكويت من أوائل دول الشرق الأوسط التي سعت لوضع مخطط هيكلي للدولة، حيث بدأت في إعداد أول مخطط في عام ١٩٥٢م. ومن أحدث المخططات الهيكلية لدولة الكويت هو تطوير وتحديث المخطط الهيكلي الثالث الذي يمتد خلال الفترة الزمنية ما بين عام ٢٠٠٥م - ٢٠٣٠م، والذي ذكر في ملخصه التنفيذي أنه يتم عمل مراجعة له كل خمس سنوات لتعديل مساره وأهدافه على ضوء المتغيرات، كما اقترح انشاء مدن سكنية في منطقة التطوير الشمالية منها مدينة الصبية (موقع بلدية الكويت).

مؤخرا، زادت حدة التذبذبات المناخية في دولة الكويت مما أدى إلى حدوث جريان سطحي شديد لم تشهده دولة الكويت من قبل، فقد اتجهت الأمطار لاتجاه مغاير وأشد غزارة، حيث تضاعفت كمياتها، وقفز إجمالي التساقط السنوي للأمطار من ٣٢.٢ ملم في عام ١٩٦٤م إلى ٣٤٤ ملم في ٢٠١٨م (إدارة الأرصاد الجوية الكويتية)، مما يؤكد على أن الاتجاه العام لهطول الأمطار يتزايد مع مرور الوقت (Al-Qallaf et al., 2020).

لذا بناء على ما سبق، فإن الدراسة تهدف إلى تقدير خطر الجريان السطحي المباشر في أحواض التصريف المؤثرة على مدينة الصبية التي اقترحها المخطط الهيكلي الثالث لدولة الكويت، وتقدير تدفق ذروة الجريان السطحي المباشر، وذلك من خلال الإستعانة بتطبيق النمذجة الهيدرولوجية والهيدرولوجية للسيول HEC-HMS، حيث تعد واحدة من الأساليب المستخدمة في التحليل المكاني، بحيث يمكن بواسطتها دمج المكان بالتحليل الإحصائي الذي يقيس الخصائص والعلاقات بين الظواهرات الجغرافية وأشكال تغيراتها الزمكانية، و تبرز أهمية هذه النمذجة من خلال تحديد حجم تصريف الأودية بشكل دقيق وتحديد مواضع الخطر.

ثانيا: مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة في افتقار دولة الكويت لوجود هيئة مركزية لإدارة الأزمات للتنسيق بين مختلف الهيئات ذات الصلة للمشاركة في الاستجابة للسيول لدرء أخطارها والاستفادة من مياهها، وعلى الرغم من تحذيرات إدارة الأرصاد الجوية إلا أن المشكلة تفاقت بسبب غياب المعلومات الجغرافية الدقيقة. وعدم وجود مراقبة آنية لشبكة التصريف السطحي، والذي بلا شك أدى إلى جعل مياه السيول تتدفق من مخارج الأودية باتجاه شبكة الطرق والمناطق العمرانية مما يؤدي إلى حدوث خسائر واضرار كبيرة في الأرواح والممتلكات والبنية التحتية وتأخر حركة المرور وخسائر اقتصادية وحوادث وضحايا (Al-Ghais et al., 2019 and Aldosari et al., 2020)، وأيضا،

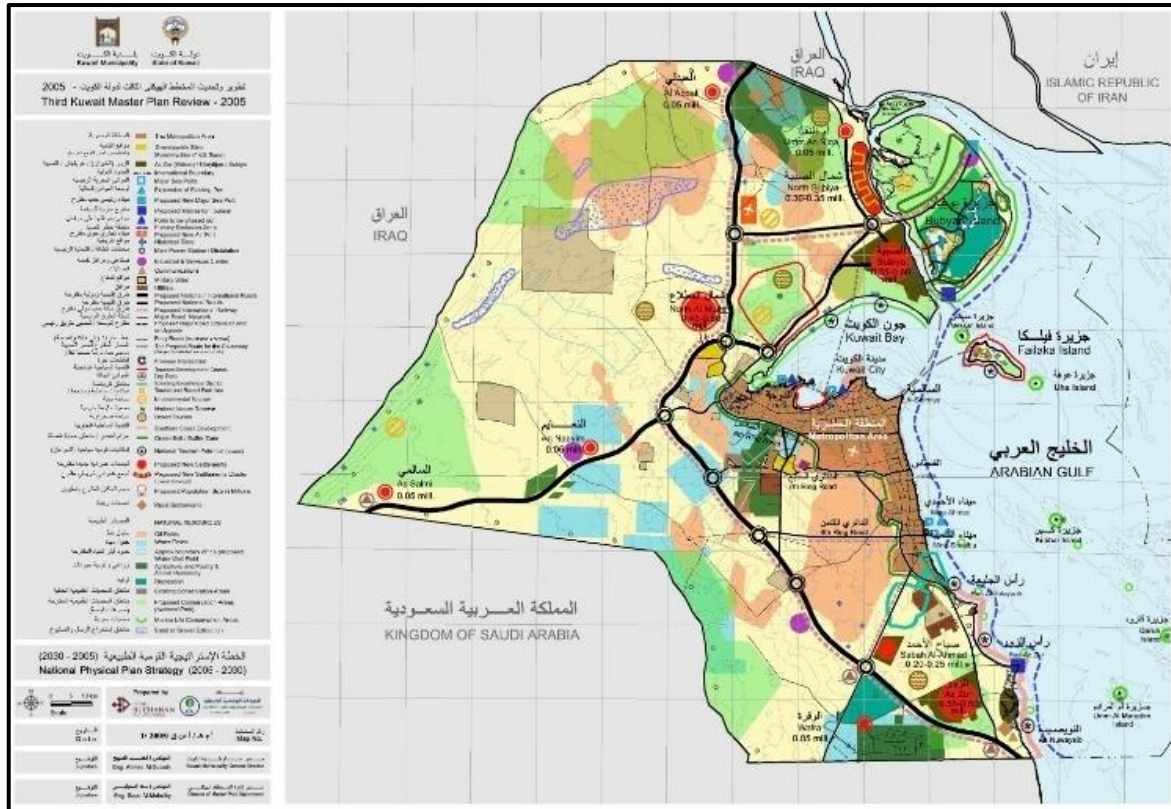
تسببت الأمطار الغزيرة التي سقطت على دولة الكويت في ١٤ نوفمبر ٢٠١٨م، على مقتل شخص وإلحاق أضرار بممتلكات تبلغ قيمتها حوالي ٣٢٨ مليون دولار أمريكي (Newarab.com). زيادة على ذلك، تحدث السيول بشكل متكرر في دولة الكويت بسبب عدم التعامل الجيد مع شبكات تصريف الأودية والصرف الصحي وأيضاً، إلى افتقار الكويت إلى دراسات تصنف المناطق المعرضة لأخطار الجريان السيلوي، ولا توجد سوى تقسيمات بدائية للمخاطر بسبب الفهم المحدود الذي ساهم في أضرار واسعة النطاق من حيث تأثيرها على الأرواح والمجتمعات والاقتصاد (Al-Hemoud et al., 2023).

وقد نشأت العديد من المشاكل البيئية بسبب افتقار اختيار مواقع المدن الجديدة في دولة الكويت إلى أي تحليل جيومورفولوجي، والدليل على ذلك إعلان مدينة صباح الأحمد منطقة منكوبة في ١٨ نوفمبر ٢٠١٨م، كما حدث الانهيار الأرضي الذي دمر مدينة المطلاع في فبراير ٢٠٢٠م (كونا، ٢٠١٨، ٢٠٢٠). ولذا يجب أن تتم مراجعة وتقييم المخطط الهيكلي الثالث لدولة الكويت، والذي يغطي الفترة ما بين ٢٠٠٥م-٢٠٣٠م من خلال تحديد درجة خطورة السيول على المدن الجديدة المقترحة في المخطط، وذلك من خلال استخدام التقنيات في كشف مواضع الخطر وتحديد كميات المطر اعتماداً على التقنيات الجغرافية الحديثة المتمثلة في بيانات الاستشعار عن بعد وبرامج نظم المعلومات الجغرافية مثل WMS ونماذج التحليل الهيدرولوجي والهيدروليكي مثل HEC-1 & HEC-RAS.

ثالثاً: أهمية الدراسة:

تتمثل أهمية الدراسة في وضع تصور علمي دقيق لدرجة خطر الجريان السطحي في أحواض التصريف المؤثرة على مدينة الصبية بدولة الكويت، وذلك لأنها واحدة من المدن الجديدة المراد تنفيذها حسب المخطط الهيكلي الثالث لدولة الكويت، وسعى الباحث لوضع تصور يخدم متخذي القرار من خلال البحث عن خطورة مياه السيول على مدينة الصبية.

ويمكن لهذه الدراسة أن تكون إضافة علمية للدراسات المتعلقة بالسيول في دولة الكويت، بما يساهم في تسهيل إدارة الأودية والسيول لمتخذي القرار في دولة الكويت و في جهاتها المعنية، مثل: وزارة الداخلية، الهيئة العامة للإسكان، بلدية الكويت، وزارة الصحة والدفاع المدني، وصولاً لتقليل مخاطر السيول على المدن الجديدة وسكانها، لتجنب الأخطاء السابقة في الخطة الحضرية ٢٠٠٥-٢٠٣٠م للمساعدة في صنع القرار في قطاع التنمية المستدامة، بالإضافة للمساعدة في حماية دولة الكويت من المخاطر أو الكوارث الطبيعية ولتحسين مبادرات التخطيط على مستوى الدولة و لتجنب المشاكل البيئية.



المصدر: بلدية الكويت - قسم التخطيط

شكل (١) المخطط الهيكلي لدولة الكويت ٢٠٠٥ - ٢٠٣٠

على الرغم مما تشكله السيول من أخطار تهدد المكان الذي تحدث فيه - لأنها تدمر كل شيء يقابلها مخلفة ورائها خراباً ودماراً وخسائر مادية وبشرية فادحة، حيث تعمل على تدمير كل ما يقابلها من مباني سكنية، ومنشآت مختلفة وطرق ومواصلات وبنية تحتية؛ إلا أن الأمطار تعتبر نعمة على دولة الكويت، وذلك لأنها المصدر الرئيسي للمياه السطحية ومصدراً لتغذية الخزانات الجوفية وعليها تعتمد التنمية في جميع المجالات، كما أن هذه الأمطار تشكل مورداً مهماً لنمو النباتات الصحراوية ووجود الأعشاب التي يعتمد عليها في رعي الأغنام.

رابعاً: أهداف الدراسة

تسعى الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

- ١- تحديد أحواض التصريف المؤثرة على مدينة الصبية، وتصنيفها تبعاً لدرجة خطورة الجريان السيلي.
- ٢- تحديد المناطق المعرضة لخطر السيول اعتماداً على تحليل البيانات الحديثة ومقارنتها مع المخطط الهيكلي لمدينة الصبية.
- ٣- تقدير كميات التدفق السيلي لمنطقة الدراسة.

حدود الدراسة:

الحدود الموضوعية: تشتمل الدراسة الهيدرولوجية على تحليل بيانات الأمطار والسيول والتعرف على الخصائص الجيولوجية والجيومورفولوجية المختلفة ومن ثم يمكن التنبؤ باحتمالية حدوث السيول عند الأزمنة التكرارية المختلفة وتحديد شدة السيل (عمق وسرعة مياه السيول) داخل المجرى المائي للأودية، وفي حال تعرض المنشآت الحيوية لمخاطر السيول.

الحدود المكانية: تقع مدينة الصبية في الجزء الشمالي الشرقي من دولة الكويت، وتمتد بين دائرتي عرض (١١° ٣٣' ٢٩" و ١٥° ٥٢' ٢٩") شمالاً وخطي طول (٦° ١٧' ٤٨" شرقاً، حتى تغطي حدود أحواض التصريف المؤثرة على المدينة.



المصدر: اعتماداً على الخرائط الرقمية، بلدية الكويت - قسم التخطيط

شكل (٢) موقع منطقة الدراسة

الحدود الزمانية: سوف تتناول الدراسة تحليل البيانات المناخية للمنطقة من عام ١٩٦٢ حتى ٢٠٢٢ أي خلال الستون عاماً الماضية لتحليل فترات رجوع المطر، ثم عمل نمذجة محاكاة للوضع الذي قد تكون عليه الأمطار في عام ٢٠٣٠م. تم اختيار الحدود الزمنية لمنطقة الدراسة بناءً على المخطط الهيكلي المستقبلي لدولة الكويت.

مصطلحات الدراسة:

١- نموذج التحليل الإحصائي للأمطار HyFran Plus

نموذج (HyFran Plus) عبارة عن تطبيق متخصص في عمليات التوزيعات الإحصائية، وهو يشتمل على عدد من الأدوات الرياضية القوية والمرنة وسهلة الاستخدام والتي يمكن استخدامها للتحليل الإحصائي للأحداث المتطرفة للأمطار (Mawlood and Al-Ansari, 2021). وقد اعتمد الطالب على التوزيعات الاحتمالية الإحصائية لحساب فترات الرجوع بناءً على نموذج التحليل الإحصائي للأمطار HyFran Plus والتي من أهمها Log-Pearson Type III، Gumbel، Weibull.

٢- برنامج الأحواض المائية (WMS) Watershed Modeling System:

طُورت العديد من البرمجيات للتحليل الهيدرولوجي مثل برنامج نمذجة الأحواض المائية Watershed Modeling System (WMS) والذي يتضمن مجموعة من النماذج الهيدرولوجية منها (HEC-1, HEC-HMS)، وتعد هذه النماذج محاولات لمحاكاة السيول وتقدير الفاقد والجريان السطحي ومنحنيات التصريف المائي وغيرها (عبد الكريم، ٢٠١٩).

٣- نموذج التحليل الهيدرولوجي HEC-1

يعد نموذج HEC-1 اختصاراً لمصطلح Hydrologic Engineering Center، وهو من أشهر النماذج الهيدرولوجية المستخدمة في دراسة السيول flash floods وللحماية من مخاطرها (Abd EL- (Basset, & et al., 2021).

٤- نموذج التحليل الهيدروليكي HEC-RAS

نموذج حركة الجريان السطحي والتعرية (HEC-RAS) عبارة عن برنامج حاسوبي هيدروليكي يختص بنمذجة ومحاكاة حركة المياه في المجاري المائية الطبيعية والصناعية، ويساعد في تحديد ارتفاعات مياه السيول والمناطق المعرضة للغمر (Helwa, & et al., 2020).

٥- منهج المنحنى الرقمي SCS-CN:

يعد منهج (Soil Conservation Service) واختصاره SCS والمعروف أيضاً بمنهج "المنحنى الرقمي" CN (Curve Number Method)، والذي يعتمد عليه في عمليات التحليل الهيدرولوجي، هو أداة شائعة تستخدم لتقدير كمية الجريان السطحي الناتج عن الهطول المطري. تم تطوير هذا

المنهج من قبل دائرة حفظ التربة التابعة لوزارة الزراعة الأمريكية (USDA)، حيث يعد "المنحنى المركب" (CN) جوهر هذا المنهج، وهو رقم يعبر عن الخصائص الهيدرولوجية لحوض الصرف، ويتراوح بين ٣٠ و ١٠٠. يعتمد هذا الرقم على نوع التربة، واستخدامات الأراضي، وحالة الرطوبة السابقة في التربة. وتشير القيم الأدنى للـ CN إلى مناطق ذات قدرة عالية على الامتصاص، مثل الغابات، مما يعني جريان سطحي أقل. بينما تشير القيم الأعلى إلى مناطق ذات قدرة امتصاص منخفضة، مثل المناطق الحضرية المعبدة، مما يعني جريان سطحي أعلى (USDA.gov).

مصادر الدراسة:

أولاً: الدراسات السابقة:

تناولت دراسة (العصفور وآخرون، ١٩٨٧م) بعض الظواهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بالتطرف المناخي في الكويت، وقد هدفت الدراسة لتوضيح العلاقة الوثيقة بين مظاهر تطرف المناخ في دولة الكويت وبعض الأشكال الأرضية المرتبطة بها. وخاصة دور مظاهر التجوية الميكانيكية والكيميائية ودور النحت المائي السيلى.

وفي دراسة (الصباح وبوربيع، ١٩٩٨م) سيول نوفمبر م ١٩٩٧ كارثة طبيعية على دولة الكويت (الأثار والمواجهة). وضحت الدراسة أسباب الأمطار في دولة الكويت منها: المنخفضات الجوية والعواصف الرعدية المحلية. وصت الدراسة بدراسة المجاري الطبيعية لمياه الأمطار في المناطق البرية واتجاهات تحركاتها نحو الطرق والمدن وإنشاء قنوات مكشوفة لتوجيه هذه المياه نحو السواحل البحرية أو مناطق شبكة تصريف الأمطار. وعلى المدى البعيد يوصي بالتطوير الشامل لشبكة تصريف مياه الأمطار على مستوى الدولة بالكامل.

جاءت دراسة الدوسري، ميساك ونيلاماني (٢٠٠٧) التي وضحت كيفية إدارة السيول الجارفة في منطقة الشعبية الصناعية جنوب الكويت بحيث هدفت الدراسة لدراسة جيومورفولوجية منطقة الشعبية بالكويت و لوضع حلول للسيول الجارفة من خلال استخدام العمل الميداني والاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية وجاءت نتيجة الدراسة في: تحديد ١١٦ مجرى وادي و الشعبان وحددت الدراسة أيضا أحواض التصريف المائية التي تؤثر على منطقة الشعبية و اقترحت حلولاً من خلال عمل سدود ترابية وأيضاً تدعيمها بالجيوتكستايل Geo-textile وأيضاً الاستفادة من السيول من خلال الزراعة في الترب المتدهورة.

هدفت دراسة (Al -Rukaibi et al., 2017) لاستخدام نموذج مؤشر ملائمة الموقع SSI لتحديد وتقييم أحواض جريان مياه الأمطار في معسكر الجيش بمرتفعات جال الزور - الكويت، وصنفت

الدراسة الأخطار من حيث ملائمتها (ضعيفة - متوسطة - قوية) لتحديد مدى حماية معسكر الجيش من خطر السيول.

أما دراسة (Al-Ghais et al., 2019) التي قامت بتقييم آثار قلة البيانات المكانية في إدارة الأزمات خلال سيول دولة الكويت في عام ٢٠١٨م، وسعت الدراسة إلى فهم إدارة الأزمات في دولة الكويت من وجهة نظر جيومعلوماتية اعتمادا على بيانات الاستشعار عن بعد وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، وذلك من خلال التحقق من آثار السيول على دولة الكويت بالمقارنة بين مدينتي الفحيحيل ومدينة صباح الأحمد.

وجاءت دراسة (AL-Qallaf et al., 2020) بعنوان تقييم تأثير أحداث هطول الأمطار الغزيرة على التقلب الزمني لأمطار دولة الكويت، وأشارت إلى تقييم آثار الأمطار الشديدة والمؤقتة المتقلبة في دولة الكويت، وأكدت على أن حدوث زيادة في الجريانات السيلية في دولة الكويت خلال الأونة الأخيرة، مما تسبب في خطورة على البشر والممتلكات والبنية التحتية. وأظهرت نتائج الدراسة أن هناك زيادة في متوسط كمية الأمطار في الكويت وأن ٢٠١٨ تجاوز أعلى معدل في كمية الهطول حيث بلغت ٣٤٤ ملم. واتضح من خلال الدراسات السابقة المتعلقة بدولة الكويت والتي تناولت موضوع السيول، أن هناك اجتهادات واتفقت جميعها على أهمية توفير بيانات مناخية وخرائط لتحديد أماكن الخطورة، وقد جاءت هذه الدراسة لتطبيق أحدث التقنيات متمثلة في النمذجة الهيدرولوجية والهيدروليكية باستخدام (WMS, HEC-RAS).

ذكرت دراسة (Hassan et al., 2021a) التي استخدمت النمذجة وإدارة كوارث السيول السريعة في دولة الكويت والتي هدفت لرصد التغيرات البيئية والجيومورفولوجية عقب سيول ٢٠١٨ على دولة الكويت و تأثير السيول على المناطق الحضرية والبنية التحتية و عمل نمذجة لمواقع الأخطار، حيث تم استخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والعمل الحقلية والنماذج الهيدرولوجية وخلصت الدراسة بوضع أماكن مقترحة لوضع خزانات المياه والسدود وكميات المياه التي يمكن الاستفادة بها. شملت النتائج السلبية بعض المشاكل في منطقة العاصمة وتدمير بعض شبكات الطرق التي تتقاطع مع الأودية الرئيسية والتي لم يتم تجهيزها بمعايير لتقادي السيول، كما كان هناك ظهور لبعض المشاكل في البنية التحتية. وأكدت الدراسة على أن دراسة السيول تتطلب مشاركة من قبل كافة الجهات العلمية والتنفيذية لتجنب المخاطر البيئية. اقترحت الدراسة تطبيق دراسة حالة على مدن جديدة في الكويت مثل مدينة المطلاع شمال دولة الكويت.

(Hassan et al., 2021) في تحسين اختيار موقع المدن الجديدة في الصحراء باستخدام الجيومورفولوجيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية: دراسة حالة الكويت، هدفت الدراسة لإجراء

نموذج ملائمة لإنشاء مدن جديدة في دولة الكويت. وتقييم للخطة الحضرية الحالية ٢٠٠٥-٢٠٣٠م، واقتراح توصيات وحلول للمشكلات الحضرية المحتملة. استخدمت النمذجة في نظم المعلومات الجغرافية. جاءت نتائج الدراسة أن معايير اختيار المدن الجديدة لم تشمل المعايير الجيولوجية والجيومورفولوجية والبيئية مما أدى لظهور العديد من المشكلات العمرانية.

توصي الدراسة لإضافة المزيد من المعايير الاجتماعية والاقتصادية والبيئية إلى النموذج المقدم في هالورقة إلى دقة أعلى وتخطيط أفضل مما يؤدي بدوره إلى تعديلات مهمة في النموذج من شأنها تعزيز جهود التخطيط المستقبلية.

ثانيا: اعتمد الباحث في هذه الدراسة على مجموعات متنوعة من البيانات الإحصائية والمناخية والبيانات المستشعرة عن بعد مثل صور الأقمار الصناعية الحديثة والخرائط الرقمية والورقية ويمكن توضيح ذلك كما يلي:

١- البيانات المناخية:

تم في هذه الدراسة الاعتماد على بيانات إدارة الأرصاد الجوية - الإدارة العامة للطيران المدني - محطة مطار الكويت للحصول على البيانات الخاصة بالهطول المطري.

٢- صور الأقمار الصناعية متعددة الأطياف:

استخدمت الدراسة العديد من بيانات الاستشعار عن بعد منها مرئيات القمر الصناعي Landsat-8 (OLI)، وتبلغ دقتها المكانية ١٥×١٥ متراً، كما تم الاعتماد على صور الأقمار الصناعية للقمر الأوروبي (Sentinel) بدقة ١٠ أمتار لتحديد المواضع التي تجمعت فيها مياه السيول خاصة سيل عام ٢٠١٨ على مخارج الأودية. كما تم التكامل مع الصور الفضائية والتي يوفرها برنامج (Google Earth) وكذلك خدمة (Web Imagery) لشركة ESRI لتحديد مواقع النقاء مخارج الأودية مع المنطقة العمرانية بمدينة الصبية.

٣- الخرائط الرقمية والورقية:

اعتمد في هذه الدراسة على تحليل خرائط التربة والتي تم تحميلها من موقع (<https://pubs.usgs.gov/>) بمقياس رسم ١:٥٠٠٠٠٠٠ والتي أنتجت هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، وكذلك خرائط التربة لدولة الكويت والتي تم توفيرها من معهد الكويت للأبحاث العلمية بمقياس رسم (١:٢٥٠٠٠) وقد تم التكامل بين هذه البيانات بهدف التعرف على خصائص التربة لمنطقة الدراسة والأحواض والمجاري المائية التي تجري على أرض الكويت وتتم في منطقة الدراسة وهي جزء من البيانات التي يتم إدخالها إلى نموذج HEC-1 لدراسة الخصائص الهيدرولوجية لأودية المنطقة.

٤- نموذج الارتفاع الرقمي DEM:

يوفر نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) تمثيلاً دقيقاً للتضاريس وارتفاعاتها، ويُستخدم في النمذجة الهيدرولوجية لتحديد مستجمعات المياه ومسارات تدفق الأمطار، مما يساعد في تحديد شبكات التصريف وقد اعتمد الباحث على نموذج DEM من الصور الرادارية للقمر الصناعي ALOS PALSAR بدقة ١٢.٥ متراً كأحد مدخلات التحليل الهيدرولوجي، وقد تم تحميل نموذج الارتفاع الرقمي ALOS PALSAR لدولة الكويت بتاريخ ٢١-١١-٢٠١٠، بدقة مكانية تبلغ ١٢.٥ متر من موقع (www.asf.alaska.edu) وتم التعامل معها لاستخراج شبكات التصريف المائي بالمنطقة وبلغ عدد البلاطات التي تم تحميلها ٢٥ بلاطة تغطي دولة الكويت وتم جمعها في ملف واحد بعد عمل Mosaic لها.

ثالثاً: التحليل الإحصائي للأمطار باستخدام طريقة Weibull

وهي طريقة شائعة الاستخدام في تحليل البيانات الهيدرولوجية وتقدير فترات الرجوع. وقد تم تطبيق هذه الطريقة بترتيب البيانات تنازلياً، حساب احتمال عدم التجاوز (Probability of non-exceedance) وباستخدام المعادلة الآتية (Weibull, 1951):

$$P = m / (n + 1)$$

حيث m هو ترتيب القيمة.

و n هو العدد الإجمالي للقيم.

كما تم حساب فترة الرجوع من خلال المعادلة:

$$T = 1 / (1 - P)$$

وقد تمت الدراسة على أقصى هطول يومي/عام وكذلك على إجمالي كمية المطر السنوي.

منهجية الدراسة وإجراءاتها

اعتمد الباحث في دراسته على:

- ١- **المنهج التطبيقي (النفعي)**، يهدف إلى ربط المعرفة النظرية بالتطبيقات العملية التي تُسهم في اتخاذ قرارات مدروسة في مجال إدارة الموارد المائية والمخاطر البيئية. من خلال استخدام نماذج تحليلية مثل HyFran Plus، يتم توظيف الأساليب الإحصائية المتقدمة لتحليل بيانات الأمطار القصوى وتقدير فترات الرجوع، مما يوفر أدوات فعّالة للتنبؤ بالظواهر المناخية الشديدة. ويُساعد هذا المنهج في تقديم حلول عملية للمخططين وصانعي القرار، خاصة في مجالات التخطيط الحضري، وتصميم البنية التحتية، وإدارة أخطار السيول والفيضانات. وبهذا، فإن المنهج التطبيقي يعزز القيمة العملية للدراسة ويجعل نتائجها قابلة للتنفيذ في الواقع الميداني.

٢- **المنهج التحليل المكاني:** اعتمد الباحث على المنهج التحليلي في عمليات النمذجة الهيدرولوجية مع توظيف النماذج الرياضية الحديثة التي تمثل في استخدام النموذجين الهيدرولوجيين (HEC-HMS و 1) التابعين لبرنامج (Watershed Modeling System).

مراحل الدراسة:

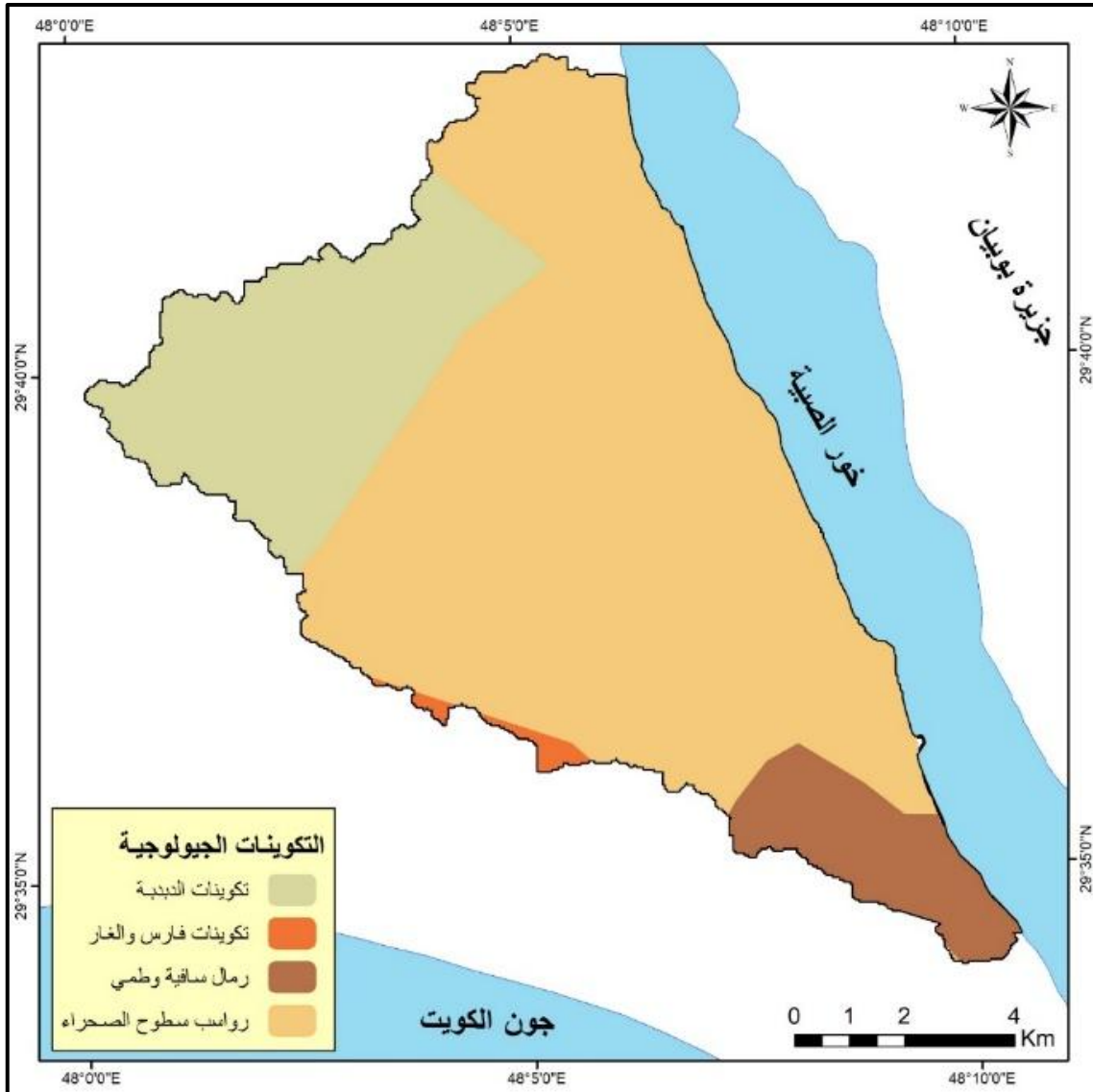
المرحلة الأولى: مرحلة جمع البيانات:

١. تم في هذه المرحلة جمع خرائط ورقية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠ من بلدية الكويت طباعة ٢٠١٢.
٢. تم الاعتماد على المرئيات الفضائية للقمر الصناعي الأمريكي لاندسات-٨ بدقة مكانية ٣٠ متراً، أكتب تواريخ المرئيات وفيما استخدمت بإيجاز شديد.
٣. تم جميع البيانات المناخية من محطة مطار الكويت؛ المحطة الرئيسية التي يتوفر بها سجل تاريخي لمعظم السنوات (١٩٦٢ : ٢٠٢٤).
٤. ومع توفر بيانات الاستشعار عن بعد متوسطة وعالية الدقة المكانية فقد اعتمد الطالب في دراسته صور الأقمار الصناعية للقمر الصناعي لاندسات-٨ بدقة ٣٠ متراً، وكذلك خدمة (ESRI Imagery) التي تقدمها شركة ايزري مما ساعد في تحديد المسارات الرئيسية والفرعية للوديان التي تظهر بالمنطقة.
٥. كما تم تحليل طبوغرافية المواقع المحيطة بمنطقة الدراسة لتحديد أحواض تجمع مياه الأمطار وخواص هذه الأحواض الهيدرولوجية من حيث المساحة والميل وأطول المسارات وأطول زمن الوصول لأبعد نقطة مياه بالأحواض لمخارج الأودية.
٦. تحديد مسارات الأودية وحساب كمية وحجم التدفق باستخدام المعادلات والنماذج الهيدرولوجية، والتي في مقدمتها برنامج (WMS) ونموذج التحليل الهيدروليكي (HEC-RAS).

المحددات الجغرافية للجريان السطحي في مدينة الصبية:

المحددات الجيولوجية:

توضح الخريطة شكل (٣) التكوينات الجيولوجية لمنطقة الصبية والتي تتألف من تكوينات الدببة وتكوينات فارس والغار والرمال السافية والظمي ورواسب سطوح الصحراء وهي تكوينات تختلف في خصائصها ومكوناتها.

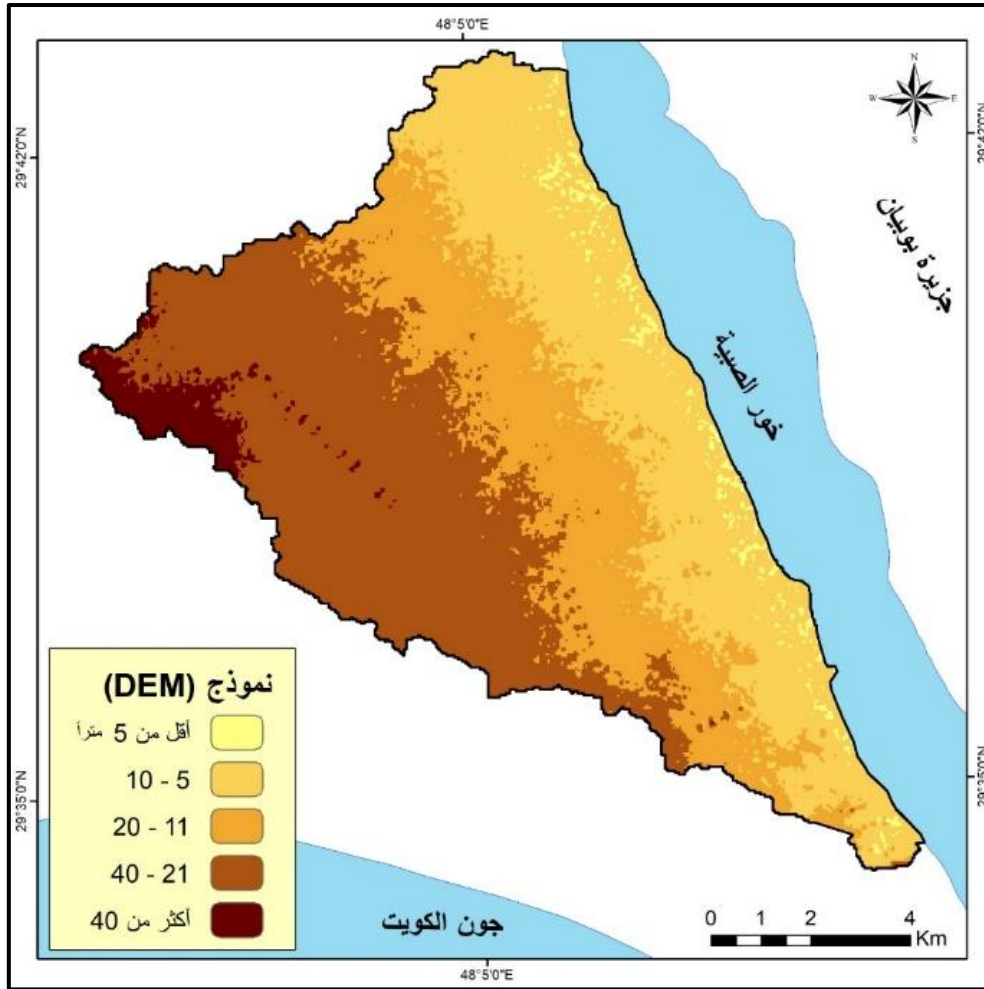


المصدر: اعداد الباحث بتصريف عن الصراوي

شكل (٣) التكوينات الجيولوجية في منطقة الصبية أين عمر التكوين، والمفتاح يرتب الأقدم في الأسفل والأحدث في الأعلى

الخصائص التضاريسية:

يوضح الشكل (٤) خريطة تبين نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) لمنطقة الصبية من بيانات القمر الصناعي ALOS PALSAR بدقة ١٢.٥ متر، ويقدم النموذج توضيحاً تفصيلياً لتضاريس المنطقة وخصائصها الطبوغرافية، حيث تتركز الارتفاعات المنخفضة من منسوب سطح البحر في الجزء الشرقي على ساحل خور الصبية، بينما تترادى الارتفاعات تدريجياً باتجاه الغرب، حيث تصل إلى أكثر من ٤٠ متر، ويشير هذا التدرج في الارتفاعات إلى وجود تباين طبوغرافي واضح، مما يعكس التنوع الجيومورفولوجي للمنطقة.



المصدر: اعداد الباحث اعتمادا على نموذج الارتفاعات الرقمية من نوع ALOS PALSAR بدقة ١٢.٥ مترا

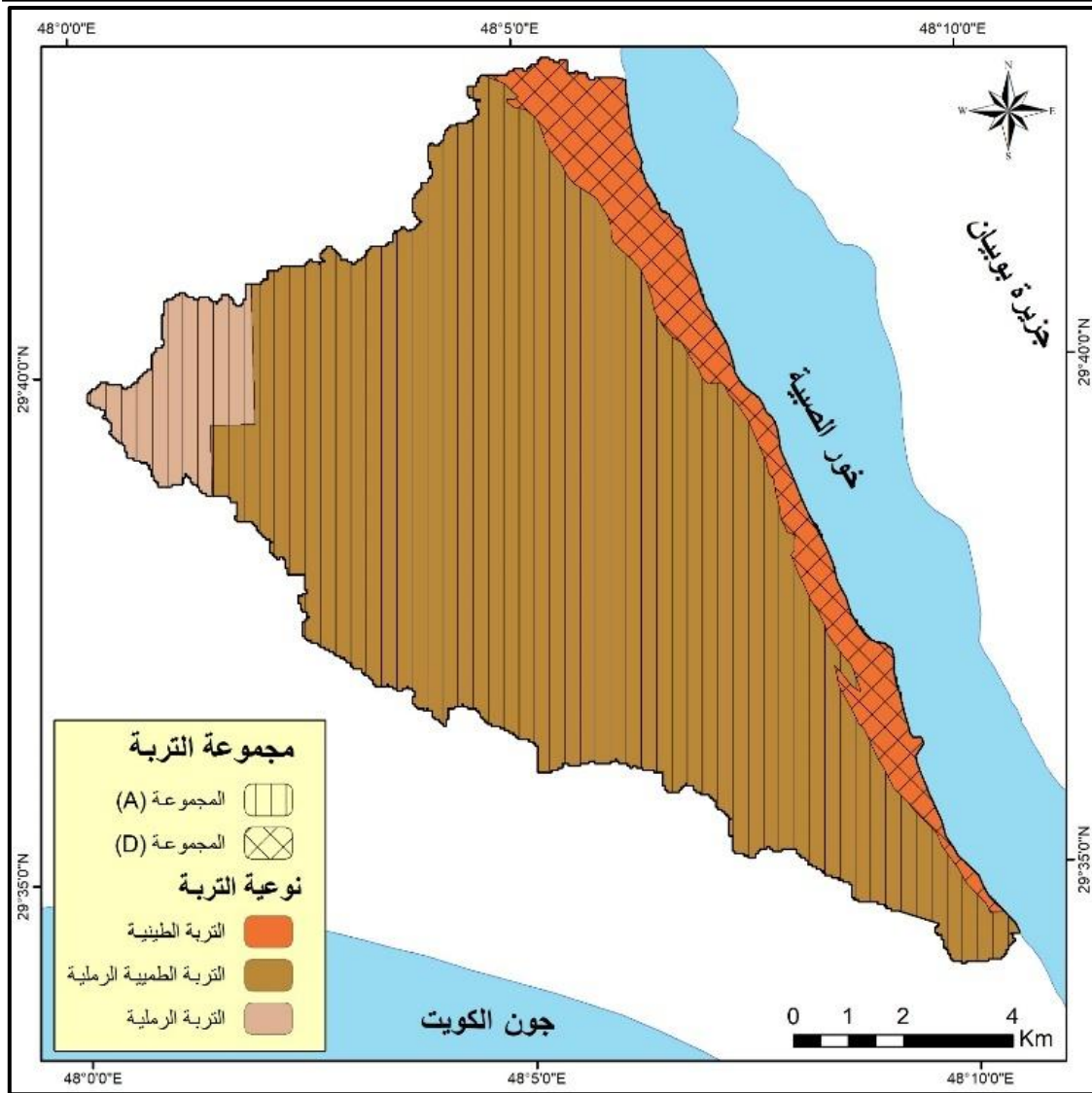
شكل (٤) نموذج الارتفاع الرقمي DEM لمدينة الصبية

المجموعات الهيدرولوجية للتربة:

توضح الخريطة شكل (٥) التوزيع الجغرافي لمجموعات وأنواع التربة في منطقة الصبية حيث توجد مجموعتين من مجموعات التربة الرئيسية التي تم تقسيمها طبقاً للخصائص الهيدرولوجية للأمطار والجريان السيلي ويوجد بالمنطقة المجموعة (A) وهي تربة طينية قليلة التسرب للمياه وتنتشر على طول خور الصبية في منطقة الدراسة وتبلغ، كما توجد مجموعة التربة (D) وهي تربة طميية رملية متوسطة النفاذية وتربة رملية نفاذيتها عالية مما يساعد في حدوث فاقد للمياه إلي باطن الأرض عند سقوط الأمطار والجريان السيلي، لابد أن توضح قيمة CN لكل مجموعة.

جدول (١) قيمة المنحنى الرقمي CN لمجموعات التربة واستخدام الأرض في المنطقة

استخدام الأرض / الغطاء الأرضي	للمجموعة (A)	للمجموعة (D)
مناطق حضرية - طرق ممهدة	98	98
أراضي قاحلة أو صحراوية	49	89



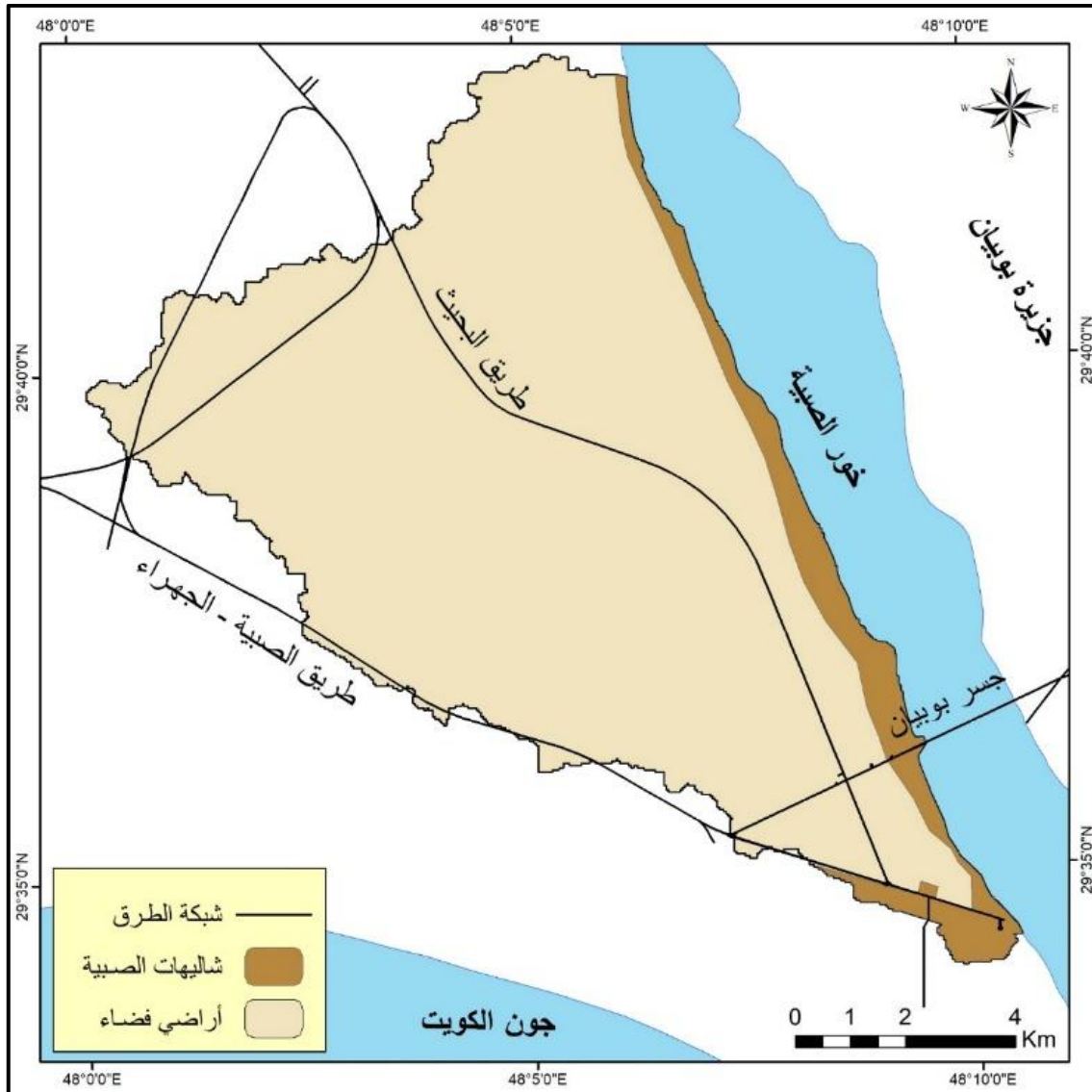
المصدر: اعداد الباحث بتصرف عن هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS

شكل (٥) تقسيم مجموعات التربة وأنواعها في منطقة الصبية

استخدامات الأراضي في منطقة الدراسة:

يوضح شكل (٦) الخريطة تقسيم استخدامات الأراضي في منطقة الصبية بالكويت، حيث يتبين من الخريطة سيادة الأراضي الفضاء ونُدرة استخدام الأرض والغطاء الأرضي بالمنطقة، وتوجد شاليهات الصبية ممتدة في النطاق الساحلي لخور الصبية، وتمتد شبكة من الطرق السريعة الممهدة لقيام مدينة الصبية (الحرير) حيث تربط هذه الطرق مدينة الصبية بجزيرة بوبيان وميناء مبارك الكبير وتربطها أيضاً بمدينة الكويت عبر الجسر البحري (جسر الشيخ جابر) مما يساعد في عمليات التنمية المستقبلية. يتضح من الخريطة أن أودية منطقة الدراسة تجري في منطقة فضاء خالية من استخدامات الأرض والغطاء الأرضي حيث لا يوجد بالمنطقة أي من الأنشطة البشرية

مثل المناطق العمرانية أو الصناعية كما أنها تخلو من الغطاء الأرضي والنباتات، وقد يؤدي ذلك إلى سرعة تدفق المياه لعدم وجود عوائق.



المصدر: اعداد الباحث من صور الأقمار الصناعية للقمر الصناعي Sentinel-2 عام ٢٠٢٣

شكل (٦) استخدام الأرض في منطقة الصبية

التحليل والنتائج

التحليل الإحصائي للأمطار والوضع المستقبلي

وقد تمت عمليات التحليل على أقصى كمية مطر يومي على مدار العام لفترات رجوع مختلفة، حيث تظهر البيانات المتاحة القيم المتوقعة (بالملم) لفترات رجوع تتراوح بين ٢ إلى ١٠٠ سنة. وقد اتضح أن فترة الرجوع خلال العامين القادمين (حتى عام ٢٠٢٦)، قد تكون القيمة المتوقعة ٢١.٥ ملم، مما يمثل حدثاً مطرياً خفيفاً إلى متوسط، قد يحدث مرة كل سنتين. أما بالنسبة لفترة الرجوع

كل ٥ سنوات، فقد تبلغ القيمة المتوقعة للمطر اليومي ٣٢.٤ ملم، مشيرة إلى زيادة واضحة في شدة الهطول. ومن حيث فترة رجوع عند ١٠ سنوات، فقد تكون القيمة المتوقعة تصل إلى ٤١.٢ ملم، مما يدل على حدث مطري أكثر ندرة وشدة. ومع تزايد فترة الرجوع، حتى ٢٥ و ٥٠ و ١٠٠ سنة، قد تتزايد القيم المتوقعة إلى ٥٢.٨ ملم و ٦١.٧ ملم و ٧٠.٦ ملم على التوالي، مما يشير إلى أن الهطولات المطرية تصبح أقل تكراراً لكنها أكثر شدة.

جدول (٢) يوضح تحليل فترات الرجوع باستخدام طريقة Weibull بناء على أقصى هطول يومي/عام

القيمة (ملم)	السنة	الترتيب (m)	احتمال عدم التجاوز (P)	فترة الرجوع (سنوات)
٧٩	٢٠١٨	١	٠,٠١٦١	٦٢
٦٥	١٩٩٧	٢	٠,٠٣٢٣	٣١
٦٠,٢	١٩٩٩	٣	٠,٠٤٨٤	٢٠,٧
٥٥,٤	٢٠٢٢	٤	٠,٠٦٤٥	١٥,٥
٤٨,٤	١٩٧٦	٥	٠,٠٨٠٦	١٢,٤
٤٥,٦	٢٠٠٥	٦	٠,٠٩٦٨	١٠,٣
٤٥,١	١٩٩٣	٧	٠,١١٢٩	٨,٩
٤٣,٥	٢٠٠٣	٨	٠,١٢٩	٧,٨
٤٢,٧	٢٠٠٩	٩	٠,١٤٥٢	٦,٩
٣٨,٢	١٩٧٥	١٠	٠,١٦١٣	٦,٢

المصدر: عمل الباحث بناء على التحليل بمعادلات طريقة Weibull لأقصى كمية مطر يومي

الوضع المستقبلي للأمطار

تم في هذه الدراسة تحليل الوضع المستقبلي لكميات الأمطار باستخدام طريقة Weibull، وتقدير كميات الأمطار المتوقعة لفترات رجوع مختلفة في المستقبل. مما يساعد في فهم احتمالية حدوث الأحداث المطرية الشديدة في المستقبل.

جدول (٣) تحليل الوضع المستقبلي لكميات الأمطار (أقصى كمية مطر يومي/عام) باستخدام طريقة Weibull

فترة الرجوع (سنوات)	القيمة المتوقعة (ملم)
٢	٢١,٥
٥	٣٢,٤
١٠	٤١,٢
٢٥	٥٢,٨
٥٠	٦١,٧
١٠٠	٧٠,٦

المصدر: من عمل الباحث باستخدام طريقة Weibull بالتطبيق على أقصى كمية مطر يومي سقطت خلال الفترة من ١٩٦٢م - ٢٠٢٢م من محطة مطار دولة الكويت (إدارة الأرصاد الجوية الكويتية).

الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات تصريف أودية منطقة الدراسة:

تم في هذه الدراسة استخراج شبكة الأودية الجافة وأحواض التصريف من نماذج الارتفاعات الرقمية ومحاولة التعرف على أسمائها من الخرائط الطبوغرافية ونظرا لصغر الأحواض وعدم وجود أسماء لها فقد تم ترقيمها وقد بلغ عدد الأحواض التي تصب في منطقة الصبية نحو ١٢ وادي، وتقع مدينة الصبية في منطقة شبه مستوية السطح على أطراف حافة جال الزور الشرقية، وتتحد أوديتها باتجاه خور الصبية ومعظمها أحواض صغيرة المساحة وقصيرة الطول وقليلة الانحدار، إلا أنها تشكل خطورة في حالة تم التعدي على مورفومترية الأودية دون وضع الحلول المناسبة، ويمكن في هذه الدراسة تناول أهم الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات تصريف أودية الدراسة كما يلي:

١- أعداد الرتب النهرية لأودية منطقة الصبية:

تبين من تحليل بيانات جدول (٣) والذي يوضح أعداد الرتب النهرية لأودية منطقة الصبية أن أعداد مجار الرتبة الأولى للأحواض تتراوح بين ٦ و ٨٩ مجرى، مع متوسط ٣٢ مجرى وانحراف معياري ٢٥ مجرى، وهو ما يعكس التباين الكبير في تعقيد شبكات تصريف الدراسة. أما الرتبة الثانية فتتراوح أعدادها بين ٢ و ١٧ مجرى، مع متوسط ٧ مجار وانحراف معياري ٥ مجار، وبالنسبة للرتبتين الثالثة والرابعة، فعددها محدود نسبياً، حيث تتراوح الرتبة الثالثة بين ١ و ٦ مجرى، والرتبة الرابعة بين ١ و ٢ مجرى فقط أما الرتبة الخامسة فقد تمثلت فقط في الحوض رقم ٣.

جدول (٤) أعداد الرتب النهرية لأودية منطقة الصبية

رقم الحوض	أعداد الرتبة الأولى	أعداد الرتبة الثانية	أعداد الرتبة الثالثة	أعداد الرتبة الرابعة	أعداد الرتبة الخامسة	أجمالي الأعداد
B١	١٣	٤	١			١٨
B٢	٤٩	١٢	١			٦٢
B٣	٨٩	١٧	٦	٢	١	١١٥
B٤	١٨	٥	١			٢٤
B٥	٤٨	٦	٣	١		٥٨
B٦	٢٢	٤	١			٢٧
B٧	٥٨	١٤	٤	١		٧٧
B٨	١٨	٤	١			٢٣
B٩	٣٥	٩	٢	١		٤٧
B١٠	١٨	٥	١			٢٤
B١١	١٠	٢	١			١٣
B١٢	٦	٢	١			٩
المجموع	٣٨٤	٨٤	٢٣	٥	١	٤٩٧
أقصى قيمة	٨٩	١٧	٦	٢	١	١١٥
الانحراف المعياري	٢٥	٥	٢	١		٣٢
معامل الاختلاف	٧٧	٧٠	٨٥	٤٠		٧٦

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ١٢,٥ متراً من بيانات القمر الصناعي Alos PALSAR، وتم استخراج أعداد الأودية من نتائج التحليل بأداة ArcHydro في برنامج ArcGIS

أما أطوال الرتب النهرية لأودية منطقة الصبية:

يوضح جدول (٤) الخصائص المورفومترية لأطوال الرتب النهرية لأودية منطقة الصبية، حيث تبين أن أطوال الرتبة الأولى تراوحت بين ٢.٢ كم في الحوض (رقم-١٢) وبلغت ٣٣.٥ كم في الحوض (رقم-٣) بمتوسط ١٣ كم وانحراف معياري ٩ كم، مما يشير إلى تفاوت كبير في طول هذه الرتبة بين الأودية. معامل الاختلاف لطول الرتبة الأولى يبلغ ٧٢٪. أما أطوال الرتبة الثانية فتراوحت بين ٢.٤ كم في الحوض (رقم -١٢) ونحو ١٣.٨ كم في الحوض (رقم-٧) بمتوسط ٦ كم وانحراف معياري ٤ كم، مع معامل اختلاف ٦٩٪.

وتتراوح طول الرتبة الثالثة بين ٠.٥ كم في الحوض (رقم-١١) وبين ١١.٤ كم في الحوض (رقم -٣) بمتوسط ٥ كم وانحراف معياري ٣ كم. معامل الاختلاف هنا يبلغ ٦٧٪، مما يعكس تفاوتاً ملحوظاً في طول هذه الرتبة. وتتراوح أطوال الرتبة الرابعة بين ١.١ كم في الحوض (رقم-٩) وبين ١٠ كم في الحوض (رقم-٣) بمتوسط ٥ كم وانحراف معياري ٤ كم. معامل الاختلاف لهذه الرتبة هو ٧٨٪. وبلغ إجمالي أطوال الرتب النهرية بين ٥.٧ كم في الحوض (رقم-12) وبين ٦٦.٤ كم في الحوض (رقم-3) بمتوسط ٢٦ كم وانحراف معياري ١٨ كم، ومعامل اختلاف ٧١٪. هذا يؤكد وجود تفاوت كبير في الطول الإجمالي للأودية عبر مختلف الرتب.

جدول (٥) خصائص أطوال الرتب النهرية في منطقة الصبية (كم)

رقم الحوض	طول الرتبة-١	طول الرتبة-٢	طول الرتبة-٣	طول الرتبة-٤	طول الرتبة-٥	إجمالي الأطوال
B١	٤,٤	٢,٤	٣,٦			١٠,٥
B٢	١٨,٣	١٢,٩	٧,٢			٣٨,٤
B٣	٣٣,٥	١١,٣	١١,٤	١٠,٠	٠,٣	٦٦,٤
B٤	٦,٨	٤,٢	٢,٩			١٣,٩
B٥	٢٢,١	٦,٠	٤,٧	٦,٠		٣٨,٨
B٦	١٠,٦	٣,٠	٥,٥			١٩,٢
B٧	١٩,٦	١٣,٨	٧,٤	٢,٩		٤٣,٦
B٨	٩,٣	٤,٤	٢,٦			١٦,٣
B٩	١٥,١	٥,٤	١٠,٥	١,١		٣٢,١
B١٠	٧,١	٤,٠	٤,٣			١٥,٤
B١١	٤,٣	٢,٨	٠,٥			٧,٦
B١٢	٢,٢	٢,٤	١,٠			٥,٧
المجموع	١٥٣	٧٣	٦٢	٢٠	٠	٣٠٨
أقصى قيمة	٣٣	١٤	١١	١٠	٠	٦٦
الانحراف المعياري	٩	٤	٣	٤		١٨
معامل الاختلاف	٧٢	٦٩	٦٧	٧٨		٧١

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ١٢,٥ متراً من بيانات القمر الصناعي Alos PALSAR، وتم استخراج أعداد الأودية من نتائج التحليل بأداة ArcHydro في برنامج ArcGIS

تبين من تحليل البيانات التي يوضحها جدول (٦) والتي توضح الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف المائي بمنطقة الصبية تنوع مساحة الأحواض حيث بلغت مساحة أصغر الأحواض بالمنطقة بين ٢.٧ كم^٢ للحوض رقم-٤، إلى ٢٩.٣ كم^٢ للحوض رقم-٢، والذي يعد أكبر أحواض التصريف المائي التي تجري وتصب في منطقة الصبية. هذا التنوع يُمكن أن يؤثر بشكل مباشر على كمية المياه التي يمكن أن يلتقاها ويصرفها كل حوض.

كما يوضح جدول (٦) اختلاف قيم وقت التأخير (زمن التباطؤ) لجريان المياه بأحواض المنطقة والتي تتراوح قيمها بين ٠.٩ ساعة للحوض رقم-٤ و ٢.٦ ساعة للحوض رقم-٢، بينما يتراوح زمن التركيز بين ١.٥ ساعة أيضاً للحوض رقم-٤ و ٤.٣ ساعات للحوض رقم-٢. ويعد وقت التأخير وزمن التركيز عنصران مهمان لفهم سرعة استجابة الحوض لحدث هطول الأمطار وتأثيره على المناطق الحضرية القائمة والمخطط لبنائها مما يساعد في دعم اتخاذ القرار. نظرا لصغر مساحة أحواض منطقة الصبية وتشابه استخدام الأرض والتربة بالمنطقة فإن قيمة CN كانت ثابتة عند ٩٨ حيث إن جميع الأحواض الرافدة بالمنطقة تتمتع بخصائص تربة مشابهة من حيث القدرة على الامتصاص والتصريف.

وقد تبين من الجدول أن أصغر أحواض المنطقة الحوض رقم-٤، بمساحة ٢.٧ كم^٢، ووقت تأخير وزمن تركيز ب ٠.٩ و ١.٥ ساعة على التوالي. أما أكبر أحواض المنطقة فهو الحوض رقم-٢ فقد بلغت مساحته ٢٩.٣ كم^٢ ويظهر أطول وقت تأخير وزمن تركيز ب ٢.٦ و ٤.٣ ساعات على التوالي.

جدول (٥) تحليل الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف المائي في مدينة الصبية

اسم الحوض	حوض رقم-١	حوض رقم-٢	حوض رقم-٣	حوض رقم-٤	حوض رقم-٥	حوض رقم-٦	حوض رقم-٧
مساحة الحوض كم ^٢	٥,١	٢٩,٣	٢٠,٥	٢,٧	١٨,٢	٤	١٤,٨
وقت التأخر (ساعة)	١,٥	٢,٦	٢,٤	٠,٩	٢,٤	١,٢	٢
زمن التركيز (ساعة)	٢,٥	٤,٣	٤	١,٥	٤	١,٩	٣,٣
قيمة CN	٩٨	٩٨	٩٨	٩٨	٩٨	٩٨	٩٨

المصدر: عمل الباحث اعتمادا على نتائج التحليل باستخدام برنامج WMS

١- الاحتمالية الأولى (٥ أعوام):

تشير نتائج الدراسة والتحليل الهيدرولوجي باستخدام النموذج الرياضي HEC-1 في الاحتمالية الثانية للدراسة بخمسة أعوام إلى حدوث جريان سطحي بأحواض التصريف عند سقوط أمطار بمقدار ٣٢.٤ ملم، عند الزمن التكراري ١٠ أعوام، وبالتالي سوف يتراوح إجمالي حجم المياه المتدفقة المحتملة ٢٦٩٨٨٧٨.٦ متراً مكعباً من المياه في المنطقة، وقد يستغرق زمن التركيز ما بين ١١ و ١٢ ساعة، وتنحصر قمة التدفق بين ٧ إلى ٣٠ م^٣/ث للأحواض ١ و ٢ على التوالي.

جدول (٧) تحليل الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف المائي

في مدينة الصبية للاحتتمالية الثانية ٥٠ أعوام

اسم الحوض	حوض رقم- ١	حوض رقم- ٢	حوض رقم- ٣	حوض رقم- ٤	حوض رقم- ٥	حوض رقم- ٦	حوض رقم- ٧
كمية التساقط (مم)	٣٥٠.٧	٣٥٠.٧	٣٥٠.٧	٣٥٠.٧	٣٥٠.٧	٣٥٠.٧	٣٥٠.٧
صافي الجريان (م ^٣)	١٠٥٢٣.٠٨	٨٨٢٥١٨.٤	٦١٩٣٦٣.٨	٨١٦٧٣.٢	٥٤٨٤٣٦.٦	١٢١٥٧٩.٢	٤٤٥٣٠.٧.٤
وقت التركيز (دقيقة)	٦٩٠	٧٥٠	٧٥٠	٦٦٠	٧٥٠	٦٦٠	٧٢٠
قمة التدفق (م ^٣ /ث)	٧.١٧١	٣٠.٩٤٢	٢٢.٦٨٤	٤.٧٩٥	٢٠.١٧٢	٦.٥٧٨	١٨.١١٩

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نتائج التحليل باستخدام برنامج WMS

٢- الاحتمالية الثانية (١٠ أعوام):

ومن حيث تحليل الجريان السطحي لأحواض المنطقة طبقاً لحالة سقوط الأمطار خلال ١٠ أعوام المقبلة وهي الاحتمالية الثالثة التي تمت في الدراسة فقد تبين والذي يتوقع أن تسقط فيه كميات أمطار قد تصل إلى ٤١.٢ ملم خلال يوم واحد، وبالتالي سوف يتراوح إجمالي حجم المياه المتدفقة المحتملة ٣٥٥٥٢٥٠.٢ متراً مكعباً من المياه في المنطقة، وقد يستغرق وقت التركيز ما بين ١١ إلى ١٢ ساعة وقمة التدفق ما بين ٦ إلى ٤٠ م^٣/ث، ويعتبر الحوض رقم ٢ أكثر الأحواض في كمية التصريف وأقلها الحوض رقم ٤.

يلاحظ أنه مع زيادة كمية التساقط من ٣٥.٧ ملم إلى ٤٥.٤ ملم، يزداد بشكل واضح صافي الجريان وقمة التدفق لكل حوض، مما يؤكد على حساسية الأحواض لتغيرات الأمطار وتأثيرها المباشر على حجم وسرعة الجريان السطحي. هذه البيانات تُساعد في فهم أفضل للمخاطر المحتملة المرتبطة بالفيضانات في المنطقة، خاصة في سيناريوهات الأمطار الغزيرة المتوقعة كل ١٠ أعوام.

جدول (٨) تحليل الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف المائي

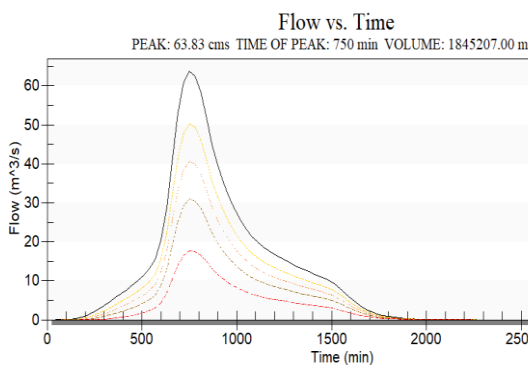
في مدينة الصبية للاحتتمالية الثالثة ١٠ أعوام

اسم الحوض	حوض رقم- ١	حوض رقم- ٢	حوض رقم- ٣	حوض رقم- ٤	حوض رقم- ٥	حوض رقم- ٦	حوض رقم- ٧
كمية التساقط (مم)	٤٥.٤	٤٥.٤	٤٥.٤	٤٥.٤	٤٥.٤	٤٥.٤	٤٥.٤
صافي الجريان (م ^٣)	٢٠٠٦٤٦	١١٦٢٥٣٩	٨١٥٨٨٩.٦	١٠٧٥٩٥	٧٢٢٤٥٧	١٦٠١٦٠.٤	٥٨٦٦٠٩.٢
وقت التركيز (دقيقة)	٦٩٠	٧٥٠	٧٥٠	٦٦٠	٧٥٠	٦٦٠	٧٢٠
قمة التدفق (م ^٣ /ث)	٩.٣٨٧	٤٠.٦١٤	٢٩.٧٣١	٦.٢٦٢	٢٦.٤٣٣	٨.٦١٣	٢٣.٧٤

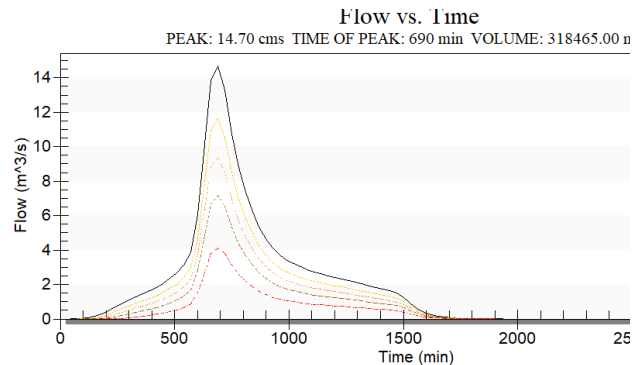
المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نتائج التحليل باستخدام برنامج WMS

بناءً على التحليل الهيدروليكي باستخدام برنامج HEC-RAS تم التعرف على قمة الجريان السطحي للمياه في حالة سقوط الأمطار ليوم واحد خلال ٥٠ عاماً القادمة طبقاً للمنحنى الهيدروغرافي للأحواض بالمنطقة شكل (٧) وقد تم حساب عمق وسرعة المياه في المجرى الرئيسي عند التقاء كل حوض بمدينة الصبية، وكانت النتائج كما يلي:

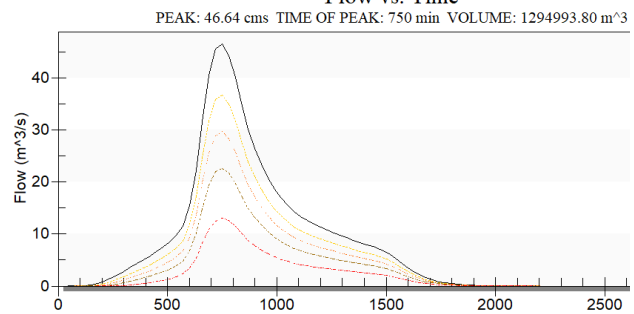
- تنحصر أعماق المياه الجارية أثناء السيول في المنطقة بين أقل من ٠.٢ متر وإلى أكثر من ١.٥ متراً.
- يبدو من الشكل أن معظم أحواض المنطقة تصب مياهها في خور الصبية وتتبع من منطقة شبه مستوية.
- تنحصر منطقة مصب الأودية في شريط ساحلي ضيق لا يمثل خطورة على العمران بالمدينة المقترحة.
- يبدو من الشكل ان منطقة الدراسة شبه مستوية ليس بها تضاريس شديدة تعمل على شدة تدفق المياه.



المنحنى الهيدروغرافي للحوض رقم-٢

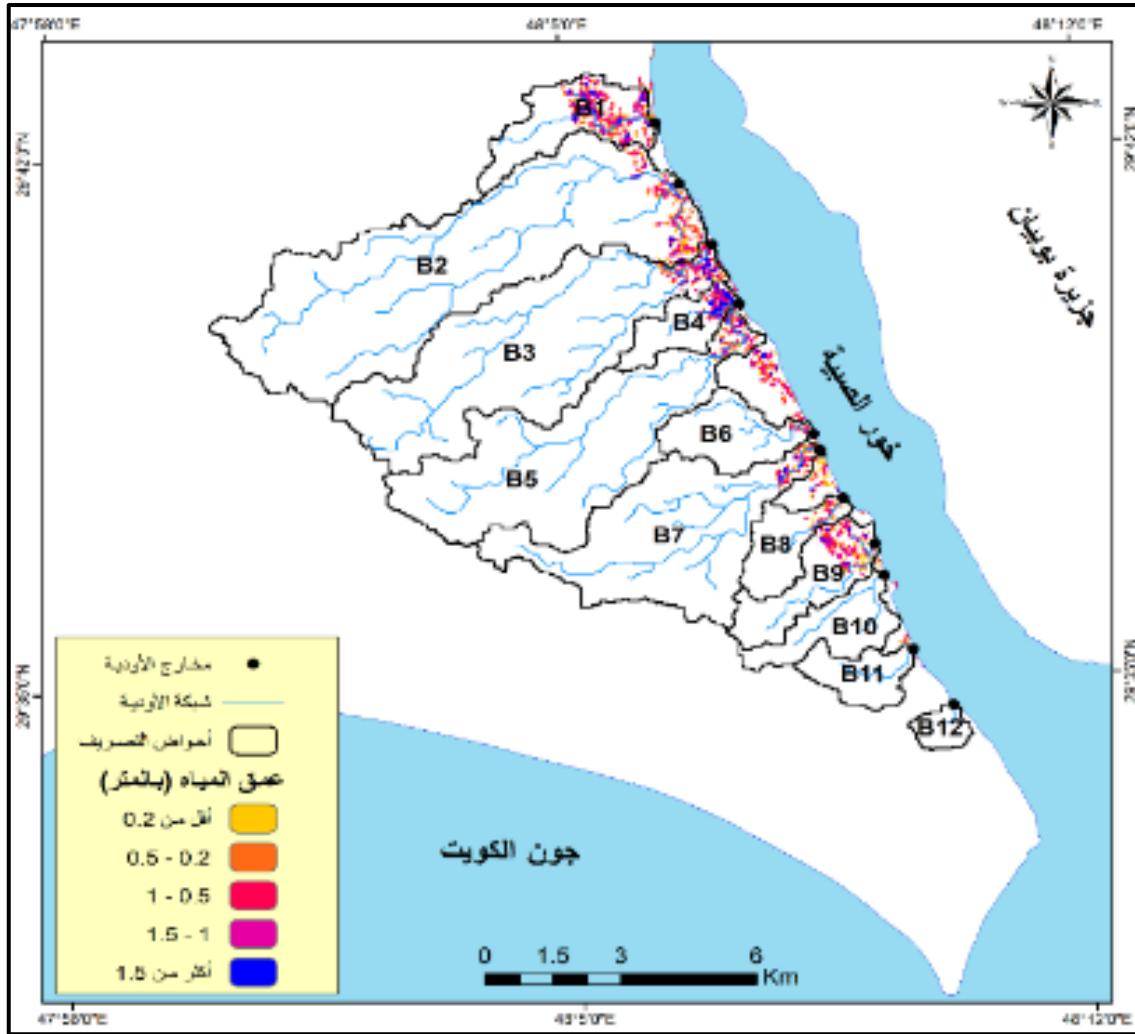


المنحنى الهيدروغرافي للحوض رقم-١



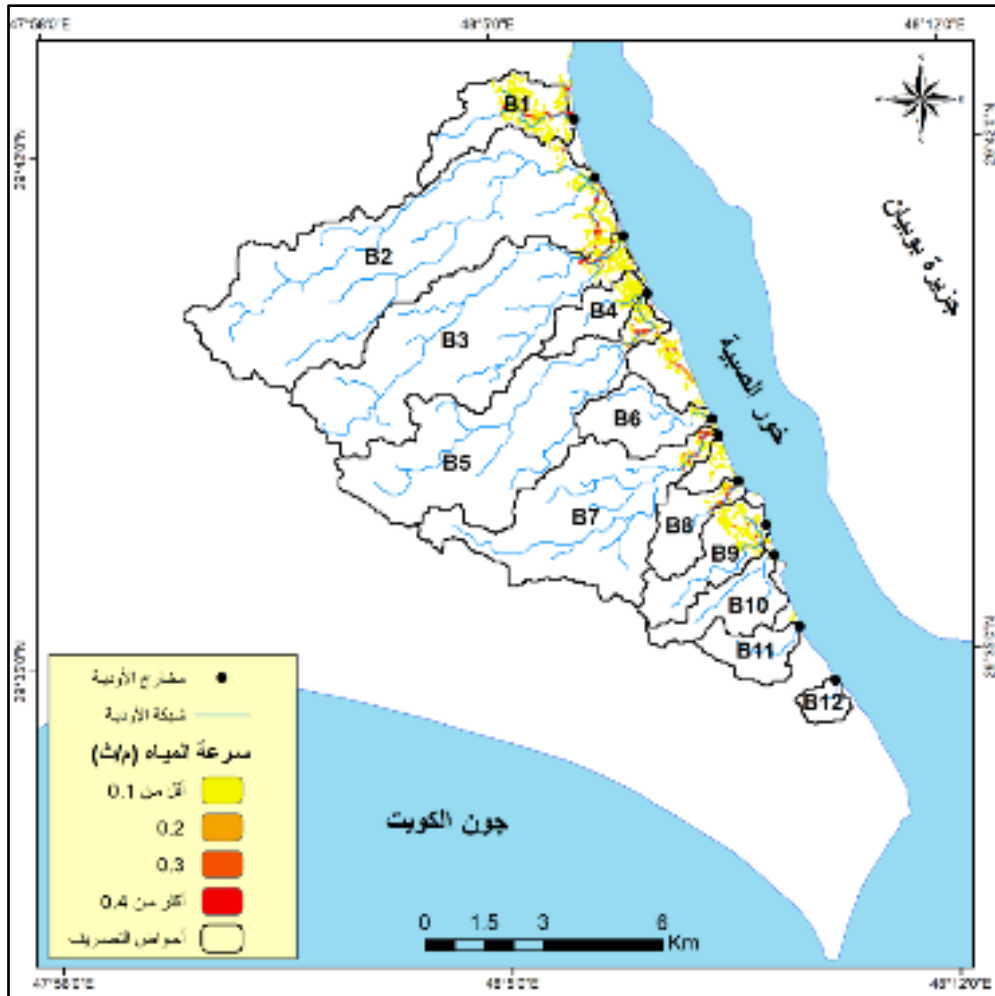
المنحنى الهيدروغرافي للحوض رقم-٣

شكل (٧) المنحنى الهيدروغرافي لكميات المياه الجارية لبعض أحواض مدينة الصبية



المصدر: التحليل الهيدرولوجي باستخدام برنامج (HEC-RAS)

- شكل (٨) عمق المياه أثناء الجريان السيلي في قيعان المجاري المائية في مدينة الصبية
- ويوضح شكل (٨) خصائص سرعة المياه في المجاري الرئيسية للأحواض التي تتبع من المنطقة المقترحة لبناء مدينة الصبية والتي تصب في خور الصبية وذلك باستخدام النموذج الهيدروليكي (HEC-RAS) وقد كانت النتائج كما يلي:
- تنحصر سرعة المياه في المجاري الرئيسية لأحواض التصريف في منطقة الدراسة أنها تقل عن ٠.١ متر/ث
 - أجزاء صغيرة من المجاري تنحصر سرعتها بين ٠.١ م/ث إلى ١.٥ م/ث.
 - كما يتضح من الشكل أن سرعة المياه لا تمثل خطورة على المدينة في حالة إنشاؤها نظرا لاستواء المنطقة وقصر أطوال المجاري المائية.



المصدر: التحليل الهيدرولوجي باستخدام برنامج (HEC-RAS)

شكل (٩) سرعة المياه أثناء الجريان السيلي في قيعان المجاري المائية في مدينة الصبية

أولاً: المناقشة:

أظهرت نتائج الدراسة الميدانية والتحليل الجغرافي الهيدرولوجي لمنطقة الصبية بالكويت أن المنطقة تتميز بخصائص طبيعية وبنوية تجعلها عرضة للجريان السطحي والفيضانات الموسمية في حال هطول أمطار غزيرة. وقد تم تحليل هذه النتائج من خلال عدد من المحاور الرئيسية التي تشمل الطبوغرافيا، التكوينات الجيولوجية، التربة، شبكات التصريف، والتحليل الإحصائي للأمطار.

١. الخصائص الطبوغرافية والهيدرولوجية:

أوضح نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) أن المنطقة تتحدر تدريجياً من الغرب نحو الشرق باتجاه خور الصبية، ما يتيح تدفق مياه الأمطار بسهولة عبر الأودية نحو الساحل. هذا التدرج في الارتفاعات، المصحوب بقلة الغطاء النباتي وندرة العوائق الطبيعية أو الصناعية، يزيد من احتمالية حدوث السيول وتسارع الجريان السطحي في حالة هطول كميات كبيرة من الأمطار.

٢. تحليل التكوينات الجيولوجية والتربة:

كما أظهرت نتائج التحليل الجيولوجي أن منطقة الصبية تضم عدة تكوينات صخرية ورملية متباينة من حيث النفاذية والخصائص الهيدرولوجية. كما تبين من تحليل مجموعات التربة أن معظم المنطقة تقع ضمن المجموعة (D)، وهي تربة رملية عالية النفاذية، مما يزيد من معدل تسرب المياه إلى باطن الأرض، لكن مع بقاء خطر الجريان السطحي في المناطق المنحدرة. وكانت قيمة "رقم المنحنى" (CN) ثابتة تقريباً عند ٩٨، مما يشير إلى محدودية قدرة التربة على امتصاص مياه الأمطار، خاصة في ظل ندرة الغطاء النباتي.

٣. التحليل الإحصائي للأمطار:

أظهرت دراسة السلاسل الزمنية لهطول الأمطار خلال الفترة (١٩٦٢-٢٠٢٢) باستخدام طريقة ويبل (Weibull) أن هناك احتمالاً متزايداً لحدوث أحداث مطرية شديدة كل ١٠ إلى ٥٠ سنة، إذ تصل الكميات المتوقعة لهطول الأمطار اليومية إلى ما بين ٤١.٢ ملم و ٦١.٧ ملم. ويعد ذلك مؤشراً على احتمالية تكرار الفيضانات في المستقبل، ما يتطلب وضع خطط وقائية في ظل توسع البنية التحتية في المنطقة.

٤. الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف:

بيّنت نتائج التحليل أن منطقة الدراسة تضم ١٢ حوضاً رئيسياً لتصريف المياه، تتفاوت في المساحة والطول والشكل والانحدار، مما يعكس تنوعاً في استجابة الأحواض لحدث مطري معين. وقد أظهرت بعض الأحواض، خاصة الحوض رقم (٢) و(٣)، خصائص مميزة من حيث طول المجاري المائية وعدد الرتب النهرية، وهو ما يشير إلى تعقيد في شبكة التصريف فيها واحتمالية أكبر لتجميع كميات مياه كبيرة. كما تبين أن زمن التركيز Time of Concentration لبعض الأحواض يزيد عن ٤ ساعات، ما يعني أن الاستجابة الفيضانية ليست فورية، لكن سرعة الجريان تعتمد على خصائص كل حوض.

٥. استخدامات الأرض ومخاطر الفيضانات:

أوضحت صور الأقمار الصناعية لعام ٢٠٢٣ أن منطقة الصبية لا تحتوي حالياً على كثافة عمرانية أو زراعية، مما يقلل من تأثير السيول على الممتلكات في الوقت الحالي. ومع ذلك، فإن وجود شبكات طرق رئيسية ومشاريع مستقبلية كبرى مثل مدينة الحرير وميناء مبارك الكبير، يشير إلى ضرورة دمج هذه النتائج في التخطيط الحضري لتفادي أي أخطار محتملة نتيجة الجريان السطحي غير المنضبط.

ثانياً: التوصيات:

توصى الدراسة بالتالي:

- أهمية تطبيق النموذج الهيدرولوجي التابع لبرنامج النمذجة الهيدرولوجية (WMS) لأنه يمكن من حساب منحنيات الهيدروجراف للسيول في أحواض التصريف المختلفة، وفي تقدير لكميات المياه للسيول ومعدلات وسرعة تدفقها.
- ضرورة تطبيق النمذجة الهيدرولوجية في دراسات السيول في دولة الكويت.
- وضع نظام انذار مبكر يعتمد على تقنيات الاستشعار عن بعد لدعم متخذ القرار في حالة سقوط أمطار في شكل سيول جارفة كما حدث في عام ٢٠١٨.
- ضرورة عمل دراسات مستفيضة عن أخطار السيول على استخدامات الأرض والأنشطة البشرية في دولة الكويت.
- استغلال مياه الأمطار في حوض رقم ٢ في مدينة الصبية لأنه أكثر الأحواض تأثراً بالأمطار ويسجل أعلى قمة تدفق من بقية الأحواض، من خلال استخدام أحدث الطرق لأن مساحة الأحواض في مدينة الصبية صغيرة ويصعب استغلال المياه الجارية.

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية:

- [١] العصفور، طيبه عبد المحسن، والشيخ، محمد إسماعيل. (١٩٨٧). حول بعض الظواهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بالتطرف المناخي في الكويت. مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، س ١٣، ع ٥٢، ٢١ - ٥٠. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/51711>.
- [٢] عبد الكريم، أشرف أحمد علي (٢٠١٩) النمذجة الهيدروليكية والهيدرولوجية للسيول باستخدام برنامج نظام نمذجة الأحواض المائية، "أسس ومفاهيم وتطبيقات عربية"، مكتبة العبيكان.
- [٣] عبد الكريم، أشرف أحمد علي (٢٠٢١) أخطار السيول على مسار السكة الحديدية: حوض وادي باير المؤثر على مسار قطار الشمال جنوب مدينة القريات، المملكة العربية السعودية - أنموذجاً، م الجمعية الجغرافية المصرية، المجلد ٥٢، العدد ٧٧، الصفحات ٦١ - ١١٠.
- [٤] وكالة الأنباء الكويتية كونا. (٢٠٠١). أشهر الأمطار في تاريخ الكويت.

<https://www.kuna.net.kw/ArticlePrintPage.aspx?id=1213855#:~:text=%D9%81%D9%81%D9%8A%2014%20%D8%AF%D9%8A%D8%B3%D9%85%D8%A8%D8%B1%201934%20%D9%87%D8%B7%D9%84%D8%AA,%D9%84%D9%85%20%D8%AA%D8%B9%D8%B1%D9%81%D9%87%D8%A7%20%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%88%D9%8A%D8%AA%20%D9%85%D9%86%20%D9%82%D8%A8%D9%84%20>

ثانيا: المراجع الأجنبية:

- [1] Abd EL-Basset, N., Negm, A., Ali K., Ghaly, S. (2021). "Utilizing The HEC-RAS Sediment Model in Prediction of the Optimal Navigation Path for The Nile River Reach Downstream Esna Barrages, Aswan ". University Journal of Environmental Studies: 2, 1. 26-41.
- [2] Al-Ghais, N. 2019. "Evaluation of the impacts of lack of geoinformation data in crisis management during the 2018 Kuwait flood ". ISPRS Int. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: 42, 3/W8. 17-24.
- [3] Al-Hemoud, A., Al-Enezi, A., Al-Dashti, H. et al.2023. "Hazard Assessment and Hazard Mapping for Kuwait." Int J Disaster Risk Sci: 14.143-161.
- [4] Al-Qallaf, H., Aliawi, A. & Abdulhadi, A. 2020. "Assessment of the effect of extreme rainfall events on temporal rainfall variability in Kuwait." Arab J Geosci: 13, 1129.
- [5] Al-Rukaibi, D., Waleed, A., Rana, F and Mohammed H. 2017. "Site Suitability Index (SSI) model to delineate and assess suitability of rainwater runoff basins in Jal Alzor Heights, Kuwait." Jordan Journal of Civil Engineering: 11, 3. pp386-397.
- [6] Helwa, A., Elgamal, M., and Ghanem, A. 2020." Dam break analysis of Old Aswan Dam on Nile River using HEC-RAS." International Journal of Hydrology Science and Technology: 10 ,6. 557-585.
- [7] Mawlood, K., Al-Ansari, N. 2021." Flood Modeling on Koya Catchment Area Using Hyfran, Web Map Service, and HEC-RAS Software." ARO-The Scientific Journal of Koya University: 9, 2. 107-111.
- [8] Pike, R. J., & Wilson, S. E. 1971. "Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis." Geological Society of America Bulletin :82 ,4. 1079-1084.
- [9] Weibull, W. 1951." A Statistical Distribution Function of Wide Applicability." Journal of Applied Mechanics: 18.293-297.
- [10] Hassan, A., A Albanai, J., & Goudie, A. (2021). Modeling and Managing Flash Flood Hazards in the State of Kuwait. Preprints.
- [11] Hassan, A., Alfaraj, M., Fayad, M. et al. Optimizing site selection of new cities in the desert using environmental geomorphology and GIS: a case study of Kuwait. Appl Geomat 13, 953-968 (2021).

ثالثا: المواقع الإلكترونية:

- [12] USGS, 2020: <https://landsat.usgs.gov>
- [13] USGS, 2020: <http://earthexplorer.usgs.gov/>
- [14] NASA, 2021: www.nasa.org
- [15] <https://epa.gov.kw/>
- [16] <https://www.baladia.gov.kw/sites/ar/Pages/main.aspx>

Abstract:

Flash Flood Water Management in AL-Subiya City According to the Third Structural Plan of the State of Kuwait

Several environmental problems have arisen in some cities of the State of Kuwait due to the lack of consideration for geomorphological characteristics when selecting the locations of these cities, especially the disregard for valleys (Wadi) and the flash floods that run through them. Rainfall patterns have shifted towards more intense and different directions, leading to a severe flash flood in November 2018. This type of flash flood was unprecedented in the State of Kuwait, with rainfall amounts doubling, resulting in the declaration of Sabah Al-Ahmad City as a disaster area. Additionally, a landslide occurred in February 2020, destroying Al-Mutla'a City. Therefore, it is necessary to review and evaluate the Third Structural Plan of the State of Kuwait (2005 – 2030) from a geomorphological perspective, and the degree of flood risk to the proposed Al-Subiya city in the plan should be determined.

This current study aims to estimate the risk of direct surface runoff in the drainage basins affecting Al-Subiya city, as proposed in the Third Structural Plan of the State of Kuwait, and to estimate the peak flow of direct surface runoff. This will be achieved through the application of the hydrological and hydraulic flood modeling software HEC-HMS, as it is one of the methods used in the spatial analysis of floods. This allows for the integration of location into the statistical analysis that measures the characteristics and relationships between geographical phenomena and their spatiotemporal changes. The significance of this modeling lies in its ability to accurately determine the discharge volume of valleys (Wadi) and identify areas of risk.

In the light of the statistical and hydrological analysis conducted on rainfall data in the Al-Subiya city area, the study results revealed a set of important indicators for understanding the current and future situation of risks associated with heavy rainfall. The Weibull method was applied to the maximum annual daily rainfall amounts during the period from 1962 to 2022, and the expected values for different return periods, ranging from 2 years to 100 years, were estimated. The results showed a gradual increase in rainfall intensity with increasing return periods, with expected values ranging from 21.5 mm (every 2 years) to 70.6 mm (every 100 years), indicating that the city is exposed to rare but intense rainfall events.

On the other hand, the study showed weak morphometric characteristics of the drainage basins, as the basins are characterized by small area, short channels, and low slopes, which reduces their risk in the event of heavy rainfall. The data on the lengths and numbers of stream orders also showed significant variations between basins, especially in the first order, reflecting varying complexity in surface drainage networks.

Hydrologically, the situation was analyzed under two potential rainfall scenarios for the coming years (5 and 10 years). The results showed that the expected surface runoff volume in the region may range between 2.7 and 3.5 million cubic meters, with concentration times ranging between 660 and 750 minutes. There was also a significant variation in peak flow between different basins, with basin number 2 consistently recording the highest values. The study also highlighted the region's sensitivity to changes in rainfall intensity, as a slight increase in precipitation leads to significant increases in runoff volume and peak flow.

Finally, through hydraulic analysis using the HEC-RAS program, it was found that the depths of flowing water during floods may exceed one meter in some locations, highlighting the need for integrated hydrological and morphometric planning to ensure effective management of future flood risks in the region. Accordingly, the study recommends the importance of applying the hydrological and hydraulic models (HEC-1, HEC-RAS) in flood studies in the State of Kuwait and utilizing rainwater in basin number 2 in Al-Subiya city, as it is the most affected basin by rainfall.

Key words: AL-Subiya city, HEC-1 model, HEC-RAS model, hydrological analysis.