



التحليل والنمذجة الجيوهيدروكليمومورفومترية لسيول بوادي قصب (الدوم) - العين السخنة – باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والذكاء الاصطناعي

د. محمود محمد خضر*

مدرس الجغرافيا الطبيعية- قسم الجغرافية – كلية الآداب جامعة عين شمس
mkhidr@gmail.com

د. مروة فؤاد محمد عبد الحميد*

مدرس الجغرافيا الطبيعي- المعهد العالي للدراسات الأدبية – كينج مريوط- الأسكندرية
marwa0fouad1990@gmail.com

المستخلص:

يقع وادي قصب (الدوم) في الجانب الشرقي من هضبة الجلالة البحرية وينتهي عند منطقة العين السخنة على الساحل الغربي لخليج السويس، وتتعرض منطقة الدراسة لسيول فجائية قوية أدت إلى حدوث أضرار بمناطق العمران والنشاط السياحي والطرق الممتدة على طول ساحل خليج السويس، كان أخطرها سيل عام 2014، أدى إلى وفاة شخص، وتضرر عدد من القرى السياحية والطريق وتوقف حركة المرور. كما تعرضت منطقة الدراسة مؤخرًا في 25 نوفمبر 2023 لسيل أدى إلى تضرر مجموعة من الفنادق والقرى السياحية الواقعة عند مخرج وادي قصب، إلى جانب تضرر منطقة مرساليخوت وطريق العين السخنة - السويس. ويهدف هذا البحث الذي يعتمد على تحليلاته ونتائجه على استخدام برنامج wms ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الخصائص الجيوهيدروكليمومورفومترية لوادي قصب لتقدير حجم الأمطار الساقطة، وحجم الفواقد وحساب صافي الجريان بالوادي. وتم تحليل الجريان المائي باستخدام النمذجة الجيوهيدرومورفومترية وفقًا لنموذج الهيئة الأمريكية لصيانة التربة (SCS - CN) باستخدام أحد النماذج الهيدرولوجية

تاريخ الاستلام: 2023/07/31

تاريخ قبول البحث: 2023/08/24

تاريخ النشر: 2023/12/30

برنامج نظام نمذجة الأحواض (WMS) Watershed Modeling System
وهو نموذج (HEC-1) و(HEC-HMS).

بالإضافة إلى وضع الحلول المقترحة للحد من أضرار السيول المتكررة
وكيفية الاستفادة من مياه الأمطار، واقتراح نموذج إنذار مبكر يعتمد على الذكاء
الاصطناعي لدرء أخطار السيول ودرئها بمنطقة الدراسة.

واستنتجت الدراسة أن وادي قسيب استقبل ما يقرب من 3686.272

مليون / م³ من مياه الأمطار، وبلغ حجم الفواقد نحو 689.186 م³، وبلغ صافي

الجريان نحو 2997.086 م³ من حجم الأمطار التي سقطت على الوادي، أي

بنسبة 81.30% من حجم الأمطار التي تلقاها الوادي.

الكلمات المفتاحية: حوض وادي قسيب - السيول - العين السخنة- النمذجة
الجيوهيدروكليمومورفومترية - منحني الجريان- نظم المعلومات الجغرافية -
الاستشعار عن بعد- الذكاء الاصطناعي.

1- المقدمة

تعد السيول Flash Flood أحد أهم الأخطار الجيومورفولوجية التي تتميز بها منطقة الدراسة؛ نظراً لما تسببه من خسائر بشرية واقتصادية ومادية، ويرجع حدوث السيول في مصر بصفة عامة وفي منطقة الدراسة بوجه خاص إلى الأمطار الغزيرة المصاحبة للعواصف الرعدية الشديدة، وتعد السيول ظاهرة طقسية تحدث في بضعة أيام محددة خلال الفترة من مايو إلى أكتوبر من كل عام؛ نتيجة لتعرض مصر لعدد من المنخفضات الجوية المؤثرة في أحوالها المناخية (خالد مدكور، 2020).

وبالرغم من انخفاض المعدل العام لسقوط الأمطار في مصر فإن كثافة الأمطار وتركيزها يزدادان خلال تلك الفترة إلى الحد الذي تصل فيه كميات كبيرة من المياه إلى سطح الأرض، وتتسبب في تدفق السيول في وقت قصير، ويرجع السبب في ذلك إلى قلة فقدان الماء من خلال التبخر أو التسرب. ولقد ازدادت السيول الفجائية والمخاطر الناتجة عنها نتيجة زيادة الأنشطة البشرية (Embabi, 2018).

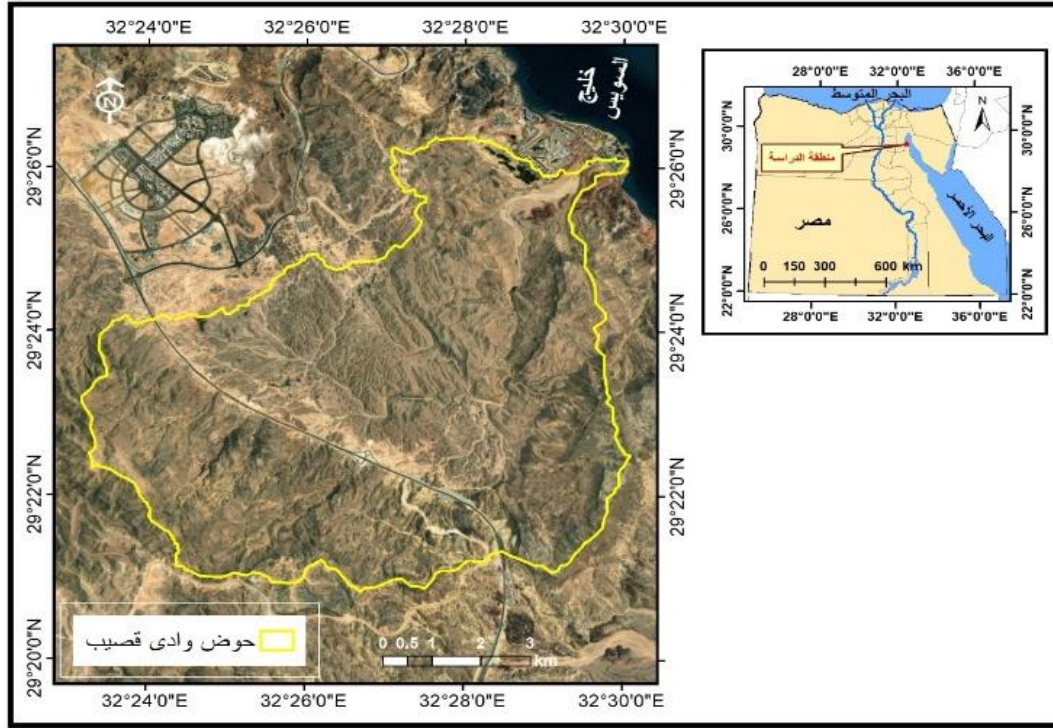
وقد تعرضت مصر لعدد من المنخفضات الجوية، ويرجع السبب في ذلك إلى حركة الذبذبات الشمالية لمنخفض السودان الموسمي وأخدود البحر الأحمر Red Sea Trench. وصاحب ذلك حدوث تعمق لمنخفض جوي بارد في طبقات الجو العليا، وتزامن معها التقاء التيار النفاث القطبي والمداري فوق الأراضي المصرية، وارتفاع في درجة حرارة المياه السطحية لمنطقة شرق البحر المتوسط، (Moawad, 2013).

2- موقع منطقة الدراسة

تمتد منطقة الدراسة بين دائرتي عرض $29^{\circ}20'49.053''$ و $29^{\circ}26'21.822''$ شمالاً. وبين خطي طول $5.834''$ و $32^{\circ}30'8.161''$ شرقاً. وتمتد منطقة الدراسة من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي على الجانب الغربي لخليج السويس بمساحة 74.32 كم²، ومحيط الحوض 43.93 كم، ويبلغ أقصى طول للحوض نحو 13.10 كم، ومتوسط العرض نحو 5.67 كم.

وتطل منطقة الدراسة على خليج السويس شرقاً، ويحدها من الجنوب خط تقسيم المياه بين روافد وادي قسيب* وبين روافد وادي رأس أبو درج، ووادي أم جلاوات، ووادي مالحة، ومن الغرب تنحدر الحافة الغربية انحداراً تدريجياً صوب الغرب حتى روافد وادي أم مريجة. ويحدها من الشمال خط تقسيم المياه بين روافد وادي قسيب وخط تقسيم المياه لوادياً بو درج، شكل (1)، وشكل (2).

• يطلق على حوض وادي قسيب أيضاً اسم "وادي الدوم"



شكل (1) موقع منطقة الدراسة

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على مرئية لاندسات -8 بتاريخ 19 نوفمبر لسنة 2022 بدقة وضوح أرضي 30 X 30 متر ، هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS

3- أهمية الدراسة

تعد منطقة الدراسة من المناطق المتأثرة بالسيول، وتكمن أهمية الدراسة في عنصرين أساسيين هما: تحديد تاريخ منطقة الدراسة المتعلق بتكرار تعرضها للجريان السيلي وما يترتب عليه من أخطار تهدد الأرواح والمنشآت العامة والخاصة، فقد تعرضت منطقة الدراسة إلى جريان سيلي خلال الفترة من (2014 – 2023م) شكل (3)، أدى إلى خسائر بشرية، وخسائر في الممتلكات العامة والخاصة، وخسائر اقتصادية: كقطع الطرق، وتوقف حركة النقل بالمنطقة على النحو الذي يوضحه جدول (1).

كما يهدف البحث إلى دراسة الخصائص المورفولوجية والمورفومترية والخصائص الهيدرولوجية، وعمل ميزانية مائية " هيدرولوجية" تهدف إلى تقدير صافي الجريان وحجم الأمطار والفاقد عن طريق " التبخر - والتسرب"، وصافي الجريان في وادي قسيب، الذي يعد من أكثر الأودية خطورة؛ نظراً لتعرضه المستمر للسيول الشديدة والمتكررة، لذا هناك اقتراح بعمل شبكة إنذار مبكر، وذلك باستخدام الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء. بالإضافة إلى عرض سبل مقترحة للحد من أضرار السيول المتكررة، وكيفية الاستفادة من مياه الأمطار، وذلك باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.



شكل(2) منطقة الدراسة خلال الفترة من 2023/3/10 حتى 2023/3/15م، ومن الفترة من 2023/3/25 حتى
2023/3/28م

جدول (1) السجل التاريخي للسيول التي تعرضت لها المنطقة والأخطار التي نجمت عنها

| م | سنة السيول | المناطق المتضررة | الأضرار الناتجة عن السيول | |
|---|------------|-------------------------------|---------------------------|---|
| | | | الخسائر | الممتلكات العامة والخاصة |
| 1 | 2014 | غرق قرية وادي قصب | وفاة شخص | غرق قرية وادي قصب بالكامل، بالإضافة تدمير السور الخارجي لإحدى القرى السياحية، وتدمير الشاليهات، وتم إغلاق الطرق، وتوقفت حركة المرور والنقل. |
| 2 | 2016 | منطقة الزعفرانة كمين | 0 | تدمير الطرق، وبالتالي توقف حركة السير؛ مما أدى إلى تكديس السيارات والشاحنات والحافلات في منطقة كمين الزعفرانة حتى تم إصلاح الطرق. |
| 3 | 2018 | طريق العين السخنة - الزعفرانة | 0 | غلق الطرق في الاتجاهين أمام حركة السيارات. |
| 4 | 2020 | قرية وادي قصب | 0 | تحركت مياه الأمطار محملة بالرواسب من داخل الوديان الجبلية إلى خارجها وقطعت الطرق؛ مما أدى توقف حركة الطريق إلى أن تم الإصلاح. |
| 5 | 2021 | طريق العين السخنة - الزعفرانة | 0 | تعرضت المنطقة لهطول الأمطار بغزارة شديدة؛ مما أعاق حركة السيارات على الطرق، وأغلق الطريق وتوقفت حركة المرور. |
| 6 | 2023 | قرية وادي قصب | 0 | نتيجة للسيول الشديدة تعرضت منطقة وادي قصب إلى تغير مسار المياه من المخرات والأخاديد في مناطق صحراوية وصنعت مسارات موازية لها، بالإضافة إلى انهيار السور الخارجي لأحد الفنادق السياحية بمنطقة قصب. |

المصدر: مركز المعلومات واتخاذ القرار بمحافظة البحر الأحمر والجهاز المركزي للتعبئة العامة والأحصاء عام 2022

4- أهداف الدراسة

- تهدف الدراسة إلى إستخراج شبكة حوض التصريف لوادي قصب لعمل التحليلات المورفولوجية والمورفومترية والهيدرولوجية بالاعتماد على نموذج الارتفاع ال رقمي DEM، وتعرّف الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف، وتحديد نمط التصريف بمنطقة الدراسة.
- رسم خريطة جيومورفولوجية لمنطقة الدراسة لتحديد درجة الخطورة للجريان السيلي بالوادي، ووضع حلول مقترحة للحد من خطر السيول وكيفية الاستفادة منها.
- عمل نمذجة هيدرولوجية لحوض وادي قصب، بتطبيق عليا النموذج الهيدرولوجي HEC-1، وحساب منحنى التدفق المائي أثناء الجريان من خلال نموذج HEC-HMS التابع لبرنامج WMS، واقتراح عمل شبكه إنذار مبكر.



سيل 2014



سيل 2018

سيل 2016



سيل 2021

سيل 2020



سيل 2023

شكل (3) السيول التي حدثت بمنطقة الدراسة خلال الفترة من 2014-2023م
المصدر: منقول من وسائل الإعلام والبوابة الإعلامية لمحافظة البحر الأحمر

5- مصادر البيانات وطرق المعالجة

- الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية: اعتمدت الدراسة على الخرائط الطبوغرافية بمقياس 1 : 100000 في دراسة مورفولوجية وادي قسيب، لمعرفة السمات والخصائص العامة لشبكة التصريف المائي"، إذ تقع منطقة الدراسة في لوحتين هما: (" جبل الجلالة البحرية - الزعفرانة)، وهذه الخرائط صادرة عن إدارة المساحة العسكرية بالقاهرة سنة 1993. كما اعتمدت الدراسة على الخرائط الجيولوجية بمقياس رسم 1 : 500.000 (لوحة بني سويف) كونكورال عام 1987 الصادرة عن " هيئة المساحة الجيولوجية"، وذلك لدراسة التكوينات السطحية والبنية الجيولوجية للمنطقة؛ لتحديد مدى تأثيرها في محاور حوض وادي قسيب وصافي الجريان.
- صور الأقمار الصناعية: استخدمت الدراسة صور القمر الصناعي الأمريكي Land sat-8 من نوع OLI بدقة وضوح 30 X 30 متر لسنة 2022، وقد تم زيادة دقة الوضوح الأرضي إلى 15 متر باستعمال القناة الثامنة البانكروماتية عن طريق دمج الدقة بواسطة التصنيف المحكم Supervised Classification، واستخدام صور القمر الصناعي الأوروبي Sentinel-2B بدقة 10 متر لسنة 2022.
- نموذج الارتفاع الرقمي من نوع SRTM: التياصدرتها وكالة الفضاء الأمريكية ناسا، والتي تعمل بتقنية الرادار في القناة C وذلك لحساب ارتفاع السطح، فقد اعتمدت الدراسة على نموذج الارتفاع الرقمي من نوع SRTM بدقة مكانية 30م، وذلك بغرض إظهار الخصائص الطبوغرافية، واستخراج شبكة التصريف، وتحديد أحواض منطقة الدراسة.
- بيانات الأمطار: اعتمدت الدراسة على بيانات الأمطار بمحطات منطقة الدراسة على بيانات <http://power.iarc.nasa.gov/> وخلال الفترة من 1980-2022، كما تم الاعتماد على البيانات غير المنشورة للمحطة الأرضية للحصول على بيانات الأمطار خلال الفترة من 1960 - 2022م.
- الدراسة الميدانية: أجريت الدراسة الميدانية بمنطقة الدراسة، كانت الدراسة الأولى 2023/3/10م، وكانت الدراسة الثانية يوم 2023/3/25، أي بعد حدوث السيول بوادي قسيب بحوالي أربعة أيام، ومن خلال الدراسة الميدانية تم التعرف طبيعة الجريان والرواسب وإجراء عدة قياسات مورفومترية.
- وقد اعتمدت الدراسة في معالجة البيانات المتوفرة وتحليلها على مجموعة من البرمجيات المتخصصة في معالجة البيانات المكانية وتحليلها، منها:

- **برنامج Erdas:** فقدتمتدراسة المنطقة من خلال تحليل صور الأقمار الصناعية باستخدام برنامج Erdas Imagine، وذلك من خلال تصحيح الصور ومعالجتها، وإجراء عمليات الدمج للمرئيات الفضائية التي تظهر بها منطقة الدراسة؛ إذ إن منطقة الدراسة لا تقع في مرئية واحدة، بل في عدة مرئيات، كما أُجريت القياسات من المرئيات الفضائية من خلال قياس المسافات والأطوال والمساحات.
- **برنامج Arc GIS 10.8:** وقد اعتمدَ عليهما في بناء قاعدة البيانات، التي تشمل الخرائط الرقمية للبيانات المكانية الخاصة بأحواض منطقة الدراسة، مع عمل الإخراج الكارتوجرافي Layout لهذه البيانات لعرض نتائج البحث.
- **برنامج (WMS Watershed Modeling System):** تم الاعتماد عليهما في معالجة البيانات المكانية الخاصة بشبكة التصريف للأحواض وتحديد مساحتها، وحساب كلال معاملات المورفومترية والهيدرولوجية: كزمن التباطؤ، وزمن التركيز، وذروة الجريان، وسرعة الجريان، ومعدل الترسيب في زمن التباطؤ، وطول الجريان السطحي.
- **برنامج Hyfran:** وذلك لعمل تحليلات البيانات المناخية، وتحديد الكميات الأمطار بهدف استخراج أقصى عمق للمطر بالمنطقة لتصميم منحنيات كثافة الأمطار IDF CURVES .
- **برنامج SAGA: System For Automated Geoscientific Analyses** هو أحد برامج نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد مفتوحة المصدر، تابع لقسم الجغرافيا الطبيعية بجامعة هامبورج، ويتعامل البرنامج مع البيانات المتجهية والمصفوفية، ويُنتج أشكالاً بيانية، ويترجم الأرقام الخاصة ببياناتها إلى بيانات متجهية، وتم برمجة SAGA بلغة ++C كما تم الاعتماد عليه في رسم خريطة الوحدات التضاريسية، وذلك باستخلاصها من نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام الموديل Geomorphons في برنامج SAGA.
- **برنامج Rock works:** تم استخدامه في رسم وردة الصدوع الخاصة بالأشكال البنيوية.
- استخدام برنامج EXCEL.

6- الخصائص الجيولوجية:

6-1- التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية:

يمثل التكوين الجيولوجي لمنطقة الدراسة عاملاً مهماً في تحديد مدى قوة الصخور أو ضعفها، وتحديد مسارات حركة المياه السطحية والباطنية، وهو ما ينعكس على الشكل العام لشبكة التصريف المائي بمنطقة الدراسة، ويتضح من خلال تحليل الخريطة الجيولوجية، شكل (4)، وجدول (2) أن العمر الجيولوجي للتكوينات والرواسب المكشوفة لوادي قصب يتراوح بين

العصر " الفحامي" الكربوني حتى عصر البلايستوسين، أي من أواخر الزمن الأول وحتى الزمن الرابع، المرتب زمنياً للتكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية على النحو الآتي:

يأتي في المرتبة الأولى الزمن الثاني من حيث مساحة تكويناته المنتشرة؛ إذ بلغت 35.21 كم² أي بنسبة 47.55% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، والتي تتمثل في تكوين الجلالة الذي يبلغ مساحته 33.44 كم² بنسبة 45.16%، والذي يتكون من الحجر الجيري، وتكوين مالحه 1.77 كم² بنسبة 2.39%، والذي يتكون من الحجر الرملي، والذي يرجع إلى عصري: (الكريتاسي الأعلى، والكريتاسي الأدنى).

يأتي في المرتبة الثانية الزمن الثالث، فقد بلغت مساحة رواسبه نحو 36.09 كم² أي بنسبة 48.74% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ويتمثل في تكوين أبو رمث الذي يمثل 32.08 كم² بنسبة 43.32% والذي يتكون من الحجر الجيري، ويرجع إلى عصر الأيوسين الأدنى، وتكوين المقطم الذي يمثل نحو 4.01 كم² بنسبة 5.42% ويتكون من الحجر الجيري، الذي يرجع إلى عصر الأيوسين الأوسط.

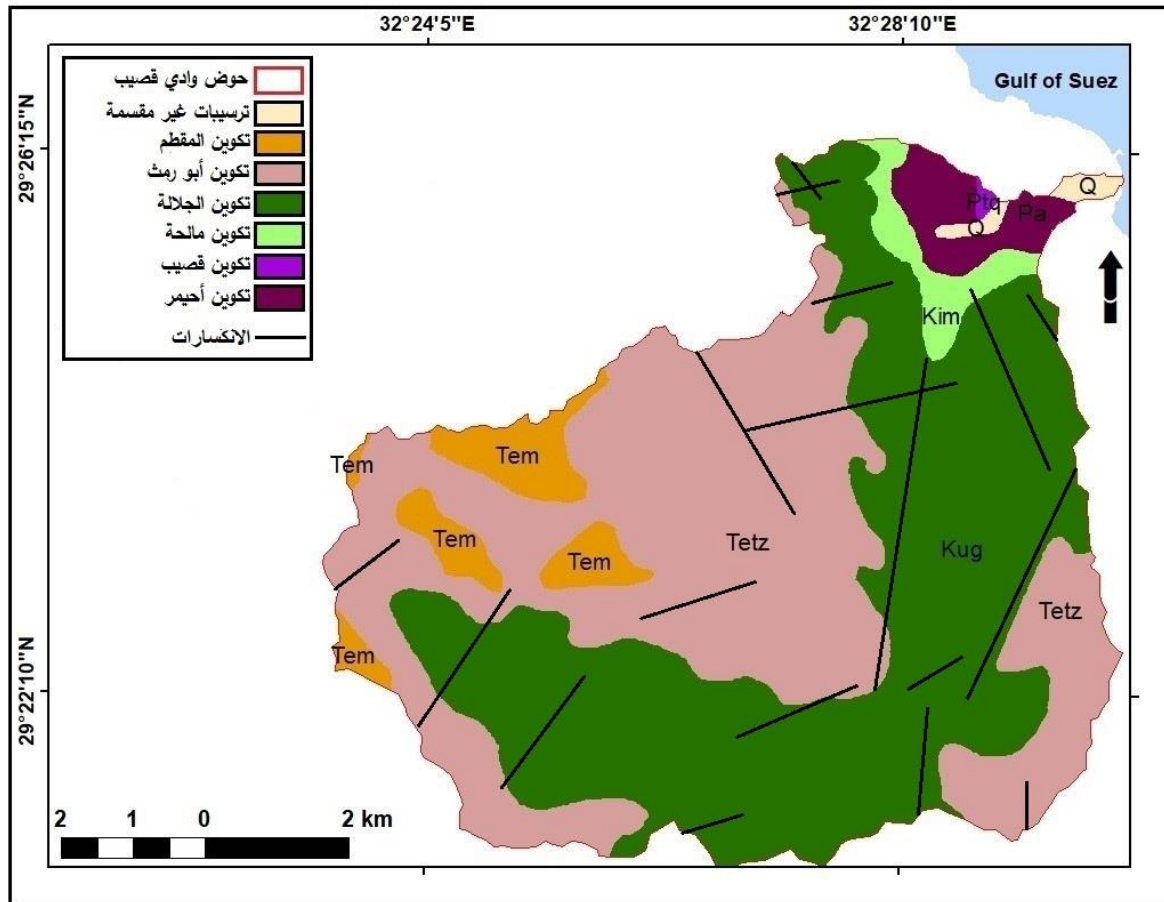
بينما يحتل الزمن الأول المرتبة الثالثة؛ فقد بلغت مساحة تكويناته 2.25 كم²، أي بنسبة 3.04% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ويتمثل في تكوين قصيب، وتكوين أحيمر اللذين يتكونان من الحجر الرملي وينتميان إلى العصر الكربوني، بينما يحتل الزمن الرابع المرتبة الرابعة، وتبلغ مساحة تكويناته نحو 0.5 كم²، أي يمثل نحو 0.68% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، متمثلة في ترسيبات غير مقسمة تكونت من الحجر الرملي، والتي ترجع إلى عصر البلايستوسين. ويتضح من خلال ما سبق أن مساحة منطقة الدراسة صخور رسوبية تتكون من الحجر الجيري والحجر الرملي موزعة حسب كل تكوين.

ويوجد سبعة أنواع من التكوينات والرواسب التي تتكون منها منطقة الدراسة، ويعد تكوين الجلالة الأكثر شيوعاً وانتشاراً بمنطقة الدراسة؛ إذ يمثل نحو 45.16% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وذلك بمساحة 33.44 كم²، فهو يستحوذ على مساحة 96% من إجمالي مساحة تكوينات الزمن الثاني، إذ ينتمي تكوين الجلالة إلى عصر الكريتاسي الأعلى.

جدول (2) التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية بحوض وادي قصب

| م | الحقبة | الزمن | العصر | التكوين الجيولوجي | الرمز | نوع الصخر | المساحة (كم مربع) | النسبة المئوية (%) |
|----------|-------------------------|--------------|------------------|-------------------|-------|-----------|-------------------|--------------------|
| 1 | الكينوزوي Quaternary | الزمن الرابع | البلايستوسين | ترسيبات غير مقسمة | Q | حجر رملي | 0.5 | 0.68 |
| 2 | السينوزوي | الزمن الثالث | الأوسين الأوسط | تكوين المقطم | Tem | حجر جيري | 4.01 | 5.42 |
| 3 | | | الأوسين الأدنى | تكوين أبو رمث | Tetz | حجر جيري | 32.08 | 43.32 |
| 4 | الميزوزوي | الزمن الثاني | الكريتاسي الأعلى | تكوين الجلالة | Kug | حجر جيري | 33.44 | 45.16 |
| 5 | | | الكريتاسي الأدنى | تكوين مالحة | Kim | حجر رملي | 1.77 | 2.39 |
| 6 | الباليوزوي | الزمن الأول | الكربوني | تكوين قصب | Ptq | حجر رملي | 0.1 | 0.14 |
| 7 | | | الكربوني | تكوين أحمر | Pa | حجر رملي | 2.15 | 2.90 |
| الإجمالي | | | | | | | 74.32 | %100 |

المصدر: من عمل الباحثين اعتماداً على الخريطة الجيولوجية كونكو 1: 500.000 عام 1987، هيئة المساحة الجيولوجية (لوحة بني سويف)



شكل (4) الخريطة الجيولوجية بمنطقة الدراسة

المصدر: من عمل الباحثين اعتماداً على الخريطة الجيولوجية كونكو 1: 500.000 عام 1987، هيئة المساحة الجيولوجية (لوحة بني سويف)

2-6- البنية الجيولوجية

استُخرجت الانكسارات بمنطقة الدراسة من خلال المرئية الفضائية للقمر الصناعي land sat-8 وتحسين الدقة المكانية، واستخدام البند الرابع لإظهار الظواهر الخطية باستخدام برنامج PCI Geomatica ، كما تم الاعتماد على الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة، وتم حساب أعداد الصدوع وأطوالها بطريقة آلية باستخدام برنامج Arc GIS10.8، كما يتضح في جدول (4) ، وشكلي: (4، 5)

يتضح من خلال جدول (4) وشكلي (4، 5) ما يأتي:

تغطي الصدوع معظم سطح منطقة الدراسة، وتختلف اتجاهاتها كما يأتي:

بلغ إجمالي أعداد الصدوع بمنطقة الدراسة نحو 18 صدعًا، بإجمالي طول 30075.78م، ومتوسط طول 1683.02م.

وتُعدّ مجموعة الصدوع ذات الاتجاه شرق - غربي المرتبة الأولى من حيث أعداد الصدوع بمقدار ستة صدوع بنسبة 33.33% من أعداد الصدوع، وهي الأكثر طولًا بمقدار 7990.68م، وتمثل نحو 26.57%، ويمثل انحرافها المعياري نحو 1229.79، ويبلغ متوسط طولها نحو 1331.78م، ويمثل أقل طول بها نحو 77.37م، وأقصى طول بها نحو 3024.49م. وتسمى هذه الصدوع بالمحور العرضي، أو الصدوع المتوسطة لأنها موازية للبحر المتوسط، وتُعدّ من أقدم النظم الصدعية الناتجة عن عمليات الضغط والشد.

وتمثل مجموعة الصدوع ذات الاتجاه الشمال الشرقي - الجنوب الغربي المرتبة الثانية من حيث أعداد الصدوع، ويتوافق هذا الاتجاه مع اتجاه الخليج العقبة، وتمثل نحو خمسة صدوع بنسبة 27.78% من أعداد الصدوع، وبلغت أطوالها نحو 8748.41م بنسبة 29.09% من أطوال الصدوع، ويبلغ متوسط طولها نحو 1749.68م، ويمثل أقل طول بها نحو 755.62م، وأقصى طول بها نحو 3025.20م، وانحراف معياري نحو 877.21، ويرجع عمر هذه الصدوع إلى ما بعد الميوسين، نتيجة الحركات التي صاحبت خليج العقبة (Sadek, H, 1959).

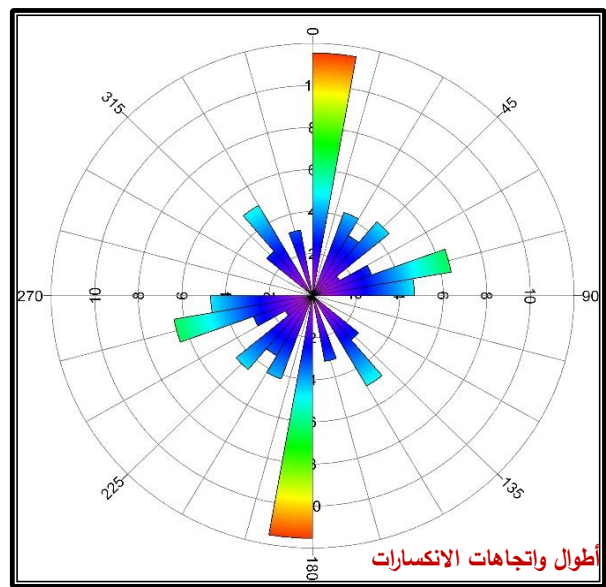
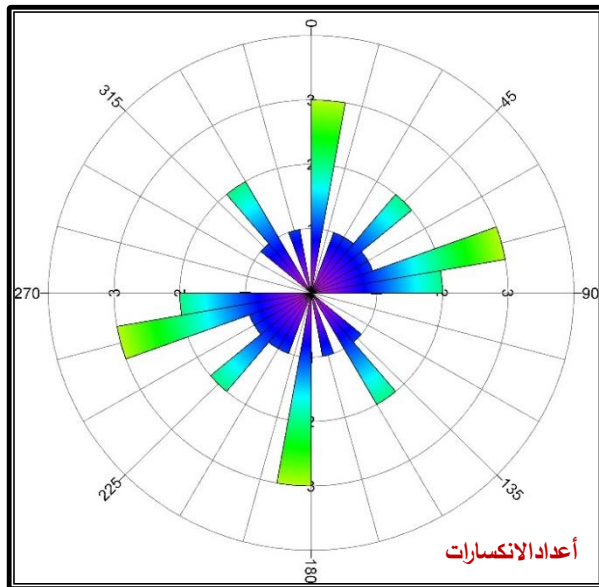
وتمثل مجموعة الصدوع ذات الاتجاه الشمالي - الجنوبي المرتبة الثالثة من حيث أعداد الصدوع، والتي تمثل نحو أربعة صدوع تمثل نحو 22.22% من إجمالي أعداد الصدوع بمنطقة الدراسة، وتمثل هذه الصدوع أقدم نظم للصدوع في الصحراء الشرقية، وتعد محور نواة مصر القديمة، ويرجع نشأة هذه الصدوع إلى حركة الرفع التي كوَّنت جبل عتاقة وجبل

أخضر، وتحدد بعض أجزاء ساحل خليج السويس، (sadek,H, 1959) وقد بلغت أطوال الصدوع نحو 9539.41م، وتمثل نحو 31.72% من إجمالي أطوال الصدوع بمنطقة الدراسة، وبلغ متوسط أطوالها نحو 2384.85 م، فقد بلغ أقل طول بها نحو 583.63م، وأقصى طول نحو 4299.39م، وانحراف معياري 1563.93. وتأتي مجموعة الصدوع ذات الاتجاه الجنوب الشرقي - الشمال الغربي التي تتوافق مع اتجاه خليج السويس في المرتبة الرابعة، وتُعرف هذه الصدوع بالأريترية، أو صدوع القلزم، ويبلغ عدد الصدوع بها نحو ثلاثة صدوع، وتمثل نحو 16.67% من أعداد الصدوع، وبلغت أطوال الصدوع نحو 3797.29 م بنسبة 12.631% من أطوال الصدوع، ويبلغ متوسط أطوالها نحو 1265.76 م، ويبلغ أقل طول بها نحو 627.85 م، وأقصى طول نحو 2443.29م.

جدول (4) اتجاه الانكسارات وأطوالها بحوض وادي قصب

| الاتجاه | العدد | العدد (%) | أقل طول (م) | أقصى طول (م) | متوسط الطول (م) | الطول (م) | الطول (%) | الانحراف المعياري |
|---------------------|-------|-----------|-------------|--------------|-----------------|-----------|-----------|-------------------|
| شمال - جنوب | 4 | 22.22 | 583.63 | 4299.39 | 2384.85 | 9539.41 | 31.72 | 1563.93 |
| شمال شرق - جنوب غرب | 5 | 27.78 | 755.62 | 3025.20 | 1749.68 | 8748.41 | 29.09 | 877.21 |
| شرق - غرب | 6 | 33.33 | 77.37 | 3024.49 | 1331.78 | 7990.68 | 26.57 | 1229.79 |
| جنوب شرق - شمال غرب | 3 | 16.67 | 627.85 | 2443.29 | 1265.76 | 3797.29 | 12.63 | 1020.95 |
| الإجمالي | 18 | 100.00 | 77.37 | 4299.39 | 1683.02 | 30075.78 | 100.00 | |

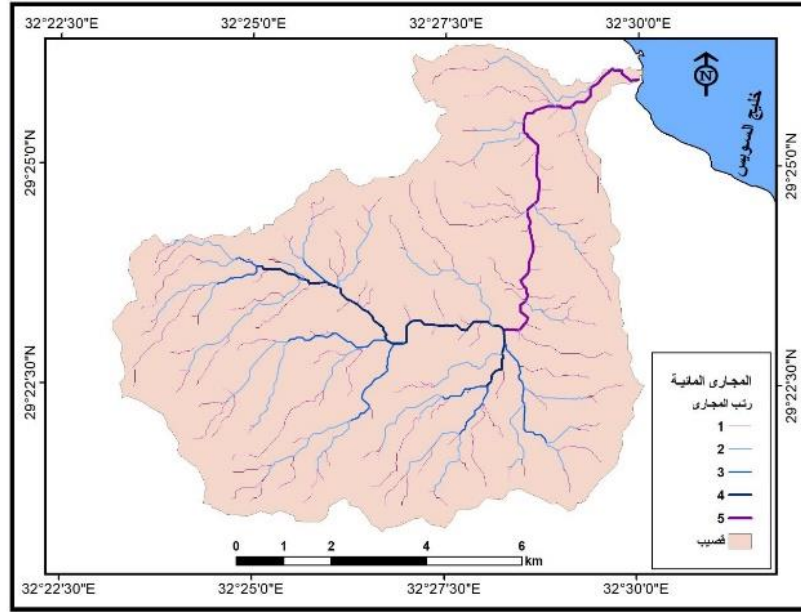
المصدر: من عمل الباحثين اعتمادًا على شكل (4)



شكل (5) أطوال الانكسارات واتجاهاتها بمنطقة الدراسة

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على جدول (4)، باستخدام برنامج Rock works

ويعد نمط شبكة التصريف انعكاسًا مباشرًا لظروف التكوين الصخري والبيئية الجيولوجية للمنطقة؛ إذ نجد أن من أنماط شبكة التصريف بحوض وادي قصب نمط التصريف المستطيل (المتعامد) Rectangular Drainage Patterns، ويبدل وجود هذا النمط من أنماط التصريف المائي على مدى تأثر الحوض وروافده بالانكسارات والفواصل التي توجد في التكوينات التي يخترقها، فيُظهر هذا النمط وجود انحناء في المجرى الرئيسي بزوايا قائمة، كما تلتقي الروافد بالمجرى الرئيسي بزوايا قائمة، وهذا ما يظهر بوضوح بوادي قصب شكل (6).

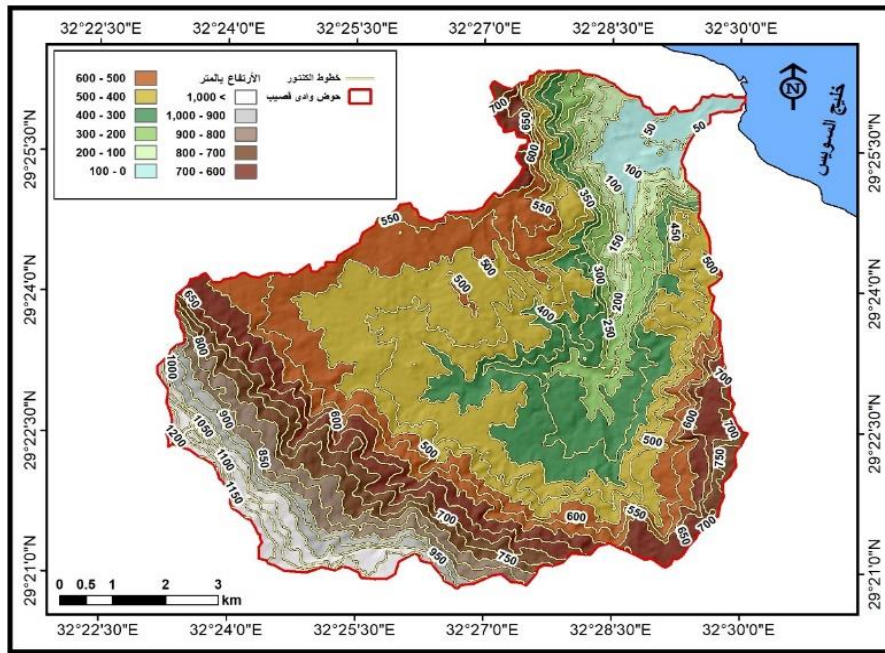


شكل (6) شبكة ونمط التصريف المستطيل (المتعامد) لحوض منطقة الدراسة

المصدر: من إعداد الباحثين باستخدام برنامج Arc GIS 10.8

7- مظاهر السطح

تتدرج تضاريس سطح الأرض بمنطقة الدراسة فيما بين أكثر من 1200 متر فوق منسوب سطح البحر وحتى خط كنتور 50 م تقريباً على الحافة الشرقية للسلسلة الجبلية، ليبدأ بعدها السهل الساحلي حتى خط الساحل بفاصل كنتوري 50م، شكل (7).



شكل (7) الخريطة الكنتورية بمنطقة الدراسة

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 M

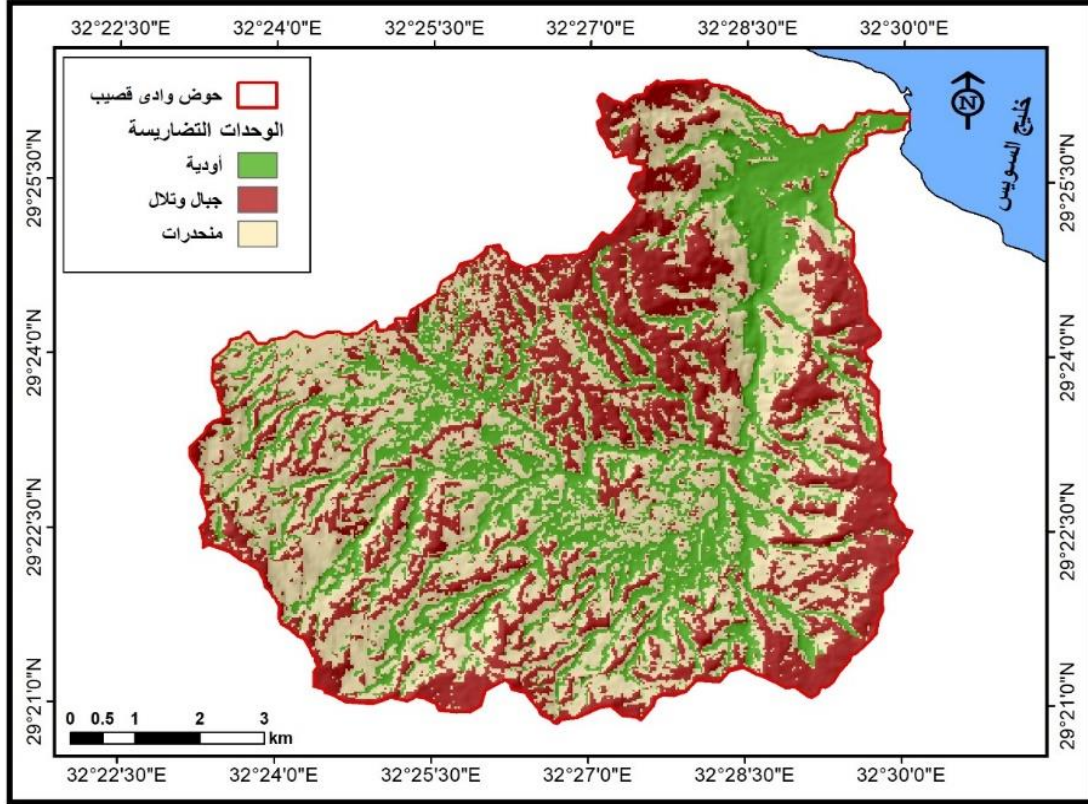
1-7- الخريطة المورفولوجية:

وتتسم منطقة الدراسة بالتباين في الارتفاع والانحدار، ومن خلال تحليل الخريطة الكنتورية وتحليل خريطة الارتفاعات ودرجة الانحدار يمكن تقسيم منطقة الدراسة إلى ثلاث وحدات تضاريسية كما يتضح في جدول (5)، وشكل (8):

جدول (5) الوحدات المورفومترية الرئيسية بمنطقة الدراسة

| % | المساحة كم ² | الوحدات التضاريسية |
|--------|-------------------------|--------------------|
| 26.0 | 19.32 | أودية |
| 31.96 | 23.75 | جبال وتلال |
| 42.04 | 31.25 | منحدرات |
| 100.00 | 74.32 | الإجمالي |

المصدر: من حساب الباحثين اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي



شكل (8) الخريطة المورفومترية بمنطقة الدراسة

المصدر: تم استخراجها من نموذج الارتفاعات الرقمية باستخدام الموديل Geomorphons في برنامج SAGA

- **الأودية:** هي النطاق الذي يمتد من نهاية السهل الساحلي حتى بداية المنحدرات، وتسود فيه الانحدارات المتوسطة التي تتراوح من 5 إلى 10 درجات، وتمثل نحو 19.32 كم²، كما تمثل نحو 26% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.
 - **المنحدرات:** تسود فيها الانحدارات فوق متوسطة التي تتراوح من 10 - 20 درجة، وتمثل مساحتها نحو 31.25 كم²، أي نحو 42.04% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتتألف من تكوين قصيب، وأحيمر، ورواسب الزمن الرابع.
 - **الجبال والتلال:** تسود فيها الانحدارات الشديدة، التي تتراوح درجة الانحدار فيها من 20 إلى أكثر من 30 درجة، وتمثل مساحتها نحو 23.75 كم²، أي نحو 31.96% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتتألف من تكوين المقطم الذي ينتمي إلى عصر الأيوسين الأوسط.
- 8- خصائص الانحدارات:

8-1- نموذج الارتفاعات الرقمي (DEM+)(Digital Elevation Model) :

تعد خريطة الارتفاعات مقياساً مهماً يوضح مدى الاختلاف والتباين في سطح منطقة الدراسة؛ إذ يتباين منسوب منطقة الدراسة من جزء إلى آخر دون منسوب سطح البحر، ويوضح هذا النموذج خصائص الارتفاعات بمنطقة الدراسة، وقد حصلنا عليه من (صور الأقمار الصناعية الرادارية (SRTM) (Shuttle Radar Topographic Mission) بدقة 30 مترًا، فتتراوح قيم الارتفاعات بالمنطقة من صفر وحتى أكثر من 1000 متر فوق منسوب سطح البحر، وقد صُنِّفَت إلى فئات مختلفة موضحة في شكل (7) وجدول (6)

جدول (6) فئات نموذج الارتفاع الرقمي بمنطقة الدراسة

| الارتفاع بالمتر | المساحة (كم ²) | % |
|-----------------|----------------------------|-------|
| أقل من 200 | 5.27 | 7.08 |
| من 200 إلى 400 | 13.67 | 18.39 |
| من 400 إلى 600 | 32.09 | 43.18 |
| من 600 إلى 800 | 13.32 | 17.92 |
| من 800 إلى 1000 | 6.27 | 8.44 |
| أكبر من 1000 | 3.71 | 4.99 |
| الإجمالي | 74.32 | 100 |

المصدر: من حساب الباحثين اعتماداً على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30M

8-2- الانحدار:

تعد دراسة انحدار سطح الأرض في أي منطقة من الدراسات المهمة والمفيدة في تحليل أشكال سطح الأرض، وتعرّف أصل نشأتها ومراحل تطورها. وتفيد دراسة درجة الانحدار في تحديد المناطق المعرضة لعمليات النحت والإرساب، فكلما زادت درجة الانحدار زاد الجريان السطحي، ومن ثمّ تزداد معدلات النحت، ويعبّر عن انحدار أي منطقة بعنصرين مهمين هما: درجة الانحدار (Slope)، واتجاه الانحدار (Aspect).

- درجة الانحدار:

تعد درجات الانحدار مقياساً مهماً يوضح مدى التباين والاختلاف في درجات الانحدار بمنطقة الدراسة، وتم تصنيفها إلى أربع فئات، ولكل فئة رمز معين ويتضح من خلال جدول (7)، وشكل (9) ما يلي:

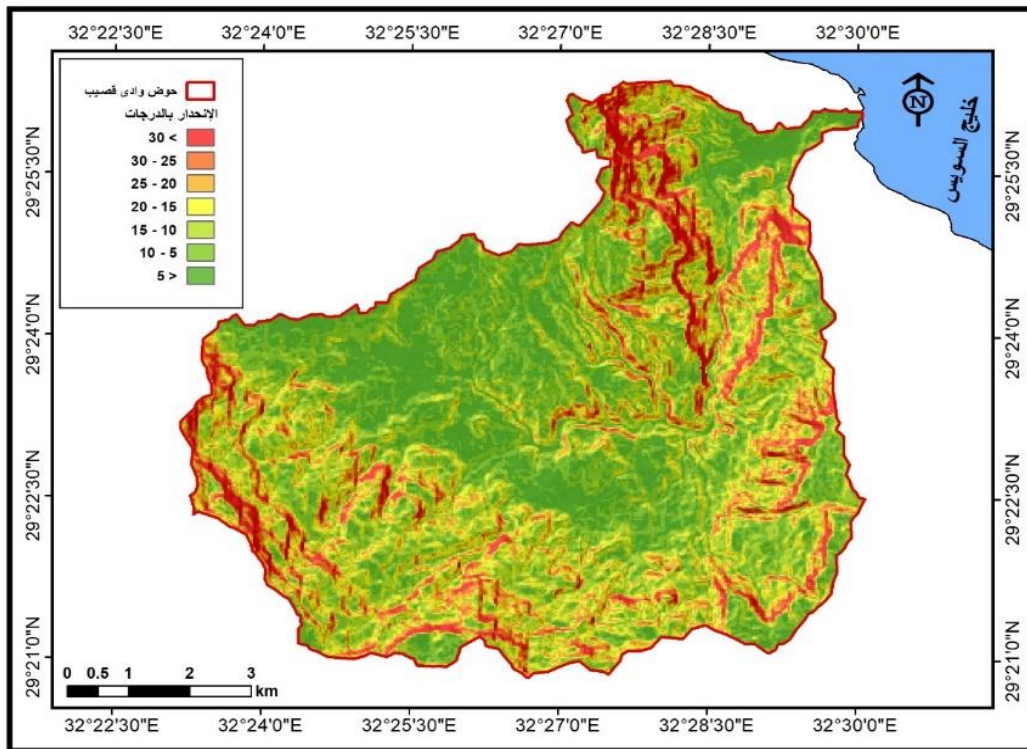
تتراوح قيم الانحدار بين أقل من 10 درجة وأكثر من 30 درجة على سطح منطقة الدراسة، وتغطي المناطق ذات الانحدار الشديد- والتي تزيد درجة انحدارها عن 30 °-نسبة قليلة من منطقة الدراسة بمساحة قدرها 4.07 كم² بما يمثل

5.47% من إجمالي منطقة الدراسة. بينما تغطي المناطق ذات الانحدار البسيط والتي يتراوح درجة انحدارها أقل من 10° أكبر مساحة من منطقة الدراسة بمقدار 30.35 كم² بما يمثل 40.83% من إجمالي منطقة الدراسة، إذ يغلب على السطح الاستواء النسبي والتضرس المحلي المنخفض.

جدول (7) درجات الانحدار بمنطقة الدراسة

| الانحدار بالدرجات | المساحة (كم ²) | % |
|-------------------|----------------------------|-------|
| أقل من 10 | 30.35 | 40.83 |
| من 10 الى 20 | 27.18 | 36.57 |
| من 20 الى 30 | 12.73 | 17.13 |
| أكبر من 30 | 4.07 | 5.47 |
| الإجمالي | 74.32 | 100 |

المصدر: من حساب الباحثين اعتماداً على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM 30 M



شكل (9) درجات الانحدار بمنطقة الدراسة

المصدر: تم عمل النموذج باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 اعتماداً على SRTM 30 M

- اتجاه الانحدار:

تمثل خريطة اتجاه الانحدار حجر الأساس، والتي تساعد في عملية التخطيط لأي مشروع هندسي، وتساعد دراسة خريطة اتجاه الانحدار في تحديد اتجاه حركة المياه السطحية ومناطق تجمعها ومصابتها، وتفيد أيضًا في دراسة أخطار السيول، وتحديد المواقع المعرضة للخطر. ويتبين من خلال دراسة جدول (8)، وشكل (10) الآتي:

يعد أكثر اتجاهات الانحدار شيوعًا وانتشارًا بمنطقة الدراسة هو الاتجاه الشمال الغربي؛ إذ يبلغ مساحته نحو 15.29 كم²، أي أنه يمثل نحو 20.58% من جملة اتجاهات الانحدار بالمنطقة، يليه الاتجاه الغربي بمساحة 13.77 كم² بنسبة 18.52% من جملة اتجاهات الانحدار بالمنطقة، فيمثل الاتجاهان معًا مساحة نحو 29.06 كم²، بنسبة 39.1%، وبالتالي يعدان أكثر الاتجاهات السائدة بالمنطقة.

جدول (8) اتجاه الانحدار بمنطقة الدراسة

| اتجاه الانحدار بالدرجات | المساحة (كم ²) | % |
|-------------------------|----------------------------|--------|
| مستوي | 0.03 | 0.05 |
| شمال | 6.84 | 9.20 |
| شمال غرب | 15.29 | 20.58 |
| غرب | 13.77 | 18.52 |
| جنوب غرب | 7.74 | 10.41 |
| جنوب | 5.69 | 7.65 |
| جنوب شرق | 5.60 | 7.53 |
| شرق | 6.96 | 9.36 |
| شمال شرق | 7.42 | 9.98 |
| شمال | 4.99 | 6.72 |
| الإجمالي | 74.32 | 100.00 |

المصدر: من عمل الباحثين اعتمادًا على شكل (10)

9- تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي قصب:

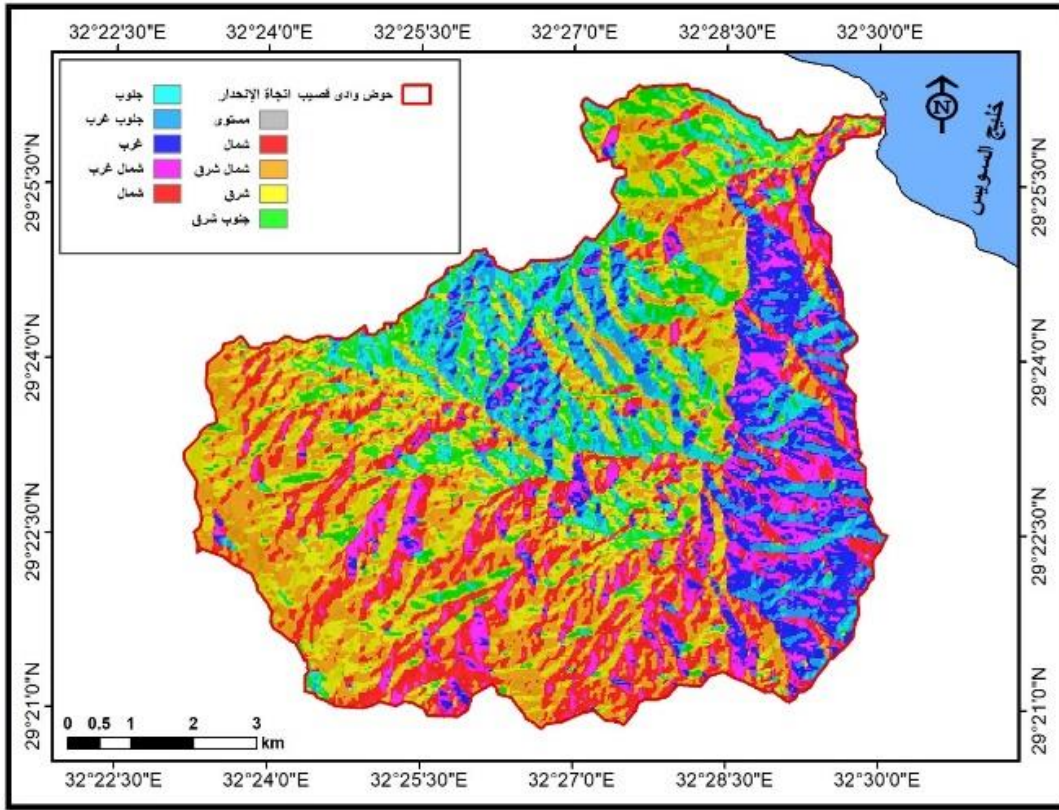
تتضمن الخصائص المورفومترية مجموعة من المتغيرات Variables التي لها أهمية كبرى في توضيح هذه

الخصائص كما يتضح في جدول (9):

9-1- المساحة:

تبلغ مساحة حوض وادي قصب نحو 74.32 كم²، فتتميز منطقة الدراسة بصغر مساحتها، وقلة الفاقد بها سواء بالتبخر أو بالتسرب، بالإضافة إلى صلابة الصخور بالمنطقة وقلة مساميتها، وهو ما أدى إلى وجود فائض من المياه، يؤدي

إلى احتمالية كبيرة لحدوث السيول، ويرجع السبب في ذلك إلى وجود علاقة مباشرة بين متوسط الجريان السطحي ومساحة الحوض.



شكل (10) اتجاه الانحدار بمنطقة الدراسة

المصدر: تم عمل النموذج باستخدام برنامج Arc GIS10.8 اعتمادًا على SRTM30 M

9-2- أبعاد الحوض (أقصى طول - متوسط عرض - محيط):

تعد أبعاد الحوض من المعاملات المورفومترية التي لها أهمية كبيرة في تحديد شكل الحوض، كما يتضح في جدول (9).

أ- أقصى طول (كم) Basin Length(km)

بلغ أقصى طول لحوض وادي قصب نحو 13.1 كم، لذا تُصنّف منطقة الدراسة من الأحواض قصيرة الطول، التي تأخذ فترة زمنية قصيرة للوصول إلى المصب؛ نظرًا لقلّة التبخر والتسرب، مما يساعد على حدوث جريان سيّلي.

ب- متوسط العرض (كم) Basin Width(km)

يقل متوسط العرض لحوض وادي قصب ليبلغ نحو 5.67 كم، ويعد ذلك انعكاسًا لصغر مساحته وطوله، فقد ساعد صغر عرض حوض وادي قصب على حدوث جريان سطحي، ووصول المياه إلى مصب الحوض خلال فترة زمنية

قصيرة، كما أنه يتميز بوصول مياهه إلى المجرى الرئيسي في وقت واحد تقريباً مع زيادة قمة الفيضان، وقصر فترة الجريان، وزيادة حجم الرواسب التي يحملها الوادي

ج- محيط الحوض (كم) Basin Perimeter(km)

بلغ محيط حوض وادي قصب نحو 43.93 كم، لذا يتضح أن حوض منطقة الدراسة يتميز بصغر محيطه، وبالتالي يتميز بتكرارية حدوث السيول؛ نظراً لقلّة طول الحوض وعرضه، وصغر مساحته.

3-9- شكل الحوض Basin Shape

استُخدمت العديد من المعاملات والمعايير لتحديد شكل الحوض، كما يتضح في جدول (9):

- يسجل حوض وادي قصب أقل قيمة لمعامل الاستطالة؛ إذ يبلغ نحو 0.74، وتعني هذه القيمة أن يبعد شكل الحوض عن الشكل المستطيل، ويرجع السبب في ذلك إلى قلة الانحدارات، بالإضافة إلى أن الحوض يتميز بكثرة الشقوق والفواصل؛ مما يساعد على سرعة تآكله بفعل عوامل التعرية والتجوية.
- بينما يزيد قيمة معامل الاستدارة بحوض وادي قصب ليبلغ نحو 0.48، ويرجع السبب في ذلك إلى وجود بعض الصدوع المتعامدة مع المحور الطولي؛ مما يؤدي إلى زيادة عرضها بالمقارنة بطولها، ومن ثمّ تزيد نسبة الاستدارة.
- يرتفع معامل الشكل في حوض وادي قصب ليصل نحو 0.43، ويرجع السبب في ذلك إلى انتشار الرواسب المفككة والصخور الرسوبية، وهي صخور لينة سريعة النحت والتآكل بفعل عوامل التعرية.
- بينما يتراوح معامل الانبعاج نحو 0.58، فيزداد انبعاج شكل الحوض وتفلطحه، وبالتالي زيادة أطوال المجاري وأعدادها، فيميل إلى الشكل الدائري وقلّة تضاريسها، وتزايد عمليات النحت الرأسى والتراجعي، وهو ما يدل على مدى تقدم الوضع في دورته التحتانية.
- يتراوح معامل الاندماج بحوض وادي قصب نحو 4.51.

4-9- الخصائص التضاريسية للحوض:

توضح دراسة الخصائص التضاريسية أهم العوامل والظروف التي ساعدت في نشأة الأحواض وتطورها، بالإضافة إلى تحديد المرحلة العمرية التي قطعتها الأحواض في دورتها التحتانية والمرحلة الجيومورفولوجية التي تمر بها أحواض التصريف منذ نشأتها، حتى وقتنا الحالي، جدول (9):

- يزيد معامل التضرس بحوض وادي قسيب ليمثل نحو 0.10، إذ إنه يعد من الأحواض التي تتميز بصغر مساحتها وطولها، لذلك فإنه لم يقطع شوطاً كبيراً في دورة تعريته.
- يتضح أيضاً زيادة معامل التضاريس النسبية ليمثل نحو 0.03، وهذا المعامل يوضح شدة تضرسه، وصغر مساحته الحوضية، التي تزداد بها سرعة الجريان المائي، وبالتالي تصل إلى المصب خلال فترة زمنية قصيرة.
- بينما تتراوح درجة الوعورة نحو 1.17، إذ تزداد درجة الوعورة بحوض وادي قسيب، ويرجع السبب في ذلك إلى ارتفاع نسبة التضرس بها.
- تنخفض قيمة الرقم الجيومتري ليمثل نحو 12.19.
- تقل كذلك قيمة التكامل الهيسومتري بمنطقة الدراسة ليمثل نحو 0.06، ويرجع السبب في ذلك إلى قلة مساحة الحوض، وبالتالي فإن تزايد قيم تضاريسها الحوضية، وانخفاض كثافة التصريف بها يدل على أنها لم تمر بمرحلة متقدمة في دورتها التحاتية.

10 - تحليل خصائص شبكات التصريف بحوض وادي قسيب:

- توضح شبكة التصريف الشكل العام الذي يظهر من خلالها مجموعة المجاري النهرية في حوض ماء، إذ إنها تُعدّ المحصلة النهائية لتفاعل كامن الظروف المناخية، خاصة الأمطار، والبنوية، والصخرية، ومدى نفاذيته ومساميته، ودرجة صلابته وتجانسه. ويتضح من دراسة جدول (10، 11)، وشكل (11) تحليل مجموعة من المتغيرات وتطبيقها على حوض وادي قسيب.
- يبلغ عدد رتب المجاري بحوض منطقة الدراسة نحو 5 رتب.
 - بلغ إجمالي عدد المجاري بحوض منطقة الدراسة نحو 234 مجرى، تراوحت ما بين 149 مجرى بالرتبة الأولى، و74 مجرى بالرتبة الثانية، و8 مجاري بالرتبة الثالثة، ومجريين في الرتبة الثانية، والمجرى الرئيسي في الرتبة الخمسة؛ إذ يتضح تناسب أعداد المجاري بحوض وادي قسيب تناسباً طردياً مع مساحته.
 - يبلغ مجموع أطوال مجاري حوض نطقة الدراسة نحو 207.40 كم، فنظراً لصغر مساحة الحوض تكونت مجاري قصيرة؛ مما أدى إلى قلة طول رحلة الجريان، وانخفاض معدلات الفواقد، وهو ما يزيد من خطورة السيول.

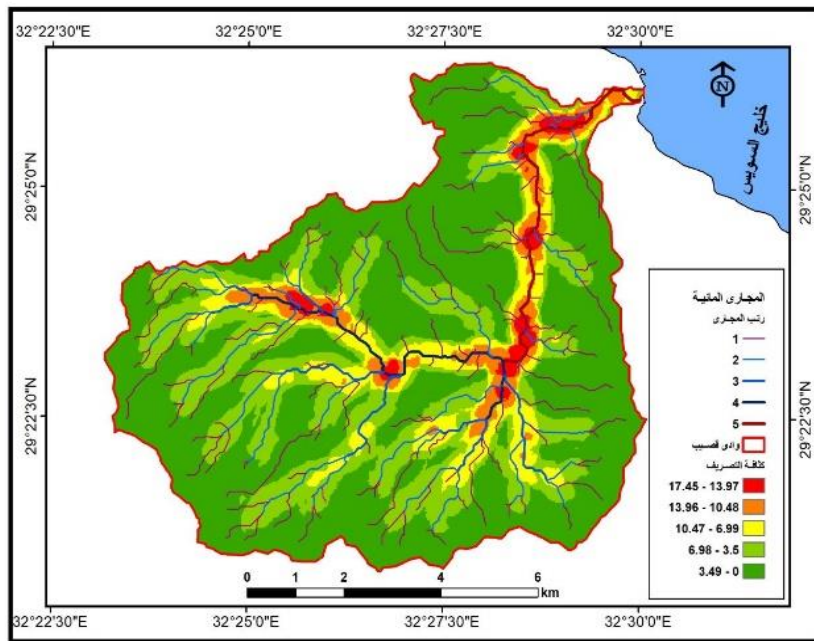
جدول (9) الخصائص المورفومترية لحوض وادي قصب

| وادي قصب | المتغير | |
|---|---|--|
| الخصائص المورفومترية لحوض التصريف | | |
| 74.32 | مساحة الحوض (كم ²) Basin Areas (km ²) | |
| 13.1 | أقصى طول (كم) Basin Length (km) | |
| 5.67 | متوسط العرض (كم) Basin Width (km) | |
| 43.93 | محيط الحوض (كم) Basin Perimeter (km) | |
| المعادلة | الخصائص الشكلية لحوض التصريف Basin Shape | |
| $\frac{2\sqrt{A}}{\pi} / L$ Source: (Schumm, S.A., 1956, P.612) | 0.74 | نسبة الاستطالة Elongation Ratio |
| $A/P\pi$ Source: (Gregory & Walling, 1976, p.51) | 0.48 | نسبة الاستدارة Circulatory Ratio |
| A/L^2 Source: (Gregory & Walling, 1976, p.51) | 0.43 | معامل الشكل Form Factor |
| $K=L^2/4A$ Source: (Gregory, K.J & Walling, D.E 1976, p.51) | 0.58 | معامل الانبعاث Lemniscates factor |
| $C=P/\sqrt{\pi A}$ Source: (Gregory, K.J & Walling, D.E 1976, p.53) | 4.51 | معامل الاندماج Compactness Factor |
| الخصائص التضاريسية لحوض التصريف | | |
| $=L/RH$ Source: (Gregory & Walling, 1976, p.51) | 0.10 | نسبة التضرس Relief Ratio |
| $Rr=H/P \times 100$ Source: (Gregory, K.J & Walling, D.E 1976, p.60) | 0.03 | التضاريس النسبية Relative Relief |
| كثافة التصريف X (الفرق بين أعلى منسوب وأقل منسوب) / طول الحوض | 1.17 | درجة الوعورة Ruggedness Ratio |
| $Gn= DXH/ Sb$ Source: (Chorley, R.J., & Kennedy, B.A., 1971, p.321) | 12.19 | الرقم الجيومترى Geometric Number |
| $HI= A(KM) / H(M)$ نقلًا عن: (محمود عاشور و آخرون، 1991، ص 327) | 0.06 | التكامل الهستومتري Hypstometric Integral |
| - | 13.77 | متوسط انحدار الحوض Mean Slope |
| - | 1259 | مدى الارتفاع للحوض Basin Relief |

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادًا على قاعدة البيانات الجغرافية

- ينخفض معدل التفرع بحوض منطقة الدراسة ليمثل نحو 4.32، لذا يعد الحوض أكثر خطورة؛ نظرًا لتجمع المياه في أوديتها في وقت قصير، ومن ثم يحدث جريان مائي، وبالتالي يزيد معدل حدوث السيول، ويرجع السبب في ذلك إلى كفاءة شبكة التصريف في نقل المياه بسرعة كبيرة، وخلال فترة زمنية قصيرة، مما يقلل من حجم الفواقد، ويزيد من سرعة الجريان.
- تبلغ قيم الانسياب السطحي نحو 0.18، بينما بلغ معدل النسيج الطبوغرافي نحو 5.33 مجرى/كم²، إذ يتميز حوض منطقة الدراسة بالنسيج المتوسط؛ نظرًا لتباين صخورها.
- يتراوح معدل تكرار المجاري نحو 3.15 مجرى/كم² إذ يتميز الحوض بمعدلات تكرار مرتفعة، بينما يبلغ معدل بقاء المجاري نحو 0.36 كم² ويتضح أن قلة معدل بقاء المجاري بحوض منطقة الدراسة نتيجة لارتفاع كثافة التصريف به.
- كثافة التصريف لحوض وادي قصب:
 - تعد كثافة التصريف من المؤشرات المهمة التي توضح مدى تعرض سطح الحوض لعمليات التقطع والتعرية، كما تعد انعكاسًا للخصائص الليثولوجية للحوض، ونظام بنيته، ودرجة النفاذية، إلى جانب نوع الظروف السائدة لمنطقة الدراسة، ويتم حساب كثافة التصريف من خلال المعادلة الآتية:
 - كثافة التصريف (كم²/كم²) = مجموع أطوال المجاري (كم) / مساحة حوض التصريف (كم²) (Morisawa, 1985)

(p.140).



شكل (12) كثافة التصريف بحوض وادي قصب

المصدر: من عمل الباحثين اعتمادًا على قاعدة البيانات الجغرافية، ARC GIS 10.8

جدول (10) التحليل المورفومتري لشبكات التصريف بمنطقة الدراسة

| المعادلة | وادي قصب | المتغير |
|--|----------|--|
| استخدام طريقة Strahler Source: (Strahier, A.N., 1954, P. 914) | 5 | رتب المجاري Stream orders |
| - | 234 | أعداد المجاري Stream Numbers |
| - | 207.40 | أطوال المجاري Channel Lengthes |
| $Rb = n/N$ Source: (Horton, R.E., 1945, P. 38) | 4.32 | معدل التفرع Bifurcation Ratio |
| $0.5/D$ Source: (Horton, R.E., 1945, P. 39) | 0.18 | الاتسياب السطحي |
| الطول الإجمالي لمجاري كل الرتب (كم) / مساحة الحوض (كم ²) (محمود عاشور ، 1986 ، ص464، عن Langbain, 1947) | 2.79 | كثافة التصريف Drainage density |
| مجموع أعداد المجاري في الحوض / مساحة الحوض Source: (Horton, R.E., 1945, P. 285) | 3.15 | معدل تكرار المجاري Stream Frequency |
| المساحة الحوضية (كم) / مجموع أطوال المجاري (كم) Source: (Shamm,S.,1956, P. 607) | 0.36 | معدل بقاء المجاري Stream Maintenance |
| مجموع أعداد المجاري في الحوض / طول محط الحوض (كم) Source: (Smith, K., 1950, P. 657)) | 5.33 | معدل النسيج الطبوغرافي Basin Texture Ratio |

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادا على قاعدة البيانات الجغرافية

ويتضح من شكل (12) أن كثافة التصريف داخل حوض وادي قصب تتراوح فيما بين 0 – 17.45 كم/كم² ، إذ تتزايد كثافة التصريف عند تجمع رواتب الرتب الأولى مع الثانية مع الثالثة، وتصل أقصى كثافة للتصريف عند التقاء الرتب بالمجري الرئيسي، فتتراوح كثافة التصريف عند الرتبة الأولى بين 0-3.49 كم/كم²، وتبدأ كثافة التصريف في الزيادة عند التقاء الرتبة الأولى مع الرتبة الثانية، إذ تتراوح بين 3.49 - 6.98 كم/كم²، وتزداد كثافة التصريف عند التقاء وتجمع مياه الرتبة الأولى مع الثانية والثالثة لتصل كثافة التصريف إلى 6.99 - 10.47 كم/كم²، كما تتزايد كثافة التصريف عند تجمع الرتبة الأولى والثانية والثالثة مع الرتبة الرابعة لتتراوح بين 10.47 – 13.69 كم/كم²، وتصل كثافة التصريف إلى أقصى معدل لها عند التقاء رتب المجاري بالمجري الرئيسي، فتصل كثافة التصريف فيه 13.97 – 17.45 كم/كم².

جدول (11) رتب وأعداد المجاري بحوض وادي قصب

| الحوض | رتب المجارى | أعداد المجارى | أطوال المجارى (كم) | معدل التفرع للحوض |
|-------------------|-------------|---------------|--------------------|-------------------|
| قصب (وادي الدوم) | 1 | 149 | 87.78 | 2.01 |
| | 2 | 74 | 91.11 | 9.25 |
| | 3 | 8 | 12.02 | 4.00 |
| | 4 | 2 | 8.01 | 2.00 |
| | 5 | 1 | 8.49 | |
| الإجمالي | 5 | 234 | 207.40 | 4.32 |

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على قاعدة البيانات الجغرافية

11- تحليل الخصائص الهيدرولوجية والميزانية المائية بحوض وادي قصب:

تعد دراسة الميزانية الهيدرولوجية عاملاً من العوامل المؤثرة في حدوث السيول، وذلك من خلال تحديد كمية صافي الجريان المتوقع سريانها حوض منطقة الدراسة، وذلك من خلال تحديد حجم المياه الساقطة، وتحديد جملة الفواقد سواء عن طريق (التسرب أو التبخر). ويتضح من جدول (11) أهم المعاملات الهيدرولوجية المستخدمة في الدراسة.

يتضح من خلال جدول (12) ما يأتي:

- بتطبيق المعادلة يتبين أن زمن التباطؤ بحوض وادي قصب بلغ نحو 12.17 / دقيقة، بينما بلغ زمن التركيز نحو 20.29 / ساعة.

يفيد حساب مجموع كمية الأمطار المتوقع سقوطها على حوض وادي قصب في دراسة حساب الجريان، من خلال أكبر كمية سقطت في يوم واحد منذ إنشاء محطات منطقة الدراسة حتى الوقت الحالي، وبالاعتماد على البيانات المناخية لمحطات الأرصاد الأرضية بمنطقة الدراسة فقد سجلت أعلى كمية أمطار سقطت في يوم واحد خلال الفترة من 1960 حتى 2022 بمحطة (العين السخنة)، فقد سجلت أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد بمحطة العين السخنة يوم 1965/10/6 وبلغت نحو 49.6 مم، وتعد أكبر كمية أمطار سقطت في منطقة الدراسة بصفة عامة. ويمكن حساب كمية المياه الساقطة من خلال المعادلة الآتية:

كمية المياه المحتملة = مساحة الحوض X أكبر كمية أمطار سقطت في يوم واحد

(محمود خضر، 1997، ص 369)

- بلغت كمية المطر المتوقع سقوطها على حوض التصريف بمنطقة الدراسة حوالي 3686.272 مليون م³

جدول (12) الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي قصب

| المتغير | وادي قصب |
|---|-------------------------------|
| Time of تركيز Concentration(min) | 20.29 / ساعة |
| Lag – Time(min) زمن التباطؤ | 12.17 / دقيقة |
| كمية الأمطار المتوقع سقوطها | 3686.272 مليون م ³ |
| تحديد الجريان السطحي Surface runoff(m ³ /s) | 26.68 م ³ / ث |
| سرعة الجريان. Velocity(m/s) | 0.18 م / ث |
| حجم التصريف | 264.435 م ³ /ث |
| زمن التصريف / الساعة | 15.41 |
| الفواقد | التبخر خلال زمن التصريف |
| | التسرب خلال زمن التباطؤ |
| قيم التسرب الثابتة | 38.04 م ³ |
| جملة الفواقد Total Losses | 689.18 م ³ |
| صافي الجريان | 2997.086 م ³ |

المصدر: من إعداد الباحثين اعتمادًا على قاعدة البيانات الجغرافية

- تم تحديد الجريان السطح Surface runoff إذ يُعرف الجريان السطحي بأنه جزء من التساقط الكلي على الحوض المائي الذي ينساب على سطح الأرض وعلى المنحدرات متبعًا عدة مسارات حسب طبوغرافية منطقة الدراسة، حتى يصل الجريان السطحي إلى المجرى الرئيسي فيصبّ به ويصبح جزءًا منه، وبتطبيق المعادلة:

$$\text{الجريان السطحي} = \text{مساحة حوض التصريف كم}^2 \times 4.2 / \text{زمن التباطؤ}$$

(U. S. Department of Agriculture, 1997, p6.)

يتراوح معدل الجريان السطحي بحوض وادي قصب نحو 26.68 م³ / ث.

- تفيد دراسة سرعة الجريان في تعرف المسافة التي تقطعها المياه في طريقها من المنبع حتى المصب، ومعرفة مدى تأثيرها في مقدار النحت، ونقل الرواسب، ونوع الرواسب وحجمها. وتعتمد في حسابها على طول المجرى الرئيسي وزمن تركيز الحوض، ويتم حسابها من خلال المعادلة الآتية:

$$V = L (m) / 3.6 TC (s)$$

(Kirkby, 1978, p.78)

- فتبلغ سرعة الجريان بحوض وادي قسيب 0.18 م/ث.
- وبحساب حجم التصريف الذي يوضح كمية المياه المتجمعة من كل أرجاء الحوض يكون الناتج (م³/ثانية)، فيراعي هذا المعامل أن كل أجزاء الحوض تسقط عليها كميات من المياه بصورة متساوية، ويتم حسابه من خلال المعادلة الآتية:

$$ح = 1.5 (ل ت) 0.85$$

(U. S. Department of Agriculture, 1997, p6.)

- وبتطبيق المعادلة على حوض وادي قسيب بلغ حجم التصريف نحو 264.435 م³/ث.
- يُقصد بزمن التصريف الفترة الزمنية التي يستغرقها الحوض في صرف المياه به من مكان سقوطها حتى مخرجها عند المصب، ويتم حسابه من خلال المعادلة الآتية:

$$Td = (0.305L)^{1.15} / 7700 (0.305H)^{0.38}$$

(U. S. Department of Agriculture, 1997, p6.)

- وبتطبيق المعادلة بلغ زمن التصريف بحوض منطقة الدراسة نحو 15.41 ساعة.
- يعد حساب الفواقد من أهم العوامل المؤثرة في درجة خطورة السيل، إذ يتوقف استمرار الجريان من بدايته حتى نهايته على حجم الفواقد، بالإضافة إلى العوامل الأخرى. ويتم حساب إجمالي الفواقد من خلال حساب الفواقد بالتبخر Evaporation Losses، وذلك من خلال تطبيق المعادلة الآتية:

$$\text{إجمالي التبخر اليومي} = \text{متوسط التبخر في محطات الأرصاد} \times \text{المساحة كم}^2$$

$$\text{التبخر / الساعة} = \text{إجمالي التبخر اليومي} / 24$$

$$\text{التبخر خلال زمن التصريف} = \text{إجمالي التبخر في الساعة} \times \text{زمن تصريف الحوض}$$

- وبتطبيق المعادلة بلغ إجمالي كمية المياه المتبخرة بحوض منطقة الدراسة نحو 578.79 م³/ث. وبحساب فواقد التسرب Infiltration Losses من خلال تطبيق المعادلة الآتية:

التسرب خلال زمن التباطؤ = مساحة الحوض X زمن التباطؤ X 0.08 ملم / دقيقة

(Wilson and Lane,1980)

بلغ إجمالي كمية التسرب خلال زمن التباطؤ بحوض منطقة الدراسة نحو 72.37 م³

- وبحساب قيم حساب قيم التسرب من خلال المعادلة الآتية:

$$Q = T \times M \times N - Z$$

(Waltz, 1973, p.123)

وجد أن قيم التسرب الثابتة بلغت نحو 38.04 م³

- وتم حساب جملة الفوقد " التبخر والتسرب" من خلال المعادلة الآتية:

جملة الفواقد (م³) = التبخر أثناء زمن التصريف + التسرب خلال زمن التباطؤ + قيم التسرب الثابتة

المصدر: (محمود خضر، 1997، ص 406)

فقد بلغ إجمالي جملة الفواقد بحوض وادي قصب نحو 689.18 م³

- ويتم حساب صافي الجريان - وهو جملة ما تبقى من مياه الأمطار بعد عمليات التبخر والتسرب - من خلال المعادلة الآتية:

صافي الجريان (م³) = إجمالي المياه الساقطة (م³) - الفواقد (التبخر & التسرب) (م³)

فوجد أن كمية صافي الجريان بحوض وادي قصب بلغت نحو 2997.086 م³.

12- التحليل التكراري للأمطار اليومية القصوى خلال فترات رجوع مختلفة

يعد التحديد الدقيق لكميات الأمطار التي سقطت على حوض منطقة الدراسة من أهم العوامل التي تساعد في حساب السيول المتجمعة من تلك الأمطار، ويمثل عمق المطر العامل الرئيسي والمؤثر في حدوث السيول، وهو ما يجب أخذه في الحسبان عند التخطيط للمشروعات، وقد تم عمل التحليل الإحصائي لأقصى كمية مطر يومي خلال الفترة من 1981 حتى 2022 بمحطة العين السخنة، كما تم تحديد عمق المطر لفترات تكرارية مختلفة (2-3-5-10-20-25-50-100-200 سنة).

كما يتضح في جدول (13، 14)، وشكل (13) التوزيع الإحصائي للأمطار خلال الأزمنة التكرارية المختلفة من خلال تطبيق التوزيعات الاحتمالية المختلفة، وباستخدام برنامج التحليل الإحصائي Hyfran plus وتطبيق المعادلات الآتية: Gev, Gumbel, Weibull, Normal, Lognormal, Pearson Type3, Log-Pearson Type3, Exponential اتضح أن توزيع Exponential هو التوزيع الأنسب لمحطة (العين السخنة) والمؤثرة في حوض وادي قسيب عند الأزمنة التكرارية المختلفة.

جدول (13) أعلى تساقط يومي في العام بمحطة العين السخنة خلال الفترة من 1981 - 2022م.

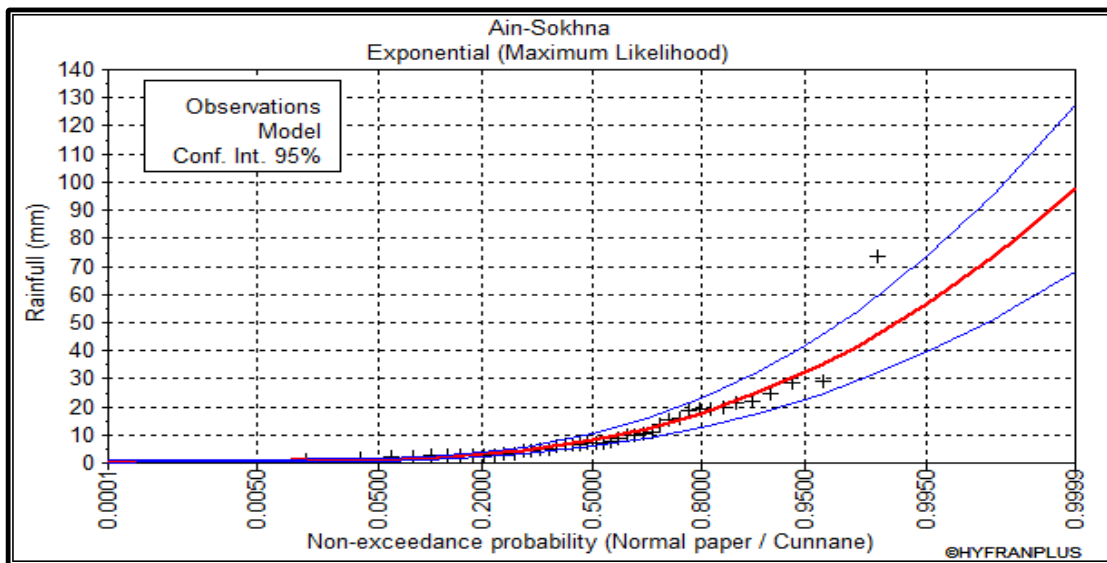
| Year | Precipitation | Year | Precipitation | Year | Precipitation |
|-------------------|---------------|------|---------------|------|---------------|
| 1981 | 10.86 | 2009 | 1.41 | 1995 | 2.19 |
| 1982 | 18.98 | 2010 | 6.05 | 1996 | 5.07 |
| 1983 | 10.59 | 2011 | 7.11 | 1997 | 8.97 |
| 1984 | 9.77 | 2012 | 2.82 | 1998 | 1.02 |
| 1985 | 13.53 | 2013 | 4.35 | 1999 | 2.66 |
| 1986 | 21.51 | 2014 | 7.51 | 2000 | 10.01 |
| 1987 | 24.89 | 2015 | 3 | 2001 | 2.24 |
| 1988 | 6.36 | 2016 | 73.55 | 2002 | 6.53 |
| 1989 | 3.08 | 2017 | 19.34 | 2003 | 7.36 |
| 1990 | 4.99 | 2018 | 28.35 | 2004 | 18.85 |
| 1991 | 15.96 | 2019 | 15.19 | 2005 | 2.7 |
| 1992 | 4.16 | 2020 | 21.99 | 2006 | 2.83 |
| 1993 | 6.86 | 2021 | 28.95 | 2007 | 3.11 |
| 1994 | 7.27 | 2022 | 19.55 | 2008 | 2.99 |
| القيمة العظمى | | | 73.55 | | |
| القيمة الصغرى | | | 1.02 | | |
| القيمة المتوسطة | | | 11.29 | | |
| الانحراف المعياري | | | 12.54 | | |

المصدر: من عمل الباحثين اعتمادًا على بيانات الأمطار من موقع <http://power.iarc.nasa.gov/>

جدول (14) عمق المطر للأزمنة التكرارية المختلفة بمحطة العين السخنة خلال الفترة من 1981-2022م

| عمق المطر للأزمنة التكرارية المختلفة (مم) | | | | | | | | | التوزيع الإحصائي |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|
| 200 | 100 | 50 | 25 | 20 | 10 | 5 | 3 | 2 | |
| 173 | 112 | 72.8 | 46.8 | 40.5 | 25.5 | 15.5 | 10.2 | 6.86 | Gev |
| 41.9 | 37.3 | 32.7 | 28.0 | 26.5 | 21.7 | 16.7 | 12.8 | 9.21 | Gumbel |
| 54.2 | 47.7 | 41.0 | 34.3 | 32.1 | 25.2 | 18.2 | 12.8 | 8.37 | Weibull |
| 43.6 | 40.5 | 37.1 | 33.3 | 31.9 | 27.4 | 21.9 | 16.7 | 11.3 | Normal |
| 82.2 | 65.0 | 50.4 | 37.9 | 34.3 | 24.4 | 16.2 | 11.0 | 7.36 | Log-Normal |
| 66.0 | 57.5 | 49.0 | 40.5 | 37.8 | 29.3 | 20.8 | 14.8 | 9.58 | Pearson Type3 |
| 84.5 | 65.9 | 50.4 | 37.5 | 33.8 | 23.9 | 15.7 | 10.8 | 7.23 | Log-Pearson Type3 |
| 56.6 | 49.3 | 42.0 | 34.7 | 32.3 | 25.0 | 17.7 | 12.3 | 8.07 | Exponential |

المصدر: من عمل الباحثين اعتمادا على التحليل الإحصائي عن طريق Hyfran



شكل (13) التوزيع الإحصائي للأمطار خلال الأزمنة التكرارية المختلفة بمحطة العين السخنة

المصدر: من عمل الباحثين اعتمادا على التحليل الإحصائي عن طريق Hyfran وطريقة Exponential

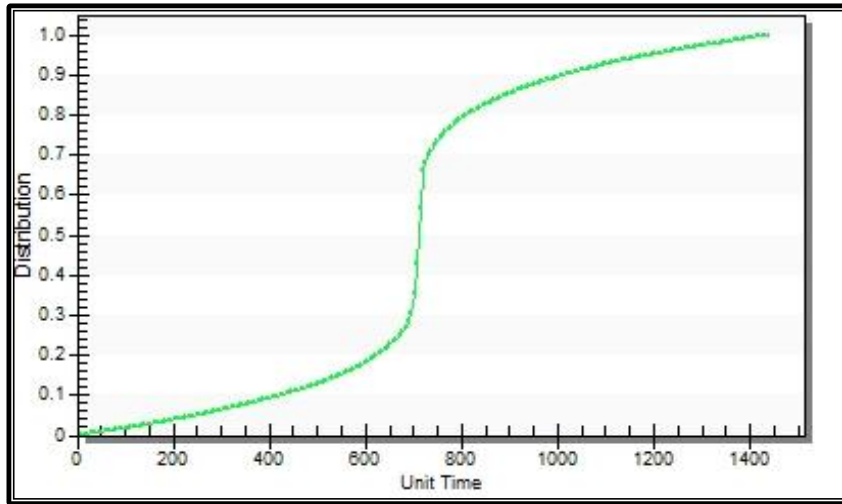
13- حساب عمق معدل المطر P باستخدام النموذج الرياضي (WMS)(Watershed Modeling) واستخدام

طريقة (SCS System (Soil Conservation Service)

قام الباحث بدراسة كمية الأمطار الساقطة بمنطقة الدراسة اعتمادًا على البيانات المناخية لمحطات الأرصاد الجوية (بيانات غير منشورة) لأكبر كمية مطر سقطت خلال اليوم الواحد خلال الفترة من (1960 - 2022م)، ومن خلال جدول (15) يتضح ما يأتي:

سجلت أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد بمحطة العين السخنة يوم 1965/10/6 فقد بلغت نحو 49.6 ملم، وتعد أكبر كمية مطر سقطت في منطقة الدراسة بصفة عامة.

كما يُطبق النموذج الرياضي (WMS)، الذي يفترض فيه مدة العاصفة خلال 24 ساعة، ويتم اختيار توزيع SCS الذي يعد الطريقة الأنسب للمناطق الجافة والشبه الجافة، والذي يفترض أن حوالي 60% من شدة المطر اليومي يسقط في أقل من ساعتين، والبقية يتم توزيعها على بقية اليوم. ويوضح شكل (14) منحنى توزيع شدة المطر اليومي خلال العاصفة طبقًا لتوزيع SCS-Type الذي سوف يُستخدم في النموذج الهيدرولوجي وحساب CN، ومنحنى الجريان لحوض وادي قسيب .



شكل (14) منحنى توزيع عمق المطر اليومي خلال العاصفة طبقًا لتوزيع SCS-Type

المصدر: من عمل الباحثين اعتمادًا على برنامج WMS باستخدام النموذج HEC-1

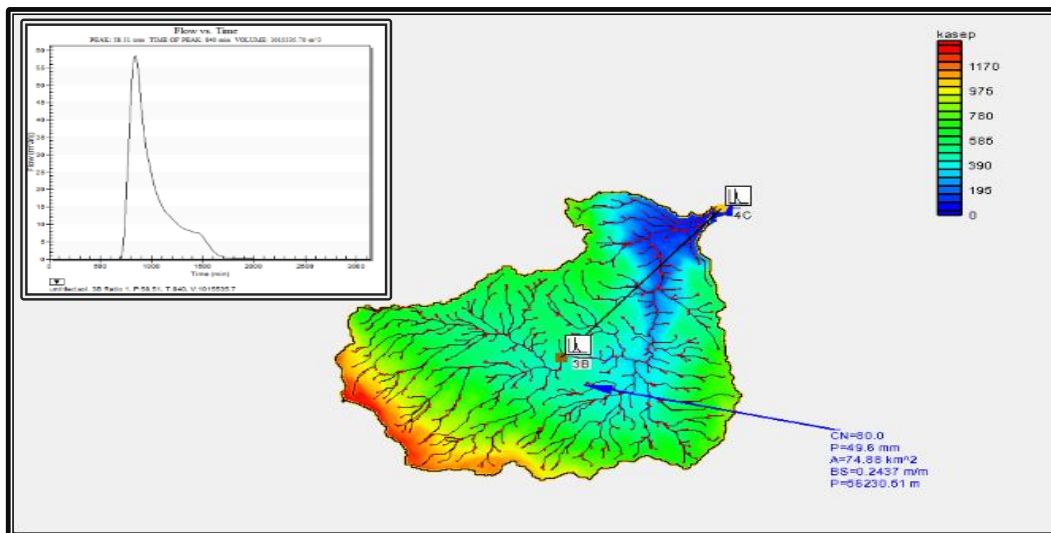
جدول (15) أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد (مم) خلال الفترة من (1960 - 2022) خلال شهور السنة بمنطقة الدراسة

| ديسمبر | نوفمبر | أكتوبر | سبتمبر | أغسطس | يوليو | يونيو | مايو | أبريل | مارس | فبراير | يناير | المحطات |
|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------------------------|
| 10.0 | 9.7 | 49.6 | 0.5 | صفر | صفر | 1.9 | 22.0 | 9.2 | 16.3 | 7.3 | 22.0 | العين السخنة |
| 64/12 | 84/23 | 65/6 | 94/27 | - | - | 91/14 | 67/15 | 76/12 | 85/22 | 82/22 | 90/26 | الكمية (مم) التاريخ |

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، الإحصاءات المناخية، بيانات غير منشورة خلال الفترة الممتدة من 1960 حتى 2022م

14- النموذج الهيدرولوجي (WMS) لحوض وادي قصب

تم استخدام النموذج الهيدرولوجي (WMS) والنموذج HEC-1 لتقدير كميات المياه المفقودة عن طريق التسرب لباطن الأرض، وتسمى هذه الطريقة برقم المنحنى (Curve Number)(CN)، وتعتمد هذه الطريقة على عناصر تعد متطلبات أساسية لتشغيل النموذج الهيدرولوجي، وهي: (أعلى كمية مطر منذ تاريخ إنشاء المحطة حتى الوقت الحالي، تحديد استخدام الأرض، تحديد التربة حيث يحدد نوع التربة ونسيجها مدى النفاذية، ومدى قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وبالتالي تؤثر في قابليته في حدوث السيل. تتألف منطقة الدراسة من (تكوينات صخرية) وهي الرواسب المفتتة التي تتألف من الرمال والحصى. حيث يقع حوض منطقة الدراسة في المجموعة الهيدرولوجية الثالثة (Group c)، وقد بلغت قيمة رقم المنحى لحوض وادي قصب 80، وهي قيمة تشير إلى أن تربة منطقة الدراسة تساعد على الجريان وقلة الفاقد عن اجمالي التساقط المائي في المنطقة، شكل (15).



شكل (15) رقم المنحنى (CN) لحوض وادي قصب

المصدر: من عمل الباحثين اعتماداً على برنامج WMS باستخدام النموذج HEC-1

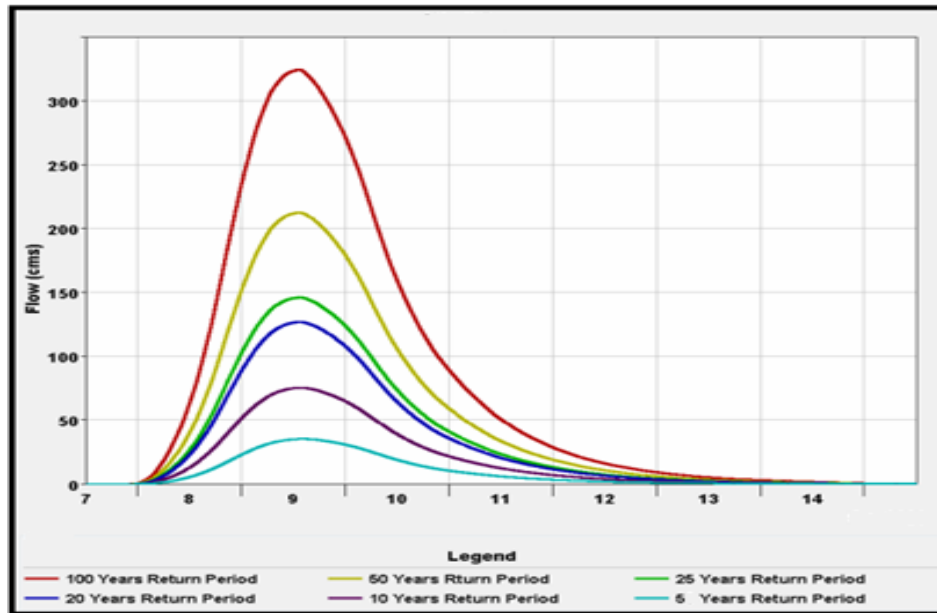
14-1- النمذجة الهيدرولوجية لحوض وادي قصب باستخدام HEC-HMS

تم تطبيق النموذج الهيدرولوجي HEC-HMS لقدرته على حساب منحني الهيدروجراف، ويعتمد النموذج على مجموعة من المدخلات لكي يتمكن من حساب هيدروجراف السيل، وتتمثل هذه المدخلات في: مساحة الحوض ودرجة انحداره، ورقم المنحنى (CN)، وأعلى كمية مطر سقطت منذ إنشاء المحطة حتى الوقت الحالي. وتم استخدام عاصفة تصميمية بمدة 24 ساعة، واستخدام توزيع SCS وذلك للأزمنة التكرارية المختلفة: 5، 10، 20، 25، 50، 100 سنة، وقد تبين من خلال جدول (16)، وشكل (16، 17) لتحليل هيدروجراف مياه السيول أن حجم السيول يتراوح ما بين 5920700 – 54246500 م³ خلال فترات الرجوع (5 – 100 عام)

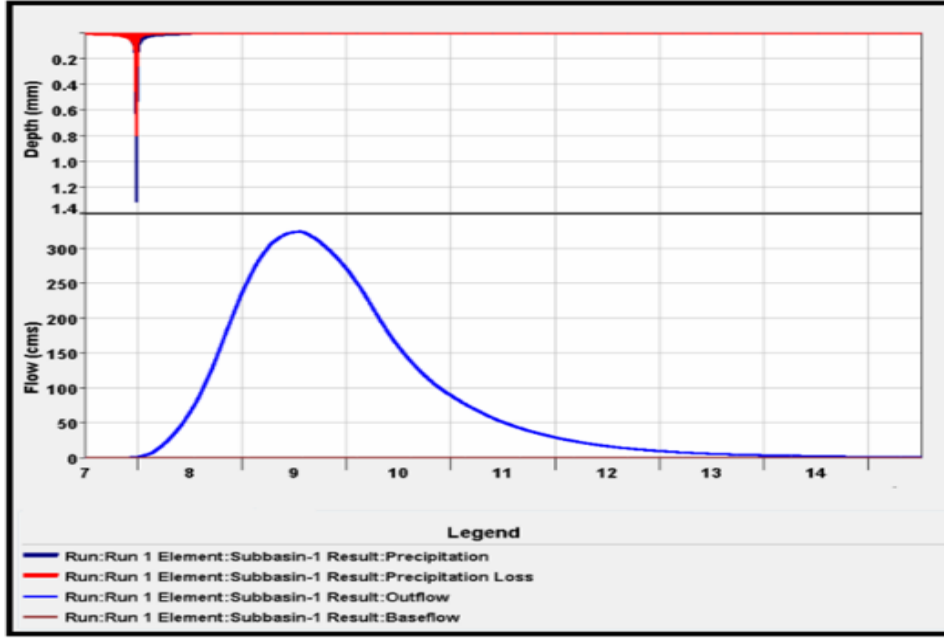
جدول (16) خصائص مياه السيول لحوض وادي قصب لفترات رجوع مختلفة

| الفترة | 5 | 10 | 20 | 25 | 50 | 100 |
|--------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| كمية المطر (مم) | 17.7 | 25.0 | 32.3 | 34.7 | 42.0 | 49.3 |
| إجمالي الفواقد (مم) | 14.9 | 21.7 | 25.0 | 25.3 | 27.7 | 30.6 |
| المطر المتبقي (مم) | 2.8 | 3.3 | 7.3 | 9.4 | 14.3 | 18.7 |
| صافي الجريان (م ³) | 5920700 | 12645300 | 21255800 | 24454300 | 35567500 | 54246500 |

المصدر: من عمل الباحثين اعتمادًا على النموذج الهيدرولوجي (HEC-HMS) ويتضح من الجدول السابق أن قيمة صافي الجريان بالموجب بحوض منطقة الدراسة؛ وذلك لأن إجمالي التساقط أكبر من إجمالي الفواقد، مما يؤدي إلى حدوث الجريان.



شكل (16) هيدروجراف مياه السيول بحوض وادي قصب لفترات الرجوع (5-100 عام)



شكل (17) هيدروجراف مياه السيول بحوض وادي قصب

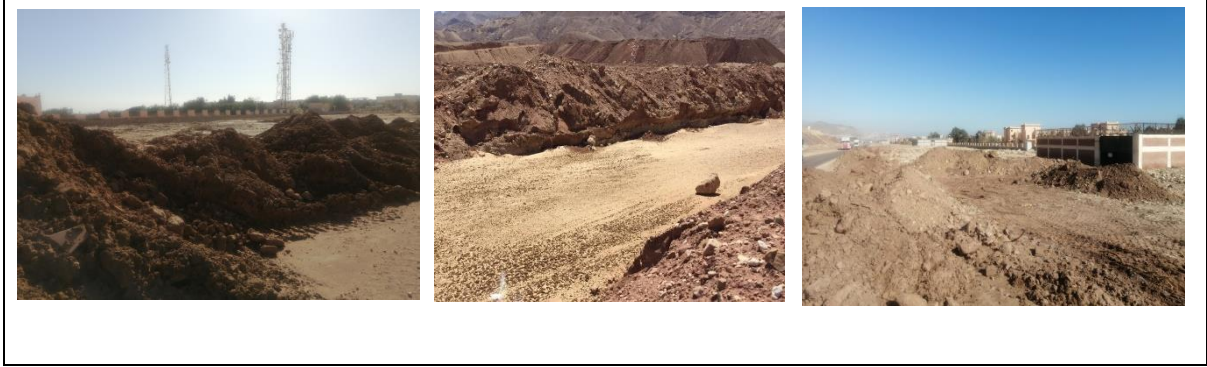
15- أخطار السيول وأثر التدخل البشري في زيادة حدة مخاطر السيول، وطرق مجابته والاستفادة منها:

اظهرت التحليلات الجيوهيدروكليمومورفومترية ان وادي قصب لا يعد تبعا لخصائصه من الاودية شديدة الخطورة في حدوث السيول من حيث حجم المياه او سرعتها.. الا انه ومن واقع الدراسة الميدانية التي تمت لوادي قصب يوم 28 مارس 2023 يعد حدوث سيول قوية به يوم 25 مارس 2023 اتضح ان التدخل البشري العشوائي وغير المخطط قد ادى الى تدمير الطرق و المناطق السياحية التي تقع في مخرج الوادي مباشرة والى الشمال منه الى مابعد مارينا السخنة بعدة كيلو مترات، وقد اتخذ هذا التدخل الخاطيء شكلين وهما:

الشكل الأول للتدخل الخاطيء يتمثل فيما يلي:

- ازالة وحفر وهدم اجزاء كبيرة من الحافة الشرقية لهضبة الجلالة في منطقة السخنة وتسوية اجزاء منها لبناء منتجعات سياحية عليها تقع اغلبها اسفل اودية قصيرة شديدة الاتحار
- تم القاء مخلفات الازالة والتسوية في الجزء الادنى من قاع وادي قصب كذلك وعند مخرجه مباشرة وقد وصل ارتفاع هذه المخلفات المتكونة من جلاميد وحصي وحصباء ورمال الى اكثر من 20 متر بارتفاع جوانب الوادي مما ادى الى تكوين سد ركامي، وعند سقوط الامطار يوم 25 مارس 2023 كانت تسقط بشكل غزير و مركز جدا حيث سقطت الكمية التي سجلت خلال 20 دقيقة فقط (حسب ما قاله للعديد من اهل المنطقة)تجمعت المياه بالوادي الرئيسي وروافده وقد بلغ ارتفاعها كما اتضح من الدراسة الميدانية اكثر من 6 امتار حيث كانت اثار مياه السيول وراسبها تاركة اثر

على جوانب الوادى مكنت من تقدير سمك المياه وقت السيل بالوادى وقد ادى تجمعها عند المخرج وامام السد الركامى الذى نشأ عن مخلفات الحفر الى تكوين بحيرة عميقة ممتدة داخل الوادى، وأدى ضغط المياه على الرواسب المفككة المكونة للسد الهش الناتج عن القاء مخلفات الهدم والازالة الى قطع الرواسب وجرفها وقطع الطريق الواقع فى مخرج الوادى واندفاع المياه بقوة وسرعة لتصطدم باسوار القرى السياحية وتكسر بعضها وتغمر اجزاء منها، وغيرت المياه مسارها بالاصدام باسوار القرى السياحية متجهة شمالا مدمرة كل مايقابلها، شكل (18)



شكل (18) ردم المجاري لوادي قصب "

الشكل الثانى للتدخل الخاطيء من قبل اجهزة مدينة العين السخنة تمثل فيما يلي :

- رغم ان وادى قصب ينتهى مخرجه الى البحر مباشرة الا انه الاجهزة الادراية سمحت ببناء قرى سياحية فى مخارج الاودية وعلى مرواحها الفيضية.
- قامت اجهزة المدينة بانشاء مخر سيول بلغ عمقه من واقع الدراسة الميدانية 1.5 م وعرضه 3 م و للاسف يقع موازى للبحر وبمحاذاة القرى السياحية مباشرة ويجمع مياه الاودية المنحدره صوب القرى ، حيث عندما اندفعت مياه وادى قصب بعد قطعه الرواسب المتراكمة بمخرجه سرعان ما اصدمت باسوار القرى مختزقة بعضها ثم تحركت بموازة القرى صوب الشمال رادمه مخر السيل برواسبها مدمرة كل مايقابلها من منشآت حتى وصلت الى مرسي المراكب مدمرة المنشآت الواقعه امامه حاملة كل مايقابلها فى مسارها حتى السيارات ثم الفت بها فى البحر، شكل (19).



شكل (19) التدخل البشري بمنطقة بورتو مارينا العين السخنة بالقرب من مصب وادي قصيب

ولعل هذه الدراسة تعطي جرس انذار لمتخذ القرار والقائمين على التخطيط بالعين السخنة ليعدوا النظر في السماح بالبناء على الحواف والقاء مخلفات البناء والتسوية في مخارج الاودية. كما تجعلها تعيد النظر في فكرة اقامة مخزات السيول موازية للبحر وليست مكملة للوادي حتى مصبه في البحر.

15-1 - الحلول المقترحة للحماية من أخطار السيول بمنطقة الدراسة وكيفية الاستفادة منها:

- إقامة البرايخ أو المواسير الإسمنتية عند تقاطع المجاري المائية مع الطرق الرئيسية. وعند إنشائها يجب مراعاة أن تستوعب هذه الأعمال أقصى حجم للتصريف المائي أثناء جريانه، وعمل تطهير مستمر لها.
- إنشاء أكثر من مخزٍ داخل حوض منطقة الدراسة، بحيث تعمل على تفرع المياه وتشتيتها في أكثر من مجرى؛ مما يعمل على تقليل حدة اندفاع مياه السيول. ويجب أن يتم عمل المخزات في نهاية الوادي الرئيسي ويتم إصالة بالبحر مباشرة
- تدريب السكان بالمناطق المعرضة لأخطار السيول على كيفية التصرف عند حدوث السيل؛ لتقليل الإصابات والخسائر في الأرواح.

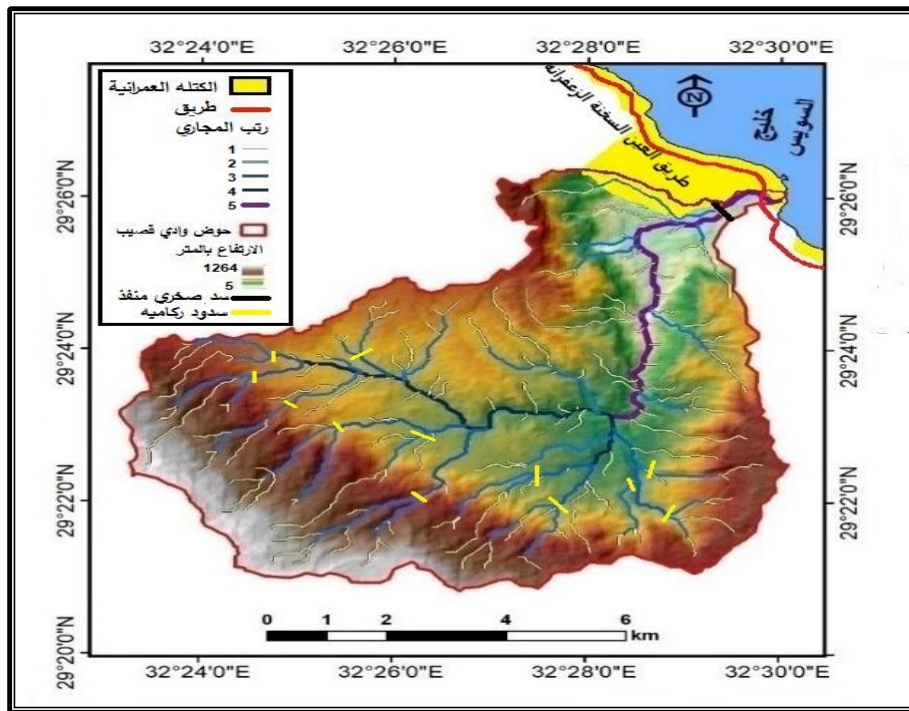
15-2 - مناطق مقترحة لإقامة السدود:

حُدِّدَت مناطق مقترحة لإقامة السدود بمنطقة الدراسة - شكل (22) - في الوادي الرئيسي (في نهاية رتب المجاري الكبيرة)، وفي مناطق جبلية يمكن فيها عمل خزان لتخزين المياه أمام السد؛ إذ يعمل السد على تخزين مياه السيول، مما سيؤدي إلى انتظام حركة السير على طريق العين السخنة الزعفرانة، الذي كان يتأثر بسبب سرعة جريان مياه السيول، مما

يؤدي إلى قطع الطريق وتوقف الحركة عليه، كما يمكن الاستفادة من المياه المخزنة في ري الحدائق أو التخزين في الخزان الجوفي، وفيما يأتي اقتراح لشكل السد التي يمكن إقامته بمنطقة الدراسة:

أولاً السدود الركامية المتعاقبه على روافد الرتبة الثانية الواديارتفاع 1.5 - 2م، وهي عبارة عن سدود ركامية من الحصى والحصباء والجلاميد المكونه لرواسب قاع الوادي وجوانبه والتي يمكن تجميعها وإقامة حواجز سديه بها تكون مفتوحة من أحد الجوانب حتى تسمح بإمرار المياه على أن يكون السد الذي يليه فتحته من الجانب الآخر حتى يتثنى إطالة المجرى وتثنية مما يسمح بزيادة التسربومن ثم يزيد من زمن التركيز بحيث لا تصل المياه إلى نهاية الوادي دفعة واحدة وزيادة زمن تأخير وصول المياه إلى نهاية الوادي، وتقليل سرعة المياه وبالتالي تقليل سرعة السيل

ثانياً سد صخري منفذ بالمجرى الرئيسي بالقرب من مخرج الوادي،وقدم تحديد نوعه بمنطقة الدراسة على حسب كثافة التصريف وحماية البنية التحتية، وحساب تكلفته.



شكل (22) المناطق المقترحة لإقامة السدود بمنطقة الدراسة

المصدر: من عمل الباحثين باستخدام برنامج Arc GIS10.8

16 - استخدام الذكاء الاصطناعي في دراسة السيول بالتطبيق على وادي قصب

يعرف الذكاء الاصطناعي بأنه محاكاة لعمليات الذكاء البشري بواسطة الآلات، وخاصة أنظمة الكمبيوتر. وتشمل التطبيقات المحددة للذكاء الاصطناعي الأنظمة المتخصصة ومعالجة اللغات الطبيعية والتعرف على الكلام والرؤية الآلية. وتعمل أنظمة الذكاء الاصطناعي من خلال استيعاب كميات كبيرة من بيانات التدريب المصنفة، وتحليل البيانات بحثاً عن الارتباطات والأنماط، واستخدام هذه الأنماط للتنبؤ بالحالات المستقبلية

واثبت الذكاء الاصطناعي أنه أداة قوية للمساعدة في التنبؤ بالسيول وإدارتها. من خلال الجمع بين البيانات من السيول السابقة ومستويات المياه الحالية أثناء السيول والتنبؤات الجوية، ويمكن بعد ذلك استخدام هذه البيانات لإنشاء خرائط

السيول التي يمكن أن تساعد في إعلام متخذ القرار فيما يراه وقت حدوث الكارثة، ويمكن أيضًا استخدام الذكاء الاصطناعي مراقبة مستويات المياه في مجارى الاودية مما يساعد على توقع السيول المحتملة قبل حدوثها. ومن خلال الجمع بين هذه البيانات والتنبؤات الجوية، يمكن للذكاء الاصطناعي تقديم إنذارات مبكرة بشأن السيول المحتملة، مما يسمح للسكان باتخاذ تدابير وقائية لحماية ممتلكاتهم وحياتهم .

ويمكن استخدام هذه البيانات لإبلاغ ادارات الازمات والكوارث بالدولة للاستعداد للمجابهة قبل حدوث السيول وكيفية مواجهتها اثناء حدوثها ثم اخيرا يمكننا الذكاء الاصطناعي من حصر وتقييم الخسائر بعد انتهاء السيل، (Sangeetha.S, Jayakumar.D , 2018).

وهذه هي الفكرة التي يتبناها البحث اعتمادا على ربط مراكز الارصاد الجوية وتحليل البيانات الواردة منها ومن الصور الفضائية وربطها بقواعد البيانات المكانية المحللة و المخزنة سابقا من تحليلات الوادي الرئيسي وروافده (جيولوجيا وجيومورفولوجيا وهيدرولوجيا) مع تحليل بيانات المحسات التي تقيس ارتفاع المياه وسرعتها اثناء الجريان السيلى بالوادي والتي سوف يتم وضعها فى مواضع مختارة بالحوض وهو ما يمكن من توفير معلومات في الوقت الفعلي اثناء جريان السيل عن تجمعات المياه وجريانها ومناسبتها وسرعتها وحجمها فى مجارى الاودية الرئيسية وروافدها الفرعية.

حيث تجمع هذه البيانات وادخالها على مجموعة من البرامج المستخدمة فى التحليلات والنمذجة الجيوهيدرومورفومترى وتطبيق مجموعة من الخورازميات عليها والمعادلات الخاصة بالتحليلات الجيوهيدرومورفومترية لتوقع حجم السيل وسرته وموعد وصوله لمخرجه وتهديده لمناطق الاستقرار والنشاط البشرى، ولتحقيق هذه الفكرة فقد استخدم الذكاء الاصطناعي داخل بعض البرامج ومنها:

برنامج Hyfran وذلك لعمل تحليلات البيانات المناخية، وتحديدًا لكميات الأمطار بهدف استخراج أقصى عمق للمطر بالمنطقة لتصميم منحنيات كثافة الأمطار IDF CURVES و للوصول إلى التنبؤ بسلوك العواصف وعودتها وترددها عبر الفترات الزمنية المختلفة .

اضافة إلى استخدام برنامج **(SAGA) Sytem For Automated Geoscientific Analyses** : حيث يتعامل البرنامج مع البيانات المتجهية والمصفوفية، ويُنتج أشكالاً بيانية، ويترجم الأرقام الخاصة ببيمتا داتا إلى بيانات متجهية، وتم برمجة SAGA بلغة ++C كما تم الاعتماد عليه في رسم خريطة الوحدات التضاريسية، وذلك باستخلاصها من نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام الموديل Geomorphons في برنامج SAGA.

كما تم استخدام الذكاء الاصطناعي عبر استخدام برنامج Watershed Modeling (WMS)

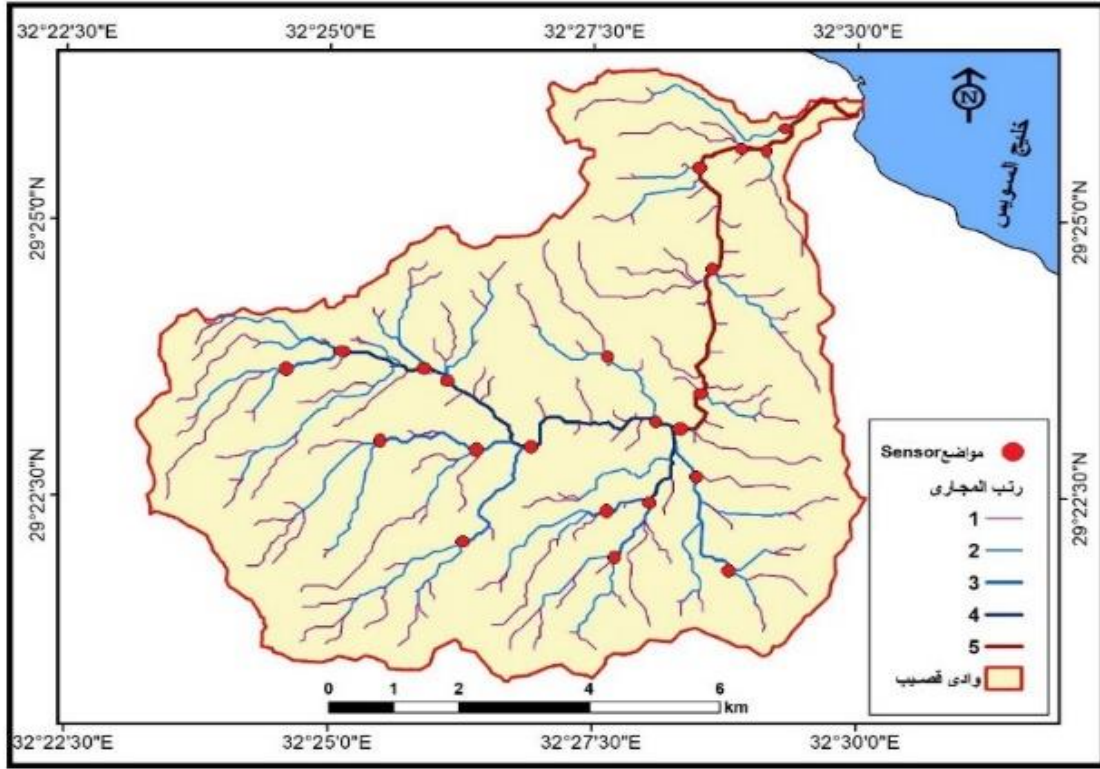
System تم الاعتماد عليه في معالجة البيانات المكانية الخاصة بشبكة التصريف للأحواض وتحديد مساحتها، وحساب كل المعاملات المورفومترية والهيدرولوجية: كزمن التباطؤ، وزمن التركيز، وذروة الجريان، وسرعة الجريان، ومعدل الترسيب في زمن التباطؤ، وطول الجريان السطحي.

وبناء على التحليلات السابقة امكن التنبؤ بافضل المواقع لوضع شبكة انذار مبكر للجريان السيلي كانت عند التقاء روافد الرتبة الثالث بالوادي (شكل 23) ثم يستكمل انتشارها على التقاء روافد الرتب الاعلى حتى الوصول للمصب ويتم فيها وضع محسات تقيس ارتفاع المياه وسرعتها داخل كل جزء بالحوض وعن طريقها يمكن معرفة كمية المياه المجمعة داخل اغلب انحاء الحوض تقريبا مما يمكن من حساب اجمالي حجم المياه الجارية بالوادي وكذلك حساب سرعتها من خلال الفترة الزمنية لعبور المياه بين المحسات، مما يمكن من توقع موعد وصول السيول إلى مخرجها وكمية المياه التي تحملها وهو ما يعطى فرصة لفرق الطوارئ للاستعداد لعملها، وتنشأ شبكة الإنذار المبكر كما يلي:

- اقامة محسات راسية مدرجة تعمل من خلال لوح طاقة شمسية مركب عليها، وكذلك متصلة بجهاز ارسال اشارات تستشعر ارتفاع المياه وسمكها.
- توضع هذه المحسات عند نقط التقاء روافد الرتبة الثالثة ثم تستكمل عند نقط التقاء الرتب الاعلى.
- تربط هذه المحسات بالوحة تحكم بغرفة ادارة الطوارئ بالمدينة او المحافظة عبر شبكة لاسلكى ترسل اشارات تحمل ارتفاع المياه وسمكها.
- يتم ادخل البيانات المجمعة حزم البرامج الخاصة بالتحليلات الجيوهيدرومورفومترية للتنبؤ بحجم الجريان وسرعته وموعد وصوله لمخرج الوادي.
- رسم خرائط تفاعلية لمسارات السيول وحركاتها وسرعاتها.
- ايقاف الحركة والمرور فى مخرج الاودي.
- يتم توجيه فرق الانقاذ والطوارئ الى الاماكن المتوقع تضررها.

16-1- الأماكن المقترحة لوضع شبكة الإنذار المبكر بحوضوادي قسيب :

حُدِّدَت أماكن وضع شبكة الإنذار المبكر في المناطق المتوقع فيها زيادة كمية المياه، شكل (23)، فعند التقاء أحواض الرتبة الأولى مع الثانية مع الثالثة يتم وضع شبكة إنذار، وعند الأحواض الفرعية ، وتم وضع شبكة إنذار مبكر عند مناطق تجمع الرتبة الأولى والثانية، والتي تلتقي مع المجري الرئيسي. وعند وضع شبكة الإنذار المبكر يجب مراعاة عدم وضعها عند نقطة التجمع بالضبط، ولكن يتم وضعها بعد تجمع الرتب والروافد بمسافة صغيرة حتى لا تنجرف مع قوة المياه، كما أنه يجب مراعاة أيضاً عدم وضعها في المناطق المنخفضة داخل المجاري والرتب، بل يتم وضعها على الجوانب حتى لا تنجرف مع قوة السيل.



شكل (23) الأماكن المقترحة لوضع شبكة الإنذار المبكر بحوض وادي قصب

المصدر: من عمل الباحثين اعتماداً على برنامج WMS، وعمل إخراج على برنامج ARC GIS 10.8

النتائج والتوصيات

يهتم هذا البحث بدراسة التحليل والنمذجة الجيوهيدروكليمومورفومترية للسيول بوادي قصب، بهدف تقدير حجم الأمطار الساقطة داخل الحوض وكمية الفواقد " بالتبخر أو بالتسرب"، وحساب صافي الجريان بحوض منطقة الدراسة وكيفية الحد من أضرار السيول المتكرره وإقتراح شبكة إنذار مبكر وذلك بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والذكاء الاصطناعي.

وقد توصل البحث إلى أن بلغ اجمالي حجم الامطار الساقطة على الوادي نحو 3686.272 م^3 ، وبلغ اجمالي الفواقد " التبخر- التسرب" نحو 689.18 م^3 ، وبلغ صافي الجريان نحو 2997.086 م^3 من حجم الأمطار التي سقطت على الوادي، أي بنسبة 81.30% من حجم الأمطار التي تلقاها الوادي.

وقد تسبب السيل الذي حدث في 25 مارس 2023م إلى العديد من الاضرار الجسيمة التي أصابت المنطقة جراء الأمطار الغزيرة، حيث تسبب تدفق المياه في انجراف عدد من السيارات وتدمير الشاليهات والسور الخارجي لاحدى القرى السياحية، واعاقه حركة السيارات على الطريق.

توصي الدراسة إلى انشاء شبكة انذار مبكر للجريان السيلى بحيث يتم وضع محسات لقياس ارتفاع المياه وسرعتها داخل الحوض، بحيث يمكن معرفة كمية المياه المجمعة داخل الحوض وحساب اجمالي حجم المياه الجارية بالوادى ومدى سرعتها من خلال حساب الفترة الزمنية لعبور المياه بين المحسات مما يساعد ذلك في توقع موعد وصول السيل إلى المخرج وبالتالي يتمكن فريق الطوارئ من اتخاذ التدابير اللازمة.

كما توصي الدراسة أيضاً بضرورة انشاء سد صخري منفذ بحيث يتناسب مع كثافة التصريف والبنية التحتية للحوض ومنخفض التكلفة، يتم انشاءه على الرافد الرئيسي بحيث يسمح ببطيء حركة المياه وتخزين مياه السيل، ويمكن الاستفادة من المياه المخزنه في ري الحدائق داخل القرى السياحيه أو الاستصلاح الزراعي، أو اعادة حصادها بأي شكل من الاشكال الأخرى لأعادة استغلالها.

وتوصي الدراسة أيضاً بانشاء أكثر من مخر بحيث يعمل على تفرع المياه وتشتيتها في أكثر من مجرى مما يعمل على تقليل حدة اندفاع مياه السيل بحيث لا تصل المياه إلى نهاية الوادي دفعة واحدة، واقتراح الدراسة باقامة البرابخ والمواسير الاسمنتية عند تقاطع المجاري المائيه مع الطرق الرئيسييه والعمل على تطهيرها بشكل مستمر .

Abstract

Geohydroclimomorphometric Analysis modeling of Flash floods in Wadi Qasib (Al-Doum) - El Ain Sokhna - using GIS&RS, and artificial intelligence.

By Mahmoud Muhammad Khadr, Marwa Fouad Muhammad Abdel Hamid

Wadi Qasib (Al Doum) is located on the eastern side of el Galala el Bahy Plateau and ends in El Ain Sukhna area on western coast of the Gulf of Suez, between $29^{\circ} 20' 49.053''$ and $29^{\circ} 26' 21.822''$ N. And $32^{\circ} 30' 5.834''$ and $32^{\circ} 23' 8.161''$ E. it covers an area of 74.32 km².

The study area is exposed to strong sudden flash floods that cause damage to urban areas, tourist activity, and roads extending along coast of Gulf of Suez. The most dangerous of these was in 2014, which led to the death of a person, damaging to a number of tourist villages and the road,. The study area was also recently exposed, on November 25, 2023, to flash flood, which led to the damage of a group of hotels and tourist villages located at the out lef of Wadi Qasib, in addition to damage to the area of the yacht marina and the Ain Sokhna-Suez road.

The research, which relies in its analyzes and results on the use of hydrological models and GIS& RS aims to study the geohydro-climomorphometric characteristics of Wadi Qusayb to estimate the volume of rainfall, volume of water losses, and calculate the net runoff in the wadi. Water flow was analyzed using geohydromorphometric modeling according to the American Soil Conservation Corps (SCS-CN) model, using one of the hydrological models in

the Watershed Modeling System (WMS) program (HEC-1) and (HEC-HMS).

In addition to developing proposed solutions to reduce the damage of recurring flash floods and how to benefit from rainwater, and proposing an early warning model based on artificial intelligence to ward off and reduce the dangers of flash floods in the study area.

Keywords: Wadi Qasib Basin- Flash floods- El Ain Sokhna-
Geohydroclimomorphometric modeling- Flow Curve - GIS - RS- Artificial Intelligence

المراجع العربية:

- خالد محمد مدكور علي (2020): الأحوال المناخية الاستثنائية المصاحبة للمنخفضات الجوية في مصر خلال موسم المطر 2019-2020، دراسة في الجغرافيا المناخية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية الآداب للإنسانيات والعلوم الاجتماعية، جامعة الفيوم، مجلد 12، عدد 2:2097 - 2190.
- محمود محمد عاشور(1986): طرق التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي، حولية كلية الإنسانيات والعلوم الاجتماعية، جامعة قطر.
- محمود محمد عاشور، وآخرون (1991): التحليل المورفومتري لأحواض شبكة التصريف المائي، الفصل الخامس من كتاب وسائل التحليل الجيومورفولوجي، القاهرة، غير منشور.
- محمود محمد محمد خضر(1997): الأخطار الجيومورفولوجية الرئيسية في مصر مع التركيز على السيول في بعض مناطق وادي النيل، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس، 491 ص.

المراجع الأجنبية:

- Chorley , R.J., & Kennedy, B.A., (1971): Physical Geography, a Systems Approach, London P.369.
- Embabi, N.S.(2018) Landscapes and Landforms of Egypt: Landforms and Evolution, Springer International Publishing AG, 335P.
- Gregory , K. J. and Walling , D. E. , (1976) : Drainage Basin Form and Process and Geomorphological Approach , Edward Arnold , London.
- Horton,R.E, (1945): Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins, Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology, Geol. Soc. America Bull.,56.
- Kirkby, M. J. (1978): "Hillslope Hydrology" John Wiley and Sons. London.
- Moawad, B.M., Abd El Aziz, A.O. (2018) Assessment of Remotely Sensed Digital Elevation Models (DEMs) Compared with DGPS Elevation Data and Its Influence on Topographic Attributes. Advances in Remote Sensing, 7, 144-162.
- Morisawa, M.E.(1985): Rivers, Form and Process, Longman Loondon.
- Sadek, H. (1959): the Miocene in the Gulf of Suez region, geol survey, Egypt.
- Schumm, S., (1956): Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badland at Perth Amboy, New Jersey, Geol. Soc. America Bull., No.67.
- Smith, K., (1950): Standards for Grading Texture of Erosional Topography, Ameri. Jour. of Science, No. 248.
- Strahler, A.N. (1964): Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Chow, V. T. (ed.): Handbook of applied hydrology, McGraw-Hill, New York, pp. 439: 476.
- "Sangeetha.S, Jayakumar.D , (2018):Flash Flood Forecasting using Different Artificial Intelligence Method "International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) - Volume 59 Issue 3 - May 2018.

- U. S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service (USDA SCS),(1997):National Engineering Handbook, Section 4, Washington.
- Waltz, J.P.(1973):"Ground Water" in Introduction to physical Hydrology, Methuen Caltd, London.
- Willson and Lane,(1980): Engineering Hydrology ELBS and Macmillan, London