

تحليل الخصائص الجيومورفولوجية
للمنحدرات الشرقية
لهضبة الجلالة البحرية وأثر الأنشطة
البشرية عليها

د. أحمد محمد أحمد أبورية*

تعد الخصائص الجيومورفولوجية بصورة عامة وانحدار السطح بصورة خاصة محدداً طبيعياً للعديد من الأنشطة البشرية في المناطق التضاريسية؛ كإنشاء الطرق والمجمعات العمرانية، وكذلك محاور واتجاهات النمو العمراني، وتشكل الانحدارات الشديدة عائق طبيعي واضح في تمهيد السطح لإنشاء الطرق بمختلف أنواعها، او التوسع العمراني الافقي، ولعل أوضح نماذج لذلك؛ النمو العمراني غير المخطط فوق سطح هضبة المقطم وما ترتب عليه من مشكلات جيومورفولوجية وبيئية عديدة، كانهيار حواف الهضبة، والتساقط الصخري، وهبوط السطح، وارتفاع منسوب المياه الجوفية، الي جانب تلوثها نتيجة للاستخدامات البشرية المتزايدة، مما اخل بالتوازن البيئي لهضبة المقطم.

* أستاذ مساعد الجيومورفولوجي ونظم المعلومات الجغرافية، قسم الجغرافيا، كلية الآداب - جامعة الفيوم.

تتشابه الظروف الجيومورفولوجية للمنحدرات الشرقية لهضبة الجلالة البحرية مع هضبة المقطم؛ من حيث؛ سيادة التكوينات الجيرية والانحدار الشديد للحافة الشرقية التي تظهر شبة راسية في اغلب قطاعاتها، الي جانب تقطعها الواضح بفعل الاودية المنحدرة صوب خليج السويس، ويشكل ضعف المكون الصخري الي جانب انحدار السطح، وكثرة الفواصل والشقوق التي ترصع صخور المنطقة، واطوار الجريان السيلي عائق امام عمليات التوسع العمراني المستقبلي، نظراً لاتجاه الدولة الي انشاء مدينة جديدة علي تلك المنحدرات الي جانب النشاط الحالي في شق طريق جديد (السخنة - الزعفرانة) غرب المدينة الجديدة (مدينة الجلالة) حيث يعد انحدار السطح المحدد الرئيس لإنشاء المدينة والطريق الجديد؛ فاتخذ المخطط العام شكلا غير منتظم أشبه بالشكل البيضاوي المتداخل؛ مما يشير لدور الحواف الراسية في المنطقة في تحديد الشكل العام للمدينة والطريق الجديد، كذلك فان النمو العمراني السياحي علي اقدام المنحدرات الشرقية مباشرة، الي جانب المنشآت المقامة حاليا علي المراوح الفيضية للأودية علي الجانب الغربي لخليج السويس، وعملية نقل الطريق الساحلي المطل علي الخليج نحو الداخل من امام القرى السياحية، لتوسيع الحيز العمراني لتلك القرى السياحية المقامة علي السهل الساحلي الضيق علي خليج السويس، وما يصاحب ذلك من حفر وإزالة وتخفيض أجزاء من السطح وردم مخارج الاودية وانشاء الطريق فوقها مما استلزم دراسة تفصيلية لتلك المنطقة للوقوف علي خصائصها الجيومورفولوجية، وما قد تتعرض له من جراء تلك الأنشطة التي قد تخل بمنظمتها البيئية وتؤدي الي تفاقم الاخطار بها.

موقع وامتداد منطقة الدراسة :

تمتد منطقة الدراسة من الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي علي الجانب الغربي لخليج السويس بين دائرتي عرض ٢٥ " ٠٧ ' ٢٩°، ٥٤ " ٣٣ ' ٢٩° شمالاً، وبين خطي طول ٠٧ " ١٨ ' ٣٢°، ٢٥ " ٣٩ ' ٣٢° شرقاً، وتبلغ مساحتها ٧٣٧.٩ كم^٢، ويبلغ متوسط

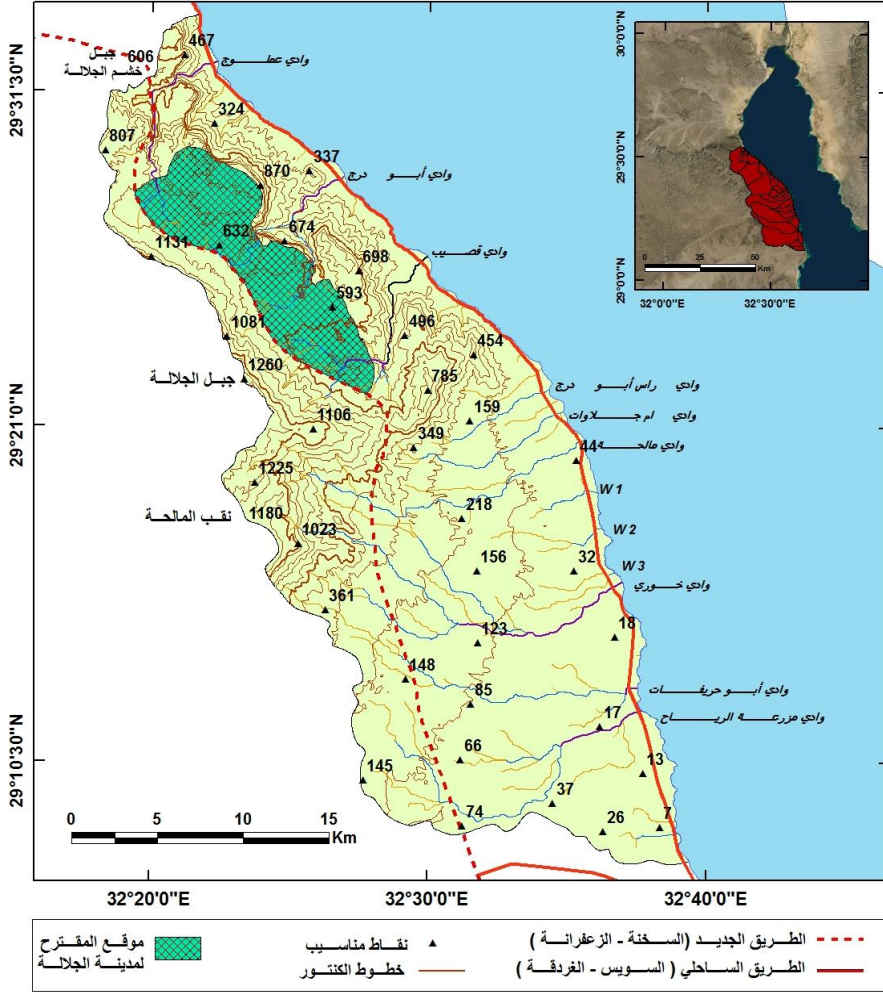
عرضها نحو ١٣ كم، في حين تبلغ أقصى امتداد لها من الشرق إلى الغرب ١٧ كم في جنوب المنطقة، ويبلغ أقصى امتداد لها من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي ٥٥.٥ كم، ويحدها من الجنوب خط تقسيم المياه بين روافد اودية منطقة الدراسة وبين روافد وادي عربة، ويحدها من الشمال خط تقسيم المياه بين روافد وادي هاروز وأم رسيس خارج منطقة الدراسة وروافد وادي عملوج وبعض الروافد المنحدرة من الحافة نحو الخليج، ويحدها من الشرق خط تقسيم المياه بين أودية منطقة الدراسة وروافد وادي نعوز، حيث يعد جبل خشم الجلالة (٦٠٦ م)، وجبل الجلالة (١٢٦٠ م)، ونقب المالحه (١١٨٠ م)، أهم الكتل الجبلية التي يمر بها خطي تقسيم المياه بين أودية شمال وشرق المنطقة، ويحدها من الشرق خليج السويس (شكل ١).

تتميز منطقة الدراسة بتنوع التكوينات الجيولوجية التي يتراوح عمرها بين صخور العصر الكربوني وبين رواسب الزمن الرابع، وتشكل الصدوع والفواصل السمة الرئيسية لبنية المنطقة، وتنتشر بالمنطقة ثلاثة مجموعات من الفوالق تتمثل المجموعة الأولى في الفوالق ذات اتجاه شمالي غربي / جنوبي شرقي وهي التي تأثرت في نشأتها باتجاه خليج السويس، والمجموعة الثانية ذات اتجاه شرقي / غربي وتتبع اتجاه البحر المتوسط، أما المجموعة الثالثة فتتمثل في الصدوع ذات اتجاه شمالي شرقي / جنوبي غربي. وقد كان لبعض الصدوع أثراً واضحاً على تحديد اتجاهات الأودية بمنطقة الدراسة وعدد المجاري ونمط وكثافة التصريف، كذلك أدى تباين التركيب الصخري وسيادة الصخور الجيرية من ناحية والعوامل الخارجية من ناحية أخرى؛ إلى تنوع أشكال السطح ونشاط عوامل التعرية وعمليات التجوية بمختلف أنواعها.

أسباب اختيار الموضوع والهدف من الدراسة :

تتمثل أسباب اختيار المنطقة محل الدراسة فيما يلي:

- أهمية دراسة الخصائص الجيومورفولوجية للمنطقة لتحديد محاور النمو العمراني، خاصة مع اتجاه الدولة نحو التوسع العمراني في منطقة خليج السويس، بإنشاء مدينة الجلالة على الأجزاء الشرقية لهضبة الجلالة البحرية.



شكل (١) : موقع منطقة الدراسة.

- دراسة مدي تأثير العمليات والعوامل الجيومورفولوجية بالمنطقة، خاصة بعض زيادة النشاط السياحي على الجانب الغربي لخليج السويس.

- تعرض منطقة الدراسة لمخاطر الجريان السيلي والانهيالات الصخرية، وما ينتج عنها من تدمير طرق النقل الرئيسية والثانوية بالمنطقة، وحدوث تدمير لبعض مظاهر العمران.
- توفر العديد من المصادر لأجزاء الدراسة منها؛ خرائط جيولوجية الي جانب توفر المرئيات الفضائية الحديثة للباحث التي تتيح المقارنة ورصد التغير بالمنطقة بالتفصيل.

أهداف الدراسة :

- دراسة وتحليل الخصائص الجيومورفولوجية للمنطقة، وأهم الأخطار التي تتعرض لها، والوقوف علي أهم العوامل والعمليات المسببة لها والمؤثرة فيها.
- دراسة خصائص المنحدرات الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، بهدف تحديد زوايا الانحدار السائدة وعلاقتها بحركة المواد على المنحدرات، وبالتالي تحديد أماكن حركة وزحف المواد على المنحدرات، وعلاقة درجة الانحدار بالخصائص الليثولوجية للصخر ونظم الفواصل والشقوق، وتأثير ذلك التوسعات العمرانية على هوامش الحافة.
- تحديد العوامل الجغرافية المتحكمة في الأخطار الجيومورفولوجية والتي تتعرض لها المنطقة.
- إبراز دور الجيومورفولوجيا في تحديد أنسب المواقع للتوسع العمراني وانشاء الطرق، وتجنب الأخطار التي تهدد المشروعات التنموية الحالية والمستقبلية بمنطقة الدراسة.
- تحديد الأثر الناتج عن التدخلات البشرية بمنطقة الدراسة، سواء بتغير درجات انحدار السطح او ردم المجاري المائية وانشاء السدود؛ وما ترتب عليها من تغير خصائص العمليات الجيومورفولوجية بالمنطقة.
- رسم خريطة جيومورفولوجية للمنطقة، لتحديد درجات خطورة الجريان السيلي بالأودية، ووضع مقترحات للحد من اخطار السيول والحماية منها، إضافة إلى

تحديد المواضع التي تتعرض لخطر الانهيارات الصخرية، وتحديد أنسب الطرق للحد من خطورتها وحمايتها مما قد يساعد الأجهزة الإدارية في التنمية المستدامة.

مناهج وأساليب الدراسة :

اعتمدت الدراسة على المنهج الإقليمي، الذي يهتم بدراسة الظواهرات في منطقة محددة (إقليم جيومورفولوجي)، الي جانب المنهج التطبيقي (الوصف - التفسير - التقييم - التشخيص - التنفيذ - المتابعة والرصد) الذي من خلاله تم دراسة المنطقة وتقييم خصائصها الجيومورفولوجية، والأخطار التي تتعرض لها، كذلك تم استخدام العديد من الأساليب منها:

١. نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد، من خلال المعالجة الرقمية وتحليل بيانات المرئيات الفضائية، وتكوين قاعدة بيانات هيدرو-مورفو-هندسية لمنطقة الدراسة.
٢. التحليل الإحصائي لخصائص الأحواض وشبكات التصريف من ناحية، والجريان السيلي من ناحية أخرى، إلى جانب الدراسة الكمية لزوايا الانحدار.
٣. التوثيق الفوتوغرافي لمختلف الظواهرات الجيومورفولوجية، وبعض آثار حركة المواد على المنحدرات والسيول بالمنطقة، وتأثير عمليات التجوية وعوامل التعرية المختلفة.

وتم الاعتماد على عدد من المصادر في هذه الدراسة يمكن إيجازها فيما يلي:

- جمع البيانات الجيولوجية والهيدرولوجية من الدراسات السابقة التي تناولت المنطقة ضمن دراستها، وعدد من الدراسات التي تخدم الموضوع.
- خرائط طبوغرافية ذات مقياس رسم ١: ٥٠٠٠٠ (المشروع الفنلندي) إصدار هيئة المساحة العامة وهي لوحات خرائط: (راس أبو درج ١٩٩٠ - جبل الجلالة البحرية ١٩٩١ - الزعفرانة ١٩٩١ - وادي الدير ١٩٩١) الي جانب لوحة خريطة العين السخنة ١٩٥٦ اصدار المساحة العسكرية،

وتم من خلالها الحصول على البيانات الجغرافية؛ مثل أسماء المواقع الجغرافية، خطوط الكنتور ونقاط المناسيب، الطرق والمدقات، وتحديد مناطق التجمعات العمران بمنطقة الدراسة.

- الخرائط الجيولوجية ذات مقياس رسم ١ : ٢٥٠ ٠٠٠ ضمن دراسة الركابي ١٩٨٠، وخريطة بني سويف ذات مقياس رسم ١ : ٥٠٠٠٠٠٠ إصدار كونكو كورال ١٩٨٧، وتم استخدامهما في تحديد مواقع التكوينات الجيولوجية وقياس مساحاتها، وتحديد وقياس الصدوع.

• المرئيات الفضائية (Land Sat 7(ETM) بدقة ١٤ متر عام ٢٠١٢، مرئية IKONOS دقة ١ متر، تصوير عام ٢٠١٣، الي جانب الاعتماد على مرئيات Google Earth وتم الاستعانة بها في دراسة استخدام الأراضي، والطبيعية الطبوغرافية داخل منطقة الدراسة.

• كما استخدم برنامج ERDAS IMAGINE 2014، البرنامج الروسي للمرئيات الفضائية. SAS. Planet. Release. وبرامج نظم المعلومات الجغرافية Arc GIS 10.3، WMS 7، Auto cad Map 2004 وبرنامج Global Mapper 13، مما مكن من الرسم من تلك المرئيات، وعمل الطبقات المختلفة منها بعد ضبط إحداثياتها، وأتاح بيانات متعددة لمنطقة الدراسة.

• كذلك استخدم نموذج الارتفاع الرقمي STRM دقة ٣٠ متر، في رسم الخريطة الكنتورية وتحديد المناسيب، ورسم القطاعات التضاريسية بهدف تحديد الأشكال التضاريسية بمنطقة الدراسة، حيث أجريت العمليات التالية:

• الإدخال الرقمي Digitizing لجميع اللوحات الطبوغرافية والجيولوجية، بهدف توزيع الظاهرات الطبيعية، ومجري الأودية التي تغطي منطقة الدراسة، وقياس الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف بها.

• توقيع البيانات التي تم رفعها وتجميعها بجهاز GPS أثناء الدراسات الميدانية، وعمل المراجعات الحقلية، حيث ساهمت في تعديل وتأكيد التفسير البصري للمرئيات الفضائية.

- تحليل (الصور الفضائية، الخرائط الطبوغرافية، التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS).
 - صياغة النتائج علي شكل خرائط إلى جانب الصور الفوتوغرافية.
- وأخيرا فان الدراسة الميدانية تشكل المحور الرئيسي لهذه الدراسة، حيث تم عمل دراسة استكشافية للمنطقة في أواخر شهر مارس ٢٠١٤ والتي عاصرت البدء في مشروع طريق العين السخنة الزعفرانة، وتم فيها رصد آثار الجريان السيلي على محور الطريق الساحلي.

كما أجريت دراسة ميدانية في بداية شهر ابريل ٢٠١٦ وأواخر شهر ديسمبر ٢٠١٧ لتحديث الخرائط وتسجيل الملاحظات الميدانية الخاصة بحركة المواد على المنحدرات، وتم تحديد مواقع القطاعات الميدانية للمنحدرات على الحافة الشرقية باستخدام جهاز GPS، والتقاط الصور الفوتوغرافية لآثار الجريان السيل الذي تعرضت لها المنطقة.

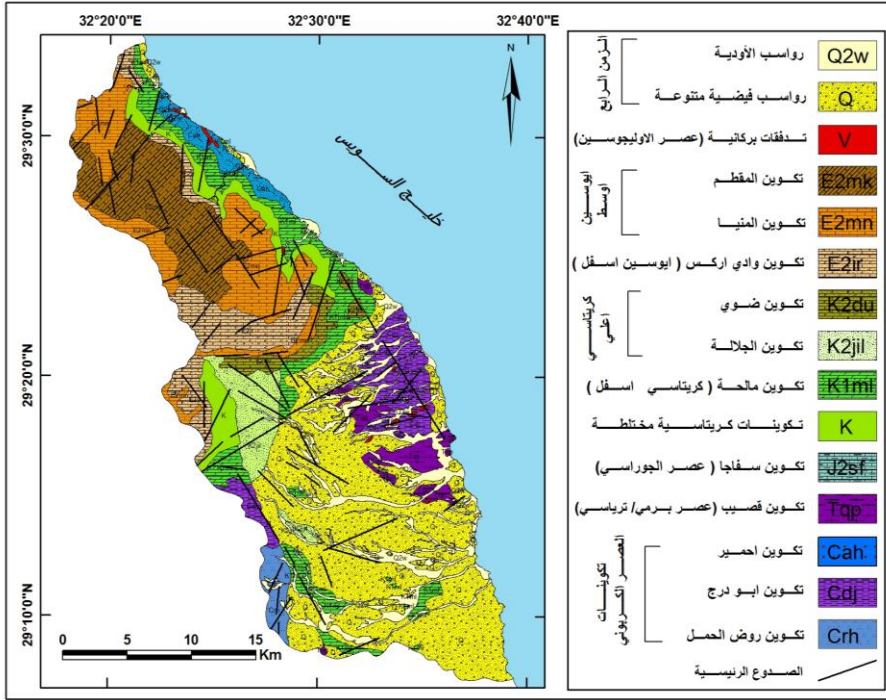
أولاً - الخصائص الجيولوجية :

تشكل الخصائص الليثولوجية للصخور والتراكيب الجيولوجية لمنطقة الدراسة عامل هام، في تحديد مدي ضعف او قوة الصخور، وبالتالي مدي ملاءمتها للتوسع العمراني الامن والأنشطة البشرية، كذلك توضح دراسة الخصائص الجيولوجية والبنوية مسارات حركة المياه السطحية والباطنية، وما يليها من نشاط عمليات التجوية وعوامل التعرية، مما ينعكس على الشكل العام لشبكة التصريف المائي والحواف الجبلية بمنطقة الدراسة. وفيما يلي دراسة لتوزيع التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة (شكل ٢):

(١) تكوينات العصر الكربوني :

تمثل تكوينات العصر الكربوني أقدم التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة، مشكلة نحو ٨.٤٪ من منطقة الدراسة بما يعادل حوالي ٦١.٩٩ كم^٢، وتظهر واضحة في الحافة

الشرقية لهضبة الجلالة البحرية وفي منطقة أبو درج مشكلة أسطح منخفضة لمتوسطة الارتفاع، كذلك تظهر في مدخل وادي روض الحمل، تتألف من طبقات من الحجر الرملي البني الفاتح، وأحياناً احمر اللون، وهذه الطبقات خشنة الحبيبات الي متوسطة الحجم، وتحوي الحصباء أحياناً، الي جانب طبقات الطفل والحجر الغريني الكتلي، ويتباين السمك من بضع سنتيمترات لعشرات الأمتار (El Rakaiby, 1980, p. 43)، وقد تم تميز ثلاث تكوينات جيولوجية لهذا العصر كالتالي :



After El Rakaiby, M., 1980.

شكل (٢) : التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة.

— تكوين روض الحمل Rod El Hamal Formation :

يغطي نحو ١.٤٩٪ من منطقة الدراسة، ويظهر التكوين في المنابع العليا لوادي أبو جريفات في نطاق خط تقسيم المياه بين روافده وبين روافد وادي عربة خارج المنطقة، يتألف من خمس وحدات؛ عبارة عن طفلة متداخل وحجر رملي وبقايا مرجان في القمة، مع مارل اخضر متداخل مع الحجر الرملي وطبقيات من الحجر الجيري مع دولوميت، الي جانب حجر رملي خشن الحبيبات متعاقب مع طفلة متعدد الألوان في القاعدة، بسمك ٣٥٧ متر (El Rakaiby, 1980, p. 94).

- تكوين أبو درج Abu Darag Formation :

يمتد على طول القطاع الأدنى لواديي (مالحة - ام جلاوات)، كذلك يظهر الي الشمال من وادي خوري مشكلاً المنابع العليا لبعض الاودية القصيرة التي تصب في الخليج، وتبلغ مساحته نحو ٤.٩٣٪ من منطقة الدراسة، يتألف التكوين من وحدتين؛ يبلغ سمك الوحدة العليا ٧٠ متر، وتتألف من الطفلة والحجر الغريني الكتلي الي جانب طفلة خشن الحبيبات وحجر رملي داخل الطبقات، في حين يبلغ سمك الوحدة السفلي ٣٠ متر، تحوي حجر رملي كتلي خشن الحبيبات في قمته مع طفلة رمادي غامق مع بقايا نباتية في قاعدتها.

- تكوين أحمير Ahmeir Formation :

يمتد بشكل طولي بمحاذاة خليج السويس من وادي عملوح شمالا حتى وادي ام حماطة جنوبا، ويغطي نحو ١.٩٩٪ من منطقة الدراسة، ويتسم هذا التكوين بالضعف امام عوامل التعرية وبخاصة التعرية المائية، يتألف تكوين أحمير من ثلاث وحدات متتالية؛ الوحدة العليا تتكون من حجر رملي وطفلة مع حجر غريني رملي مع طفلة رمادي غامق، الوحدة الوسطي تحوي الحجر الجيري والحجر الرملي مع حجر جيري رملي وحجر جيري غني بالحفريات داخل الطبقات، تتألف الوحدة السفلي من طبقات الطفلة مع تتابع الحجر الرملي، وسمك راسي ٢٧١ متر تقريبا.

(٢) تكوينات العصر البرمي / الترياسي :

تمثل تكوينات انتقالية بين العصرين، وتغطي حوالي ٢.٦٪ بما يعادل ١٩.١٨ كم^٢ من منطقة الدراسة، وهي صخور ضعيفة امام عمليات التجوية، حيث تتسم بكثرة الفواصل والشقوق، وتعرف باسم تكوين قصيب.

- تكوين قصيب Qiseib Formation :

يظهر التكوين علي كلا جانبي وادي خوري في قطاعه الأدنى، ويتألف من جزئين؛ يحتوي الجزء السفلي علي طبقات من الطفل الأحمر والحجر الطيني الكتلي والحجر الرملي خشن الحبيبات، في حين يظهر الجزء العلوي كخليط من طبقات رقيقة تتسم بالصلابة ذات أصل بحري تتكون من الحجر الجيري البني مع المارل الأخضر، ويرقد التكوين بتوافق علي طبقات من الطفل الأحمر (El Rakaiby, 1980, pp. 101-102) ويلاحظ خلو التكوين من الحفريات، ويبلغ سمكة حوالي ٤٣.٥ متر (Abdallah, et al., 1963, pp. 1-8).

(٣) تكوينات عصر الجوراسي (تكوين صفا) Safa Formation :

تتسم التكوينات الجوراسيه بالنادرة، حيث تظهر في بضع بقاع متناثرة لا تتعدى مساحتها ٠.٢١ كم^٢ بما لا يزيد عن ٠.٠٣٪ من منطقة الدراسة، ولعل ذلك يرجع لنشاط عوامل التعرية البحرية في تشكيل شمالي خليج السويس، تظهر هذه البقع في الجنوب الغربي من راس أبو درج بحوالي ٠.٧ كم، وكذلك الي الجنوب من أبو درج (El Rakaiby, 1980, p. 104) وتتألف التكوينات الجوراسيه من الحجر الجيري الصلب ذو لون ازرق والمارل، ويبلغ متوسط السمك حوالي ١٤ متر ويرجع انها ترجع للجوراسي الأعلى (Abdallah, 1964 pp. 1-3) يتسم الحجر الجيري بكثرة الحفريات الي جانب المارل الأخضر المفكك بسمك يبلغ نحو ٢٠ متر الي الجنوب من راس أبو درج، في حين يبلغ السمك حوالي ١٧٠ في أقصى شمال منطقة الدراسة، وتبدو الأودية الجافة التي تقطع التكوينات الجوراسيه خانقيه الشكل ذات جوانب شديدة الانحدار، ويرجع ذلك لصلابة الصخور وتماسكها وقلة الفواصل والشقوق بها.

٤) تكوينات العصر الكريتاسي :

تظهر بوضوح في نطاق الحافة الجبلية المطلة على خليج السويس، وتغطي ١٩.٢٧٪ بما يمثل ١٤٢.١٨ كم^٢ من منطقة الدراسة، وأمكن تمييز بعض التكوينات وأمكن تمييز بعض التكوينات، في حين ظهرت هذه التكوينات مختلطة كما يلي:

- تكوينات كريتاسيه مختلطة :

تمتد على طول الحافة الشرقية لهضبة الجلالة، وتبدأ بطبقات من الحجر الرملي للكريتاسي الأسفل وينتهي بالحجر الجيري والطباشير للكريتاسي الأعلى، وتغطي ٤.٧٦٪ من المساحة الاجمالية لمنطقة الدراسة.

- تكوين مالحة Malha Formation (كريتاسي أسفل) :

تمتد على طول الحواف الجبلية مشكل حواف ثانوية بالقرب من خليج السويس، ويتكون من طبقات الحجر الرملي متعددة الألوان وهي ذات نسيج متوسط الي خشن، ويبلغ سمك التكوين حوالي ٥٠ متر (El Rakaiby, 1980, pp. 107-108) ويقابل هذا التكوين الحجر الرملي النوبي (كريتاسي أسفل) (Said, 1962, pp. 165-167) ويعتقد انه ارسب بفعل الأنهار التي جلبتها من المناطق الجبلية، ويحوي هذا التكوين بعض الطفل الغني بمكونات كربونية، ولا يوجد به حفريات (Sadek, 1926, p. 41).

- تكوين الجلالة El Galala Formation (كريتاسي أعلي) :

يتكون من المارل وطبقات الطفل والحجر الرملي وترقد بتوافق فوق تكوينات الكريتاسي الأسفل وتتسم طبقات الطفل بالطبقية الجيدة، وتظهر علي طول اقدام منحدرات الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، ويبلغ سمكها حوالي ٧٠ متر (El Rakaiby, 1980, p. 111).

- تكوين ضوي Duwi Formation (كريتاسي اعلي) :

يتألف هذا التكوين من الطفل والطباشير مع طبقة رقيقة من الحجر الجيري الغني بالحفريات، ويتداخل بين الطبقات حجر رملي والحجر الرملي الفوسفاتي، ويبلغ سمكه نحو ١٥٠ متر، ينقسم التكوين الي وحدتين (El Rakaiby, 1980, p. 114).

٥) تكوينات عصر الإيوسين :

تغطي التكوينات الجزء الرئيسي بمنطقة الدراسة بما يعادل ٢٧.٨٢٪ من المساحة الكلية حوالي ٢٠٥.٣١ كم^٢، وتشكل السطح الهضبي المخصص لإنشاء المدينة الجديدة، كذلك يخترق الطريق الجديد هذه التكوينات من الشمال الي الجنوب في القطاعات العليا للأودية، وتشكل نطاق خط تقسيم المياه الشرقي بين اودية المنطقة وروافد وادي نعوز، ويتراوح سمك التكوينات (٤٠٠-٦٠٠ متر) (El Rakaiby, 1980, p. 121) ويظهر بالمنطقة تكوينات الإيوسين الأسفل والاطوسط كما يلي:

- تكوين وادي اركس Wadi Irkas Formation (إيوسين أسفل) :

يتكون من الحجر الرملي جيد الطباقية وكونجولوميرات من الحجر الجيري والحجر الجيري الرملي الي جانب الحجر الجيري والمارل وعدسات من الصوان، وحفريات صغيرة من قروش الملائكة Nummulites Gizhensis في الطبقات الافقية ويرقد بعدم توافق مع تكوين ضوي، ويبلغ سمكه حوالي ١٦٠ متر (El Rakaiby, 1980, pp. 123-124).

- تكوين المنيا El Minia Formation (إيوسين اوسط) :

يحتوي طبقات من الحجر الجيري الأبيض المتكهن والحجر الجيري المارلي والمارل، يتداخل بالتكوين طبقات رقيقة من الحجر الرملي والحجر الجيري الرملي والمارل الرمادي، ويرقد فوق تكوينات الإيوسين الأسفل مباشرة، ويبلغ سمكه نحو ١٤٠ متر (El Rakaiby, 1980, pp. 127-128) ويظهر تكوين المنيا علي الأجزاء العليا للحواف الرئيسية بمنطقة الدراسة وبخاصة المظلة علي خليج السويس.

- تكوين المقطم El Mokattam Formation (إيوسين اوسط) :

يتألف من طبقات الحجر الجيري الابيض المائل للرمادي مع عقد صوانيه محلية النشأة؛ تكونت في بيئة بحرية ضحلة فقيرة في الحفريات، الي جانب المارل والحجر الجيري الطباشيري، وتتسم هذه الطبقات بكثرة الفواصل والشقوق، تظهر هذه الطبقات

بسمك ٢٥٠ متر في المنابع العليا لوادي عملوج، وتشكل السطح الهضبي بمنطقة الدراسة المخصص لإنشاء مدينة الجلالة، ويبلغ سمك تكوين المقطم ٥٦٠ متر في المنحدرات الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، ويشير وضع الطبقات لحدوث حركة رفع تدريجية مع نهاية الإيوسين الأوسط مع حدوث صدوع ثانوية ذات اتجاه شمال غرب/ جنوب شرق (Said, 1962, pp.173-175).

٦) تكوينات عصر الاوليغوسين :

تتمثل في القواطع الراسية البازلتية والعديد من الصخور المتنوعة وتعادل هذه الصخور بركانيات وادي ناتش (El Rakaiby, 1980, p. 140) Wadi Natash تظهر علي طول امتداد صدوع ذات امتداد من الشمال/ الجنوب، وتغطي حوالي ٠.٣٪ بما يشكل ٢.١٨ كم^٢ من منطقة الدراسة.

٧) رواسب الزمن الرابع :

تشكل رواسب الزمن الرابع نحو ٤١.٥٨٪ أي حوالي ٣٠٦.٥٨ كم^٢ من المساحة الاجمالية وتتركز هذه الرواسب في الجزء الجنوبي بمنطقة الدراسة حيث تتمثل في؛ السهل الساحلي والمنطقة الساحلية، كما تمتد على هيئة رواسب فيضيه تغطي قيعان الاودية، كذلك تغطي مساحات كبيرة في جنوب المنطقة مما يشير لضعف التكوينات الصخرية امام نشاط التعرية المائية.

ترتبط برواسب الزمن الرابع العديد من الأشكال الجيومورفولوجية، مثل المرواح الفيضية في نطاق السهل الساحلي، ورواسب المنحدرات ووجود الكتل والجلاميد الحرة المنفصلة من واجهات المنحدرات، الرواسب الهوائية كالنباك والفرشات الرملية، الي جانب السبخات الساحلية والأرصفة البحرية.

ثانياً - الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية :

تهدف دراسة مورفومترية شبكات وأحواض التصريف، لتحديد خصائصها وأنماطها مما يوضح احتمالية حدوث السيول وتحديد درجة خطورتها على التجمعات العمرانية والأنشطة البشرية بمنطقة الدراسة، من خلال تطبيق عدد من المعاملات الإحصائية بواسطة البرامج الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد.

تم الاعتماد على المرئيات الفضائية عالية الدقة، إلى جانب المرئيات الرادارية (STRM) في بناء قاعدة معلومات جغرافية عن الخصائص المورفومترية لشبكات وأحواض التصريف والخصائص التضاريسية، إلى جانب الخصائص الهيدرولوجية، وسيتم التركيز على عدد من المعاملات المورفومترية ذات الدلالة في تحديد الجريان السطحي السيلي لأودية المنطقة وتحديد خطورتها.

وتم اجراء الدراسة المورفومترية التفصيلية للأحواض التي بلغت الرتبة الخامسة فأكثر نظرا لخطورتها في حالة الجريان السيلي وتم استبعاد الاحواض ذات الرتب الأقل لصغر مساحتها الحوضية، حيث تمثل أراضي ما بين الاحواض في اغلبها.

وترجع أهمية دراسة الخصائص المورفومترية لتركز التجمعات السكانية والأنشطة البشرية داخل أحواض الأودية ومناطق تصريفها، ويمكن للعامل البشري أن يؤثر بدرجة كبيرة عليها، ويساعد على تعديلها وتطويرها بشكل يستفاد منه، وفيما يلي دراسة هذه الخصائص:

(١) الخصائص المساحية للأحواض :

تمثل الخصائص المساحية لأحواض التصريف انعكس لنشط عامل التعرية المائية وضعف مقاومة الصخور، وتوجد علاقة ارتباط طردي بين المساحة وكميات التصريف؛ فكلما زادت مساحة الحوض زادت كمية ما يستقبله من أمطار، مما يترتب عليه زيادة احتمال الجريان السيلي. وهناك متغيرات مورفولوجية ترتبط بمساحة الحوض كدرجة انحدار السطح العام، فالأحواض الكبيرة أقل انحداراً من الأحواض

الصغيرة المساحة، وقد يرجع ذلك لتقدم الأحواض الكبيرة أو أجزاء في دورتها التحتائية على عكس الأحواض الصغيرة التي قد لا تزال في بداية المرحلة التحتائية. وهذا ينطبق على الأبعاد الحوضية الي جانب انحدار المجاري. وتم قياس الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية Arc GIS V. 10.3 كما يوضحها ملحق رقم (١).

- المساحة الحوضية :

تمثل مساحة أحواض التصريف متغير مورفومتري هام ذو تأثير على حجم التصريف المائي داخل الأحواض، حيث توجد علاقة قوية ومباشرة بنظام شبكة التصريف خاصة أعداد وأطوال المجاري، وكمية التصريف، وحجم الرواسب، فكلما زادت المساحة الحوضية زادت الفترة الزمنية لتصريف الحوض، وبالتالي تقل قمة التصريف مع الأخذ في الاعتبار زيادة الفاقد بواسطة عملية التسرب، ويتضح من دراسة وتحليل مساحات أحواض التصريف بمنطقة لدراسة ملحق رقم (١) ما يلي:

تبلغ المساحة الإجمالية لأحواض التصريف المدروسة بمنطقة الدراسة حوالي ٥٩٠.٠٠٨ كم^٢، أي ما يعادل نحو ٧٩.٩٦٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ومن ثم فهي تمثل المنطقة تمثيلاً جيداً، ويبلغ متوسط مساحة أحواض التصريف ٤٩.٧١ كم^٢، مما يشير إلى صغر مساحتها مقارنة بأحواض التصريف الكبيرة بالصحراء الشرقية في مصر.

تتباين أحواض التصريف بمنطقة الدراسة تبايناً ملحوظاً، إذ تبلغ مساحة أصغرها ١٤.٣٧ كم^٢ لحوض وادي W1، في حين تبلغ مساحة أكبرها حوض وادي مزرعة الرياح نحو ١٠١.٥٧ كم^٢، ويؤيد ذلك التباين ارتفاع قيم الانحراف المعياري لمساحات الأحواض حيث بلغت نحو ± ٣٠.٧٤ كم^٢، وأيضاً ارتفاع قيمة معامل الاختلاف التي بلغت ١٥٩.٩٥٪ مما يشير إلى تشتت قيم مساحات أحواض التصريف حول متوسطها العام.

- المحيط الحوضي :

يوضح العلاقة بين مجاري الأودية واتجاهها للنحت الصاعد لإطالة مجاريها في نطاق خط تقسيم المياه، حيث يزيد المحيط الحوضي كنتيجة لزيادة التعرجات بسبب زيادة المجاري اطوالها في اتجاه المنابع العليا، ويمثل المحيط الحوضي حجر الأساس للعديد من المعاملات المورفومترية التي توضح اشكال وتضاريس الاحواض.

بلغ متوسط المحيط الحوضي نحو ٣٧ كم، بانحراف معياري بلغ نحو ± ١٣.٤٣ كم، ويلاحظ أن أغلب الأحواض يزيد عن المتوسط العام، ويعزى ذلك كنتيجة لزيادة تعرجات خطوط تقسيم المياه بسبب زيادة تأثير التعرية المائية على الصخور الجيرية بالمنطقة، حيث يمثل وادي (أبو حريفات، خوري) أكبر الاحواض من حيث الطول الحوضي، اذ توجد علاقة طردية قوية بين الابعاد الحوضية بمعنى يزيد المحيط الحوضي بزيادة المساحة والطول الحوضي.

- الطول الحوضي :

يمثل الطول الحوضي المتغير الرئيسي في حساب الخصائص الهيدرولوجية لأحواض منطقة الدراسة، حيث يزيد الفاقد (التسرب، التبخر) بزيادة الطول الحوضي الي جانب زيادة زمن التركيز وبالتالي انخفاض معدلات التصريف والعكس صحيح.

يمثل متوسط الطول الحوضي نحو ١٣.٤٣ كم، وهو متوسط منخفض يعكس انحدار السطح الواضح للأودية الي جانب صغر مساحتها الحوضية لأغلبها، بلغ الانحراف المعياري نحو ± ٥.٣٩ كم، ويلاحظ أن أغلب الأحواض تقل عن المتوسط العام، في حين يزيد الطول الحوضي عن المتوسط العام في ثلث الأحواض (مالحة، خوري، أبو حريفات، مزرعة الرياح)، حيث يمثل أكبر الأحواض من حيث المساحة والطول الحوضي ويتركز في الجنوب الشرقي لمنطقة الدراسة، مما يشير لزيادة خطورة الجريان السيلي في ثلثي احواض المنطقة.

- العرض الحوضي :

يشير العرض الحوضي لنشاط عمليات التعرية المائية، حيث يبلغ العرض الحوضي أقصاه في الوسط بسبب زيادة النحت الافقي وزيادة المجاري اطوالها (النحت الصاعد) في حين يقل العرض الحوضي في نطاقات مصبات الأودية بسبب اتجاه مجاري الأودية لتعميق مجاريها للوصول لمستوي سطح البحر. كذلك يعكس العرض الحوضي كميات المياه التي تستقبلها الاحواض اثناء التساقط المطري.

من دراسة ملحق رقم (١) يتضح أن؛ المتوسط العام لعرض الأحواض ٢.٩٦ كم، بانحراف معياري ± ١.٢٠ كم، يتراوح عرض الاحواض بين ١.٤٢ كم لحوض وادي راس أبو درج، و ٤.٦٥ كم لحوض وادي مزرعة الرياح، ويرجع التباين في العرض الحوضي إلى نفس العوامل المؤثرة في كل من المساحة والطول الحوضي؛ من حيث الظروف المناخية المؤثرة والتركيب الجيولوجي، بالإضافة لتباين درجة انحدار الأحواض.

٢) الخصائص الشكلية :

تؤثر هذه الخصائص على معدلات التصريف المائي للأحواض اثناء الجريان السيلي ومدى سرعتها ودرجة خطورتها، وفيما يلي دراسة لبعض المعاملات المورفومترية لأحواض منطقة الدراسة :

- معدل الاستطالة Elongation Ratio^(١) :

ترجع أهمية دراسة معدل الاستطالة للوقوف على خصائص وطبيعة الجريان السيلي، فالأحواض المستطيلة تعطي تصريف مائي أكثر انتظام في توزيعها الزمني واقل في كميات التصريف المائي؛ حيث يرتفع زمن التركيز اللازم لوصول المياه للمصب، مما يعمل علي زيادة الفاقد في المياه.

بلغ المتوسط العام لمعدلات الاستطالة لأحواض منطقة الدراسة (٠.٣٢) مما يشير لاستطالة الاحواض؛ بسبب الحركات التكتونية التي صاحبت تكوين البحر

الأحمر وخليج السويس، الي جانب الصدوع التي عاصرت تكوين هضبة الجلالة بصفة عامة والمنحدرات الشرقية بصفة خاصة.

(١) معدل الاستطالة = قطر الدائرة المساوية لمساحة الحوض كم / أقصى طول للحوض كم
(Morisawa, 1985, p. 589)

تتراوح قيمة معامل الاستطالة بالأحواض بين ٠.٢٢ لحوض وادي (W2) وبين ٠.٤٤ لحوض وادي أبو درج، ويتضح من دراسة ملحق رقم (١) أن أحواض منطقة الدراسة يمكن تصنيفها إلى؛ احواض يزيد معامل استطالتها على ٠.٣٥، وتشمل خمس احواض بنسبة ٤١.٦٪ من العدد الكلي للأحواض، وتتركز اغلبها في شمال منطقة الدراسة وهي على الترتيب (أبو درج، قسيب، عملوج، W3، مزرعة الرياح)، في حين باقي الاحواض اقل من المتوسط العام لأحواض المنطقة ويرجع ذلك لشدة انحارها وصغر المساحة الحوضية مما يعكس خطورة هذه الاحواض اثناء الجريان السيلي.

معدل الاستدارة Circulation Ratio^(١):

يوضح معدل الاستدارة مدي تشابه الشكل العام للحوض مع الدائرة، وتعنى القيم المنخفضة عدم انتظام شكل الحوض وزيادة تعرج نطاق خط تقسيم المياه، مما يدل على دوره تحاتية مبكرة، في حين تشير القيم المرتفعة لمعدل الاستدارة أن الأحواض تقترب من الشكل الدائري، وبالتالي تقدمها في دورتها التحاتية وسيادة النحت الراسي للمجاري على حساب التوسع الافقي.

تساعد دراسة شكل الحوض ومدى اقترابه من الشكل الدائري في معرفة المدة الزمنية اللازمة لوصول الجريان السيلي إلى المصب وبالتالي تقدير مدى خطورته على المنشآت العمرانية أو طرق مواصلات التي توجد في نطاق الجريان، توجد علاقة ارتباط طردي قوي بين الاستطالة والاستدارة بلغت + ٠.٩١ وهي ذات

مدلول جيومورفولوجي معكوس بمعنى ان الاحواض شبة المستديرة بعيدة عن الاستطالة.

$$(1) \text{ معدل الاستدارة} = (4 \times \text{المساحة الحوضية كم}^2 \times \text{ط}) / (\text{المحيط الحوضي كم}^2)$$

(Gregory and Walling, 1973, p. 51)

نتراوح قيمة معامل الاستدارة بالأحواض بين ٠.٢٥ لحوض وادي مالحة، وبين ٠.٦٣ لحوض وادي W3، بمتوسط عام قدرة ٠.٤٣، يمكن تصنيف احواض المنطقة الي؛ أحواض يزيد معدل استدارتها عن ٠.٤٣ وتشمل على الترتيب أحواض (مالحة، ام جلاوات، W2، أبو جريفات، راس أبو دراج)، ويمثل المتوسط العام حوضي (عملوج، خوري) بينما يقل معامل الاستدارة لباقي الاحواض عن المتوسط العام لمنطقة الدراسة.

- معامل الشكل Form Factor :

يوضح العمليات الجيومورفولوجية التي شكلت الاحواض ومدى تطورها، الي جانب تأثيره على معدلات التصريف؛ حيث تدل القيم المرتفعة علي استدارة شكل الحوض وتجانس النحت التراجعي للمجاري في جميع الجهات بشكل متساوي، بينما القيم المنخفضة تشير لاستطالة الاحواض وبعدها عن الشكل المنتاسق، وزيادة نشاط التعرية المائية في تعميق المجاري الرئيسي علي حساب التوسع الافقي وزيادة مساحة الحوض، ويتم إيجاد معامل الشكل من قسمة المساحة الحوضية كم^٢ علي الطول الحوضي كم (Horton, 1932, p. 353).

نتراوح قيمة معامل الشكل بالأحواض بين ٠.١٢ لحوض وادي W2 وبين ٠.٤٨ لحوض وادي أبو درج، بمتوسط عام بلغ ٠.٢٧. ويتضح ان اغلب الاحواض الشمالية أكثر تناسق من باقي الاحواض ويعزي ذلك لتقدمها في دورتها التحاتية، بينما جاءت معظم احواض المنطقة اقل من المتوسط العام مما يشير لعدم انتظام شكل الأحواض لكثرة تعرجات خطوط تقسيم المياه مما يدل على بداية دورتها التحاتية.

- التدرج النسبي للمحيط الحوضي Relative Perimeter Crenulation :

يمثل صورة من صور معدل الانبعاج لقيس شكل حوض ويمثل النسبة بين مربع المحيط كم الي المساحة الحوضية كم²، وتدل القيم المرتفعة لكثرة تعرجات المحيط الحوضي، مما يعني حداثة الدورة الجيومورفولوجية للحوض (تراب، ١٩٨٨، ص ٧٨) في حين تشير القيم المنخفضة لتقدم الأحواض في دورتها التحتانية وميلها للاستدارة.

بلغ المتوسط العام للتدرج النسبي لمحيطات الاحواض نحو ٣٢.٣١ ويتراوح معدل التدرج النسبي بين ١٩.٨٥ لحوض W3 أكثر الاحواض تقدم في الدورة التحتانية وميلهما إلى الشكل المستدير، بينما يمثل حوض مالحة ٥٠.٦٢ اقل الاحواض في دورتها الجيومورفولوجية، ويتفق هذا مع ما تم التوصل إليه عند حساب المعاملات التي تدرس أشكال الأحواض

(٣) الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف :

تشكل الخصائص التضاريسية للأحواض محصلة النشاط التحتاني لعمليات التعرية، وتحديد مدى تقدم الدورة الجيومورفولوجية، وتتأثر الخصائص التضاريسية علي معدل سرعة جريان السيلي، حيث أنه كلما ازدادت نسبة التضرس ازدادت بالتالي سرعة الجريان وتدفق مياه السيول؛ مما يؤدي إلي زيادة درجة خطورتها، وبالتالي زيادة فرص حدوث جريان فجائي، حيث تزداد سرعة المياه وتقل الفترة الزمنية للوصول للمصب، وزياد قدرتها علي حمل المفتتات والرواسب مما يزيد من خطورتها وقدرتها علي التدمير، وفيما يلي بعض المعاملات المورفومترية لتوضيح الخصائص التضاريسية لأسطح الأحواض:

- معدل التضرس Relief Ratio :

يوضح مدى تضرس سطح حوض التصريف (الفارق الراسي) بالنسبة للطول الحوضي وهو يشير بصورة مباشرة لدرجة انحدار السطح (Schumm, 1956, p. 612)،

حيث تشير القيم المنخفضة لنشاط عملية النحت والتراجع نحو المنابع، مما يدل على تقدم الحوض في دورته التحاتية، بينما تشير القيم المرتفعة إلى التضرس الشديد لأسطح الأحواض وزيادة درجة الانحدار.

بلغ المتوسط العام لمعدل تضرس منطقة الدراسة (٠.٠٦) ملحق رقم (١) وهو معدل مرتفع ولعل ذلك يرجع للحركة الصدعية التي أدت لانفصال جبل خشم الجلالة عن الهضبة الرئيسية وعاصرت تكوين خليج السويس.

بلغ عدد الاحواض التي يزيد معدل تضرسها عن (٠.٠٦) نحو ٥٨.٣٣% من احواض المنطقة، وتشمل احواض (أبو درج، قصب، عملوج، راس أبو درج، ام جلاوات، مالحه، خوري) ويرجع ارتفاع التضرس لتباين التكوينات الجيولوجية، مما أدى إلى زيادة فعل التعرية، حيث تغطي تكوينات الإوسين الأوسط المنابع العليا، في حين توجد تكوينات الزمن الرابع في القطاع الأدنى، بالإضافة لتأثره بالحركات التكتونية. ويمثل حوض وادي مزرعة الرياح اقل الاحواض تضرس (٠.٠١) ولعل ذلك يرجع لسيادة تكوينات الزمن الرابع في أغلب أجزاء الحوض مما انعكس على قلة التضرس.

- معدل انحدار المجري الرئيسي Mainstream Slope Ratio :

يشير لمعدل الانحدار العام من المنابع العليا حتى المصب، وهو بذلك يعطي مؤشر عن مدي انحدار المجاري الرئيسية للأودية وبالتالي يشير لسرعة التدفق في المجاري المائية اثناء الجريان السيلي.

بلغ المتوسط العام لقيم معدل الانحدار (٥٨.٦٠ متر/كم)، تراوحت بين ٨.٨٥ متر/كم لحوض وادي مزرعة الرياح، وبين ٨١.٥١ متر/كم لحوض وادي راس أبو درج، مما يدل على تميز هذه القيم بالتبعثر والتشتت حول المتوسط العام، حيث بلغت قيمة الانحراف المعياري ± ٣١.٣٨ ، كما بلغت قيمة معامل الاختلاف ١٨٦.٧٢%.

من خلال ملحق رقم (١) يتضح ان الاحواض الشمالية يزيد معدل الانحدار عن ٦٠ متراً/كم، وهي أحواض (راس أبو درج، قصيب، عملوج، راس درج)، ويرجع ارتفاع قيم الانحدار لارتفاع التضاريس الحوضية، بسبب شدة مقاومة الصخور في منطقة المنابع العليا لفعل النحت المائي، مما قلل من قدرة الأودية على تخفيض السطح، بالإضافة لتأثر مناطق المنابع بالحركات الصدعية التي أدت إلى نشأة العديد من الحواف والمرتفعات داخل الأحواض، مما انعكس بدوره على زيادة قيم الانحدار، في حين يقل الانحدار عن ٣٠ متر/كم في احواض (مزرعة الرياح، W1، W2، W3) ويعزى انخفاض قيم معدل الانحدار لضعف تضاريسها الحوضية، بسبب ضعف التكوينات الجيولوجية في هذه الأحواض والتي تتألف من الرواسب المفككة والصخور الرسوبية، والتي تكثر بها الفواصل والشقوق وأسطح الطباقية، مما قلل من مقاومتها للنحت بواسطة مجاري تلك الأودية أثناء الفترات المطيرة.

- درجة الوعورة Ruggedness Number^(١):

تعد درجة الوعورة من المؤشرات الهامة التي توضح درجة تقطع سطح الحوض بفعل التعرية المائية، وتقيس درجة الوعورة العلاقة بين تضرس سطح الحوض وأطوال مجاري شبكة التصريف، وكلما زادت قيمة الوعورة دل ذلك على قلة المساحات الأفقية وزيادة الفارق الرأسي والكثافة التصريفية وزيادة خطورة الأودية (خضر، ١٩٩٧، ص ٢٥٦).

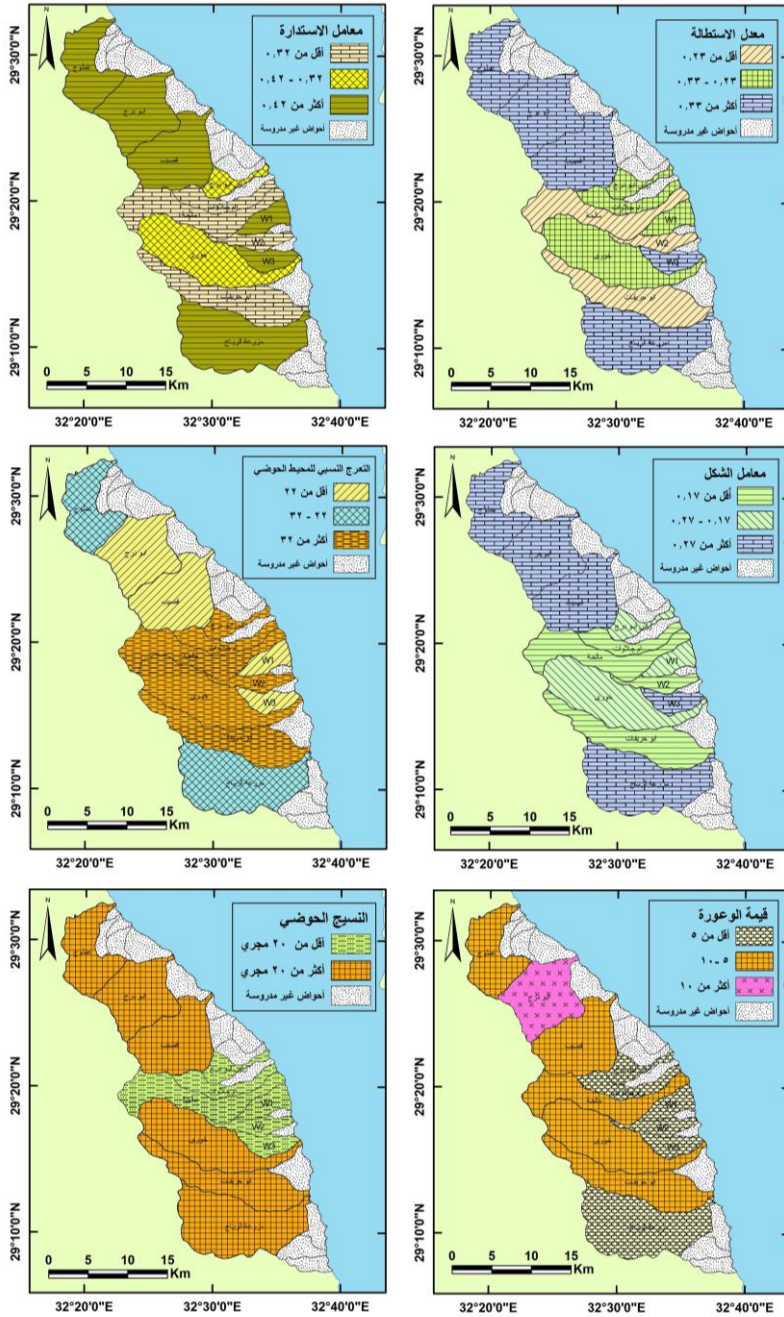
بلغ المتوسط العام لقيم الوعورة في أحواض المنطقة (٥.٢٤) تتباين قيم الوعورة فيما بينها حيث بلغت أدها في حوض مزرعة الرياح (١.٣٠)، بينما بلغت أعلاها في حوض أبو درج (١٠.٩٦)، وتتسم القيم بعدم التجانس، حيث بلغ الانحراف المعياري لهذه القيم نحو $3.49 \pm$ ، كما بلغت قيمة معامل الاختلاف ١٥٠.١٤٪ ويعزى هذا التباين إلى أثر الاختلافات الليثولوجية والبنوية والهيدروولوجية من حوض لآخر.

من خلال دراسة جدول رقم (٢) لقيمة الوعورة لأحواض المنطقة وجد ان ٥٠٪ من احواض منطقة الدراسة تزيد فيها قيمة الوعورة عن (٥) وهي (أبو درج، عملوج، قصيب،

مالحة، خوري، حريفات)، وهي ذات كثافة تصريفية عالية وتتميز هذه الأحواض بارتفاع التضاريس الحوضية، حيث بلغت (١١٤٨، ١١٣١، ١٢٥٢، ١٢٣٨، ١١٩٤، ١١٧٤م) على الترتيب، وزيادة أطوال المجاري، وتشير زيادة قيمة الوعورة لتقدم الأحواض في دورتها التحاتية. ويرجع انخفاض الوعورة في باقي الأحواض إلى قلة المجاري وصغر مساحتها الحوضية، فيما عدا حوض وادي مزرعة الرياح يعزي انخفاض درجة الوعورة لانخفاض التضاريس الحوضية (٢٤٠م) وزيادة أطوال المجاري.

$$(١) \text{ درجة الوعورة} = (\text{التضاريس الحوضية م} \times \text{الكثافة التصريفية كم}^2/\text{كم}^2) / ١٠٠٠$$

.(Strahler, 1958, p. 289)



شكل (٣) : الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

- النسيج الحوضي Texture Ratio^(١):

يوضح النسيج الحوضي درجة تقطع سطح الحوض، وتؤثر مجموعة من العوامل في النسيج الحوضي؛ أهمها نوع السطح والمناخ والظروف التكتونية ومرحلة تطور الحوض التي يمر بها.

ويبلغ متوسط النسيج الحوضي بمنطقة الدراسة نحو (٢٤.٣٧ مجري/كم)، وقد قسمت موريساوا هذا المعدل بعد الربط بين النسيج الحوضي وكثافة التصريف؛ نسيج خشن (اقل من ٨ مجري/كم)، يوجد في صخور مقاومة او منفذة وغطاء نباتي جيد، نسيج متوسط (٨: ٢٠ مجري/كم) يظهر في الصخور المنفذة والغطاء النباتي الجيد وتساقط امطار كبير، نسيج ناعم (٢٠: ٢٠٠ مجري/كم) يوجد في الصخور غير المنفذة والغطاء النباتي الفقير وتساقط امطار غزير، نسيج ناعم جدا (اكثر من ٢٠٠ مجري/كم) يوجد فوق الاسطح غير المنفذة وندرة الغطاء النباتي وتساقط امطار غزير الي جانب صخور ضعيفة امام التعرية المائية (Morisawa, 1985, p. 150).

وحسب التصنيف "موريساوا" تتميز المنطقة بالنسيج المتوسط الخشونة والناعم، حيث يمثل نصف الاحواض النسيج المتوسط الخشونة وتتركز الاحواض في منتصف منطقة الدراسة وهي (W2، ام جلاوات، راس أبو درج، W1، W3، مالحة) ويبلغ معدل نسيجها الطبوغرافي (١٠٠.٨٠، ١١.١١، ١١.٨٤، ١٣.٧٠، ١٣.٧٢، ١٧.١٧) على الترتيب، وتتميز هذه الأحواض بصغر المساحة الحوضية، حيث تتبع من المنحدرات الشرقية، ما عدا حوض وادي مالحة الذي ينبع من السطح الهضبي، ويرجع انخفاض النسيج الحوضي لكونهما أصغر الأحواض بالإضافة لميلها للاستطالة، مما يزيد من المحيط الحوضي، ما أثر على قيمة النسيج الحوضي.

(١) النسيج الحوضي = مجموع أعداد المجاري بالحوض / المحيط الحوضي كم (Horton, 1945, p. 288).

أحواض ذات نسيج ناعم وتشمل أحواض (ابو درج، قصيب، عملوج) في شمال منطقة الدراسة ويبلغ معدل نسيجها (٥٩.٣٣، ٤٠.٧٢، ٣٨.١٠) على الترتيب، ويرجع ذلك لكبر المساحة الحوضية لها، وزيادة الكثافة التصريفية، بالإضافة لسيادة تكوينات الحجر الجيري الإيوسيني والذي يتميز بقلة النفاذية، الي جانب احواض جنوبي منطقة الدراسة (مزرعة الرياح، خوري، حريفات).

ونلاحظ تركز الأحواض متوسطة الخشونة في نطاق المنحدرات الشرقية، حيث تتميز بصغر المساحة الحوضية وشدة انحدار السطح، مما أدى إلى ميل المجاري لزيادة الطول على حساب عددها، في حين تتركز الأحواض ناعمة النسيج فوق السطح الهضبي، وتتسم بكبر المساحة الحوضية، مما أدى لكثرة أعداد المجاري على حساب أطوالها، وبالتالي زيادة نحت المجاري وتقدمها في دورتها التحاتية.

٤) الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف :

تقدم الدراسة المورفومترية لشبكات التصريف بيانات كمية عن خصائص هذه الشبكات، مما يفيد في التعرف على الظروف المؤثرة في تطور الشبكات وخصائصها المختلفة، سواء كانت هذه الظروف تتعلق بالخصائص الليثولوجية للصخور أو الظروف المناخية التي تعرضت لها المنطقة.

تم استخلاص شبكات التصريف من نموذج الارتفاع الرقمي DEM بالاعتماد على برنامج Arc GIS V.10.3 واستخدام أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst Tools ومنها تم عمل التحليل المورفومتري باستخدام قائمة Hydrology^(١)، ورتبت المجاري تبعاً لطريقة سترايلر، واستخرجت منها بعض المتغيرات المورفومترية كما يلي:

(١) تم انتاج نموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة بدقة ٣٠ متر، بعد ادخال قيم نقاط المناسيب وخطوط الكنتور من الخرائط الطبوغرافية بمختلف المقاييس، التي تغطي المنطقة على هيئة بيانات Vector ثم

تحويلها ودمجها مع المرئية الرادارية (SRTM) [Http://edftp.cr.usgs.gov/pub](http://edftp.cr.usgs.gov/pub)

- أعداد المجاري :

من خلال ملحق رقم (٢) يوجد تباين بين أحواض منطقة الدراسة من حيث رتب المجاري، حيث تراوحت رتبة المجرى الرئيسي للأحواض الأودية بمنطقة الدراسة بين الرتبة السابعة والرتبة الثالثة، وشملت الدراسة المورفومترية الاحواض من الرتبة الخامسة فاعلي نظرا لزيادة خطورتها في حالة حدوث السيول الفجائية.

بلغ مجموع أعداد المجاري في الأحواض المدروسة بالمنطقة نحو ١١٥٩٦ مجري، بنسبة ٩٥% من إجمالي أعداد المجاري بالمنطقة، في حين شكلت المجاري غير المدروسة نحو ٥% من هذا الإجمالي (٦١٠ مجرى)، وقد تباينت أعداد المجاري في الأحواض المدروسة على مستوى الرتب، حيث تضم الرتبة الأولى ٩٦٢٥ مجرى بنسبة ٨٣% من العدد الكلي للمجاري بمنطقة الدراسة، وقد بلغ أعداد مجاري الرتبة الثانية ١٤٧٦ مجرى بنسبة ١٢.٧٣% من جملة أعداد المجاري بالمنطقة، مما يعني تركيز المجاري في الرتبتين الأولى والثانية حيث يضمن نحو ١١١٠١ مجرى بنسبة ٩٥.٧٣% من جملة اعداد مجاري الاحواض المدروسة، ويرجع ذلك لقلة أو انعدام الغطاء النباتي في أحواض المناطق الجافة، مما يحرم أسطح هذه الأحواض من الحماية اللازمة، وتكون أكثر تعرض للنحت وتكوين مجارى مائية عديدة عقب العواصف المطيرة الشديدة أو عقب كل سيل.

ضمت احواض (أبو درج، قسيب، عملوج) حوالي ٤٥.٧٦% من إجمالي أعداد المجاري بمنطقة الدراسة؛ ولعل ذلك يرجع لشدة تأثر هذه الأحواض بحركات التصدع وكثرة الفواصل والشقوق، الي جانب كثرة التلال والحافات الثانوية بداخلها، مما ساعد على زيادة نشاط عمليات النحت وبالتالي أعداد المجاري، تقل أعداد المجاري نسبياً في حوض وادي مزرعة الرياح (١٥٧٩ مجرى) على الرغم من كبر مساحته مقارنة بباقي الاحواض، ولعل ذلك يرجع لسيادة تكوينات الزمن الرابع، وهي في مجملها صخور عالية النفاذية، إلى جانب ضعف انحدراتها.

- **معدل التشعب Bifurcation Ratio :**

يعد معدل التشعب أحد المقاييس الهامة التي تتحكم في معدل التصريف، حيث أنه كلما قلت معدل التشعب تعطى الأحواض سريان سطحيًا سريعًا، مما يزيد احتمالية حدوث السيول وهذا ما أكده (الشامي، ١٩٩٥، ص ص ٦٥-٦٤).

يشير الجدول السابق أن معدل التشعب العام لأحواض منطقة الدراسة حوالي ٤.٣٥، بمعنى أن عدد المجاري في كل رتبة يصل تقريبًا لأربعة أمثال أعداد الرتبة التالية لها، وبلغ معدل التشعب أقل قيمة لها في حوض وادي قصب نحو ٣.٦٣، في حين بلغت أقصاها في حوض وادي أبو درج ٥.٢٦.

بدراسة التشعب على مستوى الرتب؛ نجد أن مجارى الرتبة الأولى تمثل نحو ست أمثال عدد مجارى الرتبة الثانية (٦.٣٦) وبلغت أقصاها نحو عشر أمثال في حوض وادي أبو درج، ومجارى الرتبة الثانية تمثل أربع أمثال عدد مجارى الرتبة الثالثة (٤.١٥) سجلت أقصاها في حوض وادي مزرعة الرياح خمس أمثال، وتمثل مجارى الرتبة الثالثة أربعة أمثال (٤.١٦) عدد مجارى الرتبة الرابعة، وبلغت نسبة التشعب للرتبة الرابعة (٣.٩٦) واحتل حوض وادي مالحة أقصى تشعب ست أمثال، وللرتبة الخامسة (١.٠٨) وبلغت نسبة التشعب بين الرتبة السادسة والسابعة أقل نسبة؛ حيث بلغت نحو (٢) أي أن مجارى الرتب العليا تكون قليلة بالنسبة لمجاري الرتب الدنيا، وهذا يعكس انخفاض الانحدار في الأجزاء الدنيا من الأحواض مما يؤدي إلى قلة أعداد مجارى الرتب العليا، مما ينعكس بدوره على نسبة التشعب. ويرتبط معدل التشعب بشكل الحوض، مما ينعكس على معدل كمية التصريف، فالأحواض المستطيلة الشكل يرتفع بها معدل التشعب، مما يقلل الفترة الزمنية بعكس الأحواض المستديرة الشكل.

- **أطوال المجاري :**

بلغ مجموع أطوال مجاري شبكات التصريف للأحواض المدروسة (٣٧٧٦.٤٤ كم) بمتوسط طول (٣١٤.٧٠ كم) لكل حوض تصريف، وتمثل مجاري الرتبة الأولى وحدها

(٢٣٢٨.٣ كم) بنسبة ٦١.٦٥٪ من مجموع الأطوال، وبلغ طول الرتبة الثانية (٧٠٣.١٢) بنسبة ١٨.٦٢٪ من جملة الأطوال، أي أن مجاري الرتبتين (الأولى والثانية) تمثل نحو ٨٠.٢٧٪ من مجموع أطوال المجاري بمنطقة الدراسة، بينما تمثل باقي الرتب لأحواض المنطقة ١٩.٧٣٪ من مجموع الأطوال.

من خلال دراسة ملحق رقم (٢) نجد أن، مجموع أطوال المجاري يتناقص باضطراد مع زيادة الرتبة، حيث توجد علاقة ارتباط عكسية قوية بلغت نحو (-٠.٧٨).

تتباين مجموع أطوال المجاري داخل الأحواض، حيث بلغت المجاري أقصى طول لها في حوض وادي أبو درج (٦٣٦.٤٩ كم) بنسبة ١٦.٨٥٪ من مجموع أطوال المجاري، بينما بلغت أطوال المجاري في حوض وادي W1 نحو (٧٤.٢١ كم) بما يعادل ١.٩٦٪ من جملة أطوال المجاري بمنطقة الدراسة.

بدراسة متوسط أطوال الرتب بشبكات الأحواض التصريفية بمنطقة الدراسة يتضح أن؛ متوسط أطوال الرتبة يشكل متوالية هندسية، حيث أن الرتب الدنيا تتسم بصغر متوسط مجاريها، في حين الرتب العليا تتميز بكبر متوسط طول مجاريها.

بلغ متوسط الرتبة الأولى (٠.٢٣ كم) يليه الرتبة الثانية (٠.٤٩ كم) والرتبة الثالثة (١.١٠ كم) والرتبة الرابعة (٢.١٨ كم) والخامسة (٦.٩٧ كم) والسادسة (٥.٨١ كم) والرتبة السابعة (٨.٠٨ كم)، وبدراسة متوسط طول الرتب على مستوى الأحواض نلاحظ بعض حالات الشذوذ في متوسط طول الرتب، حيث يزيد متوسط الرتبة الثالثة علي الرابعة في احواض (راس أبو درج، W1) كذلك زيادة متوسط الرتبة الرابعة علي الخامسة في احواض (W2، W3) كذلك زيادة متوسط طول الرتبة الخامسة علي السادسة في احواض (مزرعة الرياح، حريفات، قصيب، أبو درج)، مما يعد شذوذاً عن المتوالية الهندسية لهورتن، ولعل ذلك يرجع لزيادة أطوال الرتب الدنيا مع قلة أعدادها نسبياً، بالإضافة لتأثير الصدوع والفواصل على اطوال الرتب وخاصة الرتب العليا.

- معدل تكرار المجاري^(١):

يقيس العلاقة بين أعداد مجاري التصريف والمساحة الحوضية، وتشير القيم المرتفعة لإمكانية عالية لتجميع المياه داخل أحواض التصريف وبالتالي زيادة خطورة حدوث الجريان السيلبي.

بدراسة جدول رقم (١) بلغ متوسط معدل تكرار المجاري في أحواض التصريف بالمنطقة نحو ١٩.١١ مجرى/كم^٢، وهو معدل مرتفع إذا ما قورن بمعدل تكرار المجاري في بعض المناطق وأحواض التصريف المجاورة، حيث بلغت قيمته ٤.٦ مجرى/كم^٢ في الحافة الشمالية لهضبة الجلالة القبيلية (ضاحي، ١٩٩٩، ص ٨٧)، ونحو ٩.٤٦ مجرى/كم^٢ في منطقة الزعفرانة (صالح، ١٩٩٥، ص ١٨٠)، ولعل هذا التباين بين الأحواض المختلفة يرجع لتباين الظروف الليثولوجية والبنوية والهيدرولوجية من منطقة لأخرى.

تراوحت قيم معدل التكرار للمجاري في أحواض التصريف بين ١٣.٦٨ مجرى/كم^٢ في حوض W3 وبين ٣٣.٣٥ مجرى/كم^٢ في حوض أبو درج، مما يشير لتفاوت كبير في تكرار المجاري داخل الأحواض المدروسة، حيث بلغت قيمة الانحراف المعياري (± ٥.٨٧) ومعامل الاختلاف بلغ ٣٢٥.٤٢٪، ويرجع هذا التباين لاختلاف الظروف لمكونة هذه الأحواض الي جانب عدم تجانسها في جميع أجزاء المنطقة.

ارتفعت قيم التكرار عن المتوسط العام لأحواض التصريف في أحواض (أبو درج، عملوج، قصيب، راس أبو درج) حيث بلغت على الترتيب (٣٣.٣٥، ٢٧.٧٤، ٢١.٨٩، ١٩.١٣)، ولعل ذلك يرجع للحركة الصدعية التي أدت لانفصال كتلة جبل خشم الجلالة والحافة الشرقية عن سطح هضبة الجلالة البحرية.

(١) معدل تكرار المجاري = مجموع اعداد المجاري / المساحة الحوضية (Horton, 1945, p. 285).

جدول (١) : الخصائص العامة للكثافة التصريفية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

الحوض	معدل تكرار المجاري	معدل بقاء المجاري	الكثافة التصريفية
وادي عملوج	٢٧.٧٤	٠.١٢٩	٧.٧٣
وادي أبو درج	٣٣.٣٥	٠.١٠٥	٩.٥٥
وادي قصب	٢١.٨٩	٠.١٤٥	٦.٨٨
وادي راس أبو درج	١٩.١٣	٠.١٧٦	٥.٦٨
وادي ام جلاوات	١٥.٤٦	٠.١٧٧	٥.٦٦
وادي مالحة	١٦.١٥	٠.١٧١	٥.٨٥
W1	١٦.٨٤	٠.١٩٤	٥.١٦
W2	١٨.٢٣	٠.١٧٢	٥.٨٠
W3	١٣.٦٨	٠.٢٢٦	٤.٤٣
وادي خوري	١٥.٤٠	٠.١٧٠	٥.٨٩
وادي أبو حريفات	١٥.٩٠	٠.١٧٦	٥.٦٧
وادي مزرعة الرياح	١٥.٥٥	٠.١٨٤	٥.٤٢

المصدر: اعتمادا على نموذج الارتفاع الرقمي DEM المستخرج من STRM ونقاط المناسيب.

- معدل بقاء المجاري^(١):

اقترح شوم هذا المقياس للدلالة على متوسط الوحدة المساحية اللازمة لإمداد الوحدة الطولية الواحدة من مجاري الشبكة بالمياه (جودة وآخرون، ١٩٩١، ص ٣٤١)، وتشير القيم المرتفعة لهذا المعدل لاتساع المساحة الحوضية على حساب مجاري شبكتها الطولية، وبالتالي انخفاض كثافتها التصريفية.

(١) معدل بقاء المجاري = المساحة الحوضية / مجموع اطوال المجاري = ١ / الكثافة التصريفية
(Schumm, 1956, p. 607).

من خلال دراسة الجدول رقم (١) بلغ متوسط قيم معدل بقاء المجاري في أحواض التصريف ٠.١٨٤، بما يعنى أن حوالي ٠.١٨ كم^٢ من مساحة الأحواض تغذى ١ كم من أطوال المجاري بها، وتقل هذه القيم مقارنة بمنطقة الحافة الشمالية لهضبة الجلالة القبلية (٠.٣٥ كم^٢/كم) (ضاحي، ١٩٩٩، ص ٨٨)، وفي منطقة الغردقة (٠.٣١٠ كم^٢/كم) (محمود، ١٩٩٣، ص ٧٣)، وربما يرجع هذا الاختلاف لتباين خصائص السطح والتركيب الجيولوجي والمرحلة العمرية والخصائص الهيدرولوجية.

تراوحت قيم معدل بقاء المجاري بين (٠.١٠٥) في حوض راس درج، وبين (٠.٢٢٦) في حوض W2، وبالتالي بلغت قيمة انحراف القيم عن متوسطها نحو \pm ٠.٠٣١ في حين بلغت قيمة معامل الاختلاف ٥٩٥.٤٠٪، وهي قيم مرتفعة تدل على عدم تجانس القيم وتشتتها حول متوسطها العام، مما يعنى التباين الواضح على مستوى احواض المنطقة بسبب اختلاف الخصائص الليثولوجية بين شمال وجنوب المنطقة.

ارتفعت قيم معدل بقاء المجاري في حوضي (W1، W3) حيث بلغت (٠.٢٢٦)، (٠.١٩٤) وهي احواض صغيرة المساحة ويرتفع بها معدل تكرار المجاري، مما يشير إلى وجود علاقة طردية بين معدل تكرار ومعدل بقاء المجاري، بلغت (٠.٥٥) ويشير ارتفاع القيم لنشاط عمليات النحت الرأسى، خاصةً في الرتب الدنيا على حساب النحت الأفقى الذي يؤدي إلى زيادة مساحة الأحواض (تراب، ١٩٨٨، ص ١٥٤)، وهي العمليات التي تميز الأودية في المراحل المبكرة من دورتها التحاتية. في حين تنخفض قيم معدل بقاء المجاري في احواض (أبو درج، عملوج، قصيب) حيث سجلت على الترتيب (٠.١٠٥، ٠.١٢٩، ٠.١٤٥) والتي من المرجح أنها قد قطعت مرحلة متقدمة من مراحل تطورها التحاتى.

- الكثافة التصريفية^(١):

تفيد كثافة التصريف في التعرف على مدى تعرض سطح هذه الأحواض لعمليات النحت والتقطيع بفعل المجاري المائية، كما أنها تعبر عن العلاقة النسبية بين أطوال المجاري ومساحة أحواضها، وتدل قيم هذا المعامل مدى تقارب مجاري الأحواض فيما بينها، إذ عندما تزداد أطوال وأعداد خطوط التصريف تقل درجة انحدار السطح، ومن ثم يمكن التعرف على مدى تضرر سطح الحوض ودرجة تقطعه بتلك المجاري، وبالتالي يمكن إدراك درجة نمو وتطور هذه النظم التصريفية (جودة وآخرون، ١٩٩١، ص ٣٣٩).

بدراسة كثافة التصريف في أحواض منطقة الدراسة (جدول ١) يتضح ما يلي: بلغ متوسط كثافة التصريف في أحواض منطقة الدراسة نحو ٦.١٤ كم^٢/كم^٢، وتعد هذه الكثافة مرتفعة إذا ما قورنت بكثافة التصريف في بعض المناطق مثل منطقة الغريقة (٣.٢ كم^٢/كم^٢) (محمود، ١٩٩٣، ص ٧٤)، والحافة الشمالية لهضبة الجلالة القبليية (٣.٤ كم^٢/كم^٢) (ضاحي، ١٩٩٩، ص ٩٠)، وتقرب كثافة التصريف بالمنطقة من نظيرتها في أحواض منطقة الزعفرانة (٧.٠٨ كم^٢/كم^٢) (صالح، ١٩٩٥، ص ١٨٠)، بينما تعد من الكثافات المنخفضة إذا ما قورنت بكثافة التصريف في حوض وادي دجلة بشرق المعادي (١٢.٢ كم^٢/كم^٢) (محمود، ١٩٨٩، ص ١٢٣) وحوض وادي الطهنواي (٩.٥٨ كم^٢/كم^٢) (عاشور، ١٩٩٠، ص ٤٦)، وترجع هذه الاختلافات في الكثافة بين الدراسات المختلفة إلى مجموعة من العوامل أهمها ما يلي :

- **نوع الصخر** : أوضحت بعض الدراسات أن قيم كثافة التصريف تقل عن ٢ كم^٢/كم^٢ في مناطق صخور الحجر الجيري، بينما تتراوح بين ٦:٥ كم^٢/كم^٢ في صخور الحجر الرملي، وتتراوح بين ١٠٠-٥٠٠ كم^٢/كم^٢ في المناطق التي تسودها الصخور الطينية والطفلية (Small, 1989, p. 48) ويرتبط ذلك بدرجة المسامية والنفاذية لهذه الصخور، حيث ترتفع القيم في الصخور غير المنفذة التي لا تسمح بتسرب نسبة كبيرة من المياه الساقطة على الحوض، كما في الصخور الطينية.

(١) الكثافة التصريفية = مجموع اطوال المجاري كم / المساحة الحوضية كم^٢ (Doornkamp &

.(King, 1971, p. 41).

- **المناخ** : ترتفع كثافة التصريف في الأقاليم المناخية شبه الجافة أو المناطق التي تتميز بوجود فصل مطير مميز، بينما تقل قيم كثافة التصريف في مناطق العروض الوسطى الرطبة التي تنخفض فيها كثافة المطر وتتنوع كميته على فترات طويلة من السنة، بينما تأتي كثافة التصريف في المناطق المدارية الرطبة في موضع وسط بين الإقليمين (Small, 1989, pp. 48-49).
- **التضرس** : ترتفع كثافة التصريف في المناطق شديدة التضرس، في حين تقل الكثافة في المناطق قليلة التضرس أو المستوية، ويرجع ذلك لشدة التضرس التي تساعد على تقليل الفاقد بالتبخر بسبب احتواء قيعان الأودية العميقة من الشمس لبعض الوقت، كما أن انحدار المناطق المضرسة يساعد على سرعة انسياب المياه إلى خطوط التصريف، ومن ثم تقليل مساحة السطح المعرض للتبخر، أي أن التضرس يساعد على الانسياب والجريان (جاد، ١٩٧٧، ص ص ٣٢-٣٣).
- **الغطاء النباتي** : كثافة التصريف تقل في المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف، في حين ترتفع في المناطق ذات الغطاء النباتي الفقير (Strahler, 1964, p. 52)، حيث يساعد الغطاء النباتي على زيادة الفاقد بالتبخر من جهة، وتثبيت التربة أمام النحت المائي من جهة أخرى.

تراوحت قيم كثافة التصريف على مستوى الأحواض بين (٤.٤٣ كم^٢/كم^٢) في حوض وادي W3، وبين (٩.٥٥ كم^٢/كم^٢) في حوض وادي أبو درج، وتتميز قيم كثافة التصريف بتشتتها حول متوسطها العام، حيث بلغت قيمة انحرافها المعياري نحو (١.٣٥)، كما بلغت قيمة معامل الاختلاف ٤٥٥.٤٢٪.

ارتفعت كثافة التصريف في أحواض (أبو درج، عملوج، قصب) عن المتوسط العام؛ حيث بلغت (٩.٥٥، ٧.٧٣، ٦.٨٨ كم^٢/كم^٢) وربما يفسر ذلك ارتفاع اعداد الروافد العليا لأودية هذه الأحواض والتي عانت من حركات التصدع وتتم صخورها بكثرة الفواصل

والشقوق، في حين تصرف روافدها الدنيا مناطق منخفضة الارتفاع وتتباين فيها أنواع الصخور، مما ساهم في زيادة أطوال المجاري وبالتالي ارتفاع كثافة التصريف.

ربما يرجع انخفاض كثافة التصريف في هذه الأحواض أيضاً إلى طبيعة الرواسب المفككة التي تغطي مساحات واسعة من هذه الأحواض، وهي رواسب عالية المسامية والنفاذية، مما أثر في كمية الجريان السطحي وقدرة الأودية على النحت وإطالة مجاريها، الي جانب ضعف انحدار الأجزاء الدنيا والوسطى لمعظم أسطح هذه الأحواض، مما يزيد الفواقد من مياه الجريان.

٥) الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة :

لتحديد الخصائص الهيدرولوجية أحواض التصريف تم الاعتماد على المعادلات الرياضية لنموذج (SCS Runoff Hydrograph) وهو نموذج حماية التربة الأمريكية (SCS-CN)^(١)، تم استخدام برنامج WMS. 7 (Watershed Modeling System)، احد البرامج الهيدرولوجية التي تعتمد علي نموذج حماية التربة الأمريكية، ويقوم بحساب معدلات التدفق والتسرب الأولي وزمني التباطؤ والتركيز والمنحني الهيدروجرافي لقمة التصريف.

تتفق معظم الدراسات الحديثة على أن الحد الأدنى من الأمطار اللازمة ليبدأ الجريان في التولد والوجود هو ١ مم/دقيقة بمجموع ١٠ مم/ خلال العاصفة (صالح، ١٩٨٩، ص ٣٣)، وقد تم الاعتماد علي أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد (٤٩.٦ ملم)^(٢) لتقدير الحد الأقصى للجريان السيلي الذي ممكن أن تتعرض له المنطقة، ويشير الجدول رقم (٢) لعدد من الحقائق:

(١) USDA,, 2010, Chapter (15) -- USDA, 1986, Chapter (2)

(٢) الهيئة العامة للأرصاد الجوية، ١٩٦٥، محطة السويس، تقارير غير منشورة.

جدول (٢) : الخصائص الهيدرولوجية لأحواض منطقة الدراسة.

مزرعة الرياح	حريفات	خوري	W3	W2	W1	مالحة	م ^١ جلاوات	رأس أبو درج	قصب	أبو درج	عملوج	الحوض
٢٥,١٢	١٩,٣٢	٢٠,٦٦	٢٠,٦٦	٢٢,٠٧	٢٥,١٢	٢٣,٥٥	٢٥,١٢	٢٠,٦٦	٢٨,٥١	٣٠,٣٥	٣٠,٣٥	التصريف الثابت ملم
٢٤,١٣	١٨,٥٩	٢٨,٥٦	١٠,٨٤	٦,٧١	٩,٦٤	٢٥,٧٠	١٥,٧٦	١٥,٥٥	٨١,٦٨	٨٦,٦٩	١٠٥,٠٦	معدل التصريف م ^٣ /ث
٢,٢٠	١,٤٣	١,٢٨	٠,٧٩	١,٠٤	٠,٧٨	١,٠٩	٠,٧٦	٠,٤٠	٠,٥٣	٠,٤٩	٠,٣٢	زمن التباطؤ / ساعة
٣,٦٧	٢,٣٩	٢,١٤	١,٣٢	١,٧٣	١,٣٠	١,٨٢	١,٢٦	٠,٦٧	٠,٨٨	٠,٨١	٠,٥٤	زمن التركيز / ساعة
٤,١١	٢,٠٦	٢,٨٣	٠,٦٦	٠,٥٤	٠,٥٨	٢,١٧	٠,٩٢	٠,٤٨	٣,٣٣	٣,٢٥	٢,٦٣	حجم المياه مليون م ^٣

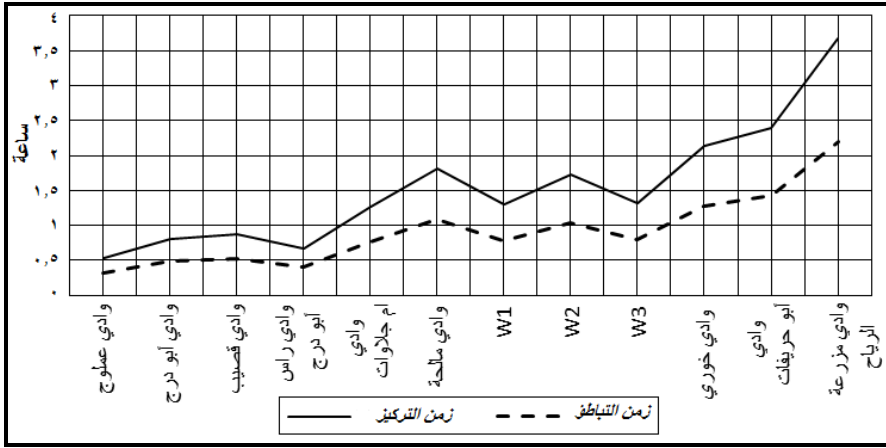
المصدر: اعتمادا برنامج WMS 7 وعلى نموذج الارتفاع الرقمي DEM والبيانات المناخية.

التصريف الثابت : يشير لكمية التصريف بالمليتر عقب تشبع التربة بالمياه، مما يولد جريان سطحي ثابت، وبدراسة معدل التصريف على مستوى الأحواض؛ اتسمت الأحواض الصخرية والانحدار الواضح إلي جانب قلة او انعدام الغطاء النباتي، وقد تراوح معدل التصريف بين ١٩.٣٢ ملم لحوض وادي الحريفات وبين ٣٠.٣٥ ملم لحوضي (عملوج، أبو درج)، وقد اتسمت الاحواض الشمالية بتصريف ثابت مرتفع؛ ويرجع ذلك لانحدارها من السطح الهضبي (تكوينات الإيوسين الاوسط) لهضبة الجلالة نحو السهل الساحلي مباشرة، الي جانب زيادة تضرس هذه الاحواض مما عمل علي تولد الجريان السيلي عقب التساقط مباشرة.

معدل التصريف : يفيد دراسته في تحديد درجة خطورة الأودية؛ حيث يشير لمتوسط سرعة تدفق المياه م^٣/ثانية، وتراوح معدل التصريف بين ٦.٧١ م^٣/ثانية لحوض W2 و ١٠٥.٠٦ م^٣/ثانية لحوض وادي عملوج، ويرجع ارتفاع معدل التصريف لشدة الانحدار ولانخفاض زمن التركيز وتكون قمة التصريف بعد أقل من ثلاث ساعات من بداية التساقط، كذلك بلغ معدل التصريف لحوض مزرعة الرياح ٢٤.١٣ م^٣/ثانية رغم كبر المساحة الحوضية وزمن التركيز ويرجع ذلك لطبيعية الرواسب التي تغطي سطح الحوض والتي تنتمي للزمن الرابع، مما عمل علي زيادة التسرب، الي جانب قلة درجة الانحدار، سجلت احواض (عملوج، أبو درج، قصيب) اعلي معدلات التصريف حيث بلغت (١٠٥.٠٦، ٨٦.٦٩، ٨١.٦٨ م^٣/ثانية) في حين ينخفض معدل التصريف في باقي الاحواض بسبب صغر مساحتها.

زمن التباطؤ: يشير للفترة الزمنية اللازمة لتشبع التربة بالمياه عقب بداية تساقط الامطار، ومن ثم بداية الجريان السطحي داخل قنوات التصريف، وقد بلغ متوسط زمن التباطؤ لمنطقة الدراسة نحو ٠.٩٣ ساعة مما يعكس قصر الفترة الزمنية اللازمة لبداية الجريان لأحواض المنطقة، يلاحظ التباين الواضح لزمن التباطؤ بين أحواض الأودية؛ حيث ينخفض زمن التباطؤ نتيجة شدة الانحدار كما في احواض (عملوج، أبو درج،

قصيب، راس أبو درج) حيث بلغت علي الترتيب (٠.٣٢، ٠.٤٩، ٠.٥٣، ٠.٤٠ ساعة)، وتؤثر قلة درجة انحدار السطح إلي جانب كبر المساحة الحوضية، الي جانب كثرة الرواسب المفككة التي تغطي أجزاء كبيرة من الاحواض في زيادة زمن التباطؤ وتأخر بداية الجريان بصورة عامة؛ مما يسمح بزيادة الفاقد بالتسرب والتبخر وبالتالي تأخر الوصول لقمة منحنى التصريف، في حين أن الأحواض صغيرة المساحة ذات الانحدار الواضح والغطاء النباتي القليل تعمل علي قلة الفترة الفاصلة بين بداية التساقط والجريان الفعلي.



شكل (٤) : منحنى زمني التباطؤ والتركيز لأحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

زمن التركيز^(١): يمثل تحديد زمن التركيز بمثابة إنذار مبكر قبل بداية التدفق الفعلي لمياه السيول؛ حيث يشير زمن التركيز للوقت اللازم لوصول المياه للمصب،

(١)

- S =	$\frac{25400}{CN} - 254$	Q = كمية التصريف مليمتر P = أقصى تساقط مليمتر في ٢٤ ساعة La = الفاقد الأولي قبل بدء الجريان السيلبي
- Q =	$\frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S}$	S = الحد الأقصى للاحتفاظ بالمياه بعد بدء الجريان السيلبي Q _{max} = كمية التصريف القصوى م ^٣ / ثانية A = المساحة الحوضية كم ^٢
- Q _{max} =	$\frac{2.083AQ}{Tc}$	Tc = زمن التركيز بالمئات

مما يعطي فرصة لعملية إخلاء الطريق أو غلقه أمام حركة المركبات منعاً لحدوث خسائر في الأرواح والمنقولات، بلغ متوسط زمن التركيز لأحواض المنطقة ٦.٣٨ ساعة، مما يشير لدرجة الخطورة الواضحة علي محور الطريق؛ حيث تتسم الأحواض بالاستطالة مما يؤدي لتأخر قمة التصريف لكن تعطي تصريف مائي منتظم، سجل حوضي (سمهود، القطعاية) أعلى قيم لزمن التركيز ويعزي ذلك لطول زمن الرحلة من المنابع العليا في اتجاه المصب خاصة وأنها أحواض مستطيلة، انخفضت معظم القيم لزمن التركيز عن المتوسط العام لمنطقة الدراسة ويرجع ذلك لصغر المساحة الحوضية وقلة الطول الحوضي.

حجم تصريف المياه^(١): ترجع أهمية حساب حجم التصريف لكونه المحصلة النهائية للمياه المتجمعة في المجاري الرئيسي للأودية وتصل لمصباتها، وبالتالي تحديد حجم الخطورة لمياه السيول وإمكانية الاستفادة منها؛ سواء بالتخزين خلف السدود أو من خلال زيادة مخزون المياه الباطنية بإنشاء العديد من الهريات أو السدود الاعتراضية على طول المجاري الرئيسية.

بدراسة الجدول رقم (٢) اتضح ان الاودية الجنوبية (مزرعة الرياح، حريقات، خوري، مالحة) نحو ١١.١٧ مليون م^٣، يليها الأودية الشمالية (عملوج، أبو درج، قصيب) تعطي كميات تصريف تعادل ٩.٢١ مليون م^٣، حيث تتسم هذه الأحواض بكبر المساحة الحوضية مقارنة بباقي احواض منطقة الدراسة، الي جانب امتداد روافدها العليا عبر السطح الهضبي حتى نطاق خط تقسيم المياه في الغرب مع روافد وادي نعوز (خارج المنطقة).

(١) حجم التصريف م^٣ = ١٦٠٩ × المساحة الحوضية كم^٢ × التصريف الثابت مليمتر (أبورية، ٢٠١٣).

تباينت قيم التصريف على مستوي الاحواض جاء حوض وادي مزرعة الرياح بالمرتبة الأولى ٤.١١ مليون م^٣، في حين سجل وادي رأس أبو درج اقل قيمة ٠.٤٨ مليون م^٣، ولعل ذلك يرجع لطبيعية الاودية التي تنحدر من الحافة الجبلية والتي تتسم بشدة الانحدار وملكها للاستطالة.

من خلال دراسة الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية للأحواض المدروسة أمكن تحديد معدلات خطورة هذه الاحواض باستخدام نموذج الشامي (الشامي، ١٩٩٥، ص ص ٦٦-٦٩)، ويعتمد النموذج على ثلاث متغيرات مورفومترية لتقدير احتمالية خطر السيول (معدل التشعب، وتكرار المجاري، الكثافة التصريفية). ويتألف النموذج من ثلاثة احتمالات^(١) ويشير ارتفاع معدل التشعب للجريان السطحي البطيء، مما يساعد على تسرب المياه وتغذية الخزان الجوفي، بينما يدل ارتفاع تكرار المجاري علي زيادة فرصة حدوث السيول كجريان سطحي إلى خارج الحوض، في حين تشير قيم كثافة التصريف المرتفعة لاحتمالية السيول العالية، وبتطبيق هذا النموذج على أحواض المنطقة (شكل ٥)، اتضح الاتي:

- أحواض ذات احتمالية سيول عالية ومياه جوفية منخفضة تقع في حقل (ب)، ويشمل حوضي (أبو درج، مزرعة الرياح)، يتميز حوض أبو درج بالانحدار الشديد حيث ينحدر من سطح الهضبة، في حين يتسم حوض مزرعة الرياح بارتفاع كثافة تصريفه.
- أحواض ذات احتمالية سيول عالية ومياه جوفية متوسطة، التي تقع في حقل (ب، ج) وتشمل حوضي (عملوج، ام جلاوات)؛ حيث تتسم بالانحدار الشديد الي جانب ارتفاع معدلات تكرار مجاري وكثافة التصريف الي جانب التشعب.

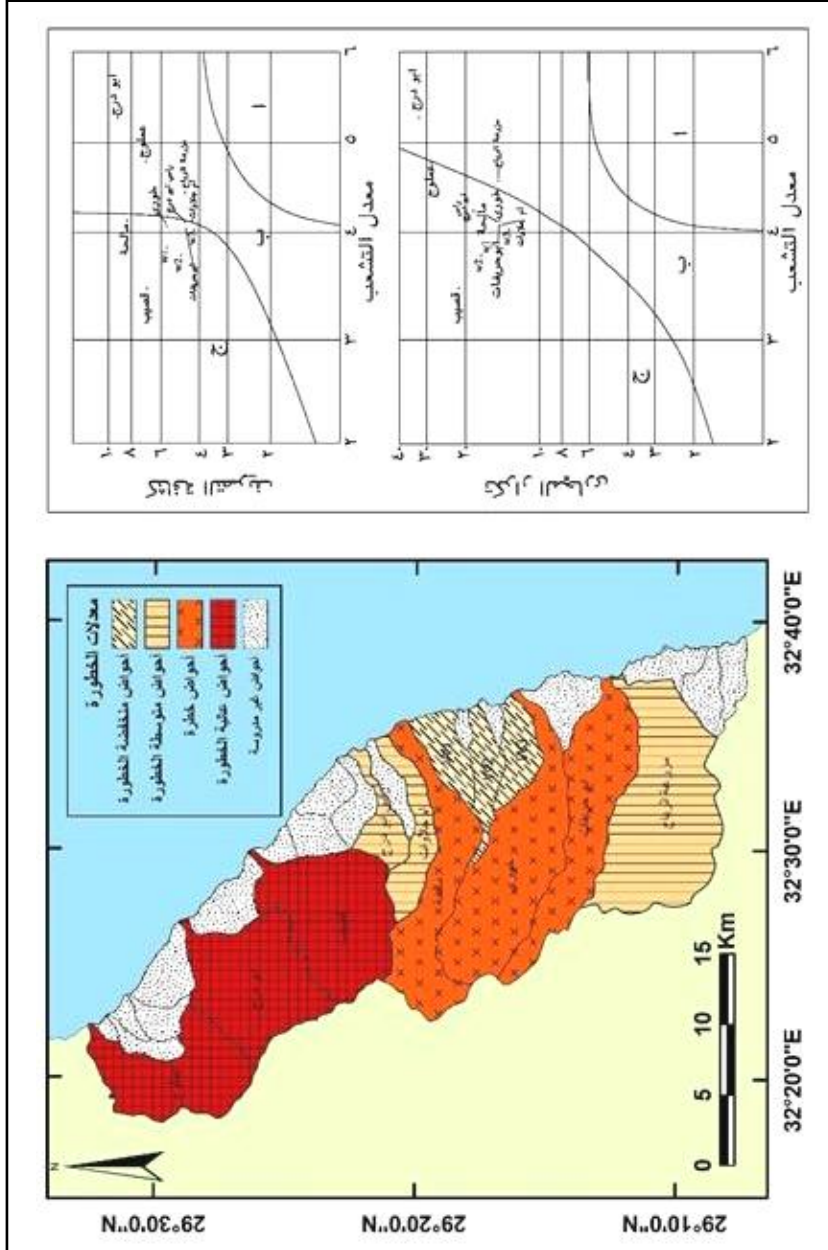
(١) (أ) الأحواض ذات احتمالات السيول الضعيفة وتواجد المياه الجوفية بكثرة، (ب) يشير لأحواض ذات احتمالات السيول العالية والمياه الجوفية المنخفضة، في حين (ج) مرحلة متوسطة، حيث يشمل الأحواض ذات احتمالات السيول المتوسطة وتواجد المياه الجوفية المتوسطة.

- تقع باقي الاحواض في الحقل (ج) أي انها ذات احتمالية سيول ومياه جوفية متوسطة، وتتنم اغلب هذه الاحواض بصغر ابعادها المساحية حيث تنحدر من الحافة مباشرة وتمتد فوق رواسب الزمن الرابع حيث يتسرب جزء كبير من المياه عبر الفواصل والشقوق.

تم الاعتماد على نواتج الدراسة المورفومترية السابقة وعمل وزن النوعي لكل عنصر مورفومتري لأحواض المنطقة^(١) ومن خلالها تم رسم خريطة توضح درجة الخطورة للأحواض كما يوضح الشكل رقم (٦) حيث تم تقسيم الأحواض إلى أربع فئات حسب وزنها النوعي وهي؛

- أحواض عالية الخطورة : تمثلها أحواض (أبو درج، عملوج، قصيب) حيث بلغت (١.٦٩، ١.٥٢، ١.٤٩)؛ وتتميز هذه الأحواض بكبر المساحة الحوضية حيث تتبع من سطح الهضبة، بالإضافة لانحدار السطح الواضح، حيث يعطي تصريف مائي أكبر.
- احواض خطرة : شكلتها احواض (مالحة، خوري، أبو جريفات) حيث سجلت (١.٢٢، ١.٢٠، ١.٠٤) وتتنم بالمساحة الحوضية الكبيرة الي جانب ميلها للاستطالة وانحدار السطح وتتمثل خطورة هذه الأحواض على محور الطريق الساحلي، مما يجعل حدوث أي جريان سيلبي خطر لكون هذه الأودية عمودية على الطريق الساحلي.
- أحواض متوسطة الخطورة : وشملت كلا من (ام جلاوات، مزرعة الرياح، راس أبو درج) حيث بلغت على الترتيب (٠.٨٧، ٠.٧٨، ٠.٧٤)، وتتنم هذه الاحواض بصغر أبعاده المساحية، ماعدا حوض مزرعة الرياح فيمثل أكبر الاحواض بالمنطقة؛ ولكن طبيعية رواسب الزمن الرابع التي تغطي معظم الحوض أدت لتقليل درجة الخطورة الي جانب قلة الانحدار وزيادة الطول الحوضي.

(١) استخدم برنامج SPSS V. 20 في ادخال الخصائص المورفومترية والتضاريسية للأحواض ضمن مصفوفة إحصائية لترتيب كل عنصر حسب قيمته تنازليا ثم حساب متوسط ترتيب الحوض لكل عنصر على مقياس من (صفر: ١)، ثم اخذ القيم المتوسطة لكل حوض لجميع المتغيرات المورفومترية.



- أحواض قليلة الخطورة : وتشمل أحواض (W1، W2، W3) ولعل انخفاض معدل خطورة هذه الاحواض يرجع لصغر المساحة الحوضية والاستطالة الواضحة وصغر العرض الحوضي.

ثالثاً - خصائص انحدار السطح :

تهدف دراسة المنحدرات لمعرفة طبيعية السطح وأنواع المنحدرات وطبيعتها، والعوامل والعمليات الجيومورفولوجية المؤثرة فيها، الي جانب الوقوف على نطاقات الخطورة بها وبخاصة حركة المواد على المنحدرات والتساقط الصخري.

(١) الخصائص المورفولوجية للمنحدرات :

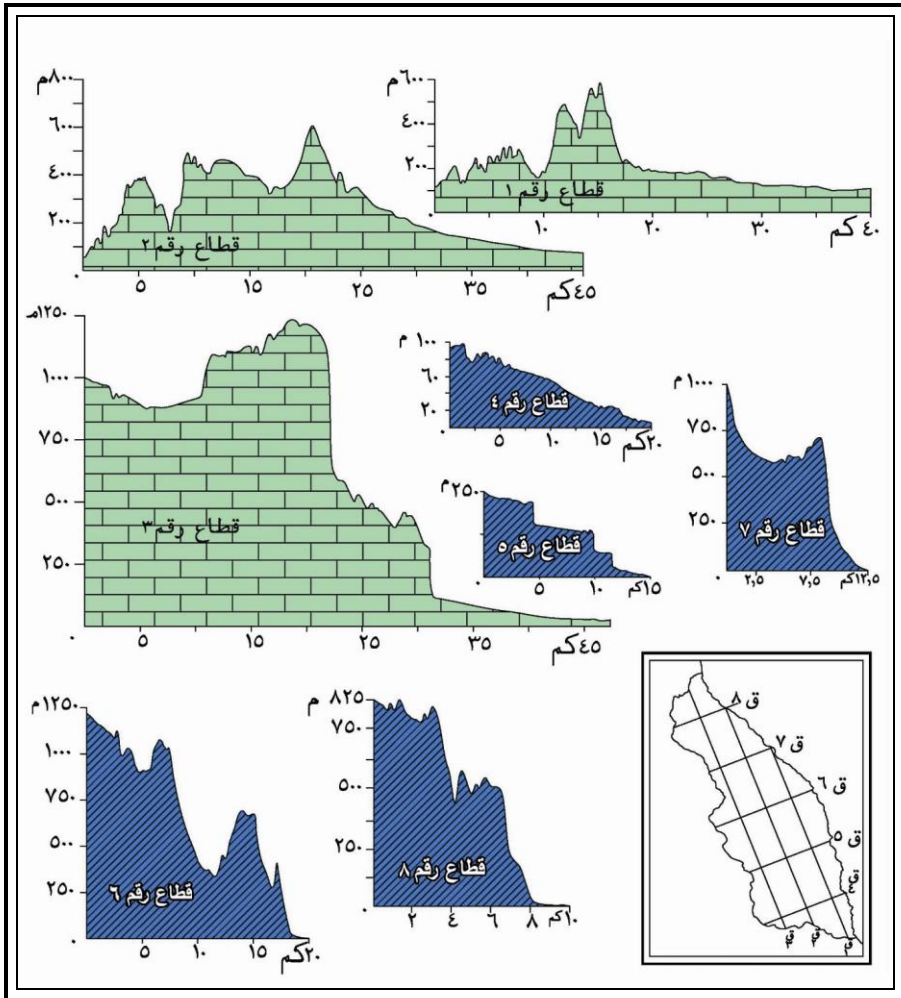
- تحليل القطاعات التضاريسية :

رسمت القطاعات التضاريسية (شكل ٧) بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة، وتم انشاء ثمانية قطاعات تضاريسية؛ بواقع ثلاثة قطاعات كل ٥ كم تمتد من الشمال الغربي / الجنوب الشرقي بمحاذاة خليج السويس، وخمسة قطاعات كل ١٠ كم عمودية على خط الشاطئ من الشرق / الغرب، وقد روعي أن تمر بمعظم الظاهرات الجيومورفولوجية وبخاصة الحافة الرئيسية، ومن خلال دراسة القطاعات اتضح ما يلي:

- بلغ اجمالي اطوال القطاعات نحو ٢٠٧.٥ كم، شكلت القطاعات الطولية (شمال غرب / جنوب شرق) نحو ١٣٠ كم بما يعادل ٦٢.٦٥٪ من الطول الكلي للقطاعات التضاريسية، بينما مثلت القطاعات العرضية ٧٧.٥ كم نحو ٣٧.٣٥٪، ولعل ذلك يرجع للانحدار الشديد للحافة؛ حيث تنسم الاودية بقصر الطول الحوضي والانحدار الشديد، ويمكن ارجاع ذلك للظروف التكتونية التي مرت بها المنطقة.
- شكلت القطاعات الشمالية المنحدرة من الحافة الجبلية نحو الخليج اشد القطاعات انحدار؛ حيث بلغ القطاع رقم (٨) معدل الانحدار (١٢/١م)، يليه القطاع رقم (٧) بمعدل انحدار (١٢.٥/١م) وبلغ معدل انحدار القطاع رقم (٦) نحو (١٦/١م)

ويرجع زيادة معدل انحداره، لكون هذه القطاعات تقطع السطح الهضبي والحافة الجبلية (أيوسين اوسط) وضيق السهل الساحلي في الشرق، الي جانب قصر اطوالها.

- مثل القطاع رقم (٤) اقل معدل الانحدار (٢١٠/١م) حيث يمتد جنوبي المنطقة، حيث استطاعت عوامل التعرية المائية تخفيض السطح وتسوية اغلب أجزائه (رواسب فيضيه) واقتصر ظهور تكوينات الكربوني في المنابع العليا فقط.



شكل (٧) : القطاعات التضاريسية بمنطقة الدراسة.

- شكل القطاع رقم (٣) اشد القطاعات الطولية انحدارا بمعدل انحدار (٣٨/١م) حيث يخرق في اقله السطح الهضبي في الشمال مارا بالحافة الجبلية في الجنوب ثم بالأراضي السهلية حتى حدود منطقة الدراسة في الجنوب.

من خلال دراسة القطاعات التضاريسية العرضية اتضح ضيق السهل الساحلي في شمال منطقة الدراسة حيث لم يتعدى مائة متر في اقله، بينما يتسع السهل الساحلي في الأجزاء الجنوبية؛ ويرجع ذلك لعظم مائبة الاودية الجنوبية وبخاصة وادي مزرعة الرياح الي جانب ضعف التكوينات الجيولوجية امام عوامل التعرية المختلفة.

جدول (٣) : الخصائص العامة للقطاعات التضاريسية بمنطقة الدراسة.

رقم القطاع	الطول كم	اعلي منسوب بالمتر	ادني منسوب بالمتر	الفارق الرأسى	معدل الانحدار	التكوين الجيولوجي
١	٤٠	٦٠٠	١٢٥	٤٧٥	٨٤/١ م	رواسب فيضيه + ترياسي/ برمي + كريتاسي
٢	٤٥	٧٠٠	٩٠	٦١٠	٧٤/١ م	رواسب فيضيه + كريتاسي + إيوسين اوسط
٣	٤٥	١٢٥٠	٦٥	١١٨٥	٣٨ /١ م	رواسب فيضيه + كريتاسي + إيوسين اوسط
٤	٢٠	٩٥	٠	٩٥	٢١٠ /١ م	رواسب فيضيه + كربوني
٥	١٥	٢٥٠	٠	٢٥٠	٦٠ /١ م	رواسب فيضيه + كريتاسي + برمي/ ترياسي
٦	٢٠	١٢٤٠	٠	١٢٤٠	١٦/١ م	إيوسين أوسط + كريتاسي + كربوني
٧	١٢.٥	١٠٠٠	٠	١٠٠٠	١٢.٥٠ /١ م	
٨	١٠	٨٢٥	٠	٨٢٥	١٢/١ م	

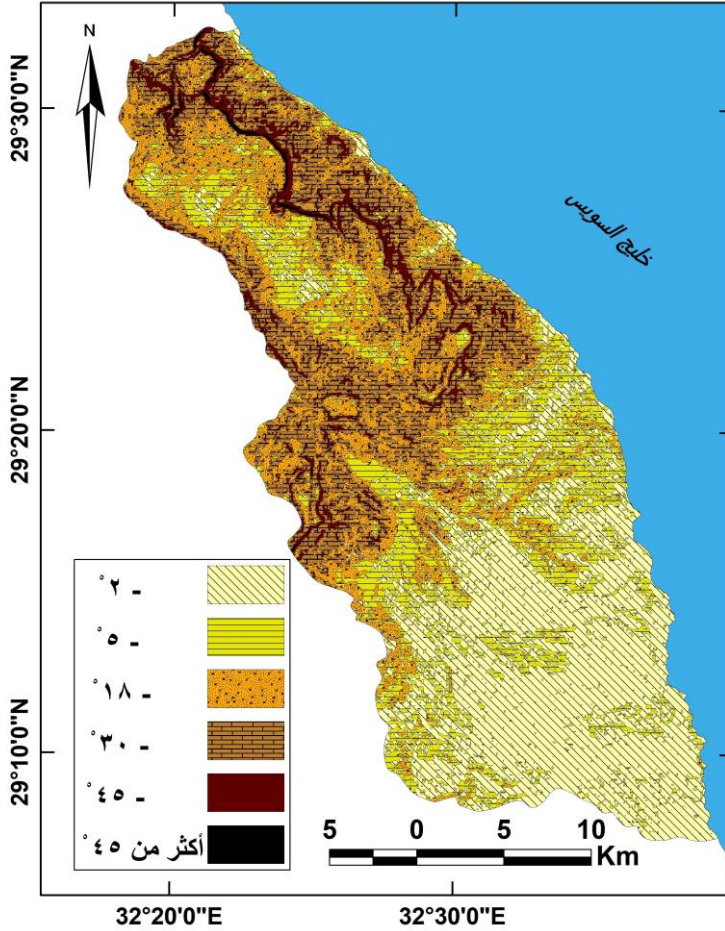
- انحدار المنطقة (خريطة كوربليث الانحدار):

ينحدر سطح منطقة الدراسة بصفة عامة من الغرب نحو الشرق، ومن الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، بمتوسط العام لدرجة انحدار المنطقة (٥.٨٦ / ١٠٠ م) بما يعادل نحو (٣.٣٥°)، وتتباين درجة الانحدار في مختلف أجزاء المنطقة؛ بسبب الظروف التكتونية التي عانت منها المنطقة، الي جانب قصر الطول الحوضي؛ حيث تتحدر الاودية مباشرة من المنحدرات الشرقية لهضبة الجلالة البحرية نحو خليج السويس. تم رسم خريطة كوربليث الانحدار^(١) (شكل ٨)، وتقسيم المنطقة إلى ست فئات انحداريه، اعتماداً على تصنيف ينج (Young, 1974, pp. 172-175)، جدول رقم (٤) ويمكن عرض كالتالي:

- تشكل الانحدارات الهينة جداً Very Gentle (صفر°-٢°) مساحة تقدر بحوالي ٢٣٧.٩٦ كم^٢ بنسبة بلغت ٣٢.٢٥٪ من جملة مساحة منطقة الدراسة، وتتركز في نطاق كبير يتفق مع توزيع تكوينات الزمن الرابع، بالإضافة بقاع من سطح الهضبي من ناحية الغرب والشمال الغربي، الي جانب شريط يمتد من حضيض المنحدرات الشرقية حتى ساحل الخليج.
- تشغل الانحدارات الهينة Gentle (٢°-٥°) حوالي ١٦٩.٤٥ كم^٢، بما يعادل ٢٢.٩٦٪ من مساحة منطقة الدراسة، وتظهر إلى الغرب من النطاق السابق، تظهر علي هيئة نطاقات منعزلة في جنوب المنطقة ويرجع ذلك لضعف ليثولوجية الصخور وعظم التصريف المائي للأودية، وتضم هذه الفئة التلال المنعزلة داخل المناطق المستوية بالقرب من مصبات الأودية، وتظهر فوق السطح الهضبي حيث الموضوع المقترح لمدينة الجلالة الجديدة.

(١) تم رسم خريطة الانحدار باستخدام برنامج Arc GIS بحساب معدل درجة الانحدار داخل كل مربع من المربعات، عن طريق رسم شبكة مربعات طول كل ضلع ١ كم على الطبيعة، ثم إيجاد الفارق الرأسي بين

أعلى وأدنى خط كنتور، وقسمة الفارق الراسي على المسافة الأفقية، ثم تقسيم المنطقة لنطاقات من الانحدار حسب درجات الانحدار.



شكل (٨) : خريطة كوريليث الانحدار لمنطقة الدراسة.

تمثل الانحدارات المتوسطة وفوق المتوسطة (٥°-١٨°) نحو ١٧١.٧٠ كم^٢، بنسبة بلغت ٢٣.٢٧٪ من جملة مساحة منطقة الدراسة، حيث تحتل المرتبة الثانية من حيث المساحة، وتحيط الانحدارات المتوسطة السطح الهضبي فوق المنحدرات الشرقية من الحدود الغربية حتى

الحدود الشمالية لمنطقة الدراسة، حيث تقطعها الأودية، وتظهر في الجزء الغربي بالمنطقة (موضع مدينة الجلالة) حيث تطوق حواف المدينة.

جدول (٤) : فئات معدل الانحدار بمنطقة الدراسة.

الفئة	٢-٠	٥-٢	١٨-٥	٣٠-١٨	٤٥-٣٠	٤٥ فأكثر	الجملة
المساحة كم ^٢	٢٣٧.٩٦	١٦٩.٤٥	١٧١.٧٠	١١٦.٦٢	٣٦.٦١	٥.٥٦	٧٣٧.٩٠
النسبة المئوية	٣٢.٢٥	٢٢.٩٦	٢٣.٢٧	١٥.٨٠	٤.٩٦	٠.٧٥	%١٠٠

- تشكل الانحدارات الشديدة نسبياً Steep (18° - 30°) مساحة تقدر بحوالي ١١٦.٦٢ كم^٢، ونسبة بلغت ١٥.٨٠% من جملة مساحة منطقة الدراسة، وتمتد في نطاقات على المنحدرات الوسطى والعليا للحافات الجبلية بمنطقة الدراسة، وتختفي في جنوب منطقة الدراسة؛ حيث تتلاشى الحافة بالإضافة إلى مجموعة من المواضع المتناثرة تتفق مع القمم الجبلية في غرب منطقة الدراسة وفوق سطح الهضبة.

- تمثل الانحدارات الشديدة جدا very Steep (30° - 45°) مساحة تقدر بحوالي ٣٦.٦١ كم^٢، ونسبه بلغت ٤.٩٦% من جملة مساحة منطقة الدراسة، وتمتد في نطاق طولي يشغل المنحدرات العليا يرتبط ظهورها بالقمم الجبلية شديدة الانحدار في نطاق الحافة الرئيسية المطلة على خليج السويس؛ مشكلة عائق للامتداد العمراني لمدينة الجلالة نحو الشرق، وفي المناطق المرتفعة في غرب منطقة الدراسة.

- تشكل الانحدارات الجروف Cliff (45° - 90°) نحو ٥.٥٦ كم^٢ بما يعادل ٠.٧٥% من منطقة الدراسة، وتظهر على هيئة نطاقات منعزلة داخل الانحدارات الشديدة جدا تتفق مع القمم الجبلية والحواف الراسية التي تحد موقع مدينة الجلالة الجديدة من الشرق، والمناطق المضرسة والأكثر وعورة في المنطقة.

يسود بالمنطقة الأجزاء الهينة الانحدار والمستوية نحو ٥٥.٢١% من جملة مساحة المنطقة، في حين تشكل الأجزاء المتوسطة وشديدة الانحدار حوالي ٣٩.٠٧%

من إجمالي مساحة منطقة الدراسة؛ وهي ترتبط بنطاق الحواف الرئيسية والمنحدرات الشرقية للهبضة وموضع مدينة الجلالة غربي منطقة الدراسة.

٢) تحليل القطاعات الميدانية للمنحدرات :

تمثل دراسة المنحدرات ركن أساسي في مجال الدراسات الجيومورفولوجيا؛ لأهميتها في توضيح العوامل والعمليات الجيومورفولوجية المؤثرة في نشأت المنحدرات وتطورها، بالإضافة لدراسة حركات المواد والتساقط الصخري، وتأثيرها على تطور المنحدرات، ومدى خطورتها على الأنشطة البشرية والتوسع العمراني بمنطقة الدراسة.

اعتمد في دراسة منحدرات المنطقة على المسح والقياس الميداني لمنحدرات واجهة الحافة الجبلية وعلى كلا جانبي الطريق الجديد (العين السخنة - الزعفرانة)، وقد تم قياس نحو ٣٠ قطاعاً ميدانياً، بواقع ١٩ قطاع على منحدرات الحافة الجبلية و ١١ قطاع على كلا جانبي منحدرات الطريق، اعتمد علي طريقة عبد الرحمن وآخرون في تحليل التقوس (Abd El-Rahman, et al., 1981, pp. 17-41)، حيث تعد أنسب الطرق التي تلائم قياس منحدرات المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث علاجه أوجه القصور في طريقة ينج (الدسوقي، ١٩٨٧) وفيما يلي دراسة لبعض خصائص المنحدرات كالتالي:

أ- الخصائص المورفومترية العامة لقطاعات منحدرات الحافة :

يوضح الملحق رقم (٣) بعض الخصائص العامة لقطاعات الحافة، ويمكن إيجازها كما يلي:

- بلغ إجمالي أطوال القطاعات المقاسة نحو ٨٢٤٥ متر، بمتوسط عام ٤٣٣.٩٥ متر، وتباينت هذه الأطوال بين ٦٠٠ متر في القطاع رقم (١) الممتد على منحدرات الحافة الرئيسية في نطاق جبل خشم الجلالة في الأجزاء الشمالية لحوض وادي عملوج، وبين ٢٩٠ متراً في القطاع رقم (١٦) الممتد على منحدرات الحافة في نطاق المنابع العليا لوادي خوري؛ ويرجع التباين في أطوال القطاعات لاختلافات الخصائص الليثولوجية للصخور ومدى استجابتها لعمليات التجوية وعوامل التعرية (المائية)، الي جانب التأثير الواضح للحركات الصدعية في شمال منطقة الدراسة.

- سجل المتوسط العام لزوايا انحدار القطاعات (٢٧.٠٥°)، مما يشير لوقوعها ضمن فئة الانحدارات الشديدة، ويشير ذلك لتشتت قيم متوسط الانحدار؛ حيث بلغت قيمة الانحراف المعياري (± 17.91) وبلغت قيمة معامل الاختلاف النسبي ٦٧.٤٠٪، مثلت فئة انحدار شديد نحو ٥٢.٦٣٪ يليه فئة انحدار شديد جدا ٤٢.١١٪ في حين اقتصرت فئة انحدار فوق متوسط ٥.٢٦٪ ويمكن ارجاع ارتفاع متوسطات زوايا الانحدار على منحدرات الحافة لطبيعة نشأتها الصدعية، بالإضافة لصلابة ومقاومة الصخور الإيوسينية لعوامل التعرية.
- بلغ متوسط نسبة المسافات الأرضية المغطاة بالهشيم نحو ٤٥.٨٥٪ من الطول الكلي للقطاعات، وتتركز نسبة كبيرة من الرواسب والمفتتات وركامات الهشيم على الأجزاء الدنيا من القطاعات على اقدم الحافة، وترتفع نسبة المسافات الأرضية المغطاة بالهشيم في قطاعات الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من الحافة (قطاعات ١٦، ١٧، ١٨، ١٩) ولعل ذلك يرجع لطبيعية التكوينات الجيولوجية قابلية الصخور لعمليات التجوية المختلفة، الي جانب تأثير شبكات التصريف التي تخترق واجهة الحافة.
- أمكن تصنيف زوايا انحدار الحافة حسب تصنيف ينج لسبع فئات لكل منها خصائص انحداريه كما في الجدول التالي:

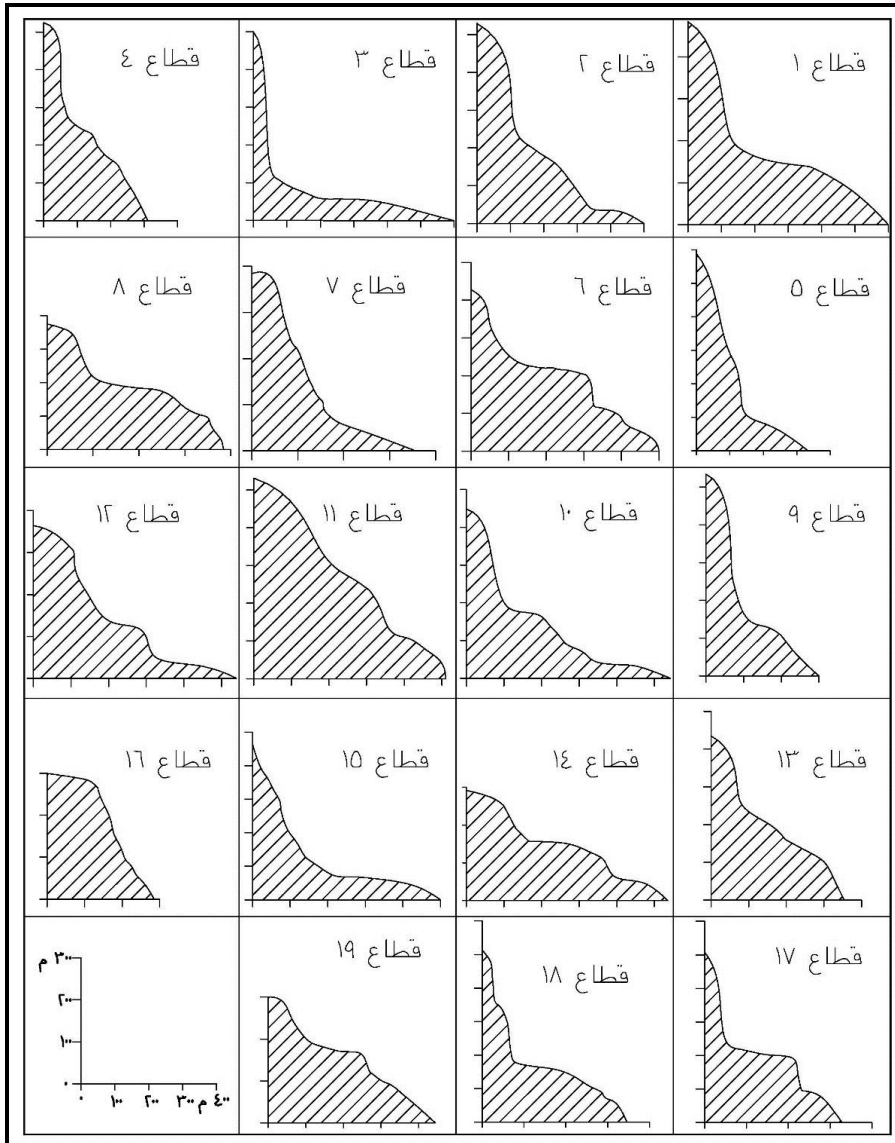
جدول (٥) : التوزيع التكراري لفئات زوايا الانحدار على منحدر الحافة الرئيسية.

شكل المنحدر	مستوى	خفيف	متوسط	فوق متوسط	شديد	شديد جدا	رأسي
مدى الفئة	صفر-	-٣	-٦	-١١	-١٩	-٣١	٤٥ فأكثر
المسافة الأفقية٪	١٧.٤١	١٠.٥٥	٨.٣٥	٧.٣٢	١٤.٥١	١٦.٤٥	٢٥.٤١
الزوايا الشائعة	٢	٥	٧	١٣	٢٢	٣٨	٨٨
نسبة الزوايا الشائعة	٨.٦٥	٥.٧٦	٢.٢٧	١.١٥	٣.٦١	٥.٣٥	١٤.٦٥
الحدية السفلي	صفر	٣	٦	١١	١٩	٣١	٤٥
الحدية العليا	٢.٥	٥.٥	١٠	١٨	٣٠	٤٤	٩٠

عدد الزوايا	٣٣	١٩	٣٥	٦٥	٥٩	٤٧	٥٥
-------------	----	----	----	----	----	----	----

- شكلت منحدرات الجروف المرتبة الأولى بنسبة ٢٥.٤١٪ من أطوال منحدرات منطقة الدراسة، وترجع هذه النسبة المرتفعة لطبيعة الخصائص البنيوية وما مرت به حركات تكوينية، بالإضافة إلى ما تشكله الجبال المرتفعة شديدة الصلابة خاصة في غرب المنطقة، الي جانب طبيعة الحافة الرئيسية شديدة الانحدار، مما أدى إلى تعميق المجارى المائية مجاريها بالنحت الرأسى، وتعد الزاوية (٨٨°) هي الزاوية الشائعة وأكثر زوايا المنحدرات الراسية تكرار وطولا بنسبة ١٤.٦٥٪ من الطول الكلى للمنحدرات.
- احتلت الانحدارات الهيئة المرتبة الثانية في منحدرات منطقة الدراسة بنسبة ١٧.٤١٪، وتشغل هذه الانحدارات المناطق المستوية وقيعان الأودية وأسطح المراوح الفيضية التي عملت الأودية على تكوينها، وتمثل الزاوية (٢°) الزاوية الشائعة حيث أكثر زوايا هذه الفئة تكرارا وتبلغ نسبة طولها ٨.٦٥٪ من الطول الكلى لمنحدرات منطقة الدراسة، وترتبط هذه الزاوية بأسطح رواسب غسل المنحدرات التي أرسبت بفعل المياه على أقدام المنحدر، كما هو الحال في القطاعات (١٦، ١٧، ١٨، ١٩).
- جاءت المنحدرات الشديدة جدا المركز الثالث بنسبة ١٦.٤٥٪ من اجمالي أطوال المنحدرات، وتمثل الزاوية (٣٨°) الزاوية الأكثر تكرارا بنسبة طول ٥.٣٥٪ من الطول الكلى للمنحدرات. وتظهر هذه الفئة في أعالي الحافة حيث الكتل الصخرية المنهارة، ومخاريط الهشيم الخشنة التي تحتوي على بعض الجلاميد والكتل الصخرية ويتركز معظمها في أعالي القسم الأوسط من القطاعات.
- تمثل سطوح المنحدرات المتوسطة وفوق المتوسطة نحو ١٥.٦٧٪ من الطول الكلى للمنحدرات، وتمثل الزوايا (١٣°)، (٢٢°) الزوايا الشائعة للمنحدرات المتوسطة وفوق المتوسطة على الترتيب.

شكلت المنحدرات الشديدة والشديدة جدا والرأسية تمثل نحو ٥٦.٣٧٪ من جملة أطوال المنحدرات، وهي نسبة مرتفعة توضح شدة تأثير الحافة بالصدوع والفواصل التي عاصرت نشأة خليج السويس، وما ترتب عليه من شدة الانحدار وعدم استقرار للمواد على المنحدرات، حيث تظهر الواجهات الصدعية حرة عارية من الرواسب.



شكل (٩) : القطاعات الميدانية للحافة الشرقية لمنطقة الدراسة.

بدراسة زاوية مدي استقرار المواد على منحدرات الحافة الرئيسية تراوحت بين (٣٤ : ٤٠) ويتفق ذلك المدى مع نتائج الدراسات التي أجريت على بعض أشكال السطح في مصر، حيث تراوح هذا المدى بين (٣٦ : ٣٩) على منحدرات بعض التلال في مصر (الدسوقي، ١٩٨٧). كما تراوح بين (٣٥ : ٣٩) في منحدرات الحافة الجبلية فيما بين رأس أبو بكر والزعفرانة (صالح، ١٩٩٥).

- معدلات تقوس قطاعات الحافة الرئيسية :

بدراسة معدلات التقوس لقطاعات الحافة الرئيسية بمنطقة الدراسة ملحق رقم (٣) اتضح الاتي:

- بلغت نسبة القطاعات التي يسودها الشكل المقعر نحو ٥٢.٦٣% من العدد الكلي لقطاعات الحافة، في حين بلغت نسبة القطاعات التي يسودها الشكل المحدب ٣٦.٨٤%، مما يشير لسيادة القطاعات المقعرة وبالتالي التأثير الواضح للمياه الجارية في تشكيل المنحدرات.
- شكات العناصر المقعرة اعلي نسبة من الطول الكلي للمسافات الأرضية لأطوال قطاعات الحافة نحو ٤٤.٦٦%، وقد تراوحت درجات التقوس بين (٣ : ٨١)°، كما تباينت أطوال المسافات الأرضية التي تشغلها بين (٥.٥ : ٣٤٥ م)، واتسمت العناصر المقعرة بانتشار الرواسب والمفتتات عليها الي جانب مخاريط الهشيم، حيث بلغت المسافات الأرضية المغطاة نحو ٢١٣٠ متر بما يعادل ٦٦.٣٨% من إجمالي أطوال المسافات الأرضية المقعرة في القطاعات، وهذا يعكس دور عمليات التجوية المختلفة في إعادة تشكيل سطح المنحدرات المقعرة من خلال التفكك وتحلل الصخور.
- جاءت العناصر المحدبة في المرتبة الثانية، من حيث الاطوال الأرضية للقطاعات المقاسة ٣٠٨٠ متر بما يعادل ٤٢.٨٧% من إجمالي أطوال القطاعات، وتباينت

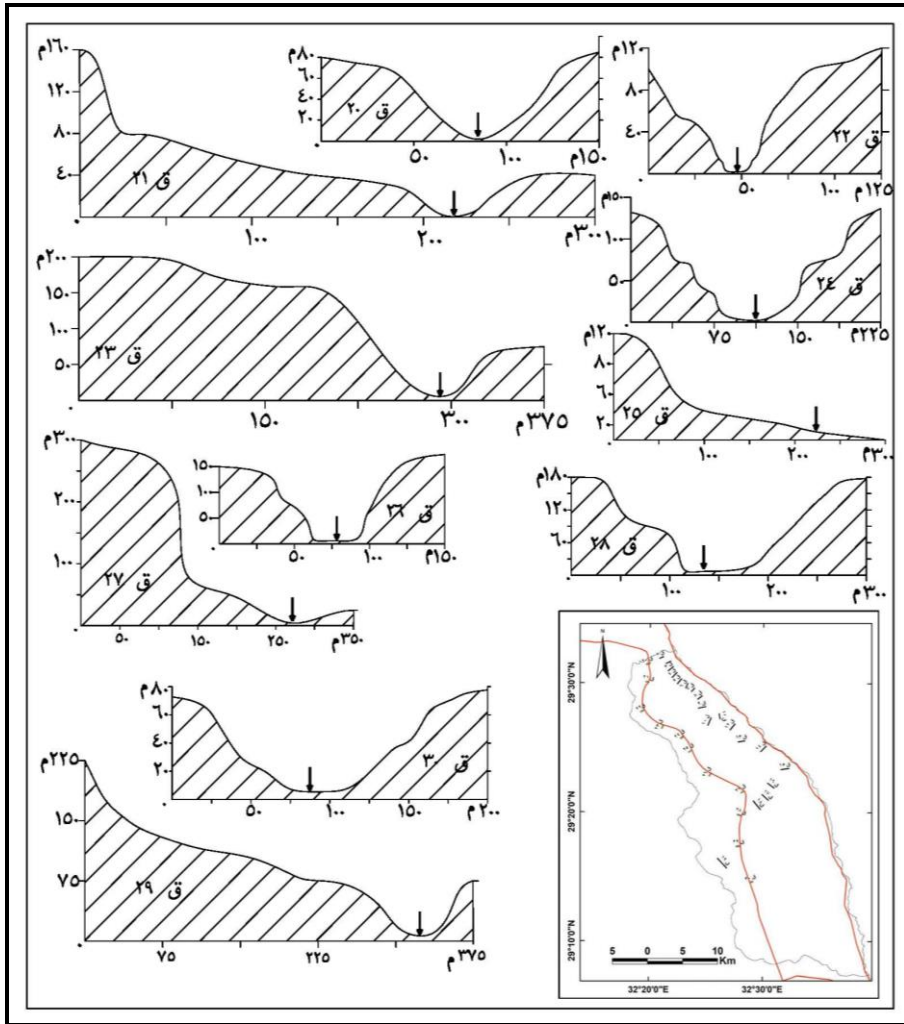
- زوايا التقوس بين (٣: ٩٠°) وكذلك أطوال المسافات الأرضية التي تشغلها بين اقل من متر و ٢٢٠ متر، وتغطي الرواسب ومخاريط الهشيم نحو ٥٤.٣٨٪ من الطول الكلي للمسافات الأرضية المحدبة في قطاعات الحافة (١٦٧٥ متر)، وقد ارتبط وجود هذه العناصر بالمناطق التي تسود فيها الرواسب الخشنة الجلاميد والكتل وبخاصة في نطاق الصخور الكريتاسية؛ حيث تتسم بكثرة الحجر الجيري والحجر الرملي والطفل، وغناها بالفواصل والشقوق مما يزيد من فعل النحت والتآكل.
- ارتبطت الأجزاء المستقيمة بالواجهات الحرة في القطاعات؛ حيث تتسم بالانحدار المنتظم، وبلغت نسبة الأجزاء المستقيمة نحو ٨٩٦ متر حوالي ١٢.٤٧٪ من جملة أطوال قطاعات الحافة، كذلك تظهر في أسفل المنحدر نتيجة تراكم المفتتات والرواسب الناعمة على المنحدرات مما يساعد على تشكيل المنحدرات المستقيمة ذات الانحدار الهين.
- بلغت نسبة العناصر المحدبة للعناصر المقعرة (١: ١٠.٠٤) مما يشير لتطور منحدرات الحافة وتعد عوامل التعرية المائية هي العامل الرئيسي في تشكيل منحدرات الحافة.

ب- التحليل المورفومتري لمنحدرات جانبي الطريق :

تم دراسة وقياس أحد عشر قطاع عرضي على طريق (العين السخنة - الزعفرانة) والذي يمر في الأجزاء الغربية لمنطقة الدراسة (شكل ١٠)، وفيما يلي دراسة لبعض الخصائص المورفومترية ومعدلات التقوس:

- الخصائص المورفومترية العامة للقطاعات الطريق:
- يمكن إيجاز الخصائص المورفومترية العامة للقطاعات منحدرات جانبي الطريق كما يلي:
- بلغ إجمالي أطوال القطاعات على محور الطريق نحو ٢٨٥٠ متر بمتوسط عام ٢٥٩ متر؛ ويرجع التباين في أطوال القطاعات المقاسة لمدي قرب او بعد

محور الطريق من منحدرات نطاق خط تقسيم المياه في الغرب، حيث شكل القطاع رقم (٢٣، ٢٩) أطول القطاعات ٣٧٥ متر في حين مثل القطاع رقم (٢٢) أقصر القطاعات ١٢٥ متر، وتباينت أطوال القطاعات على كلا جانبي الطريق حيث شكلت اطوال الأجزاء الغربية نحو ١٨٢٩ متر بما يعادل ٦٤٪ من الطول الكلي لقطاعات محور الطريق.



- شكل (١٠) : القطاعات الميدانية على جانبي الطريق (العين السخنة - الزعفرانة).
- بلغ متوسط زوايا انحدار القطاعات نحو (٢٨.٤٦°) مما يوضح وقوع المنحدرات ضمن فئة الانحدار الشديد حسب تصنيف ينج (Young, 1973, pp. 161-168)، ولوحظ وقوع جميع القطاعات ضمن فئة الانحدار الشديد معدا القطاع رقم (٢٧) حيث بلغ فئة الانحدار الشديد جدا، وتراوحت درجة الانحدار على كلا جانبي الطريق بين (٣٣°) للقطاع رقم (٢٧) ويمثل مخرج الطريق الجنوبي من الحافة الجبلية، و (٤٧.٤٧°) للقطاع رقم (٢٩) ويرجع انخفاض الانحدار لمرور الطريق داخل رواسب فيضيه.
- تباينت أطوال قطاعات للجانب الغربي بين ٢٩٢ م للقطاع رقم (٢٣)، و ٨٠ م بالقطاع رقم (٣٠) بينما تباينت الأطوال في الجانب الشرقي بين (١٨٠ م) بالقطاع (٢٧)، وانعدمت الأطوال للقطاع رقم (٢٥) حيث يمر الطريق على الأجزاء الدنيا للقطاع ويعقبه انخفاض شديد (نقطة تجديد مياه).
- اختلاف متوسط زوايا الانحدار للقطاع الواحد على طول محور الطريق حيث بلغ للجانب الغربي (٢٩.٩٤°) و (٢٤.٥٦°) للجانب الشرقي، كذلك تباينت درجة الانحدار على مستوى القطاع الواحد، حيث بلغت ادناها بالجانب الغربي (٢٠.٨٣°) بالقطاع رقم (٢٣)، وبلغت أقصاها (٣٨.٣٣°) للقطاع رقم (٢٢)، كذلك تراوحت درجة الانحدار للجانب الشرقي بين (٢٢.٢٥°) بالقطاع رقم (٢٧) وبين (٣٢.٨٨°) للقطاع رقم (٢٢)، ويلاحظ ان القطاع رقم (٢٢) مثل فئة الانحدار الشديد جدا على كلا جانبي الطريق.
- ارتفعت قيم معامل الاختلاف للقطاعات (٢٣، ٢٨، ٢٩، ٢١، ٣٠)، ويرجع ارتفاع قيم معامل الاختلاف لهذه القطاعات؛ لشدة صلابة تكوينات الإيوسين وبخاصة المنحدرات الغربية الي جانب تأثير الصدوع الواضح، في حين ارتفع معامل الاختلاف في القطاعات الباقية بسبب صلابة التكوينات الجيولوجية علي الجانب الغربي للطريق مقارنة بالرواسب الفيضية في الجانب الشرقي، ويشير ارتفاع معامل الاختلاف لتشتت زوايا الانحدار بالنسبة للمتوسط العام لكل

قطاع، حيث تتباين زوايا الانحدار على طول هذه القطاعات، في حين انخفضت قيم معامل الاختلاف لباقي القطاعات، مما يشير لتقارب زوايا الانحدار من المتوسط العام للقطاع وتتجانس زوايا الانحدار.

- سجلت الأجزاء المغطاة بالرواسب والمفتتات حوالي ٤٠.٩٨٪ من جملة اطوال القطاعات المقاسة علي محور الطريق في حين بلغت الأجزاء المكشوفة ٦٠.٠٢٪، ويلاحظ ارتفاع نسبة الأجزاء العارية من الرواسب علي مستوي القطاع الواحد؛ في قطاعات شمال ووسط منطقة الدراسة بلغت الأجزاء المكشوفة اكثر من ٧٠٪ في قطاعات ارقام (٢٥، ٢١، ٢٢، ٢٤) علي الترتيب ويرجع ذلك لطبيعية التكوينات الجيولوجية وأنظمة الفواصل المتعامدة، الي جانب الاعمال الهندسية لإنشاء الطريق والتي جردت المنحدرات من الرواسب، في حين انخفضت نسبة الأجزاء المكشوفة جنوب المنطقة عقب خروج الطريق من نطاق الحافة الجبلية كما في قطاعات (٢٨، ٢٩، ٣٠) ويرجع ذلك لطبيعية الرواسب الفيضية التي تغطي جنوبي المنطقة.

تم تصنيف زوايا انحدار منحدرات جانبي الطريق حسب تصنيف ينج للفئات الانحدارية التالية جدول رقم (٦).

جدول (٦) : التوزيع التكراري لفئات زوايا الانحدار على منحدر محور الطريق.

شكل المنحدر	مستوى	خفيف	متوسط	فوق متوسط	شديد	شديد جدا	رأسي
مدى الفئة	صفر-	-٣	-٦	-١١	-١٩	-٣١	٤٥ فاكثر
المسافة الأفقية٪	١٣.٩٨	١١.٥٤	٦.٤٧	٨.٦٣	١٣.٧٩	١٤.٣٥	٣١.٢٤
الزوايا الشائعة	٢.٠٠	٤.٠٠	٩.٠٠	١٥.٠٠	٢٤.٠٠	٣٥.٠٠	٧٩.٠٠
نسبة الزوايا الشائعة	١١.٦٥	٦.٧٨	٣.٦٤	٦.٧٢	٨.٢٩	٦.٢١	١١.٩٣
الحدية السفلي	صفر	٣.٠٠	٦.٠٠	١١.٠٠	١٩.٠٠	٣١.٠٠	٤٥.٠٠
الحدية العليا	٢.٥٠	٥.٥٠	١٠.٠٠	١٨.٠٠	٣٠.٠٠	٤٤.٠٠	٩٠.٠٠

عدد الزوايا	٢٦.٠٠	١٧.٠٠	١٩.٠٠	٢٣.٠٠	٢١.٠٠	٢٤.٠٠	٣٥.٠٠
-------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

- احتلت المنحدرات الرأسية النسبة الأكبر من أطوال منحدرات جوانب الطريق ٣١.٢٤٪ وتتألف من جروف معظمها من صخور الحجر الجيري الإيوسيني على هيئة واجهات حرة وخاصة في نطاق مدخل الطريق في شمال منطقة الدراسة وتعد الزاوية (٧٩) الزاوية الشائعة وتمثل نحو ١١.٩٣٪ من جملة أطوال زوايا منحدرات جوانب الطريق. جاءت المنحدرات الشديدة جدا في المركز الثاني من حيث نسبة الاطوال الأرضية، حيث بلغت ١٤.٣٥٪ من جملة أطوال الزوايا، وتعد الزاوية (٣٥) الزاوية الشائعة بهذه الانحدارات.
- سجلت انحدارات الزوايا أكثر من (١٩°) النسبة الأكبر نحو ٥٩.٣٨٪ من الطول الكلي لمنحدرات جانبي الطريق، وهي تمثل الانحدارات الشديدة والشديدة جدا والرأسية؛ ويرجع ارتفاع نسبة منحدرات الشديدة والشديدة جدا والجروف للظروف التكتونية التي مرت بالمنطقة الي جانب وقوع هذه المنحدرات في المنابع العليا للأودية، في حين بلغت انحدارات الزوايا أقل من (١٩°) حوالي ٤٠.٦٢٪ من أطوال منحدرات جانبي الطريق، وتشير هذه النسبة لدور التعرية المائية في تحت وتهذيب المنحدرات وتقدمها في دورتها التحاتية.

- معدلات تقوس قطاعات جانبي الطريق (العين السخنة - الزعفرانة) :

بدراسة ملحق رقم (٤) لمعدلات تقوس المنحدرات على جانبي الطريق اتضح الاتي:

- بلغت مسافة التقوس لمنحدرات جانبي الطريق نحو ٢٣٠٣ مترا، حوالي ٢٤.٢٧٪ من اجمالي أطوال التقوس بالمنطقة الدراسة، وبلغت نسبة الأجزاء المقعرة نحو ٥٣.٨٩٪ من جملة اطوال التقوس لمنحدرات جانبي الطريق؛ مما يشير لسيادة الأجزاء المقعرة؛ حيث بلغت نسبة الأجزاء المحدبة إلى المقعرة ١.١٧:١ مما يعكس دور المياه الجارية كعامل رئيسي في تشكيل المنحدرات في

- المنابع العليا للأودية، ويلاحظ اختفاء الأجزاء المستقيمة من مجموع أطوال تقوس منحدرات على جانبي الطريق.
- احتلت العناصر المقعرة المرتبة الأولى من حيث الطول الكلي للمسافات الأرضية لأطوال قطاعات جانبي الطريق حوالي ٥٣.٨٩٪، وتباينت المسافات الأرضية التي تشغلها بين (٢١ : ١٣٤م) في الجانب الغربي وبين (٣٠ : ٩٨م) في الجانب الشرقي، واتسمت العناصر المقعرة بانتشار الرواسب والمفتتات وبخاصة في أسفل المنحدر كنواتج عمليات التجوية في إعادة تشكيل سطح المنحدرات المقعرة من خلال التفكك وتحلل الصخور. جاءت العناصر المحدبة في المرتبة الثانية، من حيث الأطوال الأرضية للقطاعات المقاسة ١٠٦٢ متر بما يعادل ٤٦.١١٪ من جملة أطوال القطاعات، وتباينت أطوال المسافات الأرضية في الجانب الشرقي بين (٢٥ : ٦٥م) وبين (١٢ : ١١٩م) في الجانب الغربي.
- اتضح من خلال دراسة معدلات النقوس سيادة النقوس المقعر في قطاعات الطريق حيث بلغت القطاعات المقعرة ستة قطاعات بما يعادل ٥٤.٥٥٪ من عدد القطاعات المدروسة على جانبي الطريق، في حين شكلت القطاعات (المحدبة/ المقعرة) باقي القطاعات مما يعكس دور التعرية المائية الواضح على منحدرات المنطقة.
- بدراسة الخصائص الانحدارية لأودية منطقة الدراسة، اتضح انخفاض درجة الانحدار ومعدل تقوس للقطاعات التي تقع في جنوب منطقة الدراسة، بينما تتسم القطاعات الشمالية بشدة الانحدار وتغير انحدار السطح، ويعد ذلك لظروف التكتونية التي صاحبت انفصل جبل خشم الجلالة.

- سرعة حركة المواد على المنحدرات :

- بهدف تقدير معدلات الخطورة لمنحدرات المنطقة تم قياس معدلات سرعة حركة المواد على المنحدرات بإيجاد العلاقة بين عجلة الجاذبية والارتفاع الفعلي للسطح على المنحدرات^(١) كما في الجدول رقم (٧)

(١) سرعة الحركة / م / ثانية = جذر (٢) * ارتفاع السطح المكشوف * الجاذبية الأرضية (Kirkby and Statham, 1975, pp. 351-353).

جدول (٧) : سرعة حركة المواد على منحدرات منطقة الدراسة.

رقم القطاع	حركة المواد م/ث	رقم القطاع	حركة المواد م/ث
١	٧٦.٦٨	١٦	٥٤.٢٢
٢	٧٥.٣٩	١٧	٦٥.٦٧
٣	٨٦.٣٠	١٨	٥١.٤٤
٤	٦٥.٦٧	١٩	٤٨.٥٠
٥	٧٢.٠٧	٢٠	٤٢.٦٩
٦	٧٦.٠٤	٢١	٦٤.٦١
٧	٦٥.٦٧	٢٢	٤٤.٠٥
٨	٦٧.٨٧	٢٣	٦٩.٤٤
٩	٦١.٨٢	٢٤	٥٩.٢٣
١٠	٧٤.٠٨	٢٥	٦٤.٣١
١١	٦٦.٤١	٢٦	٣٨.٣٤
١٢	٥٧.٧٢	٢٧	٦١.٩٨
١٣	٥٦	٢٨	٥٣.٣١
١٤	٦٦.٤١	٢٩	٥٤.٢٢
١٥	٨٦.٣٠	٣٠	٣٨.٣٤

من خلال الجدول السابق يتضح ان ارتفاع سره حركة المواد على جميع القطاعات حيث سجلت اقل معدل سرعة ٤٤.٠٥ م/ث مما يعكس خطورة منحدرات المنطقة والحاجة لاستخدام الطرق الحديثة لتثبيت المنحدرات وبخاصة على محاور الطرق بمنطقة الدراسة، بلغت سرعة حركة المواد على منحدرات الحافة اقصاها ٨٦.٣٠ م/ث في القطاع رقم (٣، ١٥) في حين انخفضت السرعة

في القطاع (١٩) حيث عملت عوامل التعرية المختلفة على تخفيض السطح وتغطية منحدرات الحافة الجنوبية بالرواسب والمفتتات. في حين شكل القطاع رقم (٢٣) على جانبي الطريق (العين السخنة - الزعفرانة) نحو ٦٩.٤٤ م/ث كأقصى حركة مواد في قطاعات الطريق، من خلال الرصد الميداني اتضح ارتباط نوع حركة المواد بكلا من حجم الرواسب ودرجة الميل، حيث تتحول الرواسب والمفتتات من الزحف الي التساقط الصخري في حالة الانحدار الشديد، مما يعكس درجة الخطورة حركة المواد التي يتعرض لها محور الطريق من السقوط المفاجئ للصخور؛ وبخاصة على طول محور الطريق فوق سطح الهضبة مع وجود الفواصل والشقوق والاهتزازات الناتجة عن حركة المركبات واستخدام المتفجرات في المناجم.

كما ان الاعمال الهندسية عملت على تجريد المنحدرات من غطاء الرواسب وكشفت السطح لتمارس عمليات التجوية المختلفة دورها خلال الفواصل والشقوق.

رابعاً - تأثير الأنشطة البشرية على مظاهر السطح :
تمثل تضاريس السطح عائق أساسي للأنشطة البشرية في البيئات المختلفة وبخاصة المناطق الجبلية، ويشكل ارتفاع السطح وشديد الانحدار، عائق للعديد من الأنشطة الاقتصادية، حيث يتعرض السطح لعمليات التعرية المختلفة أو للجريان السيول، وفي ضوء التوسع في شتي الأنشطة البشرية عمل الانسان على تعديل مظاهر السطح سواء بتسوية السطح وردم المجاري المائية، او تعديل درجات الانحدار للمنحدرات، او من خلال عمليات التعدين وما يصاحبها من شق طرق او حفر مناجم واستخدام المتفجرات في التنقيب؛ مما ينتج عنه العديد من الآثار البيئية والمخاطر الجيومورفولوجية.

تعد منطقة الدراسة نموذج للتدخل البشري ومسرح لتعديل طبوغرافية السطح سواء بشق الطرق او انشاء مجمعات عمرانية او منشآت سياحة عملت على ادخال مفردات جديدة ضمن بيئة هذه المنطقة، وفيما يلي رصد لهذه التغيرات كما يلي:

- في نطاق المراوح الفيضية والسهل الساحلي :

بسبب زيادة الأنشطة السياحية على خليج السويس تم التوسع في إقامة المنشآت السياحية على المراوح الفيضية، دون مراعاة للأخطار الطبيعية الناتجة عن الجريان السيلي واعتراض هذه المنشآت مسارات السيول مما يسبب العديد من الخسائر.

كما تم تسوية السطح فوق أسطح المراوح الفيضية والبناء عليها، دون مراعاة درجات انحدار أسطح المراوح؛ والتي تكون غالبا مستجمعات لمياه السيول، الي جانب عدم تماسك التربة وتفككها مما يسهل عمليات النحت والتخوير أسفل المنشآت المقامة في مسارات السيول وبالتالي انهيار او تصدع جزئي للمباني.

تم انشاء ومد شبكات المياه والصرف الصحي للقري السياحية مما زاد من تفكك التربة وزيادة نشاط عمليات التحوية المختلفة الي جانب استخدام المياه لري النباتات والأشجار مما ادي لتجمع المياه المتسربة في الأماكن المنخفضة على هيئة برك فوق الصخور الجيرية؛ مما يزيد من فعل التحوية الكيميائية وتآكل الصخور (صورة ١)، انشاء العديد من الطرق المرصوفة والترابية في بطون الودية دون توفير وسائل الحماية من اخطار السيول ولم يتم عمل قنوات تصريف بديلة لمياه السيول حول المنشآت المقامة.

عمل تكسيه لبعض جوانب الاودية بطريقة خاطئة (بناء جدار قائمة من الكتل الصخرية) باستخدام المواد الاسمنتية مما يعمل على إعاقة تسرب المياه وزيادة قدرتها على النحت والتفويض السفلي لهذه الحوائط واستخدامها في عمليات الهدم والتدمير للمنشآت، الي جانب ردم مصبات الاودية الصغيرة مما يشكل عائق لحركة المياه وتكوين بحيرات مؤقتة يصل ارتفاعها لأكثر من مترين خلف هذه السدود، وتعمل

المياه المتجمعة علي زيادة نشاط عمليات التجوية والتسرب عبر التكتسيه الحجرية الهشة مكونة مسارات لها وبالتالي إزالة هذه السدود خلال فترات الجريان السيلي المرتفع (صورة ٢).



تجمع المياه المتسربة من ري المسطحات الخضراء



التعديل في درجات انحدار المنحدرات وزراعة مسطحات خضراء



صورة مرئية فضائية من جوجل ارث لبورتو مارينا العين السخنة

صورة (١) : توضح التدخل البشري في تعديل طبوغرافية السطح وزراعة مسطحات خضراء وانشاء الطرق داخل منتجع بورتو مارينا العين السخنة عند مصب وادي قسيب.



صورة (٢) : توضح ردم مجري ثانوي لوادي ام جلاوات بهدف تعديل مسار الطريق الساحلي، ويلاحظ عدم وجود مخرات للسيول وتكون بحيرة مؤقتة بلغ ارتفاعها نحو المترين عقب سيول ٢٠١٦.

- في نطاق السطح الهضبي :

تم تسوية السطح في نطاق مدينة الجلالة الجديدة مما ترتب عليه تعديل درجات الانحدار و ردم العديد من روافد الاودية الرئيسية داخل المدينة، مما يشكل عائق لحركة المياه اثناء الجريان السيلي واتجاه المياه للتعرية الغطائية وبالتالي تجمع المياه في حفر وبرك ثانوية تعمل على اذابة الصخور والتسرب عبر الشقوق والفواصل، وعلى مر الزمن تبدأ حدوث ظاهرة الهبوط الأرضي، حيث تم اختيار موضع المدينة فوق صخور الحجر الجيري الإيوسيني الغني بالفواصل والشقوق وتداخل عروق من الطفل؛ مما يشكل بيئة غنية لنشاط عمليات التجوية الكيميائية في حالة استخدام المياه في التشجير او إقامة حدائق عامة، او تسرب مياه عبر شبكات الشرب والصرف الصحي، مما يساعد علي ظهور حفر الازابة والكهوف الكارستية وانهيار الكتل الصخرية علي هوامش الحافة الشرقية للهضبة.

يشكل ردم العديد من المجاري الرئيسية للأودية فوق السطح الهضبي إعاقة لحركة المياه والتي تتحدر بصورة طبيعية نحو الحافة الرئيسية، مما يؤدي لنشاط المياه المتجمعة بحفر مجاري بديلة في الأماكن المنخفضة متتابع أماكن الضعف الليثولوجي بالمنطقة، او تسرب المياه عبر الشقوق والفواصل المنتشرة بمنطقة الدراسة، مما قد

يؤدي للنحت والتخوير أسفل المنشآت او على أحد جوانبها وبالتالي انهيار او تصدع أجزاء منها.

- انشاء وشق الطرق :

يصاحب شق الطرق في المناطق الجبلية العديد من العمليات الضرورية لتمهيد الطرق وتخفيض درجات الانحدار حتى يناسب حركة المركبات عليا ومن هذه العمليات بمنطقة الدراسة؛ استخدام المتفجرات لإزالة الكتل الصخرية وتفتت الصخور الصلبة، عمليات التقطع الراسي في الطبقات المختلفة؛ حيث تم التقطع الراسي في الصخور الجيرية الغنية بالفواصل والشقوق المرتكزة على طبقات لينة، مما ينتج عنه عدم استقرار الكتل الصخرية بسبب تعريض الطبقات اللينة لعمليات التجوية وعوامل التعرية، مما يضعفها ويؤدي لحدوث عمليات انزلاق الصخور، كذلك ينتج عن حركة سيارات النقل الثقيل والمعدات الانشائية المستخدمة بمنطقة الدراسة حدوث اهتزازات تتسبب في تخلخل الطبقات الغنية بالفواصل والشقوق مما يؤدي لحدوث حركة المواد علي المنحدرات، ويهدف تقليل الخطورة تم عمل مدرجات علي منحدرات الطريق (صورة ٣) ولكن بقياس هذه المدرجات وجد ان ارتفاع المدرج ضعف العرض وغير منحدر للداخل مما يعد حل مؤقت لحركة المواد ويستدعي صيانة دورية.





صورة (٣) : توضح عملية شق طريق العين السخنة الزعفرانة والتقطيع الراسي للصخور ومحاولة تدرج المنحدر للتقليل من خطر حركة المواد على المنحدرات.

- عمليات التحجير بالمنطقة :

تتميز المنطقة بوفرة العديد من الخامات؛ كالحجر الجيري النقي بديل الرخام، والحجر الجيري الدولوميتي، الطفلة والكاولين الي جانب العديد من الخامات التي تقوم علي صناعة الاسمنت بمنطقة السخنة، ادي غني المنطقة بالموارد لوجود العديد من المحاجر والحاجة لتمهيد السطح لسق الطرق التربة للوصول للخام، وينتج عن عمليات التحجير العديد من الاثار الجيومورفولوجية منها؛

- تتحول منطقة التحجير لمناطق وعرة بسبب تغير تضاريس السطح؛ حيث يتم تكديس نواتج التحجير على هيئة تلال من المفتتات والاتربة المفككة (صورة ٤) والتي تكون عرضة للتعرية المائية عقب العواصف المطرية، حيث تقوم المياه بحفر اودية عميقة راسية تكون شديدة الانحدار وسريعة الجريان عقب السيول مما يزيد من قدرتها على النحت والتقويض مما يزيد من خطر السيول في المناطق المجاورة، كذلك تتسم هذه التلال بعدم الاستقرار بسبب حركة النقل الثقيل والمعدات مما يحث انهيارات للرواسب على جوانب الطرق التربة.
- تغيير شكل وطبيعية المنحدرات من خلال تجريدها من غطاء الرواسب مما يعمل علي زيادة كثافة الفواصل والشقوق بسبب الأنشطة المصاحبة لاستخراج

الخام؛ مما يهيئ المجال امام عمليات التجوية المختلفة للممارسة دورها وبالتالي اضعاف الصخور وزحف الرواسب والمفتتات على اقدام المنحدرات مما يؤدي لانجراف التربة في محيط المحاجر.

- تعمل الحفر والأماكن المنخفضة الناتجة عن عمليات التفجير على تجميع المياه مما يزيد من تشبع الشقوق والفواصل بالمياه وبالتالي حدوث الانهيارات والانزلاقات الصخرية وبخاصة في محيط الحافة الرئيسية.
- تعمل مجموعة الكهوف والفجوات المهجرة عقب انتهاء التحجير على عدم استقرار المنحدرات، حيث تشكل نطاقات ضعف تمارس من خلالها عمليات التجوية دورها، الي جانب زيادة تأثير الجاذبية الأرضية على الكتل الصخرية المعقلة، كذلك تساعد الاهتزازات الناتجة عن المتفجرات وحركة النقل الثقيل علي زيادة اتساع الفواصل والشقوق ووصول الرطوبة للمواد الطينية والصلصالية داخل الطبقات مما يؤدي للانزلاقات الصخرية



صورة (٤) : تشير لوجود محجر كاولين رملي بوادي ام جلاوات والتشوينات العشوائية لمخلفات عملية التحجير الموجودة في المجري الرئيسي للوادي على اقدام الحافة الرئيسية.

الحلول المقترحة :

(١) لمخاطر الجريان السيلي :

أ- بالنسبة للمنشآت المقامة على المراوح الفيضية يجب مراعاة الاتي:

- انشاء سدود إعاقاة تبادلية لا يزيد ارتفاعه عن المتر الواحد وغير متصل بالجانب الاخر من المجري؛ بهدف زيادة تعرج الجريان المائي، وبالتالي تقليل سرعة الجريان في القطاعات الوسطي للأودية، وإقامة سدود ركامية من رواسب حشو الوادي دون استخدام مواد لاحمة؛ بهدف إعاقاة حركة الرواسب والمفتتات خلف هذه السدود.
- انشاء السدود الاعراضية (العتبات) في القطاعات الدنيا للأودية على مجاريها الرئيسية؛ بغرض حجز جزء من المياه وتغذية المياه الباطنية، الي جانب حفر الخنادق (الهريات) كمناطق تجميع ثانوية تسمح بزيادة الاستفادة من المياه عقب السيول.
- انشاء مخزات للسيول أسفل الطريق الساحلي ذات اقطار كبيرة تتناسب مع حجم المياه المتوقعة وما تحمله من رواسب؛ بعكس المخزات الحالية (المواسير) التي تعوق حركة المياه وتؤدي لتدفق المياه أسفل الطريق وانهياره بسبب النحت والتقويض السفلي للطريق.
- حفر قنوات تصريف صناعية كبديل للمجري الطبيعي الذي تم ردمه، بهدف توجيه المياه بعيدا عن المنشآت المقامة، ويراعي ان تكون هذه القنوات ذات جوانب مائلة للخارج ويتم استخدام التكسيه الحجرية لجوانبها، ويمكن استخدام الشباك الحديدية (الجونات) في حماية جوانب القناة.
- بالنسبة لشبكة الطرق الترابية يتم انشائها في الأراضي المرتفعة بعيدا عن مجاري الاودية، وتكسيه جوانبها بالصخور المحلية، ويتم عمل دمك وتسوية

الطرق عقب السيول لضمان عدم وجود فجوات تحت السطح، وبالتالي حدوث هبوط ارضي.

- اجراء الصيانة الدورية وتطهير المجاري من الرواسب وبصفة خاصة خلف السدود حتى لا تؤثر على القدرة الاستيعابية للسدود او القنوات الصناعية

ب- للتوسعات العمرانية الجديدة :

عملت الخصائص الجيومورفولوجية على توجيه امتداد مدينة الجلالة الجديدة من الشمال للجنوب ضمن نطاق احواض (عملوج، أبو درج، قصب) اشد احواض المنطقة خطورة لذلك يمكن اتخاذ عدة خطوات منها:

- انشاء قناة تحويل تمتد طوليا امام المدينة بمحاذاة الطريق (العين السخنة - الزعفرانة) على اقدام المنحدرات الغربية لتحويل مياه الروافد المنحدرة من نطاق خط تقسيم المياه في الغرب في اتجاه المجري الرئيسي لوادي عملوج في الشمال، والي المجري الرئيسي لوادي أبو جريفات في الجنوب.
- عمل قنوات تصريف على جوانب الشوارع الرئيسية بالمدينة؛ بهدف تجميع مياه الأمطار وتصريفه لخزانات مياه لاستخدامه مرة اخري، او توجيه المياه لقنوات أكبر تصب خارج المدينة نحو الشرق. بالنسبة للمجري الرئيسي لوادي قصب، يتم تهذيب جوانبه وعمل تبطين كامل بالمواد الاسمنتية بحيث لا يسمح بتسرب المياه واستخدامه في تجميع مياه السيول المنصرفة من قنوات التجميع في الشوارع.

٢) مخاطر حركة المواد على المنحدرات :

من خلال الدراسة الميدانية اتضح ان الجزء الحر من واجهة الحافة يتراوح ما بين (٢٥٠-٣٠٠م) مما يزيد من احتمالية التساقط الصخري أنظمة الفواصل والشقوق المتعامدة، ولذا يمكن عمل الآتي؛

- استخدام طريقة المدرجات في تخفيض السطح؛ وذلك عن طريق تدرج الحافة الي حوالي ستة مدرجات لا يزيد ارتفاع الواحد عن ٥٠ متر ولا يقل العرض عن ٢٠٠

- متر، حتى الوصول لسطح الهضبة، ويتم استغلال هذه المدرجات في الامتداد الاقي لمدينة الجلالة نحو الشرق؛ عن طريق إقامة تجمعات عمرانية مميزة على منحدرات الحافة المطلة على خليج السويس؛ مما يزيد من العائد الاقتصادي لها.
- الصيانة الدورية لمنحدرات طريق (العين السخنة - الزعفرانة) وازالت الكتل الصخرية المتساقطة مع إمكانية زيادة ابعاد مدرجات الطريق المقامة اثناء شق الطريق، حيث لوحظ ان ارتفاع المدرج ضعف العرض؛ ويؤدي زيادة عرض المدرجات لا مكنية استقرار كتل صخرية كبيرة الحجم، الي جانب زيادة المقطع العرضي للطريق وزيادة كمية الضوء.
 - استخدام نظام الشبكات المعدنية؛ حيث يتم تثبيتها على أسطح المنحدرات بهدف الحد من حركة المواد ويمكن استخدام الحوائط الإسنادية، بحيث تكون هذه الحوائط ذات نفاذية عالية (تحوي العديد من الفتحات) وتبنى في قاعدة المنحدر ويجب شطف المياه المتجمعة خلف الجدار عقب التساقط المطري.
 - حقن الفواصل والشقوق الكبيرة بمواد لاحمة مناسبة؛ بهدف زيادة ثبات المنحدرات وإزالة الكتل الصخرية الكبيرة المعلقة على المنحدرات، الي جانب بعض الحفر الكارستية والكهوف الصغيرة.
 - بالنسبة لمنحدرات الطريق الساحلي يجيب العمل على تدرج المنحدرات؛ حيث تطل على الطريق بواجهات حرة في اغلب الأماكن بسبب عمليات توسيع الطريق او بسبب نقل بعض أجزائه بعيدا عن خط الساحل.

٣) اخطار المحاجر :

تكمّن خطورة المحاجر في تكوين الفجوات والكهوف بأعماق كبيرة تصل في بعض الاحيان للمياه الجوفية، الي جانب تراكم مخلفات التحجير وما تحويه من مواد ضارة؛ مما يسبب العديد من المخاطر البيئية، ويهدف تقليل هذه الاخطار يمكن اتباع الاتي؛

- العمل على تثبيت نواتج عمليات التحجير من المفصلات والرواسب بهدف زيادة تماسكها، الي جانب انشاء شبكات تصريف مياه جيدة تعمل على تصريف المياه خارج أماكن التشوين.
- إعادة ملء الفجوات الموجودة في السطح ودمك الرواسب بها واستخدام أحد المواد الاسمنتية لزيادة التماسك.
- تهذيب المنحدرات وإزالة الكتل البارزة على جوانب الطرق المؤدية للمحاجر، واستخدام طريقة حقن المواد اللاصقة داخل الشقوق والفواصل للحد من الانهيارات داخل المحاجر.
- بالنسبة لاماكن تكدس الرواسب بكميات كبيرة عمل قنوات تصريف صناعية بهدف الحد من تكوين اودية خانقيه سرعة الجريان مما يقلل من خطورة هذه الرواسب المفككة.
- العمل على غلق المحاجر القريبة من التجمعات العمرانية وبخاصة التي تقع في نطاق هبوب الرياح من الشمال والشمال الغربي، حيث تعمل علي نقل الملوثات ونواتج عمليات التحجير من اترية وغازات ضارة، تؤثر على الصحة العامة.

تحليل الخصائص الجيومورفولوجية للمحدرات الشرقية لهضبة الجلالة البحرية

د. أحمد أبورية

الملاحق

ملاحق رقم (1) الخصائص المورفومترية والتمثيل البيانية للأحواض المدرسية بمنطقة الدر اسنة

الاسم	المساحة (كم ²)	المحيط (كم)	الطول (كم)	العرض (كم)	معدل الاستدارة	معدل الانحدار	معدل الشكل	متوسط التدرج (م/ك)	الارتفاع الاسمي	الارتفاع المسموح	الارتفاع المسموح / ارتفاع الاسمي	معدل الانحدار	متوسط التدرج (م/ك)	مساحة الجدران	القيمة الوعرة	المتوسط الحسابي	معدل الانحدار	الارتفاع الاسمي	الارتفاع المسموح	الارتفاع المسموح / ارتفاع الاسمي
وادي صليح	53.85	34.71	11.94	3.05	4.54	4.54	0.37	28.55	114.8	78.55	0.684	4.54	21.07	69.55	114.8	114.8	78.55	0.684	4.54	21.07
وادي ابو درج	61.65	37.47	11.74	4.04	4.91	4.91	0.37	37.91	131.0	70.2	0.532	4.91	27.33	77.33	131.0	131.0	77.33	0.590	4.91	27.33
وادي صهيبي	77.12	34.55	13.06	4.47	5.24	5.24	0.37	41.91	148.8	78.8	0.532	5.24	31.91	81.51	148.8	148.8	81.51	0.541	5.24	31.91
وادي راس ابو درج	14.53	27.47	7.26	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
وادي ام حرقبات	57.20	37.81	12.21	2.72	3.23	3.23	0.13	31.17	143.8	50.22	0.349	3.23	21.17	77.26	143.8	143.8	77.26	0.536	3.23	21.17
وادي مطحة	14.37	27.47	7.32	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
W1	14.37	27.47	7.32	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
W2	14.37	27.47	7.32	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
W3	14.37	27.47	7.32	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
وادي خوري	1.054	27.47	7.26	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
وادي ام حرقبات	8.55	27.47	7.26	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
وادي ام حرقبات	12.58	27.47	7.26	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
وادي ام حرقبات	12.58	27.47	7.26	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
وادي ام حرقبات	12.58	27.47	7.26	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
وادي ام حرقبات	12.58	27.47	7.26	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
وادي ام حرقبات	12.58	27.47	7.26	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
وادي ام حرقبات	12.58	27.47	7.26	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38
وادي ام حرقبات	12.58	27.47	7.26	1.72	2.49	2.49	0.16	44.55	80.0	44.55	0.556	2.49	13.38	47.26	80.0	80.0	47.26	0.591	2.49	13.38

ملاحق رقم (2) ترتيب أعداد واطوال المجاري للأحواض المدرسية بمنطقة الدر اسنة

الاسم	الارتفاع المسموح	الارتفاع المسموح / ارتفاع الاسمي	معدل الانحدار	الارتفاع الاسمي	الارتفاع المسموح	معدل الانحدار	معدل الشكل	الارتفاع المسموح	الارتفاع المسموح / ارتفاع الاسمي	معدل الانحدار	الارتفاع الاسمي	الارتفاع المسموح	معدل الانحدار	الارتفاع المسموح	الارتفاع المسموح / ارتفاع الاسمي	معدل الانحدار	الارتفاع الاسمي	الارتفاع المسموح	الارتفاع المسموح / ارتفاع الاسمي
وادي صليح	1217	784.01	64.43	285.01	30.51	10.57	44.39	443.98	59.08	10.157	44.39	37	49.71	30.74	40.43	49.71	30.74	61.45	
وادي ابو درج	141	474.76	141	141	141	100	71.43	71.43	100	71.43	71.43	141	141	100	71.43	71.43	141	141	
وادي صهيبي	142	474.76	142	142	142	100	71.43	71.43	100	71.43	71.43	142	142	100	71.43	71.43	142	142	
وادي راس ابو درج	222	474.76	222	222	222	100	71.43	71.43	100	71.43	71.43	222	222	100	71.43	71.43	222	222	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	
وادي ام حرقبات	70	70.33	70	70	70	100	70	70	100	70	70	70	70	100	70	70	70	70	

المصدر من عمل الباحث باستخدام برنامج Arc GIS 10.3

ملحق رقم (٣) الخصائص المورفومترية لقطاعات الميدانية للحافة الشرقية للبحرانية

م	الطول الإجمالي للقطاع م	عدد الأرواب	مجموع الأرواب	متوسط أحجام القطاع	المختلقة م	الأجزاء	المتوسط	التحليل الإحصائي		فترة الأضداد تبعاً لنتائج التوزيع	الأطوال المتعددة	الشكل
								الأحزاب المتعارية	المتوسط			
١	٤٥٥	١٥	٤٧٣	٣١,٥٣	٣٠٠	١٦,٩٠	٤٤,٤٤	٤٤,٤٤	شريط	٢٥٠	مقر	
٢	٥١٠	١٥	٥٢٠	٣٤,٦٧	٣٨٠	١٧,٠٠	٤٩,٠٥٤	٥٣,٥٩٤	شريط جذا	٢٤٠	مقر	
٣	٣١٥	١٦	٥٥٥	٣٧,١٩	٢٢٠	١٨,٩٦	٥٠,٩٨	٥٠,٩٨	شريط جذا	١٥٠	مستطيق	
٤	٣٧٥	١٠	٤٤٥	٤٤,٥٥	٢٤٥	٢١,٥٥	٦١,٨٧	٦١,٨٧	شريط	١٤٠	مقر	
٥	٥٠٠	١٤	٥٣٥	٣١,٤٧	٢٢٠	١٨,٧٥	٦١,٣٠	٦١,٣٠	شريط جذا	٢٤٠	مقر	
٦	٣٥٠	١٤	٤٤٥	٣١,٧٩	٢٢٠	١٦,٩٥	٥٥,٨٤	٥٥,٨٤	شريط جذا	١٧٣	مقر	
٧	٣٤٥	١٢	٣٧٥	٣١,٢٥	٢٤٥	٢٦,٥٥	٤٢,٣٦	٤٢,٣٦	شريط جذا	٢٠٠	مقر	
٨	٣٠٠	١٥	٣٤٠	٢٩,٣٣	١٥٥	١٩,٥٥	٤٤,٢٩	٤٤,٢٩	شريط	٢٣٢	مستطيق	
٩	٥١٠	١٤	٣١٤	٢٦,٠٠	٢٤٥	١٩,٥٥	٨٠,٣٨	٨٠,٣٨	شريط	٢٢١	مقر	
١٠	٥٥٠	١٥	٣٣٢	٢٢,١٣	١٧٠	١٤,٥٥	١٥,٥١	١٥,٥١	شريط	٢٤١	مقر	
١١	٤٤٥	١٦	٤٩٨	٣١,١٣	١٢٠	٢٣,٦٥	٧٩,٢٠	٧٩,٢٠	شريط جذا	١٥٣	مقر	
١٢	٥٣٠	١٨	٥١٠	٣١,١١	٢٤٥	٢٣,٤٦	٧٥,٤١	٧٥,٤١	شريط جذا	٢٣٩	مقر	
١٣	٥٠٠	٢١	٤١٠	١٩,٥٢	٢٨٥	١١,٥٥	٥٦,٦٠	٥٦,٦٠	شريط	١٨٦	مقر	
١٤	٤٩٠	١٢	٤١٥	٣٤,٥٢	١٥٥	١٨,٨٦	٤٢,٩٤	٤٢,٩٤	فوق المتوسط	١٤٥	مقر	
١٥	٣١٥	١١	٣٥٠	٢٢,٧٣	٢٢٠	١٢,٩٠	٤٦,٧٦	٤٦,٧٦	شريط	١٥٩	مقر	
١٦	٣١٥	١٦	٣٥٠	٢١,٨٨	١٣٥	١٥,٦٠	٧١,٣١	٧١,٣١	شريط	١٥٣	مقر	
١٧	٣١٥	١٦	٣٤٠	٢١,٨٨	١٣٥	١٦,٤٠	٧١,٤٤	٧١,٤٤	شريط	١٤٧	مقر	
١٨	٤٥٠	١٧	٣٩٠	٢٢,٩٤	١٢٠	١٦,٤٠	٤٤,٤٤	٤٤,٤٤	شريط	١٤١	مقر	
١٩	٨٢٤٥	٣١٢	٨٣١٣	---	---	---	---	---	---	٣٥١	مقر	

ملحق رقم (٤) الخصائص المورفومترية لقطاعات الميدانية على محور الطريق (العين السخنة - الزعفرانية)

م	الطول الإجمالي للقطاع م	عدد الأرواب	مجموع الأرواب	متوسط أحجام القطاع	المختلقة م	الأجزاء	المتوسط	التحليل الإحصائي		فترة الأضداد تبعاً لنتائج التوزيع	الأطوال المتعددة	الشكل
								الأحزاب المتعارية	المتوسط			
١	٤٤٠	١٤	٤٢٠	٣٠,٠٠	٤٣٠	١٥,٥٠	٤٢,٠٠	٤٢,٠٠	شريط	٣٠	مقر	
٢	٣٠٠	١٤	٤٨٧	٣٤,٤٧	٢١٣	٢٧,٥٥	٤١,٥١	٤١,٥١	شريط	٨٥	مقر	
٣	٣٠٠	١٤	٣٥١,٦٩	٢٥,٤١	٢١٣	٢٣,٦٩	٤١,٥١	٤١,٥١	شريط	٢١	مقر	
٤	٣٧٥	١٩	٤٢,٣٧	٤٤,٥	٤٤٦	٢٢,٣٧	٤٢,٣٧	٤٢,٣٧	شريط	٤٦	مقر	
٥	٣٧٥	١٥	٤٢١	٢٨,٠٧	١٧٩	٢٧,٠٧	٤٢,١٥	٤٢,١٥	شريط	٥٩	مقر	
٦	٣٠٠	١٥	٣٣٥	٢٢,٣٥	٢١١	٢٧,٣٥	٤٢,١٥	٤٢,١٥	شريط	٥٥	مقر	
٧	١٥٠	١٣	٢٢,٣٥	١٦,٨٥	٢٢,٣٥	١٦,٨٥	٢٢,٣٥	٢٢,٣٥	شريط	٣١	مقر	
٨	٣٥٠	١٣	٤٢,٣٤	٣٢,٣٤	١٥٦	٢٤,٣٤	٣٢,٣٤	٣٢,٣٤	شريط	٤٩	مقر	
٩	٣٠٠	١٦	٣٤,٧٥	٢١,٦٦	١٤٥	٢٤,٧٥	٣٤,٧٥	٣٤,٧٥	شريط	٧٨	مقر	
١٠	٣٧٥	١٧	٤٤,٤٧	٢٦,١٧	١٥٠	٢٤,٤٧	٣٥,٦	٣٥,٦	شريط	٧٨	مقر	
١١	٣٠٠	١٣	٣١,٢٥	٢٣,٦٥	١٥٥	٢٣,٦٥	٣١,٢٥	٣١,٢٥	شريط	٦٩	مقر	
١٢	٣٥٠	١٦	٣٤,٤٣	٢١,٥٢	١٦٨	٢٤,٤٣	٣٤,٤٣	٣٤,٤٣	شريط	٦٥	مقر	
١٣	٣٥٠	١٥	٣٤,٤٣	٢١,٥٢	١٦٨	٢٤,٤٣	٣٤,٤٣	٣٤,٤٣	شريط	٦٥	مقر	
١٤	٣٥٠	١٥	٣٤,٤٣	٢١,٥٢	١٦٨	٢٤,٤٣	٣٤,٤٣	٣٤,٤٣	شريط	٦٥	مقر	
١٥	٣٥٠	١٥	٣٤,٤٣	٢١,٥٢	١٦٨	٢٤,٤٣	٣٤,٤٣	٣٤,٤٣	شريط	٦٥	مقر	
١٦	٣٥٠	١٥	٣٤,٤٣	٢١,٥٢	١٦٨	٢٤,٤٣	٣٤,٤٣	٣٤,٤٣	شريط	٦٥	مقر	
١٧	٣٥٠	١٥	٣٤,٤٣	٢١,٥٢	١٦٨	٢٤,٤٣	٣٤,٤٣	٣٤,٤٣	شريط	٦٥	مقر	
١٨	٣٥٠	١٥	٣٤,٤٣	٢١,٥٢	١٦٨	٢٤,٤٣	٣٤,٤٣	٣٤,٤٣	شريط	٦٥	مقر	
١٩	٣٥٠	١٥	٣٤,٤٣	٢١,٥٢	١٦٨	٢٤,٤٣	٣٤,٤٣	٣٤,٤٣	شريط	٦٥	مقر	
٢٠	٣٥٠	١٥	٣٤,٤٣	٢١,٥٢	١٦٨	٢٤,٤٣	٣٤,٤٣	٣٤,٤٣	شريط	٦٥	مقر	

أولاً : المراجع العربية.

١. أبويرة، أحمد محمد (٢٠١٣): تقييم نتائج النماذج الرياضية في تقدير الجريان السيلي ومخاطرة، مجلة المجمع العلمي المصري، المجلد ٨٧.
٢. الدسوقي، صابر أمين (١٩٨٧): دراسة مقارنة لبعض أشكال السطح في مصر، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب - جامعة عين شمس.
٣. الحسيني، السيد السيد ومغرب، على عبد الله (١٩٧٦): أشكال السفوح واستخدامات الأراضي في سرة غامد بالمملكة العربية السعودية، مجلة كلية العلوم، جامعة الملك عبد العزيز، العدد الأول، جدة.
٤. تراب، محمد مجدي (١٩٨٨): حوض وادي بدع - جنوب غرب السويس - دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب - جامعة الإسكندرية.
٥. الشامي، إبراهيم زكريا (١٩٩٢): العناصر الأساسية الواجب توافرها للاستفادة من مياه السيول والحد من أخطارها "رسالة إلى الأجهزة التنفيذية"، مشروع تطوير خطة الاستعداد لمجابهة ومنع وإدارة الكوارث في مصر، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، القاهرة.
٦. الشامي، إبراهيم زكريا (١٩٩٥): التحكم في السيول والاستفادة من مياهها ودرء أخطارها، بحوث ندوة المياه في الوطن العربي، المجلد الأول، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
٧. جودة، جودة حسنين، عاشور، محمود محمد، الدسوقي، صابر أمين، تراب، محمد مجدي، كامل، على مصطفى ومصطفى، محمد رمضان (١٩٩١): وسائل التحليل الجيومورفولوجي، بدون ناشر.
٨. شاور، آمال إسماعيل (٢٠٠٢): الأخطار الجيومورفولوجية وأثرها على التوسع العمراني بالصحاري العربية، ندوة التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها، وزارة الأشغال العامة والإسكان، الرياض.

٩. صالح، كريم مصلح (١٩٩١): الحافة الجنوبية لهضبة الجلالة البحرية -دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة عين شمس.
١٠. صالح، كريم مصلح (١٩٩٥): جيومورفولوجية الحافة الجبلية والمنطقة الساحلية فيما بين رأس الزعفرانة ورأس أبو بكر، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا-كلية الآداب-جامعة عين شمس.
١١. ضاحى، أحمد فوزي (١٩٩٩): الحافة الشمالية لهضبة الجلالة القبليّة - دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب - جامعة القاهرة.
١٢. جاد، طه محمد (١٩٧٧): بعض ضوابط مائية السطح بين النظرة التفصيلية والنظرة العامة، مجلة معهد البحوث والدراسات العربية، العدد الثامن.
١٣. عاشور، محمود محمد (١٩٩٠): جيومورفولوجية الجانب الشرقي من وادي النيل فيما بين الكريّمات جنوباً والصف شمالاً، دراسات جغرافية، نشرة قسم الجغرافيا، كلية الآداب - جامعة المنيا، المجلد الرابع، العدد ١٢.
١٤. علام، عبد الله علام (٢٠٠٤): الآثار الجيومورفولوجيا والبيئية لعمليات التحجير - دراسة حالة القاهرة الكبرى، مجلة كلية الآداب جامعة المنصورة.
١٥. محمود، سمير سامي (١٩٨٩): منطقة جنوب شرق القاهرة (شرق المعادي وحلوان) - دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب - جامعة القاهرة.
١٦. محمود، سمير سامي (١٩٩٣): جيومورفولوجية منطقة الغردقة بين جبل نقارة جنوباً وجبل أبو شعر القبلي شمالاً، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب - جامعة القاهرة.
١٧. ناجي، جميل عبد الرب (٢٠٠٨): الانزلاقات الأرضية في الطرق الجبلية اليمينية، أسبابها وكيفية الحد من تكرارها: دراسة حالة، مجلة العلوم والتكنولوجيا، المجلد ١٣ العدد الأول، اليمن.

ثانياً : المراجع غير العربية.

1. Abd El-Rahman, M.A, et al. (1980-1981): Some Geomorphological aspects of Siwa region, Bull. Soc. Geog. d' Egypt, Vol. 53-54, pp. 17-41.
2. Abdallah, A.M. and El-Adindani (1963): Stratigraphy of upper Paleozoic rocks of western side of Gulf of Suez, Geol. Survey of Egypt, paper No. 25.
3. Abdallah, A.M. and El-Adindani (1964): Note on Cenomanian, Turonian Contract in The Galala plateau, Jour. Geol. Survey, Vol. 7, No. 1, pp. 171-172.
4. Doornkamp, J.G. and King, C.A. (1971): Numerical Analysis in Geomorphology: an introduction, Long man, London.
5. El-Rakaiby, M. (1980): Photo geological Interpretation and Radioactivity of the Environs of Northern and southern Galalas, Eastern desert, Egypt, Ph.D., Fac. Sci., Mansoura University.
6. Gregory, K.J. and walling, D.E (1973): Drainage Basin form and Process, A Geomorphological Approach, London.
7. Horton, R. E (1945): Erosional Development of Stream and their Drainage Age Basins, Hydro physical Approach to Quantitative Morphology, Geol. Soc. Amer. Bull No. 56, pp. 275-370.
8. Hume, W.F. (1965): Geology of Egypt, the Stratigraphical History of Egypt, from the Close of the Cretaceous period to the end of Oligocene, Vol. III, Part II, Geol. Surrey, Egypt.
9. Joseph, K., and Taher, M. (1995): Hydrogeological aspects of Karstified aquifer and its environmental impacts, in Eastern Desert of Egypt, 5th International symposium and field seminar, Turkey, Edited by Gunay and Johnson, Balkema Rotterdam,1997, pp. 59-66.
10. Kirkby, M., and Statham, I., 1975: Surface stone movement and scree formation, Jour., Geology, Vol., 83, pp. 349-362.
11. Morisawa, M.E. (1962): Quantitative Geomorphology of some water sheds in The Appalachian plateau, Geol. Soc. Amer., Bull No. 73.
12. Morisawa, M.E. (1985): Rivers forms and process, long man, London.
13. Sadek, H., (1926): The Geography and Geology of the district between Gebel Ataqa and El-Galala El-Bahariya, Gulf of Suez, Geol. Survey of Egypt, Cairo.
14. Said, R. (1963): Structural Setting of Gulf of Suez, Egypt, world petroleum Congress, Frankfort, Sect. 1, paper No. 50, pp. 201- 204.
15. Schumm, S.A. (1956): The Evaluation of Drainage systems and slope , in badlands at Perth Amboy, New Jersey, Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 67, pp. 597-646.

16. Small, R. (1989): *Geomorphology and Hydrology*, Longman, London.
17. Snyder, F.F. (1938): synthetic unit-graphs. *Transactions of the American Geophysical Union*, Vol. 19, pp. 447-454.
18. Strahler, A.M (1958): *Quantitative slope Analysis*, Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 67, pp. 571-596.
19. Strahler, A.M. (1971): *Physical Geography*, Wiley Eastern, Now Delhi, 3rd Edition.
20. USDA (Natural Resources Conservation Service) 1986: *Urban hydrology for small watersheds*, Technical release number 55 (TR-55), Chapter 2, *Estimating Runoff*, 2nd Ed., Washington, DC.
21. USDA (Natural Resources Conservation Service) 2010: *National Engineering Handbook*, Part 630 Hydrology, Chapter 15, *Time of Concentration*, Washington, DC.
22. Young, A. (1972): *Slopes*, Oliver & Boyd Edinburgh.