

**التحليل الجيومورفولوجي لمنحدرات الحافة
الشرقية لنهر النيل بين وادي الرشراش جنوباً
ووادي الجبو شمالاً باستخدام نموذج الارتفاعات
والقياسات الميدانية DEM الرقمي**

د. هبة صابر أمين دسوقي

أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب - جامعة بنها

DOI: 10.21608/QARTS.2023.186053.1587

مجلة كلية الآداب بقنا - جامعة جنوب الوادي - العدد (٥٧) أكتوبر ٢٠٢٢

ISSN: 1110-614X الترقيم الدولي الموحد للنسخة المطبوعة

ISSN: 1110-709X الترقيم الدولي الموحد للنسخة الإلكترونية

<https://qarts.journals.ekb.eg> موقع المجلة الإلكتروني:

التحليل الجيومورفولوجي لمنحدرات الحافة الشرقية لنهر النيل بين وادي الرشراش جنوبًا ووادي الجبو شمالًا باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمي DEM والقياسات الميدانية

الملخص:

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من الصحراء الشرقية ، وتمتد على طول الجانب الشرقي لنهر النيل ، ويصل أقصى امتداد لمنطقة الدراسة من الشمال إلى الجنوب ١,٢٤ كم، ومن الشرق إلى الغرب ١٦ كم، ومساحتها ٢٦٤,٤ كم^٢. وتهدف الدراسة إلى إبراز الخصائص الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة، وتحديد أنواع المنحدرات والعوامل المساهمة في تشكيلها وتطورها، وتعتمد الدراسة على استخدام نموذج الارتفاعات الرقمي والقياسات الميدانية، والتحليل المورفومتري لدرجات الانحدار ومعدلات تقوسها، وأوضح تحليل المنحدرات سيادة المنحدرات الجرفية والشديدة على منحدرات منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: المنحدرات، الحافة، التحليل الجيومورفولوجي، الصحراء الشرقية، الجانب الشرقي للنيل.

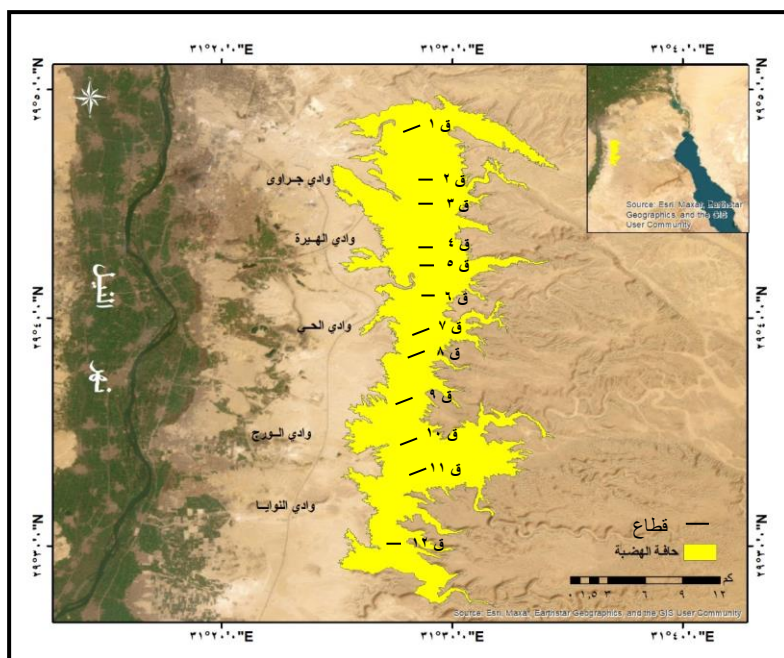
مقدمة:

أصبحت دراسة المنحدرات من أهم فروع الجيومورفولوجيا، وتطورت الدراسات الخاصة بها وزادت بشكل كبيرة بداية من النصف الثاني من القرن العشرين، وقد مثلت هذه الزيادة متواليه هندسية في فترة ما بعد عام ١٩١٠ (Young,1972,pp. 1-16). وتعد الدراسات التي قام بها (Strahler,1954) و (Savigear,1960) و (Carson&Kirkby,1972) و (Kirkby,1975) و (Sparks,1975) و (Ahmed, &Norbert,2009) و (Ivan, et al.,2013) و (Fister, et al., 2020) من أهم الدراسات التي تناولت المنحدرات ووضعت أسسًا ومعايير لتحليل القياسات الميدانية للمنحدرات تحليلًا كميًا. كما أن هناك بعض الدراسات العربية التي أهتمت أيضًا بدراسة المنحدرات منها دراسة (امبابي، ١٩٧٠، ١٩٧٢) ودراسة (امبابي وعاشور، ١٩٨٣) ودراسة (دسوقي، ٢٠٠٤، ١٩٨٧) ودراسة (تراب، ٢٠٠٠) ودراسة (صابر، ٢٠١٧) ودراسة (الكومي، ٢٠١٩).

والمنحدرات هي تلك السطوح المنحدرة من سطح الأرض عن المستوي الأفقي، وتشكل المنحدرات معظم سطح الأرض. ولما كانت أشكال سطح الأرض عبارة عن مركب معقد من المنحدرات، فإن تحليل خصائص هذه المنحدرات سوف يلقي الضوء على العوامل والعمليات الجيومورفولوجية المميزة التي أسهمت في تشكيلها سواء في الماضي أو الحاضر، كما أنها توضح أيضًا حركة المواد السائدة على هذه المنحدرات وتأثيرها على تطور المنحدرات.

تقع حافة الهضبة في الجزء الشمالي من الصحراء الشرقية، وتمتد على طول الجانب الشرقي لنهر النيل، فيما بين وادي الرشراش جنوبًا ووادي الجبو شمالًا، ومن الشرق يحدها خط كنتور ٣٠٠ مترًا الذي يفصلها عن سطح الهضبة، وغربًا يحدها خط

كنتور ١٤٠ مترًا الذي يفصل الحافة عن أقدامها، وتمتد فلكيًا بين دائرتي عرض ٢٢° ٢٧' ٢٩" و ٥٣° ٤٩' ٢٩" شمالًا، وخطي طول ٤١° ٢٤' ٣١" و ٣٩° ٣٤' ٣١" شرقًا. ويصل أقصى امتداد لمنطقة الدراسة من الشمال إلى الجنوب ٤١,٢ كم، ومن الشرق إلى الغرب ١٦ كم، ومساحتها ٢٦٤,٤ كم^٢ شكل (١). ويتراوح ارتفاعها بين ١٤٠ مترًا و أقل من ٣٠٦ مترًا فوق مستوى سطح البحر، ويتقطع سطحها بأودية ذات جوانب متوسطة إلى شديدة الانحدار، وقيعانها متسعة نسبيًا، والأراضي الفاصلة بينها تبدو على هيئة حافات ذات قمم ضيقة شكل (٢)، وقد تأثرت الحافة بالحركات الأرضية التي انعكس أثرها على إضعاف صخورها.



المصدر: من إعداد الباحثة إعتامًا على المرئية الفضائية L8OLI_TIRS لعام ٢٠٢١.

شكل (١) موقع منطقة الدراسة



شكل (٢) جزء من الحافة مقطع بواسطة خطوط
التصريف المائي لوادي الحى - ناظرًا صوب الشرق

أهمية الدراسة.

تكمن أهمية الدراسة في الاهتمام باستخدام نتائج البحث الجيومورفولوجي في تحليل وتقييم دراسة منحدرات الحافة الشرقية لنهر النيل بمنطقة الدراسة، والتنبؤ المكاني للمناطق المعرضة للتراجع وذلك من خلال تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والدراسة الميدانية.

مشكلة الدراسة.

تتمثل مشكلة الدراسة في تراجع الحافة الشرقية لنهر النيل بمنطقة الدراسة بسبب حدوث الإنهياالات الأرضية وتقطعها بواسطة العديد من الأودية. ولذلك سوف تتم الإشارة إلى التساؤلات التالية:

- ١- ما هي الخصائص الجغرافية الطبيعية العامة لمنطقة الدراسة؟
- ٢- ما هي طريقة دراسة المنحدرات أليًا؟
- ٣- ما هي أنواع المنحدرات بمنطقة الدراسة، وما هي عوامل تشكيلها؟
- ٤- ما هي أنواع حركة المواد على المنحدرات ؟

الدراسات السابقة.

تضم الدراسات السابقة الدراسات التي تناولت منطقة الدراسة، والدراسات التي تناولت تحليل المنحدرات خارج حدود منطقة الدراسة وتم الاستفادة منها، وهي تتلخص فيما يلي:

أ- دراسة (عاشور، ١٩٩٠) وموضوعها " جيومورفولوجية الجانب الشرقي من وادي النيل فيما بين الكريمت جنوباً والصف شمالاً " وقد أهتمت بتحليل أشكال السطح الرئيسية بالمنطقة من خلال التعرف على العوامل والعمليات التي ساهمت في تشكيلها، ودراسة أهم الأخطار الجيومورفولوجية في المنطقة.

ب- دراسة (صالح، ١٩٩١) وموضوعها " الحافة الجنوبية لهضة الجلالة البحرية " وقد تناولت الخصائص الطبيعية للحافة، والتحليل المورفومتري لمنحدراتها.

ج- دراسة (صالح، ٢٠٠١) وعنوانها " جيومورفولوجية الجانب الشرقي لوادي النيل بمحافظة سوهاج " وأهتمت برسم خريطة جيومورفولوجية لمنطقة الدراسة عن طريق المسح الشامل لجميع أجزائها، ودراسة الخصائص الجيومورفولوجية لأحواض تصريفها.

د- دراسة (صالح، وحجاب، ٢٠٠٨) وموضوعها " التحليل المورفولوجي لمنحدرات جوانب وادي قصب - الصحراء الشرقية " وتناولت الخصائص المورفومترية والمورفولوجية لمنحدرات جوانب الوادي وتطورها الجيومورفولوجي.

ه- دراسة (تراب، ٢٠٠٠) وموضوعها " تحليل منحدرات الهوامش الشمالية والغربية لمنخفض جغبوب بليبيا، وتناولت هذه الدراسة الخصائص الجيولوجية والجيومورفولوجية وتحليل قطاعات منحدرات المنخفض).

و- دراسة (حجاب، ٢٠١٣) وموضوعها " منحدرات الحافة الشرقية لوادي النيل فيما بين وادي الطارف جنوباً ووادي الأحايوة شمالاً - دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية " وتناولت الدراسة تحليل الخصائص المورفومترية لقطاعات منحدرات الحافة الجبلية، وأشكال المنحدرات السائدة عليها.

ز- دراسة (أمين، ٢٠١٣) بعنوان " منطقة شرق وادي النيل من وادي بياض جنوباً إلى وادي الأطفيحي شمالاً دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية " وتناولت الدراسة الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة وتحليل منحدراتها، والتحليل المورفومتري لأحواض وشبكات التصريف بها، وتحليل الخريطة الجيومورفولوجية للمنطقة، وأهميتها التطبيقية.

ح- دراسة (الحربي، ٢٠١٦) وعنوانها " نمذجة الخصائص التضاريسية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية - دراسة تطبيقية على وادي ملكان " وتناولت تحليل تضاريس حوض وادي ملكان بالمملكة العربية السعودية وكذلك منحدرات الوادي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

ط- دراسة (الكومي، ٢٠١٩) بعنوان " منحدرات الحافة الشرقية للهضبة الوسطى بصحراء مصر الغربية بين دائرتي عرض ٣٢° ٣٣° ٢٦° و ٣٩° ١٠° ٢٧° شمالاً دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية " وتناولت الدراسة الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة، والتحليل المورفومتري لأحواض وشبكات التصريف بها، والخصائص الجيومورفولوجية لمنحدرات الحافة، وتحليل الخريطة الجيومورفولوجية للحافة وأهميتها التطبيقية.

ي- دراسة (Mendes,et al., 2018) وموضوعها "Stability Analysis on Urban Slopes: Case Study of an Anthropogenic-Induced

”Landslide in Saõ Jose´ dos Campos, Brazil“ وتناولت هذه الدراسة موقع منطقة الدراسة، وخصائصها الجيولوجية والجيومورفولوجية والمناخية، وتحليل عينات تربة المنحدرات، وتأثير التدخلات البشرية في سرعة انهيار وتساقط بعض الكتل وبعض الأجزاء من المنحدرات.

ك- دراسة (Deka, et al., 2020) وموضوعها “Effect of Antecedent Rainfall on Slope Stability- A Case Study of Haflong Hill, North East India” وتناولت هذه الدراسة الخصائص الفيزيائية والجيوتقنية لرواسب منحدرات تلال هافلونج، وتأثير مدة هطول الأمطار على عامل الأمان وعلى ضغط المياه المسامية على سطح منحدراتها.

ل- دراسة (Kumar, & Premalatha, 2021) وموضوعها “Stability Analysis of Hill Slopes in The Nilgiris, Tamil Nadu” وتناولت هذه الدراسة موقع منطقة الدراسة، وجيومورفولوجيتها، عوامل وعمليات تشكيلها، تحليل استقرار المنحدرات.

أهداف البحث.

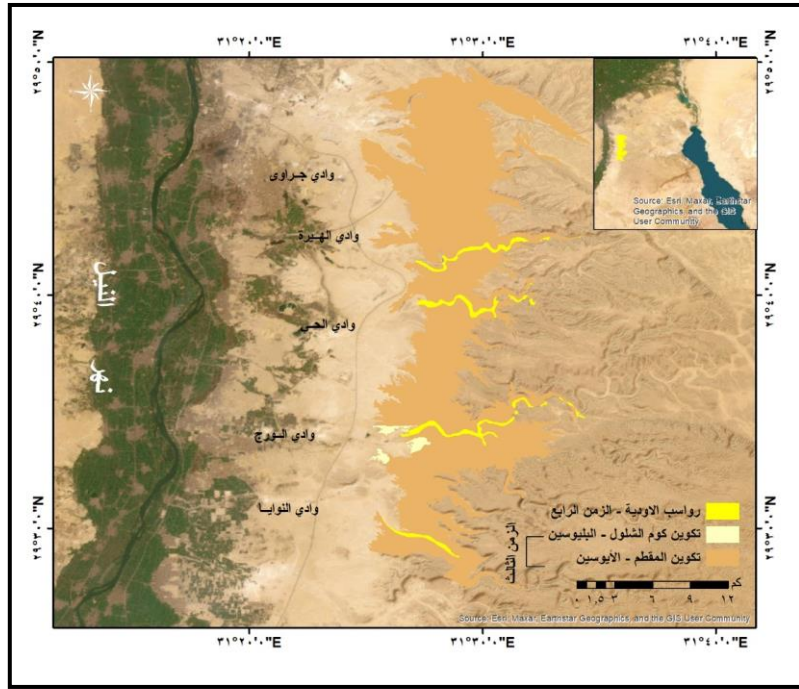
يهدف هذا البحث إلى التعرف على السمات الجيومورفولوجية لمنحدرات منطقة الدراسة، وذلك من خلال دراستها بالطريقتين الآلية والميدانية، للوقوف على مدى أهمية استخدام التقنيات الحديثة في دراسة المنحدرات، والتعرف على أشكال المنحدرات السائدة على الحافة الشرقية لنهر النيل والعوامل والعمليات التي أسهمت في تشكيلها، وتحديد أنواع حركة المواد على المنحدرات، وتحديد طرق ووسائل الحماية من أخطارها.

أولاً: الخصائص الجغرافية الطبيعية لمنطقة الدراسة.

١ - الخصائص الجيولوجية.

يتراوح عمر التكوينات الجيولوجية المكشوفة بمنطقة الدراسة بين الأيوسين الأوسط والبليوسين الأسفل، هذا بالإضافة إلى رواسب الزمن الرابع التي تنتمي إلى البليستوسين والحديث ويتضح من الخريطة الجيولوجية شكل (٣) التكوينات التالية: تكوين المقطم (الأيوسين الأوسط) الذي يتكون من حجر جيرى طبقي أبيض مائل للاصفرار أحياناً ومتوسط الصلابة، ومارل رمادي اللون تكثر به الشقوق والفواصل، وحجر رملي، وحجر جيرى رملي، وحجر جيرى أبيض إلى رمادي تكثر به الفواصل. وينقسم هذا التكوين بالمنطقة إلى عضوين هما: عضو جبل حوف Gabel Hoaf Member وينتشر على جوانب وادي الورد، ويصل سمكه إلى ١٣٣ متراً. وعضو المرصد Observatory Member وينتشر على جوانب وادي الحي شكل (٤)، ويتراوح سمكه بين ٧٧ متراً و ١٠٩ متراً (Soliman , 1980) و (Abdou , 1994).

تكوينات البليوسين التي تتكون من الرمال والحجر الجيري والكنجولوميرات والحصى، وتنقسم تكوينات البليوسين في منطقة الدراسة إلى تكوين كوم الشلول Kom El-Shelul Formation الذي ينتشر بالجزء الأدنى من حوض وادي الحى، ويبلغ سمكه ٢٤ متراً. وتتمثل رواسب الزمن الرابع (البليستوسين والحديث) في رواسب قيعان الأودية وما يصاحبها من أشكال إرسابية. وتتألف رواسب الزمن الرابع من الطين والرمل بمختلف أحجامها، والحصى، والحصباء، والجلاميد. وتنقسم رواسب الزمن الرابع في منطقة الدراسة إلى رواسب الأودية وطمي النيل.



المصدر : من إعداد الباحثة اعتمادا على الخريطة الجيولوجية كونوكو كيرال ، مقياس ١:٥٠٠٠٠٠ ، سنة ١٩٨٧ ، باستخدام برنامج Arc Gis 10

شكل (٣) التكوينات الجيولوجية السطحية بمنطقة الدراسة



شكل (٤) عضو المرصد بالجزء الأعلى من وادي جراوي
- ناظرًا صوب الشمال -

٢- الخصائص المناخية.

تعتمد دراسة الأحوال المناخية على بيانات وكالة NASA لمنطقة الدراسة خلال الفترة (١٩٩٠: ٢٠٢١) جدول (١)، ويتضح من هذه البيانات أن المتوسط الشهري لدرجة الحرارة يتراوح بين $16,6^{\circ}\text{م}$ و $30,3^{\circ}\text{م}$ ، وتتذبذب درجة الحرارة بين $10,6^{\circ}\text{م}$ (متوسط درجة الحرارة الصغرى لشهر يناير) و $35,9^{\circ}\text{م}$ (متوسط درجة الحرارة العظمى لشهر يولييه). وتهب الرياح على منطقة الدراسة من جميع الاتجاهات إلا أنها تختلف في نسب هبوبها، وتعد الاتجاهات السائدة للرياح في منطقة الدراسة هي الشمالية، والشمالية الشرقية، والشمالية الغربية، حيث بلغت نسبة الهبوب من الاتجاهات الثلاثة $76,4\%$ جدول (٢). كما تلعب الرياح دوراً مهماً من خلال قيامها بعمليات البري مكونة حوز الرياح وكهوف وفجوات الرياح على منحدرات الحافة الشرقية لنهر النيل بمنطقة الدراسة، ويبلغ المعدل السنوي لسرعة الرياح $9,4$ كم/الساعة، ويتراوح هذا المعدل بين $8,8$ كم/الساعة لشهور الشتاء، و $11,9$ كم/الساعة لشهور الصيف شكل (٥).

وتبلغ كمية الأمطار السنوية $1,8$ مم في منطقة الدراسة، وتتركز في نصف السنة الشتوي، وتبلغ ذروتها $5,6$ مم في ديسمبر شكل (٦)، وقد سجلت أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد بتاريخ $1951/12/6$ ، حيث بلغت هذه الكمية $32,7$ مم، وعلى الرغم من قلة الأمطار إلا أنها تسقط بشكل فجائي ينتج عنه في الغالب حدوث سيول تكتسح المواد المفككة بفعل التجوية من جوانب منحدرات الحافة، وتعيد كشفها لفعل عمليات التجوية من جديد، هذا بالإضافة إلى الدور الذي تلعبه هذه الأمطار في تعميق الشقوق والفواصل مما يترتب عليه انفصال الكتل الصخرية وسقوطها عند أقدام الحافة الشرقية بمنطقة الدراسة.

جدول (١): خصائص بعض العناصر المناخية بمنطقة الدراسة

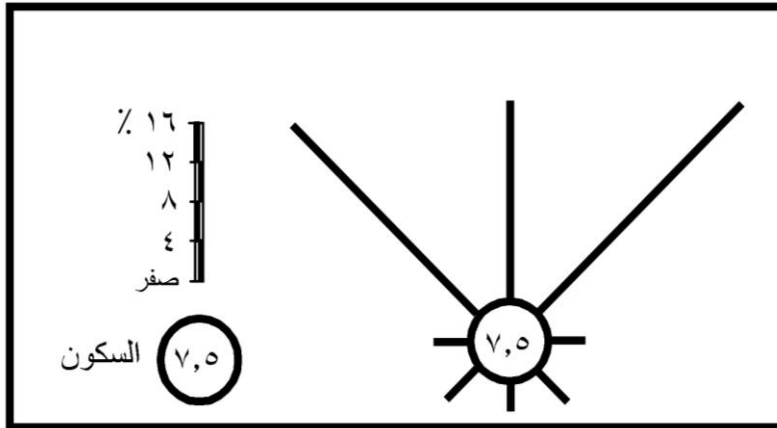
خلال الفترة (١٩٩٠ - ٢٠٢١)

العناصر الشهور	متوسط درجة الحرارة (م)	متوسط درجة الحرارة الصغرى (م)	متوسط درجة الحرارة العظمى (م)	سرعة الرياح (كم/س)	إجمالي كمية الأمطار (مم)
يناير	١٦,٦	١٠,٦	١٩,٥	٨,٧	٣,٧
فبراير	١٧,٢	١١,٣	٢١,٤	٨,٩	٣,٩
مارس	١٨,٤	١٣,٥	٢٣,٩	١٠,٠	٢,٥
أبريل	٢١,٢	١٥,٤	٢٨,٣	١٠,٨	٠,٩
مايو	٢٥,٩	١٨,٦	٣٢,٧	١١,٥	١,٩
يونيو	٢٧,٥	٢٢,٥	٣٣,٩	١٣,٣	٠
يوليو	٣٠,٠	٢٥,١	٣٥,٩	١٣,٤	٠
أغسطس	٣٠,٣	٢٥,٤	٣٥,٨	١١,٢	٠
سبتمبر	٢٧,٢	٢٤,١	٣٣,٤	١١,٧	٠
أكتوبر	٢٥,٣	٢٢,١	٣٠,٣	٩,٧	٠,٨
نوفمبر	٢٠,٨	١٥,١	٢٥,٧	٨,٥	٢,٩
ديسمبر	١٦,٩	١١,٩	٢٢,١	٧,١	٥,٦
المعدل السنوي	٢٣,١	١٧,٩	٢٨,٦	٩,٤	١,٨

المصدر : عن <https://power.larc.nasa.gov/cgi-bin/agro.cgi?na>

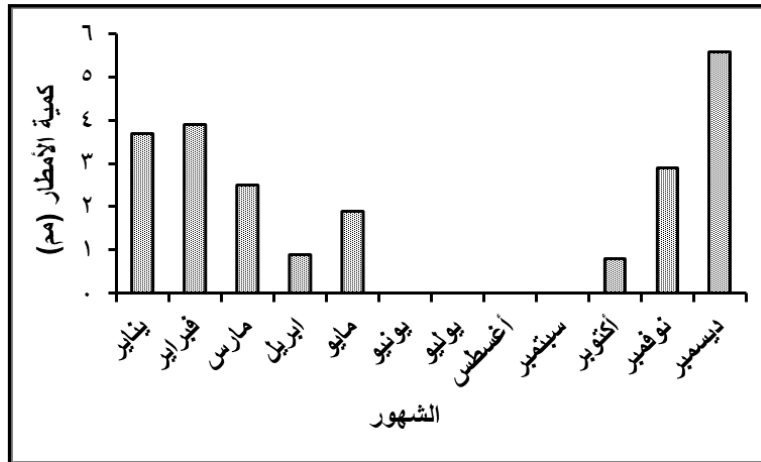
جدول (٢): النسب المئوية لاتجاهات هبوب الرياح بمنطقة الدراسة

شمالية	شمالية شرقية	شمالية غربية	جنوبية شرقية	جنوبية غربية	جنوبية	جنوبية شرقية	جنوبية غربية	شمالية شرقية	شمالية غربية	السكون
١٩,٩	٢٩,٨	٣,٤	٤,٧	٣,١	٤,٨	٣,٦	٢٦,٧	٧,٥	٧,٥	

المصدر : عن <https://power.larc.nasa.gov/cgi-bin/agro.cgi?na>

المصدر: من إعداد الباحثة إعتامدا على جدول (٢)

شكل (٥) النسب المئوية لاتجاهات هبوب الرياح بمنطقة الدراسة



المصدر: من إعداد الباحثة إعتامدا على جدول (١)

شكل (٦) الكمية الشهرية للأمطار الساقطة بمنطقة الدراسة

ثانيًا: تحليل منحدرات منطقة الدراسة.

سيتم تحليل منحدرات المنطقة من جانبيين هما:

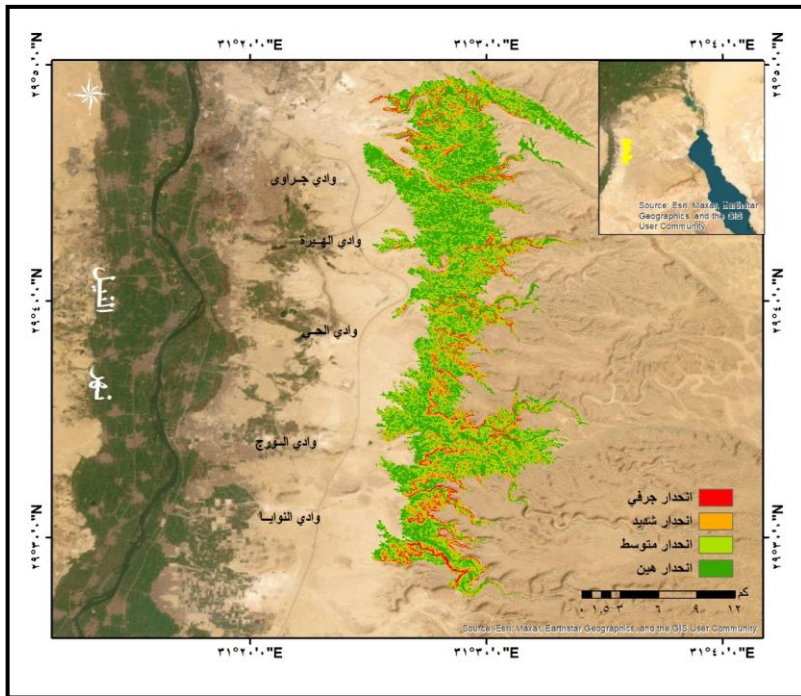
١- تحليل المنحدرات أليًا.

تبين من تحليل المنحدرات من نموذج الارتفاعات الرقمي أن زوايا الانحدار تتراوح بين صفر° و ٨١°، وأن هذه الزوايا تنقسم إلى أربع فئات^(١) هي: الانحدارات الهينة (صفر° ٩°) وتضم ٧٣,٢ كم^٢ بنسبة ٢٧,٧% من جملة مساحة منحدرات الحافة، وتمثل على الأجزاء الدنيا من الحافة. أما فئة الانحدارات المتوسطة (٢٤° : ١٠°) فتشكل ٩٣,٢ كم^٢ بنسبة ٣٥,٢%، وتظهر في مواضع متفرقة من الجزء الأسفل والأوسط من الحافة، وتغطي فئة الانحدارات الشديدة (٣٥° : ٢٥°) ٧٠ كم^٢ بنسبة ٢٠,٥%، وتظهر على الجزء العلوي من الحافة. بينما تغطي فئة الجروف (٤٠° فأكثر) ٢٨ كم^٢ بنسبة ١٠,٦%، وتظهر في أجزاء متفرقة في الجزء العلوي من الحافة شكل (٧).

اتضح من تحليل درجات تقوس الحافة أليًا أن معدلات التقوس تتراوح بين + ٢٤° و - ٢١° جدول (٣) وشكل (٨)، وأنه يشتمل على ثلاث مجموعات رئيسية لمعدلات التقوس هي: مجموعة معدلات التقوس الموجبة وتمثل العناصر المحدبة، وتشكل ٨٥,١ كم^٢ بنسبة ٣٢,٢% من جملة مساحة منطقة الدراسة. ومجموعة معدلات التقوس السالبة وتمثل العناصر المقعرة، وتشغل ١٠,٣ كم^٢ بنسبة ٤١,٧% من جملة مساحة منطقة الدراسة. ومجموعة الأقسام المستقيمة وتغطي الأقسام التي لا يتغير الانحدار عليها حيث تكون درجة تقوسها صفر°، وتشغل ٦٩ كم^٢ بنسبة ٢٦,١% من جملة المساحة.

(١) طبقًا لتصنيف (دسوقي، ١٩٨٧)

تنقسم كل من مجموعة العناصر المقعرة ومجموعة العناصر المحدبة إلى فئتين فرعيتين بحسب طبيعة التقوس، الفئة الأولى هيئة التقوس ($1^{\circ}:9^{\circ}$)، وتمثل أكثر قليلاً من ثلثي جملة الأطوال (٦٨,٩ ٪)، وتشكل العناصر المقعرة منها ٣٧,٩ ٪، بينما تشكل العناصر المحدبة ٣١ ٪. والفئة الثانية متوسطة التقوس ($10^{\circ}:24^{\circ}$)، وتشكل ٤,٩ ٪ من جملة المساحة، منها ٣,٧ ٪ على العناصر المقعرة، و١,٢ ٪ على العناصر المحدبة. ويتضح مما سبق أن هناك تركيزاً لمعدلات التقوس سواء كانت مقعرة أو محدبة في الفئة الأولى هيئة التقوس، وأن نسب العناصر المقعرة تتفوق على نسب العناصر المحدبة وبشكل عام تتفوق نسبة المقعرات على المحدبات، وهذه النسبة هي ١,٣ : ١.



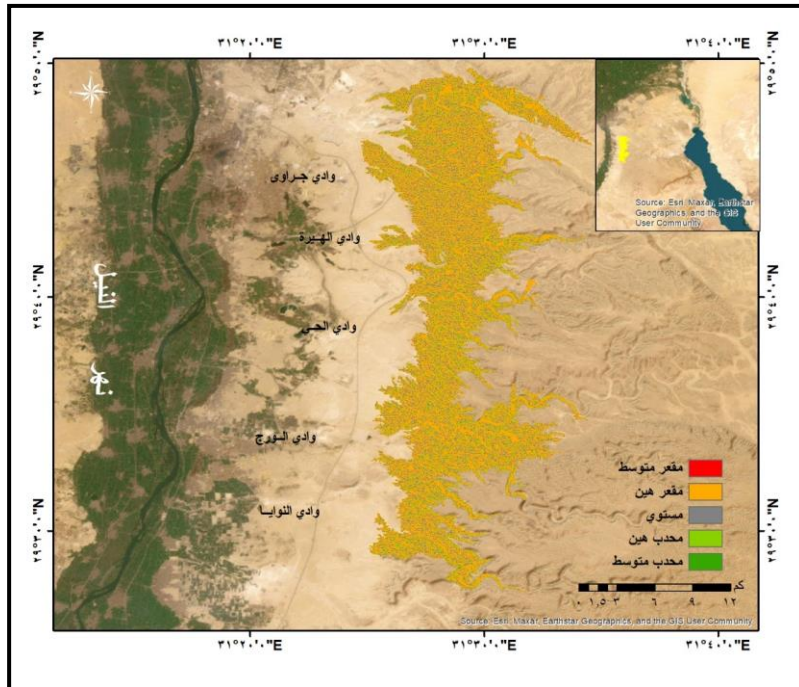
المصدر: من إعداد الباحثة إيمادا على نموذج الارتفاعات الرقمي SRTM 30m باستخدام برنامج Arc Gis 10.3

شكل (٧) زوايا الانحدار على الحافة الشرقية لنهر النيل بمنطقة الواحة

جدول (٣): نسبة ما تشغله كل فئة من مجموعات التقوس بالحافة

العناصر المقعرة		الأقسام المستقيمة		العناصر المحدبة		المساحة (%)	المساحة (كم ^٢)	فئة التقوس
المساحة (%)	المساحة (كم ^٢)	المساحة (%)	المساحة (كم ^٢)	المساحة (%)	المساحة (كم ^٢)			
٣٧,٩	١٠٠,٣	٢٦,١	٦٩	٣١,٠	٨٢	٦٨,٩	١٨٢,٣	هين
٣,٧	١٠			١,٢	٣,١	٥,٠	١٣,١	متوسط
٤١,٧	١١٠,٣			٣٢,٢	٨٥,١	٧٣,٩	١٩٥,٤	الجملة

الجدول من إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاعات الرقمي SRTM 230m .



المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادًا على نموذج الارتفاعات الرقمي SRTM 30m باستخدام برنامج Arc Gis 10.3

شكل (٨) درجات تقوس منحدرات الحافة الشرقية لنهر النيل بمنطقة

٢- دراسة المنحدرات ميدانيًا.

يتناول هذا الموضوع ما يلي:

أ- الخصائص الكمية العامة لقطاعات المنحدرات.

يوضح الجدول (٤) و الشكل (٩) أهم الخصائص الكمية العامة لقطاعات

المنحدرات المقیسة في الميدان وهي:

- بلغ عدد القطاعات المدروسة (١٢) قطاعًا، وبلغت جملة أطوالها ٤٨٧٠ مترًا، ويتراوح أطوال هذه القطاعات بين ٣٦٠ مترًا و ٤٥٠ مترًا، ويرجع هذا التباين في الأطوال إلى اختلاف سمك الطبقات الصخرية، وتفاوت درجة تأثرها بعوامل التعرية والتجوية المختلفة.

- يبلغ المعدل العام لانحدار القطاعات $26,2^\circ$ ، وهو يقع في فئة الانحدارات الشديدة، وهي الفئة التي وقع فيها متوسط الانحدار في نحو (٥٨%) من أعداد القطاعات، ويتراوح ذلك المعدل بين $17,2^\circ$ للقطاع (١٢) و $35,2^\circ$ للقطاع (٨). ويقترب المعدل العام من نظيره على منحدرات جبل حمام فرعون في سيناء الذي بلغ نحو $31,08^\circ$ (فراج، ٢٠٠٦، ص ١٢١)، ومنحدرات الحافة الجبلية للجانب الشرقي لوادي النيل فيما بين وادي أبي عجاج وأم ركة والذي بلغ $35,3^\circ$ (مصطفي، ٢٠١٣، ص ١٧٤)، بينما يزيد هذا المعدل عن نظيره في سفوح الجبل الأخضر بليبيا حيث بلغ $16,8^\circ$ (الصادق، ٢٠١١، ص ٤٢٥)، ويتساوى هذا المعدل مع مثيله في هضبة طيبة حيث بلغ $26,17^\circ$ (أبوريه، ٢٠١٤، ص ٢٧٥).

- يسود الشكل المقعر على معظم القطاعات المدروسة على الحافة الشرقية لنهر النيل في منطقة الدراسة حيث يظهر على القطاعات (١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ١١ و ١٢)، بينما يظهر الشكل المحدب على القطاعات (٦ و ٨ و ٩ و ١٠)، وكذلك يظهر الشكل المحدب - المقعر على القطاع (٧) مما يشير إلى عظم دور المياه الجارية في تشكيل تلك المنحدرات وفي تراجع الحافة.
- تتقارب قيم زوايا الانحدار من قيم متوسطاتها في القطاعات (٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١) حيث تنخفض معاملات الاختلاف، وتراوح بين (٧٣,٥% و ٧٩,٦%)، بينما تتباعد زوايا الانحدار عن قيم متوسطاتها في القطاعات الأخرى حيث تتراوح قيم معاملات الاختلاف بين (٨٦,٨% و ١٥٨,٧%).
- تغطي صخور الحجر الجيري والمارل ٨٢,٣% من جملة أطوال القطاعات المدروسة، بينما تغطي الرواسب المفككة ١٧,٧% من جملة أطوالها، ويرجع ذلك إلى الطبيعة الجيولوجية لمنطقة الدراسة حيث تغطي تكوينات الحجر الجيري معظم أجزاء منطقة الدراسة، وانتشار الفواصل والشقوق المتقاطعة والمتعامدة على واجهتها.

ب- التوزيع التكراري لزوايا انحدار - أطوال القطاعات الميدانية.

يقصد بزوايا الانحدار هي تلك الزوايا التي تم قياسها في الطبيعة على طول خطوط قطاعات المنحدرات. ويمكن تحليل زوايا الانحدار من عدة جوانب هي: التوزيع التكراري لزوايا الانحدار، والزوايا المميزة، والزوايا الحدية، وتصنيف زوايا الانحدار.

جدول (٤) الخصائص الكمية العامة للقطاعات الميدانية بمنطقة الدراسة

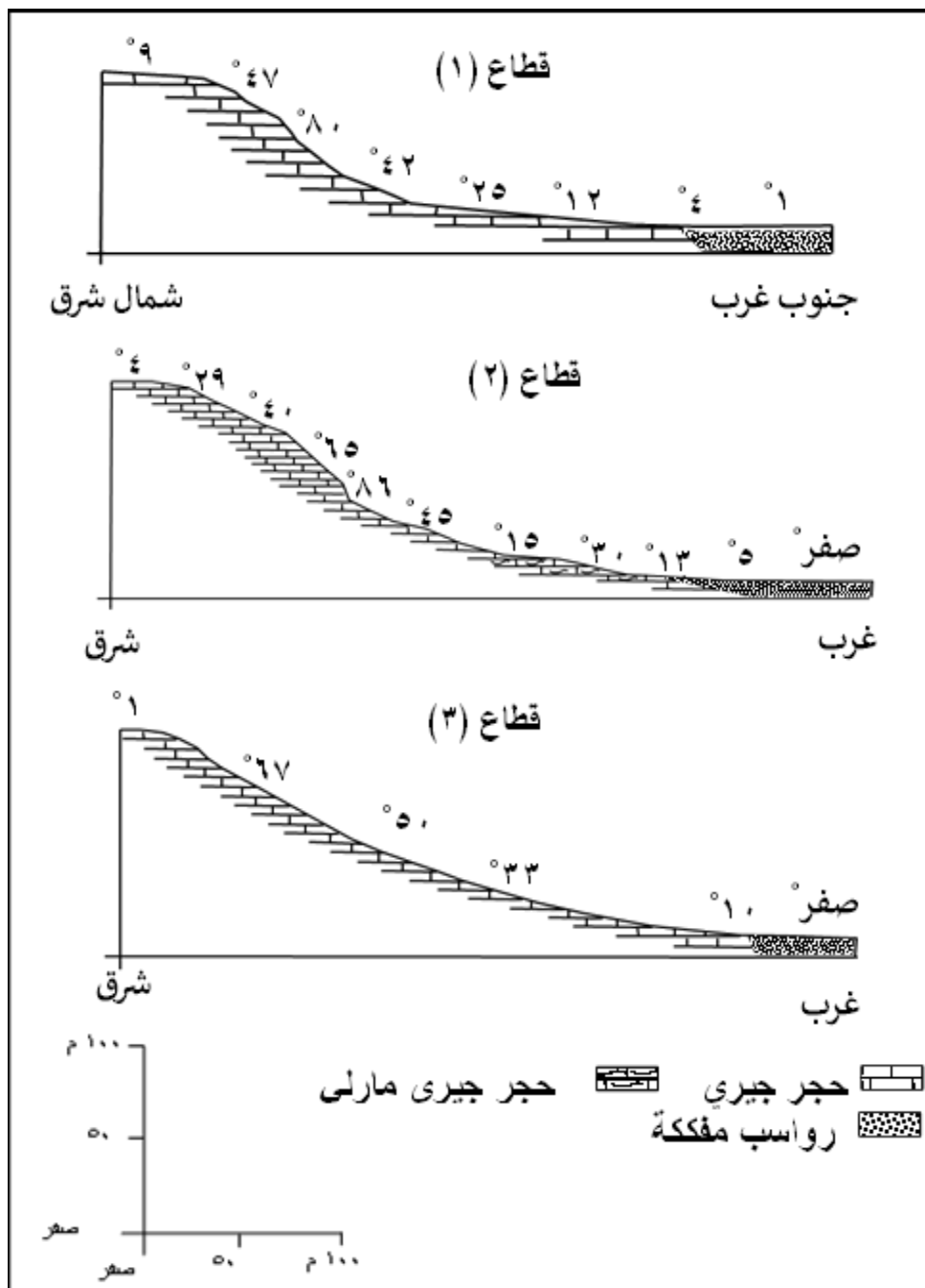
الشكل العام للمنحدرات (١)		معامل الاختلاف (%)	الانحراف المعياري	متوسط الانحدار بالدرجات	الطول بالمتر	القطاع
الشكل	القيمة					
مقعر	٠,٤	١٠٣,٥	٢٥,٤	٢٤,٦	٤٢٥	١
مقعر	٠,٨	٩٤,٧	٢٦,٦	٢٧,٧	٤٥٠	٢
مقعر	٠,٢	١٠٩,٩	٢٥,٣	٢٣	٤٢٠	٣
مقعر	٠,٦	١١٤,٨	٢٢,١	١٩,٣	٤١٠	٤
مقعر	٠,٤	٨٦,٨	٢٨,٩	٣٣,٣	٤٤٠	٥
محدب	١,٤	١٠٦,١	٢٢,٧	٢١,٤	٣٩٠	٦
محدب - مقعر	١,٠	٧٥,٦	٢٠,٧	٢٧,٤	٣٧٠	٧
محدب	١,١	٧٩,٦	٢٨,٠	٣٥,٢	٤٠٥	٨
محدب	١,٦	٧٤,٩	١٨,٨	٢٥,١	٤١٥	٩
محدب	١,٥	٧٩,٢	٢٥,٧	٣٢,٤	٤١٠	١٠
مقعر	٠,٧	٧٣,٥	٢٠,٨	٢٨,٣	٣٧٥	١١
مقعر	٠,٠٤	١٥٨,٧	٢٧,٣	١٧,٢	٣٦٠	١٢

الجدول من إعداد الباحثة اعتمادًا على القياسات الميدانية.

(١) الشكل العام للمنحدر = جملة أطوال العناصر المحدبة

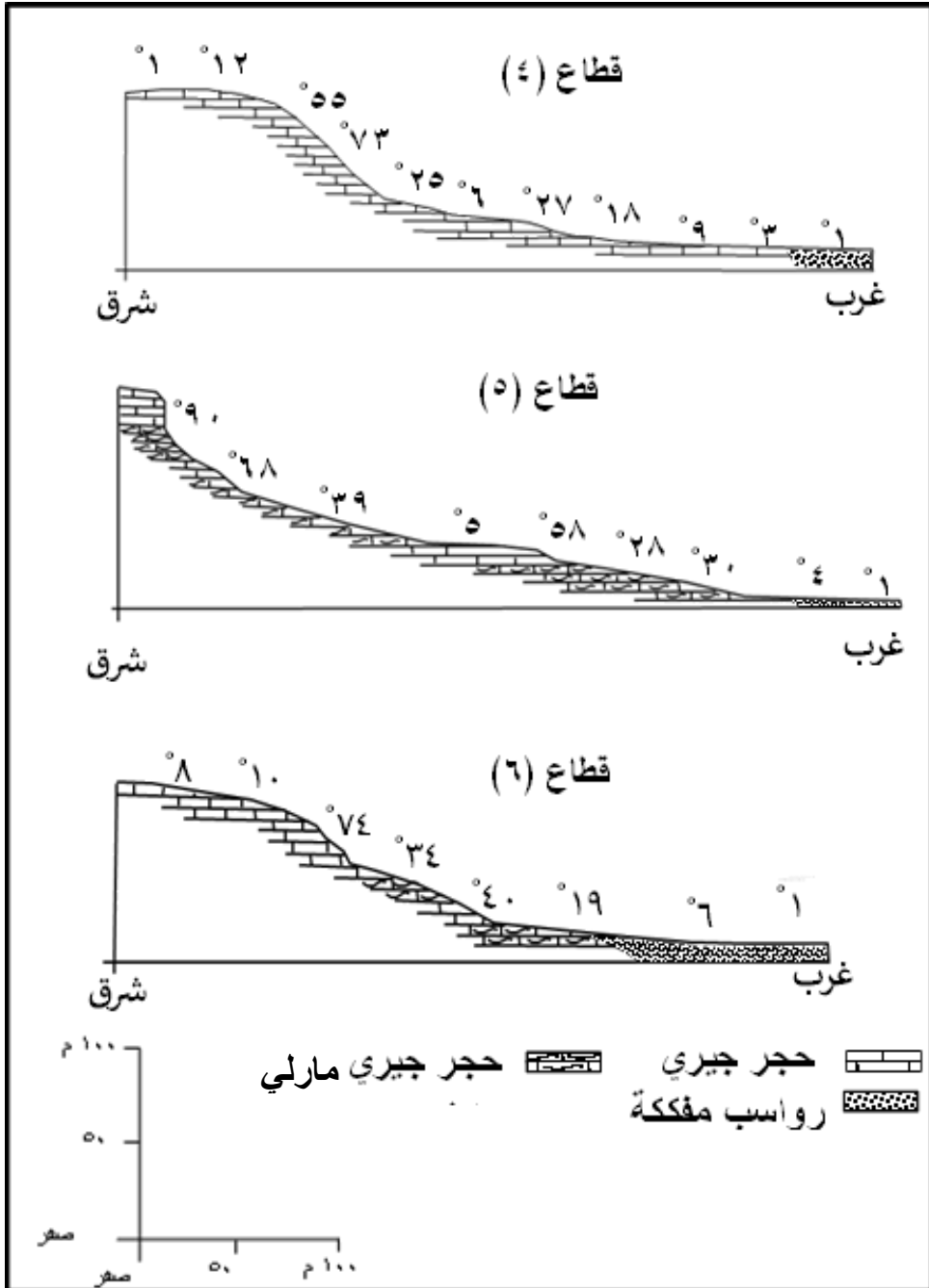
جملة أطوال العناصر المقعرة

وإذا كان ناتج القسمة أكبر من (١) يكون الشكل العام للمنحدر محدبًا ، وإذا كان ناتج القسمة أصغر من (١) يكون الشكل العام للمنحدر مقعرًا، وإذا كان الناتج (١) يكون الشكل العام للمنحدر محدبًا مقعرًا (Doornkamp & King, 1971, p.138)



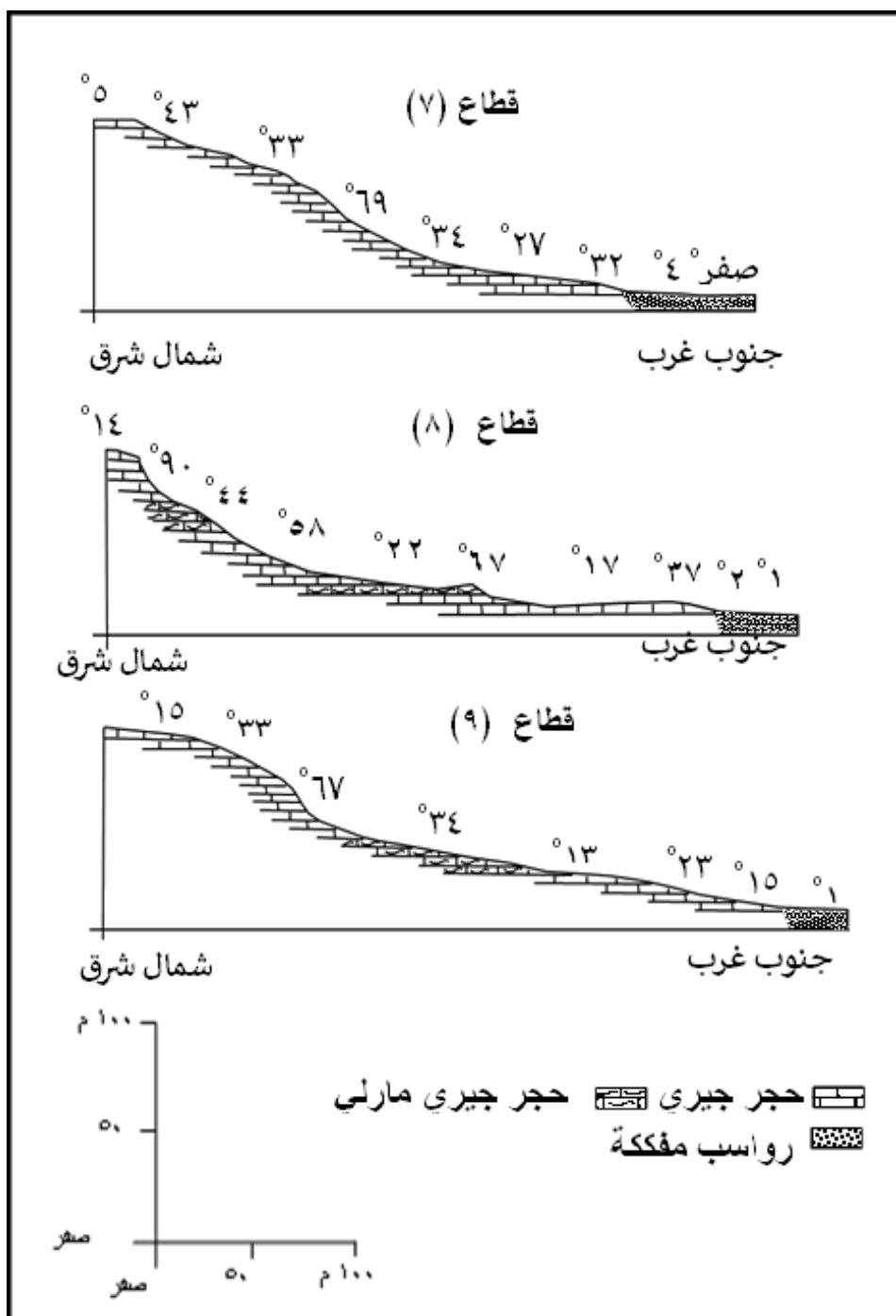
المصدر من عمل الباحثة إعتماًداً على القياس الميداني (مواقع كل القطاعات موضح على الشكل (١))

شكل (٩- أ) قطاعات المنحدرات بمنطقة الواسة



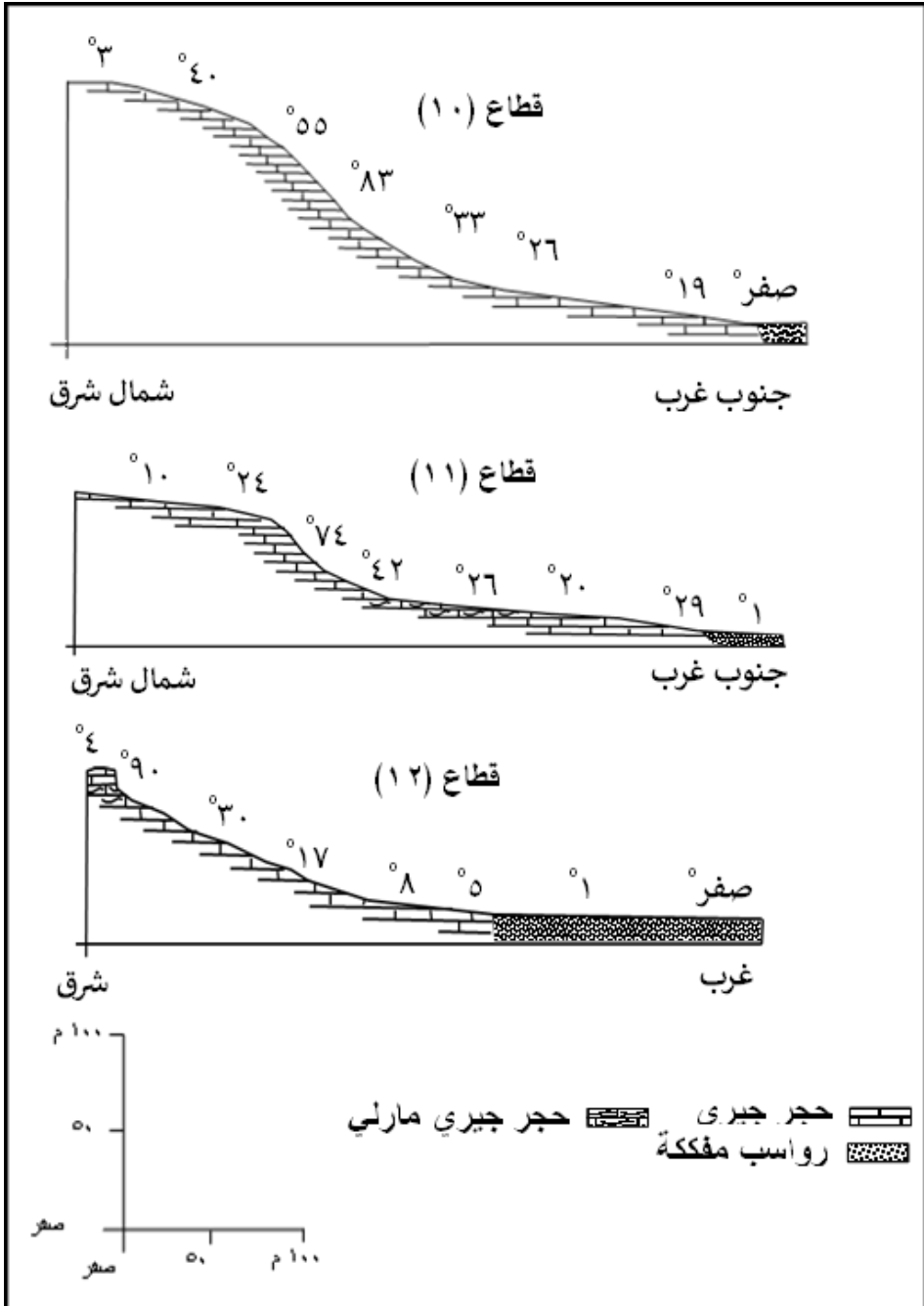
المصدر من عمل الباحثة اعتماداً على القياس الميداني

شكل (٩-ب) مقاطع المنحوتات بمنطقة الواصة



المصدر من عمل الباحثة إعتقاداً على القياس الميداني

شكل (٩ - ج) قطاعات المنحدرات بمنطقة الولاية



المصدر من عمل الباحثة إعتامادا على القياس الميداني

شكل (٩- د) قطاعات المنحوتات بمنطقة الواسة

يتضح من الجدولين (٥ و ٦) والشكل (١٠) ما يلي:

- يتميز التوزيع التكراري لزوايا الانحدار على قطاعات الحافة الشرقية بمنطقة الدراسة بأنه رباعي التوزيع ومتعدد المنوال، ويرافقه في أغلب الأحيان اختفاء بعض قيم زوايا الانحدار، لاسيما مع شدة الانحدار، ويتفق هذا مع بعض الدراسات السابقة التي تمت على المناطق الجافة وشبه الجافة في أن التوزيع التكراري لزوايا الانحدار متعدد التوزيع ويرافقه غياب لبعض زوايا الانحدار (عاشور، ١٩٧٩)، (الدسوقي، ١٩٨٧)، (تراب، ٢٠٠٥)، (الحداد، ٢٠٠٩)، (أمين، ٢٠١٧).
- تسود الانحدارات الشديدة ($25^{\circ} - 39^{\circ}$) على منحدرات الحافة بمنطقة الدراسة حيث بلغت (٢٩,٩%) من جملة أطوال القطاعات.
- تتسم زوايا الانحدار بأنها موزعة على كل مجموعات زوايا الانحدار، فالانحدارات الهينة (صفر $^{\circ}$ - 9°) تشكل (٢٦,٦%) من جملة الأطوال، وتتمثل على الأجزاء الدنيا من القطاعات، والأجزاء العليا لبعض القطاعات، والزاوية المميزة لهذه الانحدارات هي (1°) وتشكل (٨,٢%) من جملة الأطوال، والزاوية الحدية السفلى هي (صفر $^{\circ}$) وتشكل (٤,٥%) من جملة الأطوال، والزاوية الحدية العليا (9°) وتشكل (٢,١%) من جملة الأطوال.
- تشكل مجموعة الانحدارات المتوسطة ($10^{\circ} - 24^{\circ}$) نسبة (٢٣,٢%) من جملة الأطوال، وتتمثل على الأجزاء الوسطى للقطاعات، والزاوية المميزة لها هي (10°) وتشكل (٤%) من جملة الأطوال، والزاوية الحدية السفلى هي (10°) وتشكل (٤%) من جملة الأطوال، والزاوية الحدية العليا هي (24°) وتشكل (٠,٩%) من جملة الأطوال.

جدول (٥): فئات الانحدار وأطوالها على قطاعات منطقة الدراسة

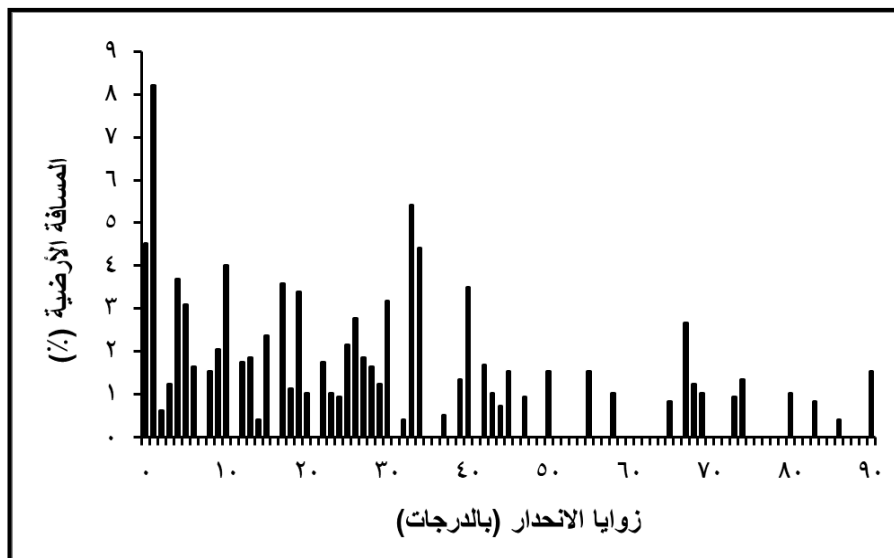
فئة الانحدار	الطول بالمترا	طول (%)
هين (صفر° - ٩°)	١٢٩٥	٢٦,٦
متوسط (١٠° - ٢٤°)	١١٢٩	٢٣,٢
شديد (٢٥° - ٣٩°)	١٤٥٦	٢٩,٩
جرفي (٤٠° فأكثر)	٩٩٠	٢٠,٣
الجملة	٤٨٧٠	١٠٠

الجدول من إعداد الباحثة.

جدول (٦): الزوايا المميزة والحدية علي قطاعات منطقة الدراسة .

فئة الانحدار	الزاوية المميزة			الزاوية الحدية السفلي			الزاوية الحدية العليا		
	الزاوية بالدرجة	المسافة الأرضية (م)	المسافة الأرضية %	الزاوية بالدرجة	المسافة الأرضية (م)	المسافة الأرضية %	الزاوية بالدرجة	المسافة الأرضية (م)	المسافة الأرضية %
انحدارات الهيئة	١	٤٠٠	٨,٢	صفر°	٢٢٠	٤,٥	٩	١٠٠	٢,١
انحدارات متوسطة	١٠	١٩٥	٤	١٠	١٩٥	٤	٢٤	٤٥	٠,٩
انحدارات شديدة	٣٣	٢٦٤	٥,٤	٢٥	١٠٥	٢,٢	٣٩	٦٥	١,٣
الجروف	٤٠	١٧٠	٣,٥	٤٠	١٧٠	٣,٥	٩٠	٧٥	١,٥

الجدول من إعداد الباحثة.



الشكل من إعداد الباحثة إعتامداً على ملحق (١)

شكل (١٠) التوزيع التكراري لزوايا انحدار - أطوال قطاعات منحدرات الحافة الشرقية بمنطقة الواسة

- تشكل مجموعة الانحدارات الشديدة ($25^{\circ} - 39^{\circ}$) نسبة (٢٩,٩%) من جملة الأطوال، وبذلك تمثل قيم هذه الفئة القيم الأكثر شيوعاً على منحدرات الحافة الشرقية لنهر النيل بمنطقة الدراسة، والزاوية المميزة لها هي (33°) وتشكل (٥,٤%) من جملة الأطوال، والزاوية الحدية السفلي هي (25°) وتشكل (٢,٢%) من جملة الأطوال، والزاوية الحدية العليا هي (39°) وتشكل (١,٣%) من جملة الأطوال.
- تغطي الجروف (40°) فأكثر نسبة (٢٠,٣%) من جملة الأطوال، وتتمثل على الأجزاء العليا من القطاعات، والزاوية المميزة لها هي (40°) وتشكل (٣,٥%) من جملة الأطوال، والزاوية الحدية السفلي هي (40°) وتشكل (٣,٥%) من جملة الأطوال، والزاوية الحدية العليا هي (90°) وتشكل (١,٥%) من جملة الأطوال.
- تشكل الانحدارات الشديدة والجرفية نسبة (٥٠,٢%) من جملة أطوال القطاعات، بينما تغطي الانحدارات الهينة والمتوسطة (٤٩,٨%) من جملة الأطوال، ويتفق ذلك مع ما

توصل إليه (حجاب ، ٢٠١٣ ، ص ٤٣) في دراسته حول منحدرات الحافة الشرقية لوادي النيل فيما بين وادي الطارف و الأحايوة ، حيث مثلت فئتي الانحدارات الشديدة والجرفية ٦٠,٦٪ من جملة الأطوال، وكذلك دراسة (عيسي، ٢٠١٥ ، ص ٥٦) لمنحدرات الجانب الغربي للبحر الأحمر فيما بين مرسى علم ورأس بناس ، والتي بلغت نسبة ما تشغله فئتي الإنحدارات الشديدة والجرفية مجتمعتين علي منحدرات الحافات الجبلية ٥١,٥٪ من جملة أطوال القطاعات.

• تتميز العلاقة بين قيم زوايا الانحدار والمسافات الأرضية التي تشغلها بأنها علاقة عكسية، بمعنى أنه كلما زادت قيمة الزاوية، قل ما تشغله من مسافة أرضية على طول القطاع، ويمكن تفسير ذلك في ضوء تباين الطبقات الصخرية المكونة لمنحدرات منطقة الدراسة ما بين صخور الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي بالإضافة إلى سيادة الانحدارات الشديدة والجرفية على قطاعات الحافة وما ينتج عن ذلك من تغير نقاط الانحدارات سريعاً على مسافات أرضية قصيرة على طول قطاعات المنحدرات ولا سيما على الأنحدارات الشديدة والجرفية، بينما يتغير الإنحدار بلطف على مسافات أرضية طويلة نسبياً على الإنحدارات الهينة والمتوسطة.

ج- تحليل معدلات التقوس.

يوضح جدول (٧) والشكل (١١) ما يلي:

- تتراوح درجات تقوس قطاعات منطقة الدراسة بين +٨٦ و -٧٢.
- وجود ثلاث مجموعات رئيسية لدرجات التقوس على قطاعات منطقة الدراسة هي: المجموعة الأولى سالبة، وتشير إلى العناصر المقعرة، وتشكل ٦٣,٩٪ من جملة الأطوال، وتتراوح معدلات تقوس هذه المجموعة بين -١ و -٧٢، وتتراوح أطوال

المسافات الأرضية التي تغطيها بين ٢٢م و ٢٧٢,٥م. والمجموعة الثانية موجبة، وتشير إلى العناصر المحدبة، وتشكل ٣١,١% من جملة الأطوال، وتتراوح معدلات تقوس هذه المجموعة بين ١+ و ٨٦+، وتتراوح أطوال المسافات الأرضية التي تغطيها بين ١٢,٥م و ٩٠م. وتشير المجموعة الثالثة إلى الأقسام المستقيمة التي لا يتغير عليها الانحدار، وتشكل ٥% من جملة الأطوال، ومعدل تقوسها صفر°، وتتراوح أطوال المسافات الأرضية التي تغطيها بين ١٢,٥م و ٣٠م في مختلف القطاعات المدروسة.

- ترتبط العناصر المحدبة بالأجزاء العليا من قطاعات المنحدرات، كما تظهر العناصر المقعرة على الأجزاء الوسطى والدنيا منها، ويتخلل تلك المجموعتين ظهور الأقسام المستقيمة.

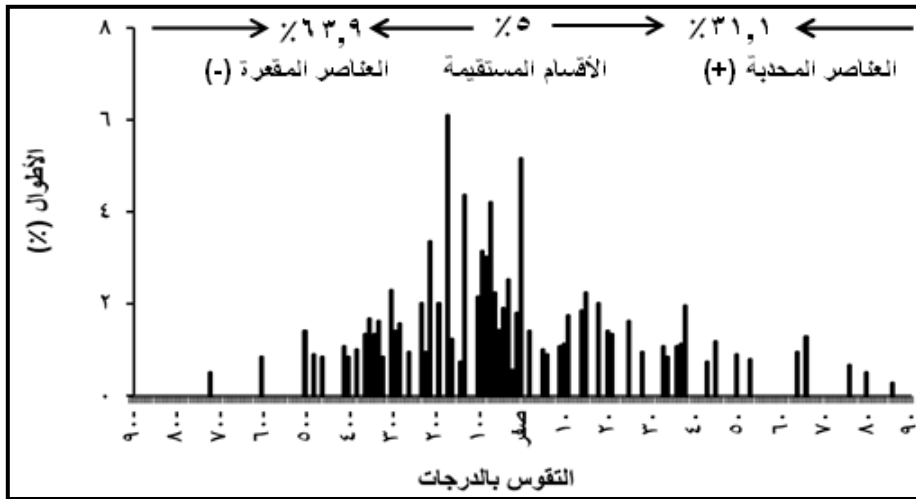
- تمثل معدلات التقوس الهين (صفر° - ٩٠°) على منحدرات منطقة الدراسة، حيث تشكل ٢٤,٦% من جملة الأطوال، وتغطي العناصر المقعرة من هذه المجموعة ٢٠,٣%، بينما تغطي العناصر المحدبة ٤,٢%، وتظهر جميع زوايا تقوس مجموعة التقوس الهين على كل من العناصر المحدبة والعناصر المقعرة.

- تشكل معدلات التقوس المتوسط (١٠° - ٢٤°) ٣٣,٩% من جملة الأطوال، حيث تغطي العناصر المقعرة ٢٢,٤%، بينما تغطي العناصر المحدبة ١١,٤% من هذه المجموعة.

- تمثل معدلات التقوس الشديد (٢٥° - ٣٩°) ٢٢,٢% من جملة الأطوال، وتغطي العناصر المقعرة من هذه المجموعة ١٣,٧%، بينما تشكل العناصر المحدبة ٨,٤% منها

جدول (٧) : خصائص مجموعات التقوس على منحدرات منطقة الدراسة

العناصر المقعرة		الأقسام المستقيمة		العناصر المحدبة		الطول (%)	المدى بالدرجات	مجموعات التقوس
الطول (%)	الطول (م)	الطول (%)	الطول (م)	الطول (%)	الطول (م)			
٢٠,٣	٩٢٨,٥	٥	٢٣٠	٤,٢	١٩٥	٢٤,٦	٩ - صفر	تقوس هين
٢٢,٤	١٠٢٣,٥			١١,٤	٥٢٢,٥	٣٣,٩	٢٤ - ١٠	تقوس متوسط
١٤,٠	٦٢٧,٥			٨,٤	٣٨٥	٢٢,٢	٣٩ - ٢٥	تقوس شديد
٧,٢	٣٢٩			٧,١	٣٢٥	١٤,٣	٤٠ فأكثر	تقوس شديد جداً



الشكل من إعداد الباحثة إعتماًداً على ملحق (٢)

شكل (١١) أشكال تقوس منحوات الحافة الشوقية لنهر النيل بمنطقة الواحة

الجدول من إعداد الباحثة.

- تشكل معدلات التقوس الشديد جدًا (40° فأكثر) ١٤,٣% من جملة الأطوال، وتغطي العناصر المقعرة من هذه المجموعة ٧,٢%، بينما تغطي العناصر المحدبة ٧,١%، وتحتفي معظم زوايا تقوس تلك المجموعة من الظهور على منحدرات الحافة.
- تسود الانحدارات المقعرة على قطاعات منحدرات الحافة، حيث تبلغ نسبة العناصر المحدبة إلى المقعرة (١ : ١,٠٤) أي تبدو متساوية إلى حد كبير مع سيادة طفيفة للعناصر المقعرة ، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه (أبو ريه، ٢٠٠٣) في سيادة الانحدارات المقعرة على منحدرات الحافة الشمالية لهضبة الجلالة البحرية حيث بلغت نسبة العناصر المحدبة إلى العناصر المقعرة (١ : ١,١٣).

ثالثاً: أنواع المنحدرات بمنطقة الدراسة.

تتنوع أشكال المنحدرات في منطقة الدراسة، وتعد أشكال المنحدرات إنعكاساً للتفاعل بين نوعية الصخور والبنية الجيولوجية من ناحية وعوامل وعمليات التشكيل السائدة من ناحية أخرى، وقد تمكنت الباحثة من خلال الدراسة الميدانية وتحليل قطاعات المنحدرات من التعرف على أشكال المنحدرات السائدة على الحافة، وفيما يلي أنواع هذه المنحدرات:

١- المنحدرات البسيطة.

هي المنحدرات التي تأخذ شكلاً معيناً، قد يكون محدباً أو مقعراً أو مستقيماً، فالمنحدرات المحدبة هي تلك المنحدرات التي تكون ذات درجات تقوس موجبة، والتي تزيد درجات انحدارها في اتجاه خطوط تصريفها، ويتضح من خلال تحليل قطاعات المنحدرات أنه لا يوجد منحدر يتميز كله بالتحذب التام، وإنما تتمثل المنحدرات المحدبة عادة على الأجزاء العليا من الحافة. أما المنحدرات المقعرة فهي تلك المنحدرات التي

تكون ذات درجات تقوس سالبة، وتقل درجات انحدارها في اتجاه خطوط تصريفها، ويتضح من خلال تحليل قطاعات المنحدرات سيادة هذا النوع من المنحدرات على الأجزاء الدنيا من الحافة. أما المنحدرات المستقيمة فهي تلك المنحدرات التي تكون درجة تقوسها صفراً، أي لا تتغير عليها درجات الانحدار وإنما تظل ثابتة. ويطلق على هذا النوع من المنحدرات أحياناً منحدرات المفتتات، أو منحدرات الاستقرار. (محمد ، ٢٠٠٢ ، ص ١٦٧). ويتضح من خلال تحليل قطاعات المنحدرات أنه لا يوجد منحدر يتميز بالاستقامة التامة، وإنما تتمثل المنحدرات المستقيمة إما على سطح الحافة أو الأجزاء العليا منها، حيث تتفق مع مكاشف طبقات الحجر الجيري، وقد أشار (Small,1980,P.502) إلى أن هذه المنحدرات ما هي إلا منحدرات نحت ساهمت عمليات السقوط الصخري والتجوية في تشكيلها وتطورها، وإما على الأجزاء الدنيا منها وهي المناطق التي تتميز بالإستواء وضعف الانحدار والتي أدى تراكم الرواسب والمفتتات عليها إلى انتظام زوايا انحدارها، وينتشر هذا النوع في المناطق التي تمر بمرحلة مبكرة من مراحل دورتها التحتانية أو بالمناطق المتأثرة بالحركات التكتونية وتكثر بها الصدوع والفواصل والشقوق كما هو الحال في منطقة الدراسة. ويتفق هذا مع ما توصل إليه (حجاب،٢٠١٣).

٢- المنحدرات المركبة.

عندما يحدث تتابع المنحدرات المحدبة والمقعرة والمستقيمة بنمط معين فإنها تكون ما يعرف باسم المنحدرات المركبة. وفيما يلي شرح لهذه المنحدرات التي أمكن التعرف عليها في منطقة الدراسة.

• المنحدرات المحدبة – المقعرة.

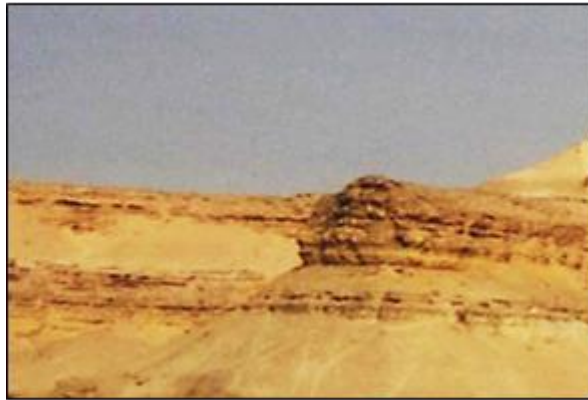
يتكون هذا النوع من المنحدرات من ثلاث وحدات وهي من أعلى إلى أسفل: عنصر محدب، قسم مستقيم، عنصر مقعر. ويتضح من تحليل قطاعات المنحدرات، سيادة هذا النوع على منحدرات الحافة شكل (١٢)، وترجع نشأة المنحدرات المحدبة – المقعرة إلى فعل المياه الجارية خاصة وأن الحافة تتألف من صخور الحجر الجيري التي تتميز بكثرة الشقوق والفواصل مما يسهم في نشأة نظم جريان مائي غير مركزة تعمل على جرف واكتساح المفتتات الصخرية بقدر ما تسمح به طاقتها وتكوين الأجزاء العليا المحدبة أما على الأجزاء الوسطى والدنيا من المنحدرات فإن نمط الجريان المائي يتحول من النمط الانتشاري إلى النمط المركز الذي تزداد معه الحمولة، ومن ثم تزيد طاقته على النحت ويتكون قسم الدرجة القصوى الذي يتبعه ظهور الجزء المقعر أسفل المنحدر ويتفق ذلك مع (الكياي و المعداوي، ٢٠٠٧، ص ٢٠٠).

• منحدرات الجروف – المقعرة.

يتكون هذا النوع من تتابع وحدتين هما: الجروف وتشغل الجزء العلوي من القطاعات، وتتراوح درجة انحدارها بين 40° و 90° ، وترتبط بصخور الحجر الجيري، وغالبًا ما يوجد تغير مفاجئ في الانحدار أسفل الجرف، تليها مفتتات صخرية ومخروطات هشيم أثرت فيها عوامل التعرية. والوحدة الثانية هي العناصر المقعرة وتشغل الجزء الأوسط والأسفل من القطاعات ويتألف من المارل والطفل، وتغطي العناصر المقعرة مسافات أرضية أكبر من تلك التي تشغلها الجروف التي تعلوها شكل (١٣).



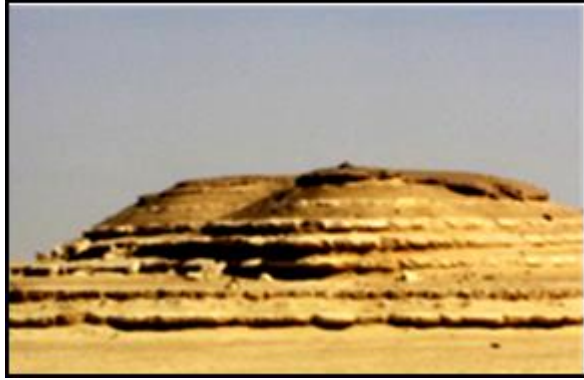
شكل (١٢) المنحدرات المحدبة - المقعرة على الحافة الشرقية
لنهر النيل بالقرب من حوض وادي الحي بمنطقة الدراسة،
ناظرًا صوب الشمال الشرقي



شكل (١٣) منحدرات الجروف - المقعرة على الحافة
الشرقية لنهر النيل بالجزء الأدنى من حوض وادي
جراوي بمنطقة الدراسة، ناظرًا صوب الشمال الشرقي
● المنحدرات شبه السلمية.

يعد هذا النوع مركبًا من المنحدرات المحدبة - المقعرة ومنحدرات الجروف المقعرة، ويرتبط هذا النوع بمناطق البنيات الجيولوجية الأفقية والمائلة ميلًا هينًا، والتي تتبادل فيها الطبقات الصخرية الصلبة والهشة. ويختلف طول واتساع كل درجة نتيجة

لاختلاف سمك الطبقات، أو حسب الفترة الزمنية التي قطعها مرحلة التطور التي تمر بها المنطقة. وترجع أهمية وجود هذا الشكل إلى أنه يعكس المراحل المختلفة التي مر بها تطور منطقة الدراسة والتي لم تحدث دفعة واحدة، بل على مراحل مختلفة، ويكون أعلى هذه التتابعات هو أقدمها، ثم تتدرج التتابعات في حداثتها باتجاه أسفل المنحدر شكل (١٤) من حيث النشأة والتكوين الجيومورفولوجي.



شكل (١٤) المنحدرات شبه السلمية على الحافة الشرقية لنهر النيل بالقرب من مخرج وادي الورد بمنطقة الدراسة، ناظرًا صوب الجنوب الشرقي

رابعًا: عوامل تشكيل المنحدرات وتطورها بمنطقة الدراسة.

تتنوع عوامل تشكيل منحدرات منطقة الدراسة وهي:

١- العوامل الجيولوجية.

تتمثل العوامل الجيولوجية في نوع البنية الجيولوجية والخصائص النوعية للتتابع الصخري. ويقصد بالبنية الجيولوجية هنا المظاهر البنيوية التي تؤثر في منحدرات المنطقة مثل الصدوع والفواصل والشروخ، وهي تمثل مناطق الضعف الجيولوجي في الصخور، حيث تستغلها عوامل التعرية في التأثير على المنحدرات المختلفة. ويتضح

تأثير الصدوع والفواصل والشروخ على منحدرات الحافة، خاصة عندما تكون الفواصل عمودية على أسطح الطباقية، مما ينتج عنه زيادة نشاط عوامل التعرية، كما تتوغل المياه داخل الصخر من خلال الفواصل والشروخ مما ينتج عنه اتساعها وانفصال الصخور وسقوطها عند أقدام المنحدرات، حيث توجد علاقة طردية بين حجم الكتل الصخرية الساقطة وطول وعمق الفواصل والشروخ (دسوقي، ١٩٨٧).

وتسمى الكتل الصخرية التي تحيط بها الفواصل بالكتل المفصلية Joint Blocks، وتتوقف أحجام هذه الكتل على مدى تباعد أو تقارب الفواصل. وترتبط نشأة الفواصل والشروخ بالجهود Stresses المرتبطة بالشد Tension والتقلص Contraction أثناء التبريد من ناحية، وبالجهود الناتجة عن العوامل التكتونية المحلية، أو الإقليمية من ناحية أخرى، كذلك التغيرات الحرارية. ويتفق هذا مع ما توصل إليه (Bloom, 1978, p.107) و(سلامة، ١٩٨٣، ص ٢) و(أمين، ٢٠١٧، ص ٤٠). وتأتي أهمية الفواصل والشروخ من كثرة انتشارها في جميع أنواع الصخور وأثر ذلك على درجة الإنحدار.

وقد أمكن التعرف على نوعين من البنية الجيولوجية في منطقة الدراسة وهما: البنية الأفقية، والبنية المائلة ميلاً بسيطاً (١-٣ درجات)، وتتألف كل منهما من تتابع من الطبقات الصخرية الصلبة والهشة المتباينة في سمكها، وترتبط الجروف بالطبقات الصخرية الصلبة مثل الحجر الجيري والحجر الجيري الرملي، بينما ترتبط العناصر المقعرة بالطبقات الصخرية الهشة، هذا بالإضافة إلى أن التباين في درجة صلابة الصخور يعد من العوامل الأساسية في تراجع المنحدرات، حيث تتراجع الطبقات الصخرية الهشة بمعدل أسرع من الطبقات الصخرية الصلبة، مما يترتب عليه شيوع ظاهرة التساقط الصخري.

٢ - عمليات التجوية.

تعد عمليات التجوية من العمليات المهمة المؤثرة على منحدرات الحافة، ويرجع ذلك إلى أنها تعمل على إضعاف وتفتيت أو تحلل صخر الأساس عند السطح أو بالقرب منه من ناحية، وإيجاد بعض الظواهر الجيومورفولوجية الدقيقة مثل حفر الإذابة وهشيم المنحدرات من ناحية أخرى. وحقيقي أن كل الصخور المكشوفة على السطح تتفكك إلى أجزاء مختلفة الأحجام، وحقيقي أنه قد ينهال كل أو بعض ما تفكك من هذه الصخور، إلا أنه ليس من الضروري أن يؤدي التفكك الميكانيكي أو المواد المفككة إلى أشكال ذات أهمية جيومورفولوجية بالنسبة لشكل المنحدرات (إمبابي، ١٩٧٢، ص ٨٧).

وعلى أية حال فإن عمليات التجوية تعد من العمليات المهمة التي تسهم في تشكيل منحدرات الحافة، فهي تعمل على تفكك وتفتت الصخور ولا تتعداها إلى نقل أساسي للمواد المفتتة، ولكن المفتتات الصخرية تتأثر بالجاذبية الأرضية مما يعرضها للنقل والإزالة من على مكاشف الطبقات الصخرية شديدة الانحدار، وبالتالي تتعرض لعمليات التفكك من جديد، ومن الظواهر الجيومورفولوجية المرتبطة بعمليات التجوية على الحافة ظاهرة خلايا النحل Honey Comb التي مازالت تحدث حتى الآن رغم سيادة ظروف الجفاف، وهي عبارة عن حفر صغيرة الحجم قد تكون سداسية أو بيضوية أو دائرية الشكل ويتفق هذا مع ما ذكره (مصطفى، ٢٠٠٧، ص ١١٠)، كما تتميز بانتظام وتمائل أشكالها، ولا يتعدى طول ضلعها أكثر من بضعة سنتيمترات، حيث يتراوح ما بين ٤ سم و ١٠ سم وترتبط هذه الملامح بالصخور الجيرية وصخور الحجر الجيري المرالي.

وترجع نشأة خلايا النحل في منطقة الدراسة إلى الإذابة بفعل المياه، والتي تتسبب في إذابة الحجر الجيري، ومن ثم تكوين فجوات صغيرة سرعان ما تتسع وتتصل

ببعضها البعض لتكون فجوات أكبر حجمًا فيما بعد، ويتفق هذا مع ما ذكره (تراب ، ٢٠٠٥ ، ص ٣٤) عن نشأة هذه الأشكال نتيجة الإذابة بفعل المياه لبعض معادن الصخور في ظل ظروف التباين الحراري. ويضاف إلى ذلك الدور الذي تلعبه الرياح في زيادة اتساع هذه الحفر والفجوات من خلال عملية النحت. كما تسهم الشقوق والفواصل المنتشرة في الصخور في تكوين هذه الحفر والفجوات والتي تعتبر من مواضع الضعف التي تنشط فيها عمليات الإذابة والنحت شكل (١٥).

أما ظاهرة التفلق الصخري فهي أحد الظواهر الجيومورفولوجية الناتجة عن التجوية الميكانيكية، وهي عبارة عن تفلق أو انفصال الكتل الصخرية إلى أجزاء أصغر حجمًا، وترجع هذه الظاهرة إلى ارتفاع درجة حرارة هذه الكتل خلال أيام الصيف، فإذا ما تصادف هطول مطر فإنه يؤدي إلى تبريد مفاجيء لأسطح هذه الكتل، فتتشطر إلى مجموعة من الكتل الأصغر حجمًا، ويتراوح طول الأجزاء الناتجة عن التفلق الصخري بين ٢٥سم و ٦٠سم، وعرضها بين ٩سم و ١٦سم، وقد لوحظت هذه الظاهرة بالقرب من أقدام الحافة بمنطقة الدراسة.



شكل (١٥) ظاهرة خلايا النحل على احدى كتل الحجر الجيري عند أقدام الحافة الشرقية بمنطقة الدراسة، ناظرًا صوب الشرق

تحدث ظاهرة التقشر الصخري بفعل التجوية الميكانيكية، ويقصد بها انفصال قشور أو صفائح رقيقة أو سميكة من سطح الصخر، ويحدث ذلك تحت تأثير عدد من الظروف الطبيعية أهمها: إزالة الحمل، التجوية الشمسية *Insolation Weathering*، بالإضافة إلى الهدرجة *Hydration* ويطلق على هذه الظاهرة أحياناً التجوية الشريطية *Weathering Sheeting*، أو التقشر البصلي *Onion Weathering*، وقد لوحظت هذه الظاهرة على أجزاء متفرقة من الحافة.

٣- الجريان السطحي.

تشير آثار الجريان السطحي على منحدرات الحافة إلى أنها كانت عبارة عن غطاء رقيق من المياه على الأجزاء العليا من المنحدرات، يعرف بالجريان الغطائي، وكان هذا الجريان يلتقط كل ما يصادفه من مفتتات بقدر ما تسمح به طاقاته، وبالاتجاه صوب الأجزاء الوسطى من الحافة تزداد كمية المياه، وبالتالي كمية المفتتات التي تحملها، ومن ثم يزداد مقدار النحت والنقل والانحدار، مما يترتب عليه تكوين العناصر المحدبة على الأجزاء العليا من المنحدرات. أما على الأجزاء الوسطى والدنيا من المنحدرات فإن نمط الجريان المائي يتحول من النمط الغطائي إلى النمط المركز الذي يساهم بما يقوم به من حفر خطوط تصريف مقعرة وترسيب ما يحمله من مفتتات على الأجزاء الدنيا من الحافة في تكوين المنحدرات المقعرة عليها. ويتفق هذا التفسير للمنحدرات المحدبة المقعرة بشكل عام والمنحدرات المقعرة بشكل خاص، والتي تسود على الأجزاء الوسطى والدنيا من منحدرات الحافة مع ما توصلت إليه بعض الدراسات السابقة مثل دراسة (Carson & Kirkaby , 1972) و (دسوقي، ٢٠٠٤، ص ١١٠).

وتقوم السيول في الوقت الحاضر بتعديل منحدرات الحافة فقد أشار (الدسوقي،

٢٠٠٤، ص ١١٠) إلى أن السيول الحالية تعمل على إطالة العناصر المحدبة والمقعرة،

حيث تأخذ هذه السيول شكل التدفق الغطائي على الأجزاء العليا من المنحدرات، ومن ثم تكون عامل نقل محدود للغاية، ولكنها تساهم في إطالة العناصر المحدبة على الأجزاء العليا من المنحدرات على حساب الوحدات الانحدارية المجاورة. أما على الأجزاء الدنيا من المنحدرات فتتجمع مياه السيول وتكتسح ما يصادفها من مواد مفككة وترسبها على هوامش هذه الأجزاء، وبذلك يزداد طول العناصر المقعرة.

٤- فعل الإنسان.

لقد أثر الإنسان تأثيرًا كبيرًا في تشكيل منحدرات الحافة، وذلك من خلال شق الطرق وأعمال التحجير والحفر والردم مؤديًا إلى اضطراب المنحدرات وبعض العمليات الجيومورفولوجية المرتبطة بها شكل (١٦).



شكل (١٦) تأثير عمليات التحجير في تغيير شكل المنحدرات بالجزء الأدنى من حوض وادي الجبو - ناظرًا صوب الشمال

خامسًا : أنواع حركة المواد على المنحدرات.

يقصد بحركة المواد على المنحدرات تحرك وانتقال المواد الصخرية المفككة التي تختلف في حجمها وسرعتها ونوع المواد المنقولة من أعلى المنحدر حتى أسفله تحت تأثير الجاذبية الأرضية (محسوب، ٢٠٠٠، ص ١٤٣)، وتتنقسم المنحدرات على أساس

علاقتها بعمليات التجوية والنقل إلى نوعين هما: المنحدرات ذات النقل المحدود وهي التي تتميز بمعدل نقل للرواسب أقل من معدل تجوية صخورها، مما يترتب عليه تكون غطاء سميك من المفتتات عليها، أما المنحدرات ذات النقل السريع فتزيد فيها معدلات نقل الرواسب عن معدلات تجوية صخورها، وعادة ما تغطي بمواد مفككة متباينة في حجمها (محسوب، ١٩٩٧، ص ١١٦). ويتحكم في حركة نقل المواد المفككة على المنحدرات عدة عوامل هي: التركيب الصخري ومحتواه المائي، واتجاهات وكثافة الفواصل والصدوع، ودرجة الانحدار، وضغط الرواسب الناتجة عن تراكمها، والجاذبية والتوازن النسبي بين القوي المؤدية للحركة والمقاومة التي تتجه لمنع حركتها باتجاه أسفل المنحدر والتي تتمثل في الاحتكاك والتماسك (الكياي، والمعداوي، ٢٠٠٧، ص ٢٠٦).

وبالرغم من وجود العديد من التصنيفات الخاصة بحركة المواد على المنحدرات، إلا أنه أمكن من خلال الدراسة الميدانية تصنيف حركة المواد على منحدرات منطقة الدراسة على أساس طبيعة وسرعة المواد المتحركة إلى مجموعتين رئيسيتين هما:

١- الحركات السريعة Fast Movements.

هي الحركة التي تحدث فجأة ولا يستغرق حدوثها سوى ثواني معدودة، ويصعب رؤيتها عند حدوثها، وهي أكثر عمليات نقل الرواسب والهشيم شيوعًا على منحدرات الحافة وتضم الأنواع التالية:

أ- الإنزلاقات الصخرية Land slumping.

الإنزلاقات هي عبارة عن حركة الصخر أو المواد الصخرية المفككة في اتجاه أسفل المنحدر على طول أسطح الفواصل المقوسة أو المستقيمة، وتكون هذه الحركة سريعة وثابتة من القمة إلى القاعدة، والكتل الصخرية المنزلقة على السفوح قد تكون منفردة أو على هيئة كتل متتابعة (دسوقي، ١٩٨٧، ص ٣٤٩). وتتأثر الإنزلاقات

الأرضية بكمية المياه الموجودة داخل الفواصل والمسامات الصخرية وما ينتج عنها من تقليل قوة الروابط بين جزيئات الصخور مما يترتب عليه تقليل درجة مقاومته، كما تزيد رخات المطر من وزن المواد الصخرية بدرجة تؤدي إلى زيادة قوة التدفق في اتجاه أسفل المنحدر.

وقد أمكن التعرف أثناء الدراسة الميدانية على الإنزلاق الأمامي، الذي ينشأ نتيجة تحرك الصخور حركة أمامية في اتجاه الأسفل دون أن تترك مسافة كبيرة بينها وبين المنحدر الرئيسي، ويلعب التكوين الصخري دورًا فعالاً في حدوث الإنزلاق الأمامي خاصة وأن صخور الحجر الجيري تتميز بكثرة الشقوق والفواصل والتي تلعب مياه الأمطار دورًا رئيسيًا في توسيعها وتعميقها، هذا بالإضافة إلى شدة الانحدار، وينتشر هذا النوع من الإنزلاقات في مناطق متفرقة من منطقة الدراسة شكل (١٧).



شكل (١٧) الانزلاق الأمامي على حافة الهضبة بالجزء الأدنى من وادي جراوي - ناظرًا صوب الشمال الشرقي

ب- التساقط الصخري Rock Fall .

يرتبط التساقط الصخري بالمنحدرات الصخرية العارية شديدة الانحدار، حيث تسقط الكتل الصخرية، وتندرج في اتجاه أسفل المنحدر حتى تستقر عند أقدامه، وقد تم

تسجيل هذه الظاهرة في مناطق متفرقة من الحافة، وتنتشر حيث توجد تداخلات من الطبقات الصخرية الصلبة من الحجر الجيري، وطبقات صخرية هشة مثل الطفل والمارل.

ومما ساعد على حدوث تساقط الصخور في منطقة الدراسة شدة انحدار مكاشف الطبقات Outcrops الصخرية الصلبة والذي يتراوح بين 40° و 90° ، وكثرة الفواصل الرأسية والأفقية في هذه الطبقات وارتكازها على صخور هشة ويتفق هذا مع (الحداد، ٢٠٠٩، ص ٢٧٢). ويترتب على إزالة الصخور الهشة بروز الطبقات الصخرية الصلبة مما يؤدي إلى تساقطها تحت تأثير الجاذبية الأرضية، في شكل كتل متفاوتة الأحجام والأبعاد مكعبة الشكل شكل (١٨)، حيث يتوقف ذلك على مدي تقارب أو تباعد الفواصل الرأسية والأفقية ، وقد يكون السقوط لكتلة منفردة أو لمجموعة من الكتل، وقد تكون المواد الساقطة كتلاً صخرية أو مواد أقل حجمًا تعرف بالحطام الصخري (Gupta, 2011, P.85). ويتراوح عرض الكتل الصخرية الساقطة فيما بين ١م و ١,٥م، أما طولها فيتراوح بين ١م و ٢م.



شكل (١٨) التساقط الصخري عند أقدام الحافة بالجزء الأدنى من وادي النواية، ناظرًا صوب الشمال الشرقي

ج- تدفق المفتتات Debris Flow.

تعرف حركة المواد المفككة من أعلى المنحدر إلى أسفله والتي يزيد حجمها عن حجم الرمال بتدفق المفتتات، ومن أهم العوامل التي تساعد على تدفق المفتتات عمليات التجوية التي تتعرض لها الصخور مما يؤدي إلى تكسرها وتفتتها، وسقوط الأمطار الغزيرة عليها وتشبعها بالمياه ، حيث تؤدي الأمطار إلى زيادة وزنها على المنحدرات، وزيادة ضغطها على السطح المبتل الذي أصبح يمثل سطحًا لينًا تتحرك عليه المفتتات المفككة والتي تزداد كميتها في حالة خلو سطح المنحدر من النبات الطبيعي (حجاب، ٢٠١٣، ص ٧٦).

وتختلف معدلات حركة هذه التدفقات حيث تتراوح بين بضعة أمتار وعشرات الأمتار/السنة (Kusky, 2008, P.56)، وتغطي المفتتات التي تكون عرضة للتدفق على منحدرات الحافة والتي تتراوح زوايا انحدارها بين (١٩٠ و ٣٩٠) مسافة أرضية تقدر بنحو ١٦٠٩م، بنسبة بلغ ٣٣٪ من جملة المسافات الأرضية المقيسة، ولا يخلو قطاع من القطاعات المقيسة من المسافات الأرضية التي تغطيها المفتتات.

٢- الحركات البطيئة Slow Movements .

هي عبارة عن حركة المواد المفككة على المنحدرات والتي تتم ببطء من أعالي المنحدرات إلى أسفلها تحت تأثير الجاذبية الأرضية، وتتمثل أنواع هذه الحركات في:

أ- زحف الهشيم Talus Creep.

يعد زحف الهشيم من أهم مظاهر الحركات البطيئة على المنحدرات، وينتج عن زيادة تراكم هذه المفتتات والتي تدفع بعضها البعض في اتجاه أسفل المنحدر تكون مخاريط الهشيم شكل (١٩)، وسجلت هذه الحركة على المنحدرات التي تتميز بانحدارات

هينة إلى متوسطة، كما يرجع انتشارها على الحافة إلى سيادة ظروف الجفاف وندرة الغطاء النباتي الطبيعي.



شكل (١٩) مخاريط الهشيم عند أقدام الحافة الشرقية لنهر النيل
بالجزء الأدنى من وادي الجبو، ناظرًا صوب الشمال الشرقي

ب- زحف الصخور Rock Creep.

تتحرك الكتل الصخرية على منحدرات الحافة في اتجاه أسفل المنحدرات بشكل بطيء ناجم عن فقد هذه الكتل لطاقتها الحركية بفعل قوي الاحتكاك ويتفق هذا مع (Dorren, 2003, P.73)، ويساعد على حدوثها معدل انكماش وتمدد الصخور الناجم عن التباين الحراري، والرطوبة الجوية والأمطار حيث توفر سطحًا مرئيًا تتحرك عليه الصخور، وحجم الكتل الصخرية، وندرة النباتات الطبيعية. ويحدث زحف الصخور على المنحدرات المتوسطة الانحدار والتي تتكون من أكثر من تتابع انحداري شكل (٢٠)، ويتفق ذلك مع ما ذكره (حجاب، ٢٠١٣).



شكل (٢٠) زحف الصخور على منحدرات الحافة الشقية بمنطقة الواسة بالجزء الأدنى من وادي الجبو، ناظرًا صوب الشمال الشرقي

النتائج.

- ١- يتراوح عمر التكوينات الجيولوجية المكشوفة بمنطقة الدراسة بين الأيوسين الأوسط والبليوسين الأسفل، هذا بالإضافة إلى رواسب الزمن الرابع التي تنتمي إلى البليستوسين والحديث.
- ٢- تقع منطقة الدراسة ضمن النطاق الصحراوي الذي يتميز بارتفاع الحرارة حيث يبلغ المعدل السنوي لدرجات الحرارة $23,1^{\circ}\text{م}$ ، ويتراوح هذا المعدل بين $19,2^{\circ}\text{م}$ لشهور الشتاء و $27,1^{\circ}\text{م}$ لشهور الصيف. ويؤدي هذا التباين الواضح في درجات الحرارة بمنطقة الدراسة إلى تمدد وانكماش الصخر وتفككه، وينتج عن ذلك سقوط الكتل

الصخرية المفككة بفعل الانحدار الشديد وتأثير الجاذبية الأرضية وتكون مخاريط الهشيم عند أقدام الحافة الشرقية لنهر النيل.

٣- تتراوح زوايا الإنحدار على الحافة بين صفر^٥ و٨١^٥ اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاعات الرقمي، وبين صفر^٥ و٩٠^٥ اعتمادًا على الدراسة الميدانية.

٤- بلغت نسبة ما تشغله العناصر المحدبة ٣٢,٢٪ من جملة مساحة الحافة، ونسبة ما تشغله العناصر المقعرة ٤١,٧٪ من جملة مساحة الحافة، بينما بلغت نسبة ما تشغله الأقسام المستقيمة ٢٦,١٪ من جملة المساحة، وذلك اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاعات الرقمي.

٥- بلغت نسبة ما تشغله العناصر المحدبة ٣١,١٪ من جملة الأطوال، ونسبة ما تشغله العناصر المقعرة ٦٣,٩٪ من جملة الأطوال، بينما بلغت نسبة ما تشغله الأقسام المستقيمة ٥٪ من جملة الأطوال، وذلك اعتمادًا على القياسات الميدانية.

٦- أوضحت دراسة معدلات تقوس الحافة الشرقية لنهر النيل من خلال نموذج الارتفاعات الرقمي وجود مجموعتين من مجموعات التقوس فقط هما: مجموعة التقوس الهين والتي مثلت ٦٨,٩٪ من جملة مساحة الحافة، ومجموعة التقوس المتوسط والتي مثلت ٥٪ من جملة المساحة.

٧- أوضحت القياسات الميدانية ظهور مجموعات التقوس الأربعة على الحافة الشرقية لنهر النيل قيد الدراسة، حيث بلغت نسبة ما تشغله مجموعة التقوس الهين ٢٤,٦٪ من جملة الأطوال، ونسبة ما تشغله مجموعة التقوس المتوسط ٣٣,٩٪ من جملة الأطوال، ونسبة ما تشغله مجموعة التقوس الشديد ٢٢,٢٪، ونسبة التقوس الشديد جدًا ١٤,٣٪ من جملة الأطوال.

- ٨- تعد المنحدرات المحدبة - المقعرة، ومنحدرات الجروف - المقعرة، والمنحدرات شبه السلمية، والمنحدرات المستقيمة هي الأشكال الرئيسية السائدة على منحدرات الحافة.
- ٩- تتأثر الحافة الشرقية لنهر النيل بكل من العوامل الجيولوجية، والعوامل والعمليات الجيومورفولوجية، وتأثير الإنسان كعامل جيومورفولوجي، إلا أن الإنسان كعامل جيومورفولوجي يعد من أهم العوامل التي أثرت على الحافة في الوقت الراهن نظراً لما يقوم به من عمليات التحجير على الحافة وما يرتبط بذلك من تعديل شكل المنحدرات.
- ١٠- يمكن الإعتماد على نموذج الإرتفاعات الرقمي SRTM 30m في دراسة منحدرات المناطق الوعرة شديدة التضرس والتي يصعب الوصول إليها للقيام بالقياس الميداني أو التي لا يمكن رصدها باستخدام أجهزة الـ Total Station مع الأخذ في الاعتبار وجود معدل خطأ يبلغ في متوسطه $\pm 14,5\%$ بالنسبة لإستنباط درجات الانحدار، و $\pm 12,2\%$ بالنسبة لإستنباط درجات التقوس. ويمثل ذلك المعدل متوسط الفرق بين قيم النسب المئوية لما تشغله كل فئة من فئات الانحدار أو التقوس المستنبطة من نموذج الارتفاعات الرقمي من ناحية والقياسات الميدانية من ناحية أخرى.

ملحق (١) زوايا انحدار - أطوال قطاعات الحافة

الطول (%)	الطول (م)	الزاوية	الطول (%)	الطول (م)	الزاوية
٠,٨	٤٠	٦٥	٤,٥	٢٢٠	صفر
٠	٠	٦٦	٨,٢	٤٠٠	١
٢,٧	١٣٠	٦٧	٠,٦	٣٠	٢
١,٢	٦٠	٦٨	١,٢	٦٠	٣
١,٠	٥٠	٦٩	٣,٧	١٨٠	٤
٠	٠	٧٢-٧٠	٣,١	١٥٠	٥
٠,٩	٤٥	٧٣	١,٦	٨٠	٦
١,٣	٦٥	٧٤	٠	٠	٧
٠	٠	٧٩-٧٥	١,٥	٧٥	٨
١,٠	٥٠	٨٠	٢,١	١٠٠	٩
٠	٠	٨٢-٨١	٤,٠	١٩٦	١٠
٠,٨	٤٠	٨٣	٠	٠	١١
٠	٠	٨٥-٨٤	١,٧	٨٥	١٢
٠,٤	٢٠	٨٦	١,٨	٩٠	١٣
٠	٠	٨٩-٨٧	٠,٤	٢٠	١٤
١,٥	٧٥	٩٠	٢,٤	١١٥	١٥
			٠	٠	١٦
			٣,٦	١٧٤	١٧
			١,١	٥٥	١٨
			٣,٤	١٦٥	١٩
			١,٠	٥٠	٢٠
			٠	٠	٢١
			١,٧	٥٨	٢٢
			١,٠	٥٠	٢٣
			٠,٩	٤٥	٢٤
			٢,٢	١٠٥	٢٥
			٢,٨	١٣٥	٢٦
			١,٨	٩٠	٢٧
			١,٦	٨٠	٢٨
			١,٢	٦٠	٢٩
			٣,٢	١٥٥	٣٠
			٠	٠	٣١
			٠,٤	٢٠	٣٢
			٥,٤	٢٦٤	٣٣
			٤,٤	٢١٥	٣٤
			٠	٠	٣٦-٣٥
			٠,٥	٢٥	٣٧
			٠	٠	٣٨
			١,٣	٦٥	٣٩
			٣,٥	١٧٠	٤٠
			٠	٠	٤١
			١,٧	٨٢	٤٢
			١,٠	٥٠	٤٣
			٠,٧	٣٥	٤٤
			١,٥	٧٥	٤٥
			٠	٠	٤٦
			٠,٩	٤٥	٤٧
			٠	٠	٤٩-٤٨
			١,٥	٧٥	٥٠
			٠	٠	٥٤-٥١
			٠	٧٥	٥٥
			٠	٠	٥٧-٥٦
			١,٠	٥٠	٥٨
			٠	٠	٦٤-٥٩

الملحق من إعداد الباحثة إعتماًداً على القياسات الميدانية

ملحق (٢) درجات تقوس منحدرات الحافة

العناصر المقعرة (-)			الأقسام المستقيم (صفر)		العناصر المحدبة (+)		
الأطوال (%)	الأطوال بالمتر	زوايا الانحدار بالدرجات	الأطوال (%)	الأطوال بالمتر	الأطوال (%)	الأطوال بالمتر	زوايا الانحدار بالدرجات
١,٨	٨٠	١			٠	٠	١
٠,٦	٢٥	٢			١,٤	٦٢,٥	٢
٢,٥	١١٢,٥	٣			٠	٠	٤-٣
١,٩	٨٥	٤			١,٠	٤٥	٥
١,٤	٦٣,٥	٥			٠,٩	٤٠	٦
٢,٢	١٠٠	٦			٠	٠	٨-٧
٤,٢	١٨٧,٥	٧			١,١	٤٧,٥	٩
٣,٠	١٣٥	٨			١,١	٥٠	١٠
٣,١	١٤٠	٩			١,٧	٧٧,٥	١١
٢,٢	٩٦	١٠			٠	٠	١٣-١٢
٠	٠	١٢-١١			١,٩	٨٢,٥	١٤
٤,٤	١٩٥	١٣			٢,٢	١٠٠	١٥
٠,٧	٣٢,٥	١٤			٠	٠	١٧-١٦
٠	٠	١٥			٢,٠	٩٠	١٨
١,٢	٥٥	١٦			٠	٠	١٩
٦,١	٢٧٢,٥	١٧			١,٤	٦٢,٥	٢٠
٠	٠	١٨			١,٤	٦٠	٢١
٢,٠	٩٠	١٩			٠	٠	٢٤-٢٢
٠	٠	٢٠			١,٦	٧٢,٥	٢٥
٣,٤	١٥٠	٢١			٠	٠	٢٧-٢٦
١,٠	٤٢,٥	٢٢			١,٠	٤٢,٥	٢٨
٢,٠	٩٠	٢٣			٠	٠	٣٢-٢٩
٠	٠	٢٥-٢٤			١,١	٤٧,٥	٣٣
١,٠	٤٢,٥	٢٦			٠,٨	٣٧,٥	٣٤
٠	٠	٢٧			٠	٠	٣٥
١,٦	٧٠	٢٨			١,١	٤٧,٥	٣٦
١,٤	٦٢,٥	٢٩			١,١	٥٠	٣٧
٢,٣	١٠٢,٥	٣٠			٢,٠	٨٧,٥	٣٨
٠	٠	٣١			٠	٠	٤٢-٣٩
٠,٨	٣٧,٥	٣٢			٠,٧	٣٢,٥	٤٣
١,٦	٧٢,٥	٣٣			٠	٠	٤٤
١,٣	٦٠	٣٤			١,٢	٥٢,٥	٤٥
١,٦	٧٥	٣٥			٠	٠	٤٩-٤٦
١,٣	٦٠	٣٦			٠,٩	٤٠	٥٠
٠	٠	٣٧			٠	٠	٥٢-٥١
١,٠	٤٥	٣٨			٠,٨	٣٥	٥٣
٠	٠	٣٩			٠	٠	٦٣-٥٤
٠,٨	٣٧,٥	٤٠			١,٠	٤٢,٥	٦٤
١,١	٤٧,٥	٤١			٠	٠	٦٥
٠	٠	٤٥-٤٢			١,٣	٥٧,٥	٦٦
٠,٨	٣٧,٥	٤٦			٠	٠	٧٥-٦٧
٠	٠	٤٧			٠,٧	٣٠	٧٦
٠,٩	٤٠	٤٨			٠	٠	٧٩-٧٧
٠	٠	٤٩			٠,٥	٢٢,٥	٨٠
٢,٤	١٠٧,٥	٥٠			٠	٠	٨٥-٨١
٠	٠	٥٩-٥١			٠,٣	١٢,٥	٨٦
٠,٨	٣٧	٦٠			٠	٠	٩٠-٨٧
٠	٠	٧١-٦١					
٠,٥	٢٢	٧٢					
٠	٠	٩٠-٧٣					
٦٣,٩	٢٩١٨,٠	الجملة	٥,٠	٢٢٨,٠	٣١,١	١٤٢٠,٠	الجملة

الملحق من إعداد الباحثة اعتمادًا على القياسات الميدانية
المصادر والمراجع:

أولاً: المصادر:

- ١- الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠٠، الهيئة المصرية العامة للمساحة، ١٩٤٣ وعدها أربع لوحات، والخرائط مقياس ١:٥٠٠٠٠٠، ١٩٩٤ وعدها سبع لوحات.
- ٢- خريطة مصر الجيولوجية مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠٠ (لوحة بني سويف)، الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية وشركة كونوكو كورال، ١٩٨٧.
- ٣- الصور الجوية مقياس ١ : ٤٠٠٠٠٠٠، الهيئة العامة للمساحة العسكرية، ١٩٥٦، ١٩٥٥ مشروع ١٤ الفيوم.
- ٤- لوحات الموزايك مقياس ١:٥٠٠٠٠٠٠، الهيئة العامة للمساحة العسكرية، ١٩٦٦، مشروع الحصر التصنيفي لأراضي السد العالي.
- ٥- نموذج الارتفاعات الرقمي SRTM 30m.
- ٦- المرئية الفضائية Landsat 8 OLI_TIRs لعام ٢٠٢١.

ثانياً: المراجع العربية:

- ٧- أبو ريه، أحمد محمد، ٢٠١٤، الخصائص الجيومورفولوجية لقطاع طيبة بين البلينا واسنا ومخاطرها على الطريق الغربي، المجلة الجغرافية العربية، الجزء الثاني، العدد ٦٤.
- ٨- أبو ريه، أحمد محمد، ٢٠٠٣، الحافة الشمالية لهضبة الجلالة البحرية دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب بدمنهور، جامعة الأسكندرية.

- ٩- الصادق،الصيد صالح، ٢٠١١، تحليل جيومورفولوجي لبعض سفوح الجبل الأخضر بليبيا، المجلة الجغرافية العربية ، الجزء الثاني ، العدد ٥٨.
- ١٠- الحداد، سعاد محمد، ٢٠٠٩، منحدرات الجانب الغربي للبحر الأحمر فيما بين رأس جمسة والقصير دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
- ١١- الكومي، عبد الرازق بسيوني، ٢٠١٥، تحليل استقرار رواسب منحدرات الحافة الغربية لجبل طويق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، مجلة الدراسات الإنسانية والأدبية، كلية الآداب، جامعة كفر الشيخ، العدد ١٠.
- ١٢- الكومي، محمد عبد الحميد، ٢٠١٩، منحدرات الحافة الشرقية للهضبة الوسطى بصحراء مصر الغربية بين دائرتي عرض ٣٢° ٣٣' ٢٦° و ٣٩° ١٠' ٢٧° شمالاً دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة طنطا.
- ١٣- العجيلي، عبد الله صبار عبود، ٢٠١٤، منحدرات سلسلة جبال برنان دراسة جيومورفولوجية، مجلة كلية التربية، جامعة بغداد، العدد ١٥.
- ١٤- الحسين، محمد، ٢٠٠٢، منطقة وادي العلاقي في جنوب صحراء مصر الشرقية، دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا - كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
- ١٥- الكيالي، منى عبد الرحمن والمعداوي، أيمن، ٢٠٠٧، جيومورفولوجية السفوح في جبل الراحة غربى شبه جزيرة سيناء، الندوة التاسعة لقسم الجغرافيا - جامعة الإسكندرية بعنوان صحارى مصر أمل المستقبل.
- ١٦- إمبابي، نبيل سيد، ١٩٧٠، طرق دراسة سفوح التلال، حوليات كلية الآداب، جامعة عين شمس، المجلد ٢٣، ص ص ١٠١ - ١٢٣.
- ١٧- إمبابي، نبيل سيد، ١٩٧٢، أشكال السفوح، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة، العدد ٥، ص ص ٧٤ - ٩٥.

- ١٨- إمبابي، نبيل و عاشور، محمود، ١٩٨٣، الكثبان الرملية في شبه جزيرة قطر، الجزء الأول، مركز الوثائق والبحوث الإنسانية، جامعة قطر، الدوحة، ص ٢٤٤.
- ١٩- الحربي، نوير مسري، ٢٠١٦، نمذجة الخصائص التضاريسية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية - دراسة تطبيقية على وادي ملكان، المجلة المصرية للتغيرات البيئية، العدد الأول، المجلد الثامن.
- ٢٠- أمين، هبة صابر، ٢٠١٣، منطقة شرق وادي النيل من وادي بياض جنوباً إلى وادي الأطفيحي شمالاً دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة بنها.
- ٢١- أمين، هبة صابر، ٢٠١٧، التحليل الجيومورفولوجي لمنحدرات الحافة الشرقية لهضبة الجلالة البحرية بين خشم الجلالة ووادي مالحه، سلسلة بحوث جغرافية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية.
- ٢٢- تراب، محمد مجدى، ٢٠٠٠، تحليل منحدرات الهوامش الشمالية والغربية لمنخفض جغبوب بليبيا، المجلة الجغرافية العربية، العدد السادس والثلاثون، الجزء الثانى.
- ٢٣- تراب، محمد مجدى، ٢٠٠٥، أشكال سطح الأرض المصورة، منشأة المعارف، الإسكندرية.
- ٢٤- حجاب، محمود أحمد، ٢٠١٣، منحدرات الحافة الشرقية لوادي النيل فيما بين وادي الطارف جنوباً ووادي الأحايوة شمالاً - دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، مجلة الانسانيات، كلية الآداب، جامعة دمنهور، العدد ٤١، الإصدار الثالث.
- ٢٥- دسوقي، صابر أمين، ١٩٨٧، دراسة مقارنة لسفوح بعض أشكال السطح في مصر، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا - كلية الآداب، جامعة عين شمس.
- ٢٦- دسوقي، صابر أمين، ٢٠٠٤، دراسات في جيومورفولوجية الأراضي المصرية، الجزء الأول، منشأة المعارف، الاسكندرية.

- ٢٧- سلامة، حسن رمضان، ١٩٨٣، مظاهر الضعف الصخري وآثارها الجيومورفولوجية، قسم الجغرافيا، جامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، نشرة رقم ٥٣.
- ٢٨- صابر، اسلام، ٢٠١٧، تحليل منحدرات الحافة الشمالية الشرقية لجبل عتاقة - مصر: باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمية DEM والقياسات الميدانية، سلسلة رسائل جغرافية، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإجتماعية، جامعة الكويت، العدد ٤٤٣.
- ٢٩- صالح، كريم مصلح، ٢٠٠١، جيومورفولوجية الجانب الشرقي لوادي النيل بمحافظة سوهاج، مجلة الجمعية الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة، العدد ٣٧.
- ٣٠- صالح، كريم مصلح، ١٩٩١، الحافة الجنوبية لهضة الجلالة البحرية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
- ٣١- صالح، كريم مصلح، و حجاب، محمود أحمد، ٢٠٠٨، التحليل المورفولوجي لمنحدرات وادي قصب - الصحراء الشرقية، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية، جامعة المنوفية، العدد ٢٠.
- ٣٢- عيسى، سهى أبو الفتوح، ٢٠١٥، منحدرات الجانب الغربي للبحر الأحمر فيما بين مرسي علم شمالاً ورأس بناس جنوباً - دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الأسكندرية.
- ٣٣- عاشور، محمود، ١٩٩٠، جيومورفولوجية الجانب الشرقي من وادي النيل فيما بين الكريمت جنوباً والصف شمالاً، دراسات جغرافية، نشرة دورية، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة المنيا، المجلد الرابع، العدد ١٢.
- ٣٤- عاشور، محمود محمد، ١٩٧٩، الجزء الأوسط من جبل نفوسة وسهل الجيفارا - دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا - كلية الآداب، جامعة عين شمس.
- ٣٥- فراج، مرفت عبد اللطيف، ٢٠٠٦، منطقة جبل حمام فرعون فيما بين وادي أبو محيرق وطيبة، الساحل الشرقي لخليج السويس- دراسة

- جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة - كلية الآداب - جامعة الإسكندرية - فرع دمنهور.
- ٣٦- مصطفى، أشرف أبو الفتوح، ٢٠٠٧، جيومورفولوجية أشكال الكارست في منخفض الفرافرة الصحراء الغربية - مصر، رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية الآداب - جامعة عين شمس.
- ٣٧- مصطفى، محمد أحمد، ٢٠١٣، الجانب الشرقي لوادي النيل فيما بين وادي أبو عجاج جنوباً ووادي أم ركة شمالاً، دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير غير منشورة - كلية الآداب - جامعة سوهاج.
- ٣٨- محسوب، محمد صبرى، ١٩٩٧، جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي، القاهرة.
- ٣٩- محسوب، محمد صبري ، ٢٠٠٠ ، الأخطار والكوارث الطبيعية (الحدث والمواجهة)، دار الفكر العربي، القاهرة.

ثالثاً: المراجع الأجنبية:

- 1- Ahmed, M, and Norbert, H., 2009, Slope Stability Hazerd Assessment and Mitigation Methodology Along Eastern Desert Aswan – Cairo Highway, Egypt, Earth Sci. Journal, Vol. 20, No.
- 2- Abdel–Rahman, M. A., et al., 1980-81, Some Geomorphological Aspects of Siwa Depression, The Western Desert, Egypt, Bull. Soc. Geogr.de Egypte, Vol. 53 & 54, pp.17- 41.
- 3- Carson, M. A. and Kirkby, M. J., 1972, Hill slope form and Process, Cambridge University Press.
- 4- Deka, A, et al.,2020, Effect of Antecedent Rainfall on Slope Stability- A Case Study of Haflong Hill, North East India, JOUR.GEOL.SOC.INDIA, VOL.

- 5- De Blasio, F., 2011, Introduction to the Physics of Landslides, Springer, London.
- 6- Doornkamp, J.C., and King, C.A.M., 1971, Numerical Analysis in Geomorphology, Edward Arnold, 372 p.
- 7- Dorren, L., 2003, Review of Rockfall Mechanics and Modelling Approaches, Progress in Physical Geography, 27, 1.
- 8- Gupta, A., 2011, Tropical geomorphology, Cambridge Univ. Press, U k.
- 9- Gregory, K. J., and Brown, W., 1966, Data Processing and the Study of Landforms, Zeit. , Fur., Geomorph. , Vol. 10, pp.237-263.
- 10- Ivan, and et al., 2013, Modelling the Uncertahnty of Slope Estimation from Alider – Deriver DEM: Acase Study from Alarge – Scale Area in the Czech Republic, Geoscience Engineering Journal, Vol., LIX, No.2.
- 11- Fister, I, et al., 2020, Visualization of Numerical Association Rules by Hill Slopes, Springer Nature Switzerland, pp. 101–111.
- 12- Ibrahim, M.A., 1994, Geology and Hydrogeology of Helwan Area, M.SC., Thesis, Fac. Of Science, Menoufia University, Egypt.
- 13- Kusky, T., 2008, Landslides: Mass Wasting, Soil, and Mineral Hazard, Facts On File, Inc., NY.
- 14- Kumar, P, & Premalatha, K, 2021, Stability Analysis of Hill Slopes in The Nilgiris, Tamil Nadu, Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- 15- Kirkby, M., and Statham,I., 1975, Surface Stone Movement and Scree Formation,Journal of Geology,Vol.83
- 16- Mendes, R, , et al., 2018, Stability Analysis on Urban Slopes: Case Study of an Anthropogenic-Induced Landslide in Saõ Jose´ dos Campos, Brazil, Springer International,Pp.599–610.

- 17- Salimon, F.H., 1980, Geological Studies on North East Bani-Suf Area, M. Soc. Thesis Assiut Univ., Egypt.
- 18- Strahler, A. N., 1954, Quantitative Geomorphology of Erosional Landscapes, C. R. 19th Intern Geol. cong. Algiers 1952, pp. 341 – 354.
- 19- Savigear, R.A.G., 1960, Slopes and Hills in West Africa, Zeit Fur. Geomorph., V.1, PP.156-171.
- 20- Sparks, B. W., 1975, Geomorphology, Second Edition, Longman, London.
- 21- Small, R. J., 1980, The Study of Landforms, a textbook of Geomorphology, Second Edition, Cambridge University, London, 502 p.
- 22- Young, A., 1961, Characteristic and Limiting Slope Angles, Ziet Fur, Geomorph., V.5, PP.126-131.
- 23- Young, A., 1964, Slope Profile Analysis, Zeit. Fur. Geomorph. , Vol. 7 pp. 17 – 27.
- 24- Young, A., 1972, Slopes, Oliver & Boyd, Edinlurgh, 288 p.
- 25- Young, A., 1972, Slope Profile analysis: The System of Best Units., Inst., br. Geogr. Spec pubn, V.3 pp.1-13.

Geomorphological analysis of the slopes of the eastern edge of the Nile River between Wadi Al-Rashrash in the south and Wadi Al-Jebbo in the north Using the digital elevation model (DEM) and field measurements

Abstract:

The study area is located in the northern part of the Eastern Desert, and extends along the eastern side of the Nile, and the maximum extension of the study area reaches from north to south, 41.2 km, from east to west, 16 km, and its area is 264.4 km², The study aims to highlight the geomorphological characteristics of the study area, identify the types of slopes and the contributing to their formation and development, the study is based on the use of the digital elevation model field measurements, morphometric analysis of the slopes and their curvature ratios, The slope analysis showed the predominance of scarps and steep slopes on the slopes of the study area.

Keywords: the slopes, the edge, Geomorphological analysis, the Eastern Desert, the eastern side of the Nile.