مجلة كلية الآداب بقنا (دورية أكاديمية علمية محكمة)

الخصائص الجيومورفولوجية لمنحدرات جبل أُحد بالمدينة المُنورة: دراسة تطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. ضياء صبري عبداللطيف إسماعيل

مدرس بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب – جامعة طنطا

DOI: 10.21608/qarts.2023.224920.1722

مجلة كلية الآداب بقنا – جامعة جنوب الوادي – العدد (٥٨) يناير ٢٠٢٣

الترقيم الدولي الموحد للنسخة المطبوعة ISSN: 1110-614X

الترقيم الدولي الموحد للنسخة الإلكترونية ISSN: 1110-709X

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

الخصائص الجيومورفولوجية لمنحدرات جبل أُحد بالمدينة المُنورة: دراسة تطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

الملخص:

تحتل المدينة المنورة مكانة عظيمة في قلب العالم الإسلامي، ومن أهم معالمها الطبيعية والدينية جبل أُحد، ويحد المدينة المنورة من ناحية الشمال، ويبعد جبل أحد عن الحرم النبوي الذي يحتل منتصف المدينة بمسافة تبلغ نحو ٥.٥ كم ناحية الشمال.

ويعد جبل أحد واحدا من الحواجز الطبيعية التي تعيق الامتداد العمراني للمدينة المنورة ناحية الشمال على العكس من الجوانب الأخرى الجنوبية والشرقية والغربية، وقد زحف العمران ناحية الجبل في الآونة الأخيرة بشكل واضح، مما يزيد من احتمالية وقوع أخطار جيومورفولوجية قد تحدث مثل الانهيالات الصخرية أو حدوث سيول، وبخاصة في الأجزاء الجنوبية من الجبل التي تجرى أوديتها باتجاه المدينة المنورة مما قد يتسبب في وقوع أخطار يجب دراسة مدى احتمالية حدوثها، وذلك في ظل اقتراب الكُتل العمرانية بشدة من هوامش الجبل حتى يمكن تجنب أخطار حدوثها في المستقبل، لذلك فمن الأهمية دراسة خصائص منحدرات الجبل باستخدام أحدث الأساليب الإحصائية.

ويهدف هذا البحث إلى دراسة الأخطار الجيومورفولوجية للجبل، وبخاصة الأجزاء الجنوبية له، وهي أبرز جوانبه من الناحية السكانية والعمرانية نظرًا لموقع المدينة المنورة التي تتمتع بالمكانة الدينية والتاريخية إلى الجنوب من الجبل.

الكلمات المفتاحية: خصائص جيومورفولوجية، منحدرات، دراسة تطبيقية.

مقدمة:

يُعد جبل أُحد واحدا من المعالم الطبيعية المُهمة بالمدينة المنورة، ومن الأماكن المقدسة الإسلامية الشهيرة بالمملكة العربية السعودية بصفة عامة، وبالمدينة المنورة بصفة خاصة، وهو أحد الجبال التي تحد المدينة المنورة من ناحية الشمال، ويبعُد عن الحرم النبوي الذي يقع في وسط المدينة المُنورة بمسافة تبلغ ٥,٥ كيلومتر.

ولقد أُطلق على جبل أُحد هذا الاسم كما ذكر المؤرخون لكونه جبل متفرد غير متصل بجبال أخرى من الجبال التي تُحيط بالمدينة المنورة من ناحية الشمال، ويشير بعض الباحثين في هذا الأمر أن التسمية نسبةً لرجل من العمالقة (أقدم الشعوب التي سكنت منطقة المدينة المنورة قديمًا وهم من أحفاد سام بن سيدنا نوح عليه وعلى نبينا الصلاة والسلام) وكان اسم هذا الرجل أُحد (كعكي، ١٩٩٨م، ص١٢٦).

ويتواجد بالمنطقة بعض الأخطار الطبيعية، وتتمثل في الانهيارات الصخرية على جوانب منحدرات جبل أُحد، وبخاصة المنحدرات الجنوبية، والمنحدرات الغربية للجبل، وتُطل تلك المنحدرات على الطريق الدائري الثاني للمدينة المُنورة، والذي يمر إلى الجنوب من جبل أُحد، وطريق آخر يُسمى طريق العيون ويمر غرب جبل أحد، ويلاحظ انتشار الفواصل والشقوق التي تتواجد على تلك المنحدرات، مما يساعد في نشاط عمليات التجوية، وممارسة دورها وتأثيرها على الصخور، مما أدى لتعرض تلك الطرق المُجاورة للجبل لعمليات التساقط الصخري المفاجئ، مما يعرض المسافرين مستخدمي تلك الطرق للخطر، بجانب أخطار المسيلات الجبلية المُنحدرة والجريان السيلي المفاجئ على منحدرات الجبل.

ويُعد جبل أُحد حاجز طبيعي يحول دون الامتداد العمراني للمدينة المُنورة باتجاه الشمال؛ وقد لُوحظ أن في السنوات الماضية زحف العمران باتجاه جبل أُحد بشكل كبير واقترب من الهوامش الجنوبية للجبل، مما يزيد من احتمالية الأخطار

الطبيعية التي قد تحدث؛ مُتمثلة في الانهيارات الصخرية، أو مياه السيول التي تجرى مجاورة للجبل، وتصب بها مسيلات الجبل، وبخاصة عند الأطراف الجنوبية مِنه، وتتزايد أهمية دراسة منحدرات جبل أُحد في ظل اقتراب المراكز العُمرانية بشدة من الأطراف الجنوبية للجبل لتجنُب أخطار حدوثها في المستقبل، لذلك من الضروري دراسة خصائص منحدرات الجبل، وتطبيق الأساليب الإحصائية الحديثة على منحدرات الجبل لدراسة أهم أنواع الأخطار الطبيعية التي من الممكن أن تحدث على أطرافه.

- **موقع منطقة الدراسة وملامحها العامة:**

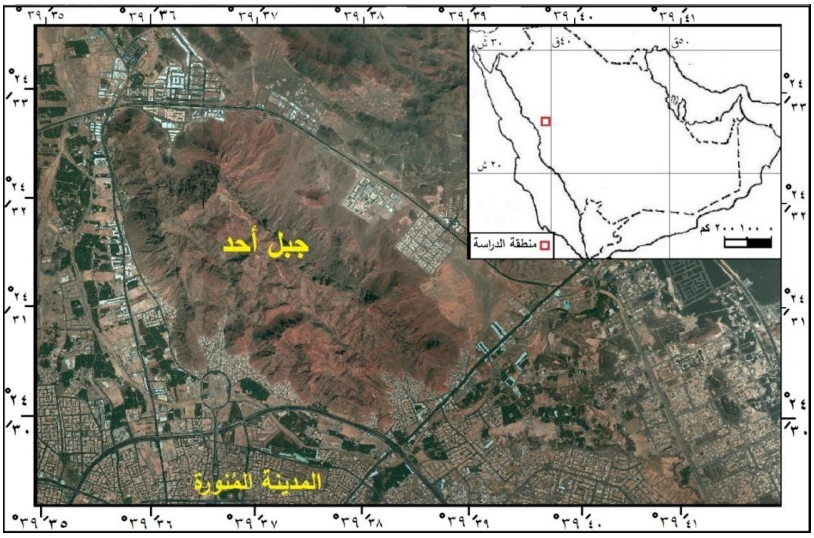
يقع جبل أُحد شمال المدينة المنورة ويمتد بين دائرتي عرض هما دائرة ً٥٨ ٰ٢٩ ْ٢٤ شمالا ودائرة ً٥٦ ٰ٣٢ ْ٢٤ شمالا، وخطى طول هما ً٤٢ ٰ٣٥ ْ٣٩ شرقًا وخط ً٢٠ ٰ٣٩ ْ٣٩ شرقًا شكل (١)، ويقع جبل وعيره شمال شرق جبل أُحد، وتقع جبال جماء وغرابه وعير جنوب غرب جبل أُحد، ويحد جبل أُحد من الجنوب مجرى وادي العاقول (قناه)، والتي تنصرف تجاهه المسيلات الجنوبية لجبل أُحد.

يُمثل خط كنتور ٦٣٠ متر فوق مستوى سطح البحر حدود جبل أحد، ويضم هذا الخط المراوح الفيضية على أطراف الجبل، ويضم _أيضًا_ بعض الألسنة الجبلية المقتطعة من الجبل ناحية الجنوب، والتي تعد جزء من جبل أُحد مثل جبل عينين(المشهور بمسمى جبل الرماة) وجبلى ثور وضِليع البرى.

وتمثل أهمية دراسة منحدرات جبل أُحد فيما يأتي:

١- رغم أهمية جبل أحد من الناحية الطبيعية والدينية إلا أن الدراسات الجيومورفولوجية المتخصصة التي تناولته بالدراسة ليست بالكثيرة، حيث لم يحظ الجبل بدراسات جيومورفولوجية كافية، لذلك يهدف البحث إلى دراسة منحدرات جبل أحد، نظرًا

لأهميتها وتأثيرها على الناحية العمرانية نظرًا لما تتمتع به المدينة المنورة من مكانه تاريخية ودينية والتي تحُد جبل أُحد من ناحية الجنوب.



مرئية فضائية TM للقمر Land sat 7 عام ٢٠١٧ بدقة ١٨.٥*١٨.٥م.

شكل (١) مرئية فضائية TM لموقع منطقة الدراسة

٢- اقتراب الزحف العمراني من الأطراف الجنوبية لجبل أُحد بشكل كبير، إلى جانب أن الطرق والمباني أصبحت بمحاذاة الجبل من أغلب جهاته، وبعضها أصبح تحت أقدام المنحدرات مما يعرضها للخطورة الشديدة، بجانب أن هناك بعض منازل تتوغل داخل الشعاب الجنوبية لجبل أحد، ومن المنتظر أنه بعد التوسعة الجديدة للمدينة المنورة، وتنفيذ المشاريع العُمرانية الجديدة والخاصة بتوسعه الحرم النبوي، مما قد يجعل جبل أحد في وقت من الأوقات قريب من مركز المدينة المُنورة بعد أن كان يحدها من ناحية الشمال.

٣- كثرة الزائرين للمنطقة نظرًا لأهمية المنطقة من ناحية السياحة الدينية، وصعوبة توسع المنطقة من ناحية الجبل على الرغم من النمو العمراني للمدينة المُنورة وتوغله داخل الأطراف الجنوبية لجبل أُحد.

- **أهداف الدراسة:**

تهدف الدراسة إلى ما يأتي:

- دراسة خصائص منحدرات جبل أُحد؛ والتي اقترب منها العمران نتيجة اتساع المدينة المنورة، وبخاصة الأطراف الجنوبية والجنوبية الغربية والغربية للجبل، وذلك لتحديد زوايا الانحدار السائدة لجميع المنحدرات، وعلاقتها بحركة المواد الصخرية على تلك المنحدرات، بجانب دراسة زحف المواد على المنحدرات، مما يساعد في تحديد النمط السائد لحركة المواد، وعلاقتها بنوع الصخر وأنظمة الشقوق والفواصل السائدة.
- دراسة أثر العوامل البنيوية على بنية الجبل وشكله العام وتطور منحدراته، وقد أثرت العوامل البنيوية على اتجاهات عديد من مجاري شبكات التصريف المحيطة بالجبل، وقد أثرت على اتجاهات الطرق المجاورة للجبل.
- دراسة الأخطار الجيومورفولوجية الأبرز على منحدرات الجبل، والتي يمكن وضع تصور واضح للحلول المقترحة لمحاولة الحد من تلك الأخطار، والتخفيف من آثارها المدمرة.

وقد تم إتباع بعض المناهج العلمية لتناول منطقة الدراسة مثل المنهج التطبيقي المُعتمد على مجموعة من الاعتبارات مثل الوصف والتفسير والتحليل والتنفيذ والمتابعة والرصد، وقد تم من خلاله تناول دراسة المنطقة، وتقييم المنحدرات، والأخطار التي قد تتعرض لها.

وقد تم إتباع عدد من الأساليب، مثل أسلوب التحليل الإحصائي في استخدام الأساليب الكمية لدراسة زوايا الانحدار لمنحدرات جوانب الجبل، واستخدام التوثيق الفوتوغرافي للظاهرات بالمنطقة، واستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لمعالجة بيانات المرئيات الفضائية وتحليلها، وإنشاء قاعدة بيانات خاصة بها.

- **مراحل الدراسة:**

وتم الاعتماد على مجموعة من المصادر ويمكن إيجازها فيما يلي:

- **الدراسات السابقة:**

وتضم الدراسات السابقة دراسة واحدة فقط خاصة بجبل أُحد وهي:

- دراسة متولي عبد الصمد (٢٠٠٦) بعنوان "جبل أُحد بالمدينة المنورة: دراسة جيومورفولوجية"، واهتمت تلك الدراسة بعرض الإمكانات الطبيعية للجبل وهدفت لتحليل خصائص شبكة التصريف للجبل والعوامل المؤثرة عليها.

وتضم دراسات جيومورفولوجية لمنطقة المدينة المنورة بشكل عام ومنها:

- دراسة متولي عبد الصمد (٢٠٠٧): بعنوان "الميزانية المائية لحوض وادي العقيق بالمدينة المنورة دراسة هيدروجيومورفولوجية، وتتناول العلاقة بين الجريان السطحي والخصائص المورفومترية والجيومورفولوجية والمناخية"، ودراسة مدخلات ومخرجات المياه لحوض العقيق وتحديد كيفية الاستفادة.
- دراسة حمدينه عبد القادر (٢٠٠٢): بعنوان "أحواض التصريف بحوض المدينة المنورة بالمملكة العربية السعودية(دراسة جيومورفولوجية)" وقد اهتمت الدراسة بعرض الخصائص الجيومورفولوجية والمورفومترية للأودية بحوض المدينة المنورة، وتهدف الدراسة للارتقاء بوسائل التنمية في المدينة المُنورة.
- دراسة إبراهيم محمد الدوعان(١٩٩٩): بعنوان" الأودية الداخلة إلي منطقة الحرم بالمدينة المنورة" وقد اهتمت الدراسة بأودية منطقة الحرم المدني وتناول خصائصها الطبيعية وإمكاناتها كمصدر للمياه بالمنطقة.

وقد تم رصد دراسات خاصة بالمنحدرات وتناول أخطارها ومنها:

- دراسة نهى بنت محمد أحمد (٢٠١٢) بعنوان "أشكال المنحدرات واستخداماتها في جبل فيفاء بمنطقة جازان" وهدفت تلك الدراسة لتحليل منحدرات جبل فيفاء وأهم استخدامات هذه المنحدرات وأهم مشكلاتها بالمنطقة.

- **تحليل خرائط ومرئيات المنطقة:**

وقد تم الاستعانة بما يأتي:

- الخرائط الطبوغرافية بمقياس رسم ١/ ١٠٠٠٠٠ وتصدر من الهيئة الوطنية للمساحة بالمملكة العربية السعودية، والخرائط الطبوغرافية بمقياس رسم ١/٥٠٠٠٠٠، والخرائط الجيولوجية مقياس رسم ١/٢٥٠٠٠٠، والخرائط الجيولوجية بمقياس رسم ١/١٠٠٠٠٠٠ والتي تصدر من هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، وقد استخدمت لتحديد أماكن التكوينات الجيولوجية وقياس مساحاتها السطحية.
- المرئية الفضائية TM للقمر الاصطناعي Land sat 7 والتي رُصدت بها منطقة الدراسة لعام ٢٠١٧ بدقة ١٨.٥×١٨.٥م.

- **استخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية:**

- وقد تم استخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية Arc GIS V.10.3 لرسم طبقات لبيانات منطقة الدراسة، واستخدام نموذج الارتفاع الرقمي SRTM بدقة ٩٠ متر ١، وإعداد نموذج رقمي للارتفاعات (DEM) من الأرض باستخدام التصوير الراداري، ورسم خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة وتحديد مناسيب سطح المنطقة، وإجراء عمليات مثل الإدخال الرقمي Digitizing للخصائص الجغرافية المتنوعة لمنطقة الدراسة، وذلك لحساب المساحات والأطوال ومختلف القياسات بالمنطقة.

---

[١] **وهو ناتج عن تعاون مشترك بين هيئتين هما هيئة الفضاء الأمريكية ويرمز لها (NASA) والهيئة الثانية هي الوكالة الوطنية الجغرافية المكانية الاستخباراتية ويُرمز لها (NIMA)، بجانب وكالات الفضاء الألمانية والإيطالية.**

- **الدراسة الميدانية لمنطقة الدراسة:**

تم القيام بدراسات ميدانية لمنطقة الدراسة لتسجيل ورصد القياسات الميدانية الخاصة بحركة المواد على المنحدرات، وقد تم تحديد مواقع خطورة الانهيارات بمنحدرات جبل أُحد بجهاز GPS، وتحديد أماكن التساقط الصخري، وكذا أماكن زحف المفتتات ليتم توقيعها على الخرائط بدقة، وإجراء كل القياسات الحقلية الممكنة، والتقاط كثير من الصور الفوتوغرافية لانتقاء أفضلها، ودراسة المناطق التي سبق وأصيبت بأخطار السيول المجاورة لمنطقة الدراسة وتأثيرها على الجبل، وقياس قطاعات المنحدرات على كافة الجوانب.

ويتناول البحث الموضوعات التالية:

أولا: الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة:

تُعد دراسة الخصائص الطبيعية إحدى النقاط المهمة للدراسة حيث تلقى الضوء على أهمية الموضوع والمنطقة المُستهدفة بالدراسة، وسيتم دراسة الجوانب الطبيعية والمتمثلة في كل من: الخصائص الجيولوجية للمنطقة، وتتمثل في دراسة التوزيع الجغرافي السطحي للتكوينات الجيولوجية بالمنطقة، والخصائص التضاريسية المتباينة، وخصائص المُناخ بمنطقة الدراسة، ويمكن عرض الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة كما يأتي:

١- الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة:

تُعد منطقة الدراسة جزءًا من إقليم الدرع العربي، والذي يقع في الجانب الغربي من أراضي شبه الجزيرة العربية، ويُشكل جبل أحد واحدًا من أهم مظاهر هذا الإقليم، وتُؤثر الخصائص الجيولوجية في تطور المنحدرات بالمنطقة، وأهم تلك الخصائص الجيولوجية هي التكوين الصخري، والبنية الجيولوجية، حيث تتحكم تلك الخصائص في شكل وحجم الكتل الصخرية ومفتتاتها، كما تؤثر كثافة الشقوق والفواصل على تطور

حركة المواد، وتباين كمية المواد المتحركة على سطح المنحدرات من منطقة لأخري، وعلى اختلاف سرعتها، وقد تعرضت منطقة الدراسة في خلال تاريخها الجيولوجي لحركات تكتونية مؤثرة علي تتابعها الجيولوجي وبنيتها، ومدى انتشار الفواصل والشقوق بالمنطقة، وقد أدت لكشف طبقات صخرية وزيادة حِده زوايا ميلها، فالطبقات المائلة بطبيعة الحال أكثر عرضة لعمليات التساقط الصخري في أي منطقة، وتُساعد كثافة الشقوق والفواصل في إعداد الصخور لعمليات حركة المواد الصخرية على منحدرات المنطقة.

يتضح من دراسة التراكيب الصخرية المتواجدة بالمنطقة عن طريق الخريطة الجيولوجية أن تلك التكوينات قد نشأت وتكونت كجزء من تطور إقليم الدرع العربي، وقد حدث ذلك خلال فترة زمنية طويلة، وقد نتج عن هذا التطور الجيولوجي عديد من التكوينات الصخرية المتنوعة من حيث تراكيبها وخصائصها، ويتألف جبل أُحد من تكوينات صخرية تنتمي إلى تكوينات صخور القاعدة الأساسية، ويغطيها في بعض الأماكن إرسابات حديثة سطحية، ومن أهم التكوينات الجيولوجية المُمثلة لجبل أحد ما يأتي:

- **صخور القاعدة القديمة (ما قبل الكمبري):**

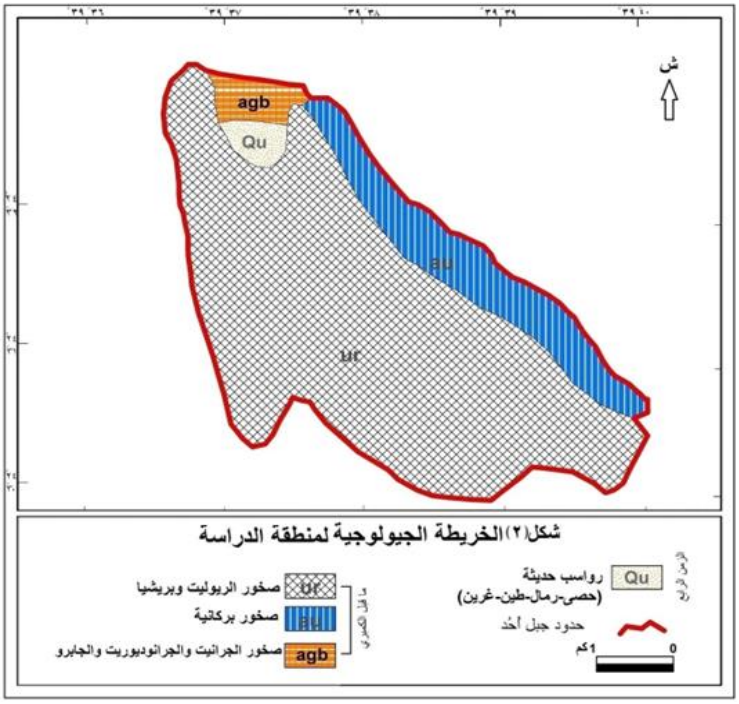
وتتألف من صخور بركانية قاعدية صلبة مثل الأنديزيت، وكذلك صخور رسوبية فتاتية، وصخور حامضية مثل صخر الريوليت، ويعتقد الجيولوجي ديلفور (Delfour,1982) أن نشأة وتكون تلك الصخور بالمنطقة تزامنت مع تكون صخور مجموعتي مردمة وشمر والتي تقع في الأجزاء الشمالية والوسطي من إقليم الدرع العربي، وتضم تلك المجموعة صخور بُركانية وصخور فُتاتيه، ويتراوح عُمر تلك الصخور فيما بين ٦٩٠ – ٨٠٠ مليون سنة تقريبًا، وتُمثل صخور القاعدة القديمة

غالبية مساحة جبل أُحد حيث تشغل مساحة تُقدر بنحو ٩٥٪ من المساحة الكُلية للجبل، وتنقسم تلك الصخور بالمنطقة إلى قسمين علوي وسفلي هما:

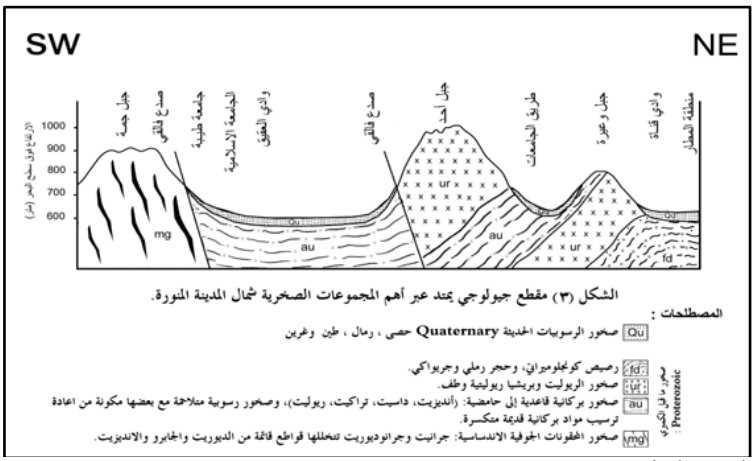
- **القسم السفلي لصخور القاعدة القديمة:** ويتألف من صخور بركانية قاعدية إلى صخور حامضية مثل الريوليت والأنديزيت والداسيت، ويظهر في الأعلى صخور الطوفا البركانية Tuff والبريشيا Breccia، ويضاف إلى ذلك صخور فتاتية متلاحمةEpiclastic Rocks، تتكون من تلاحم ترسيبات بركانية متكسرة قديمة غير متجانسة، وتظهر تلك التكوينات بطول الجبل في اتجاه من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي شاغلا الأطراف الشرقية للجبل بمساحة تقدر بنحو ٨.٨٪ من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة. شكل (٢).
- **القسم العلوي لصخور القاعدة القديمة:** ويعلو الجزء السفلي السابق، ويتألف من صخور الريوليت Rhyolite والبريشيا الريوليتية والداسيت، حيث أن صخر الريوليت هو صخر ناري حمضي، نسيجه دقيق التبلور، أحمر فاتح اللون، ويحتوي على معادن من الفلسبار والكوارتز والبلاجيوكلاز، ويحتوي على نسبة قليلة من معدن المايكا، ويظهر صخر الريوليت في جبل أُحد أحيانا بلون أبيض مائل للاخضرار، وتتميز تلك الصخور بكثرة التشقق، وضعيفة التماسك من غيرها من الصخور، وربما يرجع السبب في ذلك إلى أن تلك الصخور كانت تتماس مع اللافا البركانية المنبعثة من الأعماق، مما أدي لتحولها الحراري، أما صخر الداسيت فيتميز باللون البني الفاتح، ومن الصعب تمييزه عن صخور الريوليت نظرًا للتشابه الكبير في المصدر والنسيج والتركيب، غير أن صخر الداسيت قد يحتوي على نسبة أعلى من معادن سوداء كالبيوتيت والهورنبلاند، وتغطي تكوينات القسم العلوي من صخور القاعدة القديمة أغلب مساحة المنطقة بمساحة تبلغ نسبتها نحو ٨٦.٢٪ من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة. شكل (٣).

- **صخور المتداخلات الجوفية (Plutonic Intrusive Rocks):**

تداخلت المجموعات الصخرية الأساسية في منطقة الدراسة بمصهورات بركانية كانت سائلة شديدة الحرارة ثم تصلبت وأصبحت صخور نارية جوفية، ونتج عن ذلك صخور مثل الديوريت والجابرو.



المصدر: Claude Pellaton, (1981): Geologic Map of the AlMadinah, Sheet 24D, Scale: 1:250,000.



المصدر: الهلال (بدون تاريخ)، ص١٧.

وقد فقدت تلك الصخور كثيرا من صفاتها الأصلية بسبب الحرارة والضغط الشديدين التي تعرضت لهما، مما أدى إلى تحولها بدرجات متفاوتة من مكان إلى آخر، واختفت معظم خصائصها الأصلية، وصخر الجابرو هو أهم تلك الصخور وهو عبارة عن صخر ناري جوفي قاعدي صلب، ويتميز باللون الرمادي القاتم الذي يميل إلى اللون الأسود، ويحتوي على معادن البيروكسين والبلاجيوكلاز، وتظهر تلك التكوينات في منطقة الدراسة في مساحة صغيرة تبلغ نسبة تقدر بنحو ٢.٧٪ من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة.

- **رواسب الزمن الرابع:**

وهي رواسب متنوعة ترجع في نشأتها للزمن الجيولوجي الرابع، وهى تعلو الطبقات الصخرية الأساسية في بعض الأماكن في المنطقة، ونتجت تلك الرواسب عن نشاط عوامل التعرية المختلفة وعمليات التجوية، وقد تسببت في تكوين مفتتات متباينة في أصلها وأشكالها وأحجامها، وتشغل مساحة صغيرة في شمال منطقة الدراسة وتبلغ مساحتها نحو ٢.٣٪ من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، وقد نتج عن نشاط تلك العوامل والعمليات كميات كبيرة من الرواسب السطحية المفككة، والتي تتكون من الحصى والجلاميد متفاوت الأحجام، والرمال الناعمة والخشنة، والطين والغرين السيلتي، والتي ترسبت في المناطق المنخفضة، ومصدر تلك الرواسب في معظمها نُقل بواسطة المياه الجارية من مناطق بعيدة عن طريق الأودية [١] بجانب رواسب المنحدرات.

[١] ومن هذه الأودية وادي العقيق الذي يسير بمحاذاة الجانب الغربي لجبل أحد باتجاه الشمال ويلتقي مع وادي قناه (العاقول) غرب جبل أحد في منطقة مجمع الأسيال، ويفيض وادي العقيق في حالة سقوط أمطار غزيرة، وتحمل مياهه في مجراه الغرين والطين والرمال والحصى من مناطق مختلفة، ويسير وادي قناه بمحاذاة أطراف جبل أحد من الشرق ثم الجنوب ثم الغرب، ليلتقي مع وادي العقيق، ويحمل وادي قناه معه كثير من الرواسب مختلفة الأحجام ليترسب جزء منها في مجري الوادي تاركًا رواسب حديثة.

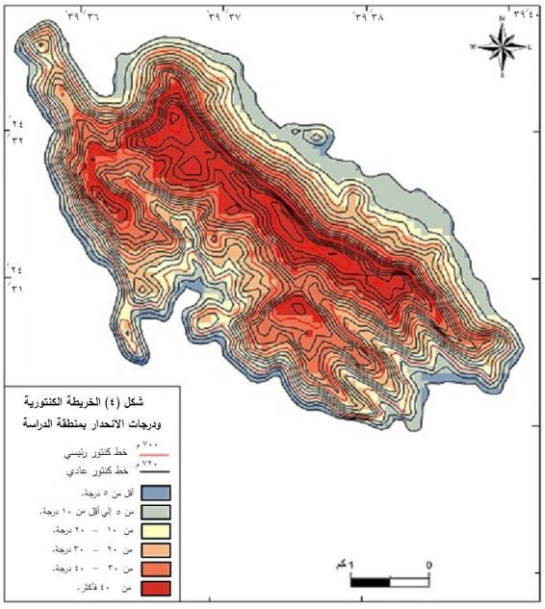
٢- أشكال السطح الرئيسة في منطقة الدراسة:

تتصف منطقة الدراسة بالامتداد الطولي باتجاه من الجنوب الشرقي ناحية الشمال الغربي وتتسم بقلة امتدادها العرضي، ويبلغ أقصي طول لجبل أُحد من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي نحو ٧,٠٣٤ كيلومتر، ويبلغ أقصى عرض لجبل أُحد نحو ٤,٣ كيلومتر، وقد بلغت مساحة الجبل نحو ١٧,٧ كيلومتر مربع، وقد بلغ محيط جبل أحد نحو ٢٤ كيلومتر، ومن دراسة الخريطة الكنتورية لمنطقة الدراسة ونموذج الارتفاع الرقمي DEM شكل (٤)، أمكن ملاحظة ما يأتي:

يُمثل خط كنتور ٣٦٠ متر فوق مستوى سطح البحر حدود جبل أُحد، ويبلغ الجبل أعلى ارتفاع له في الرُكن الشمالي منه على شكل قمه يبلغ منسوبها نحو ١٠٧٠ متر فوق منسوب سطح البحر، وبهذا يُقدر الارتفاع المحلى للجبل من سفحِه إلى قمته نحو ٧١٠ متر، ويتميز سطح جبل أُحد بالوعورة حيث تبرز عدة قمم جبلية بشكل مدبب يتراوح ارتفاعاتها بين ٩٥٠ – ١٠٧٠ متر فوق مستوى سطح البحر، ويقترب خط تقسيم المياه للجبل من أطرافه الشمالية ويبعُد عن أطرافه الجنوبية مما يُشير إلى أن الشعاب الجنوبية لجبل أُحد كانت مائيتها أكبر من الشعاب الشمالية، وبالتالي قدرتها على التعرية والنحت أكبر مقارنة بمثيلتها في الشمال.

وقد تم رسم خريطة للانحدارات بالمنطقة من خلال النموذج الرقمي للارتفاع DEM على الخريطة الكنتورية لمنطقة الدراسة ويتبين منها ما يأتي:

- يتسم أغلب سطح جبل أحد بميله بدرجات انحدار تتراوح ما بين صفر و٤٥ درجة بجانب وجود حافات شديدة الانحدار يزيد انحدارها عن ٦٣ درجة، وتظهر في بعض الأماكن على شكل حافات رأسية حائطية يصل انحدارها إلى ٩٠ درجة.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام ARC GIS V.10.3 اعتمادًا DEM خاص بالمنطقة.

- تتواجد الانحدارات الهينة أو البسيطة (أقل من ١٠ درجة) في الأطراف الشمالية لجبل أُحد كما تتواجد _أيضًا_ في نطاقات أخرى من سطح الجبل، وتظهر هذه الانحدارات الخفيفة عند هوامش الشعاب الجنوبية كما أنها تتواجد على سطح المراوح الفيضية.
- تتواجد الانحدارات المتوسطة (١٠ درجة – أقل من ٢٠ درجة) في مناطق كثيرة بمنطقة الدراسة وبخاصة في المناطق الشمالية والشرقية، حيث تتواجد بها مسلات كثيرة أدت لاختفاء المنحدرات الشديدة، كما توجد على جوانب المسيلات وفي مناطق فوق الجبل.
- توجد الانحدارات الشديدة (٢٠ درجة – أقل من ٤٥ درجة) في مناطق كثيرة وعلى معظم منحدرات الجبل الهامشية وبخاصة في الجوانب الجنوبية الغربية والجنوبية من جبل أُحد.

- فئة الانحدارات (٤٥ درجة فأكثر) وتسود في الأجزاء الشمالية من جبل أُحد كما تتواجد في الجزء الجنوبي من الجبل ولكن بشكل أقل من الشمال ولكنها أكثر وضوحًا في الحافات الصدعية الحائطية، وقد تأثرت بكثرة العمليات التكتونية التي تعرضت لها المنطقة في السابق خلال الزمن الجيولوجي الثالث (علي، ٢٠٠٦م، ص ١٠٨).

٣- الخصائص المُناخية بمنطقة الدراسة:

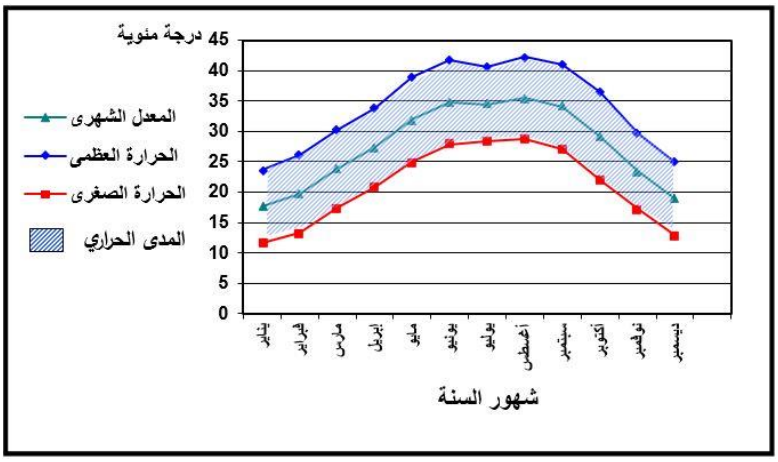
تؤثر عناصر المناخ بشكل كبير على معظم أشكال سطح الأرض، ويلاحظ وجود علاقة واضحة بين عناصر المُناخ بالمنطقة وما تتعرض له من أخطار جيومورفولوجية، وبخاصة عناصر المُناخ المُتمثلة في الحرارة والرياح والمطر والتبخر والرطوبة النسبية، لذلك سيتم دراسة تلك العناصر المُناخية وذلك على النحو الآتي:

أ- درجة الحرارة:

تقع المدينة المنورة ضمن المناطق الجافة المدارية التي تتصف بدرجات الحرارة العالية بين مختلف مناطق العالم (طلبه، ٢٠٠٢، ص٧٩)، وقد وصف طلبه درجات الحرارة بالمنطقة بمجموعة من الصفات ومن أهمها:

- بلغ المُعدل السنوي لدرجات الحرارة بالمنطقة نحو ٢٧,٦ درجة أي أن المنطقة تصنف ضمن المناطق الحارة في العالم طبقًا لتصنيف Koppen.
- تتراوح المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة في منطقة الدراسة بين ١٧,٦ درجة في فصل الشتاء (في شهر يناير)، ونحو ٣٥,٤٥ درجة في فصل الصيف (في شهر أغسطس)، أي أن المدى الحراري السنوي للمنطقة بلغ ١٧,٨٥ درجة، وبالطبع هو مدي حراري كبير تتميز به المناطق المدارية في مختلف بقاع العالم. جدول (١) وشكل (٥).

- تتصف المنطقة بتصاعُد حراري كبير بدءًا من شهور فصل الربيع حتى نهاية شهور فصل الصيف، ويرجع ذلك لحدوث المنخفضات الجوية الربيعية التي يبدأ نشاطها مع نهاية شهر فبراير من كل عام، وينتج عن مرور تلك المنخفضات جذب الرياح الجنوبية والجنوبية الشرقية التي تتصف بالحرارة الشديدة ويؤدي إلى وصول درجة حرارة الرياح لـ ٤٢ درجة.
- تُسجل أعلى درجة حرارة عُظمي في المنطقة وتبلغ ٤٧,٥ درجة مئوية، وقد سُجلت تلك الدرجة مرتين: الأولي في شهر يوليو من عام ١٩٨٣م، والثانية في شهر يوليو من عام ١٩٨٧م، وقد سُجلت أدني درجة حرارة صغري وهي درجة الصفر المئوي في شهر يناير من عام ١٩٧٤م.
- تتسبب درجة الحرارة الشديدة بالمنطقة في زيادة أثر فعل عمليات التجوية الميكانيكية؛ وبخاصة على الطبقة السطحية للصخور نتيجة لأن الصخور رديئة التوصيل للحرارة مما يؤدي إلى تشقق وتكسر تلك الطبقة السطحية على هيئة رقائق بأحجام متباينة نتيجة لتمددها وانكماشها متأثرةً بتباين درجات الحرارة بين النهار والليل.



شكل (٥) معدلات درجات الحرارة الشهرية والمعدلات العُظمى والصُغرى والمدى الحراري في المنطقة في المدة من ١٩٧٠ – ٢٠٢٠م اعتمادًا على بيانات جدول (١)

جدول (١) معدلات درجة الحرارة الشهرية ومتوسطات درجات الحرارة والمدى الحراري في المدة من ١٩٧٠ – ٢٠٢٠م في منطقة الدراسة

البيان / الشهر	م.شهري	الانحراف عن م السنوي	م.ح عظمى	م.ح صغرى	المدى الحراري	رتبة الشهر حراريًا بالمعدل
يناير	١٧,٦	– ١٠.٦	٢٣,٦	١١,٦	١٢	١٢
فبراير	١٩,٧	– ٧.٩	٢٦,١	١٣,٣	١٢,٨	١٠
مارس	٢٣,٨	– ٣.٨	٣٠,٢	١٧,٤	١٢,٨	٨
ابريل	٢٧,٣٥	– ٠.٢	٣٣,٩	٢٠,٨	١٣,١	٧
مايو	٣١,٩	٤.٤	٣٨,٩	٢٤,٩	١٤	٥
يونيه	٣٤,٨	٧.٣	٤١,٧	٢٧,٩	١٣,٨	٣
يوليه	٣٤,٤٥	٦.٩	٤٠,٥	٢٨,٤	١٢,١	١
أغسطس	٣٥,٤٥	٧.٩	٤٢,٢	٢٨,٧	١٣,٥	٢
سبتمبر	٣٤,٠٥	٦.٥	٤١	٢٧,١	١٣,٩	٤
أكتوبر	٢٩,١٥	١.٦	٣٦,٤	٢١,٩	١٤,٥	٦
نوفمبر	٢٣,٤٥	– ٤.١	٢٩,٧	١٧,٢	١٢,٥	٩
ديسمبر	١٨,٩٥	– ٨.٦	٢٥	١٢,٩	١٢,١	١١
م.السنوى	٢٧,٥٥٤	–	٣٤,١	٢١,٠٠٨	١٣,٠٩	–

المصدر: التقارير السنوية لمصلحة الأرصاد الجوية وحماية البيئة المملكة العربية السعودية (١٩٧٠-٢٠٢٠) م.

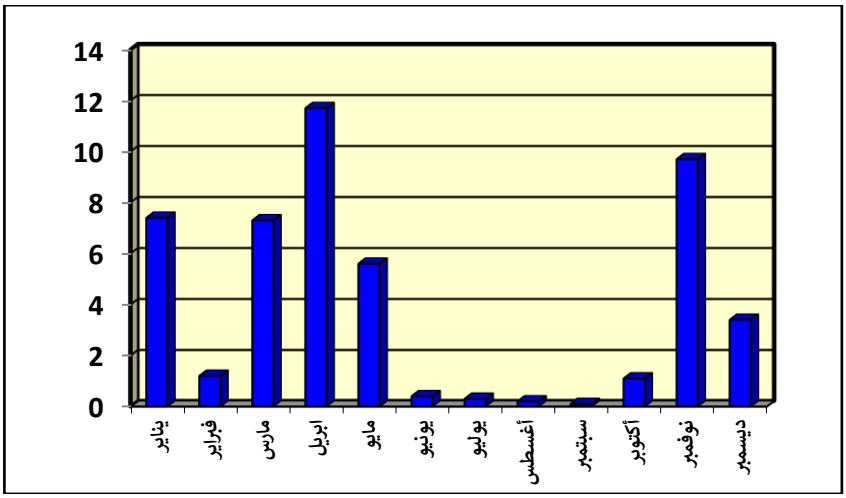
ب-الأمطار:

تتسم منطقة الدراسة مثلها في ذلك مثل المناطق الصحراوية الجافة في العالم وهي: أن الأمطار بالمنطقة من نوع الأمطار الإعصاري والرعدي، وهناك تباين مكاني في سقوط الأمطار غير المنتظمة، وقد يسقط المطر بشدة ويتركز في عدد أيام قليلة، ومن الصفات المُناخية للمنطقة انخفاض كمية الأمطار، وقد بلغ المُعدل السنوي لكمية الأمطار في المنطقة نحو ٤.٠٣ مللم، وتلك القيمة تجعلها ضمن تصنيف الأقاليم الجافة. جدول (٢) وشكل (٦).

جدول (٢) المتوسط الشهري للأمطار الساقطة في المنطقة بالمليمتر (١٩٧٠ – ٢٠٢٠)م

الشهر / البيان	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
معدل الأمطار (ملم)	٧.٤	١.٢	٧.٣	١١.٧	٥.٦	٠.٤	٠.٣	٠.٢	٠.١	١.١	٩.٧	٣.٤

المصدر: التقارير السنوية لمصلحة الأرصاد الجوية وحماية البيئة المملكة العربية السعودية (١٩٧٠-٢٠٢٠) م.



شكل (٦) المتوسط الشهري لكمية الأمطار بالمنطقة (بالمليمتر)

بلغ المجموع الكلي السنوي لمعدلات كمية الأمطار الساقطة علي المنطقة نحو ٤٨,٤ مليمتر، حيث تتصف منطقة الدراسة بندرة أمطارها بوجه عام، وهذه الأمطار من نوع الأمطار الإعصارية الفجائية، وقد فسر (الكليب(بدون تاريخ)، ص٣٩-٤٠) بأن الأمطار التي تسقط في فصل الربيع ترتبط بالعواصف الرعدية الناشئة نتيجة لتسخين سطح الأرض بواسطة الأشعة الشمسية القوية، حيث يسخُن سطح الأرض مما يؤدي إلى سخونة الهواء الملامس له فيرتفع إلى أعلى نتيجة انخفاض وزنه وانخفاض كثافته، مما يؤدي إلى حدوث حالة عدم استقرار نتيجة لتكون تيارات الهواء الصاعدة، وتتوزع أمطار منطقة الدراسة بين فصول الخريف والشتاء والربيع علي الترتيب (١٠.٩ ، ١٢ ، ٢٤.٦) مليمتر، وتسقط الأمطار بكثافة في فترة زمنية قصيرة، وتتجمع المياه الساقطة على سطح الأرض وتجري على شكل مسيلات جبلية تنحت أسطح المنحدرات، وتؤدي إلى تخوير أسطح تلك المنحدرات، وتدفع المفتتات الصخرية الناتجة عن عملية النحت إلى أسفل عند حضيض المنحدرات، مما يساهم في نقل المفتتات وكشفها لأسطح صخرية جديدة

لتبدأ عوامل التعرية وعمليات التجوية في ممارسة عملها من جديد على الأسطح الجديدة المكشوفة، وزيادة تأثيرها في توسيع الفواصل والشقوق، وتساقط كتل صخرية ذات أحجام متباينة كما تعمل علي زيادة نشاط التجوية الكيميائية بشكل غير مباشر.

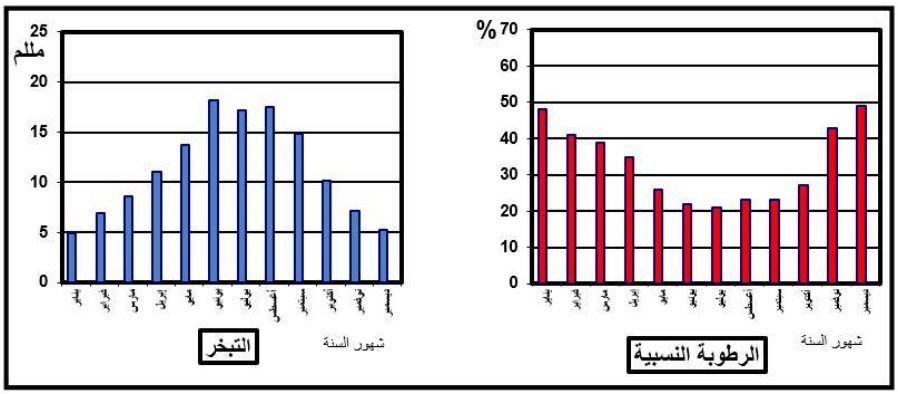
ج- الرطوبة النسبية والتبخر:

تُصنف المنطقة ضمن الإقليم الصحراوي الجاف الذي يتصف بقلة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة، ومن دراسة الجدول (٣) والشكل (٧) يتضح ما يأتي:

الشهر / البيان	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
معدل الرطوبة النسبية (%)	48	41	39	35	26	22	21	23	23	27	43	49
معدل التبخر (ملم)	4.9	6.9	8.6	11.1	13.7	18.2	17.2	17.5	14.8	10.2	7.2	5.2

جدول (٣) معدلات الرطوبة النسبية والتبخر بمنطقة الدراسة (١٩٦٠-٢٠٢٠) م

المصدر: التقارير السنوية لمصلحة الأرصاد الجوية وحماية البيئة المملكة العربية السعودية (١٩٦٠-٢٠٢٠) م.



شكل (٧) المعدلات الشهرية الخاصة بالرطوبة النسبية والتبخر في المنطقة

يتضح أن الرطوبة النسبية منخفضة بصفة عامة في المنطقة لكونها منطقة صحراوية جافة ترتفع بها درجة الحرارة بشكل كبير، بينما ترتفع الرطوبة نسبيًا في

أثناء ساعات الليل؛ نتيجة لانخفاض درجة الحرارة بشكل كبير وبخاصة في فصلي الشتاء والربيع.

يبلغ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية بمنطقة الدراسة نحو ٣٣,٠٨٪، وترتفع الرطوبة خلال شهور فصل الشتاء نتيجة لانخفاض درجة الحرارة بشكل ملحوظ، وتصل الرطوبة النسبية إلى أعلي معدلاتها في العام خلال أيام شهر ديسمبر حيث تبلغ ٤٩٪، ثم تبدأ الرطوبة في الانخفاض تدريجيًا خلال فصل الربيع، حيث تسجل أدنى معدلاتها في العام مع نهاية أيام فصل الربيع، وخلال شهور فصل الصيف تبلغ الرطوبة النسبية أدنى معدل لها، وبخاصة في شهر يوليو لتبلغ ٢١٪، ثم تعاود الرطوبة النسبية ارتفاعها التدريجي خلال شهور فصل الخريف.

ويرتبط معدل التبخر بعلاقة عكسية مع الرطوبة، حيث أنه عندما ترتفع درجة حرارة ينتج عنها انخفاض في الرطوبة النسبية، وكذلك ارتفاع لمعدل التبخر، ويلاحظ ارتفاع معدل التبخر السنوي بالمنطقة حيث تبلغ نحو ١١,٣ مم، ويرتفع معدل التبخر خلال شهور فصل الصيف، ويبلغ أعلى نسبة له خلال شهر يونيو ليبلغ نحو ١٨,٢ مم، نتيجة للارتفاع الكبير في درجات الحرارة، ويبدأ انخفاض معدل التبخر في فصل الخريف، ويصل إلى أدنى معدلاته في المنطقة قي فصل الشتاء خلال أيام شهر يناير حيث يبلغ نحو ٤,٩ مم، بسبب انخفاض درجات الحرارة وارتفاع الرطوبة النسبية في الجو، ويرتفع معدل التبخر في شهور فصل الربيع.

يُمثل عنصرا الرطوبة النسبية والتبخر العامل المؤثر بشكل مباشر في نشاط عمليات التجوية الكيميائية التي تنتج عن تفاعل معادن الصخر مع المياه أو بخاره أو أحد غازات الغلاف الجوي المتعددة، مما يؤدى لتحول بعض مكونات الصخر الأصلية إلى مكونات جديدة مختلفة عن مادة الصخر الأساسية، وتتم تلك العملية في مكان الصخر دون حدوث أي حركة تُذكر (تراب، ٢٠٠٥، ص ١٤٥)، ويتعاون

عنصرا درجة الحرارة والرطوبة النسبية في إضعاف الصخور، فيزيد نشاط التجوية الكيميائية بحوالي الضعف أو ثلاثة أضعاف عند ارتفاع درجات الحرارة بما يعادل عشر درجات مئوية، ويزيد نشاط عمليات التجوية الميكانيكية بفعل المياه عند انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون درجة التجمد (سلامة، ١٩٨٣، ص٢٢) حيث يؤدي لتجمد المياه داخل الفواصل والشقوق فيزيد من أبعادها فيؤدي إلى تكسر الصخور

ويعد تبخر المياه من التربة أو من الغطاء النباتي واحدًا من أهم العناصر المُناخية المؤثرة في أي منطقة في العالم، ويُعبر مصطلح التبخر الممكن عن الحدود العُظمى لأقصى تبخر حادث من التربة المشبعة بالمياه دون التأثير على رطوبتها، أو على درجة استهلاك المياه من النباتات (موسى، ١٩٧٦، ص٧). ويُطلق علي التبخر مُسمى التبخر النتحي Evapotranspiration (الساعدى، ٢٠١٣، ص١)، ولقد تم حساب معدلات التبخر بطريقة العالِم ثورنثويت (Thornthwait and Mather, 1955) وهي من أكثر المعادلات المستخدمة تعبيرا عن رطوبة التربة (Cynthia, 1996,p4-p5).

$$PEx = 16\left(\frac{10T}{I}\right)^{a} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

إذ إنّ:

PEx: كمية التبخر/ نتح الممكن الشهري (مم\شهر)

T : معدل درجة حرارة الجو (مْ)

I : معامل الحرارة السنوي ويتم حسابه كالتالي:

$$I = \sum_{12} i \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

i: معامل الحرارة الشهري ويتم حسابه بالمعادلة التالية:

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

و(**a**) قيمة ثابتة تحسب كما يلي:

$$a = (6.75 * 10^{-7})I^3 - (7.71 * 10^{-5})I^2 + (1.792 * 10^{-2})I + 0.492 \dots (4)$$

وقيمة (PEX) في المعادلة تعتمد على أنَّ عدد أيام الشهر هي (٣٠) يومًا، وأن عدد ساعات النهار من شروق الشمس حتي مغيبها (١٢) ساعة، لذا يمكن تصحيح قيمة كمية التبخر الممكن في كلِّ شهر من شهور السنة بالعلاقة التالية:

$$\mathrm{PE} = \mathrm{PEx}\left(\frac{\mathrm{DT}}{360}\right) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (5)$$

إذ إنَّ:

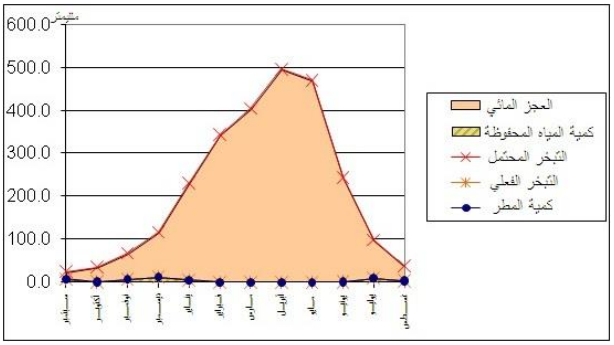
PE: التبخر/ نتح الممكن لأي شهرٍ (ملم\شهر),

D: هي عدد أيام الشهر.

T: معدل عدد ساعات النهار (ساعة \ يوم)

وتم دراسة التبخر الفعلي Actual Evapotranspiration، وهو عبارة عن كمية المياه المفقودة فعليًا بالتبخر سواء من التربة أو من الغطاء النباتي، وهو في الغالب أقل من التبخر المحتمل (التبخر النتحي) (Paulo sentelhas, 2008,p3 .(C.

ويُوضح الشكل رقم (٨) ضخامة كمية العجز المائي بالمنطقة نظرًا للارتفاع الشديد في درجات الحرارة، بجانب ارتفاع نسبة التبخر المحتمل مقارنة بكميات الأمطار الساقطة القليلة للغاية، والتي تكاد تتساوي قيمتها مع التبخر الفعلي بالمنطقة؛ مما يؤدي لندرة كمية المياه المحفوظة بمنطقة الدراسة بشكل عام.



شكل رقم (٨) العجز المائي بمنطقة الدراسة وكمية المياه المحفوظة والتبخر (المحتمل – الفعلي) وكمية المطر بتطبيق معادلة ثورنثويت (١٩٦٠-٢٠٢٠)م

د- الرياح:

تتسم الرياح التي تهب على منطقة الدراسة بأن غالبيتها يتصف بالاتجاه الشمالي الغربي، وقد تتغير في بعض الأوقات لتصبح رياح جنوبية غربية أو رياح جنوبية شرقية، وتكون تلك الرياح جافة، وتساعد في عدم الاستفادة من مياه الأمطار القليلة التي تسقط على المنطقة (بجانب التأثير الواضح لدرجات الحرارة العالية بالمنطقة)، مما يتسبب في حدوث عجز مائي في التربة بالمنطقة، ويساعد في زيادة تركيز الأملاح بها، وتتصف تلك الرياح في أغلبها بكونها رياح مرتفعة في درجة الحرارة(س هلاسى، ١٩٦٣م، ص٢٥)، وتهب الرياح الشمالية والشمالية الغربية على منطقة الدراسة خلال شهور فصل الشتاء، وتؤدي لانخفاض درجة حرارة الجو؛ وتتسبب في انخفاض درجة حرارة سطح الأرض.

جدول (٤) النسب المئوية لاتجاهات هبوب الرياح بمنطقة الدراسة خلال المدة من(١٩٧٠-٢٠٢٠) م.

الاتجاه	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب	سكون	متقلبة
م. السنوي	١٠.٠٤	٥.٥٤	٤.٧٤	٩.٩٤	٦.٨٤	٢٣.٢٤	٩.٢٤	٢٥.١٤	٣.٥٤	١.٧٤

المصدر: من التقارير السنوية لمصلحة الأرصاد الجوية وحماية البيئة المملكة العربية السعودية (١٩٧٠-٢٠٢٠) م.

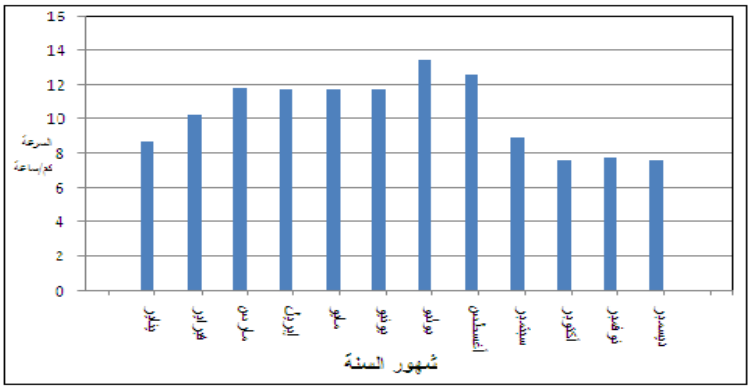
وتختلف النسب المئوية لهبوب الرياح في المنطقة جدول (٤)، وتسيطر الرياح الشمالية الغربية علي جو منطقة الدراسة بنسبة تبلغ نحو ٢٥.١٤٪ من جملة نسب اتجاهات الرياح بالمنطقة، وهى رياح تجارية تهب من منطقة الضغط المرتفع الآزوري الذي يسيطر علي حوض البحر المتوسط، ثم تليها الرياح الجنوبية الغربية بنسبة تبلغ نحو ٢٣.٢٤٪ من جملة نسب اتجاهات الرياح بالمنطقة، أي أن مجموع نسب الرياح الشمالية الغربية والرياح الجنوبية الغربية يمثلان معًا نسبة ٤٨.٣٨٪ من جملة نسب اتجاهات الرياح بالمنطقة، أي ما يقرب من نصف أيام السنة، وإذا تم إضافة لهما الاتجاه الثالث وهي نسبة اتجاه الرياح الغربية يصبح المجموع نحو ٥٧.٦٢٪ من جملة نسب اتجاهات الرياح بالمنطقة، أي ما يقترب من ثلثي أيام السنة تسيطر عليه الرياح الغربيات(الجنوبية الغربية – الغربية – الشمالية الغربية).

يبلغ المتوسط السنوي لسرعة الرياح في منطقة الدراسة نحو ١٠,٣ كيلومتر في الساعة جدول (٥) وشكل (٩)، وتتراوح المتوسطات الشهرية للرياح في المنطقة بين أدنى قيمة لها وتبلغ نحو ٧,٦ كم/ ساعة في شهري ديسمبر وأكتوبر، ويبلغ نحو ١٣,٥ كم/ ساعة في شهر يوليو، كما تبلغ سرعتها في بعض الأوقات إلى نحو ١٠٣– ١٠٧ كم/ ساعة (طلبه، ٢٠٠٢م، ص٧٢).

جدول(٥) متوسط سرعة الرياح الشهري والفصلي والسنوي (كم/ساعة) في المنطقة للمدة (١٩٧٠–٢٠٢٠)م.

الشهر	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنوي
السرعة (كم/ساعة)	٨.٧	١٠.٢	١١.٨	١١.٧	١١.٧	١١.٧	١٣.٥	١٢.٦	٨.٩	٧.٦	٧.٨	٧.٦	١٠.٣
متوسط السرعة الفصلي	٨.٨	–	–	١١.٧	–	–	١٢.٦	–	–	٨.١	–	–	–

المصدر: التقارير السنوية لمصلحة الأرصاد الجوية وحماية البيئة المملكة العربية السعودية (١٩٧٠-٢٠٢٠) م.



المصدر: بالاعتماد على بيانات الجدول ٥.

شكل (٩) سرعة الرياح في شهور السنة بمنطقة الدراسة

ثانيًا: التوزيع الجغرافي لقطاعات المنحدرات بمنطقة الدراسة وخصائصها المورفومترية العامة:

تساهم دراسة المنحدرات في تحليل مظاهر سطح الأرض في أي منطقة، حيث يعتمد الاستغلال الجيد للسفوح على فهم طبيعة انحدارها، وتكويناتها، وشكلها، والعمليات التي تتعرض لها دائمًا(الدليمي، ٢٠٠٥م، ص١٠٣)، وقد وُزعت قطاعات المنحدرات بمنطقة الدراسة، وتم دراسة الخصائص المورفومترية العامة لهذه القطاعات كما يأتي:

١- التوزيع الجغرافي لقطاعات المنحدرات:

يتضح من الدراسة الميدانية أن من منحدرات جبل أُحد ما هو غير مستقر تنشط حركة المواد المفككة عليه؛ سواء من تساقط للصخور أو من انهيال للمفتتات، وتلك المنحدرات مجاورة للطرق المحيطة التي تحف بجبل أُحد وبالمنشآت المجاورة، ومن منحدرات المنطقة ما هو مستقر لا يمثل أي خطورة في الوقت الحالي، وتُحدد درجات الخطورة علي حسب شدة انحدار المنحدر، وقد تكون الأخطار على المنحدرات ناتجة عن عوامل طبيعية أو ناتجة عن عوامل بشرية، وهناك منحدرات

صناعية تكون في الأصل عبارة عن منحدرات طبيعية تم تعديلها بواسطة الإنسان حتى يتم تخفيف حدتها، والتقليل من خطورتها، هناك كثير من المناطق المجاورة للمنحدرات بالمنطقة قد تكون معرضة للخطورة نظرا لقربها من تلك المنحدرات، وبخاصة عند الأطراف الشمالية والغربية والجنوبية لجبل أُحُد، وهناك كثير من المباني تظهر في بعض المناطق ملاصقة لمنحدرات الجبل، وبخاصة على المنحدرات الجنوبية لجبل أُحُد التي تتوغل بعض المباني فيه داخل الشِعاب وتبدو فيه كما لو أنها تصعد المنحدرات مما قد يتسبب في خطورة إلا أن تلك الخطورة يمكن التدخل للحد منها بوسائل أمان

وقد تم توزيع أماكن قطاعات المنحدرات المُختارة بشكل عام ليتم تمثيل جميع جوانب منطقة الدراسة، وبصفة خاصة المنحدرات التي تصاعدت أهميتها نظرًا لقرب العمران منها في الآونة الأخيرة، وبالتالي زيادة خطورتها مقارنةً بباقي المنحدرات.

٢- الخصائص المورفومترية العامة لقطاعات منحدرات منطقة الدراسة:

يتضح من دراسة منحدرات المنطقة جدول (٦) وشكل (١٠) ما يأتي:

- بلغ إجمالي أطوال منحدرات منطقة الدراسة التي تم قياسها نحو ٢٨٦٧ متر.
- تراوحت أطوال القطاعات المقاسة بين أقصر القطاعات طولاً ويبلغ ٨٨ م للقطاع رقم ٩، وأكبر القطاعات طولاً ويبلغ ٢٢١ م للقطاع رقم ٦.
- بلغت قيمة متوسط زوايا انحدار منحدرات منطقة الدراسة نحو (٢٣,١ درجة)، وتُصنف منطقة الدراسة بذلك ضِمن فئة المناطق التي تتسم بالانحدارات الشديدة تبعًا لتصنيف ينج المعروف لزوايا الانحدار، وقد تباينت درجة الانحدار لمنحدرات جبل أُحُد بين نحو(١٣.٥ درجة) للقطاع ٧، ونحو (٤٢.١ درجة) للقطاع ١٣.

- ترتفع قيم مُعاملات الإِختلاف في عدد سبعة قطاعات في منطقة الدراسة بأرقام (١ و٣ و٤ و٦ و١٢ و١٧ و٢٠)، ويعود ارتفاع قيم مُعاملات الاختلاف لتلك القطاعات إلى اختلاف درجات الانحدار على طول منحدراتها من القمة إلى السفح بالمقارنة مع قيم متوسطاتها، حيث تباعدت قيم زوايا الانحدار على امتداد تلك القطاعات، في حين تنخفض بشكل كبير قيم معاملات الاختلاف لباقي القطاعات مما يُشير إلى اقتراب قيم زوايا الانحدار من متوسطاتها على طول تلك القطاعات.
- بلغت نسبة القطاعات التي تتسم بسيادة الشكل المقعر بمنطقة الدراسة إلى ٦٥٪ من جملة عدد القطاعات لمنحدرات المنطقة، في حين بلغت نسبة القطاعات التي تتسم بسيادة الشكل المحدب نحو ٢٥٪ من جملة عدد قطاعات منطقة الدراسة، وتبلُغ نسبة القطاعات المحدبة إلى القطاعات المقعرة قيمة ١: ٢.٦، في حين بلغت القطاعات التي يقترب شكلها من الشكل المستقيم نحو ١٠ ٪ من إجمالي قطاعات منحدرات منطقة الدراسة.
- بلغ إجمالي أطوال القطاعات المقعرة في المنطقة نحو ١٧٦١ متر بنسبة بلغت ٦١.٤٢٪ من جملة أطوال المنحدرات بالمنطقة، وقد بلغت الأطوال المحدبة للقطاعات بمنطقة الدراسة نحو ٧٥١ متر بنسبة بلغت ٢٦.٢٠٪ من إجمالي أطوال المنحدرات بالمنطقة، وبلغ إجمالي الأطوال المستقيمة بالمنطقة نحو ٣٥٥ متر بنسبة بلغت ١٢.٣٨٪ من إجمالي أطوال قطاعات المنحدرات بمنطقة الدراسة.

ثالثًا: التحليل المورفومتري لمنحدرات منطقة الدراسة:

يهدف تحليل ودراسة القطاعات الميدانية لمنحدرات المنطقة إلى التعرف على خصائص المنحدرات المورفومترية، وذلك لإدراك مراحل التطور التي مرت بها، وقد تم تحليل قطاعات المنحدرات كالتالي:

١- تحليل زوايا الانحدار على طول القطاعات بمنطقة الدراسة.

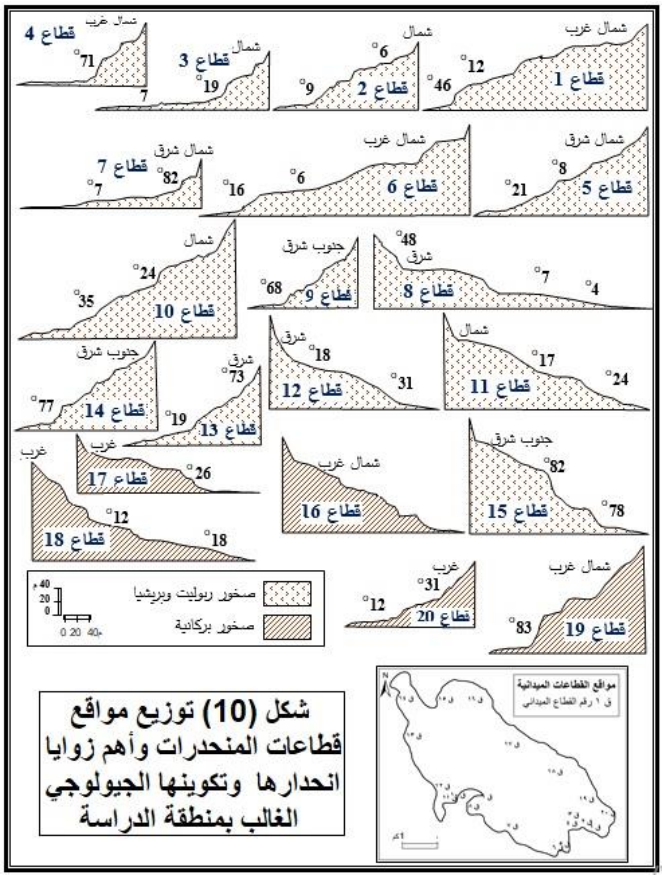
٢- تحليل زوايا التقوس بمنحدرات المنطقة.

٣- تحليل اتجاهات الانحدارات بمنطقة الدراسة.

جدول (٦) الخصائص المورفومترية العامة لقطاعات منحدرات المنطقة

رقم القطاع	عدد زوايا القطاع	طول القطاع	مجموع زوايا القطاع	متوسط انحدار القطاع	التحليل الإحصائي		الأطوال المقعرة (بالمتر)	الأطوال المحدبة (بالمتر)	فئة الانحدار لينج	الطول المحدب/المقعر	شكل القطاع
					الانحراف المعياري	معامل الاختلاف%					
1	21	179	538	25.62	29.2	96.1	64.1	97.3	شديد	1.52	محدب
2	14	115	299	21.36	18.5	75.7	53.2	29.3	شديد	0.55	مقعر
3	15	139	264	17.6	19.7	93.1	79.3	49.6	شديد	0.63	مقعر
4	9	105	136	15.1	19.3	101.9	59.7	24.1	فوق متوسط	0.40	مقعر
5	11	139	394	35.82	22.8	62.7	75	41	شديد جدًا	0.55	مقعر
6	14	212	309	22.1	23.8	94.2	106	106	شديد	1	مستقيم
7	10	142	135	13.5	14.82	19.2	36.4	91.3	فوق متوسط	2.51	محدب
8	16	221	439	27.44	20.9	65.7	101	64	شديد	0.63	مقعر
9	11	88	237	21.55	21.52	72.6	34.4	31.2	شديد	0.91	مقعر
10	13	174	364	28	28.92	22	81.9	49.9	شديد	0.61	مقعر
11	12	165	292	24.33	16.8	61.2	59.6	78.7	شديد	1.32	محدب
12	14	134	275	19.64	27.32	121.6	67.5	41.2	شديد	0.61	مقعر
13	11	112	463	42.1	28.4	71.2	71.3	32.5	شديد جدًا	0.64	مقعر
14	12	115	272	22.67	22.3	81.6	67.4	34.1	شديد	0.51	مقعر
15	13	142	335	25.77	19.4	83.9	49	68	شديد	1.39	محدب
16	17	143	332	19.53	23.2	84.5	121.5	121.5	شديد	1	مستقيم
17	13	141	273	21	19.3	132.4	72.3	41.2	شديد	0.57	مقعر
18	21	175	524	25	18.1	62.3	84	76	شديد	0.90	مقعر
19	9	123	302	33.56	21.4	68.7	43	79	شديد جدًا	1.84	محدب
20	11	103	276	25.09	24.2	99.1	52	31	شديد	0.70	مقعر

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادًا على قياسات القطاعات من الدراسة الميدانية.



شكل (10) توزيع مواقع قطاعات المنحدرات وأهم زوايا انحدارها وتكوينها الجيولوجي الغالب بمنطقة الدراسة

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادًا على قياسات القطاعات من الدراسة الميدانية.

وتأتى دراسة خصائص المنحدرات بالمنطقة على النحو الآتي:

١-تحليل زوايا الانحدار على طول القطاعات بمنطقة الدراسة:

يهدف تحليل زوايا الانحدار بالمنطقة للتعرف على الخصائص المورفومترية للمُنحدرات حيث أن من الممكن أن يُشير شكل المنحدرات إلى مرحلة التطور التي مرت بها، وقد اعتُمد لتحليل زوايا الانحدار على النواحي التي اقترحها ينج (Young, 1972,p.p. 160-169) عن (جودة وآخرون، ١٩٩١، ص ص٢٣٩-٢٤٠) وهى كالتالي:

(أ) التوزيع التكراري لزوايا الانحدار بمنطقة الدراسة:

يُمثل التوزيع التكرارى لزوايا الانحدار أحد أهم أساليب التحليل البياني المستخدمة في عرض البيانات الرقمية المُجمعة أثناء الدراسة الميدانية للقطاعات الخاصة بالمنحدرات في أي منطقة (جودة وآخرون، ١٩٩١، ص٣٩٦)، وتُفيد هذه البيانات في معرفة مدى تطور المنحدرات جيومورفولوجيًا، كمثال فإن شيوع الانحدارات الهينة في بعض المنحدرات يشير إلى أن تلك المنحدرات تمر بمرحلة متقدمة من التطور الجيومورفولوجي، في حين تُدلل الانحدارات الشديدة على المراحل المُبكرة من التطور، أما الانحدارات المتوسطة فتُشير إلى مرحلة تطور وسطى بين المرحلتين السابقين(Young, 1972,p. 167).

(ب) الزوايا الشائعة بالقطاعات:

وهى عبارة عن الزوايا الأكثر شيوعًا وتكرارًا من غيرها في القطاعات، وقد تكون تلك الزوايا هي الأكثر طولاً في حالة تساوى تكرار أكثر من زاوية على طول القطاع (Young, 1972, p. 163)، فإن شيوع زوايا بعينها قد يتعلق بالتكوينات الجيولوجية الشائعة.

(ج) الزوايا الحدية بالقطاعات:

وتصف هذه الزوايا مدى الانحدار التي تميز أسطح الأشكال، أو عندما تسود عمليات جيومورفولوجية محددة، أو على المنحدرات في ظل ظروف معينة، ويضم هذا المدى زوايا حَدية سُفلى وأخرى زوايا حدية عُليا (الدسوقي، ١٩٩١، ص٤٠٠)، أما بالنسبة للزاوية الحدية السفلى فهى أصغر قيمة زوايا الانحدار في الفئة، أما الزاوية الحدية العليا فهى أكبر قيمة تسجلها زوايا الانحدار في مدى الفئة.

(د) تصنيف زوايا الانحدار القطاعات:

يهدف تصنيف زوايا الانحدار بالمنطقة إلى تقسيمها لفئات عن طريق تحديد بداية ونهاية كل فئة والزاوية الشائعة بها، وتحديد النسبة الخاصة بما تشغله كل فئة من جُملة الأطوال بالمنطقة ونسبتها المئوية، وقد تم الاعتماد على تصنيف ينج للانحدارات (Young, 1975, p. 173) مع إضافة بعض التعديلات على مدى الفئة لتضم كل الزوايا، وتسهيل تصنيفها بين فئات الانحدارات جدول(٧)، وسيتم تحليل كل زوايا انحدار منحدرات منطقة الدراسة، والخاصة بكل وحدة مورفولوجية بالمنطقة على حده، وذلك لبيان أدق الاختلافات بين مختلف الفئات بمنطقة الدراسة كما يلي:

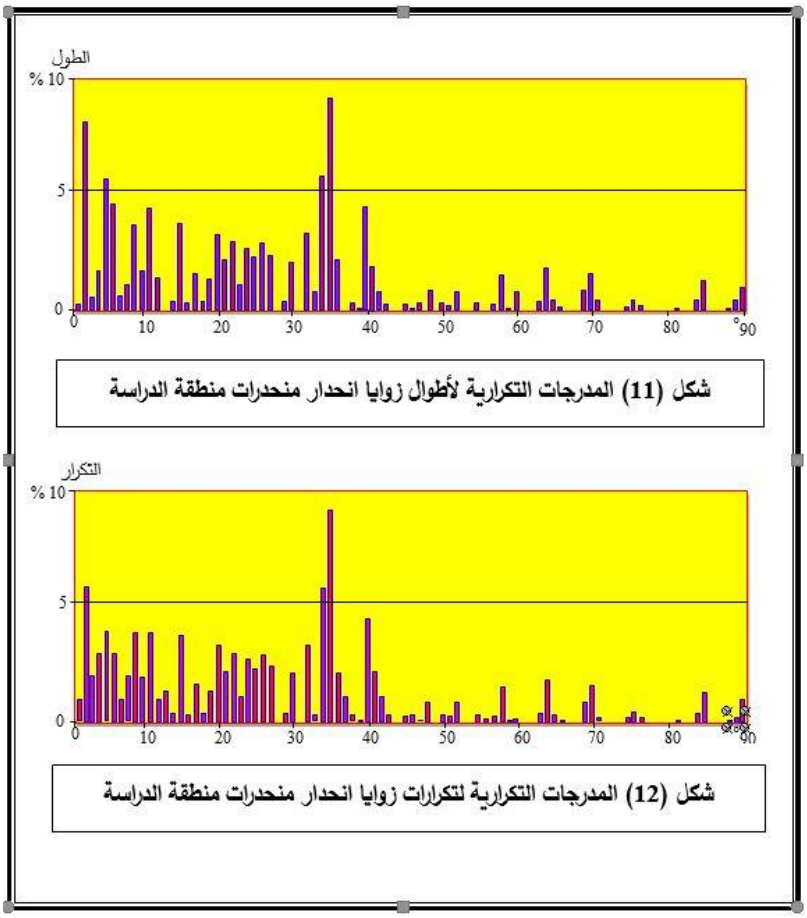
جدول (٧) تصنيف ينج للانحدارات

درجة انحدار الفئة	طبيعة انحدارها
صفر –	مستوى
٣ –	بسيط
٦ –	متوسط
١١ –	فوق متوسط
١٩ –	شديد
٣١ –	شديد جدًا
٤٥ –	رأسي

– تم تعديل الفئة لتصبح مفتوحة لأعلى لتضم كل الزوايا.

زوايا الانحدار بمنطقة الدراسة: يتضح من الشكلين (١١) و(١٢) طبيعة التوزيع التكراري لأطوال وفئات وزوايا الانحدار بمنطقة الدراسة تبعًا لتوزيع فئات ينج للانحدارات (Young, 1972, p. 173) ومن الوصف العام لطبيعة الانحدار يتضح ما يأتي:

- يتمثل على المدرج التكراري لزوايا الانحدار بمنطقة الدراسة جميع الزوايا من (صفر ْ حتى ٩٠ ْ) فيما عدا قليل من الزوايا التي لم تظهر على القطاعات.
- تحتل منحدرات الفئة (صفر ْ – ١٠ ْ) النسبة الأكبر لأطوال المنحدرات بالمنطقة بنسبة ٢٧.٢٥٪ من إجمالي الطول الكلى للمنحدرات، وتُمثل من حيث تكرار زواياها ما يبلغ ٢٥٪، وتُمثل الزاوية (٢ ْ) الزاوية الأكثر تكرارًا من زوايا تلك الفئة وفي أطوال منحدراتها.
- وتحتل الفئة من (٣٠ ْ –٤٠ ْ) المركز الثاني من حيث أطوال منحدراتها فقد بلغت نسبتها ٢٥.٥٩ ٪ من إجمالي الطول الكلى للمنحدرات بالمنطقة – وأيضًا – من حيث نسبة تكرار زواياها بالمنطقة، حيث تبلغ نسبتها نحو ١٧.٧٩ ٪ وقد مثلت الزاوية (٣٥ ْ) الزاوية الأكثر شيوعًا بتلك الفئة حيث سجلت أعلى تكرار.
- وتأتى الفئة(٢٠ ْ –٣٠ ْ) في المرتبة الثالثة بنسبة تبلغ نحو ١٨.٦٨٪ من إجمالي الطول الكلى لمنحدرات المنطقة، في حين بلغ تكرار زواياها نسبة تُقدر بنحو ١٥.٣٩٪ كما تعد الزاوية (٣٠ ْ) هي الزاوية الأكثر شيوعًا بتلك الفئة.
- وتأتى الفئة فيما بين (١٠ ْ –٢٠ ْ) في المرتبة الرابعة بنسبة تبلغ نحو ١٥.٩٢٪ من إجمالي الطول الكلى لمنحدرات المنطقة، في حين بلغ تكرار زواياها نسبة تُقدر بنحو ١٥.٣٩٪ كما تُعد الزاوية (١١ ْ) هي الزاوية الأكثر شيوعًا بتلك الفئة.



شكل (11) المدرجات التكرارية لأطوال زوايا انحدار منحدرات منطقة الدراسة

شكل (12) المدرجات التكرارية لتكرارات زوايا انحدار منحدرات منطقة الدراسة

- وتأتي الفئات (٥٠-٦٠، ٦٠-٧٠، ٧٠-٨٠، ٨٠-٩٠) درجة الفئات الأقل في المنطقة من حيث أطوال منحدراتها وقد بلغت نسبتها على الترتيب ما يلي (٢.٤٤٪، ٤.٤٦٪، ٠.٧٥ ٪، ٢.٢٥ ٪) من إجمالي الطول الكلى لمنحدرات المنطقة.
- تُشكل تكرارات الزاوية (٣٥ْ) هي الأعلى من حيث نسبة التكرار حيث بلغت نسبتها ٨.٩٦٪ من إجمالي الزوايا بمنحدرات المنطقة، وكذلك تُمثل النسبة الأكبر من حيث الطول وتبلغ ٨.٩٪ من حيث الطول الكلى بالمنطقة، ويليها الزاوية (٢ْ)، وقد سجل تكرارها نسبة ٥.٧٧٪، وتمثل المركز الثاني من حيث أطوال المنحدرات بنسبة ٨.٠٨٪ من أطوال المنحدرات بالمنطقة.

ويتضح من دراسة الجدول (٨) لتصنيف زوايا الانحدار بالمنطقة ما يأتي:

- تُمثل المنحدرات الشديدة جدًا نسبة تبلغ ٢٧.٣٤٪ من إجمالي طول المنحدرات بالمنطقة، ويدل ذلك على بطيء تقدم المنطقة جيومورفولوجيًا، ويعود ذلك لطبيعة الحركات التي أصابت المنطقة تكتونيًا، والتي تزامنت مع تكوين أخدود البحر الأحمر، وغالبية صخور المنطقة التي تتميز بالصلابة الشديدة، وتتمثل غالبية تلك الانحدارات في الجروف الصخرية، حيث تمثل الزاوية (٣٥°) هي الزاوية السائدة، والأكثر تكرارًا وطولاً بنسبة ٨.٩٪ من إجمالي طول المنحدرات.
- وتأتي المنحدرات الشديدة والتي تبلغ نسبتها ٢٣.٢٥٪ من إجمالي أطوال المنحدرات بالمنطقة، وتمثل الزاوية بقيمة (٢٠°) هي الزاوية الأكثر تكرارًا بالمنحدرات الشديدة بنسبة طول قد بلغت (٣.٢٤٪) من الطول الكلى لمنحدرات منطقة الدراسة.
- تُشكل المنحدرات المتوسطة نسبة ١١.٥٣٪ من إجمالي أطوال المنحدرات بالمنطقة وتحتل بذلك المركز الثالث، ويعود ذلك لطبيعة التكوين بالمنطقة، بجانب ما تُشكله المرتفعات العالية التي تتسم بالصلابة الشديدة، وتشكل الزاوية (٩°) هي الزاوية الأكثر تكرارًا وطولاً بتلك الفئة بنسبة ٣.٦٢٪ من إجمالي طول المنحدرات بالمنطقة.
- تُشكل المنحدرات المتوسطة والحائطية المركزين الرابع والخامس بنسب تبلغ نحو ١١.٣٥٪ و١٠.٤١٪ على الترتيب من إجمالي أطوال المنحدرات بالمنطقة، وتُمثل الزاويتان (١٥°) و(٦٥°) الزاويتان الشائعتان في فئتي المنحدرات المتوسطة والجرفية على الترتيب من الطول الكلى لمنحدرات المنطقة. وتُمثل المنحدرات المستوية والخفيفة مجتمعان نسبة تبلغ نحو ١٦.١٢٪ من إجمالي أطوال المنحدرات حيث يمثلان المركزين قبل الأخير والأخير بنسبة تبلغ ٨.٢٩٪ و٧.٨٣٪ لكل منهما على الترتيب من الطول الكلى لمنحدرات المنطقة.
- تُمثل فئات المنحدرات المستوية والخفيفة والمتوسطة وفوق المتوسطة مجتمعة نسبة تبلغ نحو ٣٩٪ من إجمالي أطوال المنحدرات بمنطقة الدراسة، في حين تُشكل

المنحدرات الشديدة والشديدة جدا والجرفية مجتمعة نسبة تبلغ ٦١٪ من جملة طول المنحدرات بالمنطقة، والمتمثلة في الحافات الصخرية، ويعود تزايد قيمة تلك المنحدرات الأخيرة لطبيعة التكوين الصخري بالمنطقة شديد الصلابة والخاصة بجبل أُحد مما تسبب في ارتفاع نسبة التكرارات والأطوال للزوايا الأكبر من (١٩ْ)، والذي يدل على استمرارية نشاط الإنهيالات الأرضية، والتساقط الصخري بالمنطقة؛ مما أدى بالتالي إلى زيادة معدلات التراجع الخلفي للمنحدرات.

جدول (٨) تصنيف زوايا انحدار المنحدرات بمنطقة الدراسة

شكل المنحدر	مدى الزاوية	المسافة الأفقية	الزاوية الشائعة	الزاوية الشائعة ٪	الحدية السفلى	الحدية العليا	عدد الزوايا
مستوى	صفر -	٨,٢٩	٢	٨,٠٨	صفر	٢	١٤
خفيف	٣ -	٧,٨٣	٥	٥,٦٤	٣	٥	١٨
متوسط	٦ -	١١,٥٣	٩	٣,٦٢	٦	١٠	٢٤
فوق متوسط	١١ -	١١,٣٥	١٥	٣,٧٢	١١	١٨	٢٦
شديد	١٩ -	٢٣,٢٥	٢٠	٣,٢٧	١٩	٣٠	٤٢
شديد جدًا	٣١ -	٢٧,٣٤	٣٥	١١,٩	٣١	٤٤	٣٦
رأسي	٤٥ فأكثر	١٠,٤١	٦٥	١,٧٨	٤٥	٩٠	٤٨

المصدر: من تحليل الباحث لنتائج الدراسة الميدانية بالمنطقة.

٢-تحليل زوايا التقوس بمنحدرات المنطقة:

ويهدف هذا التحليل للتعرف على صفات منحدرات المنطقة ودراسة تقوسها، وقد تم تطبيق طريقة عبد الرحمن (Abd el Rahman,et.al,1980-1981,p.p31-34) رغم إتباع طريقة ينج كأسلوب كمي لحساب تقوس المنحدرات، إلا أن طريقة ينج بها بعض القصور التي تتلخص في الآتي:

- تتغير قيم درجات تقوس المنحدرات مع تغير المسافة الأرضية تبعًا لطريقة ينج، وبذلك من الممكن أن نحصل على قيمتين متطابقتين لتقوس نقطتين رغم الاختلاف في زوايا انحدارهما الفعلي (الدسوقي،١٩٩١، ص٤١٥).
- عدم استيعاب درجة تقوس المنحدرات بطريقة ينج وبخاصة عندما تزيد الدرجة عن(٩٠).
- عند محاولة الحصول على مقياس كمي واحد لتقوس المنحدرات بقطاعات الدراسة الميدانية بطريقة ينج فإنها لن تفي بالغرض إلا في حالة واحدة وهي تساوى المسافات الأرضية على طول كل القطاعات الميدانية وهذا أمر يستحيل تنفيذه.

لذلك اتبع الباحث طريقة عبد الرحمن(١٩٨٠-١٩٨١)، نظرًا لمعالجتها عيوب طريقة ينج، وقد تم تقسيم قطاعات المنحدرات بالمنطقة إلى أجزاء مستقيمة الشكل يكون تقوسها صفرا، وأجزاء أخرى مقوسة الشكل يتراوح تقوسها فيما بين +٩٠ و -٩٠، ويمثل التقوس الموجب العناصر مُحدَّبة الشكل، في حين يمثل التقوس السالب العناصر مُقعَّرة الشكل.

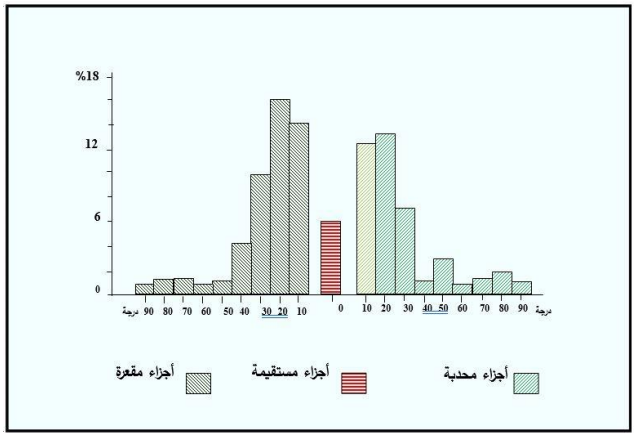
جدول (٩) فئات تقوس منحدرات المنطقة

	العناصر المحدبة									مستقيم
الفئات بالدرجات	٩٠-	٨٠-	٧٠-	٦٠-	٥٠-	٤٠-	٣٠-	٢٠-	١٠-	
الطول بالمتر	٢١,٩٢	٤٥,٥٩	٢٩,٤٧	٢٦,٢٣	٦٧,٧٤	٣٣,٣٣	١٥٠,٧	٢٩٢,٨٦	٢٧٠,٠٨	١٢٩,٤
الطول ٪	١,٠٢	٢,١٢	١,٣٧	١,٢٢	٣,١٥	١,٥٥	٧,٠١	١٣,٦٢	١٢,٥٦	٦,٠٢
العناصر المقعرة										
الفئات بالدرجات	١٠-	٢٠-	٣٠-	٤٠-	٥٠-	٦٠-	٧٠-	٨٠-	٩٠-	
الطول بالمتر	٣٠٢,١	٣٤٦,٤	٢١٢,٦	٩٠,٧٣	٢٥,٥٩	١٦,١٤	٣٥,٠٥	٣٤,٦٣	١٩,٥٦	-
الطول ٪	١٤,٠٥	١٦,١١	٩,٨٩	٤,٢٢	١,١٩	٠,٧٥	١,٦٣	١,٦١	٠,٩١	

المصدر: من تحليل الباحث لنتائج الدراسة الميدانية بالمنطقة.

وسيتم تناول تقوس منحدرات جبل أُحد بهدف إظهار الفروق الدقيقة لمنحدرات المنطقة. ويتضح من تحليل الجدول (٩) والمدرج التكراري بالشكل (١٣) ما يأتي:

- تُشكل المنحدرات المحدبة والمقعرة نسبة تُمثل نحو ٩٣.٩٨٪ من إجمالي تقوس منحدرات المنطقة، وقد سجلت المنحدرات المحدبة نسبة ٤٣.٦٢٪ من إجمالي أطوال تقوس المنحدرات بالمنطقة، في حين بلغت أطوال المنحدرات المقعرة نسبة بلغت نحو ٥٠.٣٦٪ من إجمالي أطوال التقوس بمنحدرات المنطقة، وقد بلغت الأطوال المحدبة للمقعرة نسبة نحو(١: ١.١٦) مما يُشير إلى سيادة العناصر المقعرة.
- تُشكل الفئات الدنيا للتقوس والأقل من زاوية (٣٠ْ) أعلى نسبة مئوية بالمنحدرات المحدبة والمقعرة حيث بلغت نسبة ٧٣.٢٤٪ من جملة أطوال تقوس منحدرات المنطقة، وتمثل المنحدرات المحدبة منها نسبة تبلغ ٣٣.١٩٪، في حين تمثل نسبة المنحدرات المقعرة نحو ٤٠.٠٥٪ من جملة أطوال تقوس منحدرات المنطقة.
- تُشكل الفئات الوُسطى فيما بين(٣٠ْ – ٦٠ْ) نسبة تبلغ نحو ١٢.٠٨٪ من إجمالي الطول الكلى لتقوس المنحدرات بالمنطقة، وتمثل الأطوال المحدبة منها نسبة تبلغ ٥.٩٢٪ أما الأطوال المقعرة فتمثل نحو ٦.١٦٪ من أطوال التقوس بالمنطقة.
- تحتل الفئات العليا بين (٦٠ْ – ٩٠ْ) المركز الأخير من فئات التقوس بنسبة ٨.٦٦٪ من جملة أطوال التقوس بمنحدرات المنطقة، وتمثل المنحدرات المحدبة نسبة ٤.٥١٪ من كل أطوال تقوس المنحدرات بمنطقة الدراسة، أما المنحدرات المقعرة فتمثل ٤.١٥٪ من إجمالي أطوال التقوس بمنحدرات المنطقة، ويعود ذلك لتأثير التعرية في تطور المنحدرات، مما أدى لتجانس قيم زوايا الانحدار المتتالية على امتداد طول القطاع.

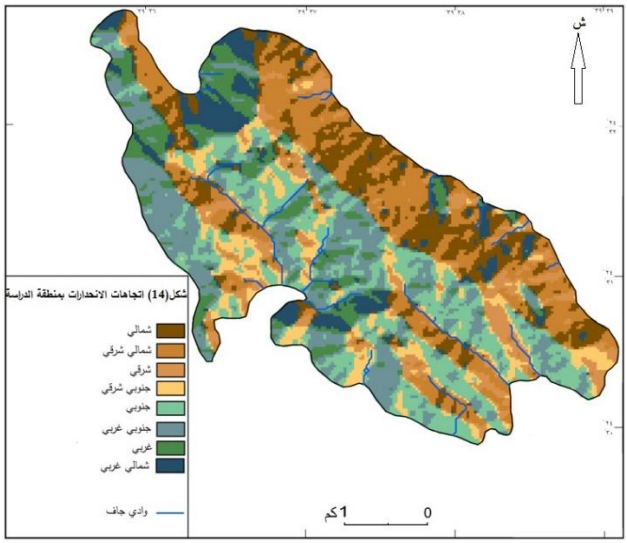


شكل (١٣) فئات تقوس لمنحدرات منطقة الدراسة

- تتفاوت أطوال فئات التقوس للعناصر المحدبة عن مثيلتها المقعرة بالمنطقة، وبخاصة في الفئات الآتية (٥٠-)و(٦٠-)و(٨٠-)و(٩٠-)، ويرجع ذلك لحداثة التداخلات الصخرية الحديثة في صخور المنطقة، وتتسم تلك التداخلات بالصلابة الشديدة، وتتكون في غالبيتها من صخري الديوريت والجرانيت، مما أدى لظهورها معراه من الرواسب.

٣-تحليل اتجاهات الانحدارات:

تم رسم خريطة خاصة باتجاهات الانحدار Aspect باستخدام برنامج ARC GIS V.10.3، وذلك اعتمادًا على النموذج الرقمي للارتفاعات DEM بالمنطقة، ويتضح من خريطة اتجاه الانحدار أن الاتجاه الغالب لانحدار المنطقة هما اتجاهي الجنوب والجنوب الغربي، وتتخذ الانحدارات اتجاه الشمال في مناطق كثيرة في شمال وشرق جبل أُحد، كما تتصف بعض الأجزاء الوسطى باتجاه الشمال، وكذلك بعض الأجزاء الجنوبية، أما المناطق التي تتجه انحداراتها صوب الشمال الشرقي فتتركز في الأجزاء الشمالية من الجبل كما تتواجد -أيضًا- في بعض المناطق الجنوبية الشرقية والشرقية. شكل (١٤).



المصدر: من إعداد الباحث ببرنامج ARC GIS V.10.3 اعتمادًا على DEM للمنطقة.

رابعًا: أشكال المنحدرات وعوامل وعمليات التشكيل:

تتباين أشكال المنحدرات بالمنطقة نظرًا لاختلاف عوامل وعمليات تشكيل تلك المنحدرات، ويمكن عرض أشكال المنحدرات بمنطقة الدراسة وعوامل وعمليات تشكيلها كالآتي:

١- أشكال المنحدرات:

من خلال الدراسة الميدانية وتحليل قطاعات المنحدرات بمنطقة الدراسة يمكن تمييز بعض أشكال المنحدرات بالمنطقة، ومن الممكن تقسيمها إلى ما يلي:

أ) منحدرات مستقيمة.

ب) منحدرات مقعرة.

ج) منحدرات محدبة.

د) منحدرات محدبة مقعرة.

وفيما يأتي دراسة لكل منها:

أ) منحدرات مستقيمة:

تظهر تلك المنحدرات على شكل سطح منحدر يتميز ميله بالثبات، وعدم تغيره على طول الامتداد حيث لا يتغير الانحدار بالاتجاه نحو أسفله، بل يظل ثابتًا بشكل عام (Finlayson, et al, 1981, p.150).

وتتواجد المنحدرات المستقيمة في النطاقات العليا من الشعاب الجبلية، وتتميز بشدة الانحدار وقلة أثر المياه الجارية، وتظهر المنحدرات المستقيمة بالمنطقة كأجزاء من قطاعات المنحدرات حيث تظهر على هيئة متتابعة وتظهر –أيضًا– في بعض القطاعات الدنيا بالمنطقة صورة (١).

ب) منحدرات مقعرة:

وتتميز تلك المنحدرات بالشكل المقعر من بعد قمتها حتى التقائها بالسطح حيث يشتد الانحدار نسبيًا عند قمة المنحدر ثم يقل تدريجيًا بالاتجاه نحو الأسفل، ويرجع سبب تكوين هذه المنحدرات نظرًا لنشاط عمليات التعرية المائية، ونتيجة للاحتكاك الكبير للمياه الجارية بأسفل المنحدرات مما يؤدي لظهور جوانب تلك المنحدرات على هيئة مقعرة. صورة(٣).

ج) منحدرات محدبة:

وهى تلك المنحدرات التي تتسم بالشكل المحدب بدءًا من قمتها حتى التقاء المنحدر بالسطح، وتزداد درجة الانحدار كلما اتجهنا نحو الأسفل، ويرجع سبب تكوين هذه المنحدرات إلى دور عوامل النقل المختلفة، بجانب نشاط الانهيارات الصخرية، وتحرك المواد المفككة من الصخور نحو أسفل المنحدرات بفعل الجاذبية الأرضية بجانب تأثير تسرب مياه الأمطار بداخل شقوق وفواصل الصخور والمفتتات الصخرية لتصل للتشبع ثم تتجمع المياه، وتنساب نحو أسفل المنحدر

جارفة المفتتات، وتساهم تلك العملية في تشكيل المنحدرات (الدسوقي، ١٩٨٧، ص ٣١٨) صورة (٢).

د) منحدرات محدبة مقعرة:

وهى تلك المنحدرات التي تتصف باتخاذها أكثر من شكل للانحدار حيث يتكون هذا النمط من تتابع منحدرات من ثلاث وحدات تبدأ من القمة بعنصر محدب ثم قسم الدرجة القصوى في المنتصف ثم عنصر مقعر في الأسفل، وتلك الوحدات ليس لها مسافات أرضية ثابتة، حيث تختلف معدلات التقوس بين العنصرين المحدب والمقعر وعادة تقل درجة انحدار الدرجة القصوى عن ٤٠ °٥(إمبابى، ١٩٧٢، ص ٧٧)، صورة (٤).

صورة (١) منحدر مستقيم جنوب غرب جبل أُحد (تجاه النظر ناحية الجنوب)

صورة (٢) منحدر محدب يقع جنوب جبل أُحد (اتجاه النظر ناحية الغرب)

صورة (٣) منحدر مقعر يقع غرب جبل أُحد (اتجاه النظر ناحية الجنوب)

صورة (٤) منحدر محدب مقعر شرق جبل أُحد (اتجاه النظر ناحية الغرب)

٢- عوامل وعمليات تشكيل منحدرات منطقة الدراسة:

يتضح من تحليل قطاعات المنحدرات، ومن الدراسة الميدانية بمنطقة الدراسة تأثُر المنحدرات بعدة عوامل تؤدي إلى تطورها بمرور الزمن، وترتبط تلك العوامل بالخصائص الجيولوجية، والعوامل والعمليات الجيومورفولوجية التي تتحكم في حركة المواد على منحدرات المنطقة بجانب العوامل البشرية المؤثرة، وفيما يلي دراسة لكل منها وأثره في تشكيل وتطور منحدرات منطقة الدراسة:

أ- البنية الجيولوجية للمنطقة.

ب-الأمطار الفجائية بالمنطقة.

ج- عمليات التجوية المؤثرة.

د- العوامل البشرية بالمنطقة.

وفيما يأتي عرض لكل منها على حده:

أ – البنية الجيولوجية للمنطقة:

تتحكم البنية الجيولوجية بشكل كبير في تشكيل المنحدرات بمنطقة الدراسة نظرًا لاختلاف ميل الطبقات الصخرية، وترتبط المنحدرات المستقيمة بالطبقات الصخرية المائلة ميلاً شديدًا، ويبدو ذلك واضحًا في الحافات، وتوجد علاقة ارتباط طردية بين صلابة الصخور وبين تتابع المنحدرات حيث تتميز الصخور شديدة الصلابة مثل الجرانيت بتطورها البطيء عن باقي الصخور الضعيفة في تشكيل المنحدرات(أبوريه، ٢٠٠٧، ص١٤٠)، وتظهر كثير من منحدرات جبل أحد بشكل شديد الانحدار إلى جرفية. وتنتشر الشقوق والفواصل في صخور المنطقة، وتنشط عليها عوامل التعرية وبخاصة التعرية الهوائية والتعرية المائية، بجانب نشاط عمليات التجوية، وبخاصة التجوية الميكانيكية حيث تُعد الشقوق والفواصل مناطق ضعف، مما يتسبب في تطور الشقوق والفواصل، وزيادة أبعادها، فمثلا صخور الجرانيت في منطقة جنوب جبل أحد تتصف بالفواصل والشقوق العميقة (١: ٩ م)، وينتج عنها

تقسيم الصخور إلى كتل ذات أحجام أصغر صورة (٥) و(٦).

صورة (٥) و(٦) نظم الفواصل والشقوق التي تكتنف المنحدرات الجنوبية لجبل أُحد (اتجاه النظر في الصورتين صوب الشرق)

ب- الأمطار الفجائية بالمنطقة:

تُعد الأمطار الفجائية من أهم العوامل المتسببة في عدم ثبات المنحدرات، مما قد يتسبب في حدوث الإنهيالات الصخرية (Bloom, A. T., 1978,p. 83)، وتبعًا لاختلاف شكل الجريان المائي السطحي سواء كان على هيئة مسيلات مائية هادئة أو على شكل سيول يختلف فعل تلك المياه الجارية من نحت إلى ترسيب، ويحدث ذلك وفقًا لعدة عوامل مهمة منها طبيعة وكمية الجريان السطحي، ومقدار تسرب المياه، وكمية التبخر، وطبيعة انحدار سطح الأرض، وهناك مصدران للمياه الجارية؛ المصدر الأول قديم، ويتمثل في أثر مياه الأمطار التي سقطت على سطح المنطقة في الماضي، والمصدر الثاني حديث، ويتمثل في الأمطار الشديدة التي قد تتعرض لها المنطقة بين الحين والآخر مما يؤدي لحدوث سيول.

وتبرز أهمية المسيلات المائية في تشكيل منحدرات منطقة الدراسة كعامل نحت ونقل للمواد والمفتتات الصخرية من أعلى المنحدرات وإرسابها عند أقدامها، حيث تتسرب مياه الأمطار بداخل الشقوق والفواصل إلي أن تمتلئ ثم تبدأ المياه في التجمع، وتنساب نحو أسفل المنحدرات جارفةً معها المفتتات الصخرية، وتساهم هذه العمليات في تشكيل المنحدرات (الدسوقي، ١٩٨٧م، ص ٣١٨)، ومن الممكن أن يأخذ شكل التدفق المائي السطحي شكل جريان غطائي ينقل كل ما يقابله من رواسب على حسب طاقته ودرجة مِيل المنحدر، وكمية المياه الجارية، ويظهر أثر المَسيلات المائية بشكل واضح في منحدرات جبل أُحد، حيث تشكل المسيلات ما أشبه بقنوات تصريف مقعرة تتسبب في ترسيب ما تحمله عند أسفل المنحدرات.

ج- عمليات التجوية المؤثرة:

وهى العمليات التي تقوم بتحويل كُتل من الصخور الأصلية من حالتها الصلبة المتماسكة إلى حالة مفككة حيث ينتج عنها غطاء من المفتتات والرواسب

حادة الزوايا، وقد تميل تلك المفتتات الصخرية للاستدارة مع مرور الزمن نتيجة لتعرض حوافها الحادة لعمليات التحلل الكيميائي، ويتجدد تأثير عمليات التجوية عندما تقوم عوامل التعرية بإزالة غطاء المواد المُجواه مما يُساعد على كشف سطح جديد كان يقع أسفل تلك الرواسب فتُؤثر عمليات التجوية على هذا السطح المكشوف حديثًا.

ويظهر أثر عمليات التجوية الميكانيكية بالمنطقة كنوع من أنواع التجوية الذي ينتج عنها عمليات تقشر تخلُف نواتج دقيقة الحجم، وتؤدي إلى تخفيض انحدار السطح، ولو بشكل ضئيل، ويقتصر تأثير عمليات التقشر تلك في الغالب على السطح الحُر مما يؤدي لتراجع المكاشف الصخرية بالمنطقة بشكل مستمر، وتفتت الطبقة السطحية للصخور على هيئة قشور متتابعة، ومن الممكن أن ينتُج عن النشاط المستمر لعمليات التجوية الميكانيكية كُتلاً صخرية متباينة الأحجام فقد يكون منها كبير أو متوسط أو صغير الحجم، ويرتبط نشاط عمليات التفكك الكُتلي بمدى تطور الشقوق والفواصل بصخور المنطقة، والتي قد تُخلِّف وراءها كُتلاً صخرية كُبري تبلغ أبعادها بضع أمتار، ومنها ما هو أصغر من ذلك تكون مُجهزة لعملية النقل والتدحرج على المنحدرات إذا تواجدت القوة الكافية بالمنطقة لتحريكها من مكانها الأصلي، أما في حالة عدم تواجد تلك القوة فتظهر تلك الكُتل على هيئة تراكمات صخرية تحد كثيرًا من تطور الأسطح المستقيمة بسبب بطئ التطور الحجمي للكتل الكبيرة، وفي الغالب تظهر تلك التراكمات على المنحدرات هينة الانحدار، ويؤدي تراكم كتل صخرية أصغر إلى عدم وضوح السطح الحر، وعدم وضوح أبعاده نظرا لتغطيته بالرواسب المتراكمة.

د- العوامل البشرية بالمنطقة:

من الممكن أن يؤدي تدخل الإنسان في بعض الأحيان بالتغيير والتعديل في بعض الظاهرات الطبيعية أو بجوارها مثل شق الطرق أو إنشاء مباني بغرض تحقيق فائدة مباشرة لحياته وأنشطته على المدى القريب إلي زيادة حركة المواد الصخرية

على المنحدرات الجبلية، والتسبب في جعلها في حالة غير مستقرة، وزيادة احتمالات الخطورة على الطرق المجاورة بفعل تحركات المواد الصخرية علي المنحدرات الجبلية أو المناطق المجاورة لها، ويظهر ذلك بوضوح من توسع المراكز العمرانية على أطراف المدينة المنورة وصولا إلى الحدود الجنوبية لجبل أحد، ومحاولات السكان لاقتطاع أجزاء من منحدرات جبل أحد مما قد يؤدي إلى خطورة على هذه المنشآت علي المدى البعيد، وقد امتد العمران الخاص بالمدينة المنورة داخل بطون الشعاب الجبلية مما يمثل خطورة أخري، ويظهر ذلك بوضوح على الأطراف الجنوبية لجبة أُحد نظرًا لمواجهتها للمدينة المنورة. شكل (١٥).

ويتضح من دراسة المنحدرات أن غالبيتها بلغ درجة الاتزان في أكثر أجزائه، وبخاصة في ظل الجفاف السائد في أراضي شبه الجزيرة العربية حاليًا، ولكن يتضح أن تدخل الإنسان بأنشطته سواء بالحفر، أو بالتكسير، أو بالتفجير، أو بالبناء بجانب الظروف غير المعتادة مثل السقوط المفاجئ للأمطار في مدة زمنية ضئيلة مما قد يتسبب في الإخلال باتزان منحدرات المنطقة، واستقرارها، ويؤدي إلى حدوث حركة للمواد الصخرية عليها، وتتمثل مظاهر تدخل الإنسان العُمراني في بناء المنشآت، وتوسيع مؤسسات عند أطراف المنحدرات الجنوبية لجبل أُحد، وعمل الإنسان على تقطيعها، بجانب وجود بعض المنحدرات الصناعية سُلمية الشكل التي يصل ارتفاع الواحد منها لأكثر من ٣٠ متر مما يتسبب في عدم استقرار المنحدرات، والتي سبق أن بلغت حالة الاستقرار من آلاف السنين، ويؤدي لاحتياج بعض منحدرات جبل أُحد إلي زمن طويل لكي تعود إلى مرحلة الاتزان السابقة، وبخاصة في ظل الجفاف السائد حاليًا. شكل (١٦).

تؤثر الطرق المجاورة لجبل أُحد علي منحدراته، وبخاصة التي تتصف بالانحدارات الشديدة، ويترتب علي عملية شق الطرق تدخل في مورفولوجية المنطقة

بجانب ما قد ينجم عن حركة المركبات المختلفة على تلك الطرق، وحدوث اهتزازات متباينة في القوة على حسب زيادة حمولة المركبات، وزيادة سرعتها مما يؤثر علي استقرار الصخور على تلك المنحدرات، وقد تتعرض لعمليات انهيار صخري بدرجات متفاوتة، وقد يؤدي لحدوث أضرار بالطرق والمباني، وكثيرًا ما ينتج عن الانهيارات الصخرية خسائر في الأرواح، وبخاصة التي تحدث في المناطق المجاورة للعمران (محسوب، ٢٠٠٢، ص١٠٩) كما يظهر في صورة (٧).

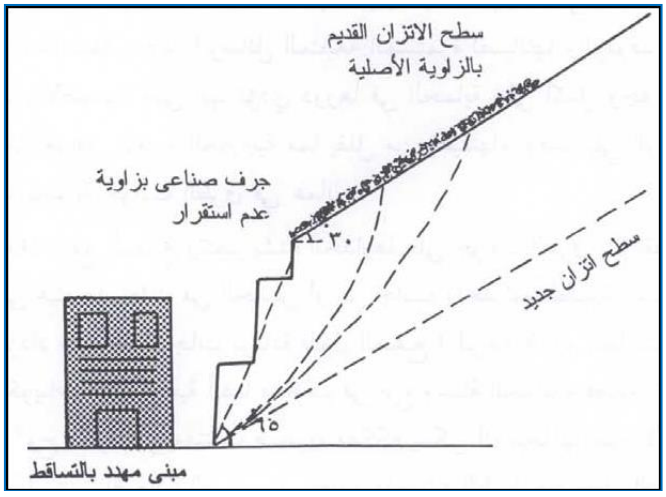
نتيجة لتقدم العمران ناحية شمال المدينة المنورة باتجاه جبل أُحد مما أدى لإحاطة جبل أحد بالطرق من جميع الجهات، حيث يحده من ناحية الجنوب الطريق الدائري الثاني، ويحده طريق العيون من ناحية الغرب، ومن ناحية الشرق طريق المطار، ومن ناحية الشمال طريق غير المسلمين (أو ما يُسمي بطريق الجامعات). الصورتين (٨) و(٩)، وقد تم قياس معامل الاستقرار أو الأمان على منحدرات منطقة الدراسة، وتحديد مدي الخطورة التي من الممكن أن تتعرض لها تلك المناطق، وقياس سرعة تحرك المواد على المنحدرات كما يلي:

- **معامل الاستقرار على المنحدرات:**

من الممكن أن تتأثر المنحدرات المعرضة لحركة المواد بقوتين هما: القوة الأولي: وتُسمي القوة المحفزة (Driving Force)، وهى التي تؤدي إلى تحرك المواد الصخرية باتجاه أسفل المنحدرات، أما القوة الثانية: وهي القوة المقاومة (Resisting Force) التي قد تعارض القوى المحفزة لمنع حدوث حركة للمواد علي المنحدرات، واذا تغلبت علي معامل وزن المواد المتحركة تتحول إلي قوة جانبية (تماسك داخلي Internal Cohesion، احتكاك Friction) ويوضح الجدول (١٠) معامل الاحتكاك بين أنواع الصخور.

المصدر: ttps://www.google.com/maps/@24.5228933,39.628336,5987m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?entry=ttu

شكل (١٥) الطرق المحيطة بجبل أحد والتوغل العمراني



المصدر :(على، ٢٠٠٠م، ص٥١).

شكل (١٦) قطاع عرضي يُوضح عدم استقرار منحدرات بفعل تكوين الجروف الاصطناعية

صورة (٧) كتل صخرية كبيرة الحجم تُغطى أسفل منحدر بالجانب الغربي لجبل أُحد
(اتجاه النظر صوب الشمال الشرقي)

صورة (٨) طريق العيون يمر غرب جبل أحد وتظهر المنحدرات الغربية للجبل
(اتجاه النظر ناحية الشمال الغربي)

صورة (٩) الطريق الدائري الثاني يمر جنوب جبل أحد
(اتجاه النظر ناحية الشمال الشرقي)

جدول (١٠) معامل الاحتكاك والتماسك لبعض أنواع الصخر

الصخر	حجر رملي	مدمل + حجر جيري	طين صفائحي جيري	طين صفائحي + رمل + حجر جيري	بيجماتيت	طين صفائحي	رمل + حجر جيري	حجر جيري	رمل + طين	رمل + حجر جيري	رمل + طين	رمل + حجر جيري	خليط من الرمال والحصى والطين
درجة الاحتكاك	20	24	19	21	33	25	38	34	31	38	37	34	33
التماسك Kpa بوند/بوصة	11.58	–	4.4	5.79	–	23	–	–	–	–	–	–	–
التماسك كيلو نيوتن/سم2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	--	–	5:2	7.5:1	5:1.5

المصدر : بتصريف من الباحث عن25-24 .Shimelies, A., 2009, p

ثبات المنحدرات يعتمد على قيمة معامل الأمان (SF) للمنحدر، وهو عبارة عن النسبة ما بين القوي المحفزة (DF) من ناحية، والقوي المقاومة (RF) من ناحية أخرى، ويتم حساب معامل الأمان بعدد من المعادلات منها:

معامل الأمان= ظل زاوية الاحتكاك الداخلي / ظل زاوية انحدار المنحدر*

Yingbin, Z., et.al, 2012, p.21

*** وإذا بلغت قيمة معامل الأمان نحو أقل من (١) فيصنف المنحدر أنه غير مستقر، أما إذا انحصرت القيمة ما بين رقمى (١: ١,٢٥) فيصنف المنحدر أنه شبه مستقر، أما إذا كانت قيمة معامل الأمان ما بين رقمى (١,٢٥ : ١,٥٠) فيصنف المنحدر أنه متوسط، وإذا كانت قيمة المنحدر نحو (١,٥) فيصنف منحدر مستقر.**

ومن الجدول (١١) يتضح أن نتائج معامل الأمان بالمنطقة علي طول القطاعات المدروسة ميدانيا حيث يوضح عدم استقرار أغلب هذه القطاعات قد أمكن تقسيمها إلى الآتي:

قطاعات بعيدة عن الاستقرار:

وشملت القطاعات التي سجلت قيمة معامل الأمان لها أقل من ٠,٥٠، وهي قطاعات أرقام (١،٢،٧،٥،٩،٨)، وتتسم هذه القطاعات بارتفاع متوسط درجة الانحدار لها، وتظهر تلك المنحدرات شبه رأسية خالية من الرواسب.

قطاعات غير مستقرة:

وشملت القطاعات التي سجلت قيمة معامل الأمان لها من ١,٠ إلي ٠,٥٠، وتمثل غالبية القطاعات المدروسة بالمنطقة، وبخاصة داخل المسيلات الجبلية المتداخلة مع جبل أُحد، وتتصف بانتشار الفواصل والشقوق.

جدول (١١) معامل الأمان وسرعة حركة المواد بمنطقة الدراسة

رقم القطاع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
معامل الأمان	0.48	0.48	0.83	0.7	0.44	0.6	0.48	0.42	0.45	0.7
سرعة حركة المواد	37.3	35.1	37.5	32.6	52.1	44.4	51.4	33.2	39.8	39.7
رقم القطاع	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
معامل الأمان	0.82	0.9	1.0	1.1	1.0	1.0	0.85	0.73	1.0	1.0
سرعة حركة المواد	24.1	25.8	21.8	25.7	26.1	21.8	32.9	39.3	21.6	22.1

المصدر: اعتمادًا على تطبيق معادلة سرعة حركة المواد ومعامل الأمان بالقطاعات الميدانية بالمنطقة.

قطاعات شبه مستقرة:

حيث شملت القطاعات التي سجل معامل الأمان لها قيمة أكبر من ١,٠، وهي القطاعات أرقام (١٩،٢٠،١٥،١٦،١٣،١٤)، ويعود السبب في زيادة قيمة معامل الأمان لها في تراجع المنحدرات باتجاه منابع المسيلات الجبلية العليا، بجانب

الانخفاض الواضح لمتوسط الانحدار العام لهذه القطاعات كما يلاحظ تواجد هذه المنحدرات في الجانب الشرقي لجبل أُحد.

- **أنواع حركة المواد:**

بعد دراسة العوامل المُتحكمة في حركة المواد على المنحدرات، ودراسة معامل الأمان لها يتضح تركز حركة المواد السريعة بالمنطقة علي المناطق الغربية والجنوبية من جبل أحد، وتتمثل الحركة علي تلك المنحدرات في الانهيارات الصخرية، والانزلاقات، والسقوط الصخري، وفيما يأتي عرض لأشكال حركة المواد على منحدرات جبل أُحد، ويقصد بالحركة السريعة هى الحركات التي تحدث فجأة وبسرعة حيث تمثل خطورة على المنشآت المُجاورة أو من يمر بجانب هذه المنحدرات في حال وقوع حركة عليها.

- **السقوط الصخري:**

وتحدث تلك الحركات في الغالب فوق المنحدرات الخالية من الرواسب التي تتميز بشدة الانحدار بحيث تسقط الكتل الصخرية كبيرة الحجم من أعلى المنحدر بفعل الجاذبية الأرضية دون أن تتعرض للتدحرج على سطح المنحدر لذلك تتعرض تلك الكتل الصخرية في الغالب للكسر بسبب شدة اصطدامها بالأرض، مما يؤدي لحدوث تراجع ظاهري للواجهات الصخرية البارزة بسبب السقوط الصخري، ومن العوامل المتحكمة في حجم الكتل الساقطة هي مدى كثافة أنظمة الفواصل والشقوق التي تجتاح تلك المنحدرات، والتي تختلف من مكان لآخر.

- **الانزلاقات الأرضية:**

وتعرف الانزلاقات الأرضية بكونها حركة المواد المُفككة باتجاه أسفل المنحدرات على طول أسطح الفواصل المقوسة أو الفواصل المستقيمة، وتتميز تلك الحركات بكونها حركات سريعة ومنتظمة من القمة إلى القاعدة، وهذه الكتل

الصخرية المنزلقة قد تكون كتل مفردة أو متتابعة (الدسوقى، ١٩٨٧، ص ٣٤٩)، ومن أهم العوامل التي تتسبب في حدوث الانزلاقات الأرضية هو محتوي الصخر من الماء حيث يقلل من مقاومة الصخر للحركة باتجاه أسفل المنحدرات، وقد تم رصد حالات انزلاق صخرية على المنحدرات الشرقية والغربية والجنوبية من منحدرات جبل أحد، كما يظهر من الصورة (١٠)، والصورة (١١).

ومن العوامل الحديثة التي قد تتسبب في حدوث حركات سريعة على منحدرات المنطقة هي الأنشطة البشرية، وتتمثل في انشاء الطرق التي تُحيط بجبل أحد وما ينتج عن الحركة الدائمة على تلك الطرق مثل: الطريق الدائرى الثاني الذي يقع جنوب جبل أحد حيث يتميز بالحركة الدائمة عليه ليلا ونهارًا مما يؤدي لاهتزازات مستمرة، ومن العوامل أيضًا عملية الترطيب التي تحدث بفعل سقوط أمطار غزيرة بعد سنوات جافة طويلة، بجانب الأنشطة البشرية التي تجاور جبل أُحد مثل وجود مركز توزيع أنابيب الغاز وخدماتها المتواجد أسفل المنحدرات الجنوبية الغربية لجبل أُحد، والذي يؤدي بالتأكيد لحدوث اهتزازات قوية في هذا المكان نظرا لحركة المركبات الضخمة المحملة بأنابيب الغاز، وما يُماثلها من أنشطة مما يمثل خطورة كبيرة عند حدوث انفجار أو اهتزاز كبير مما قد ينتج عنه مضاعفة المخاطر بتواجدها في هذا المكان غير المناسب. صورة (١٢).

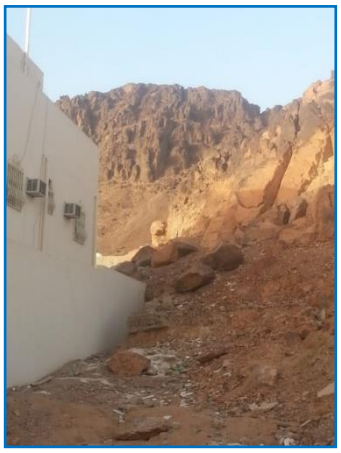
- **سرعة حركة المواد على منحدرات منطقة الدراسة:**

قد تم حساب سرعة حركة المواد على منحدرات منطقة الدراسة وذلك بإيجاد العلاقة بين الجاذبية وبين الارتفاع الفعلي للسطح المكشوف وذلك باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{سرعة الحركة م/ثانية} = \sqrt{٢ \times \text{ارتفاع السطح المكشوف} \times \text{الجاذبية الأرضية}}$$

Kirkby, M., and Statham, I., 1975, p. 351-353

وقد تم تطبيق المعادلة السابقة على القطاعات الميدانية بالمنطقة، ويلاحظ أن سرعة المواد علي منحدرات منطقة الدراسة تراوحت بين نحو ٥٢.١ م/ثانية بالقطاع رقم (٥)، والذي يمثل الحافة الجنوبية لجبل أُحد، و٢١.٦ م/ ثانية للقطاع رقم (١٩)، والذي يتواجد بالجانب الشرقي لجبل أُحد جدول (١١)، وقد لوحظ أن القطاعات الأكثر أمانا بالمنطقة هي أقل قطاعات المنحدرات من حيث سرعة حركة المواد عليها، وتتباين الحركة على المنحدر علي حسب اختلاف زاوية الميل حيث كلما زادت قيمة زاوية الميل زادت حركة المفتتات سواء الزحف البطئ في حالة الانحدار الهين إلى القفز في حالة انحدار السطح المتوسط إلى السقوط في حالة منحدر شديد الميل، ويعكس معدل حركة المواد الصخرية درجة الخطورة التي قد تتعرض لها المنحدرات الجنوبية الغربية والجنوبية بجبل أحد، ويجعل من الأجزاء البارزة في المنحدرات عرضة للتساقط الصخري، وبخاصة في حالة كثافة الفواصل والشقوق بجانب الاهتزازات الناتجة على حركة المركبات.



صورة (١٠) وصورة (١١) انزلاق كتل صخرية من المنحدرات الغربية لجبل أُحد (اتجاه النظر ناحية الشرق)

صورة (١٢) مركز أُحد لتوزيع الغاز المتواجد أسفل المنحدرات الجنوبية الغربية لجبل أُحد (اتجاه النظر ناحية الشمال الشرقي)

النتائج:

خلُصت الدراسة لمجموعة من النتائج ومنها:

- تم دراسة الخصائص التضاريسية للمنطقة، واتضح منها تميز جبل أُحُد بالامتداد الطولي الشكلي من الجنوب الشرقي باتجاه الشمال الغربي، وقلة عرضه، وبخاصة عند الطرفين، ويبلغ أقصي طول لمنطقة الدراسة نحو ٧,٠٣٤ كم، ويبلغ أقصى عرض لها نحو ٤,٣ كم بمتوسط عرض قد بلغ ٢,٧ كم، وبلغت مساحة الجبل نحو ١٧,٧ كم مربع، وبلغ محيط جبل أحد نحو ٢٤ كم.
- من دراسة الخصائص المُناخية لمنطقة الدراسة يتضح وجود علاقة بين عناصر المُناخ من ناحية، وما تتعرض له المنطقة من تطورات من ناحية أخرى لذلك تم دراسة عناصر درجة الحرارة والأمطار والرطوبة النسبية والرياح والتبخر.
- تم دراسة وتحليل القطاعات الميدانية لمنحدرات المنطقة، وذلك بهدف تحليل الخصائص المورفومترية للمنحدرات، وذلك لإدراك مراحل التطور التي مرت بها عبر السنوات السابقة، وقد سجلت نسبة القطاعات التي تتصف بالشكل المقعر نحو ٦٥ ٪ من عدد قطاعات المنحدرات بمنطقة الدراسة، ويتميز نحو ٢٥٪ من جملة عدد القطاعات في المنطقة بالشكل المحدب، ونسبة القطاعات المحدبة إلى

المقعرة نحو ١: ٢,٦ قطاعًا، وقد سجلت القطاعات التي تميل في الشكل إلى الشكل المحدب/ المقعر (المستقيمة) نسبة تبلغ نحو ١٠٪ فقط من إجمالي عدد قطاعات المنحدرات بالمنطقة.

- تم تحليل زوايا الانحدار بمنحدرات منطقة الدراسة بهدف التعرف على الخصائص المورفومترية للمُنحدرات حيث تُمثل الانحدارات شديدة الانحدار نسبة غالبة بلغت ٢٧.٣٤٪ من إجمالي طول المنحدرات بالمنطقة، واتضح ذلك من خلال الدراسة الميدانية لمنحدرات منطقة الدراسة، مما يشير بوضوح لبطئ تقدم المنطقة بمراحلها الجيومورفولوجية.
- يتضح من نتائج معامل الأمان علي منحدرات منطقة الدراسة عدم استقرار المنحدرات، وبالتالي تعرضها المباشر للاهتزازات بسبب الطرق المجاورة مما يؤدي لامكانية حركة المواد عليها، ويتضح من حساب سرعة حركة المواد على المنحدرات تميزها بالسرعة العالية التي تتراوح بين (٥٢.١ : ٢١.٦)م/ثانية، ويشير ذلك إلي خطورتها على الطرق التي تحدها، وبخاصة عند سفوح الحافة الجنوبية والغربية .
- تم تحليل زوايا التقوس بمنحدرات المنطقة، ويُشكل إجمالي المنحدرات المحدبة والمنحدرات المقعرة نحو ٩٣.٩٨٪ من تقوس المنحدرات بالمنطقة.
- تم دراسة أشكال منحدرات منطقة الدراسة وعوامل وعمليات تشكيل تلك المنحدرات مثل: العوامل الجيولوجية بالمنطقة، والعوامل والعمليات الجيومورفولوجية التي تتحكم في حركة المواد على المنحدرات، والعوامل البشرية المؤثرة مثل: انشاء المباني المجاورة للجبل، وحركة المركبات على الطرق التي تُحيط بالجبل.

التوصيات:

انتهت الدراسة بتحديد أهم أنواع الأخطار التي قد تتعرض لها منطقة الدراسة، والمتمثلة في حركة المواد الصخرية سواء علي الطرق التي تحد الجبل أو المنازل المجاورة نظرًا لاقتراب العمران وبخاصة من الجنوب والجنوب الغربي، مما يؤدي إلى إغلاق الطرق، أو حدوث خسائر في الممتلكات، أو وقوع خسائر في الأرواح – لا قدر الله – ولهذا نعرض بعض التوصيات لزيادة الأمان بالمنطقة، والحد من تلك الأخطار كما يلي:

- النقل المستمر للرواسب المفككة غير الثابتة من على أسطح المنحدرات، وذلك للوصول إلى زاوية استقرار للمنحدرات، وتلك الطريقة مجدية اقتصاديًا بدرجة كبيرة عندما يكون حجم تلك الرواسب يبلغ أقل من ٢ مليون متر مكعب (محسوب، ١٩٩٨، ص١٥٠).
- ضرورة إضافة بعض المواد المثبتة لمنحدرات منطقة الدراسة مثل المواد الأسمنتية أو الكلسية بحيث تُرش سائلة على المنحدرات، وذلك لتثبيت المنحدر حتى تُمثل طبقة لكي تعيق عوامل التعرية عن ممارسة تأثيرها على أسطح تلك المنحدرات.
- إنشاء دعامات خرسانية عند أسافل المنحدرات لتخفيف أثر الذبذبات الناتجة عن حركة المركبات على الطرق المجاورة للمنطقة، وبخاصة بالمنحدرات الجنوبية والغربية.
- تثبيت شِباك حديدية لمنع حركة المواد الصخرية علي منحدرات منطقة الدراسة، وبخاصة المنحدرات شديدة الانحدار البعيدة عن الاستقرار، وذلك لمنع انفصال أجزائها الصخرية، واستخدام الألياف الصناعية بجانب الخوازيق لتثبيت المنحدرات (محسوب، ١٩٩٨، ص١٥٠)، وتجزئة المنحدر علي هيئة مدرجات سُلمية صخرية لإعاقة حركة الرواسب الصخرية على المنحدرات.

المراجع العربية

١- أبورية، أحمد محمد أحمد، ٢٠٠٧م: المنطقة الممتدة فيما بين القصير ومرسى أم غيج، دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب – جامعة الإسكندرية .

٢- الدسوقي، صابر أمين، ١٩٨٧م: دراسة مقارنة لسفوح بعض أشكال السطح في مصر، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

٣- الدسوقي، صابر أمين، ١٩٩١م: أساليب دراسة السفوح، الفصل السادس من كتاب وسائل التحليل الجيومورفولوجي، القاهرة.

٤- الدليمي، خلف حسين، ٢٠٠٥م: التضاريس الأرضية دراسة جيومورفولوجية عملية تطبيقية، دار الصفا للنشر والتوزيع، عَمان، الأردن.

٥- الدوعان، إبراهيم محمد، ١٩٩٩م: الأودية الداخلة إلي منطقة الحرم بالمدينة المنورة، الجمعية الجغرافية السعودية، العدد٣٨، الرياض.

٦- الساعدى، محمد حميد،٢٠١٣م: قياس عناصر المناخ بالطرق غير المباشرة، قسم الجغرافيا، كلية التربية والعلوم الإنسانية، جامعة بابل، العراق.

٧- الصباغ، عبد الحميد إبراهيم، ٢٠١٩م: أثر الوظيفتان الدينية والسياحية على خريطة استخدام الأرض بالمدينة المنورة، مجلة الدراسات الإنسانية والأدبية، جامعة كفر الشيخ، المجلد ٢٠، العدد ١، الصفحة 111- 134.

٨- العوضى، حمدينه عبد القادر، ٢٠٠٢م: أحواض التصريف بحوض المدينة المنورة بالمملكة العربية السعودية–دراسة جيومورفولوجية، مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.

٩- الكليب، عبد الملك، بدون تاريخ: العوامل المؤثرة في مناخ الكويت، الأرصاد الجوية، إدارة الطيران المدني، الكويت.

١٠- الهلال، محمد الأحمد، بدون تاريخ: تقرير عن جيولوجية المدينة المنورة- ضمن حدود النطاق العمراني، هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الجيولوجيا.

١١- امبابى، نبيل سيد، ١٩٧٢م : أشكال السفوح، المجلة الجغرافية العربية، عدد ٥، القاهرة.

١٢- بريك، نهى محمد أحمد، ٢٠١٢م: أشكال المنحدرات واستخداماتها في جبل فيفاء بمنطقة جازان، رسالة علمية غير منشورة مكملة للماجستير، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.

١٣- تراب، محمد مجدي، ٢٠٠٥م: أشكال سطح الأرض، منشأة المعارف، الإسكندرية.

١٤- جودة، جودة حسنين، وآخرون، ١٩٩١م: وسائل التحليل الجيومورفولوجى، الطبعة الأولى، القاهرة.

١٥- سلامه، حسن رمضان،١٩٨٣م: مظاهر الضعف الصخري وآثاره الجيومورفولوجية، الجمعية الجغرافية الكويتية، الكويت، العدد٧٥.

١٦- س هلاسى، ١٩٦٣م: الطاقة الشمسية: سلاح المستقبل، ترجمة نجاح شمعة قدورة، مراجعة أحمد عزت طه، دار الشرق العربي، بيروت.

١٧-طلبه، شحاته سيد أحمد، ٢٠٠٢م: مناخ المدينة المنورة وآثاره الاقتصادية- دراسة علمية محكمة، كلية التربية، جامعة الملك عبد العزيز، من مطبوعات نادي المدينة المنورة الأدبي، المدينة المنورة.

١٨-على، أحمد عبد السلام، ٢٠٠٠م: بعض الأخطار الطبيعية علي الطرق البرية في شمال سلطنة عمان: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، قسم الجغرافيا جامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، الكويت.

١٩- علي، متولي عبد الصمد، ٢٠٠٦م: جبل أحد بالمدينة المنورة: دراسة جيوموفولوجية، أبحاث الندوة التاسعة لأقسام الجغرافيا بجامعات المملكة العربية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض.

٢٠- علي، متولي عبد الصمد، ٢٠٠٧م: الميزانية المائية لحوض وادي العقيق بالمدينة المنورة دراسة هيدروجيومورفولوجية، المجلة الجغرافية العربية، العدد الخمسون، الجزء الثاني، القاهرة، ص ص ٩٥-١٥٣.

٢١- كعكي، عبد العزيز عبد الرحمن، ١٩٩٨م: معالم المدينة المنورة بين العمارة والتاريخ، الجزء الأول، المعالم الطبيعية، دار إحياء التراث العربي، بيروت.

٢٢- محسوب، محمد صبري، وأرباب، محمد إبراهيم، ١٩٩٨م: الأخطار والكوارث الطبيعية-الحدث والمواجهة، دار الفكر العربي، القاهرة.

٢٣- محسوب، محمد صبري، ٢٠٠٢م: البيئة الطبيعية خصائصها وتفاعل الإنسان معها، دار الفكر العربي، القاهرة.

٢٤- موسى، على حسن، ١٩٧٦م: الرصد والتنبؤ الجوى، دار دمشق للطباعة والنشر، دمشق.

٢٥- سلام، وائل، ٢٠١٩م: السيول في منطقة العريش بشبه جزيرة سيناء دراسة جيومورفولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة المنوفية.

التقارير:

- مصلحة الأرصاد الجوية وحماية البيئة بالمملكة العربية السعودية التقارير السنوية(١٩٧٠-١٩٩٨) م.

المراجع غير العربية

1- Abd EL Rahman, M. A, et al. (1980-1981): Some Geomorphological aspects of Siwa region, BULL. Soc Geog. Egypt Vol 53-54, pp. 17-41.

2- Bloom, A. T., (1978): Geomorphology, A systematic Analysis of Late Cenozoic, Land Forms Printice, Har. Inc., U.S.A.

3- Claude Pellaton, (1981): Geologic Map of the AlMadinah, Sheet 24D, Scale: 1:250,000.

4- Cynthia E. Sellinger(1996): COmputer Program for Estimating Evapotranspiration Using the Thornthwaite Method, Noaa Technical Memorandum Erl Glerl-101, Great Lakes Environmental Research Laboratory Ann Arbor, Michigan.
5- Delfour J., 1982: Geology and Mineralization of Northern Arabian Shield, D.M.M.R., Open File Report, B.R.G.M.02-30.
6- Finlayson, B., and Statham, I., (1981) : Hillslope analysis Butter Worth .
7- Kirkby, M., and Statham, I., 1975: Surface stone movement and scree formation, Jour., Geology, vol., 83, pp. 349-362.
8- Petrović, A.; Kostadinov, S.; Dragićević , S.(2014) The inventory and characterisation of torrential flood phenomenon in Serbia. Pol. J. Environ. Stud.
9- Paulo C. Sentelhas & et al (2008): Water deficit and water surplus maps for Brazil, based on FAO Penman-Monteith potential evapotranspiration, Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 3 n. 3.
10- Shimelies, A., 2009: Slope Stability Analysis Using GIS and Numerical Modeling Techniques, Master study of Physical Land Resources, Vrije University, Brussel.
11- Suresh Kumar and S. P. S. Kushwaha (2013). Modelling soil erosion risk based on RUSLE-3D using GIS in a Shivalik sub-watershed , India.
12- Yingbin, Z., Guangqi C., Jian W., Lu Z., and Xiaoying Z., 2012: Numerical Simulation of Seismic Slope Stability Analysis Based on Tension-Shear Failure Mechanism, Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA Vol. 43 No2.
13- Young, A., 1972: Slopes, Oliver and Boyd, Edinburgh.
14- Young, A.M.A. 1975: Slopes, Longman Group Limited N.y.

Geomorphological Characteristics of The Slopes of Mount Uhud in Medina an Applied Study Using Geographical Information Systems

Dr. Diaa Sabry Abdellatief Esmail

Abstract:

Medina occupies a great place in the heart of the Islamic world, and one of its most important natural and religious landmarks is Mount Uhud. It borders Medina to the north, and Mount Uhud is about 5.5 km away from the Prophet's Mosque, which occupies the middle of the city.

Mount Uhud is one of the natural barriers that hinder the urban expansion of Medina towards the north, in contrast to the other southern, eastern and western sides. Urbanization has clearly creeped towards the mountain recently, which increases the possibility of geomorphological hazards that may occur, such as rockslides or flash floods. Especially in the southern parts of the mountain, whose valleys run towards Medina, which may cause dangers to occur, the extent of their probability of occurrence must be studied, in light of the urban blocs being very close to the margins of the mountain, so that the dangers of their occurrence can be avoided in the future. Therefore, it is important to study the characteristics of the mountain slopes. Using the latest statistical methods.

This research aims to study the geomorphological dangers of the mountain, especially its southern parts, which are its most prominent aspects from a demographic and urban standpoint due to the location of Medina, which enjoys a religious and historical status, to the south of the mountain.

keywords: Geomorphological characteristics, slopes, applied study.