

المخاطر الطبيعية على الطرق البرية في إقليم الجبل الأخضر: دراسة في جغرافيا الأخطار والكوارث الطبيعية

Natural Hazards On the Land Roads in The ALjabal Alkhadar: A Study in The Geography of Natural Hazards and Disasters.

د. محمود سعد إبراهيم. أستاذ الجغرافيا المشارك. كلية الآداب والعلوم. جامعة عمر المختار.

Dr: Mahmoud . S. Ibrahim. Associate Professor of Geography. College of Arts and Sciences. Omar Mukhtar University.

Email: as.mahmod75@gmail.com

تاريخ نشر البحث
2021 / 11 / 7

تاريخ قبول البحث
2021 / 10 / 19

تاريخ استلام البحث
2021 / 9 / 13

الملخص: تتعرض الطرق البرية في إقليم الجبل الأخضر، ومستخدميهما إلى العديد من المخاطر الطبيعية التي تحدث بفعل عوامل طبيعية، أو عوامل طبيعية تسبب الإنسان في تغيير خصائصها تتمثل في خطر حركة المواد على السفوح المجاورة للطرق، ومخاطر السيول التي تحدث في الأودية التي تقطعها الطرق، أو تمتد في بطونها، بالإضافة إلى خطر كثرة تعرجات الطرق؛ لتفادي التضاريس الوعرة، مما يؤدي إلى انخفاض مدي الرؤية، وأخيراً الأخطار الناتجة عن هبوط التربة الذي يتسبب في حدوث تموجات في الطرق، وقد اعتمدت الدراسة على الزيارات الميدانية في المقام الأول التي امتدت على مدى عدة سنوات؛ لتحديد مواقع المخاطر الطبيعية على الطرق البرية، بالإضافة إلى تحليل الصور الفضائية لدراسة مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي وعلاقته بحدوث بعض المخاطر مثل: السيول، وكذلك حساب ارتفاعات سطح الأرض وانحداراتها، وتحديد مواقع المخاطر الطبيعية، وتوقيعها بدقة على الخريطة، ولدراسة خطر تعرجات الطرق تم حساب مؤشر الانعطاف للعديد من الطرق في منطقة الدراسة.

مصطلحات داله: المخاطر الطبيعية، خطر تساقط المواد الصخرية، السيول، تعرجات الطرق، هبوط التربة.

Abstract: There are many natural hazards that occur due to natural factors and that causes also by many human users which resulting the dangers such as; degradations, mass wasting on the slopes in the adjacent to the roads.

Roads crossed by streams' channels, or stretching, in addition to heavy dangers of the many road meanders with poor visions, and finally the danger resulting arising from the landslides with mudflow and soil creeping, which results surface tension and waves along the roads.

The study has based on the felid work over the area land roads. In addition to analyzing stalliate images, the study has also calculating and applied the disasters indicators to study the vegetation cover, floods and slops of the land features. The research has also determined the danger in space and time at the areas road citing map such as; risk of the road meanders, road erosion and it has calculated de tour index of the network roads in the study areas.

KEY WORDS; Natural hazards, Risk of floods, Danger of rocky falling, risk of roads detour, soil creeping and road depressions risk.

المقدمة: تُعرف المخاطر الطبيعية (Natural Hazards) بأنها ظواهر يترتب عليها ظهور مخاطر محتملة على الناس وممتلكاتهم، وقد عرفها مكتب الأمم المتحدة لتخفيف الكوارث الأندرو (UNDRO) عام 1982م بأنها حدوث محتمل لظاهرة ضارة (Damaging Phenomenon) في فترة محدودة من الزمن، وفي منطقة معينة، ومن ثم فإن المخاطر الطبيعية هي حدث فيزيائي يتسبب في حدوث أضرار للإنسان، وما يحيط به من بيئة، ولولا وجود الإنسان أصلاً في منطقة الحدث مهما كانت قوته التدميرية فلن يكون هناك في واقع الأمر أي خطر، أو أية كارثة (Disaster)، فالكارثة هي تلك الأحداث الضارة، أو المفجعة بالنسبة للإنسان، وممتلكاته، ومصالحه (محسوب، 2009م، ص 18). وهناك من يرى بأنها حدث طبيعي يهدد المجتمع، ويحدث في فترة زمنية وجيزة، وفي منطقة، أو مساحة جغرافية محددة، ويكون الإنسان عنصراً في حدوث الحدث، وفي مجال التدمير (التركماني، 2011م، ص 15).

يتصف إقليم الجبل الأخضر ببيئة جبلية وعرة تقطعها العديد من الأودية الكبيرة، ومن ثم تتعدد أنواع المخاطر الطبيعية على الطرق البرية ومستخدميها، وهي تختلف من مكان لآخر، وتتباين في درجة خطورتها وتأثيرها على المناطق التي تتعرض لها تبعاً للعوامل والعمليات التي تحدثها، فبالإضافة إلى تساقط المواد الصخرية، هناك مخاطر السيول المتكررة، وكثرة تعرجات الطرق وانخفاض مدى الرؤية، ثم هبوط التربة الذي يؤدي إلى تشكيل تموجات في الطرق، وهذه المخاطر ناتجة عن عوامل طبيعية، أو عوامل طبيعية أثر الإنسان فيها مما أدى إلى حدوث تغييرات في خصائصها؛ ونظراً للتركز السكاني، والعمراني الكبيرين في الإقليم، وما يتطلبه هذا التركيز، والأنشطة البشرية بين المستوطنات الحضرية من حركة دائمة على الطرق البرية التي يتعرض مستخدميها للعديد من الخسائر البشرية، والمادية المفجعة الناتجة عن المخاطر الطبيعية المتعددة، والمتنوعة في خصائصها ومسبباتها. فكان ذلك من الأسباب الملحة، والدوافع الرئيسية للبحث، ومحاولة الفهم العلمي لطبيعة تلك المخاطر التي تحدث بشكل متكرر؛ لنشر الوعي بين السكان، وتقادي آثارها السلبية.

مشكلة الدراسة: تتعرض الطرق البرية في الجبل الأخضر إلى العديد من الظواهر الطبيعية الخاصة بهذه المنطقة دون غيرها في ليبيا، تتسبب في إلحاق الكثير من الأضرار بالإنسان وممتلكاته، تتمثل في مخاطر تساقط المواد الصخرية، والسيول المتكررة، وكثرة تعرجات الطرق، وهبوط التربة. علماً بأن هناك ارتباطاً موجباً بين الكثافة السكانية، وبين الآثار السلبية لتلك المخاطر، فكلما زادت الكثافة زادت شدة الأضرار في الإنسان ومنشأته؛ ونظراً للأهمية البيئية، والاقتصادية، والسياحية، والاجتماعية الكبيرة التي يحظى بها الجبل الأخضر، وتوجه السكان نحو الزيادة، وعدم الإلمام من جانب الكثير من السكان، وصناع القرار بخصائص المخاطر الطبيعية وأسبابها، فالتوقع حتماً هو المزيد من الخسائر البشرية والمادية، فكانت الحاجة ضرورية لدراسة هذه المشكلة؛ للتعرف على أنواع المخاطر الطبيعية ومسبباتها، وتوزيعها الجغرافي، وآثارها السلبية، ومن ثم اقتراح بعض الوسائل والسبل العلاجية، والوقائية لكيفية مواجهة هذه المخاطر بأسلوب علمي، وعملي لتقليل آثارها إلى أدنى حد ممكن.

- التساؤلات:

تحاول هذه الدراسة الإجابة عن التساؤلات الآتية:

أ_ ما المقصود بالمخاطر الطبيعية؟ وماهي أنواعها، وتوزيعها الجغرافي، وآثارها السلبية على الطرق البرية في إقليم الجبل الأخضر؟

ب_ ما هي الأساليب، والوسائل العلاجية، والوقائية المقترحة لمواجهة المخاطر الطبيعية في منطقة الدراسة؟

أهداف الدراسة: تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على المخاطر الطبيعية على الطرق البرية في إقليم الجبل الأخضر، ومحاولة الفهم العلمي لطبيعة هذه المخاطر من حيث أنواعها، وخصائصها، وتوزيعها المكاني، والمردودات السلبية الناتجة عنها، ومن ثم اقتراح بعض الوسائل التي قد تسهم في زيادة الإمكانيات العلمية، ونشر الوعي بين الناس على كيفية مواجهة تلك المخاطر مما يقلل من آثارها السلبية.

أهمية الدراسة: تتمثل أهمية هذه الدراسة ومبرراتها في النقاط الآتية:

أ_ يتسم الجبل الأخضر بأهمية كبيرة في النواحي البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية، والسياحية، ويُعد مركز ثقل سكاني. إذ يضم العديد من التجمعات السكانية الكبيرة مثل: البيضاء، والمرج، ودرنة، والقبة، وشحات التي شهدت، ومازالت تشهد في الوقت الحالي تطورات سكانية كبيرة، مما يتطلب زيادة في أعداد وسائل النقل، ويجعل السكان يواجهون العديد من المخاطر الطبيعية التي ترتبط بالطرق البرية، خاصة مع بقاء تلك الطرق على حالها دون تطوير، وجهل الناس بخصائص هذه الأخطار وأنواعها، ومن ثم تفاقم آثارها السلبية، فقد لوحظ من خلال مراجعة الدراسات السابقة أن مشكلة المخاطر الطبيعية على الطرق البرية لم تُدرس من قبل.

ب_ أن دراسة المخاطر الطبيعية على الطرق البرية تُعد من الضرورات التي ينبغي التأكيد عليها، بهدف نشر الوعي بين الناس، وتعليمهم على كيفية الاستعداد لمواجهة أية أخطار، أو كوارث محتملة، خاصة الأنواع التي يكثر حدوثها، ففي كثير من الأحيان يتعرض الناس إلى حدوث كارثة من نوع معين وسرعان ما يتناسونها إلى أن تأتي أخرى ربما من النوع نفسه، أو نوع آخر؛ نتيجة تدني مستوى الوعي، بالإضافة إلى ذلك فإن هذه الدراسة قد تكون عاملاً مساعداً لصناع القرار، والمخططين المعنيين بمكافحة المخاطر الطبيعية على الطرق البرية.

منهجية الدراسة:

يمكن تلخيص منهجية الدراسة في الخطوات الآتية:

أ_ المصادر والمراجع:

تتمثل في الكتب، والبحوث العلمية، والتقارير، والإحصائيات ذات العلاقة بموضوع الدراسة مثل: الإحصائيات المناخية الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد الجوية بطرابلس، 2017م.

ب_ الدراسة الميدانية:

تشتمل الدراسة الميدانية على العديد من الزيارات التي امتدت على مدى عدة سنوات، تم خلالها تحديد مواقع المخاطر الطبيعية على الطرق البرية، وتسجيل أنواعها في إقليم الجبل الأخضر التي تتمثل في مخاطر تساقط المواد الصخرية، والسيول، وكثرة تعرجات الطرق، وهبوط التربة، ومن ثم تحديدها بدقة عالية على صورة فضائية، وتوقيعها على الخريطة، لتوضيح توزيعها الجغرافي، بالإضافة إلى المشاهدات الميدانية؛ للتعرف على ما تعانيه طرق المنطقة من الآثار السلبية لتلك المخاطر مثل: تساقط الكتل الصخرية، وانجراف الطرق وتقطعها؛ بفعل السيول، وتحديد مناطق التعرجات الخطرة، وهبوط التربة في بعض الطرق، وتسجيل أهم خصائص تلك المواقع مثل: أنواع الصخور، وانحدارات السفوح، ودرجة استقرارها، ونوع حركة المواد السائدة عليها، ودرجة خطورتها، وحالة الغطاء النباتي، والنقاط الصور الفوتوغرافية التوضيحية، وكذلك إجراء مقابلات شخصية مع بعض المهندسين في وزارة المواصلات للحصول على معلومات عن عقود إنشاء بعض الطرق وصيانتها.

ج_ الأساليب الكمية:

تعتمد الدراسة على تحليل البيانات، والمعلومات باستخدام عدة أساليب إحصائية تشمل ما يأتي:

1_ دليل التعرج (مؤشر الانعطاف) (Detour Index):

يستخدم لقياس تعرج، أو انحناء مسار الطرق، عن طريق تطبيق الصيغة التالية:

دليل التعرج = الطول الفعلي (المتعرج) للطريق الواصل بين نقطتين معلومتين (بالكم) / أقصر مسافة تربط بين نفس النقطتين المعلومتين (الطول الافتراضي المستقيم بالكم) $\times 100$.

إن تعرج مسار الطريق لمسافة محددة تجنباً لبعض العقبات، أو الحواجز الطبيعية مثل: التضاريس المرتفعة التي قد تكون بارزا من سطح الأرض، أو شديدة الانحدار تؤدي إلى كثرة التعرجات في مسارات العديد من الطرق، ومن ثم لا تكفل الأمان لمركبات النقل. فانخفاض قيمة دليل التعرج تعني قلة تعرجات الطريق، والعكس صحيح، فارتفاع قيمة الدليل تشير إلى كثرة الانحناءات. فعندما تكون القيمة تساوي (100%)، فذلك يعني أن الطول الفعلي للطريق يتخذ شكل الخط المستقيم، أما إذا تجاوزت القيمة (100%)، فإن ذلك يعني وجود تعرجات كثيرة في مسار الطريق تقلل من درجة كفاءته (الزوجة، 2000م، ص 85).

2_ مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي (NDVI) (Normalized Difference Vegetation Index):

يعد الغطاء النباتي الطبيعي عاملاً مهماً في تنظيم حركة الجريان السطحي للمياه، وزيادة معدلات الرشح، وحماية التربة من الانجراف المتسارع، ومن ثم تقليل مخاطر السيول على الطرق، بالإضافة إلى التأثير الإيجابي لكثافة الغطاء في الحد من حركة المواد الصخرية، والرواسب في المناطق شديدة الانحدار؛ لذا تم حساب مؤشر الغطاء النباتي الذي يعبر عن كثافة الغطاء النباتي الطبيعي في مواقع المخاطر الطبيعية من صورة فضائية التقطت في شهر أغسطس (8) سنة 2020م لمنطقة الدراسة من نوع لاندسات (Land sat 8)، وبدقة مكانية (30م)، وكانت نسبة تغطية السحب تساوي (صفر)، وقد تم الحصول على هذه الصورة من هيئة المساحة والجيولوجيا الأمريكية (USGS)، وتحليلها باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية أرك ماب (ArcMap V 10.5)، وبرنامج انفي (Envi V.5)، واستخدام المعادلة الآتية:

$$NDVI = (NIR_R) / (NIR + R) .$$

حيث إن:

(NDVI) مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي.

(NIR) تمثل قيمة (Digital Number "DN") في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة.

(R) تمثل قيمة (Digital Number "DN") في نطاق الأشعة تحت الحمراء المرئية.

تتراوح قيمة هذا المؤشر بين القيمتين (+1، و -1)، فكلما زادت كثافة الغطاء النباتي، كلما اقتربت قيمة المؤشر من (+1). أما في حالة ضعف الغطاء النباتي، أو تعرضه للتدهور فإن قيمة المؤشر تقترب من (-1)، (بوحسون، وآخرون، 2010م، ص 36). وبالاعتماد على المؤشر النباتي تم تصنيف الغطاء النباتي في مواقع المخاطر الطبيعية بمنطقة الدراسة إلى ثلاث أصناف هي:

1_ قيمة المؤشر تساوي (0.1_0) غطاء نباتي ضعيف.

2_ قيمة المؤشر تساوي (0.15_0.1) غطاء نباتي متوسط.

3_ قيمة المؤشر تساوي (0.15_0.25) غطاء نباتي جيد.

3_ معادلة النمو السكاني:

تم استخدام هذه المعادلة؛ لمعرفة علاقة تزايد السكان بتطور المستوطنات الحضرية، ووسائل النقل، وذلك وفقاً للصيغة الآتية:

نسبة التغير السكاني = (س ب _ س أ) / ز (س ب + س أ) $\times 2 \times 100$.

حيث إن:

(س أ) = مجمل عدد السكان في التعداد السابق.

(س ب) = مجمل عدد السكان في التعداد اللاحق.

(ز) = الزمن، أو عدد السنوات الفاصلة بين التعدادين (الكيخيا، 2002م، ص302).

د_ تحديد مواقع المخاطر الطبيعية، وحساب ارتفاعاتها ودرجات انحداراتها:

تم تحديد المواقع الفلكية لمناطق المخاطر الطبيعية في منطقة الدراسة بعد زيارتها ميدانياً على صورة فضائية تم الحصول عليها من برنامج قوقل أرث (Google Earth)، سنة 2021م، ومن ثم توزيعها مكانياً على خريطة باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية أرك ماب (ArcMap V 10.5)، بالإضافة إلى حساب ارتفاعات المواقع، وانحداراتها من صورة فضائية نوع (Dem)، سنة 2016م.

منطقة الدراسة:

أولاً: الموقع:

يقع إقليم الجبل الأخضر في شمال شرق ليبيا، بين خطي طول (30°20' و 00°23') شرقاً، ودائرتي عرض (00°32' و 56°32') شمالاً. ويمتد جغرافياً من ساحل البحر المتوسط شمالاً إلى جنوب بلدات: الخروبة، والمخيلي، والعزيات جنوباً عند نهاية المنحدر الجنوبي للجبل الأخضر، وبين مدينة الأبيار غرباً، وخليج البمبه شرقاً، شكل (1).

ثانياً: التكوينات الجيولوجية:

تتألف صخور الجبل الأخضر من عدة تكوينات جيولوجية ترجع إلى أواخر الزمن الجيولوجي الثاني، والزمنين الثالث والرابع، وهي بشكل عام تتكون من صخور جييرية مثل: الحجر الجيري الدولوميتي، بالإضافة إلى طبقات من الرمل، والطمي، والحصى، والرواسب الكلسية، والكالكارينيات (Calcarenite) (كثبان رملية متماسكة)، ويمكن تقسيم التتابع الطبقي للتكوينات الجيولوجية بالمنطقة من الأقدم إلى الأحدث، كما هي موضحة في الجدول (1).

ثالثاً: الشكل العام للسطح:

يمتد الجبل الأخضر على شكل هضبة عظيمة الاتساع مموجة السطح يبلغ أقصى ارتفاعها عند قمة الحمري حوالي (880 متراً فوق مستوى سطح البحر). ومن الشكل (2) يتضح أن أرض الهضبة تتحدر نحو الشمال انحداراً فجائياً على شكل حافات، ومصاطب (مدرجات) متتابعة تُشرف على البحر بحواف شديدة الانحدار يظهر منها بشكل واضح مصطبتين وحافتين يفصلهما عن ساحل البحر المتوسط شريط ضيق يختفي تماماً في مواضع كثيرة، وتقطعها مجموعة من الأودية التي تصب في البحر مثل: أودية الباكور، والكوف، والبطوم، والناقعة، وأبو مسافر، وأبو الضحاك، ووادي درنة، في حين تتحدر الهضبة انحداراً تدريجياً هيناً نحو الجنوب، ويغلب على سطحها المظهر التلالي، وتقطعها العديد من الأودية التي تنتهي مصباتها في أرض البلايا (البلط) مثل: أودية الرملة، وخريف، وبالعطر، أو تتجه شرقاً وتنتهي مصباتها في البحر مثل: أودية المعلق، والدواي، والحنوي.

إن تضاريس الجبل الأخضر تؤثر بشكل واضح على تخطيط الطرق من حيث اتجاهاتها، وانحداراتها، وأساليب إنشائها. فالطرق تمتد بمحاذاة الجبال، أو تقطعها في كثير من الأحيان لتربط المناطق الساحلية بالمناطق الداخلية مثل: الطريق الواصل بين رأس الهلال ولملودة، وبين سوسة وشحات، ودرنة والقبة، وتمتد الطرق داخل الأودية الكبيرة، مما يؤدي إلى كثرة تعرجاتها، وانخفاض مدى الرؤية عليها، كما أن ضيق السهل الساحلي أدى إلى إنشاء الطرق تحت أقدام السفوح الجبلية مثل: الطريق الرابط بين درنة، ورأس الهلال، وسوسة، مما يُعرض هذه الطرق، ومستخدميهما إلى كثير من المخاطر الطبيعية التي قد تتعدد أنواعها على الطريق الواحد.

رابعاً: الأحوال المناخية:

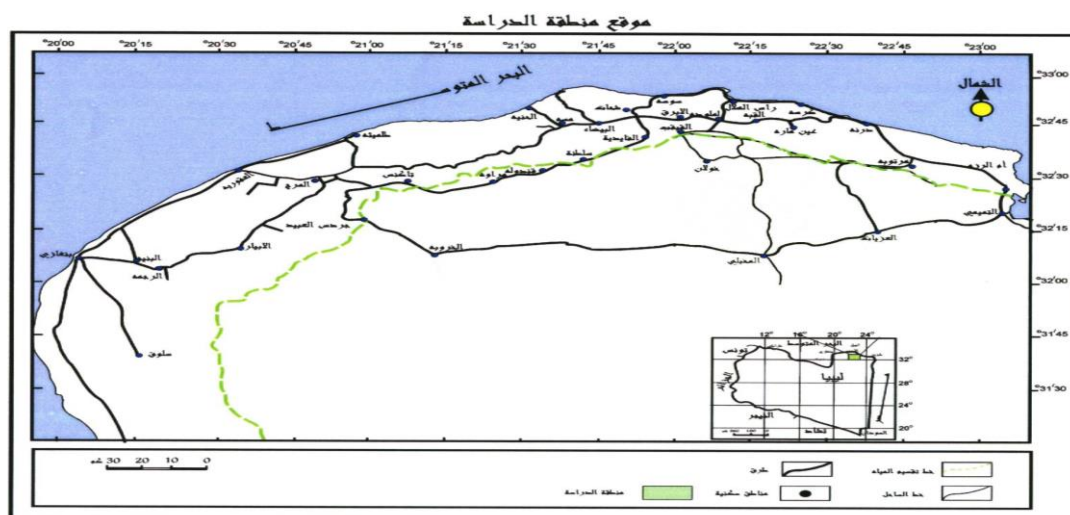
تتسم العناصر المناخية في منطقة الدراسة بالتباين المكاني تبعاً لتباين ارتفاع سطح الأرض، واتجاه الساحل، والبعد عن البحر، وتأثر المنطقة بالمناخ الصحراوي جنوباً، فمن خلال الجدول (2) يلاحظ أن المتوسط السنوي لدرجات الحرارة يصل إلى (20.1م) في كل من بنينا ودرنة، وينخفض في شحات إلى (16.5م)، وترتفع درجة الحرارة تدريجياً بالاتجاه جنوباً،

ويتراوح المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس ما بين (8_8.8 ساعة/ يوم)، ويزداد عدد ساعات سطوع الشمس خلال النصف الدفء من السنة، ويتناقص في فصل الشتاء؛ نتيجة تغطية السحب، أما المتوسط السنوي لسرعة الرياح فإن أعلى سرعة تصل إلى (12.2 عقدة) في درنة، وأقل سرعة تصل إلى (9.0 عقدة) في شحات، وتزداد سرعة الرياح بالاتجاه نحو الجنوب؛ بسبب عدم وجود عائقاً طبيعياً يخفف من سرعتها في تلك المناطق، ويصل أعلى متوسط سنوي للرطوبة النسبية إلى (71.2 %) في درنة، ويصل أقل متوسط سنوي لها في بنينا إلى (65.4 %)، وتتناقص نسبة الرطوبة بالاتجاه جنوباً، ويبلغ أعلى متوسط سنوي للتبخّر حوالي (6.4 ملم) في بنينا، وأقل متوسط (5.0 ملم) في شحات، وتعد أمطار المنطقة من نوع الوابل، أو ما يطلق عليه بالأمطار الإعصارية الفجائية العنيفة التي تتسم بسقوط كميات كبيرة من الأمطار في فترة زمنية قصيرة (إبراهيم، 2006م، ص62).

خامساً: السكان:

تشير الإحصاءات السكانية إلى أن معدلات النمو السكاني في الجبل الأخضر في تزايد مستمر، فعلى سبيل المثال بلغ عدد سكان مدينة البيضاء سنة 1973م حوالي (35967 نسمة)، وتزايد سنة 2006م إلى (91110 نسمة)، بمعدل نمو سكاني بلغ نحو (2.6 %) سنوياً، وفي مدينة المرج بلغ عدد السكان سنة 1973م حوالي (23124 نسمة) زاد سنة 2006م إلى حوالي (58575 نسمة)، بمعدل زيادة سكانية بلغ نحو (2.6 %) سنوياً، وفي مدينة درنة كان عدد السكان سنة 1973م حوالي (31957 نسمة)، وتطور عام 2006م إلى (75344 نسمة) بنسبة زيادة بلغت نحو (2.4 %) سنوياً، وفي مدينة القبة ارتفع عدد السكان ارتفاعاً كبيراً، ففي التعداد الأول بلغ حوالي (4143 نسمة)، ووصل إلى (23875 نسمة) في التعداد الثاني، أي تزايد العدد إلى عدة أضعاف، بنسبة تغير بلغت نحو (4.3 %) سنوياً، أما شحات فقد كان عدد سكانها سنة 1973م حوالي (7672 نسمة)، زاد عددهم سنة 2006م فبلغ حوالي (27010 نسمة)، وبمعدل نمو سنوي قدره نحو (3.4 %)، (نتائج التعداد العام للسكان، عام 1973م، ص 29، 30)، و(النتائج الأولية للتعداد العام للسكان، 2006 م، ص1)، وهكذا بالنسبة للمستوطنات الحضرية الأخرى؛ ويمكن إرجاع السبب في هذه الزيادة السكانية إلى تحسن مستوى المعيشة، وتحسن الخدمات الصحية، مما أدى إلى ارتفاع عدد المواليد، وانخفاض عدد الوفيات خلال هذه الفترة.

الشكل (1)



المصدر: محمود سعد إبراهيم، "التصحر في جنوب الجبل الأخضر: دراسة جغرافية في المظاهر والاسباب"، (رسالة ماجستير - غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قار يونس (بنغازي)، 2006م، ص10.

جدول (1) خصائص التكوينات الجيولوجية في إقليم الجبل الأخضر

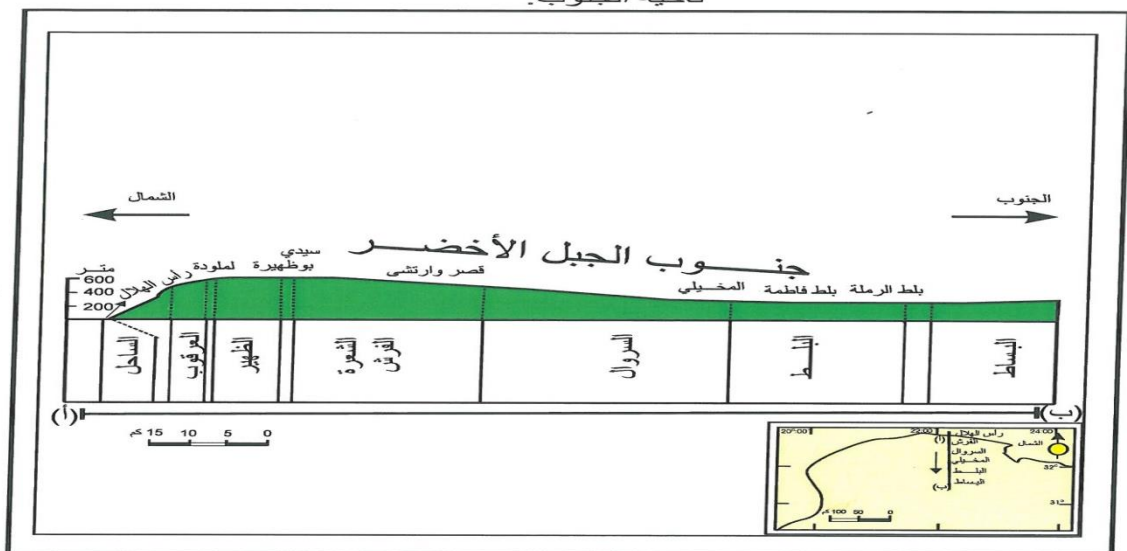
الحقب (الزمن)	اسم التكوين	العمر	المكونات الصخرية	التوزيع المكاني
أواخر الحقب الجيولوجي الثاني (الطباشيري العلوي)	تكوين الهلال	الكونياسي- سينوماني	مارل، وطفل كلسي	ينتشر في الساحل
	الأثرون	ماستريختي - كونياسي	حجر جيرى يحتوي على طبقات رقيقة، وعدسات من الصوان	الساحل
	قصر العبيد	سينوماني	مارل، وطين كلسي	الوسط والجنوب
	البنية	كونياسي- سينوماني	حجر جيرى، وحجر جيرى دولوميتي، ومارل	الوسط والجنوب
	المجاهير	ماستريختي- كامباتي	حجر جيرى، وحجر جيرى دولوميتي إلى دولوميت، وحجر جيرى مارلي، ومارل	الوسط والجنوب
	وادي دخان	ماستريختي	دولوميت إلى حجر جيرى دولوميتي	الوسط والجنوب
الحقب الثالث	العويلية	بالويسيني) لانديني-داني)	طباشير، وحجر جيرى طباشيري، ومارل	الساحل والوسط والجنوب
	أبولونيا (سوسه)	أيوسيني) لوتيتي - ابريزي)	حجر جيرى بيتوميت جزئياً، وحجر جيرى مارلي، وحجر جيرى سيليسي، ودرنات من الصوان	الساحل
	درنة	أيوسيني (بريابوني- لوتيتي)	حجر جيرى، وحجر جيرى نوموليتي	الساحل والوسط والجنوب
	البيضاء	أوليغوسيني سفلي	حجر جيرى، وحجر جيرى يحتوي على حفريات، ومارل يشمل عضو مارل شحات، وعضو الحجر الجيري	الساحل والوسط والجنوب

	الأبرق	أوليغوسيني علوي – أوسط	الطحلي كالكارينايت، وحجر جيرى إلى دولوميت، ومارل	الساحل والوسط والجنوب
	الفائدة	ميوسيني سفلي –أوليغوسيني علوي	حجر جيرى، وحجر جيرى مارلى، وطين كلسى	الساحل والوسط والجنوب
	الرجمة	ميوسيني أوسط		الجنوب الغربي
الحقب الرابع	رواسب نهرية وشاطئية قديمة	البليستوسين	طفل رملى، وغرين، وحصى، وحصى متماسك، وكالكارينايت، رمال الشاطئ، وطين ملحي، ورمل	الساحل والوسط والجنوب

المصدر: أُعد الجدول بناءً على معلومات جُمعت من خريطة ليبيا الجيولوجية مقياس 1: 250.000، لوحة البيضاء ش ذ 34 – 15 ولوحة درنة ش ذ 34 – 16، (طرابلس، 1974 م).

شكل (2)

قطاع تضاريسي من رأس الهلال شمالا الى المخيلي جنوبا يوضح الانحدار التدريجي ناحية الجنوب.



Douglas L.Johnson,Jabal al Akhdar,cyrenaica:
An Historical Geography of Settlement and
Livelihood, (Chicago :University,of Chicago, 1973),pp.3F

المصدر:

جدول (2) المتوسطات الشهرية، والسنوية لبعض العناصر المناخية في منطقة الدراسة خلال الفترة من (1945_2010م)

المتوسط السنوي	فصل الخريف			فصل الصيف			فصل الربيع			فصل الشتاء			التوزيع الفصلي، والشهري لعناصر المناخ	المحطة
	نوفمبر (11)	أكتوبر (10)	سبتمبر (9)	أغسطس (8)	يوليو (7)	يونيو (6)	مايو (5)	أبريل (4)	مارس (3)	فبراير (2)	يناير (1)	ديسمبر (12)		
20.1	18.2	22.6	25.5	26.8	26.2	25.6	22.6	18.9	15.1	13.1	12.7	14.3	درجة الحرارة (م)	بنينا
8.8	7.0	8.5	9.9	11.7	12.2	11.5	10.3	8.8	7.9	6.8	5.8	5.6	عدد ساعات سطوع الشمس	
10.2	9.1	9.4	9.5	10.3	11.0	11.0	11.4	11.7	10.7	9.8	9.3	9.5	سرعة الرياح بالعقدة	
65.4	68.8	64.2	63.2	65.6	64.9	55.6	54.8	58.2	67.0	73.0	76.1	73.9	الرطوبة النسبية (%)	
6.4	5.1	6.7	7.2	6.8	6.9	9.1	9.3	8.3	5.7	4.4	3.5	4.0	التبخّر (بالملم)	
16.5	14.7	18.7	21.7	23.4	23.0	22.1	18.6	14.8	11.5	9.8	9.4	11.1	درجة الحرارة (م)	شحات
8.1	6.2	7.4	9.0	11.0	11.7	11.5	9.9	8.2	6.6	5.8	4.7	5.1	عدد ساعات سطوع الشمس	
9.0	9.9	7.9	6.3	6.4	6.5	7.0	8.3	10.7	11.1	11.4	11.3	11.6	سرعة الرياح بالعقدة	
69.2	73.7	71.3	70.6	69.4	66.6	56.1	57.1	63.6	71.7	74.8	78.5	77.2	الرطوبة النسبية (%)	
5.0	4.2	4.6	4.7	4.7	5.7	7.7	7.7	6.7	4.6	3.5	2.7	3.3	التبخّر (بالملم)	
20.1	19.3	22.8	25.3	26.4	25.6	23.7	20.5	17.9	15.6	14.5	14.2	15.8	درجة الحرارة (م)	درنة
8	6.3	7.6	9.0	10.5	11.0	10.9	9.6	8.0	7.0	6.1	5.1	4.9	عدد ساعات سطوع الشمس	
12.2	11.4	10.0	11.2	13.9	14.3	11.4	10.4	12.0	12.6	13.0	12.7	12.9	سرعة الرياح بالعقدة	
71.2	68.7	70.9	73.3	74.4	74.9	72.5	71.5	68.4	68.6	69.5	71.8	69.5	الرطوبة النسبية (%)	
5.9	6.0	5.9	5.8	6.1	6.4	6.2	5.8	6.2	5.7	5.8	5.2	5.9	التبخّر (بالملم)	
18.3	16.6	20.6	23.8	25.6	25.1	23.3	19.7	16.3	12.7	11.5	11.8	13.2	درجة الحرارة (م)	الفتاح
8.8	7.0	8.5	9.9	11.7	12.3	11.9	10.4	9.1	7.7	6.6	5.7	5.8	عدد ساعات سطوع الشمس	
10.5	9.4	8.9	10.2	12.4	13.0	11.3	10.4	11.3	10.4	10.4	9.3	9.5	سرعة الرياح بالعقدة	
66.7	67.5	67.2	68.1	67.1	64.9	57.8	58.3	60.6	69.2	72.6	74.3	72.9	الرطوبة النسبية (%)	
6.1	5.2	6.1	6.6	7.5	8.5	8.5	7.2	6.4	4.8	4.2	3.7	4.3	التبخّر (بالملم)	

المصدر: أُعد الجدول بناءً على بيانات المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية، إدارة المناخ والتغيرات المناخية، طرابلس، 2017م. ملاحظة: عدد ساعات سطوع الشمس ساعة/يوم، والعقدة = (1.85 كم).

مناقشة النتائج: يمكن حصر المخاطر الطبيعية التي تتعرض لها الطرق البرية، ومستخدميها في إقليم الجبل الأخضر، والموضحة في الشكل (3)، والجدول (3)، فيما يأتي:

أولاً: خطر حركة المواد على السفوح المجاورة للطرق:

تُعد حركة المواد على السفوح من المخاطر الطبيعية الجيومورفولوجية التي تتعرض لها الطرق البرية في الجبل الأخضر، وتتضمن مجمل عمليات نقل المواد الصخرية بأحجمها المختلفة من (كتل صخرية، وجليد، وهشيم، وثراب) بتأثير مجموعة من العوامل يأتي في مقدمتها الجاذبية الأرضية (Gravity) بوصفها عاملاً رئيساً، بالإضافة إلى عوامل أخرى مساعدة تؤدي إلى اضطراب استقرار المنحدرات، مما يتسبب في حركة المواد عليها تشمل: عوامل جيولوجية مثل: نوع الصخور التي تتكون منها السفوح، والحركات التكتونية، وميل الطبقات، والشقوق والفواصل، وعوامل جيومورفولوجية تتمثل في نشاط عمليات التجوية الميكانيكية، والكيميائية، والحيوية، ودرجة انحدار السفوح وطولها، وعوامل مناخية تشمل: التفاوت في درجات الحرارة، وكميات الأمطار التي تؤثر في عمليات التجوية، وعامل كثافة الغطاء النباتي وعلاقته بتماسك المواد وانجرافها، وأخيراً فعل الإنسان الذي يسهم في حركة المواد على السفوح من خلال الأنشطة التي يقوم بها، وتُصنف حركة المواد حسب سرعتها إلى بطيئة مثل: زحف التربة (Soil Creep)، ومعدلة كزحف الهشيم (Tauls Creep)، وشديدة مثل: الانزلاق الصخري (Rock Slide)، وتُصنف حسب نوعية المواد المتحركة مثل: تدفق التربة (Solifluction)، والهشيم الصخري (Tauls Cones)، والتساقط الصخري (Rock Fall)، والدرجة الصخرية (Slumping)، والكتل الصخرية كبيرة الحجم مثل: الانزلاق الأرضي (Land Slide)، (سلامة، 2013م، ص ص 151_156). وتتمثل خصائص المواضع المعرضة لحركة المواد في منطقة الدراسة فيما يلي:

1_ يتضح من خلال تتبع التاريخ الجيولوجي لمنطقة الجبل الأخضر أنها كانت جزءاً من بحر تيثس القديم، وقد تأثرت بعدة حركات تكتونية بدأت من العصر الطباشيري العلوي حتى أواخر الزمن الثالث، ومرت بالعديد من دورات الترسيب، أرسب خلالها عدة تكوينات جيولوجية، تتألف من صخور جيرية تأثر بتتابعها الطبقي وبنيتها بالحركات التكتونية، مما أدى إلى ظهور العديد من الصدوع والشقوق باتجاهات مختلفة (P.Rohlich, 1980, pp 924 f)، ومن ثم فإن الكثير من تلك المواقع تترافق فيها نوعية الصخور الجيرية التي تتكون منها السفوح، مع ميل الطبقات وعلاقتها باتجاه السفوح وشدة انحدارها، ومجاري الأودية التي تقطع الطبقات الصخرية، وكثرة الشقوق والفواصل التي تتسع؛ بفعل زيادة نشاط التجوية بأنواعها المختلفة، مما يؤثر في حجم المواد المنفصلة من الكتل الصخرية وكميتها، وسرعة حركتها، ويؤدي إلى ترايد نشاط عملية تساقط الكتل الصخرية والمفتتات التي تنفصل منها، فعلى سبيل المثال يُعد وادي قرطابلس الذي تسير فيه طريق رأس الهلال لملوده وادي شديد الانحدار متعرج، وضيق في كثير من قطاعاته، وتتحدر حافته نحو القاع بشكل يكاد يكون رأسي، وتكثر فيها الشقوق والفواصل، ومن ثم كثيراً ما تكون جوانبه عرضة لحدوث حركة المواد الأرضية التي تشكل خطراً على الطريق ومستخدميها، خاصة في أعقاب سقوط الأمطار، الصورتين (1، 2). كما أن السهل الساحلي الضيق يختم إنشاء الطرق تحت أقدام السفوح الجبلية مثل: الطريق الذي يصل بين درنة، ورأس الهلال، وسوسة، مما يُعرضها، ومستخدميها إلى خطر تساقط المواد، الصورتين (3، 4).

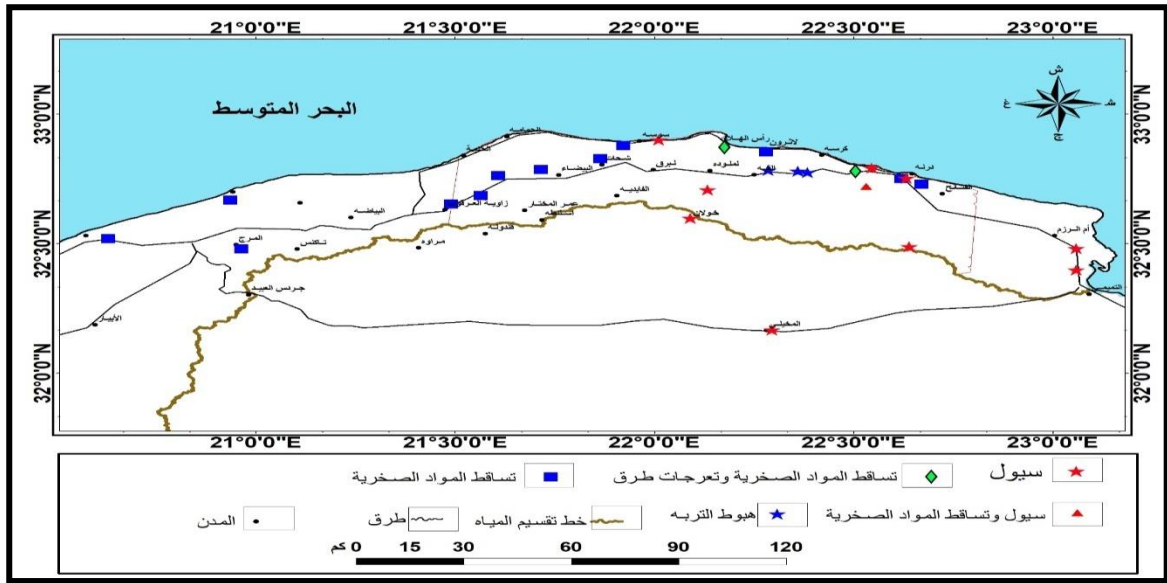
2_ تُعد معرفة خصائص المنحدرات (Slopes) من الأمور المهمة في تخطيط الطرق بالمناطق الجبلية؛ وذلك من أجل تقليص حجم المخاطر الطبيعية الناتجة عنها، وقد صُنفت المنحدرات حسب درجة انحدارها إلى: منحدرات خفيفة تكون درجة الانحدار فيها (أقل من 2°)، ومنحدرات معتدلة تتراوح درجة انحدارها بين (2_5°)، ومنحدرات معتدلة إلى شديدة تتراوح درجة انحدارها بين (5_10°)، ومنحدرات شديدة تتراوح درجة انحدارها بين (18_30°)، ومنحدرات شديدة جداً تتراوح درجة انحدارها بين (30_40°)، ويُصنف نوع الانحدار على أنه جرف إذا كانت درجة الانحدار (أكثر من 45°)، (سلامة، 2013م، ص 141). ومن ثم تُعد درجة انحدار السفح وطوله من العوامل المهمة في حركة المواد على السفوح، فالعلاقة بين درجة انحدار السفح وطوله، وعدم استقرار المواد على السفوح علاقة عكسية، إذ كلما اشتدت درجة انحدار السفح وقل طوله، كان أقل استقراراً، وفي كثير من المواضع التي تمت دراستها يظهر واضحاً تأثير شدة انحدار السفوح وطولها على درجة استقرارها، ففي طريق وادي أبو الضحاك بلغت درجة الانحدار (21.73°)، وبلغ الارتفاع (188م) فوق مستوى سطح البحر، وفي الطريق الذي يصل بين رأس الهلال وملوده وصلت درجة الانحدار إلى (22.60°)، وبلغ الارتفاع (223م)، وتتصف هذه السفوح بقلّة طولها، وكثرة شقوقها وفواصلها الصخرية، وشدة فعل التجوية الميكانيكية، والكيميائية، والحيوية التي تؤدي إلى اتساع الشقوق والفواصل، وتوفير كميات كبيرة من المفتتات الصخرية بأحجمها المختلفة، تتحرك أثناء هطول الأمطار نحو الطرق المجاورة، مما يجعلها ومستخدميها عرضة للخطر.

3_ تمثل الظروف المناخية السائدة في منطقة الدراسة عاملاً مهماً في حدوث حركة المواد على السفوح المجاورة للطرق، وذلك من خلال التفاوت في درجات الحرارة اليومية والفصلية (بين الليل والنهار، والصيف والشتاء)، مما يؤدي إلى زيادة نشاط التجوية، وتفتت الكتل الصخرية وتحركها على السفوح، بالإضافة إلى الأمطار التي تتسم بتعاقب الفترات الرطبة والجافة، وبشدتها وفجائيتها عند سقوطها، مما يتسبب في تكوّن جريان سطحي قوي يعمل على تحريك الصخور، والمفتتات، والتربة على السفوح، كما تؤثر الظروف المناخية في تماسك المواد على السفوح من خلال تأثيرها على كثافة الغطاء النباتي ونوعيته.

4_ يُعد الغطاء النباتي الطبيعي من العوامل التي تعمل على تماسك المواد على السفوح، خاصة التربة، من خلال إعاقه الانجراف المتسارع الذي يتزايد في النشاط مع تناقص كثافة الغطاء النباتي، ومن ثم فإن ضعف الغطاء النباتي الطبيعي، أو إزالته، وتعرية السفوح في كثير من تلك المواقع عن طريق الحرائق المتكررة، والقطع، والتوسع الزراعي على حساب الغطاء النباتي الطبيعي، والرعي الجائر، وتركها دون حماية، تؤدي إلى تعرّض الطرق لمخاطر حركة المواد على السفوح، خاصة عند سقوط الأمطار الغزيرة. فقد تدنت قيمة المؤشر النباتي في موقع الفتاح إلى (0.11)، وفي وادي الناقة إلى (0.12)، والظهر الحمر (0.12)، ووادي الباكور (0.13)، والوسيط (0.13).

5_ يُسهم الإنسان بشكل مباشر في عدم استقرار السفوح المجاورة للطرق، ومن ثم تعرّض موادها للحركة من خلال نشاطاته المتنوعة في تلك البيئات الجبلية مثل: إزالة الغطاء النباتي، وإنشاء المحاجر والكسّارات، وشق الطرق، وحركة السيارات الثقيلة على الطرق المجاورة للسفوح.

شكل (3) التوزيع الجغرافي للمخاطر الطبيعية على الطرق البرية في إقليم الجبل الأخضر



المصدر: أُعد الشكل بناءً على المصادر الآتية:

- 1_ الدراسة الميدانية، 2010 _ 2021م.
- 2_ تم تحديد المواقع من صورة فضائية تم الحصول عليها من برنامج قوغل أرث (Google Earth)، 2021م.

جدول (3) الخصائص المكانية لمواقع المخاطر الطبيعية على الطرق البرية في منطقة الدراسة

اسم الموقع	الموقع الفلكي للموقع		ارتفاع الموقع (بالمتر)	درجة انحدار الموقع	مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي	تصنيف مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي	نوع المخاطر الطبيعية
	خط طول شرقاً	دائرة عرض شمالاً					
وادي المعلق قرب (التميمي)	23° 3' 31.913"	32° 23' 54.407"	11	1.36	0.09	ضعيف	سيول
وادي الحناوي قرب (أم الرزم)	23° 3' 33.389"	32° 28' 54.816"	33	4.06	0.13	ضعيف	سيول
وادي المعلق (المسلفون)	22° 38' 21.060"	32° 29' 20.916"	306	0.38	0.10	ضعيف	سيول
الفتائح (درنة)	22° 40' 11.639"	32° 43' 52.765"	246	1.51	0.11	ضعيف	تساقط مواد صخرية وتعرجات الطرق
وادي أبو مسافر (درنة)	22° 32' 45.558"	32° 47' 33.379"	16	2.03	0.07	ضعيف	سيول
وادي الناقة (درنة)	22° 30' 16.808"	32° 46' 48.848"	283	14.07	0.12	ضعيف	تساقط مواد صخرية وتعرجات وسيول
وادي البطوم (سوسة)	22° 0' 36.298"	32° 54' 3.444"	17	7.92	0.11	ضعيف	سيول
سوسة	21° 55' 15.394"	32° 52' 48.115"	198	14.16	0.20	متوسط	تساقط مواد صخرية وتعرجات الطرق
المنصورة (شحات)	21° 51' 48.026"	32° 49' 46.922"	484	16.21	0.16	متوسط	تساقط مواد صخرية وتعرجات الطرق
وادي الرملة (خولان)	22° 5' 24.753"	32° 35' 53.145"	605	3.56	0.11	ضعيف	سيول
وادي الرملة (المخيلي)	22° 17' 39.843"	32° 10' 0.107"	196	2.39	0.10	ضعيف	سيول
وادي الدواي	22° 8' 1.595"	32° 42' 27.924"	622	5.60	0.14	ضعيف	سيول

المصدر: أعد الجدول بناءً على المصادر الآتية:

- 1_ الدراسة الميدانية، 2010 _ 2021م.
- 2_ تحديد المواقع الفلكية من صورة فضائية تم الحصول عليها من برنامج قوقل أرث (Google Earth)، 2021م.
- 3_ حساب الارتفاعات، والانحدارات من صورة فضائية نوع (Dem)، 2016م، وحساب قيمة مؤشر الغطاء النباتي من صورة فضائية، 2020م.

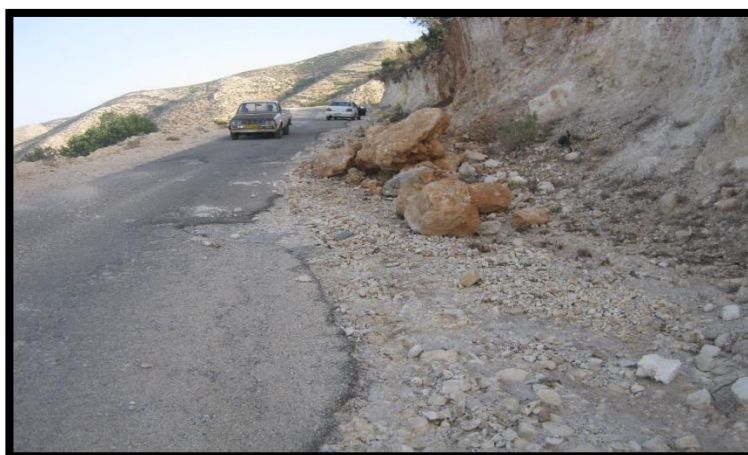
تابع جدول (3)

اسم الموقع	الموقع الفلكي للموقع		ارتفاع الموقع (بالمتر)	درجة انحدار الموقع	مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي	تصنيف مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي	نوع المخاطر الطبيعية
	خط طول شرقاً	دائرة عرض شمالاً					
الدبوسية – الأثرون	22° 16' 46.185"	32° 51' 20.581"	109	16.62	0.22	متوسط	تساقط مواد صخرية وتعرجات الطرق
طريق رأس الهلال – لملوده	22° 10' 33.441"	32° 52' 22.907"	223	22.60	0.18	متوسط	تساقط مواد صخرية وتعرجات الطرق

مجلة المنارة العلمية							
العدد الثالث				نوفمبر		2021	
وادي الكوف (الطريق البديل)	21° 33' 47.737"	32° 41' 15.388"	315	8.29	0.25	جيد	تساقط مواد صخرية وتعرجات الطرق
زاوية العرقوب	21° 29' 20.029"	32° 39' 17.697"	355	14.99	0.20	متوسط	تساقط مواد صخرية
الشليوني (المرج)	20° 57' 40.769"	32° 28' 54.834"	417	14.58	0.16	متوسط	تساقط مواد صخرية وتعرجات الطرق
طلميثة	20° 56' 3.310"	32° 40' 9.396"	186	3.58	0.17	متوسط	تساقط مواد صخرية
وادي الباكور	20° 37' 40.385"	32° 31' 17.582"	178	21.01	0.13	ضعيف	تساقط مواد صخرية
وادي درنة قرب سد أبو منصور	22° 37' 56.892"	32° 45' 10.904"	44	14.83	0.23	متوسط	سيول
الظهر الأحمر قرب درنة	22° 37' 11.136"	32° 45' 9.535"	216	14.71	0.12	ضعيف	تساقط مواد صخرية
الوسيطه	21° 42' 50.025"	32° 47' 16.351"	481	17.70	0.13	ضعيف	تساقط مواد صخرية
البيضاء - الحنية	21° 36' 24.097"	32° 45' 52.638"	479	14.96	0.15	متوسط	تساقط مواد صخرية
وادي الضحاك	22° 31' 53.235"	32° 43' 2.422"	188	21.73	0.16	متوسط	تساقط مواد صخرية
القبة رأس تاجو	22° 17' 6.571"	32° 47' 0.799"	556	0.84	0.10	ضعيف	هبوط في التربة
بيت ثامر	22° 21' 38.021"	32° 46' 51.014"	472	6.49	0.15	متوسط	هبوط في التربة
عين مارة	22° 17' 6.571"	32° 47' 0.799"	556	0.84	0.10	ضعيف	هبوط في التربة

المصدر: المصدر نفسه.

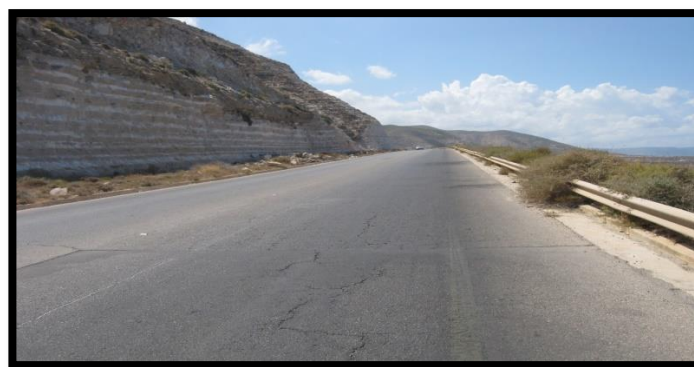
الصورتان (1، 2) تساقط المواد الصخرية على طريق رأس الهلال لملوده قرب وادي قرطابلس





المصدر: الدراسة الميدانية، شتاء، 2010م.

الصورتان (3، 4) إنشاء الطرق تحت أقدام السفوح الجبلية المشرفة على البحر قرب منطقة الأثرون



المصدر: الدراسة الميدانية، خريف، 2021م.

ثانياً: خطر السيول:

يُقصد بالسيول مياه الأمطار التي تهطل بكميات كبيرة، وسرعات عالية، وفي وقت قصير على مساحات من الأراضي الجافة المتفاوتة في درجات الانحدار، ومن ثم تجري على شكل جريان سطحي قوي لمسافات متفاوتة حسب خصائص سطح الأرض من تربة، وتضاريس، وغطاء نباتي، وتتجمع في المناطق المنخفضة مكونة البرك، والمستنقعات، أو تنتهي مصباتها في البحر، وتضعف قوة السيول، وتقل كميات مياهها بالابتعاد عن مصدرها، وتُعد البيئات الجبلية التي تسقط فيها الأمطار الفصلية ذات الطبيعة الإعصارية من أهم مناطق حدوثها، وتجرف السيول في طريقها كميات كبيرة من مواد سطح الأرض

مثل: الحصى، والتربة، والمواد العضوية، وتأتي خطورتها من خلال تكرارها، وحدثها بشكل مفاجئ، ويمكن حصر أهم العوامل التي تشارك في حدوث السيول بمنطقة الدراسة فيما يأتي:

1_ تتصف أمطار المنطقة بأنها ذات طبيعة إعصارية تهطل بغزارة على شكل أشايبب عالية الكثافة، والسرعة، وتنهمر بشكل فجائي في فترة قصيرة، فقد تسقط كمية أمطار في مدة (24 ساعة) تفوق، أو تعادل المتوسط السنوي العام لكميات الأمطار الهاطلة، مما يؤدي إلى حدوث سيول جارفة بالأودية الجافة التي يكثر انتشارها في منطقة الدراسة، الأمر الذي يجعل الأمطار تمثل قدراً كبيراً من الضرر بوصفها مصدراً رئيساً لأحد أنواع المخاطر الطبيعية التي تتسبب في حصول العديد من الخسائر البيئية، والمادية، والبشرية الجسيمة، خاصة في فصل الخريف عندما يكون سطح الأرض خالياً من الغطاء النباتي الطبيعي الموسمي، والمحاصيل الزراعية الموسمية، وفي فصل الشتاء الذي يعقب فصل الجفاف الطويل (أكثر من 6 أشهر)، وتكون مواد سطح الأرض جافة، ومهيأة للانجراف المتسارع؛ بفعل السيول الناتجة عن الأمطار الإعصارية الفجائية العنيفة، فمن خلال تتبع أكبر كمية من المطر سقطت في يوم واحد على محطات المنطقة خلال الفترة من (1945_2010م)، يتضح أنها ظاهرة متكررة الحدوث، وتصل إلى كميات متطرفة إذا ما قورنت بكميات الأمطار المألوفة، ففي بنينا بلغت في شهر نوفمبر سنة 1979م حوالي (108.7ملم)، وفي شهر ديسمبر سنة 2003م حوالي (50.5ملم)، وفي شحات وصلت في شهر أكتوبر سنة 1954م إلى حوالي (103.3ملم)، وإلى حوالي (94ملم) في شهر أكتوبر سنة 1995م، وفي درنة بلغت في شهر أكتوبر سنة 1959م حوالي (145.7ملم)، وفي شهر يناير سنة 1990م حوالي (105.7ملم)، وفي الفتاح بلغت في شهر يناير سنة 1990م حوالي (196ملم)، وفي شهر يناير سنة 1993م إلى حوالي (171ملم)، (المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية، 2017م).

2_ تسهم بعض الخصائص الطبيعية، والكيميائية للتربة في حدوث السيول بالتظافر مع غزارة الأمطار، فبالإضافة إلى زيادة كميات الأمطار الهاطلة عن معدلات تسرب المياه في التربة؛ نتيجة انخفاض معدل الرشح، هناك وجود طبقات صخرية صماء تحت سطح التربة تجعلها تتشبع بالماء بعد فترة قصيرة من سقوط الأمطار، وهناك أيضاً تصلب سطح التربة، أو أفقها تحت السطحية؛ بسبب وجود ترسبات كربونات الكالسيوم بكميات كبيرة، ثم نقص نسبة المادة العضوية في التربة، وارتفاع نسبة محتواها من الطين الذي يؤدي إلى شدة تماسكها، ويحد من التسرب المائي عبر مسامها، وكذلك انضغاط التربة وتزايد مقاومتها للاختراق؛ بفعل حركة الآليات الثقيلة، والرعي الجائر، وقلة الغطاء النباتي، والعامل الأخير هو انتشار الثرب الصخرية مثل: الليثوسول (Lithosols)، والريجوسول (Regosols) على العديد من السفوح والمنحدرات، وهي ثرب قليلة العمق تكون فيها نسبة الصخور أكثر من التربة، مما يقلل من معدل الرشح، ويؤدي إلى زيادة نصيب الجريان السطحي من مياه الأمطار.

3_ تشارك درجة انحدار سطح الأرض، والتضاريس الوعرة في سرعة الاستجابة لهطول الأمطار الغزيرة، وتحولها إلى سيول، فكلما زادت درجة انحدار سطح الأرض تزايدت سرعة اندفاع المياه، ومن ثم تزايدت قدرتها على أحداث السيول الجارفة، ففي تلك المناطق الجبلية كثيراً ما تجري مياه الأمطار على سطوح صخرية شديدة الانحدار تقل فيها معدلات التسرب المائي، ثم تتجمع المياه في المجاري الرئيسية للأودية الجافة التي تنقلها إلى مناطق أخرى، ويساعد على حدوث الجريان السطحي القوي في أراضي المنحدرات ضعف الغطاء النباتي، أو إزالته بفعل الأنشطة البشرية غير المخطط لها، وغياب، أو ضعف إجراءات الحد من مخاطر السيول، كما تسهم الخصائص الهيدروجيولوجية للأودية مثل: مساحات الأحواض، وأطوالها، وعرضها، ومحيطها، وشدة انحدارها، وعدد المجاري، وكثافة تصريف الوادي، وتكرار الجريان في حدوث السيول، واختلاف أثارها من موقع إلى آخر. فالأودية التي تتصف بصغر مساحتها، وقصر طولها، وشدة انحدار جوانبها نحو القاع تكون فيها قوة اندفاع المياه أكبر، مما يؤدي إلى حدوث تدميراً شاملاً للطرق.

4_ يُعد الغطاء النباتي عاملاً مهماً في حماية سطح الأرض من التأثير المباشر للأمطار التي تنهمر بقوة شديدة في فترة قصيرة، وذلك من خلال تنظيم حركة المياه على سطح التربة، واعطائها وقت كافٍ لامتصاص كميات كبيرة من هذه المياه، مما يقلل كثيراً من فرص تكوّن الجريان السطحي. فالمواقع المعرضة لمخاطر السيول بمنطقة الدراسة تعاني من ضعف الغطاء النباتي، فعلى سبيل المثال تدنت قيمة المؤشر النباتي في موقع وادي أبو مسافر إلى (0.07)، وفي وادي المعلق قرب التميمي إلى (0.09)، وفي وادي الرملة قرب المخيلي إلى (0.10)؛ ويعزي ذلك إلى تظافر الظروف المناخية القاسية مع تعاقب الممارسات البشرية الخاطئة كالحرائق المتكررة، والقطع، والتوسع الزراعي على حساب الغطاء النباتي الطبيعي، والرعي الجائر.

5_ يتسبب التطور الحضري في زيادة كمية الجريان السطحي، وحدث السيول من خلال تغطية مساحات واسعة من سطح الأرض بالإنشاءات الإسمنتية، والإسفلتية مثل: المباني، والطرق، والمطارات التي تشكل سطوح اعتراض لمياه الأمطار، مما

يؤدي إلى تناقص مساحة الأرض التي ترشح من خلالها المياه، ومن ثم تتحول كميات كبيرة من مياه الأمطار الغزيرة عند هطولها إلى سيول عارمة، كما أن التوسع الزراعي في أراضي المنحدرات، خاصة الزراعة الموسمية، وممارسة أنشطة قطع الأشجار والشجيرات، والرعي الجائر تُسهم في حدوث السيول، وانتقال كميات كبيرة من الرواسب مثل: الحصى، والتربة إلى مجاري الأودية التي تنقلها مياه السيول وترسبها داخل عبارات الطرق، مما يتسبب في انسدادها.

تتسبب السيول المتكررة بالمنطقة في حدوث العديد من الأضرار بالطرق البرية ومستخدميها، فهي تؤدي إلى إعاقة حركة المرور على الطرق عند جريانها، الصورة (5)، وتدمير السيارات والآلات وجرفها في طريقها، كما حدث في سيول وادي درنة سنة 2010م، الصورة (6)، ووادي الرملة سنة 2019م، وفي بعض الحالات يصل تأثيرها إلى الخسائر البشرية، كما حدث في وادي البطوم سنة 1992م، ووادي الرملة سنة 2019م، وفي كثير من المناطق تزداد كمية مياه السيول عن السعة التصميمية لعبارات الطرق، مما يؤدي إلى حدوث تدمير جزئي، أو كلي للطرق مثل: تدمير طريق وادي الناقة سنة 1986م، والطريق التي تقطع مجري وادي الحناوي سنة 2010م، حيث سقطت أمطار فجائية غزيرة في فصل الشتاء من السنوات المذكورة، تسببت في حدوث سيول في شكل تدفق مائي عنيف بسرعة عالية أدى إلى تدمير تلك الطرق تدميراً شاملاً، واقتلاع كتل خرسانية من عبارات الطرق يصل وزنها إلى عدة أطنان تم تحريكها بدفع المياه لمسافات بعيدة تصل إلى أكثر من (50م) عن موضعها، الصورتين (7، 8)، وتُعد الطرق التي تقطع الأودية، أو تمتد داخل مجاريها، أو تتقاطع معها في بعض المنعطفات، هي الأكثر تعرضاً لمخاطر السيول، خاصة في المواقع التي تعاني فيها الطرق من غياب، أو ضعف وسائل الحماية، ومن أمثلتها: الطريق التي تعبر وادي المعلق عند منطقة المسلقون، والطريق التي يقطعها وادي الحناوي شرق مدينة أم الرزم، وتقاطع الطريق مع مجري وادي الرملة قرب بلديتي خولان والمخيلي.

الصورتان (5، 6) إعاقة حركة المرور في مدينة البيضاء، وجرف إحدى الآلات في وادي درنة بفعل السيول



المصدر: الدراسة الميدانية، شتاء، 2010م.

الصورتان (7، 8) السيول وآثارها على الطريق التي تقطع مجري وادي الحناوي شرق مدينة أم الرزم



المصدر: الدراسة الميدانية، شتاء، 2010م.

ثالثاً: خطر تعرجات الطرق:

إنَّ النمو السكاني السريع، والمستمر في إقليم الجبل الأخضر ترافق مع تزايد في الطلب على المرافق العمرانية، ومن ثم شهدت المستوطنات الحضرية توسعاً ملحوظاً، وإنشاء شبكة كثيفة من طرق المواصلات البرية؛ لتلبية احتياجات السكان، وتنقسم الطرق في المنطقة إلى طرق معبدة إسفلتية مزدوجة وفردية، وطرق ممهدة حصوية، أو ترابية، وقد تم التركيز في هذه الدراسة على الطرق الرئيسية المرصوفة التي من أهمها: طريق العروبة الرابط بين مدن درنة، والقبة، وشحات، والبيضاء، والمرج، ويبلغ طوله الفعلي حوالي (185.50 كم)، والطريق الذي يربط بين المدن الساحلية من التميمي إلى أم الرزم ثم درنة رأس الهلال وسوسة بطول فعلي بلغ حوالي (135.62 كم)، والطريق الصحراوي الذي بلغ طوله الفعلي من التميمي إلى الخروبة مروراً بالعزيات والمخيلي حوالي (202.97 كم)، بالإضافة إلى بعض الطرق الفرعية التي تربط بين المدن الساحلية والداخلية، وهي أكثر انتشاراً، وأهمها: طريق رأس الهلال لملوده بطول حوالي (13.68 كم). أما الطرق الممهدة، فهي التي تربط بين التجمعات السكانية الصغيرة داخل الأودية، والمناطق الجبلية مثل: طريق الدبوسية الأثرون. يمتد الجبل الأخضر على شكل قوس من الغرب إلى الشرق يتكون من مصطبتين، وحافتين تقطعهما مجموعة من الأودية الكبيرة تحجب المناطق الساحلية عن الداخلية، مما فرض على الطرق البرية حتمية عبورها، وأثر كثيراً في تخطيطها. فمن الجدول (4) يلاحظ أن أطوال الطرق الفعلية تزيد عن أطوالها الافتراضية؛ بسبب تعرجاتها الناتجة عن شدة التضاريس، فعلى سبيل المثال تزايد الطول الفعلي للطريق الرابط بين مدينتي درنة والقبة عن الطول الافتراضي بنسبة (14.7%)، وفي طريق البيضاء المرج بنسبة (11.3%)، وبلغت نسبة الزيادة إلى (27.3%) في الطريق الواصل بين خليج البمبه والعزيات، وبلغ الطول الفعلي لمجموع الطرق المختارة حوالي (771.07 كم)، والطول الافتراضي (682.9 كم)، بنسبة زيادة بلغت (11.4%)، كما يتضح أن مؤشرات الانعطاف للعديد من الطرق المختارة تباعد كثيراً عن نسبة (100%)، ففي الطريق الرابط بين التميمي وأم الرزم بلغ المؤشر (123.0%)، وفي طريق البمبه العزيات بلغ (137.5%)، ووصل إلى (147.7%) في طريق سوسة شحات، وبلغ مؤشر الانعطاف لمجموع الطرق المختارة (112.9%)، مما يدل على أن الطرق تعاني من التعرجات ولا تسير في خط مستقيم في معظم الأحيان، فالتحولات تفادي مجاري الأودية، وقمم المرتفعات، والسفوح شديدة الانحدار وتدور حولها، مما يؤدي إلى كثرة تعرجاتها، وزيادة الخطورة على مستخدميها مثل: طريق درنة القبة (وادي

الناقة)، وطريق رأس الهلال لملوده اللذان يُعدان من أكثر الطرق خطورة، الصورتين (9، 10)؛ نتيجة كثرة التعرجات، والانحدارات الشديدة، والأودية العميقة قليلة العرض مثل: وادي قرطابلس، ووادي الناقة، مما يجعل الرؤية مفاجئة لسائقي السيارات، ويؤدي إلى زيادة عدد الحوادث المرورية؛ بسبب تصادم السيارات في هذه المناطق، أو تصادمها بالجروف الصخرية المجاورة للطريق، وفي بعض الحالات تتعرض السيارات للسقوط في الأودية القريبة من هذه الطرق، وتزداد الخطورة عندما تجتمع تعرجات الطريق مع شدة الانحدار، والرؤية المفاجئة، وسقوط الأمطار بكميات كبيرة، وعدم توفر وسائل الحماية اللازمة للطرق، وعدم تحديد سرعة السيارات ومراقبتها على هذه الطرق، مما يؤدي إلى انزلاق المركبات على جانبي الطريق ووقوع الحوادث المرورية. كما أن شدة تضاريس المنطقة تتسبب في ارتفاع تكلفة إنشاء الطرق وصيانتها، فقد بلغت تكلفة إنشاء الطريق الرابط بين الدبوسية والأثرون بطول حوالي (4 كم) سنة (2018م) حوالي (17.700 مليون دينار ليبي)، وبلغت تكلفة صيانة الطريق الواصل بين رأس الهلال وملوده بطول حوالي (13.68 كم) سنة (2018م) حوالي (21.700 مليون دينار ليبي).

جدول (4) أطوال بعض الطرق البرية المهمة، ونسبة مؤشر انعطافها في إقليم الجبل

الأخضر

اسم الطريق (النقطتين)	الطول الفعلي (المتعرج) للطريق (بالكم)	الطول الافتراضي (المستقيم) للطريق (بالكم)	نسبة مؤشر الانعطاف (%)
التميمي - أم الرزم	27.25	22.15	123.0
أم الرزم - درنة	43.25	39	110.9
درنة - القبة	38.7	33	117.3
القبة - البيضاء	48.3	42	115
البيضاء - المرج	100.25	88.9	112.8
درنة - رأس الهلال	40.12	36.47	110.0
رأس الهلال - سوسة	25	21.14	118.3
سوسة - شحات	19.5	13.2	147.7
الحنية - الحمامة	14.05	12.52	112.2
طلميثة - العقورية	12.5	11.4	109.6
البمبه - العزيات	57.19	41.6	137.5
العزيات - المخيلي	38.33	37.16	103.1
المخيلي - الخروبة	107.45	102.41	104.9
رأس الهلال - لملوده	13.68	11.70	116.9
درنة - المرج	185.50	170.25	108.9
المجموع	771.07	682.9	112.9

المصدر: أُعد الجدول بناءً على حساب أطوال الطرق من صورة فضائية تم الحصول عليها من برنامج قوغل أرث (Google Earth)، 2020م، وحساب مؤشر الانعطاف.

الصورتان (9، 10) تعرجات الطريق، وأثر اصطدام إحدى السيارات بالحماية الجانبية وسقوطها في وادي الناقة



المصدر: الدراسة الميدانية، خريف، 2021م.

رابعاً: خطر هبوط التربة:

يُعد هبوط التربة أحد أشكال الانهيارات الأرضية البطيئة التي تحدث على شكل زحف للتربة (Soils Creep) الطينية الرمادية القاتمة، أو السوداء التي تكونت مادة أصلها من الحجر الجيري الذي يحتوي على شوائب مما يُعطيها هذا اللون، وتتصف هذه التربة بقلّة محتواها من الحصى والأحجار في الأفق العليا، وارتفاع محتواها من الطين، وبنائها الحبيبي المفتت في الطبقات السطحية، والكتلي في الطبقات تحت السطحية، وبتماسكها الصلب في الحالة الجافة، والتماسك والمرن جداً في الحالة المبللة، وتظهر فيها شقوق بسمك يتراوح عادةً ما بين (1 _ 3سم)، وبعمق قد يصل إلى أكثر من (1م) في فترات الجفاف (فصل الصيف)، وتختفي في فترات الرطوبة (موسم سقوط الأمطار)؛ وهذا يرجع إلى وجود معادن الطين الممتدة بكميات كبيرة مثل: السمكتايت، والكورايت، التي تتعرض للانتفاخ (التمدد) أثناء الرطوبة، وإلى الانكماش وتكوين الشقوق أثناء الجفاف، وتتسم هذه التربة بطبوغرافية سطحها المنتفخة المتموجة التي تحدث عندما تتساقط حبيبات التربة من السطح إلى داخل الشقوق إلى أن تملأ هذه الشقوق جزئياً، أو كلياً في فترات الجفاف، وفي فترات الرطوبة تبدأ معادن الطين في الانتفاخ، ويزداد حجمها، وتضغط على التربة المجاورة لها في اتجاه السطح مكونة طبوغرافية منتفخة ومنتوجة (بن محمود، 1995م، ص 347 _ 357)، وبتعاقب فترات الجفاف والرطوبة، وما ينتج عنها من حركة رأسية وأفقية لحبيبات التربة بصورة فصلية تتحرك فيها حبيبات التربة إلى أعلى في حالة الرطوبة، وإلى الأمام والأسفل في حالة الجفاف، وتكرار هذه العملية تحدث في النهاية حركة إجمالية للتربة بمعدلات بطيئة لا يمكن متابعة آثارها بشكل يومي، غير أن مظاهرها تظهر خلال فترة زمنية طويلة نسبياً، ومن أهمها: ميلان أعمدة الطاقة الكهربائية، وتموج سطح التربة على شكل مصاطب رسوبية صغيرة، ومن ثم تشقق الطرق البرية وهبوطها، وتكوين مطبات خطيرة تتسبب في خروج المركبات الآلية بشكل فجائي عن الطرق، وقد يحدث احتكاك بين سطح المركبة والطريق، مما يؤدي إلى اشتعال الحرائق، وحوادث مرورية مفرجة، ويكثر انتشار هذه المشكلة على طرق الجبل الأخضر في الأماكن التي تنتشر فيها هذه التربة مثل: الطريق الواصل بين مدينتي القبة وعين مارة، الصورتين (11، 12).

تتفاقم جملة من العوامل البشرية في تفاقم الآثار السلبية للمخاطر الطبيعية في منطقة الدراسة، فبالإضافة إلى النمو السكاني المتزايد الذي أدّى، وما زال يؤدي إلى زيادة عدد السيارات التي باتت مطلباً شخصياً، مما يفرض ضغطاً مرورياً متزايداً على

الطرق التي تعاني في كثير من المواقع من قلة كفاءتها؛ لعبورها مناطق جبلية، وضعف تخطيطها من حيث الاتساع، ودرجة الرصف، وقلة العلامات المرورية الدالة على المخاطر الطبيعية، هناك عدم توفر وسائل الحماية اللازمة للطرق ومستخدميها، وعدم تحديد سرعة السيارات ومراقبتها على هذه الطرق من جانب الجهات المختصة، والتهاون في تطبيق القوانين المرورية على المخالفين، وتهالك بعض المركبات وعدم صلاحيتها للاستعمال، واتلاف الطرق بأعمال الحفر الخاصة بالمواطنين، وإزالة العلامات المرورية ووسائل الحماية مثل: الإشارات والحماية الحديدية المستخدمة على جوانب الطرق في أماكن المنعطفات والجسور، وضعف اللياقة الصحية لبعض السائقين، ثم الأخلاقيات المرورية الخاطئة التي تشمل: التهور والطيش في قيادة السيارات، وقلة الخبرة في القيادة، وعدم الالتزام بقواعد المرور من السائقين، والحلول الاجتماعية التي تساعد سائقي السيارات على عدم الاكتراث في التهور بالقيادة، وأخيراً تدني مستوى الوعي والتربية المرورية الذي يؤدي إلى كثير من الأخطاء المرورية.

الصورتان (11، 12) تشقق الطريق وتموجها بين القبة وعين مارة لاحظ آثار احتكاك السيارات بسطح الطريق



المصدر: الدراسة الميدانية، خريف، 2021م.

التوصيات والمقترحات:

1_ تكثيف التوعية المرورية للسكان، وإشعارهم بخطورة عدم الامام بخصائص المخاطر الطبيعية، وذلك من خلال إصدار مطبوعات متنوعة، وإنتاج برامج مرئية ومسموعة، وتنظيم الندوات العلمية، وإدخال موضوع المخاطر الطبيعية المعاصرة، والثقافة المرورية ضمن مقررات المنهج الدراسي في مراحل التعليم الأساسي، والمتوسط، والجامعي، بالإضافة إلى تحديد السرعة على الطرق ومراقبتها، وتطبيق القانون على المخالفين، ومراقبة حالة الطرق بشكل مستمر، وإنشاء مراكز للإنذار المبكر تحذر السكان من المخاطر الطبيعية قبل وقوعها، وتوفير ما تحتاجه من إمكانات مادية، وعلمية، وفنية؛ لتحقيق سرعة الاستجابة.

2_ يجب اتباع الإجراءات والآليات الوقائية، والعلاجية؛ لمواجهة خطر حركة المواد على السفوح المجاورة للطرق التي تشمل: مراعات جيولوجية المواقع عند إنشاء الطرق، وتجنب المناطق شديدة الانحدار، أو التي يتفق فيها انحدار السطح مع ميل الطبقات الصخرية، أو تعرضت صخورها للتشقق، وإيجاد الحلول الهندسية المناسبة، وكذلك إزالة المواد الناتجة عن عوامل التجوية، والتعرية وتنظيف السفوح بشكل دوري حتى تصل إلى درجة الاستقرار، وتثبيت الكتل الصخرية المعرضة للانفصال باستخدام قضبان الشد الحديدية؛ لمنعها من التساقط، وتقسيم السفوح شديدة الانحدار إلى مدرجات تثبت بالإسمنت، ووضع كتل خرسانية عند أقدام السفوح التي تتصف بنشاط حركة المواد؛ لمنع الصخور المتساقطة من الوصول إلى الطريق،

وتخفيف تأثير الاهتزازات الناجمة عن حركة السيارات الثقيلة على الطرق المجاورة للسفوح، وإنشاء نظام لتصريف مياه الأمطار مثل: بناء قنوات تتجمع فيها المياه السطحية وتنتهي مصباتها في الأودية المجاورة؛ للحد من تسربها عبر التكوينات الصخرية، مما يؤدي إلى أضعاف الصخور وتساقطها، وملأ الشقوق والفواصل الصخرية بالإسمنت؛ لزيادة قدرة السفوح على الاستقرار، وتشجير جوانب السفوح، وتجنب الأنشطة البشرية التي تؤدي إلى حدوث حركة المواد عليها مثل: إزالة الغطاء النباتي.

3_ توفير قاعدة بيانات عن حالة الطقس بصورة يومية تشتمل على خرائط الطقس، وخرائط طبقات الجو العليا (التيار النفاث)، وصور الأقمار الصناعية، وتتبع التغيرات التي تتعرض لها، بهدف التنبؤ بحالة الجو التي تسبق حدوث السيول، وإجراء دراسة تفصيلية مسبقة عن الخصائص الهيدرولوجية للأودية مثل: مساحات الأحواض، وشدة الجريان السطحي، وتوفير محطات لقياس خصائص الجريان مثل: السرعة، والتكرار، وتصميم وسائل حماية الطرق مثل: العبارات على قيم تكرار السيول وقوتها، وتجنب إقامة الطرق في مخارج الأودية، أو داخلها، ومحاولة توسيع الأماكن الضيقة في الأودية التي تخترقها الطرق البرية؛ لاستيعاب كميات أكبر من الجريان المائي، وكذلك يجب أن يمد الطريق على منسوب أعلى من منسوب بطن الوادي الذي هو أكثر الأجزاء عُرضة للتدمير بفعل السيول، والتوسع في إنشاء شبكة من العبارات، والجسور على الأودية الكبيرة ذات التصريف المائي الكبير، وتزويدها بدفاعات قوية؛ لمواجهة قوة الجريان والنحت، وصيانتها بشكل دوري بعد حدوث السيول، وكذلك التوسع في إنشاء السدود التعويقية للاستفادة من مياه السيول والحد من مخاطرها، ومحاولة السيطرة على المسببات البشرية لحدوث السيول مثل: إزالة الغطاء النباتي.

4_ يجب إقامة جدران إستنادية في مناطق الطرق كثيرة التعرج، أو وضع كتل خرسانية على جوانب الطرق لحماية السيارات عند الانزلاقات من السقوط في الأودية المجاورة للطرق، وإزالة جميع معوقات الرؤية، وتبني التصاميم الهندسية الإنشائية التي تقرضها طبيعة تضاريس المنطقة على تخطيط الطرق، أما الطرق التي تتعرض لهبوط التربة، فإن أفضل الوسائل لمعالجتها تتمثل في التثبيت المسبق من خلال تجريف الطبقة السطحية للتربة ووضع طبقات متتابعة من الصخور الصلبة قبل إنشاء الطرق فوقها، وبناء قواعد خرسانية أسفل الطريق؛ لمنع حدوث أي تسرب للمياه بهذه التربة.

1_ المصادر والمراجع العربية:

أ_ المصادر والتقارير الرسمية:

- 1_ ليبيا، مركز البحوث الصناعية، خريطة ليبيا الجيولوجية مقياس 1: 250.000 لوحة البيضاء ش ذ 34- 15 ولوحة درنة ش ذ 34-16، طرابلس: 1974م.
- 2_ ليبيا، أمانة التخطيط، مصلحة الإحصاء والتعداد، نتائج التعداد العام للسكان عام 1973م بلدية درنة، طرابلس: 1973م.
- 3_ ليبيا، أمانة التخطيط، مصلحة الإحصاء والتعداد، نتائج التعداد العام للسكان عام 1973م بلدية الجبل الأخضر، طرابلس: 1973م.
- 4_ ليبيا، الهيئة العامة للمعلومات، النتائج الأولية للتعداد العام للسكان عام 2006م، طرابلس: 2006م.
- 5_ ليبيا، المركز الوطني الليبي للأرصاد الجوية، إدارة المناخ والتغيرات المناخية، "البيانات المناخية لمحطات بنينا، وشحات، ودرنة، والفتاح"، بيانات غير منشورة، طرابلس: 2017م.
- 6_ الولايات المتحدة الأمريكية، هيئة المساحة والجيولوجيا الأمريكية (USGS)، صورة فضائية لمنطقة الدراسة سنة 2016م، واشنطن: 2021م.
- 7_ الولايات المتحدة الأمريكية، هيئة المساحة والجيولوجيا الأمريكية (USGS)، صورة فضائية لمنطقة الدراسة سنة 2020م، واشنطن: 2021م.
- 8_ برنامج قوغل أرث (Google Earth)، صورة فضائية لمنطقة الدراسة، 2021م.
- 9_ الدراسة الميدانية، عدة زيارات ميدانية من عام 2010م _ 2021م.

ب_ الكتب:

- 1_ بن محمود، خالد رمضان، التربة الليبية: تكوينها تصنيفها خواصها إمكاناتها الزراعية، (طرابلس: الهيئة القومية للبحث العلمي، الطبعة الأولى، 1995م).
- 2_ التركماني، جودة فتحي، جغرافيا الأخطار والكوارث الطبيعية، (القاهرة: دار الثقافة العربية، الطبعة الثالثة، 2011م).
- 3_ الزوكة، محمد خميس، جغرافية النقل، (الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية، الطبعة الأولى، 2000م).
- 4_ العزابي، أبو القاسم، وفوزي الأسدي، وبشير أبو قيلة، دليل الباحث، (طرابلس: المنشأة العامة للنشر، والتوزيع، والإعلان، الطبعة الثانية، 1982م).

5_ سلامة، حسن رمضان، جغرافية الأقاليم الجافة: منظور جغرافي بيئي، (عمان: دار المسيرة، للنشر، والتوزيع، والطباعة، الطبعة الأولى، 2010م).

6_ سلامة، حسن رمضان، أصول الجيومورفولوجيا، (عمان: دار المسيرة، للنشر، والتوزيع، والطباعة، الطبعة الرابعة، 2013م).

7_ الكيخيا، منصور محمد، جغرافية السكان: أسسها ووسائلها، (بنغازي: منشورات جامعة قاريونس، الطبعة الأولى، 2002م).

8_ محسوب، محمد صبري، الأخطار والكوارث الطبيعية الحدث والمواجهة: دراسة جغرافية، (القاهرة: دار الفكر العربي، الطبعة الأولى، 2009م).

ج_ الرسائل العلمية:

1_ إبراهيم، محمود سعد، "التصحُّر في جنوب الجبل الأخضر: دراسة جغرافية في المظاهر والأسباب"، (رسالة ماجستير - غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس، (بنغازي)، 2006م.

د_ الدوريات:

1_ بوحسون، منيف سعد الدين، وإبراهيم السماوي، وسامي محب الدين، وأمين الصمخ، وحيد الصراري، "مراقبة تدهور الغطاء النباتي باستخدام القرينة النباتية (NDVI) في محافظتي صنعاء وأمانة العاصمة بين 1990 و2000م: الجمهورية اليمنية"، مجلة عالم الاستشعار عن بعد، رابطة مراكز الاستشعار عن بعد في الوطن العربي (طرابلس)، المجلد الأول، العدد الثاني، (يونيو 2010م).

2_ المصادر والمراجع الأجنبية:

1_ L. Johnson, Douglas, Jabal Al-Akhdar- Cyrenaica: An Historical Geography of Settlement and Livelihood, (Chicago: University of Chicago, 1973).

2_ P. Rohlich, Tectonic Development of ALjabal Alkhdar, The Geology of Libya, Volume III, Editors, M.d. salem and M.T. Busrewil, (Tripoli: University Al- Fateh, 1980).