

ظاهرة المقالع الحجرية وآثارها البيئية شرقي السعودية
باستخدام الاستشعار عن بُعد وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية

أ.م.د. أماني حسين محمد حسن

أستاذ الجغرافيا الطبيعية المساعد

كلية الآداب، جامعة أسيوط

dr.amani73@hotmail.com

DOI: 10.21608/jfpsu.2022.141502.1191

ظاهرة المقالع الحجرية وآثارها البيئية شرقي السعودية باستخدام الاستشعار عن بُعد وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية

مستخلص

تنتشر المقالع الحجرية شرقي السعودية، وتحديداً جنوبي الدمام بشكل كبير، وهي تختلف في مساحتها، وأشكالها مشكلة آثاراً بيئية على التربة، والنبات، والإنسان، والطرق، وفي هذا البحث تم رصد المقالع من خلال نهج تحليلي مكاني باستخدام برنامجي Envi، و ArcGIS 10.5، واستخراج نموذج الارتفاع الرقمي، ومعدل صلة الجار الأقرب، ومعامل موانس لتحديد نمط التوزيع المكاني للمقالع، بالإضافة إلى القياسات الحقلية لمعدل الرشح، ومقاومة التربة للاختراق بالميدان، وتحليل عناصر ١٢ عينة تربة، تحليلاً كيميائياً، وأظهرت النتائج وجود ٣٨ موقعاً تضمن ٢٤٣ مقلعاً حجرياً شرقياً السعودية بمساحة ١٦٤٠,٧١ كم^٢، بالنمط المكاني المتجمع العشوائي، وأدت إلى تشويه المظهر الطبيعي بمساحة ٦٥٧,٩٦ كم^٢، وتسبب الغبار المتطاير منها إلى إتلاف الأراضي الزراعية بمساحة ٢٣,٦٣ كم^٢، والنباتات البرية بمساحة ٣,٨٥ كم^٢، وتضررت الطرق الرئيسية بمسافة ٧٧,٣٠ كم، والمدقات بمسافة ٤١,٩٣ كم، بالإضافة إلى إصابة السكان بالأمراض، وتوصي الدراسة بضرورة اختيار مواقع المقالع الحجرية في ظل الرياح السائدة بالمنطقة، والعمل على إجراء المسوح الجيولوجية بها، لتحديد المناطق التي تصلح للتقيب عن الحجر لاستخدامه، ومنع الانتشار العشوائي للمقالع.

الكلمات المفتاحية: المقالع الحجرية، الآثار البيئية، التحليل المكاني، التربة،

الإنسان.

Phenomenon of Stone Quarries and Their Environmental Impacts in Eastern Saudi Arabia Using Remote Sensing and GIS Applications

Dr. Amany Hussein Mohamed Hassan
Assistant Professor of Physical Geogrphy
Faculty of Arts, Assiut University

Abstract

The quarries in eastern Saudi Arabia are widely scattered, vary in area and form. There are causing environmental impacts on humans, soil, and vegetation. In this research, quarries were monitored through a spatial analysis approach using Envi, ArcGIS10.5 software, the extraction of the SRTM DEM, Average Nearest Neighbour, Moran's Spatial Autocorrelation Coefficient Index. In addition to field measurements of leaching rate and soil resistance in field. Analyse of 12 soil samples, its components. The results showed that there were 38 sites including 243 quarries in Eastern Saudi Arabia, with an area of 1640.71 km², randomly clustered spatial pattern. It led to the deformation of the natural appearance in 657.96 km². The dust from these pits also caused damage to agricultural land on an area of 23.63 km² and wild plants on an area of 3.85km². The main roads were damaged at a distance of 77.30 km, and dirt roads by distance of 41.93 km. In addition, the population became sick. The study recommends that the locations of stone quarry should be selected considering the prevailing winds in the area, and that geological surveys be conducted to identify areas suitable for quarantine exploration to prevent the random spread of quarrying.

Keywords: Quarries, Environmental Impacts, Spatial Analysis, Soil, Human.

المقدمة:

تعد صناعة الحجر والمحاجر من الصناعات التي تترك عديدًا من الملوثات بكافة مراحل تصنيعها مما يؤثر في الإنسان، والبيئة بعناصرها المختلفة، مثل المياه، والتربة، والهواء، والزراعة في المناطق التي تمارس فيها هذه الصناعة (صادق، ٢٠١٣)، ويُقصد بالمحجر الحيز المكاني من الأرض الذي تتوفر فيه المواد الخام الأولية المتمثلة في الصخور الجيرية، اللازمة لإنتاج مواد البناء، ورصف الطرق.

وقد عرّف قانون المصادر الطبيعية رقم ١ سنة ١٩٩٩ المحجر بأنه "أي مكان يجري فيه العمل بقصد استخراج الحجارة ومشتقاتها"، كما عرف المقالع بأنها "أي مكان يجري فيه العمل بقصد استخراج الرمال، أو الطين، أو الكركار، أو الزلط، أو الصخر الزيتي، أو ما يتعلق بالرسوبيات"، وتكون مخرجات المقالع هي مدخلات للمحاجر، والكسارات (المصري، ٢٠١٧).

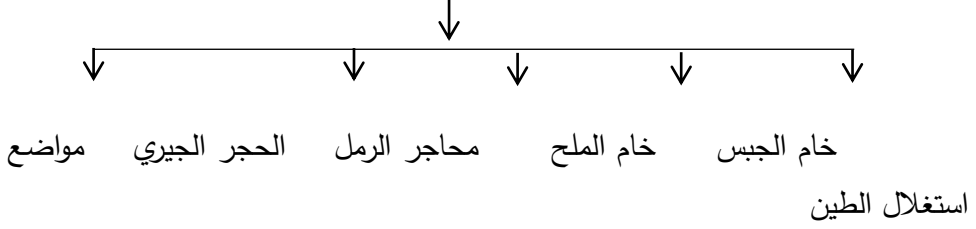
وقد شهد شرقي المملكة العربية السعودية زيادة في عدد السكان، صاحبها زيادة في النشاط الاقتصادي، والتوسع العمراني، وشق الطرق، وتوفير خدمات البنية التحتية، وقد تتطلب ذلك استخراج المواد الخام من المقالع، مما ترتب على هذا النوع من الاستغلال البشري لموارد البيئة الطبيعية حدوث عدة أشكال من التدهور البيئي، أهمها تدمير الغطاء النباتي، وانضغاط التربة، وتكوين القشرة الجيرية الصلبة الناجمة عن تراكم الغبار الجيري (كربونات الكالسيوم) بكميات كبيرة على سطحها، وتكون الأفق الجيري المتحجر تحت التربة وعرقلة الإنبات أو انعدامه، ويؤدي ذلك إلى تدهور إنتاجية الأرض، وجفاف التربة، وذبول ما عليها من غطاء نباتي، وموته، وكذلك الأحياء التي تعيش في باطنها، واختفاء الأحياء البرية، زيادة حدة العواصف الغبارية، وتلوث الهواء الجوي، وحدث مشاكل صحية لسكان التجمعات المجاورة، ومن ثم ارتفاع التكلفة الاقتصادية لمعالجة هذه الأضرار البيئية.

أهمية البحث:

تتجلى أهمية الدراسة في كونها تتناول ظاهرة المقالع، وآثارها البيئية في الإنسان، بالإضافة إلى المجال الحيوي شرقي السعودية، تمهيدًا للإسهام في المحافظة على البيئة،

وذلك من خلال إعادة النظر في جميع نشاطاتها، وأماكن توزيعها، ومحاولة إعادة تأهيل المقالع المهجورة، والاستفادة منها عملياً، حيث تنتوع المقالع بالمنطقة، وسوف تركز الباحثة على المقالع الحجرية فقط لما لها من أثر بالغ في عناصر البيئة المحيطة، بينما محاجر الجبس، والملح، والرمل، والطين ليس لها أي تأثير يذكر .

أنواع المقالع والمحاجر في منطقة الدراسة



مشكلة البحث، وتساؤلات الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في أن تطور المقالع الحجرية، وتوزيعها، ونمط انتشارها شرقي السعودية يترتب عليه عديد من الآثار البيئية، منها تدهور التربة، والنبات الطبيعي، والمراعي، وتشويه المظهر التضاريسي، وتلوث الهواء بالغبار، وبالتالي التأثير السلبي في الصحة العامة للسكان المجاورين، والعاملين فيها، ومن ثم تسعى الدراسة إلى الإجابة عن التساؤلات التالية:

- ١- ما طبيعة التوزيع الجغرافي للمقالع الحجرية شرقي السعودية، وما معدل تغيرها؟
- ٢- كيف يظهر النمط المكاني الخاص باتجاه انتشار المقالع شرقي السعودية؟
- ٣- هل يوجد تأثير لهذه المقالع في العناصر البيئية المختلفة بمنطقة الدراسة؟

أهداف البحث:

- ١- دراسة تطور المقالع الحجرية، وتوزيعها شرقي السعودية.
- ٢- التحليل المكاني لخصائص مقالع الحجر الجيري، وذلك باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.
- ٣- إبراز الآثار البيئية للمقالع على العناصر البيئية الحية، وغير الحية، وذلك باستخدام الاستشعار عن بُعد.

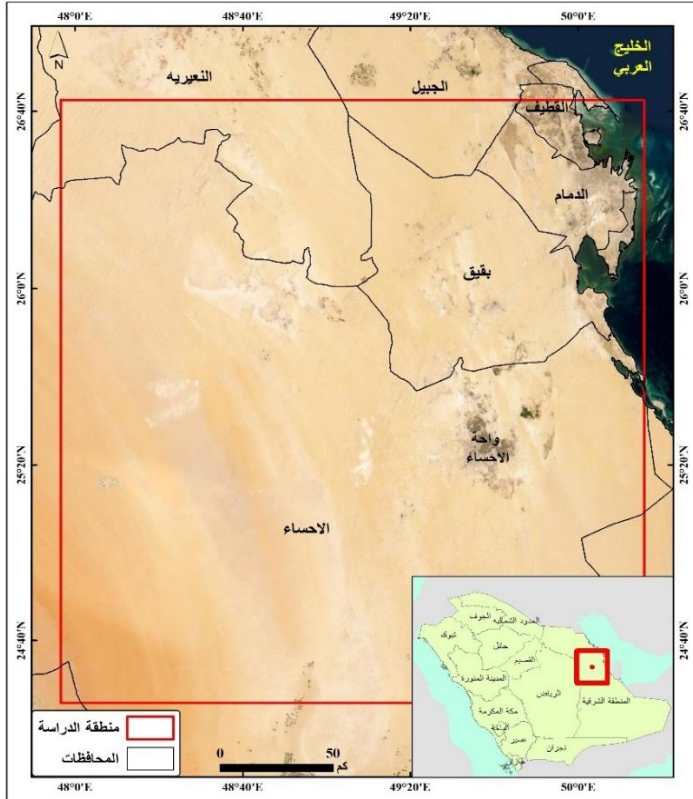
منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في الجانب الشرقي من المملكة العربية السعودية، وتمتد فلكيًا بين دائرتي عرض ٣٥ " ٥٦ ' ٢٣ °، و ٤١ " ٠٥ ' ٢٦ ° شمالاً، وخطي طول ٤٢ " ٨٧ ' ٤٧ °، و ٢٧ " ٤٩ ' ٥٠ ° شرقاً، ويحدها من الشمال حدود محافظتي الجبيل والنعيرية، ومن الجنوب حدود محافظة الأحساء، ومن الشرق الخليج العربي، أما في الغرب فتحدها منطقة الرياض الإدارية (شكل ١).

مناهج الدراسة، وأساليبها:

اعتمدت الدراسة على عدة مناهج علمية، منها:

١- المنهج الاستقرائي: استخدم المنهج الاستقرائي في العمل الميداني لجمع الجزئيات؛ بغية الوصول إلى الكليات، والعموميات المرتبطة بوصف الآثار البيئية الناتجة عن المقالع، ومنها تصلب التربة، وذبول النبات، وتأثير الغبار، وتقدير معدل الرشح بطريقة الأسطوانة المزدوجة Double ring، ومن ثم تصنيف معدل الرشح بالمنطقة طبقاً لتصنيف (Black, et al., 1965)، وهو جانب مهم في المنهج والتفسير، وكذلك قياس مقاومة التربة للاختراق باستخدام جهاز البنتروميتر Hand Penetrometer Eijkelkamp، وقياس الطبقة الجيرية الصلبة التي تتكون على سطح التربة، وذلك عن طريق عمل حفرة بعمق نحو ١٠ سم في الأماكن التي تظهر فيها تلك الطبقة، وقياس كمية الغبار، وحساب كمية التربة المفقودة.



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على خرائط طبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠، ومرئيات فضائية للقمر الصناعي الأمريكي لاندسات OLI مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠ لسنة ٢٠٢١، باستخدام ArcGIS10.5.

شكل (١) موقع منطقة الدراسة.

٢- **المنهج الوصفي:** يعتمد هذا المنهج على جمع الحقائق العلمية عن الظاهرة الجغرافية التي ندرسها، وأماكن توزيعها، وأثارها (التركماني، ٢٠١٩)؛ ولذا أستخدم في وصف الآثار البيئية للمقالع شرقية السعودية، وتطور أعداد المقالع عن طريق التحقق الميداني في كل منطقة، ومن تطبيق هذا المنهج أمكن وضع تصور لنموذج لدرجات التدهور من خلال الملاحظة الميدانية، والوصف الميداني.

٣- **المنهج التحليلي:** يستخدم المنهج التحليلي في إجراء التجارب للوصول إلى الحقائق، وبالتالي تفسير الظاهرة المدروسة، أو تحليل عينات تم جمعها ميدانياً تحليلاً معملياً، وفي هذا البحث تم التحليل المعمل لعدد (١٢) عينة من تربة المقالع، تحليلاً كيميائياً ولا سيما الكالسيوم، بالإضافة إلى معالجة المرئيات الفضائية ببرنامجي ArcGIS10.5، Envi،

لإنتاج خرائط التوزيع الجغرافي للمقالع، واتجاه نموها، واستخراج نموذج الارتفاع الرقمي SRTM DEM بدقة مكانية ٣٠م، كما استخدم أيضًا في تحليل القطاعات التضاريسية بنموذج الارتفاع الرقمي Alos Palsar بدقة مكانية ١٢,٥م، وحساب مساحات التدهور التضاريسي كذلك، بوصفها جانبًا متأثرًا بعملية التحجير.

٤- **الأسلوب الإحصائي:** استخدم هذا الأسلوب في تحليل البيانات التي تم تجميعها إحصائيًا، وبيانات الأرصاد الجوية لمحطات القيصومة، والظهران، والأحساء للفترة ١٩٨٥-٢٠١٨م، وذلك باستخدام برنامج SPSS، واستخدام تحليل معدل صلة الجار الأقرب، ومعدل مورانس لتحديد نمط التوزيع المكاني للمقالع.

٥- **أسلوب التحليل الكارتوجرافي:** استخدم في تحليل اللوحات الطبوغرافية ١٣-٤٩٢٥، و ٣١-٤٩٢٥، و ٣٤-٥٠٢٦، مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠، واللوحه الجيولوجية MG-A108، مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠٠، ورسم الخرائط وتحليلها باستخدام برنامج ArcGIS10.5.

كما استخدمت الاستبانة في جمع البيانات والمعلومات من السكان، والعاملين في المقالع بمحافظة الدمام، والجبيل، النعيرية، والأحساء، بهدف معرفة آثار الغبار الصاعد من المقالع، واتبع في اختيار أفراد العينة الطريقة العشوائية، وبلغ حجم العينة ٢٠٠ استمارة استبانة، تم استعادة عدد ١٠٣ استبيانات منها، أي إنه تم تحقيق ٥٠% من جملة ما تم تطبيقه بواسطة هذه الطريقة؛ وذلك للحصول على بيانات ميدانية كان من الصعوبة الشديدة الحصول عليها بطريقة أخرى.

المناقشة والتحليل:

أولاً: الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة:

(أ) جيولوجية المنطقة:

تتألف منطقة الدراسة من عدة تكوينات جيولوجية ترجع إلى الزمن الثالث والرابع (شكل

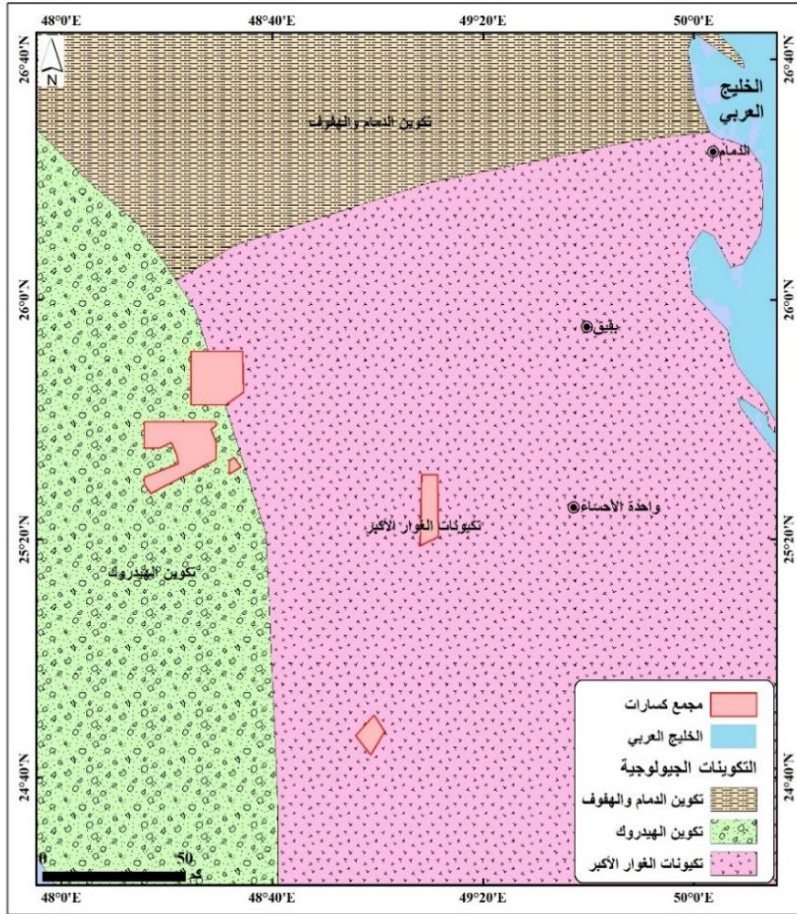
٢)، وتتمثل فيما يلي:

١- تكوين الدمام والهفوف: هو عبارة عن مزيج من الأحجار الجيرية، والمارل، والطفل ذات اللون الفاتح، وينقسم تكوين الدمام إلى عضوي الخُبر والعلاه المتكونين من الأحجار الجيرية، وبلغ سمكه في المقطع المثالي ٣٣ مترًا، ويتركب تكوين الهفوف من رواسب

قارية، وصخور الحجر الجيري، التي ترجع إلى زمن الميوسين المتأخر، والبللايستوسين، الذي يصل سمك مقطعه الرئيس شمال غربي مدينة الهفوف إلى ٩٥ مترًا (الوليحي، ٢٠٠٨).

٢- تكوين الهيدروك: يصل السمك في هذا التكوين إلى حوالي ٩٠ مترًا، ويتألف من رواسب بحرية تعود إلى الميوسين المبكر، ويغلب عليه الحجر الجيري، والرمل، بالإضافة إلى تداخل من الطفل، والمارل مع بعض العقد الصوانية، والجبسية (Powers, et al., 1966).

٣- تكوينات الغوار الأكبر: تتكون من الحجر الجيري الكلسي الرملي، والحجر الرملي الجيري، والطباشيري، والحجر الرملي، ومتحجرات بحرية، بالإضافة إلى طبقات من الرمل، والطيني والحصى، والرواسب الكلسية، ورواسب السبخات (الوليحي، ٢٠٠٨).
 وجدير بالذكر أن هذه المواد تمثل المادة الخام لأعمال البناء، ورصف الطرق، وإنتاج الطوب الأسمنتي، وكذلك صناعة الأسمنت، والحجر الأبيض (عبارة عن طوب مصنع من الحجر الجيري) المنتشرة في شرقي السعودية.



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على الخريطة الجيولوجية مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠، لوحة ج م-٢٠٨، أ، ١٩٧٩م، ومرئيات فضائية للقمر الصناعي الأمريكي لاندسات OLI مقياس ١: ٥٠٠٠٠ لسنة ٢٠٢١، باستخدام ArcGIS10.5.

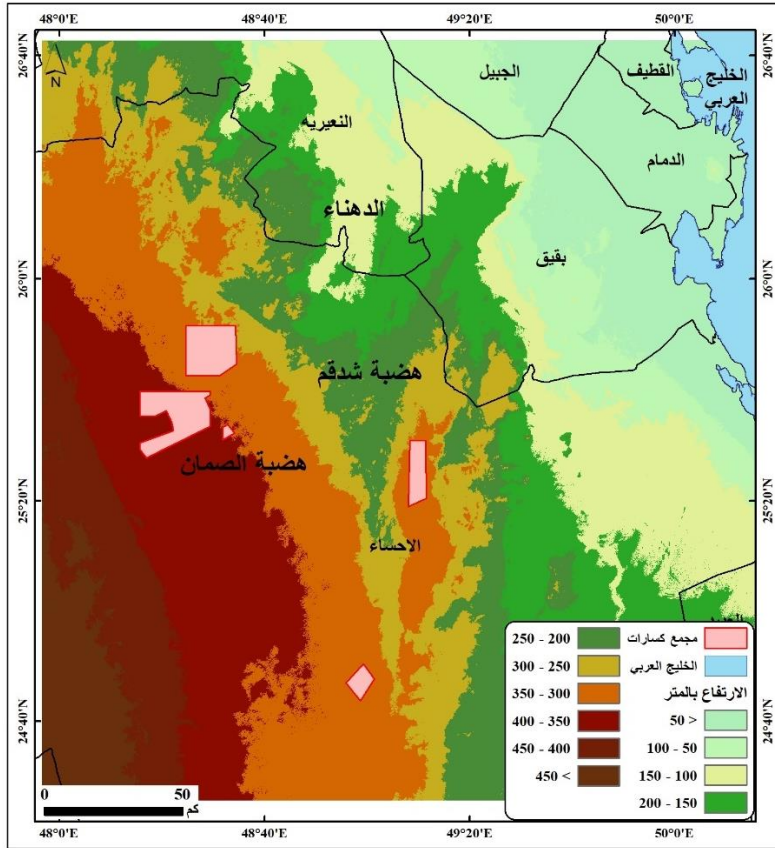
شكل (٢) التكوينات الجيولوجية السطحية بمنطقة الدراسة.

(ب) السطح:

تتراوح مناسيب سطح الأرض في منطقة الدراسة ما بين أقل من ٥٠ إلى أكثر من ٤٥٠ مترًا فوق منسوب سطح البحر (شكل ٣)، وتنتشر بها السهول، ومنها سهل الأحساء، والسهل الساحلي الغربي للخليج العربي، وهي سهول تتميز بخصوبة تربتها وصلاحياتها للزراعة، بينما يبلغ انحدار السفوح ما بين ٣٠-٤٠ درجة (النشوان، ٢٠١٢)، وتمتد المرتفعات من الشمال إلى الجنوب بمحاذاة منطقة الدراسة، وتندرج في انحدارها من

الغرب إلى الشرق، وتتمثل هذه المرتفعات في هضبة الصمان التي تمتد بين صحراء الدهناء غربًا، والسهل الساحلي للخليج العربي شرقًا بمتوسط ارتفاع ١٨٢م عن منسوب سطح البحر، وهضبة شدقم التي تقع جنوب غرب بقيق، وشمال غرب الهفوف، وهي جزء من هضبة الصمان (الوليبي، ٢٠٠٨).

يسبب التباين في مناسيب سطح الأرض وأشكاله تباينًا في سرعة الرياح واتجاهها، مما يعمل على زيادة الانتشار الرأسي للغبار والأترربة المتصاعدة من المقالع، وبخاصة في المناطق السهلية.



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات وزارة البترول والثروة المعدنية، خريطة طبوغرافية لوحة NG39.SW مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠، ومرئيات فضائية للقمر الصناعي الأمريكي لاندسات OLI مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠ لسنة ٢٠٢١، باستخدام برنامج ArcGIS10.5.

شكل (٣) نموذج الارتفاع الرقمي شرقي السعودية.

(ج) الرياح:

يعد اتجاه الرياح وسرعتها من أهم العناصر المناخية تأثيراً في غبار المقالع (هبوبه وانتقاله)، ويتضح من (الجدول ١) اتجاهات الرياح وسرعتها في الفصول الأربعة في منطقة الدراسة وفق ما يلي:

جدول (١) المعدل السنوي لاتجاهات الرياح وسرعتها بمحطات منطقة الدراسة
عقدة/الساعة

الأحساء		الظهران		القيصومة		المحطة الشهر
اتجاه الرياح	سرعة الرياح	اتجاه الرياح	سرعة الرياح	اتجاه الرياح	سرعة الرياح	
ش ش غ	٧	غ ش غ	٨	ش	٧	ديسمبر
ش ش غ	٧	غ ش غ	٨	ش	٦	يناير
ش ش غ	٨	ش	٩	ش	٧	فبراير
ش	٨	ش	٩	ش	٨	مارس
ش	٨	ش	٩	ش	٨	أبريل
ش	٧	ش	٩	ش	٨	مايو
ش	٨	ش	١٠	ش	٨	يونيو
ش ش غ	٨	ش	٩	ش ش غ	٨	يوليو
ش	٧	ش	٨	ش ش غ	٦	أغسطس
ش	٦	ش	٧	ش	٦	سبتمبر
ش	٥	ش	٧	ش	٦	أكتوبر
ش ش غ	٦	ش غ - غ ش غ	٨	ش	٦	نوفمبر
ش	٧	ش	٨	ش	٧	المعدل السنوي

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، بيانات غير منشورة، خلال الفترة من ١٩٨٥ - ٢٠١٨م.

أ- فصل الشتاء: يسود الاتجاه الشمالي بسرعة ٧ عقدة/الساعة في محطة القيصومة، والاتجاه غرب الشمال الغربي بسرعة ٨ عقدة/الساعة في الظهران، والاتجاه شمال الشمال الغربي بسرعة ٧ عقدة/الساعة في الأحساء، نظراً لحالة عدم الاستقرار بسبب مرور عديد من المنخفضات الجوية في فصل الشتاء.

ب- فصل الربيع: يسود الاتجاه الشمالي في محطات القيصومة، والظهران، والأحساء بسرعة ٨، ٨، و٩ عقدة/ الساعة على التوالي، وهو فصل انتقالي يسود فيه رياح السموم الحارة الجافة.

ج- فصل الصيف: يسود الاتجاه الشمالي، وشمال الشمال الغربي في محطتي القيصومة، والأحساء بسرعة ٧، ٨، و٩ عقدة/ الساعة، والظهران بسرعة ٩ عقدة/ الساعة، وتختلف سرعة الرياح بين الصيف والشتاء؛ لتأثرها بتوزيع الضغط الجوي الذي تخضع له وتغيراته، بالإضافة إلى وجود الغطاء النباتي وكثافته.

د- فصل الخريف: يسود الاتجاه الشمالي، وشمال الشمال الغربي في محطتي القيصومة، والأحساء بسرعة ٦ عقدة/ الساعة، والشمالي، والشمال الغربي في الظهران بسرعة ٧ عقدة/ الساعة، ويتميز بعدم استقرار الأحوال الجوية.

تُعد الرياح عاملاً مهماً في درجة تكثيف تلوث الهواء، وانتشار الغبار والأتربة المتصاعدة من المقلع، أو التخفيف من حدتها تبعاً لسرعتها وطبيعة اتجاهها بالنسبة إلى مصادر التلوث، حيث توجد علاقة عكسية بين سرعة الرياح ودرجة تركيز الملوثات، فكلما ازادت سرعة الرياح عملت على انتشار الملوثات، وكلما تناقصت ساعدت على تركيزها، فالرياح السريعة تؤدي إلى نقل الملوثات من مصادرها، ومن ثم تسهم في زيادة شدة العواصف الغبارية وتعاضم أثارها السلبية، كما هو الحال في الرياح الشمالية، والشمالية الغربية السائدة على مدار العام، فهي تؤدي إلى نقل الملوثات الغبارية إلى الأراضي الجنوبية التي تقل فيها كمية الأمطار، ومن ثم نقل عملية غسل الغبار، مما يتسبب في تدهورها، أما الرياح الساكنة في فصول الربيع، والصيف، والخريف فإنها تساعد في بقاء الملوثات في الغلاف الجوي أطول مدة زمنية ممكنة، وتعمل على تركيزها في أماكن محددة من سطح الأرض، مما يتسبب في تدهور الغطاء النباتي، والتربة في تلك المواقع بدرجة كبيرة، كما ترتفع معها كمية التبخر، وتتناقص نسبة الرطوبة، مما يؤدي إلى جفاف التربة، وحدوث العواصف الغبارية التي تشكل خطورة على صحة الإنسان.

ثانياً: التحليل المكاني لمقالع الحجر الجيري باستخدام نظم المعلومات الجغرافية:

يمكن التعرف على مواقع المقالع الحجرية، واتجاه انتشارها، واتجاه التوسع العمراني في المنطقة، ومدى تقارب المقالع من بعضها، وكيفية تجمع المقالع في المنطقة، والتعرف على الأراضي الزراعية، ومدى تداخل المقالع معها، وحساب جميع المساحات، وتأثيرها في البيئة.

(أ) تطور أعداد المقالع الحجرية، وتوزيعها الجغرافي:

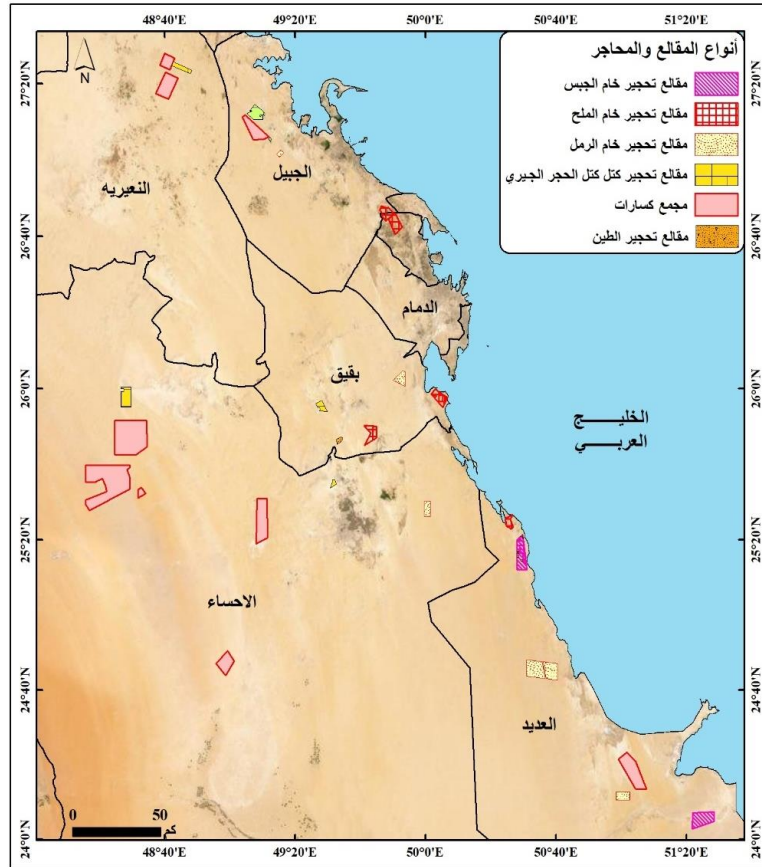
تنتشر المقالع الحجرية شرقي السعودية في محافظات: الأحساء، والعيدي، والجبيل، وحفر الباطن، والنعيرية، ويلاحظ من (الجدول ٢ والشكل ٤) أنها تتركز في مناطق محددة من جنوب منطقة الدراسة، وهي في تطور مستمر، الأمر الذي ترتب عليه التشويه البيئي بالمنطقة، فقد كان عددها ٦ مواقع جغرافية مكانية، تضمنت ١٢ مقلعاً بمساحة بلغت ٤٣٣,٤٨ كم^٢، بنسبة ٢٦% من مجموع مساحة المقالع، خلال الفترة ١٩٨٥-١٩٩٧، وازدادت إلى ١١ مقلعاً بها ٨٢ مقلعاً، بمساحة بلغت ٦٨٦,١١ كم^٢، بنسبة ٤٢%، خلال الفترة ٢٠٠٠-٢٠١٣، يملك أغلبها الشركات التي نفذت المخططات العمرانية، وشبكات الطرق بالمنطقة، ثم ازدادت ٢٧ مقلعاً، بمساحة بلغت ٥٢١,١٢ كم^٢، بنسبة ٣٢% من مجموع مساحة المقالع، خلال الفترة ٢٠١٣-٢٠٢٢، فقد تطورت أعدادها في السنوات الأخيرة بشكل غير مسبوق، حيث وصل عددها إلى ٣٨ مقلعاً، تتضمن ٢٤٣ مقلعاً حجرياً بمساحة ١٦٤٠,٧١ كم^٢ في عام ٢٠٢٢ (جدول ٣)، حيث يقترب الموقع الجغرافي للمقالع الحجرية من التجمعات السكانية، والأراضي الزراعية، والنباتات البرية، ومن هنا تبرز خطورة هذا الموقع في منطقة الدراسة.

جدول (٢) تطور أعداد المقالع شرقي السعودية، وتوزيعها الجغرافي

خلال الفترة ١٩٨٥-٢٠٢٢ حسب الموقع، والشركات العاملة في هذا المجال

م	تاريخ النشاط	الموقع الجغرافي وتبعيته	المساحة كم ^٢	م	تاريخ النشاط	الموقع	المساحة كم ^٢
١	١٩٨٥	الفضلي وأبو حدرية - الجبيل	٤,٢٠	٢٠	٢٠١٩	شرق طريق حفر الباطن رقم ٢	٢٠,٤٥
٢	١٩٩٧	شركة الأسمنت السعودية- الأحساء	١١٣,٥٨	٢١	٢٠١٩	الفضلي وأبو حدرية - الجبيل	٢,٤١
٣	١٩٩٧	الصمان - الأحساء	٣١٥,٧	٢٢	٢٠٢٠	شركة الأسمنت السعودية- الأحساء	٠,٢٤
٤	٢٠٠٠	الفضلي وأبو حدرية - الجبيل	٦٣,٣٧	٢٣	٢٠٢٠	الصمان - الأحساء	٦,١٤
٥	٢٠٠٠	شمال الراديف - النعيرية	٣٣,٩٦	٢٤	٢٠٢٠	الفضلي وأبو حدرية - الجبيل	٠,٧٤
٦	٢٠٠٠	جنوب الراديف - النعيرية	٧٨,٣٤	٢٥	٢٠٢١	شركة الأسمنت السعودية- الأحساء	٣١,٦٧
٧	٢٠٠٢	المسناة - حفر الباطن	١٥٨,٢٥	٢٦	٢٠٢١	الصمان - الأحساء	٤٥,٤١
٨	٢٠٠٧	توسعة شمال الراديف- النعيرية	٢٠,٢٥	٢٧	٢٠٢١	الفضلي وأبو حدرية - الجبيل	٢٤,٣٤
٩	٢٠١٣	جنوب الحني- الأحساء	٥٧,٠٥	٢٨	٢٠٢١	شمال طريق الدمام-الرياض السريع - الأحساء	٤٢,٢٥
١٠	٢٠١٣	شمال طريق الدمام-الرياض السريع - الأحساء	٢٦٣,٥٤	٢٩	٢٠٢١	العديد	٢٦,٥
١١	٢٠١٣	جنوب طريق الدمام-الرياض السريع- الأحساء	١١,٣٥	٣٠	٢٠٢١	شرق طريق حفر الباطن رقم ١	٣٣,٢٥
١٢	٢٠١٦	العديد	١١٧,٧٢	٣١	٢٠٢٢	شركة الأسمنت السعودية- الأحساء	١٠,٩٨
١٣	٢٠١٧	شركة الأسمنت السعودية- الأحساء	٣٨,٩٥	٣٢	٢٠٢٢	شركة الأسمنت السعودية-وادي النجبية- الأحساء	٤٦,٤١
١٤	٢٠١٧	الصمان - الأحساء	٠,٥٠	٣٣	٢٠٢٢	الصمان - الأحساء	٢٤,٣٤
١٥	٢٠١٨	الصمان - الأحساء	٢,٩٣	٣٤	٢٠٢٢	الفضلي وأبو حدرية - الجبيل	٢,٤٦
١٦	٢٠١٨	الفضلي وأبو حدرية - الجبيل	٠,٩٩	٣٥	٢٠٢٢	جنوب الحني- الأحساء	٠,٢٥
١٧	٢٠١٩	الصمان - الأحساء	٣,٢٠	٣٦	٢٠٢٢	شمال طريق الدمام-الرياض السريع - الأحساء	٠,٢٥
١٨	٢٠١٩	شركة الأسمنت السعودية- الأحساء	٠,٣٤	٣٧	٢٠٢٢	شرق طريق حفر الباطن رقم ١	٢,٠٦
١٩	٢٠١٩	شرق طريق حفر الباطن رقم ١	٣٦,١٤	٣٨	٢٠٢٢	شرق طريق حفر الباطن رقم ٢	٠,٢

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على وزارة الصناعة والثروة المعدنية، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٢، والمرئيات الفضائية للأعوام ١٩٨٥، و٢٠٠٠، و٢٠٢٢، باستخدام برنامج ArcGIS10.5.



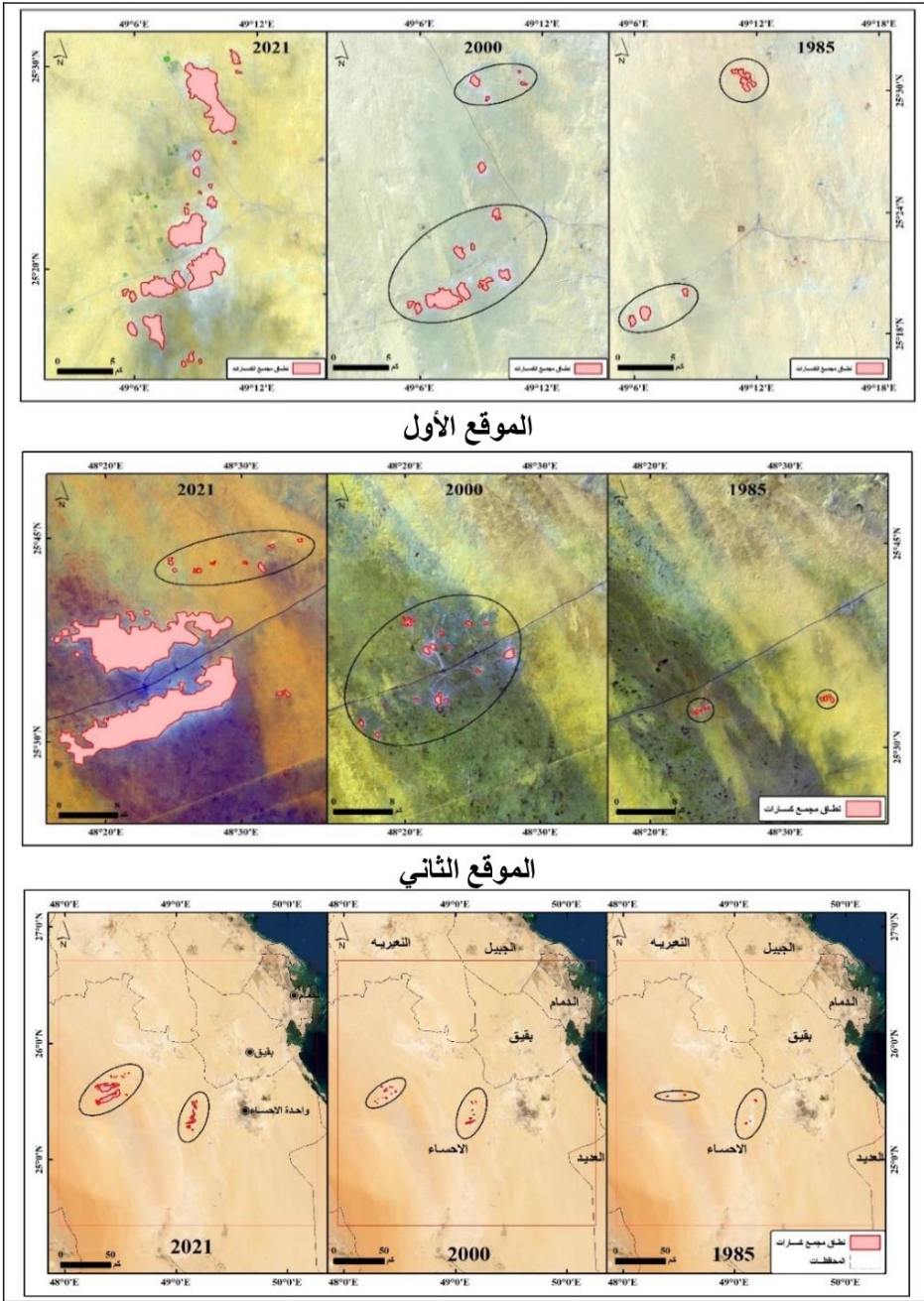
المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على بيانات وزارة الصناعة والثروة المعدنية، وخرائط طبوغرافية ١: ٥٠٠٠٠ لعام ١٩٨١، ومرئيات فضائية للقمر الصناعي الأمريكي لاندسات OLI مقياس ١: ٥٠٠٠٠ لسنة ٢٠٢١، باستخدام ArcGIS10.5.

شكل (٤) التوزيع المكاني للمقالع الحجرية شرقية السعودية.

جدول (٣) تطور مساحات المقالع خلال الفترة ١٩٨٥-٢٠٢٢

النسبة المئوية	مساحة المقالع كم ^٢	الفترة الزمنية
٢٦%	٤٣٣,٤٨	١٩٩٧-١٩٨٥
٤٢%	٦٨٦,١١	٢٠١٣-٢٠٠٠
٣٢%	٥٢١,١٢	٢٠٢٢-٢٠١٦
١٠٠%	١٦٤٠,٧١	المجموع

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على وزارة الصناعة والثروة المعدنية، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٢.



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات وزارة الصناعة والثروة المعدنية، ومرئيات فضائية للقمر الصناعي الأمريكي لاندسات TM لسنة ٢٠٠٠، الأمريكي لاندسات MSS لسنة ١٩٨٥، ومرئيات فضائية للقمر الصناعي الأمريكي لاندسات OLI لسنة ٢٠٢١، باستخدام برنامجي ArcGIS10.5، Envi.

شكل (٥) تطور المقالع الحجرية، واتجاه انتشارها شرقية السعودية.

لوحظ خلال الدراسة الميدانية أن المقالع الحجرية على تلامس تام مع الطرق العامة، وبذلك تشكل خطراً على السلامة العامة؛ حيث تسببت في حوادث السيارات ووقوع الأطفال، كما تشكل أماكن انتشارها، واتجاه توسعها، وزيادة عددها بمرور الوقت (الشكل ٥) خطراً على سلامة المباني، فقربها من المساكن يهدد سلامة المسكن، وبالتالي قد يؤدي إلى انهياره، وقد يضطر بعض الملاك إلى ترك منازلهم لاستخراج الحجر من أسفله، وبهذه الطريقة تتوسع المقالع باتجاه المباني، وتزداد خطورتها.

(ب) اتجاه انتشار المحاجر، وتوسعها:

تنتشر المقالع الحجرية في منطقة الدراسة في اتجاه شمالي غربي - جنوبي شرقي وبامتداد طولي (شكل ٥)، ذلك الاتجاه والامتداد يجعل من المقالع أكثر خطورة على البيئة والسكان؛ حيث تتوزع الملوثات المنبعثة منها بخاصة الغبار، وذلك على مساحات أكبر بحكم وقوعها في منصرف الرياح السائدة في منطقة الدراسة، بالإضافة إلى الأصوات المرتفعة الصادرة عن المقالع، وتنتقل عبر الهواء بوصفه وسيطاً في اتجاه سير الرياح، مسبباً التلوث الضوضائي للسكان بالمنطقة.

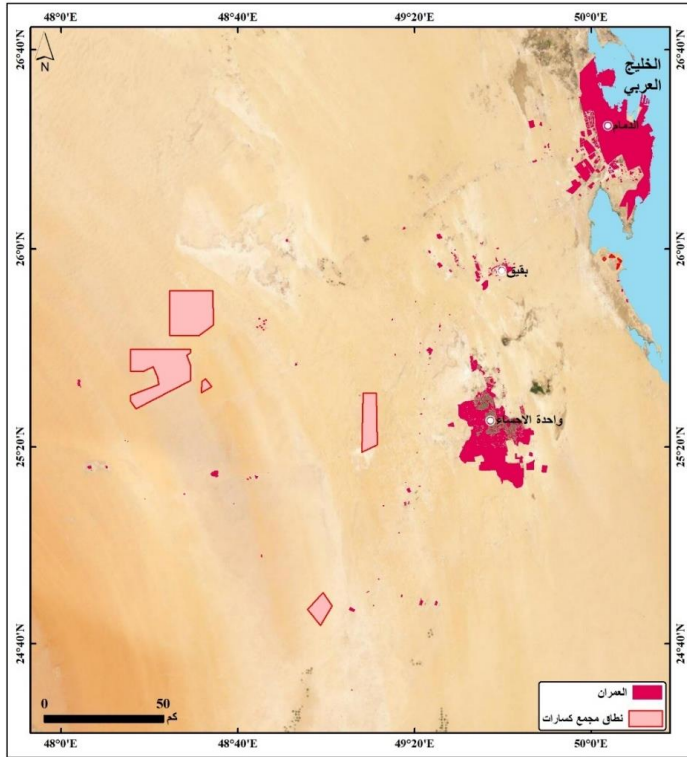
(ج) اتجاه التوسع العمراني:

اتضح من خلال استخدام برنامج ArcGIS10.5 أن اتجاه التوسع العمراني في منطقة الدراسة هو شمال الشمال الغربي، وأقرب المواقع بالقرب من بقيق على مسافة أقل من ١٠ كم، وجنوب الجنوب الغربي من الأحساء، وأقرب موقع كان على مسافة ٣٥ كم (شكل ٦)، وبذلك هو قريب من نمط انتشار المقالع الحجرية، مما يجعل النمطين في موازاة بعضهما البعض، وإذا استمرت المقالع في نمط الانتشار ناحية الغرب، سترتب عليه النقاء النمطين، وبالتالي زيادة الخطر على السكان (صورة ١).



المصدر: جريدة الوطن، ١٩ ديسمبر ٢٠٢٠.

صورة (١) اقتراب المقالع من النطاق العمراني غرب منطقة الدراسة (نموذج توضيحي).



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على بيانات وزارة الصناعة والثروة المعدنية، والمرئيات الفضائية للأعوام ١٩٨٥، ٢٠٠٠، و٢٠٢٢، باستخدام برنامج ArcGIS10.5.

شكل (٦) اتجاه انتشار التوسع العمراني والمقالع الحجرية، والتداخل بينهما بمنطقة الدراسة.

(د) التحليل النمطي لمقالع الحجر الجيري في منطقة الدراسة:

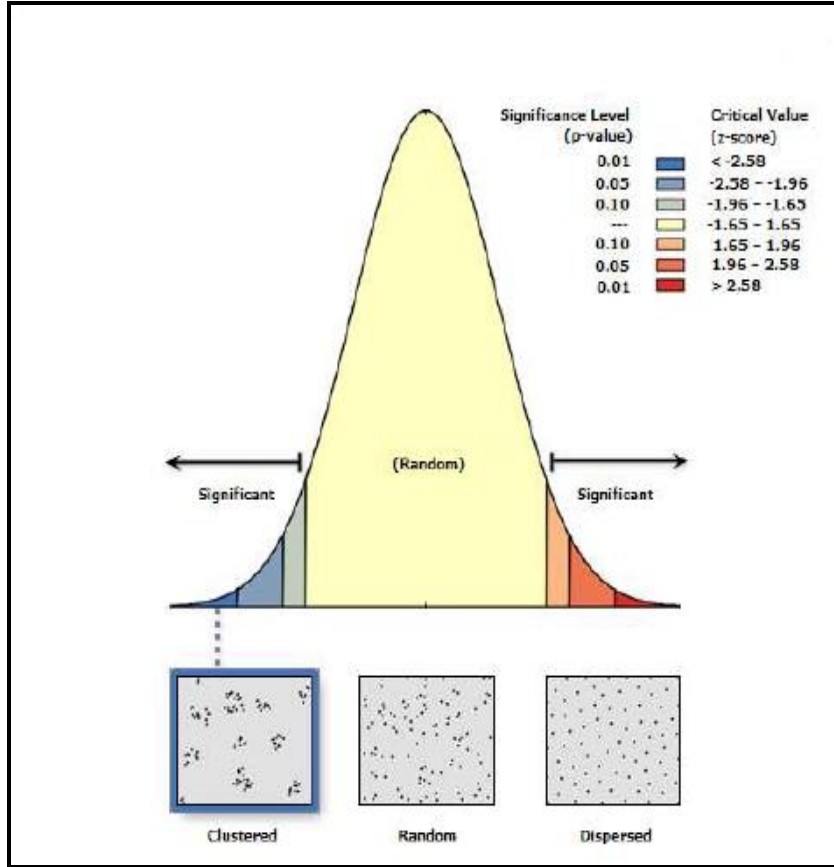
- معدل صلة الجار الأقرب Average Nearest Neighbor

يمكن استخدام هذا الأسلوب للكشف عن نمط انتشار المقالع الحجرية شرقي السعودية، ويعبر عن دليل الجار الأقرب بوصفه نسبة بين المسافة المشاهدة مقسومة على المتوقعة، حيث إن المسافة المتوقعة هي متوسط المسافة بين المقالع المتجاورة في تجمع عشوائي افتراضي (عياصرة، ٢٠١٦)، وبناء على (الجدول ٤ والشكل ٧) يتضح أن المقالع الحجرية بالمنطقة تسلك في توزيعها النمط المكاني المتجمع العشوائي Clustered Random، أي على شكل تكتلات متباعدة، فقد بلغت قيمة معدل صلة الجار الأقرب للمقالع ٠,٨٤، والفاوق المعياري ٢,٩، ومستوى المعنوية ٠,٠٠٢٧١٤.

جدول (٤) قيم تحليل المعالم الإحصائية، ونمط توزيع صلة الجوار

قيم المعالم الإحصائية	نمط التوزيع
٠,٤٩-٠,٠٠	متجمع
٠,٩٩-٠,٥٠	متجمع عشوائي
١,١٩-١,٠٠	عشوائي
٢,١٥-١,٢٠	مشتت

المصدر: داود، ٢٠٠٩.



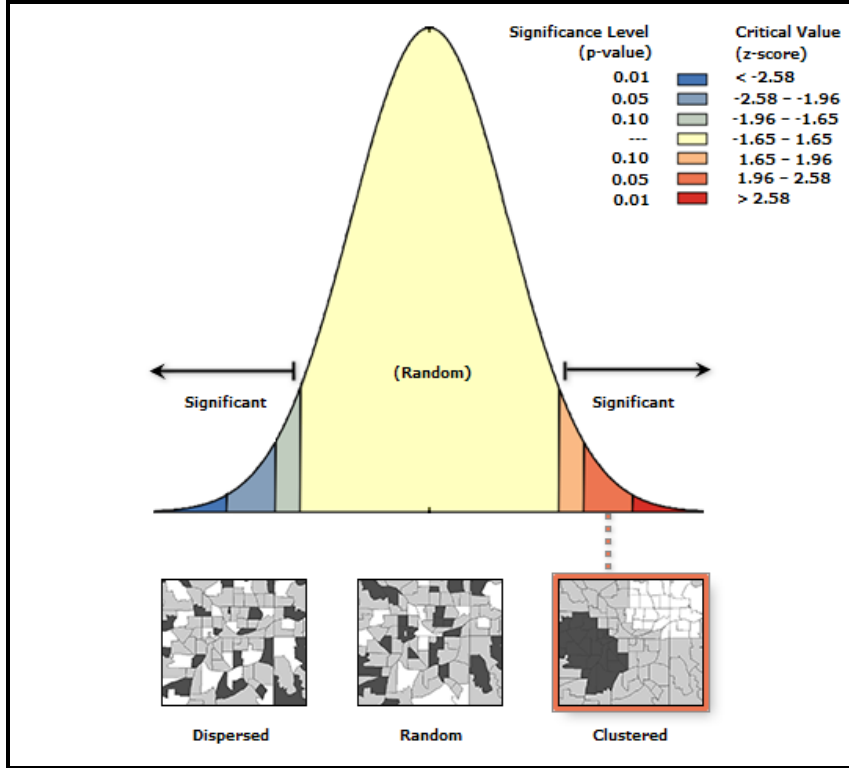
المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات وزارة الصناعة والثروة المعدنية، والمرئية الفضائية لعام ٢٠٢٢، باستخدام برنامج ArcGIS10.5.

شكل (٧) نمط التوزيع المكاني للمقالع الحجرية طبقًا لمعدل الجار الأقرب بمنطقة الدراسة.

- معامل الارتباط الذاتي المكاني (معامل مورانس) Moran's Spatial Autocorrelation Coefficient Index :

يستخدم معامل مورانس في قياس تشابه الظواهر المتجاورة، تلك التي تعتمد على المقارنة بين القيم المتعلقة بكل معلم مع القيم الإحصائية لمعامل مورانس، وتتراوح قيمة معامل مورانس بين - ١ و ١، فإذا كانت القيمة قريبة من - ١، دلّ ذلك على النمط المتشتت والمتباعد، وإذا كانت القيمة قريبة من ١، دلّ ذلك على النمط المتجمع، أما إذا كانت القيمة قريبة من الصفر، فتشير إلى النمط العشوائي في التوزيع المكاني

(العزاوي، ٢٠١٠)، ويتضح من (الشكل ٨) أن قيمة معامل مورانس لمنطقة الدراسة بلغت ٠,٢٤، ويدل ذلك على أن نمط التوزيع المكاني للمقالع بها هو النمط المتجمع.



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات وزارة الصناعة والثروة المعدنية، والمرئية الفضائية لعام ٢٠٢٢، باستخدام برنامج ArcGIS10.5.

شكل (٨) نمط التوزيع الذاتي المكاني طبقًا لمعامل مورانس للمقالع الحجرية بمنطقة الدراسة.

ثالثًا: الآثار البيئية الناجمة عن المقالع الحجرية:

ينتج الحجر الجيري والدلوميت غبارًا أكثر بالمقارنة مع الصخور الجرانيتية والبازلتية، وتتكون الأجزاء الوسطى والشرقية من المملكة العربية السعودية من طبقة رسوبية من العصر الجيولوجي الحديث، تتألف الصخور الصلبة بشكل رئيس من الحجر الجيري والدلوميت، وذلك في المنطقة الوسطى، والحجر الجيري كثيف وصلب، وبالآتجاه نحو

الشرق تصبح الصخور مسامية وناعمة، ونتيجة لذلك، تنتج صخور الحجر الجيري اللينة المتوفرة في المنطقة الشرقية مزيداً من الغبار بالمقارنة بالصخور الصلبة في المنطقة الوسطى (Amin, et al., 2017, P.4-5).

ويتم إنتاج كميات ضخمة من ركام المقالع لاستخدامها في إنتاج الخرسانة، وبناء الطرق في الهفوف، والدمام، والجبيل، في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية (Al-Abidien, 1987, P.260-264)، وذلك أثناء عمليات التعدين، والنقل، والسحق لإنتاج الركام، وتتصاعد كمية هائلة من مسحوق الحجر الجيري، تسبب هذه الجسيمات الدقيقة خلال العواصف الرملية آثاراً بيئية ضارة في العناصر الحية، وغير الحية في منطقة الدراسة، بعضها يمكن ملاحظته ميدانياً، والبعض الآخر يمكن قياسه حقلياً، وكيميائياً، وفيما يلي توضيح لتلك الآثار:

(أ) آثار المقالع في التربة:

تتعرض التربة في مناطق المقالع بشرقي السعودية إلى عدد من الأخطار، تتمثل فيما يلي:

١- تؤدي حركة الآلات المستخدمة في المقالع إلى انضغاط التربة، وتزايد مقاومتها للاختراق، وبالتالي تدهور خصائصها الناتجة عن ضغط الأحمال الواقعة، الذي يسبب دفع حبيبات التربة من أعلى إلى أسفل، بحيث تستقر الحبيبات دقيقة الحجم في الفراغات البينية للحبيبات الأكبر منها حجماً، بالإضافة إلى نقص المادة العضوية، ومن ثم يصعب على جذور النباتات اختراقها، وبالتالي عدم قدرة بذور النباتات على النمو في التربة، وقد اتضح من قياسات مقاومة التربة للاختراق باستخدام جهاز البنتروميتر، ومقارنتها بالنتائج التي توصل إليها (Taylor, et al., 1966)، ومن خلال استقراء (الجدول ٥) تبين أن مقاومة التربة للاختراق في مواقع المقالع تتراوح ما بين ١,٧-٢,٣ ميغا باسكال، ومن ثم فإن درجة تأثيرها في الإنبات شديدة، وقد لا يحدث إنبات، بينما كانت درجة تأثير مقاومة التربة للاختراق في الإنبات خفيفة إلى متوسطة في الأماكن البعيدة عن تأثير المقالع، حيث تراوحت ما بين ٠,٧-١,١ ميغا باسكال، وتتفق هذه النتائج مع دراسة (Maslehuddin, et al., 2006).

جدول (٥) مقاومة التربة للاختراق، وأثرها في الإنبات حسب لال وآخرون، ١٩٩٧

درجة التأثير في النبات	مقاومة التربة للاختراق (ميغا باسكال MPa)
خفيف	١,٢-٠,٦
متوسط	١,٨-١,٢
شديد	أعلى من ١,٨

Source: Lal, et al., 1997, p.134.

٢- انسداد مسام التربة نتيجة تراكم غبار المقالع عليها، مما يؤدي إلى انخفاض خصوبتها بسبب التكلس، ويقلل من معدل رشح مياه الأمطار داخلها، ويتسبب في زيادة معدلات الجريان السطحي، وبالتالي يؤثر سلبياً في مستويات المياه الجوفية، حيث اتضح الفرق بين معدل رشح المياه في تربة تعرضت للانضغاط وتزايدت مقاومتها للاختراق بالقرب من موقع المقالع، وتربة أخرى طبيعية لم تتعرض للانضغاط، وعند مقارنتهما بالتصنيف الموضح في (الجدول ٦) تبين أن معدل الرشح في التربة المنضغطة يتراوح ما بين ٠,٠٥-٠,٨ سم/ساعة، ومن ثم فهو بطيء إلى بطيء جداً، مما يتسبب في فقدان مياه الأمطار وجفاف التربة، بينما تراوح المعدل في التربة غير المنضغطة ما بين ٠,٤-١,١ سم/ساعة، ويصنف من بطيء إلى متوسط، وبالتالي يحدث انخفاض خصوبتها، وتراجع الإنتاجية بنسبة ٦٢%.

جدول (٦) تصنيف معدل رشح التربة حسب بلاك وآخرون، ١٩٦٥

التصنيف	معدل الرشح سم/ساعة
بطيء جداً	أقل من ٠,١٢٥
بطيء	٠,٥ - ٠,١٢٥
بطيء إلى متوسط	٢,٠ - ٠,٥
متوسط	٦,٢٥ - ٢,٠
متوسط إلى سريع	١٢,٥ - ٦,٢٥
سريع	٢٥ - ١٢,٥
سريع جداً	أكبر من ٢٥

Source: Black, et al., 1965, p.212

٣- تتعرض التربة في مواقع المقالع إلى مشكلة التصلب؛ بسبب وجود ترسبات كربونات الكالسيوم بكميات كبيرة، إما أن تكون في شكل قشرة جيرية تتكون على الطبقات السطحية من التربة، وإما في صورة حبيبات بأحجام حبيبات التربة المختلفة (طين، ورمل، وسلت) تنتشر في قطاع التربة، أو على هيئة كتل متحجرة بأحجام مختلفة في الطبقات تحت السطحية للتربة، وقد تتجمع كربونات الكالسيوم في طبقة واحدة، أو أفق واحد من آفاق قطاع التربة، وتكوّن الأفق الجيري الذي قد يتصلب مكوناً الأفق الجيري المتحجر، وبالتالي تتغير خصائص التربة الطبيعية، والكيميائية، والغذائية بمستويات مختلفة حسب كمية وجودها، والصورة التي هي عليها في قطاع التربة، فكلما ازدادت نسبة كربونات الكالسيوم في التربة، كلما ساءت خصائصها المختلفة ومن ثم انخفضت إنتاجيتها، وقلت فرص نجاح زراعة المحاصيل بها، مما يعني تدهور إنتاجية الأرض، بالإضافة إلى أن بناء التربة المحتوية على كربونات الكالسيوم بكميات مرتفعة يكون ضعيفاً، ويتصف بعدم الاستقرار في الطبقات السطحية التي سرعان ما تتهدم عندما تبتل بالماء وتتصلب عند الجفاف، مما يجعلها مهيأة للتعرية المتسارعة المائية والريحية (Buell and Girard, 1994)، ويزداد الانتشار المكاني لتصلب التربة في منطقة الدراسة بالاتجاه جنوباً؛ نتيجة تناقص كميات الأمطار وتذبذبها، وارتفاع درجات الحرارة، وتأثر المنطقة بمناخ الصحراء الواقعة جنوبها.

٤- تعاني التربة في مواقع المقالع من الاستنزاف، فقد قُدرت كمية التربة التي يتم فرزها عن الركام لاستخدامها في إعداد خطة ردم أساسات المباني، ورصف الطرق في إحدى المقالع بنحو ١٣٥م^٣ يومياً في فصل الشتاء، ونحو ٢٠٠ م^٣ يومياً في فصل الصيف، وتتمثل خطورة هذا الاستنزاف في كونه يتسبب في فقد كميات كبيرة من التربة خلال مدة زمنية قصيرة قد تكون يوماً واحداً، في حين أن تكوين التربة نفسها يستغرق زمناً طويلاً، فهي عملية معقدة وبطيئة، حيث تقدر الفترة الزمنية التي تتكون فيها تربة ذات عمق ٢-٣م ما بين ١٠٠-١٠٠٠ سنة (كتانة، ١٩٨٥).

٥- يؤدي إنشاء المقالع في بطون الأودية، وإزالة القطع الصخرية التي تحقق الوقاية للتربة بخاصة العارية من الغطاء النباتي ضد عمليات الانجراف المائي والريحي، إلى

تزايد آثار السيول الجارفة التي تتعرض لها المنطقة في موسم سقوط الأمطار، وانجراف كميات كبيرة من التربة.

٦- تلوث مساحات واسعة من التربة بالمخلفات الناتجة عن المقالع، ومنها زيوت المحركات التي بلغت كمية استهلاكها من خلال الدراسة الميدانية في إحدى المقالع ١٥٠ لتر/ أسبوعياً، و ٦٠٠ لتر/ شهرياً، و ٧٢٠٠ لتر/ سنوياً، وكذلك تغطية سطح التربة بطبقة أسفلت يتراوح سمكها ما بين ٣-٤ ملم، بالإضافة إلى بقايا المركبات من مواد معدنية، والآلات التالفة، وقطع الغيار، وأعداد كبيرة من إطارات السيارات، وكلها ملوثة للبيئة، ومشوهة لها.

٧- يؤثر الغبار المتطاير الناتج من المقالع مع الفترة الزمنية على المواصفات الكيميائية، والفيزيائية للتربة، حيث يؤدي تراكم كربونات الكالسيوم إلى زيادة قاعدية التربة (دودين ٢٠٠٢)، ويتضح من الجدول (٧) أثر المقالع في الخصائص الكيميائية للتربة، ومنها تناقص نسبة المواد الصلبة المذابة في التربة بازدياد المقالع الحجرية؛ وذلك لتغطية التربة بالغبار الناتج عنها، والذي يخلو من أي مركبات عضوية، أو غير عضوية، كما زادت قيمة التوصيل الكهربائي في المناطق البعيدة عن المقالع بالمقارنة بالمناطق القريبة منها، وبالنسبة إلى المعادن في التربة أدت المقالع إلى زيادة نسبة الكالسيوم، ولكنها لم تؤثر في الصوديوم، والبوتاسيوم، وحموضة التربة، ومن الثابت أن لدرجة الحموضة تأثير بالغ في زيادة تأثيرها السلبي على البيئة، حيث تعمل على خفض درجة حموضة التربة، التي تنعكس سلباً على خصوبتها.

جدول (٧) نتائج التحليل الكيميائي لعينات تربة منطقة الدراسة

العينات					
جنوب م٧٠٠	جنوب م٣٥٠	وسط م١٠٠٠	شرق م٧٠٠	شرق ٣٥٠ م	الاتجاه والمسافة العناصر
٧,١	٧,٣	٧,٩٠	٨,٥	١٠,٥	الحموضة ١:١
١٠٢,٧	٦٢,٦	٧٢,٣	٨٩,٥	٥١,١	المواد الصلبة المذابة mg/L
١٣١,٢	١٠٤,٣	٨٢,٥	٩١,٤	٨٤,٧	التوصيل الكهربائي Moh/m
٦٠,٧	١٨,٧	٤٩,٥	١٧,٩	٣٦,٢	الصوديوم ppm
٤٣,٣	٤٩,٩	٢٩,٦	٧٤,٨	٤٨,٣	البوتاسيوم ppm
١٠٨,٧	١٠٩,٤	١١٠,٣	٩٥,٢	١٠٦,١	الكالسيوم ppm

المصدر: العينات من تجميع الباحثة، وتم التحليل في معمل كلية الزراعة، جامعة الملك فيصل، مايو ٢٠٢٢.

(ب) آثار المقالع في الغطاء النباتي:

يتضح من الجدول (٨) الشكل (٩) أن بعض مناطق النبات الطبيعي تقع في الجانب الغربي من المقالع، وبالتالي تتأثر بحركة الرياح الشمالية، والشمالية الشرقية، بينما يقع البعض الآخر في الجانب الشرقي من المقالع، وبالتالي تتأثر بحركة الرياح الشمالية، والشمالية الغربية، مما ترتب عليه تدهور النبات الطبيعي بمساحة بلغت ٣,٨٥ كم^٢، بنسبة ٠,٢٣% من إجمالي مساحة المقالع بمنطقة الدراسة، حيث تتراوح المسافة بين المقالع والنبات الطبيعي المتدهور، ما بين مترين في أقرب المناطق، و ٥ كم في أبعد المناطق، وفق النموذج المقترح للتدهور (شكل ١٠).

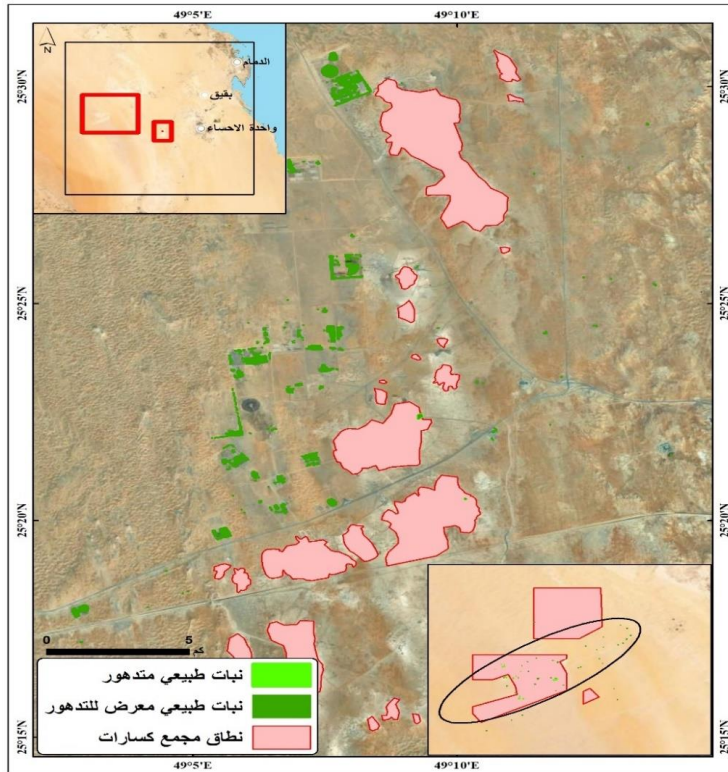
جدول (٨) مساحات تدهور النبات الطبيعي بمنطقة الدراسة

الموقع	درجة التدهور	المساحة كم ^٢
الموقع الأول	نبات متدهور	٠,٠٤٩
	نبات معرض للتدهور	٣,٣١٣
الموقع الثاني	نبات متدهور	٠,٣٥١
	نبات معرض للتدهور	٠,١٤١
الإجمالي		٣,٨٥٤

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على المرئيات الفضائية لعامي ٢٠٠٠، و ٢٠٢٢، باستخدام برنامجي ArcGIS10.5, Envi.

تتمثل الأخطار التي يعاني منها الغطاء النباتي في مناطق المقالع بمنطقة الدراسة فيما يلي:

١- تدمير الغطاء النباتي بهدف إنشاء المقالع، وتجميع المنتجات، والتخلص من مخلفاتها عديمة الأهمية الاقتصادية، بالإضافة إلى الغبار والغازات الصاعدة منها، حيث تتراكم كميات كبيرة منها على أوراق النباتات فتحول دون حدوث عملية التمثيل الضوئي، وبالتالي يتغير لونها من اللون الأخضر إلى اللون الأبيض أو الرمادي، ويتسبب في إغلاق مساماتها بما يؤثر سلبيًا في عمليات النتح، والتنفس، وإنتاج الكلوروفيل اللازم لاستمرار حياة النبات، ومن ثم تتعرض النباتات إلى ظاهرة الذبول، ومن ثم الموت، ويكون ذلك - مع مرور الوقت- على نطاق واسع، مما يؤدي إلى ظهور مشكلة التصحر بدرجة متقدمة في منطقة الدراسة.



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على المرئيات الفضائية لعامي ٢٠٠٠، و٢٠٢٢، باستخدام برنامج ArcGIS10.5, Envi.

شكل (٩) مناطق تدهور النبات الطبيعي بمنطقة الدراسة.

٢- تتعرض النباتات الحساسة النامية في التربة التي تحتوي على كميات مرتفعة من كربونات الكالسيوم إلى ظاهرة الكالسيوم، وهي اصفرار أوراق النبات، وضعف النمو، وانخفاض في كمية الإنتاج المحصولية؛ بسبب ما تحدثه كربونات الكالسيوم لهذه النباتات من ارتباك في عملية التمثيل الغذائي، مثل انخفاض تكوين الكلوروفيل، وتجمع في محتويات النبات من المركبات العضوية، أو انخفاضها.

٣- يتسبب وجود كربونات الكالسيوم بتركيزات عالية في حدوث عدم توازن غذائي لبعض العناصر في التربة مثل البوتاسيوم، والمغنسيوم، وبالتالي يؤدي إلى صعوبة امتصاصها، على الرغم من وجودها بكميات مناسبة (Verheye, 1973, P.63)، وقد بلغت نسبتها في منطقة الدراسة ٩٥,٢%.

٤- تجدر الإشارة إلى أن القشرة الجيرية الصلبة التي تتكون على سطح التربة نتيجة تجمع كربونات الكالسيوم بكميات كبيرة، يصل سمكها في بعض المواقع إلى حوالي ٤ ملم تمنع البذور من النمو، ويصعب على جذور النباتات اختراقها، ومن ثم تسهم في تدهور الغطاء النباتي، كما أن ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم في أراضي النبات الطبيعي (٩٥,٢ ppm) نتيجة تفتت الصخور الجيرية، يؤدي إلى ظهور عديد من الآثار السلبية التي تعرقل نمو كثير من النباتات، وإنتاجها (صورة ٢).



المصدر: الدراسة الميدانية، مارس ٢٠٢٢.

صورة (٢) تدهور النبات الطبيعي بالقرب من مقالع الحجر جنوبى الدمام.

٥- يؤدي ارتفاع درجة التفاعل في الترب المحتوية على كربونات الكالسيوم بكميات كبيرة إلى تحويل بعض العناصر الغذائية مثل الفسفور، والعناصر النادرة بخاصة الحديد والزنك،

إلى صور غير متيسرة لامتصاص النباتات، ويتسبب في فقدان النتروجين من التربة على هيئة أمونيا، ويؤثر هذا سلبًا في نمو المحاصيل الزراعية، وإنتاجها فيؤدي إلى تسممها، وموتها، أو تغير خصائص التربة الكيميائية، والغذائية، والحيوية (خيري والصغير، ١٩٨٣).

٦- يؤدي وجود كربونات الكالسيوم الخاملة كيميائيًا بدرجة كبيرة إلى انخفاض قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، ومن ثم تصبح كثير من النباتات غير قادرة على النمو في هذا الوسط نتيجة لعدم حصولها على احتياجاتها المائية (Zverve, et al., 2008, P.3).

٧- يرى كثير من السكان أن انتشار ظاهرة المقالع أسهمت في القضاء على أنواع عدة من النباتات الطبيعية والبرية في منطقة الدراسة، والتي كانت منتشرة قبل قيام المقالع، ومن هذه النباتات: الأرتي، والعندب، والرمث، والسويدية، والعرفج، والشنان، وسبط، والحاذ، والشرشير، والطلح، والتي كانت منتشرة بكثافة كبيرة، ومعروفة بهذه الأسماء في المنطقة التي أقيمت فيها هذه المقالع ونتيجة انتشار المقالع الواسع والممتد في منطقة الدراسة تم القضاء على هذه الأنواع من النباتات البرية بمساحة ٣,٨٥ كم^٢، بحيث أصبحت المنطقة شبه خالية من تلك النباتات، والجدير بالذكر أن الغبار المتطاير يؤدي إلى تكلس الأوراق، وضعف النباتات، وما ينتج عن ذلك من ضعف النمو نتيجة ضعف عملية التمثيل الضوئي، وإيقاف نمو النباتات، وذبول الأوراق، والأغصان.

(ج) آثار المقالع في الحيوان البري:

١- تعرضت عديد من الحيوانات البرية التي كانت تعيش بالقرب من مواقع إنشاء المقالع مثل الثعلب، والجربوع، والحباري، والحجل إلى الاختفاء؛ نتيجة تدمير الغطاء النباتي الطبيعي، وكذلك التلوث الضوضائي الناتج عن حركة الشاحنات، والمعدات الثقيلة العاملة في المقالع، واستخدام المتفجرات في تقنيات المواد الحجرية، مما يتسبب في إبعاد الحيوانات عن مواطنها الأصلية، كما يؤدي إلى عزلتها، وبالتالي انقراضها، بالإضافة إلى أن الهواء الملوث بالغبار والأتربة يسبب أضرارًا بالغة تصيب الجهاز التنفسي عند الحيوانات.

٢- ترتب على تصلب التربة، وانضغاطها، وتزايد مقاومتها للاختراق، جفافها، وضيق مسامها، وانعدام التهوية، الأمر الذي يؤثر سلبًا في أحياء التربة مثل الديدان.

٣- أثرت المقالع في الحيوانات البرية الموجودة في المنطقة وبخاصة الطيور؛ حيث عملت على القضاء على المراعي الموجودة في المنطقة، والتقليل من غطائها النباتي، كما تسبب الضجيج الناتج عن المقالع في هجرة كثير من أنواع الطيور؛ لعدم توفر البيئة الملائمة.

٤- أدت زيادة المقالع كذلك إلى تراجع في أعداد الثروة الحيوانية؛ بسبب الانتقال من العمل في تربية المواشي إلى العمل في المقالع، نتيجة التراجع الكبير في مساحة الأراضي الرعوية، وارتفاع تكاليف تربية الماشية؛ نظراً لاعتمادها على الأعلاف، كما أن العمل في المقالع حسب اعتقاد السكان يوفر دخلاً أفضل من تربية الماشية.

(د) آثار المقالع في المناخ:

تتمثل آثار المقالع في المناخ في تلوث الهواء الجوي وزيادة شدة العواصف الغبارية عند حدوثها؛ نتيجة انبعاث كميات كبيرة من الغبار والأتربة والمركبات الكيميائية، إذ يبدأ العمل بتفجير المواد الحجرية، ثم تنقل إلى الكسارات بواسطة شاحنات مكشوفة وتفرغ حمولتها لتعمل الكسارة على تكسير الصخور الجيرية، وفرز مكونات الركام بعضها عن بعض، مما يؤدي إلى تصاعد كميات كبيرة من الغبار في جميع هذه المراحل، حيث قُدرت كمية الغبار الذي يقل قطره عن ٠,٠٧٥ ملم في إحدى المقالع بحوالي ٣١٦٥ كجم/يومياً. وتشير الدراسات إلى أن حبيبات الغبار التي يقل قطرها عن ٠,١ ملم تتحرك عند ضغط الرياح على سطحها بواسطة النقل المعلق للحبيبات، وتنتقل إلى مسافات بعيدة مكونة العواصف الغبارية (محمود والجنديل، ٢٠٠٤)، الأمر الذي يجعل المقالع مصدرًا يمد الرياح بالغبار بشكل دائم، خصوصاً عند هبوب الرياح الشمالية في نهاية فصل الربيع، وبداية فصل الصيف، وفي فصل الخريف، لاسيما أن هذه الرياح مرتفعة في درجة حرارتها، وتتميز بجفافها، مما يزيد قدرتها على حمل الغبار إلى مسافات بعيدة، وتزداد كمية تركيز الغبار في الهواء الجوي، وعلى سطح الأرض بالاتجاه نحو الجنوب (الجدول ٩).

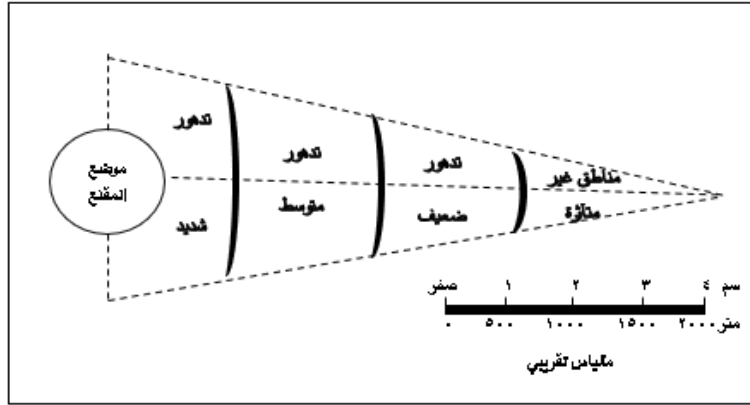
الجدول (٩) التوزيع الشهري لتكرار العواصف الرملية والغبارية في محطات القيصومة،
والظهران، والأحساء خلال الفترة ١٩٨٥-٢٠١٨

الأحساء	الظهران	القيصومة	الشهر
٣٦	١٠	١١	يناير
٨١	٩	٤٨	فبراير
١٠٩	٢٤	١٠٧	مارس
٩٦	٢٢	٩٠	أبريل
٩٣	٢٤	٩٥	مايو
١٠٣	١٤	٤٨	يونيو
٤٤	٧	٣٧	يوليو
١٩	٤	١٦	أغسطس
١٠	٢	٦	سبتمبر
٧	٤	١٩	أكتوبر
٢٧	٣	١٧	نوفمبر
٥٣	٢	١٥	ديسمبر
٦٧٨	١٢٥	٥٠٩	المجموع

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، بيانات غير منشورة.

ويتضح من (الجدول ٩) أن فصل الربيع أكثر فصول السنة في عدد العواصف، وذلك بنسبة ٥٠,٣٠% من مجموع العواصف بالمنطقة، يليه فصل الصيف بنسبة ٢٢,٢٦%، وقد ساعد في انتشار الغبار مكانيًا عدة عوامل، أهمها: ارتفاع مواضع المقالع الحجرية بالأمتار فوق منسوب سطح البحر، وزيادة سرعة الرياح واتجاهها، ودرجة ميل سطح الأرض في منطقة الدراسة، بالإضافة إلى أن المسافة بين المقالع والأماكن المتأثرة بالغبار قريبة، فقد اتضح من خلال الزيارات الميدانية المتكررة لمواقع المقالع الحجرية أن تأثير الملوثات الغبارية يتدرج من الشديد جدًا إلى الخفيف حسب البعد عن الموقع، بحيث تكون درجة التدهور شديدة جدًا في الأراضي المحيطة مباشرة بالموقع، ثم متوسطة في الأراضي الأبعد، ثم درجة تدهور طفيف، كما يزداد امتداد الأراضي المتدهورة في اتجاه جنوب الموقع، نتيجة سيادة الرياح الشمالية.

وقد اقترحت الباحثة نموذجًا جديدًا يعكس التدرج المكاني لحالة التدهور كلما ابتعدنا عن منطقة الحفر وموضعه، ومركز المقلع وبؤرته كما في شكل (١٠).



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على الدراسة الميدانية.

شكل (١٠) نموذج مقترح لنطاقات التدهور للمقالع الحجرية بمنطقة الدراسة.

وتفاوتت كمية الغبار الذي ينتج عن العمل في المقالع وفق مساحة المقالع، وعدد الآلات التي تعمل فيها، والمدة الزمنية، وإذا أخذت المعايير الدولية المسموح بها لكمية الغبار في الجو في الاعتبار، فإن الحد الأقصى المسموح به لتركز الغبار هو 15 م^3 من هذا الرقم بكثير، ويتكون هذا الغبار من كربونات الكالسيوم، بالإضافة إلى نسبة غير قليلة من أكسيد السيلكون، والتي تعد مسرطنة عندما يتم استنشاقها (دودين، ٢٠٠٢).

وتتمثل الأخطار الصحية في وصول الغبار إلى الرئتين، فالحبيبات الكبيرة الحجم نسبياً، يتم ترشيحها والحماية منها عن طريق شعيرات الأنف، ومجري التنفس، إلا أن الرئتين تقومان بامتصاص بعض من الغبار الدقيق، وبالتالي يصاب الإنسان بالحساسية، والتهابات في الشعب التنفسية، وتلف في النسيج الرئوي (Mody and Jaketeot, 1987).

ويلاحظ من الجدول (١٠) مقدار تلوث الهواء بالجسيمات العالقة؛ حيث إن تركيز الجسيمات الدقيقة $PM_{2.5}$ ذات قطر إيروديناميكي يصل إلى 2.5 مايكرومتر في البيئة المحيطة أعلى من الحدود المسموح بها حسب المعايير البيئية، فقد تراوحت بين $92-260$ ميكروجرام/ م^3 ، وكذلك الحال في تركيز الجسيمات الدقيقة PM_{10} ، فقد تراوحت بين $345-423$ ميكروجرام/ م^3 ، وقد ترتب على ذلك أن الغبار الناتج عن نشاط حفر المقالع،

واستغلال الأحجار، يتجه نتيجة حركة الرياح باتجاه الجنوب نحو المزارع ويؤثر سلبيًا في مساحة ٢٣,٦٣ كم^٢ من الأراضي الزراعية، كما يتأثر بهذا الغبار نحو ٣,٨٥ كم^٢ من النباتات الطبيعية التي تشكل المراعي بمنطقة الدراسة (وزارة البيئة والمياه والزراعة، ٢٠٢٢).

جدول (١٠) الجسيمات العالقة بالهواء في مواقع المقالع الحجرية شرقي السعودية

الموقع	PM _{2.5} (mg/m ³)	PM ₁₀ (mg/m ³)
الجبيل	٩٢	٣٥٢
حفر الباطن	١٠١	٣٤٥
شمال الدمام	١٠٧	٣٨٠
أبو حدرية	١٨٠	٣٧٤
الصمان	١٩٢	٤١١
الجنى	٢٠٢	٣٧٠
الأحساء	٢٠٨	٤٢٣
العديد	٢٦٠	٤٠٣
معايير الهيئة	٣٥	٣٤٠

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على بيانات الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٢.

(هـ) آثار المقالع في الإنسان:

إن عملية حفر المقالع يرافقها تحرر الغبار الذي بدوره يحمل موادًا سامة، تؤثر سلبيًا في صحة الإنسان وبخاصة العاملون فيها، ومن أهم هذه المواد غبار أكسيد الكالسيوم الذي يتطاير ويتم استنشاقه وتنفسه ممن هم عرضة لذلك، مثل العمال، والمحيطين بالمقلع، حيث تشكل هذه المادة خطرًا على الجهاز التنفسي إذا كانت في الجو بتركيز ٠,١ ملجم/م^٣ (Kusch, et al., 2003, P.38).

كما يحتوي ركام المقالع الحجرية على بعض المواد المعدنية الضارة، مثل الميكا، وخامات الحديد الكبريتية، ومجموعة الكبريتات، ومنها ثالث أكسيد الكبريت بنسبة ٠,٢٥% من وزن الركام الجاف، بالإضافة إلى مجموعة الكلوريدات، ومنها كلوريد الصوديوم، وتلك المواد لها تأثير ضار في الإنسان، بالإضافة إلى الغبار والغازات المنبعثة من الآليات التي تعمل بالمقالع الحجرية التي تلوث الهواء، وتضر بصحة الإنسان في التجمعات السكنية المجاورة لها، حيث إن تركيز الكلوريد والكبريتات في

الغبار قد يصل من خمسة إلى ستة أضعاف ما هو عليه في الركاب
 ((Rasheeduzzafar, et al., 1985, P.52)).
 وتتمثل خطورة الغبار في الجسيمات الدقيقة، مثل الغبار الجيري والرمل، الذي يبقى
 عالماً لفترة طويلة في الهواء (صورة ٣)، مسبباً كثيراً من أمراض الجهاز التنفسي من
 خلال المواد المهيجة للرئة مثل أكسيد الكبريت، والتي تؤثر في بطانة القصبات الهوائية،
 وكذلك المواد المسببة للاختناق مثل كبريتيد الهيدروجين، كما يعمل الغبار على تحجر
 الرئة، والإصابة بالحساسية، والأمراض الجلدية، والالتهاب الرئوي (عبد الجواد، ١٩٩١).



المصدر: الدراسة الميدانية، مارس ٢٠٢٢.

صورة (٣) غبار مقلع الحجر الجيري بمنطقة بقيق.

وجدير بالذكر أن لجسيمات الغبار آثاراً خطيرة على الإنسان؛ وذلك لقابليتها العالية
 على اختراق الجهاز التنفسي عند تعرض الإنسان لها، حيث إن الشعيرات الرئوية تستطيع
 طرد الجسيمات ذات الحجم الذي يزيد عن ٠,٥ ميكرون، أما الدقائق الأصغر حجماً
 فتستطيع اختراق الرئة، والبقاء في الرئة فترات طويلة، وبالتالي تحمل مواد سامة إلى الرئة
 (علي، ١٩٨٩).

كذلك أكد ٩٣% من العاملين والسكان أن المقالع تنبعث منها الروائح والغازات التي
 تسبب الصداع، بالإضافة إلى التأثير السلبي الناتج عن ضجيج الآلات، وضوضائها،
 وأجهزة الحفر، والنقل الثقيل، وأصوات التفجيرات التي تؤدي إلى الإصابة بالاكتهاب،
 وضعف السمع.

وبناء على ما سبق تتنوع الأمراض في منطقة الدراسة بين أمراض بسيطة وأمراض خطيرة (جدول ١١)، أهمها أمراض الجهاز التنفسي بنسبة ٣٧,٩٤%، والتهابات الجيوب الأنفية ٢٤,١٥%، وأمراض العيون، والالتهابات الجلدية، والسرطان بنسبة ٢,٧٧% من الحالات المرضية.

جدول (١١) التوزيع النسبي للأمراض المرتبطة بمواقع المقالع في منطقة الدراسة

نوع المرض	عدد المصابين	نسبة المصابين %
الجهاز التنفسي	٩٦	٣٧,٩٤
الجيوب الأنفية	٦٢	٢٤,٥١
التهاب اللوزتين	٤١	١٦,٢١
حساسية الجلد	٢٦	١٠,٢٧
حساسية العيون	٢١	٨,٣٠
السرطان	٧	٢,٧٧
المجموع	٢٥٣	١٠٠

المصدر: تطبيق الاستبانة خلال الدراسة الميدانية، مارس، ٢٠٢٢.

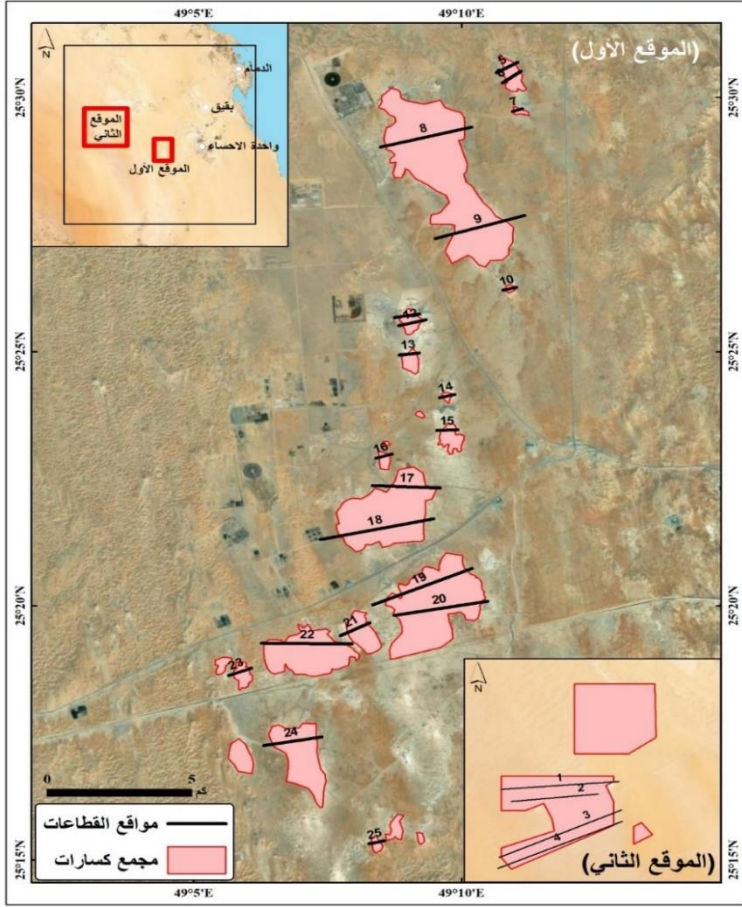
(و) آثار المقالع في الملامح التضاريسية:

يترتب على وجود المقالع شرقي السعودية في المناطق المرتفعة تغيير في ملامح سطح الأرض بها، ولتوضيح الأثر التضاريسي للمقالع قامت الباحثة بعمل قطاعات تضاريسية توضح تأثير المقالع في الطبوغرافية وعمليات الحفر، وتأثيرها في التضاريس (شكل ١١)، حيث تم عمل ما يلي:

١- تحديد الحدود المكانية للمقالع من نموذج الارتفاع الرقمي Alos Palsar، بدقة مكانية قدرها ١٢,٥ م.

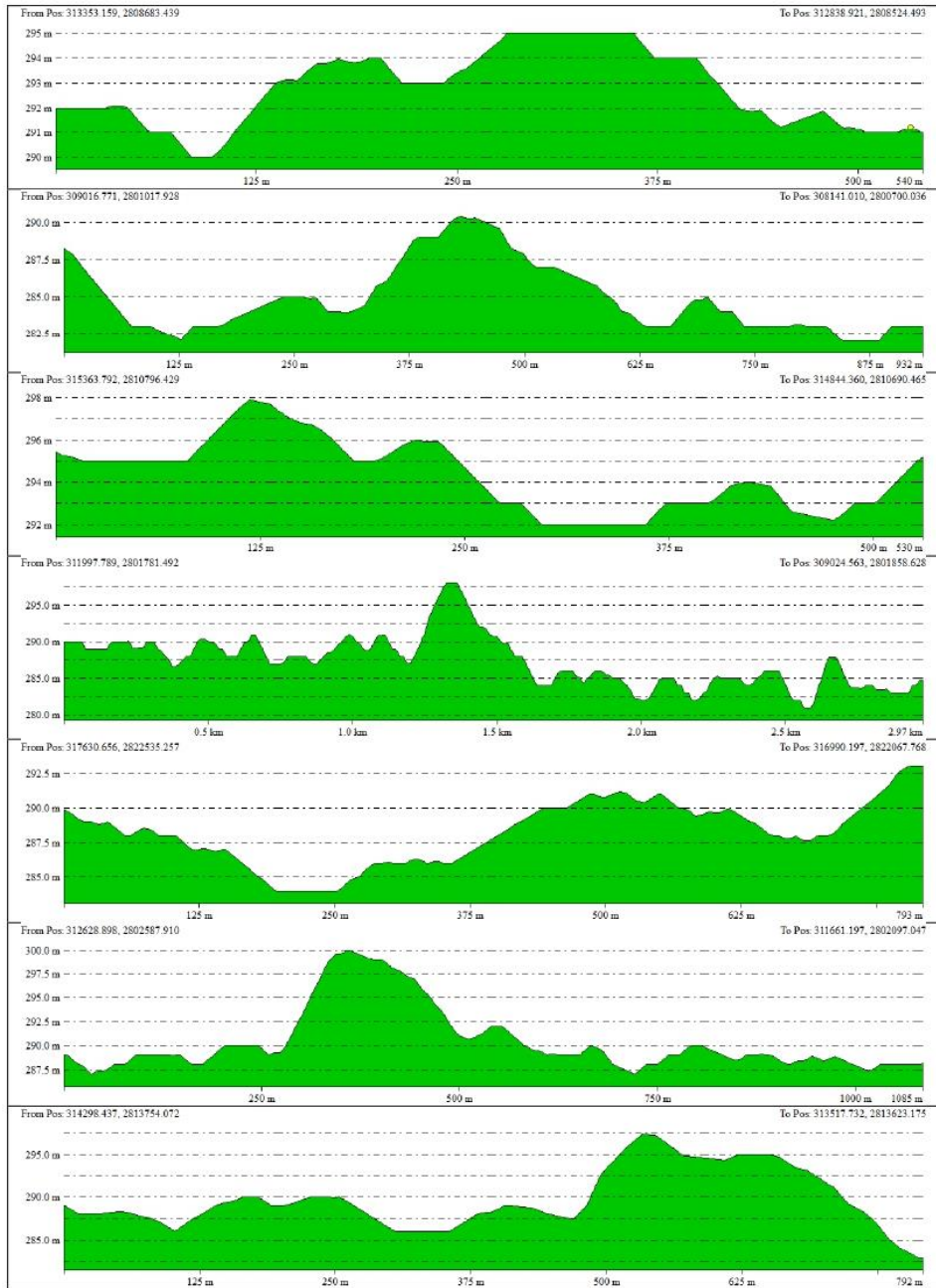
٢- عمل ٢٥ قطاعاً، لنحو ١٦ مقلعاً (شكل ١٢)، من إجمالي ٣٨ موقعاً، تضمن ٢٤٣ مقلعاً.

٣- تم حساب الأثر التضاريسي من القطاع عن طريق حساب الفروق بين المناسيب الأعلى والأخفض داخل كل قطاع، وبذلك أمكن أن نستنتج ما يلي:



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي Alos Palsar، بدقة مكانية قدرها ١٢,٥ م، باستخدام برنامج ArcGIS 10.5.

شكل (١١) مواقع القطاعات لقياس الأثر التضاريسي بمنطقة الدراسة.



المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على نموذج الارتفاع الرقمي Alos Palsar، بدقة مكانية قدرها ١٢,٥م، باستخدام برنامج ArcGIS10.5.

شكل (١٢) قطاعات لقياس التأثير التضاريسي، وإظهاره، نتيجة حفر المقالع بالمنطقة.

أدت المقالع إلى تشويه المظهر الطبيعي للأرض في مساحة بلغت نحو ٦٥٧,٩٦ كم^٢، حيث إن العمل على إزالة الغطاء الترابي قبل البدء في عملية التحجير أدى إلى إيجاد مناطق منخفضة وشديدة الانحدار، وقد تمتلئ بمياه الأمطار وقت الشتاء، وتكون بركًا ومستنقعاتٍ ضحلة ملوثة بالجراثيم، وبالتالي تغيير العناصر البيئية من الصلبة (الصخور، والرمل، والحصى، والزلط) إلى السائلة (مياه سطحية، أو برك وتشققات).

يؤدي العمل بالمقالع مع مرور الوقت إلى تغيير المظهر الطبيعي للطبقات، والمواد الصخرية، وتكوين التلال الاصطناعية غير المستقرة، كما أن ترك الأكوام الترابية، والصخرية المتناثرة يؤدي إلى تشويه المظاهر الطبوغرافية، ويعمل على زيادة الشقوق، والانكسارات، والفواصل (العنانزة، ٢٠٠٣)، حيث يتضح من الجدول (١٢) والشكل (١٢) أن التعمق وصل إلى ١٩ مترًا، وبحساب الفروق بين أعلى نقطة، وأدنى نقطة في ١٢ قطاعًا تضاريسيًا أمكن تقسيم مناطق المقالع الحجرية إلى مناطق ذات تعمق تضاريسي ضعيف (صفر-٥ م)، وهو فارق تضاريسي محلي على القطاع، والسائد في هذه الفئات، ومناطق ذات تعمق تضاريسي متوسط (٥-١٠ م)، ومناطق ذات تعمق تضاريسي شديد (١٠-٢٠ م).

جدول (١٢) التعمق، والتشويه التضاريسي، والإزالة التضاريسية في بعض المواقع من خلال القطاعات بالديم بمنطقة الدراسة

رقم القطاع	أعلى نقطة م	أدنى نقطة م	المتوسط العام للقطاع م
١	٢٩٨	٢٨٥	٢٩١,٥
٢	٣٠٠	٢٨٧,٥	٢٩٣,٧٥
٣	٣٠٠	٢٩٠	٢٩٥
٤	٢٩٥	٢٨١	٢٨٨
٥	٣٠٠	٢٨٧	٢٩٣,٥
٦	٢٩٣	٢٨٢	٢٨٧,٥
٧	٣٠٠	٢٨١	٢٩٠,٥
٨	٢٨٨	٢٧٧,٥	٢٨٢,٧٥
٩	٢٩٠	٢٨٢	٢٨٦
١٠	٢٩٩	٢٩١	٢٩٥
١١	٢٩٥	٢٩٠	٢٩٢,٥
١٢	٢٩٦	٢٨٩	٢٩٢,٥
المتوسط العام	٢٩٦,١٧	٢٨٥,٢٥	٢٩٠,٧١

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على نموذج الارتفاع الرقمي Alos Palsar، بدقة مكانية قدرها ١٢,٥ م، وشكل ١١.

وبناءً على القياس من القطاعات نجد أن تراوح ارتفاع المقالع قد تراوح بين ٦٣-٣٢ مترًا، وبدرجة انحدار ٣٨ درجة، وبلغ اتساع الشقوق المجاورة للمقالع ٤,٦ سم، أما الفواصل فقد وصل اتساعها إلى ١٥,٢ سم في جنوب الدمام (صورة ٤)، وبالتالي انهيار أجزاء من الطريق وتغيير مساره، وتحديد الامتداد العمراني والتوسع الزراعي في تلك المناطق، بالإضافة إلى أن المقالع كونت حفرة عميقة تمتلئ بالمياه في فصل الشتاء، كل ذلك يزيد من تشوه المظهر العام في المنطقة.



المصدر: جريدة الوطن، ١٩ ديسمبر ٢٠٢٠.

صورة (٤) الحفر وتشويه المظهر التضاريسي جنوب الدمام.

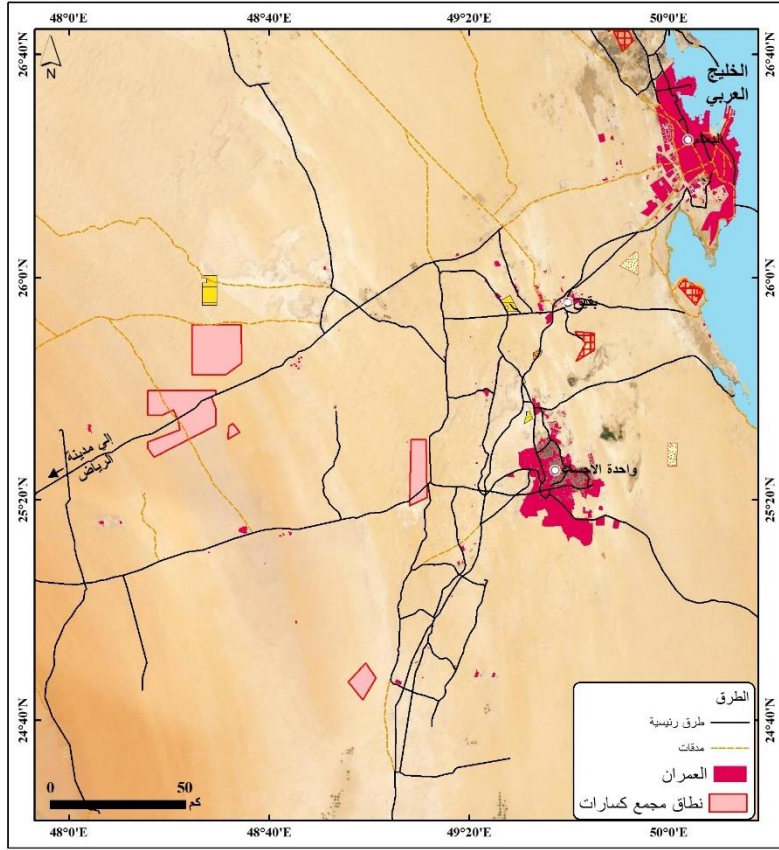
(س) آثار المقالع في الطرق:

تتعرض الطرق الرئيسية، والمدقات الترابية للخطر نتيجة حفر مقالع الحجر الجيري؛ حيث إن الطرق التي بقيت قائمة وتم تقليل عرضها أصبحت تشكل خطورة على المارة، من شاحنات، وسيارات وغيرها، ويوضح الجدول (١٣)، والشكل (١٣) الطرق المتأثرة بالأخطار في منطقة الدراسة، وأهمها طريق الدمام- الرياض باتجاه شمالي شرقي- جنوبي غربي (صورة ٥)، وطريق الهفوف - الرياض الممتد من الشرق إلى الغرب، وطريق بقيق - الأحساء الممتد من الشمال إلى الجنوب، حيث تمتد المقالع والكسارات بالقرب منها في بعض المناطق بشكل مواز، وتقطعها في مناطق أخرى، وبناء عليه فقد بلغت مسافة الطرق الرئيسية المتضررة ٧٧,٣٠ كم، كذلك الحال في المدقات الترابية؛ مثل مدق بقيق- النعيرية الممتد من الجنوب إلى الشمال، ومدق عريعة- الرياض الممتد من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي، ومدق جودة- الرياض الممتد من الشرق إلى الغرب، بالإضافة إلى مدق الدمام بقيق الممتد من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي، وبناء عليه فقد بلغت مسافة المدقات المتضررة ٤١,٩٣ كم بمنطقة الدراسة.

جدول (١٣) الطرق المتأثرة نتيجة حفر المقالع بمنطقة الدراسة

الموقع	المسافة المتأثرة كم
الموقع الأول	طرق رئيسية
	مدقات ترابية
الموقع الثاني	طرق رئيسية
	مدقات ترابية
الإجمالي	١١٩,٢٣

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادًا على مرئية فضائية Sentinel-2، ٢٠٢٢، مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠، باستخدام برنامج ArcGIS10.5.



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على مرئية فضائية Sentinel-2 ٢٠٢٢، مقياس ١: ٥٠,٠٠٠، باستخدام برنامج ArcGIS10.5.

شكل (١٣) شبكة الطرق المتأثرة نتيجة حفر المقالع بالمنطقة.



المصدر: الدراسة الميدانية، مارس ٢٠٢٢

صورة (٥) المقالع الحجرية على طريق الدمام - الرياض (هضبة الصمان).

النتائج والتوصيات:

بناءً على المناقشة والتحليل القائم على التحليل المكاني باستخدام المرئيات الفضائية، ونتائج التحليل المعملية، بالإضافة إلى التحقق الميداني للمقالع الحجرية شرقي المملكة توصلت الدراسة إلى ما يلي:

بلغ عدد مواقع المقالع الحجرية ٣٨ موقعًا، بها ٢٤٣ مقلعًا حجريًا بمساحة ١٦٤٠,٧١ كم^٢ في عام ٢٠٢٢ بمنطقة الدراسة، وتقع بالقرب من التجمعات السكانية والنباتية، باتجاه شمالي غربي - جنوبي شرقي، في نمط متجمع عشوائي، دون مراعاة الظروف البيئية، ومنها: الاتجاه السائد للرياح، والتغيرات المستقبلية للنمو العمراني، الأمر الذي ترتب عليه التأثيرات السلبية للمقالع في عناصر البيئة الحية، وغير الحية.

تؤدي حركة الآلات المستخدمة في المقالع إلى انضغاط التربة وتزايد مقاومتها للاختراق، وبالتالي تدهور خصائصها، فقد تراوحت مقاومة التربة للاختراق في مواقع المقالع بين ١,٧-٣,٣ ميجا باسكال، ومن ثم فإن درجة تأثيرها في النباتات شديدة وقد لا يحدث إنبات، كما أن تغطية التربة بالغبار الناتج عن المقالع الحجرية يترتب عليه تناقص نسبة المواد الصلبة المذابة في التربة، والذي يخلو من أي مركبات عضوية أو غير عضوية، وزيادة نسبة كربونات الكالسيوم (٩٥,٢%)، وبالتالي اختفاء بعض النباتات البرية بمساحة ٣,٨٥ كم^٢.

يؤدي انتشار المقالع الحجرية في اتجاه منصرف الرياح إلى زيادة معدلات الجسيمات الدقيقة PM_{2.5}، والجسيمات الدقيقة PM₁₀ عن الحدود المسموح، حيث تتراوح ما بين ٩٢-٢٦٠ ميكروجرام/م^٣، و ١٧٥-٤٢٠ ميكروجرام/م^٣ على التوالي، ولذلك تبين أن أغلب السكان يعانون من أمراض الجهاز التنفسي التي ترتبط بالغبار الناتج عن المقالع الحجرية، فقد كانت أكثر الأمراض انتشارًا بنسبة ٣٧,٩٤%، يليها التهابات الجيوب الأنفية ٢٤,١٥% من الحالات المرضية.

تغيير ملامح سطح الأرض بمنطقة الدراسة، وقدرت مساحتها بنحو ٦٥٧,٩٦ كم^٢، حيث إن العمل على إزالة الغطاء الترابي قبل البدء في عملية التحجير أدى إلى إيجاد مناطق منخفضة وشديدة الانحدار، فقد تراوح ارتفاع منسوب مواقع المقالع ما بين ٦٣-٣٢

متراً، وبدرجة انحدار ٣٨ درجة، وبلغ اتساع الشقوق المجاورة للمقالع ٤,٦ سم، أما الفواصل فقد وصل اتساعها إلى ١٥,٢ سم في جنوب الدمام، وبالتالي نتج عن العوامل السابقة مجتمعة تشويه المظهر التضاريسي للطبقات والمواد الصخرية، وتكوين التلال الاصطناعية غير المستقرة.

كذلك تضررت الطرق الرئيسية بمسافة ٧٧,٣٠ كم، والمدقات بمسافة ٤١,٩٣ كم بمنطقة الدراسة، حيث تمتد المقالع والكسارات بالقرب منها في بعض المناطق بشكل موازٍ، وتقطعها في مناطق أخرى.

وبناء عليه توصي الدراسة بما يلي:

١. التخطيط البيئي الذي يهتم بالحمولة البيئية عند استغلال الموارد الطبيعية، بحيث لا تتعدى تلك الأنشطة الاقتصادية هذه الحمولة.
٢. اختيار مواقع المقالع الحجرية في ظل الرياح السائدة التي تهب على المناطق السكنية المجاورة؛ لضمان إبعاد الملوثات الهوائية، مثل الغبار عن المناطق السكنية والأراضي الزراعية.
٣. تطبيق التشريعات البيئية الحالية من جانب الجهات المختصة، وإصدار تشريعات جديدة تواكب المتغيرات البيئية التنموية المحلية.
٤. العمل على تشجير المناطق المحيطة بالمقالع الحجرية، وجوانب الطرق؛ للتقليل من وصول الغبار والغازات السامة إلى السكان، والمزارع.
٥. استخدام المخلفات الصلبة في صناعات متعددة، منها صناعة الطوب، وصناعة الورق، ومعادلة حموضة المياه، والتربة.
٦. العمل على إجراء المسوح الجيولوجية في منطقة الدراسة؛ لتحديد المناطق التي تصلح للتقيب عن الحجر؛ لمنع الانتشار العشوائي للمقالع.

المراجع:

أولاً: المصادر:

- الهيئة العامة للأرصاد الجوية وحماية البيئة، بيانات غير منشورة، ١٩٨٥-٢٠١٨.
- جريدة الوطن، ديسمبر ٢٠٢٠.
- هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) مرئيات فضائية للقمر الصناعي الأمريكي لاندسات MSS لسنة ١٩٨٥، الدقة التقريبية ٣٠م.
- هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) مرئيات فضائية للقمر الصناعي الأمريكي لاندسات TM لسنة ٢٠٠٠، الدقة التقريبية ٣٠م.
- هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) مرئيات فضائية للقمر الصناعي الأمريكي لاندسات OLI لسنة ٢٠٢١، الدقة التقريبية ١٥م.
- هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) مرئية فضائية Sentinel-2 لسنة ٢٠٢٢، مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠.
- هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) نموذج الارتفاع الرقمي Alos Palsar لسنة ٢٠٢٢، بدقة مكانية قدرها ١٢,٥م.
- وزارة البترول والثروة المعدنية (١٩٨١) خرائط طبوغرافية ١: ٥٠٠٠٠٠، العثمانية ١٣-
- ٤٩٢٥ والعيون ٣١-٤٩٢٥ والدمام ٣٤-٥٠٢٦: الرياض، السعودية: إدارة المساحة الجوية.
- وزارة البترول والثروة المعدنية (١٩٨٤) خريطة طبوغرافية لوحة NG39.SW مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠٠. الرياض، السعودية: إدارة المساحة الجوية.
- وزارة البيئة والمياه والزراعة (٢٠٢٢) بيانات غير منشورة، الرياض.
- وزارة الصناعة والثروة المعدنية (٢٠٢٢) بيانات غير منشورة، الرياض.

ثانياً: المراجع باللغة العربية:

- التركماني، جودة فتحي (٢٠١٩) أصول البحث الجغرافي: النظرية والتطبيق، القاهرة، مصر، دار الثقافة العربية.

- الصغير، خيرى، وقاسم، السيد (١٩٨٣) أسس إنتاج المحاصيل، منشورات جامعة الفاتح، طرابلس.
- العزاوي، علي عباس (٢٠١٤) التحليل الإحصائي المكاني في نظم المعلومات الجغرافية، جامعة الموصل، استرجاع بتاريخ ٢٠٢٢/٤/١٧ (http://gis-for-you.blogspot.com/2017/01/blog-post_80.html).
- العنانزة، علي أحمد (٢٠٠٣) الآثار البيئية والجيومورفولوجية للمقالع الحجرية في محافظة الكرك، مؤتمة للبحوث والدراسات، (١٨)٣: ١٢٥-١٥١، جامعة مؤتمة، الأردن.
- المصري، روان (٢٠١٧) العواقب البيئية للمحاجر ومقالع الحجارة في محافظة الخليل، مجلة آفاق البيئة والتنمية - مشاكل بيئية... أولويات وطنية... حلول وطنية، مركز العمل التنموي، ع ٩٧، فلسطين.
- النشوان، عبد الرحمن عبد العزيز (٢٠١٢) جغرافية المملكة العربية السعودية، الرياض، السعودية: مكتبة الملك فهد الوطنية.
- الوليعي، عبد الله بن ناصر (٢٠٠٨) جيومورفولوجية المملكة العربية السعودية، الطبعة السادسة، الرياض، السعودية: مكتبة الملك فهد الوطنية.
- داود، جمعة محمد (٢٠١٢) أسس التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية GIS، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
- دودين، باسم احمد (٢٠٠٢): الآثار والمخاطر الناجمة عن المحاجر والحلول والتوصيات المقترحة لتأهيل المحاجر المتروكة: (التوعية الجماهيرية حول المحاجر المتروكة وآثارها على البيئة والتنوع الحيوي)، مركز أبحاث الأراضي، فلسطين.
- صادق، عزيز جابر جميل (٢٠١٣) دراسة الأثر البيئي وتقييمه لمقالع الحجر والكسارات في جماعين-جنوب نابلس، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الدراسات العليا، جامعة النجاح الوطنية، فلسطين.
- عبد الجواد، أحمد عبد الوهاب (١٩٩١) تلوث الهواء، الطبعة الأولى، الدار العربية للنشر والتوزيع، الأردن.
- علي، لطيف حميد (١٩٨٩) التلوث الصناعي، جامعة الموصل، العراق.

- عياصرة، ثائر مطلق (٢٠١٦) الخصائص المكانية لتوزيع المراكز العمرانية في محافظة جرش باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة دراسات، العلوم الإنسانية والاجتماعية، الأردن، (٣٤): ١: ٥٨١-٦٠٢.
- كتانه، محمد سعيد (١٩٨٥)، حفظ المياه والتربة بدول شمال أفريقيا، تونس: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، مشروع الحزام الأخضر لدول شمال أفريقيا.
- يحيى، أحمد الطاهر (١٩٨٤) إدارة واستصلاح الأراضي الجيرية، قسم الإرشاد والتعاون الزراعي، أمانة الاستصلاح الزراعي وتعمير الأراضي.

ثالثاً: المراجع باللغة الأجنبية:

- Al-Abidien, H.M.Z. (1987) Aggregates in Saudi Arabia: A survey of their properties and suitability for concrete. Mater, Struct. 20, 260–264.
- Amin, M.N., Khan, K., Saleem, M.U., Khurram, N. and Niazi, M.U.K (2017) Aging and Curing Temperature Effects on Compressive Strength of Mortar Containing Limestone Quarry Dust and Industrial Granite Sludge, Materials (Basel), 10(6): 642, 1-22. doi: 10.3390/ma10060642.
- Black, C.A., Evans, D.D., white, J.L., Lnsminger, L.E. and Clark, F.E. (1965) Methods of soil analysis, part1:physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling, New york: the American Society of Agronomy, INC.
- Buell, B.J., and Girard, J. (1994) Environmental Science, 5th Edition, by Prentice Hall, Papers are listed here.
- Kusch, H., Heinzem,T., and Wiedemann, G. (2003) Hazardous emissions and health risk during laser cleaning of natural stones, Journal of Cultural Heritage 4:38-44.
- Lal, R. Blum, W.H., Valentine, C., and Stewart, B.A.(1997), Methods for assessment of soil degradation , New York.
- Maslehuddin, M., Al-Amoudi, O.S., Al-Mehthel, M. H. and Alidi, S. H. (2006) Characteristics of aggregates in Eastern Saudi Arabia and their influence on concrete properties. Arabian Journal for Science and Engineering, Section B: Engineering; 31(1), 107-122.
- Mody, V. and JaKeteot, R. (1987) Dust control Handbook for Minterals processing, U.S.

- Powers, R.W. Ramirez, L. F., Redmond, C. D. and Elberg, E. L. (1966) Geology of the Arabian Peninsula Sedimentary Geology of Saudi Arabia, United states government printing office, Washington.
- Verheye, W. (1973) Formation, Classification and land evaluation of soil in Mediterranean areas with special reference to the southern Lebanon, Gent, Belgium.
- Zverev. V. E, Zvereva E. L, and Kozlov. M. V. (2008) Slow growth of *Empetrum nigrum* in industrial barrens: Combined effect of pollution and age of extant plants, Environmental Pollution XX pp 1-7.
- Rasheeduzzafar, F. H. Dakhil and Al-Gahtani, A. S. (1985) Corrosion of reinforcement in concrete structures in the Middle East, Concrete International: Design and Construction, pp. 48-55.
- Taylor, H., Roberson, G., and Parker, j. (1966) Soil strength-root penetration relations for medium-to coarse-textured soil materiales. Soil Science, 102(1):18-22.

استمارة استبانة خاصة بدراسة آثار المقالع الحجرية شرقى السعودية على عناصر البيئة الطبيعية، والبشرية

- المحافظة: الاسم: العمر:
- ١- هل تعمل بالمقالع بشكل:
أ- دائم ب- مؤقت ج- موسمي د- يومي
- ٢- عدد أفراد الأسرة:
أ-ذكور ب- إناث ج- أفراد
- ٣- منذ متى وأنت تعمل في هذا المجال:
أ- أقل من سنة: ٢ ب- ٣: ٥ سنوات ج- من ٥: ١٠ سنوات د- أكثر من ١٠
- ٤- هل تعتقد أن عملك يؤثر في صحتك:
أ- نعم ب- لا
- ٥- كم عدد أفراد الأسرة المصابين بأحد الأمراض التالية:
- الجيوب الأنفية - الربو - ضيق التنفس - التهاب اللوزتين
- حساسية الجلد - حساسية العين - السرطان
- ٦- هل تتعرض إلى الضجيج:
أ- نعم ب- لا
- ٧- إذا كان الجواب "نعم" هل يؤثر فيك:
أ- نعم ب- لا
- ٨- هل تتعرض إلى الغبار:
أ- نعم ب- لا
- ٩- إذا كان الجواب "نعم" هل يسبب ذلك مشاكل صحية لك:
أ- نعم ب- لا
- ١٠- هل أنت مؤمن صحياً في مكان عملك:
أ- نعم ب- لا
- ١١- هل تتعرض لغازات عوادم السيارات وأنت في محيط بيتك:
أ- نعم ب- لا
- ١٢- إذا كان الجواب "نعم" هل يؤثر هذا في صحتك:
أ- نعم ب- لا
- ١٣- هل تؤثر الملوثات الناتجة عن المقالع في كمية إنتاج المحاصيل:
أ- نعم ب- لا
- ١٤- إذا كان الجواب "نعم" هل إنتاج محاصيلك الزراعية:
أ- زاد بنسبة.....% ب- نقص بنسبة.....%
- ١٥- حسب اعتقادك: هل هناك تأثير للمقالع التي تعمل فيه في أحد العناصر البيئية التالية:
أ- التربة ب- الزراعة ج- النبات د- الحيوان د-المظاهر الطبيعية هـ-الهواء
- ١٦- أعط وصفاً لهذا التأثير
-
.....