

تطبيق مؤشر الغبار (NDDI) لتحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز خلال موسم الجفاف

د. ابراهيم عبدالله قائد درويش

أستاذ المخاطر الطبيعية ونظم المعلومات الجغرافية المساعد

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية/ جامعة اب

ibra.qads@gmail.com

الملخص:

يهدف البحث إلى التحقق من مدى حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز بصورة عامة، وتحديد المناطق الأكثر تأثراً بالتعرية الريحية للتربة خلال موسم الجفاف بين شهري (أكتوبر - مايو) 2018. وتمثلت منهجية البحث باستخدام مؤشر العواصف الغبارية، لاشتقاق الطبقات المعلوماتية التي تبين مدى حساسية ترب المحافظة للتعرية الريحية في الموسم الجاف، من بيانات الاستشعار عن بعد، ممثلة بمرئيات القمر الصناعي موديس تيرا (MODIS Terra)، التي تم الحصول عليها من موقع ناسا، وتطبيق هذا المؤشر على نطاقات المرئيات الفضائية المستخدمة في تحديد مناطق انتشار الغبار، أو المناطق التي تتصف تربتها بحساسية عالية للتعرية على المستوى الشهري، ودمج هذه الطبقات المعلوماتية الشهرية لانتشار الغبار بتقنية نظم المعلومات الجغرافية، حددت المنطقة الأشد تأثراً بالتعرية الريحية خلال موسم الجفاف في المحافظة. وتوصلت نتائج البحث إلى تباين مساحة المناطق ومواقعها المتضررة من خطر التعرية الريحية من شهر إلى آخر، وعليه بلغت مساحة المنطقة التي تعرضت للتعرية الريحية خلال هذه موسم الجفاف 4441.7 كم²، بنسبة 44.3% من إجمالي مساحة المحافظة، وبلغت مساحة المنطقة الأشد تأثراً بالتعرية الريحية 771.4 كم²، بنسبة 7.7% من إجمالي مساحة المحافظة.

وخلص البحث إلى أن التباين المكاني لحساسية الترب للتعرية الريحية في المحافظة، مرتبط إلى جانب خصائص التربة، لاسيما قوام التربة، وتغير قوة تماسك حبيباتها من شهر إلى آخر، بفعل ممارسة الحراثة، ورطوبة التربة، ومدى تغطيتها بالغطاء النباتي الشجري والزراعي، بمتغيرات أخرى مناخية، لاسيما تباين سرعة الرياح، وتباين معدلات الهطول المطري، وتباين درجات الحرارة، وحدة الجفاف، ومعدلات الرطوبة الجوية.

الكلمات المفتاحية: العواصف الغبارية، التعرية الريحية، الاستشعار عن بعد، محافظة تعز.

Application of Dust Index (NDDI) to determine the sensitivity of soil to wind erosion in Taiz Governorate

brahim Abdullah Qaid Darwish

Assistant Professor of Natural Hazards and GIS

Department of Geography and Geographic information system

Ibb University

ibra.qads@gmail.com

Abstract:

The research aims to verify extent of soil sensitivity to wind erosion in governorate of Taiz, and identify areas most affected by soil wind erosion in governorate during dry season between (October - May) 2018.

The research methodology was represented by using dust index, to derive information layers that show soil sensitivity to wind erosion in dry season, from remote sensing data, represented by satellite image of MODIS Terra, obtained from the NASA website. and applied this index to bands of satellite image that used in determining areas of dust spread, or areas where its soil suffer of sensitive highly of erosion to monthly level.

Results of research found that locations of regions affected by risk of wind erosion different from month to month, and therefore area of zone that was exposed to wind erosion during dry season reached 4441.7 km², percent 44.3% of total area of governorate. and area of most affected by wind erosion reached 771.4 km², percent 7.7% of total area of governorate.

The research concluded that spatial variation of soil sensitivity to wind erosion in governorate, It is due to properties of soil, and change in cohesion strength of its grains from one month to another, due to practice of plowing, soil moisture, and extent cover vegetation and agriculture. with other climate variables particular, variation in wind speed, and precipitation rates, temperature, dryness severity, and humidity level.

Keywords: Dust storms, wind erosion, Remote sensing, Taiz Governorate.

أولاً: المقدمة:

تُعرف حساسية التربة للتعرية الريحية بمدى مقاومة حبيبات التربة لهبوب الرياح، وعدم تطايرها في الغلاف الجوي مع كل هبة رياح، وبالتالي تشير الكثافة العالية للغبار في الغلاف الجوي مؤشر على حساسية التربة للتعرية الريحية، وتقل حساسية التربة للتعرية مع انخفاض الغبار المنتشر في الغلاف الجوي.

ويتحكم في حساسية التربة للتعرية الريحية عدة متغيرات مكانية كسرعة الرياح السطحية، وتوفر الرسوبيات، وكثافة الغطاء النباتي، والقشرة السطحية، ورطوبة التربة، وتعمل هذه المتغيرات مع أخرى. كتوفر السطوح الجافة المغطاة بالأتربة الناعمة؛ وعدم استقرار الجو الذي يساعد على نشاط التيارات الهوائية الصاعدة والهابطة، وانتشار الأتربة والرمال بسمك كبير في الغلاف الجوي. (كاظم، 2012، ص 123).

والتعرية الريحية تعني حث حبيبات التربة ونقلها وترسيبها بواسطة الرياح، وتُعدُّ التعرية الريحية ظاهرة جيومورفولوجية طبيعية، ومشكلة بيئية خطيرة بالذات في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث تطاير المواد العضوية والمعدنية من التربة في الغلاف الجوي، وهذا يقلل من العناصر الغذائية المتوفرة في الطبقة العليا من التربة. وبالتالي تعد التعرية الريحية عملية مهمة لإزالة وإعادة توزيع مكونات التربة السطحية، حيث تحتوي انبعاثات الغبار على كمية كبيرة من الكربون العضوي والعناصر المغذية. (Behbahani, 2015, p.3).

وتعتبر التعرية الريحية من أكثر عمليات تدهور التربة بالمناطق الجافة وشبه الجافة، وتبدأ هذه العملية عندما تصل سرعة الرياح إلى قيمة تبدأ حركة جزيئات التربة، ويمكن أن تتأثر بظروف سطح التربة، كرطوبة التربة، والغطاء النباتي، وخشونة السطح، وعوامل مناخية كهطول الأمطار، ودرجة الحرارة، والتبخر، والرطوبة النسبية. (Laura, et al, 2009,) (p.14).

وعُرِّفت العاصفة الغبارية من قِبَل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، الحالة التي تنخفض فيها الرؤية بالقرب من سطح الأرض عن 1000 م بفعل الرياح القوية التي ترفع الغبار. (Taghavi, et al, 2017, p.1). وهناك من عرّف العاصفة الغبارية بأنها حبيبات صغيرة الحجم لا تتجاوز أقطارها (100 مايكرومتر)، تنشأ مع رياح شديدة السرعة حوالي

8 م/ث فأكثر، وتكون محملة بالغبار المنقول من التربة السطحية المفككة في المناطق الجافة. (راشد، 2011، ص 255).

وينشأ الغبار في ظل توفر الرمال الناعمة جداً، وحببيات الطمي، والرياح السريعة، ويتكون الغبار من حببيات الرمال التي تتراوح أقطارها بين 2 ملم - 63 مايكرو متر، وذرات الطمي أقل من 63 مايكرومترًا، وكلاهما يحتاج لرياح بسرعة 0.2 م/ث أو أكثر لتكون في حالة حركة لبدية تكوين الغبار، وهناك عوامل أخرى غير مباشرة تسهم في نشأة الغبار كدرجات الحرارة، والرطوبة، وتدهور الأراضي، والجفاف، وتغير المناخ. (الدوسري، 2018، ص 22).

ويؤثر الغبار الناتج عن التعرية على كافة نواحي الحياة، وعلى ميزانية الإشعاع الأرضي من خلال تأثيره في معدلات الامتصاص والتشتت والانعكاس في نطاق الأشعة تحت الحمراء، وبصورة غير مباشرة في تكوين الغيوم. حيث أظهرت عدة دراسات حديثة تأثير الغبار في تكون وتطور الأعاصير، وتأثيره على الرياح الموسمية الصيفية والدورة الهيدرولوجية. (Cho, et al, 2013, p.896). ويعتمد تأثير الغبار في الأنظمة الأرضية على خصائصه الفيزيائية، لاسيما الحجم والمعدن ومورفولوجيا الجسيمات. (Holdt, et al, 2017, p.229).

وتعاني مناطق انتشار الغبار من تدهور مكونات النظام البيئي، وتراجع مدى الرؤية، الأمر الذي يهدد عمليات النقل، وخلق مشاكل صحية تنجم عن استنشاق الهواء الملوث، بالذات لدى الناس الذين يعانون من أمراض الصدر. ويسهم الغبار في انتشار عدة ملوثات كيميائية وحيوية، تمثل إعاقة لعدد من الأنشطة الإنمائية، وتؤثر على المنشآت من خلال التآكل بالحببيات، كما تؤثر على معدل الانتاج الزراعي. (غريب، 1983، ص 9).

وتعدُّ التعرية الريحية للتربة أحد الأخطار الطبيعية على الأراضي الصالحة للزراعة، ويؤدي الاختلاف في قوام التربة، وعناصر المناخ، والغطاء النباتي، واستخدام الإنسان للأرض، إلى تباين حساسية التربة للتعرية الريحية، وبالتالي فإن تقدير خطر التعرية الريحية يعد تحدياً كبيراً، بسبب محدودية طرق حسابها. وبالتالي هناك حاجة قوية للأساليب الفعالة لتحليل التعرية الريحية على النطاق الإقليمي لتقدير مخاطرها، حيث أن النطاق الإقليمي مناسب لتطبيقات التخطيط البيئي للبرامج الزراعية والبيئية. (Mezosi, et al, 2012, p.97).

وبذلك أدى الاعتراف المتزايد بأهمية علاقة مناطق انتشار الغبار بالتعرية الريحية وتدهور التربة والموارد، والتأثير على عناصر المناخ، وجودة الهواء، والرؤية السطحية، وصحة الإنسان، والنقل، والتصحر، إلى تولد عدة جهود حديثة لتحديد مصادر الغبار. وبالتالي فإن استمرار التقدم في فهم انبعاث الغبار، والقدرة على التنبؤ بمواقعه، وكمية انبعاثه تعتمد على فهم جيد للعمليات الجيولوجية والهيدرولوجية. (Reynolds, et al, 2007,) (p.1811).

وتتعرض المناطق التي ينتشر فيها الغبار إلى إعادة توزيع مكونات التربة؛ الأمر الذي يؤدي إلى فقدان حبيبات مهمة للتربة كالنيتروجين والفسفور والكربون، مما يؤثر على جودة التربة، وتغير النظم البيئية، والدورات البيوجيوكيميائية، والدورة الهيدرولوجية، والتعرية الريحية، ويظهر أثر انبعاث الغبار على النظم البشرية، من خلال تردي نوعية الهواء، ونقل الجراثيم كحصى الوادي، وتفاقم الأمراض التنفسية التي تؤثر على صحة الإنسان، ويقلل من الرؤية التي تؤثر على النقل والسياحة. (Webb, et al, 2017, p.85).

وتكمن أهمية تحديد المناطق التي تعاني ترتبها من حساسية عالية للتعرية الريحية في إيجاد استراتيجية فعالة للسيطرة على مشكلات التعرية. لذا لا بد من تحديد مصادر إنتاج الغبار محلياً بالتركيز على المناطق الحرجة، وتحديد خصائص الاستجابة للظروف البيئية، لأن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للغبار تحدد أصل سطح الأرض. (Heidarian, et al,) (2018, p.4).

وعلى الرغم من الإنجازات البحثية في مجال التعرية الريحية، وعوامل التعرية الريحية للتربة، إلا إنه ما يزال هناك نقص في البحث عن الأنماط المكانية والزمنية لتعرية التربة بالرياح على نطاق واسع استناداً إلى نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وبالتالي هناك عدد قليل من الدراسات القائمة على أساس نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار لنمذجة وتقدير التعرية الريحية للتربة على نطاق واسع. (Guo, et al, 2017, p.1753).

وتظهر الترب ذات الحساسية العالية للتعرية الريحية في محافظة تعز في المناطق التي تتصف بتركز السكان، وتتميز بنعومة حبيبات التربة، وممارسة عملية الحراثة خلال موسم الجفاف، وانخفاض رطوبة التربة، وتدهور الغطاء النباتي، وتُعدُّ التعرية الريحية إحدى أهم المشكلات البيئية في المحافظة، وترتبط إلى جانب الظروف المحلية لكل منطقة، بالظروف

المناخية الإقليمية، لاسيما التباين المكاني لكمية الأمطار، ودرجات الحرارة، ومعدل سرعة الرياح، ويؤدي انخفاض رطوبة التربة بسبب الضغط على الموارد المائية، وتذبذب كمية الأمطار الموسمية من مكان إلى آخر ومن مدة إلى أخرى، إلى تراجع الغطاء النباتي، ونشاط التعرية الريحية بين مدة وأخرى.

ثانياً: أدبيات الدراسة:

قام (Chavez, et al, 2002) بمراقبة العواصف الترابية ورسم خرائط مناطق التعرية الريحية باستخدام الصور الجوية والمرئيات الفضائية. وتطرق (Shi & Yan, 2004) للتعرية الريحية في الصين، وعرض وجهات النظر والاقتراحات للتعامل مع هذه المشكلة، والتحكم في التعرية الريحية. وتناول (Reynold, et al, 2007) انبعاث الغبار من الأراضي المستوية الرطبة والجافة في صحراء موهافي بالولايات المتحدة، وتوصل إلى أن الأسطح الغنية بالرواسب شديدة التأثير بانبعث الغبار بفعل تغير سرعة الرياح، وتقلب عمق المياه الجوفية، وهطول الأمطار، ومعدلات التبخر. وحدد (Laura, et al, 2009) عتبة سرعة الرياح كمؤشر لحساسية التربة للتعرية الريحية تحت ظروف مناخية متغيرة في مختلف فصول السنة.

وقدر (Mezosi, et al, 2012) الفروق الإقليمية في حساسية التربة للتعرية الريحية في البحر، حيث تم نمذجة حساسية التعرية الريحية للتربة باستخدام متغيرات حساسية التربة والغطاء النباتي والتعرية الريحية، وتم تقدير أثر هذه المتغيرات بشكل منفصل عن طريق خرائط حساسية كل متغير، ومن ثم تم دمجها لإنتاج خريطة حساسية التعرية الريحية على المستوى الإقليمي. وحدد (Taramelli, et al, 2012) مصادر الغبار مكانياً وزمانياً شمال الصين باستخدام الاستشعار عن بعد، وتمثلت المنهجية بتحديد مدى قدرة مرئيات لاندسات على التمييز بين أنواع الترب من أجل فهم سلوك انعكاس التربة في فترات زمنية مختلفة. وبنى (Raissouni, et al, 2012) نموذج لرسم خرائط حساسية التربة للتعرية الريحية شمال المغرب باستخدام قواعد البيانات المكانية ونظم المعلومات الجغرافية. وكشف (Cho, et al, 2013) انتشار الغبار فوق المحيط باستخدام مرئيات موديس، وتوصل إلى فاعلية خوارزمية الكشف عن طبقات الغبار الرقيقة التي يتراوح سمكها البصري بين 0.1 - 2.0.

وأختبر (Ciren & Kondragunta, 2014) مدى فاعلية خوارزمية مؤشر الغبار من مرئيات موديس، وأكدت نتائج الكشف عن الغبار أن نسبته 80% على اليابس، و76% على الماء. وقارن (Shahrisvand & Akhoondzadeh, 2014) بين الطرق التجريبية والذكية للكشف عن الغبار باستخدام بيانات الأقمار الصناعية. واستخدم (Samadi, et al, 2014) المؤشر العالمي للكشف عن الغبار (GDDI) لاكتشاف العواصف الترابية من بيانات الاستشعار عن بعد، وأظهرت النتائج أن هذا النموذج يعد أداء جيدة في جميع الحالات، كما أن لديه قدرة للاستخدام في أي نظام للتنبؤ بعواصف الغبار والإنذار. ورصد (Prachi & pravin, 2014) حدثين من العواصف الترابية بواسطة مرئيات موديس متعددة الأطياف. وقيم (Behbahani, 2015) مخاطر التعرية الريحية وانبعاث الغبار في الدنمارك باستخدام نمذجة المحاكاة. وقاس (Yue, et al, 2015) التعرية الريحية للتربة من خلال المسح الميداني والاستشعار عن بعد في صحراء الصين، وحدد المسافة التي تقطعها الرمال بمختلف أنواعها. واستخدم (Rezaei, et al, 2016) الاستشعار عن بعد لكشف تغير استخدام الأرض وتأثيره على التعرية الريحية جنوب إيران، وتشير نتائج البحث إلى تزايد التعرية الريحية في العقد الماضي في المناطق ذات القدرة العالية على إنتاجية الرواسب، وانخفاضها بالمناطق ذات القدرة المنخفضة والمتوسطة على إنتاج الرواسب.

وتناول (Webb, et al, 2017) تعزيز مراقبة وتقييم التعرية الريحية في المراعي الأمريكية لغرض تحسين التنبؤ وإدارة التعرية الريحية عبر النظم البيئية للمراعي. وحدد (Taghavi, et al, 2017) أحداث الغبار جنوب غرب إيران باستخدام المرئيات الفضائية، وأظهرت نتائج البحث أهمية اكتشاف مصادر وانتشار الغبار من مرئيات القمر الصناعي موديس. ورسم (Sinclair & Jones, 2017) خرائط مصادر انبعاث الغبار باستخدام مرئيات موديس، وتم رسم خرائط وتكرار العواصف الغبارية جنوب غرب آسيا وجنوب غرب الولايات المتحدة. وحدد (Holdt, et al, 2017) ديناميكيات انبعاث الغبار باستخدام مرئيات لاندسات، حيث ربط بين التضاريس الأرضية لإجراء اختبار أرضي مباشر للأسطح المسؤولة عن انبعاث الغبار، وأشارت النتائج إلى أن التأثير البشري على النظم الهيدرولوجية لتلبية الطلب المتزايد على المياه، غيرت من أنماط انبعاث الغبار بشكل

كبير. واتبع (Guo, et al, 2017) طريقة محسنة لتقدير التعرية الريحية للتربة على أساس الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في منطقة شينجيانغ، وتوصلت النتائج إلى أن التعرية الريحية للتربة منتشرة على نطاق واسع في جميع أنحاء المنطقة. وقيم (Borrelli, et al, 2017) فقدان التربة بسبب التعرية الريحية للتربة الزراعية الأوروبية باستخدام منهج النمذجة المكانية، وصمم هذا النموذج للتنبؤ بفقدان التربة في كاليفورنيا، وأظهرت نتائج البحث متوسط الخسارة السنوية للتربة في الأراضي الصالحة للزراعة في الاتحاد الأوروبي. وطبق (Saadoud, et al, 2018) منهجاً لرسم خرائط مخاطر التعرية الريحية للتربة بمنطقة الأغواط (الجزائر) باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، واعتمد على متغيرات التربة، والغطاء النباتي، والرياح، وجفاف التربة، وتضاريس الأرض، وحساسية الغطاء الأرضي. ودمج (Heidarian, et al, 2018) بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والرواسب لتحديد مصادر العواصف الترابية في خوزستان (إيران)، واعتمد على بيانات التربة، واستخدام الأرض، والمناخ، والمنحدرات، والرواسب، والنباتات، ودرجة حرارة سطح الأرض، ورطوبة التربة، وتوصل إلى أن 9٪ من مساحة سهل خوزستان، بما يعادل 350 ألف هكتار تعتبر مصدر لإنتاج الغبار. وتطرق (Haghighi, et al, 2018) لتأثير الجفاف كمصدر للغبار على تغير الغطاء النباتي غرب إيران، وتم استخدام مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)، ومؤشر هطول الأمطار لتقييم أحداث الجفاف، وأظهرت النتائج ارتباط عكسي بين مؤشرات الغطاء النباتي والأمطار. وتناول (Katra, et al, 2020) تأثير الأنشطة الزراعية في التعرية الريحية للتربة في المناطق شبة الجافة، وتم تقدير فقدان التربة بمرور الوقت، وربط ذلك بتغير استخدام الأرض كالزراعة والرعي والمحميات الطبيعية.

ثالثاً: مشكلة البحث:

تواجه الموارد الأرضية عامة والتربة بشكل خاص في محافظة تعز ضغط بشري كبير، حيث تأتي المحافظة في المرتبة الأولى في عدد السكان باليمن، الأمر الذي أدى إلى تدهور هذه الموارد بالذات حيث يتركز السكان شمال وشرق وجنوب المحافظة، وأدى تدهور الموارد الأرضية في هذه المناطق، لاسيما تدهور الموارد المائية والنبات والتربة إلى زيادة تحسس التربة، ونشاط التعرية الريحية خلال موسم الجفاف عند تعرض التربة للرياح. وتعتبر التعرية الريحية

تطبيق مؤشر الغبار (NDDI) لتحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية
في محافظة تعز خلال موسم الجفاف

للتربة في هذه المناطق مشكلة بيئية خطيرة تؤدي إلى أشكال مختلفة من مظاهر تدهور التربة، حيث يتم استنفاد وتجريف ونقل العناصر المغذية للنبات من مواد عضوية ومعدنية من التربة بهذه المناطق، وبالتالي فإن جزءاً كبيراً من التربة السطحية الغنية بالمواد العضوية والمعدنية اللازمة لنمو النبات يتم إزالتها، مما يؤدي إلى تدهور الإنتاج الزراعي على المدى الطويل، ورفع تكاليف صيانة المزارع، واتساع الفجوة الغذائية، وتزايد المخاطر الصحية.

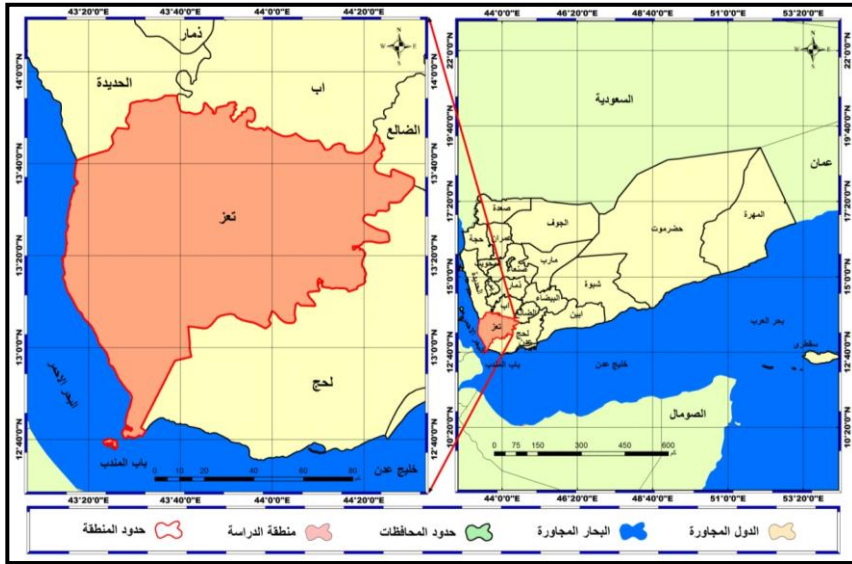
رابعاً: منطقة البحث:

تقع محافظة تعز كما يوضح الشكل رقم (1) جنوب غرب اليمن بين دائرتي عرض $6^{\circ}12' - 9^{\circ}13'$ شمالاً، وخطي طول $23^{\circ}43' - 44^{\circ}55'$ شرقاً، يحدها من الشمال محافظة اب، ومن الشمال الغربي محافظة الحديدة، ومن الشمال الشرقي محافظة الضالع، ومن الجنوب محافظة لحج، ومن الغرب البحر الأحمر. وتأتي الأهمية الاستراتيجية للمحافظة بساحلها الذي يبلغ طوله 168.8 كم، والذي يطل على واحد من أهم الممرات المائية العالمية جنوب البحر الأحمر متمثل بمضيق باب المندب، وتبلغ المساحة حسب بيانات الطبقة الرقمية (Shapfile Polygon) للمحافظة 10020 كم²، بنسبة 2.2% من إجمالي مساحة اليمن، ويبلغ عدد سكان المحافظة 2.885.000 نسمة، بنسبة 12.2% من إجمالي سكان اليمن.

وتقع محافظة تعز حسب نتائج تطبيق معادلة ديمارتون ضمن المنطقة شبه الجافة، وتعتبر من المحافظات التي يقل فيها مخاطر التعرية مقارنة بالمحافظات الشرقية، وتمتاز المحافظة بتباين توزيع عناصر المناخ، بسبب تباين ارتفاع التضاريس التي تتراوح حسب بيانات نموذج ارتفاع رقمي دقة مكانية 12.5 م بين صفر عند مستوى سطح البحر، إلى 3004 م فوق مستوى سطح البحر. وتتراوح كمية الأمطار في المحافظة حسب بيانات القمر الصناعي (TRMM) بين 100 ملم سنوياً في المناطق المنخفضة الارتفاع غرب المحافظة، إلى 700 ملم سنوياً في المناطق المرتفعة وسط وشمال شرق المحافظة. ويتراوح المعدل السنوي لدرجات الحرارة حسب بيانات القمر الصناعي (Merra-2 Model) بين 17° في المناطق الجبلية، إلى 35° في المنطقة الساحلية. وتتصف المحافظة بوجود غطاء نباتي جيد في المناطق الجبلية وبطون الأودية، ويمارس سكان المحافظة الزراعة الموسمية لعدد من محاصيل الحبوب

كالذرة الرفيعة والشامية والقمح والشعير والغرب والدخن واللوبياء أثناء هطول الأمطار، فضلاً عن زراعة عدد من المحاصيل الأخرى كالبن والحمضيات والفواكه والموز والمانجو والرمان والخضار. وتعاني المحافظة بصورة عامة من ضغط شديد للسكان على الموارد الأرضية المحدودة بالذات في المرتفعات الجبلية شمال وشرق وجنوب شرق وجنوب المحافظة.

شكل (1) موقع منطقة البحث



المصدر: الباحث بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية، وطبقات رقمية بصيغة (Shapfile Polygon) للمحافظات، الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية.

خامساً: أهمية البحث:

تفتقر محافظة تعز لدراسات سابقة تحدد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية، والمناطق التي تواجه مخاطر نقل حببيبات التربة بالرياح، وفهم مسار ظاهرة التصحر المرتبطة بعلاقة معقدة بين متغيرات البيئة وتعرية الرياح، وتحديد المناطق التي تعاني من تدهور الموارد الطبيعية كالترية والمياه والنبات، وتقييم مدى تغير هذه الظاهرة بين مدة وأخرى، بما يساعد على تطوير خطط إدارة ومواجهة مخاطر التعرية الريحية للتربة، وتكمن الأهمية من استخدام بيانات الاستشعار عن بعد في كشف مدى حساسية التربة للتعرية التي يصعب رصدها وتقييمها. وتكمن أهمية البحث كذلك من كشف عدة حقائق مكانية مرتبطة بانتشار الغبار

العالق في الجو، منها عدم استقرار عناصر الغلاف الجوي، لاسيما تراجع كمية الأمطار، وارتفاع درجات الحرارة، واتساع المدى بينهما يعكس ارتفاع معدلات التبخر، وانخفاض رطوبة التربة، وتفاقم حده جفاف التربة والنبات، وشدة سرعة الرياح التي تنشأ بفعل تحدر شديد ومفاجئ في نطاقات الضغط الجوي، مما تؤدي إلى رفع جفافية التربة، وتفكيك حبيباتها، وتطايرها ونقلها من مكان إلى آخر، كما يعكس الغبار الكثيف خصائص التربة، لاسيما قومها الناعم طيني أو طميي أو مزيج بينهما، وتدهور وعدم اتزان مكونات التربة بفعل الضغط البشري عليها، وتفكك حبيبات التربة بفعل ممارسة الحراثة، وتدهور الموارد الطبيعية كالنبات الطبيعي والمياه السطحية.

سادساً: هدف البحث:

يهدف البحث إلى تحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز خلال موسم الجفاف بين شهري (أكتوبر - مايو) باستخدام مؤشر الغبار لاشتقاق الطبقات المعلوماتية لمكان انتشار الغبار شهرياً من مرئيات (MODIS Terra)، تمهيداً لتحديد المناطق الأشد تآثراً بالتعرية الريحية خلال موسم الجفاف، ولتحقيق هذا الهدف اتبع البحث منهجية كما يأتي:

سابعاً: بيانات ومنهجية البحث:

بدأ استخدام المرئيات الفضائية في دراسة الغبار من أواخر التسعينيات، وأسهمت في تحديد مصادر ومسارات حركة الغبار ومناطق ترسيبه، ويوفر الاستشعار عن بعد قدرة عالية في رصد تباين الغبار مكانياً وزمانياً، نظراً لتعدد النطاقات التي تعطي اشعاع يميز مناطق الغبار في نطاق الأشعة فوق البنفسجية والمرئية، وظهرت مؤشرات لكشف مناطق انتشار الغبار بالأشعة فوق البنفسجية، أو بمزج الأشعة المرئية وتحت الحمراء.

في الفترة الأخيرة استخدم الاستشعار عن بعد لرسم خرائط مخاطر التعرية الريحية من خلال تتبع مناطق انتشار الغبار، ولكن لم تطور طرقاً لتقدير النقل السنوي، والقدرة على التنبؤ بالتعرية الريحية الإقليمية على مستوى البكسل، وبينما تكون بيانات الاستشعار عن بعد مناسبة لرصد التعرية الريحية، فهناك حاجة إلى التغلب على الفجوات الموجودة في قياس التعرية الريحية من بيانات الاستشعار عن بعد. وبذلك رأى أكرمان (1997) أن مرئيات

(MODIS Terra – NASA) مفيدة لكشف التعرية الريحية، وأكدت نتائج دراسة الغبار في الصين وشرق آسيا أن بيانات الاستشعار عن بعد يمكن تطبيقها ليس فقط في تحديد حساسية التربة للتعرية الريحية من خلال اكتشاف الغبار وطرق نقله، ولكن أيضا في استخراج كمية الغبار المنقول بالرياح، ومن هنا تأتي أهمية تحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية من خلال كشف مصادر الغبار من بيانات الاستشعار عن بعد ومنها مرئيات موديس.

ومن الطرق التي استخدمت في تحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية، تقنية الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية، والنماذج الجيولوجية التي يمكن أن من خلالها تحليل بيانات الأرصاد الجوية، ولتحديد مصادر الغبار أهمية في نمذجة التعرية الريحية والمخاطر المرتبطة بها، وطورت عدة مناهج لتحديد مصادر الغبار في إطار نظم المعلومات الجغرافية باستخدام مرئيات معتدلة الدقة للقمر الصناعي موديس، ويتم اشتقاق طبقات الغبار باستخدام من هذه المرئيات بواسطة مؤشر الغبار.

بناءً على ذلك طبق البحث مؤشر الغبار (NDDI) المقترح من قبل (Qu & Kafatos, 2006, p.485). للتمييز بين الغبار والسحب، ويكشف الغبار بسبب الخصائص الطيفية للأتربة التي تختلف عن السحب وسطح الأرض والبحر، وتظهر منحنيات السلوك الطيفي لهذا المؤشر أن السحب لها انعكاس عالٍ في النطاق الثالث، ومنخفض في النطاق السابع من مرئيات موديس؛ ويكون للغبار وضع عكسي مع انعكاس عالٍ في النطاق السابع ومنخفض في النطاق الثالث، وتتمتع السحب بدرجة سطوع أقل بكثير من الغبار في النطاق الحراري، لذلك تعد هذه الاختلافات في سلوكيات الغيوم والغبار مفيدة لتمييزها عن بعضها البعض.

ولرصد مصادر الغبار والتحقق من مدى حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز خلال موسم الجفاف بين شهري أكتوبر (تشرين الأول) - مايو (آيار) عام 2018م قام البحث أولاً بجمع المرئيات الفضائية للقمر الصناعي (MODIS Teraa) من موقع وكالة ناسا كما هو مبين في الجدول رقم (1).

تطبيق مؤشر الغبار (NDDI) لتحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية
في محافظة تعز خلال موسم الجفاف

جدول (1) بيانات المرئيات الفضائية المستخدمة في البحث

| القمر الصناعي | تاريخ المرئية |
|---------------|-------------------|
| (MODIS Teraa) | 2018 /1 / 16 - 9 |
| (MODIS Teraa) | 2018 /2 /17 - 10 |
| (MODIS Teraa) | 2018 /3 /21 - 14 |
| (MODIS Teraa) | 2018 /4 /22 - 15 |
| (MODIS Teraa) | 2018 /4 / 24 - 17 |
| (MODIS Teraa) | 2018 /10 /23 - 16 |
| (MODIS Teraa) | 2018 /11 /16 - 9 |
| (MODIS Teraa) | 2018 /12 /18 - 11 |

المصدر: (https://search.earthdata.nasa.gov/search/granules?polygon).

وبعد جمع المرئيات تم معالجتها من خلال إعادة ارجاع الطبقات من (Unknown) إلى (WGS_1984_UTM_Zone_38N) باستخدام برنامج Arc Map 10.5، والانتطاع على حدود منطقة البحث، وبالتالي تطبيق معادلة مؤشر الغبار (NDDI) لتحديد مناطق انتشار الغبار، ومدى حساسية التربة للتعرية الريحية في موسم الجفاف بمحافظة تعز، وتم تطبيق معادلة هذا المؤشر بالحاسبة الخلوية (Raster calculator) لبرنامج Arc Map 10.5.

$$NDDI = \frac{B7 - B3}{B7 + B3} \quad \text{(Shahrisvand \& Akhoondzadeh, 2013, P. 372). معادلة رقم (1)}$$

حيث B3 الانعكاس الطيفي من النطاق المرئي الثالث (الأزرق)، B7 الانعكاس من نطاق الأشعة تحت الحمراء القصيرة. وبالتالي تم تحويل الطبقات الناتجة عن هذا المؤشر من Raster الى point، والتنبؤ بتوزيع مناطق انتشار الغبار باستخدام خوارزمية (IDW) بالمعادلة الآتية، ورافق ذلك تحسين الدقة المكانية للطبقات المعلوماتية من 463 م إلى 10 م بالمعادلة:

$$IDW = \frac{\sum_{i=1}^N z_i \cdot d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^N d_i^{-n}} \quad \text{(Setianto \& Triandini, 2013, p.24). معادلة رقم (1)}$$

حيث:

IDW = قيمة التقدير للمتغير Z في النقطة I.

Z_i = قيمة العينة في النقطة I.

d_i = المسافة من نقطة العينة إلى النقطة المقدرة.

N = المعامل الذي يحدد الوزن على أساس المسافة.

n = العدد الإجمالي للتنبؤات.

وبالتالي تم إعادة تصنيف الطبقات الناتجة عن استخدام خوارزمية (IDW) إلى ثلاث فئات، وبما أن قيمة مؤشر الغبار تتراوح بين 1^{-} إلى 1، صنف البحث الطبقات المعلوماتية الناتجة عن هذا المؤشر إلى ثلاثة أقسام: الأولى حيث تقل قيمة عتبة مؤشر الغبار عن 0.3، وتشير إلى المناطق التي يقل فيها الغبار، وتنخفض فيها حساسية التربة للتعرية الريحية. والثانية تضم المناطق التي تراوحت فيها قيمة مؤشر الغبار بين 0.3 - 0.45، وتشير إلى المناطق التي ينتشر فيها الغبار بشكل محدود، وتتصف تربتها بحساسية معتدلة للتعرية الريحية، والثالثة تضم المناطق التي تجاوزت فيها عتبة مؤشر الغبار عن 0.45، وتشير إلى المناطق التي ينتشر فيها الغبار بكثافة، وتتصف تربتها بحساسية عالية للتعرية الريحية، وبالتالي تم حساب مساحة ونسبة مساحة كل فئة من فئات حساسية التربة للتعرية الريحية في المحافظة.

وتمثلت الخطوة الآتية في منهجية البحث بتحديد المتوسط الحسابي للمناطق التي تأثرت بالتعرية الريحية في موسم الجفاف بالمحافظة، من خلال جمع الطبقات المعلوماتية المشتقة على المستوى الشهري بين أكتوبر - مايو، والقسم على عددها (8) بواسطة الحاسبة الخلوية (Raster calculator) لبرنامج Arc Map 10.5.

أما الخطوة الأخيرة فتمثلت بتحديد الترب الأكثر حساسية للتعرية الريحية في محافظة تعز، أو تلك الترب التي تعرضت للتعرية الريحية في كل شهر خلال موسم الجفاف، وذلك من خلال عمل تراكب لطبقات توزيع الغبار شهرياً باستخدام أداة (intersect) في البرنامج السابق نفسه.

ثامناً: التحليل والمناقشة:

زاد الاهتمام في السنوات الأخيرة بتقييم مدى حساسية التربة للتعرية الريحية من خلال

تطبيق مؤشر الغبار (NDDI) لتحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز خلال موسم الجفاف

بذل جهود كبيرة للحصول على معلومات عن انتشار الغبار من بيانات الاستشعار عن بعد كمرئيات (MODIS) معتدلة الدقة المكانية، مما ساعد في تصنيف وفهم مدى حساسية التربة للتعرية الريحية. بناء على ذلك حاول البحث مناقشة نتائج تطبيق معادلة مؤشر الغبار لتحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية على المستوى الشهري في محافظة تعز خلال الموسم الجفاف، تمهيداً لتحديد المنطقة التي تأثرت بالتعرية الريحية للتربة بصورة عامة خلال ثمانية أشهر، وتحديد المنطقة الأشد تأثراً بالتعرية الريحية، أي المنطقة التي تأثرت بالتعرية الريحية في كل شهر من أشهر الجفاف.

أ) حساسية التربة للتعرية الريحية يناير (2018):

تظهر نتائج تطبيق مؤشر الغبار على مرئية يناير، تراوح قيمة المؤشر بين 0.93^- في المناطق التي لا تعاني تربتها من حساسية للتعرية الريحية، أو حيث يكاد ينعدم الغبار في الغلاف الجوي، إلى 0.73 في المناطق التي تعاني من حساسية التربة للتعرية الريحية، حيث تشتد كثافة الغبار في الغلاف الجوي، بمتوسط حسابي 0.39 ، وانحراف معياري 0.07 ، وهذا يعني تركيز في توزيع حساسية التربة للتعرية الريحية.

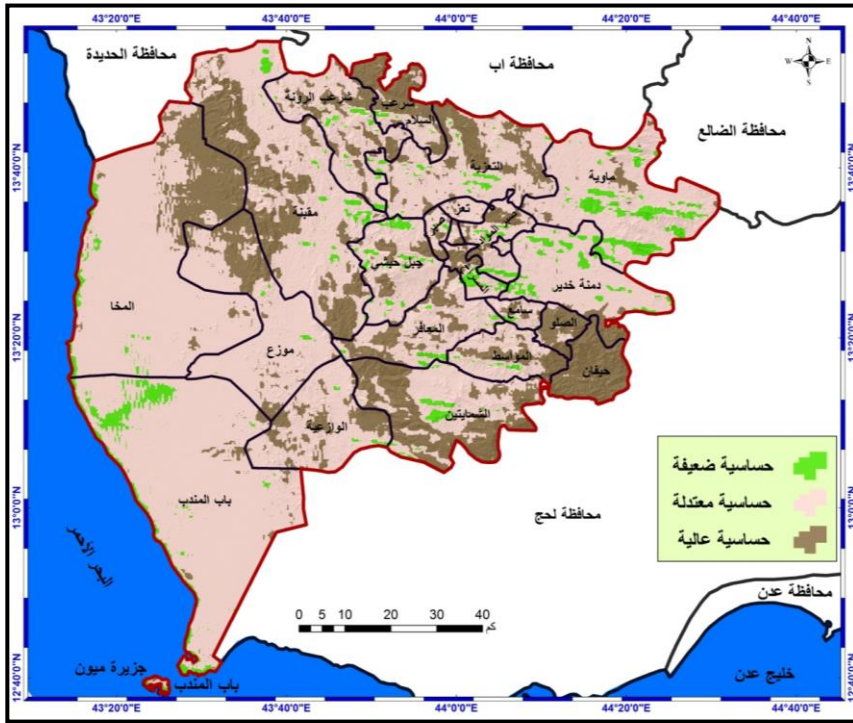
بلغت مساحة المنطقة التي تعرضت تربتها لحساسية عالية للتعرية الريحية 2489.5 كم²، بنسبة 24.2% من إجمالي مساحة المحافظة، وتظهر كما يوضح الشكل رقم (2) جنوب شرق وجنوب وشمال وشمال غرب المحافظة في مديريات حيفان والصلو والشمايتين وشمال التعزية وشرع وبغرب مقبنة وشرق المخا، وارتفعت حساسية التربة للتعرية كذلك في مناطق متفرقة بمديريات وسط المحافظة.

وبلغت مساحة المنطقة التي اتصف تربتها بحساسية معتدلة للتعرية الريحية 6950.8 كم²، بنسبة 69.4% من إجمالي مساحة المحافظة، وتغطي كما يوضح شكل رقم (2) غرب ووسط وشمال شرق محافظة تعز. وبلغت مساحة المنطقة التي لم تعاني تربتها من حساسية عالية للتعرية الريحية 579 كم²، بنسبة 5.8% من إجمالي مساحة المحافظة، وتظهر هذه المنطقة على شكل بقع صغيرة وسط وشمال شرق وغرب المحافظة.

بناءً على ذلك يرجع التباين المكاني لحساسية التربة للتعرية الريحية في المحافظة، إلى تباين المكاني في توزيع الجفاف، وممارسة حراثة الأراضي الزراعية، وخصائص التربة، وخصائص سطح الأرض، والضغط على الموارد الطبيعية، ورطوبة التربة والغلاف الجوي،

ويتفاعل هذه العوامل مع أخرى، ينبعث الغبار الذي يعد نتيجة للتعرية الريحية، وبالتالي تعد حساسية التربة العالية في بعض المناطق بالمحافظة مؤشر على تدهور الموارد الطبيعية بالذات التربة، ويرافق ذلك خسائر تهدد التنمية الاقتصادية والاجتماعية بهذه المناطق. ويرجع ضعف حساسية التربة للتعرية الريحية في مناطق أخرى بالمحافظة بالذات غرب محافظة تعز إلى انخفاض سرعة الرياح، وارتفاع الرطوبة.

شكل (2) حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز يناير (2018)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية (MODIS Terra).

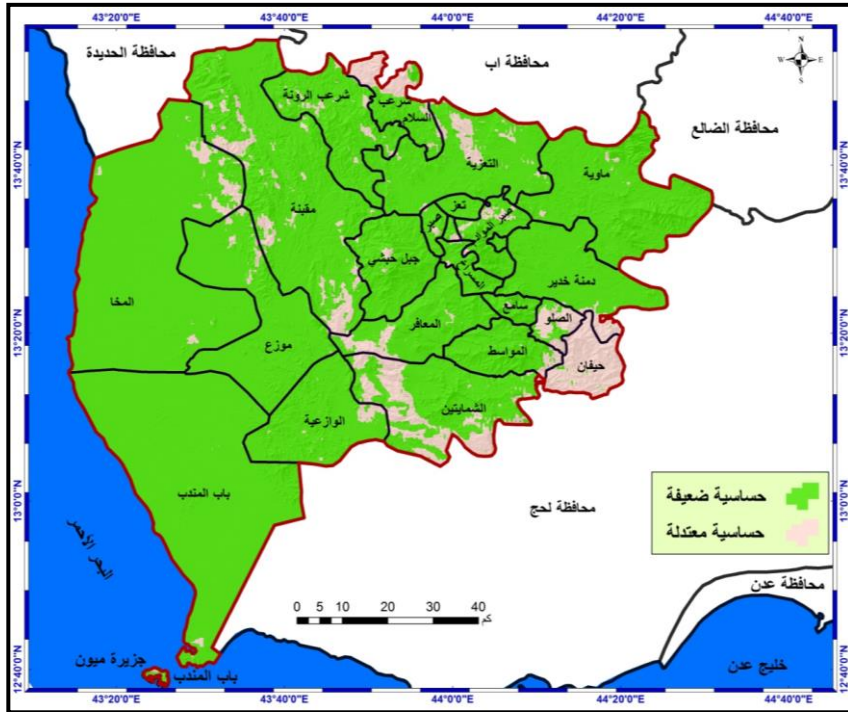
ب) حساسية التربة للتعرية الريحية فبراير (2018):

توصلت نتائج تطبيق مؤشر الغبار على مرئية شهر فبراير، تراوح قيمة المؤشر بين 0.84^- في المناطق التي لا تعاني تربتها من حساسية للتعرية الريحية، أو حيث يقل الغبار في الغلاف الجوي، إلى 0.44 في المناطق التي تعاني من حساسية معتدلة للتعرية الريحية، حيث ينتشر الغبار على شكل طبقة رقيقة في الغلاف الجوي، وبذلك تؤكد النتائج أن حساسية التربة للتعرية الريحية في المحافظة كانت أدنى من شهر يناير، ومما يؤكد ذلك عدم

تطبيق مؤشر الغبار (NDDI) لتحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز خلال موسم الجفاف

تجاوز قيمة هذا المؤشر 0.44، وبلغ متوسط التوزيع 0.22، بانحراف معياري 0.05، وهذا يعني تركيز في توزيع حساسية التربة للتعرية الريحية. وعليه بلغت مساحة المنطقة التي اتصفت تربتها بحساسية معتدلة للتعرية الريحية 1026 كم²، بنسبة 10.2% من إجمالي مساحة المحافظة، وتغطي هذه المنطقة كما يوضح شكل رقم (3) مديرية حيفان جنوب شرق المحافظة، وأجزاء من مديريات الصلو والشمايتين والمواسط ومقنبه والمخا وشرب السلام والرونه وجبل حبشي وصبر الموادم. وبلغت مساحة المنطقة التي عانت تربتها من حساسية ضعيفة للتعرية الريحية 8993.1 كم²، بنسبة 89.8% من إجمالي مساحة المحافظة، وتظهر هذه المنطقة في كل المديريات بنسب مختلفة، وبالتالي تعكس هذه القيمة رطوبة التربة والغلاف الجوي، وانخفاض سرعة الرياح مقارنة بالشهر السابق.

شكل (3) حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز فبراير (2018)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية (MODIS Terra).

ج) حساسية التربة للتعرية الريحية مارس (2018):

توضح نتائج تطبيق مؤشر الغبار على المرئية شهر مارس، تتراوح قيمة المؤشر بين 0.58^- في المناطق التي لا تعاني تربتها من حساسية للتعرية الريحية، أو حيث يكاد يندم الغبار في الغلاف الجوي، إلى 0.97 في المناطق التي تعاني تربتها من حساسية عالية للتعرية الريحية، وذلك حيث تشتد كثافة الغبار في الغلاف الجوي، بمتوسط حسابي 0.40 ، وانحراف معياري 0.05 ، وهذا يعني تركيز توزيع حساسية التربة للتعرية الريحية.

بلغت مساحة المنطقة التي عانت تربتها من حساسية عالية للتعرية الريحية 2423.5 كم²، بنسبة 24.2% من إجمالي مساحة المحافظة، وتقع هذه المناطق شكل رقم (4)، جنوب شرق وجنوب وشمال غرب وجنوب غرب وشمال المحافظة، في مديريات حيفان والصلو وغرب وجنوب الشاميتين وغرب الواضية وشمال غرب شرعب السلام وغرب مقبنة وشرق المخا، وترجع حساسية التربة للتعرية الريحية في هذه المناطق لتفاعل عدة متغيرات مكانية كشدة الجفاف، وممارسة حراثة الأراضي، ونعومة حبيبات التربة، وارتفاع سرعة الرياح مع ارتفاع سطح الأرض، وتدهور الموارد الطبيعية.

في المقابل بلغت مساحة المنطقة التي تتصف تربتها بحساسية معتدلة للتعرية الريحية 7390.2 كم²، بنسبة 73.8% من إجمالي مساحة المحافظة، وتغطي هذه المنطقة شكل رقم (4) غالبية مناطق غرب وشمال شرق ووسط المحافظة.

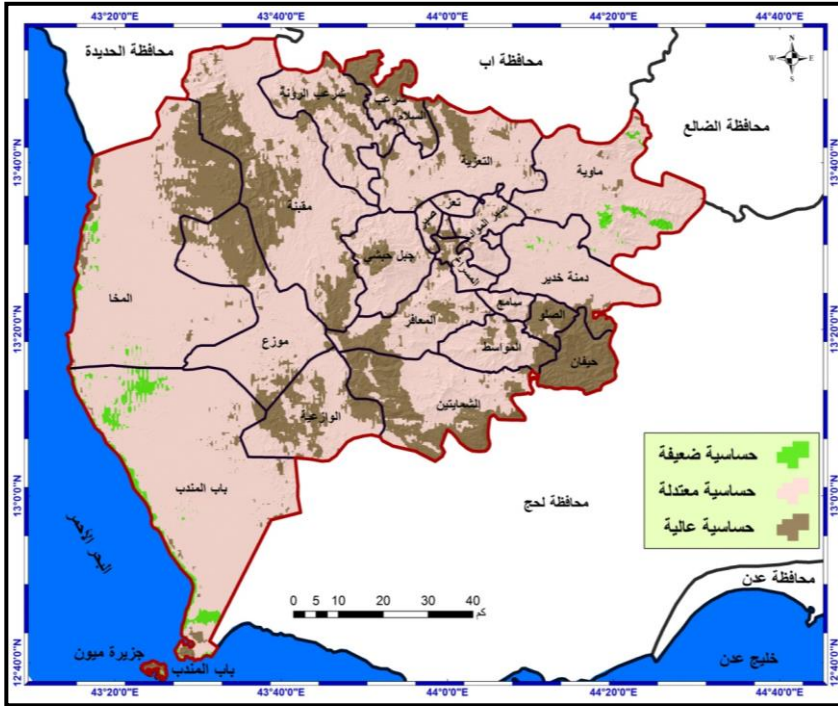
من جانب آخر بلغت مساحة المنطقة التي لم تواجه تربتها حساسية للتعرية الريحية 205.6 كم²، بنسبة 2.05% من إجمالي مساحة المحافظة، وتظهر هذه المنطقة على شكل بقع صغيرة غرب ووسط وشمال شرق المحافظة.

د) حساسية التربة للتعرية الريحية ابريل (2018):

تؤكد نتائج تطبيق مؤشر الغبار على مرئية شهر ابريل، تتراوح قيمة المؤشر بين 0.64^- في المناطق التي لا تعاني تربتها من حساسية للتعرية الريحية، أو حيث يقل الغبار في الغلاف الجوي، إلى 0.82 في المناطق التي تعاني تربتها من حساسية عالية للتعرية الريحية، أي حيث تشتد كثافة الغبار في الغلاف الجوي، بمتوسط حسابي بلغ 0.40 ، وانحراف معياري 0.06 ، مما يعني وجود تركيز في توزيع حساسية التربة للتعرية الريحية.

تطبيق مؤشر الغبار (NDDI) لتحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية
في محافظة تعز خلال موسم الجفاف

شكل (4) حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز مارس (2018)



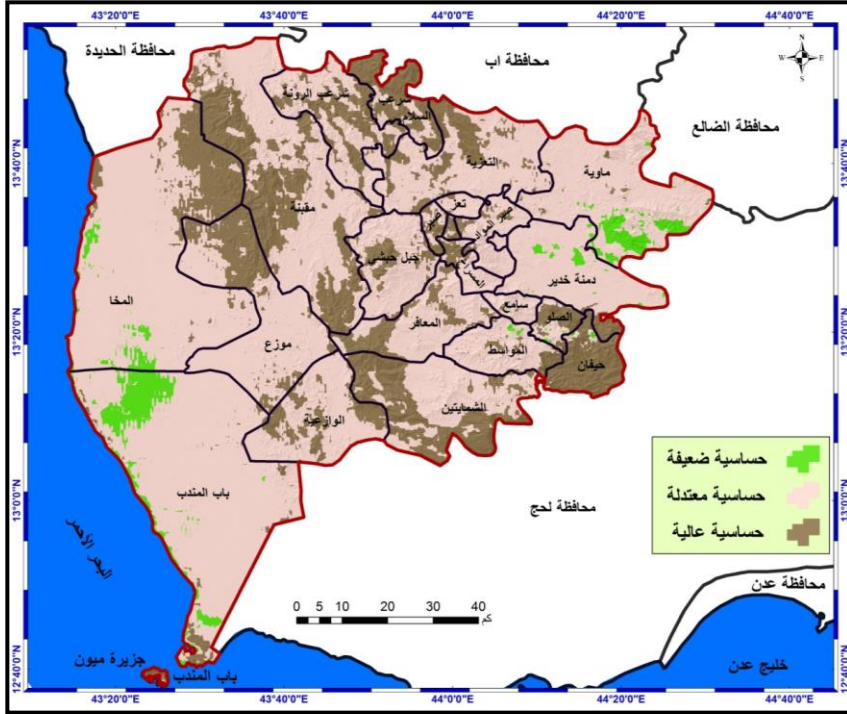
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية (MODIS Terra).

ويوضح الشكل رقم (5) وقوع المنطقة التي عانت تربتها من حساسية للتعرية الريحية، جنوب شرق وجنوب وشمال وشمال غرب وجنوب غرب المحافظة، بمديريات حيفان والصلو وجنوب وغرب الشمايتين وغرب الوازعية وشمال مديريات التعزية وشرعب وغرب مقبنة وشمال موزع وشمال شرق المخا، بمساحة بلغت 2550.3 كم²، بنسبة 25.5% من إجمالي مساحة المحافظة، وتفسر حساسية التربة بهذه المناطق إلى الجفاف، وسرعة الرياح، وتفكك حبيبات التربة بفعل ممارسة حراثة التربة تمهيداً لبدأ الزراعة الموسمية.

في المقابل غطت المنطقة التي اتسمت تربتها بحساسية معتدلة للتعرية الريحية معظم مساحة المحافظة خاصة غرب وشمال شرق ووسط المحافظة، بمساحة بلغت 7093.9 كم²، بنسبة 70.8% من إجمالي مساحة المحافظة. وبلغت مساحة المنطقة التي اتصفت تربتها بضعف حساسيتها للتعرية الريحية 375.1 كم²، بنسبة 3.7% من إجمالي مساحة المحافظة، وتظهر جنوب وغرب مديرية المخا، وشمال وغرب وجنوب مديرية باب المندب، وجنوب

مديرية ماوية، وشمال مديرية دمنة خدير.

شكل (5) حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز ابريل (2018)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية (MODIS Terra).

٥) حساسية التربة للتعرية الريحية مايو (2018):

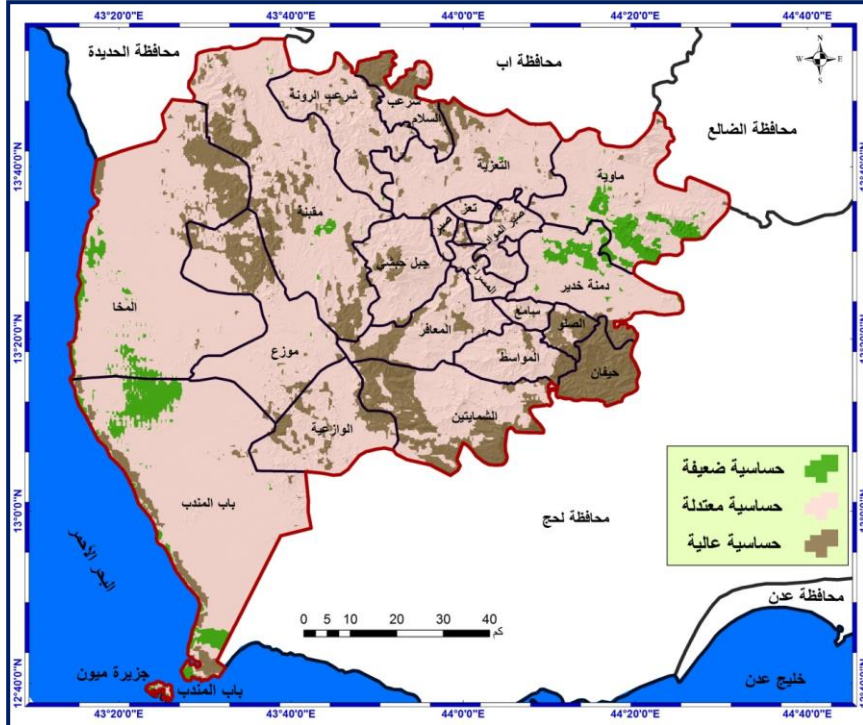
تشير نتائج تطبيق مؤشر الغبار على مرئية شهر مايو، تراوح قيمة المؤشر بين 0.50^- في المناطق التي لا تعاني تربتها من حساسية للتعرية الريحية، وذلك حيث يقل الغبار في الغلاف الجوي، إلى 1 في المناطق التي تواجه تربتها حساسية عالية للتعرية الريحية، بمتوسط حسابي بلغ 0.39، وانحراف معياري 0.06، وتعكس هذه النتائج وجود تركيز في توزيع حساسية التربة للتعرية الريحية حول متوسطها الحسابي.

ويوضح الشكل رقم (6) وقوع المنطقة التي عانت تربتها من حساسية عالية للتعرية الريحية جنوب شرق وجنوب ووسط المحافظة في مديريات: حيفان والصلو وجنوب وغرب الشمايتين وغرب الوازعية وشمال موزع وغرب مقبنة وشمال موزع وشمال شرق المخا، بمساحة بلغت 1810.5 كم²، بنسبة 18.07% من إجمالي مساحة المحافظة، مما يعني تراجع

تطبيق مؤشر الغبار (NDDI) لتحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز خلال موسم الجفاف

مساحة التربة التي عانت من حساسية للتعرية الريحية. وتغطي المنطقة التي اتسمت تربتها بحساسية معتدلة للتعرية الريحية معظم مساحة المحافظة بالذات شمال شرق ووسط وغرب المحافظة، بمساحة بلغت 7766.5 كم²، بنسبة 77.5% من إجمالي مساحة المحافظة.

شكل (6) حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز مايو (2018)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية (MODIS Terra).

من جانب آخر ظهرت المنطقة التي اتصفت تربتها بحساسية ضعيفة للتعرية الريحية، جنوب وغرب مديرية المخا، وشمال وجنوب مديرية باب المندب، ووسط مديرتي ماوية ودمنة خدير، بمساحة بلغت مساحة 442.3 كم²، بنسبة 4.4% من إجمالي مساحة المحافظة، ويرجع ارتفاع مساحة المنطقة التي اتصفت بضعف حساسية تربتها للتعرية الريحية في شهر مايو مقارنة بالأشهر السابقة إلى بداية موسم هطول الأمطار، وارتفاع رطوبة التربة، وتماسك حبيباتها.

(و) حساسية التربة للتعرية الريحية أكتوبر (2018):

تُبيّن نتائج تطبيق مؤشر الغبار على مرئية شهر أكتوبر، تراوح قيمة المؤشر بين 0.70^- في المناطق التي لا تعاني تربتها من حساسية للتعرية الريحية، إلى 1 في المناطق التي تواجه تربتها حساسية عالية للتعرية الريحية، أي حيث تشتد كثافة الغبار في الغلاف الجوي، بمتوسط حسابي 0.37، وانحراف معياري 0.08، مما يعكس وجود تركيز في توزيع حساسية التربة للتعرية الريحية.

يوضح الشكل رقم (7) وقوع المناطق التي عانت تربتها من حساسية عالية للتعرية الريحية وسط غرب وجنوب شرق وجنوب وشمال المحافظة في مديريات: حيفان والصلو وجنوب وغرب الشماميتين وغرب الواضية وشمال موزع وجنوب وشمال غرب مقبنة وشمال موزع وشمال شرق وغرب المخا، بمساحة بلغت 1899.3 كم²، بنسبة 19% من إجمالي مساحة المحافظة، ويمكن تفسير حساسية التربة للتعرية بانكشاف سطح غالبية الترب عقب نهاية الموسم الزراعي، وجفاف التربة، وسرعة الرياح. وغطت المنطقة التي اتسمت تربتها بحساسية معتدلة للتعرية الريحية معظم مساحة المحافظة بالذات غرب ووسط وشمال المحافظة، بمساحة بلغت 7263.7 كم²، بنسبة 72.5% من إجمالي مساحة المحافظة.

وتظهر المنطقة التي اتصفت تربتها بحساسية ضعيفة للتعرية الريحية جنوب وغرب مديرية المخا، وشمال وغرب مديرية باب المندب، ووسط مديرية ماوية، ووسط مديريات حيفان والصلو وجبل حبشي وصبر الموادم وشرعب الرونة، وشمال مديرتي مقبنة وشرعب السلام، ووسط مديرية التعزية، بمساحة بلغت 856.4 كم²، بنسبة 8.5% من إجمالي مساحة المحافظة، ويرجع ارتفاع مساحة المنطقة التي اتصفت بحساسية تربتها للتعرية الريحية مقارنة بالأشهر السابقة، إلى تماسك حبيبات التربة عقب الموسم الزراعي الممتد بين شهري مايو - أكتوبر.

(ز) حساسية التربة للتعرية الريحية نوفمبر (2018):

تُبيّن نتائج تطبيق مؤشر الغبار على مرئية شهر نوفمبر، تراوح قيمة المؤشر بين 0.96^- في المناطق التي يقل فيها الغبار بالغلاف الجوي، والتي لا تعاني تربتها من حساسية للتعرية الريحية، إلى 0.89 في المناطق التي تتصف بكثافة الغبار، وتعاني تربتها من حساسية عالية للتعرية الريحية، بمتوسط حسابي بلغ 0.40، وانحراف معياري 0.07، وهذا يدل على تركيز

تطبيق مؤشر الغبار (NDDI) لتحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية
في محافظة تعز خلال موسم الجفاف

في توزيع حساسية التربة للتعرية الريحية حول المتوسط.

شكل (7) حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز أكتوبر (2018)



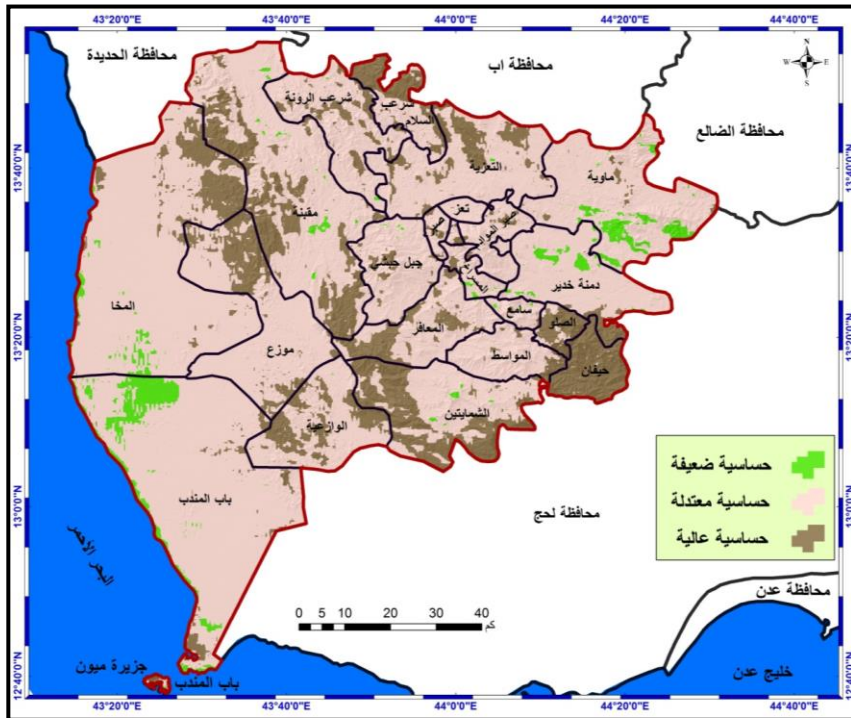
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية (MODIS Terra).

ويوضح الشكل رقم (8) أن المناطق التي تعاني تربتها من حساسية عالية للتعرية الريحية تقع جنوب وجنوب شرق وشمال ووسط المحافظة في مديريات: حيفان والصلو وجنوب وجنوب غرب الشماليين وغرب الواضية وشمال موزع وجنوب وغرب مقبنة وشمال موزع وشمال شرق المخا، بمساحة بلغت 2032.7 كم²، بنسبة 20.3% من إجمالي مساحة المحافظة، ويفسر عودة كثافة العوالق الغبارية في الغلاف الجوي، بتكشيف سطح التربة، والبدء بممارسة حرث التربة استعداداً للموسم الزراعي الجديد.

وتقع المنطقة التي اتسمت تربتها بحساسية معتدلة للتعرية الريحية شكل رقم (8) في معظم مساحة المحافظة بالذات غرب ووسط وشمال شرق وشمال غرب المحافظة، بمساحة بلغت 7627.9 كم²، بنسبة 76.1% من إجمالي مساحة المحافظة.

وتظهر المنطقة التي تتصف ترتبتها بحساسية ضعيفة للتعرية الريحية جنوب وغرب مديرية المخا، وشمال وغرب وجنوب مديرية باب المنذب، ووسط مديرية ماوية ودمنة خدير، ووسط مديرتي مقبنة والشمايتين، بمساحة بلغت مساحة 358.7 كم²، بنسبة 3.6% من إجمالي مساحة المحافظة، ويعود سبب تراجع مساحة المنطقة التي تتصف بضعف حساسية ترتبتها للتعرية الريحية مقارنة بالأشهر السابقة إلى تفكك حبيبات التربة بالحرارة، والجفاف، والرياح.

شكل (8) حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز نوفمبر (2018)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية (MODIS Terra).

ح) حساسية التربة للتعرية الريحية ديسمبر (2018):

توضح نتائج تطبيق مؤشر الغبار على مرئية موديس تيرا خلال شهر ديسمبر، تراوح قيمة المؤشر بين 0.96^- في المناطق التي تتصف بقلّة الغبار العالق الذي يشير إلى ضعف حساسية التربة للتعرية الريحية بهذه المناطق، إلى 0.94 في المناطق التي تتصف بكثافة الغبار الذي يعكس تعرض تربة هذه المناطق لحساسية عالية للتعرية الريحية، بمتوسط حسابي

تطبيق مؤشر الغبار (NDDI) لتحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز خلال موسم الجفاف

0.39، وانحراف معياري 0.05، وتعكس هذه النتائج تركيز توزيع حساسية التربة للتعرية الريحية حولها متوسطها.

وعليه فإن تغطية العوالق الغبارية في الغلاف الجوي أقل من الشهر السابق، ومما يؤكد ذلك بلغت مساحة المنطقة التي تعاني تربتها من حساسية عالية للتعرية الريحية 2014.9 كم²، بنسبة 20.1% من إجمالي مساحة المحافظة، ويعكس هذا التراجع انخفاض سرعة الرياح، وهطول أمطار شتوية خفيفة، وتقع هذه المناطق كما يبين الشكل رقم (9) شمال غرب وجنوب شرق وجنوب وشمال ووسط المحافظة في مديريات: حيفان والصلو وجنوب وغرب الشماليين وغرب الوازعية وشمال موزع وجنوب وغرب مقبنة وشمال موزع وشمال شرق المخا ووسط المعافر وشمال التعزية وشرعب.

شكل (9) حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز ديسمبر (2018)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية (MODIS Terra).

وتغطي المنطقة التي اتسمت تربتها بحساسية معتدلة للتعرية الريحية غرب ووسط وشمال شرق وشمال غرب المحافظة، بمساحة بلغت 7646.3 كم²، بنسبة 76.3% من إجمالي

مساحة المحافظة. وتظهر المنطقة التي اتصفت بضعف حساسية تربتها للتعرية الريحية جنوب وغرب مديرية المخا، وشمال وغرب وجنوب مديرية باب المنذب، ووسط مديريات: ماوية ودمنة خدير والشمايتين وجبل حبشي ومقبنة، وشمال شرق المسراخ، بمساحة بلغت 358 كم²، بنسبة 3.57% من إجمالي مساحة المحافظة.

وعليه يظهر جدول (2) إنَّ أكبر مساحة لمناطق ضعف حساسية التربة للتعرية الريحية في محافظة تعز خلال موسم الجفاف ظهرت في شهر فبراير بمساحة بلغت 8993.1 كم²، بنسبة 89.8% من إجمالي مساحة المحافظة، ويرجع ذلك لطول الأمطار الشتوية الخفيفة التي تعزز من تماسك سطح التربة وتحد من انتشار الغبار، وبرزت أدنى مساحة لمناطق ضعف تحسس التربة للتعرية الريحية في شهر مارس، بمساحة بلغت 205.6 كم²، بنسبة 2.05% من إجمالي مساحة المحافظة.

ويوضح جدول (2) إنَّ أكبر مساحة لمناطق اعتدال حساسية التربة للتعرية الريحية في المحافظة بموسم الجفاف برزت في شهر مايو، بمساحة بلغت 7766.5 كم²، بنسبة 77.5% من إجمالي مساحة المحافظة، ويرجع ذلك بسبب بداية هطول الامطار الناتجة عن الرياح الموسمية الجنوبية الغربية القادمة من البحر الأحمر، وبرزت اقل مساحة لمناطق اعتدال تحسس التربة للتعرية الريحية في شهر مارس، بمساحة 1026 كم²، بنسبة 10.2% من إجمالي مساحة المحافظة.

جدول (2) مستويات الحساسية البيئية للتربة في محافظة تعز.

| مستوى الحساسية | | | | | | الشهر |
|----------------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|-------------------------|--------|
| عالية | | معتدلة | | ضعيفة | | |
| النسبة % | المساحة كم ² | النسبة % | المساحة كم ² | النسبة % | المساحة كم ² | |
| 24.2 | 2489.5 | 69.4 | 6950.8 | 5.8 | 579 | يناير |
| - | - | 10.2 | 1026 | 89.8 | 8993.1 | فبراير |
| 24.2 | 2423.5 | 73.8 | 7390.2 | 2.05 | 205.6 | مارس |
| 25.5 | 2550.3 | 70.8 | 7093.9 | 3.7 | 375.1 | ابريل |
| 18.07 | 1810.5 | 77.5 | 7766.5 | 4.4 | 442.3 | مايو |
| 19 | 1899.3 | 72.5 | 7263.7 | 8.5 | 856.4 | اكتوبر |
| 20.3 | 2032.7 | 76.1 | 7227.9 | 3.6 | 358.7 | نوفمبر |
| 20.1 | 2014.9 | 76.3 | 7646.3 | 3.57 | 358 | ديسمبر |

المصدر: الباحث بالاعتماد على الأشكال (2-9).

تطبيق مؤشر الغبار (NDDI) لتحديد مدى حساسية التربة للتعرية الريحية
في محافظة تعز خلال موسم الجفاف

ويبين شكل رقم (10) إنَّ أكبر مساحة لحساسية التربة العالية للتعرية الريحية في محافظة تعز خلال موسم الجفاف ظهرت في شهر ابريل، بمساحة بلغت 2550.3 كم²، بنسبة 25.5% من إجمالي مساحة المحافظة، ويرجع ذلك لكون كل تربة المحافظة قد حرثت وتفككت جزئيتها تمهيدا للموسم الزراعي، وبداية ممارسة المزارعين للنشاط الزراعي من خلال رمي البذور، وبرزت أقل مساحة لمناطق التحسس العالي للتربة للتعرية الريحية في المحافظة في شهر فبراير، حيث لم يظهر أي تحسس لتعرية التربة بالرياح.

شكل (10) مستويات حساسية التربة للتعرية الريحية شهريا في محافظة تعز



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (2).

ط) حساسية التربة للتعرية الريحية خلال موسم الجفاف:

توضح نتائج حساب متوسط مؤشر العواصف الغبارية بموسم الجفاف بين شهري أكتوبر - مايو، تراوح قيمة المتوسط بين 0.35^- في المناطق التي تتصف بقلة العواصف الغبارية في الغلاف الجوي، وتمثل المناطق التي لا تعاني تربتها من حساسية للتعرية الريحية، إلى 0.60 في المناطق التي تتصف بانتشار الغبار في الغلاف الجوي، وهذا يدل على أن تربتها تعاني من حساسية عالية للتعرية الريحية، بمتوسط حسابي 0.37 ، وانحراف معياري 0.05 ، وتعكس هذه النتائج تركيز توزيع حساسية التربة للتعرية الريحية حولها متوسطها الحسابي في موسم الجفاف بالمحافظة.

ويوضح الشكل رقم (11) المناطق التي ظهرت فيها عواصف غبارية كثيفة في الغلاف الجوي بين شهري أكتوبر - مايو، حيث بلغت مساحة المنطقة التي تعرضت تربتها لحساسية عالية للتعرية الريحية خلال هذه المدة 996 كم²، بنسبة 9.9% من إجمالي مساحة المحافظة،

وتظهر المناطق التي عانت ترتبتها من حساسية عالية للتعرية الريحية شمال غرب وجنوب شرق وجنوب وشمال ووسط المحافظة في مديريات: حيفان والصلو والشمائتين وسامع والمواسط والمعافر وغرب الوازعية وشرق وغرب جبل حبشي وشمال وجنوب شرق موزع وجنوب وغرب مقبنة وشرق وغرب باب المنذب وشمال شرق وغرب المخا وشمال التعرية وشرعب.

في المقابل تغطي المنطقة التي تتصف ترتبتها بحساسية معتدلة للتعرية الريحية شكل رقم (11) جنوب غرب وشمال غرب ووسط وشمال شرق محافظة تعز، بمساحة بلغت 8314.5 كم²، بنسبة 83% من إجمالي مساحة المحافظة. وتظهر المنطقة التي تتصف ترتبتها بحساسية ضعيفة للتعرية الريحية جنوب ووسط وغرب مديرية المخا، وشمال وغرب وجنوب مديرية باب المنذب، ووسط وشمال مديرية ماوية، وشمال وجنوب مديرية دمنة خدير، غرب مديرية سامع، وجنوب شرق مديرية المسراخ، وسط مديرية الشمائتين، ووسط وشمال مديرية مقبنة، بمساحة بلغت مساحة 708.9 كم²، بنسبة 7.07% من إجمالي مساحة المحافظة.

وبذلك يرجع التباين المكاني والزمني في التعرية الريحية للتربة في محافظة تعز لعدد من متغيرات البيئة المكانية، كتباين خصائص التربة، وسرعة الرياح، والتتح، ورطوبة التربة، ومدى تغطيتها بالنبات والمحاصيل، والاستقرار البنوي لحبيبات التربة، واستخدام الأرض الزراعي الذي يؤدي إلى تغير خصائص التربة، وقدرتها على مقاومة التعرية الريحية، حيث يزداد انبعاث الغبار عند حرارة الأرض، وتؤدي الحرارة التي تغير خصائص التربة، مما يسرع من التعرية الريحية، مقارنة بالترب غير المحروثة، أو قليلة الحرارة، ويتضاعف الخطر مع تدهور كثافة الغطاء النباتي وكثافة الرعي، وكلاهما يضاعف من اضطراب حبيبات التربة السطحية، ويمكن أن تؤدي تعرية التربة الريحية إلى فقدان كثير من العناصر الغذائية، وهذا يؤدي إلى تدهور التربة في الأراضي الخصبة.

ي) الترب الأكثر حساسية للتعرية الريحية خلال موسم الجفاف:

توضح نتائج تطبيق أداة (intersect) لتحديد المنطقة الأكثر حساسية للتعرية الريحية خلال موسم الجفاف، أو المنطقة التي ظهرت فيها عوامل غبارية شهرياً، وتشير إلى تعرض التربة لتعرية ريفية في كل شهر من أشهر موسم الجفاف، وبالاعتماد على تراكم الطبقات المعلوماتية لكل شهر، بلغت مساحة التربة الأكثر حساسية للتعرية الريحية 771.4 كم²، بنسبة 7.7% من إجمالي مساحة المحافظة.

المنطقة الأكثر حساسية للتعرية الريحية في المحافظة. وجاءت في المرتبة السابعة مديرية المعافر، بمساحة بلغت 41.7 كم²، بنسبة 5.4% من إجمالي مساحة المنطقة الأكثر حساسية للتعرية الريحية في المحافظة، وجاءت في المرتبة الثامنة مديرية الوازعية، بمساحة بلغت 37.4 كم²، بنسبة 4.8% من إجمالي مساحة المنطقة الأكثر حساسية للتعرية الريحية في المحافظة. وجاءت في المرتبة التاسعة مديرية التعزية، بمساحة بلغت 29.5 كم²، بنسبة 3.8% من إجمالي مساحة المنطقة الأكثر حساسية للتعرية الريحية في المحافظة، وبالتالي بلغت مساحة المنطقة المتضررة من خطر التعرية الريحية في هذه المديريات 691.4 كم²، بنسبة 89.6% من إجمالي مساحة المنطقة الأكثر حساسية للتعرية الريحية.

جدول (3) توزيع مساحة المنطقة الأكثر حساسية للتعرية الريحية على مستوى مديريات المحافظة 2018

| المديرية | مساحة المنطقة الأكثر تضرراً بالتعرية الريحية كم | النسبة من إجمالي مساحة المنطقة الأكثر تضرراً بالتعرية | النسبة من مساحة المديرية | النسبة من مساحة المحافظة |
|-------------|---|---|--------------------------|--------------------------|
| باب المندب | 2.3 | 0.3 | 0.15 | 0.02 |
| المخا | 89.9 | 11.7 | 5.7 | 0.9 |
| مقبة | 132.6 | 17.2 | 11 | 1.3 |
| موزع | 49.9 | 6.5 | 7.3 | 0.5 |
| ماوية | 0.7 | 0.09 | 0.09 | 0.007 |
| الشمائتين | 166.7 | 21.6 | 27 | 1.7 |
| التعزية | 29.5 | 3.8 | 4.9 | 0.3 |
| دمنة خدير | 16.06 | 2.08 | 3.5 | 0.17 |
| شرعب الرونة | 16.7 | 2.2 | 4 | 0.2 |
| الوازعية | 37.4 | 4.8 | 8.5 | 0.37 |
| المعافر | 41.7 | 5.4 | 11.9 | 0.41 |
| جبل حبشي | 2 | 0.26 | 0.64 | 0.01 |
| المواسط | 9.5 | 1.23 | 4.4 | 0.09 |
| حيفان | 75.8 | 9.8 | 40.6 | 0.76 |
| شرعب السلام | 67.9 | 8.8 | 34.07 | 0.68 |
| صير الموادم | 3.9 | 0.5 | 2 | 0.03 |
| المسراخ | 1.3 | 0.17 | 1.4 | 0.01 |
| الصلو | 26.2 | 3.4 | 31.9 | 0.27 |
| سامع | صفر | - | - | - |
| القاهرة | 1 | 0.13 | 9.8 | 0.009 |
| المظفر | 0.34 | 0.04 | 2.4 | 0.003 |
| صالة | صفر | - | - | - |
| المجموع | 771.4 | 100 | - | 7.7 |

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الشكل رقم (12).

المراجع العربية:

- الدوسري. علي. (2018). ظاهرة الغبار محليًا وإقليميًا وعالميًا، معهد الكويت للأبحاث العلمية، مركز أبحاث البيئة والعلوم الحياتية.
- راشد. عماد. (2011). دراسة تأثير بعض العناصر الجوية على العواصف الغبارية لمناطق مختارة من العراق، مجلة علوم المستنصرية، المجلد، 22، العدد، 4.
- غريب. إسماعيل. (1983). العواصف الترابية وآثارها على البيئة في الكويت، سلسلة نشرات ثقافية تعني بقضايا البيئة تصدرها جمعية حماية البيئة، العدد، 9.
- كاظم. محمد. (2012). رصد العواصف الغبارية باستخدام الأقمار الصناعية الأنوائية: وقائع المؤتمر الأول للعواصف الغبارية وتأثيراتها البيئية - الأسباب والمعالجات. (2012).

المراجع الأجنبية:

- Behbahani.A. (2015). Hazard and Risk Assessment of Wind Erosion and Dust Emissions in Denmark - A Simulation and Modeling Approach, Doctoral Thesis, University of Basel, Faculty of Science, pp.1-132.
- Borrelli, p., Lugato, E., Montanarella, L., Panagos, P. (2017). A New Assessment of Soil Loss Due to Wind Erosion in European Agricultural Soils Using a Quantitative Spatially Distributed Modeling Approach, land degradation & development Land Degrade. Develop, Voll, 28, pp. 335-344.
- Chavez, S., Mackinnon, D. J., Reynolds, R. L., Velasco, M.G.(2002). Monitoring dust storms and mapping landscape vulnerability to wind erosion using satellite and ground-based digital images, Arid Lands, No, 51, pp.1-8.
- Cho, H.M., Nasiri, S.L., Yang, p. (2013). Detection of Optically Thin Mineral Dust Aerosol Layers over the Ocean Using MODIS, Journal of atmospheric and oceanic technology, Voll, 30, pp. 896-916.
- Ciren, P., Kondragunta, S. (2014). Dust aerosol index (DAI) algorithm for MODIS, Journal of Geophysical Research Atmospheres, Vol, 119 pp. 4470- 4792.
- Guo,B., Zhang, F., Yang, G., Sun. F., Jiang. L.(2017). Improved estimation method of soil wind erosion based on remote sensing and geographic information system in the Xinjiang Uygur Autonomous Region, China, Geomatics natural hazards and risk, Voll, 8, No, 2, pp. 1752 -1767.

- Haghghi. S., Akhzari. D., Attaeian, B., Gonbad, B. (2018). The effect of drought in the source area of dust storms on vegetation change (case study: western parts of Iran), Environmental Resources Research, Vol, 6, No, 2, pp.195-200.
- Heidarian, P., Azhdari, A., Joudaki, M., Khatooni, J., Dufiroozjaei, S. (2018). Integrating Remote Sensing, GIS, and Sedimentology Techniques for Identifying Dust Storm Sources: A Case Study in Khuzestan, Iran, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, Voll, 2, pp. 1-15.
- Holdt, J. R., Eckardt, F. D., Wiggs. G. F. S.(2017). Landsat identifies Aeolian dust emission dynamics at the landform scale, Remote Sensing of Environment, Vol, 198, pp. 229 –243.
- <https://search.earthdata.nasa.gov/search/granules?polygon>.
- Katra, I. (2020). Soil Erosion by Wind and Dust Emission in Semi-Arid Soils Due to Agricultural Activities, Agronomy, Vol, 10, Issu, 89, -pp.2-10.
- Laura, A., Oro, D., Daniel, E., Buschiazzo, E. (2009). Threshold wind velocity as an index of soil susceptibility to wind erosion under variable climatic conditions, land degradation & development, Vol, 20, pp.14-21.
- Mezősi, G., Blanka, V., Bata, T., Kovacs, F., Meyer, B. (2012). Estimation of regional differences in wind erosion sensitivity in Hungary, Nat. Hazards Earth Syst. Sci, Vol, 15, pp. 97–107.
- Prachi, M., pravin, K. (2014). detection and monitoring of two dust storm events by multispectral MODIS images, Journal of Environmental Research And Development, Vol, 8, No, 04, pp. 974-982.
- Qu, J.J., & Kafatos, M. (2006). Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. Geosciences and Remote Sensing letters, Vol, 3 (4), pp. 484 - 486.
- Raissouni, A., Issa, L. K. E.A., Maâtouk, M., Passalacqua, R. (2012). GIS - Based Model to Assess Erosion Sensitivity in Northern Morocco. Laou Watershed Case Study, International Journal of Geosciences, Voll, 3, pp. 610-626.
- Rezaei, M., Sameni, A., Shamsi, S., Bartholomeus, H. (2016). Remote sensing of land use/cover changes and its effect on wind erosion potential in southern Iran, Peer, 4, pp. 1-24.
- Reynold, R., Yount, J., Reheis, M., Goldstein, H. (2007). Dust Emission from Wet and Dry Playas in the Mojave Desert, USA, Earth Surface Processes and Landforms, Voll, 32, pp.1811-1827.

- Saadoud, S., Hassani, M., Peinado. F., Guettouche, M. (2018). Application of fuzzy logic approach for wind erosion hazard mapping in Laghouat region (Algeria) using remote sensing and GIS, *Aeolian Research*, Vol, 32, pp. 24-34.
- Samadi, S., Bolourani. A., Alavipanah, S . K., Mohamadi, H., Najafi, M.S. (2014). Global dust Detection Index (GDDI); a new remotely sensed methodology for dust storms detection, *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, Voll, 12, pp. 12-20.
- Setianto, A., Triandini, T. (2013). Comparison of Kriging and Inverse Distance Weighted (IDW) Interpolation Methods in Lineament Extraction and Analysis, *J. SE Asian Appl. Geol*, Vol, 5(1), pp. 21–29.
- Shahrivand, M., Akhoondzadeh, M. (2014). A comparison of empirical and intelligent methods for dust detection using MODIS satellite data, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol, XL-1/W3, pp. 371-375.
- Shi, P., Yan, P. (2004). Wind erosion research in China past, present and future, *Progress in Physical Geography*, Voll, 28, pp. 366–386.
- Sinclair, S. N., Jones, S . L. (2017). Subjective Mapping of Dust-Emission Sources by Using MODIS Imagery, U.S. Army Engineer Research and Development Center (ERDC), Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL), 72 Lyme Road, Hanover, NH 03755-1290.
- Taghavi, F., Owlad, E., Ackerman. S. A. (2017). Enhancement and identification of dust events in the south-west region of Iran using satellite observations, *J. Earth Syst. Sci*, Voll, 126, pp.1-28.
- Taramelli, M., Pasqui. M., Kirschbaum . D., Bottai, L., Busillo. B., Calastrini, F., Guarnieri, F., Small. C. (2012). Spatial and temporal dust source variability in northern China identified using advanced remote sensing analysis, *Earth Surf Process Landforms*, Published online in Wiley Online Library, pp.1-17.
- Yue, Y., Shi, P., Zou, X., Ye, X., Zhu, A., Wang, J. (2015). The measurement of wind erosion through field survey and remote sensing: a case study of the Mu Us Desert, China, *Natural Hazards* volume 76, pp.1497–1514.
- Webb, N. P., Zee, J. W. V., Karl, J., W., et al. (2017). Enhancing Wind Erosion Monitoring and Assessment for U.S. Rangelands, Vol, 39, Issu, 3–4, pp. 85-96.