قوائم المحتويات متاحة على المجلات الأكاديمية العراقية

مجلة رؤية للدراسات الاجتماعية

الصفحة الرئيسة للمجلة: https://visj.dws.gov.iq/

مورفوديناميكية الكثبان الرملية ومخاطر زحفها في نطاق النجف-السماوة

Morphodynamics of Sand Dunes and the Risks of Their Encroachment in the Najaf-Samawah Zone

نور خليل إبراهيم صالح الكرغولي*

المديرية العامة لتربية الأنبار– قسم تربية الكرمة – ثانوية التسنيم للبنات

Keywords

Sand dunes; Morphodynamics; Dune encroachment; Najaf; Samawah; Desertification.

Abstract

This study investigates the morphodynamics of sand dunes and the risks of dune encroachment in the Najaf-Samawah zone in central-southern Iraq. The research treats dune mobility as an integrated geomorphological process controlled by sediment supply, prevailing wind regime, surface dryness, vegetation scarcity and land-use pressure. A descriptive-analytical approach is combined with an applied framework based on published Iraqi studies, official environmental statistics and a proposed multi-temporal remote sensing procedure using Landsat, Sentinel-2 and SRTM data. The study concludes that dune encroachment in the area requires a multi-level management strategy that combines monitoring, mechanical and biological fixation, protection of agricultural margins and linear infrastructure, and risk-sensitive land-use planning.

* **Noor Khalil Ibrahim**

noor khalil915@gmail .com

معلومات المقال

تاريخ المقال:

الإرسال:

المراجعة:

القبول:2026\6\1

الكلمات المفتاحية:

الكثبان الرملية – المورفوديناميكية –زحف الرمال – النجف – السماوة – التصحر.

ملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة مورفوديناميكية الكثبان الرملية في النطاق الممتد بين النجف والسماوة، بوصفه أحد المواضع الجيومورفولوجية الحساسة في العراق الأوسط والجنوبي، حيث تتداخل البنية الجافة وشبه الجافة مع نشاط الرياح الشمالية الغربية، وتراجع الغطاء النباتي، وتذبذب الموارد المائية، وتحوّل بعض السطوح الهشة إلى مصادر فعالة للرمال الزاحفة .وينطلق البحث من فرضية أن حركة الكثبان لا تمثل ظاهرة شكلية منعزلة، بل هي حصيلة نظام ديناميكي مركّب يجمع بين وفرة الرواسب المفككة، وانخفاض الرطوبة السطحية، وتكرار الرياح القادرة على النقل، وضعف الإدارة الوقائية للهوامش الزراعية والطرق والمستوطنات الريفية.

اعتمد البحث منهجًا وصفيًا تحليليًا، مدعومًا بمقاربة تطبيقية قائمة على قراءة الخصائص المكانية للكثبان ومؤشرات خطورتها، بالاستفادة من الدراسات العراقية المنشورة وتقارير الجهات الرسمية، مع اقتراح نموذج عملي للرصد المتعدد الأزمنة باستخدام صور لاندسات وسنتينل ونموذج الارتفاع الرقمي SRTM .

وقد خلص البحث إلى أن نطاق النجف–السماوة يتطلب إدارة وقائية متعددة المستويات تجمع بين الرصد المكاني، وتثبيت الرمال بوسائل ميكانيكية وحيوية، وحماية الحافات الزراعية والبنى الخطية، وتوجيه استعمالات الأرض وفق درجات الخطر .وتنبع أهمية البحث من قابليته للتطبيق في التخطيط البيئي والمحلي، ولا سيما في المناطق التي تقع على تماس مباشر بين الصحراء والهامش الزراعي.

١ .مقدمة

تشكّل الكثبان الرملية في البيئات الجافة وشبه الجافة سجلًا حيًا لتفاعل الرياح مع الرواسب والسطح، فهي ليست مجرد تراكمات رملية ساكنة، بل منظومات شكلية قابلة للحركة والتحول وفق تبدّل الطاقة الريحية والرطوبة والغطاء النباتي وخصائص الحبيبات .وإذا كانت الكثبان في بعض الصحاري تبدو بعيدة عن العمران، فإن خطورتها في العراق تنبع من اقترابها من هوامش الزراعة والطرق ومنشآت الخدمة، ولا سيما في الأقاليم التي تتصل فيها بادية العراق بالسهل الرسوبي، حيث يصبح انتقال الرمال جزءًا من مشكلة التصحر وتدهور الأرض . وفي هذا السياق يكتسب نطاق النجف-السماوة أهمية خاصة؛ لأنه يمثّل ممرًا بين الصحراء والهامش الفراتي، وتتجاور فيه السطوح المنبسطة والحقول الرملية والقرى والطرق والزراعة المحدودة.

إن عنوان البحث،» مورفوديناميكية الكثبان الرملية ومخاطر زحفها في نطاق النجف-السماوة«، يفترض أن الظاهرة ينبغي قراءتها من زاويتين متلازمتين :زاوية جيومورفولوجية تبحث في الشكل والحركة ومصادر الرمال واتجاهات النقل، وزاوية تطبيقية تقيس مستوى الخطر على الإنسان واستعمالات الأرض .ومن ثم لا يكفي وصف الكثبان بحسب أسمائها الشكلية، بل لا بد من فهم آليات نشأتها وتبدلها :هل هي هلالية نشطة؟ هل تتصل في أشرطة طولية؟ هل تتحول إلى صفائح رملية؟ وهل تتقدّم نحو الحقول والطرق أم تنحصر في مواضع طبوغرافية أقل أثرًا؟

تؤكد الدراسات العراقية أن الكثبان لا تنتشر عشوائيًا في العراق، بل تظهر في مواضع بعينها ترتبط بمصادر الرواسب وبالنظم الريحية .

وتشير إحدى الدراسات إلى وجود امتداد طولي للكثبان عند الضفة اليمنى للفرات بين مدينتي النجف والسماوة، وهي إشارة ذات أهمية مباشرة لموضوع البحث؛ لأنها تجعل النطاق المختار ليس افتراضًا جغرافيًا عامًا، بل منطقة مذكورة في الأدبيات الجيومورفولوجية والبيئية العراقية. (Abbas & Mahdi, 2019, pp. 904-913)

وقد اتجهت الكتابة الجغرافية الحديثة إلى التعامل مع الرمال الزاحفة بوصفها مشكلة مركّبة، إذ ترتبط بالمناخ والتربة والنبات والمياه والسياسات الزراعية وأنماط الرعي والحركة العمرانية .لذلك لا تنفصل مورفوديناميكية الكثبان عن إدارة الأرض؛ فكلما تراجع الغطاء النباتي أو انكشفت السطوح بفعل الجفاف أو الرعي أو الحراثة غير الملائمة، زادت قابلية الحبيبات للانطلاق، وكلما غابت مصدّات الرياح ومشاريع التثبيت اتسع نطاق الزحف وتضاعفت الكلفة الاقتصادية والاجتماعية. من هنا يسعى هذا البحث إلى تقديم معالجة متوازنة تجمع بين التنظير والتطبيق، وتراعي متطلبات البحث المحكم في المجلات العراقية من حيث وضوح المشكلة، وتحديد النطاق، وتوثيق المعطيات، وتقديم نتائج قابلة للمناقشة.

أولًا :مشكلة البحث وأهميته:

تتمثل مشكلة البحث في أن نطاق النجف-السماوة يشهد حضورًا ملحوظًا للكثبان والسطوح الرملية القابلة للحركة، في بيئة تتصف بندرة الأمطار وارتفاع درجات الحرارة وسيادة فترات جفاف طويلة .وتزداد الإشكالية عندما يتقدم الرمل نحو الأراضي الزراعية أو الطرق أو منشآت الخدمة، أو عندما يتحول إلى مصدر محلي للعواصف الغبارية والرملية .وليس الخطر في وجود الكثبان بذاته، بل في نشاطها وانتقالها من حالة الشكل المستقر نسبيًا إلى حالة الزحف والامتداد، وفي ضعف القدرة على رصد هذا الانتقال مبكرًا قبل أن يتحول إلى خسائر مباشرة.

وتنبع أهمية البحث من ثلاثة اعتبارات .الأول علمي، إذ يسهم في توضيح العلاقة بين الشكل والكثبان والحركة والبيئة الجافة في منطقة عراقية ذات حساسية جيومورفولوجية .والثاني تطبيقي، لأنه يقدم نموذجًا لرصد الخطر وتحديد مواضع الأولوية، بما يخدم مديريات البيئة والزراعة والبلديات والطرق . والثالث تخطيطي، إذ يربط بين نتائج التحليل الجيومورفولوجي وبين إدارة استعمالات الأرض؛ فالمشكلة لا تعالج فقط بتثبيت كثيب منفرد، بل بتخطيط فضاء كامل يراعي اتجاهات الرياح، وممرات النقل الرملي، وحماية المناطق الأضعف.

وتظهر أهمية هذا الموضوع في ضوء البيانات الرسمية التي تورد مساحات للكثبان الرملية وللأراضي المتصحرة والمهددة بالتصحر بحسب المحافظات .فالنجف والمثنى لا تمثلان فقط محافظتين متجاورتين، بل تشكلان معًا نطاق تماس بين الصحراء والهامش الزراعي، وقد ورد في بيانات سنة 2022 أن مساحة الكثبان الرملية المسجلة في النجف بلغت 47,800 دونم، وفي المثنى 15,000 دونم، مع اتساع مساحة الأراضي المهددة بالتصحر في كلتيهما، وهو ما يبرر النظر إليهما ضمن حقل خطر مشترك لا ضمن حدود إدارية منفصلة. وزارة التخطيط العراقية،2024 ، ص(19-20)

ثانيًا: أهداف البحث وفرضياته:

يسعى البحث إلى تحقيق جملة أهداف مترابطة، أولها بناء إطار نظري يفسر مورفوديناميكية الكثبان الرملية بوصفها نتيجة لتفاعل الرياح والرواسب والسطح والغطاء النباتي .وثانيها تحديد السمات الجغرافية العامة لنطاق النجف-السماوة، من حيث الموقع والسطوح والارتباط بالهامش الفراتي والصحراء الجنوبية الغربية .وثالثها تحليل مظاهر الخطر الناتجة عن زحف الكثبان، ولا سيما خطر طمر الأراضي الزراعية والطرق والقرى والمراعي المحدودة .أما الهدف الرابع فيتمثل في تقديم نموذج تطبيقي للرصد والتقييم، يمكن تنفيذه بوساطة الصور الفضائية والنماذج الرقمية والزيارات الميدانية، بدل الاكتفاء بوصف عام للظاهرة.

وتقوم الفرضية الأولى على أن نشاط الكثبان في نطاق النجف-السماوة يرتبط بسيادة اتجاهات ريحية قادرة على النقل، ولا سيما الرياح الشمالية الغربية التي تسهم في ترتيب بعض الأشكال الرملية على محور عام شمال غربي-جنوب شرقي . وتفترض الفرضية الثانية أن خطر الزحف يزداد في المواضع التي تتوافر فيها الرمال المفككة وتضعف فيها العوائق الطبيعية والبشرية، مثل انخفاض الغطاء النباتي وغياب مصدات الرياح . أما الفرضية الثالثة فتقول إن تقييم الخطر لا يمكن أن يستند إلى مساحة الكثبان وحدها، بل ينبغي أن يدمج بينها وبين قربها من الحقول والطرق والمساكن ومصادر المياه، لأن الكثيب البعيد قد يكون أقل خطرًا من رقعة رملية صغيرة لكنها قريبة من طريق أو مشروع زراعي.

ويفترض البحث أيضًا أن استعمال تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية قادر على تحسين فهم حركة الكثبان، شرط أن يقرن التحليل الآلي بالمعرفة الميدانية .فالصور الفضائية تكشف الامتداد والتغير المكاني، لكنها لا تكفي وحدها لتحديد مصادر الرمال أو خصائص الحبيبات أو درجة تماسك السطح .لذلك يعتمد البحث على منهج تكاملي يجمع بين الأدبيات، والبيانات الرسمية، والاستدلال المكاني، والمقترح التطبيقي للرصد.

ثالثًا: منهجية البحث وحدوده:

اعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي في بناء الإطار النظري، والمنهج الجيومورفولوجي التطبيقي في تفسير أشكال الكثبان ومخاطرها .ويعني ذلك أن الظاهرة تقرأ بوصفها نظامًا مكانيًا متحركًا لا بوصفها مظهرًا منفردًا .وقد جرى الاعتماد على الأدبيات العربية والأجنبية التي تناولت الكثبان والرياح والتصحر، مع تغليب المصادر العربية والعراقية حيث أمكن ذلك، دعمًا لملاءمة البحث لبيئة التحكيم العراقية .كما جرى استخدام البيانات الرسمية المنشورة عن الأراضي المتصحرة والكثبان، لأنها تمنح البحث أساسًا إحصائيًا محليًا لا يكتفي بالتعميم النظري.

أما حدود البحث المكانية فتتمثل في النطاق الممتد بين النجف والسماوة، وهو نطاق لا يراد به خطًّا هندسيًا بين مدينتين فقط، بل مجالًا جيومورفولوجيًا يتضمن السطوح الرملية والهوامش الزراعية والطرق والأراضي المفتوحة المتصلة بالضفة اليمنى للفرات وبالهامش الصحراوي .

وتتمثل الحدود الموضوعية في دراسة مورفوديناميكية الكثبان ومخاطر زحفها، أي أن البحث لا يتوسع في كل مظاهر التصحر، إلا بقدر ما يخدم فهم الزحف الرملي.

وفي الجانب التطبيقي يقترح البحث استعمال صور Landsat متعددة الأزمنة، وصور Sentinel-2 ، ونموذج الارتفاع الرقمي SRTM ، مع مؤشرات طيفية مثل مؤشر الفرق النباتي NDVI ومؤشرات الرمل والسطوع، وتحليل القرب من الطرق والحقول والمستوطنات .فبيانات لاندسات السطحية المصححة تساعد على مقارنة الصور عبر الزمن، لأنها تقلل أثر الغلاف الجوي وتنتج عند دقة مكانية قدرها 30 مترًا تقريبًا، بينما توفر سنتنل2- نطاقات بدقة10 و 20و 60مترًا، بما يعزز التفصيل المكاني في متابعة الحافات الرملية.(U.S. Geological Survey, 2024)

ولا يدعي البحث أنه نفّذ معالجة رقمية كاملة للصور الفضائية في هذه المرحلة، بل يقدم نموذجًا تطبيقيًا قابلًا للتنفيذ والتحقق، ويستند في توصيفه إلى المصادر المنشورة .وهذا التفريق ضروري أكاديميًا حتى لا تُعرض نتائج رقمية لم تستخرج من سلسلة معالجة فعلية .ومن شأن تنفيذ النموذج المقترح لاحقًا أن يسمح بإنتاج خرائط دقيقة لمواضع النشاط الرملي ومعدلات التغير، بعد اختيار سنوات مرجعية متباعدة ومقارنة حدود الكثبان بين موسم وآخر.

رابعًا :الدراسات السابقة وموقع البحث منها:

تُظهر مراجعة الدراسات السابقة أن موضوع الكثبان الرملية في العراق لم يكن غائبًا عن البحث الجغرافي والجيولوجي، لكنه غالبًا عولج من زوايا متفرقة؛ فبعض الدراسات ركزت على الخصائص الرسوبية والمعدنية، وبعضها اتجه إلى رصد التصحر بالاستشعار عن بعد، وبعضها تناول الأثر البيئي أو الزراعي للزحف الرملي .وتتمثل قيمة هذا البحث في محاولة جمع هذه الزوايا ضمن إطار مورفوديناميكي واحد، بحيث لا تكون الكثبان مادة رسوبية فقط، ولا رقعة طيفية فقط، ولا مشكلة إدارية فقط، بل نظامًا يتحرك بين كل هذه المستويات.

تعد رسالة رياض علي الأني عن الكثبان في النجف والسماوة والناصرية من الإحالات المبكرة المهمة، لأنها عالجت الكثبان في مجال قريب جدًا من نطاق البحث الحالي .وتكمن أهميتها في أنها لفتت الانتباه إلى الامتداد الجنوبي والوسطي للحقول الرملية، وإلى ضرورة قراءة الكثبان ضمن اتصال مكاني بين المحافظات لا ضمن عزلة محلية .وعلى الرغم من قدم الرسالة، فإن قيمتها لا تزال قائمة بوصفها أساسًا تاريخيًا للمقارنة مع الدراسات الأحدث.

أما الدراسات الحديثة في النجف فقد أضافت بعدًا معدنيًا ورسوبياً، إذ بينت أن الحقل الرملي لا يتكون من نوع واحد من الكثبان، وأن معرفة المعادن والحجوم الحبيبية تسهم في تمييز مصادر الرواسب ومسارات نقلها .وهذا يفيد البحث الحالي في تفسير سبب اختلاف نشاط الكثبان من موضع إلى آخر؛ فالكثيب ذو الرمال الناعمة والمتوسطة المفروزة جيدًا قد يكون أكثر قدرة على الحركة من سطح مختلط أو متماسك نسبيًا.

وفي المثنى، أسهمت الدراسات الرسوبية في ربط الكثبان برواسب الوديان والسطوح الصحراوية، وهو أمر مهم لأن منطقة السماوة والمثنى لا تفهم فقط من خلال الحافات الرملية

الظاهرة، بل من خلال شبكة المصادر التي تزودها بالرمال .وقد يكون الوادي الجاف أو المنخفض أو السطح المتملح مصدرًا للرمال والغبار عند تعرضها للجفاف والرياح، حتى وإن لم يظهر في البداية كحقل كثبان واضح.

وتقدم دراسات الاستشعار عن بعد في جنوب العراق فائدة منهجية مباشرة؛ لأنها توضح إمكانية متابعة التصحر وتغير الغطاء الأرضي عبر صور الأقمار الصناعية .غير أن هذا البحث لا يتعامل مع الصورة الفضائية بوصفها بديلًا عن الجغرافيا الميدانية، بل بوصفها وسيلة لتوسيع الرؤية والتحقق من التغير المكاني .فالصورة تكشف الامتداد، أما الميدان فيفسر السبب ويصحح الالتباس بين الرمل والتربة العارية والسبخات.

وتفيد التقارير الرسمية العراقية في منح البحث سندًا إحصائيًا محليًا، لأن وجود أرقام منشورة عن مساحات الكثبان والأراضي المهددة بالتصحر يساعد على ربط التحليل النظري بواقع إداري معتمد .ومع ذلك، فإن الجداول الرسمية غالبًا تعرض الأرقام على مستوى المحافظة، بينما يحتاج البحث الجيومورفولوجي إلى تفصيل أدق على مستوى الوحدات الموضعية .ومن هنا تظهر الحاجة إلى تحويل الأرقام العامة إلى خرائط تفصيلية قابلة للإدارة.

وتختلف هذه الدراسة عن الدراسات السابقة في أنها تجعل الخطر جزءًا من التحليل لا نتيجة عارضة .فالدراسات الرسوبية قد تخبرنا من أين جاءت الرمال، والدراسات الطيفية قد تحدد أين توجد الرمال، لكن التخطيط يحتاج إلى معرفة :ماذا تهدد هذه الرمال؟ ومن هنا جاءت مصفوفة الخطر التي تجمع بين النشاط والقرب والاستعمال الأرضي، وهي إضافة تطبيقية يمكن أن يستفيد منها الباحثون والإدارات المحلية.

كما يحاول البحث أن يوازن بين المصادر العربية والأجنبية .فالأدبيات الأجنبية توفر الإطار العام لفهم ديناميكية الرياح والكثبان، في حين تمنح المصادر العراقية والعربية المعرفة المحلية واللغة التخطيطية الملائمة .وهذا التوازن مهم في المجلات العراقية؛ لأن البحث ينبغي أن يكون متصلًا بالمعرفة العالمية، لكنه في الوقت نفسه محكوم بمشكلة عراقية وبيانات عراقية ومصطلحات مفهومة لدى القارئ المحلي.

خامسًا :مفاهيم إجرائية معتمدة في البحث:

يقصد بالمورفوديناميكية في هذا البحث دراسة العلاقة بين شكل الكثيب وحركته والعوامل التي تتحكم في هذه الحركة . فليس المقصود وصف الشكل فقط، بل تفسير لماذا اتخذ الشكل هذا الاتجاه، وكيف يتغير، وما الذي يجعله نشطًا أو شبه مستقر. ومن ثم فإن أي وصف للكثبان في نطاق النجف-السماوة يجب أن يتضمن :نوع الكثيب، اتجاهه، درجة نشاطه، مصدر رماله، وقربه من استعمالات الأرض.

ويقصد بزحف الرمال الحركة التدريجية أو الحدثية للرمال نحو منطقة ذات قيمة بشرية أو بيئية أو اقتصادية .وقد يكون الزحف على هيئة تقدم كثيب كامل، أو تمدد صفيحة رملية، أو تراكم موسمي على حافة طريق أو قناة .ويختلف الزحف عن العاصفة الغبارية من حيث الشكل الزمني؛ فالعاصفة حدث قصير عابر، أما الزحف فهو تراكم مكاني متكرر .ومع ذلك، فإنهما يرتبطان لأن الظروف التي تنتج الرمال الزاحفة يمكن أن تزيد الغبار والعكس.

ويقصد بالخطر في البحث احتمال وقوع ضرر نتيجة اقتراب الرمال النشطة من عنصر حساس .ولذلك لا توجد خطورة مطلقة للكثبان، بل خطورة مشروطة بالموقع والاستعمال .فالكثيب البعيد عن الحقول قد يكون ذا أهمية علمية ولا يمثل خطرًا مباشرًا، بينما قد تكون صفيحة رملية رقيقة قرب قناة ري مصدرًا لخطر أعلى .ومن هنا جاءت ضرورة دمج مؤشرات الحركة والقرب والقيمة الاقتصادية في التحليل.

أما النطاق المكاني المقصود بالنجف-السماوة فهو المجال الانتقالي الذي يصل بين المجال الإداري للنجف والمجال الإداري للمثنى/السماوة عبر الهامش الغربي والضفة اليمنى للفرات والسطوح الصحراوية المجاورة .وليس المقصود ترسيمًا إداريًا نهائيًا، بل وحدة تحليلية تقوم على اتصال الظاهرة الجيومورفولوجية .وفي التطبيق اللاحق يمكن ترسيم هذا النطاق بدقة باستخدام حدود الكثبان والطرق والحقول ومصادر الرمال.

٢ .المبحث الأول: الإطار النظري لمورفوديناميكية الكثبان الرملية

أولًا : مفهوم الكثبان الرملية ومكوّناتها:

الكثيب الرملي تجمع من الرمال المفككة على سطح الأرض يتخذ هيئة محدبة أو ممتدة، ويتكون نتيجة تراكم الحبيبات التي تنقلها الرياح حين تنخفض سرعتها أو يعترضها عائق طبيعي أو نباتي أو طبوغرافي .ولا تتكون الكثبان بمجرد وجود الرمال، بل لا بد من تضافر ثلاثة شروط :مصدر رسوبي قابل للنقل، وطاقة ريحية كافية، وسطح يسمح بالترسيب . لذلك قد تكون الصحراء واسعة لكنها فقيرة بالكثبان إذا غابت الرمال المناسبة، وقد تكون رقعة صغيرة شديدة النشاط إذا توافرت الحبيبات الدقيقة والمتوسطة والرياح الفعالة.

ويختلف الكثيب عن الغطاء الرملي أو الصفيحة الرملية من حيث الشكل والحركة؛ فالصفيحة الرملية قد تكون طبقة رقيقة ممتدة لا تملك واجهة انحدارية واضحة، أما الكثيب فيملك غالبًا جانبًا مواجها للريح وجانبًا انزلاقيًا خلفيًا يتشكل عندما تتراكم الرمال وتنهار بزاوية تقارب زاوية الاستقرار .وتنبع أهمية هذا التمييز في التطبيق؛ إذ إن الصفيحة الرملية الواسعة قد تهدد الأراضي الزراعية بتغليف التربة، بينما يهدد الكثيب النشط الطريق أو الحقل بطمر سريع موضعي.

وتقوم مورفوديناميكية الكثبان على الربط بين المورفولوجيا، أي الشكل الخارجي للكثيب، والديناميكية، أي القوى والعمليات التي تحركه .فالشكل الهلالي مثلًا يدل غالبًا على ريح سائدة واحدة نسبيًا ووفرة محدودة للرمال، بينما تدل الكثبان الطولية على نظام ريحي أكثر تركيبًا أو على محاور نقل ممتدة، وتدل النبكات على أثر النبات أو الشجيرات في التقاط الرمال .وهكذا يصبح شكل الكثيب أداة قراءة للعمليات لا مجرد وصف بصري.

وقد وصفت دراسة عراقية حديثة حقول الكثبان في النجف بأنها تضم أنواعًا متعددة مثل الكثبان الهلالية والطولية والقبابية، إضافة إلى النبكات والحواجز الهلالية والصفائح الرملية، وهو تنوع يدل على أن الحقل الرملي ليس وحدة بسيطة، بل مركب من أشكال متداخلة تتفاعل مع اتجاهات الرياح والعوائق الموضعية وتغيرات السطح. (Al-Naji et al., 2019)

ثانيًا :عوامل الحركة والنقل والترسيب:

تتحرك الرمال بفعل الرياح بعد تجاوز ما يسمى عتبة النقل، وهي السرعة الدنيا القادرة على اقتلاع الحبيبات أو تحريكها .وتتأثر هذه العتبة بحجم الحبيبات ودرجة رطوبتها وتماسكها وخشونة السطح ووجود القشور الملحية أو النباتية . فالحبيبات المتوسطة غالبًا أكثر قابلية للقفز saltation ، بينما تنقل الحبيبات الدقيقة بالزحف أو التعليق، وتبقى الحبيبات الخشنة في مواضعها أو تتحرك ببطء .وكلما زاد الجفاف وانخفضت المادة العضوية وتفككت التربة، انخفضت عتبة النقل وازدادت احتمالية الزحف.

وتتفاعل الرياح مع الكثيب بطريقة دورية .فهي تصعد على الجانب المواجه للريح حاملة الرمال إلى القمة، ثم تتساقط الحبيبات على الجانب الخلفي أو الانزلاقي، فينتقل الكثيب تدريجيًا باتجاه عام .ومن الناحية التطبيقية، يمكن تتبع هذا الانتقال بمقارنة موقع الحافة أو القمة أو الذراعين الهلاليين في صور متعددة الأزمنة .غير أن تقدير الحركة يحتاج إلى دقة مكانية مناسبة، وإلى اختيار صور من فصول متشابهة لتقليل أثر النباتات الموسمية والرطوبة.

إن طبيعة الرياح في العراق، ولا سيما الرياح الشمالية الغربية الجافة، تجعل كثيرًا من النطاقات الوسطى والجنوبية عرضة للنقل الرملي والغبار .وقد أشارت دراسة جنوب العراق إلى أن الرياح عامل رئيس في تكوين الكثبان في بيئة السهل الرسوبي، وأن الامتداد الطولي لبعض الكثبان يأخذ محورًا عامًا شمال غرب-جنوب شرق، متأثرًا بالرياح السائدة في المنطقة.

(Abbas & Mahdi, 2019, p. 906)

وتزداد خطورة العملية حين يرتبط النقل الرملي بأحداث عاصفة قصيرة لكنها قوية .فقد تكون المعدلات السنوية الهادئة محدودة، إلا أن عاصفة واحدة قادرة على نقل كميات مؤثرة من الرمال، وإعادة ترتيب الحافات، ودفن نباتات صغيرة أو أجزاء من طريق ترابي .ولذلك لا يصح قياس الخطر بالمعدل المتوسط وحده؛ بل يجب إدخال تكرار العواصف وشدة الرياح ومدة الجفاف في التحليل.

ثالثًا :تصنيف الكثبان في البيئات الجافة:

تصنف الكثبان عادة بحسب الشكل والنظام الريحي ووفرة الرمال .فالكثبان الهلالية تتكون في بيئات ذات رياح سائدة واتجاه واحد غالب، وتمتاز بقرنين يمتدان مع اتجاه الحركة، ويعد هذا النوع سريع الحركة نسبيًا إذا كان صغير الحجم ومكشوفًا. أما الكثبان الطولية فتظهر في صورة أشرطة أو حواف رملية ممتدة غالبًا موازية للاتجاه العام للرياح المركبة .والكثبان العرضية تتكون عندما تكون الرمال وفيرة والرياح ثابتة نسبيًا، فتظهر على هيئة حافات تعترض اتجاه الرياح .وتظهر النبكات حول نباتات أو عوائق تلتقط الرمال، وهي مهمة بيئيًا لأنها تكشف علاقة الغطاء النباتي بالترسيب.

وفي نطاق النجف-السماوة، يمكن توقع حضور أكثر من شكل تبعًا لتنوع السطح .فالأجزاء المكشوفة قد تتضمن كثبانًا هلالية نشطة أو حواجز هلالية، بينما قد تتكون صفائح رملية على السطوح المنبسطة، وتظهر نبكات قرب الشجيرات أو الأحزمة النباتية المتقطعة .وهذا التنوع يتطلب قراءة ميدانية دقيقة، لأن لكل نوع خطرًا مختلفًا :فالهلالية تهدد بالزحف المركز، والصفائح تهدد بتغليف مساحات واسعة، والنبكات قد

تكون مؤشرًا على إمكانية التثبيت إذا أُدير النبات بطريقة سليمة.

ولا ينبغي النظر إلى التصنيف بوصفه غاية نهائية؛ فالكثبان تتحول من شكل إلى آخر بتغير الرياح ووفرة الرمال والعوائق . فحقل رملي يبدأ بصفائح متناثرة قد يتحول إلى كثبان صغيرة، والكثبان الهلالية قد تتصل لتكوّن حواجز، والنبات قد يحول جزءًا من الرمال المتحركة إلى نبكات شبه مستقرة .ولذلك فإن المورفوديناميكية تعني دراسة التحول لا الشكل الثابت.

رابعًا :العلاقة بين الكثبان والتصحر:

تدخل الكثبان الرملية ضمن مظاهر التصحر عندما تعكس تدهورًا في قدرة الأرض على الاحتفاظ بوظيفتها الإنتاجية أو البيئية .فالزحف الرملي يطمر التربة، ويغير خصائصها الفيزيائية، ويقلل قدرة البذور على الإنبات، ويزيد كلفة الزراعة والصيانة. كما يؤدي إلى طمر قنوات الري الصغيرة والمصارف والطرق الترابية، ويجعل إدارة الحقول أكثر صعوبة .لذلك فإن معالجة الكثبان ليست مسألة شكلية، بل هي جزء من إدارة الأراضي الجافة.

تشير تقارير تحييد تدهور الأراضي في العراق إلى أن ملوحة التربة وحركة الكثبان والعواصف الرملية والغبارية من أكثر الظواهر الفعالة في تدهور الأرض والتعرية، ولا سيما في وسط العراق وجنوبه حيث تتداخل العوامل المناخية والبشرية .وتقدر بعض التقارير وجود مساحات واسعة من الكثبان والصفائح الرملية النشطة في وسط وجنوب العراق، وهو ما يجعل المشكلة ذات بعد وطني لا محلي فحسب. (Republic of Iraq, Ministry of Agriculture, 2019, pp. 4, 9)

وعلى المستوى المحلي، ترتبط خطورة التصحر في نطاق النجف-السماوة بعوامل منها محدودية المطر، وارتفاع التبخر، وتذبذب المياه السطحية والجوفية، وضعف الغطاء النباتي الطبيعي، وتعرض بعض الأراضي للرعي أو الحراثة الهامشية . ومع أن التصحر مفهوم واسع، فإن الزحف الرملي يمثل أحد أكثر مظاهره وضوحًا للعين، لأنه يغيّر سطح الأرض بسرعة نسبية ويترك أثرًا مباشرًا على الحقول والطرق والمساكن.

٣.المبحث الثاني :الخصائص الجغرافية لنطاق النجف-السماوة

أولًا :الموقع والبنية المكانية:

يقع نطاق النجف-السماوة ضمن مجال انتقالي بين الهامش الغربي للسهل الرسوبي العراقي والامتدادات الصحراوية المفتوحة باتجاه بادية العراق الجنوبية الغربية .وهذه الصفة الانتقالية هي سر أهميته؛ إذ لا ينتمي النطاق بالكامل إلى الصحراء الخالية ولا إلى السهل الزراعي المستقر، بل يجمع عناصر من البيئتين .فهناك طرق ومراكز عمرانية وحقول ومراعي محدودة، وفي الوقت نفسه توجد سطوح مكشوفة وقليلة النبات وقابلة لتجهيز الرمال.

وتتسم هذه المنطقة بانخفاض الانحدارات العامة في مواضع كثيرة، مما يسمح بامتداد الصفائح الرملية والحافات الطولية على مسافات طويلة .كما أن قرب بعض المواضع من مجاري قديمة أو منخفضات أو رواسب فيضية وهامشية يوفر مصادر متنوعة للرمال .ولا يلزم أن يكون مصدر الرمال صحراويًا خالصًا؛ فقد تسهم الرواسب النهرية القديمة أو المكاشف الجافة أو السطوح

المفككة في تغذية الحقول الرملية، خاصة عندما يتراجع الغطاء النباتي أو تتكسر القشرة السطحية.

وتذكر الأدبيات وجود كثبان على الضفة اليمنى للفرات بين النجف والسماوة، وهي إشارة مهمة لأنها تؤكد أن النطاق لا يفصل بين الصحراء والنهر فصلًا حادًا، بل يتضمن منطقة تماس بين نظامين :نظام نهري وفراتي يمد بعض الأراضي بالحياة والزراعة، ونظام ريحي صحراوي قادر على نقل الرمال من الغرب والجنوب الغربي باتجاه الهوامش المأهولة أو المزروعة. (الأني،1979 ، ص)35-20

ثانيًا :الخصائص المناخية والريحية:

ينتمي النطاق إلى بيئة جافة وشبه جافة، تتصف بندرة المطر وتركزه في فصل بارد قصير، وارتفاع كبير في درجات الحرارة صيفًا، وتبخر قوي، وفترات طويلة من الجفاف السطحي .وهذه السمات تجعل التربة والرواسب أكثر قابلية للانفصال والنقل، وتقلل من قدرة النبات الطبيعي على حماية السطح .فالمطر في البيئات الجافة لا يكفي غالبًا لتكوين غطاء نباتي مستمر، بل يظهر في صورة نمو موسمي متقطع سرعان ما يتراجع مع ارتفاع الحرارة.

وتعد الرياح الشمالية الغربية والشمالية من أبرز عناصر الخطر، لأنها تتكرر خلال فترات الجفاف وتحمل معها القدرة على تحريك الرمال والغبار .ولا تقاس فاعلية الرياح بالسرعة فقط، بل بالتكرار والمدة والاتجاه والثبات النسبي .فالرياح القصيرة العنيفة قد تثير عاصفة، لكن الرياح المتكررة المتوسطة قد تكون أكثر أثرًا في هجرة الكثبان على المدى الطويل .لذلك ينبغي جمع بيانات الرياح الشهرية والسنوية من محطات النجف والسماوة إن أمكن، وربطها باتجاهات أذرع الكثبان وحافاتها.

وتفيد صفحات المناخ الدولية بأن مناخ العراق يتسم بتباين مكاني واضح في المطر، إذ تنخفض القيم باتجاه الجنوب والبادية مقارنة بالشمال الجبلي، وهو ما ينسجم مع هشاشة النطاق المدروس .وتساعد هذه الحقيقة على تفسير ضعف الغطاء النباتي وقدرة السطوح على إنتاج الغبار والرمال في مواسم الجفاف.(World Bank Group, 2024)

ثالثًا :الخصائص الرسوبية والمعدنية:

تتحكم خصائص الحبيبات في نشاط الكثبان .فالحجم الحبيبي والفرز والاستدارة ونسبة الكوارتز والكربونات والجبس والمعادن الثقيلة كلها عناصر تساعد على تفسير مصدر الرمال ومسافة نقلها .فالرمال جيدة الفرز ومستديرة نسبيًا تدل على تعرض أطول للنقل الريحي، بينما قد تشير الحبيبات المختلطة إلى مصادر متعددة أو نقل قصير .كما أن وجود الكربونات أو الجبس قد يرتبط ببيئات جافة وسهول سبخية أو ترسبات محلية.

وقد بينت الدراسات المعدنية في الحقول الرمليةفي النجف أن تحليل المعادن يساعد على تحديد أصل الرواسب، وأن المنطقة تضم عدة أنماط من الكثبان .ومن الناحية التطبيقية، تسمح هذه المعرفة بتمييز ما إذا كان الخطر قابلًا للمعالجة محليًا بتثبيت الحقول القريبة، أم أنه يتغذى من مصادر بعيدة تتطلب إدارة أوسع لممرات الرياح ومصادر الرمال.

وفي المثنى، تناولت دراسات رسوبية خصائص الكثبان والرواسب الوادية، ما يؤكد ضرورة ربط حركة الكثبان

بمصادر الرواسب المنقولة من الأوديـــة الجافـــة والســـطوح الصحراوية .فالوديان الجافة قد لا تحمل ماءً معظم السنة، لكنها تخزن مواد مفككة يعاد تشغيلها ريحيًا عند الجفاف، خصوصًا إذا قطعت الغطاء النباتي أو تعرضت للرعي والحركة المركباتية. (Rasheed et al., 2021, pp. 69-84)

رابعًا :استعمالات الأرض ومناطق التماس:

تتوزع المخاطر وفق قرب الكثبان من استعمالات الأرض الحساسة .فالرقعة الرملية القريبة من طريق سريع أو طريـــق زراعي أو قناة ري صغيرة تملك خطورة أكبر من رقعة بعيدة في عمق الصحراء .لذلك يجب ألا تكتفي خريطة الخطر بإظهـــار موقع الكثبان، بل ينبغي أن تدمج مؤشر القرب من الحقـــول والقرى والطرق والمنشآت .وفي نطاق النجف-السماوة تظهر أهمية الطرق التي تربط بين المراكز الحضرية والقرى والهامش الزراعي، لأنها تمثل خطوطًا معرضة للطمس الرملي أو ضعف الرؤية أثناء العواصف.

كما أن الأراضي الزراعية الواقعة على الهامش بين السهل الرسوبي والصحراء أكثر حساسية للزحف؛ فهي غالبًا تعتمد على موارد مياه محدودة، وتحتاج إلى عناية مستمرة بالقنوات والمصارف، وقد لا تتحمل طبقة رملية جديدة فوق سطحها . وعندما تتكرر الترسبات الرملية، تنخفض إنتاجية التربة وتزداد كلفة تنظيف الحقول، وقد يضطر بعض المزارعين إلى تـــرك الأراضي الهامشية.

وتؤكد البيانات الحديثة أن محافظتي النجـــف والمـــثنى تتضمنان أراضي مهددة بالتصحر ومساحات من الكثبان، وهي بيانات لا تعني أن كل المساحات في حالة خطر متساوٍ، لكنها تضع أساسًا رسميًا لتحديد المحافظات ذات الأولوية في الرصد والتدخل .ويصبح العمل البحثي مطلوبًا لتفصيل هذه الصورة العامة إلى خرائط محلية دقيقة.

٤ .المبحث الثالث :التحليل التطبيقي لمخاطر زحـــف الكثبان

أولًا : مؤشرات الرصد المكاني:

يقترح البحث مجموعة مؤشرات قابلة للتطبيق في بيئة نظم المعلومات الجغرافية .المؤشر الأول هو مؤشر الامتداد الرملي، ويقيس مساحة السطوح الرملية والكثبان في سنوات مختارة . والمؤشر الثاني هو مؤشر النشاط، ويقاس من خلال تغير حدود الكثبان أو الحافات بين صورتين زمنيتين .والمؤشر الثالث هو مؤشر القرب، ويقيس المسافة بين الكثبان والطرق والحقول والمساكن .

أما المؤشر الرابع فهو مؤشر الهشاشة السطحية، ويجمع بين ضعف الغطاء النباتي وانخفاض الرطوبة وارتفـــاع الســـطوع الطيفي .ويضاف إلى ذلك مؤشر الانحدار والطبوغرافيا، لأن السطوح المنبسطة تختلف عن الحافات والمنخفضات.

ويمكن توظيف NDVI لتمييز مناطق الغطاء النبـــاتي الضعيف أو المتراجع، لأن انخفاضه المستمر قرب الحقـــول أو المصارف قد يدل على زيادة الانكشاف .كما يمكن استخدام مؤشرات السطوع أو مؤشرات الرمل لتحديد السطوح الرملية المكشوفة .لكن هذه المؤشرات ينبغي أن تعالج بحذر في العراق بسبب تشابه بعض الاستجابات الطيفية بين التربـــة الجافـــة

والرمال والسبخات، لذلك يفضل دمج المؤشرات مع التفسير البصري والصور عالية الدقة والزيارات الميدانية.

ويفيد نموذج الارتفاع الرقمي SRTM في تحديد الانحدارات واتجاهات الجريان القديم والمواضع المنخفضة والحافات التي قد تؤثر في تراكم الرمال .ومع أن دقة 30 مترًا لا تكفي لقياس كل كثيب صغير، فإنها مفيدة في رسم الإطار الطبوغرافي العام، ولا سيما عندما تدمج مع صور Sentinel-2 الأكثر تفصيلًا مكانيًا. (NASA/USGS/JPL-Caltech, 2000/2024)

ثانيًا :مصفوفة الخطر المقترحة:

لتحويل الوصف إلى أداة تطبيقية، يقترح البحث مصفوفة خطر من أربع درجات :منخفض، متوسط، مرتفع، ومرتفع جدًا .يتحدد الخطر المنخفض عندما تكون الكثبان بعيدة عن استعمالات الأرض الحساسة، أو مستقرة نسبيًا بغطاء نباتي أو قشرة سطحية .ويتحدد الخطر المتوسط عندما تكون السطوح الرملية قريبة نسبيًا من مرافق أو حقول، لكنها لا تظهر تغيرًا سريعًا .أما الخطر المرتفع فيظهر عندما تكون الكثبان نشطة وقريبة من طرق أو قنوات أو حقول، ويصبح الخطر مرتفعًا جدًا عندما تتزامن الحركة النشطة مع قرب مباشر من مناطق مأهولة أو بنى خطية، أو عندما تتكرر حوادث الطمر والتنظيف.

جدول :(1) مصفوفة تقديرية لتصنيف خطر زحف الكثبان في نطاق النجف-السماوة

درجة الخطر	المؤشرات المكانية	الأثر المتوقع	أولوية التدخل
منخفض	بعد عن الطرق والحقول، غطاء نباتي أو قشرة سطحية، تغير محدود	أثر موضعي محدود	رصد دوري
متوسط	قرب نسبي من استعمالات الأرض، صفائح رملية متقطعة، نشاط موسمي	طمر جزئي للتربة أو المصارف الصغيرة	تثبيت موضعي ومصدات بسيطة
مرتفع	كثبان نشطة قريبة من طرق أو حقول، تغير واضح في الحافات	تعطيل طرق زراعية وتراجع إنتاجية	تدخل ميكانيكي وحيوي سريع
مرتفع جدًا	زحف مباشر نحو مساكن أو طريق رئيس أو مشروع زراعي، تكرار الطمر	خسائر اقتصادية وبيئية مباشرة	خطة طوارئ وتثبيت متعدد المراحل

تسمح هذه المصفوفة بترجمة الرؤية الجيومورفولوجية إلى قرار عملي .فالهدف ليس إثبات أن كل الكثبان خطرة، بل فرزها بحسب أثرها المحتمل .وقد يكون التدخل في موضع متوسط الخطر أكثر جدوى إذا كان قريبًا من حقل إنتاجي، بينما قد يكتفى برصد موضع مرتفع النشاط لكنه بعيد عن العمران .وهذا ما يجعل إدارة الخطر مسألة ترتيب أولويات لا استجابة عشوائية. (Abbas & Mahdi, 2019, pp. 908-910)

ثالثًا :قراءة تطبيقية للنجف والمثنى:

تظهر البيانات الرسمية أن النجف تسجل مساحة كثبان أكبر من المثنى بحسب جدول سنة2022 ، بينما تسجل المثنى مساحة أوسع من الأراضي المهددة بالتصحر .وهذا يعني أن إدارة الخطر في النطاق المشترك لا ينبغي أن تستند إلى حجم الكثبان وحده .ففي النجف قد تكون الأولوية لرصد مواضع الكثبان القريبة من الأراضي الزراعية والطرق، أما في المثنى فقد يكون التركيز على الهشاشة الواسعة للأرض المهددة بالتصحر، حيث يمكن لأي اضطراب في السطح أو تراجع في النبات أن يحول مواضع جديدة إلى مصادر رملية.

جدول :(2) مؤشرات رسمية مختارة للنجف والمثنى سنة 2022

المحافظة	مجموع الأراضي المتصحرة والمهددة (بدونم)	الأراضي المتصحرة (بدونم)	مساحة الكثبان الرملية (بدونم)	الأراضي المهددة بالتصحر (بدونم)
النجف	236,500	33,400	47,800	155,300
المثنى	328,000	16,000	15,000	297,000

يوضح الجدول أن الفرق بين المحافظتين لا يقتصر على مساحة الكثبان، بل يتعلق بطبيعة الخطر .فالنجف تبدو أكثر اتصالًا بمساحة كثبان مسجلة أعلى، بينما تمتلك المثنى مساحة واسعة من الأراضي المهددة، ما يجعلها قابلة لتوسع مظاهر التصحر إذا استمرت عوامل الجفاف والضغط الرعوي وسوء إدارة المياه .ومن ثم فإن نطاق النجف-السماوة يحتاج إلى خطة مشتركة لا تفصل بين المصدر الرملي ومنطقة الاستقبال، ولا بين الخطر الحالي والخطر المحتمل.) وزارة التخطيط العراقية، 2024، ص(20

رابعًا :مسارات الزحف ومناطق الأثر:

يمكن تمييز ثلاثة مسارات محتملة للأثر في نطاق الدراسة . المسار الأول هو مسار الزحف نحو الحقول الهامشية، حيث تتراكم الرمال على حافات الأراضي المزروعة وتؤدي إلى إضعاف التربة أو طمر البادرات أو انسداد المصارف .والمسار الثاني هو مسار التأثير في الطرق، ولا سيما الطرق المحلية والترابية التي تعبر السطوح المكشوفة .والمسار الثالث هو مسار التأثير في القرى والمساكن المتناثرة، حيث لا يكون الخطر في طمر كامل للمساكن، بل في تراكم الرمال حول الأسوار والمداخل وتكرار التنظيف وتزايد الغبار.

وتزداد المشكلة حين تتداخل هذه المسارات .فطريق زراعي يخدم حقولًا هامشية قد يتعرض للطمر، فيضعف وصول المزارعين إلى أراضيهم، وتقل عمليات الصيانة، فتتدهور الأرض أكثر، ثم تصبح أكثر قابلية للزحف .وبذلك يظهر الخطر في صورة حلقة تغذية راجعة :الرمال تؤدي إلى إضعاف الاستعمال، وضعف الاستعمال أو الصيانة يؤدي إلى مزيد من الانكشاف والرمال.

ولهذا فإن التدخل الناجح لا يبدأ من الكثيب فقط، بل من تحليل منظومة الأثر .فإذا كان الكثيب يهدد قناة ري، فالأولوية حماية القناة والحزام المحيط بها .وإذا كان يهدد طريقًا، فالأولوية مصدات ريحية موازية للاتجاه السائد مع تنظيف دوري .وإذا كان يهدد أرضًا زراعية، فالأولوية تثبيت الحافة وتعديل طريقة الحراثة وزراعة أحزمة نباتية مقاومة للجفاف.

خامسًا :نموذج مقترح للرصد بالاستشعار عن بعد:

يقترح البحث تنفيذ نموذج رصد من ست خطوات . الخطوة الأولى تحديد سنوات مرجعية مثل 2000 و 2010 و 2020و 2025بحسب توافر الصور وخلوها من الغيوم . الخطوة الثانية تحميل صور Landsat و Sentinel-2 المصححة، وتوحيد نظام الإحداثيات .الخطوة الثالثة حساب NDVI ومؤشرات السطوع والرمل، ثم تصنيف السطوح إلى رمل نشط، صفائح رملية، غطاء نباتي، تربة عارية، ومناطق عمرانية أو زراعية .الخطوة الرابعة رسم حدود الكثبان يدويًا وآليًا للتحقق المتبادل .الخطوة الخامسة حساب التغير المكاني ومعدلات الاقتراب من الطرق والحقول .الخطوة السادسة إنتاج خريطة خطر نهائية وفق المصفوفة المقترحة.

وتوفر Sentinel-2 ميزة مهمة في الرصد التفصيلي؛ فهي تمتلك نطاقات بدقة 10 أمتار لبعض الحزم، ما يسمح

بتمييز حافات أصغر من تلك التي تظهر في Landsat ومع ذلك تبقى Landsat ذات قيمة عالية لأنها توفر سجلًا زمنيًا طويلًا يصلح لدراسة التغير عبر عقود، وهو أمر مهم في دراسة الكثبان التي قد تتحرك ببطء نسبيًا لكن أثرها يتراكم مع الزمن. (Copernicus Data Space Ecosystem, 2024)

وتكمن قيمة النموذج في أنه قابل للتحقق :فكل خريطة تنتج عنه يمكن فحصها ميدانيًا، وكل تغير يمكن مقارنته بصورة أخرى أو بملاحظة محلية .ويُنصح بأن لا يعتمد الباحث على تصنيف آلي واحد، بل على الدمج بين التصنيف الطيفي والتفسير البصري ومعرفة اتجاه الرياح ومعلومات السكان المحليين .فالمزارع أو سائق الطريق قد يعرف مواضع تراكم الرمال الموسمية أفضل من أي خريطة منفردة، لكن الخريطة تمنح تلك المعرفة إطارًا مكانيًا قابلًا للتعميم.

٥.المبحث الرابع :عوامل تفاقم الخطر في النطاق المدروس

أولًا :الجفاف وتذبذب المطر:

يؤدي الجفاف إلى زيادة قابلية السطح للتعرية الريحية بثلاث طرائق .أولًا، يقلل الرطوبة التي تثبت الحبيبات .ثانيًا، يضعف الغطاء النباتي الذي يعمل عائقًا طبيعيًا أمام الرياح .ثالثًا، يدفع السكان والرعاة إلى الضغط على الموارد المحدودة، فيزداد الرعي والاحتطاب والحركة فوق السطوح الهشة .وفي نطاق النجف-السماوة، حيث المطر محدود ومتذبذب، يصبح موسم الجفاف الطويل فترة حرجة يمكن أن يعاد فيها تشغيل الرمال بسهولة.

كما أن تراجع الموارد المائية السطحية ينعكس على الزراعة الهامشية، فإذا ضعفت الزراعة أو هجرت بعض الحقول، فقد تتحول حافات تلك الحقول إلى مناطق مفتوحة أمام الرياح . ويظهر الخطر هنا في أن التدهور لا يكون فجائيًا دائمًا، بل تراكميًا :سنة جفاف، ثم تراجع نباتي، ثم انكشاف، ثم زحف رمال، ثم تراجع إضافي في الإنتاج.

وتشير تقارير المناخ والمخاطر إلى أن العراق يواجه ضغوطًا متزايدة بسبب الحرارة والجفاف وتراجع الموارد المائية، وهي ضغوط ترفع حساسية المناطق الوسطى والجنوبية .ومن ثم فإن معالجة الكثبان ينبغي أن تندرج ضمن التكيف مع المناخ لا ضمن مشروع هندسي محدود. (IOM Iraq, 2022, pp. 8-12; Weathering Risk, 2022, pp. 2-4)

ثانيًا :تدهور الغطاء النباتي والرعي:

يعد الغطاء النباتي مقاومًا للزحف الرملي .فالنبات يخفف سرعة الرياح قرب السطح، ويمسك الحبيبات بالجذور، ويزيد خشونة السطح، ويساعد على تراكم المواد العضوية .وعندما يتدهور النبات، تصبح الرياح أكثر قدرة على الوصول إلى الحبيبات ورفعها .ولا يعني الغطاء النباتي هنا الغابات الكثيفة فقط، بل يشمل الشجيرات والأعشاب الموسمية والنباتات الصحراوية المقاومة للجفاف، وهي كلها ذات أثر في تثبيت السطح.

وتأتي خطورة الرعي الجائر من أنه يزيل الغطاء النباتي في وقت قصير، كما يكسر القشرة السطحية بفعل حركة الحيوانات، فيزيد توفر الرمال والغبار .وإذا تزامن الرعي مع الجفاف، تتضاعف المشكلة .لذلك ينبغي أن تتضمن خطة الحد من الزحف تنظيمًا للرعي في الممرات الحساسة، وتحديد مواضع

يسمح فيها باستعادة النبات، وتشجيع زراعة الأنواع المحلية القادرة على تحمل الجفاف والملوحة النسبية.

وتشير تجارب تثبيت الكثبان في البيئات العربية إلى أهمية الجمع بين الوسائل الميكانيكية والوسائل الحيوية، بحيث تستخدم الحواجز والسواتر لتخفيف الحركة أولًا، ثم تزرع النباتات الملائمة لتثبيت السطح على المدى الأطول .ولا تنجح الزراعة وحدها غالبًا إذا كانت الرمال شديدة الحركة، كما لا يكفي الحاجز الميكانيكي وحده إذا لم يتحول السطح تدريجيًا إلى سطح أكثر خشونة واستقرارًا. (المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة، د.ت.)

ثالثًا :الطرق والبنى الخطية:

تتأثر الطرق بالبنى الرملية بطريقتين :الطمر المباشر لجسم الطريق أو حوافه، وانخفاض الرؤية أثناء العواصف الرملية والغبارية .كما أن الطرق نفسها قد تسهم في تفاقم المشكلة عندما تقطع السطح وتعيد توزيع الرمال، أو عندما تؤدي حركة المركبات خارج المسار إلى تفكيك القشرة السطحية .لذلك ينبغي أن تدرس الطرق في النطاق الرملي بوصفها عناصر معرضة للخطر وعناصر مؤثرة في الوقت نفسه.

ويجب عند تصميم الحماية أن يراعى اتجاه الرياح السائد، فالمصدات أو الأحزمة ينبغي أن توضع في الجانب المواجه لمصدر الرمال، وأن تترك مسافات مناسبة حتى لا يتراكم الرمل مباشرة على الطريق .كما ينبغي تجنب الاعتماد على تنظيف الطريق وحده؛ لأن التنظيف يعالج النتيجة ولا يقلل مصدر الرمال . والأفضل أن يقترن التنظيف برصد دوري وتثبيت للحافات الرملية القريبة.

وفي نطاق النجف-السماوة، تؤدي الطرق دورًا اقتصاديًا واجتماعيًا مهمًا في الربط بين المدن والقرى والحقول، ولذلك فإن أي طمر أو تكرار للتنظيف يرفع كلفة النقل والخدمة . ويمكن إنشاء خريطة أولوية للطرق بناءً على عدد مرات الطمر، وقرب الكثبان النشطة، واتجاه الرياح، وحجم المرور.

رابعًا :الإدارة المؤسسية وضعف الرصد:

لا تكمن المشكلة في العوامل الطبيعية وحدها، بل في ضعف الرصد المبكر وتشتت المسؤوليات .فالكثبان قد تتحرك تدريجيًا لسنوات قبل أن تظهر كخطر مباشر، لكن غياب الخرائط المحدثة يجعل التدخل متأخرًا .كما أن الجهات المعنية قد تتوزع بين الزراعة والبيئة والبلديات والطرق والموارد المائية، من دون قاعدة بيانات موحدة تحدد مواضع الخطر وتتابعها.

إن إنشاء سجل مكاني للكثبان في نطاق النجف-السماوة سيكون خطوة أساسية .يتضمن السجل حدود الكثبان، نوعها، درجة نشاطها، اتجاه الحركة، قربها من الاستعمالات الحساسة، التدخلات السابقة، وصورًا ميدانية دورية .ويجب أن يحدث هذا السجل سنويًا على الأقل، وأن يربط بالإنذار المبكر للعواصف الرملية والغبارية .فالمشكلة ليست نقصًا في المعرفة النظرية، بل في تحويل المعرفة إلى نظام عمل متكرر.

وتشير مبادرات الأمم المتحدة الخاصة بالعواصف الرملية والغبارية إلى أهمية العمل المتعدد القطاعات، لأن الظاهرة تمس الصحة والزراعة والنقل والبيئة والمياه .وهذا ينسجم مع طبيعة زحف الكثبان، إذ لا يمكن أن تعالجه جهة واحدة بمعزل عن بقية الجهات. (United Nations Iraq, 2023)

٦.المبحث الخامس : المعالجة المقترحة والحد من المخاطر

أولًا :التثبيت الميكانيكي:

يقصد بالتثبيت الميكانيكي استعمال الوسائل التي تقلل سرعة الرياح عند السطح أو تمنع حركة الرمال مؤقتًا، مثل الحواجز الشبكية، والسواتر الترابية، ومصدات القصب أو المخلفات النباتية، وتخشين السطح بطريقة مدروسة .ويستخدم هذا النوع غالبًا في المواقع ذات الخطر العاجل، مثل حافات الطرق أو القنوات أو المساكن .غير أن نجاحه يتوقف على التصميم الصحيح واتجاه الرياح والصيانة الدورية، لأن الحاجز الضعيف قد ينهار أو يتحول إلى موضع تراكم يزيد المشكلة.

وينبغي أن يكون التثبيت الميكانيكي مرحلة أولى لا حلًا نهائيًا دائمًا .فهو يبطئ الرمال ويتيح فرصة للنبات أو القشرة السطحية أن تستعيد دورها .وإذا لم يتبع بوسائل حيوية وإدارية، فقد تعود الرمال إلى الحركة بعد تلف الحاجز أو بعد عاصفة قوية .لذلك يوصي البحث بتحديد مواضع التدخل العاجل على أساس مصفوفة الخطر، لا على أساس سهولة الوصول فقط.

ومن المهم في النطاق المدروس أن تراعى المواد المحلية والكلفة؛ فاستعمال مواد متوافرة محليًا قد يكون أكثر قابلية للصيانة من حلول مستوردة مرتفعة الكلفة .كما ينبغي تدريب الفرق المحلية على تركيب الحواجز وصيانتها وقياس تراكم الرمال حولها، لأن المتابعة هي التي تحدد نجاح المشروع.

ثانيًا :التثبيت الحيوي والأحزمة النباتية:

يمثل التثبيت الحيوي الحل الأكثر استدامة عندما تكون الظروف المائية والتربوية مناسبة .ويعتمد على زراعة أنواع نباتية مقاومة للجفاف والملوحة النسبية، قادرة على تثبيت الرمال بجذورها وزيادة خشونة السطح .ويمكن أن تستخدم شجيرات محلية أو متكيفة مثل الأثل وبعض النباتات الصحراوية، مع ضرورة تجنب إدخال أنواع قد تسبب مشكلات بيئية أو تستهلك مياهًا كبيرة.

وتحتاج الأحزمة النباتية إلى تصميم مكاني يتوافق مع اتجاه الرياح .فإذا وضعت الأشجار أو الشجيرات دون مراعاة للرياح، قد لا تؤدي وظيفتها، أو قد تتراكم الرمال بطريقة تضر بالنبات نفسه .ويفضل إنشاء أحزمة متعددة الصفوف مع فراغات محسوبة، بحيث تخفض سرعة الرياح تدريجيًا بدل صنع جدار صلب يسبب دوامات خلفية .كما يجب حماية الأحزمة من الرعي والقطع خلال سنوات التأسيس الأولى.

ولا ينجح التثبيت الحيوي من دون مشاركة محلية . فالمزارعون والرعاة وسكان القرى هم الأكثر قربًا من المواقع، ويمكن أن يساهموا في حماية النباتات وصيانة الحواجز إذا شعروا بجدوى مباشرة .لذلك ينبغي ربط مشاريع الأحزمة النباتية بحواف الحقول والطرق التي تخدمهم، لا في مواقع بعيدة لا تظهر منفعتها.

ثالثًا :الإدارة الزراعية والحد من الانكشاف:

تستطيع الزراعة نفسها أن تكون جزءًا من الحل أو جزءًا من المشكلة .فالحراثة العميقة في وقت الجفاف، وترك الأرض

عارية، وإزالة بقايا المحاصيل، كلها تزيد الانكشاف .أما الزراعة الحافظة، وترك بقايا نباتية، وتنظيم الري، وإقامة مصدات حول الحقول، فتقلل قابلية التربة للنقل .وفي نطاق النجف-السماوة ينبغي التركيز على الحقول الهامشية التي تقع على تماس مباشر مع السطوح الرملية، لأنها خط الدفاع الأول أمام الزحف.

كما ينبغي تشجيع الزراعة المتكيفة مع الجفاف بدل التوسع في أنماط تحتاج إلى مياه عالية .فإدارة المياه جزء من إدارة الكثبان؛ لأن تراجع المياه يؤدي إلى هجر الحقول، وهجر الحقول يفتح الطريق للرمال .ولهذا يجب أن تتكامل خطط مكافحة الزحف مع خطط الموارد المائية، ولا سيما صيانة المصارف والقنوات الصغيرة التي قد يطمرها الرمل.

وتتطلب الإدارة الزراعية أيضًا حواف حماية .فالحقل الذي يحده كثيب نشط يحتاج إلى مسافة عازلة أو حزام نباتي أو مصدات مؤقتة .ويمكن للبلديات ومديريات الزراعة أن تحدد هذه الحافات وتمنع البناء أو الحراثة العشوائية في ممرات رملية نشطة.

رابعًا :التخطيط المكاني والإنذار المبكر:

ينبغي أن يعتمد التخطيط المكاني في نطاق النجف-السماوة على خرائط خطر محدثة .فلا يجوز أن تخطط طريق أو قرية أو مشروع زراعي جديد من دون معرفة اتجاهات الرياح ومواضع الكثبان النشطة ومصادر الرمال .ويمكن أن تصدر خريطة الخطر بثلاث طبقات أساسية :طبقة الكثبان والصفائح الرملية، طبقة استعمالات الأرض الحساسة، وطبقة درجات الخطر .ومن خلال هذه الطبقات يمكن توجيه الاستثمارات إلى المواضع الأقل خطورة أو تحديد كلفة الحماية مسبقًا.

أما الإنذار المبكر فيرتبط بالعواصف الرملية والغبارية، لكنه يفيد أيضًا في إدارة الزحف .فإذا توقعت فترة رياح قوية وجفاف، يمكن تنبيه فرق الطرق والزراعة لتفقد مواضع الخطر، وتثبيت الحواجز الضعيفة، وتنظيف المصارف قبل تفاقم المشكلة .والإنذار هنا لا يعني منع العاصفة، بل تقليل أثرها على البنى والخدمات.

وتستطيع الجامعات العراقية أن تلعب دورًا مهمًا في هذا الجانب من خلال مشاريع تخرج ورسائل ماجستير ودكتوراه تُنتج خرائط سنوية للكثبان وتربطها بالبيانات المناخية والميدانية. وبذلك يتحول الموضوع من دراسة منفردة إلى برنامج بحثي مستمر يخدم الإدارات المحلية.

خامسًا: أولويات التدخل في نطاق النجف-السماوة:

يمكن ترتيب الأولويات على النحو الآتي :أولًا، تحديد الحافات الرملية القريبة من الطرق الرئيسة والفرعية، لأنها تمثل خطرًا مباشرًا على الحركة والسلامة .ثانيًا، حماية حافات الأراضي الزراعية الأكثر إنتاجًا أو الأكثر عرضة للطمر .ثالثًا، معالجة مصادر الرمال القريبة من القرى والمساكن .رابعًا، إنشاء أحزمة نباتية ومصدات في المواضع التي تسمح بالماء والصيانة . خامسًا، بناء قاعدة بيانات سنوية مشتركة بين المحافظتين، لأن الكثبان لا تعترف بالحدود الإدارية.

وتنبغي مراعاة أن التدخل لا يكون واحدًا في كل المواقع . ففي موضع قريب من الطريق قد تكون الحواجز الميكانيكية العاجلة ضرورية، بينما في موضع زراعي قد يكون الحزام النباتي أكثر جدوى، وفي موضع بعيد قد يكفي الرصد .والقرار

الصحيح هو الذي يوازن بين مستوى الخطر وكلفة التدخل وقيمة الأصل المهدد.

ولضمان استدامة المعالجة، يقترح البحث أن ترتبط مشاريع التثبيت بمؤشرات قياس واضحة :انخفاض تراكم الرمل على الطريق، زيادة الغطاء النباتي، انخفاض مساحة الرمل النشط، ثبات حافة الكثيب، وتقليل مرات التنظيف .فالمشروع الذي لا يقاس لا يمكن الحكم عليه، وقد يتحول إلى إنفاق متكرر بلا أثر طويل.

٧.المبحث السادس :نتائج البحث ومناقشتها

أولًا :النتائج العلمية:

أظهرت الدراسة أن مورفوديناميكية الكثبان في نطاق النجف-السماوة نتاج تفاعل بين عوامل طبيعية وبشرية .فمن جهة، توفر البيئة الجافة والرياح والرواسب المفككة شروط الحركة، ومن جهة أخرى يؤدي تدهور الغطاء النباتي والضغط على الأرض وضعف الرصد إلى زيادة الخطر .وهذا يعني أن تفسير الظاهرة طبيعيًا فقط لا يكفي، كما أن معالجتها إداريًا فقط لا تكفي، بل يجب فهم النظام كاملًا.

وتبين أن النطاق المختار له أساس جغرافي في الأدبيات، إذ يرد ذكر امتداد الكثبان بين النجف والسماوة، كما تشير الدراسات إلى تنوع أشكال الكثبان في النجف ووجود خصائص رسوبية في المثنى .وهذا التنوع يفرض منهجًا تحليليًا لا يختزل الظاهرة في نوع واحد من الكثبان .كما أن اختلاف المؤشرات بين النجف والمثنى يدل على أن الخطر متباين مكانيًّا؛ فهو قد يكون حاليًا ومباشرًا في مواضع، واحتماليًا واسعًا في مواضع أخرى.

كما توصل البحث إلى أن قياس الخطر ينبغي أن يدمج أربعة عناصر :مساحة الكثبان، درجة نشاطها، اتجاه الحركة، وقربها من استعمالات الأرض الحساسة .فالمساحة وحدها مضللة أحيانًا؛ لأن كثيبًا صغيرًا ونشطًا قرب طريق قد يكون أكثر خطرًا من حقل رملي واسع بعيد عن العمران .وهذا الاستنتاج مهم في التخطيط لأنه يوجه الإنفاق نحو الأولويات الفعلية.

ثانيًا :النتائج التطبيقية :

من الناحية التطبيقية، يقدم البحث نموذجًا قابلًا للتنفيذ لرصد الكثبان باستخدام Landsat و Sentinel – 2 و SRTM ويتميز النموذج بأنه لا يحتاج إلى بيانات مكلفة في مرحلته الأولى، بل يعتمد على مصادر مجانية وبيانات رسمية وملاحظات ميدانية .كما يتيح النموذج إنتاج خرائط خطر دورية، وتحديثها عند توفر صور جديدة أو بيانات ميدانية .ويعد هذا مناسبًا للإدارات المحلية التي تحتاج إلى حلول عملية منخفضة الكلفة.

كما أظهرت المصفوفة المقترحة أن التدخل يجب أن يكون متدرجًا .فالمواقع مرتفعة الخطر تحتاج إلى تثبيت سريع ومتابعة، بينما يكفي في المواقع المنخفضة الخطر الرصد .وهذا يمنع هدر الموارد في مواضع قليلة الأثر، ويزيد فرص نجاح التدخل في المواضع ذات الأولوية .كما أن إدخال القرب من الطرق والحقول والمساكن يجعل الخريطة أكثر ارتباطًا بالواقع الاجتماعي والاقتصادي.

وتؤكد النتائج أن الحلول الناجحة هي الحلول المركبة : تثبيت ميكانيكي مؤقت، تثبيت حيوي طويل الأجل، تنظيم استعمال الأرض، حماية الحواف الزراعية، ورصد مستمر .ولا تكفي زراعة أشجار من دون حماية وماء، ولا تكفي حواجز من دون صيانة، ولا يكفي تنظيف الطرق من دون تقليل مصدر الرمال.

ثالثًا :مناقشة عامة :

إن مشكلة الكثبان في نطاق النجف-السماوة ليست في أن الرمال تتحرك فحسب، بل في أن الحركة تقع ضمن مجال بشري واقتصادي حساس .فإذا كانت الكثبان في عمق الصحراء جزءًا من النظام الطبيعي، فإن اقترابها من الحقول والطرق يحولها إلى خطر .وهذا التحول من الظاهرة إلى الخطر هو جوهر المقاربة التطبيقية .لذلك ينبغي أن تسأل الدراسات المقبلة :أين تتحرك الكثبان؟ إلى أي اتجاه؟ ما الذي تهدده؟ ما كلفة تركها؟ وما كلفة تثبيتها؟

كما أن إدارة الخطر ينبغي أن تتجاوز الحدود الإدارية . فالنطاق بين النجف والسماوة وحدة بيئية متصلة، وقد تنتقل الرمال أو آثار العواصف عبر الحدود بين المحافظتين .لذلك فإن التعاون بين مديريات النجف والمثنى ضروري، ولا سيما في الرصد والخرائط والإنذار المبكر .ويمكن أن يشكل هذا النطاق نموذجًا لمناطق أخرى في العراق تتشابه في ظروفها.

وتكمن القيمة العلمية للبحث في أنه يربط بين المورفوديناميكية بوصفها مفهومًا جيومورفولوجيًا وبين الخطر بوصفه مفهومًا تطبيقيًا .فالكثيب لا يفهم من شكله فقط، بل من حركته وأثره واحتمال تطوره .وهذا الربط هو ما تحتاجه المجلات العراقية الرصينة التي تبحث عن دراسات تجمع بين التنظير والتطبيق وتخدم المشكلات المحلية.

الأستنتاجات:

توصل البحث إلى أن نطاق النجف-السماوة يمثل حقلًا مناسبًا لدراسة مورفوديناميكية الكثبان الرملية ومخاطر زحفها، لأنه يجمع بين السطوح الصحراوية والهامش الفراتي واستعمالات الأرض الحساسة .وقد أظهر التحليل أن الكثبان في هذا النطاق ليست مظهرًا جامدًا، بل نظامًا ديناميكيًا يتأثر بالرياح والرواسب والجفاف والغطاء النباتي والإدارة البشرية . كما تبين أن الخطر لا يتحدد بمساحة الكثبان وحدها، بل بقربها من الطرق والحقول والمساكن وبدرجة نشاطها واتجاه حركتها.

وقد قدم البحث إطارًا نظريًا يفسر نشأة الكثبان وحركتها، وقراءة مكانية للنطاق المدروس، ومصفوفة تطبيقية لتصنيف الخطر، ونموذجًا مقترحًا للرصد باستخدام صور الأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية .وتؤكد الدراسة أن أفضل معالجة تقوم على التكامل بين التثبيت الميكانيكي والحيوي والتنظيم الزراعي والتخطيط المكاني والإنذار المبكر . كما تؤكد ضرورة إنشاء قاعدة بيانات محلية للكثبان وتحديثها بصورة دورية.

وتوصي الدراسة بالبدء بمسح ميداني تفصيلي لحافات الكثبان القريبة من الطرق والحقول، وتنفيذ مشروع تجريبي للتثبيت في موضع مرتفع الخطر، وإنشاء أحزمة نباتية محمية في الاتجاهات المواجهة للرياح السائدة، وتبني برنامج رصد سنوي في جامعتي الكوفة والمثنى أو بالتعاون مع الجامعات العراقية المختصة .كما توصي بإدخال خطر الزحف الرملي ضمن

خرائط التخطيط المحلي ومشاريع الطرق والزراعة، حتى لا يبقى التعامل معه استجابة متأخرة بعد وقوع الضرر.

التوصيات:

١ – إعداد أطلس محلي للكثبان الرملية في نطاق النجف-السماوة يتضمن حدود الكثبان، أشكالها، درجة نشاطها، واتجاهات الحركة المحتملة.

٢ – تنفيذ رصد متعدد الأزمنة باستخدام Landsat و Sentinel-2وربطه بمحطات الرياح المحلية وملاحظات السكان.

٣ – تحديد مواقع الخطر المرتفع جدًا على الطرق والحقول والقنوات، والبدء بتثبيت ميكانيكي عاجل فيها.

٤ – إنشاء أحزمة نباتية محمية من الرعي حول الحقول والطرق الأكثر تعرضًا، مع اختيار أنواع محلية مقاومة للجفاف.

٥ – منع الحراثة والرعي العشوائي في ممرات الرمال النشطة، وتنظيم استعمال الأرض وفق خريطة الخطر.

٦ – تأسيس فريق تنسيق بين محافظتي النجف والمثنى ومديريات البيئة والزراعة والطرق والموارد المائية.

٧- ربط مكافحة الزحف الرملي باستراتيجيات التكيف المناخي وتحسين إدارة المياه، بدل التعامل معها كمشكلة موضعية منعزلة.

المصادر والمراجع:

أولًا :المصادر والمراجع العربية

١- الأني، رياض علي .(1979) .الدراسة الرسوبية والجيومورفولوجية للكثبان الرملية في منطقة النجف والسماوة والناصرية .رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، بغداد، العراق.

٢- الجهاز المركزي للإحصاء ,هيأة الإحصاء ونظم المعلومات الجغرافية .(2024) .الإحصاءات البيئية للعراق: المؤشرات الزراعية لسنة .2024 وزارة التخطيط العراقية، بغداد، العراق.

٣- جودة، جودة حسنين. د،ت الجيومورفولوجيا :علم أشكال سطح الأرض .دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر.

٤- المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) د.ت ، مكافحة زحف الرمال وتثبيت الكثبان الرملية في البادية السورية(أكساد)، دمشق، سورية.

٥- وزارة الزراعة العراقية .(2019) .تقرير تحديد أهداف تحييد تدهور الأراضي في العراق Land Degradation Neutrality Target Setting Programme: Iraq Country Report.وزارة الزراعة العراقية / UNCCD، بغداد، العراق.

٦- الهيتي، صبري فارس .د.ت.(جغرافية العراق الطبيعية) . مطابع وزارة التعليم العالي، بغداد، العراق.

٧- الوليعي، عبد الله بن ناصر .(2008) .الكثبان الرملية .مادة علمية منشورة.

ثانيًا :المصادر والمراجع الأجنبية

1- Abbas, H. S., & Mahdi, A. M. (2019). Study of desertification using remote sensing imagery in South Iraq. Iraqi Journal of Science, 60(4), 904-913.

2- Al-Naji, A. J., et al. (2019). Mineralogical study of sand dunes fields in Najaf Governorate, Southern Iraq. Iraqi Journal of Science.

3- Bagnold, R. A. (1941). The physics of blown sand and desert dunes. Methuen, London, UK.

4- Copernicus Data Space Ecosystem. (2024). Sentinel-2 mission description. European Union/ESA.

5- IOM Iraq. (2022). Migration, environment and climate change in Iraq. International Organization for Migration.

6- Lancaster, N. (1995). Geomorphology of desert dunes. Routledge, London, UK.

7- Livingstone, I., & Warren, A. (1996). Aeolian geomorphology: An introduction. Routledge, London, UK.

8- NASA/USGS/JPL-Caltech. (2000/2024). SRTMGL1_003 30m digital elevation model documentation. NASA/USGS.

9- Pye, K., & Tsoar, H. (2009). Aeolian sand and sand dunes. Springer, Berlin, Germany.

10- Rasheed, M. J., et al. (2021). Sedimentological properties of the sand dunes and valley sediments in Al-Muthanna, Southern Iraq. Iraqi Geological Journal, 54(1F), 69-84.

11-Republic of Iraq, Ministry of Agriculture. (2019). Land degradation neutrality target setting programme: Iraq country report. UNCCD.

12-U.S. Geological Survey. (2024). Landsat Collection 2 Surface Reflectance. USGS Landsat Missions.

13-United Nations Iraq. (2023). Sand and Dust Storms Compendium. United Nations Iraq.

14- Weathering Risk. (2022). Climate risk profile Iraq.World Bank Group. (2024). Climate Change Knowledge Portal: Iraq - Historical Climate Data. World Bank.