

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة رائدة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية

علي يحيى السعد¹، وسيم المسير²

¹طالب دراسات (ماجستير)، قسم علوم التربة، كلية الزراعة، جامعة دمشق

²أستاذ مساعد، قسم علوم التربة، كلية الزراعة، جامعة دمشق

الملخص:

تم تقدير نسب الرمال وتبيان توزيعها المكاني في تربة منطقة رائدة من البادية السورية و التي تتوزع بين محافظتي دير الزور وحمص وبمساحة تقدر ب 23748.5 كم² باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية والحقلية، حيث تم اشتقاق معادلة خطية ذات معنوية إحصائية باستخدام إجرائية Stepwise Regression لتقدير نسب الرمال في تربة منطقة الدراسة باستخدام سلسلة زمنية من الصور الفضائية 5، 8 LANDSAT للفترة الممتدة بين عامي 2004 و 2022 والتي تم استخدامها لاحقاً لاشتقاق عدد من الدلائل الطيفية (NDVI, NDSI, LST) و الدلائل الطبوغرافية (DEM, Slope, Aspect) كمتغيرات مستقلة مرتبطة بنسب الرمال في تربة منطقة الدراسة، حيث تبين وجود تغير واضح في كميات الرمال المزاحة او الداخلة إلى مواقع مختلفة من منطقة الدراسة خلال فترة البحث والممتدة بين عامي 2004 و 2022، إضافة لتغير مساحات هذا التزايد او التناقص في نسب الرمال بين فترة زمنية و أخرى، إضافة لإختلاف توزيعها المكاني، وربما يعزى ذلك لتباين كميات الهطل المطري و تغير توزيعها المكاني بين فترة و أخرى مما أدى لتغير كثافة التغطية النباتية والتي تساعد في تثبيت الطبقة السطحية من التربة وتحسين خصائصها الفيزيائية ومنعها من الأرواح والانتقال، إضافة لاختلاف مواقيت حدوث العواصف الرملية والغبارية خلال العام و تباين مواقع نشأتها والذي يستوجب بالضرورة وجود اتجاهات وشدات مختلفة للرياح التي تهب خلال العام بمواعيد مختلفة فوق منطقة الدراسة الأمر الذي يؤدي لزيادة نسب الرمال في مساحة ما من منطقة الدراسة ونقصانه في مساحة أخرى عند المقارنة بين فترتين زمنيتين وهو ما أظهره البحث.

الكلمات المفتاحية: نسب الرمال، الاستشعار عن بعد، البادية السورية، الكتلان الرملية، الصور الفضائية.

تاريخ الايداع: 2023/7/16

تاريخ القبول: 2023/8/6



حقوق النشر: جامعة دمشق -

سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق

النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

Estimation and Monitoring of Sand Proportions Changes in Featured Area in the Syrian Badia Using Mathematical Modeling and Remote Sensed Data

Ali yhea alsad¹ , Wassim al mesbers²

¹Postgraduate Studies, Soil Science, Faculty of Agriculture, Damascus University.

²Prof Assistant, Soil Science, Faculty of Agriculture, Damascus University.

Abstract:

Sand proportions were estimated and their spatial distribution was demonstrated in Featured Area in the Syrian Badia, which is located between the province of Deir ez-Zor and Homs and covers an area of approximately 23748.5 km². This was achieved using mathematical modeling, sensing data, and field measurements. A statistically significant linear equation was derived using the stepwise regression procedure to estimate sand proportions in the study area using a time series of LANDSAT 8, 5 satellite images for the period between 2004 and 2022. These images were later used to derive a number of spectral indices (NDVI, NDSI, and LST) and topographic indices (DEM, Slope, Aspect) as independent variables related to sand proportions in the study area. The research revealed a clear change in the amount of sand blowing or entering different sites within the study area during the study period. There were also changes in the areas of sand increase or decrease between different time periods, as well as differences in their spatial distribution. This may be attributed to variations in the amount and spatial distribution of rainfall, which led to changes in the vegetation cover density that helps stabilize the surface layer of soil, improve its physical properties, so, prevent it from shifting and moving. In addition, differences in the timing of sand and dust storms during the year and variations in their origin locations were observed, which necessarily require the presence of different wind directions and intensities blowing over the study area during different times of the year. This lead to an increase in sand proportions in some areas of the study area and a decrease in others when comparing two different time period, as shown by the research.

Received:16/7/2023

Accepted:6/8/2023



Copyright:Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Key Words: Proportion Of Sand, Remote Sensing, Syrian Badia, Sand Dunes, Satellite Image

1- المقدمة:

تُعد حركة الرمال وتشكل الكثبان الرملية من الظواهر الطبيعية التي تحدث في المناطق الصحراوية والبدوي في مختلف أنحاء العالم، حيث يتأثر تشكلها بعدد من العوامل البيئية والجغرافية. تحدث حركة الرمال بفعل الرياح النشطة التي تحمل جزيئات الرمال من مكان إلى آخر وتختلف سرعة حركة الرمال حسب قوة الرياح واتجاهها، حيث تتراكم الرمال في الأماكن التي لا يمكن للرياح تحريكها منها مما يؤدي في النهاية إلى تشكيل الكثبان الرملية. تتسبب حركة الرمال وتشكل الكثبان الرملية في مجموعة من المشاكل البيئية، حيث تؤثر على الحياة النباتية والحيوانية في المنطقة المستهدفة، كما تؤدي إلى تدمير المزروعات والمنازل والممتلكات المادية، إضافة إلى تسببها في تلوث الهواء والترية والمياه. يعتبر تشكل الكثبان الرملية خطراً على السلامة الانشائية، حيث يمكن أن تؤدي إلى اختناق الطرق وزيادة خطر الحوادث المرورية، وانعدام الرؤية وتعريض السائقين والمشاة للخطر، وللتقليل من حجم هذه الظاهرة الخطيرة يتم اتخاذ مجموعة من الإجراءات والتدابير للتخفيف من آثارها على البيئة المحيطة مثل زراعة النباتات الصحراوية وثبيت الكثبان الرملية بطرق مختلفة ومنع فلاحه البادية للتقليل من حركة التربة السطحية الهشة، واستخدام مجموعة من التقانات الحديثة لمراقبة ورصد هذه الظاهرة وإصدار التحذيرات اللازمة للسكان المحليين لاتخاذ التدابير لمواجهةها ومنها استخدام تقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية . تعد دراسة وتتبع حركة الكثبان الرملية باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية من الأمور الهامة والحيوية لفهم تأثيرات التغيرات المناخية والبيئية على حركة الرمال وتشكل الكثبان الرملية في البادية السورية، حيث يمكن استخدام تقانات الاستشعار عن بعد في التعرف على خصائص الكثبان الرملية (حجم الكثبان الرملية، شكلها، واتجاه حركتها، المساحة التي تغطيها الكثبان الرملية، التغيرات التي يمكن ان تحدث فيها)، كما تساعد تقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في المحافظة على البيئة وفي التنمية المستدامة في منطقة البادية، فهذه التقانة تعمل على توفير البيانات اللازمة لتحديد المناطق التي تحتاج إلى تدخلات بيئية للحد من تأثير الكثبان الرملية على المناطق المحيطة من غطاء نباتي وزراعات، مواقع أثرية، بنى تحتية (طرق، مباني....الخ)، كما تساعد على تحديد أفضل الطرق للحد من انتقال الرمال من مكان إلى آخر كمساعدتها في تحديد المواقع المناسبة في البادية والتي يجب تثبيت الكثبان الرملية فيها لمنع انتقال الرمال وزحفها إلى المناطق والمواقع الحيوية الأخرى المجاورة، وبالتالي يمكن أن القول أن هذه تقانات الاستشعار عن بعد من التقانات الأساسية الهامة حالياً في دراسة وتتبع صيرورة مثل هذه الظواهر لما توفره من بيانات ضخمة على مقاييس مكانية كبيرة وبكرارية زمنية عالية، وبأقل التكاليف والجهود عن أي منطقة يراد دراستها ودراسة حركة الرمال وتشكل الكثبان الرملية فيها.

2- الدراسات المرجعية:

تُعد الكثبان الرملية تلال رملية كبيرة تتشكل في المناطق الصحراوية الجافة، وتتكون من رمال ناعمة وخفيفة وغالباً ما تكون متحركة بفعل الرياح، حيث تتشكل الكثبان الرملية بفعل الرياح التي تحمل الرمال من مكان إلى آخر متراكمة في مناطق معينة مشكلة التلال الرملية. تعتمد آلية تشكل الكثبان الرملية على عدة عوامل، منها قوة الرياح وتواترها واتجاهها ونوعية الرمال الموجودة في المنطقة، فعندما تهب الرياح بشكل متواصل وعلى فترات طويلة، فإنها تبدأ في حمل حبيبات الرمل ونقلها إلى مناطق أخرى، وعندما تصطم هذه الحبيبات بعوائق معينة مثل الصخور أو النباتات أو التضاريس الجبلية، فإنها تتراكم وتتكدس مشكلة الكثبان الرملية، كما ويمكن أن يساهم الانحدار الطبيعي للتضاريس في تشكل الكثبان الرملية، حيث يتراكم الرمل في المناطق الأكثر انحداراً

. يمكن أن تؤثر الأنشطة البشرية على تشكل الكثبان الرملية، حيث يمكن أن تؤدي الأعمال الزراعية أو الإنشائية إلى تدمير إزالة الغطاء النباتي، وتدمير التضاريس الطبيعية التي تعمل على تثبيت الرمال ومنع حركتها، مما يسمح للرياح بحمل الرمال بسهولة وتشكيل التلال الرملية. تحدث المناطق الرملية في جميع أنحاء العالم وتنتشر في جميع القارات والمناخات المختلفة (Hillel و Hatfield، 2005)، كما تعتبر من المشاكل الرئيسية في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تهدد أحياناً المدن والمباني والأراضي الزراعية وصحة الإنسان (Walker، 2009). بحسب (Bagnold، 2012) تعتبر المناطق الرملية من المعالم الدالة على حدوث تدهور للأراضي الزراعية والتي تؤدي بالضرورة إلى حدوث ظاهرة التصحر. يوجد حوالي 20 % من المناطق الجافة والمناطق شديدة الجفاف حول العالم مغطى بالكثبان الرملية وبمساحة تزيد عن 5 مليون كم²، وحوالي 99 % منها تعتبر مناطق صحراوية (Hillel و Hatfield، 2005). أشار كل من (Levin و Ben-Dor، 2004) إلى أن حوالي 10 % من سطح الأرض بين خطي العرض 30 درجة شمالاً وجنوباً هي مناطق مغطى بالرمال، وتبعاً لكل من (Pye و Tsoar، 2008). وبحسب كل من (Lee وآخرون، 2018) يعتبر الاستشعار عن بعد أحد التقانات النامية، والتي يمكن أن توفر معلومات موثوقة وبتكلفة منخفضة حول التغيرات الحاصلة في الظواهر البيئية على مستويات محلية وإقليمية وعالمية، وقد أشار كل من (Hugenholtz وآخرون، 2012) إلى أن أول استخدام للصور الفضائية الاستشعارية في دراسة الأراضي الرملية، وأنماط الكثبان الرملية تم في أوائل السبعينات من القرن الماضي. بين (Breed وآخرون، 1979a; 1979b) أن الدراسات السابقة استخدمت صور التابع الصناعي LANDSAT لوصف أنماط الكثبان الواسعة في المساحات الرملية الكبيرة في العالم، حيث ركز (McKee، 1979) على رسم خرائط التضاريس الرملية، وتصنيف أنواع الكثبان الرملية والتي ارتبطت بصورة رئيسية بعدد من المتغيرات كمصادر الرمال في المنطقة المدروسة وتغيرات اتجاه الرياح، بينما في العام 1980 ركزت الدراسات على دراسة الكثبان الرملية المفردة (Azzaoui وآخرون، 2019). يهدف البحث إلى تقدير ومراقبة تغير نسب الرمال وتوضعاتها عبر سلسلة زمنية من الصور الفضائية بين عامي 2004 و 2022 من خلال إيجاد معادلة استشعارية لتقدير كميات الرمال في ترب منطقة الدراسة، وحساب مساحات التزايد والتناقص بكميات الرمال في ترب منطقة الدراسة وتحديد توزيعها المكاني بخرائط غرضية.

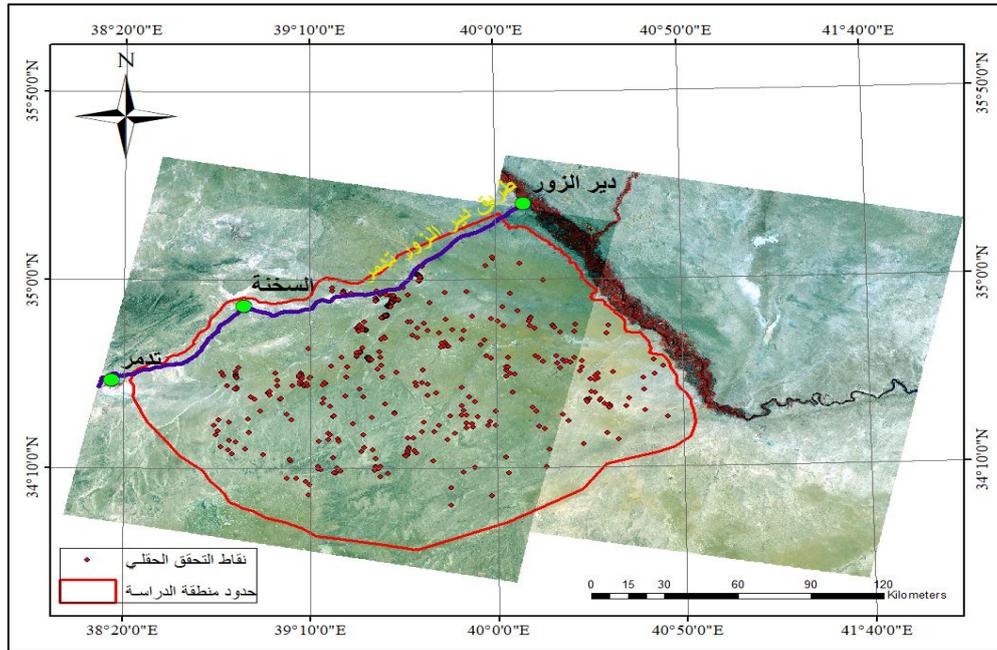
3- مواد البحث وطرائقه:

3-1- منطقة الدراسة:

تُعد منطقة الدراسة جزءاً من البادية السورية وتتنوع بين محافظتي دير الزور وحمص، حيث أنها تمتد بين خطي طول (38.342252 و 40.883314 درجة) و خطي عرض (33.819726 و 35.308219 درجة)، و تبلغ مساحة منطقة الدراسة حوالي 23748.5 كم²، و يحدها من الشمال الشرقي وادي الفرات، ومن الشرق الحدود مع جمهورية العراق وتعتبر امتداد للبادية العراقية، وهي محاذية من ناحية الغرب لطريق دير الزور تدمر. مناخ البادية السورية متوسطي قاري جاف إلى شديد الجفاف، معتدل الحرارة في معظمه، و حار في الأجزاء الجنوبية الشرقية منها، كما تتميز البادية بانخفاض نسبة الرطوبة الجوية، خاصة خلال فترات الجفاف من العام. الهطل السنوي شحيح ولا يزيد عموماً على 200 مم مع تفاوت كبير في معدل الهطل السنوي وتباينه من سنة إلى أخرى. يتقارب معدل الامطار في البادية السورية بين منطقة وأخرى نسبياً، ويبدأ في شهر تشرين أول ويستمر حتى شهر أيار، ويسقط أحياناً بصورة زخات مطرية غزيرة الشدة. تتميز البادية بمعدل تبخر عالي، ورطوبة نسبية جوية منخفضة، كما و تهب على البادية أحياناً الرياح الشديدة المثيرة للغبار والأتربة والعواصف الرملية. تُعد العمليات المُنشئة للتربة في حدها الأدنى وتقتصر على بعض عمليات الاذابة والترسيب لبعض الأملاح الموجودة، وتكون التربة التي تسود في البادية والمناطق

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة راندة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير

المماثلة ضعيفة التطور، ويتأثر تكوينها بالظروف المناخية، والمادة الأم. تقع ترب البادية السورية في معظمها في رتبة الترب الجافة Aridisols وقليلاً منها في الرتبة عديمة التطور وذلك بحسب نظام التصنيف الأمريكي، وأهم أنواع الترب السائدة في البادية السورية (الترب الكلسية، الترب الجبسية، الترب المالحة)، كما أن قوام التربة في منطقة الدراسة يتراوح بين الرمي الطيني Sandy Clay و الرمي الطيني اللومي Sandy Clay Loam و الرمي اللومي Sandy Loam، والقوام اللومي Loam. والشكل (1) يبين حدود منطقة الدراسة في البادية السورية، إضافة إلى التوزع المكاني لنقاط التحقق الحقلية المختارة لغرض النمذجة الرياضية فيما بعد.



الشكل (1) يبين حدود منطقة الدراسة وتوزع نقاط التحقق الحقلية ضمنها

3-2- مواد البحث:

3-2-1- البيانات الحقلية:

شملت البيانات الحقلية استخدام 539 عينة ترابية حقلية سطحية، تم جمعها في منطقة البادية السورية خلال مشروع مسح البادية بالتعاون مع أكساد، حيث نفذت الأعمال الحقلية بين عامي 2003 و 2004، وتم توثيق الإحداثيات لكل نقطة باستخدام جهاز GPS (The Global Positioning System) وذلك لإمكانية التعامل معها في Geographic information system GIS والبرامج الأخرى التي تتعامل مع الصور الفضائية.

3-2-2- البيانات الاستشعارية:

استخدمت في هذه الدراسة مجموعة من البيانات الاستشعارية مختلفة الخصائص وهي على التوالي: صور فضائية للتابعين الصناعيين LANDSAT 5 و LANDSAT 8 بقدرة تمييز مكاني (30*30م) في المجالات الطيفية التالية (الأزرق، الأخضر، الأحمر، وتحت الأحمر القريب، تحت الأحمر القريب قصير الموجة) غطت كامل منطقة الدراسة خلال مراحل العمل، تم الحصول عليها من الموقع الإلكتروني <http://earthexplorer.usgs.gov>. تتكون صور التابع الصناعي LANDSAT 8

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة راندة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير

من إحدى عشر قناة طيفية منها قناتين طيفيتين في المجال تحت الأحمر الحراري، و تتميز بقدرة تمييز زمانية كل 16 يوم، بينما تتكون صور LANDSAT 5 من سبعة قنوات طيفية منها قناة طيفية في المجال تحت الأحمر الحراري.

3-2-3- نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Digital Elevation Model الذي يُعد تمثيل لتضاريس سطح الأرض، كما يعتبر من أكثر أنواع البيانات الجغرافية أهمية لاستخدامه في مجالات ودراسات مختلفة. تم في هذه الدراسة الحصول على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة بقدرة تمييز مكاني 30م من خلال الموقع الإلكتروني المجاني <http://earthexplorer.usgs.gov> وذلك لإدخال قيم الارتفاع عن سطح البحر في النماذج الرياضية التي سيتم.

3-3- طرائق البحث:

3-3-1-1 تم بدايةً في هذه الدراسة تطبيق معادلة الانحدار الخطي المتعدد المستنتجة من خلال الدراسة التي أجراها كل من (إدريس وزملائه، 2018) لتحديد قوام ترب البادية السورية باستخدام البيانات الحقلية (مشروع مسح البادية بالتعاون مع أكساد، حيث نفذت الأعمال الحقلية بين عامي 2003 و 2004)، والبيانات الاستشعارية (صور فضائية من التابع الصناعي LANDSAT 5 والملتقطة بنفس تاريخ إجراء المسوحات الحقلية)، حيث تم في دراسة (إدريس وزملائه، 2018) استخدام 539 عينة ترابية حقلية سطحية وكل منها ممثل لنقطة جغرافية معينة في منطقة البادية السورية لإنتاج النماذج الرياضية اللازمة لتحديد قوام ترب منطقة الدراسة، وقد تراوحت المسافة بين مواقع العينات الترابية المأخوذة من 1.5 إلى 2 كم (تم استخدام 480 عينة حقلية لبناء النماذج الرياضية و 59 عينة للتحقق من صحة النماذج الناتجة) وتعطى معادلة الانحدار الخطي المتعدد المستخدمة في حساب نسب الرمل في ترب البادية السورية كما استنتجها (إدريس وزملائه، 2018) كما يلي:

$$SAND \% = 52.69269333 - 380.9417705 * BAND_1 - 101.5227218 * BAND_5 + 341.5333438 * BAND_7 \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن $BAND_1$ المجال الطيفي الأزرق، $BAND_5$ المجال الطيفي تحت الأحمر قصير الموجة، $BAND_7$ المجال الطيفي تحت الأحمر قصير الموجة.

استخدمت المعادلة (1) في الحصول على خريطة اساس لقيم نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة (جزء من البادية السورية) للعام 2004، والتي تم اعتبارها في هذه الدراسة كقيم نسب رمل مقدرة حقلياً (نقاط تحقق حقلية) كونه تم الحصول عليها من عملية نمذجة رياضية بالاستعانة ببيانات حقلية بلغ عددها 539 عينة حقلية ترابية ممثلة ل 539 نقطة حقلية موزعة ضمن منطقة الدراسة.

3-3-2-2 تم من خلال آلية التفسير البصري للصور الفضائية متوسطة الدقة المكانية LANDSAT وعالية الدقة المكانية Google Earth، وبالاستعانة بخارطة الأساس التي تبين نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة للعام 2004 تحديد واختيار 542 نقطة تحقق للمناطق التي يتبين فيها نسب عالية من الرمل، و يظهر فيها توزع لعدد من توضعات الكثبان الرملية صغيرة الحجم.

3-3-3-3 تم حساب عدد من الدلائل الطيفية باستخدام الصور الفضائية LANDSAT 5 والملتقطة خلال شهر آب لعام 2004 والتي غطت كامل منطقة الدراسة، وتعطى هذه الدلائل كما يلي:

3-3-3-1-3-3-3 دليل التغيرات النباتية المعدل (NDVI) Normalized Differences Vegetation Index بحسب (Deering و Rouse، 1973).

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة راندة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير

ويمثل الفرق في الانعكاس بين القناتين الطيفيتين المرئية الحمراء وتحت الحمراء مقسوماً على مجموع القناتين المرئية الحمراء وتحت الحمراء، وتتراوح قيم الدليل النباتي NDVI بين -1 إلى +1 حيث تمتد القيم الفعلية لهذا الدليل من 0.1 للأراضي الخالية من الغطاء النباتي (تربة) إلى 0.9 للغطاء النباتي جيد النمو وتعطى معادلة الدليل النباتي كما يلي:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \dots \dots (2)$$

حيث أن NIR المجال الطيفي تحت الأحمر القريب، R المجال الطيفي الأحمر.

3-3-3-2 دليل تغيرات الرمال المعدل Normalized Differences Sand Index (NDSI) بحسب (Fadhil، 2009)، حيث تم استخدام الدليل الطيفي NDSI في هذه الدراسة للتحديد والإشارة إلى وجود توضعات للكثبان الرملية من جهة، وللمساعدة في تتبع حركة الرمال في تربة منطقة الدراسة، وتعطى معادلة الدليل NDSI كما يلي:

$$NDSI = \frac{SWIR_2 - R}{SWIR_2 + R} \dots \dots (3)$$

حيث أن SW_2 المجال الطيفي تحت الأحمر قصير الموجة ($2.08 - 2.35 \mu m$)، R المجال الطيفي الأحمر ($0.63 - 0.69 \mu m$) في صور LANDSAT 5.

3-3-3-3 دليل درجة حرارة سطح الأرض Land Surface Temperature LST

تم استخدام دليل LST بناءً على الفرضية التي تقول أن درجة حرارة الكثبان الرملية أو سطوح التربة الرملية أعلى من درجة حرارة بقية السطوح الأخرى على سطح الأرض، حيث أن درجة حرارة السطوح الرملية تزداد بسرعة أكبر من درجة حرارة السطوح الصخرية وذلك باعتبارها سطوح متفرقة ومبعثرة المادة ومؤلفة من مواد رسوبية ناعمة نوعاً ما. إضافة إلى ذلك فإن حالة الجفاف التي تعاني منها سطوح التربة الرملية وعدم قدرتها على الاحتفاظ بالماء من العوامل الأساسية التي تزيد من تسخين سطوح التربة الرملية بسرعة أكبر من تسخين المواد الأخرى، كما وأن هذه الدراسة تفترض أيضاً تشابه الظروف المناخية في منطقة الدراسة خصوصاً وفي البادية السورية عموماً خلال فصل الصيف، وباعتبار أن درجة الحرارة العالية لسطوح التربة الرملية في منطقة الدراسة تكون عند الساعة 12 بالتوقيت المحلي وتصل ذروتها حوالي 1 PM، بينما درجة الحرارة السنوية العالية تكون في شهر آب، فقد تم اختيار الصور الفضائية من التابع الصناعي LANDSAT الملتقطة خلال شهر آب ليتم استخدامها في هذه الدراسة. تم حساب درجة حرارة سطح الأرض LST باستخدام معادلة Plank كما يلي:

$$LST = \frac{K_2}{LN \left[\left(\frac{K_1}{L_\lambda} \right) + 1 \right]} \dots \dots (4)$$

حيث أن K_1 و K_2 ثوابت معايرة خاصة بصور LANDSAT، L_λ الانبعاثية الطيفية للقناة الطيفية الحرارية Thermal Band في صور LANDSAT بوحدة (واط/م²/سترديان/ميكرومتر).

3-3-4 تم حساب عدد من الدلائل الطبوغرافية ضمن منطقة الدراسة باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model DEM وتعطى كمايلي:

3-4-1 نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model (DEM) الذي يُعد تمثيل لتضاريس سطح الأرض المستمرة، كما يعتبر من أكثر أنواع البيانات الجغرافية أهمية لاستخدامه في مجالات ودراسات مختلفة. تم في هذه الدراسة الحصول على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة بقدرة تمييز مكاني 30م من بيانات المستشعر Shuttle Radar Topography Mission من خلال الموقع الإلكتروني <http://earthexplorer.usgs.gov>.

3-3-4-2- الانحدار Slope والذي يشير إلى زاوية ميل سطح الأرض عن الأفق، و يُعد واحداً من أكثر مقاييس الخصائص الطبيعية أهمية، ويمكن حسابه باستخدام أنظمة المعلومات الجغرافية من خلال عدد من المعادلات الرياضية (Tsai و Chang، 1991؛ McKenna، 1987)، تعتبر طريقة المشتق المكاني (Burrough و زملاؤه، 1998) من الطرائق الأكثر شيوعاً في حساب الانحدار في نظم المعلومات الجغرافية، حيث يشير المشتق إلى معدل التغير في قيم البيانات.

3-3-4-3- اتجاه الانحدار والذي يتم حسابه باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

3-3-5- تم تصدير قيم كل من الدلائل الطيفية (LST، NDSI، NDVI) والدلائل الطبوغرافية (Aspect، Slope، DEM)، بالإضافة إلى قيم نسب الرمل المستنتجة من تطبيق المعادلة (1) من الصور الفضائية 5 LANDSAT (الملتقطة بشهر آب لعام 2004) إلى جدول نقاط التحقق (542 نقطة) والتي تم إنجازها كما ذكر في الخطوة (3-3-2) من طرائق البحث باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS للحصول فيما بعد على جدول أكسل لبيانات 542 نقطة تحقق موزعة على كامل منطقة الدراسة وتضم قيم نسب الرمل وما يقابلها من قيم كل من الدلائل الطيفية وقيم الدلائل الطبوغرافية المحسوبة للصور الفضائية 5 LANDSAT والملتقطة خلال شهر آب لعام 2004، ليصار فيما بعد لاستنتاج معادلة تنبؤية جديدة للتنبؤ بقيم نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة خلال الفترات الزمنية اللاحقة لعام الأساس 2004.

3-3-6- إنشاء النموذج الرياضي الجديد الخاص بالتنبؤ بقيم نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة للفترات الزمنية اللاحقة لعام 2004، من خلال اتباع الخطوات التالية:

3-3-6-1- تحديد المعادلة الخطية التي سيتم استخدامها في التنبؤ بقيم نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة من قيم بيانات الدلائل الطيفية وقيم بيانات الدلائل الطبوغرافية والتي تعطى بالشكل التالي:

$$h(x) = \theta_0 + \theta_1x_1 + \theta_2x_2 + \theta_3x_3 + \theta_4x_4 + \theta_5x_5 + \theta_6x_6 \dots \dots \dots (5)$$

حيث تعبر $h(x)$ عن قيم نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة المشتقة من المعادلة (1) والمطبقة على صور فضائية 5 LANDSAT ملتقطة بعام 2004 كما تم ذكره سابقاً، $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6$ معاملات المعادلة الخطية، $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ قيم كل من الدلائل الطيفية (LST، NDSI، NDVI) و الدلائل الطبوغرافية (Aspect، Slope، DEM) على التوالي.

3-3-6-2- بناء النموذج الرياضي الاحصائي الخاص بالتنبؤ بنسب الرمل في ترب منطقة الدراسة للاعوام اللاحقة للعام 2004 تم تطبيق طريقة الانحدار الخطي المتعدد Multiple Linear Regression، واستخدام إجرائية Stepwise Regression في برنامج التحليل الإحصائي SPSS version 16.0 لتحديد أفضل العوامل (بيانات الدلائل الطيفية LST، NDSI، NDVI، وبيانات الدلائل الطبوغرافية Aspect، Slope، DEM) التي يمكن أن تعطي ارتباطاً معنوياً عالياً مع البيانات الحقلية المستخدمة (نسب الرمل الحقلية)، وذلك لاشتقاق معادلات الانحدار الخطي المتعدد المعنوية الخاضعة لكل الاختبارات الاحصائية، والتي يتم توظيفها فيما بعد في بناء نماذج رياضية تُمكننا من التنبؤ و تقدير نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة والتي لم تأخذ منها عينات حقلية للتحليل المخبري أثناء تنفيذ العمل الحقلية وجمع العينات الترابية في بداية الدراسة، وللتنبؤ المستقبلي بقيم نسب الرمل للفترات الزمنية اللاحقة. تم استخدام بيانات 85 % من نقاط التحقق الحقلية والبالغ عددها 542 نقطة تحقق حقلية في بناء النماذج الاحصائية Training Points، واستخدام بيانات 15 % من نقاط التحقق الحقلية Test Points لا جراء عملية التحقق من فعالية النماذج ودراسة معاملات الارتباط بين قيم نسب الرمل المحسوب من خلال النماذج الاحصائية والقيم المقاسة حقلياً، ومن ثم استخدام هذه

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة راندة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير

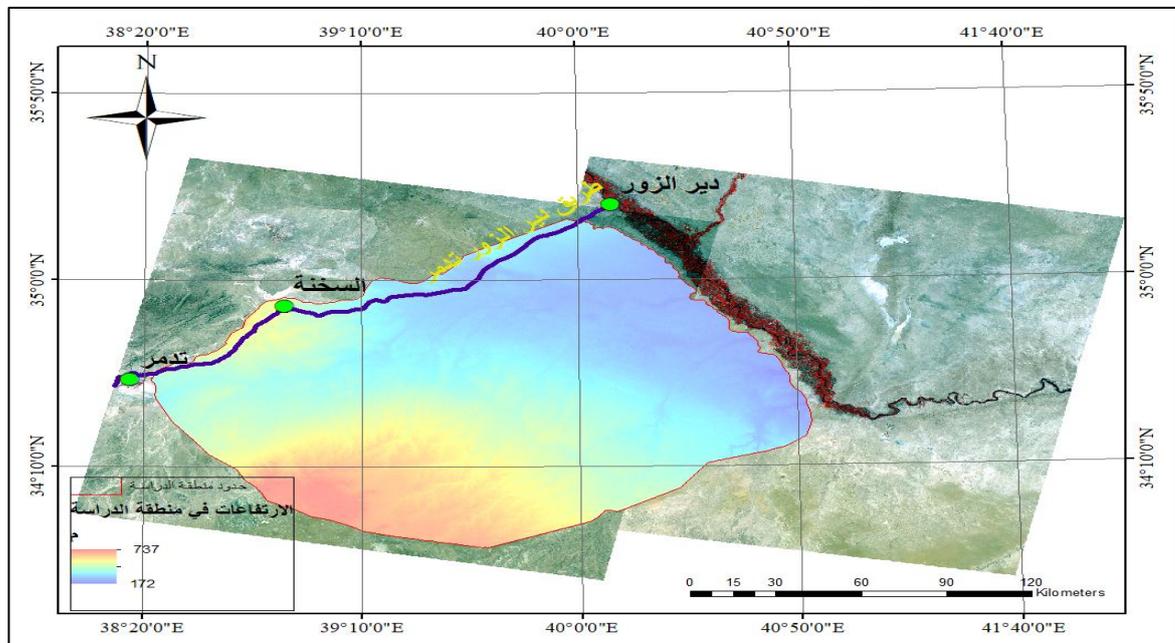
المعادلة الخطية المشتقة في إجراء عملية التصنيف لقيم نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة للمراحل الزمنية اللاحقة للعام 2004، للحصول على خرائط قيم نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة، باستخدام Model Maker في برنامج معالجة الصور الفضائية ERDAS IMAGINE.

3-3-6-3- تطبيق نموذج الانحدار الخطي المتعدد الناتج، حيث تم العمل خلال هذه الدراسة على تطبيق نموذج الانحدار الخطي المتعدد للتنبؤ بقيم نسب الرمال المنتشرة في ترب منقطة الدراسة باستخدام النمذجة الرياضية وبيانات الصور الفضائية LANDSAT 8، 5 للأعوام 2007 و 2009 و 2014 و 2018 و 2022 و التي تم التقاطها في شهر آب وغطت كامل منطقة الدراسة.

3-3-6-4- المقارنة بين قيم نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة للأعوام المختلفة، حيث تم العمل على إجراء مقارنة بين قيم نسب الرمل المنتشرة في ترب منطقة الدراسة للأعوام (2007 و 2009 و 2014 و 2018 و 2022) وذلك لمعرفة التغيرات الحاصلة في نسب تراكم الرمال مع الزمن في ترب منطقة الدراسة، ومعرفة الاتجاهات العامة لهذا التراكم والعوامل الأساسية المؤثرة عليه، وإنتاج خراط تبيين ذلك بوضوح.

4- النتائج والمناقشة:

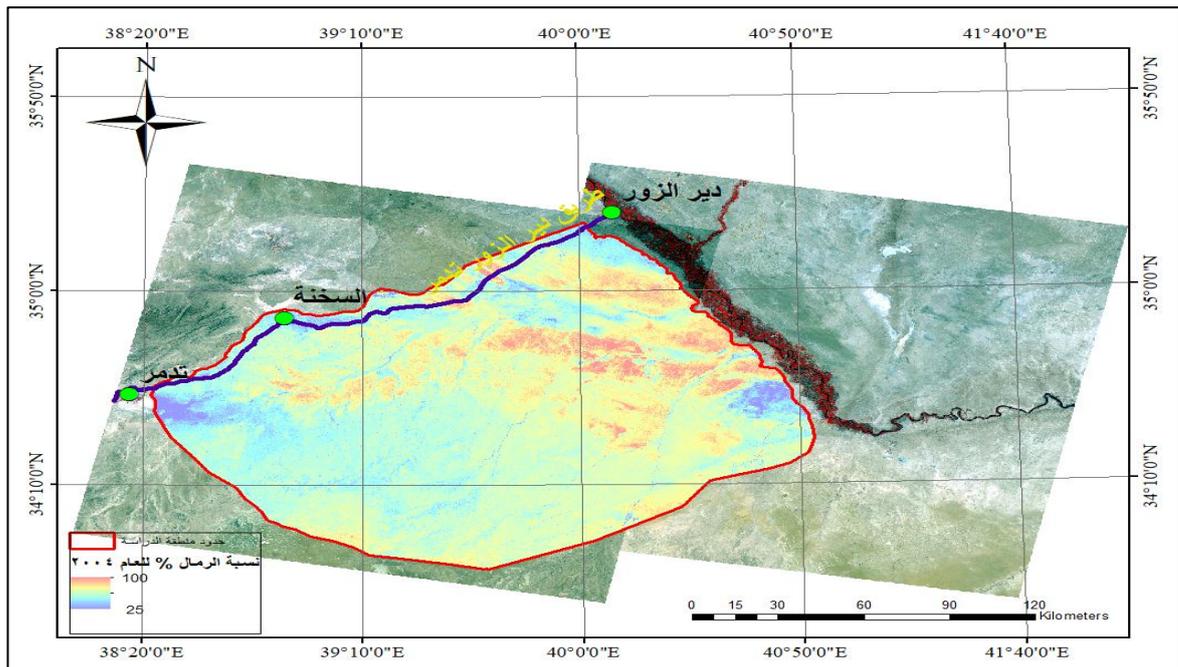
4-1- يتراوح الارتفاع في منطقة الدراسة بين (172 و 737م)، حيث يلاحظ أن المناطق المرتفعة والتي وصلت إلى حوالي 700م تركزت في الجزء الجنوبي الشرقي، وفي المنطقة الممتدة من مدينة السخنة إلى ما قبل مدينة تدمر، بينما كانت الأجزاء الوسطى من منطقة الدراسة متوسطة الارتفاع حيث وصلت إلى ما يقارب 350 م وسطياً وصولاً إلى الحدود العراقية السورية، وتركزت الأجزاء المنخفضة في الأجزاء الشمالية المحاذية لوادي الفرات، وفي الأجزاء الشمالية الغربية، حيث وصلت إلى ما يقارب 250 م وسطياً، والشكل (2) يبين التوزيع المكاني للارتفاعات في منطقة الدراسة.



الشكل (2) يبين التوزيع المكاني للارتفاعات في منطقة الدراسة

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة راندة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير

4-2- الشكل (3) يبين التوزيع المكاني للرمال وتوضعات الكثبان الرملية في منطقة الدراسة الناتج من تطبيق معادلة الانحدار الخطي المتعدد (1) بحسب (إدريس وزملائه، 2018)، والخاصة بحساب قيم نسب الرمل في ترب البادية السورية باستخدام القنوات الطيفية، حيث يلاحظ انتشار كميات عالية من الرمال ووجود توضعات للكثبان الرملية يمكن تمييزها بصرياً بعد تطبيق المعادلة السابقة على الصور الفضائية في الأجزاء الوسطى والشمالية والشمالية الغربية من منطقة الدراسة، بينما تنخفض كميات الرمال في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة كما هو ملاحظ في الشكل (3). سيتم اعتبار الشكل (3) الذي يعبر عن التوزيع المكاني لنسب الرمال وتوضعات الكثبان الرملية في ترب منطقة الدراسة كخارطة أساس، حيث سيجري مقارنة كميات الرمال و توضعات الكثبان الرملية المنتشرة في ترب منطقة الدراسة للعام 2004 مع خرائط كميات الرمال وتوضعات الكثبان الرملية التي سوف تستنتج في منطقة الدراسة للأعوام 2007 و 2009 و 2014 و 2018 و 2022 على التوالي.



الشكل (3) يبين التوزيع المكاني لكميات الرمل وتوضعات الكثبان الرملية للعام 2004

4-3- نتائج النمذجة الرياضية باستخدام خوارزمية Linear Regression للحصول على معادلة تنبؤية لقيم نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة من خلال بيانات الدلائل الطيفية والدلائل الطبوغرافية:
لتقدير قيم نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة للأعوام اللاحقة لعام الأساس 2004 فقد تم بناء نموذج رياضي إحصائي باستخدام مجموعة من المتغيرات التفسيرية المستقلة (NDVI, NDSI, LST, Aspect, Slope, DEM). وفيما يلي الجداول الإحصائية الخاصة ببناء النموذج:

الجدول 1. البيانات الإحصائية الخاصة بمعادلة الانحدار الخطي المتعدد لنسب الرمل

Change Statistics					Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R	Model
Sig. Change	F	df2	df1	F Change					
.001		467	1	10.314	2.696	.87	.87	.933	1

الجدول 2. تحليل التباين ANOVA لنموذج الانحدار الخطي المتعدد لنسب الرمل

Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	Model
.000	1045.417	7600.502	3	22801.506	Regression
		7.27	467	3395.232	Residual
			470	26196.738	Total

الجدول 3. قيم معاملات خط الانحدار الخطي المتعدد لنسب الرمل

Correlations			Sig.	t	Standardized Coefficients Beta	Unstandardized Coefficients		Model
Part	Partial	Zero-order				Std. Error	B	
			.000	27.571		1.459	40.236	(Constant)
.654	.876	.918	.000	39.275	1.159	8.585	337.159	NDSI
-.162	-.411	.641	.000	-9.751	-.274	25.136	-245.096	NDVI
.054	.147	-.314	.001	3.212	.058	.001	.004	DEM

وبناءً على بيانات الجداول (1، 2، 3) يُمكن صياغة معادلة الانحدار الخطي المتعدد الخاصة بتقدير نسب الرمل في تربة منطقة

الدراسة بالاعتماد على قيم المتغيرات المستقلة التفسيرية (NDSI, NDVI, DEM) كما يلي:

$$\text{SAND \%} = 40.236 + 337.159 * \text{NDSI} - 245.096 * \text{NDVI} + 0.004 * \text{DEM} \dots \dots \dots (6)$$

4-4- يلاحظ من الجدول (1) أن قيمة معامل التحديد $R^2 = 0.87$ Square Adjusted وهي دالة إحصائية أكثر مصداقية في تفسير الارتباط بين المتغيرات لأنها تأخذ بعين الاعتبار كل

المتغيرات التفسيرية المستقلة الداخلة في معادلة الانحدار الخطي المتعدد (النموذج) وهذا يعني أن 87 % من التغيرات التي تحدث

في قيم نسب الرمل في التربة يمكن تفسيرها عن طريق التغيرات التي تحدث في قيم كل من (NDSI, NDVI, DEM)، كما أن

قيمة معامل الارتباط R Correlation coefficient التي تقيس مدى قوة العلاقة (الارتباط) بين المتغير التابع (نسب الرمل) و

المتغيرات التفسيرية (NDSI, NDVI, DEM) بلغت $R = 0.933$ عند مدى معنوية للعلاقة Sig. F Change مساوي 0.001 وهي

قيمة معنوية عند مستوى الدلالة 0.05 و 0.01. الجدول (2) يوضح تحليل التباين ANOVA للنموذج الرياضي المعتمد وقد

استخدمت قيم الجدول (2) للتأكد من معنوية نموذج الانحدار الخطي المتعدد المفترض باستخدام اختبار F ، حيث نلاحظ أن قيمة

F المحسوبة $F = 1045.417$ عند مستوى معنوية 0.000 وهي أقل من مستوى المعنوية 0.05 و 0.01 وهذا يعني أن نموذج

الانحدار الخطي المتعدد معنوي عند مستوى الدلالة 0.05 و 0.01، وبالتالي فإن معادلة خط الانحدار المتعدد المقترحة تناسب

البيانات المستخدمة في الدراسة ويمكن اعتمادها. الجدول (3) يوضح قيم معاملات نموذج الانحدار الخطي المتعدد بطريقة

Stepwise، حيث يلاحظ أن قيمة ثابت نموذج الانحدار الخطي المتعدد يساوي (40.236) وهي قيمة معنوية عند مستوى الدلالة

0.05 و 0.01 وذلك لأن قيمة مستوى المعنوية المشاهد في الجدول (3) 0.000 وهي أقل من 0.05 و 0.01، أما قيمة معامل

المتغير التفسيري NDSI والذي يساوي (337.159) فذو قيمة معنوية عند مستوى الدلالة 0.05 و 0.01 وذلك لأن قيمة مستوى

المعنوية المشاهد في الجدول 0.000 وهي أقل من 0.05 و 0.01، أي أن قيم الدليل الطيفي NDSI ارتبطت ارتباطاً معنوياً موجباً

مع قيم نسب الرمل في تربة منطقة الدراسة وهذا يشير إلى ارتفاع قيم المؤشر الطيفي NDSI بارتفاع كميات الرمال في تربة

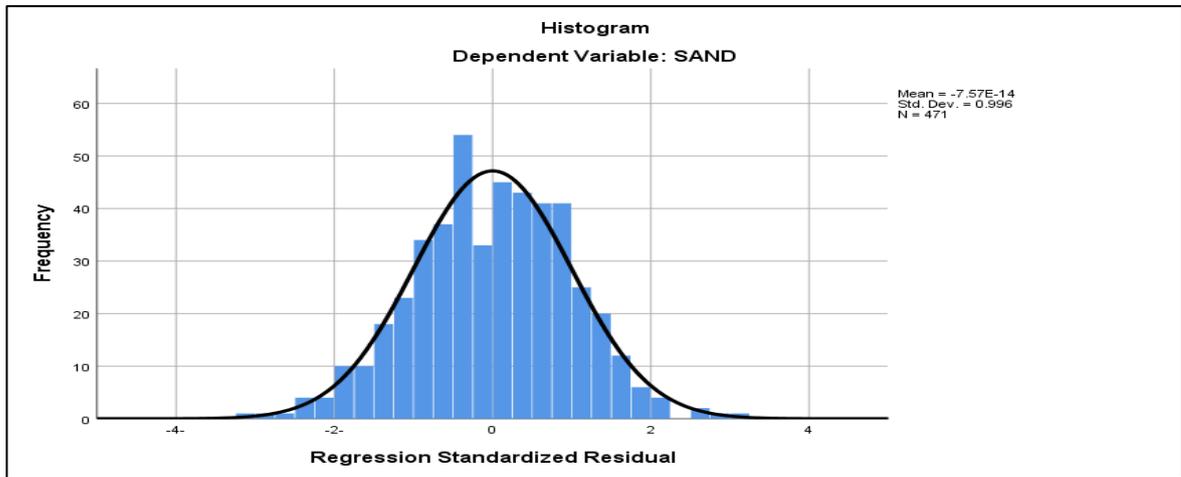
منطقة الدراسة، وأيضاً يتبين من الجدول (3) أن قيمة معامل المتغير التفسيري NDVI والذي يساوي (-245.096) هي قيمة

معنوية عند مستوى الدلالة 0.05 و 0.01 وذلك لأن قيمة مستوى المعنوية المشاهد في الجدول 0.000 وهي أقل من 0.05 و

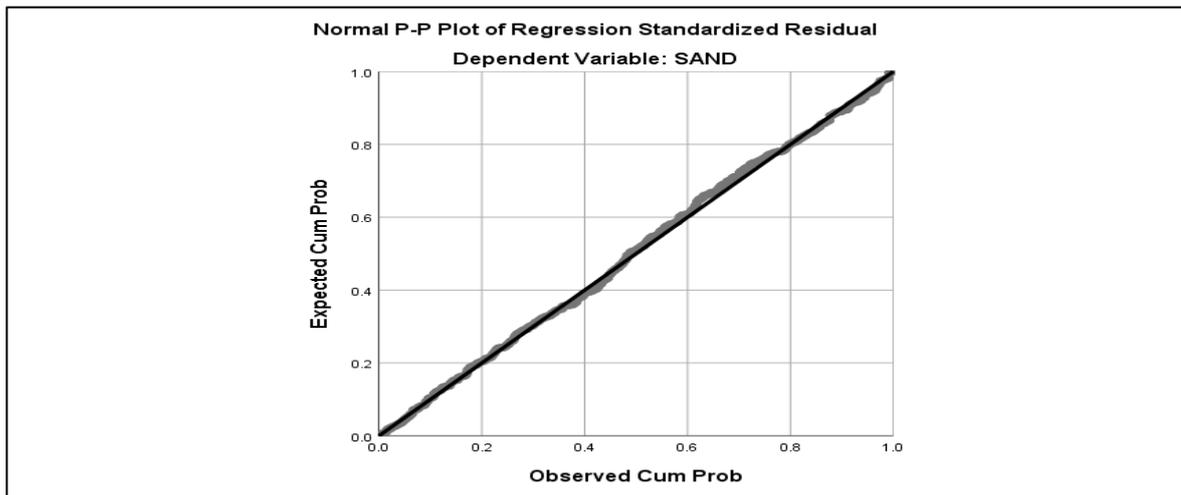
0.01، أي أن قيم الكتلة الحية النباتية التي يعبر عنها الدليل الطيفي NDVI ارتبطت ارتباطاً معنوياً سالباً مع قيم نسب الرمل في

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة راندة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير

ترب منطقة الدراسة، وبالتالي مع زيادة كمية الرمال في ترب منطقة الدراسة تنخفض قيمة المؤشر الحيوي NDVI لعدم قدرة النباتات من العيش في ظروف الترب الرملية الفقيرة وغير القادرة على الاحتفاظ بالمياه اللازمة للحياة، و أيضاً يشير الجدول (3) إلى أن قيمة معامل المتغير التفسيري DEM والتي تساوي (0.004) هي قيمة معنوية عند مستوى الدلالة 0.05 و 0.01 وذلك لأن قيمة مستوى المعنوية المشاهد في الجدول هي 0.001 وهي أقل من 0.05 و 0.01، أي أن قيم الدليل الطبوغرافي DEM ارتبطت ارتباطاً معنوياً موجباً مع قيم نسب الرمل في ترب منطقة الدراسة، وبالتالي ومع الارتفاع عن مستوى سطح البحر تزداد كمية الرمال في ترب منطقة الدراسة. كما أن نموذج الانحدار المقدر السابق تجاوز اختبار التوزيع الطبيعي للبواقي Normality test of residuals حيث أن الرسم البياني المشابه لشكل الجرس في الشكلين (4 و 5) يشيران إلى التوزيع الطبيعي للبواقي، وهذه البواقي تنتج من الفرق بين القيم المقاسة الحقيقية لنسب الرمل في ترب منطقة الدراسة وقيم نسب الرمل المتنبأ بها من خلال نموذج الانحدار المتعدد المقدر السابق.

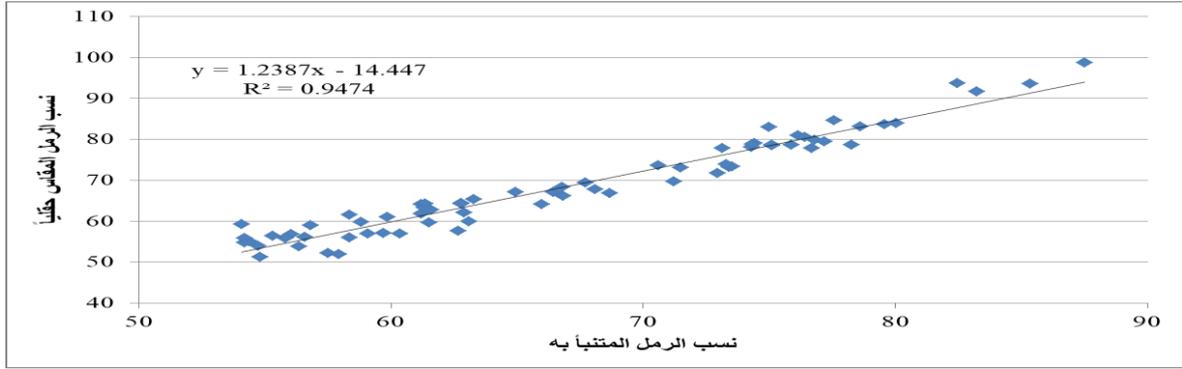


الشكل (4) يوضح الرسم البياني للبواقي



الشكل (5) يوضح المخطط البياني للبواقي

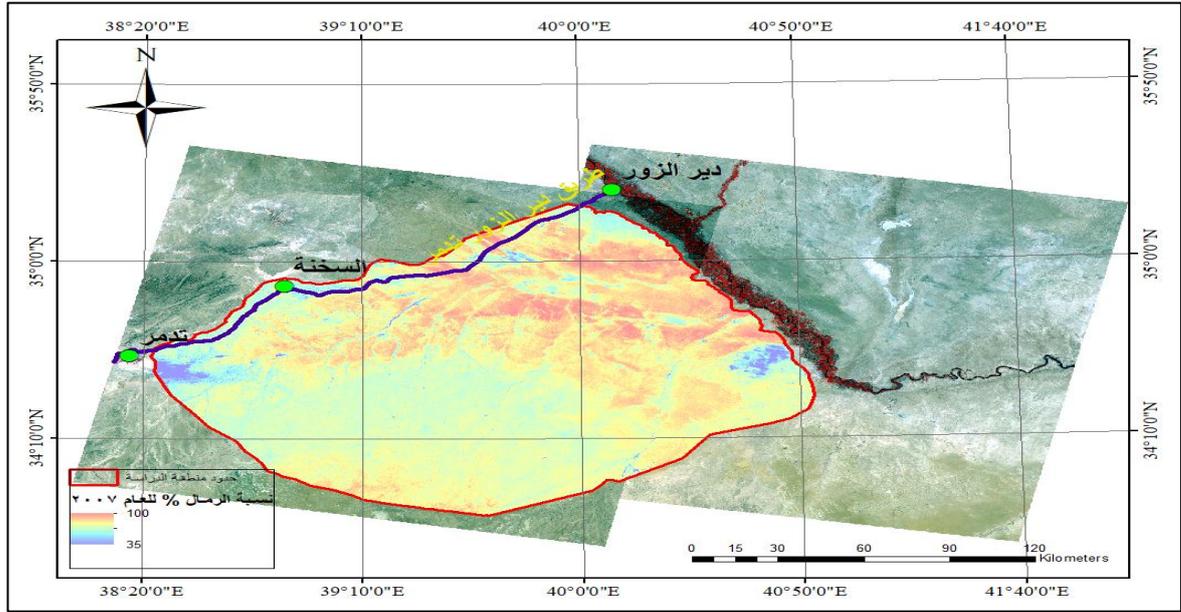
4-5- بلغت قيمة معامل الارتباط بين قيم نسب الرمل المقاس حقيلاً وقيم نسب الرمل المتنبأ به من خلال المعادلة الرياضية الإحصائية السابقة $R = 973$ كما يبين المخطط البياني (6) التالي قيمة معامل التحديد.



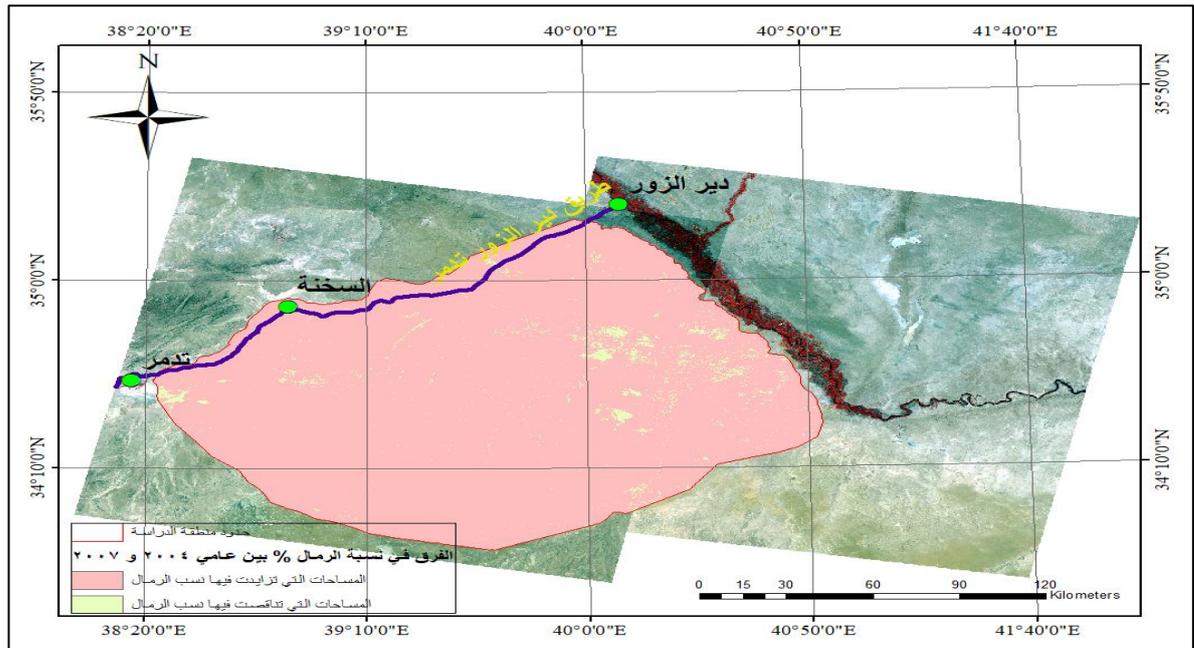
الشكل (6) يبين الارتباط بين القيم المقاسة والقيم المتنبأ بها لنسب الرمل في تربة منطقة الدراسة

4-6- يلاحظ من تطبيق المعادلة (6) على الصور الفضائية LANDSAT 5 والملقطة خلال شهر آب لعام 2007، أن نسب الرمل في التربة السطحية لمنطقة الدراسة للعام 2007 تزايدت بشكل واسع، حيث يلاحظ من الشكل (7) توسع في رقعة التربة المغطاة بالرمل وبخاصة في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية من منطقة الدراسة، وعلى امتداد طريق دير الزور تدمر من الناحية الشرقية، وبمحاذاة الطريق من مدينة دير الزور وحتى مدينة السخنة من الناحية الغربية، إلا أن نسبة التزايد بكمية الرمال خلال الثلاث سنوات بين عامي 2004 و 2007 كانت بكميات أقل في الجزء الأوسط والجزء الجنوبي الغربي نظراً لوقوع هذه المنطقة على سفح منحدر جبلي الأمر الذي يقلل من أمكانية بقاء واستقرار طبقات الرمال وتكدسها في هذا الجزء من منطقة الدراسة مقارنة بالمنطقة العالية والتي يصل ارتفاعها إلى حوالي 700م والتي تصلها الرمال الزاحفة مع حركة الرياح وتستقر عليها لفترات أطول نتيجة لاستواء سطحها، كما أن زحف الرمال يتجه باتجاه المناطق الأقل ارتفاعاً والتي تتجلى في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية من منطقة الدراسة وهي مناطق منخفضة يصل ارتفاعها إلى 250م عن سطح البحر كما هو ملاحظ في الشكل (6). وجد من خلال المقارنة في نسب الرمال وتوزعها المكاني في تربة منطقة الدراسة بين عامي 2004 و 2007 أن النسبة المئوية لتزايد الرمال في تربة منطقة الدراسة بين العامين 2004 و 2007 تراوحت بين (0.034 % و 32.4 %)، بينما تراوحت النسبة المئوية التي تناقصت فيها نسب الرمل بين (0.13 % و 11 %)، وهذا يشير إلى حدوث حركة وانتقال كبير للرمل ضمن تربة منطقة الدراسة إلى مساحات ومواقع أخرى وبوتيرة انتقال وإزاحة عالية للرمل. يلاحظ من الشكل (7) أن الزيادة في نسب الرمال شملت كامل منطقة الدراسة ولكن بنسب مختلفة ويمكن أن يعزى ذلك إلى حالة الجفاف الشديدة التي ضربت البادية السورية خلال تلك الفترة مما أدى لعدم وجود غطاء نباتي جيد يساعد في الحد من حركة الرمال وفي تثبيت الطبقة السطحية للتربة. الشكلين (6 و 7) يبينان التوزيع المكاني للرمال وتوضعات الكثبان الرملية للعام 2007 و التوزيع المكاني للمساحات التي تزايدت أو تناقصت فيها نسب الرمال خلال الفترة الممتدة بين عامي 2004 وحتى 2007 في تربة منطقة الدراسة على التوالي.

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة رائدة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير



الشكل (6) يبين التوزيع المكاني لكميات الرمل وتوضعات الكثبان الرملية للعام 2007

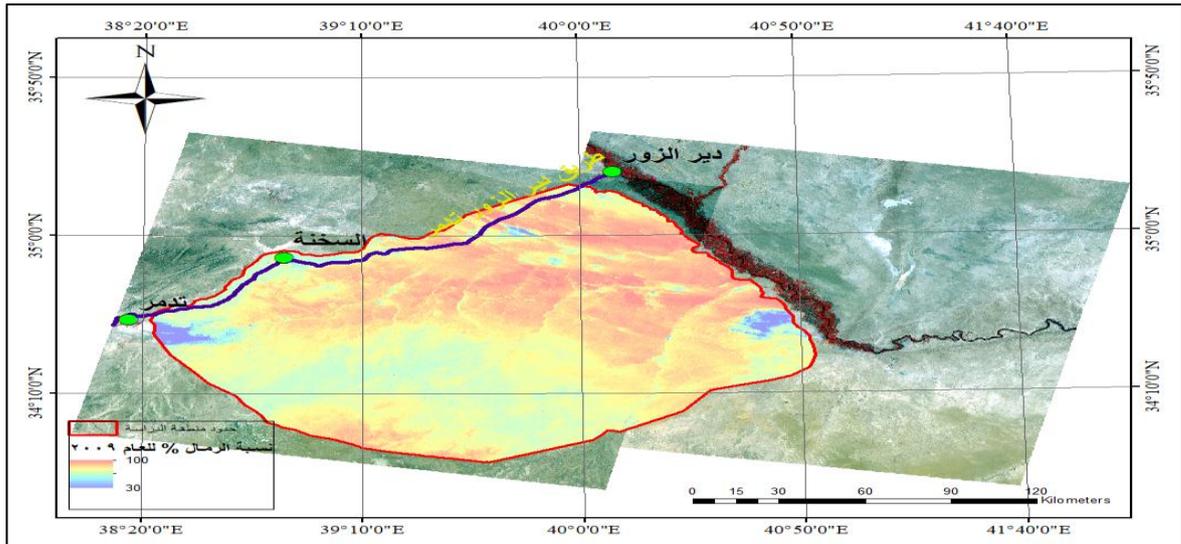


الشكل (7) يبين تصنيف منطقة الدراسة بحسب تزايد أو تناقص نسب الرمل بين العامين 2004 و 2007

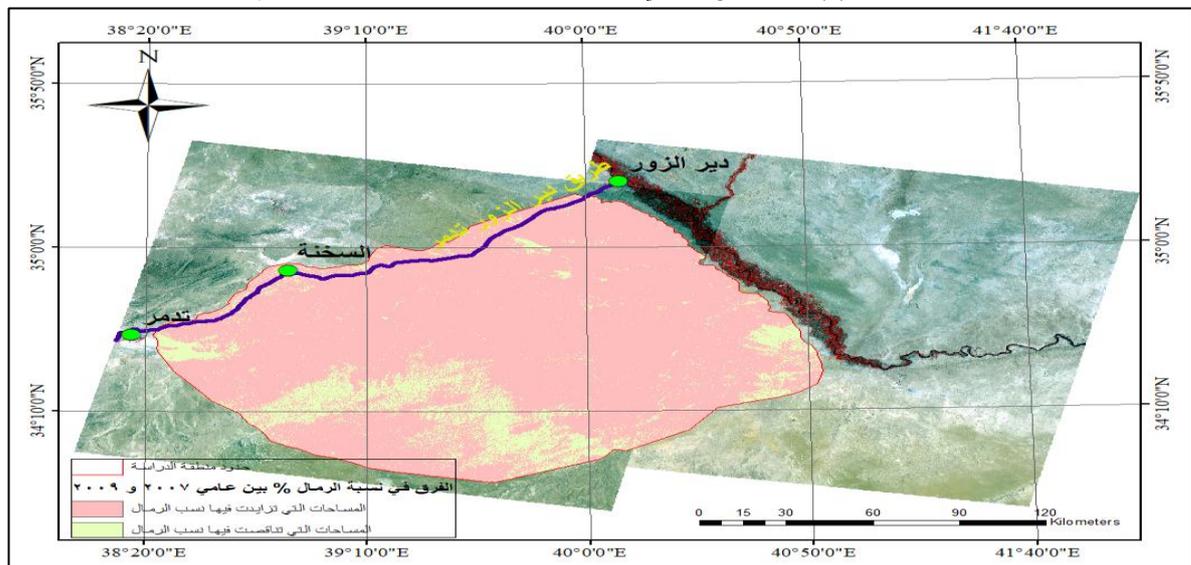
4-7- يلاحظ من تطبيق المعادلة (6) على الصور الفضائية LANDSAT 5 الملتقطة خلال شهر آب لعام 2009، والتي غطت كامل منطقة الدراسة أن نسب الرمل في الترب السطحية لمنطقة الدراسة للعام 2009 تزايدت بشكل كبير في بعض المناطق والأجزاء الشمالية والشمالية الغربية والتي أدت من خلال تراكمها خلال الفترات الماضية إلى تشكيل توضعات للكثبان الرملية على ترب منطقة الدراسة. وجد من خلال المقارنة في نسب الرمال وتوزيعها المكاني في ترب منطقة الدراسة بين عامي 2007 و 2009 أن النسبة المئوية لتزايد نسب الرمال في أجزاء معينة من ترب منطقة الدراسة بين العامين 2007 و 2009 تراوحت بين (0.09 % و 25.9 %)، بينما تراوحت النسبة المئوية التي تناقصت فيها نسب الرمال في أجزاء أخرى من ترب منطقة الدراسة بين (0.04

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة راندة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير

% و 8.72)، ويشير الشكل (9) إلى أن أكثر من ثلثي ترب منطقة الدراسة قد حدثت فيها زيادة في نسبة الرمال وبنسب زيادة مئوية مختلفة من منطقة إلى أخرى، حيث تركزت الزيادة في نسبة الرمال ضمن بقع معينة في الأجزاء الوسطى والشمالية والغربية من منطقة الدراسة، بينما تركزت نسب الانخفاض في نسب الرمال بين العامين 2007 و 2009 في الأجزاء الجنوبية الشرقية على سفوح الاماكن المرتفعة (500م وما فوق). يبين الشكلين (8 و 9) التوزيع المكاني للرمال وتوضعات الكثبان الرملية للعام 2009، والتوزيع المكاني للمساحات التي تزايدت أو تناقصت فيها نسب الرمال خلال الفترة الممتدة بين عامي 2007 وحتى 2009 في ترب منطقة الدراسة.



الشكل (8) يبين التوزيع المكاني لكميات الرمل وتوضعات الكثبان الرملية للعام 2009

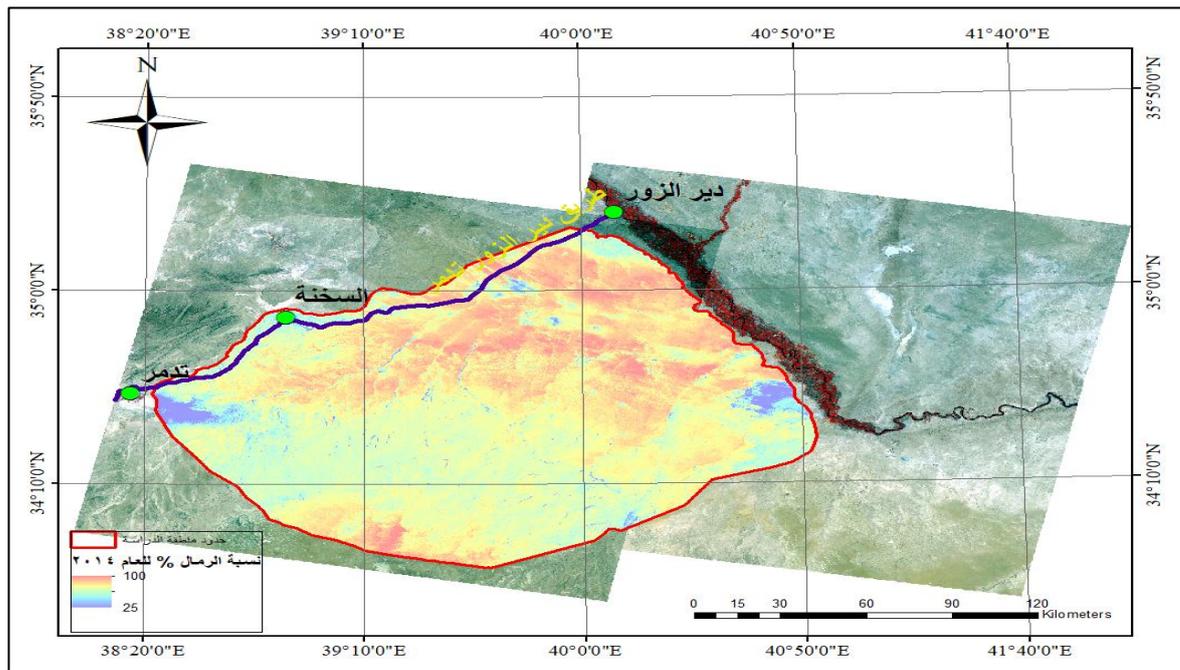


الشكل (9) يبين تصنيف منطقة الدراسة بحسب تزايد أو تناقص نسب الرمل بين العامين 2007 و 2009

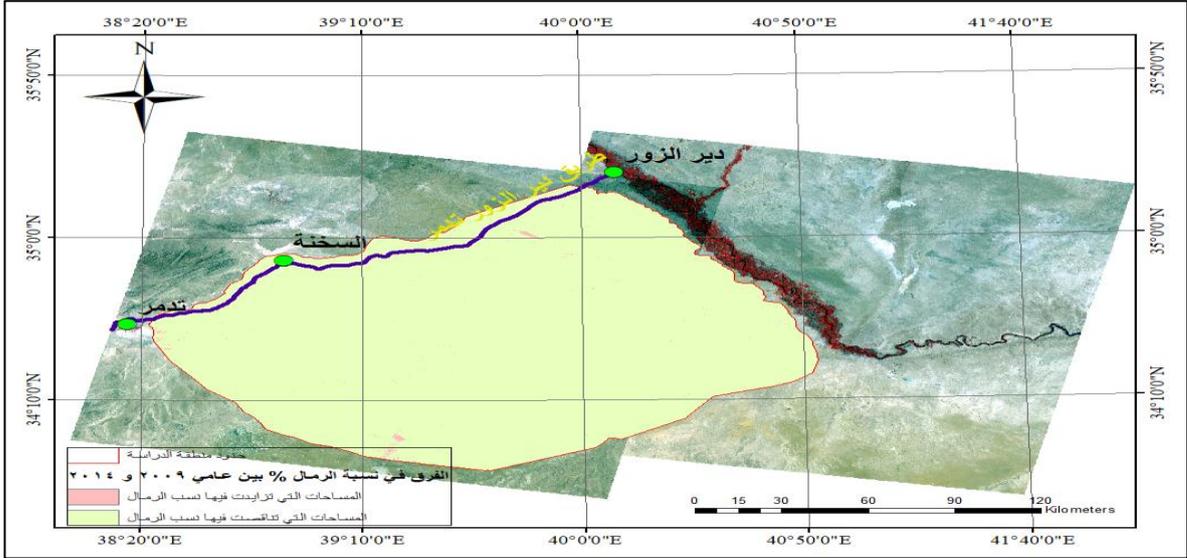
4-8- يلاحظ من تطبيق المعادلة (6) على الصور الفضائية 8 LANDSAT الملتقطة خلال شهر آب لعام 2014، أن طبقات الرمال في الترب السطحية لمنطقة الدراسة للعام 2009 حافظت على توضعها كما هي في كامل أجزاء منطقة الدراسة كما يبينه

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة راندة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير

الشكل (10)، إلا أنه وجد من خلال المقارنة في نسب الرمال وتوزعها المكاني في ترب منطقة الدراسة بين عامي 2009 و 2014 أن النسبة المئوية لتزايد نسب الرمال في أجزاء معينة من ترب منطقة الدراسة بين العامين 2009 و 2014 تراوحت بين (0 % و 0.01 %)، بينما تراوحت النسبة المئوية التي تناقصت فيها نسب الرمال في أجزاء أخرى من ترب منطقة الدراسة بين (1.3 % و 40.2 %)، ويشير الشكل (11) إلى أن كامل ترب منطقة الدراسة تقريباً لم يحدث فيها أي زيادة في نسب الرمال والتي تعكس قيمها الدلائل الطيفية والدلائل الطبوغرافية المشتقة سابقاً لغرض تقدير نسب الرمال في ترب منطقة الدراسة، بل على العكس حدث تناقص وإزاحة للرمال من كامل أجزاء منطقة الدراسة وينسب مؤوية مختلفة وربما يعود ذلك لعوامل عديدة ومنها (الهطولات المطرية المنخفضة نسبياً التي حدثت في البادية في الفترتين مابين 2007 و 2009 والفترة مابين 2009 و 2014 مقارنة ببقية فترات الدراسة والتي وصلت وسطياً إلى مايقارب 79 مم و 109 مم على التوالي، الأمر الذي خفض مقدار التغطية النباتية مما أدى إلى خلخلة الطبقة السطحية للتربة وهشاشتها والذي ساعد فيما بعد في إزاحة الرمال وانتقالها مع حركة الرياح من مكان إلى آخر ضمن منطقة الدراسة وخارجها. يبين الشكلين (10 و 11) التوزع المكاني للرمال وتوضعات الكثبان الرملية للعام 2014، والتوزع المكاني للمساحات التي تزايدت أو تناقصت فيها نسب الرمال خلال الفترة الممتدة بين عامي 2009 وحتى 2014 في ترب منطقة الدراسة على التوالي.



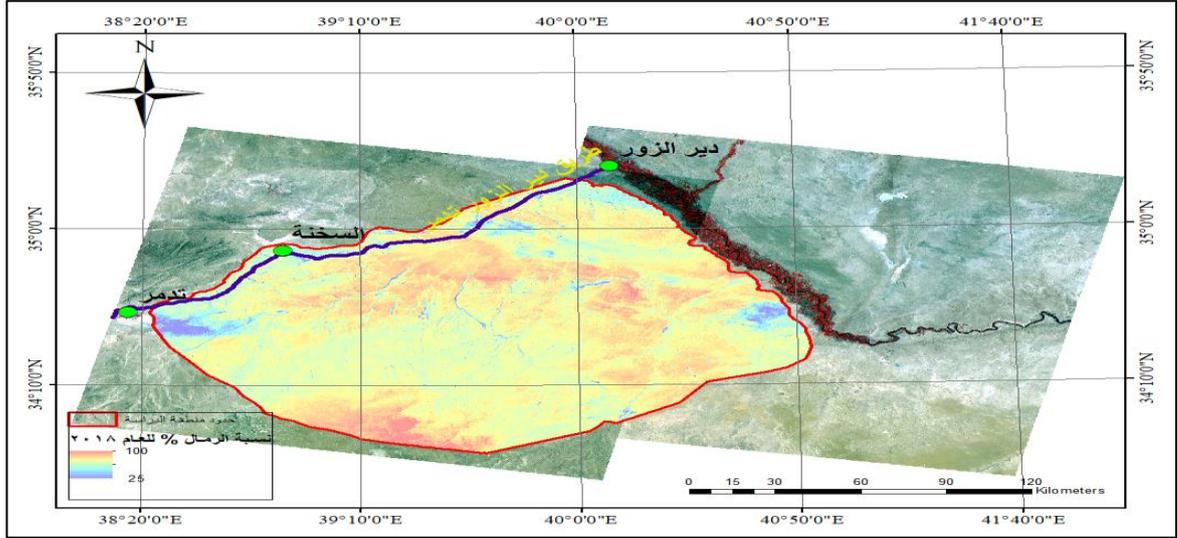
الشكل (10) يبين التوزع المكاني لكميات الرمل وتوضعات الكثبان الرملية للعام 2014



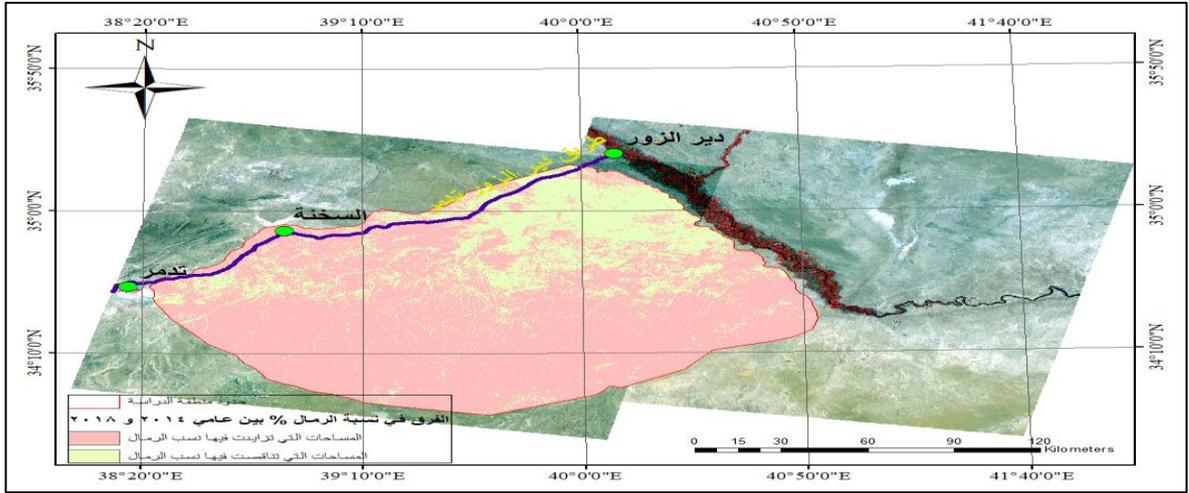
الشكل (11) يبين تصنيف منطقة الدراسة بحسب تزايد أو تناقص نسب الرمل بين العامين 2009 و2014

4-9- يلاحظ من تطبيق المعادلة (6) على الصور الفضائية LANDSAT 8 الملتقطة خلال شهر آب لعام 2018، والتي غطت كامل منطقة الدراسة خلال الفترة المذكورة أن نسب الرمل في الترب السطحية لمنطقة الدراسة للعام 2018 تزايدت في الأجزاء الوسطى والجنوبية الشرقية المرتفعة من منطقة الدراسة مقارنة ببقية المناطق كما يبينه الشكل (12). وجد من خلال المقارنة في نسب الرمال وتوزعها المكاني في ترب منطقة الدراسة بين عامي 2014 و 2018 أن النسبة المئوية لتزايد نسب الرمال في أجزاء معينة من ترب منطقة الدراسة بين العامين 2014 و2018 تراوحت بين (0.15 % و 24.4 %)، بينما تراوحت النسبة المئوية التي تناقصت فيها نسب الرمل في أجزاء أخرى من ترب منطقة الدراسة بين (0.04 % و 22.5 %)، ويشير الشكل (13) إلى أن التناقص في كمية الرمال حدثت في الجزء الشمالي الغربي القريب من مدينة دير الزور، حيث شهدت هذه المنطقة خلال الأعوام ما بين 2014 و 2018 نشاط بشري كثيف أدى لحدوث تدهور كبير في الطبقة السطحية للتربة الهشة اساساً، وتخلخل حبيباتها مما ساعد على إزاحة وانتقال الرمال مع حركة الرياح النشطة إلى أجزاء أخرى من منطقة الدراسة وبخاصة الأجزاء الشمالية الشرقية والوسطى والجنوبية والتي شهدت هطل مطري وصل إلى 120 مم، وانخفاض ملحوظ في النشاط البشري ضمن هذه المناطق من حركة ورعي جائر وتعديات زراعية مختلفة على ترب البادية الامر الذي ساعد في تماسك الطبقة السطحية للتربة وتحسن خصائصها الفيزيائية ومنع إزاحة حبيبات الرمال وانتقالها منها إلى أجزاء أخرى بفعل حركة الرياح. يبين الشكلين (12) و (13) التوزيع المكاني للرمال وتوضعات الكثبان الرملية للعام 2018، والتوزيع المكاني للمساحات التي تزايدت أو تناقصت فيها نسب الرمال خلال الفترة الممتدة بين عامي 2014 وحتى 2018 في ترب منطقة الدراسة.

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة رائدة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير



الشكل (12) يبين التوزيع المكاني لكميات الرمل وتوضعات الكثبان الرملية للعام 2018

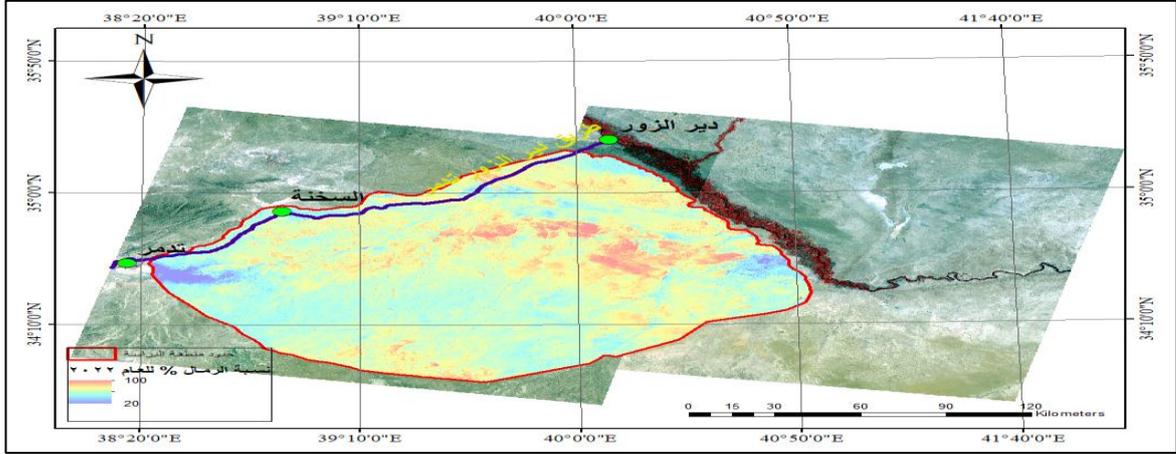


الشكل (13) يبين تصنيف منطقة الدراسة بحسب تزايد أو تناقص نسب الرمل بين العامين 2014 و 2018

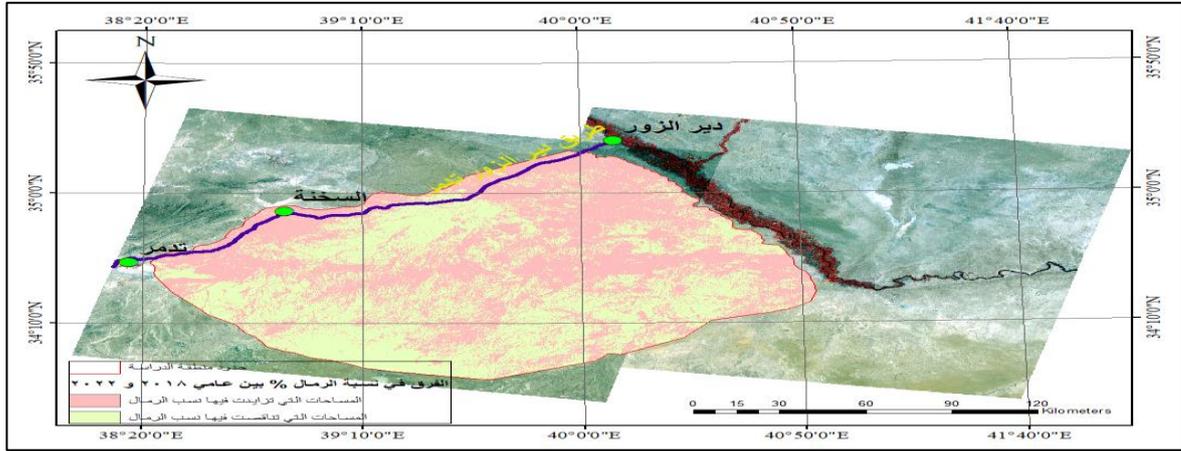
4-10- يلاحظ من تطبيق المعادلة (6) على الصور الفضائية 8 LANDSAT الملتقطة خلال شهر آب لعام 2022، والتي غطت كامل منطقة الدراسة خلال الفترة المذكورة أن نسب الرمل في الترب السطحية لمنطقة الدراسة للعام 2022 حدث لها تراكم واضح في الأجزاء الوسطى تقريباً من منطقة الدراسة مقارنة ببقية المناطق كما يبينه الشكل (14). وجد من خلال المقارنة في نسب الرمال وتوزعها المكاني في ترب منطقة الدراسة بين عامي 2018 و 2022 أن النسبة المئوية لتزايد نسب الرمال في أجزاء معينة من ترب منطقة الدراسة بين العامين 2018 و 2022 تراوحت بين (0.1 % و 29.7 %)، بينما تراوحت النسبة المئوية التي تناقصت فيها نسب الرمال (0.04 % و 7.7 %)، ويشير الشكل (15) إلى أن التناقص في كمية الرمال توزع على كامل منطقة الدراسة تقريباً وبالأخص في الأجزاء الجنوبية الشرقية والشرقية من منطقة الدراسة، وفي الأجزاء الشرقية لطريق دير الزور السخنة القريب من مدينة السخنة، في حين عادت كمية الرمال للتزايد في الأجزاء الشمالية الغربية القريبة من مدينة دير الزور وينسب مئوية مختلفة لكلا حالتي التزايد أو التناقص في نسب الرمال خلال الفترة الزمنية الممتدة بين عامي 2018 و 2022. يبين الشكلين (14 و 15) التوزيع المكاني للرمل وتوضعات الكثبان الرملية للعام

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة رائدة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير

2022، والتوزع المكاني للمساحات التي تزايدت أو تناقصت فيها نسب الرمال خلال الفترة الممتدة بين عامي 2018 وحتى 2022 في تربة منطقة الدراسة.



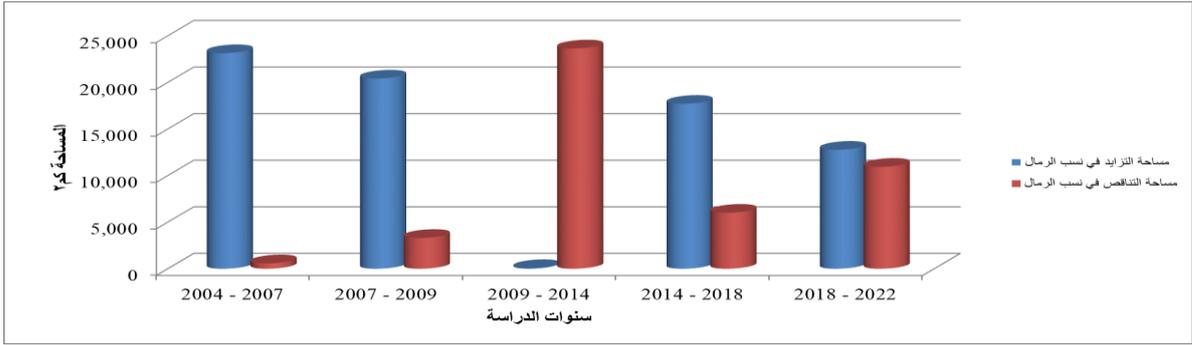
الشكل (14) يبين التوزع المكاني لكميات الرمل وتوضعات الكثبان الرملية للعام 2022



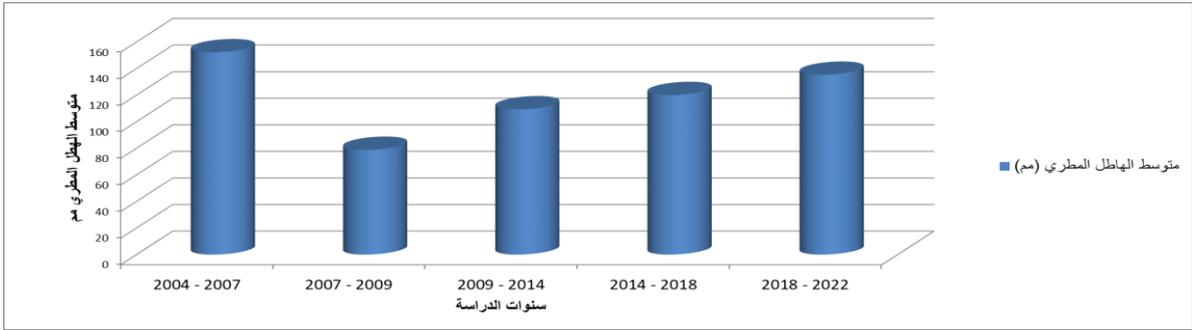
الشكل (15) يبين تصنيف منطقة الدراسة بحسب تزايد أو تناقص نسب الرمل بين العامين 2018 و 2022

4-11- حساب مساحات التزايد في نسب الرمال في تربة منطقة الدراسة للأعوام من 2004 وحتى 2022م، حيث يلاحظ من الشكل (16) أن مساحة التزايد في نسب الرمال انخفضت في الفترة الممتدة بين عامي 2004 و 2014، وهذا ربما يشير إلى انخفاض التغطية النباتية على كامل منطقة الدراسة والذي وصل إلى ذروته في الفترة بين 2009 و 2014 نتيجة لانخفاض الهطل المطري نسبياً مما ساعد على إزاحة الرمال من الطبقة السطحية للتربة وانتقالها مع الرياح وتراكمها في مناطق أخرى داخل وخارج حدود منطقة الدراسة، ثم لاثبتت مساحة التزايد في الرمال بالارتفاع في الفترتين 2014 وحتى 2018، 2018 وحتى 2022 وربما يعود ذلك إلى انتقال الرمال وإزاحتها مع الرياح من مساحات داخل أو خارج منطقة الدراسة إلى مساحات أخرى داخل المنطقة المدروسة، كما يشير الشكل (17) إلى أن متوسط الهطل المطري يبدأ بالارتفاع التدريجي من الفترة 2007 - 2009 وحتى الفترة 2018 - 2022 متجاوزاً 130مم مقارنة بمتوسط الهطل المطري المنخفض جداً خلال الفترة 2007 - 2009 والذي وصل إلى حوالي 79مم، وهذا التذبذب في الهطل المطري ينتج عنه تذبذب في التغطية النباتية التي تساعد في منع حركة الرمال وإزاحتها مع الرياح من مكان إلى آخر.

تقدير وتتبع تغير نسب الرمال لمنطقة رائدة من البادية السورية باستخدام النمذجة الرياضية والبيانات الاستشعارية.....السعد، المسير



الشكل (16) يبين مساحات تزايد وتناقص نسب الرمل بين السنوات 2004 وحتى 2022



الشكل (17) يبين متوسط الهطل المطري مم خلال فترة الدراسة

5- الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذه البحث دراسة ومراقبة تغير نسب الرمال وتوضعاتها عبر سلسلة زمنية من الصور الفضائية بين عامي 2004 و 2022 من خلال إيجاد معادلة استشعارية لتقدير كميات الرمال، وحساب مساحات التزايد والتناقص بكميات الرمال في ترب منطقة الدراسة وتحديد توزيعها المكاني بخرائط غرضية. أظهرت النتائج المتحصل عليها فعالية استخدام البيانات الاستشعارية والنمذجة الرياضية في تحقيق أهداف البحث وإنتاج الخرائط الغرضية اللازمة، حيث تبين من خلال البحث وجود تغير واضح في كميات الرمال المزاحة او الداخلة إلى مواقع مختلفة من منطقة الدراسة خلال فترة البحث والممتدة بين عامي 2004 و 2022، إضافة لتغير مساحات هذا التزايد او التناقص بين فترة زمنية و أخرى وربما يعزى ذلك لتغير كميات الهطل المطري وتوزيعها المكاني بين فترة و أخرى مما أدى لتغير كثافة التغطية النباتية والتي تساعد في تثبيت الطبقة السطحية من التربة وتحسين خصائصها الفيزيائية، إضافة لاختلاف مواقيت حدوث العواصف الرملية والغبارية خلال العام ومنشئها والذي يستوجب بالضرورة وجود اتجاهات وشدات مختلفة للرياح والتي تهب خلال العام بمواعيد مختلفة الأمر الذي يؤدي لزيادة نسب الرمال في مساحة ما من منطقة الدراسة ونقصانه في مساحة أخرى عند المقارنة بين فترتين زمنيتين وهو ما أظهره البحث. يتبين من خلال الدراسة ضرورة الاهتمام بمشاريع حصاد المياه في البادية السورية لما للمياه من دزر كبير في زيادة كثافة التغطية النباتية في الأشهر الجافة والتي تنشط فيها حركة الرياح وتزداد من خلالها العواصف الرملية والغبارية، إضافة للمشاريع الخاصة بتثبيت الكثبان الرملية في بعض المواقع التي تشكل بؤر ساخنة تتراح منه الرمال باتجاه مناطق أخرى داخل وخارج منطقة الدراسة.

التمويل : هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

6- قائمة المراجع:

1. إدريس، يونس؛ جعفر، طارق؛ ناصر، غزوان. (2018). النمذجة الرياضية الخطية متعددة العوامل لقوام التربة باستخدام الصور الفضائية لاندسات 7. مشروع بحثي في الهيئة العامة للاستشعار عن بعد.
2. Azzaoui, M.A., Adnani, M., El Belrhiti, H., Chaouki, I.E., Masmoudi, L. 2019. Detection of crescent sand dunes contours in satellite images using an active shape model with a cascade classifier. ISPAR, 4212, 17–24. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W12-17-2019>.
3. Bagnold, R.A. 2012. The physics of blown sand and desert dunes. Courier Corporation.
4. Breed, C.S, Fryberger, S.G., Andrews, S., McCauley, C., Lennartz, F., Gebel, D., Horstman, K. 1979a. Regional studies of sand seas using Landsat (ERTS) imagery. In A study of global sand seas (Vol. 1052, pp. 305–397). US Geological Survey, Professional Paper.
5. Breed, C.S, Grolier, M.J., McCauley, and J.F. 1979b. Morphology and distribution of common ‘sand ‘dunes on Mars: Comparison with the Earth. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 84(B14), 8183– 8204. <https://doi.org/10.1029/JB084iB14p08183>.
6. Earth-Science Reviews, 111(3–4), 319–334.
7. Hillel, D., Hatfield, J.L. 2005. Encyclopedia of Soils in the Environment (Vol. 3). Elsevier Amsterdam.
8. Hugenholtz, C.H., Levin, N., Barchyn, T.E., Baddock, M.C. 2012. Remote sensing and spatial analysis of aeolian sand dunes: A review and outlook.
9. Lee, J.K., Acharya, T.D., Lee, D.H. 2018. Exploring land cover classification accuracy of Landsat 8 image using spectral index layer stacking in hilly region of
10. Levin, N., Ben-Dor, E. 2004. Monitoring sand dune stabilization along the coastal dunes of Ashdod-Nizanim 1945–1999. Journal of Arid Environments, 58(3), 335–355.
11. McKee, E.D. 1979. Introduction to a study of global sand seas. In A study of global sand seas (Vol. 1052, pp. 1–19). Professional Paper. <https://doi.org/10.3133/pp1052>.
12. Pye, K., Tsoar, H. 2008. Aeolian sand and sand dunes. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-85910-9>.
14. South Korea. Sensors and Materials, 30(12), 2927–2941. <https://doi.org/10.18494/SAM.2018.1934>.
15. Walker, R.A. 2009. The country in the city: the greening of the San Francisco Bay Area. University of Washington Press.
16. Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. (1973). "Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS". In 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351 I, pp. 309–317.
17. Fadhil, A.M. 2009. Land degradation detection using geo-information technology for some sites in Iraq. Journal of Al-Nahrain University-Science, 12(3), 94 –108.
18. Chang. K., Tsai. B. (1991). "The effect of DEM resolution on slope and aspect mapping". Cartography and GIS, –№18 (1) – pp. 69–77.
19. Burrough, P., McDonnell, R. 1998. "Principles of Geographic Information Systems". Oxford University Press, New York, NY – 333 p.