

التحليل المكاني لظاهرة التصحر باستخدام تقنيات التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية – شمال غرب محافظة واسط دراسة حالة

غسان جميل عودة

قسم العلوم، الكلية التربوية المفتوحة

Spatial analysis of desertification phenomenon using remote sensing and geographic information system (GIS) technology Northwest Wasit Province /Iraq - a case study

Ghassan Jamil Awda

Open Educational College – Department of Science

Abstract

The phenomenon of desertification became a real threat to the environmental, economic and social system in our contemporary world. The need arises to find an active means and technologies to measure and study the phenomenon of desertification on deferent levels. This research has been studied an area northwest Wasit Province/Iraq using remote sensing data for two satellites (LandSat7, LandSat8) at different dates (year2000, year2013).

Normalized difference vegetation index (NDVI), moving standard deviation index (MSDI) and Albedo have been adopted from satellite images to measure the desertification levels in study area. The result showed high clear of low, high and intense desertification at average of yearly changes (24, 104.52, 138.32 km²/year) respectively, while the vegetation cover and low desertification level have been a decrease (18.87, 246.97 km²/year) respectively. This was due to the climate changes in the world and the human factor which contributed widely in land deterioration and desertification phenomenon in the study area.

المستخلص

تعد ظاهرة التصحر تهديد حقيقي للنظام البيئي والاقتصادي والاجتماعي على حد سواء في عالمنا المعاصر. لذلك دعت الحاجة الى ايجاد وسائل وتقنيات فاعلة لقياس ودراسة ظاهرة التصحر على مختلف المستويات. في هذا البحث تمت دراسة منطقة شمال غرب محافظة واسط باستخدام بيانات التحسس النائي للقمريين الصناعيين (Landsat-7, Landsat-8) وفي تاريخين مختلفين (سنة 2000 و سنة 2013). تم اعتماد الغطاء النباتي (NDVI) والانحراف المعياري المتحرك (MSDI) والالبيدو (Albedo) من الصور الفضائية لغرض حساب مستويات التصحر في منطقة الدراسة. وظهرت النتائج ارتفاعا واضحا في مستويات التصحر المنخفض والعالي والشديد بمعدل تغير سنوي

بلغ (24.00، 104.52، 138.32 كم² سنة) على التوالي، في حين تناقص الغطاء النباتي ومستوى التصحر المنخفض (18.87، 246.97 كم² سنة) على التوالي. ويعود ذلك الى التغيرات المناخية التي يعاني منها العالم اليوم وكذلك العامل البشري الذي ساهم ايضاً بشكل كبير في تدهور الاراضي وتوسع ظاهرة التصحر في منطقة الدراسة.

المقدمة

ظاهرة التصحر من المشاكل البيئية المهمة والخطيرة نتيجة تدهور الاراضي في البيئات الجافة وشبه الجافة، ويعود العامل البشري والتغير المناخي من الاسباب الرئيسة لنشوء ظاهرة التصحر وتطورها (2, 1).

ان النمو المتسارع للسكان والتطور الاقتصادي زاد من الضغط على استعمالات الارض خصوصاً في البيئات الهشة والضعيفة (3)، مما انعكس ذلك على عدم وجود اجماع بين الباحثين والمختصين في هذا المجال حول تحديد نظام او طريقة مناسبة لدراسة ومراقبة ظاهرة التصحر، ومن ذلك ظهرت طرق متعددة لدراسة ظاهرة التصحر لا يمكن المفاضلة بينها حتى على مستوى الاقليم نفسه (4).

في الوقت نفسه هناك مشكلة محتملة وهي ان المعايير وطرق الدراسة غير الكمية قد تكون فيها نسبة الاخطاء البشرية مرتفعة عندما يتم تطبيقها من باحث الى اخر، مما يقلل من دقة قياس ظاهرة التصحر، وهذا زاد من الضغط نحو التوجه لتطوير الطرق الكمية لاسيما في مجال التحسس النائي لزيادة الدقة والموضوعية لقياس ظاهرة التصحر على المستوى المحلي والاقليمي.

التغيرات المناخية في معدلات الامطار و درجات الحرارة و الاشعاع الشمسي، والرياح وغيرها وكذلك النشاطات البشرية مثل استعمالات الارض الجائرة وتناقص المساحات الخضراء وقطع الغابات كل هذه العوامل ادت الى تغيرات في سطح الارض وكذلك توسع المساحات المتصحرة (5, 6).

ان بيانات التحسس النائي والمؤشرات الانعكاسية تعد ذات اهمية كبيرة في دراسة ظاهرة التصحر مثل دليل الغطاء النباتي (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) الذي يستخدم بشكل واسع لمراقبة هذه الظاهرة (7) (Geerken and Ilaiwi, 2004)، وكذلك الانحراف المعياري المتحرك (Moving Standard Deviation Index (MSDI) (Tanser and Palmer, 1999) (8)، كما ان هناك طرق لدراسة المناخ التفصيلي (Micrometeorology) لسطح الارض باستخدام طرق التحسس النائي مثل الالبيدو (Albedo) (9).

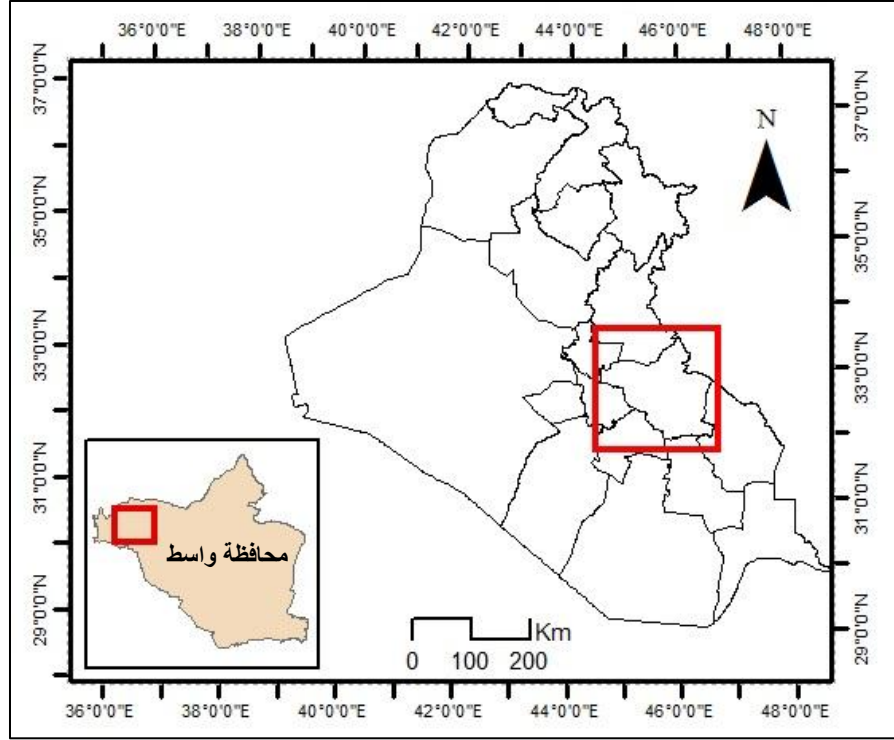
اعتماداً على هذه المؤشرات المتحصلة من الصور الفضائية ظهرت العديد من الطرق والموديلات (Models) لدراسة ظاهرة التصحر مثل التصنيف الشجري (Decision Tree Classification) والتصنيف الموجه وغير الموجه (Supervised and unsupervised Classification) (10, 11).

استخدم في هذه البحث بيانات الاقمار الصناعية لاندسات (Landsat) لما توفره هذه البيانات من صور متعددة الاطياف (Multispectral images) وفترات زمنية لاسباس بها لمراقبة التغيرات البيئية لاسيما ظاهرة التصحر (12).

الهدف من البحث

يهدف البحث الى دراسة ظاهرة التصحر كمياً باستخدام بيانات التحسس النائي وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، اذ يعاني العراق بشكل عام من توسع ظاهرة التصحر نتيجة العوامل والاسباب انفة الذكر وتم اختيار منطقة شمال غرب محافظة واسط على امتداد نهر دجلة كحالة دراسية وذلك كون المنطقة تحوي على الاراضي الزراعية على جانبي امتداد نهر دجلة وهي من الاراضي الخصبة (خريطة (1)).

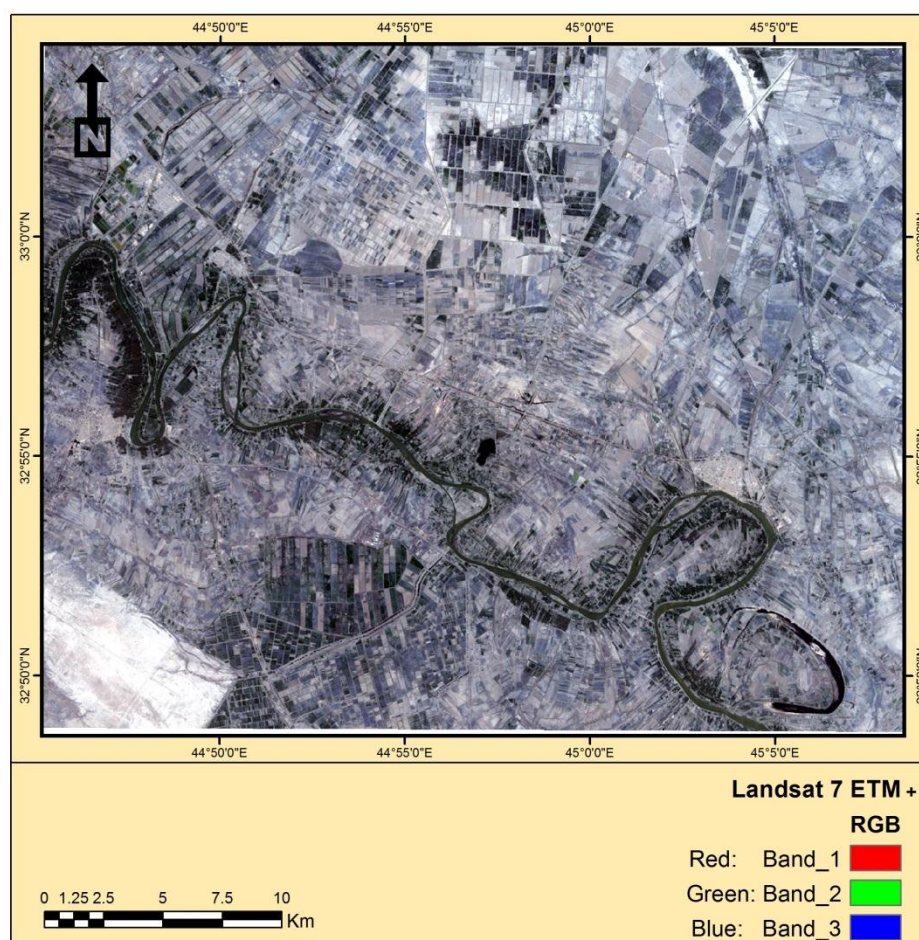
خريطة (1): موقع منطقة الدراسة



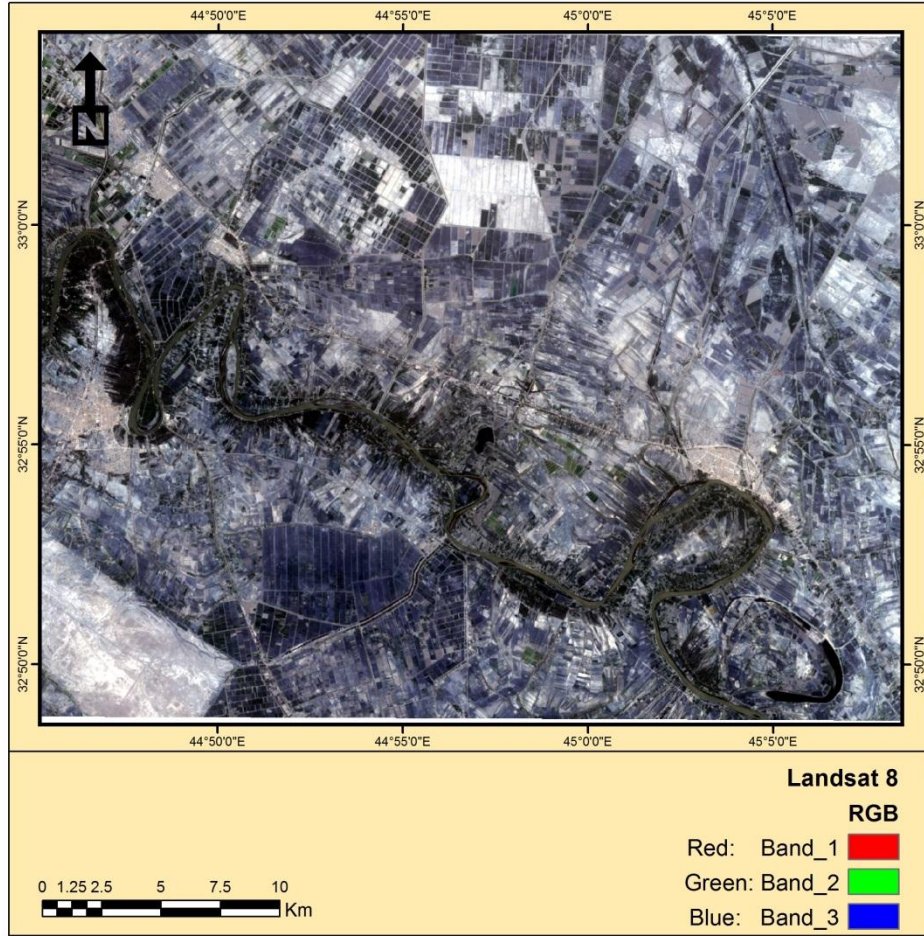
البيانات وطريقة العمل

استخدمت بيانات الاقمار الصناعية لاندسات (Landsat) ذات الوجوه المختلفة (Landsat-7 ETM+, and Landsat-8)، اذ تم اختيار هذا النوع من المتحسسات (Sensors) لكونها تغطي فترات زمنية تساعد على اجراء هكذا نوع من الدراسات لتحليل التباين الزمني لظاهرة التصحر وعلى هذا الاساس تم اختيار المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة وهي مرئيتين المرئية الاول للمتحسس لاندسات الجيل السابع (Landsat7 ETM+) بتاريخ (2000/4/25)، والمرئية الثانية للمتحسس لاندسات الجيل الثامن (Landsat-8 OLI/TIRS) بتاريخ (2013/4/21) خريطة (2،3) وهذا المتحسس هو الاحدث اذ بدء مهمته الرسمية في 11 من شباط 2013 (USGS, 2013) (13). مسار المرئيات لمنطقة الدراسة هو (Path 168/ Row 37).

خريطة (2): المرئية الفضائية للقمر الصناعي (Landsat-7)



خريطة (3): المرئية الفضائية للقمر الصناعي (Landsat-8)



تمت معالجة البيانات باستخدام برنامجي (ERDAS IMAGINE 2011 & ArcGIS 10.1). تم اجراء المعالجة الرقمية والتصحيح الهندسي للمرئيات الفضائية لإعداد المرئيات لعملية التحليل وتضمنت عمليات المعالجة عدة عمليات بدءاً بعملية تحويل ومعايرة القيم الرقمية الى قيم اشعاعية (DN to Radiance) يقصد بهذه العملية تحويل البيانات للمرئيات الفضائية من القيم الرقمية (Digital Numbers DN) الى قيم اشعاعية (Radiance) مما يساعد على تحويلها في خطوة لاحقة الى قيم انعكاسية. التحويل الى قيم اشعاعية باستخدام المعادلة الآتية (Irish, 2000): (14):

$$L_{\lambda} = ((L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + L_{MIN\lambda} \dots (1)$$

حيث ان:

L_{λ} : الاشعاع الطيفي عند فتحة المتحسس مقاس بوحدة (Watt/(m²*ster* μm))

$L_{MAX\lambda}$: اعلى اشعاع طيفي مسجل في المرئية الفضائية للمتحسس مقاس بوحدة (Watt/(m²*ster* μm)).

$L_{MIN\lambda}$: اقل اشعاع طيفي مسجل في المرئية الفضائية للمتحسس مقاس بوحدة (Watt/(m²*ster* μm)).

تستخرج قيمة $(L_{MIN\lambda}, L_{MAX\lambda})$ من جداول منشورة.

$QCAL_{MAX}$: أعلى قيمة معايرة رقمية لوحدة البكسل (Pixel) وهي (255) .

$QCAL_{MIN}$: أقل قيمة معايرة رقمية لوحدة البكسل (Pixel) تتراوح بين (0-1) .

$QCAL$: القيمة الرقمية لوحدة البكسل في المرئية الفضائية .

المعادلة رقم (1) خاصة بتحويل القيم الرقمية الى اشعاعية في المتحسسين لاندسات (16،15) فقط، كون المتحسس لاندسات (11) لايحتاج الى هذه الخطوة ويمكن تحويل القيم الرقمية الى قيم انعكاسية مباشرة كما سنلاحظه في الخطوات المتقدمة.

بعد تحويل البيانات الى قيم اشعاعية من المعادلة السابقة يتم بعدها تحويل القيم الاشعاعية الى قيم انعكاسية كما في المعادلة الاتية (4):

$$\rho_p = \pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2 / ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta_s \dots \dots (2)$$

حيث ان:

ρ_p : الانعكاس من السطح.

π : النسبة الثابتة.

L_{λ} : الاشعاع الطيفي عند فتحة المتحسس مقاس بوحدة $(\text{Watt}/(\text{m}^2 \cdot \text{ster} \cdot \mu\text{m}))$

d^2 : المسافة بين الشمس والارض بالوحدات الفلكية (astronomical units) ، وتستخرج من جداول منشورة.

$ESUN_{\lambda}$: معدل الاشعاع الشمسي خارج نطاق الغلاف الغازي مقاس بوحدة $(\text{watts}/(\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}))$ وتستخرج ايضاً من جداول منشورة

θ_s : زاوية الشمس مقاس بالدرجة.

تحويل القيم الرقمية الى اشعاعية للمتحسس لاندسات (11) باستخدام المعادلة رقم (3) وكالاتي * :

$$P_{\lambda} = MPQcal + AP \dots \dots (3)$$

حيث ان:-

P_{λ} : درجة الانعكاس دون تصحيح زاوية الشمس .

MP : معامل ثابت الانعكاس حسب القنوات (Bands) ويستخرج من ملف البيانات الوصفية (Metadata) للمرئية الفضائية.

AP : معامل القياسات المضافة، ويستخرج ايضاً من ملف البيانات الوصفية (Metadata) للمرئية الفضائية.

$Qcal$: قيم البكسل (DN) مقاسة من المرئية الفضائية.

بعد اجراء عملية التحويل الى القيم الانعكاسية من دون تصحيح لزوايا الاشعاع الشمسي فان القيم الناتجة هي قيم انعكاسية عند المستوى الخارجي (قمة) الغلاف الغازي، لذا لابد من اجراء عملية التصحيح للحصول على الانعكاس من سطح الارض وذلك من خلال المعادلة رقم (4):

$$\rho_{\lambda} = \rho_{\lambda}/\sin(\theta SE) \dots \dots \dots (4)$$

ρ_{λ} : الانعكاس من السطح :

ρ_{λ} : الانعكاس عند قمة الغلاف الغازي:

θSE : زاوية ارتفاع الشمس، وتستخرج ايضاً من ملف البيانات الوصفية (Metadata) للمرئية الفضائية.

بعد اجراء عمليات التحويل من القيم الرقمية الى القيم الانعكاسية اجري بعد ذلك حساب دليل مؤشر الغطاء النباتي (Normalized Difference Vegetation Index) (17) خريطة (3،4):

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS) \dots \dots \dots (5)$$

حيث ان:-

NIR = القناة الطيفية قرب الحمراء (القناة الرابعة).

VIS = القناة الطيفية المرئية الحمراء (القناة الثالثة).

ومن ثم الانحراف المعياري المتحرك ($MSDI$)، اذ يستخدم لدراسة التباين في ظاهرة التصحر اذ يعد من المؤشرات القوية والفعالة لدراسة التباين في سطح الارض والاراضي المتصحرة (5):

ويحسب الانحراف المعياري المتحرك من خلال تمرير المرئية الفضائية للقناة الحمراء ($Red Band$) خلال مرشح ($Filter$) يساوي (3×3 بكسل) اذ يتم حساب الانحراف لكل نافذة (9 بكسل) ثم توضع قيمة الانحراف المعياري في خارطة جديدة في موقع البكسل المركزي ($Central Pixel$)، ثم تعاد هذه العملية لحين تغطية مرئية منطقة الدراسة بالكامل كما في المعادلة التالية، خريطة (9،16):

$$MSDI = \sqrt{\sum (DN_i - \bar{DN})^2 / N} \dots \dots \dots (6)$$

حيث ان:-

N = عدد البكسلات في المرشح = 9 بكسل

DN_i = القيمة الرقمية لكل بكسل في كل نافذة تشمل (9 بكسل)

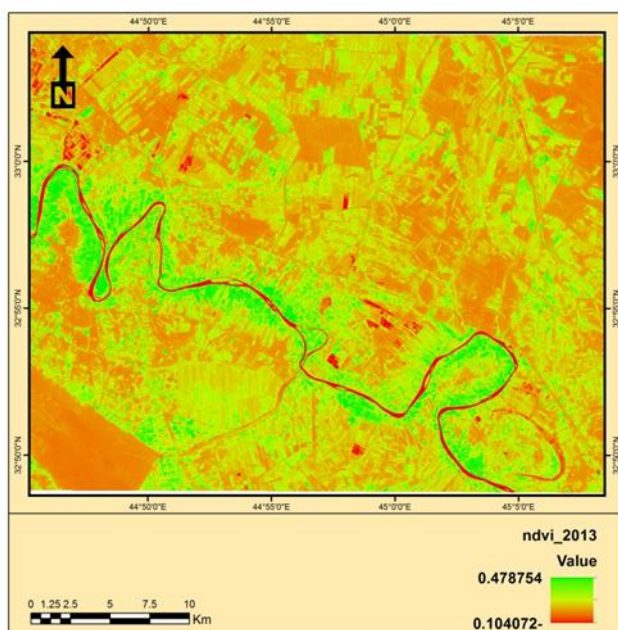
$\bar{DN}$ = معدل القيمة الرقمية (9 بكسل)

واخيرا حساب ظاهرة الالبيدو ($Albedo$) او الاشعاع المنعكس من سطح الارض، ويعد من المؤشرات المهمة التي يمكن من خلاله تحديد كمية الطاقة وظروف المناخ التفصيلية مثل درجات الحرارة والرطوبة والجفاف وغيرها ، والتي تعد من العوامل المؤثرة على سطح الارض . وقد اكتشفت بعض الدراسات ان زيادة الاشعاع المنعكس من سطح الارض يدل على التدهور النوعي للارض.

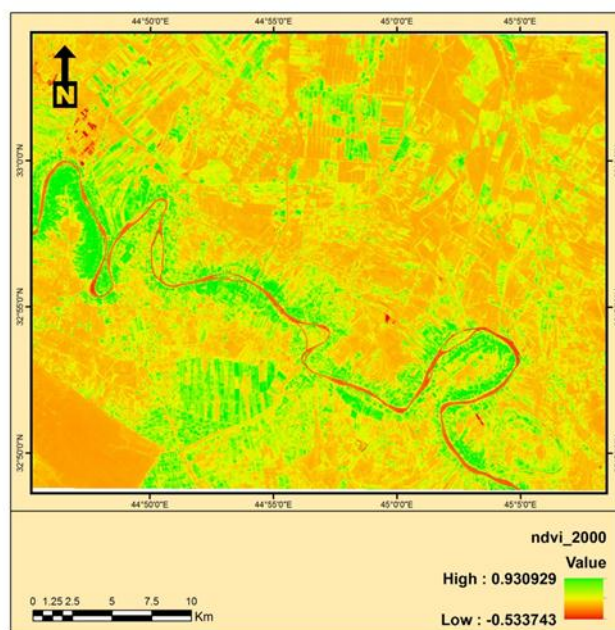
في هذا البحث تم اعتماد الاشعاع المنعكس والذي يتم تحديده من خلال القنوات الضيقة ($Narrow-band$)، اذ تم استخدام جميع القنوات ماعدا القناة السادسة، وكذلك أهملت القناة الثانية وذلك بسبب الشذوذ في تقييم ظاهرة الاشعاع المنعكس (7) كما في المعادلة التالية، خريطة (7،8):

$$Albedo_{TM/ETM} = 0.356a_1 + 0.130a_3 + 0.373a_4 + 0.085a_5 + 0.072a_7 - 0.0018 \dots (7)$$

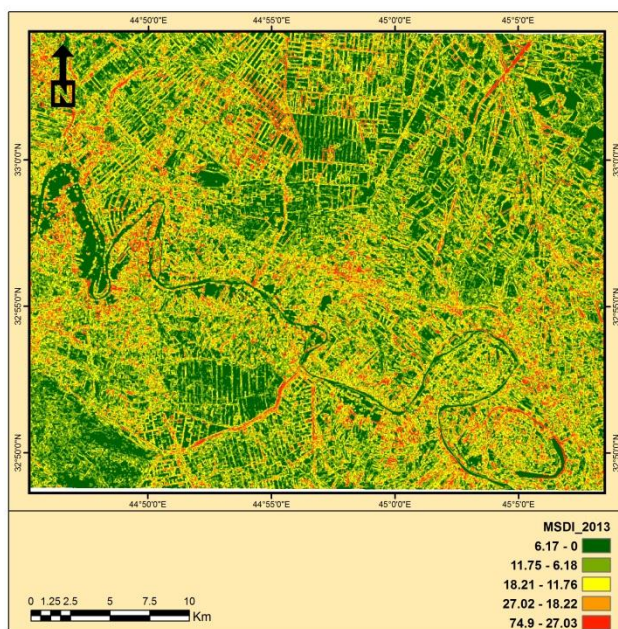
خريطة (5): الغطاء النباتي لسنة 2013



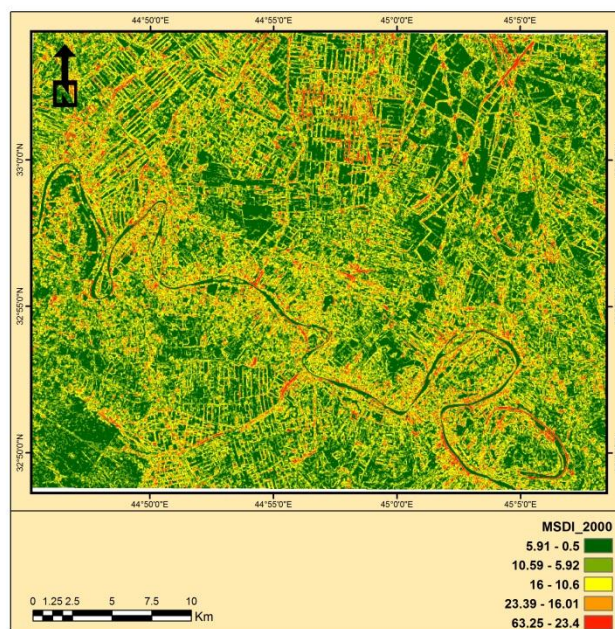
خريطة (4): الغطاء النباتي لسنة 2000



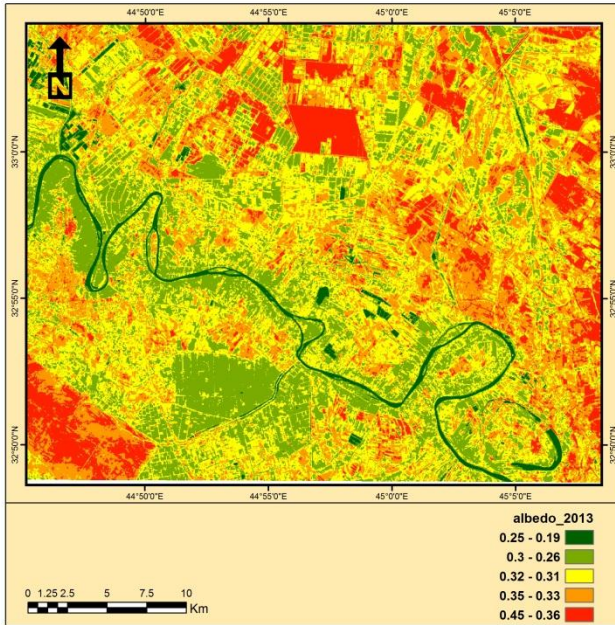
خريطة (7): الانحراف المعياري بالمتحرك لسنة 2013



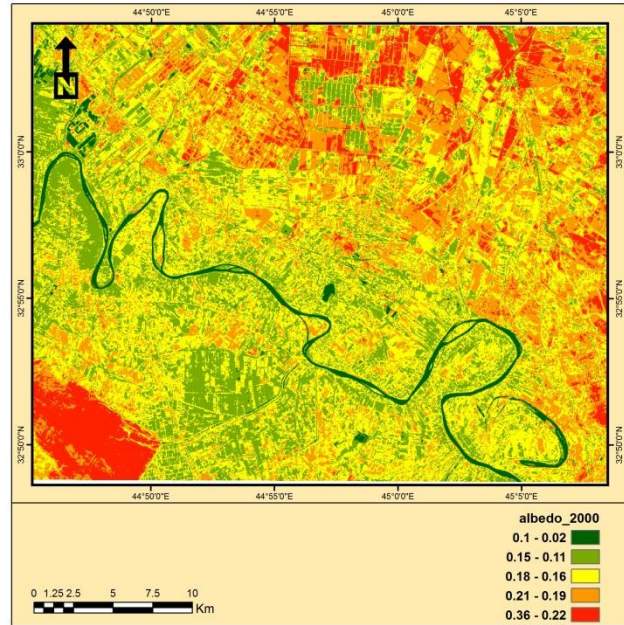
خريطة (6): الانحراف المعياري بالمتحرك لسنة 2000



خريطة (9): الالبيدولسنة 2013



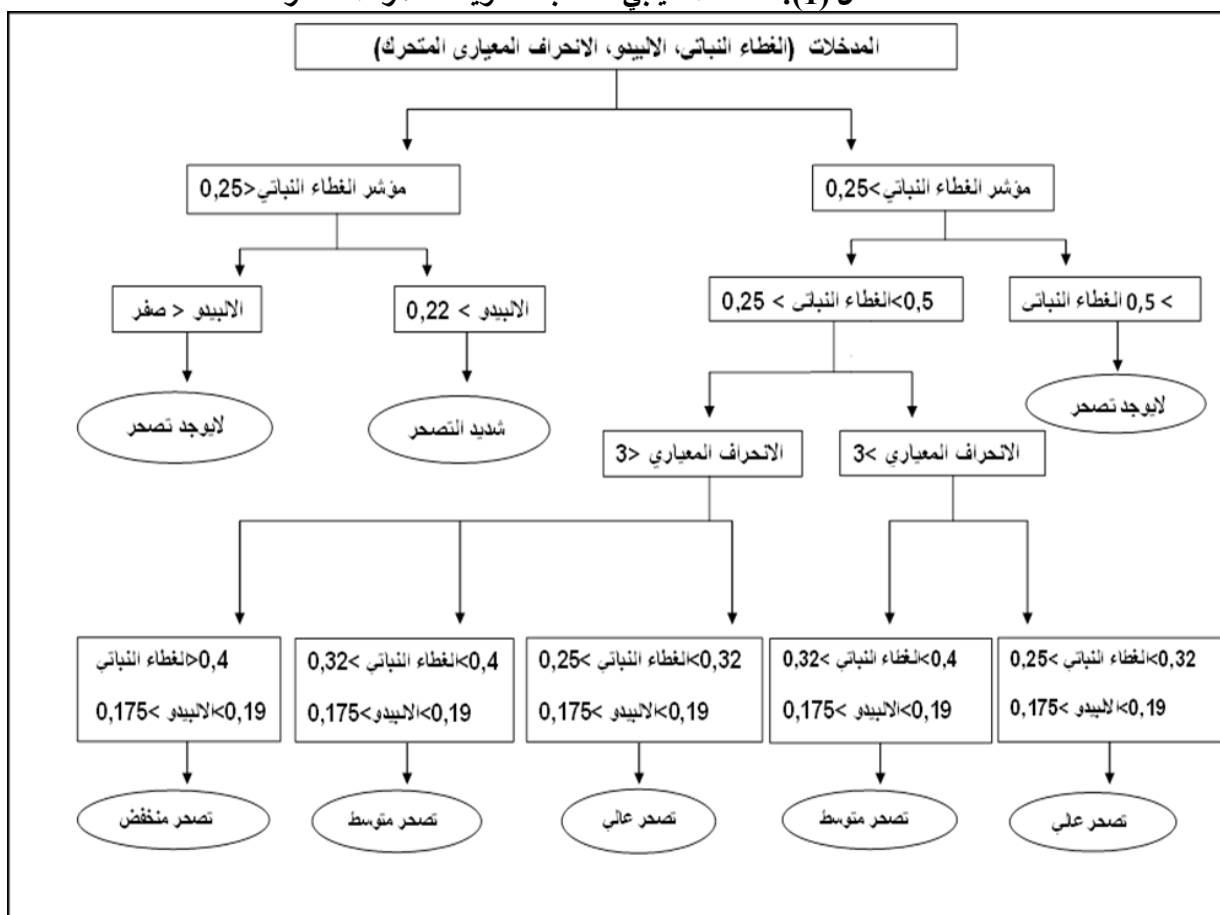
خريطة (8): الالبيدولسنة 2000



تم استخدام جميع هذه المعطيات (الغطاء النباتي، الانحراف المعياري المتحرك والالبيدو) لحساب مستويات التصحر في منطقة الدراسة باستخدام برنامج (ArcGIS 10.1) ومن خلال استخدام موديل لحساب ذلك من المعطيات السابقة شكل (1).

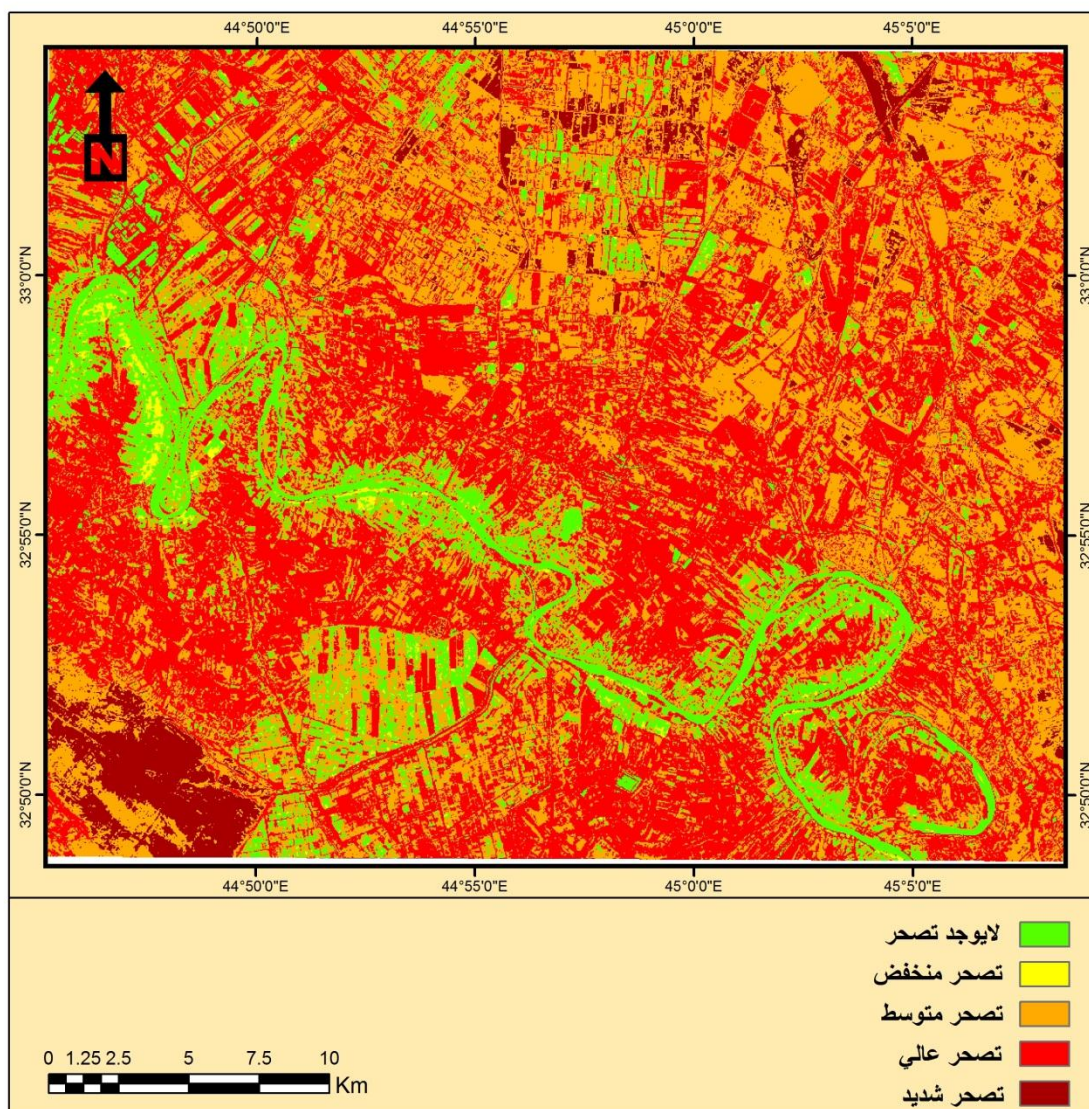
وبعد تنفيذ الحسابات باستخدام الموديل ظهر لنا خمس مستويات للتصحر حسب ما محدد في الموديل وهي (تصحر شديد، تصحر عالي، تصحر متوسط، تصحر منخفض ومناطق لا يوجد فيها تصحر) في سنوات الدراسة، خريطة (10,5).

شكل (1): مخطط انسيابي لحساب مستويات ظاهرة التصحر

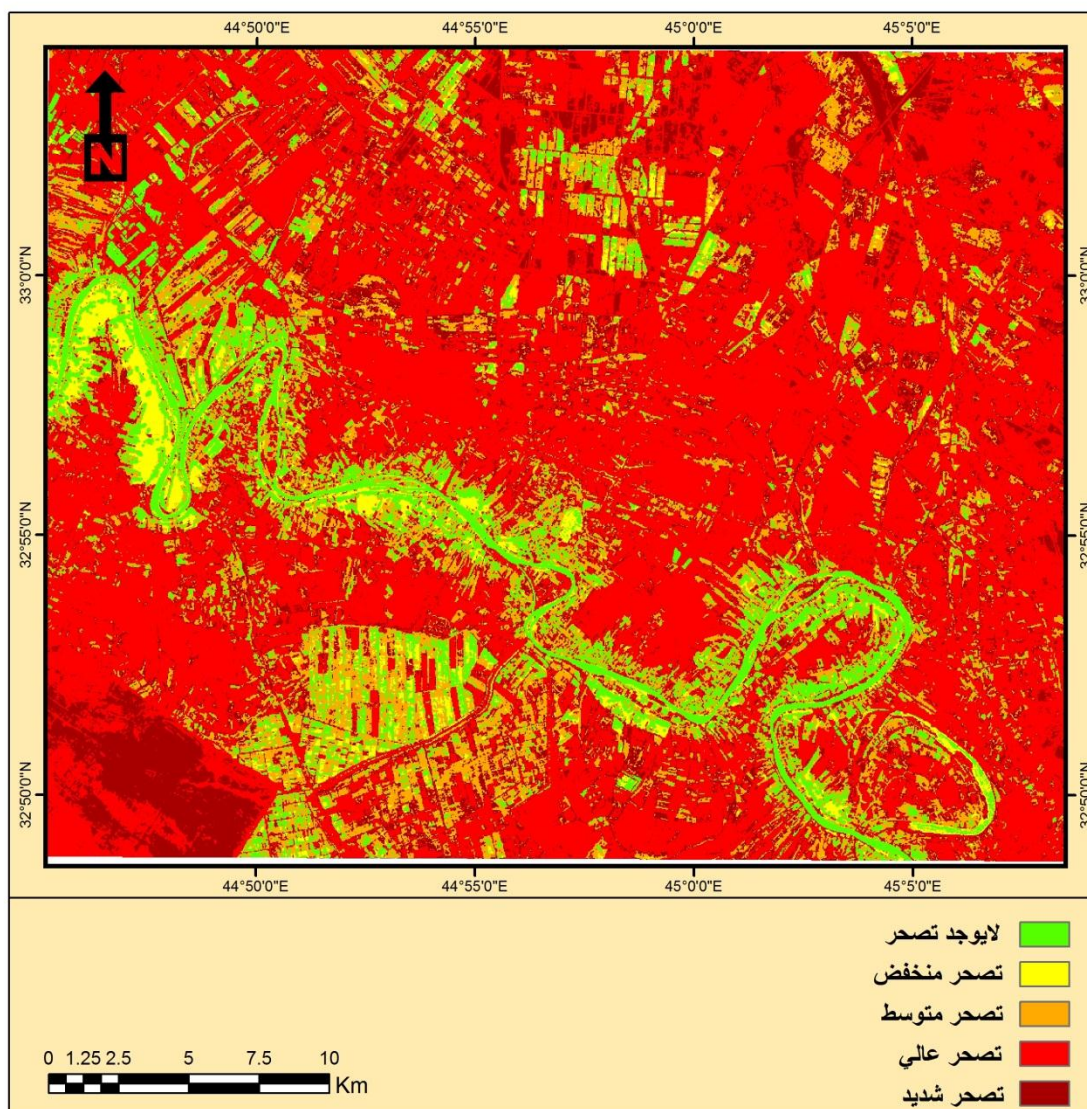


المصدر: (18)

خريطة (10): مستويات التصحر في منطقة الدراسة لسنة 2000



خريطة (11): مستويات التصحر في منطقة الدراسة لسنة 2013



النتائج والمناقشة

اظهرت النتائج الاولى للمعطيات المحسوبة من الاقمار الصناعية (Landsat) تباين واضحاً في القيم الرقمية، اذ ظهر ان اعلى قيمة للغطاء النباتي سنة 2000 كانت (0.93) في حين سنة 2013 كانت (0.47) ويعد هذا مؤشر اولي على تدهور حالة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة.

كما ان اعلى قيمة للانحراف المعياري المتحرك لسنة 2000 كانت (63.25) في حين عام 2013 (74.9) وبما ان هذه المؤشر يعكس درجة التعرية فمن الواضح ان ارتفاع قيمته عام 2013 يؤكد الزيادة في تعرية التربة. كما ان قيم الاشعاع المنعكس الالبيدو هي الاخرى تباينت ما بين عامي 2000-2013 اذا كانت (0.36-0.45) على التوالي وزيادة قيم الالبيدو ايضاً مؤشر مهم على انخفاض رطوبة التربة وتراجع الغطاء النباتي في منطقة الدراسة.

اما نتائج مستويات التصحر المتحصلة بعد تطبيق الموديل الرياضي فقد اظهرت هي الاخرى تبايناً كبيراً ولإبراز هذه التباين تم حساب مساحات كل مستوى من مستويات التصحر لكل سنة من سنوات الدراسة وحساب النسب المئوية ونسب التغير السنوي، جدول (1) شكل (2).

جدول (1): الخصائص الكمية لمستويات التصحر في منطقة الدراسة

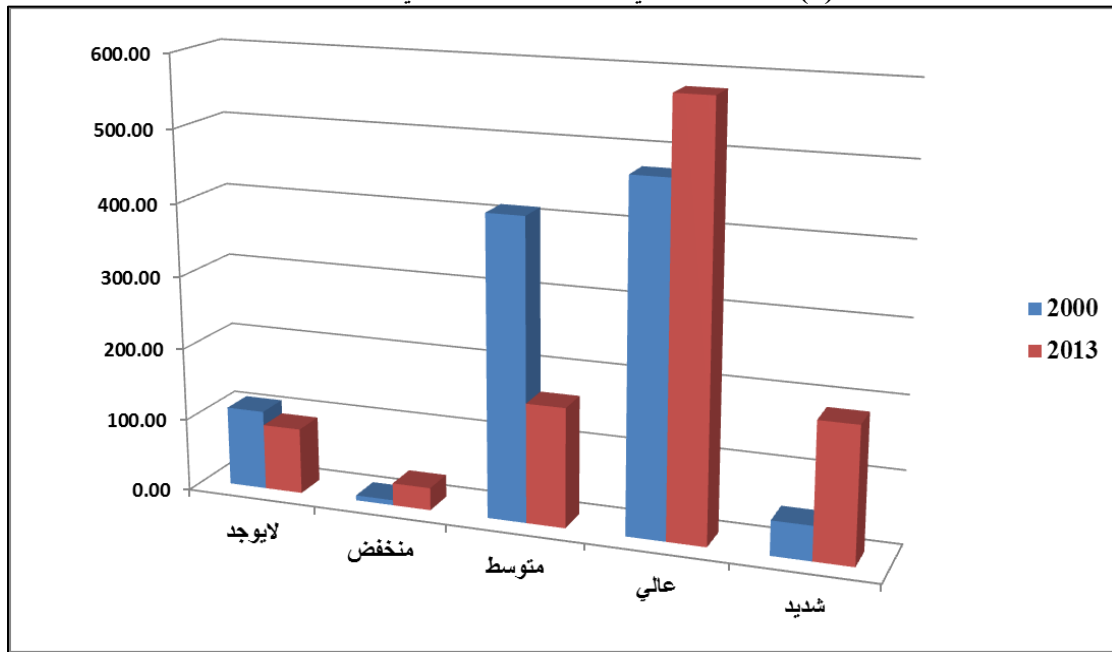
مستوى التصحر	المساحة لسنة 2000 (كم ²)	النسبة المئوية للمساحة	المساحة لسنة 2013 (كم ²)	النسبة المئوية للمساحة	التغير في المساحة (كم ²)	النسبة المئوية للتغير	معدل التغير السنوي *** (%)
لا يوجد	109.65	10.43	90.78	8.64	-18.87	-17.21	-1.32
منخفض	7.01	0.67	31.01	2.95	24.00	342.35	26.33
متوسط	412.02	39.20	164.05	15.61	-247.97	-60.18	-4.63
عالي	475.04	45.19	579.56	55.14	104.52	22.00	1.69
شديد	47.43	4.51	185.75	17.67	138.32	291.64	22.43
المجموع	1051.15	100.00	1051.15	100.00			

* التغير في المساحة = المساحة في السنة الاكبر - المساحة في السنة الاصغر

** النسبة المئوية للتغير = التغير في المساحة ÷ مساحة المستوى في السنة الاصغر × 100

*** معدل التغير في المساحة (%) = النسبة المئوية للتغير في المساحة ÷ عدد السنوات

شكل (2): التباين الزمني لمستويات التصحر في منطقة الدراسة



المصدر: جدول (1).

اظهرت النتائج انخفاضاً في مساحات الغطاء النباتي وتناقصها في منطقة الدراسة بمعدل (1.32% سنة) عما كانت عليه المساحة عام 2000 في حين صاحب هذا التناقص ارتفاعاً في مستويات التصحر المنخفض والعالي والشديد اذا كانت (26.33، 1.69، 22.43 % سنة) عما كانت عليه عام 2000 اذ نلاحظ ان معدل الزيادة الاكبر هي في مستوى التصحر المنخفض والشديد في حين نجد من - الملفت للنظر - انخفاض مساحات التصحر المتوسط بمعدل (4.63 % سنة) عن مساحة عام 2000 ويعود هذا التباين الى تحول الاراضي ذات التصحر المتوسط نحو مستويي التصحر العالي والشديد على وجه الخصوص في حين ان ارتفاع التصحر المنخفض يعود الى تحول الاراضي التي لم تكن تعاني من تصحر نحو التصحر المنخفض بسبب تراجع الغطاء النباتي في منطقة الدراسة. يعود هذا التدهور في الاراضي وارتفاع خطر ظاهرة التصحر وازدياد شدتها الى عوامل التغيرات المناخية على وجه العموم والتي تنعكس على تناقص معدلات الامطار وارتفاع معدلات درجات الحرارة والتبخر هذا من جانب، وكذلك العوامل البشرية كإهمال الجانب الزراعي وهجرة كثير من المزارعين العمل في القطاع الزراعي والتوجه نحو العمل الوظيفي وذلك بسبب قلة الدعم الحكومي وضعف المردود الاقتصادي للأرض الزراعية وكذلك الأوضاع الامنية التي كان لها دوراً ايضاً في ضعف القطاع الزراعي في العراق وترديه فضلاً عن القطاعات الأخرى.

الاستنتاجات

1. ان استخدام تكنولوجيا التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية أصبحت من الوسائل المهمة والأساسية في هذا المجال من خلال :
 - توفر الصور الفضائية الحديثة وبدقة تمييز عالية وبفترات زمنية مختلفة.
 - توفر البرمجيات الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية ومعالجة الصور الفضائية.
2. توصلت الدراسة الى وجود ظاهرة التصحر في منطقة الدراسة، وان هناك عوامل عدة ساهمت وتساهم في انتشار هذه الظاهرة:
 - العامل المناخي الذي اثر سلباً على الغطاء النباتي الطبيعي في المنطقة.
 - عزوف الفلاحين عن الزراعة بسبب كونها أصبحت غير مجدية اقتصادياً.
 - عدم استخدام التكنولوجيا الحديثة في المراقبة الدورية لهذه الظاهرة ومعالجتها باستمرار.
3. من خلال النتائج التي توصلت لها الدراسة فان استخدامها و تطبيقها لدراسة هذه الظاهرة في بقية المناطق سيؤمن مراقبة دورية لاستخدام الأراضي في العراق.

المصادر

1. **Bauer, S., and Stringer, L. C., (2009).** The role of science in the global governance of desertification: The Journal of Environment & Development, 18(3):248-267.
2. **Sun, D., Dawson, R., Li, H., and Li, B. (2005).** Modeling desertification change in Minqin county, China: Environ Monit Assess, 108(1): 169-188.
3. **Glenn, E., Stafford Smith, M., and Squires, V., (1998).** On our failure to control desertification: implications for global change issues, and a research agenda for the future: Environmental Science & Policy, 1(2): 71-78.
4. **Veron, S., Paruelo, J., and Oesterheld, M., 2006,** Assessing desertification: Journal of Arid Environments, 66(4): 751-763.
5. **Sivakumar, M.(2007).** Interactions between climate and desertification: Agricultural and forest meteorology, 142(2):143-155.
6. **Zeidler, J., Hanrahan, S., and Scholes, M. (2002).** Land-use intensity affects range condition in arid to semi-arid Namibia: Journal of Arid Environments, 52(3):389-403.
7. **Geerken, R., and Ilaiwi, M., (2004).** Assessment of rangeland degradation and development of a strategy for rehabilitation: Remote Sensing of Environment, 90(4): 490-504.

8. **Tanser, F. C., and Palmer, A. R (1999).** The application of a remotely-sensed diversity index to monitor degradation patterns in a semi-arid, heterogeneous, South African landscape: *Journal of Arid Environments*, 43(4):477-484.
9. **Julien, Y., Sobrino, J. A., and Verhoef, W. (2006).** Changes in land surface temperatures and NDVI values over Europe between 1982 and 1999: *Remote Sensing of Environment*, 103(1):43-55.
10. **Liu, A., Wang, J., and Liu, Z. (2005).** Monitoring desertification in arid and semi-arid areas of China with NOAA-AVHRR and MODIS data, *in Proceedings Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS'05. Proceedings. IEEE International2005*, 4:2362-2364.
11. **Lira, J. (2004).** A model of desertification process in a semi-arid environment employing multi-spectral images: *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis and Applications*, p. 388-406.
12. **Wulder, M. A., White, J. C., Goward, S. N., Masek, J. G., Irons, J. R., Herold, M., Cohen, W. B., Loveland, T. R., and Woodcock, C. E. (2008).** Landsat continuity: Issues and opportunities for land cover monitoring: *Remote Sensing of Environment*, 112(3):955-969.
13. **USGS, U. S. G. S. (2013).** Landsat 8 Fact Sheet, Report No.: 2013-3060.
14. **Irish, R. R., (2000).** Landsat 7 science data users handbook. National Aeronautics and Space Administration Report 430-15-01-003-0.
15. **Liang, S. L. (2000).** Narrowband to broadband conversions of land surface albedo Algorithms: *Remote Sens. Environ.*, 76:213- 238
16. **Jafari, R., Lewis, M. M., and Ostendorf, B. (2008).** An image-based diversity index for assessing land degradation in an arid environment in South Australia: *Journal of Arid Environments*, 72(7):1282-1293.
17. **Pinet, P. C., Kaufmann, C., and Hill, J. (2006).** Imaging spectroscopy of changing Earth's surface: a major step toward the quantitative monitoring of land degradation and desertification: *Comptes Rendus Geoscience*, 338(14): 1042-1048.
18. **Xu, D., Kang, X., Qiu, D., Zhuang, D., and Pan, J, (2009).** Quantitative Assessment of Desertification Using Landsat Data on a Regional Scale – A Case Study in the Ordos Plateau, China: *Sensors*, 9(3):1738-1753.