تقييم أداء المؤشر النباتي المعدل للتربة (SAVI) في رصد وتتبع التغير في الغطاء النباتي بمنطقة الجفارة، ليبيا

عزالعرب سالم علي؛ إيمان عاشور السنوسي؛ بشير احمد نوير ومختار محمود العالم
قسم التربة والمياه - كلية الزراعة- جامعة طرابلس

المستخلص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم كفاءة مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI) في رصد وتحليل التغيرات الزمانية والمكانية للغطاء النباتي في منطقة شبه جافة بسهل الجفارة (الزهراء) بليبيا، ومقارنته بأداء مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي (NDVI). اعتمدت الدراسة على تحليل سلاسل زمنية من صور الأقمار الصناعية Landsat 5 TM و Landsat 8 OLI للأعوام 1980م و 2000م و 2022م. أظهرت النتائج أن كلا المؤشرين كشفا عن اتجاهات متشابهة تمثلت في تراجع ملحوظ في مساحات الغطاء النباتي الكثيف (مثل الأراضي الشجرية)، وتوسع سريع في المناطق الحضرية والمساحات الجرداء، غير أن مؤشر SAVI أظهر حساسية أعلى في التمييز بين الغطاء النباتي، ويجب أن يأخذ في الاعتبار تأثيرات انعكاسية التربة مقارنةً بـ NDVI، خاصة في مناطق الغطاء النباتي المنخفض إلى المتوسط الكثافة، مما يجعله أكثر ملاءمة للظروف البيئية الهشة وشبه الجافة. أوصت الدراسة باعتماد SAVI في الدراسات الوطنية الخاصة برصد التصحر وتدهور الأراضي، وتعزيز سياسات إدارة الغطاء النباتي في المناطق المماثلة.

الكلمات الدالة: الاستشعارعن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، الغطاء النباتي، NDVI، SAVI، سهل الجفارة، التصحر.

المقدمة

يُعد الغطاء النباتي حجر الزاوية في استقرار النظم البيئية؛ حيث يلعب دوراً محورياً في: تنظيم المناخ، وتخزين الكربون، والحفاظ على التربة، والحد من التصحر في المناطق الجافة وشبه الجافة، ففي كثير من مناطق ليبيا يتعرض الغطاء النباتي لضغوط متزايدة بسبب: التغير المناخي، والتوسع العمراني، والأنشطة البشرية غير المستدامة، كالرعي الجائر وقطع الأشجار (الزاوي، 2020؛ عبد السلام، 2019). وفي هذا السياق تتضح الحاجة إلى أدوات مراقبة دقيقة وفعالة لتتبع التغير الحاصل في الغطاء النباتي، وقد أسهمت تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) بشكل كبير في رصد هذه التغيرات على نطاقات زمنية ومكانية واسعة (Chuvieco, 2020). تعد مؤشرات الغطاء النباتي المستمدة من بيانات الاستشعار عن بعد من الأدوات المهمة في تحديد التغيرات الحاصلة عبر فترات زمنية مختلفة، ويُعد مؤشر NDVI من أكثر المؤشرات استخداماً؛ حيث أثبتت دراسات *Rouse et al.,* (1973) و Silleos *et al.,* (2006) قدرته على الكشف عن الكتلة الحيوية وتوزيع النباتات، وذلك بالاعتماد على الفرق بين الانعكاس الطيفي للأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) والأشعة الحمراء (RED) ، إلا أن دقة هذا المؤشر تتأثر بانعكاسية التربة، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة ذات التغطية النباتية المنخفضة، ولتجاوز هذا القصور طور Huete (1988) مؤشر SAVI الذي أدخل معامل تصحيح التربة (L) لتقليل تأثير خلفية التربة، مما حسّن من أداء المؤشر في البيئات القاحلة

للاتصال: د. عزالعرب سالم عبدالرحمن. قسم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة طرابلس
هاتف: 218 91 525 7914 + **البريد الالكتروني: ezalarab.ali@uot.edu.ly**
استلمت بتاريخ: 31 / 05 / 2026 **أجيزت بتاريخ: 2026/07/20**

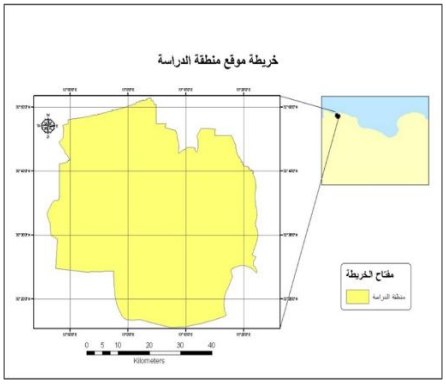
وشبه القاحلة (Huete, 1988). شهدت العقود الأخيرة اهتماماً متزايداً بتقييم أداء مؤشرات الغطاء النباتي في مناطق مختلفة، ففي الكويت أظهرت دراسة المطيري وآخرون (2013) تفوق SAVI مع معامل تربة 0.9 مقارنة بـ NDVIفي منطقة الصليبية، وفي الجزائر خلص Benkouider *et al.,* (2013) إلى أن SAVI هو الأنسب للمناطق شبه الجافة؛ حيث حسّن من التوزيع الطيفي للغطاء النباتي مقارنة بـ NDVI و TVI. كما أكدت دراسة Volite and Venkata (2017) في منطقة أنانتابور الهندية أن SAVI هو المؤشر الأكثر ملاءمة للمناطق شبه القاحلة، خاصة مع عامل تربة 0.5 للغطاء المتوسط و 0.9 للغطاء المنخفض، وعلى المستوى المحلي استخدمت دراسة الشوشان (2006) NDVI لتتبع الغطاء النباتي في منطقة القره بولي، بينما ركزت دراسة بالحاج (2009) على تغيرات الغطاء النباتي في منطقة الخمس باستخدام NDVI ، كما تناولت دراسة الزروق (2013) تدهور الغطاء النباتي في سبها باستخدام NDVI ، وأشارت إلى دور الأنشطة البشرية في هذا التدهور. رغم هذه الجهود لا تزال هناك حاجة إلى دراسات مقارنة منهجية بين مؤشرات NDVI و SAVI في مناطق ليبية مختلفة، خاصة سهل الجفارة الذي يمثل شرياناً زراعياً وبيئياً حيوياً؛ لذلك تهدف هذه الدراسة إلى:

تقييم أداء مؤشر SAVI مقارنة بـ NDVI في رصد التغيرات المكانية والزمانية للغطاء النباتي بمنطقة الجفارة خلال الفترة 1980 - 2022، وكذلك إلى تحديد المؤشر الأكثر ملاءمة للظروف البيئية شبه الجافة في المنطقة، بالإضافة إلى تحليل اتجاهات التغير في الغطاء النباتي وعلاقتها بالعوامل البشرية والطبيعية، والخروج بتوصيات تدعم إدارة الموارد الطبيعية المستدامة.

مواد و طرائق البحث

منطقة الدراسة:

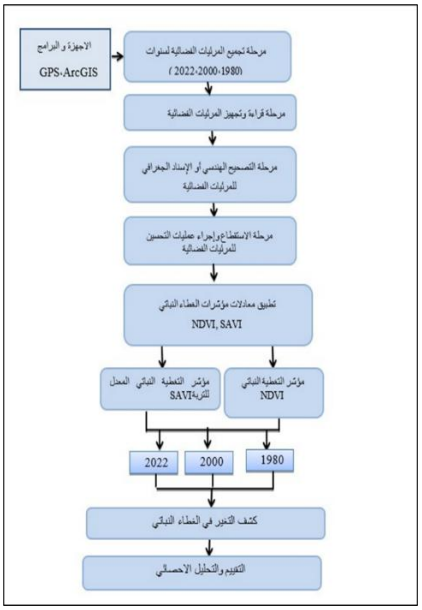
تقع منطقة الدراسة في سهل الجفارة شمال غرب ليبيا، بين خطي طول 45′ 12°–15′ 13° شرقاً، ودائرتي عرض 52′ 31°–52′ 32° شمالاً، تمتد على مساحة تقارب 247,936.81 هكتاراً، ويحدها من الشمال المعمورة، ومن الجنوب الناصرية، ومن الشرق السواني، ومن الغرب مدينة الزاوية، كما هو موضح في الشكل (1).



شكل (1) خريطة موقع منطقة الدراسة

منهجية الدراسة وآلية العمل

تم تنفيذ الدراسة عبر مراحل رئيسية تهدف إلى جمع ومعالجة وتحليل البيانات لاستخلاص مؤشرات الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، والشكل (2) يبين الخطوات الرئيسية لمنهجية الدراسة.

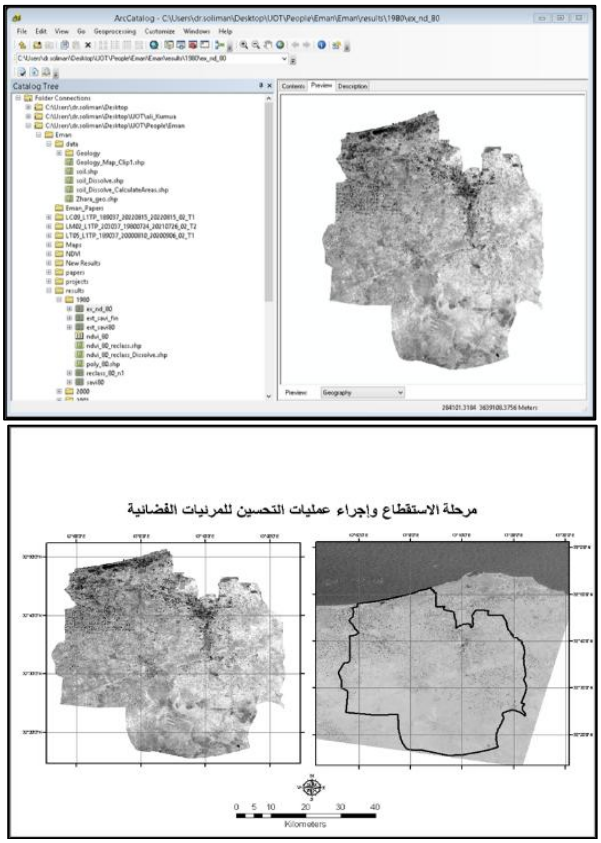


شكل (2) المخطط الانسيابي لمراحل الدراسة

جمع البيانات والمعالجة المبدئية:

تم جمع بيانات المرئيات الفضائية من القمرين الصناعيين Landsat (5)للسنتين (1980 و2000م) و(8) Landsat للعام (2022م)، جميع البيانات ذات دقة مكانية مقدارها 30 متراً، خضعت جميع الصور لعمليات معالجة أولية شملت:

- التصحيح الإشعاعي والغلاف الجوي.
- التصحيح الهندسي والجغرافي باستخدام نظام الإحداثيات UTM (WGS 84 – Zone 33N) بالاستناد إلى خرائط طبوغرافية مرجعية لضمان الدقة المكانية.



شكل (3) عمليات معالجة الصور الفضائية الأولية

حساب مؤشرات الغطاء النباتي:

تم حساب مؤشري NDVI و SAVI باستخدام القنوات الطيفية الحمراء (RED) وتحت الحمراء القريبة (NIR) وفق المعادلتين:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

$$SAVI = [(NIR - RED) / (NIR + RED + L)] * (1 + L) \quad (2)$$

حيث تم اعتماد قيمة L = 0.5 بناءً على الدراسات السابقة في البيئات شبه الجافة.

تصنيف الغطاء الأرضي وتقييم الدقة:

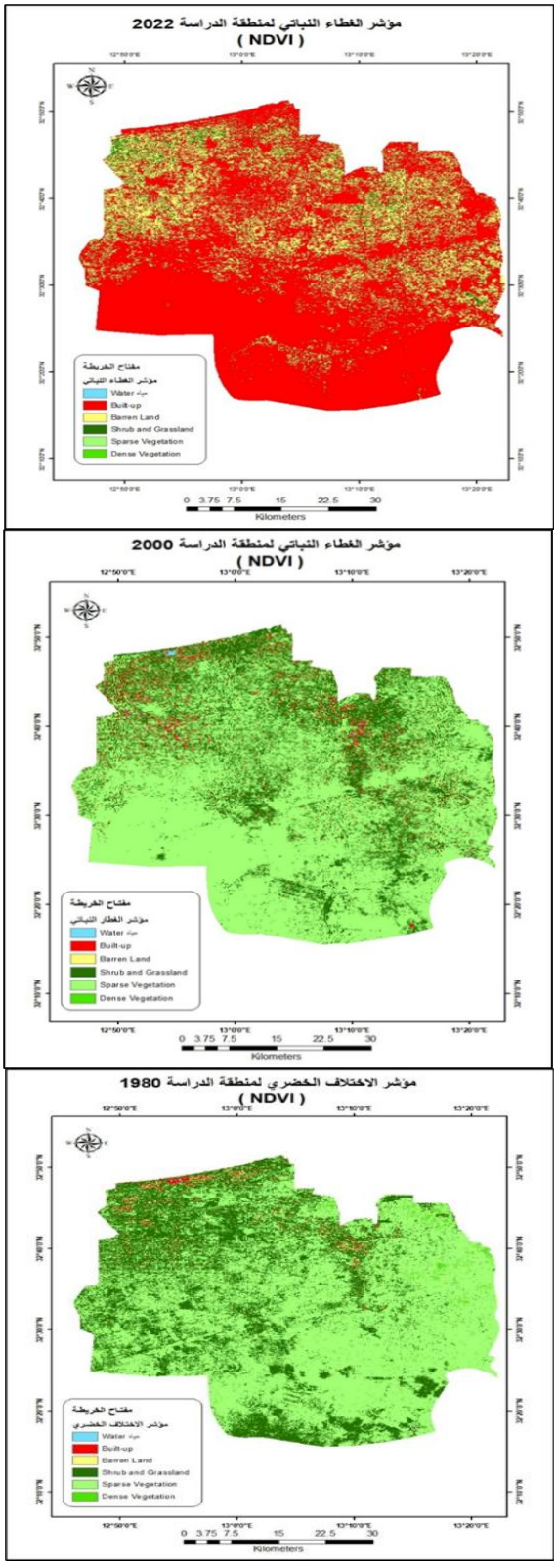
تم تصنيف صور المؤشرات إلى فئات غطاء أرضي رئيسية: (أراضي شجرية، غطاء نباتي كثيف، غطاء نباتي متفرق، أراضي جرداء، مناطق حضرية)، ثم تم تقييم دقة التصنيف باستخدام معامل كابا (Kappa Coefficient) والدقة الكلية (Overall Accuracy) ، بالاعتماد على نقاط مرجعية جمعت من التحليل البصري للصور عالية الدقة والبيانات الميدانية المتاحة.

النتائج والمناقشة

التغيرات الزمنية في الغطاء النباتي وفقاً لمؤشر(NDVI) :

أظهرت خرائط وقيم NDVI تراجعاً مضطرداً في مساحة الغطاء النباتي الكثيف والمتوسط في منطقة الدراسة خلال فترة الأربعة عقود (1980 - 2022م)، ففي عام (1980م) بينما كانت الأراضي الشجرية والشجيرات تشغل النسبة الأكبر (41.5 %) من المنطقة في عام (1980م) إلا أنها شاهدت عام (2000م) انخفاضاً ملحوظاً في هذه النسبة؛ حيث تراجعت إلى 29.5%، مع توسع ملحوظ في المناطق الحضرية (28.2 %)، واستمر هذا الاتجاه في عام (2022م)؛ حيث انخفضت نسبة الأراضي الشجرية إلى 8.9 % فقط, بينما قفزت المساحة العمرانية إلى 47.6 %، مما يعكس وتيرة سريعة للتوسع الحضري على حساب المساحات الخضراء، تُظهر هذه النتائج فقدانًا واضحًا في الغطاء النباتي، وتوسعًا عمرانيًا سريعًا على مدى العقود

الأربعة الماضية، وهو ما يعكس ضغوطًا بيئية ناجمة عن الجفاف والتوسع العمراني وتراجع الأنشطة الزراعية.



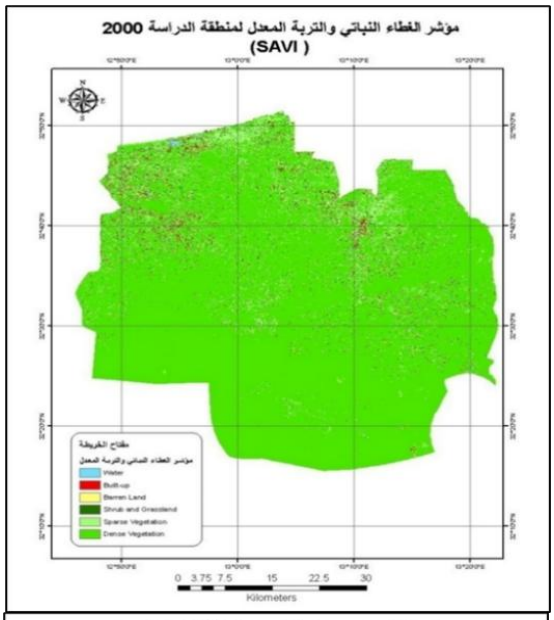
شكل (4) خرائط الغطاء النباتي لسنوات: (1980، 2000، 2022) باستخدام مؤشر الغطاء النباتي (NDVI).

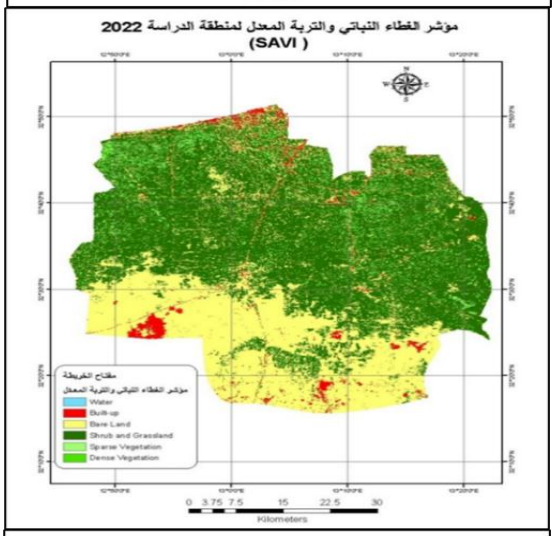
جدول (1) يوضح النسبة المئوية لمساحات أنماط الغطاء الأرضي باستخدام مؤشر (NDVI) بمنطقة الدراسة للسنوات: (1980، 2000، 2022).

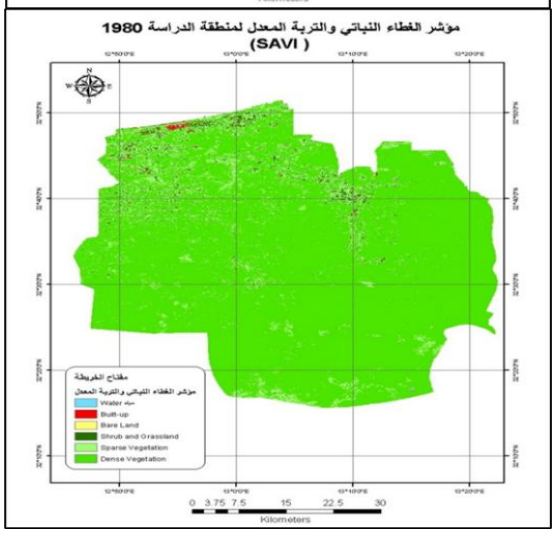
ر. م	نمط الغطاء الأرضي	% المساحة لسنة 1980	% المساحة لسنة 2000	% المساحة لسنة 2022
1	أراضي الأشجار والشجيرات	41.5	29.5	8.9
2	الأراضي العشبية المكثفة	9.7	11.9	7.3
3	الأراضي العشبية المتفرقة	8.6	7.2	6.7
4	الأراضي الجرداء	20.5	23.2	29.6
5	الأراضي الحضرية	19.8	28.2	47.6

التغيرات المكانية والزمنية للغطاء الأرضي وفقا لمؤشر SAVI:

أظهر مؤشر (SAVI) حساسية أعلى في التمييز بين درجات الغطاء النباتي المنخفضة والمتوسطة؛ حيث قلل بشكل ملحوظ من تأثير السطوع الأرضي، ففي عام 2000م أظهر مؤشر (SAVI) توزيعاً أكثر دقة للفئات النباتية، فقد شكلت الأراضي الجرداء 30.2 % مقابل 27.7 % للمناطق ذات الغطاء النباتي المتوسط والمرتفع، وبحلول عام 2022م كشف SAVI عن تدهور حاد في الغطاء النباتي؛ حيث انخفضت مساحة الأراضي الشجرية إلى 6.5 % فقط، بينما ارتفعت نسبة الأراضي الجرداء إلى 40.3 %، وهذه النتائج تؤكد حساسية (SAVI) العالية في البيئات شبه الجافة والشكل (5) والجدول (2) يوضحان التوزيع المكاني والنسبة المئوية لمساحات أنماط الغطاء الأرضي للفترات الزمنية من: 1980، 2000، 2022.







شكل (5) خرائط الغطاء النباتي لسنوات: 1980، 2000، 2022 باستخدام مؤشر الغطاء النباتي (SAVI)

جدول (2) يوضح النسبة المئوية لمساحات أنماط الغطاء الأرضي باستخدام مؤشر (SAVI) بمطقة الدراسة للسنوات 1980، 2000، 2022

ر.م	نمط الغطاء الأرضي	%المساحة لسنة 1980	%المساحة لسنة 2000	%المساحة لسنة 2022
1	أراضي الأشجار والشجيرات	41.1	27.7	6.5
2	الأراضي العشبية المكثفة	11.2	11.5	15.3
3	الأراضي العشبية المتفرقة	12.8	13.7	4.7
4	الأراضي الجرداء	10	30.2	40.3
5	الأراضي الحضرية	24.8	16.9	33.2

مقارنة بن أداء مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) مؤشر الغطاء النباتي والتربة المعدل (SAVI) :

كشف تحليل السلاسل الزمنية عن تراجع حاد في الغطاء النباتي الكثيف من 11.9 % عام 2000 إلى 7.3% عام 2022 باستخدام (NDVI) ، والأراضي الشجرية من 29.5% إلى 8.9 % لنفس الفترة، ازدادت المساحة الحضرية بشكل كبير من 28.2 % إلى 47.6 %، بينما زادت الأراضي الجرداء من 23.2 % إلى 29.5.% ، وأظهر مؤشر SAVI قيماً أعلى قليلاً للغطاء النباتي المنخفض الكثافة مقارنة بـ . NDVI، مما يعكس قدرته الأفضل على عزل تأثير التربة، إلا أن نتائج كلا المؤشرين توافقت على الاتجاه العام للتدهور، لكن SAVI قدم تقديراً أكثر تحفظاً وحساسية للتغيرات الطفيفة في المناطق شبه الجرداء، ويتشابه المؤشران من حيث المبدأ الطيفي، إلا أن SAVI يتميز بإضافة معامل تعديل التربة (L) الذي يُقلل من تأثير الانعكاس الأرضي، مما يجعله أكثر دقة في المناطق التي يسود فيها الغطاء النباتي المتناثر أو التربة المكشوفة، بينما NDVI يفقد حساسيته عند قيم أعلى من 0.7، يظل SAVI

محافظًا على حساسيته حتى في حالات الكثافة النباتية المرتفعة، ما يجعله مؤشرًا أكثر ملاءمة للمناطق الجافة وشبه الجافة كسهل الجفارة، وبناءً على التحليل المقارن يُعتبر SAVI المؤشر الأنسب لمراقبة ديناميكية الغطاء النباتي في هذه البيئات، كما أشارت دراسات سابقة كان من ضمنها دارسات حقلية مقارنة (المطيري وآخرون، 2013؛ Benkouider et al., 2013)، وتتفق نتائجنا مع ما توصل إليه Volite and Venkata (2017) من أن SAVI هو الأنسب للمناطق شبه القاحلة، خاصة مع قيم L المناسبة.

تقييم دقة التصنيف:

تعتبر تقييم دقة التصنيف لمؤشرات مؤشر الغطاء النباتي أمر ضروري للتحقق من تطبيقات الاستشعار عن بعد في الدراسات البيئية، ومن خلال استخدام مقاييس دقة شاملة ودمج تقنيات تحليل متطورة يمكن للباحثين ضمان تصنيفات أكثر موثوقية، إن مثل هذا الصرامة أمر حيوي لاتخاذ قرارات مستنيرة في إدارة البيئة، وممارسات الحفظ، وفهم الديناميكيات البيئية في عالم يتغير باستمرار، تبين عند استخدام نموذج كابا الإحصائي كمؤشر لتقييم ومقارنة نتائج التصنيف للأغطية النباتية باستخدام مؤشر SAVI للسنوات المختلفة أن نسبة التوافق وعدم التوافق ما بين الأغطية الأرضية للسنوات المختلفة تراوحت بين المقبول إلى الجيد؛ حيث بلغت معدلات الدقة بين أعوام: 1980 و2000 و 2022 على التوالي 60 % و59 % و72 %، تشير مؤشرات كابا إلى أن مستويات الدقة في التصنيف كانت مقبولة إلى جيدة بالنسبة لمؤشر SAVI، بينما انحصرت قيم الدقة لمؤشر NDVI في المقبولة، وتوضح المؤشرات الإحصائية المتعلقة بكل دقة كل نمط و دقة المستخدم ودرجة الدقة بأن نتائج تصنيفات الأغطية الأرضية لسنوات المختلفة كانت ضمن النتائج الجيدة إحصائيا، ومع ذلك يمكن تحسينها من خلال أخذ عدد نقاط تدريب أكبر في الدراسات المستقبلية.

الاستنتاج

إن استخدام تقنيتي نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تقييم أداء المؤشر النباتي المعدل للتربة (SAVI) ، ورصد وتتبع التغير في الغطاء النباتي في منطقة سهل الجفارة تمكن من خلاله استنتاج أن المنطقة تشهد تدهوراً تدريجياً في الغطاء النباتي، وتوسعاً حضرياً متزايداً خلال الفترة 1980 - 2022، مما يستدعي وضع سياسات عاجلة لإدارة الأراضي والحد من التصحر.

كما استنجت الدراسة أن مؤشر SAVI له كفاءة أعلى من مؤشر NDVI في تمثيل الغطاء النباتي بالبيئات الجافة وشبه الجافة، وذلك بفضل قدرته على تقليل تأثير خلفية التربة، مما يجعله أداة مفضلة للرصد البيئي في ليبيا.

توفر المؤشرات النباتية الطيفية وخاصة SAVI رؤى حاسمة لصحة النظام البيئي، ويمكن استخدامها في: التخطيط الزراعي، وإدارة المراعي، ومكافحة التغير المناخي.

من خلال هذه الدراسة أمكن الخروج بعدد من التوصيات، وهي: إن التوسع في دراسة المؤشرين في مناطق ذات كثافة غطاء نباتي أكبر سوف يسمح بالمقارنة الدقيقة، وكذلك الوقوف بأكثر دقة على ملائمة هذين المؤشرين للظروف المحلية، ومدى الاستفادة منهما في التعرف على حالة البيئة المحيطة التي تتسم بالهشاشة في مثل هذه المناطق، أيضاً يكتسي مؤشر الغطاء النباتي والتربة المعدل أهمية كبيرة في قدرته على فصل وتمييز عنصر التربة؛ مما يسمح بتقييم أكثر دقة لوضع البيئة والوضع الزراعي، إلا أن قيمة (L) تظل بحاجة كبيرة إلى دراسات مكثفة لاستنباط القيمة المناسبة للبيئة المحلية.

دراسة مؤشرات نباتية أخرى جديدة، والتي يتم تطويرها في العالم لتوسيع المدى.

المراجع

1. الزاوي، ع. (2020). استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في رصد التغيرات البيئية في ليبيا. مجلة العلوم البيئية، 15(2)، 45-60.
2. عبد السلام، م. (2019). تدهور الغطاء النباتي في المناطق الجافة: حالة سهل الجفارة. مركز الدراسات الصحراوية.
3. الشوشان، ح. م. (2006). دراسة الغطاء النباتي باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد في منطقة القره بولي. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الزراعة، جامعة الفاتح، طرابلس.
4. بالحاج، ع. س. (2009). دراسة الغطاء النباتي وتأثير نوعية المياه الجوفية عليه بمنطقة سهل الجفارة بوادي الحي في شمال غرب ليبيا بواسطة تقنيات الاستشعار عن بعد. المجلة الجامعة، كلية العلوم الزاوية، مجلد 3، العدد 16، 6-12.
5. الزروق، ج. الم. م. ع. (2013). تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم معلومات الجغرافيا في دراسة تأكل الغطاء النباتي في منطقة سبها. رسالة ماجستير غير منشورة، الأكاديمية الليبية، طرابلس.
6. المطيري، ب.، البطاي، ع.، أيت بلعيد، م.، و محمد، ن. (2013). دراسة مقارنة بين مؤشري SAVI و NDVI للنباتات في منطقة الصليبية بدولة الكويت. المجلة العلمية لعلوم الأرض، 1(2)، 50-53
7. Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295-309.
8. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Third ERTS Symposium NASA SP-351*, pp. 309-317.
9. Silleos, G. N., Alexandridis, K. T., Gitas, Z. I., & Perakis, K. (2006). Vegetation indices: Advances made in biomass estimation and vegetation monitoring in the last 30 years. *Geocarto International*, 21(4), 21-28.
10. Chuvieco, E. (2020). Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach. CRC Press.
11. Benkouider, F., Abdellaoui, A., Hamami, L., & Elaihar, M. (2013). Spatio temporal analysis of vegetation by vegetation indices from multi-dates satellite images: Application to a semi arid area in Algeria. Energy Procedia, 36, 667-675.
12. Volite, V., & Venkata, R. M. (2017). Comparative study of NDVI and SAVI vegetation indices in Anantapur district semi-arid areas. International Journal of Civil Engineering and Technology, 8(4), 559-566.

THE LIBYAN JOURNAL OF AGRICULTURE
Volume (31), No. (2), 2026: 27 - 34

Assessment of the Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) Performance in Monitoring and Detecting Vegetation Cover Changes in the Al-Jafara Region, Libya.

Azalarib. S. Ali; Eman Ashour Alsunsi; Bashir A Nwer and Mukhtar M Elaalem

Department of Soil and Water- Faculty of Agriculture - University of Tripoli

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the performance of the Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) in monitoring spatiotemporal changes of vegetation cover in a semi-arid area of the Al-Jafara plain (Al-Zahra), Libya, and to compare it with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Time series of Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI imagery from 1980, 2000, and 2022 were analyzed. Both indices revealed similar trends of significant decline in dense vegetation (e.g., woody lands) and rapid expansion of urban and bare areas. However, SAVI exhibited higher sensitivity in distinguishing vegetation from soil background effects than NDVI, particularly in low-to-medium density vegetation zones, making it more suitable for fragile semi-arid conditions. The study recommends adopting SAVI in national programs for desertification and land degradation monitoring, and for enhancing vegetation management policies in similar regions.

Key Words: Remote sensing, GIS, vegetation cover, NDVI, SAVI, Al-Jafara plain, desertification.

Corresponding Author: Azalarib S. Ali. Department of Soil and Water- Faculty of Agriculture - University of Tripoli
Phone: +218 91 525 7914 Email: ezalarab.ali@uot.edu.ly
Received: 31/05/2026 Accepted: 20/07/2026