



تأثير العوامل المحيطة بالغطاء النباتي في قيمة المؤشر النباتي NDVI لصور القمر الصناعي Landsat في منطقة الجبل الأخضر

د. غادة محمد علي هويدي

أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية/ كلية الآداب /جامعة درنة -ليبيا

Ghadah_ahweedi@yahoo.com

تاريخ الاستلام 2025/11/28 تاريخ القبول 2025/11/06 تاريخ النشر 2026/01/01

الملخص:

تستخدم مؤشرات الغطاء النباتي (Vegetation Indices VI) في وصف مدى خصبة الغطاء النباتي أو كثافته النسبية وصحته في صور الأقمار الصناعية. وقد طورت مؤشرات الغطاء النباتي لاستخراج إشارة النبات فقط، إلا أن خلفية التربة، وظروف الرطوبة، وزاوية سمت الشمس، وزاوية رؤية المستشعر، وتفاعلات الغلاف الجوي قد تؤثر في انعكاس أو ارتداد الإشعاع المنعكس من النبات للمستشعر، وبالتالي قد تغير قيم مؤشرات الغطاء النباتي وإعطاء قيمة قد تكون غير حقيقة عن كثافة الغطاء النباتي أو تراجعه عبر الزمن. ويُعد المؤشر النباتي Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) من صور القمر الصناعي sat Land، من المؤشرات النباتية سهلة وشائعة الاستخدام في استخراج قيمة وكثافة الغطاء النباتي السائد في منطقة ما، إلا أن هذا المؤشر قد يتأثر بالعوامل المحيطة بالنبات، فيعطي قيمة قد تكون غير حقيقة. لذلك تهدف الدراسة لمعرفة قيمة مؤشر Enhanced Adjusted Vegetation Index (SAVI) Soil Vegetation Index (EVI) ومقارنته بمؤشر EVI، ومدى صلاحيته لتقييم كثافة أي غطاء نباتي وفق أي ظروف بيئية محطة بالغطاء النباتي، وكذلك رصد التغيرات في الغطاء النباتي لمنطقة الجبل الأخضر خلال 50 عاماً الماضية، والتعرف على التغير في الغطاء النباتي. وقد اعتمدت هذه الدراسة على صورة عالية الدقة مكايها (30 متراً) من TM، لمنطقة الدراسة لشهر أغسطس 2023، واحتساب المؤشرات النباتية NDVI، SAVI، EVI، لكل بكسل نفس الصورة، وذلك لقياس الغطاء النباتي في منطقة الجبل الأخضر، ومقارنة النتائج لتقييم مؤشر NDVI، ومعرفة تأثيرات العوامل عليه، وكذلك صور الأقمار الصناعية من 1972 إلى 2023 للتعرف على التغير في الغطاء النباتي للمنطقة. ومن أهم نتائج هذه الدراسة، لتقييم الغطاء النباتي يستحسن استخدام أكثر من مؤشر مع مؤشر NDVI، للحصول على قيمة حقيقة للغطاء النباتي السائد في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: المؤشر النباتي، الاستشعار عن بعد، القمر الصناعي.

**The Influence of Surrounding Environmental Factors on NDVI
Values Derived from Landsat Satellite Imagery in
the Al-Jabal Al-Akhdar Region**

Ghada Mohammed Ali Ahweedi

Assistant Professor, Department of Geography and Geographic Information Systems
Faculty of Arts, University of Derna, Libya.

Ghadah_ahweedi@yahoo.com

Received: 06/11/2025

Accepted: 28/11/2025

Published: 01/01/2026

Abstract:

Vegetation Indices (VIs) are widely used to describe vegetation greenness, relative density, and health in satellite imagery. Although vegetation indices were developed to extract vegetation signals exclusively, several external factors—such as soil background, moisture conditions, solar azimuth angle, sensor viewing angle, and atmospheric interactions—can influence the reflectance received by the sensor. Consequently, these factors may alter vegetation index values, leading to results that do not accurately represent vegetation density or its temporal variation. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), derived from Landsat satellite imagery, is among the most commonly used and simplest vegetation indices for estimating vegetation density and coverage in a given area. However, NDVI values may be affected by surrounding environmental conditions, potentially yielding misleading estimates. Therefore, this study aims to evaluate NDVI values by comparing them with the Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) and the Enhanced Vegetation Index (EVI), in order to assess the suitability of NDVI for evaluating vegetation density under varying environmental conditions. The study also aims to monitor vegetation cover changes in the Al-Jabal Al-Akhdar region over the past 50 years and to identify long-term vegetation dynamics. The analysis was based on a high spatial resolution (30 m) Landsat TM image acquired in August 2023, from which NDVI, SAVI, and EVI were calculated for each pixel within the study area to assess vegetation cover and compare index performance. In addition, multi-temporal satellite images spanning the period from 1972 to 2023 were utilized to examine long-term changes in vegetation cover across the region. One of the key findings of the study is that, for accurate vegetation cover assessment, it is preferable to use multiple vegetation indices in conjunction with NDVI to obtain more reliable estimates of actual vegetation conditions in the study area.

Keywords:Vegetation index; Remote sensing; Satellite imagery.



مقدمة:

الاستشعار عن بعد هو رصد وقياس الأجسام على الأرض، والغلاف الجوي، والمحيطات، عن بعد (Suwanprasit & Srichai, 2012)، حيث تنتقل إشارة الطاقة الإشعاعية من الجسم إلى المستشعر على شكل إشعاع كهرومغناطيسي؛ مما يمكن من قياس المعلومات المتعلقة بالجسم عن بعد (Solaimani et al., 2001)، فتتعكس الطاقة الكهرومغناطيسية الواردة إلى سطح الأرض من الشمس، أو تنتقل، أو تتصبّس، على شكل أطوال موجية قصيرة (أشعة جاما، الأشعة السينية) وأطوال موجية طويلة (المريئة، الأشعة تحت الحمراء)، ويمكن التعرف على أنواع مختلفة من الغطاء النباتي من خلال سلوكها الطيفي في شكل إشعاع منعكّس عبر مناطق الطول الموجي المختلفة (Bannari, 1995 et al)، وللنباتات بصمة طيفية فريدة تُمكّنها من التمييز عن أنواع أخرى من الغطاء الأرضي وتستخدم للتعرف على كثافة الغطاء النباتي ونوعه وكذلك التغيير الذي يطرأ عليه عبر الزمن.

وتستخدم مؤشرات الغطاء النباتي Vegetation Indices (VI) في وصف مدى خضرة الغطاء النباتي أو كثافته النسبية وصحته في صورة الأقمار الصناعية، وقد ترتبط هذه المؤشرات بكمية الإشعاع النشط ضوئياً الذي يمتلكه الغطاء النباتي، وبالتالي بالعمليات الفسيولوجية، مثل التمثيل الضوئي، التي تحدث في الغطاء العلوي (Huete, 2012).

وقد طُورت مؤشرات الغطاء النباتي لاستخراج إشارة النبات فقط، إلا أن خلفية التربة، وظروف الرطوبة، وزاوية سمّت الشمس، وزاوية رؤية المستشعر، وتفاعلات الغلاف الجوي قد تغير قيم مؤشرات الغطاء النباتي بطرق معقدة. وبعد المؤشر النباتي Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) من المؤشرات النباتية سهلة وشائعة الاستخدام في استخراج قيمة وكثافة الغطاء النباتي السائد في منطقة ما، إلا أن هذا المؤشر قد يتأثر بالعوامل المحيطة بالنبات من اختلاف التربة، والمواد العضوية من أوراق متساقطة وبعض أجزاء من النبات تعطي سطح التربة أسفل النبات، والتي قد تؤثر في انعكاس أو ارتداد الإشعاع المنعكّس من النبات للمستشعر على القمر الصناعي، وبالتالي إعطاء قيمة قد تكون غير حقيقة. لذلك هدف الدراسة في معرفة تأثير عامل التربة والمواد العضوية في قيمة مؤشر الغطاء النباتي NDVI من صور القمر الصناعي Land sat، ومقارنة قيمة الغطاء النباتي للمؤشر Soil Adjusted NDVI، ومؤشر NDVI.

Vegetation Index (SAVI) وهو ما يعرف بمعامل سطوع التربة، Enhanced Vegetation Index (EVI)، الذي يعرف بمؤشر النبات المحسن، لرصد التغيرات في الغطاء النباتي لمنطقة الجبل الأخضر ومعرفة الفرق في قيم المؤشر وبالتالي معرفة تأثير العوامل عليه.

مشكلة الدراسة :

تؤثر العوامل المحيطة بالغطاء النباتي كخلفية التربة وسطوعها، وكذلك المواد العضوية التي تغطي سطح التربة أسفل النبات، على الإشعاع المنعكس من الغطاء النباتي والواصل للمستشعر على القمر الصناعي، وبالتالي إعطاء قيمة خاطئة عن كثافة الغطاء النباتي أو تراجعه عبر الزمن، لذلك فإن استخدام المؤشر NDVI لوحده لتقييم كثافة الغطاء النباتي في الجبل الأخضر قد يعطي قيم غير دقيقة أو خاطئة بسبب تنوع البيئة الطبيعية للجبل الأخضر، من مناطق تتميز بكثافة الغطاء النباتي في السفوح الشمالية للجبل الأخضر ومناطق جافة أو شبه جافة يتبعان ويقل فيها الغطاء النباتي على السفوح الجنوبية ، لذلك لابد من استخدام مؤشرين نباتيين آخرين، أحدهما يزيل أثر التربة والآخر يزيل أثر المواد العضوية وبالتالي معرفة قيمة تأثير العوامل على قيمة كثافة الغطاء النباتي لمنطقة الدراسة.

فرضية الدراسة:

1- تؤثر العوامل المحيطة بالنباتات بشكل مباشر على قيمة مؤشرات الغطاء النباتي المنعكسة للمستشعر، وبالتالي إعطاء قيمة مغایرة للواقع عند استخدام صور الأقمار الصناعية في رصد تغير كثافة الغطاء النباتي عبر الزمن.

2- إن اختلاف قيمة المؤشرات النباتية ومقارنة نتائجها تسمح بمعرفة أثر هذه العوامل.

المهدف من الدراسة:

1- معرفة قيمة مؤشر الغطاء النباتي NDVI لمنطقة الجبل الأخضر، ومقارنته بالمؤشرات EVI و SAVI، لمعرفة القيمة الحقيقة للغطاء النباتي، ومعرفة مدى صلاحيته لتقييم كثافة أي غطاء نباتي وفق أي ظروف بيئية محيطة بالغطاء النباتي.

2- استخدام السلسلة الزمنية للمؤشرات النباتية لصور الأقمار الصناعية من عام 1972-2023، لمعرفة التغير في الغطاء النباتي للجبل الأخضر خلال 50 عام.



أهمية الدراسة:

- 1-استخدام المؤشرات النباتية للتعرف على قيمة الغطاء النباتي والمقارنة بين نتائجها؛ لاستخراج القيمة الحقيقة لكتافة الغطاء النباتي، والتعرف على آثر عاملي التربة والمواد العضوية على الطيف المنعكس، والذي يستقبله المستشعر على القمر الصناعي، وبالتالي إعطاء قيمة غير صحيحة على كثافة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة.
- 2-معرفة التغير في الغطاء النباتي للجبل الأخضر خلال 50 عام السابقة، باستخدام صور القمر الصناعي لاندساسات.

مناهج الدراسة:

لمعرفة أثر العوامل المحيطة بالنباتات على مؤشرات الغطاء النباتي في منطقة الجبل الأخضر، يتطلب البحث مجموعة من صور القمر الصناعي Landsat؛ لأنها متاحة لفترة طويلة وسهلة الاستخدام وتغطي مساحة كبيرة والمتسسلة بدءاً من عام 1972 إلى الوقت الحاضر، وسوف تعتمد الدراسة على المنهج التحليلي والمقارن؛ للتعرف على قيم المؤشرات والمقارنة بينها، وهي كالتالي:

- المنهج التحليلي:

اعتمدت الدراسة على تحليل صورة لاندساسات أغسطس 2023، لذلك كان من الضروري تصحيح الصورة عن طريق إزالة التأثيرات الجوية والطبوغرافية للحصول على قيم نباتية صحيحة. واستخراج المؤشرات النباتية NDVI، SAVI، EVI، من نفس الصورة، أي استخدام نفس الصورة لاستخراج كل مؤشر بعد اجراء التصحيحات اللازمة عليها، حيث سيحسب هذا المنهج الغطاء النباتي في لكل بكسل في صور القمر الصناعي لقياس وجود الغطاء النباتي الأخضر في منطقة الجبل الأخضر، وإجراء مقارنة للنتائج لتقدير المؤشر NDVI، ومعرفة تأثيرات العوامل التي تؤثر على انعكاس الغطاء النباتي.

- المنهج المقارن:

استخدمت الدراسة المنهج المقارن؛ مقارنة النتائج والقيم المتحصل عليها من تحليل المؤشرات الطيفية النباتية NDVI، SAVI، EVI، لمعرفة خصائص كل مؤشر من المؤشرات المستخدمة في الدراسة.

الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة:

تقع منطقة الجبل الأخضر في شمال شرق ليبيا، بين خطى عرض 58°00' - 58°32' شماليًّا وخطى طول 19°56' - 23°09' شرقًا، وتبلغ مساحتها الإجمالية حوالي 7800 كيلومترًا مربعًا، وتنتمي لمسافة تزيد عن 300 كيلومترًا على طول الساحل الليبي. وتتميز هذه المنطقة الواسعة بتنوع بيئتها الطبيعية، نتيجةً لاختلاف التضاريس والمناخ والموارد المائية والتربة والغطاء النباتي الطبيعي.

أولاً:- تقييم الغطاء النباتي باستخدام صور الأقمار الصناعية: **Landsat**

اعتمدت هذه الدراسة على صورة عالية الدقة مكانيًّا (30 متراً) من TM Landsat، خالية من السحب تغطي منطقة الدراسة بأكملها للعام أغسطس 2023، حيث استخدمت الدراسة تحديًّا الصورة الملقطة في موسم عدم سقوط الأمطار لتجنب تغيرات الغطاء النباتي المرتبطة بالاختلافات الموسمية التي يمكن أن تُؤثِّر في تباين الاستجابات الطيفية، فتكونن قيم مؤشر الغطاء النباتي (VI) أعلى خلال موسم الأمطار (ديسمبر، يناير، فبراير)، مقارنةً بموسم الجفاف أو الحر (يونيو، يوليو، أغسطس)، حيث تكون قيم مؤشر الغطاء النباتي منخفضة (Wilson, 2011). قد تحسَّن زيادة هطول الأمطار خلال مواسم الأمطار من توافر الرطوبة للنباتات، مما يؤدي إلى زيادة نمو النباتات، وهو ما قد يكون حاسماً أو يُفسِّر جزئياً على الأقل زيادة الغطاء النباتي.

تستخدم الدراسة مؤشرات الغطاء النباتي، وهي مزيج من انعكاسات السطح عند طولين موجيين أو أكثر، وهي مُصممة لتقييم الغطاء النباتي كميًّا (Bannari et al., 1995). وتحتمل المؤشرات EVI، SAVI و NDVI بسهولة استخدامها، ولذلك سيم استخراج قيمة كل مؤشر لكل صورة، لرسم خريطة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة ومعرفة تأثير بعض العوامل المحيطة بالغطاء النباتي على هذه المؤشرات.

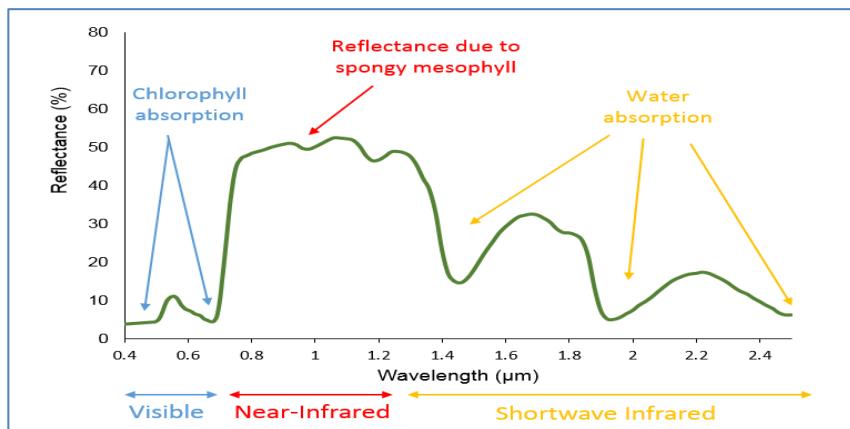
1-1 البصمة الطيفية للغطاء النباتي:

للنباتات بصمة طيفية فريدة تُمكِّنها من التمييز عن أنواع أخرى من الغطاء الأرضي (Jiménez & Díaz-Delgado, 2015)، حيث تعتمد الاستجابة الطيفية للنباتات على عوامل، مثل اتجاه وارتفاع الشمس في السماء (زاوية ارتفاع الشمس)، وصحة النباتات، وحالة الغلاف الجوي (Shaw & Burke, 2003). كما يؤدي اختلاف



محتوى الماء، والصبغة، ومحظى الكربون، ومحظى النيتروجين في النباتات إلى اختلاف الطيف (Silleos et al., 2006). يمكن قياس الانعكاس الطيفي للنباتات في ثلاثة مناطق رئيسية للأطوال الموجية (الشكل 1):

الشكل (1): التوزيع الطيفي للنباتات الخضراء.



(GSP216, 2014)

(i) الأطوال الموجية المرئية (0.4-0.7 ميكرومتر): انعكاسية منخفضة، امتصاصية عالية، ونفاذية منخفضة. هنا، يكون انعكاس الغطاء النباتي منخفضاً في كلٍ من مناطقي الطيف الأزرق والأحمر، بسبب امتصاص الكلوروفيل للإشعاع اللازم لعملية التمثيل الضوئي (Cracknell, 2007)، ولكن توجد ذروة انعكاسية طفيفة في النطاق الأخضر، وهذا هو سبب ظهور الغطاء النباتي النامي باللون الأخضر.

(ii) الأشعة تحت الحمراء القريبة (0.7-1.3 ميكرومتر): انعكاسية ونفاذية عالية، امتصاصية منخفضة جداً. الانعكاسية عالية بسبب البنية الخلوية في الأوراق (Rivaes et al., 2013). وبالتالي، يمكن تحديد الغطاء النباتي من خلال ارتفاع مستوى الأشعة تحت الحمراء القريبة.

(iii) الأشعة تحت الحمراء المتوسطة (1.3-2.5 ميكرومتر): ينخفض كلٌ من الانعكاسية والنفاذية عموماً من المتوسط إلى المنخفض، بينما يزداد الامتصاص من المنخفض إلى المرتفع (Rivaes et al., 2013)، كما يؤثر التركيب الداخلي للورقة إلى حدٍ ما، إلا أن الانعكاسية تتحمّل بها إلى حدٍ كبير نسبة الماء في أنسجة الورقة.

كما يمكن استخدام الانعكاس الطيفي للتمييز بين المناطق المزروعة وغير المزروعة في صور الاستشعار عن بعد، وإظهار الاختلافات بين الأنواع (Mather, 1996). ومع ذلك، يتأثر الانعكاس بعوامل مثل حالة مغذيات التربة، ومرحلة نمو النباتات، ولون التربة (الذى قد يتأثر بالظروف الجوية الأخيرة) (Kharuk et al., 1992; Rivaes et al., 2013). كما يمكن استخدام قيم الانعكاس لتقدير الخصائص الفيزيائية للنباتات، مثل مساحة الأوراق أو إنتاج الكتلة الحيوية (Jiménez & Díaz-Delgado, 2015).

2-1 مؤشرات الغطاء النباتي : (VI) Vegetation Indices

تشتت مؤشرات الغطاء النباتي (VI) من الانعكاس الطيفي للأوراق ومظللات الأشجار، كما تُقاس بواسطة أجهزة استشعار الاستشعار عن بعد، وتُستخدم للكشف عن التغيرات في الغطاء النباتي، وهي مؤشرات تصف مدى خضرة الغطاء النباتي أو كثافته النسبية وصحّته في صورة الأقمار الصناعية، وقد ترتبط بكمية الإشعاع النشط ضوئياً الذي يمتصه الغطاء النباتي، وبالتالي بالعمليات الفسيولوجية، مثل التمثيل الضوئي، التي تحدث في الغطاء العلوي للأشجار (Huete, 2012). وقد طُورت مؤشرات الغطاء النباتي لاستخراج إشارة النبات فقط، إلا أن خلفية التربة، وظروف الرطوبة، وزاوية سمّت الشمس، وزاوية رؤية المستشعر، والغلاف الجوي قد تغيّر قيم مؤشرات الغطاء النباتي بطرق معقدة (Jackson 1991 & Huete, 1991)، حيث قد طُور أكثر من أربعين مؤشراً للغطاء النباتي خلال العقود الماضيين باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد، لتقييم استجابة الغطاء النباتي والحد من آثار العوامل المذكورة أعلاه (Bannari et al., 1995; Gandhi et al., 1995; 2015). وفيما يلي وصفٌ لمؤشرات الغطاء النباتي المستخدمة في الدراسة لمعرفة تأثير العوامل المحيطة بالغطاء النباتي على قيم هذه المؤشرات:

1-2-1 مؤشر الاختلاف الطبيعي النباتي (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI))

يقيس مؤشر الاختلاف الطبيعي النباتي (NDVI) الكتلة الحيوية للأوراق الخضراء، ويُستخدم أيضاً لتقدير نسبة الغطاء النباتي والنسبة المئوية الدقيقة للإسقاط الرأسي للنبات (الفرع والساقي والأوراق) في منطقة من سطح الأرض (Li et al., 2015)، يُحسب مؤشر الغطاء النباتي الموحد كنسبة الفرق بين انعكاسية الغطاء النباتي المقاسة في نطاقي



الأشعة الحمراء والقريبة من الأشعة تحت الحمراء على التوالي (Gandhi et al., 2015). تتميز أطوال الموجات الحمراء والقريبة من الأشعة تحت الحمراء بحساسيتها لوجود النباتات الخضراء، وانخفاض انعكاسية الغطاء النباتي ينبع عن امتصاص الكلوروفيل بواسطة النطاق الأحمر، لذلك يمكن للطول الموجي الأحمر التمييز بين المناطق الجافة والخضراء. أما الانعكاسية العالية للغطاء النباتي في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة، فتُعزى إلى انكسار الإشعاع داخل الورقة بسبب تركيبها الخلوي، وبالتالي، يمكن للأطوال الموجية القريبة من الأشعة تحت الحمراء رصد كثافة وتوزيع الغطاء النباتي والتمييز بين النباتات والتراب والماء (Bannari et al., 1995). ويُستخدم مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي (NDVI) على نطاق واسع كمؤشر لإنتاجية الغطاء النباتي ومقاييس للغطاء النباتي (Wang et al., 2004; Andela et al., 2013) . يُحسب مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي لكل بكسل في صورة القمر الصناعي باستخدام المعادلة التالية (المعادلة 1):

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

حيث NIR هو انعكاس الأشعة تحت الحمراء القريبة و RED هو انعكاس الأحمر. تتراوح قيم مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي (NDVI) بين 1- و+1، حيث يبلغ الحد الأقصى للخضرة النظرية عند $NDVI = 1$ ، وتكون قيم المناطق قليلة الغطاء النباتي أو غير النباتية قريبة من الصفر (Blondel, 2010; Jin et al., 2008). يمكن أن يشير مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي (NDVI) إلى تغير الغطاء النباتي في منطقة معينة من خلال سلسلة زمنية من صور مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي (Wang et al., 2004; Ahl et al., 2006).

2-2-1 مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة :Index (SAVI)

تؤثر خلفية التربة وسطوعها بشكل كبير على أطيااف الغطاء النباتي ومؤشرات الغطاء النباتي المحسوبة، على سبيل المثال، تزيد التربة الداكنة من كمية الغطاء النباتي المقدرة وتعطي قيمًا أعلى لمؤشر الغطاء النباتي (Huete, 1988). وتُعد خلفية التربة أحد التحديات التي تواجه الاستشعار عن بعد لرصد الغطاء النباتي (Gilabert et al., 2002)، حيث

يؤثر سطوع التربة ولوحها بشكل كبير على مؤشر انعكاس الغطاء النباتي (Bannari et al.). 1995 وقد تم تقديم مؤشرات معدلة للتربة مثل مؤشر الانعكاس (SAVI) لمعالجة هذه المشكلة، وخطوة مهمة نحو وصف أنظمة التربة والغطاء النباتي الديناميكية من بيانات الاستشعار عن بعد ومحاولة تقليل تأثير التربة. ويفترض SAVI أن معظم أطياف التربة تتبع نفس خط التربة عند استخدام الأحمر والأشعة تحت الحمراء القريبة. هذه هي "العلاقة الخطية بين الانعكاس في أطوال موجات الأحمر والأشعة تحت الحمراء القريبة لانعكاس التربة العارية مع اختلاف خشونة الطوبية" (Gilabert et al., 2002 pp303)، فيقلل من تأثير سطوع التربة على قيمة مؤشرات الغطاء النباتي بين -1 و $+1$ والتي تتضمن أطوال موجات الأشعة تحت الحمراء والأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) (Rondeaux et al., 1996)، لحساب مؤشر سطوع التربة (SAVI) من الصور، تُستخدم المعادلة التالية (المعادلة 2):-

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{(NIR + RED + L)} * (1 + L)$$

حيث أن L هو عامل تعديل قدره 0.5، وقد وجد أنه العامل الأمثل في تقليل تأثير التربة على كامل نطاق أغطية مظللات الاشجار (Huete, 1988).

3-2-1 مؤشر الغطاء النباتي المحسّن :Enhanced Vegetation Index (EVI)

اقترحت مجموعة دراسة الأرضي MODIS مؤشر الغطاء النباتي المحسّن (EVI) لتوفير معلومات مكانية وزمانية حول الغطاء النباتي العالمي (Matsushita et al., 2007)، مع إطلاق أجهزة استشعار MODIS، اعتمدت ناسا مؤشر الغطاء النباتي المحسّن كمنتج قياسي من MODIS، والذي تُوزّعه هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) (Sesnie et al., 2012)، طُور مؤشر الغطاء النباتي المحسّن (EVI) كمؤشر بديل للغطاء النباتي لتقليل تأثير الظروف الجوية على قيم مؤشر الغطاء النباتي، ولتصحيح إشارات خلفية الغطاء النباتي بمعنى إزالة تأثير المواد العضوية من أوراق ومواد نباتية متساقطة أسفل الغطاء النباتي (Jiang et al., 2008). ويختلف مؤشر الغطاء النباتي المحسّن (EVI) عن مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي (NDVI) لأنّه يميل إلى أن يكون أكثر حساسية لاختلافات الغطاء النباتي، مثل مؤشر مساحة الورقة (LAI)، وبنية الغطاء

النباتي، وظواهر النباتات، بينما يستجيب مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي (NDVI) فقط لكمية الكلوروفيل الموجودة في النبات، ويستخدم هذا المؤشر نطاقاً أحمر ونطاقاً قريباً من الأشعة تحت الحمراء لالتقاط كمية الغطاء النباتي، ونطاقاً أزرق لإزالة تأثير الغلاف الجوي من النطاق الأحمر. ويُحسب باستخدام المعادلة التالية (المعادلة 2.3):

$$EVI = G \times \frac{(NIR - RED)}{(NIR + C1 \times RED - C2 \times Blue + L)}$$

حيث تمثل الأشعة تحت الحمراء القرية (NIR) والأحمر والأزرق أطوال موجية لانعكاس السطح مصححة جواً، بينما تمثل C1 و C2 و L معاملات لتصحيح الظروف الجوية (أي سُمك الهباء الجوي). بالنسبة لمنتج MODIS EVI القياسي، فإن 1 = L و 6 = C1 = 7.5 و 6 = C2، حيث يتميز EVI بالقدرة على تحسين مراقبة الغطاء النباتي من خلال تقليل تأثيرات التربة والغلاف الجوي (Rondeaux et al., 1996).

ثانياً: مؤشرات الغطاء النباتي في منطقة الدراسة وأثر العوامل المحيطة بالنبات على هذه القيم:

اختيرت هذه المؤشرات تحديداً نظراً لتنوع كثافة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، ولتقدير الغطاء النباتي دون تأثير عوامل أخرى كالغلاف الجوي والتربة والغطاء النباتي. وقد استُخدم مؤشر الغطاء النباتي الموحد NDVI لتقدير الغطاء النباتي حتى في المناطق ذات الكثافة النباتية المنخفضة (Wang et al., 2004)، كما استُخدم مؤشر انعكاس الغطاء النباتي (SAVI) لتقدير الغطاء النباتي دون الأخذ بعين الاعتبار سطوع التربة أو لوخها، ونظراً لتعدد أنواع التربة في منطقة الدراسة وبالتالي اختلاف انعكاسها والذي قد يؤثر على قيم مؤشر تباين الغطاء النباتي (VI) في المناطق قليلة الغطاء النباتي (Huete et al., 1998).

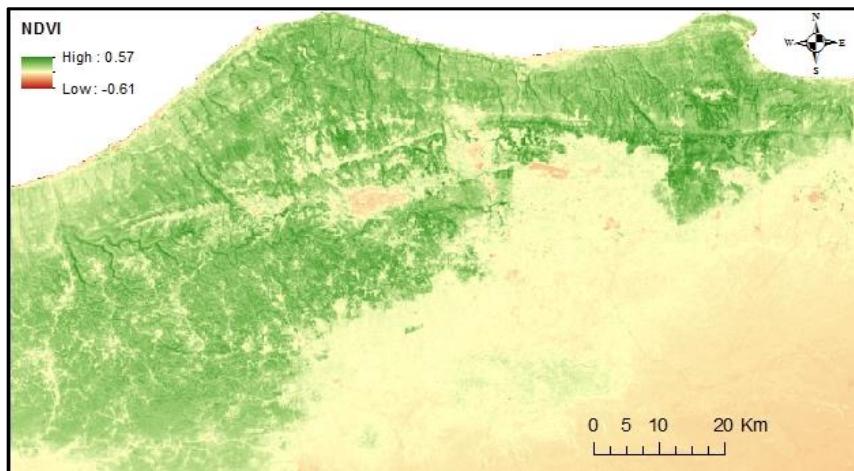
يعد هذا المعامل مفيداً جداً في المناطق الجافة والشبه الجافة، فعند استخدام مؤشر الغطاء النباتي NDVI بهذه المناطق يتأثر بشدة بالتربة الساطعة أو المكسوقة مما قد يعطي قراءة مضللة؛ لذلك تعالج هذه المشكلة عن طريق استخدام مؤشر سطوع التربة SAVI؛ وعليه فاستخدام هذا المؤشر يكون مفيداً بالقسم الجنوبي من الجبل الأخضر حيث تكون التربة مكسوقة بسبب تباعد الغطاء النباتي. أما القسم الأوسط والحادي الشمالي من الجبل فهي

تتميز بخطاء نباتي يصل إلى أن يكون كثيفاً. كما استخدمت الدراسة مؤشر الغطاء النباتي البيئي (EVI) لإزالة تأثير التربة تحت الغطاء النباتي، وخاصةً المناطق ذات الكثافة النباتية العالية، لأن المواد الموجودة على الأرض قد تؤثر على قيمة الغطاء النباتي.

2-1 مؤشر الاختلاف الطبيعي الغطاء النباتي (NDVI)

أُنجزت صورة مؤشر الغطاء النباتي NDVI من مركبات لاندسات باستخدام برنامج ERDAS Imagine، للعام 2023 (الشكل 2)، في منطقة الدراسة.

الشكل(2): المؤشر النباتي NDVI لمنطقة الجبل الأخضر عام 2023



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على صورة القمر الصناعي Land sat TM لعام 2023 وباستخدام برنامج ERDAS Imagine 2014.

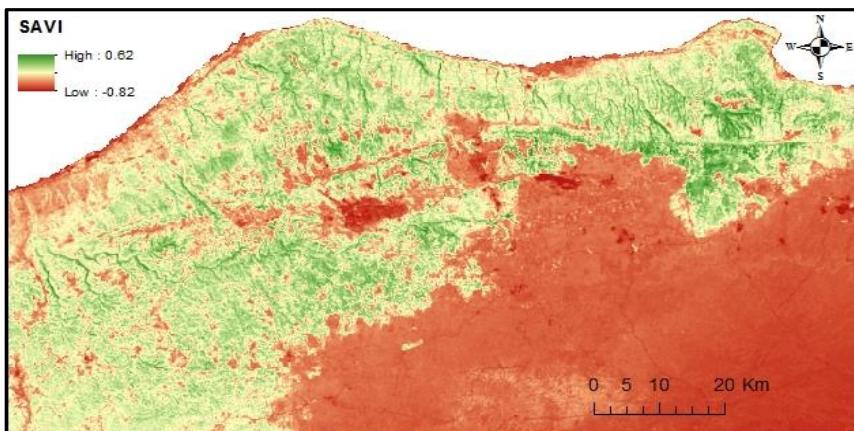
أعطى كل بيكسل قيمة للغطاء النباتي سواء كانت غابات أو شجيرات أو منطقة عشبية، حيث تتراوح ما بين 1 لتدل على كثافة الغطاء النباتي و -1 لتدل على خلو المنطقة من أي نبات، ومن خلال الشكل السابق يتضح أن أعلى قيمة نباتية أي كثافة تبلغ 0.57 معنى متوسط الكثافة بالنسبة للمؤشر NDVI، بينما أقل قيمة للبيكسل كانت -0.61، معنى منطقة خالية من النبات، وظهرت هذه المناطق في جنوب الجبل الأخضر وبعض المناطق في الشمال، وهي مناطق تغطيها المدن أو أنشطة بشريّة.

2-2 مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI):

تمَّ انتاج خريطة للمؤشر النباتي المعدل للتربة من نفس صورة القمر الصناعي لاندسات

2023، وفيها تم إزالة تأثير انعكاس التربة خاصة في المناطق قليلة الكثافة النباتية (شكل 3). ومن خلال الشكل يتضح أن قيمة الغطاء النباتي قد زادت فكانت أعلى قيمة غطاء نباتي 0.62، وأقل قيمة 0.82، أي بفارق 0.05 للمناطق التي تغطيها النباتات 0.21 للمناطق التي تنخفض أو ينعدم فيها الغطاء النباتي، وهذه القيم هي قيمة الانعكاس الحقيقي بعد إزالة أثر انعكاس التربة من اضاءة ورطوبة وغيرها.

الشكل(3): المؤشر النباتي SAVI لمنطقة الجبل الأخضر عام 2023



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على صورة القمر الصناعي Land sat TM لعام 2023 وباستخدام برنامج ERDAS Imagine 2014

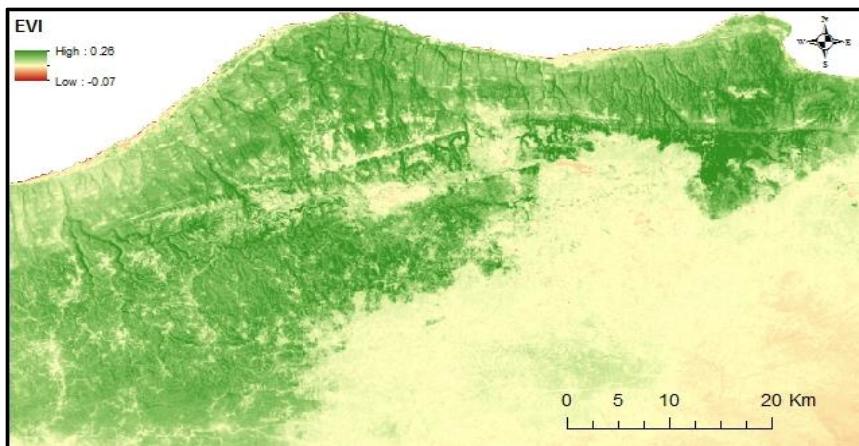
كما أنَّ المناطق المنخفضة والتي اظهرتها صورة المؤشر SAVI باللون القريب من الأحمر توضح أهم المناطق التي يقل أو ينعدم فيها الغطاء النباتي، وهي مناطق المدن مثل البيضاء وشحات وكذلك المناطق الجنوبيَّة للجبل الأخضر، حيث ينعدم الغطاء النباتي وتظهر الصحراء الصخرية.

2-3 مؤشر الغطاء النباتي المحسن (EVI):

وهو كالمؤشرين السابعين استخرجته من نفس صورة القمر الصناعي لنفس العام (شكل 4). وبالرغم من اختلاف القيم السالبة والموجبة لمؤشر الغطاء النباتي EVI عن قيم كل من مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي (NDVI) ومؤشر الغطاء النباتي المعتمد (SAVI)، إلا أنَّ المناطق ذات القيم السالبة كانت متشابهة وهي المناطق السكانية والمناطق الجنوبيَّة، ورُبما يرجع انخفاض النسب لمؤشر نفسه، حيث ظهرت أعلى قيمة للغطاء النباتي

0.26 والمناطق الحالية من النبات 0.07- وهي قيمة منخفضة جداً مقارنة بمؤشر NDVI.

الشكل(4): المؤشر النباتي EVI لمنطقة الجبل الأخضر عام 2023.



المصدر: من إعداد الباحث بالأعتماد على صورة القمر الصناعي Land sat TM للعام 2023 وباستخدام برنامج ERDAS Imagine 2014

4- مقارنة التغيرات في المؤشرات النباتية VI لمنطقة الجبل الأخضر من 1972 إلى 2023

تم استخراج المؤشرات النباتية المتوفرة لنفس الموسم في السنوات من (1972 إلى 2023) وذلك للمقارنة في اتجاه التغير في الغطاء النباتي طوال السنوات، وقورنت أوجه الاختلاف والتشابه عند تقييم الغطاء النباتي بين مختلف مؤشرات الغطاء النباتي الطيفية، واختار البحث أعلى قيمة سالبة في صور المؤشرات النباتية (NDVI, SAVI, EVI)، للعام 1972 ثم تم اختيار نفس البيكسل في السنوات اللاحقة (جدول رقم 1). فتم استخراج صورة السلسلة الزمنية لمؤشر الغطاء النباتي NDVI (11 قيمة) من 11 صورة، ثم جمع البحث قيم البيكسل نفسه من صور السلسلة الزمنية لمؤشر الغطاء النباتي (SAVI) ومؤشر الغطاء النباتي البيئي (EVI)، لإجراء المقارنة لحساب ميل الانحدار الخطي ومعامل الانحدار (R) لهذا البيكسل.



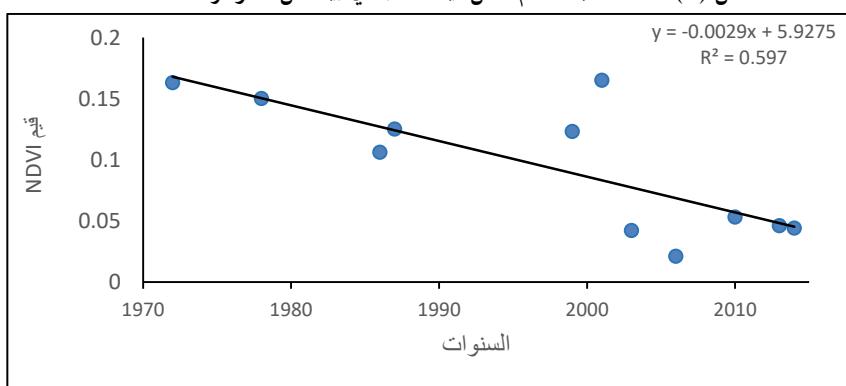
جدول (1) مقارنة أعلى قيم سالبة للمؤشرات النباتية المستخدمة
 للسنوات المتاحة من 1972 - 2023

Years	NDVI	SAVI	EVI
1972	0.163	0.115	-
1978	0.15	0.124	-
1986	0.106	0.098	-
1987	0.125	0.073	0.075
1999	0.123	0.051	0.069
2001	0.165	0.101	0.081
2003	0.042	0.033	0.033
2006	0.021	0.03	-
2010	0.053	0.053	0.039
2015	0.046	0.02	0.018
2023	0.044	0.031	0.014

المصدر: من إعداد الباحث بالأعتماد على صور الأقمار الصناعية لاندستات.

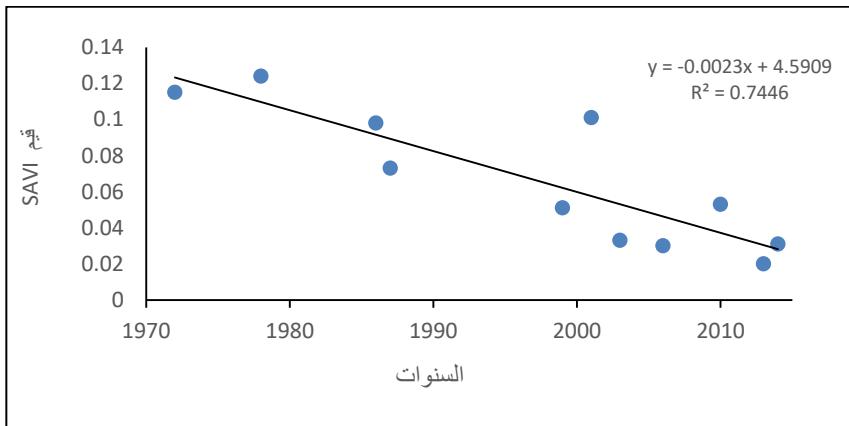
أظهرت جميع مؤشرات الغطاء النباتي اختلافات نوعية في الغطاء النباتي، وقد وفرت هذه القيم رؤى ثاقبة لتقدير تغير الغطاء النباتي في منطقة الدراسة. الاتجاه العام للتعرف اتجاهات التغير للغطاء النباتي لدة تزيد عن 50 عام، وتم انشاء الأشكال الآتية (شكل 5، 6، 7).

شكل (5): خط الاتجاه العام لأقل قيمة سالبة في بيكسيل للمؤشر NDVI.



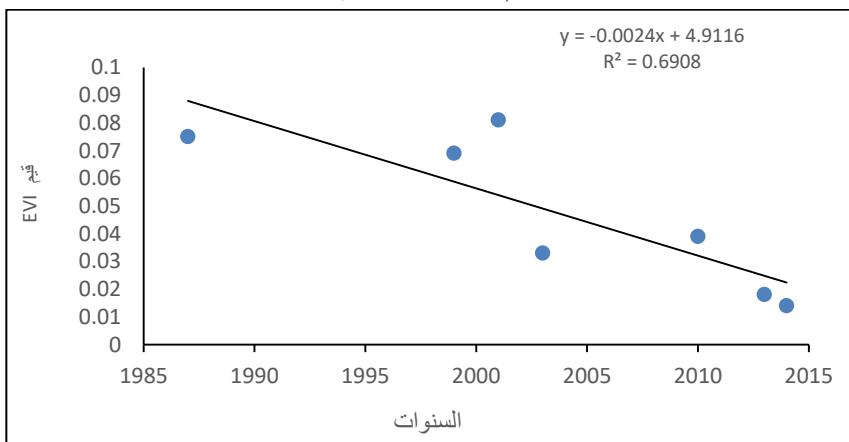
المصدر: من إعداد الباحث بالأعتماد على صور الأقمار الصناعية لاندستات.

شكل (6): خط الاتجاه العام لأقل قيمة سالبة في بيكسيل للمؤشر **SAVI**.



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على صور الأقمار الصناعية لاندست.

شكل (7): خط الاتجاه العام لأقل قيمة سالبة في بيكسيل للمؤشر **EVI**.



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على صور الأقمار الصناعية لاندست.

تُظهر نتائج جميع المؤشرات في الأشكال (5,6,7)، انحدار اتجاهات القيم في السنوات المختلفة والاختلافات في القيم بين مؤشرات الغطاء النباتي. على الرغم من وجود اختلافات في القيم بين مؤشرات الغطاء النباتي، إلا أن جميع مؤشرات الغطاء النباتي أظهرت مناطق شهدت انخفاضاً في مؤشر الغطاء النباتي (الغطاء النباتي) خلال فترة الدراسة، وهذا يدل على تناقص الغطاء النباتي الطبيعي في منطقة الدراسة واتساع الأنشطة البشرية من أراضي زراعية ومناطق عمرانية وغيرها.



ثالثاً: نتائج الدراسة:

من خلال دراسة المؤشرات النباتية لم منطقة الجبل الأخضر توصلت الدراسة إلى عدة نتائج، منها:-

- 1- تمثل مؤشرات الغطاء النباتي (VI) لصور لاندستات، تقنية بسيطة وفعالة للتقسيم الكمي للغطاء النباتي خلال الدراسة، وتحديد كمية الغطاء النباتي في المنطقة. كما يمكن مؤشر الغطاء النباتي (VI) توفير رؤى قيمة للغاية حول تغير الغطاء النباتي في منطقة الدراسة من خلال دراسة السلسلة الزمنية لمؤشر الغطاء النباتي (VI) على مدى فترة زمنية طويلة.
- 2- لا يجب استخدام مؤشر الاختلاف الطبيعي للغطاء النباتي NDVI لوحده في تقسيم الغطاء النباتي لمنطقة الجبل الأخضر، بسبب تأثيره بالعوامل المحيطة؛ بل يجب استخدام أكثر من مؤشر للحصول على قيمة حقيقة للغطاء النباتي السائد في المنطقة.
- 3- أكدت النتائج أن الانخفاض في مؤشر التغير المناخي (VI) يمكن تفسيره بالانخفاض الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، وعلى الرغم من وجود بعض الاختلافات بين مؤشر (EVI) و (SAVI) و (NDVI) تشترك في مناطق شهدت انخفاضاً في الغطاء النباتي خلال فترة الدراسة.
- 4- أظهرت نتائج تحليل الانحدار لمؤشر الغطاء النباتي (VI) في منطقة الجبل الأخضر، قيماً سالبة تبين انخفاضاً في اتجاهه، وبالتالي انخفاضاً في الغطاء النباتي في بعض المناطق. في المقابل، لم تشهد المناطق ذات القيم الموجبة أي تغير ملحوظ في الغطاء النباتي.
- 5- أسهم التحليل الإحصائي للانحدار لمؤشر الغطاء النباتي (VI) في إظهار قوة العلاقة الخطية بين مؤشر الغطاء النباتي (VI) والوقت. وقد حدد هذا التحليل أي البكسولات أظهرت علاقة ذات دلالة إحصائية، ثم حدد أي البكسولات أظهرت اتجاهها ذات دلالة إحصائية في مؤشر الغطاء النباتي (VI) بمور الوقت.

رابعاً التوصيات:

من خلال استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، والمؤشرات النباتية في تقييم الغطاء النباتي لمنطقة الجبل الأخضر، فإن الدراسة توصي بالآتي:

- 1- أن تقنية الاستشعار عن بعد أداة حديثة متقدمة، تتيح التعرف على أي ظاهرة وتطورها عبر الزمن من خلال استخدام صور الأقمار الصناعية لسنوات مختلفة، كما انه يساعد في

التعرف على الظواهر التي يصعب الوصول إليها أو رصدها.

2- يجب أن تراعي الظروف الطبيعية لأي منطقة عند تقييم الغطاء النباتي فيها، من تربة ومناخ وغيرها لأنها قد تؤثر على قيمة المؤشر النباتي وإعطاء صورة غير دقيقة عن الغطاء النباتي.

3- استخدام أكثر من مؤشر، في تقييم الغطاء النباتي لأن كل مؤشر يزيل أثر عامل من العوامل الخاطئة بالنبات وبالتالي من خلال مقارنة النتائج، تستطيع الدراسة رسم صورة لغطاء النباتي الحالي للمنطقة.

المصادر والمراجع:

- **Aggarwal, S.** (2004). Principles of remote sensing. Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology. "In Proceedings of the Training Workshop in Dehradun, India. AGM-8, WMO/TD, no.1182, 39-65
- **Ahl, D., Gower, S., Burrows, S., Shabanov, N., Myneni, R., & Knyazikhin, Y.** (2006). Monitoring spring canopy phenology of a deciduous broadleaf forest using MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 104(1), 88-95.
- **Andela, N., Liu, Y., van Dijk, M., de Jeu, R. A. M., & McVicar, T.** (2013). Global changes in dryland vegetation dynamics (1988-2008) assessed by satellite remote sensing: comparing a new passive microwave vegetation density record with reflective greenness data. *Biogeosciences*, 10(10), 6657.
- **Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., & Huete, A. R.** (1995). A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, 13(1-2), 95-120.
- **Blondel, J.** (2010). The Mediterranean region: biological diversity in space and time. Oxford University Press. Inc., New York.
- **Campbell, J. B.** (2002). Introduction to remote sensing. CRC Press.
- **Chuvieco, Emilio, and Alfredo Huete.** (2009). Fundamentals of satellite remote sensing. CRC Press Inc., London.
- **Cracknell, A. P.** (2007). Introduction to Remote Sensing. CRC press. New York.
- **Gandhi, G. M., Parthiban, S., Thummalu, N., & Christy, A.** (2015). Ndvi: Vegetation Change Detection Using Remote Sensing and Gis-A Case Study of Vellore District. *Procedia www.LFGS.LY*

Computer Science, 57, 1199-1210.

- **Gilabert, M. A., González-Piqueras, J., García-Haro, F. J., & Meliá, J.** (2002). A generalized soil-adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 82(2), 303-310
- **Huete, A. R.** (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295-309.
- **Huete, A. R.** (2012). Vegetation indices, remote sensing and forest monitoring. *Geography Compass*, 6(9), 513-532.
- **Jackson, R. D., & Huete, A. R.** (1991). Interpreting vegetation indices. *Preventive Veterinary Medicine*, 11(3-4), 185-200.
- **Jiang, Z., Huete, A. R., Didan, K., & Miura, T.** (2008). Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment*, 112(10), 3833-3845.
- **Jin, X. M., Zhang, Y. K., Schaepman, M. E., Clevers, J. G. P. W., & Su, Z.** (2008). Impact of elevation and aspect on the spatial distribution of vegetation in the Qilian mountain area with remote sensing data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 1385-1390.
- **Jiménez, M., & Díaz-Delgado, R.** (2015). Towards a standard plant species spectral library protocol for vegetation mapping: A case study in the shrubland of Doñana National Park. *ISPRS International Journal of Geo-information*, 4(4), 2472-2495
- **Lasanta, T., & Vicente-Serrano, S. M.** (2012). Complex land cover change processes in semiarid Mediterranean regions: An approach using Landsat images in northeast Spain. *Remote Sensing of Environment*, 124, 1-14.
- **Kharuk, V. I., Alshansky, A. M., & Yegorov, V.** (1992). Spectral characteristics of vegetation cover: factors of variability. *International Journal of Remote Sensing*, 13(17), 3263-3272.
- **Li, Y., Wang, H., & Li, X. B.** (2015). Fractional Vegetation Cover Estimation Based on an Improved Selective Endmember Spectral Mixture Model. *PLOS one*, 10(4), e0124608.
- **Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., & Qiu, G.** (2007). Sensitivity of the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest. *Sensors*, 7(11), 2636-2651.

- Rivaes, R., Rodríguez-González, P., Albuquerque, A., Pinheiro, A., Egger, G& Ferreira, M. (2013). Riparian vegetation responses to altered flow regimes driven by climate change in Mediterranean rivers. *Ecohydrology*, 6(3), 413-424.
- Shaw, G., & Burke, H. (2003). Spectral imaging for remote sensing. *Lincoln Laboratory Journal*, 14(1), 3-28.
- Sesnie, S. E., Dickson, B. G., Rosenstock, S. S., & Rundall, J. M. (2012). A comparison of Landsat TM and MODIS vegetation indices for estimating forage phenology in desert bighorn sheep (*Ovis canadensis nelsoni*) habitat in the Sonoran Desert, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 33(1), 276-286.
- Silleos, N. G., Alexandridis, T. K., Gitas, I. Z., & Perakis, K. (2006). Vegetation indices: advances made in biomass estimation and vegetation monitoring in the last 30 years. *Geocarto International*, 21(4), 21-28.
- Soleimani, K., Kordsavadkooh, T and Muosavi, S. (2008). Effect of environmental factors on vegetation changes using GIS (Case Study: Cherat Catchment, Iran). *World Applied Sciences Journal*, 3, 95-100.
- Suwanprasit, C., & Srichai, N. (2012). Impacts of spatial resolution on land cover classification. *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 33, 39-47.
- Rondeaux, G., Steven, M., & Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 55(2), 95-107.
- Wang, G., Gertner, G., Fang, S., & Anderson, A. (2004). Mapping vegetation cover change using geostatistical methods and bitemporal Landsat TM images. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions*, on 42(3), 632-643.
- Wilson, J. (2011). Cover plus: ways of measuring plant canopies and the terms used for them. *Journal of Vegetation Science*, 22(2), 197-206.