Using remote sensing techniques in studying vegetation dynamics for the period 2023-2025 - A case study: Alhaffa - Latakia - Syria.

Dr. Samer Alkinj [*]
Dr. Wael Ali [**]

(Received 26 / 3 / 2026. Accepted 21 / 5 /2026)

□ ABSTRACT □

This study was conducted in the Al-Haffa area, rural Latakia, a region experiencing human pressures and recurrent droughts. It aimed to identify and map vegetation cover and barren land areas and to evaluate the efficiency of certain vegetation indices for the period 2023–2025. The dynamics of vegetation change were determined using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI) values. The highest mean NDVI value (0.35) was recorded in 2024, while the lowest (0.20) occurred in November 2025. For EVI, the highest mean value (0.49) was in 2024, and the lowest (0.21) in November 2025. Based on NDVI, barren land increased from 17% of the total study area in 2023 to 30% in November 2025. Based on EVI, this proportion increased from 21% in 2023 to 33% in November 2025. The results demonstrated that EVI was more sensitive than NDVI to changes in vegetation cover. They also revealed the severity of vegetation changes occurring in Al-Haffa over a short period under the combined influence of human activities and drought episodes.

Keywords: Al-Haffah region - Vegetation cover- Drought-NDVI-EVI

Copyright **:**Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*] **Researcher, General Authority for the Administration and Protection of State Property.** sameralkinj@gmail.com
[**] **Associate Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia, Syria.** waelali15@hotmail.com

استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة ديناميكية الغطاء النباتي للفترة الزمنية 2023-2025-دراسة حالة: منطقة الحفة -اللاذقية - سورية.

د. سامر الكنج *

د. وائل علي **

(تاريخ الإيداع 26 / 3 / 2026. قبل للنشر في 21 / 5 / 2026)

□ ملخّص □

تم تنفيذ الدراسة في منطقة الحفة في ريف اللاذقية، تعاني المنطقة من ضغوط بشرية وموجات جفاف متكررة ، بهدف تحديد وحصر مساحة الغطاء النباتي والأراضي الجرداء وتقييم كفاءة بعض المؤشرات النباتية، للفترة الممتدة مابين 2023-2025، تم باستخدام صفوف قيم مؤشر الاختلاف النباتي الموحد (NDVI-Normalized difference vegetation index) ومؤشر الغطاء النباتي المحسن (EVI- Enhanced Vegetation Index) تحديد ديناميكية تغيرات الغطاء النباتي، بلغت أعلى قيمة لمتوسط مؤشر NDVI (0.35)وذلك في العام 2024 بينما بلغت أقل قيمة له (0.20) .أما بالنسبة لمؤشر EVI فبلغت أعلى قيمة لمتوسط المؤشر (0.49) في العام 2024 بينما بلغت أقل قيمة له (0.21) في تشرين الثاني من العام 2025.تغيرت نسبة الأراضي الجرداء بالاعتماد على مؤشر NDVI من 17% من المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة في العام 2023 إلى 30% في تشرين الثاني من العام 2025، أما بالاعتماد على مؤشر EVI فقد تغيرت تلك النسبة من 21% في العام 2023 إلى 33% في تشرين الثاني من العام 2025.أظهرت نتائج هذه الدراسة تفوق مؤشر EVI على مؤشر NDVI بحساسيته تجاه التغيرات في الغطاء النباتي كما أظهرت شدة تلك التغيرات التي حدثت في منطقة الحفة خلال فترة قصيرة تحت تأثير الأنشطة البشرية وموجات الجفاف.

الكلمات المفتاحية: منطقة الحفة - الغطاء النباتي - الجفاف - مؤشر NDVI -مؤشر EVI

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* باحث، هيئة إدارة وحماية أملاك الدولة. sameralkinj@gmail.com

** أستاذ مساعد ، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)، اللاذقية، سوريا.
waelali15@hotmail.com

مقدمة:

تُعد الغابات من أهم النظم البيئية على سطح الأرض، إذ لعبت دوراً محورياً في تحقيق التوازن البيئي منذ آلاف السنين. يعود تاريخ الغابات إلى العصور الجيولوجية القديمة، حيث غطت مساحات شاسعة من الكرة الأرضية، وشكّلت موطناً أصلياً للتنوع الحيوي الهائل، بالإضافة إلى كونها مصدراً رئيسياً للموارد الطبيعية التي اعتمد عليها الإنسان عبر مراحل حضارته المختلفة. وعلى مر العصور، مثلت الغابات حاجزاً طبيعياً ضد التصحر والجفاف، وساهمت في حماية التربة من الانجراف والحفاظ على مصادر المياه العذبة، مما جعلها بمثابة "رئة الأرض" ومخزونها الاستراتيجي للحياة. إضافة إلى دورها البيئي، فقد لعبت الغابات دوراً اقتصادياً واجتماعياً مهماً من خلال توفير فرص العمل والموارد الخشبية وغير الخشبية، كما كانت مصدر إلهام للثقافات والتراث الشعبي في العديد من المجتمعات.

وفقاً لأحدث تقارير منظمة الأغذية والزراعة(FAO) ، تغطي الغابات حالياً حوالي 4.14 مليار هكتار، أي ما يقارب ثلث مساحة اليابسة على مستوى العالم. وتؤوي هذه الغابات أكثر من نصف الأنواع النباتية والحيوانية في العالم، مما يجعل دورها أساسياً في حماية الأنواع المهددة بالانقراض [1]. ويُعتبر الغطاء النباتي أحد أهم المؤشرات البيئية التي تعكس صحة النظام البيئي وتوازنه، حيث يسهم في استقرار المناخ ودعم التنوع البيولوجي[2] .

يمثل الغطاء النباتي مؤشراً ومقياساً لصحة البيئة المحلية، إذ يلعب دوراً حيوياً في تشكيل التوازن البيولوجي للمكان. فهو منتج أساسي للأكسجين والمادة العضوية، كما يُعد عنصراً مهماً في حماية سطح التربة من التعرية. لذلك، من الضروري متابعة ورصد الغطاء النباتي بشكل مستمر وتحليل تغيراته، سواء كانت إيجابية أم سلبية. ويتحقق ذلك بفضل توفر السجلات الزمنية من المرئيات الفضائية، مثل تلك التي تقدمها سلسلة أقمار(Landsat) ، والتي كان لها دور كبير في رصد النظم البيئية وتفاعلها مع الغلاف الجوي على مدى عقود. وقد أكدت نتائج دراسة سابقة أن التطور الكبير في تطبيقات الاستشعار عن بعد، واستخدام المؤشرات الطيفية للنبات، وإجراء المعادلات الإحصائية، إلى جانب سهولة التطبيق، كلها عوامل تساعد في كشف التغيرات والتدهور الحاصل في الغطاء النباتي، وكذلك في إنشاء قواعد بيانات تغطي فترات زمنية متعددة[3] .

في دراسة أجرتها وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) حول حرائق "ديكسي" التي نشبت في ولاية كاليفورنيا، تم استخدام صور متعددة من القمر الصناعي (Landsat 8) خلال فصل الصيف لتتبع مسار الحريق وتحديد خطوط النار النشطة. ركزت هذه الدراسة على التتبع قصير المدى خلال موسم الحرائق نفسه، وأثبتت فعالية النطاقات الطيفية في (Landsat 8)، وخصوصاً النطاق الحراري والأشعة تحت الحمراء قصيرة الموجة، في كشف الحرائق والمناطق المحروقة. كما أكدت الدراسة أن اختيار صورة واحدة خلال ذروة موسم الجفاف يهدف إلى تقليل تأثير التغيرات الموسمية وزيادة فرصة الحصول على صور خالية من الغيوم، وأن هذا الأسلوب يقلل أيضاً من التباين الناتج عن اختلاف زاوية الشمس والفصول[4] .

أثناء تنفيذ دراسة لمراقبة صحة ومرونة الغابات في محمية "Algonquin" الكندية خلال الفترة بين 2003 و2022، أظهرت النتائج تفضيل استخدام مؤشر (EVI) على مؤشر(NDVI) ، خاصة في مناطق الغابات الكثيفة. ويعود ذلك إلى أن مؤشر EVI أقل عرضة لظاهرة التشبع (الإشباع)، لا سيما في المناطق ذات الكثافة الحيوية العالية، كما أنه أكثر حساسية للتغيرات التي تطرأ على البنية الحراجية[5] .

وفي دراسة أخرى أجريت في مناطق متفرقة من أوروبا، أظهرت النتائج فعالية مؤشر EVI وقدرته على رصد الاستجابات المعقدة للغطاء النباتي الأوروبي تجاه التغيرات المناخية والتحولات في استخدام الأراضي، كما تبين أنه حساس بما يكفي للكشف عن التغيرات الدقيقة في النشاط النباتي عبر المجتمعات النباتية المتنوعة[6] .

كذلك، تم تنفيذ بحث بهدف تحليل تأثير التغيرات المناخية على الغطاء النباتي في منطقة الأهوار جنوب العراق باستخدام مؤشري EVI و .NDVIوأظهرت النتائج الدور الفعال لهذه المؤشرات كأداة لرصد صحة الغطاء النباتي وتحديد المناطق المتدهورة، مما ساهم في بناء استراتيجيات فعالة لإدارة تلك المواقع[7] .

في دراسة أجريت على الغطاء النباتي الطبيعي والمزروع في منطقة وادي العرب شمال غرب الأردن بين عامي 1984 و2015، تم استخدام عدة مؤشرات طيفية بهدف تحديد ومراقبة التغيرات في الغطاء النباتي، وتشمل هذه المؤشرات: مؤشر النبات المحسن الثاني(EVI2) ، ومؤشر النبات النسبي(RVI) ، ومؤشر النبات المعدل للتربة (SAVI)، ومؤشر الاختلاف النباتي الموحد(NDVI) ، وذلك اعتماداً على بيانات القمر الصناعي .(Landsat 8) وقد تم تقييم هذه المؤشرات لتحديد أفضلها ومعرفة أكثر مناطق الغطاء النباتي تغيراً، وتبين أن أفضل هذه المؤشرات هو مؤشر النبات المحسن (EVI2) يليه مؤشر NDVI [8].

عند مراقبة التغير في الغطاء النباتي بمنطقة قصر بني غشير في ليبيا باستخدام صور القمر الصناعي (Landsat)وتقنيات الاستشعار عن بعد للفترة الممتدة بين عامي 1989 و2009، لوحظ وجود تدهور واضح في الغطاء النباتي بنسبة 22% نتيجة الاستغلال المتزايد للمساحات الخضراء والنمو السكاني.[9]

تمتلك سورية غطاءً حراجياً متنوعاً، ورغم أن المساحات التي تشكلها هذه الأغطية تعتبر قليلة نسبياً مقارنة بالمساحة الإجمالية لسورية، إلا أنه من الضروري المحافظة عليها والعمل على زيادة المساحات المشجرة. وقد أدى التدهور الحاد والكبير الذي أصاب هذه الغابات خلال السنوات الأخيرة إلى فقدان كبير ومتزايد في مساحة ونوعية الأغطية النباتية الموجودة[10].

تم استخدام مؤشر الاختلاف النباتي (NDVI) لدراسة وتحليل أثر العوامل الطبوغرافية في تغيرات الغطاء النباتي بمنطقة القدموس في سورية خلال الفترة 2000–2020. أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط عكسية قوية ذات دلالة إحصائية (0.77) بين قيم المؤشر والارتفاع عن سطح البحر في منطقة القدموس. كما كانت علاقة الارتباط بين الغطاء الحراجي والارتفاع عكسية وقوية (−0.814)، وذلك بسبب التعديات على الغطاء الحراجي في المناطق شديدة الارتفاع. في المقابل، لم تؤثر درجة الانحدار أو اتجاه السفوح في قيمNDVI ، حيث كان الارتباط غير دال إحصائياً، ويعود ذلك إلى التغلب على الانحدارات الشديدة بتحويل السفوح إلى مدرجات وزراعتها بالأشجار المثمرة[11].

تظهر نتائج دراسة أخرى أجريت في محافظة اللاذقية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد إمكانية استخدام المؤشر النباتي NDVI لدراسة تأثير التغيرات المناخية على مجموعات السنديان شبه العذري في المحافظة، وقد أكدت النتائج إمكانية تطبيق هذا المؤشر بشكل كبير[12].

خلال السنوات الأخيرة، تراجعت مساحة الغابات في سورية من 507 آلاف هكتار قبل عام 2011، والتي كانت تشكل نحو 2.7% من مساحة البلاد، إلى حوالي 150 ألف هكتار في الوقت الراهن، أي بنسبة ضرر تتجاوز 70%. وتُعد التعديات البشرية والحرائق من أبرز مسببات الضرر التي لحقت بالغابات السورية. وقد تعرضت غابات محافظة اللاذقية لحرائق كبيرة في تموز (يوليو) 2025 استمرت عدة أيام، وبلغت مساحة الأراضي المحروقة وفق تقديرات أولية نحو 15000 هكتار[13] .

أهمية البحث وأهدافه:

تعتبر منطقة الحفة في ريف اللاذقية واحدة من أهم المناطق الحراجية في الساحل السوري لما تحتويه من تنوع نباتي فضلاً عن احتوائها على واحدة من أهم المحميات الحراجية الطبيعية في سورية (محمية الشوح والأرز). يوفر الاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد تغطية مكانية شاملة ودورية، مما يسمح بدراسة التغيرات الموسمية والسنوية بدقة عالية وبكلفة أقل بكثير من الطرق التقليدية.

تتجلى أهمية البحث من الحاجة الماسة إلى دراسة تغيرات الغطاء النباتي في منطقة تعاني من ضغوط بشرية كبيرة وحرائق وموجات جفاف حادة، اذ لا توجد دراسة حديثة (خاصة للفترة 2023–2025) قامت بقياس ورصد التغيرات في مساحة الغطاء النباتي لمنطقة الحفة بشكل كمي ودقيق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، وذلك في ضوء الحاجة لتوفير البيانات الضرورية المساعدة في عملية اتخاذ القرارات الحراجية المستقبلية.

يهدف هذا البحث إلى:

1–دراسة ديناميكية الغطاء النباتي في منطقة الحفة في ظل الضغوط الكبيرة (تعديات بشرية–حرائق)، التي تعرضت لها غابات المنطقة.

2–تحديد وحصر مساحة الغطاء النباتي والأراضي الجرداء في منطقة الحفة في ريف اللاذقية باستخدام مؤشر NDVI ومؤشر EVI وتقييم كفاءتها.

طرائق البحث ومواده:

1– الأدوات المستخدمة في البحث:

– جهاز حاسب محمول مع برمجيات (Microsoft office2024 –SPSS v16 – ArcGIS 10.8).

– جهاز GPS لتحديد احداثيات النقاط الأرضية.

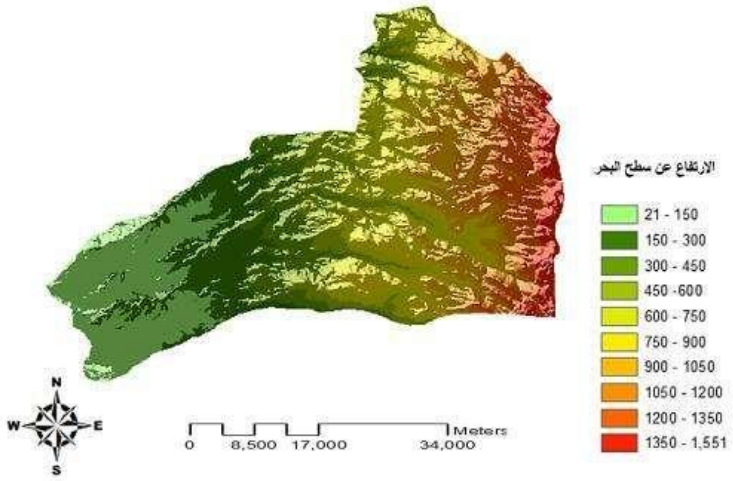
– صور فضائية متعددة القيم الطيفية مع مراعاة عدم وجود تغطية بالغيوم لمنطقة الدراسة أثناء اخذ الصور.

2– موقع الدراسة

تقع المنطقة المدروسة ضمن مجال عمل شعبة حراج الحفة، ريف اللاذقية، (الشكل 1)، يمتد الموقع بين خطي طول "36°,12′,20 – "35°,54′,09 شرقي غرينتش وبين خطي عرض "35°,31′,26– "35°,39′,51 شمالي خط الاستواء.

الشكل 1 موقع الدراسة بالنسبة لمحافظة اللاذقية (Googleearth 2026)

يحد موقع الدراسة من الجنوب منطقة القرداحة ومن الشرق محافظة حماة ومن الشمال والغرب منطقة ريف اللاذقية، تقدر مساحة منطقة الدراسة بحدود 410km² . يتراوح الارتفاع عن سطح البحر من 150 متر في منجيلا إلى400 متر في الحفة،500متر في المزيرعة،850 متر في سلمى ،1130 متر في صلنفة، وتعتبر قمة النبي يونس أعلى قمة في منطقة الحفة ومحافظة اللاذقية عموماً بارتفاع يتعدى 1500 متر (الشكل 2).



الشكل2 يظهر نموذج الارتفاع الرقمي DEM لكامل منطقة الدراسة

يتباين معدل الهطل المطري السنوي في منطقة الدراسة تبعاً للموقع حيث يبلغ 940 ملم في الرويمية، 1466 ملم في المزيرعة. تميز الموسم المطري 2025 بحفاف شديد اذ انخفض معدل الهطل بنسبة 60% بأغلب المناطق. الأجزاء المنخفضة من منطقة الدراسة تنتمي للطابق النبتي المتوسطي الحراري، بينما الأجزاء متوسطة الارتفاع عن

سطح البحر كموقع الحفة تنتمي للطابق المتوسطي الحقيقي ومواقع سلمى وصلنفة تنتمي للطابق النبتي المتوسطي العلوي. أشار نحال(2012) أن الغطاء النباتي في موقع الدراسة متنوع ما بين غابات طبيعية ومواقع تحريج اصطناعية يتضمن موقع الدراسة إحدى أهم المحميات الطبيعية وهي محمية الشوح والأرز، يشكل كل من الصنوبر البروتي *Pinus brutia* والسنديان العادي *Quercus calipinos* والأرز اللبناني *Cedrus libani* والسنديان شبه العذري *Quercus cerris .pseudo cerris* الشوح الكيليكي*Abies cilicica* والغار النبيل *Laurus nobilis* الأنواع الحراجية السائدة والأكثر انتشاراً في منطقة الدراسة مع وجود أنواع أقل انتشاراً كالخرنوب *Ceratonia ciliqua* والقطلب Arbutus andrachne بالإضافة لبقع حراجية اصطناعية متفرقة من الصنوبر الثمري *Pinus pinea* [14].

3- اختيار صور الاقمار الصناعية:

استعملت صور القمر الصناعي Landsat 8 level2 بدقة تمييز مكانية 30متر للأعوام 2023-2024-2025. يمتلك القمر الصناعي لاندسات 8 وفق ما ذكر في بيانات NASA مستشعرين الأول من النوع operational Land Imager والثاني من النوع Thermal Infrared Sensor يعملان معاً عبر 11 نطاق طيفي لتوفير صورة متعددة الأطياف، هذه المستشعرات من النوع السلبي الذي يعتمد على انعكاس الطاقة الشمسية [15].

4- تحضير قوالب (MASK) للمواقع المستبعدة في منطقة الدراسة

تم تنفيذ مسوحات ميدانية شاملة في منطقة الدراسة، تم خلالها تسجيل نقاط إحداثيات (GPS) للأطراف والمحيطات الخاصة بالمظاهر التي يُراد استبعادها لاحقاً من التحليل، وتشمل هذه المظاهر: المسطحات المائية (سد طرجانو وسد الحفة) والمناطق الحضرية، تم تحميل هذه النقاط على الصور الفضائية باستخدام برنامج ArcGIS 10.8، بهدف زيادة الدقة المكانية عند رسم المضلعات (Polygon). هذه المضلعات جرى رسمها ضمن طبقة (Shapefile) خاصة بالمظاهر المراد استبعادها فقط. وفي مرحلة لاحقة، تم استخدام هذه الطبقة كقناع (Mask) لاستبعاد تلك المناطق من المعالجات التحليلية.

5- حساب مؤشر الاختلاف النباتي الموحد NDVI

تم استعمال قيم انعكاس الأشعة في كل من القناتين الحمراء (RED) وتحت الحمراء القريبة (NIR) في حساب قيم مؤشر الاختلاف النباتي الموحد (NDVI-Normalized difference vegetation index) لمنطقة الدراسة للأعوام من 2023 وحتى 2025 وذلك باستعمال العلاقة التالية:

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

حيث أن:

Normalized difference vegetation index:NDVI مؤشر الاختلاف النباتي الموحد.NIR : الانعكاس في القناة تحت الحمراء القريبة.RED : الانعكاس في القناة الحمراء

تتراوح قيم مؤشر الاختلاف النباتي الموحد بين (-1) و (+1)، تشير القيم القريبة من 1 إلى أن الغطاء النباتي بأفضل حالاته، أما القيم القريبة من (0) فتشير إلى عدم وجود غطاء نباتي أو إلى وجود تربة عارية بينما القيم السالبة فتشير إلى مسطحات مائية. استخرجت قيم هذا المؤشر لمنطقة الدراسة وللأعوام المذكورة، رسمت خرائط للمؤشر النباتي في منطقة الدراسة [16] .

6- حساب مؤشر الغطاء النباتي المحسن EVI

يمتاز مؤشر (EVI- Enhanced Vegetation Index) بأنه يقلل من تأثير لمعان التربة، وأقل إشباعاً في المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف كما أنه يقلل تأثير تشتت الضوء في الغلاف الجوي بسبب استخدامه للقناة الزرقاء. استعملت لإيجاد المؤشر قيم الانعكاس السطحية (Surface Reflection) لكل من القيمة الانعكاسية للقناة (NIR) تحت الحمراء القريبة، والحمراء (RED) والزرقاء(Blue) ، تتراوح قيم مؤشر الغطاء النباتي المحسن EVI من (-1) و(+1)، تشير القيم من 0.2-0.8 إلى وجود غطاء نباتي، وتزداد القيمة بازدياد كثافة وحيوية الغطاء النباتي، أما القيم السالبة أو القريبة من الصفر فتشير إلى أسطح غير نباتية وتربة عارية، يعبر عن المؤشر بالعلاقة التالي [17]:

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

حيث أن:

EVI: Enhanced Vegetation Index مؤشر الغطاء النباتي المحسن.NIR : القيمة الانعكاسية للقناة تحت الحمراء القريبة.RED : القيمة الانعكاسية للقناة الحمراء.Blue : القيمة الانعكاسية للقناة الزرقاء.G : معامل القياس (Gain factor) =2.5 .C1: معامل تصحيح تأثير الغلاف الجوي(Aerosol) =6. C2: معامل تصحيح تأثير الخلفية(Background) =7.5. L: معامل تصحيح الغطاء النباتي الخلفي(Canopy background) =1

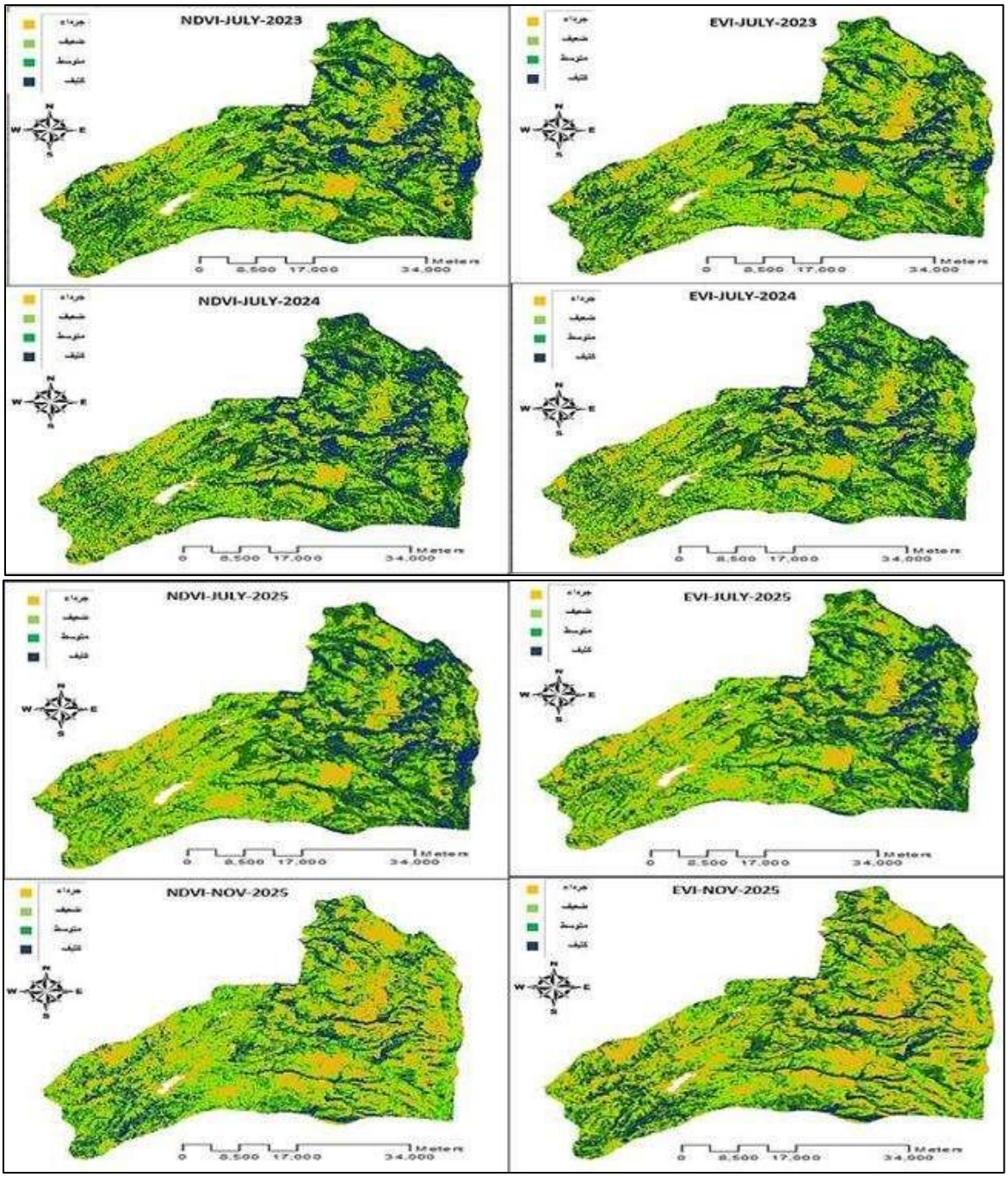
أجري تحليل التباين ANOVA لاختبار وجود فروق معنوية في قيم المؤشر NDVI ومؤشر EVI كما أجري اختبار أقل فرق معنوي (LSD) لمقارنة قيم مؤشر الاختلاف النباتي الموحد والغطاء النباتي المحسن بين فترات الدراسة باستخدام برنامج SPSS v16.

لحساب الأهمية العملية للفروق الإحصائية (وليس فقط دلالتها الاحتمالية p-value)، تم استخدام مقياس حجم الأثر Cohen's d لكل من مؤشري NDVI وEVI، وذلك لمقارنة حساسيتهما في رصد تغيرات الغطاء النباتي.

النتائج والمناقشة:

1 رسم خريطة مؤشر NDVI ومؤشر EVI لمنطقة الدراسة

تم رسم خرائط نتائج حساب مؤشر NDVI ومؤشر EVI خلال فترات الدراسة من العام 2023 وحتى العام2025، (الشكل 3).

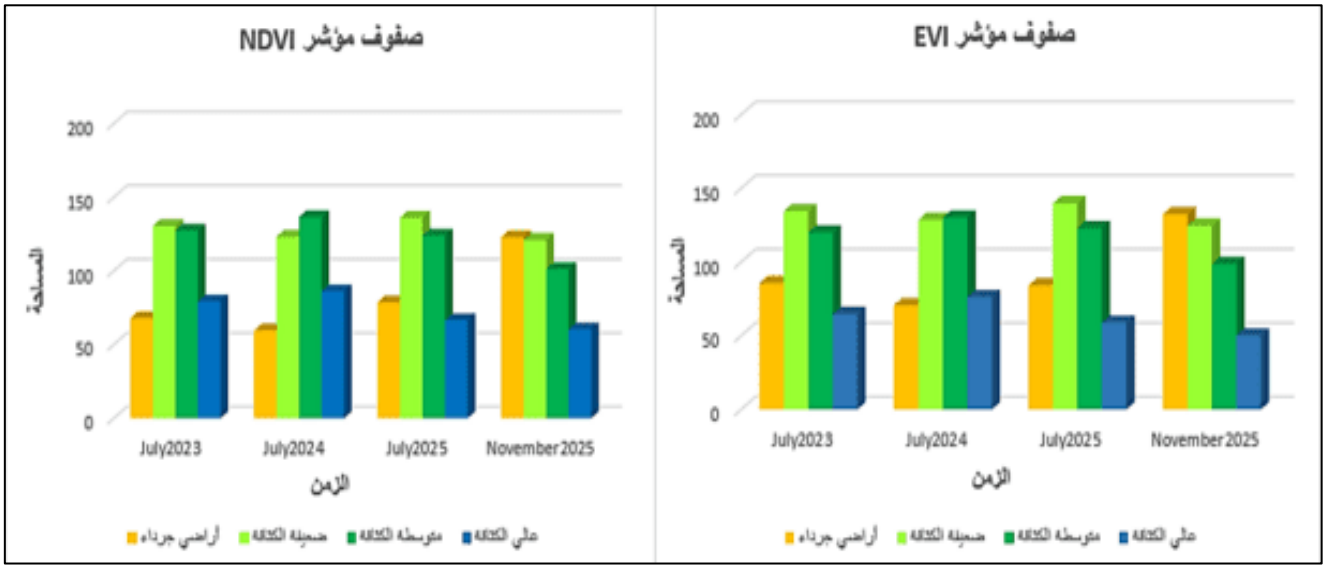


الشكل3 خريطة مؤشر NDVI ومؤشر EVI لمنطقة الدراسة خلال الفترة 2023–2025

أجريت العملية بعد تطبيق MASK بهدف استبعاد المساحات الجرداء الناتجة عن انحسار المسطحات المائية والمراكز العمرانية.

2- إيجاد التغيرات السنوية لصفوف مؤشر NDVI ومؤشر EVI

بالاعتماد على قيمة مؤشر NDVI وقيمة مؤشر EVI تم تقسيم حالة الأراضي وفق حالة الغطاء النباتي إلى أراضي جرداء، أراضي ذات غطاء نباتي ضعيف، أراضي ذات غطاء نباتي متوسط، أراضي ذات غطاء نباتي كثيف وجيد وذلك من أجل تتبع ديناميكية الغطاء النباتي خلال فترة الدراسة (الشكل 4).



الشكل 4 التغيرات في صفوف المؤشر NDVI ومؤشر EVI خلال فترة الدراسة

يشير صف ال NDVI وEVI باللون الأصفر إلى الأراضي الجرداء وباللون الأخضر الفاتح إلى الأراضي ذات الغطاء النباتي ضعيف الكثافة، بالأخضر الغامق إلى الأراضي ذات الغطاء النباتي متوسط الكثافة وبالأزرق إلى الأراضي ذات الغطاء النباتي الكثيف والجيد.

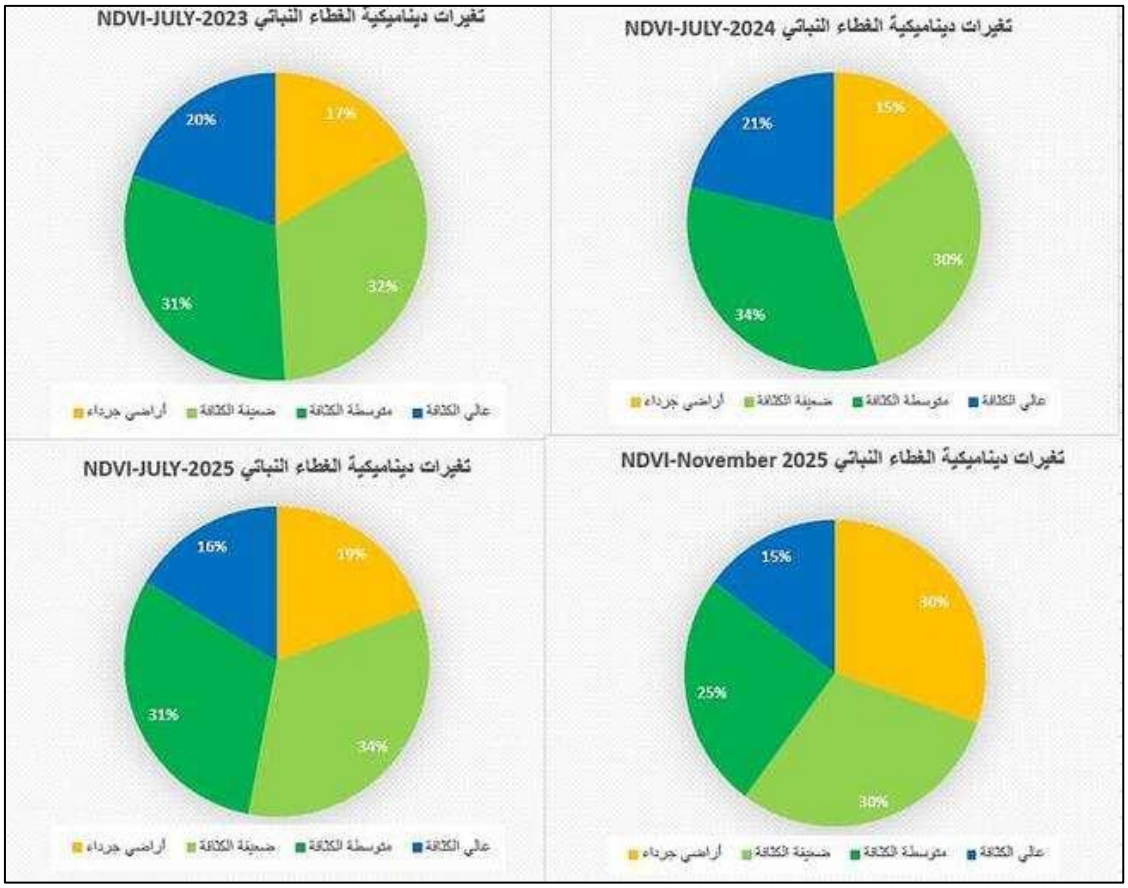
تم إيجاد قيم المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لقيم ال NDVI، وEVI (جدول 1) سجلت أعلى قيمة لمتوسط مؤشر EVI وNDVI في العام 2024 وقد يعزى ذلك بشكل أساسي لارتفاع قيم الهطل المطري خلال الفترة الممتدة ما بين 2023/10/1 و 2024/7/1 إذ تميز ذلك العام بهطل مطري جيد تجاوز معدل الهطل السنوي بأغلب المناطق [18].

جدول 1 قيم المتوسط والانحراف المعياري لمؤشر NDVI –EVI خلال فترة الدراسة

	July-23		July-24		July-25		November-25	
INDEX	mean	std	mean	std	mean	std	mean	std
EVI	0.41	0.11	0.49	0.122	0.41	0.11	0.21	0.07
NDVI	0.31	0.08	0.35	0.07	0.3	0.08	0.2	0.06

3- تقدير التغيرات النسبية في مساحة الغطاء النباتي

بالاعتماد على قيم صفوف مؤشر ال NDVI ومؤشر EVI تم إيجاد النسبة المئوية التي يشغلها كل صف ومساحة ذلك الصف في منطقة الدراسة وتغيرات تلك القيم خلال فترة الدراسة (الشكلان 5 و 6) ما يتيح بشكل واضح مراقبة التغيرات في ديناميكية الغطاء النباتي تحت تأثير موجات الجفاف الحادة والأنشطة البشرية وذلك بعد استبعاد الصفوف الممثلة للمسطحات المائية والمناطق الحضرية.



الشكل 5 التغيرات في ديناميكية الغطاء النباتي باستخدام مؤشر NDVI

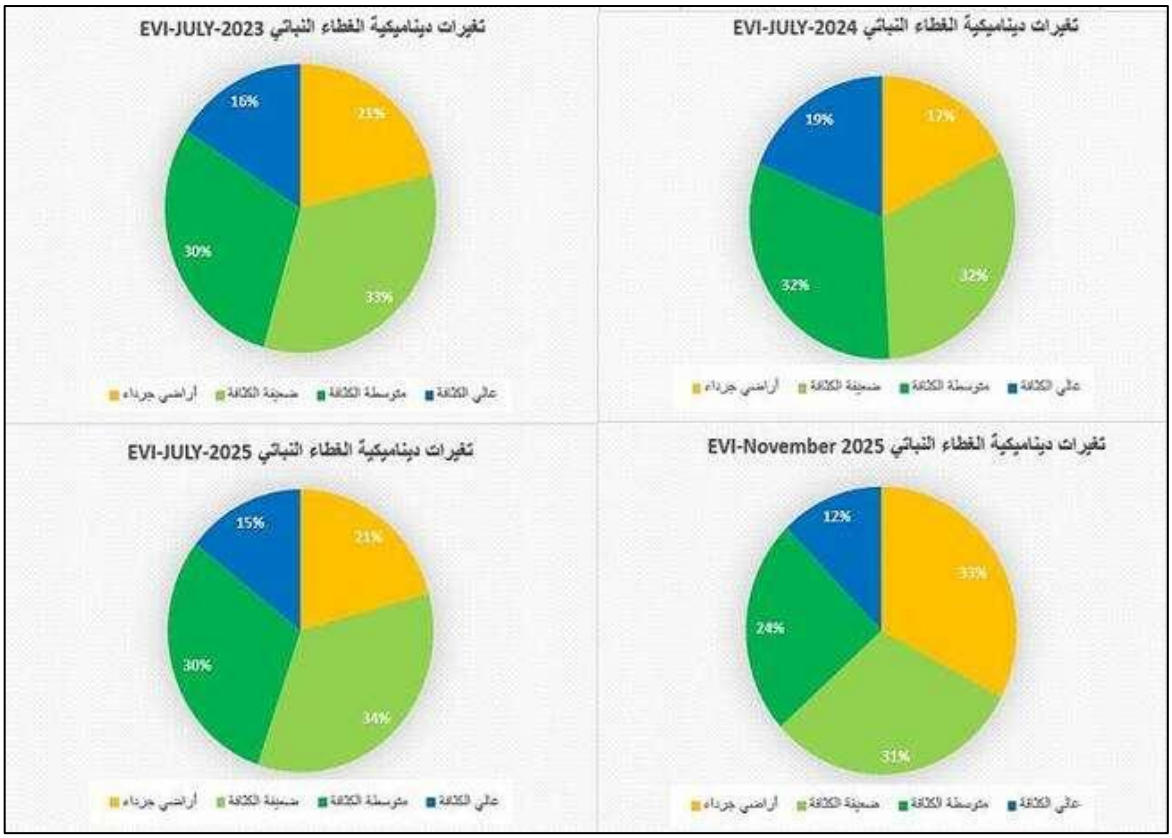
في العام **2023** بلغت نسبة الأراضي الجرداء 17% بمساحة تقدر ب 68.1 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الضعيف 32 %بمساحة تقدر ب 130.7 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي المتوسط 31% بمساحة 127.6كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الكثيف والجيد بنسبة 20% وبمساحة تقدر 79.3كيلومتر مربع.

في العام **2024** بلغت نسبة الأراضي الجرداء 15% بمساحة تقدر ب 59.6km² كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الضعيف 30% بمساحة تقدر ب 123.4كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي المتوسط 34% بمساحة 136.5 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الكثيف والجيد بنسبة 21% وبمساحة تقدر 86.2 كيلومتر مربع.

في تموز من العام **2025** ، بلغت نسبة الأراضي الجرداء 19% بمساحة تقدر ب 78.8 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الضعيف 34 % بمساحة تقدر ب 136.4 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي المتوسط 31% بمساحة 124 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الكثيف والجيد بنسبة 16% وبمساحة تقدر 66.5كيلومتر مربع.

في تشرين الثاني من العام **2025**، بلغت نسبة الأراضي الجرداء 30% بمساحة تقدر ب 123 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الضعيف 30 % بمساحة تقدر ب 121.1كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي المتوسط 25% بمساحة 101.3 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الكثيف والجيد بنسبة 15% وبمساحة تقدر 60.3 كيلومتر مربع.

كما تم بالاعتماد أيضاً على قيم صفوف مؤشر EVI لإيجاد النسبة المئوية التي يشغلها كل صف ومساحة ذلك الصف في منطقة الدراسة وتغيرات تلك القيم خلال فترة الدراسة، (الشكل 6).



الشكل 6 يظهر التغيرات في ديناميكية الغطاء النباتي باستخدام مؤشر EVI

في العام **2023** بلغت نسبة الأراضي الجرداء 21% بمساحة تقدر ب 85.7 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الضعيف 33 %بمساحة تقدر ب 135.5 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي المتوسط 33% بمساحة 119.9 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الكثيف والجيد بنسبة 16% وبمساحة تقدر 64.6 كيلومتر مربع.

في العام **2024** بلغت نسبة الأراضي الجرداء 17% بمساحة تقدر ب 70.7km² كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الضعيف 32% بمساحة تقدر ب 128.6 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي المتوسط 32% بمساحة 130.1كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الكثيف والجيد بنسبة 19% وبمساحة تقدر 76.3كيلومتر مربع.

في تموز من العام **2025** ، بلغت نسبة الأراضي الجرداء 21% بمساحة تقدر ب 84.2 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الضعيف 34 % بمساحة تقدر ب 139.8كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي المتوسط 30% بمساحة 122.9كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الكثيف والجيد بنسبة 15% وبمساحة تقدر 58.8كيلومتر مربع.

في تشرين الثاني من العام **2025**، بلغت نسبة الأراضي الجرداء 33% بمساحة تقدر ب 132.5 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الضعيف 31 % بمساحة تقدر ب 124.6كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي المتوسط 24% بمساحة 98.5 كيلومتر مربع والأراضي ذات الغطاء النباتي الكثيف والجيد بنسبة 12% وبمساحة تقدر 50.1 كيلومتر مربع.

يمكن تبرير مقارنة NDVI لشهر تموز (من السنوات السابقة) مع NDVI لشهر تشرين الثاني (2025) بناءً على حقيقة أن الجفاف الممتد أدى إلى تعطيل الدورة الموسمية الطبيعية للنباتات. فقد أثبتت الدراسات أن الإجهاد المائي المطول يقلل من نشاط الغطاء النباتي بشكل كبير، وأن هذا التأثير واضح بشكل خاص في مناطق حوض البحر الأبيض المتوسط خلال أشهر الخريف مثل تشرين الثاني. وبالتالي، ففي ظل ظروف الجفاف المستمر منذ أواخر العام 2024، لم يعد الغطاء النباتي في خريف 2025 يُظهر سلوكًا موسميًا طبيعيًا، مما يجعل المقارنة المباشرة مع أشهر الصيف السابقة صالحة منهجيًا [19,20].

تكتسب المقارنة بين مؤشري الغطاء النباتي NDVI وEVI لشهري تموز (ذروة النمو الصيفي) وتشرين الثاني (مرحلة الخمول الخريفي) دلالة علمية استثنائية في سياق دراسة ديناميكية النظم البيئية تحت الإجهاد المركب. فعلى الرغم من أن المقارنة المباشرة بين هذه المواسم المختلفة فسيولوجياً غير نمطية، إلا أنها تتحول إلى أداة تشخيصية حاسمة عند تطبيقها على مناطق تعاني من تعديات بشرية مكثفة مقترنة بظروف جفاف حاد. ففي الظروف الطبيعية المستقرة، يُفترض أن تسجل قيم تشرين الثاني انخفاضاً متوقعاً ومطرداً عن قيم تموز كنتيجة طبيعية للدورة الإيكولوجية الموسمية. غير أن الانهيار الحاد وغير المسبوق في قيم المؤشرات خلال تشرين الثاني كما أظهرت النتائج لا يعكس إيقاعاً موسمياً فطرياً، بل يشير إلى اضطراب جذري في مرونة النظام البيئي وقدرته على التعافي. وتُعزى هذه الظاهرة إلى ما تعرفها أدبيات علم البيئة بـ "تأثير التأخر الزمني" (Time–lag effect)، حيث تفترض الدراسات الحديثة أن تأثير الإجهادات الحادة – كموجات الجفاف الشديد أو الحرائق – لا يقتصر على الفترة الفورية لوقوعها، بل يمتد ليشل قدرة الغطاء النباتي على إعادة النمو في الفصول اللاحقة . في هذا الإطار، يُفسر الانخفاض الكارثي في خريف عام 2025 كنتيجة مباشرة لاجتماع عاملين مدمرين: أولاً، الضغوط البشرية المباشرة المتمثلة بالتعديات البشرية، حرائق الغابات، والرعي الجائر كعوامل تفوق في تأثيرها تأثير المتغيرات المناخية في بعض المناطق ؛ وثانياً، الإجهاد المائي المزمن الناتج عن موسم جفاف هو الأسوأ منذ عقود في سورية . وهكذا، فإن اعتماد تلك المنهجية تكشف انتقال النظام البيئي من حالة المرونة الموسمية إلى مرحلة الانهيار التدريجي، مؤكدةً أن التعديات البشرية شكلت العامل المحوري في تدمير قدرة النباتات الطبيعية على التعافي الذاتي[21,22]

4–التحليل الإحصائي

– يظهر تحليل التباين الأحادي **One Way Anova** أن هنالك فرقاً ذا دلالة إحصائية بين متوسطات NDVI ($p<0.001, f=36.12$)

جدول 2 نتائج تحليل التباين للمؤشر NDVI

Model	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5	170 005	36.12	000*

كما يظهر تحليل التباين الأحادي One Way Anova أن هنالك فرقاً ذا دلالة إحصائية بين متوسطات EVI ($p<0.001, f=47.82$)

جدول 3 نتائج تحليل التباين للمؤشر EVI

Model	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5	537 011	47.82	000*

- وأظهرت مقارنات ما بعد الاختبار باستخدام **LSD** ما يلي:

1-أدنى القيم المسجلة (تشرين الثاني 2025):

بلغ متوسط مؤشر NDVI (0.20) بانحراف معياري 0.06، بينما بلغ متوسط مؤشر EVI (0.21) بانحراف معياري 0.07. سجلت هذه القيم أقل متوسط لكلا المؤشرين خلال فترة الدراسة، وكان الفرق ذا دلالة إحصائية عالية ($p < 0.001$) عند مقارنتها بجميع البيانات الأخرى.

2-أعلى القيم المسجلة (تموز 2024):

بلغ متوسط مؤشر NDVI (0.35) بانحراف معياري 0.07، بينما بلغ متوسط مؤشر EVI (0.49) بانحراف معياري 0.122. سجلت هذه القيم أعلى متوسط لكلا المؤشرين، وكان الفرق ذا دلالة إحصائية عالية ($p < 0.001$) عند مقارنتها بجميع البيانات الأخرى.

3- القيم المتوسطة غير المختلفة إحصائياً:

بيانات تموز 2023 (متوسط NDVI = 0.31، EVI = 0.41) وتموز 2025 (متوسط NDVI = 0.30، EVI = 0.41) لم تظهر فرقاً ذا دلالة إحصائية بينهما، ولكنهما كانتا: أقل من بيانات تموز 2024 بشكل دال إحصائياً ($p < 0.001$) وأعلى من بيانات تشرين الثاني 2025 بشكل دال إحصائياً ($p < 0.001$).

يؤكد التحليل الإحصائي وجود تأثير كبير للأنشطة البشرية وموجات الجفاف الشديدة على الغطاء النباتي في منطقة الحفة، ويتضح ذلك من خلال: تراجع متوسط NDVI من (0.31 إلى 0.20) وتراجع متوسط EVI من (0.41 إلى 0.21). تحسن نسبي في قيم كلا المؤشرين خلال عام 2024 مقارنة بباقي السنوات.

- تحليل حجم الأثر (Effect Size) ومقارنة حساسية مؤشري NDVI و EVI:

لحساب الأهمية العملية للفروق الإحصائية (وليس فقط دلالتها الاحتمالية p-value)، تم استخدام مقياس حجم الأثر Cohen's d لكل من مؤشري NDVI و EVI، وذلك لمقارنة حساسيتهما في رصد تغيرات الغطاء النباتي.

بالنسبة لمؤشر NDVI بلغ حجم الأثر عند مقارنة عام 2024 مع عام 2023 حوالي 0.53 (حجم أثر متوسط)، ومع عام 2025 حوالي 0.66 (حجم أثر متوسط إلى كبير)، ومع تشرين الثاني 2025 حوالي 2.30 (حجم أثر كبير جدًا).

بالنسبة لمؤشر EVI بلغ حجم الأثر عند مقارنة عام 2024 مع عام 2023 حوالي 0.78 (حجم أثر كبير)، ومع عام 2025 حوالي 0.69 (حجم أثر متوسط إلى كبير)، ومع تشرين الثاني 2025 حوالي 2.82 (حجم أثر كبير جدًا وأكبر من نظيره في NDVI).

تُظهر النتائج أن مؤشر EVI حقق قيم حجم أثر أعلى من مؤشر NDVI في جميع المقارنات، خاصة عند مقارنة عام 2024 (أفضل تغطية نباتية) مع عام 2023 (حيث تفوق EVI بـ 0.78 مقابل 0.53 لـ NDVI)، ومع تشرين الثاني 2025 (حيث تفوق EVI بـ 2.82 مقابل 2.30 لـ NDVI). كما يمكن ملاحظة أن الفرق في حجم الأثر بين المؤشرين كان أوضح في المقارنات التي تشمل قيمًا متوسطة ومرتفعة للغطاء النباتي، حيث يعاني NDVI من ظاهرة الإشباع (Saturation) التي تحد من حساسيته. هذا يؤكد أن EVI أكثر حساسية وكفاءة من NDVI في رصد التغيرات البيئية في منطقة الحفة، خاصة في الظروف التي تشهد تقلبات سريعة نتيجة الأنشطة البشرية وموجات الجفاف.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- سجلت منطقة الدراسة تراجعاً ملحوظاً في متوسط قيم كل من مؤشري NDVI وEVI خلال فترة زمنية قصيرة لا تتجاوز السنتين، حيث انخفض NDVI من 0.35 إلى 0.20، وانخفض EVI من 0.49 إلى 0.21. هذا يشير إلى سرعة وديناميكية عالية للتغيرات البيئية تحت تأثير الضغوط البشرية وموجات الجفاف.

2- تضاعفت نسبة الأراضي الجرداء بشكل ملحوظ خلال فترة الدراسة (2023–2025). وفقاً لمؤشر NDVI، ارتفعت النسبة من 17% إلى 30% من المساحة الإجمالية، بينما وفقاً لـ EVI، ارتفعت من 21% إلى 33%. هذا يعكس فقداناً فعلياً للغطاء النباتي وتحولاً متسارعاً نحو التصحر في المنطقة.

3- أظهرت النتائج أن مؤشر EVI يتمتع بحساسية أفضل لرصد التغيرات في الغطاء النباتي في منطقة الحفة مقارنة بـ NDVI. تجلى هذا التفوق في تسجيل EVI نطاقاً ديناميكياً أوسع (من 0.49 إلى 0.21) مقارنة بـ NDVI (من 0.35 إلى 0.20). رصد EVI لنسبة تحول أعلى للأراضي الجرداء (33% مقابل 30% لـ NDVI). يُعزى هذا التفوق إلى قدرة EVI على تقليل تأثير التربة العارية والخلفية السطحية والغلاف الجوي، مما يجعله أكثر ملاءمة للمناطق الجبلية والحراجية ذات التضاريس الوعرة والغطاء النباتي المتباين مثل منطقة الدراسة.

4-استناداً إلى شدة التغيرات المسجلة خلال فترة زمنية قصيرة، ووفقاً للأهمية المذكورة (أن المنطقة تشهد تعديات بشرية وحرائق وجفافاً)، يمكن استنتاج أن التأثير البشري والجفاف يعملان بشكل متزامن ومتراكم، حيث يضعف الجفاف قدرة النباتات على الصمود، وتعمل الأنشطة البشرية (الحرائق المتعمدة، التعديات، الرعي الجائر) على تسريع وتيرة التدهور وتوسيع رقعة الأراضي الجرداء.

التوصيات:

انطلاقاً من النتائج التي أظهرت تراجعاً ملحوظاً في الغطاء النباتي واتساعاً في رقعة الأراضي الجرداء في منطقة الحفة بين عامي 2023 و2025، وبتفوق مؤشر EVI في رصد هذه التغيرات، يوصى بما يلي:

1- يوصى في الدراسات المستقبلية التي تستهدف مناطق حراجية مشابهة (محميات طبيعية، مناطق جبلية ذات غطاء نباتي كثيف ومتنوع) باعتماد مؤشر EVI بشكل أساسي أو تكميلي إلى جانب NDVI، نظراً لحساسيته العالية التي أظهرتها هذه الدراسة للتغيرات الدقيقة في الغطاء النباتي، وقدرته على تجنب تأثير الخلفية السطحية والغلاف الجوي.

2- يُقترح تمديد فترة الرصد لتشمل سنوات أطول (قبل 2023 وبعد 2025)، بهدف فهم الاتجاهات طويلة المدى للتغيرات النباتية (تحليل الاتجاه) وتحديد ما إذا كانت التغيرات المرصودة موسمية عابرة أم اتجاهات دائمة.

3- يوصى في الأبحاث اللاحقة بدمج بيانات مناخية (كميات الأمطار، درجات الحرارة، رطوبة التربة) وبيانات عن الحرائق (تواريخها، مساحتها، شدتها) مع مؤشرات الغطاء النباتي. هذا سيساعد في فصل تأثير العوامل المناخية (الجفاف) عن تأثير العوامل البشرية (التعديات، الحرائق) بدقة أكبر.

References:

[1] *FAO*,"Global Forest Resources Assessment," Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2025. [Online]. Available: https://www.fao.org/forest-resources-assessment/en

[2] X. Wei, Q. Li, M. Zhang, K. Hansen, W. Liu, S.Liu, "Vegetation cover—another dominant factor in determining global water resources in forested regions," *Global change biology*, vol.24, no. 2, pp. 786-795,2018.

[3] M. Sayeh, A. Saleh, "Spatial analysis of vegetation cover change in Al-Khadra during the period 1990-2020,"* Libya Journal of Geographical Studies*, (in Arabic). vol. 4, no. 2, pp. 152-174,2024.

[4] *NASA*,"California's Dixie Fire Keeps on Growing,". 2021.[Online]. Available: https://science.nasa.gov/earth/earth-observation/californias-dixie-fire.

[5] M. Difonzo, A. Doxa, C. Albert, É. Tremblay, L. J. Oliver, L. Bélanger, A. Gonzalez,"Monitoring Changes in the Enhanced Vegetation Index to Inform the Management of Forests," *Remote Sensing*, vol.16, no.16,2919,2024.

[6] T. Zhu, D. J. van Leeuwen , M. C. Withagen, J. North, "Spatial and temporal variations of European vegetation from MODIS enhanced vegetation index,"* International Journal of Remote Sensing*, vol.39, no. 1, pp. 221–243, 2018.

[7] A. G. Muftin,"Analysis of climate change and its impact on vegetation cover according to NDVI-EVI indicators for the marshes of southern Iraq (2015-2025)," *Al-Qadisiyah Journal of Human Sciences*, (in Arabic). vol. 28, no.3, 2025.

[8] H.A. Muhammad, H.H. Balisi, H. Y. Abu Samour, "Detection and analysis of change in vegetation cover using spectral vegetation indicators," *Journal of Human and Social Sciences Studies*, (in Arabic). Vol. 45, no.1, 2018.

[9] R. M. Mahbas, "Monitoring changes in vegetation cover using remote sensing and geographic information systems in the municipality of Qasr Bin Ghashir," *Journal of Distance and Open Education*, (in Arabic). vol. 4, no. 6,2016.

[10] W. Khoury and A. Thabet, "Land cover changes and cover evolution (2007-2014) on the eastern slope of the coastal mountain range overlooking the Ghab in Syria," *Aleppo University Research Journal*, (in Arabic). vol. 116, no.17,2016.

[11] N.A. Issa, R. Qarmouqa, R.Shabani, "Analysis of the relationship between vegetation cover changes and topographic factors in the Qadmus region," *Damascus University Journal of Arts and Humanities*, (in Arabic). Vol.38, no. 4, 2022.

[12] F. Ismael, " A study of the impact of climate change on semi-virgin oak populations in Latakia Governorate," Master's thesis, Faculty of Agriculture, Tishreen University,Lattakia,Syria, 2014.

[13] Syrian Ministry of Agriculture, Forestry Directorate, Latakia Forestry Department 2025.

[14] I. Nahal, "Encyclopedia of Forest Resources in Syria (Past - Present - Future), *Food and Agriculture Organization*,(in Arabic).2012,pp. 480 pages.

[15]*NASA*,"(2013–2025) Landsat 8 – NASA Science Mission," NASA Science Mission Directorate.[Online]. Available: https://science.nasa.gov/mission/landsat-8

[16] Y. Zhang, X. Zhang, S. Liu, Y. Yang, Y. Chen," Advances in NDVI applications and methodological innovations in vegetation monitoring: A comprehensive review," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol.195, pp. 168-189,2023.

[17] A. Huete, K. Didan, T. Miura, P.E. Rodriguez, X. Gao, G. Ferreira, "Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices," *Remote Sensing of Environment*, vol. 83, no. (1-2), pp. 195-213, 2002.

[18] General Directorate of Meteorology, Syrian Ministry of Emergency and Disaster Management. 2025.
[19] C. Gouveia, R. Trigo, S. Beguería, S. Vicente-Serrano, "Drought impacts on vegetation activity in the Mediterranean region: An assessment using remote sensing data and multi-scale drought indicators," *Global and Planetary Change*, vol.151,pp. 15-27,2017.
[20] H. Li, S. Ning, Y. Zhou, "Spatial and temporal analysis of drought resistance of different vegetation in the Ta-pieh Mountains based on multi-source data," *Journal of Water and Climate Change*, vol.14, no.11,pp. 4198-4219,2023.
[21] European Geosciences Union,"Surface and groundwater drought impact on natural vegetation growth and drought recovery" ,2024.
[22] *FAO*,"GIEWS Country Brief: Syrian Arab Republic," Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2025. [Online]. Available: https://www.fao.org/giews/countrybrief/country.jsp?lang=ar&code=SYR