مقارنة السلسلة الزمنية لمؤشر NDVI بين منصتي MISBAR و GEE: دراسة حالة لحقل قمح عالي الإنتاجية موسم 2023/2022

سميرة سلطان ظافر المزوغي*، جميلة محمد المبروك، شعبان منصور، عبد الرحمن بن جامع
الإدارة البحثية لعلوم الاستشعار عن بعد، المركز الليبي للاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء، طرابلس، ليبيا
*البريد الالكتروني: samira_sultan@ yahoo.com

الملخص*— في هذا البحث تم استخدام المؤشر النباتي الطيفي الأكثر شيوعاً، مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي (Normalized Difference Vegetation Index) اختصاراً (NDVI)، لاستخراج بيانات السلسلة الزمنية لمؤشر NDVI لحقل قمح عالي الإنتاجية خلال موسم 2023/2022، من منصتين للحوسبة السحابية هما منصة MISBAR ومنصة Google Earth Engine اختصاراً (GEE). وقد لوحظ اثناء الدراسة أن منصة المسبار، رغم احتوائها خيار تحديد الصور الفضائية التي ستستخدم في حساب السلاسل الزمنية للمؤشرات النباتية الطيفية بناءً على حد أقصى لنسبة السحب، إلا انها تقوم بحساب قيم المؤشرات المتواجدة بها دون تطبيق فعلي لهذا الشرط. وبناءً عليه، تم إجراء التحليلات الاحصائية بعد توحيد السلسلة الزمنية بين المنصتين من خلال اختيار التواريخ المشتركة بينهما فقط. وبمقارنة قيم المتوسط الحسابي لمؤشر NDVI من المنصتين اتضح أنهما متوافقتان زمنياً ومكانياً في تتبع مراحل نمو محصول القمح، بمعامل ارتباط بلغ 0.998، مع وجود انحياز موجب لصالح منصة GEE، واظهرت التحليلات وجود علاقة خطية قوية بين المنصتين، تميل فيها منصة MISBAR إلى حساب قيم أقل من تلك التي سجلتها منصة GEE، مع احتفاظهما بالاتجاه الزمني نفسه خلال مراحل نمو المحصول.

***الكلمات المفتاحية*— الاستشعار عن بعد، مؤشر نباتي طيفي، محصول قمح، NDVI، MISBAR Platform، GEE Platform**

Comparison of NDVI Time Series between MISBAR and GEE Platforms: A Case Study of a High-Yield Wheat Field during the 2022/2023 Season

Samira Sultan Dhafer Almuzoghi*, Jamila Mohamed Elmbrouk, Shaban Munsur, Abdurhman Ben Gama
Research Department of Remote Sensing Science, Libyan Center for Remote Sensing and Space Science, Tripoli, Libya
*Email address: samira_sultan@yahoo.com

***Abstract*—** In this study, the most widely used vegetation index, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), was used to extract NDVI time series data for a high-yield wheat field during the 2022/2023 season from two cloud computing platforms: MISBAR and Google Earth Engine (GEE), it was observed that although the MISBAR platform provides an option to filter satellite imagery based on a maximum cloud cover threshold, it calculates its indicator values without actually applying this condition. Therefore, temporal alignment was applied by selecting only the overlapping dates between the two platforms before performing the statistical analysis. Comparing the mean NDVI values from both platforms revealed that they are temporally and spatially consistent in tracking the growth stages of the wheat crop, with a correlation coefficient of 0.998 and a positive bias toward the GEE platform. A linear relationship was found between them, where the MISBAR platform tended to calculate lower NDVI values than the GEE platform, while both maintained a similar temporal trend throughout the crop growth stages.

1. المقدمة

استخدام المؤشرات النباتية الطيفية (Vegetation Indices) لمراقبة المحاصيل الزراعية هو أحد تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال الزراعة الدقيقة [1]. فمن الناحية الرياضية، تصاغ المؤشرات النباتية الطيفية على شكل معادلات متغيراتها هي القيم المنعكسة من نطاقات طيفية مختارة لتمثيل خصائص نباتية محددة [2]، حيث أن ما يمتصه النبات من كل نطاق طيفي وما يعكسه له علاقة بنوعه، مرحلة نموه ووضعه الصحي إضافة إلى عوامل اخرى منها خارجي كتأثير التربة أو الحالة الجوية على الانعكاسية ومنه نتحصل على معلومات عن حالة النبات زمن حساب المؤشرات، مما يساعد في اتخاذ القرارات كاتخاذ القرار الأمثل في إدارة الري، التسميد وغيرها من احتياجات النبات أثناء مراحل نموه المختلفة ومن ثَم تحسين الانتاج [3].

مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي (Normalized Difference Vegetation Index) هو المؤشر النباتي الطيفي الأكثر شيوعاً، فهو يستخدم لتحديد مراحل نمو المحصول [4]، قياس صحة النبات أثناء مراحل نموه المختلفة، مراقبة نشاط التمثيل الضوئي والكتلة الحيوية ولأنه يتأثر ببعض العوامل الخارجية كالتربة والسحب إضافة إلى أن قيمه تتوقف عن الزيادة أو تزيد ولكن بنسبة قليلة جداً عندما يصبح الغطاء النباتي أكثر كثافة أو صحة، مما يجعل قيمه غير دقيقة و لا تمثل حالة الحقل الحقيقية، ولهذا فإنه يستخدم مع مؤشرات نباتية طيفية أخرى لتتم عملية المراقبة بفاعلية أكثر [3, 5, 6].

وهنا يأتي دور منصات الحوسبة السحابية كمنصة (MISBAR Platform) ومنصة (Google Earth Engine Platform) ، فكلاهما تُتيحا للمستخدم فرصة مراقبة المحاصيل الزراعية الموسمية باستخدام أكثر من مؤشر نباتي طيفي في نفس الوقت، حيث صممت منصة MISBAR كجزء من مشروع GMES & Africa OSS-North Africa لمراقبة وتقييم الزراعة الموسمية ومراقبة وتقييم استهلاك المياه في المناطق المروية والإنذار المبكر [7]، بينما صممت منصة GEE خصيصاً للتحليل الجغرافي المكاني ولها تطبيقاتها في مجال الزراعة كمراقبة الغطاء النباتي وخرائط تغير الغطاء النباتي واستخدام الأراضي [8, 9] ومن بين الطرق التي تمكننا من استخدام قاعدة البيانات الضخمة المتوفرة بمحرك قوقل هي كتابة الأكواد وتنفيذها بلغة JavaScript من خلال واجهة Code Editor.

في هذا البحث تم حساب السلسلة الزمنية لقيم المؤشر الأكثر استخداماً NDVI لحقل قمح عالي الانتاجية خلال موسم 2022/ 2023 باستخدام MISBAR Platform وحيث أن هذه المنصة تستخدم صور القمر الصناعي Sentinel-2

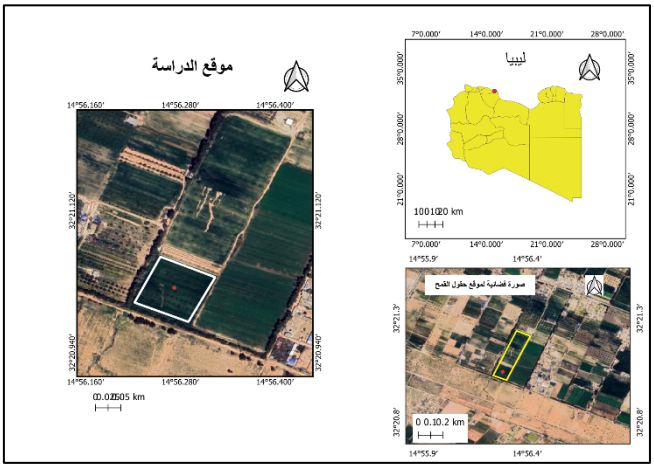
DOI: **10.5281/zenodo.20129076**

(Level-1C) Top of Atmosphere Reflectance، وهي صور لم يتم تصحيح تأثير الغلاف الجوي فيها بعد، عليه تم اختيار نفس البيانات لحساب قيم NDVI باستخدام GEE Platform. ومن ثَم مقارنة النتائج المتحصل عليها من المنصتين لنرى مدى توافقهما زمنياً ومكانياً وأيهما تعطي نتائج أعلى بشكل ثابت.

2. المواد وطرائق البحث

1.2. منطقة الدراسة والبيانات الحقلية

تمت الدراسة على حقل يقع في منطقة الدافنية بمصراتة، ليبيا، التي تتميز بمناخ البحر الأبيض المتوسط، حيث يقع مركز الحقل عند احداثيات 21.019 ′32 °32 شمالاً، 56.272 ′14 °14 شرقاً. هذا الحقل والذي تبلغ مساحته 1.5 هكتار، تمت زراعته مع الحقل الممتد أعلاه بمحصول قمح في الموسم الزراعي 2023/2022 ليكون اجمالي المساحة المزروعة 5.3 هكتاراً. بداية الزراعة كانت يوم 23.11.2022، باستخدام آلة البذارة، وتم حصاد المحصول يوم 20.05.2023. وتميز الحقل بإنتاجيته العالية، حيث بلغت 5.5 طن للهكتار وفق إفادة الخبير الزراعي، وتمت مراقبة المحصول وتوثيق مراحل النمو المختلفة من خلال التقاط صور للحقل بشكل دوري. ولتجنب تأثير الفاصل الترابي بين الحقلين ولان هذا الحقل اكثر تجانساً من الحقل الأخر وقع اختيارنا عليه شكل رقم (1).



شكل رقم 1. موقع حقل القمح

2.2. بيانات الأقمار الصناعية المستخدمة

تم استخدام صور القمر الصناعي Sentinel-2 التابع لوكالة الفضاء الأوروبية (ESA) من المستوى Level-1C وهي صور لم يتم تصحيح تأثير الغلاف الجوي فيها بعد. يوفر Sentinel-2 13 نطاقاً طيفياً بدقة مكانية 10، 20 و60 متراً، ويتم التقاط الصور كل 5 أيام من خلال القمرين Sentinel-2A، Sentinel-2B [10]. وبما ان مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي يتم حسابه باستخدام النطاقين الأحمر و هو النطاق الرابع (Band 4) وقُرب الاشعة تحت الحمراء المثمتل في النطاق الثامن (Band 8)، واللذين يتميزان بدقة مكانية تبلغ 10 امتار، عليه تم اعتبار هذه القيمة هي الدقة المكانية المعتمدة للدراسة.

وبما أن منصة MISBAR على عكس منصة GEE لاتمكنك من الاختيار بين ماإذا كنت تود حساب قيم المؤشرات النباتية الطيفية الموجودة بها من صور Sentinel-2 مستوى 1C أو من المستوى 2A، فهي تستخدم المستوى 1C في حساب مؤشراتها، وعليه تم اختيار صور Sentinel-2 L-1C للفترة الممتدة من 2022/11/20 حتى نهاية مايو 2023. وهي فترة مراحل نمو محصول القمح محل الدراسة، بدءًا من مرحلة الإنبات حتى مرحلة الحصاد. وقد جرى استخدام هذه الصور في منصتي GEE وMISBAR لحساب قيم السلسلة الزمنية لمؤشر NDVI.

3.2. مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي أو مؤشر الاختلاف الطبيعي للغطاء النباتي (NDVI)

عندما تكون النباتات بصحة جيدة فإنها تكون غنية باليخضور الذي يمتص الأشعة الواقعة في نطاق الاطوال الموجية الحمراء (RED) والزرقاء من طيف الضوء المرئي، وتعكس الاطوال الموجية الأخضر وقرب الاشعة تحت الحمراء (Near Infrared: (NIR)). ومن هنا وباستخدام القيم الناتجة من المعادلة الرياضية (1) [11] فإننا نتحصل على قيمة مؤشر NDVI والتي تقع بين 1 و1-، فكلما زادت صحة النباتات كلما زادت قيم NIR المنعكسة وزادت قيم RED الممتصة وبالتالي اقتربت قيمة مؤشر NDVI من 1، وكلما كانت النباتات مُجهدة، غير صحية أو الغطاء النباتي ضعيف جداً كلما اقتربت قيمته من الصفر، بينما القيم السالبة تمثل المساحات غير الخضراء كالأراضي القاحلة، الماء، الثلوج، أو المناطق المعمارية [12, 3]

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \qquad (1)$$

4.2. منصات الحوسبة السحابية المعتمدة في الدراسة

تم تحديد حدود موقع الدراسة باستخدام برنامج QGIS وإنشاء ملف Shapefile، ثم جرى استخدام نفس الملف في المنصتين لاستخراج وتحليل السلسلة الزمنية لمؤشر NDVI لمحصول القمح خلال موسم 2023/2022.

MISBAR Platform .1.4.2

(http://misbar.oss-online.org/#)

أُستخدمت المنصة لحساب السلسلة الزمنية لمؤشر NDVI من صور القمر الصناعي Sentinel-2 MSI(Level-1C).

تتيح أداة البحث (Finder) في المنصة تحديد الفترة الزمنية ونسبة السحب المسموح بها، والتي حددت في هذه الدراسة بـ 20%. فبعد تحديد مكان الحقل وتحميل الصور، جرى حساب قيم المؤشر لنتحصل على رسم بياني للسلسلة الزمنية تشمل القيم العظمى والدنيا، مع تمثيل الانحراف المعياري كمنطقة ظل حول المتوسط الحسابي، إضافة إلى خريطة المؤشر لكامل أيام السلسلة الزمنية، إلى جانب، إمكانية تصدير البيانات الاحصائية في ملف CSV.

Google Earth Engine Platform .2.4.2

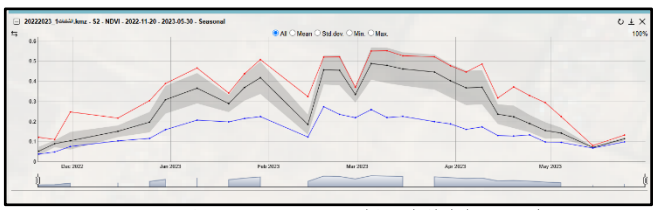
(https://earthengine.google.com/)

تم استخدام نفس موقع الدراسة ونفس الفترة الزمنية لاستخراج السلسلة الزمنية لمؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي من صور القمر الصناعي Sentinel-2 MSI(Level-1C).

حساب قيم المؤشر نُفذ باستخدام سكربت مكتوب بلغة JavaScript داخل محرر الأكواد Code Editor في منصة GEE. شمل استيراد مجموعة صور القمر الصناعي للفترة الزمنية المحددة، تطبيق قناع السحب، حساب مؤشر NDVI لكل تاريخ، واستخراج نفس نوع البيانات الاحصائية المستخرجة من منصة MISBAR. عرض الرسم البياني للسلسلة الزمنية وإظهار خريطة المؤشر ليوم القيمة العظمى للمؤشر في السلسلة الزمنية. كما توفر المنصة امكانية تحميل البيانات الاحصائية بصيغ CSV, SVG و PNG.

3. النتائج والمناقشة

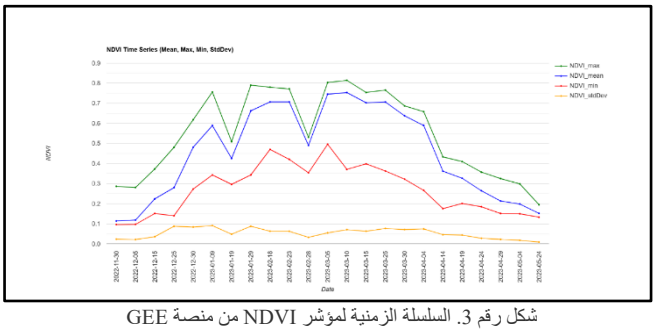
للمقارنة بين أداء المنصتين MISBAR و GEE في حساب قيم مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي ومتابعة مراحل نمو محصول القمح، تم حساب السلسلة الزمنية لمؤشر NDVI باستخدام منصة MISBAR، لنتحصل على الرسم البياني لقيم البيانات الإحصائية التي تحسبها المنصة كما هو موضح في شكل رقم (2).



شكل رقم 2. السلسلة الزمنية لمؤشر NDVI من منصة MISBAR

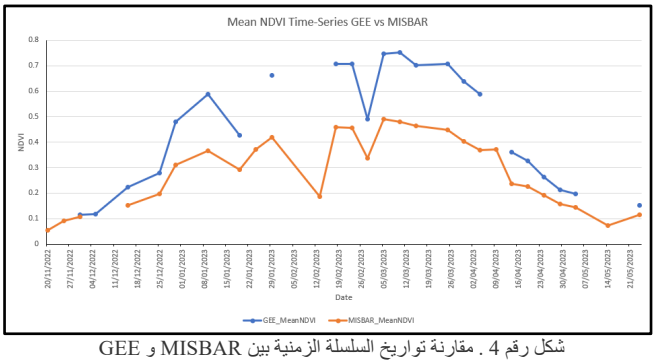
DOI: 10.5281/zenodo.20129076

تلا ذلك استخراج السلسلة الزمنية للمؤشر من منصة GEE، باستخدام نفس نوع البيانات الإحصائية التي تحسبها منصة المسبار وللفترة الزمنية ذاتها، كما هو موضح في شكل رقم (3).



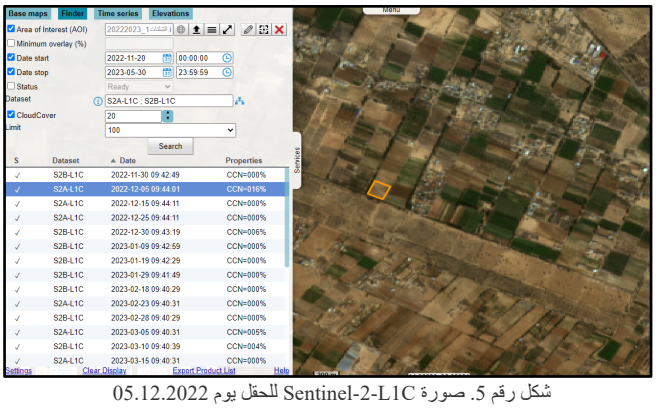
شكل رقم 3. السلسلة الزمنية لمؤشر NDVI من منصة GEE

للتحقق من تطابق تواريخ السلسلة الزمنية لمؤشر NDVI بين المنصتين، تم استخدام قيم المتوسط الحسابي للمؤشر من السلسلتين الزمنيتين للمقارنة. وقد أظهرت نتائج هذه الخطوة وجود بعض الأيام التي لم تحسب فيها قيم NDVI في إحدى المنصتين، شكل رقم (4).



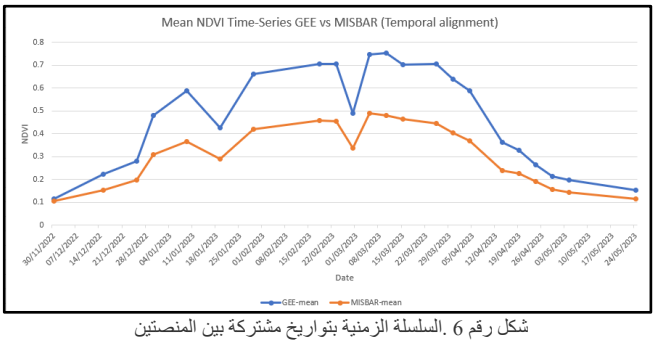
شكل رقم 4 . مقارنة تواريخ السلسلة الزمنية بين MISBAR و GEE

لوحظ من النتائج المتحصل عليها أن منصة MISBAR تحسب القيم الإحصائية لمؤشر NDVI حتى لبعض الصور التي تتجاوز فيها نسبة السحب 20%، مما يشير إلى أن شرط الحد الأقصى للسحب لا يطبق فعلياً في المنصة. كما أن صورة Sentinel-2 ليوم 05.12.2022 لم تحسب قيم المؤشر منها، رغم اختيارها ضمن الصور المطابقة لشرط نسبة السحب في المنصة، كما هو موضح في شكل رقم (5). وعلى الجانب الآخر، أظهرت منصة GEE حساب قيم المؤشر لتاريخ الصورة نفسها، مما يعكس اختلاف آليات اختيار ومعالجة الصور بين المنصتين.



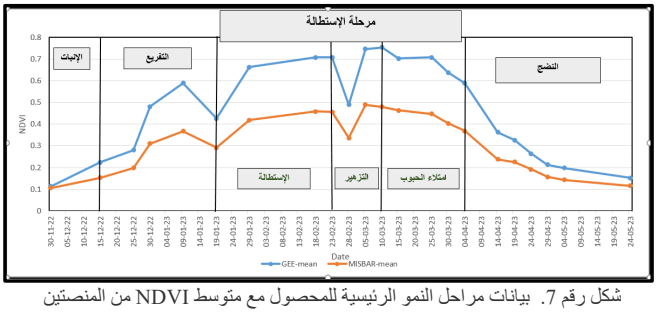
شكل رقم 5. صورة Sentinel-2-L1C للحقل يوم 05.12.2022

بناءً عليه، تم اختيار التواريخ المشتركة فقط بين المنصتين لإجراء عملية المقارنة الإحصائية بينهما، كما هو موضح في شكل رقم (6). مما جعل توافقهما الزمني في تتبع الحقل أكثر وضوحاً.

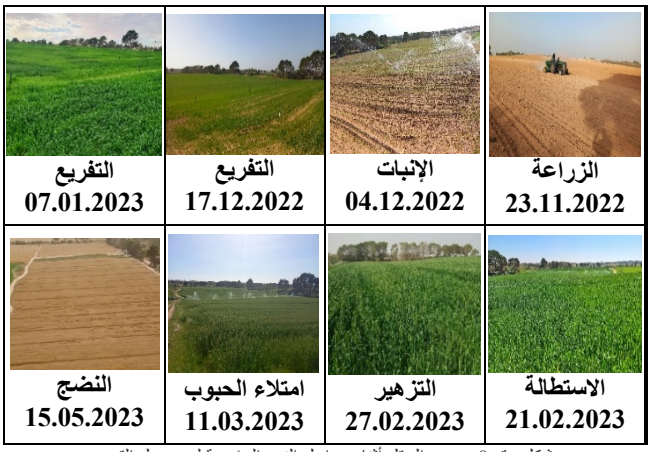


شكل رقم 6 .السلسلة الزمنية بتواريخ مشتركة بين المنصتين

وبمقارنة هذه النتائج مع مراحل النمو الرئيسية لمحصول القمح خلال الموسم المدروس، المتحصل عليها من المختصين شكل رقم (7)، واستناداً إلى صور حقل القمح الموثقة أثناء الزيارات الحقلية شكل رقم (8)، تم اختيار صور Sentinel-2 الاقرب لتواريخ الصور الحقلية، لنتحصل على قيم NDVI الموجودة بجدول رقم(1). ومن خلال تحليل هذه القيم، تبين أن النتائج المستخرجة من المنصتين تمثل الواقع الحقلي بدقة جيدة، مع وجود تباينات يحتمل أن تكون ناتجة عن اختلاف منهجية المعالجة في كل منصة.



شكل رقم 7. بيانات مراحل النمو الرئيسية للمحصول مع متوسط NDVI من المنصتين



شكل رقم 8. صور الحقل أثناء مراحل النمو الرئيسية لمحصول القمح

DOI: 10.5281/zenodo.20129076

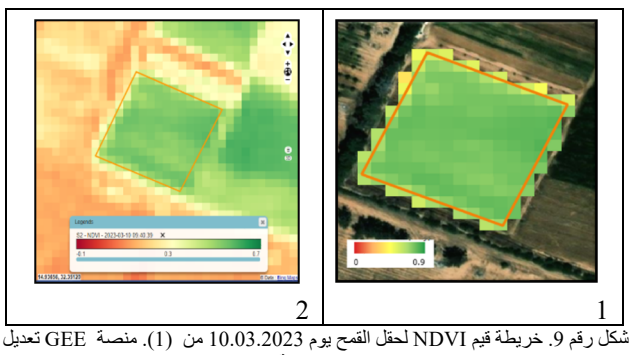
جدول رقم 1 . قيم مؤشر NDVI في اقرب أيام للصور الحقلية

GEE NDVI Values				MISBAR NDVI Values				أقرب صورة S2 بنسبة سحب < %20	مرحلة النمو	تاريخ صور الزيارات الحقلية
Max	Min	Mean	StdDev	Max	Min	Mean	StdDev			
0.286	0.096	0.114	0.023	0.249	0.078	0.106	0.044	30.11.2022	بداية الزراعة	23.11.2022
0.281	0.097	0.118	0.021	لم تحسب	لم تحسب	لم تحسب	لم تحسب	05.12.2022	الانبات	04.12.2022
0.373	0.151	0.224	0.035	0.219	0.105	0.153	0.029	15.12.2022	بداية التفريع	17.12.2022
0.757	0.343	0.589	0.091	0.468	0.209	0.367	0.075	09.01.2023	التفريع	07.01.2023
0.772	0.421	0.707	0.063	0.523	0.237	0.456	0.075	23.02.2023	الاستطالة	21.02.2023
0.531	0.354	0.49	0.033	0.523	0.221	0.336	0.039	28.02.2023	التزهير	27.02.2023
0.814	0.371	0.753	0.071	0.553	0.221	0.48	0.088	10.03.2023	امتلاء الحبوب	11.03.2023
0.299	0.15	0.198	0.018	0.226	0.098	0.144	0.027	04.05.2023	النضج التام والحصاد	منتصف مايو

حيث تم استخراج أعلى قيمة لمؤشر NDVI في السلسلة الزمنية من كلتا المنصتين والتي كانت يوم 10.03.2023، وهو ما يتوافق مع نهاية مرحلة التزهير وبداية مرحلة امتلاء الحبوب.

من بيانات جدول رقم (1) نجد أن قيمة المتوسط الحسابي للحقل في هذا اليوم بلغت 0.753 في منصة GEE مع انحراف معياري بمقدار 0.071 والذي يعادل 9.4% من قيمة المتوسط الحسابي، مما يشير إلى درجة جيدة من التجانس في الغطاء النباتي في الحقل. القيمة العظمى للمؤشر البالغة 0.814، تؤكد غطاء نباتي كثيف وصحي، بينما كانت القيمة الدنيا للمؤشر 0.371 تمثل تأثير حدود الحقل والممرات الترابية، إضافة إلى وجود اختلاف بسيط في درجة الاخضرار داخل الحقل كما هو موضح في شكل رقم (1.9).

أما في منصة MISBAR، فقد بلغت قيمة المتوسط الحسابي للمؤشر 0.48، مع انحراف معياري قدره 0.088، أي ما يعادل 18.3% من المتوسط، مما يشير إلى تشتت طفيف في القيم، أما قيمة المؤشر العظمى في حقل القمح لهذا اليوم البالغة 0.553، كانت دلالة على محصول في مرحلة نمو متوسط إلى متقدم. بينما بلغت القيمة الدنيا 0.221، وهي تمثل ما يعادله نظيرها في منصة GEE من حيث سبب الانخفاض المرتبط بحدود الحقل، الممرات الترابية وعدم التجانس الكلي داخل الحقل شكل رقم (2.9).



شكل رقم 9. خريطة قيم NDVI لحقل القمح يوم 10.03.2023 من (1). منصة GEE تعديل في QGIS، (2). منصة MISBAR

عموماً، لوحظ أن قيم البيانات الإحصائية لمؤشر NDVI المستخرجة من منصة GEE كانت أعلى من القيم المستخرجة من منصة MISBAR جدول رقم (2).

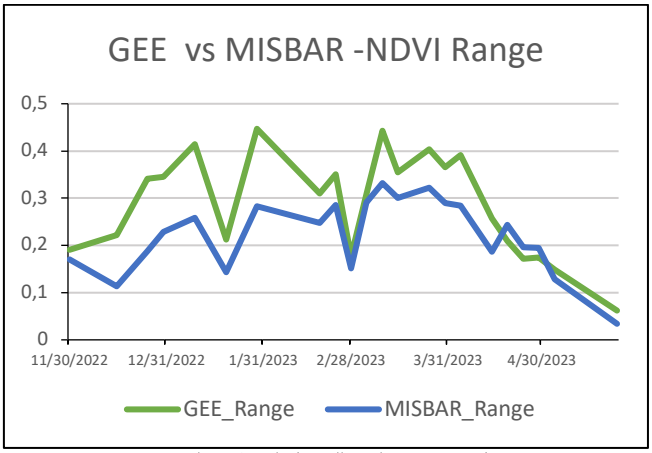
جدول رقم 2. نطاق قيم البيانات الاحصائية المستخرجة من المنصتين

	GEE	MISBAR
القيم الدنيا	0.096- 0.496	0.078- 0.275
القيم العظمى	0.195- 0.814	0.134- 0.553
المتوسط الحسابي	0.114- 0.753	0.106- 0.49
الانحراف المعياري	0.009- 0.091	0.007-0.088

ويلاحظ أن قيم المؤشر من منصة GEE تميل أكثر إلى النطاق المتعارف عليه في تاريخ مؤشر الاختلاف المعياري للغطاء النباتي، حيث تُعد القيم بين 0.66 و1 مؤشراً على نباتات صحية جداً [12]، أما نطاق قيم المؤشر في منصة MISBAR فإنه يتراوح ما بين 0 و0.7 [13]. فعلى سبيل المثال، بلغت أعلى قيمة للمؤشر في السلسلة الزمنية 0.814 في منصة GEE، مقابل 0.553 في منصة MISBAR. ورغم انخفاض قيم MISBAR نسبياً، فإن ذلك لا يعني بالضرورة أن النباتات في حالة غير صحية، إذ أكدت البيانات الحقلية المتزامنة مع القراءات أن النباتات كانت بصحة جيدة، فهنالك ايضاً دراسات تم فيها استخدام طرق اخرى كالدراسة التي قام بها Kadam وآخرون باستخدامهم منظومة ERDAS IMAGINE لحساب قيم NDVI والتي لم تتجاوز فيها قيمته لمحصول القمح 0.6، حيث تراوحت قيم مؤشر NDVI من 0.16 حتى 0.56 [14].

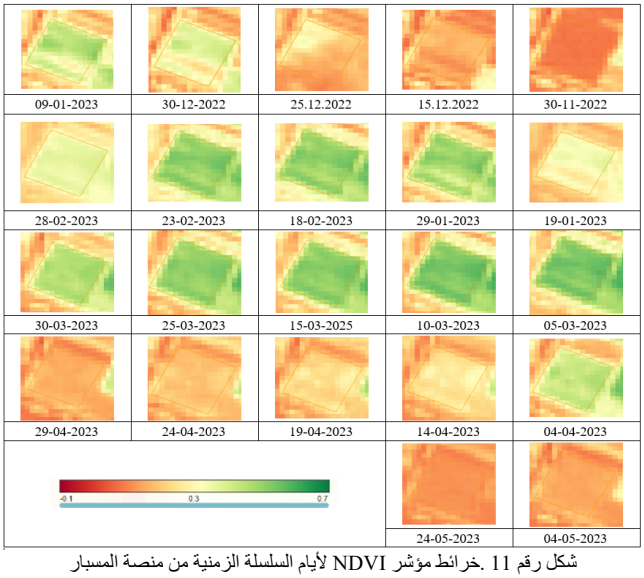
لمقارنة التفاوت المكاني داخل الحقل، تم حساب المدى للسلاسل الزمنية شكل رقم (10).

DOI: **10.5281/zenodo.20129076**



شكل رقم 10. قيم المدى للسلاسل الزمنية بين المنصتين

والذي يوضح وجود تباين مكاني في النشاط النباتي داخل الحقل في بعض مراحل نمو المحصول. وهذا ما أكده التقييم البصري لخرائط المؤشر في السلسلة الزمنية من منصة MISBAR شكل رقم 11.



شكل رقم 11 .خرائط مؤشر NDVI لأيام السلسلة الزمنية من منصة المسبار

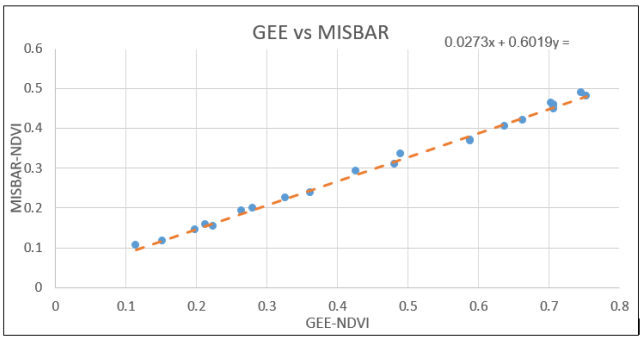
واظهرت المقارنة بين قيم المتوسط الحسابي لمؤشر NDVI المتحصل عليها من المنصتين للموسم الزراعي كاملاً توافقاً زمنياً ومكانياً عالياً جداً حيث بلغ معامل الارتباط بينهما (R = 0.998) مما يشير إلى توافقاً زمنياً قوياً بينهما في تتبع مراحل نمو محصول القمح، مع وجود انحياز موجب بمعدل (Bias = 0.1598) لمنصة GEE، والذي له علاقة بطريقة حساب هذه المنصة لمؤشر NDVI، في حين بلغت قيمة خطأ الجذر التربيعي المتوسط بينهما (RMSE =0.18)، وهو ما يؤكد امكانية الاعتماد على كلتا المنصتين في مراقبة مراحل النمو للمحاصيل الزراعية الموسمية.

ويظهر شكل رقم (12). العلاقة الخطية بين القيم المسجلة من المنصتين والتي يمكن تمثيلها بمعادلة الانحدار التالية:

$$y = 0.6019x + 0.0275$$

حيث x = قيمة NDVI من منصة GEE، y = قيمة NDVI من منصة MISBAR

وكما نرى من المعادلة فإن منصة MISBAR تميل إلى تسجيل قيم أقل من تلك المسجلة من منصة GEE مع احتفاظهما بالاتجاه الزمني نفسه لمراحل النمو.



شكل رقم 12. العلاقة الخطية بين قيم NDVI من المنصتين

4. الخلاصة

مقارنة السلاسل الزمنية لقيم مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي المحسوبة من منصتي GEE و MISBAR لحقل قمح عالي الانتاجية خلال موسم 2023/2022، بينت امكانية الاعتماد على المنصتين في مراقبة المحاصيل الزراعية الموسمية، فهما متوافقتان زمنياً ومكانياً مع انحياز لمنصة GEE فهي أكثر حساسية للتباينات المكانية الدقيقة داخل الحقل. وعلى الرغم من أن منصة MISBAR على عكس منصة GEE لا تمكنك من الاختيار بين ماذا كنت تود حساب قيم المؤشرات الموجودة بها من صور Sentinel-2 مستوى L1C أو من مستوى L2A فهي منصة سهلة الاستعمال جداً تمكنك من المراقبة بشكل زمني ومكاني للحقل بمجرد اختيار المدخلات وانتظار النتائج.

بناءً على النتائج المتحصل عليها، فإننا نوصي باستخدام المنصتين لأجراء دراسات اخرى تتم فيها مراقبة محاصيل زراعية مختلفة تزامناً مع المراقبة الحقلية ليتم تقدير نطاقات قيم المؤشرات المختلفة لمراحل نمو المحاصيل المراقبة من خلال منصة المسبار. كما نقترح توسيع نطاق البحث ليشمل حقولاً لنفس المحصول، الموسم ونفس المنطقة ولكن ذات مستويات انتاجية متباينة لاختبار دقة المنصات في مراقبة المحاصيل وبالتالي تقدير الإنتاجية.

5. الشكر والتقدير

نتقدم بالشكر للمهندس الزراعي إسماعيل رمضان جبوع مدير إدارة التخطيط بهيئة إنتاج الحبوب على دعمه لهذا المشروع البحثي من خلال اقتراحه للحقل لإجراء التجربة عليه، مدنا بالبيانات الحقلية وتحديده لمراحل نمو محصول القمح على الرسم البياني للمؤشر المختار.

6. المراجع

[1] N. K. Faustin, "Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture," Research Output Journal of Engineering and Scienctific Research, vol. 3, no. 1, pp. 29-33, 2024.

[2] M. Saadikhani, M. Maharlooei, M. Rostami and M. Edalat, "Distinguishing Growth Stages of Wheat Crop by Remote Sensing Techniques and Time Series Analysis," Biomechanism and Bioenergy Research, vol. 1, no. 1, pp. 16-22, 2022.

[3] R. P. Sishodia, R. L. Ray and S. K. Singh, "Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Reviev," Remote Sensing, vol. 12, no. 19, 2020.

[4] D. Manour and B. Touil, "Cereal Crop Monitoring Using Sentinel Time Series Through Google Earth Engine," in 2024 IEEE Mediterranean and Middle-

DOI: **10.5281/zenodo.20129076**

East Geoscience and Remote Sensing Symposium (M2GARSS), Oran, IEEE, 2024, pp. 442-446.

[5] J. Xu and B. Su, "Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications," Journal of Sensores, vol. 1, pp. 1-17, 2017.

[6] M. Berca and R. Horolas, "Research on the use of NDVI in monitoring the wheat crop vegetation, the carbon storage and the yield level, on the chernozemic soils froms South Romania," Scientific Papers. Series Management, Economic Engieering in Agriculture and Rural Development, vol. 22, no. 1, pp. 35-42, 2022.

[7] S. Riazanoff, "https://projet.oss-online.org/GMES-Africa/fr/telechargement," 2021. [Online]. Available: https://projet.oss-online.org/GMES-Africa/fr/telechargement.

[8] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. IIyushchenko, D. Thau and M. Rebecca, "Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone," Remote Sensing of Environment, vol. 202, no. 3, pp. 18-27, 2017.

[9] O. Mutanga and L. Kumar, "Google Earth Engine Applications," Remote Sensing, vol. 11, no. 5, 2019.

[10] A. Meygret, S. Baillarin, F. Gascon, E. Hillairet, C. Dechoz, S. Lacherade, P. Martimort, F. Spoto , P. Henry and R. Duca , SENTINEL-2 Image Quality and Level 1 Processing, vol. 7452, San Diego, CA: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2009.

[11] J. W. J. Rouse, R. H. Haas, J. A. Schell and D. W. Deering, "Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with Erts," NASA SP-351, 3rd ERTS-1 Symp, pp. 309-317, 1973.

[12] J. Jena, S. R. Misra and K. P. Tripathi, "Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and its role in Agriculture," Agriculture&Food: E-Newsletter, vol. 1, no. 12, pp. 387-389, 2019.

[13] Z. Najoui, K. Gross and O. Karim, "Indicators, evapotranspiration, irrigation, and yield models," AFEOS and VisioTerra, 2020.

[14] S. A. Kadam, S. D. Gorantiwar, S. D. Dahiwalkar and M. G. Shinde, "Crop evapotranspiration and normalized difference vegetation index relationship for wheat crop," Agricultural Research Journal, vol. 56, no. 2, pp. 336-339, 2019.

Websites

Google Earth Engine Platform. [Online]
Available at: https://earthengine.google.com/platform/

MISBAR-North Africa. [Online]
Available at: http://misbar.oss-online.org/#

DOI: **10.5281/zenodo.20129076**