Wadi Alshatti University Journal of
Pure and Applied Sciences

مجلة جامعة وادي الشاطئ
للعلوم البحتة والتطبيقية

Volume 4, No. 2, July-December 2026 Online ISSN: 3006-0877 المجلد 4، الاصدار 2، يوليو- ديسمبر 2026

RESEARCH ARTICLE **GEOSPATIAL GEOGRAPHY**

The Role of Spatial Technologies in Modeling Changes in Green Spaces in the City of Tobruk: A Study in Applied Geography

Areej Saqar Mohammed Fadhl[1,*], Mahmoud Ali Al-Mabrouk Salih[1].

[1]Libyan Academy for Postgraduate Studies, Tobruk Branch, Libyan
[2]Department of Natural Resources, Faculty of Resources, University of Tobruk, Libya

ARTICLE HISTORY
Received 10 July 2026
Revised 15 August 2026
Accepted 22 August 2026
Online 26 August 2026

KEYWORDS
Remote Sensing;
Green Spaces;
GIS;
Index NDVI;
Improved Change Detection Tool.

ABSTRACT

This study aims to highlight the role of remote sensing technologies. The study utilized RS and Geographic Information Systems (GIS) to understand the current state of green spaces in Tobruk, reveal changes in these spaces between 2013 and 2025, and assess the effectiveness of these modern technologies in analyzing and monitoring green spaces using the NDVI spectral index. It also aimed to produce spatial and temporal maps and model them cartographically by comparing different classifications using the Change Detection tool. The results showed that the NDVI reached its highest value in 2013 at 3.37%, and in 2025 it reached 3.93%. This indicates that vegetation cover is unstable, due to the nature of the climate, particularly fluctuating rainfall rates, and the continuous urban expansion driven by population growth. the study concluded that green spaces appear in some locations, particularly in the valley corridors extending from east to west in the northern part overlooking the Mediterranean Sea, and some of them are distributed in the south eastern part. Through the use of the developed tool and the values obtained from the NDVI spectral index, it was shown, according to the description of the change, that there is a severe decrease between 2013-2025 AD by an area of 0.37 km² of the total area of the city, while there is a severe increase in the density of vegetation cover by an area of 0.49 km². The study recommended the need to pay attention to remote sensing and geographic information systems technologies, and employ them in affiliated institutions in the field of environmental monitoring, due to their efficiency in monitoring the environment, their speed in implementation, and their high accuracy in giving results, according to the desired goal.

دور التقنيات المكانية في نمذجة تغير المساحات الخضراء بمدينة طبرق: دراسة في الجغرافية التطبيقية

اريج صقر محمد فضل[1]*، محمود علي المبروك صالح[1]

الكلمات المفتاحية
الاستشعار عن بعد
المساحات الخضراء
نظم المعلومات الجغرافية
مؤشر NDVI
الأداة المطورة Change Detection

الملخص

تُهدف هذه الدراسة إلى إبراز دور تقنيتي الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS؛ للتعرف على واقع المساحات الخضراء في مدينة طبرق؛ والكشف عن التغيرات التي طرأت على هذه المساحات الخضراء خلال عامي 2013 إلى 2025م؛ والتعرف على مدى كفاءة هذه التقنيات الحديثة؛ في تحليل ورصد المساحات الخضراء باستخدام مؤشر الطيفي NDVI، وإنتاج خرائط مكانية وزمانية، ونمذجتها خرائطيًا بطريقة مُقارنة تصنيف مع تصنيف آخر، باستخدام الأداة المطورة Change Detection. أظهرت نتائج الدراسة أنَّ مُعدل NDVI وصل لأعلى قيمة عام 2013م بنسبة 3.37%، وفي عام 2025م سجل 3.93%، حيث نجد أنَّ الغطاء النباتي غير مستقر، يرجع ذلك لطبيعة المناخ ولا سيما معدلات سقوط الأمطار المتذبذبة، والسبب الآخر التوسع المستمر في النمو العمراني بسبب الزيادة السكانية. خُلصت الدراسة إلى أنَّ المساحات الخضراء تظهر في بعض المواضع، لا سيما في ممرات الأودية الممتدة من الشرق إلى الغرب في الجهة الشمالية التي تطل على البحر المتوسط، ويتوزع البعض منه في الجهة الجنوبية الشرقية، من خلال استخدام الأداة المطورة والقيم المتحصل عليها من المؤشر الطيفي NDVI تبين حسب وصف التغير أنَّ هناك نقصان الشديد بين عامي 2013-2025م بمساحة بلغت 0.37كم² من جُملة المساحة الكلية للمدينة، بينما الزيادة الشديدة في كثافة الغطاء النباتي بمساحة 0.49كم²، وقد أوصت الدراسة بضرورة الاهتمام بتقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وتوظيفها في المؤسسات التابعة في مجال مراقبة البيئة، لكفاءتها في مراقبة البيئة وسرعتها في التنفيذ، ولدقتها العالية في إعطاء النتائج، وفق الهدف المنشود.

المقدمة

المساحات الخضراء *Green Spaces* تُعد رئة المدينة ومتنفس للسكان، وهو أهم عنصر مشكل للمحيط الحضري السكني والمدن، بل أصبح نقطة ارتكاز بكل مخطط عمراني. [1]، وهي الأراضي المكسوّة بغطاء نباتي مثل: الأعشاب، أو الأشجار، وتشمل المسطحات الخضراء، المنتزهات، والحدائق، والملاعب، وساحات المؤسسات، وأماكن الجلوس العامة وغيرها. [2]، تُعد هذه الدراسة من المواضيع الحيوية المهمة في ظل التوسع الحضري، ويعتبر

*Corresponding author
https://doi.org/10.63318/waujpasv4i2_34
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

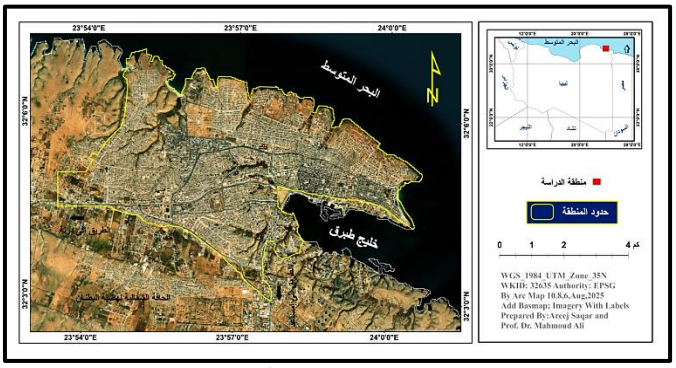
ذلك التوسع نتاج النمو السكاني، وما يترتب عليه من زيادة الطلب على العمران لتوفير احتياجات السكان. [3]. شهدت مدينة طبرق تغير في المساحات الخضراء خلال الفترة الزمنية 2013 إلى 2025م. من هنا جاءت أهمية الدراسة في الاعتماد على تقنية الاستشعار عن بعد *Remote Sensing* (RS) للحصول على بيانات مكانية ومعلومات دقيقة حول الظاهرة المدروسة على سطح الأرض دون الاحتكاك أو الاتصال المباشر بالظاهرة. [4]، من خلال توفير المرئيات الفضائية للتعرف على واقع المساحات الخضراء في سنوات مضت والوقت الحالي؛ من خلال تحميل مرئيات الفضائية من موقع *United States Geological Survey* (USGS) التابع لهيئة المسح الجيولوجي الأمريكي، ومعالجتها داخل بيئة تقنية نظم المعلومات الجغرافية *Geographic Information System* (GIS) ويمثل الغطاء النباتي أحد الموارد الطبيعية الرئيسة. تبرز أهمية المراقبة المستمرة للغطاء النباتي وتحليل التغيرات المكانية والزمانية التي تطرأ عليه، سواء كانت ذات طابع إيجابي أم سلبي. [5] تُمكن تقنية الـ (GIS) المستخدمين من تحليل المواقع الجغرافية بدقة وكفاءة.[6] ومن هذا المنطلق نتحصل على معلومات دقيقة حول موضوع الدراسة، ولهذا فإن تقنية الاستشعار عن بعد من المجالات العلمية؛ التي تعتمد عليها تقنية نظم المعلومات الجغرافية خاصة كمصدر مهم للمعلومات الحديثة عن سطح الكرة الأرضية.[7]، استنادًا إلى مُؤشر الغطاء النباتي *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) الذي يُعد أدق أساليب المعالجة الرقمية؛ للمرئيات الفضائية في إبراز المساحات الخضراء. [8] وهو الأكثر استخدامًا في مجال مراقبة المساحات الخضراء عالميًا. [9] وللكشف عن درجات التغير في المساحات الخضراء بواسطة الأداة المطورة *Change Detection*.

موقع منطقة الدراسة

تقع مدينة طبرق جغرافيًا في شمال شرق ليبيا، بالقرب من الحدود الدولية مع جمهورية مصر العربية بنحو 130كم، وعن مدينة درنة بنحو 175كم، تطل على ساحل البحر المتوسط الذي يحيط بها من ثلاث جهات بحرية؛ مكونه شبة جزيرة، تمتاز المدينة بخليج وميناء الطبيعي، وبموقع استراتيجي وبمنفذ بحري وجوي وآخر بري، تمتد مدينة طبرق حسب المخطط الإداري لها من جهة الشرق حي المنارة، وتنتهي بحي القدس من جهة الغرب، وفي الجنوب تحديدًا حي النصر. تبلغ مساحتها حوالي 38.322كم²، أما فلكيًا فإنها تنحصر بين دائرتي عرض (32°3′0"N و32°6′0") شمالاً، وبين خطي طول (24°0′0"E و23°54′0")شرقًا، كما مبين في الشكل (1). ويبلغ عدد سكان المنطقة حوالي 105434نسمة.

الحدود الزمنية: تتمثل فترة الدراسة في المدة المحصورة بين 2013م حتى 2025م.

ويُعد المناخ بعناصرهُ المختلفة من العوامل الطبيعية المؤثرة في المساحات الخضراء من حيث طبيعة نوع النباتات أو الأشجار السائدة حسب المناخ يختلف من مكان إلى آخر، اعتمدت الدراسة على البيانات المناخية من موقع (NASA) *Aeronauties*، تم اختيار نقطة رصد واحدة في مدينة طبرق خلال فترة 2013_2024م جدول (1)، وفيما يلي عرض أهم العناصر المناخية ذات تأثير على المساحات الخضراء في مدينة طبرق.



الشكل 1: موقع منطقة الدراسة

من الجدول (1)، والشكل (2)، يتضح أن درجات الحرارة سجلت أدنى معدلاتها خلال فصل الشتاء حيث وصل متوسطها11.75°م و12.52°م وفي شهري يناير وفبراير على التوالي، أما في فصل الربيع درجات معتدلة نوعا ما، ترتفع الحرارة في مدينة طبرق ابتداءً من شهري يونيو ويوليو، وحتى أغسطس، وتصل أعلى درجاتها في فصل الصيف والخريف بسبب هبوب الرياح القبلي التي لها أثر على جفاف السطح؛ نتيجة لسقوط أشعة الشمس، حيث سجلت بمتوسط 27.53°م في شهر أغسطس. درجات الحرارة أكثر العناصر المناخية تأثير على المساحات الخضراء من حيث توزيع الغطاء النباتي بمختلف أنواعهُ، وله أثر رئيس في اتجاه الدورة الحيوية للنبات الطبيعي، وتؤثر درجات الحرارة أيضًا في الوظائف الفسيولوجية كلها للنباتات كالبناء الضوئي، وعمليات الطبيعية كالنفاذية والانتشار وامتصاص الماء وتبخرهُ [11].

تنشط حركة الرياح خلال فصل الصيف، حيث سُجلت سرعة الرياح في شهر يوليو (6.28م/ث)، بينما تصل أقصى سرعة الرياح في فصل الشتاء (7.77م/ث) في شهر يناير. ونعزى الزيادة في سرعة الرياح في مدينة طبرق إلى كثرة المنخفضات والكتل الهوائية، التي تأتي من البحر المتوسط، الاتجاه السائد للرياح في المدينة هي الشمالية الغربية 57.% من مجموع الرياح، كما هو موضح بالشكل (3).

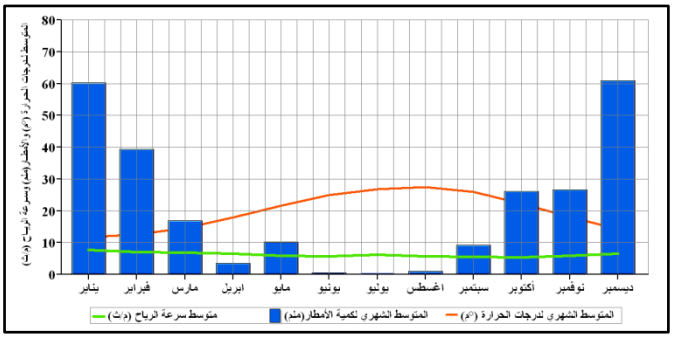
سُجل أعلى معدل للمتوسط الشهري لكمية الأمطار في الشتاء 60.96 ملم و60.31 ملم في شهري ديسمبر ويناير على التوالي، أما الخريف سجلت أدنى معدلاتها في شهر أغسطس0.94ملم، بينما في فصل الربيع أمطار متذبذبة، وتنعدم الأمطار في الصيف، وسجل المعدل السنوي لسقوط الأمطار في طبرق (254.46ملم/السنة)، يُعد عنصر المطر من عناصر المناخ الأساسية المهمة في وجود ونمو وبقاء المساحات الخضراء، يبدأ موسم الأمطار في مدينة طبرق من شهر سبتمبر حتى مايو، ويصل أقصى معدل سقوط للأمطار خلال فصل الشتاء في شهري ديسمبر ويناير. تذبذب كميات سقوط الأمطار مكانيًا وزمانيًا في المدينة، إلا أنها ذات أهمية ولها أثر إيجابي على نمو الغطاء النباتي؛ وعلى زيادة رطوبة التربة، ورفع الرطوبة النسبية خلال وبعد سقوطها، وتقلل من التبخر.

مشكلة الدراسة

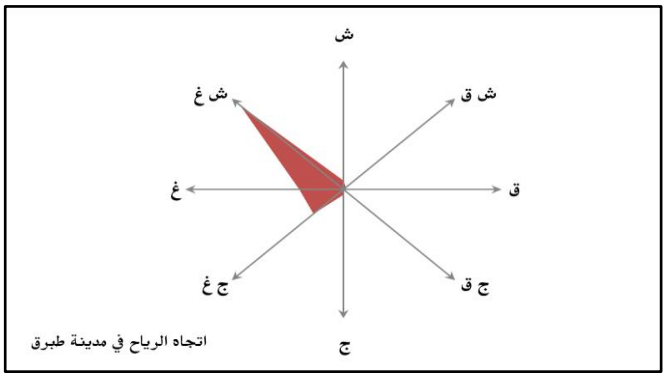
الجدول 1: المتوسطات الشهرية لعناصر المناخ في مدينة طبرق خلال عامي 2013_2024م

نقطة الرصد	مدة الرصد	الموقع الفلكي		الارتفاع (بالمتر)	البعد عن ساحل البحر(كم)
طبرق	2013 – 2024	طول خط 23.953"E	دائرة عرض 32.0889"N	27	2.487

البيانات المناخية			المتوسط الشهري لدرجات الحرارة (م°)	المتوسط الشهري لكمية الأمطار(ملم/السنة)	متوسط سرعة الرياح (م/ث)	نسب اتجاهات هبوب الرياح (%)	عدد الترددات	نسبة التردد
فصول السنة	الخريف	سبتمبر	25.89	9.13	5.48			
		أكتوبر	22.33	26.06	5.28			
		نوفمبر	18.03	26.63	5.85	الشمال	6.0	4.2
	الشتاء	ديسمبر	14.19	60.96	6.6	الشمال الشرقي	2.0	1.4
		يناير	11.75	60.31	7.77	الشرق	0	0
		فبراير	12.52	39.39	7.04	الجنوب الشرقي	0	0
	الربيع	مارس	14.49	16.95	6.91	الجنوب	4.0	2.8
		أبريل	17.84	3.44	6.46	الجنوب الغربي	24.0	16.7
		مايو	21.59	10.14	5.82	الغرب	25.0	17.4
	الصيف	يونيو	25.01	0.48	5.68	الشمال الغربي	83.0	57.6
		يوليو	26.84	0.04	6.28			
		أغسطس	27.53	0.94	5.75			
المعدل السنوي			238	254.46	74.92	المجموع	144	100



الشكل 2: المتوسطات الشهرية لعناصر المناخ في طبرق خلال المدة من 2013_2024م



الشكل 3: نسب تكرار اتجاه الرياح (%) في طبرق خلال المدة من 2013_2024م

تتعرض المساحات الخضراء يومًا تلو الآخر للتدهور في القرى والمدن، مما يؤدي إلى خلل في توازن البيئة؛ وظهور العديد من مشاكل، نتيجة لتأثير العوامل الطبيعية كالمناخ، وتفاعل الإنسان مع البيئة بشكل غير متزن دون اتباع المعايير المخصصة، كالتوسع في النمو العمراني على حساب المساحات الخضراء...إلخ، هناك تجاوزات مستمرة على المساحات الخضراء في مدينة طبرق؛ نظرًا لغياب الوعي بحجم هذه المشكلة، ومردودها على السكان والبيئة بشكل سلبي.

تساؤلات الدراسة

1) ما مدى كفاءة تقنيتي الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS في تحليل ورصد المساحات الخضراء في مدينة طبرق باستخدام المؤشر NDVI؟
2) ما مدى إمكانية الأداة المطورة *Change Detection* في الكشف عن التغيرات التي طرأت على المساحات الخضراء في مدينة طبرق خلال الفترة الزمنية من عام 2013 إلى 2025م؟ ما هو الوضع الحالي خلال المدة السابقة واللاحقة؟

الدراسات السابقة

دراسة قام محمود.(2023). بعنوان واقع تخطيط وتوزيع المساحات الخضراء في مدينة طبرق وأثرها على البيئة، توصلت نتائج الدراسة إلى أن أغلب التعديات على المساحات الخضراء ظهرت في الأحياء الجديد مثل حي الأندلس والزهور والحدائق والقدس، أما في المخططات القديمة نجد أن التعدي على المساحات الخضراء أقل ضررًا من المخططات الحديثة، وذلك بسبب وجود الحماية القانونية من أجهزة التخطيط والتوزيع منتظمًا في المنطقة، ولم يحدث فيها التعدي إلا الفترات الأخيرة بعد تنفيذ مخططات الجيل الثاني، ولكن هذا التعدي بشكل جزئي فقط تمت المشاهدة في حي المنارة والمطار القديم. أدى التطور العمراني إلى زيادة الطلب على الأرضي للاستخدام السكني والتجاري والصناعي على حساب المساحات الخضراء والتعدي عليها. [12]

كما قام الباحثان السائح والصالحين.(يوليو-2024). بدراسة التحليل المكاني لتغير الغطاء النباتي في محلة الخضراء في الفترة من السنة 1990 إلى 2020م، بينت النتائج تباينًا في قيم مؤشر التغطية النباتية بين المدد المحددة لهذه الدراسة، حيث أن المؤشر أعطى قيمًا مرتفعة في سنة ما، فإنه قد ينخفض في سنة أخرى انعكاسًا لحالة تساقط الأمطار الحاصلة في المكان، بذلك تباينت مساحات، ودرجة التغطية النباتية من سنة لأخرى باعتبارها متغيرًا تابعًا، متأثرة بما قد يمثل متغيرات مستقلة. [13]

- كما تطرق سعيد.(March-2025).بدراسة معنونه بالتباين تغير الغطاء النباتي في القسم الغربي من سهل الجفارة باستخدام مؤشر الإخضرار NDVI من سنة 1992-2024، أظهرت نتائج الدراسة تدهورًا واضحًا في حالة الغطاء النباتي بسبب النشاط الاقتصادي والتوسع العمراني على حساب الأراضي الزراعية والذي يزهر بوضوح في المناطق القريبة من الشريط الساحلي، وكذلك سوء استغلال الأراضي الزراعية وعدم التقييد والالتزام بالقوانين والتشريعات البيئية. [14]

أهداف الدراسة

1) إبراز دور تقنيتي الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS في دراسة حالة المساحات الخضراء في مدينة طبرق، لإنشاء خرائط مكانية وزمانية ونمذجتها، للتعرف على واقع المساحات الخضراء لتوضح الاتجاهات المكانية لكثافة ولانحسار الغطاء النباتي خلال الفترة الزمنية: 2013_2025م

في مدينة طبرق، وذلك من خلال تحليل البيانات الرقمية للمرئيات فضائية.

2) نمذجة تغير المساحات الخضراء خرائطيًا بطريقة مقارنة تصنيف مع تصنيف آخر، من خلال استخدام الأداة المطورة للكشف عن تغير الغطاء النباتي *Cartographic Modeling to Change detection Vegetation Cover*.

أهمية الدراسة

ترتكز أهمية الدراسة علميًا: على هدف أساسي وهو توظيف تقنيتي الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) تُعد بيانات هذه التقنيات مرجع مهم لدراسة المساحات الخضراء في المدينة، وقيمة علمية في مجال الجغرافية التطبيقية، مع التزايد المستمر في أعداد السكان والتوسع العمراني، والأنشطة البشرية، أصبحت الحاجة الملحة لوجود مثل هذه الدراسات، وذلك السبب أن أي مدينة بدون مساحات خضراء ليست لها قيمة، المساحات الخضراء تلعب دور مهم في حماية البيئة وتوازنها، وينعكس بشكل إيجابي على صحة السكان، ويلبي احتياجاتهم من حيث الخدمات الترويحية والترفيهية. أهمية الدراسة عمليًا: بناء قاعدة بيانات جُغرافية للمدينة عن المساحات الخضراء، تسهم في قرارات إنشاء وتوزيع الحدائق والمساحات الخضراء، تدعم الجهات التخطيطية ومُتخذي القرار في التخطيط الحضري للمدينة؛ وفق أسس علمية، لمعالجة مُشكلة من مشاكل البيئة، وتخفيف أثار التغير المناخي، وتحسين جودة الهواء، وتقليل التلوث. من خلال ما توفرهُ هذه الدراسة من خرائط نمذجة وتحليلات مكانية دقيقة تحدد مناطق كثيفة بالمساحات الخضراء وندرتها أيضًا.

منهجية الدراسة

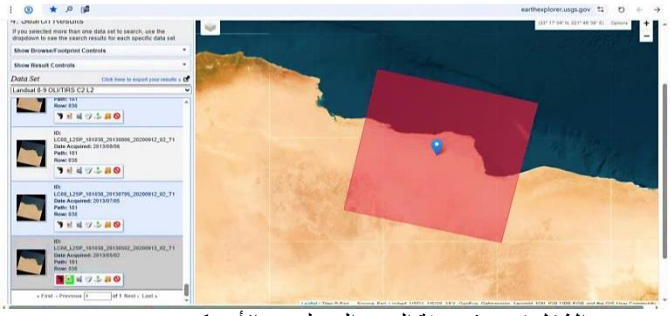
المنهج الوصفي: يهدف إلى وصف الموقع الجُغرافي والفلكي لمدينة طبرق، وإعطاء صورة عن مناخ السائد خلال فترة زمنية محددة؛ تم إتباع المنهج في وصف جوانب عدة من الدراسة.

المنهج التحليلي: يركز على تفسير البيانات التي تم الحصول عليها من خلال المرئيات الفضائية؛ وإعطاء صورة واضحة عن المساحات الخضراء لمدينة طبرق، من خلال الحصول على نتائج للمؤشر الطيفي NDVI، وللأداة المطورة *Change Detection*، وتحليل البيانات المناخية؛ لكشف علاقة المتغيرات وتحليلها...إلخ.

المنهج التاريخي: يعتمد على تتبع تغيرات الظاهرة المدروسة عبر فترات زمنية مختلفة، وذلك من خلال تتبع تغيرات المساحات الخضراء التي شهدتها مدينة طبرق. **مرت منهجية الدراسة بمراحل عدة، تمثلت في:**

أ- تمثلت بيانات الدراسة بشكل أساسي في المرئيات الفضائية:

المأخوذة من موقع المساحة الجيولوجية (USGS) التابع لهيئة المسح الجيولوجي الأمريكي، من للقمرLandsat8-9، تم أخذ مرئيات فضائية للدراسة لعدة سنوات، من خلال اتباع طريقة البحث عن مرئيات القمر لاندسات بواسطة المسار والصف path & Row، مع مراعاة أن تكون المرئيات مُلتقطة في نفس الشهر من السنة لتفادي الاختلافات الفصلية، لمعرفة مقدار حجم التغير، وفق أهداف الدراسة، وأن تكون خالية من الغيوم تمامًا. تم اختيار المرئيات فضائية للفترة الممتدة ما بين 2013-2025م، لحوالي 12 عام بين كل فترة وفترة 4 سنوات متمثلة في المدد الأربعة في موسم الربيع لشهري أبريل ومايو، وتم تدوين خصائص المرئيات الفضائية، كما مبينة في الجدول (2) والشكل (4) موضحًا الخصائص الطيفية والدقة المكانية للمرئيات المستخدمة في الدراسة.



الشكل 4: موقع هيئة المسح الجيولوجي الأمريكي (USGS)

ب- قص لمرئية الفضائية

في هذه العملية تم إجراء قص المرئية الأصلية *Extract By Mask* من حدود المدينة المدروسة؛ كما مبينة في الشكل (5) باستخدام ملف *Shape file*، دراستهُ فقط، ولتكون جاهزة لعمليات التحليل، والغرض من هذه العملية هو فصل مدينة طبرق من إجمالي المساحة الكلية للمرئية الفضائية.

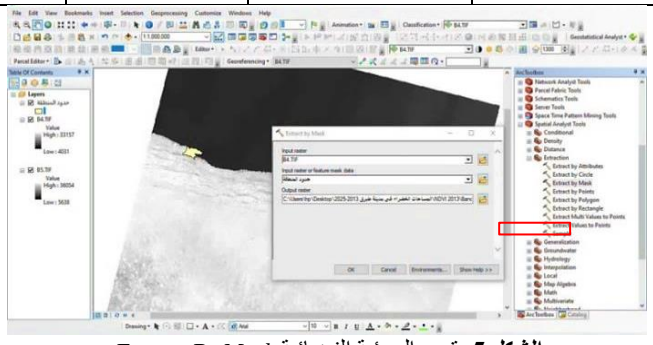
Arc Toolbox > Spatial Analyst Tools > Extract > Extract By Mask.

ج- استخدام المؤشر الطيفي NDVI

إن قيم (NDVI) لها مدى يتراوح من (-1-1)، وبشكل عام فإن النتائج أن كان موجبة فهو مؤشر على الخلية ذات غطاء نباتي كثيف، وكلما كانت القيمة موجبة الناتج أعلى؛ دل ذلك على كثافة الغطاء النباتي، وفضلاً عن صحتهُ، أما القيم السالبة تدل على عدم وجود غطاء نباتي، أي دل على أسطح غير مغطاة بالنبات.[8] الصيغة المعتمدة لمؤشر الغطاء النباتي هي قياس نسبة الانعكاس لنطاقي الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) والأشعة الحمراء (Red)،

الجدول 2: بيانات المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة [15]

منصة القمر الصناعي	المستشعر	تاريخ الالتقاط	الموقع الفلكي		القمر مسار الصناعي		الدقة المكانية	النظام الجيوديسي العالمي
			Lon (X)	Lat (Y)	Row	Path		
Landsat 8-9	OLI/TIRS C2 L2	2013/05/02	24°34'03"E	31°44'49"N	38	181	30م	WGS-84
Landsat 8-9	OLI/TIRS C2 L2	2017/05/13	24°34'03"E	31°44'49"N	38	181	30م	WGS-84
Landsat 8-9	OLI/TIRS C2 L2	2021/04/22	24°34'03"E	31°44'49"N	38	181	30م	WGS-84
Landsat 8-9	OLI/TIRS C2 L2	2025/05/10	23°01'21"E	31°44'49"N	38	182	30م	WGS-84



الشكل 5: قص المرئية الفضائية *Extract By Mask*

لتسهيل عملية معالجة بيانات المرئية حسب حجم المكان المراد

اعتمادًا على الصفات الطيفية للنباتات وانعكاساتها، تحدد النطاقات المستخدمة في المؤشر NDVI؛ اعتمادًا على مقارنة انعكاس النطاق القريب من الأحمر، المتوقفان على خصائص النباتات، النطاق الأحمر يحتوي على محتوى الكلوروفيل، وفي الأشعة تحت الحمراء القريبة تحتوي على الهيكل الداخلي للخلية النباتية، وهذه النباتات غير مرتبطة مع بعضها البعض، إنما تظهر التباين الطيفي العالي للغطاء النباتي.[13] تحسب قيمة هذا المؤشر NDVIباستخدام المعادلة التالية [16]:

NDVI= (NIR-Red)/(NIR+Red)

NIR: نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (Band5).

Red: نطاق الأشعة الحمراء (Band4).

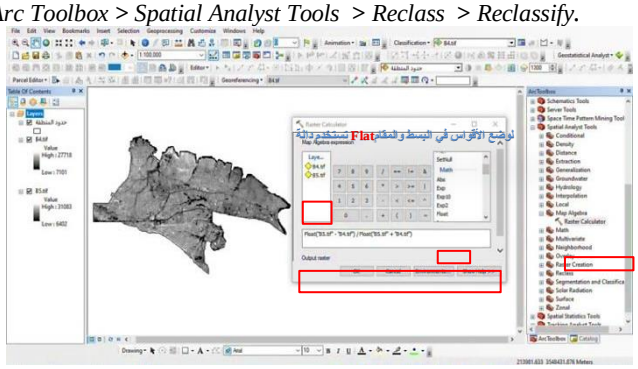
اعتمدت الدراسة على استخدام مؤشر NDVI للفترات الزمنية من 2013_2025م، للاستدلال على نوعية المساحات الخضراء للغطاء النباتي حسب مساحتهُ ونسبتهُ لتحديد كثافتهُ، حيث صُنفت قيم NDVI إلى أربعة فئات لمراقبة المساحات الخضراء وهي: نُدرة الغطاء النباتي-أراضي جرداء-الغطاء النباتي الخفيف-الغطاء النباتي الكثيف ذلك عن طريق إدخال مُعادلة NDVI، في حاسبة ArcGIS10.8؛ مع النطاقات الطيفية (B5,B4) كما موضحة في الشكل (6) أدناه:

Arc Toolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator

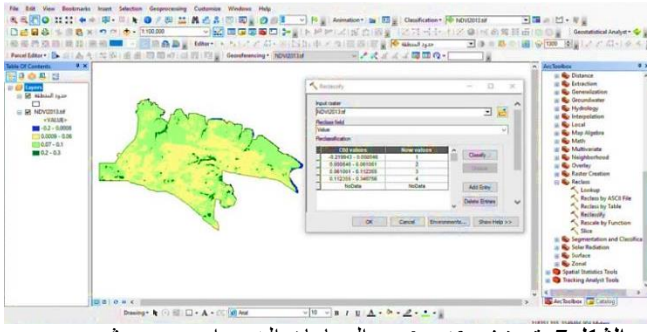
د- بعد تحليل المؤشر الطيفي **NDVI تم إعادة تصنيفهُ *Reclassify*:**

تُعرف هذه العملية بإعادة التصنيف *Reclassify*، التي فيها يتم إعادة تصنيف المساحات الخضراء حسب مؤشر NDVI حسب كل فترة زمنية، وذلك لتغيير المرئية من صيغتها *Raster* < إلى *Polygon* ليتم فصل الصنفين؛ لإجراء حساب مساحة (بالكم²) ونسبة (%) لكل صنف من الأصناف المدرجة في الجدول. تبعًا للخطوات كما في الشكل (7) الآتي:

Arc Toolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify.



الشكل 6: تطبيق مُعادلة مؤشر الغطاء النباتي NDVI

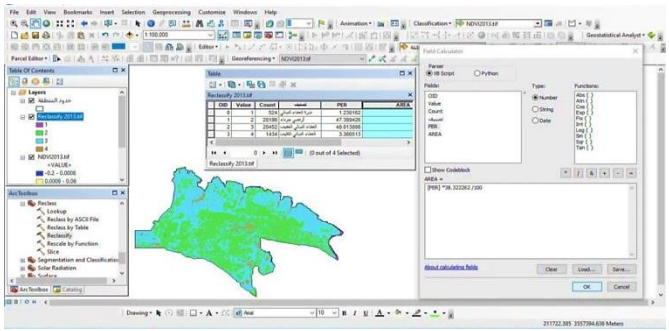


الشكل 7: تصنيف *Reclassify* المساحات الخضراء حسب مؤشر NDVI

هـ - أصناف المساحات الخضراء حساب المساحة (كم²) والنسبة (%):

حساب مساحة الأصناف الأربعة حسب مؤشر NDVI لكل خريطة للفترات الزمنية من 2013 إلى 2025م؛ ولحساب مساحة ونسب كل صنف أتبعنا الخطوات الآتية:

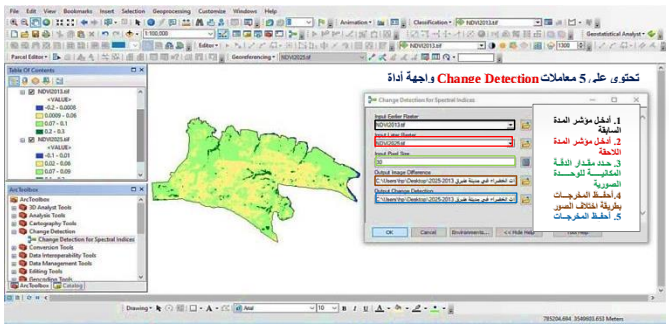
وذلك من خلال *Add Field* < *Open Attribute Table* بالنقر على الطبقة *Reclassify* > *Right Click* الخاصة بالفترات الزمنية التي تم تصنيفها ضمن خطوات سابقة. بعدما تفتح النافذة أنقر *Right Click* على *Table Options* الموجودة في الزاوية أعلى النافذة؛ وذلك ليتم إضافة حقل جديد في *Table*، ثم إضافة اسم في الحقل الأول *Area* >، والحقل الثاني *Type* أنقر على خيار *Double*. تطبق نفس هذه الخطوات السابق ذكرها في الأعلى؛ على الحقل الثاني في *Table* الخاص بالنسبة *Per*. ثم عمل *Calculate Geometry*، لحساب واستخراج كل من مساحة الغطاء النباتي ونسبتهُ، حسب قيم *Pixel* الموجودة في المرئية الفضائية، التي تم عليها عمليات التحليل الخاصة بمؤشر NDVI في المدينة، حتى تظهر بهذه الكيفية في الشكل (8).



الشكل 8: حساب المساحات الخضراء حسب مؤشر (NDVI) المساحة (كم²) والنسبة (%)

و- استخدام الأداة المطورة *Change Detection* في الكشف عن تغير المساحات الخضراء:

كشف التغير هو عملية تحديد الاختلافات في ظاهرة ما، من خلال مراقبتها في أوقات مختلفة. [17] والهدف من كشف التغير هو مُقارنة التمثيل المكاني للهدف المدروس مع مرور الوقت.[18] استخدمت طريقة كشف التغير في الغطاء النباتي *Change Detection in Vegetation Coverage* في مدينة طبرق؛ شكل (9)، وذلك عن طريق استخدام مؤشر NDVI وذلك حسب إيجاد الاختلافات المكانية لكل سنة، من خلال إضافة الصورة السابقة والصورة اللاحقة المتحصل عليها من ناتج حساب مؤشر NDVI، إلى الأداة المطورة الخاصة بالكشف عن التغير (*Change Detection*) في المساحات الخضراء للحصول على نتائج وفق الهدف المنشود.



الشكل 9: الكشف عن تغير المساحات الخضراء حسب مؤشر الطيفي NDVI وباستخدام الأداة المطورة *Change Detection* للفترة الزمنية من 2013 إلى2025م

ز- طريقة مُقارنة مرئية مع مرئية (اختلاف المرئيات *Image*

***differencing*):**

تستخدم في هذه الطريقة الحسابات الخلوية لاستخراج مرئية التغير، إذ تمثل القيم الخلوية في مرئية التغير الطيفي *Spectral Image Change* بالسالب أم الإيجاب، وهُناك مجموعة من الأدوات المتوفرة في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد تحت عنوان *Image Difference*، مثل ArcGIS Desktop and Pro، إلا أنَّ هذه الطريقة تتعامل مع القيم الطيفية للمرئيات المُدخلة، أي مع بيانات المستمرة وليست المنفصلة.[20]

إن كشف التغير مع البيانات يتطلب التعريف بهذا قبل الشروع في اعتمادها، إذ إن الاختلاف بين المرئيات الفضائية في مدتين لا يعطي معلومة معرفة عن التغير، لذلك يفضل بعمل بطريقة اختلاف المرئيات في كشف التغير مع المؤشرات الطيفية *Spectral Indices* بدلاً من المرئيات كما هي. [20] تبعًا لذلك فقط تم الاعتماد على مؤشر رئيس يتناسب مع الغطاء النباتي NDVI الذي يجسد التغير في الغطاء النباتي كالانعكاس لطبيعة الأرض.

إن الكشف عن تغير المؤشرات الطيفية بطريقة اختلاف المرئيات *Image Difference*، سوف ينتج عنه مرئية بقيم رقمية مستمرة غير معرفة (غير موصوفة)، محصورة بين (+2) و(-2) باستثناء أن اقتراب القيم من (+2) يدل على تغير كبير في قيم المؤشر بين مدتين زمنيتين بالزيادة، حتى يصل إلى تغير أكبر زيادة عند القيمة (+2) تحديدًا، واقتراب القيم من (-2) يدل على تغير قيم المؤشر بالنقصان، حتى يصل إلى تغير بأكبر نقصان عند قيمة (-2) تحديدًا كما في الجدول (3).

الجدول 3: تصنيف الكشف عن تغير المؤشرات الطيفية بين مدتين زمنيتين:[20]

المدى الرقمي	الفئة الرقمية	الوصف
-2 = أقل قيمة	-2 - -1.000001	نقصان شديد
	-1 - - 0.000001	نقصان طفيف
0 = القيمة الوسطى	0	عدم التغير
2= أعلى قيمة	0.000001 – 1	زيادة طفيفة
	1.000001 – 2	زيادة شديدة

الوسائل والأدوات المستخدمة في الدراسة

1. برنامج Microsoft Exile: استخدم في إدخال وتبويب البيانات المستخدمة في الدراسة.
2. برامج ArcGIS10.8: استخدم في بناء قاعدة البيانات الجغرافية، واستخدم في معالجة المرئيات الفضائية، ولإنتاج خرائط خاصة بتغير المساحات الخضراء في مدينة طبرق.

النتائج والمناقشة

النمذجة المكانية للمساحات الخضراء حسب المؤشر الطيفي NDVI في مدينة طبرق

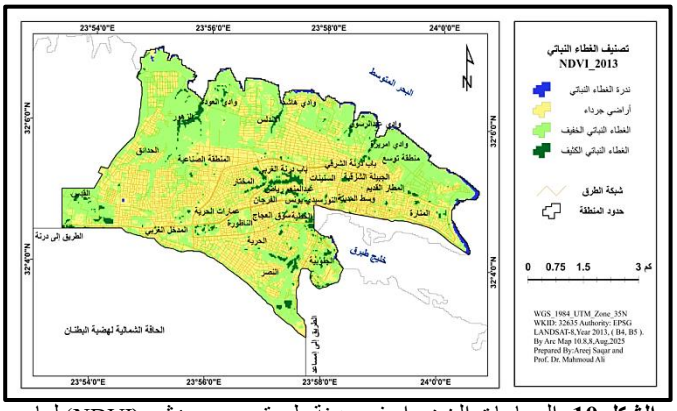
إن استخدام GIS في ليبيا لا يزال في مراحلهُ الأولى، على الرغم أنَّ العديد من الدراسات حول العالم، بينت كيف ساهم استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحسين التخطيط والتنفيذ، بدقة وكفاءة في تحليل المواقع الجغرافية، أثبتت أيضًا قدرته على توفير البيانات، وقد استخدمهُ الباحثون في العديد من الدراسات في مختلف المجالات. [21-22-23] يُعد دمج بيانات الاستشعار مع نظم المعلومات الجغرافية يتيح إمكانيات متقدمة لتحليل البيانات بدقة عالية، تعكس قيم المؤشر الطيفي (NDVI) التغيرات المرتبطة بالحالة الفيسيولوجية للنبات، إلاَّ أن تفسيرها لا يعتمد فقط على مستوى النشاط الخضري، بل يتأثر أيضًا بمجموعة من العوامل البيئية. [24] من هذا المنطلق فإن العوامل البشرية والمناخية تتفاعل لتسبب التصحر في ليبيا، والذي من المتوقع أن يتفاقم مع استمرار ارتفاع درجات الحرارة، وانخفاض سقوط الأمطار، وتدهور الغطاء النباتي، والاستخدام غير المستدام للموارد. [25] لذلك هناك حاجة قوية لإدخال تقنيات جديدة مثل: نظم المعلومات الجغرافية(GIS)، وهذا سيمكن الجهات المسؤولة من أداء المهام بشكل أفضل، وأكثر اقتصادًا وفعالية وجودة أعلى.[26] ساهمت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية المدعمة بمعطيات الاستشعار عن بُعد، ونظام تحديد المواقع، في تحليل المعلومات المكانية [27-29]. أيضًا أساليب رصد التغير *Change Detection*من الأساليب الحديثة ومن الوسائل المهمة في دراسة في تقييم حالة المساحات الخضراء، التي تُعرف بالتغير في أغطية الأرض واستعمالات الأراضي بمقارنة المرئيات الفضائية ذات الاختلاف الزمني. [30] تم رصد ومراقبة المساحات الخضراء بين عامي 2013 إلى 2025م في مدينة طبرق من أجل إيجاد الفروق المساحية لقيم المساحات الخضراء للغطاء النباتي وحساب نسب تغيراتها عبر الفترات الزمنية الآتية جدول (4):

التوزيع المكاني للمساحات الخضراء حسب المؤشر الطيفي NDVIعام 2013م:

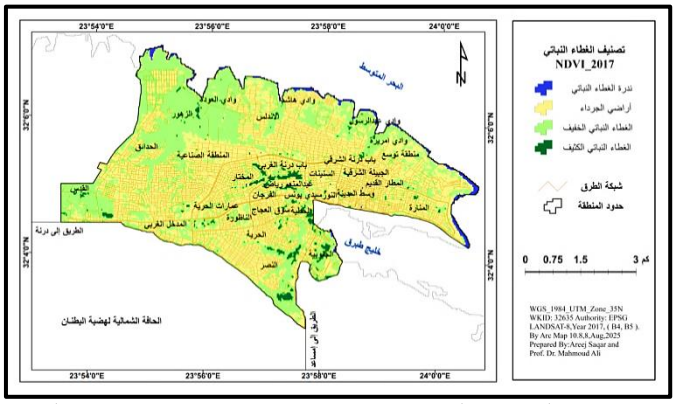
من خلال الجدول (4)، وقراءة الشكلين (10) و(14)، تبين أن المساحات الخضراء في الأحياء السكنية للمدينة عام 2013م وحسب مؤشر الغطاء النباتي NDVI ذات الغطاء النباتي الكثيف تبلغ مساحتهُ حوالي 1.29كم^2

الجدول 4: المساحات الخضراء في مدينة طبرق حسب مؤشر (NDVI) خلال 2013_2025م:

No	التصنيف حسب مؤشر (NDVI)	ألوان التصنيف	2013		2017		2021		2025	
			المساحة (كم^2)	النسبة (%)	المساحة (كم^2)	النسبة (%)	المساحة (كم^2)	النسبة (%)	المساحة (كم^2)	النسبة (%)
	ندرة الغطاء النباتي		0.47	1.23	0.56	1.47	0.41	1.08	0.56	1.47
2	أراضي جرداء		18.16	47.39	22.45	58.59	20.98	54.76	19.92	51.99
3	الغطاء النباتي الخفيف		18.40	48.01	14.43	37.66	16.19	42.25	16.33	42.61
4	الغطاء النباتي الكثيف		1.29	3.37	0.87	2.28	0.74	1.92	1.51	3.93
	الإجمالي		38.32	100	38.32	100	38.32	100	38.32	100



الشكل 10: المساحات الخضراء في مدينة طبرق حسب مؤشر (NDVI) لعام 2013م



الشكل 11: المساحات الخضراء في مدينة طبرق حسب مؤشر (NDVI) لعام 2017م

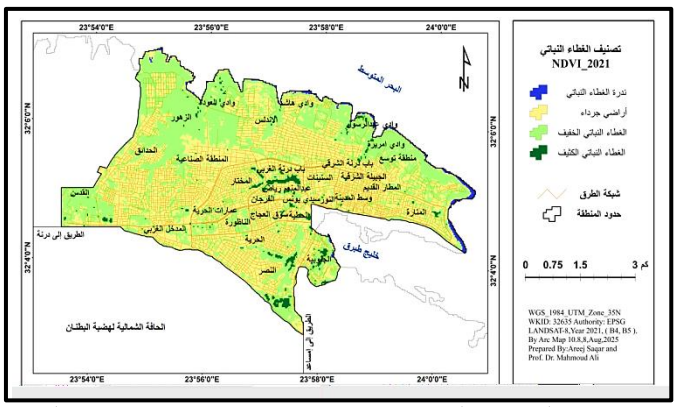
وتشكل نسبة 3.37% من مساحة الكلية لمدينة طبرق، بينما تبلغ نسبة الغطاء النباتي الخفيف48.01%، وبمساحة 18.40كم²من جملة المساحة المدينة بينما ندرة الغطاء النباتي متمثلة بنسبة 23.1% ومساحة 0.47كم²، أما الأراضي الجرداء 47.39% وبمساحة 18.16كم² من جملة المساحة المدينة. الغطاء النباتي يتوزع في أجزاء المدينة بشكل متباين، بينما ينعدم في الأجزاء الأخرى، لُوحظ أنه يظهر في بعض مواضع الأودية الممتدة من الشرق إلى الغرب في الجهة الشمالية التي تطل على البحر المتوسط بشكل كثيف، نمت هذه النباتات وفق بيئة مناخية مناسبة، وفي الجهة الجنوب الغربي بحي القدس، والبعض الآخر بجوار الأحياء السكنية وسط المدينة وبجانب حي باب درنة لغربي وحي عبد المنعم رياض وحي الحطية، ومن جهة الشرق بحي الجبيلة الشرقية، وبحي المنارة، ونَجد البعض منهُ متناثر في الجهة الجنوبية الشرقية بحيي النصر والجنوبية، بينما الغطاء النباتي الخفيف فهو متوزع في جميع أجزاء المدينة وهو خفيف جدًا، أما الغطاء الذي أتصف بندرة الغطاء النباتي فهو قريب جدًا من ساحل البحر.

التوزيع المكاني للمساحات الخضراء حسب المؤشر الطيفي NDVIعام 2017م

من خلال الجدول (4) والشكلين (11) و(14)، تبين أن المساحات الخضراء في الأحياء السكنية للمدينة عام 2017م وحسب مؤشرNDVI ذات الغطاء النباتي الكثيف تبلغ مساحتهُ حوالي 0.87كم² من مساحة الكلية لمدينة طبرق وتشكلت نسبة 2.28% وهي نسبة ضئيلة؛ عكس نسبة الغطاء النباتي الخفيف التي سجلت 37.66% وبمساحة 14.43كم² من جملة مساحة المدينة. بينما تراوحت مساحة الأراضي الخالية من الغطاء النباتي ما بين (0.56-22.45كم²) نُدرة الغطاء النباتي متمثلة بنسبة1.47% بينما الأراضي الجرداء 58.59%. المساحات الخضراء تتوزع في أجزاء المدينة بشكل غير منتظم، يُوجد بشكل كثيف في الأجزاء وأجزاء الأخرى بها بشكل خفيف، لُوحظ أن الغطاء النباتي الكثيف في عام 2017م؛ يظهر في بُطون الأودية الممتدة من الشرق إلى الغرب في الجهة الشمالية التي تطل على البحر المتوسط، يظهر بشكل أقل من عام 2013م، بسبب التغيرات المناخية التي تمر بها المدينة، ويقل أيضًا في الجهة الجنوب الغربي بحي القدس. كما تبين أنَّ منطقة التوسع الموجودة في شمال شرق داخل مُخطط المدينة كانت بها مساحات خضراء ذات الغطاء النباتي الخفيف، نُلاحظ أنها قد تم إزالتها، بسبب التوسع في النمو العمراني، عند الرجوع للشكل (10) ومُقارنته بالشكل (11) يُلاحظ الفرق.

التوزيع المكاني للمساحات الخضراء حسب المؤشر الطيفي NDVIعام 2021م:

من خلال الجدول (4)، وقراءة الشكلين (12) و(14)، تبين أن المساحات الخضراء في الأحياء السكنية للمدينة عام 2021م وحسب مؤشر NDVI ذات الغطاء النباتي الكثيف تبلغ مساحتهُ حوالي 0.74كم² وتشكلت نسبة 1.92% من مساحة الكلية لمدينة طبرق، بينما تبلغ نسبة الغطاء النباتي الخفيف42.25%، وبمساحة16.19كم² من جملة المساحة المدينة. بينما تراوحت مساحة الأراضي الخالية من الغطاء النباتي ما بين (0.41-20.98كم²). ونُدرة الغطاء النباتي مُتمثلة بنسبة 1.08% بينما الأراضي الجرداء 54.76%. الغطاء النباتي يتوزع في أجزاء المدينة بشكل متباين، بينما ينعدم في الأجزاء الأخرى، لُوحظ أن الغطاء النباتي الكثيف في عام 2021م؛ يظهر البعض منهُ في الجهة الجنوب الغربي بحي القدس، والبعض الآخر بجوار الأحياء السكنية وسط المدينة وبجانب حي باب درنة لغربي وحي عبد المنعم رياض وحي الحطية، ومن جهة الشرق بحي الجبيلة الشرقية، وبحي المنارة، كما نَجد البعض منهُ مُتناثر في الجهة الجنوبية الشرقية بالتحديد بحيي النصر والجنوبية، ويظهر في الأودية بشكل أقل من عامي 2013م و2017م. بينما الغطاء النباتي الخفيف فهو متوزع في جميع أجزاء المدينة. أما التي أتصفت بندرة الغطاء النباتي هذا الجزء قريب جدًا من ساحل البحر وتمتاز هذه الجهة بشواطئ البحر ورمالهُ والحصى أي أنه مُنعدم منه المساحات الخضراء، أما الأراضي الجرداء المشار لها في الشكل؛ مُنعدم أيضًا من المساحات الخضراء تتميز بالأحياء السكنية داخل مخطط المدينة، والمؤسسات التعليمية، والمراكز الحكومية، والصحية، ومحلات التجارية، تمثلت أيضًا في: التربة، والصخور، والطرق...وغيرها، وهي أجزاء عديمة تمامًا المساحات الخضراء.



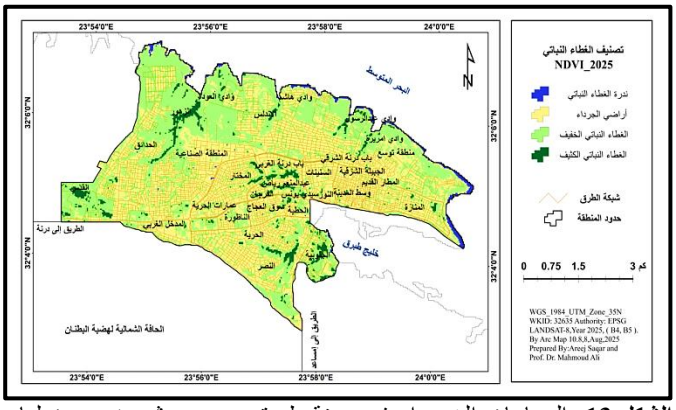
الشكل 12: المساحات الخضراء في مدينة طبرق حسب مؤشر (NDVI) لعام 2021م

التوزيع المكاني للمساحات الخضراء حسب المؤشر الطيفي NDVIعام 2025م:

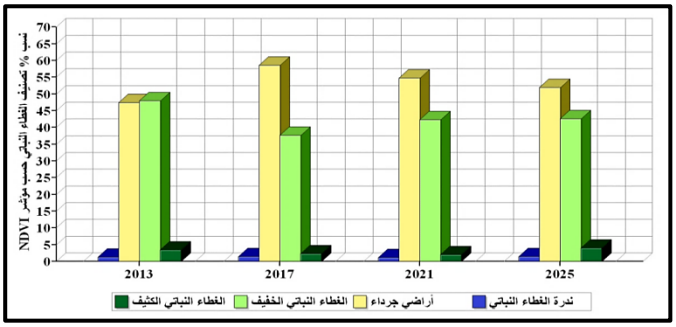
يتضح من خلال الجدول (4) والشكلين (13) و(14)، أنَّ المساحات الخضراء في الأحياء السكنية للمدينة عام 2025م وحسب مؤشر الغطاء النباتي NDVI ذات الغطاء النباتي الكثيف تبلغ مساحتهُ حوالي 1.51كم² وتشكل نسبة 3.93% من مساحة الكلية لمدينة طبرق وهي تختلف عمَّا كانت عليه في عام 2013، و2017، و2021م، بينما تبلغ نسبة الغطاء النباتي الخفيف42.61%، وبمساحة 16.33كم² من جملة المساحة المدينة. بينما تراوحت مساحة الأراضي الخالية من الغطاء النباتي ما بين (0.56-19.92كم²) نُدرة الغطاء النباتي متمثلة بنسبة 1.47%، والأراضي الجرداء 51.99%. لُوحظ أن الغطاء النباتي الكثيف في عام 2025م؛ يظهر في بُطون مجاري الأودية بدءً من جهة الشرق بوادي امريره، ووادي عبد الرسول، ووادي هاشم، بينما بوادي العودة مقاربة لصورتهُ في عام 2013م بشكل كثيف ومتزايد، وفي الجنوب الغربي بحي القدس، والبعض الآخر بجوار الأحياء السكنية وسط المدينة، ومن جهة الشرق بحي الجبيلة الشرقية، وبحي المنارة، كما نجد البعض منه متناثر في الجهة الجنوبية الشرقية.

الكشف عن تغير المساحات الخضراء خلال عامي 2013_2025م باستخدام الأداة المطورة *Cartographic Modeling to Change Detection Vegetation Cover*:

الكشف عن تغير المساحات الخضراء في مدينة طبرق، وذلك باستخدام الأداة المطورة *Change Detection* اعتمادًا على قيم المؤشر الطيفي NDVI؛ من خلال الجدول (5)، والشكلين (15) و(16)، يتبين أن هناك



الشكل 13: المساحات الخضراء في مدينة طبرق حسب مؤشر (NDVI) لعام 2025م

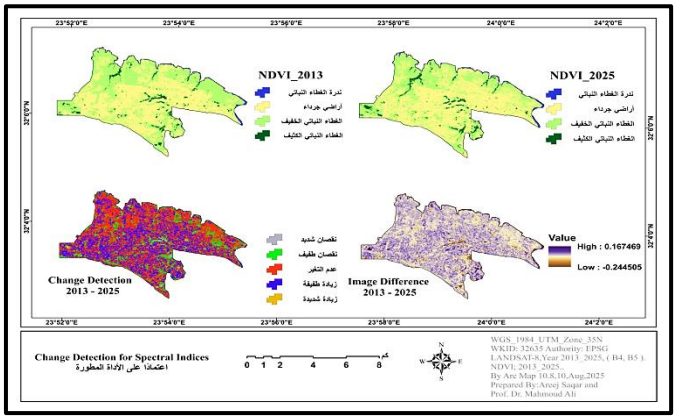


الشكل 14: نسب المساحات الخضراء حسب مؤشر (NDVI) خلال 2013_2025م

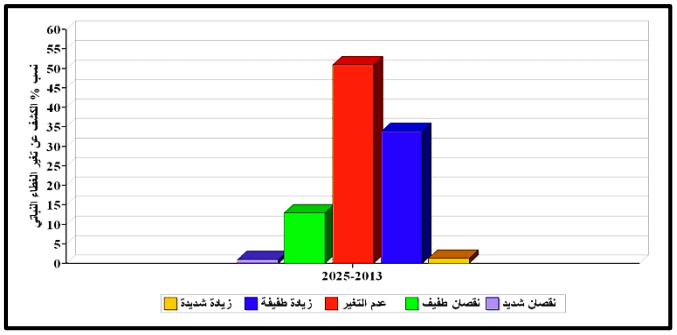
تباينًا واضحًا بين عامي 2013_2025م في المساحات الخضراء في المدينة. حيثُ نجد مساحة الأراضي ذات نقصان شديد سجلت بحوالي0.37كم² وبنسبة 0.97%، بينما ذات نقصان طفيف 4.96كم² وبنسبة 13.01%، هذه القيم لها تأثير سلبي ودليل على نقص في المساحات الخضراء في المدينة، ويظهر نقصان شديد في المنتصف بحي عبدالمنعم رياض والبعض منها بحي المطار القديم وبحي الجنوبية وبحي الحطية، والبعض منه في الجهات الشمالية، والنقصان الطفيف يتوزع في أغلب جهات المدينة، الجهات الشرقية، والغربية، والجنوبية الشرقية، بينما التي لم تتغير بلغت نسبتها 50.92%، وبمساحة19.42كم²، حيث تمثلت الزيادة الطفيفة بنسبة 33.83%، وبمساحة12.90كم²، والزيادة الشديدة بلغت مساحتها0.49كم²، وبنسبة 1.28%، أما الزيادة الطفيفة تظهر في جهة الشمالية الشرقية والغربية، وفي منتصف المدينة وفي الجهة الشرقية الجنوبية، حيث نجد أن الزيادة الشديدة بوادي العودة، وفي جهة شرق المنارة في الجهة الشرقية الجنوبية وأقصى غرب المدينة بحي القدس.

الجدول 5: كشف تغير المساحات الخضراء باستخدام الأداة المطورة:

No	وصف التغير	ألوان التصنيف التغير	2025-2013	
			المساحة (كم²)	النسبة (%)
1	نقصان شديد		0.37	0.97
2	نقصان طفيف		4.96	13.01
3	عدم التغير		19.42	50.92
4	زيادة طفيفة		12.9	33.83
5	زيادة شديدة		0.49	1.28
الإجمالي			38.14	100



الشكل 15: تغير المساحات الخضراء بين عامي 2013_2025 في مدينة طبرق



الشكل 16: نسب% تغير المساحات الخضراء لعامي 2013_2025م

الخاتمة

سعى هذا البحث إلى دراسة دور التقنيات المكانية في نمذجة تغير

المساحات الخضراء بمدينة طبرق "دراسة في الجغرافية التطبيقية"، ذلك لإبراز دور تقنيتي الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS في دراسة حالة المساحات الخضراء في مدينة طبرق خلال المدة (2013_2025م)، وقد بينت النتائج وجود تغير ملحوظ في المساحات الخضراء في مدينة طبرق؛ حيث وصل معدل NDVI لأعلى قيمة عام 2013م بنسبة 3.37%، وفي عام 2025م سُجل 3.93%، بينما أدنى معدلات للمساحات الخضراء سُجلت في عامي2017م و2021م بمساحه حوالي0.87كم^2 و0.74كم^2 على التوالي، يبدو هذا التباين واضحًا بين السنوات، ويعطي دليل على تدهور حالة المساحات الخضراء في المدينة؛ حيث تراوحت نسب الغطاء النباتي الخفيف ما بين أقل نسبة 37.66% عام2017م، والحد الأقصى في عام 2013م بنسبة 48.01%، أما في عامي2021 و2025م شبه مستقر بنسبة 42%، استخلصت تلك القيم من مؤشرNDVI لتحديد المساحات الخضراء من حيث انتشار الغطاء النباتي وكثافته، نجد أن الغطاء النباتي غير مستقر، يرجع ذلك لطبيعة المناخ ولاسيما معدلات سقوط الأمطار المتذبذبة، والسبب الآخر التوسع المستمر في النمو العمراني بسبب الزيادة السكانية.

أسهمت الأداة المطورة *Change Detection* في الكشف عن مدى تغير المساحات الخضراء في المدينة من خلال مُقارنتها بالمدة السابقة واللاحقة بين عامي 2013 إلى 2025م، نُلاحظ أنَّ النقصان الشديد 0.97%، والنقصان الطفيف13.01%، عدم التغير50.92%، زيادة الطفيفة 33.83%، زيادة الشديدة1.28%، تتركز الزيادة الشديدة في بعض المواضع لا سيما في ممرات الأودية خاصةً بوادي امريره، ووادي عبد الرسول، ووادي هاشم، ووادي العودة هذه الأودية ممتدة من الشرق إلى الغرب في الجهة الشمالية التي تطل على البحر المتوسط، نمت هذه النباتات وفق بيئة مناخية مناسبة للحياة النباتية.

التوصيات

- ينبغي الاهتمام بتقنيتي الإستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجُغرافية، وتوظيفها في المؤسسات التابعة في مجال مُراقبة البيئة، لما لها من فوائد في الكشف المبكر عن تدهور المساحات الخضراء، وذلك لكفاءتها في مراقبة البيئة بسرعة ودقه عالية، وبأقل التكاليف نسبه إلى الطرق التقليدية، ليس فقط للحصول على نتائج بل لمعالجة مشكلة تدهور الغطاء النباتي.
- لابد من عمل ندوات بخصوص توعية المواطنين بأهمية عمليات التشجير في الأماكن العامة، والحدائق، والمناطق الخضراء، لتحسين جودة الحياه وتنقية الهواء، والتقليل من التلوث، والحفاظ على البيئة توازنها.

Author Contributions: **Fadhl**: Methodology, validation, formal analysis, investigation, writing original draft. **Salih**: Conceptualization, supervision, review and editing, visualization. All authors reviewed and approved the final version of the manuscript.

Funding: "This research received no external funding."

Data Availability Statement: "The data are available at request."

Conflicts of Interest: "The authors declare that they have no conflict of interest."

References

[1] عبير، دردش. ركاب، نبيلة. "المساحات الخضراء في المناطق السكنية الحضرية حالة مدينة سكيكدة - حي الأخوة بوحجة." رسالة ماجستير، جامعة العربي بن مهيدي أم البواقي، 2014-2015. https://www.scribd.com/document/696934331

[2] القلاب، جميل زياد جميل. "توزيع وتخطيط المساحات الخضراء في الأردن." مجلة العربية للنشر العلميAJSP، 50.no، 905-915. pp. 2022- كانون الأول. www.ajsp.net

[3] أبو حمرة، علي عطية. "استخدام تقنيتي الإستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في رصد ومراقبة مؤشر الإخضرار النباتي NDVI في بلدية سرت للسنوات (2003-2013-2023)." مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، يوليو-2023، 5.no، 61-76. pp. http://dspace-su.server.ly:8080/xmlui/handle/123456789/1076

[4] إسماعيل، أمير فنر فرحان. "تقييم الغطاء الأرضي لناحية اليوسفية باستخدام التقنيات الجغرافية." رسالة ماجستير، جامعة العراقية،2025.

[5] M. Khalil. "Analysis of the Spatial and Temporal Variation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Al-Shihimiyah District." *Journal of College of Education*, pp. 447-456, 2026. https://doi.org/10.31185/eduj.Vol63.Iss2.4815

[6] M. Al-Mousa, Ahmad Mohammed. Al-Dakhil, Badr Al-Din. "Using Geographic Information Systems (GIS) in Analyzing the Digital Elevation Model (DEM) for Idlib Governorate, Northwest Syria.".*Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, SI, pp. 42-52, 2026. https://doi.org/10.63318/waujpas.sp_FISCSDR2026_05

[7] العموري، زمزم علي محمد. *"نمذجة تدهور الغطاء النباتي بمنطقة القره بوللي باستخدام تقنيات النمذجة المكانية."* رسالة ماجستير، جامعة طرابلس،2017.

[8] حسن، ابتهال تقي. "استخدام الأدلة (NDVI) و(NDBI) و(NDWI) لكشف التغيرات في الغطاء الأرض لمناطق مختارة في محافظة النجف للحقبة بين (2001-2006) باستخدام بيانات الإستشعار عن بعد." جامعة الكوفة كلية التربية للبنات،2014، 6.vol، 2.no، 12-18.pp.

[9] Kshetri, Tek Bahadur. "NDVI, NDBI AND NDWI calculation using landsat 7 and 8." *GeoWorld. Geomatics for Sustainable, Development*, vol. II, pp.32-34, 2018. https://www.researchgate.net/publication/327971920

[10] بيانات المناخية من موقع (NASA) "التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا" عبر الرابط: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer بتاريخ:8.أكتوبر2025م

[11] الجبوري، خالد صطم عطية. "أثر التغيرات المناخية على تنمية الغطاء النباتي الطبيعي في محافظة نينوى." أطروحة دكتوراه، جامعة الموصل،2017.

[12] محمود، امناء عبد الرحيم. "واقع تخطيط وتوزيع المساحات الخضراء في مدينة طبرق وأثرها على البيئة." رسالة ماجستير، أكاديمية بنغازي،2023.

[13] السائح، أحمد محمد. صالحين، اعجيلية الشارف. "التحليل المكاني لتغير الغطاء النباتي في محلة الخضراء في الفترة من السنة 1990إلى 2020م." مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، يوليو-2024،4.vol، 2.no، 187-206. http://dspace-su.server.ly:8080/xmlui/handle/123456789/2121.pp

[14] سعيد، زهرة خليفة. "تباين تغير الغطاء النباتي في القسم الغربي من سهل الجفارة باستخدام مؤشر الإخضرار NDVI من سنة 1992-2024." مجلة أبحاث *Abhat Journal* ،March-2025 .vol ،17 ،1.no ،104-114. https://doi.org/10.37375/aj.v17i1.3228.pp

[15] بيانات المرئيات الفضائية من موقع (USGS) *"التابع لهيئة المسح الجيولوجي الأمريكي"* عبر الرابط: https://earthexplorer.usgs.gov/ الموافق: 25/24 يوليو2025م.

[16] حسين، انتظار إبراهيم. النجم، عقيل حسن ياسر. *"المعالجة الرقمية لتغير مساحات التغطية النباتية في قضاء الكوفة باستعمال ArcGIS."* مجلة الفنون والأدب وعلوم الإنسانيات والاجتماع، سبتمبر-2020، 58.no، 321-339.pp. https://doi.org/10.33193/JALHSS.58.2020.254

[17] A. Madanian, and F. Soffianian. "Monitoring Land Use/Cover Changes Using Different Change Detection Techniques (Case Study: Falavarjan Area, Isfahan, Iran)." *International Conference on Applied Life Sciences*, 2012-September.pp.155-160. https://doi.org/10.5772/intechopen.84072

[18] عيد، صفية. الويش، يارا. "دراسة تغيرات الغطاء النباتي في محافظة الحسكة باستخدام المرئيات الفضائية." مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية. سلسلة الآداب والعلوم الإنسانية،2015، 5.no، 147-167. pp. https://journal.latakia-univ.edu.sy/index.php/humlitr/ar/article/view/1985/1902

[19] خطوات الكشف عن تغير الغطاء النباتي باستخدام الأداة المطورة https://youtu.be/OBdVuWnpMlg?si=CkxqXHijiZ_Fum-F

[20] القصاب، عمر عبدالله إسماعيل. "تكامل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في النمذجة الخرائطية لاستعمالات الأرض قضاء سهل أربيل نموذجيًا." أطروحة دكتوراه، جامعة الموصل،2021.

[21] S. Mohammed, et al. "Exploring Optimum Sites for Exploitation Hydropower Energy Storage Stations (PHES) Using the Geographic Information Systems (GIS) in Libya." *Solar Energy and Sustainable Development Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 394-409, 2025.https://doi.org/10.51646/jsesd.v14i1.426

[22] S. Mohammed, et al. "Exploring Promised Sites for Establishing Hydropower Energy Storage (PHES) Stations in Libya by Using the Geographic Information Systems (GIS)." *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Science*, vol. 3, no. 1, pp. 85-94, 2025. https://doi.org/10.63318/waujpasv3i1_13

[23] R. Shaltami, et al. "Geological Framework and Exploration Potential of Manganese Mineralization in Libya:A Comparative Study of Nalut–Jabal Nafusa, Wadi Urari and Shati Valley." *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Science*, vol. 4, no. 2, pp. 281-286, 2026. https://doi.org/10.63318/waujpasv4i2_32

[24] J. Mohamed, et al. "Analysis of Wheat Crop Growth Using Sentinel-2 Satellite Data and NDVI in Al-Dafnia, Misurata, Libya during the 2022-2023 Agricultural Season." *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 265-271,2026. https://doi.org/10.63318/waujpasv4i2_30

[25] O. Shaltami, et al. "Geochemical Approaches to Combating Desertification and Enhancing Sustainable Development in Libya." *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 163-169, 2026. https://doi.org/10.63318/waujpasv4i2_19

[26] A. Darwish, and M. Fekroun. "Assessment of the Condition of the Flexible Pavement of Brack Alshatti Airport Road Using the Paver System." *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol.4, no.1, pp.367-375, 2026. https://doi.org/10.63318/waujpasv4i1_51

[27] E. Najem, and A. Faraj. "Utilizing Geographic Information Systems to Identify Optimal Locations for Establishing Solar Power Plants in the Sebha Region." *Solar Energy and Sustainable Development Journal*, 14.FICTS-2024, pp.36-54. https://doi.org/10.51646/jsesd.v14iFICTS-2024.442

[28] A. Elesoq, M. Ben Hkoma, and N. Fathi. "Sustainable deployment of Geographic Information Systems (GIS) for primary schools in the Al-Andalus district municipality." *Wadi Alshatti University Journal of Human Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 40-81, 2026. https://doi.org/10.63318/waujhsv2i2_03

[29] H. Algassie, M. Fakroun, M. Bin Miskeen, and I. Gargar. "The Use of GIS and Multi-Criteria Fuzzy Logic to Assess and Identify Flood-Prone Areas in the Greater Ghat Region." *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 37-47, 2023.

[30] المسماري، نجاة محمد. والعجيل، خميس إدريس. "تقييم الغطاء النباتي في محمية الكوف، ليبيا باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (2015-2023). *مجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة*." 2025-أغسطس، vol.7، no.2، pp.35-29 . https://doi.org/10.63359/jyfne871