

تطبيقات الاستشعار من بعد للكشف عن التغير في الغطاءات الأرضية لحاضرة الأفلاج (مدينة ليلى)

بمنطقة الرياض للفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣)

د. فاطن حامد علي نحاس (*)

المستخلص:

تعاني مدينة ليلى والمناطق المحيطة بها من تغيرات جوهرية في الغطاء الأرضي (Land Cover)، وبخاصة في الغطاء النباتي والمائي، حيث تتمتع بوفرة لعيون المياه الجوفية. في ضوء ذلك، تهدف الدراسة إلى تطبيق تقنيات الاستشعار من بعد لدراسة التغير في الغطاءات الأرضية بمدينة ليلى حاضرة محافظة الأفلاج بمنطقة الرياض، والمناطق المحيطة بها، يتم ذلك عن طريق تصنيف المرئيات الفضائية واستخدام المؤشرات الطيفية، بالاعتماد على بيانات كل من القمرين الصناعيين Landsat-5 TM، لعامي ١٩٨٤، ١٩٩٤، والقمر الصناعي Landsat-8-9 OLI، وذلك لكل من عامي ٢٠١٣ و ٢٠٢٣؛ من أجل الوقوف على التغير الذي شهدته المنطقة. بالإضافة إلى تحليل حالة مؤشرات الغطاء النباتي (NDVI)، والغطاء العمراني (NDBI)، والغطاء المائي (NDWI)، كما تتضمن الدراسة تقييم دقة التصنيف. أظهرت النتائج عن وجود خمسة غطاءات وهي: العمراني، الصحراوي، الأراضي البور، النباتي، والمائي. وقد برز الغطاء العمراني من بين الغطاءات وشهد زيادة ملحوظة خلال أعوام الدراسة بشكل مستمر، حيث بلغت مساحته نحو ٧,٢٧ كم^٢ في بداية الدراسة عام ١٩٨٤، وفي نهاية الدراسة عام ٢٠٢٣ زادت مساحته بصورة كبيرة وبلغت ٢١,٤٠ كم^٢ وشكلت نسبة ٢,٤٥%. بينما بدأ الغطاء النباتي في عام ١٩٨٤ بمساحة بلغت ٥,٣٥ كم^٢، وهي أقل نسبة في أعوام الدراسة، وفي نهاية الدراسة بلغت ١٠,٦٢ كم^٢، بنسبة ١,٢٢%. كشف مؤشر NDWI عن اختفاء عيون الأفلاج التي كان يبلغ عددها ١٧ عيناً، ويرجع ذلك لنقص مستوى المياه الجوفية بمنطقة الدراسة. وهذا مؤشر خطر للموارد المائية مما أثر على الغطاء النباتي وسكان المنطقة. تقدم هذه الدراسة نموذجاً لدور تطبيقات الاستشعار من بعد في التعرف على التغيرات في الغطاءات الأرضية، ورصد حالتها ومراقبتها على مدار ما يقرب من أربعين عاماً.

الكلمات الدالة: الاستشعار من بعد، المؤشرات الطيفية، دقة التصنيف، عيون الأفلاج، المملكة

العربية السعودية.

(*) أستاذ الاستشعار من بعد المساعد، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الملك سعود.

المقدمة:

الأفلاج هي إحدى محافظات جنوب منطقة الرياض، وقاعدتها الإدارية مدينة ليلى، ويتبعها الكثير من القرى والهجر والمراكز، تقع الأفلاج على بعد أكثر من ٣٠٠ كم عن العاصمة السعودية الرياض، وتتألف من مجموعة من القرى الزراعية، وتبلغ مساحتها ٥٤١٢٠ كم^٢، وهي مساحة محافظة الأفلاج ككل، سميت الأفلاج بهذا الاسم؛ لأن المنطقة قديماً كانت تسمى بفلج، وأحياناً بفلج الأفلاج، لكثرة العيون والمياه فيها، إذ تضم ١٧ عيناً، بعضها من أكبر العيون في جزيرة العرب، مثل عيون أم جبل، وقد كانت سيولها متدفقة وأنهارها جارية، وكانت من أهم حواضر وسط الجزيرة وتحوي سوقاً تجارياً مهماً، يُعتقد أن ليلى العامرية وقيس بن الملوح كانا من أهل هذه المنطقة، بسبب وجود جبل التوباد فيها، وهو الجبل الذي كثيراً ما يذكره ابن الملوح في شعره، كما يُعتقد أن بلدة ليلى، أكبر بلدان الإقليم حالياً، قد سُميت بهذا الاسم نسبة إلى ليلى العامرية (جريدة الرياض، ٢٠١١).

تعد تطبيقات الاستشعار عن بعد ذات أهمية بارزة في الدراسات الجغرافية؛ وذلك لما لها من دور كبير في دعم العمليات التنموية، وخاصة تلك التي تركز على الموارد الطبيعية والبشرية. إن دراسة الغطاءات الأرضية ومراقبتها تشكل ضرورة في معرفة حالة الغطاء الأرضي، وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة في ظل تغير المناخ وزيادة النمو العمراني وذلك على حساب الغطاء النباتي (عبدالفتاح، ٢٠١٧)، ولعل ذلك كان غير ممكن سابقاً، ولكن بفضل تقنيات الاستشعار عن بعد فقد أسهمت في التعرف على طبيعة المناطق ومراقبتها ومدى التغير الذي حدث بها لفترة زمنية معينة، وأصبحت أداة فعالة في بناء قواعد البيانات الجغرافية وتفعيل نظم مراقبة المصادر الطبيعية (Mouat et al., 1993).

تشمل مزايا الاستشعار عن بعد القائم على الأقمار الصناعية دقة مكانية عالية، مما يجعل من الممكن استخراج سلسلة بيانات طويلة الأمد من البيانات المتسقة والقابلة للمقارنة، والتي يمكن أن تكون فعالة من حيث التكلفة (Foley et al., 1998). علاوة على ذلك، تتمتع بعض منصات الأقمار الصناعية بإمكانية الوصول المجاني إلى البيانات المرئية والمتعددة الأطياف، مثل Landsat 7-8. يتم إجراء الاستشعار عن بعد للغطاء النباتي والعمراني والمائي بشكل رئيسي من خلال الحصول على معلومات انعكاس الموجات الكهرومغناطيسية من الستائر باستخدام أجهزة الاستشعار السالبة (Xue & Su, 2017). يتم تحديد الانعكاس من الغطاء النباتي إلى الطيف الكهرومغناطيسي (الانعكاس الطيفي أو خصائص الانبعاث للغطاء النباتي) من خلال الخصائص الكيميائية والمورفولوجية لسطح الأوراق (Zhang & Kovacs, 2012). وكذلك الغطاء العمراني والمائي باختلاف الأطياف المستخدمة لكل غطاء.

تُعد المؤشرات الطيفية (Spectral Indices) أحد أهم المعالجات الخاصة ببيانات الاستشعار عن بعد، وهي عبارة عن مجموعات من الانعكاس الطيفي من طولين موجيين أو أكثر تشير إلى الوفرة النسبية للميزات محل الاهتمام، كما أنها تُعرف بتحويلات المرئيات (Image Transformations) (علوان، ٢٠١١). تأتي المواد السطحية ببصمات طيفية مميزة بسبب خصائصها الفيزيائية وتفاعلاتها مع الإشعاع الكهرومغناطيسي. وبما أن التأثيرات البيئية يمكن أن تعدل هذه التفاعلات، فإن التوقعات الطيفية تعطي بعض الأفكار حول العمليات السطحية المختلفة، على سبيل المثال، حالات الغطاء النباتي، والتوسع الحضري، وتغير المسطحات المائية. ومع ذلك، غالبًا ما يتعين على المرء الجمع بين مناطق طيفية محددة ذات أهمية (أي النطاقات الطيفية) من أجل تقليل التأثيرات غير المرغوب فيها (أي التأثيرات المركبة) عند دراسة ظاهرة معينة (Montero et al., 2023).

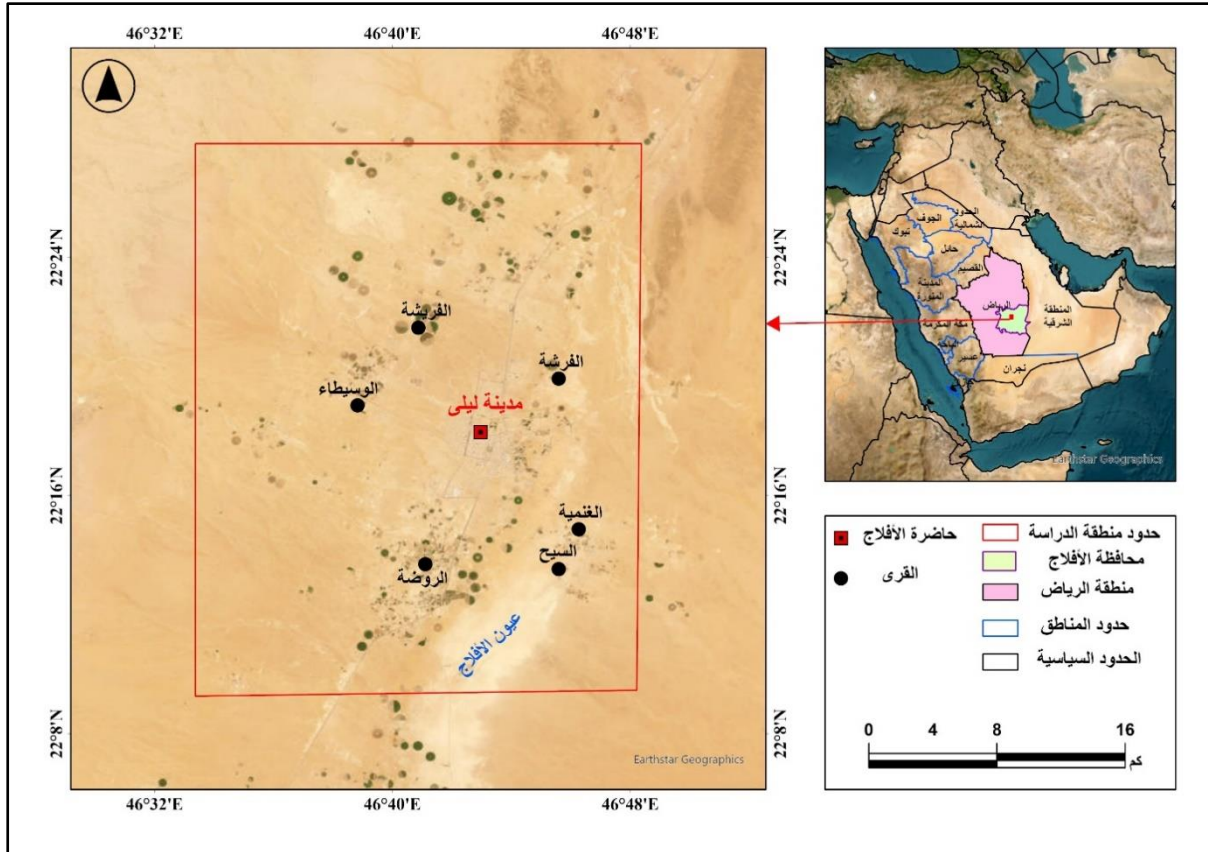
وتهدف هذه الدراسة إلى تحليل التغير في الغطاءات الأرضية لحاضرة محافظة الأفلاج، مدينة ليلى، والمناطق المحيطة بها؛ وذلك بالاعتماد على المرئيات الفضائية للقمر الصناعي لاندسات ذات الدقة المكانية العالية التي تبلغ ٣٠ م. وتعد هذه المرئيات أدوات مهمة في التعرف على طبيعة المنطقة، ماضيها وحاضرها، والوقوف على مدى التغير الذي شهدته منطقة الدراسة، وخاصة الغطاء النباتي والمائي والعمراني وما دور كل غطاء في خطط التنمية للمملكة العربية السعودية، وذلك بالاعتماد على المؤشرات الطيفية التي توضح الحالة لكل غطاء.

منطقة الدراسة:

تقع حاضرة الأفلاج، وهي مدينة ليلى، في الجزء الجنوبي من سلسلة جبال طويق، حيث تحتل السفوح الشرقية لها. كما تقع في الجنوب من جبل التوباد حيث يوجد قصر التوباد. يبلغ عدد سكانها نحو ١٠٠ ألف نسمة، وتقع جنوب مدينة الرياض، تحتوي الأفلاج على العديد من القرى التابعة لها مثل: الفرشة، الفريشة، السيح، الغنمية، الروضة، والوسيطاء، كما يوضح شكل (١). تُقدر مساحة منطقة الدراسة بـ ٨٧٣,٠٣ كم^٢. تقع في هذه المنطقة عيون الأفلاج، وهي عيون جوفية كانت تعتمد عليها في الزراعة، وقد اختفت في وقتنا الحاضر.

تتنمي منطقة الدراسة إلى مناخ المناطق الصحراوية المدارية التي تتميز بارتفاع درجة الحرارة، حيث تصل درجة الحرارة إلى ذروتها خلال فصل الصيف إلى ٤٤ م، وأدناها خلال فصل الشتاء ٩,٠ م. كما أن كميات الأمطار متفاوتة ما بين عام وآخر، فهي في المتوسط تبلغ ١٢ ملم. كما تعود صخور

منطقة الدراسة إلى تكوينات الزمن الجيولوجي الثاني، ويعود أقدمها إلى العصر الترياسي الأعلى. ويظهر تكوين الهيت على شكل حزام منقطع يشكل منطقة بحيرات ليلي (عيون الأفلاج) حيث يتألف من الأنهدريت وسلفات الكلس والحصى، ويتخللها طبقات من الحجر الجيري والدولوميت (الكيال وأبو العينين، ٢٠١٧).



شكل (١): موقع منطقة الدراسة

الدراسات السابقة:

ركزت الدراسات السابقة التي تتناول تطبيقات الاستشعار من بعد على دراسة تغير الغطاءات الأرضية والاعتماد على المؤشرات الطيفية في تحديد تلك التغيرات، بالإضافة إلى الوقوف على الحالة التي كانت لكل غطاء وحالته في الوقت الحاضر. وتتعدد الدراسات في تناول هذا الموضوع ومنها:

- دراسة (الرحيلي، ٢٠٠٣) عن اكتشاف ومراقبة التغير الزراعي في شرقي منطقة تبوك بالمملكة العربية السعودية، وذلك بالاعتماد على مؤشر Ratio Vegetation Index (RVI)، والتي أكدت على وجود زيادة في مساحات النشاط الزراعي لمنطقة الدراسة خلال الفترة (١٩٨٨-١٩٩٩).
- دراسة (شجاع، ٢٠٠٩) عن التغير في مؤشر الاخضرار النباتي شرق مدينة جدة، وفيها تم دراسة التغير في الغطاء النباتي اعتمادًا على مؤشر الاخضرار النباتي خلال الفترة (١٩٩٠-٢٠٠١).

- دراسة (علوان، ٢٠١١) عن مؤشرات تحليل التغير في مساحات الراضي الزراعية، دراسة حالة لقرية البرامون بمحافظة الدقهلية، واعتمدت على كل من المشرات الطيفية (NDVI, SBI, NDBI, NDUI)، وذلك للتعرف على التغير الذي حدث في منطقة الدراسة خلال الفترة (١٩٧٦-٢٠١٠).
- دراسة (زريقات والحسبان، ٢٠١٢) لكشف التغير في الغطاء الأرضي باستخدام الصور الجوية ونظم المعلومات الجغرافية في قضاء برما- جرش: دراسة حالة، وذلك خلال الفترة ١٩٧٨-٢٠٠٩، وهدفت إلى انتاج خرائط رقمية للغطاء الأرضي لمنطقة الدراسة، كما تم استخدام نظام أندرسون لتصنيف الغطاء الأرضي، وتوصلت إلى تحديد ثلاث أنواع رئيسية للغطاء الأرضي وهي (الأراضي المبنية، الأراضي الزراعية، الغابات).
- دراسة (الأحمدي ونحاس، ٢٠٢١) عن كشف التغير في الغطاء الأرضي في مدينة المدينة المنورة من عام ١٩٩٠ إلى ٢٠٢٠، وتناولت الدراسة أسلوب التصنيف الموجه لتحليل المرئيات الفضائية، وعمل المؤشر النباتي والعمراني (NDVI, NDBI)، وخلصت إلى أن المناطق العمرانية في المدينة شهدت توسع كبير في مساحتها على حساب الغطاء النباتي والراضي الفضاء والحرات.
- دراسة (العميري وآخرون، ٢٠٢٠) عن رصد التغيرات في مساحة الغطاء النباتي في ولاية نزوي بسلطنة عمان باستخدام المؤشرات النباتية الطيفية خلال الفترة من ٢٠١١ إلى ٢٠١٨، وتتمثل أهمية الدراسة في توفير البيانات المكانية والخرائط الموضوعية الخاصة بالغطاء النباتي لمنطقة الدراسة، وتوصلت إلى التعرف على أماكن وتوزيع وانتشار الغطاء النباتي في ولاية نزوي، ووجود زيادة في مساحته خلال فترة الدراسة.
- دراسة (مقبلة وقطوش، ٢٠٢٢) عن التحليل الجغرافي للمؤشرات الطيفية في تغير مساحة الراضي الزراعية في قرى الوحدة المحلة بأبو غالب، محافظة الجيزة خلال الفترة ١٩٨٦ إلى ٢٠٢١، باستخدام الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وهدفت الدراسة إلى تناول التحليل الجغرافي للمؤشرات الطيفية في تغير مساحة الراضي الزراعية لمنطقة الدراسة، وتوصلت إلى وجود تناقص سنوي بلغ ١١.٤ فداناً لمنطقة الدراسة، الامر الذي أدى إلى انخفاض نصيب الفرد من الاراضي الزراعية من ٧.٨ قيراط إلى ٤.١ قيراط.
- دراسة (الحمد، ٢٠٢٣) لتحليل خريطة التغير في أنماط الغطاء الأرضي في محافظة الشامية خلال المدة بين عامي (١٩٩٠-٢٠٢٢)، وقد اعتمدت على التقنيات الجغرافية المتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد، وتوصلت إلى ظهور ستة أنماط من الغطاءات الأرضية وهي (المناطق الحضرية، والأراضي الزراعية، والأراضي غير المستغلة، والصخور، والتراب العارية، والرمال).

وبعد العرض السابق للدراسات السابقة فنجد تركيز الدراسات على بعض المؤشرات وخاصة مؤشر الغطاء النباتي NDVI والعمراني NDBI، وإهمال مؤشر الغطاء المائي NDWI، فضلا عن عدم تناول منطقة الدراسة من قبل الباحثين واختفاء عيون الأفلاج والتي أدت إلى تناقص الغطاء النباتي في المقابل زيادة الغطاء العمراني بصورة كبيرة.

أسباب اختيار الموضوع:

- عدم دراسة منطقة الدراسة من قبل الباحثين بالاعتماد على تطبيقات الاستشعار من بعد.
- إختفاء عيون الأفلاج مما ترتب عليه نقص في الغطاء النباتي لمنطقة الدراسة.
- إبراز دور الاستشعار من بعد في الكشف عن مدى التغيير في الغطاءات الأرضية.

مشكلة الدراسة:

تتمحور مشكلة الدراسة والفجوة البحثية في الآتي:

- نقص الغطاء النباتي والمائي بصورة كبيرة واختفاء عيون الأفلاج وهي عيون مياه جوفية وبالتالي أثر ذلك على الزراعة والغطاء النباتي بشكل عام.
- زيادة السكان في حاضرة الأفلاج ومن ثم توفير لتلك السكان ما يكفيهم من غذاء.
- التركيز على الدراسات الجيولوجية لمنطقة الأفلاج وعدم التطرق لدراسة الغطاءات الأرضية لها.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة الحالية إلى البحث عن التغيير في الغطاءات الأرضية لعيون الأفلاج، والتي شهدت تغيرات جوهرية في تلك الغطاءات، وذلك بالاعتماد على تطبيقات الاستشعار من بعد لأعوام (١٩٨٤، ١٩٩٤، ٢٠١٣، ٢٠٢٣). كما تهدف إلى الوقوف على الحالة الطيفية لكل غطاء وذلك للتعرف على مدى الحالة التي وصل لها كل غطاء.

منهجية الدراسة:

١. البيانات:

تم الاعتماد على بيانات الاستشعار من بعد Remote Sensing للقمر الصناعي لاندسات، وذلك من أجل تصنيف الغطاءات الأرضية لمنطقة الدراسة، والحصل على المؤشرات الطيفية لكل من مؤشر الغطاء النباتي والعمراني والمائي، وذلك لمعرفة الاختلافات المكانية لهذه المؤشرات في منطقة الدراسة.

تطبيقات الاستشعار من بعد للكشف عن التغير في الغطاءات الأرضية لحاضرة الأفلاج (مدينة ليلى) بمنطقة الرياض. د. فاطن حامد علي نحاس

تُشكل المرئيات الفضائية المصدر الرئيسي لهذه الدراسة وذلك بالاعتماد على القمرين الصناعيين Landsat -5 (TM)، والقمر الصناعي Landsat-8-9 (OLI)، باعتبار أن القمر الصناعي ٨، ٩، في نفس المدار ولهم نفس الخصائص، وذلك من نوع Landsat Collection 2 Level-1.

تم الاعتماد على مرئيتي (١٩٨٤، ١٩٩٤) وهما يمثلان التاريخ الأقدم لمنطقة الدراسة، بينما تم الاعتماد على مرئيتي (٢٠١٣، ٢٠٢٣) وهما يمثلان التاريخ الأحدث لمنطقة الدراسة. وجاء اختيار هذه المرئيات بناء على عدم وجود مرئيات لمنطقة الدراسة قبل عام ١٩٨٤ إلا فقط لعام ١٩٧٢ وهذه المرئيات دقتها الطيفية والمكانية قليلة جدا وغير موضحة للظواهر الأرضية. بينما تم اختيار عام ١٩٩٤ ليكون الفارق الزمني ١٠ سنوات وأيضاً لوحظ أن بحيرة الأفلاج في هذا العام قد بدأت تتناقص بشكل ملحوظ، حيث تم الاطلاع على مرئيات من ١٩٩٥ إلى ٢٠٠٠ وقد وجد تناقص شديد لمساحة بحيرة الأفلاج، أما عدم اختيار مرئية بين عام ١٩٩٤ إلى ٢٠١٣، فيرجع إلى أن خلال هذه الفترة قد تم بالفعل اختفاء عيون الأفلاج تماماً، بالإضافة إلى التركيز على الفصل بين المرئيات التي تمثل التاريخ الأقدم والأحدث لمنطقة الدراسة. يوضح جدول (١) المرئيات التي تم الاعتماد عليها في هذه الدراسة.

جدول (١) بيانات مرئيات القمر الصناعي Landsat-8-9-5 المستخدمة في الدراسة

التاريخ	القمر الصناعي	Path	Row	الدقة المكانية (م)	نسبة السحب (%)	توقيت الالتقاط
١٩٨٤/٩/٢٣	5-Landsat	٤٥	١٦٥	٣٠	١,٠٠٠	٩:٤٨:٢٣
١٩٩٤/٩/١٩	5-Landsat	٤٥	١٦٥	٣٠	٠,٠٠٠	٩:٣٤:٤٢
٢٠١٣/٩/٢٣	8-Landsat	٤٥	١٦٥	٣٠	٠,٠٠٠	١٠:٢٠:١٠
٢٠٢٣/٩/٢٧	9-Landsat	٤٥	١٦٥	٣٠	٠,٠٠٠	١٠:١٨:١٥

المصدر: <https://earthexplorer.usgs.gov>.

تختلف خصائص القمر الصناعي landsat-5 عن القمر الصناعي landsat-8-9، وذلك على مستوى الدقة الطيفية فنجد ان القمر الصناعي landsat-5 يحتوي على ٧ نطاقات طيفية spectral bands بالإضافة إلى البند الحراري thermal band، أما القمر الصناعي ٨، ٩، فيحتوي على ٩ نطاقات طيفية، وذلك للمستشعر Operational Land Imager (OLI)، بالإضافة إلى وجود نطاقين حراريين في المستشعر Thermal Infrared Sensor (TIRS). ويوضح جدول (٢) الخصائص الطيفية لكل من القمرين الصناعيين Landsat 5-8-9.

جدول (٢): الخصائص الطيفية لكل من القمرين الصناعيين Landsat 5-8-9

Landsat-8-9 (OLI)			Landsat-5 (TM)			النطاقات Bands
الدقة المكانية (م)	الطول الموجي (μm)	الوصف	الدقة المكانية	الطول الموجي (μm)	الوصف	
30	0.43 - 0.45	Visible Coastal Aerosol	30	0.45 - 0.52	Visible Blue	B1
30	0.450 - 0.51	Visible Blue	30	0.52 - 0.60	Visible Green	B2
30	0.53 - 0.59	Visible Green	30	0.63 - 0.69	Visible Red	B3
30	0.64 - 0.67	Red	30	0.76 - 0.90	Near-Infrared	B4
30	0.85 - 0.88	Near-Infrared	30	1.55 - 1.75	Near-Infrared	B5
30	1.57 - 1.65	SWIR 1	120	10.40 - 12.50	Thermal	B6
30	2.11 - 2.29	SWIR 2	30	2.08 - 2.35	Mid-Infrared	B7
15	0.50 - 0.68	Panchromatic (PAN)	-	-	-	B8
30	1.36 - 1.38	Cirrus	-	-	-	B9

المصدر: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-satellite-missions>.

٢. معالجة وتحليل البيانات:

أ. التصنيف الموجه للغطاءات الأرضية **Supervised Classification**:

بعد ما تم تنزيل المرئيات الفضائية سابقة الذكر لمنطقة الدراسة، وذلك من أجل استخدامها في تصنيف الغطاءات الأرضية، مرت هذه العملية بعدة مراحل، وذلك بالاعتماد على برنامج ArcGIS Pro v3.3، وهي كالآتي:

- تحديد النطاقات لكل مرئية وهي تختلف على حسب القمر الصناعي، وذلك من أجل استخدامها في عملية التركيب اللوني Composite Bands، وذلك من خلال قائمة imagery ثم نختار منها Process، ثم أداة Composite. وقد تم إختيار النطاقات طبقاً للتركيب اللوني (RGP)، 6، 4، 3. كما يوضح شكل (٢).
- يتم تحديد عينات التدريب بعناية من خلال أداة Training Samples Manger، لكل من الغطاء العمراني والنباتي والمائي والصحراوي، بالإضافة إلى المناطق البور أو العارية.

- من أداة Classification Wizard، يتم اختيار طريقة التصنيف وهي التصنيف الموجه Supervised، والاعتماد على نوع التصنيف طبقاً للخلايا Pixels.
- تم الاعتماد على خوارزمية الجار الأقرب (K-Nearest Neighbor) (KNN) في عملية التصنيف لجميع المرئيات المستخدمة لمنطقة الدراسة، وقد تم الاعتماد عليها نظراً إلى قيامها بتصنيف الخلايا من خلال اختيار الخلايا المتشابه لجيرانها. وقد تم تحديد الحد الأقصى لعدد العينات لكل فئة نحو ١٠٠٠ عينة. ويمكن الاستزادة والتعرف أكثر على عمل هذه الخوارزمية من خلال هذا الرابط <https://www.ibm.com/topics/knn>.
- بعد عملية التصنيف تم تقييم دقة التصنيف من خلال Accuracy Assessment، وهذه الطريقة تعتمد على اختيار عدد من الخلايا، وقد تم تحديد ٥٠٠ نقطة تمثل كل نقطة خليه واحدة من فئات التصنيف. بالإضافة إلى الاعتماد على مصفوفة الخطأ Error Matrix.

ب. المؤشرات الطيفية Spectral Indices:

تتعدد المؤشرات الطيفية لبيانات الاستشعار من بعد، وذلك بعد تطورها من قبل الباحثين واقتراح البعض منها والتعديل على البعض الآخر، ولكن تم الاعتماد في هذه الدراسة على قائمة Indices وتحديد مؤشرات الدراسة وهي كالتالي:

○ مؤشر التباين النباتي الطبيعي (NDVI) Normalized Difference Vegetation Index:

تعتمد التطبيقات الرئيسية لاستشعار الغطاء النباتي عن بعد على أطيف الضوء التالية: (١) منطقة الأشعة فوق البنفسجية، والتي تتراوح من ١٠ إلى ٣٨٠ نانومتر؛ (٢) الأطياف المرئية، والتي تتكون من مناطق الطول الموجي الأزرق (٤٥٠-٤٩٥ نانومتر)، والأخضر (٤٩٥-٥٧٠ نانومتر)، والأحمر (٦٢٠-٧٥٠ نانومتر)؛ و(٣) نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة (٨٥٠-١٧٠٠ نانومتر) (Bin Abdul Rahim et al., 2016). يتراوح معدل الانبعاث لسطح الأوراق (أي ما يعادل الامتصاصية في النطاق الموجي الحراري) للنبات الأخضر كامل النمو دون أي إجهاد حيوي أو غير حيوي عموماً بين ٠,٩٦-٠,٩٩، وغالباً ما يتراوح بين ٠,٩٧ و٠,٩٨، على العكس من ذلك، بالنسبة للنباتات الجافة، يتراوح معدل الانبعاث عموماً بين ٠,٨٨ و٠,٩٤ (Arkebauer, 2005). ويمكن التعبير عن هذا المؤشر من خلال المعادلة التالية:

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

○ مؤشر فرق المباني الطبيعي (NDBI) Normalized Difference Built-up Index:

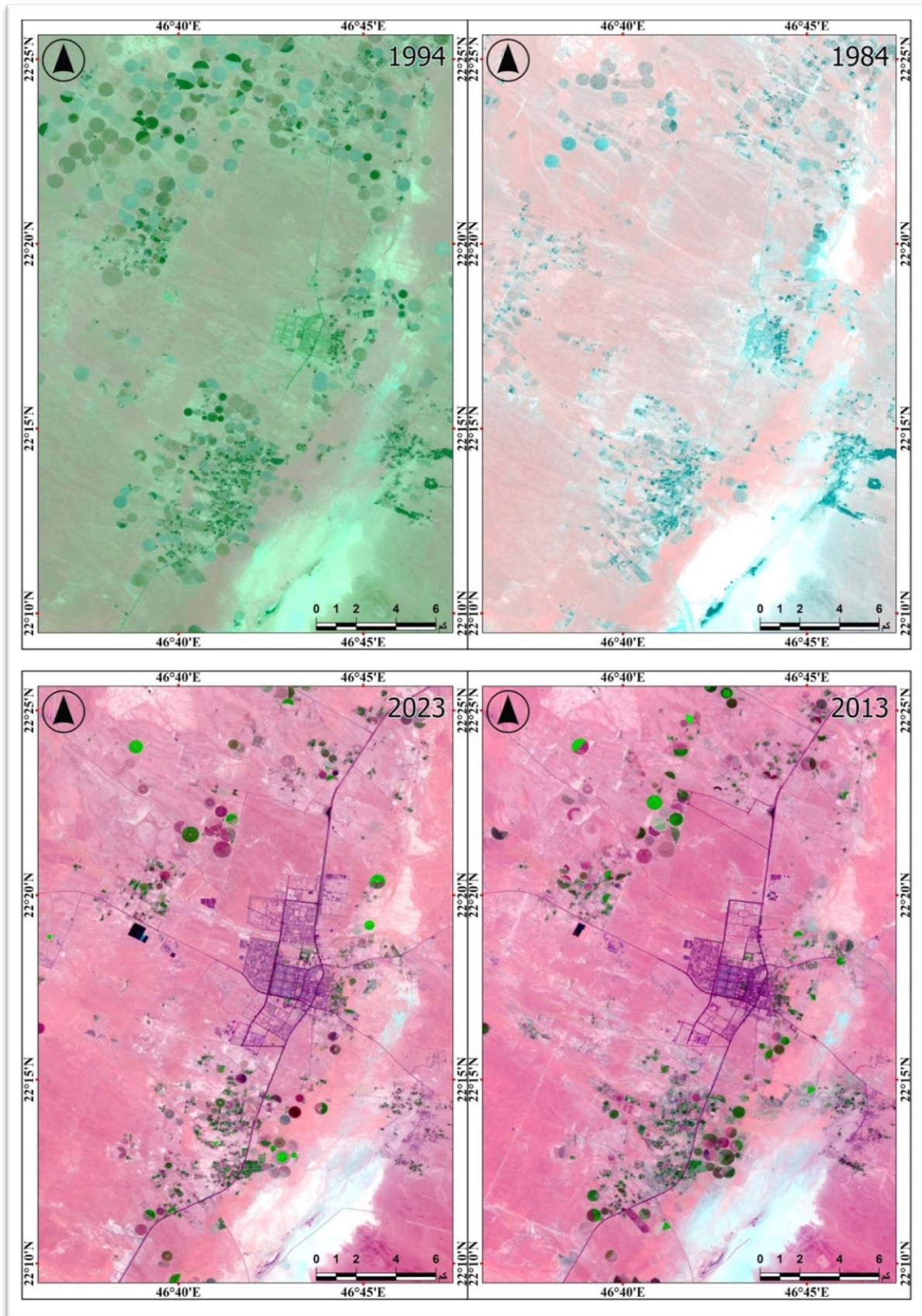
تشهد مناطق البناء والأراضي القاحلة زيادة كبيرة في الانعكاس من النطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة إلى نطاق الأشعة تحت الحمراء القصيرة. لكن للغطاء النباتي قيمة DN أكبر أو أصغر قليلاً (غير ملحوظة) في نطاق الأشعة تحت الحمراء القصيرة مقارنة بنطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة. وهذه هي الزيادة الفريدة التي يمكن رؤيتها بين هذه النطاقات. وهذا يمكن منطقة البناء من الانفصال عن الأغطية المتبقية (Zha et al., 2003). ولكن مؤخرًا ظهرت العديد من الدراسات التي تناولت هذا المؤشر بصورة كبيرة وتم التعديل عليه؛ وذلك نظرًا إلى عدم إظهار الكتلة العمرانية بصورة كبيرة وخاصة في المناطق القاحلة والصحراوية كما في منطقة الدراسة، ويمكن التعبير عن هذا المؤشر بالمعادلة التالية (Guha et al., 2019):

$$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR) \quad (2)$$

○ مؤشر فرق المياه الطبيعي (NDWI) Normalized Difference Water Index:

يعتمد هذا المؤشر على أن الجسم المائي يتمتع بقدرة امتصاص قوية وإشعاع منخفض من الأطوال الموجية المرئية إلى الأطوال الموجية تحت الحمراء، لذلك يعتمد هذا المؤشر على كل من نطاق الأشعة المرئية الخضراء ونطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (Ji et al., 2009). لذلك يمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية (McFeeters, 1996):

$$NDBI = (Green - NIR) / (SWIR + NIR) \quad (3)$$



شكل (٢): المرئيات الفضائية للقمر الصناعي لاندسات لأعوام ١٩٨٤، ١٩٩٤، ٢٠١٣، ٢٠٢٣

النتائج والمناقشة:

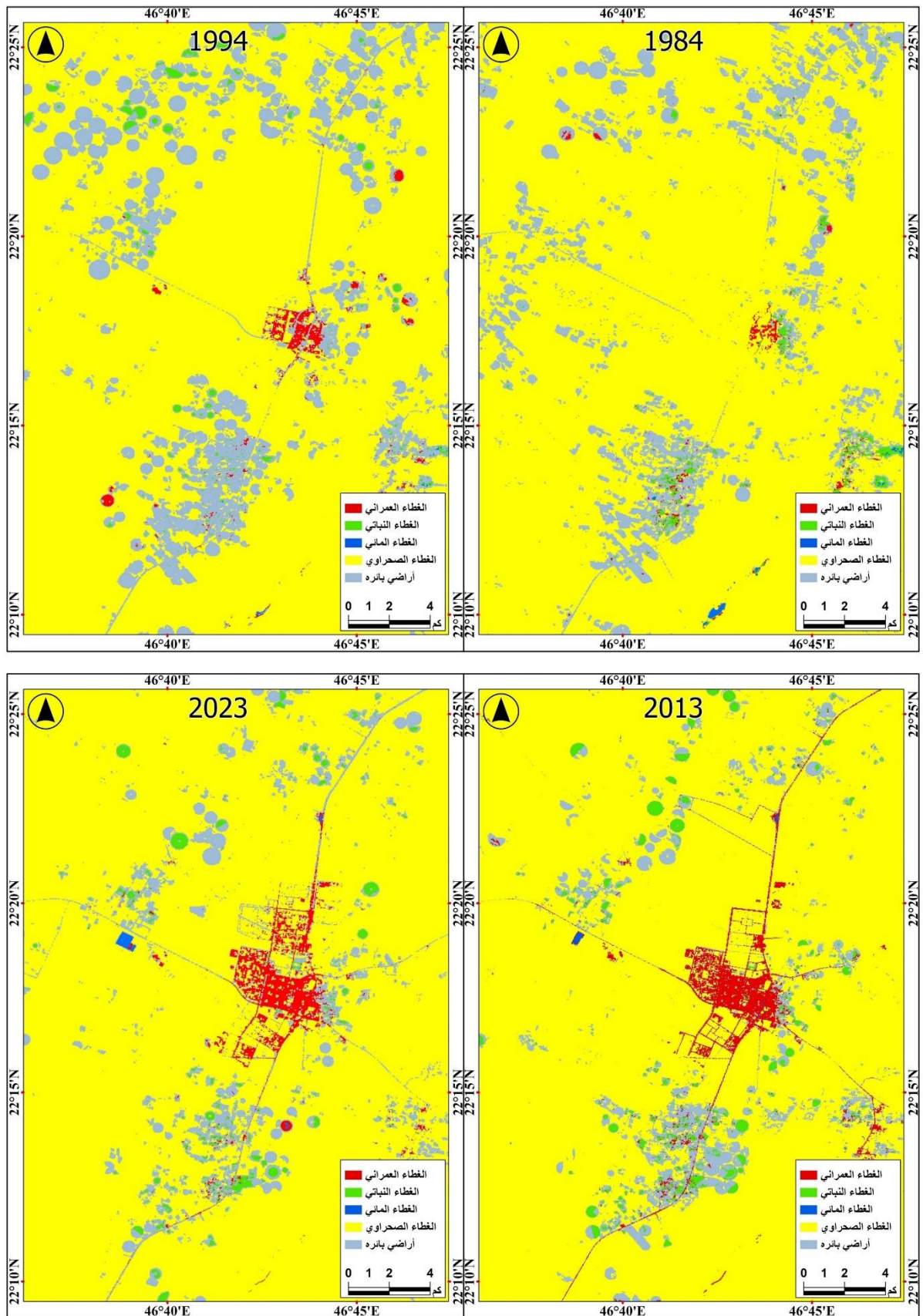
أولاً: تصنيف الغطاءات الأرضية الرئيسية لحاضرة الأفلاج للفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣):

تُعد دراسة الغطاء الأرضي من أهم الوسائل التي يتم استخدامها لدراسة طرق، وإدارة وتطوير الموارد الطبيعية المختلفة، في ظل تزايد عدد السكان والحاجة إلى متطلباتهم من غذاء وشراب (Zrekat & Alhusban, 2012). وقد ساعدت تطبيقات الاستشعار من بعد في مراقبة تلك الغطاءات وذلك من خلال تصنيف المرئيات الفضائية، حيث إن لكل غطاء بصمة طيفية Spectral signature معينه تمكننا من معرفة ماضي وحاضر هذه الغطاءات (غيث، ٢٠١٠).

تُشكل منطقة الدراسة في مجملها نطاق من الحافات غرب منطقة الدراسة تنتهي بنطاق من المراوح الفيضية (البهادا) شرقاً لأودية الغيل، والأحمر، وحرم، المنصرفه من الحافة الشرقية لجبل طويق، والذي يتألف من تتابعات الحجر الجيري والتي يرجع أقدمها إلى تكوين المنجور (الترياسي الأعلى) في أقصى الغرب (الكيال وأبو العينين، ٢٠١٧). هذا الأمر جعل تصنيف الغطاءات معقد للغاية وذلك بسبب الخلط بين الحجر الجيري والغطاء العمراني والنباتي، ومن ثم التركيز على الغطاءات الرئيسية في منطقة الدراسة.

أظهر تحليل تصنيف الغطاءات الأرضية أن حاضرة الأفلاج والمناطق المحيطة بها يوجد خمس غطاءات وهم (العمراني، الصحراوي، أراضي بور، النباتي، المائي) كما يوضح شكل (٣). وبلغ إجمالي مساحة منطقة الدراسة نحو ٨٧٣,٠٣ كم^٢. وأظهر التصنيف عن وجود تغير في هذه الغطاءات وتباين كبير في منطقة الدراسة. بالإضافة إلى حدوث تغير كبير في جميع الغطاءات الأرضية لمرئيات أعوام الدراسة (١٩٨٤، ١٩٩٤، ٢٠١٣، ٢٠٢٣)، وقد أستحوذ الغطاء الصحراوي على نسبة كبيرة من منطقة الدراسة نظراً لوقوعها في بيئة صحراوية تعاني من مشكلات عديدة خاصة مواردها المائية.

يلاحظ أن الغطاء السائد هو الغطاء الصحراوي والذي يشمل على الرمال والهضاب والسفوح بمنطقة الدراسة، وتتغير مساحته طبقاً لأعوام الدراسة فنجد أن أعلى نسبة لهذا الغطاء بلغت ٩٢,٣٦% من جملة مساحة منطقة الدراسة، وذلك في عام ٢٠٢٣، بينما نجد أقل عام هو ١٩٩٤ بنسبة بلغت ٨٧,٤٩%. بينما استحوذت الأراضي البور على النسبة الأعلى بعد الغطاء الصحراوي، فنجد أن أعلى نسبة بلغت ١٠,٥٩% من جملة مساحة الغطاءات لعام ١٩٩٤، بينما أقل نسبة جاءت في عام ٢٠٢٣ وبلغت ٣,٩١%. ولعل انخفاض هذه النسبة كان بسبب زيادة الغطاء الصحراوي لهذا العام كما يوضح جدول (٣).



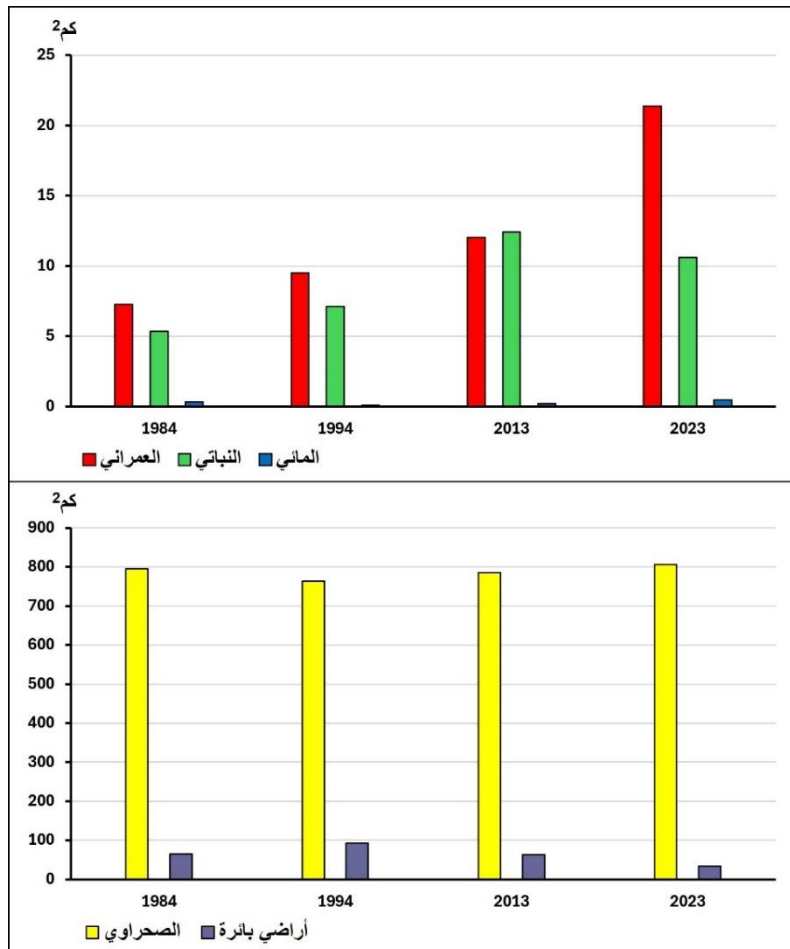
شكل (٣): التصنيف الموجة للغطاءات الأرضية لحاضرة الأفلاج والمناطق المحيطة بها لأعوام ١٩٨٤، ١٩٩٤،

٢٠١٣، ٢٠٢٣

جدول (٣): تغير مساحة الغطاءات الأرضية لحاضرة الأفلاج والمناطق المحيطة بها للفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣)

٢٠٢٣		٢٠١٣		١٩٩٤		١٩٨٤		الغطاءات
(%)	(كم ^٢)	(%)	(كم ^٢)	(%)	(كم ^٢)	(%)	(كم ^٢)	
٢,٤٥	٢١,٤٠	١,٣٨	١٢,٠٣	١,١٠	٩,٥٠	٠,٨٣	٧,٢٧	العمراني
١,٢٢	١٠,٦٢	١,٤٢	١٢,٤١	٠,٨٢	٧,١٤	٠,٦١	٥,٣٥	النباتي
٠,٠٥	٠,٤٨	٠,٠٢	٠,٢١	٠,٠١	٠,١١	٠,٠٤	٠,٣٥	المائي
٩٢,٣٦	٨٠٦,٣٦	٨٩,٩٥	٧٨٥,٣١	٨٧,٤٩	٧٦٣,٨٢	٩١,٠٨	٧٩٥,١٨	الصحراوي
٣,٩١	٣٤,١٧	٧,٢٢	٦٣,٠٧	١٠,٥٩	٩٢,٤٦	٧,٤٣	٦٤,٨٨	أراضي بور
١٠٠	٨٧٣,٠٣	١٠٠	٨٧٣,٠٣	١٠٠	٨٧٣,٠٣	١٠٠	٨٧٣,٠٣	الإجمالي

برز الغطاء العمراني من بين الغطاءات، وشهد زيادة ملحوظة خلال أعوام الدراسة بشكل مستمر. فبلغت مساحته نحو ٧,٢٧ كم^٢ في بداية الدراسة لعام ١٩٨٤، وشكلت نسبة لم تصل إلى ١٪ من جملة مساحة منطقة الدراسة. بينما في عام ١٩٩٤ زاد العمران ووصل إلى ٩,٥٠ كم^٢ بنسبة ١,١٠٪، ثم في عام ٢٠١٣ زاد إلى ١٢,٠٣ كم^٢، ولكن في عام ٢٠٢٣ زادت مساحته بصورة كبيرة وبلغت ٢١,٤٠ كم^٢ وشكلت نسبة ٢,٤٥٪ من جملة مساحة الغطاءات في منطقة الدراسة كما يوضح شكل (٤).



شكل (٤): تغير مساحة الغطاءات الأرضية لحاضرة الأفلاج بمدينة الرياض للفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣)

بدأ الغطاء النباتي في عام ١٩٨٤ بمساحة بلغت ٥,٣٥ كم^٢، بنسبة بلغت ٠,٦١٪، وهي أقل نسبة في أعوام الدراسة. بينما في عام ١٩٩٤ زادت المساحة وبلغت ٧,١٤ كم^٢ بنسبة ٠,٨٢٪، ولكن في عام ٢٠١٣ زادت مساحة الغطاء النباتي بصورة ملحوظة وبلغت مساحته ١٢,٤١ كم^٢، شكلت نسبة بلغت ١,٤٢٪ وكانت أعلى من نسبة الغطاء العمراني خلال هذا العام، وهو العام الوحيد الذي شهد زيادة في الغطاء النباتي عن الغطاء العمراني، ولكن في نهاية الدراسة حدث نقص لمساحة الغطاء النباتي وبلغت ١٠,٦٢ كم^٢ خلال عام ٢٠٢٣، بنسبة ١,٢٢٪ كما يوضح جدول (٣) وشكل (٤).

شهد الغطاء المائي تغيرات متفاوتة خلال أعوام الدراسة، فبدأ خلال عام ١٩٨٤ بمساحة بلغت ٠,٣٥ كم^٢، وهي تتركز في العيون الجوفية جنوب شرق مدينة ليلى - حاضرة الأفلاج- كما يوضح شكل (٣). وخلال عام ١٩٩٤ تقلصت مساحة الغطاء المائي وبلغت ٠,١١ كم^٢، وهي أقل مساحة من بين أعوام الدراسة. بينما في عام ٢٠١٣ بلغت مساحته ٠,٢١ كم^٢، ثم واصل إلى نهاية الدراسة خلال عام ٢٠٢٣ ووصلت مساحته ٠,٤٨ كم^٢ وهي أعلى مساحة من بين أعوام الدراسة.

يلاحظ أن خلال عام ١٩٨٤ أن الغطاء النباتي كان نبات طبيعي وليس استصلاح في الصحراء من قبل الممكلة وخاصة يظهر على الخريطة في هذا العام في الجزء الشرقي، ولعل في هذا العام توجد بعض المناطق البور التي تأخذ شكل الاستصلاح الزراعي وكما تسمى بالمزارع، حيث تأخذ الشكل الدائري. فضلاً عن وجود الغطاء العمراني في مدينة ليلى بصورة غير مخططة أقرب إلى التجمع العمراني. كما تظهر عيون الأفلاج بصورة واضحة وكبيرة في الجزء الجنوبي الشرقي ولعل ذلك يوضح لماذا يتركز الغطاء النباتي في هذه المنطقة؟ أما في نهاية الدراسة خلال عام ٢٠٢٣، ظهر الغطاء النباتي بصورة دائرة (مزارع)، مما يؤكد على اختفاء الغطاء النباتي الطبيعي في المنطقة وكذلك اختفاء المياه الجوفية في عيون الأفلاج. كما يظهر الغطاء العمراني بصورة مخططة ومنظمة، مما يدل على الاهتمام بالغطاء العمراني وإهمال كل من الغطاء النباتي والمائي.

ثالثاً: تقييم دقة التصنيف للمرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة:

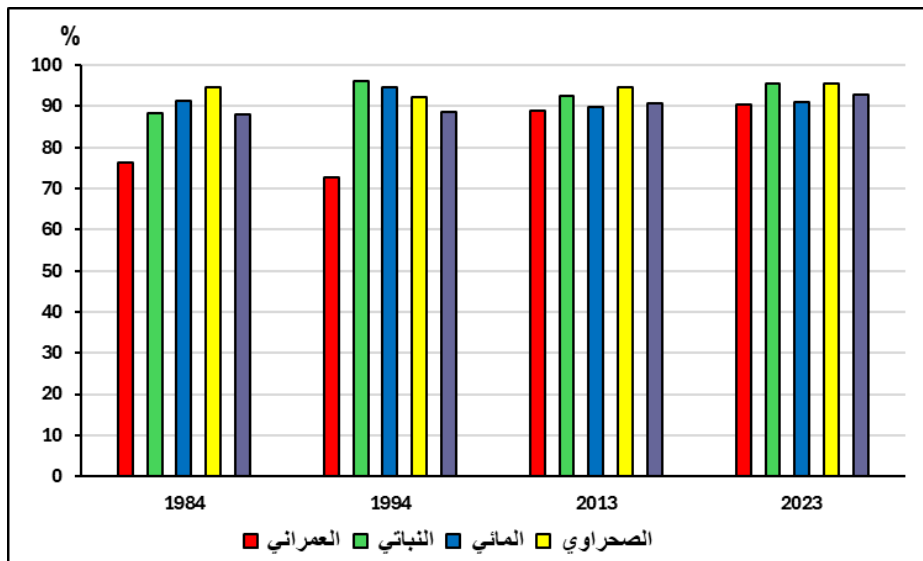
تُعرف عملية تقييم دقة تصنيف المرئيات الفضائية بأنها عبارة عن مقارنة نتائج التصنيف بالبيانات الجغرافية الصحيحة الموجودة على سطح الأرض من أجل تحديد دقة عملية التصنيف (Topaloglu et al., 2016). ويُعد تقييم نتائج التصنيف الخطوة الأخيرة والمهمة في عملية التصنيف، إذ أن الهدف منها هو التعرف على مدى تجميع وحدات الصورة تجميعاً صحيحاً، لكي تكون قد وضعت كل مجموعة منها تبعاً للفئة التي تمثلها، فضلاً عن تقييم ذلك كميًا للتعرف على مدى إمكانية الاعتماد على ذلك التصنيف

في تطبيقات علوم الأرض المختلفة (الحسن، ٢٠٠٧). تعبر دقة التصنيف عن مدى توافق تصنيف الفئات مع الواقع أو درجة التقارب بينهما، لذلك لا تكتمل عملية التصنيف إلا إذا تم إجراء تقييم لدقة التصنيف (عبد الفتاح، ٢٠١٧).

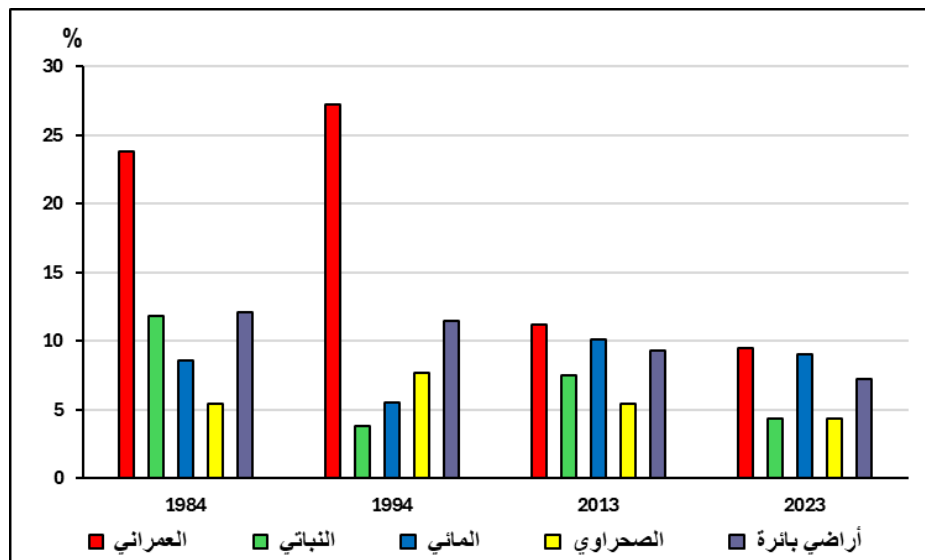
تم إنشاء النقاط المرجعية العشوائية Create Random Points، داخل كل مرئية من مرئيات الدراسة لأعوام ١٩٨٤، ١٩٩٤، ٢٠١٣، ٢٠٢٣، ومقارنتها مع نتائج التصنيف وذلك بالاعتماد على خريطة الأساس Base Map داخل برنامج Arc GIS Pro، وذلك لمعرفة هل تقع هذه النقاط في مواقعها الصحيحة بالنسبة للتصنيف الموجه؟ وبالتالي معرفة كم من هذه النقاط يقع في الفئة الصحيحة، ومن ثم التعرف على مقدار الخطأ. يوضح جدول (٤) وشكل (٥) دقة التصنيف ومقدار الخطأ للمرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة باستخدام Accuracy Assessment. كما يوضح شكل (٦) مقدار خطأ تصنيف المرئيات الفضائية للغطاءات الأرضية.

جدول (٤) دقة التصنيف ومقدار الخطأ للمرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة باستخدام Accuracy Assessment

الغطاءات	١٩٨٤ (%)		١٩٩٤ (%)		٢٠١٣ (%)		٢٠٢٣ (%)	
	مقدار الخطأ (%)	الدقة (%)	مقدار الخطأ (%)	الدقة (%)	مقدار الخطأ (%)	الدقة (%)	مقدار الخطأ (%)	الدقة (%)
العمراني	٢٣,٨	٧٦,٢	٢٧,٢	٧٢,٨	١١,٢	٨٨,٨	٩,٥	٩٠,٥
النباتي	١١,٨	٨٨,٢	٣,٨	٩٦,٢	٧,٥	٩٢,٥	٤,٤	٩٥,٦
الماني	٨,٦	٩١,٤	٥,٥	٩٤,٥	١٠,١	٨٩,٩	٩	٩١
الصحراوي	٥,٤	٩٤,٦	٧,٧	٩٢,٣	٥,٤	٩٤,٦	٤,٤	٩٥,٦
أراضي بور	١٢,١	٨٧,٩	١١,٥	٨٨,٥	٩,٣	٩٠,٧	٧,٢	٩٢,٨
المتوسط	١٣,٣٤	٨٧,٦٦	١١,١٤	٨٨,٨٦	٨,٧	٩١,٣	٦,٩	٩٣,٧



شكل (٥): دقة تصنيف المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة باستخدام Accuracy Assessment



شكل (٦): مقدار خطأ تصنيف المرئيات الفضائية للغطاءات الأرضية

يتضح من جدول (٤) أن دقة التصنيف تتابين من مرئية إلى أخرى لنفس فئة التصنيف، ونظرًا إلى أن منطقة الدراسة منطقة قاحلة وبيئة تكاد تكون صحراوية، فإن تصنيف الغطاءات الرئيسية قابله بعض الصعوبات، وذلك لتداخل الأطوال الموجية في عملية الانعكاس، فنجد أن ظل الجبال والتلال يتشابه مع خلايا العمران، أيضًا بعض المناطق البور تتشابه مع العمران، وكان الفصل مهمة صعبة تحتاج لمزيد من الدقة لكي تصبح النتائج أكثر واقعية. وقد تم التغلب على ذلك باستخدام المؤشرات الطيفية. ومن خلال العينات التي تمت على مجتمع الدراسة والمتمثلة في النقاط العشوائية، وجد أن بشكل عام تزيد الدقة في المرئيات الأحدث وتتناقص في المرئيات الأقدم، ويرجع ذلك للدقة الطيفية لكل مرئية، فالمرئيات الأقدم (١٩٨٤، ١٩٩٤) دقتها الطيفية ٦ نطاقات موجية المتمثلة في القمر الصناعي Landsat-5، بينما المرئيات الأحدث (٢٠١٣، ٢٠٢٣) دقتها ٩ نطاقات موجية والمتمثلة في القمر الصناعي Landsat-8.

١. المرئيات الأقدم (١٩٨٤، ١٩٩٤):

زاد متوسط الدقة في مرئية ١٩٩٤ عن مرئية ١٩٨٤ وقد بلغا على الترتيب (٨٨,٨٦٪، ٨٧,٦٦٪). ويلاحظ وجود تباين في دقة تصنيف الغطاءات في هاتين المرئيتين، فنجد أن الغطاء العمراني صاحب أقل دقة في كل من مرئية ١٩٨٤، ١٩٩٤، حيث بلغ (٧٦,٢٪، ٧٢,٨٪، على الترتيب). وان الدقة في عمران ١٩٨٤ أفضل من الدقة في عمران ١٩٩٤، ويرجع ذلك إلى قلة الغطاء العمراني في عام ١٩٨٤ مقارنة بعام ١٩٩٤. بينما نجد الغطاء النباتي في عام ١٩٨٤ بلغ ٨٨,٢٪ زاد بشكل ملحوظ في عام ١٩٩٤ ووصل إلى ٩٦,٢٪ وهو بذلك أعلى دقة من بين الغطاءات الأخرى لنفس العام. أيضا زادت دقة تصنيف الغطاء المائي من عام ١٩٨٤ إلى ١٩٩٤ وبلغت (٩١,٤٪، ٩٤,٥٪، على الترتيب). كما يلاحظ أيضًا أن الغطاء

الصحراوي صاحب أعلى دقة تصنيف في عام ١٩٨٤ وبلغت ٩٤,٦٪ بينما قلت هذه الدقة في عام ١٩٩٤ وبلغت ٩٢,٣٪. بينما الأراضي البور بلغت ٨٧,٩٪، ٨٨,٥٪ على الترتيب.

ينفرد الغطاء العمراني بكونه صاحب أعلى مقدار خطأ في المرئيات الأقدم (١٩٨٤، ١٩٩٤)، وقد بلغا على الترتيب (٢٣,٨٪، ٢٧,٢٪). بينما أقل الغطاءات فهو الغطاء الصحراوي في مرئية ١٩٨٤، وبلغ ٥,٤٪، بينما في مرئية ١٩٩٤ نجد الغطاء النباتي بمقدار بلغ ٣,٨٪. وقد يرجع ذلك بأن الغطاء العمراني تتداخل فيه ظل الجبال والتلال، وأيضًا ظل المباني، فضلًا عن بعض المناطق البور التي تتشابه خصائصها مع الغطاء العمراني يجعل ذلك مقدار الخطأ كبير. بينما الغطاء النباتي فلا يتداخل إلا مع الغطاء المائي وفي بعض الخلايا القليلة، ويظهر ذلك بوضوح في مرئية عام ١٩٨٤، حيث إن الغطاء النباتي ليس صناعيًا، بل إنه طبيعي وكثيف.

٢. المرئيات الأحدث (٢٠١٣، ٢٠٢٣):

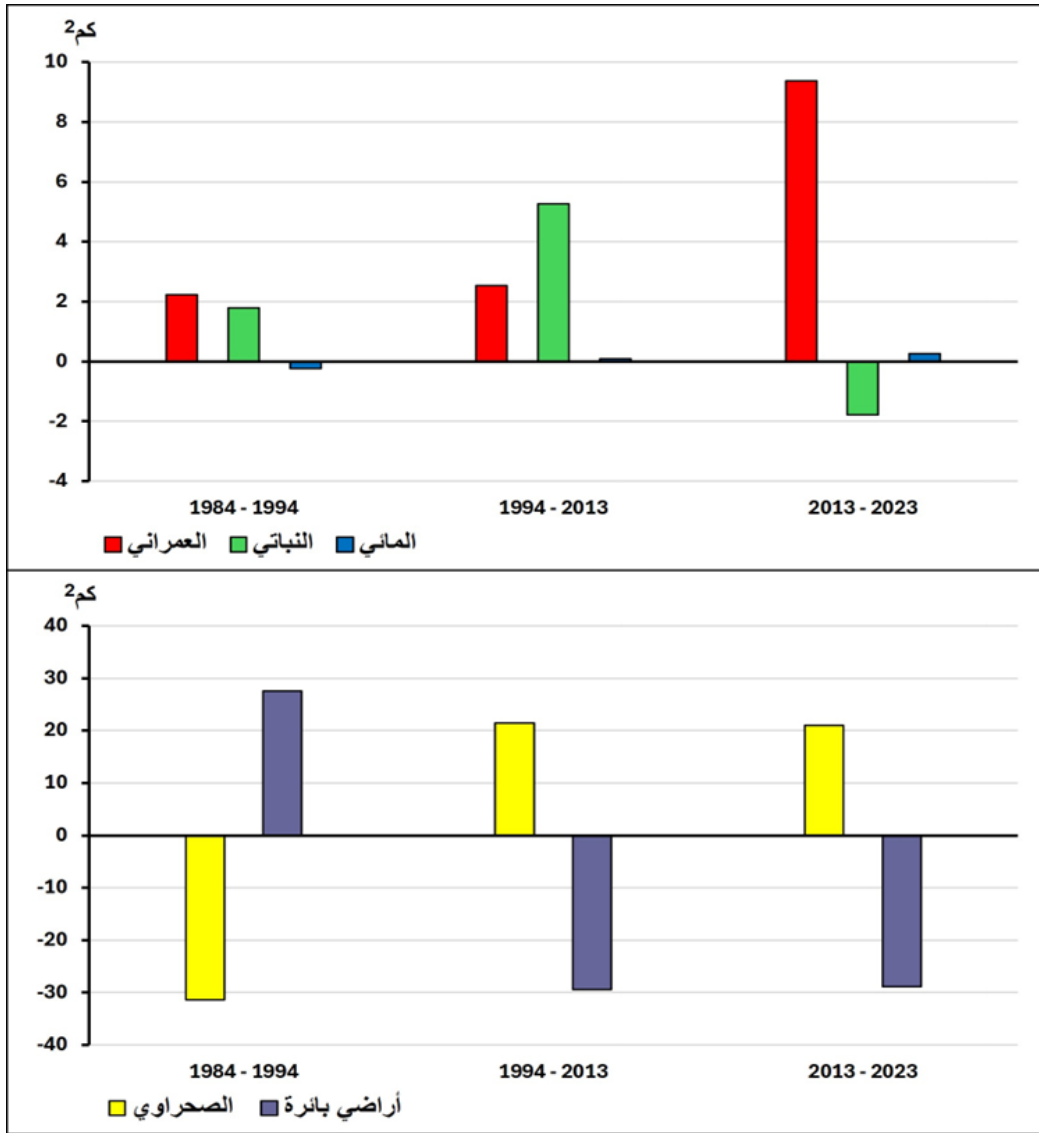
نظرًا إلى كون هذه المرئيات ذات دقة طيفية أفضل من المرئيات الأقدم، فقد بلغا متوسط الدقة في هاتين المرئيتين ٩١,٣٪ لمرئية ٢٠١٣، و ٩٣,٧٪ لمرئية ٢٠٢٣، وهما بذلك أدق من المرئيات الأقدم. كما يظهر أن كل من الغطاء العمراني والمائي هم أقل دقة في مرئية ٢٠١٣، ويزد مقدار الخطأ عن ١٠٪، بينما الغطاء الصحراوي والنباتي فهما أكثر دقة لمرئية عام ٢٠١٣، وبلغا على الترتيب (٩٤,٦٪، ٩٢,٥٪). زادت دقة التصنيف في مرئية ٢٠٢٣ عن باقي المرئيات الأخرى، فلم يصل مقدار الخطأ للغطاءات في هذه المرئية إلى ١٠٪، ويلاحظ أن أعلى دقة في هذه المرئية لكل من الغطاء النباتي والصحراوي فقد بلغا ٩٥,٦٪. بينما أقل الغطاءات هو العمراني بدقة بلغت ٩٠,٥٪.

ثالثًا: الزيادة والنقصان في مساحة الغطاءات الأرضية لحاضرة الأفلاج خلال الأربعين عامًا.

يوضح جدول (٥) وشكل (٧) الزيادة والنقصان التي حدثت لمساحة الغطاءات الأرضية خلال الفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣). ويمكن تقسيمها إلى ثلاث فترات، وذلك لمعرفة التغيرات التي حدثت خلال الأربعين عامًا.

جدول (٥): الزيادة والنقصان في مساحة الغطاءات الأرضية خلال الفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣)

المعدل السنوي	١٩٩٤-٢٠١٣	المعدل السنوي	٢٠١٣-١٩٩٤	المعدل السنوي	١٩٩٤-١٩٨٤	
الغطاءات	(كم ^٢)	م ^٢ /عام	(كم ^٢)	م ^٢ /عام	(كم ^٢)	
العمراني	٢,٢٣	٢٢٣	٢,٥٣	١٢٦,٥	٩,٣٧	٩٣٧
النباتي	١,٧٩	١٧٩	٥,٢٧	٢٦٣,٥	١,٧٩-	١٧٩-
المائي	٠,٢٤-	٢٤-	٠,١	٥	٠,٢٧	٢٧
الصحراوي	٣١,٣٦-	٣١٣٦-	٢١,٤٩	١٠٧٤,٥	٢١,٠٥	٢١٠٥
أراضي بور	٢٧,٥٨	٢٧٥٨	٢٩,٣٩-	١٤٦٩,٥-	٢٨,٩-	٢٨٩٠-



شكل (٧): الزيادة والنقصان في مساحة الغطاءات الأرضية خلال الفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣)

١. الفترة الأولى: من عام ١٩٨٤ إلى ١٩٩٤م:

شهدت هذه الفترة تفاوت في مساحة كل غطاء فنجد أن كل من الغطاء العمراني والنباتي والأراضي البور زادت مساحتهم في هذه الفترة، بينما شهدت الغطاءات الأخرى نقص في مساحتها. وقد بلغت هذه الفترة عشرة أعوام، فزاد فيها الغطاء العمراني بنحو ٢,٢٣ كم^٢، بمعدل سنوي بلغ ٢٢٣ م^٢/عام، وهو أعلى ثاني غطاء من حيث الزيادة، بينما الغطاء النباتي فبلغت زيادته نحو ١,٧٩ كم^٢، بمعدل سنوي بلغ ١٧٩ م^٢/عام، أما الأراضي البور بلغ معدلها السنوي نحو ٢٧٥٨ م^٢/عام، ويرجع ذلك إلى التوسع في الأراضي الزراعية وتجهيز الأرض لذلك. بينما شهد الغطاء المائي نقص في مساحته خلال هذه الفترة بمعدل سنوي بلغ -٢٤ م^٢/عام. أما الغطاء الصحراوي فقد بلغ المعدل السنوي له نحو -٣١٣٦ م^٢/عام.

يلاحظ في هذه الفترة حدوث نقص في الغطاء المائي والمتمثل في عيون الأفلاج فقد بلغ إجمالي المساحة التي نقصت نحو - ٢٤٠ م^٢، وهذا لم يؤثر على الغطاء النباتي، بل كما تم ذكره سابقاً شهد زيادة بلغت ١,٧٩ كم^٢. فخطر تناقص الغطاء المائي لعيون الأفلاج لم يحدث حديثاً، بل هذا التناقص منذ ثمانينات القرن الماضي، ولم يتم إدارة هذه العيون بالشكل الكافي، بل أحياناً يطلق عليها بحيرة الأفلاج، وكان يتم استغلالها كمنطقة سياحية، بل كان في الإمكان محمية طبيعية.

٢. الفترة الثانية: من عام ١٩٩٤ إلى ٢٠١٣ م:

تتميز هذه الفترة عن الفترة السابقة واللاحقة بأنها تبلغ عشرين عاماً، وذلك نظراً لما توافر من مرئيات خلال هذه الفترة، حيث نجد نهاية مرئيات القمر الصناعي Landsat-5 في عام ٢٠٠٢، ثم بعد ذلك تم استكمال المهمة القمر الصناعي Landsat-7، ولكن مرئيات هذا القمر أصابها العديد من الخطوط السوداء لذلك تم الاعتماد على مرئيات القمر الصناعي Landsat-8 لعام ٢٠١٣.

ويتضح خلال هذه الفترة وجود جميع الغطاءات بزيادة في مساحتها ما عدا الأراضي البور التي شهدت نقص في مساحتها، وقد بلغت إجمالي المساحة الزائدة للغطاء العمراني نحو ٢٠٥٣ كم^٢، وهي أكثر من الفترة السابقة ولكن بمعدل سنوي أقل بلغ ١٢٦,٣ م^٢/عام في المقابل نجد الغطاء النباتي بزيادة ملحوظة خلال هذه الفترة، وقد بلغت الزيادة ٥,٢٧ كم^٢، وهي أعلى زيادة شهدها الغطاء النباتي في جميع الفترات بشكل عام، حيث تم استصلاح العديد من الأراضي الصحراوية والتوسع في المزارع النباتية، حيث بلغ المعدل السنوي ٢٦٣,٥ م^٢/عام، وهو أعلى من المعدل السنوي للغطاء العمراني. وبرغم هذا التوسع في الغطاء النباتي، نجد حدوث زيادة في الغطاء المائي بلغت ٥ م^٢/عام، ولكن هذه الزيادة ليست في عيون الأفلاج أو إكتشاف عيون جوفية، ولكن جميعها اصطناعية لرى المساحة المنزرعة.

أما بالنسبة للغطاء الصحراوي فقد شهد زيادة أيضاً عكس الفترة السابقة الذي شهد فيها نقص، هذه الزيادة ترجع إلى تراجع مساحة الأراضي البور، والتي بلغ معدلها السنوي نحو - ١٤٦٩,٥ م^٢/عام، وهي أعلى من المعدل السنوي للغطاء الصحراوي والذي بلغ ١٠٧٤,٥ م^٢/عام. يرجع ذلك إلى أن خلال الفترة السابقة (١٩٨٤-١٩٩٤) شهدت زيادة في الأراضي البور والتي هي تمهيد لزراعتها، الأمر الذي انعكس على الغطاء النباتي خلال الفترة اللاحقة (١٩٩٤-٢٠١٣)، وبالتالي حدوث نقص في الأراضي البور.

٣. الفترة الثالثة: من عام ٢٠١٣ إلى ٢٠٢٣ م

شهدت هذه الفترة حدوث نقص في مساحة كل من الغطاء النباتي والأراضي البور، بينما كل من الغطاء العمراني والمائي والصحراوي حدوث زيادة في مساحتهم، وهذه الفترة تعكس الوضع الحالي لجميع الغطاءات، فنجد زيادة كبيرة شهدها الغطاء العمراني بلغت ٩,٣٧ كم^٢، وهي أعلى زيادة حدثت للغطاء العمراني في هذه الفترة عن الفترات السابقة، وقد بلغ المعدل السنوي ٩٣٧ م^٢/عام، أي ما يقارب إلى ١ كم^٢ في كل عام من هذه الفترة، وهو معدل كبير عند التحدث عن الغطاء العمراني الذي ينمو ببطيء عكس بقية الغطاءات، ولعل ذلك يرجع إلى الزيادة السكانية التي شهدتها منطقة الدراسة والتي بلغت نحو ١٠٠ ألف نسمة، بالإضافة إلى التطور والتقدم في الخدمات والبنية التحتية، الأمر الذي بدوره أدى إلى التوسع في الغطاء العمراني.

زاد الغطاء المائي بمعدل سنوي بلغ ٢٧ م^٢/عام، وهو أعلى معدل سنوي لهذا الغطاء من بين المعدلات النوية السابقة، وهذا يرجع إلى وجود بعض الآبار الصناعية اللازمة للزراعة والرعي. وليس وجود عيون جوفية، والتي من المؤكد أنها تحتوي على الحديد منها، خاصة في المناطق ذات الحجر الجيري. كما أن هذا أثر الغطاء النباتي وحدث له نقص في المساحة، وقد بلغ المعدل السنوي -١٧٩ م^٢/عام، وقد يرجع ذلك إلى قلة الأمطار الساقطة على منطقة الدراسة، بالإضافة إلى إهمال وعدم إدارة هذا الغطاء من النقصان، وذلك عن طريق التوسع فيه. وهذا يشكل خطر على سكان منطقة الدراسة.

حدث للغطاء الصحراوي زيادة في مساحته وبلغ المعدل السنوي له ٢١٠٥ م^٢/عام، وهو أعلى زيادة شهدها هذا الغطاء، وذلك على حساب الغطاء النباتي الذي نقص عن الفترات السابقة، حيث في الفترتين السابقتين شهد زيادة عكس هذه الفترة. بالإضافة إلى حدوث نقص في الأراضي البور والتي هي مؤشر جيد للغطاء النباتي، فنقصها يعكس نقص في الغطاء النباتي. وقد بلغ المعدل السنوي للأراضي البور نحو -٢٨٩٠ م^٢/عام، وهو أعلى قيمة لهذا الغطاء على مستوى جميع الفترات، مما يدل على عدم التوسع في الغطاء النباتي، وعدم تجهيز الأراضي من أجل زراعتها مستقبلاً.

وبهذا المعدل السنوي لهذه الفترة يمكن القول إن مستقبل هذه الغطاءات في نقص لكل من الغطاء النباتي والأراضي البور، وزيادة في كل من الغطاء العمراني والصحراوي، هذا بدوره سيؤثر على إحتياجات سكان منطقة الدراسة وكذلك جوده الهواء، بالإضافة إلى إختفاء بحيرة الأفلاج تمامًا وعدم وجود عيون جوفية في منطقة الدراسة، والتي كانت في الماضي تحتوي على أكثر من ١٧ عين جوفية.

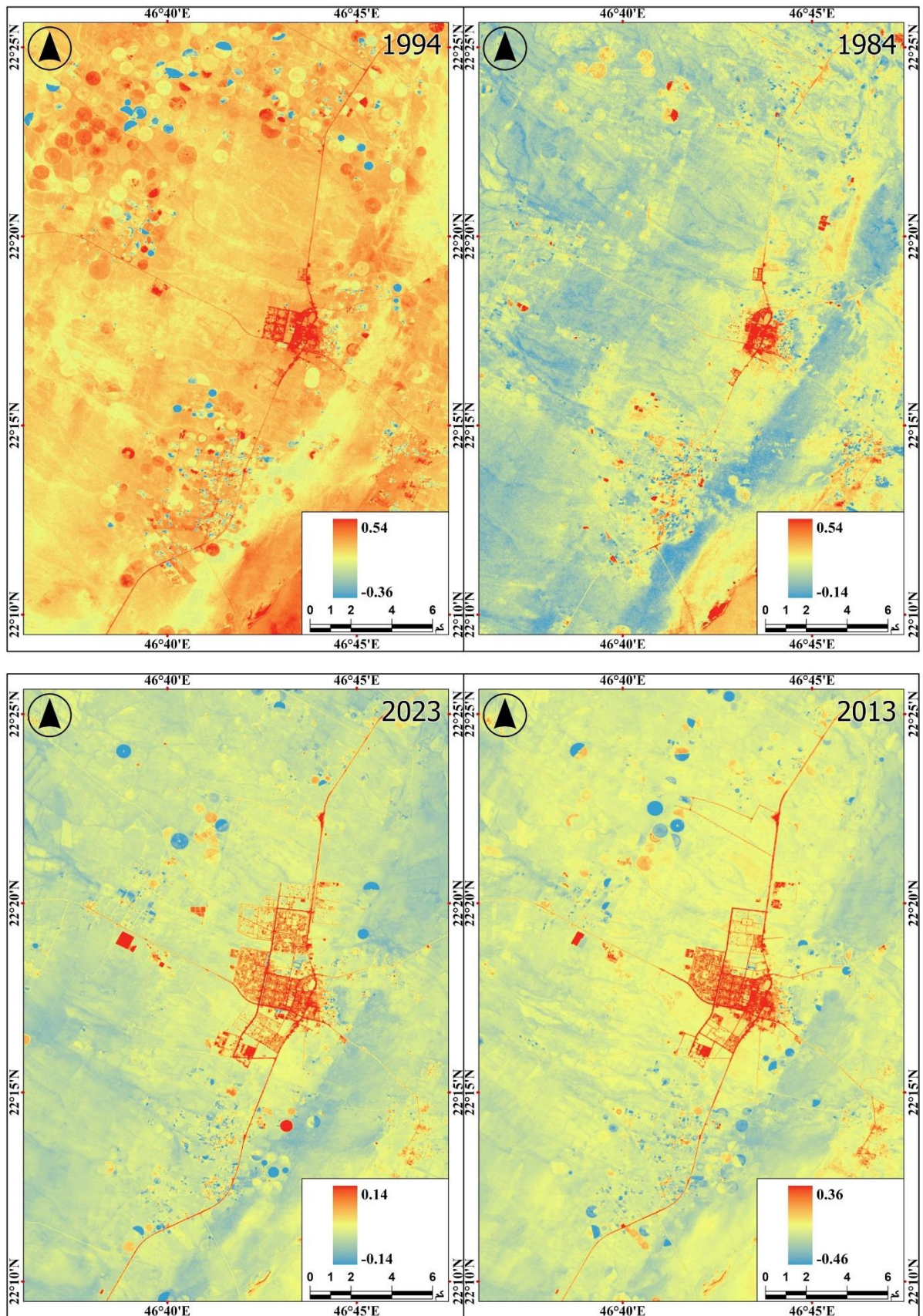
رابعاً: استخدام المؤشرات الطيفية Spectral Indices في التعرف على حالة الغطاءات الأرضية في منطقة الدراسة:

نظراً إلى وجود منطقة الدراسة في بيئة صحراوية تتنوع بها مكوناتها الجيولوجية، الأمر الذي جعل انعكاس معظم الظواهر لطول الموجي قريب جداً ووجود تداخل بينهما، هذا يمكن ملاحظته في عملية التصنيف السابقة، ولكن بفضل المؤشرات الطيفية فيمكن الفصل بين تدخل الغطاءات والتركيز على غطاء واحد فقط. وقد تم الاعتماد على ثلاث مؤشرات طيفية في التعرف على حالة الغطاءات الرئيسية في منطقة الدراسة، وذلك بالنسبة لكل من الغطاء النباتي المتمثل في مؤشر التباين النباتي الطبيعي NDVI، وأيضاً الغطاء العمراني المتمثل في مؤشر فرق المباني الطبيعي NDBI، بالإضافة إلى الغطاء المائي والذي يمكن التعبير عنه بمؤشر فرق المياه الطبيعي NDWI. وذلك تم على مرئيات الدراسة (١٩٨٤، ١٩٩٤، ٢٠١٣، ٢٠٢٣).

١. مؤشر فرق المباني الطبيعي NDBI:

يوضح شكل (٨) التوزيع المكاني لمؤشر فرق المباني الطبيعي لحاضرة الأفلاج والمناطق المحيطة للفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣). ويلاحظ أن هذا المؤشر يبين بوضوح المناطق العمرانية من مباني وطرق وأعمال إنشائية تمت في منطقة الدراسة، وأن قيمة هذا المؤشر لا تعبر عن زيادة أو نقصان العمران، بل على مدى الحالة الخاصة بالغطاء ذاته. فنجد أن قيمة هذا المؤشر زادت في المرئيات الأقدم وهم (١٩٨٤، ١٩٩٤)، وأن أعلى قيمة بلغت ٠,٥٤، وقد يرجع ذلك إلى إختلاف الأقمار الصناعية المستخدمة في الدراسة، وكذلك الدقة الطيفية لها، أيضاً يظهر هذا المؤشر المناطق العمرانية بشكل أوضح من عملية التصنيف سالفه الذكر.

يلاحظ توسع العمران في حاضرة الأفلاج (ليلي) خلال أعوام الدراسة، فنجد تحرك العمراني في عام ١٩٩٤ ناحية الغرب من مدينة ليلي، وظهور بعض القرى المتناثرة حولها، بينما في عام ٢٠١٣ بدأ يظهر التوسع بشكل ملحوظ وكذلك الطرق المرصوفة، والتي لم يسطع التصنيف من إظهارها، فظهرت المدينة وتوسعاتها المخططة، وخاصة في الشمال والجنوب والغرب منها، والذي منع من توسعها في الشرق وجود الحجر الجيري بها، وهو عائق أمام المباني. أما في عام ٢٠١٣ فظهرت المدينة في هيئتها المتواجدة عليها في الحقيقة وكان تم تصويرها على دقة مكانية عالية، وبالتالي ظهور تفاصيل لم تكن موجودة في المرئيات السابقة، لبعض القرى والتوسعات العمرانية الجديدة في جنوب وشمال وغرب المدينة.



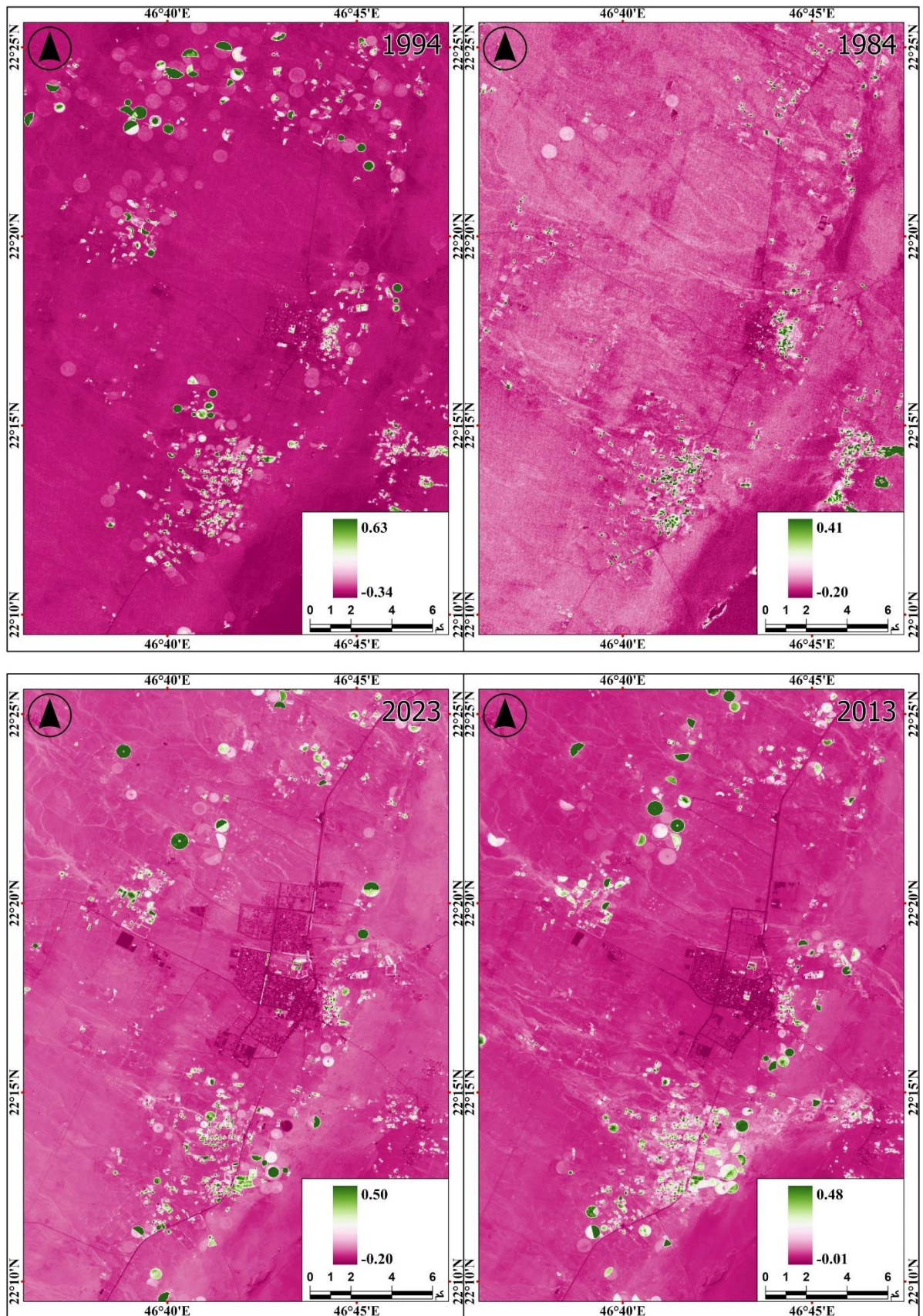
شكل (٨): التوزيع المكاني لمؤشر فرق المباني الطبيعي لحاضرة الأفلاج والمناطق المحيطة للفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣)

كما ذكرنا سابقاً عن وجود تداخل في الغطاءات، وهذا ما يؤكد هذا المؤشر من أن بعض المناطق البور تتشابه في خصائصها مع العمران، وذلك بسبب أن مواد العمران من الرمال والزلط والأسمنت فوجود بعض التربة التي تحتوي على هذا الخليط يمكنها من أنها تعكس نفس القيمة مثل العمران، كذلك يتداخل هذا الغطاء مع الغطاء المائي ويأخذ قيمة متقاربة لذلك، ولكن لا يتداخل العمران مع الغطاء النباتي، حيث يأخذ أقل قيمة لهذا المؤشر، والذي يؤكد على عدم وجود أي مادة مكونه للبناء في هذا الغطاء، فاختلاف الخصائص المعدنية وكذلك الكيميائية لكل غطاء يؤثر في عملية التصنيف وكذلك حالة كل غطاء.

٢. مؤشر التباين النباتي الطبيعي NDVI:

يوضح شكل (٩) التوزيع المكاني لمؤشر التباين النباتي الطبيعي NDVI لحاضرة الأفلاج والمناطق المحيطة للفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣). ويظهر من خلال ذلك الشكل أن حالة النبات في منطقة الدراسة تتباين في أعوام الدراسة، فكلما زاد هذا المؤشر دل على كفاية النبات ويظهر ذلك بوضوح في مرئية ١٩٩٤، حيث بلغت أعلى قيمة لهذا المؤشر نحو ٠,٦٣، وخاصة في المناطق الشمالية من منطقة الدراسة، ولكن من الملاحظ أن هذه النباتات هي مزارع استصلاح زراعي في المناطق الصحراوية، ولكن من المهم أن نلاحظ وجود بعض النباتات الطبيعية في مرئية ١٩٨٤ في الجزء المرسوم عليه دائرة صفراء في شكل (٨)، مما يؤكد على إختقائها تماماً في عام ٢٠٢٣.

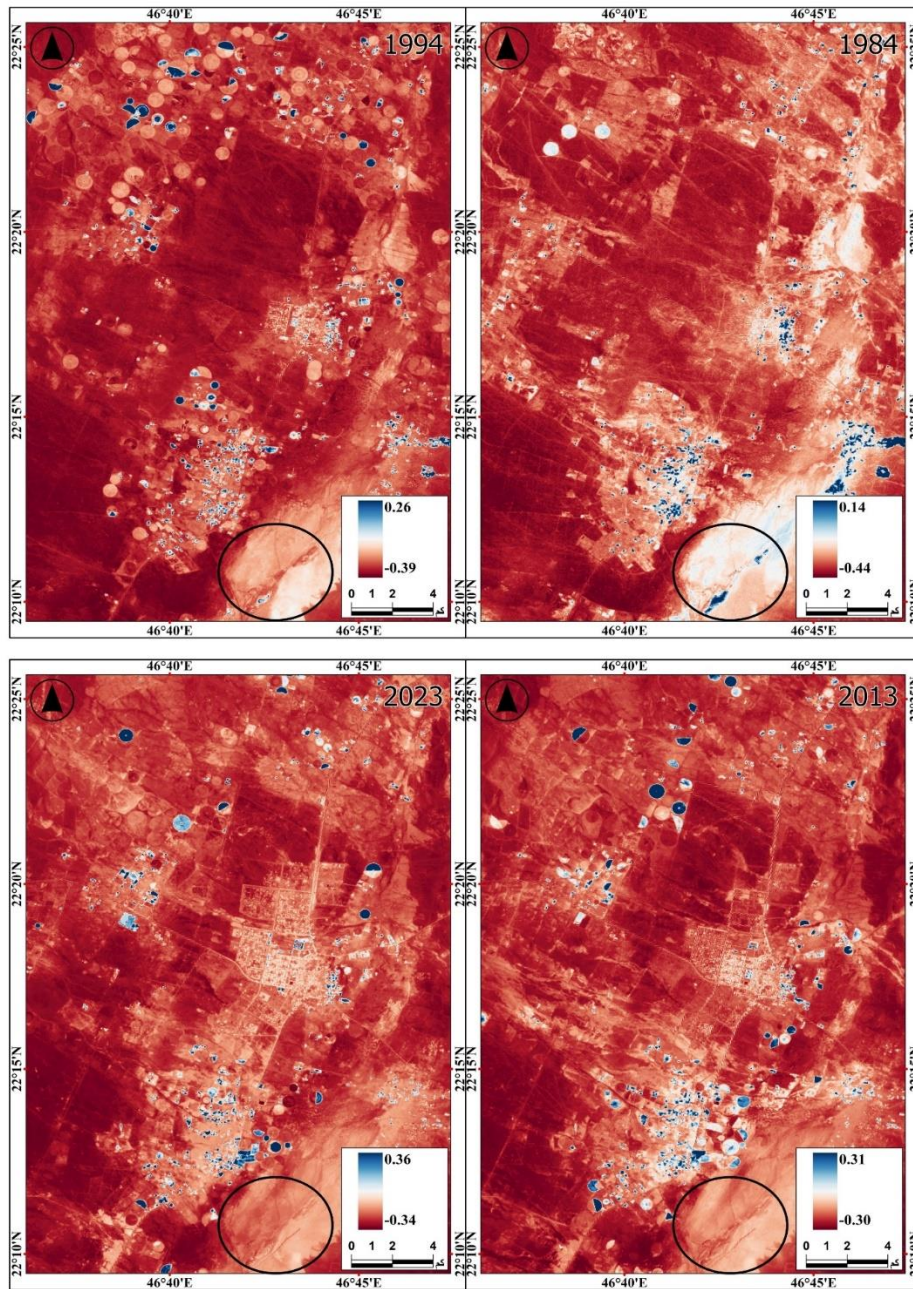
تظهر مرئية ٢٠١٣ بأنها أقل قيمة لمؤشر NDVI حيث بلغت ٠,٤٨، وتتركز في بعض المزارع المستصلحة للزراعة، كما أن قيمة هذا المؤشر زادت مرة أخرى في عام ٢٠٢٣ ووصلت إلى ٠,٥٠، وهي بذلك تتوافق مع زيادة مساحة الغطاء النباتي في عام ٢٠٢٣ عن عام ٢٠١٣، يلاحظ أيضاً أن أقل قيمة لهذا المؤشر في عام ١٩٨٤، حيث كان معظم الغطاء النباتي في ذلك الوقت يتمثل في النبات الطبيعي والمراعي والتي لا دخل للإنسان فيها، حيث تظهر بصورة عشوائية غير منظمة. ولكن مع مرور الوقت بدأت هذه النباتات تتلاشى وتظهر مساحات للغطاء النباتي من صنع الإنسان. وهذا مؤشر خطر على طبيعة الغطاءات في منطقة الدراسة ويجب أخذ الحيطة والتعامل مع مثل هذه المشكلات، حيث إن هذا الغطاء يمثل غذاء سكان حاضرة افلاج والقرى المجاورة لها، فضلا عن جودة الهواء.



شكل (٩): التوزيع المكاني لمؤشر التباين النباتي الطبيعي NDVI لحاضرة الأفلاج والمناطق المحيطة للفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣)

٣. مؤشر فرق المياه الطبيعي NDWI:

يوضح شكل (١٠) التوزيع المكاني لمؤشر فرق المياه الطبيعي NDWI لحاضرة الأفلاج والمناطق المحيطة للفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣). ونجد أنه حدث في هذا الغطاء تغير كبير وذلك باختفاء بحيرة الأفلاج. حيث نجد أن الدائرة السوداء المرسومة حول البحيرة تؤكد على اختفائها في وقتنا الحاضر. وعيون الأفلاج كما يطلق عليها البعض، هي مجموعة من العيون المائية والبحيرات، أدى الانخفاض المستمر لمستوى الماء في هذه العيون نتيجة لزيادة استغلالها ولانتشار الآبار الحديثة المعتمدة على الطبقة المائية المغذية لها إلى توقف تدفق الماء في السواقي والأفلاج واندثار معظمها (النشوان، ٢٠٠٩).



شكل (١٠): التوزيع المكاني لمؤشر فرق المياه الطبيعي NDWI لحاضرة الأفلاج والمناطق المحيطة للفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣)

تطبيقات الاستشعار من بعد للكشف عن التغير في الغطاءات الأرضية لحاضرة الأفلاج (مدينة ليلى) بمنطقة الرياض. د. فادن حامد علي نحاس

كشفت مؤشر NDWI عن اختفاء عيون الأفلاج والتي كان يبلغ عددها ١٧ عينًا وكن أهمها: «عين الرأى»، و«عين أم هيب»، و«عين الرويس»، و«عين الباطن»، و«عين أم برج»، و«عين الشقيبات»، و«عين أم البقر»، و«عين المليحة» (الفوزان، ١٩٩٩). ونجد أن في المرثيات القديمة وهي (١٩٨٤، ١٩٩٤) وجود العيون إلا أنها تناقصت بشكل كبير في عام ١٩٩٤. أما في المرثيات الحديثة (٢٠١٣، ٢٠٢٣) فالبحيرة اندثرت وأصبحت المنطقة صحراء خاوية، أثر ذلك بكل تأكيد على المساحة المنزرعة في منطقة الدراسة، فبعد أن كانت هذه العيون تروي ١١٥ هكتار أصبحت الآن بلا ماء وانخفض مستوى المياه الجوفية فيها (النشوان، ١٩٨٨). كما كانت تُستخدم في الترويح السياحي وزيادة العديد من سكان المنطقة لها كما توضحه صورة (١).



المصدر: <https://x.com/MADHlalmussawar/status/1264201846241087489?mx=2>

صور (١): بحيرة الأفلاج كيف كانت وكيف أصبحت من عام (١٩٨٠-٢٠٠٠)

أدى الجفاف الذي حل بعين (أم هيب) العين السابعة عشرة من عيون الأفلاج إلى تلاشي أكبر بحيرة شهدتها الجزيرة العربية منذ أكثر من ٣٥٠٠٠ سنة وتمتد هذه البحيرة بطول (٣٥ كم) من بلدة البديع إلى بلدة السيج وعرض (٥ كيلو مترات) بمساحة إجمالية تقدر بنحو (١٧٥ كيلو متراً مربعاً). وأثبتت الدراسات الجيولوجية المتأخرة من قبل علماء امريكيين وبريطانيين وسعوديين والتي أجريت على الرواسب المحيطة بالبحيرة أنها قد انحسرت بسبب المتغيرات التي سادت مناخ شبه الجزيرة العربية بعد العصر الجليدي الأخير فأصبحت هذه البحيرة عبارة عن عيون متفرقة بلغت (١٧) عيناً بفعل اختفاء الرطوبة في عصر (البليستوسين) المتأخر وعصر (الهولوسين) الأول قبل (٣٥٠٠٠ إلى ١٧٠٠٠) سنة وحوالي (٩٠٠٠ إلى ٦٠٠٠). هذا وبدوره جعل عيون الأفلاج يحل محلها الجفاف وقد كانت تلك الرطوبة تساعد على بقاء البحيرة مليئة بالمياه. وشكلت تلك البحيرة منتجاً سياحياً يقصده السياح من الدول العربية والأوروبية والأمريكية مما جعل السياحة في الأفلاج مطلباً ملحاً عند كثير من المواطنين لاسيما سكان مدينة الرياض. كما أن أنظمة القنوات المائية في عيون الأفلاج تعد أضخم أنظمة القنوات في العالم القديم (جريدة الرياض، ٢٠٠٥).

الختامة:

يمكن من خلال العرض السابق ودراسة تطبيقات الاستشعار من بعد للكشف عن التغير للغطاءات الأرضية في حاضرة الأفلاج بمنطقة الرياض للفترة (١٩٨٤-٢٠٢٣)، إلى التوصل إلى عدة نتائج وبعض التوصيات في ضوء هذه الدراسة التطبيقية:

١. النتائج:

خُصت الدراسة إلى مجموعة من النتائج، أهمها:

- أظهر تحليل تصنيف الغطاءات الأرضية أن حاضرة الأفلاج والمناطق المحيطة لها يوجد بها خمسة غطاءات وهم (العمراني، الصحراوي، أراضي بور، النباتي، المائي).
- بلغ إجمالي مساحة منطقة الدراسة ٨٧٣,٠٣ كم، وأظهر التصنيف عن وجود تغير في هذه الغطاءات وتباين كبير في منطقة الدراسة. بالإضافة إلى حدوث تغير كبير في جميع الغطاءات الأرضية لمرئيات أعوام (١٩٨٤، ١٩٩٤، ٢٠١٣، ٢٠٢٣)، واستحوذ الغطاء الصحراوي على نسبة كبيرة من منطقة الدراسة نظراً لوقوعها في بيئة صحراوية تعاني من مشكلات عديدة خاصة مواردها المائية.
- برز الغطاء العمراني من بين الغطاءات، وشهد زيادة ملحوظة خلال أعوام الدراسة بشكل مستمر، فبلغت مساحته نحو ٧.٢٧ كم^٢ في بداية الدراسة لعام ١٩٨٤، بينما في عام ١٩٩٤ زاد العمران

ووصل إلى ٩,٥٠ كم^٢، ثم في عام ٢٠١٣ زاد إلى ١٢,٠٣ كم^٢، ولكن في عام ٢٠٢٣ زادت مساحته بصورة كبيرة وبلغت ٢١,٤٠ كم^٢ وشكلت نسبة ٢,٤٥٪ من جملة مساحة الغطاءات في منطقة الدراسة.

- بدأ الغطاء النباتي في عام ١٩٨٤ بمساحة بلغت ٥,٣٥ كم^٢، وهي أقل نسبة في أعوام الدراسة. بينما في عام ١٩٩٤ زادت المساحة وبلغت ٧,١٤ كم^٢، ولكن في عام ٢٠١٣ زادت مساحة الغطاء النباتي بصورة ملحوظة وبلغت مساحته ١٢,٤١ كم^٢، شكلت نسبة بلغت ١,٤٢٪ وكانت أعلى من نسبة الغطاء العمراني خلال هذا العام، وهو العام الوحيد الذي شهد زيادة في الغطاء النباتي عن الغطاء العمراني. ولكن في نهاية الدراسة حدث نقص لمساحة الغطاء النباتي وبلغت ١٠,٦٢ كم^٢ خلال عام ٢٠٢٣، بنسبة ١,٢٢٪.

- يلاحظ وجود تباين في دقة تصنيف الغطاءات الأرضية للمريثيات المستخدمة في الدراسة.
- شهد الغطاء العمراني أعلى مقدار خطأ في المريثيات الأقدم (١٩٨٤، ١٩٩٤)، وقد بلغا على الترتيب (٢٣,٨٪، ٢٧,٢٪). بينما أقل الغطاءات فهو الغطاء الصحراوي في مريثة ١٩٨٤، وبلغ ٥,٤٪، بينما في مريثة ١٩٩٤ فهو الغطاء النباتي بمقدار بلغ ٣,٨٪.

- بلغا متوسط الدقة في المريثتين الأحدث ٩١,٣٪ لمريثة ٢٠١٣، و٩٣,٧٪ لمريثة ٢٠٢٣، وهما بذلك أدق من المريثيات الأقدم. كما يظهر أن كل من الغطاء العمراني والمائي هم أقل دقة في مريثة ٢٠١٣، ويزد مقدار الخطأ عن ١٠٪، بينما الغطاء الصحراوي والنباتي فهما أكثر دقة لمريثة عام ٢٠١٣، وبلغا على الترتيب (٩٤,٦٪، ٩٢,٥٪).

- كشف مؤشر فرق المباني الطبيعي NDBI عن توسع العمران في حاضرة الأفلاج (ليلى) خلال أعوام الدراسة، فوجد تحرك العمراني في عام ١٩٩٤ ناحية الغرب من مدينة ليلى، وظهور بعض القرى المتناثرة حولها، بينما في عام ٢٠١٣ بدأ يظهر التوسع بشكل ملحوظ وكذلك الطرق المرصوفة. أما في عام ٢٠٢٣ فظهرت المدينة في هيئتها المتواجدة عليها في الحقيقة وكان تم تصويرها على دقة مكانية عالية، وبالتالي ظهور تفاصيل لم تكن موجودة في المريثيات السابقة، لبعض القرى والتوسعات العمرانية الجديدة في جنوب وشمال وغرب المدينة.

- تظهر مريثة ٢٠١٣ بأنها أقل قيمة لمؤشر NDVI حيث بلغت ٠,٤٨، وتتركز في بعض المزارع المستصلحة للزراعة، كما أن قيمة هذا المؤشر زادت مرة أخرى في عام ٢٠٢٣ ووصلت إلى ٠,٥٠، وهي بذلك تتوافق مع زيادة مساحة الغطاء النباتي في عام ٢٠٢٣ عن عام ٢٠١٣. يلاحظ أيضًا أن أقل قيمة لهذا المؤشر في عام ١٩٨٤، حيث كان معظم الغطاء النباتي في ذلك الوقت يتمثل في النبات الطبيعي والمراعي والتي لا دخل للإنسان فيها، حيث تظهر بصورة عشوائية غير منظمة،

ولكن مع مرور الوقت بدأت هذه النباتات تتلاشى وتظهر مساحات للغطاء النباتي من صنع الإنسان، وهذا مؤشر خطر على طبيعة الغطاءات في منطقة الدراسة ويجب أخذ الحيطة والتعامل مع مثل هذه المشكلات، حيث إن هذا الغطاء يمثل غذاء سكان حاضرة الأفلاج والقرى المجاورة لها، فضلا عن جودة الهواء.

- كشف مؤشر NDWI عن اختفاء عيون الأفلاج والتي كان يبلغ عددها ١٧ عيناً، وهذا مؤشر خطر للموارد المائية بمنطقة الدراسة، وله تأثير كبير على الزراعة. فظهرت هذه البحيرة في المرئيات القديمة (١٩٨٤، ١٩٩٤)، أما في المرئيات الحديثة (٢٠١٣، ٢٠٢٣) فالبحيرة اندثرت وأصبحت المنطقة صحراء خاوية، أثر ذلك بكل تأكيد على المساحة المنزرعة في منطقة الدراسة، فبعد أن كانت هذه العيون تروي ١١٥ هكتار أصبحت الآن بلا ماء وانخفض مستوى المياه الجوفية فيها.

٢. التوصيات:

بعد عرض النتائج لهذه الدراسة التطبيقية، يمكن اقتراح عدد من التوصيات للجهات المعنية، أهمها:

- ضرورة الإهتمام بمستوى المياه الجوفية بالمنطقة، نظراً لوجود العديد من العيون وأن المنطقة مهيئة لذلك فطبيعتها حجر جيري يساعد على تخزين المياه وبالتالي زيادة وجود العديد من العيون.
- يمكن العمل على إدارة المياه الجوفية بمنطقة الأفلاج عن طريق سن القوانين واعتبار هذه المنطقة محمية طبيعية من قبل المملكة العربية السعودية.
- العمل على زيادة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، والتوسع في استصلاح الأراضي الصحراوية واستغلال مواسم الأمطار في عمل خزانات طبيعية تساعد على زراعة مساحة كبيرة من المنطقة والحفاظ على النبات الطبيعي في هذه المنطقة.
- يجب على صانعي القرار بمتابعة الغطاءات الأرضية، وخاصة الغطاء النباتي والمائي، وذلك بالاعتماد على تطبيقات الاستشعار من بعد.

المصادر والمراجع:

١. المصادر:

- هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS، [/https://earthexplorer.usgs.gov](https://earthexplorer.usgs.gov)
- تطبيق ويب جوجل إرث [/https://earth.google.com/web](https://earth.google.com/web)
- خصائص القمر الصناعي landsat5-8-9، <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-satellite-missions>.

٢. المراجع:

أ. المراجع باللغة العربية:

- الأحمدى، أمل جزاء منصور، ونحاس، فاتن حامد (٢٠٢١): كشف التغير في الغطاء الأرضي في مدينة المدينة المنورة من عام ١٩٩٠ إلى ٢٠٢٠، المجلة العربية للدراسات الجغرافية، ٩٤، ١٨٠١. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1126583>
- الحسن، عصمت محمد (٢٠٠٧): معالجة الصور الرقمية في الاستشعار من بعد، مركز البحوث، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، السعودية.
- الحماد، صالح بن حماد (٢٠٢٣): تحليل خريطة التغير في أنماط الغطاء الأرضي في محافظة الشامية "المملكة العربية السعودية"، مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية، مج ٣٩، ع ٣٩٤، ٢٢٢.١٨٣، مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1405154>
- الرحيلي، خالد بن مسلم بن معوض (٢٠٠٣): اكتشاف ومراقبة التغير الزراعي شرقي منطقة تبوك بالمملكة العربية السعودية باستخدام تقنية الاستشعار من بعد، رسائل جغرافية، الرسالة ٢٨٣، ٢٠٠٣، مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/228983>
- زريقات، دلال علي سليمان، والحسبان، يسرا. (٢٠١٢). كشف التغير في الغطاء الأرضي باستخدام الصور الجوية ونظم المعلومات الجغرافية في قضاء برما - جرش. المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية، مج ٥، ع ١، ١٤٠.١، مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/385576>
- شجاع، عواطف بنت الشريف (٢٠٠٩): دراسة التغير في مؤشر الاخضرار النباتي في شرق مدينة جدة باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد. المجلة الجغرافية العربية، س ٤١، ع ٥٣، ١٤٨.٩٧، مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/876833>

- عبد الفتاح، السيد عبد الفتاح (٢٠١٧): تقييم طرق تصنيف المرئيات الفضائية لدراسة التغير العمراني بمحافظة البحيرة (نماذج تطبيقية لبناء نظام معلومات جغرافي)، رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
- علوان، علاء الدين عبد الخالق (٢٠١١)، مؤشرات تحليل التغير في مساحات الأراضي الزراعية: دراسة حالة لقرية البرامون بمحافظة الدقهلية. المجلة الجغرافية العربية، س٤٣، ع٥٧٤، ٢٤.١، مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/877004>.
- العميري، أحمد بن سالم بن حارب، فضة، إياد حكم رضا، والبلوشي، علي بن سعيد بن سالم (٢٠٢٠): رصد التغيرات في مساحة الغطاء النباتي في ولاية نزوي بسلطنة عمان باستخدام المؤشرات النباتية الطيفية خلال الفترة من ٢٠٠١ إلى ٢٠١٨ (رسالة ماجستير غير منشورة)، جامعة السلطان قابوس، مسقط. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1174183>.
- غيث، دعاء اسحاق يعقوب (٢٠١٠): تقييم تدهور الأراضي في منطقة قضاء الضليل باستخدام المرئيات الفضائية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الدراسات العليا، الجامعة الأردنية.
- فوزان، عبد الرحمن الفوزان (١٩٩٩): منطقة الرياض دراسة تاريخية وجغرافية واجتماعية، الجزء السادس، النشاط الاقتصادي في منطقة الرياض، إمارة منطقة الرياض.
- الكيال، نوف علي يوسف، وعبيد، محمود عبد العزيز أبو العينين (٢٠١٨): امكانات التنمية في منطقة الأفلاج بالقطاع الجنوبي لجبال طويق. مجلة كلية الآداب، ع٩٢٤، ٨١٣.٧٣٩، مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1125080>.
- مقبل، بهاء فؤاد مبروك سليمان، وقطوش، محمد ربيع فرج (٢٠٢٢): التحليل الجغرافي للمؤشرات الطيفية في تغير مساحة الأراضي الزراعية في قرى الوحدة المحلية بأبو غالب، محافظة الجيزة خلال الفترة ١٩٨٦-٢٠٢١م باستخدام الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية الآداب، مج١٤، ع٢٤، ١٨٥٨.١٩٢٥، مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1393917>.
- النشوان، عبد الرحمن بن عبد العزيز (١٩٨٨م): عيون الأفلاج، مجلة القافلة، المجلد ٣٧، العدد ٤، الظهران - السعودية (شركة أرامكو).
- النشوان، عبد الرحمن بن عبد العزيز (٢٠٠٩م): جفاف العيون في منطقة الرياض "دراسة في حماية البيئة والموارد المائية"، العدد الثاني ربيع الآخر ١٤٣٣هـ، السنة الثامنة والثلاثون، الرياض، السعودية (مجلة دار الملك عبد العزيز).

ب. المراجع الأجنبية.

- Arkebauer, T. J. (2005). *Leaf radiative properties and the leaf energy budget. Micrometeorology in Agricultural Systems*, 47, 93-103.
- Bin Abdul Rahim, H. R., Bin Lokman, M. Q., Harun, S. W., Hornyak, G. L., Sterckx, K., Mohammed, W. S., & Dutta, J. (2016). *Applied light-side coupling with optimized spiral-patterned zinc oxide nanorod coatings for multiple optical channel alcohol vapor sensing. Journal of Nanophotonics*, 10(3), 036009-036009.
- Foley, W. J., McIlwee, A., Lawler, I., Aragonés, L., Woolnough, A. P., & Berding, N. (1998). *Ecological applications of near infrared reflectance spectroscopy—a tool for rapid, cost-effective prediction of the composition of plant and animal tissues and aspects of animal performance. Oecologia*, 116(3), 293-305.
- Guha, S., Govil, H., & Diwan, P. (2019). *Analytical study of seasonal variability in land surface temperature with normalized difference vegetation index, normalized difference water index, normalized difference built-up index, and normalized multiband drought index. Journal of Applied Remote Sensing*, 13(2), 024518-024518.
- Ji, L., Zhang, L., & Wylie, B. (2009). *Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index. Photogrammetric engineering & remote sensing*, 75(11), 1307-1317.
- McFeeters, S. K. (1996). *The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432.
- Montero, D., Aybar, C., Mahecha, M. D., Martinuzzi, F., Söchtig, M., & Wieneke, S. (2023). *A standardized catalogue of spectral indices to advance the use of remote sensing in Earth system research. Scientific Data*, 10(1), 1-20.
- Mouat, D. A., Mahin, G. G., & Lancaster, J. (1993). *Remote sensing techniques in the analysis of change detection. Geocarto international*, 8(2), 39-50.
- Topaloğlu, R. H., Sertel, E., & Musaoğlu, N. (2016). *Assessment of classification accuracies of Sentinel-2 and Landsat-8 data for land cover/use mapping. The International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 41, 1055-1059.

- Xue, J., & Su, B. (2017). *Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. Journal of sensors, 2017.*
- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). *Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. International journal of remote sensing, 24(3), 583-594.*
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). *The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. Precision agriculture, 13, 693-712.*
- Zreqat, D., & Alhusban, Y. (2012). *Land Cover Changing Detection by GIS and Air Photographs: Bourma*, Sub-district of Jerash. Jordan Journal of Social Sciences, 5(1).*

ج. المواقع الإلكترونية (Internet):

- جريدة الرياض، <https://www.alriyadh.com/82365>.
- https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B9%D9%8A%D9%88%D9%86_%D8%A7%D9%84%D8%A3%D9%81%D9%84%D8%A7%D8%AC.

Remote Sensing Applications to Detect Land Cover Change in Al-Aflaj (Laila) Metropolis in the Riyadh Region for the Period (1984-2023)

Dr. Faten Hamed Ali Nahas (*)

Abstract:

The city of Layla and its surrounding areas are experiencing significant changes in land cover, particularly in vegetation and water bodies, due to the abundance of groundwater springs. In light of this, the study aims to apply remote sensing techniques to investigate land cover changes in Layla, the capital of the Al-Aflaj Governorate in the Riyadh region, and its surrounding areas. This will be achieved by classifying satellite imagery and using spectral indices, based on data from the Landsat-5 TM satellite for the years 1984 and 1994, and the Landsat-8-9 OLI satellite for the years 2013 and 2023, to identify the changes that have occurred in the area. Additionally, the study aims to analyze the state of vegetation indices (NDVI), built-up areas (NDBI), and water bodies (NDWI), as well as assess the classification accuracy. The results revealed the presence of five types of land cover: urban, desert, barren land, vegetation, and water bodies. The urban cover showed a significant and continuous increase throughout the study years, expanding from approximately 7.27 km² in 1984 to 21.40 km² in 2023, representing 2.45% of the total area. Meanwhile, the vegetation cover started at 5.35 km² in 1984, the lowest percentage during the study period, and grew to 10.62 km² in 2023, representing 1.22%. The NDWI index revealed the disappearance of 17 springs in Al-Aflaj, which indicates a decrease in groundwater levels in the study area. This is a critical indicator of the water resources status, affecting both vegetation cover and the local population. This study provides a model for the role of remote sensing applications in identifying, monitoring, and tracking land cover changes over nearly forty years.

Key words: *Remote Sensing, Spectral Indices, Classification Accuracy, Al-Aflaj Springs, Kingdom of Saudi Arabia.*

(*) Assistant Professor of Remote Sensing, Department of Geography, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia.