

"رصد وكشف التغيرات للأراضي الرطبة في وادي حلي قبل وبعد انشاء السد(2001 - 2021)م"

إعداد: الباحثة:

مها مثير موسى العتيبي

ماجستير، نظم معلومات جغرافية، جامعة الملك سعود، الرياض

إشراف:

الدكتورة: سلافة صلاح الدين صافي

جامعة الملك سعود، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، قسم الجغرافيا، الرياض

الفصل الدراسي الأول

1443هـ - 2021م



### الملخص:

نجد في المملكة العربية السعودية العديد من السدود ذات الأهمية الكبيرة، لذا هدفت الدراسة الى رصد وتقييم علاقة انشاء السد بالتغيرات في الغطاء الأرضي لوائي حلي باستخدام نهج الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. تم الحصول على صور (Landsat TM) لعام 2001م، وصورة Landsat ETM+ لعام 2011م، وصورة OLI-TIRS لعام 2021 من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS). تم استخدام مؤشر الغطاء النباتي للاختلاف الطبيعي NDVI ومؤشر فرق الماء الطبيعي NDWI لتقييم اتجاه التطور والتغير في المنطقة. وأشارت النتائج الى انه أدى ظهور سد وادي حلي الى نشاط زراعي كثيف واتساع مساحة بحيرة السد لكن شهدت المنطقة انخفاض وتلاشي لمساحات الأراضي الرطبة. حيث كان معدل الفقد يساوي 38.74 كم<sup>2</sup> من مساحة الأرض الرطبة. بينما كانت مساحة الزيادة في مناطق الغطاء النباتي والسطح المائي ما يقارب 16.36 كم<sup>2</sup>، 5.89 كم<sup>2</sup> بين عامي 2001 و2021م على التوالي. كما تم الكشف عن المباني السكنية ولوحظ ارتفاع نسبتها من 0.3% الى 0.7% بين عامي 2001 و2021م على التوالي. حققت دقة التصنيف في الدراسة الحد الموصى به للدقة. ولذلك تقترح الدراسة اهتماماً من قبل صانعي القرار فيما يتعلق بالحفاظ على الموارد المتبقية للأراضي الرطبة، واتخاذ الإجراءات اللازمة لتقليل المخاطر البيئية وتعزيز الاستخدام المستدام للجسم المائي والحفاظ على أنواع التنوع البيولوجي.

**الكلمات المفتاحية:** الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، التغير البيئي، تدهور الأراضي الرطبة، آثار السد

### المقدمة:

منذ العصور القديمة وحتى الوقت الحاضر، تم استخدام البحيرات والخزانات وحتى تشييدها من أجل العديد من الوظائف مثل التحكم في الفيضانات، والتنوع البيولوجي، وتخفيف تغير المناخ، وتنظيم تدفق الأنهار، وإمدادات الطاقة الكهرومائية، وتنقية المياه وتخزينها (Ho & Goethals, 2019)، وبسبب ذلك كان دور خزانات المياه مهم في إدارة المياه والتنمية الاجتماعية والنمو الاقتصادي. هذه الخزانات هي عبارة عن مسطحات مائية تكونت عن طريق السدود الاصطناعية، فأنتجت وخلقت العديد من الأراضي الرطبة لهذه الخزانات حيث تنتشر في جميع انحاء العالم بين الأنهار والبحيرات لاسيما في المناطق التي تقل بها البحيرات الطبيعية (Qiuqi & Boping, 2001) (Xu, Qiao, Wu, & Cao, 2019) لتمثل جزءاً رئيسياً من تنمية الموارد المائية، ومن الضروري دراسة وإدارة هذه الموارد المائية لدورها المهم في تحقيق تنمية مستدامة للمجتمعات البشرية والحفاظ على وظائف النظم البيئية وضمان النمو الاقتصادي.

ومن اجل تنمية مستدامة في المناطق الشبه قاحلة يكون سطح الماء هو نوعية المياه الأولية التي تقاس، فرصد ديناميكيات المياه السطحية مهم جداً للصحة البيئية والتنمية الاقتصادية المستدامة، بالإضافة إلى ذلك، تعد المعلومات الدقيقة حول بيانات الغطاء الأرضي ضرورية للتخطيط وإدارة موارد الأراضي واتخاذ القرار (Ahmed, Selim, & El-Raey, 2018)، فمن المهم مراقبة الأراضي الرطبة حول العالم وحمايتها من أجل الحصول على أقصى فائدة منها (Lu, Wu, Yan, & Wang, 2011). حيث تلعب الأراضي الرطبة دور رئيسي في العديد من الخدمات القيمة، مثل التخفيف من التلوث وتوفير موائل للحياة البرية وتنظيم المناخ والحفاظ على التنوع البيولوجي.

تعرف الأراضي الرطبة حسب تعريف رامسار 1971 في منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة UNESCO انها مناطق من المستنقعات، أو السبخات، أو الأرض الخث، أو المياه، سواء كانت طبيعية أو اصطناعية، دائمة أو مؤقتة، ذات مياه راكدة أو متدفقة، عذبة أو أجاج أو مالحة، تتضمن مناطق بحرية لا يتجاوز عمق مياهها، في مواقع انحسار المياه ستة أمتار. (UNESCO)

تتأثر الأراضي الرطبة بالمياه والرواسب حيث تلعب دوراً مهماً في تكوينها وصيانتها عند مصبات الأنهار (Shengnan, Wang, Deng, Hu, & Hu, 2009) وتتمثل التهديدات الأكثر شيوعاً لها في ندرة المياه وتغير المناخ وتغير التنوع البيولوجي والأنشطة البشرية (Chatterjee, Bandyopadhyay, Ghosh, & Kar, 2015). التغييرات في الغطاء الأرضي للأراضي الرطبة تحدث بسبب التفاعل بين العمليات الطبيعية والتي يقودها الإنسان (Lambin, Geist, & Lepers, 2003) وهذه التغييرات بدورها تعرض المناطق الرطبة لتدهور شديد حيث ان فقدان الأراضي الرطبة يسير بصورة أسرع بكثير من غيرها من النظم الايكولوجية، مما يؤثر سلباً على الإنتاج الغذائي والصحة البشرية والتنمية الاقتصادية ومن الممكن أيضاً ان يزيد الصراع المجتمعي.

على الرغم من ان المملكة العربية السعودية من الأراضي الجافة فإننا نجد بها كثيراً من المواقع التي تظهر فيها جمع من العوامل الجيولوجية والتضاريسية والمناخية والمائية كي تشكل في النهاية أراض رطبة موسمية او دائمة (الوليبي، 2003) كوادي حلي في منطقة القنفذة التي تعتبر منطقة جذب واعاشة لحشد شديد التنوع من النباتات والحيوانات، فبعض الأراضي الرطبة ذات أهمية وطنية ودولية باعتبارها مواقع للتكاثر والراحة بالنسبة للطيور المقيمة والمهاجرة. (Child & Grainger, 1990) ولمنع الخسائر والتدهور البيئي هناك حاجة الى فهم أفضل ورصد لتغيرات وتطور سلوك الأراضي الرطبة في منطقة وادي حلي من اجل الاستمرار في لعب دور هذه الأراضي الرطبة بشكل مستدام، حيث يعد التحديد السريع والدقيق أمراً أساسياً لتقييم مواردها وإدارتها (Xiao, Wdowinski, & Wu, 2014)

توفر معالجة الصور الرقمية لبيانات الأقمار الصناعية أدوات لتحليل الصور من خلال مؤشرات وخوارزميات رياضية مختلفة، تستخدم مؤشرات الغطاء النباتي كمؤشر لتقدير خضرة النباتات ضمن بيانات معينة. يتم حالياً استخدام أكثر من 100 مؤشر للغطاء النباتي خاصة NDVI (مؤشر الغطاء النباتي للاختلاف المعياري) و NDWI (مؤشر ماء الفروق الطبيعي) وهما الأكثر شيوعاً وتطبيقاً عالمياً في أبحاث البيئة وتغير المناخ (Xue & Su, 2017)

استخدمت العديد من دراسات البيانات المستشعرة عن بعد كلا من مؤشرات المياه والنبات للكشف عن المياه في المناطق الحضرية والريفية والساحلية والداخلية (El-Asmar, Hereher, & El Kafrawy, 2013)، وتغير الأراضي الرطبة (Haque & Basak, 2017)، (Orimoloye, Kalumba, Mazinyo, & Werner, 2020)، (Li, Li, Lu, Zhang, & Wu, 2019) ووجدوا جميعاً ان هناك تغييرات كبيرة في قيم NDVI و NDWI خلال فترات دراستهم.

تم اقتراح NDWI لأول مرة في منتصف التسعينيات بواسطة (McFEETERS, 1996) حيث أكد المؤلف أن هذه الطريقة تستخدم أطوال موجات الضوء الأخضر لتعظيم انعكاس ميزات المياه وتستخدم الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR)، حيث يبلغ امتصاص الماء ذروته ويسجل أعلى انعكاس التربة والنباتات الأرضية. في الأشعة تحت الحمراء القريبة، تكون الإشارة بين العناصر المائية وغير المائية أكثر وضوحاً. باستخدام هذا النهج يكون لخصائص المياه قيم موجبة بينما تميل التربة والنباتات الأرضية إلى أن تكون لها قيم سلبية (McFEETERS, 1996).

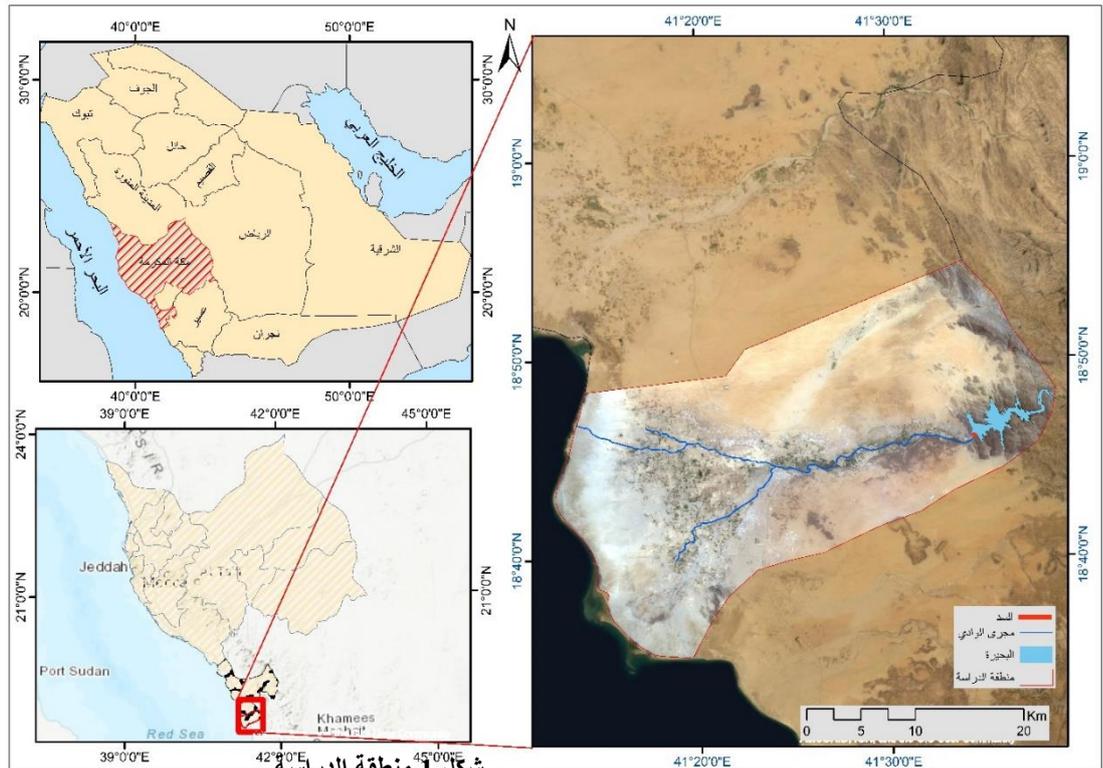
الهدف:

لذلك هدفت الدراسة الى رصد تغيرات الغطاء الأرضي لأراضي وادي حلي الرطبة وتقييم علاقة السد بهذه التغيرات والتطورات باستخدام صور الأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية، للحماية من الآثار والعواقب السلبية لتغيرات الغطاء الأرضي وبالتالي تحقيق تنمية مستدامة.

### منطقة الدراسة:

يقع وادي حلي في مركز حلي جنوب محافظة القنفذة جنوب منطقة مكة المكرمة غرب المملكة العربية السعودية، ويعتبر أهم أودية تهامة وأحد كبر الأودية بالجزيرة العربية حيث يبلغ إجمالي طوله 160 كيلومتر ومتوسط انحداره 17,5 م/كم (هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، 2012)

ويقع الوادي بين خطي طول شرقاً  $41^{\circ}38'45.52''$  -  $41^{\circ}12'30.16''$  وخطي عرض شمالاً  $18^{\circ}34'53.87''$  -  $18^{\circ}54'52.81''$ ، ضمن السهل الساحلي الشرقي للبحر الأحمر كما يوضح الشكل 1.



شكل 1. منطقة الدراسة

أنشئ في هذا الوادي عام 2010 سد يحمل اسم الوادي، ويعد من أضخم واهم المشاريع التي قامت بتنفيذها حكومة المملكة العربية السعودية من اجل تأمين الماء للمنطقة، ويعد من أكبر السدود من حيث حجمه وطاقته التخزينية للماء إذ يبلغ ارتفاعه ما يقدر بخمسة وتسعين متراً، أما الطاقة التخزينية فيه فإنها تبلغ مئتين وخمسين مليون متر مكعب.

ينحدر منبع وادي حلي من جبل السودة (منطقة عسير) باتجاه الغرب، منطقة عسير الجبلية تتلقى أعلى متوسط سنوي لهطول الأمطار في المملكة العربية السعودية (Alshehri, et al., 2020) وهذا ما ميز الوادي وجعله دائم الجريان وغزير المياه حيث تتدفق مياه الامطار من سلسلة هذه المرتفعات الجبلية الى الأراضي المنخفضة في السهل الساحلي، وتخترق كمية كبيرة من مياه الجريان السطحي

الغطاء الرسوبي وتتراكم في مناطق الحوض (Sulaiman, Elawadi, & Mogren, 2018) سهل تهامة مغطى بالرواسب الرباعية ورواسب الأودية ورواسب إيوليان، والتي يمكن أن تحفظ الأمطار المتساقطة ومياه الفيضانات (Abdelkareem, Bamousa, Hamimi, & Kamal El-Din, 2020) يصف (Prinz, 1984) الرواسب السطحية على طول سهل ساحل البحر الأحمر: يتواجد الطمي والطين على طول الأجزاء السفلية من الأودية وتتواجد رواسب السبخة على طول الساحل، وتمتد حتى 3 كيلومترات وهي بنية اللون إلى الطمي الأبيض، تتميز البيئة بخصائصها الرسوبية والأنثولوجية المميزة. لذلك تم اختيار هذه المنطقة لأهميتها الكبيرة في الحفاظ على التنوع البيولوجي الناتج عن وجود موائل فريدة مختلفة (موائل ساحلية رطبة، سهول رملية، صحراء داخلية، شبكات الوديان الغرينية، سفوح صخرية، وأنواع نباتية).

#### الدراسات السابقة:

- ❖ ناقش (Tilahun & Teferie, 2015) في بحثهم بعنوان (Accuracy Assessment of Land Use Land Cover Classification using Google Earth) باستخدام صور لاندسات مصنفة تصنيف مراقب، وبعد التصنيف تم انشاء 100 نقطة عشوائية في ArcGIS وتحويلها الى KML لفتحها في Google Earth حيث يتم التحقق من قيمة كل نقطة. واطهرت النتيجة أن الدقة الإجمالية للغطاء الأرضي لعام 2014 هي 82% وأن Kappa (K) هي 77% وهو أمر مقبول في كل من الدقة الإجمالية ودقة كايا.
- ❖ وفي دراسة (Al-Obaid, et al., 2016) بعنوان (An overview of wetlands of Saudi Arabia: Values, threats, and perspectives) تم فيها مراجعة الأدبيات للأراضي الرطبة في المملكة العربية السعودية من الأهمية المحلية الى الأهمية العالمية. وتسلط الضوء على تنوعها البيولوجي، وتحدد التهديدات وتطور هذه النظم البيئية الضعيفة في شبه الجزيرة العربية القاحلة من خلال التركيز على حالة أصناف المياه العذبة الرئيسية وتوثيق التغييرات التي تؤثر على الأراضي الرطبة المهمة.
- ❖ قدم (Abbas, Minallh, Ahmad, Abid, & Khan, 2016) دراسة بعنوان (K-Means and ISODATA Clustering Algorithms for Landcover Classification Using Remote Sensing) كانت تهدف الى تحليل أداء خوارزميات التصنيف الغير مراقب K-Means و ISODATA Clustering لتصنيف الغطاء الأرضي. وتم تصنيف المنطقة الى خمس فئات مختلفة هي: المسطحات المائية، الأراضي الزراعية، المساحة المستقرة، الغابات، الأراضي القاحلة. وتم استنتاج ان التصنيف الغير مراقب للغطاء الأرضي باستخدام K-Means و ISODATA من خلال تغيير عدد التكرارات وعدد الفئات ينتج درجة مختلفة من الدقة وكل منها يبرر ادائه وفقاً للأدبيات.
- ❖ أيضاً ذكرت دراسة (Haque & Basak, 2017) بعنوان (Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh) استخدمت منهجية الكشف عن تغيير التصنيف المسبق وبعده لتقييم نتيجة التغيير من 1980 إلى 2010 وفي نهج التصنيف المسبق تم تنفيذ تحليل CVA و NDVI و NDWI لتقييم سيناريو التغيير. وتوصلت هذه الدراسة الى أنه تم تحويل حوالي 40% من الغطاء الأرضي من إجمالي مساحة الدراسة خلال فترة 30 سنة. تختفي النباتات والأراضي المرتفعة بسرعة، وأصبحت المسطحات المائية العميقة المكونة من بحيرات كبيرة سمة نادرة في منطقة الدراسة.

- ❖ وأشار (Özüpekçe, 2019) في دراسة بعنوان ( Investigation of Impact of Aslantaş Dam on Surrounding Environment Using Remote Sensing and GIS) الهدف منها هو التحقق في العلاقة بين انشاء خزان سد Aslantaş والتنوع البيولوجي في محيط الخزان باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية وتوصل الى نتائج أهمها ان سد Aslantaş ادى إلى أنشطة زراعية كثيفة حوله والتخطيط غير المستدام قد يؤدي إلى مشاكل خطيرة للغاية.
- ❖ درس (Dibs & AL-Hedny, 2019) في دراسة بعنوان (Detection wetland dehydration extent with multi-temporal remotely sensed data using remote sensing analysis and GIS techniques) الهدف منها رصد ونمذجة التغييرات المكانية ومتعددة الزمان لبحيرة الرزازة، وتم استخدام التصنيف المراقب لتصنيف صور الأقمار الصناعية، وظهرت نتيجة التحقق من الصحة ان درجات الدقة الكلية ومعاملات كابتا للتصنيف المراقب قد حققت الحد الأدنى الموصى به للدقة. وظهرت النتائج تناقصا سريعا في مساحة البحيرة بنسبة 82% على مدة العقود الثلاث الماضية.
- ❖ وركزت دراسة (Faeq & Mahdi, 2019) في بحثهم بعنوان (The Landsat 7 imagery gap filling using median filter method) على استعادة البكسلات التالفة في صور لاندسات-7 باستخدام برنامج ERDAS حيث تم تصحيح بيانات لاندسات-7 باستخدام طريقة التحليل البؤري Focal analysis التي تتضمن عملية تصفية متوسطة.
- ❖ أظهرت دراسة (Zaimes, Gounaridis, & Symenonakis, 2019) بعنوان (Assessing the impact of dams on riparian and deltaic vegetation using remotely-sensed vegetation indices and Random Forests modelling) تهدف الى تقييم ورصد تأثيرات السدود لدلتا نهر نيلستوس في اليونان على مدى 27 عاما، باستخدام مؤشر الغطاء النباتي ونموذج التعلم الآلي للغابات العشوائية. وظهرت النتائج أن الغطاء النباتي منخفض الكثافة (0-25%) يتأثر بشكل أكبر ببناء السدود نظراً لقربها من التأثيرات البشرية وتأثيرات تغيير النظام الهيدرولوجي. في المقابل، يبدو أن الغطاء النباتي ذو الكثافة العالية (50-75%) لم يتأثر إلى حد كبير، بل إنه يتحسن بسبب قربيه من النهر.
- ❖ ذكر (Ho & Goethals, 2019) في دراسة بعنوان (Opportunities and Challenges for the Sustainability of Lakes and Reservoirs in Relation to the Sustainable Development Goals (SDGs)) قدموا فيها مراجعة شاملة للفرص والتحديات المستقبلية للتنمية المستدامة للبحيرات والخزانات من خلال تحليل نقدي لمساهماتها في أهداف التنمية المستدامة لما لها من روابط متعلقة بالأبعاد البيئية. وتم فيها اقتراح 22 مؤشراً يمكن استخدامها من قبل صانعي القرار لرصد وتقييم التنمية المستدامة للبحيرات والخزانات.
- ❖ ناقشت دراسة (Mohamed & Youssef, 2020) بعنوان (Sustainable Development in Nasser Lake using the Integration of Multi-Temporal Remote Sensing Imagery and GIS) الهدف منها هو رصد وكشف التغييرات في بحيرة ناصر باستخدام تقنيات متكاملة لصور الأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية. من النتائج تم الحصول على خمس فئات من تصنيف صور الأقمار الصناعية وهي: المياه العميقة والضحلة والترية العارية من النوع الأول والثاني بالإضافة إلى المحاجر. أظهر الكشف عن تغيير التصنيف اللاحق أن المياه العميقة كانت 5485.4 كيلومتر مربع في عام 2000 وانخفضت إلى 4490.9 كيلومتر مربع في عام 2019. وزادت المياه الضحلة من 402.4 كيلومتر مربع في عام 2000 إلى 573.5 كيلومتر مربع في عام 2019.
- ❖ ذكر (Eid A. , Olatubara, Ewemoje, Farouk, & El-Hennawy, 2020) في دراسة بعنوان (Coastal wetland vegetation features and digital Change Detection Mapping based on remotely sensed imagery: El-

(Burullus Lake, Egypt) هدفها تقييم ديناميكيات تغير الغطاء الأرضي باستخدام صور تغيير لبيانات الأقمار الصناعية من 1990 إلى 2019، تم فيها استخدام مؤشر الغطاء النباتي للاختلاف الطبيعي (NDVI) ومؤشر ماء الفروق الطبيعي (NDWI) لتقييم سيناريو التغيير في المنطقة. وتوصلوا لنتائج أهمها ان أراضي الغطاء النباتي قد ازدادت بشكل ملحوظ وصاحب ذلك تقلص في السطح المائي والتربة المفتوحة خلال فترة الدراسة. أيضا فقد ما يقرب من 53 كيلومتر مربع (7.0%) من المسطحات المائية و8.7 كيلومتر مربع (1.3%) من التربة المفتوحة بينما توسعت مناطق الغطاء النباتي إلى حوالي 29.9 كيلومتر مربع (7.4%). العوامل التي تدعم التغييرات في المنطقة هي: مشاريع الاستصلاح والمزارع السمكية التي تخلق خطر الجفاف.

❖ تناول (Orimoloye, Kalumba, Mazinyo, & Nel, 2020) في دراسة بعنوان ( Geospatial analysis of wetland dynamics: Wetland depletion and biodiversity conservation of Sumangala's Wetland, South Africa) هدفت إلى تقييم النمط المكاني للأراضي الرطبة في Isimangaliso، والآثار المحتملة لاستنفاد الأراضي الرطبة بين عامي 1987 و 2017 باستخدام صور لاندسات وتحليل مؤشر فرق الماء الطبيعي NDWI وكشفت النتائج عن استنفاد كبير للمياه المحيطة بالمنطقة والتي قد تكون نتيجة للأنشطة الطبيعية أو البشرية التي قد تشمل تغير المناخ والمناطق المبنية والأنشطة الزراعية. أظهرت النتائج في عامي 1987 و 2017 أن مساحة الأراضي الرطبة كانت 655.416 كيلومترًا مربعًا و429.489 كيلومترًا مربعًا على التوالي مما يشير إلى أن IW قد شهدت تغيرات كبيرة خلال فترة الدراسة على المنطقة.

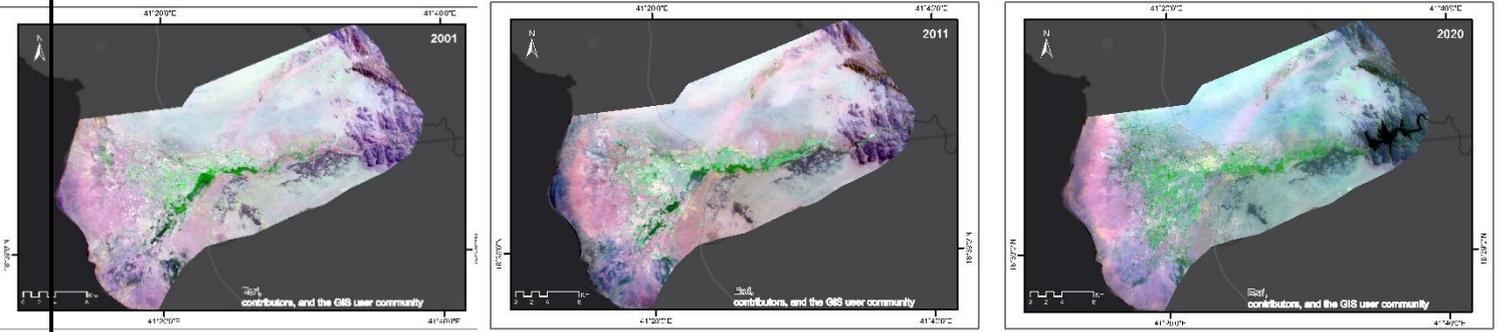
❖ أشار (Torun & Gündüz, 2020) في دراسة بعنوان ( Comparison of different classification algorithms for the detection of changes on water bodies; Karakaya Dam Lake) هدفت إلى ملاحظة التغيير في الحدود الساحلية لبحيرة سد كاراكايا باستخدام خوارزميات تصنيف مختلفة وتم إجراء التصنيفات باستخدام Maximum Likelihoods، Artificial Neural Networks، Support Vector Machines، Decision Tree. ثم مقارنة البيانات التي تم الحصول عليها من نتائج الدراسة لكل خوارزمية وتفسير مقدار التغيير.

❖ أيضا درس (Chouari, 2021) في بحثه بعنوان (Wetland land cover change detection using multitemporal Landsat data: a case study of the Al-Asfar wetland, Kingdom of Saudi Arabia) بهدف تقييم التغييرات في الغطاء الأرضي للبحيرة، باستخدام مؤشر الغطاء النباتي للفرق الطبيعي (NDVI) ومؤشر ماء الفرق الطبيعي (NDWI) لتقييم اتجاه تطور النظام البيئي. وأشارت النتائج الى أنه على مدى العقود الثلاثة الماضية، ازدادت مساحة الأراضي الرطبة بشكل كبير وتمت إضافة ما يقرب من 15.46 كيلومتر مربع (24.69%) من المسطح المائي، وتوسعت مناطق الغطاء النباتي إلى حوالي 10.74 كيلومتر مربع (17.15%). يمكن تفسير التغييرات المكتشفة من خلال تصريف مياه الصرف الزراعي والمياه شبه المعالجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

#### المنهجية:

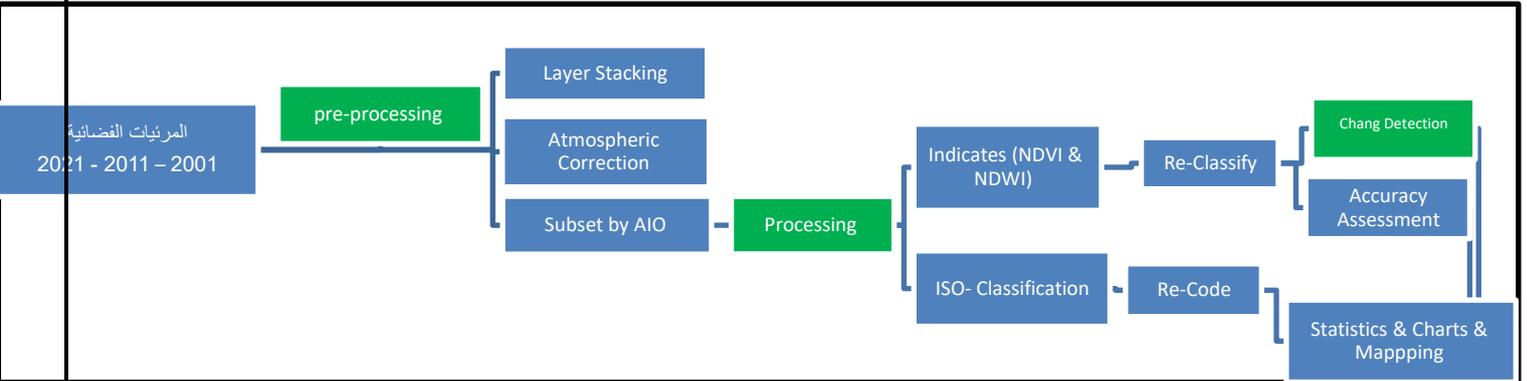
تم الحصول على صور الأقمار الصناعية لهذه الدراسة من الموقع الإلكتروني الرسمي لهيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS لعام 2001 و 2011 و عام 2020، باستخدام ثلاث مجموعات من صور القمر الصناعي Landsat، الأولى Landsat TM (Thematic Mapper) لعام 2001، الثانية Landsat ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) لعام 2011، والثالثة Landsat OLI-TIRS (جهاز تصوير الأرض التشغيلي - مستشعر الأشعة تحت الحمراء الحرارية)، وكانت مصححة جغرافيا بمسقط Universal Transvers Mercator UTM وبصيغة Tiff، الجدول 1 يوضح مواقع وتواريخ التقاط المرئيات.

تم عرض صور القمر الصناعي لمنطقة الدراسة بتاريخ 2001 و 2011 و 2020 مع اللون المركب 743 لمجموعة صور TM و ETM+ و 754 OLI شكل 2، تم اختيار هذه النطاقات نظراً لأن ميزات مثل الجسم المائي (البحيرة) والمستوطنات والغطاء النباتي يتم عرضها بشكل أفضل في نطاقات الأشعة تحت الحمراء القريبة والأشعة تحت الحمراء المتوسطة (Adediji & Ajibade, 2008) تم الحصول على جميع الصور في نفس الموسم خلال اشهر الصيف (يونيو- يوليو- أغسطس) لتقليل تأثير الغطاء السحابي والتغير الموسمي على عملية التصنيف التي تؤثر على جودة الصور الناتجة.



شكل 2. خريطة لصور الأقمار الصناعية لوادي حلي لتواريخ الدراسة (2001 - 2011 - 2021) م

تم تقسيم إجراءات العمل إلى ثلاث مراحل: المرحلة الأولى تشمل المعالجة الأولية، والمرحلة الثانية التصنيف والتحليل، ثم المرحلة الثالثة كشف التغيرات وتقييم الدقة كما يمثله شكل 3. تم تنفيذ هذا الإجراءات باستخدام البرمجيات - ERDAS IMAGINE V.14 و ArcMap V.10.7.1



شكل 3. نموذج معالجة صور الأقمار الصناعية

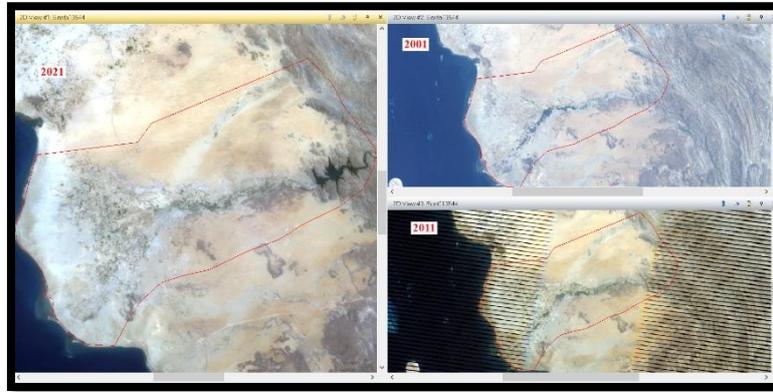
جدول 1. خصائص صور الأقمار الصناعية

القمر الصناعي	المتحسس	الصف/ العمود	التاريخ	الدقة المكانية
Landsat 5	TM	168/47	2001 /07/09	30 م
Landsat 7	ETM+	168/47	2011/08 /14	15 م
Landsat 8	OLI-TIRS	168/47	2021/06/14	15 م

1- المرحلة الأولى (المعالجة الأولية): يقصد بالمعالجة الأولية لمرئيات الأقمار الصناعية Satellite Image هو تهيئتها والتعامل معها من خلال تفسيرها قراءتها او تحليلها باستخدام أجهزة الحاسب الآلي بواسطة البرامج الخاصة بتحليل المرئيات الفضائية (داوود، 2015) والتي تستخدم من قبل المختصين في هذا المجال بسبب الحاجة او الهدف المطلوب، وهي تأخذ اشكالا مختلفة من الأدوات والتقنيات والإجراءات بالتالي لا يمكن حصرها وسنذكر فقط المعالجات المستخدمة في هذه الدراسة:

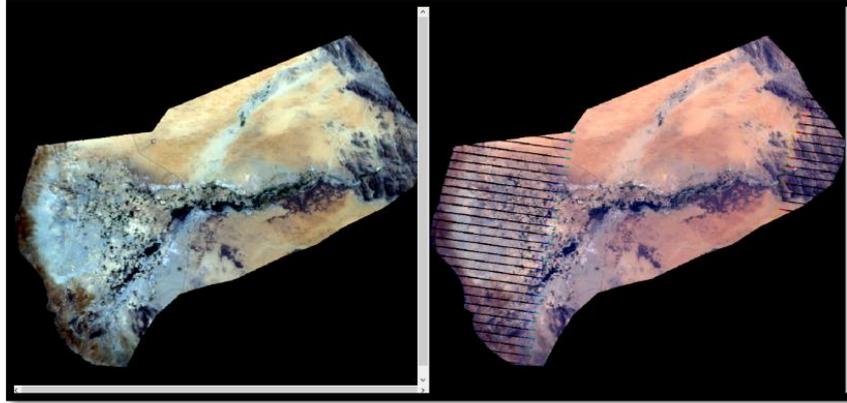
1-1 تكديس الطبقات Layer Stacking: كان تكديس الطبقة هو الخطوة الأولى في مرحلة المعالجة، لغرض الحصول على مرئية جديدة بألوان محسنة مستنبطة من المرئية الاصلية لتسهيل تفسيرها وتحليلها (الطائي، 2000)، ويتم تطبيقه على جميع صور Landsat باستخدام أداة Layer Stacking ضمن برنامج Erdas Imagery V.14، ونتيجة لدمج النطاقات متعددة الألوان مع نطاق متعدد الأطياف تم تحسين الدقة المكانية للصور لتصل الى 15 متر، حيث كانت 30 متراً. ان الهدف من عمليات التحسين الرقمي التي يتم تطبيقها على المرئيات الفضائية هو زيادة الوضوح للمساعدة في عملية التفسير البصري المعززة رقميا كمحاولة للتكامل بين العقل البشري والكمبيوتر.

2-1 أيضا تم تحديد "منطقة الاهتمام" (AOI) باستخدام ملف Shapefile لحدود منطقة الدراسة تم الحصول عليه من وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، ثم تم اقتطاع الصورة من أداة Subset من خلال ملف AOI. يوضح الشكل 4 خريطة لـ AOI لصور القمر الصناعي لاندسات الزمانية.



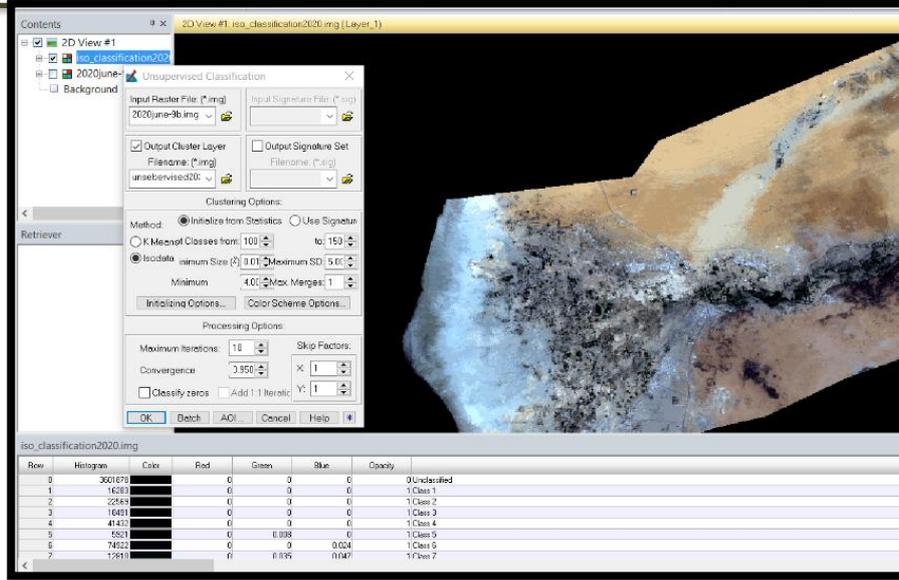
شكل 4. صور الأقمار الصناعية لمنطقة الاهتمام بتاريخ الدراسة (2001 - 2011 - 2021) م

بالإضافة الى تصحيح واستبعاد حقل خط المسح في صور Landsat 7، لأنه بعد مايو 2003، تعرضت صور الأقمار الصناعية التي تم الحصول عليها باستخدام مستشعر القمر الصناعي ETM+ لـ Landsat 7 للتلف في بعض وحدات بكسل الصورة، والتي تمثل 22٪ من الصورة الأصلية (Faeq & Mahdi, 2019) ولذلك باستخدام تقنية Median Filter (3x3) من أداة Focal Analysis تم تحسين الصورة شكل 5.



أكثر من مرة Focal Analysis شكل.5 صورة لاندسات 7 قبل وبعد تنفيذ وتكرار عملية

- 2- المرحلة الثانية المعالجة (التصنيف والتحليل): التصنيف هو عبارة عن العمليات التي تجرى بغرض تبويب الملايين من الخلايا Pixels المكونة للمريثات الفضائية في مجموعات او فئات بحيث تمثل كل مجموعة او فئة معلم ارضي بعينه، وان الفكرة الأساسية للتصنيف الرقمي هو الاستعاضة عن التفسير البصري بطريقة التحليل الرقمي الذي يعتمد على التقنيات الكمية اذ يتم التعرف على المعالم في المريثات الفضائية بشكل آلي.
- 1-2 إجراء تصنيف غير مراقب لتقدير تأثير تغيرات الغطاء الأرضي / استخدام الأراضي من بيانات Landsat OLI و TM و ETM+ لأعوام 2001 و 2011 و 2021، باستخدام تقنية التحليل التكراري للتنظيم الذاتي للبيانات (ISODATA) (Iterative Self Organizing Data Analysis Technique) صُنفت الصورة الى 150 فئة في الخطوة الأولى شكل.6



شكل 6. يبين استخدام تقنية ERDAS في برنامج ISO-DATA. يبين استخدام تقنية

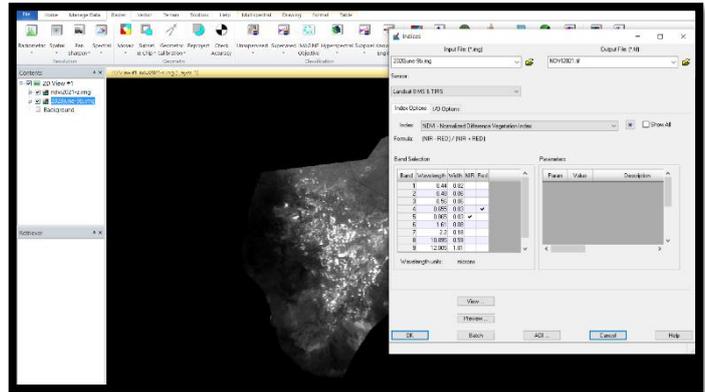
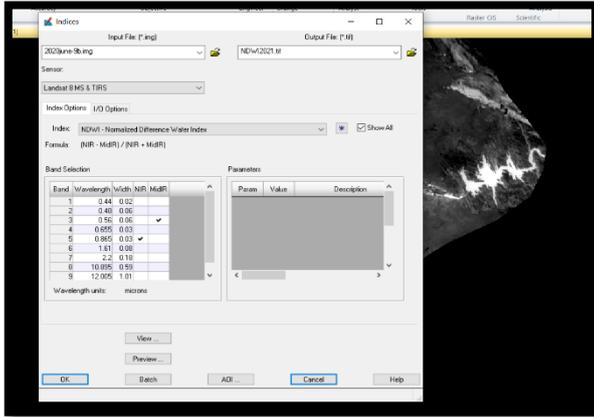
ثم في الخطوة التالية اعتماداً على نظام تصنيف هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS الذي قام بوضعه اندرسون وزملاءه عام 1976 (Anderson, Hardy, Roach, & Witmer, 1976)، إذ يستخدم على نطاق واسع وبشكل عام في رسم خرائط الغطاء الأرضي واستعمال الأرض (Khorram, Nelson, Koch, & van der Wiele, 2012). تم تقليص عدد الفئات الى 5 فئات بما يتلائم مع منطقة الدراسة كما يوضحه جدول 2. وذلك باستخدام تقنية إعادة الترميز Recode

جدول 2. وصف للفئات المستخدمة من نظام هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية

الفئة	الوصف
<b>Built up المباني</b>	تشمل هذه الفئة المناطق السكنية
<b>Vegetation غطاء نباتي</b>	وتتضمن النباتات وأراضي إنتاج المحاصيل الغذائية المختلفة
<b>Water المياه</b>	وتشمل مجموعة الأنهار والجداول والقنوات والمسطحات المائية
<b>Wet Land الأراضي الرطبة</b>	وهي تلك الأراضي التي يكون فيها مستوى الماء الأرضي فوق سطحها او بالقرب منها او ان يغطي جزء كبير منها معظم أيام السنة
<b>Barren Land الأراضي الجرداء</b>	وهي الأراضي ذات القدرة المحدودة لدعم الحياة والتي تتميز بغطاء نباتي اقل من ثلث مساحتها (قليلة الكثافة بالنبات)

كانت النطاقات الطيفية المستخدمة في صورتها القمر الصناعي هي الأخضر والأحمر والأشعة تحت الحمراء القريبة. على أساس هذه النطاقات الثلاثة، تم إنتاج صورة مركبة ملونة زائفة، تُستخدم هذه النطاقات بشكل شائع لرسم خرائط الغطاء الأرضي والتمييز بين الغطاء النباتي.

2-2 دراسة كلاً من المؤشرين NDVI و NDWI، بشكل مستقل لاستخراج منطقة الأراضي الرطبة خلال كل تاريخ، تم استخدام المؤشر NDVI (مؤشر اختلاف الغطاء النباتي) شكل 7. و NDWI (مؤشر الماء بالفرق الطبيعي) شكل 8. من صور الأقمار الصناعية المعالجة لهذه الدراسة.



8- Landsat على مرئية NDVI شكل 7. يبين استخدام مؤشر

8- Landsat على مرئية NDWI شكل 8. يبين استخدام مؤشر

يعد مؤشر NDVI من المؤشرات الواسعة الانتشار التي تستخدم بكثرة من قبل الباحثين كمقياس لكثافة الغطاء النباتي ومعرفة حالته، بافتراض ان قيم هذا المؤشر تتناسب إيجابيا مع كثافة الغطاء النباتي في مساحة عنصر الصورة (عبد الرحيم، 1999). ويمكن ان يستخدم بشكل دقيق في وصف الغطاء النباتي (المشهداني و الكبيسي، 2014). ويتمثل هذا المؤشر بالمعادلة التالية (يمين، 2008):

$$NDVI = \frac{(R.Band - NIR Band)}{(R.Band + NIR Band)}$$

حيث ان NIR Band هو قناة الأشعة تحت الحمراء، و R Band يعني قناة الأشعة المرئية الحمراء، ان قيم هذا المؤشر تتراوح بين (-1 و +1) اذ تدل القيم الموجبة على ان الخلية ذات غطاء نباتي، وكلما زادت القيمة الموجبة يدل على خضرة النبات وكثافته، والعكس صحيح فيما يخص القيم السالبة التي تدل على المعالم غير الخضراء (Abdulateef & Ahmad, 2013). في حين ان مؤشر NDWI يؤثر ويعزز الأراضي الرطبة والمعلومات المتعلقة بالمياه في المنطقة.

يُشتق مؤشر الماء بالفرق الطبيعي (NDWI) باستخدام مبادئ مماثلة لمؤشر اختلاف الغطاء النباتي (NDVI) إذا تم عكس المعادلة وتم استخدام النطاق الأخضر بدلاً من اللون الأحمر، فسيتم أيضاً عكس النتيجة، وإخماد الغطاء النباتي وتحسين ميزات المياه المفتوحة (McFEETERS, 1996)، يتم حساب NDWI على النحو التالي:

$$NDWI = \frac{(G.Band - NIR Band)}{(G.Band + NIR Band)}$$

حيث ان NIR Band هو قناة الأشعة تحت الحمراء، و G. Band يعني قناة الأشعة المرئية الخضراء، تختلف النطاقات المستخدمة في NDVI و NDWI وفقاً لإصدار Landsat بالنسبة لـ Landsat 5 و Landsat 7 يشير النطاق 2 والنطاق 3 والنطاق 4 إلى الأخضر والأحمر و NIR على التوالي. وبالنسبة لـ Landsat 8 يشير النطاق 3 والنطاق 4 والنطاق 5 إلى الأخضر والأحمر و NIR، على التوالي (Usgs.gov)

تختلف قيم NDVI و NDWI من (- إلى +1) بحيث يمكن استخراج أفضل الفئات. وأفضل طريقة للحصول على قيم دقيقة لـ NDVI و NDWI هي اختبار قيم عتبة مختلفة والتحقق بصرياً من صورة القمر الصناعي المختبرة (Jawak & Luis, 2013) يعرض الجدول 3. فئات الـ NDVI الأكثر شيوعاً وفق مؤسسة علم فينولوجيا الاستشعار عن بعد (Taufik, Ahmed, & Ahmad, 2016).

NDVI Classes	NDVI Value
Very Low NDVI	≤ 0.1
Moderate NDVI	0.2 to 0.5
High NDVI	0.6 to 0.9

وفقاً لمؤسسة فينولوجيا الاستشعار عن بعد NDVI جدول 3 قيم الـ NDWI تم إعادة تصنيف قيم NDVI إلى ثلاث فئات أساسية: مياه، عدم وجود غطاء نباتي، غطاء نباتي، أيضاً تم إعادة تصنيف قيم NDWI إلى ثلاث فئات: السطح المائي، الأرض الرطبة، والسطح غير المائي. الجدول 4.

NDWI Classes	NDWI Value	NDVI Classes	NDVI Value
سطح مائي	0.2 الى 1	مياه	-1 الى 0.1
ارض رطبة	0 الى 0.2	عدم وجود غطاء نباتي	0.1 الى 0.2
سطح غير مائي	-1 الى 0	غطاء نباتي	0.2 الى 1

#### لواحي حلي NDWI و NDVI جدول 4 قيم وفئات الـ

تم استخدام أداة حاسبة ArcMap لحساب مساحات فئات المناطق الست والنسبة المئوية من NDVI و NDWI، أيضاً كعملية لاحقة لإعادة التصنيف للمؤشرات السابقة باستخدام أداة Majority Filter تم تنعيم وتقليل عدد وحدات البكسل غير المعروفة في خريطة الإخراج الخاصة بتصنيف الصورة.

ومما دعانا إلى استخدام هذا الأسلوب للتصنيف هو الكشف عن المكونين الرئيسيين للأراضي الرطبة في وادي حلي: المسطحات المائية والمناطق النباتية، التي بدورها تؤثر على التنوع البيولوجي في الأراضي الرطبة. وصفت طبقة عدم وجود غطاء نباتي بأنها أي غطاء يحتوي على مناظر طبيعية متآكلة وصخور مكشوفة وطرق ومباني، أما السطح المائي يمثل سطح مائي عميق في منطقة الدراسة. جعل هذا التصنيف من الممكن مقارنة التغيرات في الأراضي الرطبة على مدى العشريين عاماً الماضية.

#### 3- المرحلة الثالثة المعالجة اللاحقة (كشف التغيرات وتقييم الدقة):

كشف التغيير الرقمي هو عملية تقدير الاختلافات في استخدامات الأرض من خلال الدراسة في فترات زمنية مختلفة، وهو يشير إلى القدرة على تحديد التأثيرات الزمنية باستخدام بيانات الصورة متعددة الأطياف. لتحديد التغيرات في الغطاء الأرضي في منطقة وادي حلي خلال الفترة 2001-2021، تم تحديد منطقة الدراسة في جميع الصور المختارة. ثم تم دراسة المؤشرين NDVI و NDWI، لتحديد المسطحات المائية من بيانات لاندسات.

3-1 تم استخدام طريقة التصنيف اللاحق لمواجهة مشاهد التغيير في عامي 2001 و2011 بناءً على تلك التي لوحظت في عام 2021. تبدأ هذه المنهجية بخطوة التصنيف التي تنتج صوراً مصنفة، تليها خطوة المقارنة التي تحدد مناطق التغيير على أنها اختلافات بكسل لكل بكسل في الفئة (Buma, Lee, & Seo, 2018)

تم اجراء عملية الكشف عن التغيير في برنامج ArcMap على خرائط NDVI و NDWI المصنفة بشكل مستقل، باستخدام أداة التحليل

gridcode	Class_2011	Class2_2011	Area_2011	FID_disa_1	gridcode_1	Class_2021	Clas2_2021	Area_2021	Change	AreaChange
1	لا يوجد غطاء نباتي	No Vegetation	6.452263	0	1	لا يوجد غطاء نباتي	No Vegetation	11.235542	No Vegetation - No Vegetation	1.073421
1	لا يوجد غطاء نباتي	No Vegetation	6.452263	1	2	تربة مطروحة	Open Soil	788.967755	No Vegetation - Open Soil	4.497564
1	لا يوجد غطاء نباتي	No Vegetation	6.452263	2	3	غطاء نباتي	Vegetation	91.609589	No Vegetation - Vegetation	8.006175
2	تربة مطروحة	Open Soil	815.484756	0	1	لا يوجد غطاء نباتي	No Vegetation	11.235542	Open Soil - No Vegetation	9.194068
2	تربة مطروحة	Open Soil	815.484756	1	2	تربة مطروحة	Open Soil	788.967755	Open Soil - Open Soil	760.878472
2	تربة مطروحة	Open Soil	815.484756	2	3	غطاء نباتي	Vegetation	91.609589	Open Soil - Vegetation	36.670723
3	غطاء نباتي	Vegetation	79.512056	0	1	لا يوجد غطاء نباتي	No Vegetation	11.235542	Vegetation - No Vegetation	0.96778
3	غطاء نباتي	Vegetation	79.512056	1	2	تربة مطروحة	Open Soil	788.967755	Vegetation - Open Soil	23.490313
3	غطاء نباتي	Vegetation	79.512056	2	3	غطاء نباتي	Vegetation	91.609589	Vegetation - Vegetation	54.932691

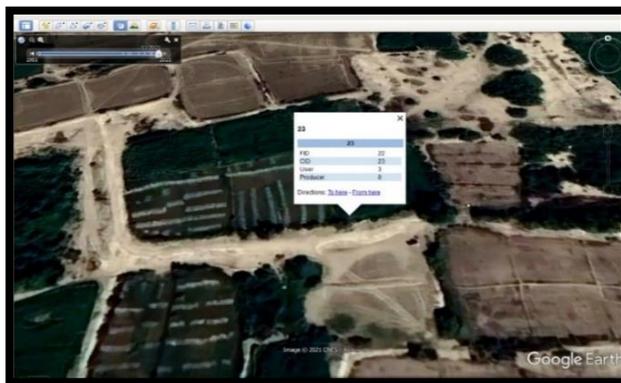
Intersect وتحسب هذه الأداة التقاطع الهندسي لفئات الإدخال، وبالتالي، فإن التقاطع الذي تم الحصول عليه (المخرج) هو المنطقة التي تغطيها فئة معينة في العام الأول، والتي تم تغييرها في العام اللاحق، ثم تم حساب مساحات التغيير في جدول بياناتها الوصفية الشكل 9.

شكل 9. جدول البيانات الوصفية لمخرج الخريطين المقارنتين

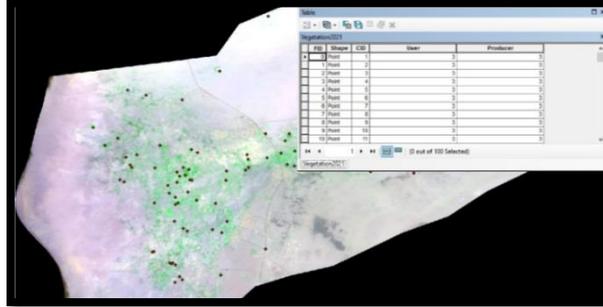
3-2 باستخدام برنامج Google Earth المجاني تم اجراء تقييم الدقة لتقييم جودة المعلومات المستخرجة تلقائياً من بيانات الاستشعار عن بعد. بحيث يجب أن تلي خرائط الإخراج الحد الأدنى من الدقة وهو 85% (Anderson, Hardy, Roach, & Witmer, 1976).

تم استخدام معامل كابا والدقة الشاملة وهما طريقتان موثقتان جيداً ومعروفتان، حيث يستخدم Kappa كمقياس للاتفاق بين تنبؤات النموذج والواقع (Congalton, 1991) أو لتحديد ما إذا كانت القيم الموجودة في مصفوفة الخطأ تمثل نتيجة أفضل بكثير من العشوائية (Jensen, 1996).

تم اجراء تقييم الدقة بإنشاء 100 نقطة عشوائية من كل فئة من فئات الصور المصنفة NDVI و NDWI ثم مقارنة كل نقطة بما تمثله على صور برنامج Google Earth عالية الدقة مع تغيير الفترات الزمنية حسب زمن الدراسة الشكلين 10 و 11



شكل 11. لفئة الغطاء النباتي Google Earth شكل 11. النقاط العشوائية على صور



لجنة الغطاء النباتي Landsat شكل 10. النقاط العشوائية على صور القمر الصناعي

وبعد ذلك تم قياسها باستخدام معادلة الدقة الشاملة (1) Overall Accuracy ومعادلة كبا Kappa (2).

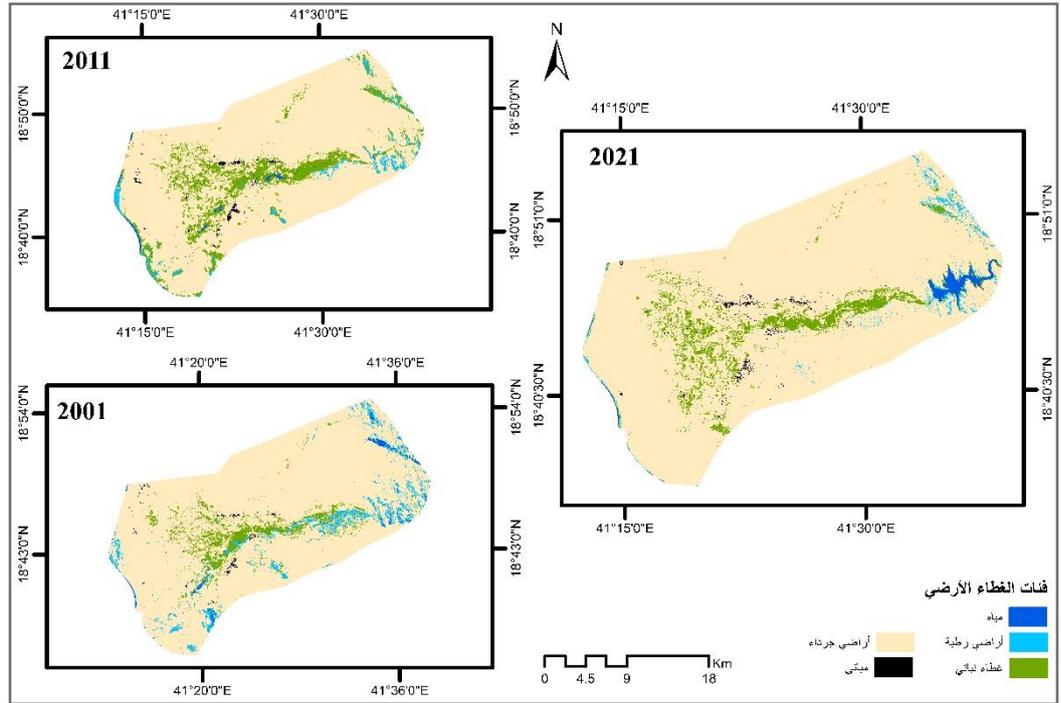
$$(1) \quad \text{Total (overall) accuracy} = \frac{\text{Number of correct plots (Value)}}{\text{Total number of plots (Value)}} \times 100$$

$$(2) \quad K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}$$

النتائج والمناقشة:

• تصنيف ISODATA غير المراقب:

من خلال تفسير وتصنيف المرئية الفضائية للقمر الصناعي Landsat التي تنتمي الى أعوام الدراسة (2001-2011-2021) م الخاصة بمنطقة وادي حلي، أمكن التوصل الى خرائط التصنيف متعددة الأوقات للخمس فئات كما تبينه الخريطة شكل 12.



شكل 12. خريطة الغطاء الأرضي/ استخدامات الأراضي لمنطقة الدراسة (2001م - 2011م - 2021م)

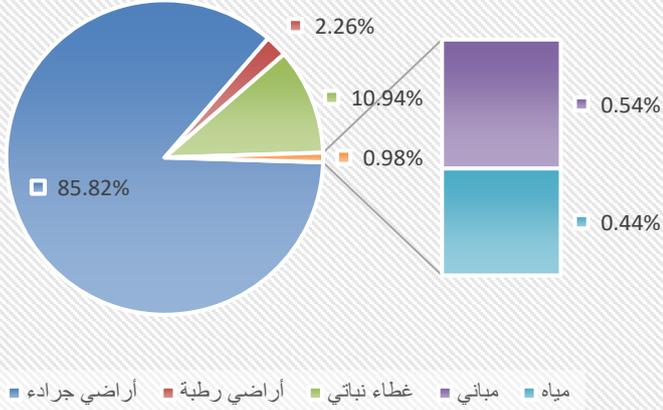
ووفقا لها تم حساب مساحات التغيير في منطقة وادي حلي قبل وبعد انشاء السد أي بين (2001م و2021م)، حيث لوحظت تغييرات خلال العشريون عاماً الماضية.

نلاحظ ان الأراضي الزراعية احتلت أكبر مساحة لها في عام 2011 بنسبة 10% في حين انها 8% اليوم، ونلاحظ ازديادها عما كانت عليه عام 2001 أي قبل انشاء السد حيث كانت 5%، لكن الأراضي الرطبة هنا بلغت نسبة اعلى مما هي عليه اليوم حيث كانت 4.7%

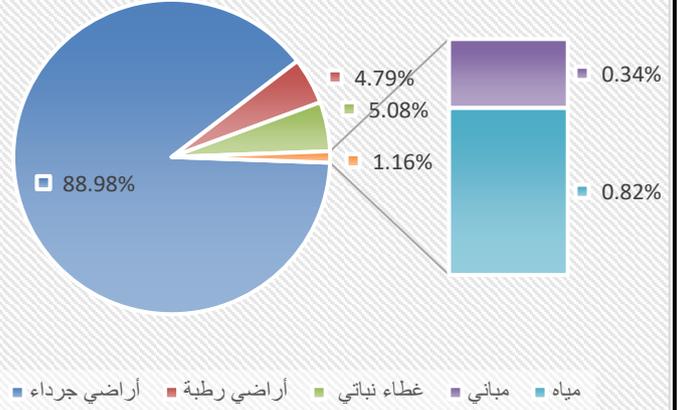
بعد انشاء السد انخفضت الى 2.9% مما أثر سلبا على التنوع البيولوجي في المنطقة، أيضا مع انشاء السد نلاحظ ارتفاع نسبة المناطق المبنية حيث كانت نسبتها 0.3% عام 2001 وفي عام 2011 بلغت 0.5% حتى وصلت اليوم الى 0.7% جدول 5. شكل 13.

اسم الفئة	2001م جدول 5. المساحة (كم <sup>2</sup> ) والنسبة		2011م		2021م	
	النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>
مياه	0.82%	3.83	0.44%	2.09	1.05%	4.88
أراضي رطبة	4.79%	22.34	2.26%	10.68	2.87%	13.39
غطاء نباتي	5.08%	23.71	10.94%	51.59	8.33%	38.86
أراضي جرداء	88.98%	415.35	85.82%	404.90	87.03%	406.16
مباني	0.34%	1.58	0.54%	2.53	0.72%	3.38

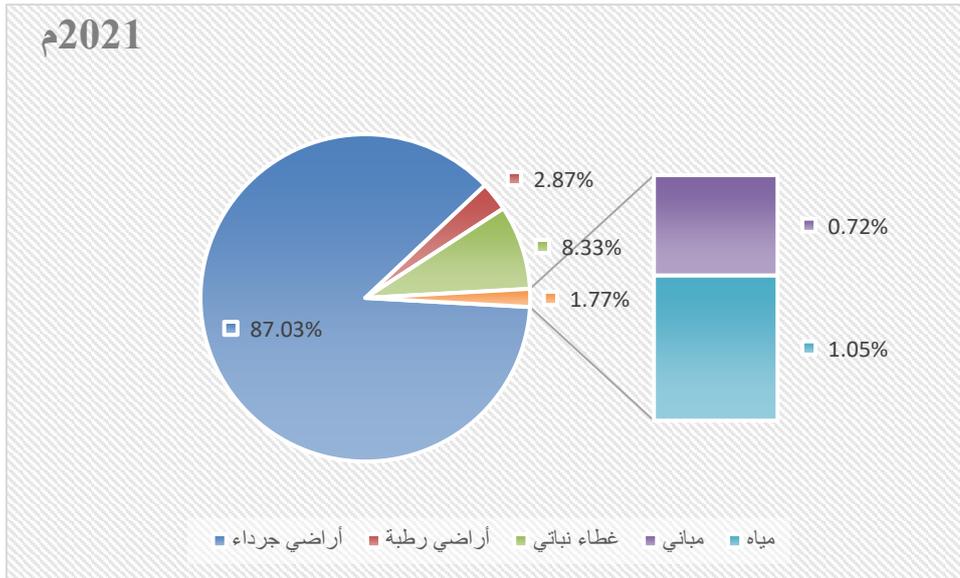
2011م



2001م



2021م

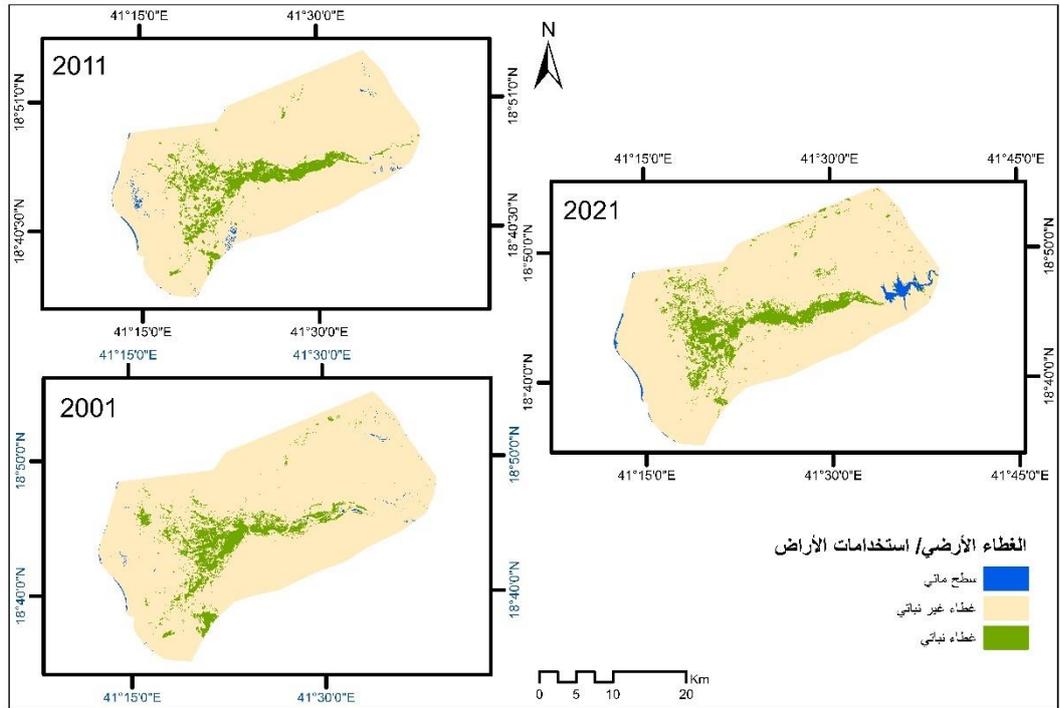


أتاحت صور الأقمار الصناعية المعالجة (2001، 2011 و2021) التمييز بين هذه الفئات للغطاء الأرضي: المسطحات المائية، الأراضي الرطبة، الغطاء النباتي، الأراضي الجرداء، والمباني. تم تحديد هذه الفئات لعلاقتهم المباشرة بمشروع السد.

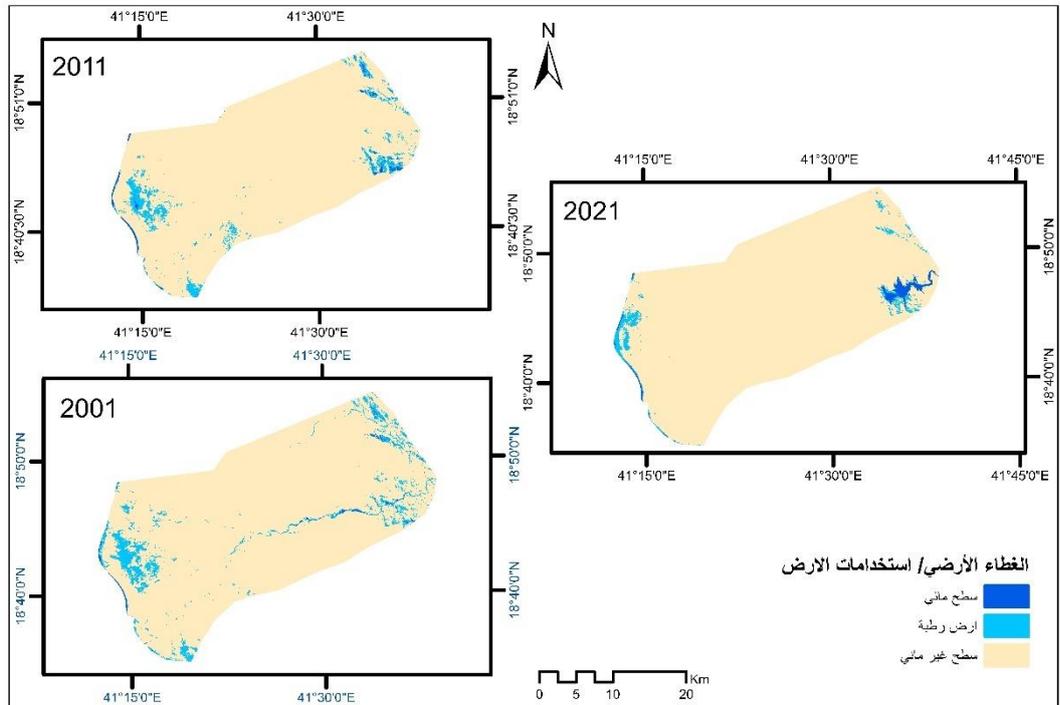
• نتائج تحليل المؤشرات NDVI و NDWI:

تم استخدام مؤشرات NDVI و NDWI لنمذجة التغيرات الزمنية المكانية في وادي حلي خلال فترة 2001 - 2021، وتم إعادة التصنيف باستخدام فئات محددة لكل صورة، أخيراً، تم تركيب الخرائط متعددة الفترة الزمنية لمنطقة الدراسة لإنتاج خرائط التغيرات خلال الفترة 2001-2021.

يوضح الشكل 14 والشكل 15 الخرائط المصنفة لـ NDVI و NDWI في وادي حلي لتواريخ الدراسة 2001 و 2011 و 2021م.



للأعوام (2001م - 2011م - 2021م)NDVIشكل. 14 الغطاء الأرضي في وادي حلي حسب مؤشر الغطاء النباتي



للأعوام (2001م - 2011م - 2021م)NDWIشكل. 15 الغطاء الأرضي في وادي حلي حسب مؤشر المياه  
ويوضح الجدول 6. والجدول 7. المساحة بالكيلومتر المربع والنسبة المئوية لفئات NDVI و NDWI في منطقة الدراسة، على التوالي.

في منطقة الدراسة NDVI جدول 6 المساحة (كم<sup>2</sup>) والنسبة المئوية لفئات

2021		2011		2001		اسم الفئة
النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	
النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	اسم الفئة
1.19%	10.58	0.74%	6.57	0.53%	4.69	سطح مائي نباتي
2.29%	20.46	4.61%	41.09	6.14%	54.67	ارض رطبة
96.51%	859.76	94.65%	843.14	93.34%	831.44	سطح غير مائي
100%	890.8	100%	890.8	100%	890.8	المجموع

أظهرت نتائج التصنيف أن NDVI صنف المنطقة إلى ثلاث فئات: فئة السطح المائي للبحيرة، وفئة الغطاء غير النباتي، وفئة الغطاء النباتي. يصنف NDWI أيضاً المنطقة إلى ثلاث فئات: فئة السطح المائي (المياه العميقة)، وفئة الأرض الرطبة (المياه السطحية)، وفئة السطح غير المائي.

الحالة التفصيلية للغطاء الأرضي/ استخدامات الأرض في منطقة وادي حلي هي على النحو التالي خلال فترة الدراسة: تعكس طبقات المسطحات المائية والغطاء النباتي نمواً إيجابياً؛ أما بالنسبة لفئة الأراضي الرطبة فقد أظهرت اتجاهاً سلبياً، حيث تلاشت وجفت حوالي 34.21 كيلومتر مربع (3.85%) من هذه الأراضي الرطبة خلال العشريين عاماً الماضية.

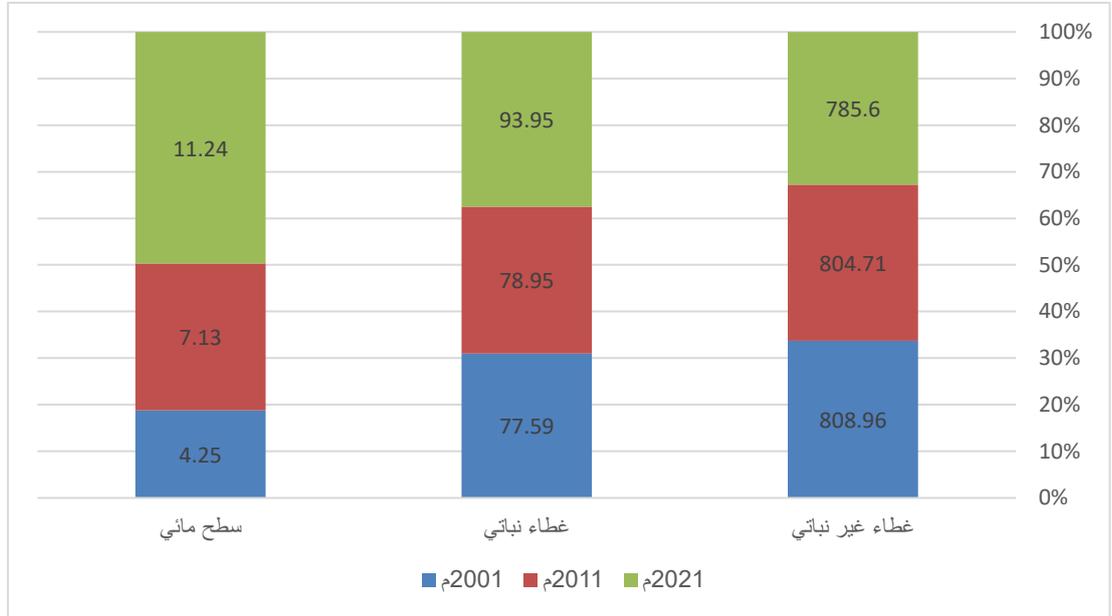
**الغطاء غير النباتي:** هذه الفئة تم تحديدها لمنطقة الدراسة التي تشمل كل أنواع التربة والصخور والمباني والطرق، مساحة هذه الفئة كانت تقل وتتناقص على حساب مساحة الفئتين الأخرتين، فكانت مساحتها 808.96 كيلومتر مربع (90.81%) في عام 2001م، وانخفضت إلى 785.60 كيلومتر مربع (88.19%) في عام 2021م. يعود الانخفاض لزيادة مساحة المياه والغطاء النباتي بعد انشاء السد.

**السطح المائي:** خلال فترة الدراسة نلاحظ ازدياد مساحة فئة السطح المائي (المياه العميقة) عام 2021 أي بعد انشاء السد وقبل ذلك أي قبل انشاء السد كانت مياه سطحية وارض رطبة، بلغت مساحة السطح المائي 4.69 كيلومتر مربع (0.53%) عام 2001 وزادت إلى 10.58 كيلومتر مربع (1.19%) عام 2021.

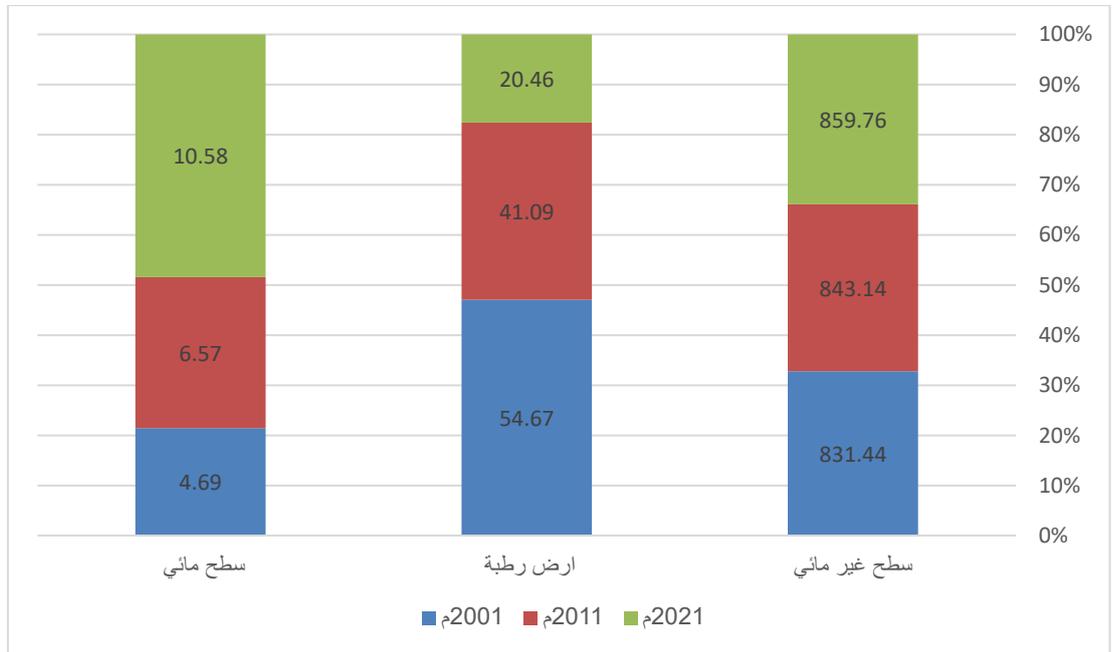
وعلى ذلك نلاحظ مساحة الأرض الرطبة انخفضت بعد بناء السد أي من بعد عام 2011، كانت مساحة الأرض الرطبة 54.67 كيلومتر مربع (6.14%) في عام 2001 وانخفضت إلى 41.09 كيلومتر مربع (4.61%) في عام 2011 حتى وصلت إلى 20.46 كيلومتر مربع (2.29%) لعام 2021 كان معدل الانخفاض يساوي 38.74 كيلومتر مربع خلال العشريين سنة الماضية. يرجع هذا الانخفاض وتجفيف الأراضي الرطبة إلى أنشطة استصلاح مثل انشاء السد للتحكم في المياه والفيضانات والزراعة.

**الغطاء النباتي:** أظهرت هذه الفئة توسعاً ملحوظاً مقارنة بالفئتين الأخرتين على مدى العشريين عاماً الماضية، زاد الامتداد الإجمالي لفئة الغطاء النباتي من 77.59 كيلومتر مربع (8.71%) في عام 2001 إلى 93.95 كيلومتر مربع (10.55%) في عام 2021. مساحة الزيادة تقدر بما يقارب 16.36 كيلومتر مربع. بين عامي 2001 و2021. أدى التطور المستمر لهذا الغطاء النباتي إلى تجفيف أجزاء من الأراضي الرطبة.

تم رسم المخططات لتوضيح المناطق بالكيلومتر المربع لفئات مختلفة من NDVI و NDWI طوال فترة الدراسة كما هو موضح في الشكل 16 والشكل 17.



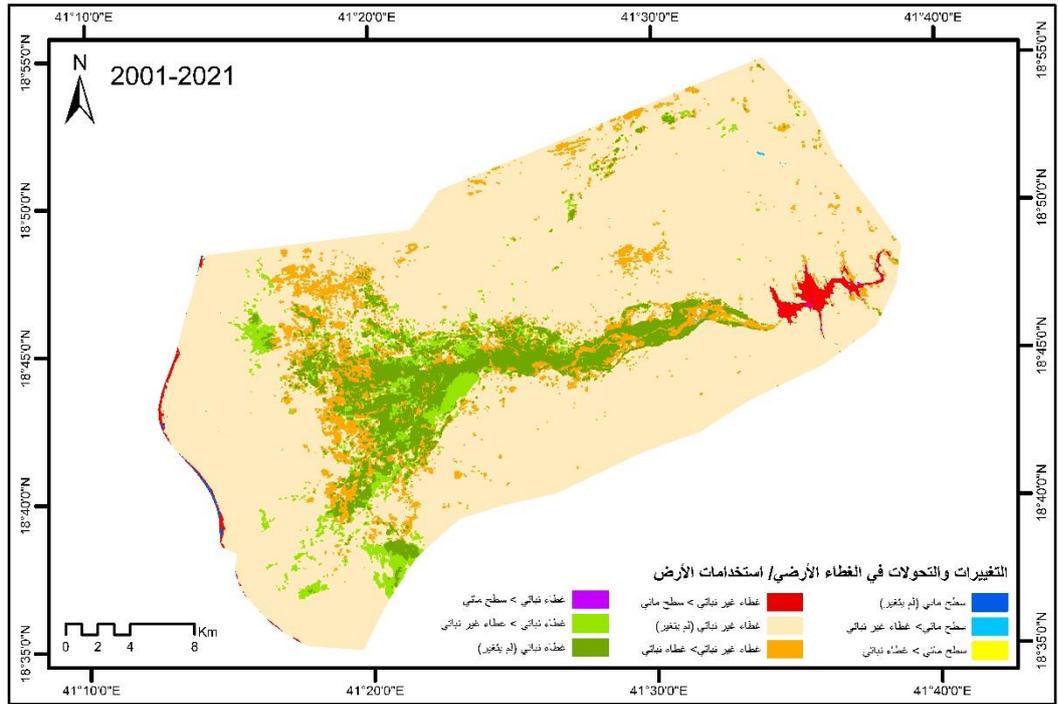
بالكيلومتر المربع NDVI شكل 16 مساحة فئات مؤشر الغطاء النباتي



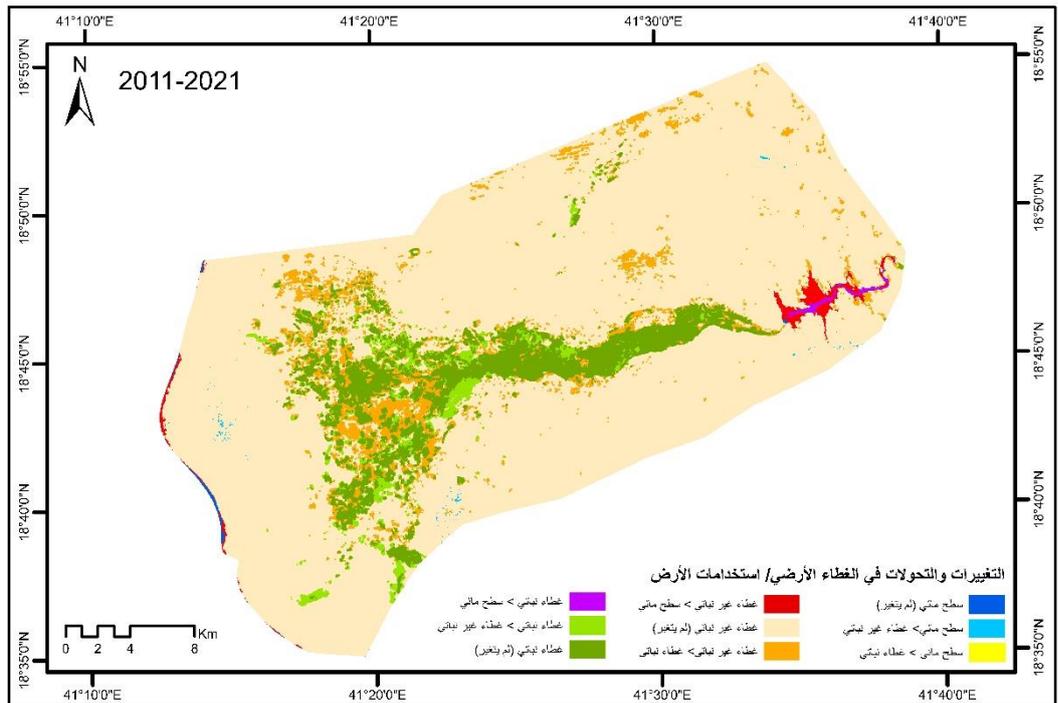
بالكيلومتر المربع NDWI شكل 17 مساحة فئات مؤشر المياه

• كشف التغيرات:

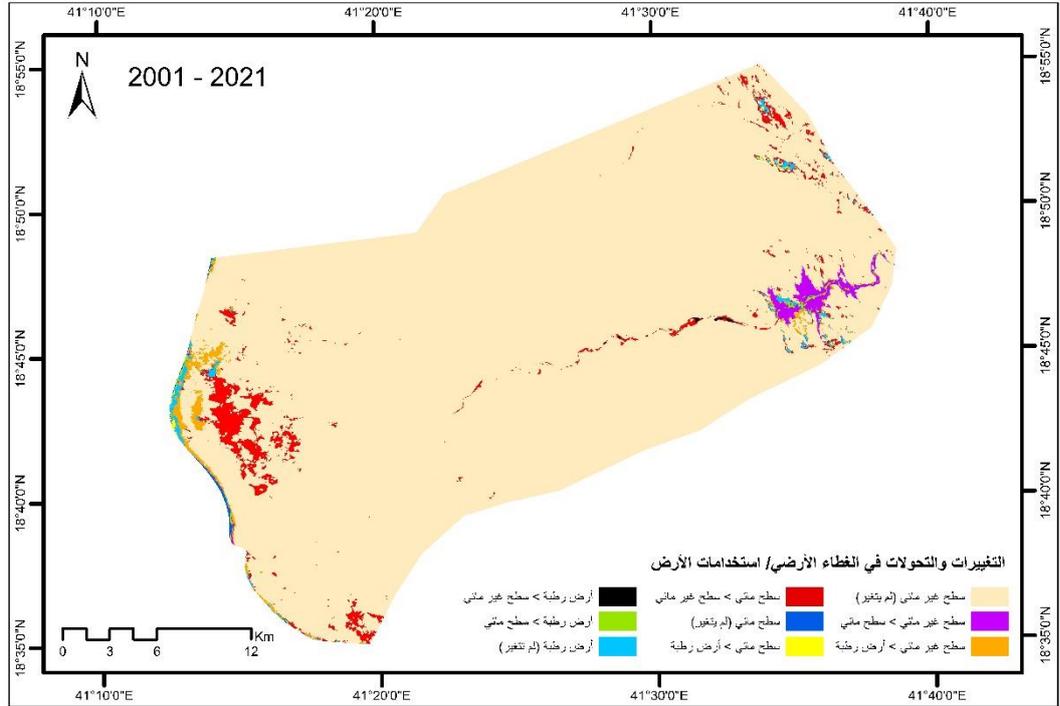
بالاعتماد على بيانات عام 2021، تم إجراء الكشف عن التغيير لإظهار التطورات والتحويلات التي حدثت للفتات الزمنية 2001-2021-  
2021 و 2011-2021 لمؤشرات NDVI شكلية 18. و 19 و NDWI شكلية 20 و 21



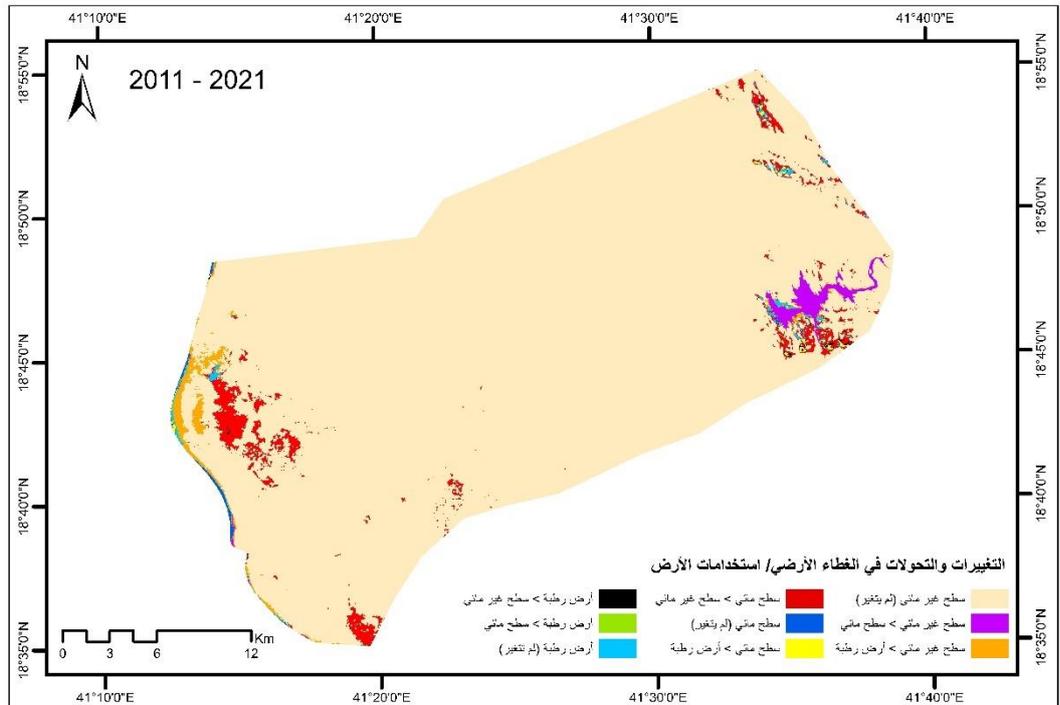
في وادي حلي بتاريخ 2001م استنادا الى NDVI شكل 18. خريطة كشف التغيرات لفئات مؤشر الغطاء النباتي



في وادي حلي بتاريخ 2011م استنادا الى NDVI شكل 19. خريطة كشف التغيرات لفئات مؤشر الغطاء النباتي



في وادي حلي بتاريخ 2001م استنادا الى NDWI 2021 شكل 20 خريطة كشف التغييرات لفئات مؤشر المياه



في وادي حلي بتاريخ 2011م استنادا الى NDWI 2021 شكل 21 خريطة كشف التغييرات لفئات مؤشر المياه

كشفت نتائج الإحصاءات أن هناك انخفاصاً واضحاً في مساحة الأراضي الرطبة كما هو موضح في الجدول 8 والجدول 9.

في وادي حلي بتاريخ 2001م و2011م استنادا الى عام 2021م NDVI جدول 8 مساحة (كم<sup>2</sup>) التغييرات والنسبة المئوية لفئات

2021 - 2011		2021 - 2001		اسم الفئة
النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	
0.12%	1.07	0.11%	0.95	سطح مائي (لم يتغير)
0.50%	4.49	0.12%	1.09	سطح مائي < غطاء غير نباتي
0.0006%	0.006	0.03%	0.31	سطح مائي < غطاء نباتي
1.03%	9.19	1.14%	10.20	غطاء غير نباتي < سطح مائي
85.33%	760.88	84.91%	756.99	غطاء غير نباتي (لم يتغير)
4.11%	36.67	5.46%	48.69	غطاء غير نباتي < غطاء نباتي
0.11%	0.97	0.005%	0.05	غطاء نباتي < سطح مائي
2.63%	23.49	3.43%	30.58	غطاء نباتي < غطاء غير نباتي
6.16%	54.93	4.78%	42.60	في وادي حلي بتاريخ 2001م و2011م استنادا الى عام 2021م NDWI جدول 9 مساحة (كم <sup>2</sup> ) التغييرات والنسبة المئوية لفئات غطاء نباتي (لم يتغير)

2021 - 2011		2021 - 2001		اسم الفئة
النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	النسبة %	المساحة كم <sup>2</sup>	
0.16%	1.46	0.13%	1.19	سطح مائي (لم يتغير)
0.31%	2.79	0.17%	1.55	سطح مائي < أرض رطبة
0.13%	1.15	0.13%	1.15	سطح مائي < سطح غير مائي
0.07%	0.62	0.28%	2.46	أرض رطبة < سطح مائي
0.70%	6.29	0.91%	8.13	أرض رطبة (لم يتغير)
3.79%	33.82	4.38%	39.09	أرض رطبة < سطح غير مائي
0.97%	8.65	0.79%	7.06	سطح غير مائي < سطح مائي
1.19%	10.62	1.12%	9.99	سطح غير مائي < أرض رطبة
92.66%	826.29	92.08%	820.82	سطح غير مائي (لم يتغير)

أصبحت بعض أجزاء السطح المائي في عام 2001 خارج حدود الوادي في عام 2021 مما أدى الى تشكيل بحيرة أكبر. على سبيل المثال، كانت المساحة الإجمالية للسطح المائي 4.69 كيلومتر مربع في عام 2001، ثم ازدادت مساحة المياه العميقة في بحيرة السد إلى 10.58 كيلومتر مربع في عام 2021. بسبب انشاء مشروع السد للحماية من الفيضانات وتخزين الماء. يبلغ التلاشي والانخفاض لإجمالي مساحة الأراضي الرطبة 39.09 كم<sup>2</sup> من فئة السطح غير المائي (التربة)، و 2.46 كم<sup>2</sup> من فئة السطح المائي بين عامي 2001-2021 وبالنسبة لعامي 2011-2021 كانت مساحة انخفاض الأراضي الرطبة 33.82 كم<sup>2</sup> من فئة السطح غير المائي (التربة)، و 0.62 كم<sup>2</sup> من فئة السطح المائي.

يوضح تحليل نتائج التغيرات أنه بين عامي 2001 و 2021، بلغ إجمالي مساحة الأرض الرطبة للمنطقة 54.67 كم<sup>2</sup> في عام 2001، ومع ذلك فقد تقلصت الى 20.46 كم<sup>2</sup> في عام 2021. ظل حوالي 8.13 كم<sup>2</sup> على حاله ولم يتغير، بينما تغيرت مساحة 39.09 كم<sup>2</sup> الى منطقة تربة غير مائية، وتغيرت 2.46 كم<sup>2</sup> الى مياه عميقة.

تم تحويل مساحة كبيرة من منطقة الدراسة الى منطقة نباتية بسبب حصاد المياه في منطقة السد وأيضاً تسبب تدفق الأسمدة والمغذيات الزراعية إلى مجري وادي حلي الى زيادة المغذيات في الجسم المائي ونمو غطاء نباتي، حيث بلغت إجمالي مساحة الغطاء النباتي 77.59 كم<sup>2</sup> في عام 2001، ومع ذلك فقد ارتفعت الى 93.95 كم<sup>2</sup> في عام 2021. بقي حوالي 42.60 كم<sup>2</sup> على حاله ولم يتغير، وتغيرت 0.05 كم<sup>2</sup> الى سطح مائي، و 30.58 كم<sup>2</sup> تغيرت الى غطاء غير نباتي (تربة).

بالمثل بلغ إجمالي الغطاء غير النباتي (التربة) للمنطقة 808.96 كم<sup>2</sup> في عام 2001، لكنها انخفضت الى 785.60 كم<sup>2</sup> في عام 2021، ومن الإجمالي بقي حوالي 756.99 كم<sup>2</sup> على حاله ولم يتغير، وتغيرت مساحة 10.20 كم<sup>2</sup> الى مساحة المسطح المائي، وتغيرت مساحة 48.69 كم<sup>2</sup> الى منطقة غطاء نباتي.

كذلك نلاحظ ازدياد ملحوظ في فئة المسطح المائي، حيث بلغت إجمالي مساحة السطح المائي 4.69 كم<sup>2</sup> في عام 2001، و 10.58 كم<sup>2</sup> في عام 2021. ومن الإجمالي بقي 1.19 كم<sup>2</sup> على حاله ولم يتغير، بينما تغيرت مساحة 1.55 كم<sup>2</sup> الى ارض رطبة، وتغيرت مساحة 1.15 كم<sup>2</sup> الى منطقة تربة غير مائية.

#### • تقييم الدقة:

تم استخدام برنامج قوئل إيرث لتقييم دقة البيانات، بعد الاطلاع على دراسات سابقة من ضمنها دراسة اجراها (Tilahun & Zubairul, 2015)، يمثل برنامج Google Earth مصدراً قوياً وجذاباً لبيانات الموقع التي يمكن استخدامها للتحقيق والدراسات الأولية بدقة مناسبة وبتكلفة منخفضة، نظراً لأن الصور من Google Earth ذات دقة مكانية عالية مجانية للجمهور ويمكن استخدامها مباشرة في رسم خرائط الغطاء الأرضي لاستخدام الأرض في نطاق جغرافي صغير.

تم استخدام NDVI بشكل أساسي لفصل مناطق الغطاء النباتي الأخضر عن أغطية الأرض الأخرى. ومع ذلك فقد حقق نتائج جيدة في الكشف عن الجسم المائي. غالباً ما يتم خلط فئات المياه باستخدام NDWI مع طبقة التربة المفتوحة، وبالتالي يكون هناك مبالغة في تقدير مساحة المياه المستخرجة كما في دراسة (Rokni, Ahmad, Selamat, & Hazini, 2014).

يقدم الجدول 10 تقييماً لإحصاءات كبا والدقة الشاملة لطريقة NDVI لأعوام الدارسة 2001 و 2011 و 2021. وبلغت الدقة الإجمالية وإحصاءات كبا 97.6% و 0.69 في عام 2001، و 92.4% و 0.88 في عام 2011، و 92% و 0.87 في عام 2021، على التوالي. بينما كانت نتائج NDWI المصنفة هي 92.8% و 0.88 و 91.6% و 0.88 و 94.4% و 0.91 على التوالي. تعكس هذه الإحصائيات أن جميع الخرائط بقي بالحد الأدنى الموصى به للدقة الإجمالية وهو 85%. كما تبين أن هناك توافقاً ملحوظاً بين البيانات المرجعية وفئات استخدام الأراضي / الغطاء الأرضي المصنفة.

تعزز النتائج الاجمالية لهذا العدد الفتره الزمنية NDWI و NDVI جدول 10 تقييم الدقة واحصاءات كتابا للتصور المصنفة: السطح المائي، والأرض

NDWI		NDVI		التاريخ
Kappa Statistics	Overall Accuracy	Kappa Statistics	Overall Accuracy	
0.88	92.8	0.96	97.6	2001
0.88	91.6	0.88	92.4	2011
0.91	94.4	0.87	92	2021

الرطوبة، والغطاء النباتي لفهم أسباب هذه التغيرات وتأثيرها وتقييم حالتها على النظام البيئي والتنوع البيولوجي. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن الأراضي الرطبة في منطقة وادي حلي في حالة تقلص مستمرة مما سيؤثر على موائل الحياة البرية وتجديد المياه الجوفية، حيث تعتبر الأراضي الرطبة الإقليمية والمحلية أجزاءً مكونة من المناظر الطبيعية الكبرى، ويعتمد البشر على كل من موقعها والمنطقة المغطاة بها، وبالتالي، فإن كل أرض رطبة فريدة من نوعها من الناحية البيئية وتلعب العديد من المهام القيمة بما في ذلك الاعتدال في المناخ الحضري، وإعادة تدوير العناصر الغذائية، والتخفيف من الفيضانات، وتصفية المياه، واستدامة تدفق مجاري المياه، وتجديد المياه الجوفية، كما تعمل أيضًا في توفير مياه الشرب وموائل الحياة البرية. يساعد هذا البحث على فهم الوضع الحالي لمنطقة الدراسة من خلال مقارنة صور لاندسات القديمة والحديثة، ويمكن ان يساعد أيضا في التنبؤ للمستقبل ليوجه عملية صنع القرارات والسياسات البيئية وإدارتها.

#### الخاتمة والتوصيات:

حللت هذه الورقة التغيرات في الغطاء الأرضي لمنطقة وادي حلي خلال العشريون عاما الماضية، وقدمت تقديرا كميًا لاستنفاد الأراضي الرطبة الذي حدث والتغير في الغطاء النباتي باستخدام مؤشري NDVI و NDWI الدقيق وتحليلات الكشف عن التغيير، حيث قارنت الدراسة بين فترات ما قبل بناء سد وادي حلي والتغيرات الأرضية التي أحدثها بعد بنائه، حيث أظهرت النتائج تطور فئة المسطحات المائية والنباتات أكثر لصالح فئة التربة المفتوحة وأن تكوين خزان السد قلل من كمية المياه السطحية نتيجة لذلك، فإن السدود ضارة بالتنوع البيئي ومع ذلك، قد يكون لها فوائد كبيرة للبيئة بشرط توفر الظروف المناسبة.

يتضح لنا ان اعتماد مبدأ التكامل في المعلومات بين معطيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، خصوصا بعد التطور التكنولوجي في البرمجيات والسهولة النسبية في الحصول على المرئيات الفضائية من الأقمار الصناعية، لإنتاج العديد من الدراسات والخرائط التفصيلية للغطاء الأرضي واستعمالات الأرض، وانه إذا ما اقترنت معاً يمكن أن توفر منصة فعالة لتخطيط ومراقبة تغيرات الأراضي، حيث مكن ذلك من أن تكون نتائج ودقة هذا البحث مكونًا قويًا لمزيد من البحث والتخطيط المتكامل لمنطقة الدراسة بالإضافة إلى كونها بمثابة دليل لممارسات استخدام الأراضي التي لها تأثير مباشر وغير مباشر على الأراضي الرطبة.

ختاماً، فإن تحليل وضع الاتجاهات المكانية والزمانية لموارد الأراضي الرطبة بالإضافة إلى نشر هذه المعلومات ضروري لدعم وحفظ وإدارة الاستخدام المستدام للنظم الإيكولوجية المائية، بالإضافة الى ان استنزاف الاراض الرطبة له تأثير على التنوع البيولوجي بما في ذلك الإنسان والحيوان وكذلك النباتات مما يقلل من مكانتها في مجال التراث العالمي. بالتالي توصي الدراسة بالاهتمام من قبل صانعي القرار بالحفاظ على هذه الهبة الطبيعية لخلق بيئة صالحة لعيش حيوانات الأراضي الرطبة بالإضافة لدورها في اعتدال المناخ المحلي،

مع اتخاذ الإجراءات اللازمة لتقليل المخاطر البيئية وتعزيز الاستخدام المستدام للجسم المائي لدوره في الحفاظ على كفاءة كمية المياه وجودته في المنطقة.

#### المراجع:

- احمد صالح المشهداني و احمد مدلول الكبيسي. 2014. علم التحسس النائي. الدار الجامعية للطباعة والنشر. 2014.
- اياد عاشور الطائي. 2000. تخطيط استعمالات الأرض للمدن باستخدام تقنيات التحسس النائي. مركز التخطيط الحضري والإقليمي. 2000.
- جمعة محمد داوود. 2015. أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد. 2015.
- عبد الله ناصر الوليعي. 2003. استراتيجية المحافظة على الاراضي الرطبة في المملكة العربية السعودية، الهيئة الوطنية لحماية الحياة الفطرية وانمائها، 2003.
- لولو عبدالرحيم. 1999. نظم تصنيف استعمالات الارض المستخدمة في الاستشعار عن بعد. الاستشعار عن بعد، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد في الجمهورية العربية السورية. 1999.
- ميشال يمين. 2008. الاستشعار عن بعد في الابحاث الجغرافية. دار النهضة العربية. 2008.
- هيئة المساحة الجيولوجية السعودية. 2012. المملكة العربية السعودية حقائق وأرقام. مكتبة الملك فهد الوطنية، 2012.

#### المراجع الأجنبية:

- Abdelkareem, Mohamed, et al. 2020.** Multispectral and RADAR images integration for geologic, geomorphic, and structural investigation in southwestern Arabian Shield, Al Qunfudhah area, Saudi Arabia. Journal of Taibah University for Science. 2020.
- Abdulateef, Ahmed Mousa and Ahmad, Walid A. 2013.** Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) To Assessment The Changes of Vegetation's Cover In Surrounding Area Of Himreen Lake. Iraqi Journa of Science. 2013.
- Adediji, A and Ajibade, L. T. 2008.** The change detection of major dams in Osun State, Nigeria using remote sensing (RS) and GIS techniques. Journal of Geography and Regional Planning. 2008.
- Ahmed, S, Selim, N and El-Raey, M. 2018.** Flash Floods Vulnerability Assessment Using GIS Spatail Modeling and Remote Sensing Data in El-Arish City, North of Sinai, Egypt. The 9th Int. Conf. for Develop. and Env. In the Arab World. 2018.
- Al-Obaid, Sami, et al. 2016.** An overview of wetlands of Saudi Arabia: Values, threats, and perspectives. The Royal Swedish Academy of Sciences. 2016.
- Alshehri, Fahad, et al. 2020.** Mapping the distribution of shallow groundwater occurrences using remote sensing-based statistical modeling over southwest Saudi Arabia. Remote Sensing in Geology, Geomorphology and Hydrology. 2020.
- Anderson, James R., et al. 1976.** A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. U.S. Geological survey . 1976.
- Buma, Willibroad Gabila, Lee, Sang-II and Seo, Jae Young. 2018.** Recent Surface Water Extent of Lake Chad from Multispectral Sensors and GRACE. Sensors. 2018.
- Chatterjee, Kajal, et al. 2015.** Assessment of environmental factors causing wetland degradation, using Fuzzy Analytic Network Process: A case study on Keoladeo National Park, India. Ecological Modelling. 2015.
- Child and Grainger. 1990.** A system plan for Protected Areas for Wild life Conservation and sustainable Rural Development in Saudi Arabia. s.l. : National Commission for Wildlife Conservation and Development (NCWCD), 1990.
- Chouari, Walid. 2021.** Wetland land cover change detection using multitemporal Landsat data: a case study of the Al-Asfar wetland, Kingdom of Saudi Arabia. Arabian Journal of Geosciences. 2021.
- Congalton, Russell G. 1991.** A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment. 1991.

- Dibs, Hayder and AL-Hedny, Suhad . 2019.** Detection wetland dehydration extent with multi-temporal remotely sensed data using remote sensing analysis and GIS techniques. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2019.
- Eid, Asmaa Nasser, et al. 2020.** Coastal wetland vegetation features and digital Change Detection Mapping based on remotely sensed imagery: El-Burullus Lake, Egypt. *International Soil and Water Conservation Research*. 2020.
- El-Asmar, H. M., Hereher, M. E. and El Kafrawy, S. B. 2013.** Surface area change detection of the Burullus Lagoon, north of the Nile Delta, Egypt, using water indices: A remote sensing approach. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2013.
- Faeq, Wisam Abbas and Mahdi, Alaa S. 2019.** The Landsat 7 imagery gap filling using median filter method. *Iraqi Journal of Physics*. 2019.
- Haque, Inzamal and Basak, Rony. 2017.** Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2017.
- Ho, Long T and Goethals, Peter L. 2019.** Opportunities and Challenges for the Sustainability of Lakes and Reservoirs in Relation to the Sustainable Development Goals (SDGs). *Sustainable Development of Lakes and Reservoirs*. 2019.
- Jawak, S. D. and Luis, A. J. 2013.** A spectral index ratio-based Antarctic land-cover mapping using hyperspatial 8-band World View-2 imagery. *Polar Science*. 2013.
- Jensen, John R. 1996.** *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective (Second edition)*. Prentice Hall. 1996.
- Khorram, Siamak, et al. 2012.** *Remote Sensing, Springer Briefs in Space Development*. Springer, Boston, MA. 2012.
- Lambin, Eric, Geist, Helmut and Lepers, Erika. 2003.** Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*. 2003.
- Li, N., et al. 2019.** Detection of coastal wetland change in China: A case study in hangzhou bay. *Wetlands Ecology and Management*. 2019.
- Lu, Shanlong, et al. 2011.** Water body mapping method with HJ-1A/B satellite imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2011.
- 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*. 1996.
- Mohamed, Soha A. and Youssef, Ismail. 2020.** Sustainable Development in Nasser Lake using the Integration of Multi-Temporal Remote Sensing Imagery and GIS. *Faculty Of Arts Journal*. 2020.
- Orimoloye, Israel R., et al. 2020.** Geospatial analysis of wetland dynamics: Wetland depletion and biodiversity conservation of Isimangaliso Wetland, South Africa. *Journal of King Saud University - Science*. 2020.
- Özüpekeç, Salman. 2019.** Investigation of Impact of Aslantaş Dam on Surrounding Environment. *Journal of Remote Sensing & GIS*. 2019.
- Prinz, WC. 1984.** Explanatory notes to the geologic map of the WadiHaliy quadrangle, sheet 18E, Kingdom of Saudi Arabia (to accom-pany map GM-74 a.C.). s.l. : Ministry petrol minres, Jeddah, SaudiArabia, 1984.
- Qiuqi, Lin and Boping, Han. 2001.** Reservoir limnology and its application in water quality management: an overview. *Acta Ecologica Sinica*. 2001.
- Shengnan, li, et al. 2009.** Influence of Hydrology Process on Wetland Landscape Pattern: A Case Study in the Yellow River Delta. *Ecological Engineering*. 2009.
- Sulaiman, Aseem, Elawadi, Eslam and Mogren, Saad. 2018.** Gravity interpretation to image the geologic structures of the coastal zone in al Qunfudhah area, southwest Saudi Arabia. *Geophysical Journal International*. 2018.
- Taufik, A., Ahmed, S. S. and Ahmad, A. 2016.** Classification of landsat 8 satellite data using NDVI tresholds. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*. 2016.
- Tilahun, Abineh and Teferie, Bogale. 2015.** Accuracy Assessment of Land Use Land Cover Classification using Google Earth. *American Journal of Environmental Protection*. 2015.
- Tilahun, Abineh and Zubairul, I. 2015.** Use of Google Earth for Land Use mapping in the Case of Gish Abbay Sekela, West Gojjam, Amhara State, Ethiopia. *International Journal of Society and Humanities*. 2015.
- Torun, Ahmet Tarık and Gündüz, Halil İbrahim. 2020.** Comparison of different classification algorithms for the detection of changes on water bodies; Karakaya Dam Lake. *Turkish Journal of Geosciences*. 2020.
- UNESCO.** UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [Online] [Cited: 5 October 2021.] <http://www.unesco.org/new/ar/natural-sciences/environment/ecological-sciences/specific-ecosystems/wetlands/>.
- Usgs.gov.** Usgs.gov. [Online] [Cited: 1 November 2021.] <https://www.usgs.gov/media/images/landsat-4-and-5-thematic-mapper-band-designations>.
- Xiao, Xiaohong, Wdowinski, Shimon and Wu, Yonggang. 2014.** Improved water classification using an application-oriented processing of Landsat ETM+ and ALOS PALSAR. *International Journal of Control and Automation*. 2014.

- Xu, R, et al. 2019.** Extraction of rivers and lakes on Tibetan Plateau Based on Google Earth Engine. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2019.
- Xue, Jinru and Su, Baofeng. 2017.** Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. Journal of Sensors. 2017.
- Zaimes, George N., Gounaridis, Dimitrios and Symeonakis, Elias. 2019.** Assessing the impact of dams on riparian and deltaic vegetation using remotely-sensed vegetation indices and Random Forests modelling. Ecological Indicators. 2019.

## "Monitoring and detecting changes to wetlands in The Valley of Hali (2001-2021)"

### ABSTRACT:

In Saudi Arabia, there are many dams of great importance, so the study aimed to monitor and evaluate the relationship between the construction of the dam and changes in the land cover of the Heli Valley using the RS and GIS approach. Landsat (TM) 2001, Landsat ETM+ 2011 and OLI-TIRS 2021 image were obtained from the U.S. Geological Survey (USGS). The NDVI and the NDWI were used to assess the direction of evolution and change in the region. The results indicated that the emergence of the Wadi Hali dam led to heavy agricultural activity and the expansion of the dam lake, but the area witnessed a decline and disappearance of wetland areas. The loss rate was 38.74 km<sup>2</sup> of wetland area. The area of increase in vegetation and water surface areas was approximately 16.36 km<sup>2</sup>, 5.89 km<sup>2</sup> between 2001 and 2021, respectively. Residential buildings were also revealed and a rise of 0.3% to 0.7% was observed between 2001 and 2021, respectively. The accuracy of the classification in the study achieved the recommended accuracy limit. The study therefore proposes attention by decision makers regarding the conservation of remaining wetland resources, taking action to reduce environmental risks, and preserve biodiversity.

**Keywords:** Geographic Information System, Remote Sensing, Environmental Change, Wetland deterioration, Dam Impacts.