

تصنيف استخدامات الأراضي وكشف التغيير بحوض وادي فاطمة،

غربي المملكة العربية السعودية

أ. فهد فيصل محمد القرشي

أ.د. محمد بن العباس داودي

Fahad Alqurashi & Mohamed Daoudi (PhD)

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية،

جامعة الملك عبد العزيز، جدة، المملكة العربية السعودية.

تصنيف استخدامات الأراضي وكشف التغيير بحوض وادي فاطمة،

غربي المهلكة العربية السعودية

أ. د. فهد فيصل محمد القرشي

أ. د. محمد بن العباس داودي

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، المملكة العربية السعودية.

مستخلص

يهدف هذا البحث إلى تصنيف استخدامات الأراضي بحوض وادي فاطمة شمال مدينة مكة المكرمة من خلال دراسة التغيرات التي طرأت على استخدامات الأراضي والغطاء النباتي باستخدام مرئيات الأقمار الصناعية، حيث تناولت الدراسة تحليل مرئيات الأقمار الصناعية ما بين عام ١٩٧٢ وعام ٢٠٢٢م، حيث تم في هذه الدراسة تصنيف استخدامات الأراضي والغطاء النباتي باستخدام مرئيات القمر الصناعي لاندسات Landsat خلال الأعوام ١٩٨٤، ١٩٩٠، و٢٠٠٠، ٢٠١٤، ٢٠١٨، و٢٠٢٢، وكذلك كشف التغيرات التي حدثت خلال تلك الفترة، كذلك تم تحليل مرئيات القمر الصناعي كورونا CORONA وكذلك القمر الصناعي Sentinel-2 والمرئيات المتاحة في منصة Google Earth للفترة ١٩٧٢ - ٢٠٢٢م لدراسة وتتبع الآثار البيئية التي حدثت خلال تلك الفترة. حيث تظهر النتائج أن هناك توسعاً متتابعاً للمناطق العمرانية ما بين ١٩٨٤ و٢٠٢٢م في حوض وادي فاطمة. يظهر التوسع العمراني بشكل واضح للمناطق القريبة من المدن الرئيسية مثل شمال مدينة مكة المكرمة والجزء الجنوبي الشرقي لمدينة جدة في غرب الحوض والجزء الشمالي الغربي لمدينة الطائف في منطقة أعلى الوادي. فيما يخص المنطقة الوسطى من الحوض، فتشير نتائج تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي في توسع ملحوظ في منقطة المنتصف تتمثل في محافظة الجموم والقرى التابعة لها، حيث شهدت مؤخراً (ما بعد عام ٢٠٠٠) توسعاً عالياً. تظهر النتائج أيضاً تغيراً في النبات الطبيعي، حيث تظهر الأحرش Bushes بشكل واضح في منطقة أدنى الوادي خلال العام ١٩٨٤م بينما تختفي في السنوات اللاحقة ابتداءً من العام ١٩٩٠م. أظهرت الدراسة أهمية استخدام مرئيات الأقمار الصناعية في مراقبة التغيرات التي تطرأ على سطح الأرض، وخاصة في متابعة التغيرات في استخدامات الأراضي

والغطاء النباتي. حيث إن مرئيات الأقمار الصناعية تمكن من تتبع هذه التغيرات وتحديد وقتها وحجمها والوضع الذي آلت إليه. وبالتالي يساعد على تقييم أفضل للتأثيرات المحتملة وصنع القرارات المناسبة. وعلية توصي الدراسة الى بناء نظام مراقبة بيئي لمنطقة حوض وادي فاطمة بشكل عام والمنطقة التي تقع في أدنى الحوض بشكل خاص لضمان استدامة المنطقة البيئية وكذلك استدامة الموارد الطبيعية فيها. وايضاً هناك حاجة ماسة للتدخل لتخفيف الآثار البيئية السلبية الناتجة عن عدم جريان المجرى الرئيسي لسد وادي فاطمة في منطقة أدنى الحوض، وذلك لأن الآثار البيئية الحالية ستشهد حدة ربما في المستقبل مما قد يزيد المخاطر على البيئة الحيوية وكذلك أخطار قد تصل حدتها لتأثر على سلامة وصحة الإنسان. كلمات مفتاحية: كشف التغيير، تغيرات استخدامات الأراضي، تغيرات الغطاء النباتي، سد وادي فاطمة.

**CLASSIFICATION OF LAND USE AND DETECT-
ING CHANGE IN WADI FATIMAH BASIN,
WESTERN OF SAUDI ARABIA
FAHAD ALQURASHI &
MOHAMED DAUDI (PHD)**

fahadalqurashi15@gmail.com

mdaoudi@kau.edu.sa mdaoudi65@gmail.com

Abstract

This research aims to classify land use in the Wadi Fatima basin, north of Makkah Al-Mukarramah, by studying the changes that have occurred in land use and vegetation cover using satellite imagery. The study analyzed satellite images between 1972 and 2022, where land use and vegetation cover were classified using Landsat satellite imagery for the years 1984, 1990, 2000, 2014, 2018, and 2022. It also detected the changes that occurred during that period. Additionally, the study analyzed images from the CORONA satellite, Sentinel-2 satellite, and imagery available on the Google Earth platform from 1972 to 2022 to study and track the environmental impacts that occurred during that period. The results show a successive expansion of urban areas between 1984 and 2022 in the Wadi Fatima basin. Urban expansion is evident in areas close to major cities such as northern Makkah Al-Mukarramah, the southeastern part of Jeddah in the western part of the basin, and the northwestern part of Taif in the upper part of the wadi. Regarding the central part of the basin, the results of land cover and land use classification indicate a noticeable expansion in the midstream area, represented by the Al-Jamum governorate and its surrounding villages, which have recently (after 2000) experienced rapid expansion. The results also show a change in natural vegetation, with bushes appearing promi-

nently in the lower part of the wadi during 1984, but disappearing in subsequent years starting from 1990. The study demonstrated the importance of using satellite imagery in monitoring changes occurring on the Earth's surface, particularly in tracking changes in land use and vegetation cover. Satellite imagery enables tracking these changes, determining their timing and magnitude, and identifying the resulting situation. Consequently, it aids in better assessing potential impacts and making appropriate decisions. The study recommends establishing an environmental monitoring system for the Wadi Fatima basin area in general, and the area located in the lower part of

the basin in particular, to ensure the environmental sustainability and the sustainability of its natural resources. There is also an urgent need for intervention to mitigate the negative environmental impacts resulting from the non-flow of the mainstream of the Wadi Fatima dam in the lower part of the basin, as the current environmental impacts may become more severe in the future, potentially increasing risks to the biotic environment and posing dangers that could affect human safety and health.

Keywords: change detection, land use changes, vegetation cover changes, Wadi Fatima dam.

١. مقدمة

(Alavipanah, 2019). منذ العام ١٩٨٢م، بينما ما قبل العام ١٩٨٢م يقدم القمر الصناعي لاندسات البيانات في أربع نطاقات طيفية وهي النطاق المرئي من الطيف بالإضافة إلى الأشعة تحت الحمراء القريبة بقدرة تميز مكاني تبلغ ٧٩م ولكن في الغالب تتم معالجتها إلى ٦٠م (Butcher, Barnes, & Owen, 2019; Chander, Markham, & Helder, 2009). بدأت مسيرة القمر الصناعي لاندسات في العام ١٩٧٢م من لاندسات ١ إلى ٥ بسمى الماسح متعدد الأطياف (Multispectral Scanner (MSS)، ثم لاندسات ٤ و٥ بسمى الراسم الموضوعي (Thematic Mapper (TM)، ثم بعد ذلك لاندسات ٧ الراسم الموضوعي المحسن Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+))، ثم أخير في الوقت الحالي لاندسات ٨ و٩ في جهاز تصوير الأرض التشغيلي ومستشعر الأشعة تحت الحمراء الحرارية Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) (Butcher et al., 2019). منذ العام ٢٠٠٨ أصبحت بيانات القمر الصناعي لاندسات متاحة للجميع بشكل مجاني (Woodcock et al., 2008) مما أتاح الفرصة للباحثين في الدراسات الأرضية وكشف التغيرات البيئية في الاستفادة من هذه البيانات الضخمة للأرض.

٢. دراسات سابقة

• درس مينير (Miner, 2010) التأثيرات الجيومورفولوجية لمصب السدود وذكر أن السدود الكبيرة عادة ما تغير النظم الطبيعية للهيدرولوجيا والرواسب، وتغير كذلك على المناظر الطبيعية على بعد مئات الكيلومترات من السد. وبينت الدراسة أن هناك تأثير على الرواسب حيث فقدت الخزانات نصف قدرتها على التخزين.

• درس جعفري وهشيمينساب (Jafari & Hashemi-nasab, 2017) تقييم آثار بناء السدود على تدهور الأراضي في وسط إيران باستخدام السلاسل الزمنية وبيانات القمر الصناعي (Landsat LST and LULC) حيث تناول في دراسته تأثير سد زاندهرود على التصحر باستخدام مرئيات القمر الصناعي Landsat في وسط إيران من العام ١٩٨٧ إلى ٢٠١٤م، وأظهرت النتائج أن هناك ارتفاع في نسبة الأراضي المألحة والجرداء تصل إلى ٥٧٣٠٢ هكتار، بينما انخفضت الأراضي الزراعية بشكل كبير في المنطقة، وبينت الدراسة أن السبب الرئيسي في هذه التغيرات المتطرفة يعزى إلى جفاف

تتيح مرئيات الأقمار الصناعية الفرصة في متابعة التغيرات التي تحدث على سطح الأرض، حيث يتكرر زيارات القمر الصناعي لسطح الأرض مرات عديدة أحياناً في شهر واحد. كما تعدّ مرئيات الأقمار الصناعية من أقوى الأدوات لمراقبة الأرض، حيث تتيح لنا تتبع الاختلافات التي تحدث على سطح الأرض ومعرفة مقدارها وحجمها مثل التغيرات التي تحدث بسبب النشاط البشري والتوسع العمراني أو التغيرات التي تحدث بشكل طبيعي على البيئة الطبيعية. كذلك لخصائص المرئيات الفضائية مثل تعدد الأطياف أهمية كبيرة لدراسة الظواهر المختلفة ومعرفة تفاصيلها. فالتقنيات المتعددة مثل النطاق المرئي من الطيف (الأزرق والأخضر والأحمر) والأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة تتيح لنا الفرصة في معرفة خصائص الأهداف وإبرازها بشكل جيد كما تساهم تعدد الأطياف في تحسين قدرة تصنيف المرئيات الفضائية وذلك بسبب وفرة المعلومات والتي من الممكن أن يعتمد عليها نظام التصنيف في الكشف عن الأهداف الأرضية (Song, Woodcock, Seto, Lenney, & Macomber, 2001).

في السنوات الأخيرة برزت مرئيات الأقمار الصناعية كواحدة من الأدوات الفعالة في دراسة الأرض خلال فترات زمنية مختلفة. ولعل أبرز مرئيات الأقمار الصناعية لدراسة التغيرات البيئية مرئيات القمر الصناعي الأمريكي لاندسات Landsat. فمنذ ١٩٧٢م عندما ظهرت أول مرئيات القمر الصناعي لاندسات لسطح الأرض، وتستمر إلى اليوم مرئياته في التدفق لتعطي أكبر مخزون معلوماتي لسطح الأرض يتجاوز ٥٠ عاماً اليوم (Loveland & Dwyer, 2012). وبمعدل زيارة كل ١٦ يوم لكل بقعة أرضية، يقدم القمر الصناعي لاندسات معلومات المرئيات للأهداف الأرضية في سبع نطاقات للطيف تشمل الأزرق Blue والأخضر Green والأحمر Red والأشعة تحت الحمراء القريبة Near Infrared والأشعة تحت الحمراء القصيرة Short Wave Infrared بالإضافة إلى النطاق الحراري من الطيف Thermal Band بقدرة تمييز مكانية تبلغ ١٢٠ متراً للقمر الصناعي رقم ٤ و٥، وقدرة تمييز مكانية تبلغ ٦٠ متراً للقمر الصناعي ٧ و١٠٠ متراً للقمر الصناعي رقم ٨، حيث أعيد تشكيلها Resampled إلى ٢٠م (Barsi, Hook, Palluconi, Schott, & Raqueno, 2006; Weng, Firozjaei, Sedighi, Kiavarz, &

هذه الدراسة على عدة حلول للحد من هذه الآثار سواء على مشاريع السدود المقاومة حالياً أو التي سوف تقام مستقبلاً ومن هذه الحلول مراجعة وتقويم برامج التشغيل والصيانة الحالية، وأيضا القيام بدراسات وأبحاث تركز على المشاكل الناتجة من إنشاء وتشغيل السدود لإيجاد حلول تناسب البيئة المحلية، وضرورة تقويم مشاريع السدود المقترحة فنياً واقتصادياً وبيئياً قبل إنشائها.

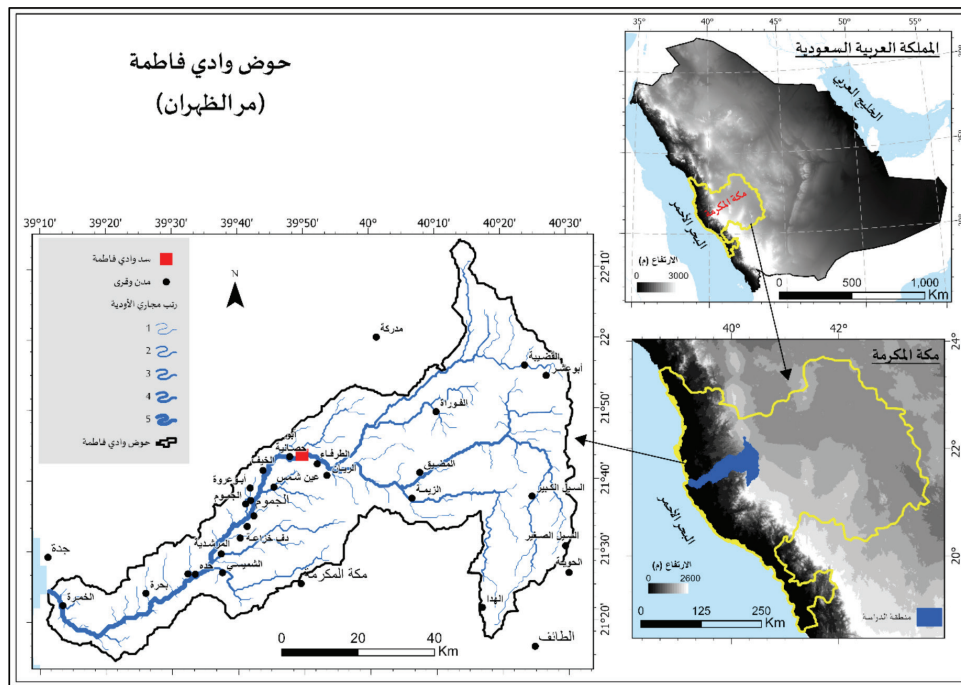
٣. منطقة الدراسة

يقع حوض وادي فاطمة (مر الظهران) كما يطلق عليه في بعض المخطوطات القديمة في المنطقة الغربية من المملكة العربية السعودية، ويبعد حوالي ٢٠ كم شمال مدينة مكة المكرمة. ويحده من الشمال حوض وادي عسفان، ومن الشرق والجنوب الشرقي حوض وادي العقيق وحوض وادي وج، وينتهي غرباً في البحر الأحمر في جنوب مدينة جدة عند منطقة الخمرة (البارودي، ١٩٨٦). ويقع سد وادي فاطمة شمال منطقة مكة المكرمة حيث أنشئ في عام ١٩٨٥م، لتغذية المصادر الجوفية لمياه الآبار، وتم إنشاء السد في منطقة أبو حصاني والتي تبعد عن محافظة الجموم بما يقارب ٢١ كم. وتبلغ السعة التخزينية للسد ٢٠ مليون كم مكعب، ويبلغ ارتفاعه ١٥ م، ويبلغ الطول الكلي للسد ٦٠٠ م (وزارة البيئة والمياه والزراعة، ١٤٤٠).

النهر وذلك بسبب بناء السد وتخصيص المياه بشكل أساسي للصناعة.

• درس السوداني وآخرون (Al-Sodany, Fadl, Far- rag, & Saif, 2015) تأثير السدود على الغطاء النباتي للمناطق الجافة، حيث بينت الدراسة تأثير السد على الغطاء النباتي في المناطق القاحلة من حيث تكوين الأنواع، شكل الحياة، والاستخدامات الاقتصادية فيما يتعلق بنوع الوادي، وتم استخدام التقنيات ومؤشرات تقييم آثار السد على أنواع الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، وخلصت الدراسة على أن بناء السدود له تأثير كبير على الغطاء النباتي.

• وقام مهرجي والفامدي (١٩٩٨) بدراسة تقويم التأثيرات البيئية لسد وادي فاطمة بمكة المكرمة وسد وادي عكرمة بمحافظة الطائف، حيث تم في هذه الدراسة وعلى مدى عام كامل دراسة تأثير السد على خصائص المياه والتربة والتأثيرات الاجتماعية والاقتصادية، والتأثير على الدبول الزراعية، وأيضا التأثير على الحياة الفطرية. وقد بينت الدراسة بعض التأثيرات البيئية الناتجة عن بناء السد ومن أهمها ترسب الطين والطين الغريني والمواد العضوية الصالحة للزراعة في حوض السد، وكذلك تأثر قيم نفاذية التربة في المنطقة الواقعة في المجرى الأعلى للوادي، وأيضا تأثر خصائص ونوعية المياه لمنطقة حوض السد ومنطقة أسفل المجرى الأدنى للوادي. وقد خلصت



شكل (١) منطقة الدراسة (المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات ALOS Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar 12.5m (ALSO PALSAR, 2011) وكذلك بالاعتماد على بيانات NASA SRTM Digital Elevation 30m والمقدمة من وكالة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS (Farr et al., 2007)).

٤. معالجة مرئيات الأقمار الصناعية

منذ ظهور مرئيات الأقمار الصناعية وهناك محاولات عدة لابتكار طرق ومناهج لتصنيف وتحليل مرئيات الأقمار الصناعية لاستخلاص المعلومات منها سواءً بشكل آلي أو موجهة. فظهرت الكثير من التقنيات والخوارزميات المختلفة مثل مؤشرات الكشف عن النباتات Vegetation Index أو التصنيف غير المراقب Unsupervised Classification أو التصنيف المراقب Supervised Classification ولكل من هذه الأساليب الإيجابيات والسلبيات (Lu, Mause, & Moran, 2004). وبشكل عام تعد هذه الأساليب الأكثر استخداماً بين المناهج المختلفة، ولكنها تعتمد في الأساس على تحليل الخلايا Pixel-based Analysis والذي يأخذ في الحسبان فقط المعلومات الطيفية Spectral information للمرئية مما قد يضعف دقة التصنيف وبالتالي يقلل من موثوقية نتائج استخلاص الأهداف الأرضية.

في الوقت الحالي ظهرت نماذج لتقنيات مختلفة تستخدم الأهداف الجغرافية Geographical Objects بدلاً من الخلايا Pixels لتصنيف الغطاء الأرضي مثل تحليل المرئيات المعتمد على الأهداف Object-based Image Analysis (OBIA) والذي يقوم بتجزئة Segmentation خلايا المرئية إلى مجموعة من الأهداف Objects بناءً على مجموعة من العناصر تشمل النسيج Texture واللون Color والشكل Shape والاكتمال Compactness وكذلك المعلومات الطيفية Spectral Information للأهداف (Chen, Weng, Hay, & He, 2018). أظهرت هذه المنهجية دقة عالية في تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي في كثير من الأحيان وذلك بفضل اعتمادها على عناصر أكثر من المعلومات الطيفية للمرئية كما ذكرنا أعلاه مما يحسّن في نتائج تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي (Gao, Mas, Niemeyer, Marpu, & Palacio, 2007; Samal & Gedam, 2015).

سيتم في هذا البحث دراسة التغيرات التي طرأت على حوض وادي فاطمة خلال خمسين عام تبدأ في عام ١٩٧٢م وتنتهي عام ٢٠٢٢م باستخدام مرئيات الأقمار الصناعية. يهدف هذا البحث إلى:

١- تصنيف استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي في حوض وادي فاطمة للأعوام ١٩٨٤، ١٩٩٠، ٢٠٠٠، ٢٠١٤، ٢٠١٨،

٢٠٢٢م باستخدام مرئيات القمر الصناعي لاندسات-Landsat .sat

٢- كشف التغيرات التي طرأت على استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي في حوض وادي فاطمة للفترات ١٩٨٤-١٩٩٠، ١٩٩٠-٢٠٠٠، ٢٠٠٠-٢٠١٤، ٢٠١٤-٢٠١٨، و٢٠١٨-٢٠٢٢م باستخدام مرئيات القمر الصناعي لاندسات-Landsat.

٣- دراسة الآثار البيئية عن طريق مراقبة التغيرات التي حدثت خلال خمسين عاماً باستخدام مرئيات القمر الصناعي كورونا للعام ١٩٧٢م ومرئيات الأقمار الصناعية للعام ٢٠٢٢م.

١.٤. منهجية العمل**١.١.٤. البيانات المستخدمة**

أستخدم في هذا البحث العديد من البيانات والتي تركز بشكل كامل على مرئيات الأقمار الصناعية للأقمار كورونا CO-RONA للعام ١٩٧٢م، ومرئيات القمر الصناعي لاندسات Landsat للأعوام ١٩٨٤، ١٩٩٠، ١٩٩٢، ٢٠٠٠م للاقط مصمّم الخرائط الموضوعي (Thematic Mapper (TM) وللأعوام ٢٠١٤، ٢٠١٨، ٢٠٢٢ لجهاز استشعار الأرض التشغيلي Oper-ational Land Imager (OLI)، والتي تم الحصول عليها من وكالة المساحة الجيولوجية الأمريكية United States Geological Survey (USGS) عبر برنامج Global Visualization (GloVis) وكذلك مرئيات القمر الأوربي Sentinel-2 والتي تم الحصول عليها من موقع Copernicus Hub التابع لدول الاتحاد الأوربي، ومرئيات Google Earth. استخدمت بيانات القمر الصناعي لاندسات للأعوام ١٩٨٤، ١٩٩٠، ٢٠٠٠، ٢٠١٤، ٢٠١٨، و٢٠٢٢م لغرض تصنيف استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي بحوض وادي فاطمة. يأتي حوض وادي فاطمة على مرئيتين لمسار القمر الصناعي لاندسات حيث الجزء العلوي من الحوض يأتي في مسار Path 169، وصف Row 45، بينما يأتي الجزء السفلي من الحوض في مسار ١٧٠، وصف ٤٥، لذلك تم استخدام أداة التجميع Mosaic لجمع المرئيتين مع بعضهما البعض لتغطي جميع حدود حوض الوادي. أخيراً تم استقطاع حدود حوض وادي فاطمة باستخدام أداة Subset في برنامج ENVI 5.6. تم في التصنيف استخدام النطاقات الطيفية ١، ٢، ٣، ٤، ٥، و٧ والتي تمثل بشكل متتابع النطاق الأزرق، والأخضر، والأحمر، والأشعة تحت الحمراء القريبة، ونطاق الأشعة تحت الحمراء المتوسطة

٢.١.٤ تصنيف مرئيات الأقمار الصناعية

Image Classification

تم في هذا البحث، تصنيف استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي باستخدام طريقة تحليل المرئيات المعتمد على الأهداف (Object-based Image Analysis (OBIA) في برنامج eCognition Developer 9.0، حيث ينقسم هذا التحليل إلى قسمين، يشمل تجزئة المرئيات وتصنيف الأهداف المجزئة، وهي كالتالي:

١. تجزئة المرئيات Image Segmentation

تعدّ تجزئة المرئيات Image Segmentation الخطوة الأولى في طريقة تحليل المرئيات المعتمد على الأهداف، حيث تُجزأ المرئية إلى مجموعة أجزاء (خلايا) تمثل أهدافاً جغرافية بناءً على النسيج واللون والشكل والاكتمال والمعلومات الطيفية (Baatz, 2000). يستخدم تجزئة المرئيات عدة طرق لتقسيم المرئية مثل تجزئة قطعة الشطرنج - Chessboard Segmentation وتجزئة تقسيم التباين - Contrast Split Segmentation والتجزئة متعددة الحدود - Multi-Threshold Segmentation والتجزئة متعددة الوضوح المكاني - Mul-

الأول والثاني الراسم الموضوعي TM، فيما استخدمت النطاقات الطيفية ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، والتي تمثل بشكل متتابع النطاق الأزرق، والأخضر، والأحمر، والأشعة تحت الحمراء القريبة، ونطاق الأشعة تحت الحمراء المتوسطة الأول والثاني لجهاز تصوير الأرض التشغيلي OLI والتي تمثل الأعوام ٢٠١٤ و٢٠١٨ و٢٠٢٢م.

استخدمت مرئيات القمر الصناعي كورونا لعام ١٩٧٢م في تحليل ورسم الأهداف الأرضية ومورفولوجية الأرض لعام ١٩٧٢م. تم الحصول على مرئيات القمر الصناعي كورونا من موقع Earth Explorer التابع لوكالة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS، كما استخدمت مرئيات Google Earth لتحليل ورسم الأهداف الأرضية ومورفولوجية الأرض للعام ٢٠٢٢م، ومقارنتها مع الخرائط التي تم الحصول عليها من مرئيات كورونا لعام ١٩٧٢م.

استخدمت مرئيات القمر الصناعي لاندسات لعام ١٩٩٢م وعام ٢٠١٨م وكذلك مرئيات القمر الصناعي Sentinel-2 للعام ٢٠٢٢م، ٢٠٢٣م لقياس مساحة المياه في سد وادي فاطمة والتي التقطت بعد حدوث عاصفة مطرية على حوض وادي فاطمة.

جدول (١-١): البيانات المستخدمة في هذا البحث

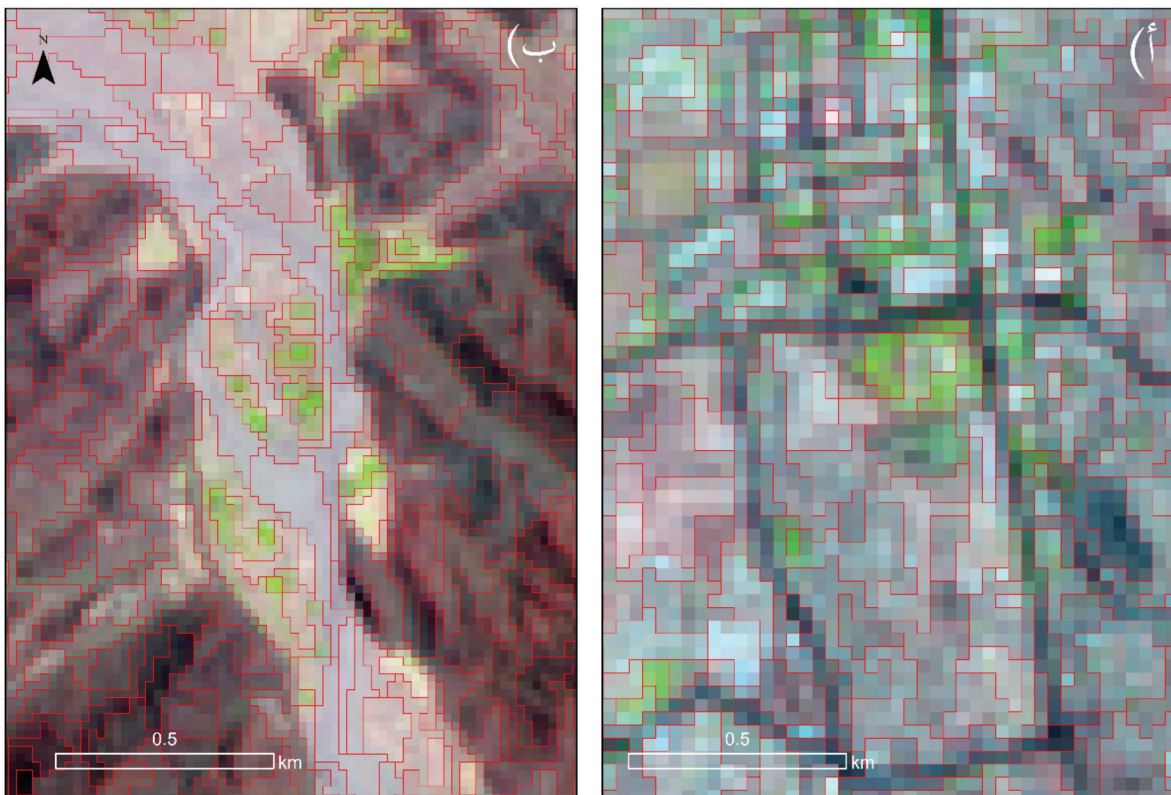
نوع البيانات	المصدر	التاريخ	النطاق الطيفي المستخدم	الغرض	التمييز المكاني
كورونا CORONA	USGS	١٩٧٢/٠٦/٠٤	Panchromatic	التفسير البصري	١,٥ م
Landsat TM	USGS	١٩٨٤/٠٤/٠٦	النطاق المرئي من الطيف، تحت الحمراء القريبة، والمتوسطة	التصنيف	٣٠ م
		١٩٨٤/٠٤/١٨			
		١٩٩٠/٠٣/٢٢			
		١٩٩٠/٠٤/٠٦			
Landsat OLI	USGS GloVis	١٩٩٢/٠١/١٣	النطاق المرئي من الطيف، تحت الحمراء القريبة، والمتوسطة	التفسير البصري	٣٠ م
		٢٠٠٠/٠٣/٢٦			
		٢٠٠٠/٠٤/٠٣			
		٢٠١٤/٠٤/١٢			
Landsat OLI	USGS GloVis	٢٠١٤/٠٤/٢٢	النطاق المرئي من الطيف، تحت الحمراء القريبة، والمتوسطة	التصنيف	٣٠ م
		٢٠١٨/٠٤/٠٧			
		٢٠١٨/٠٤/١٨			
		٢٠١٨/١١/٢٧			
Google Images	Google Earth	٢٠٢٢/٠٣/٠٧	النطاق المرئي من الطيف	التفسير البصري	٢ م
		٢٠٢٢/٠١/١٦			
Sentinel-2	Coperni- cus Hub	٢٠٢٣/٠١/٠١	الأخضر، الأحمر، تحت الحمراء القريبة	التصنيف	١٠ م
		٢٠٢٣/٠١/٠١			

إنشاء عينات Samples للغطاء الأرضي، بعد ذلك تبدأ عملية التدريب Training والتي تهدف إلى إيجاد إطار خطي (مستوى عالي) Hyperplane، حيث يقوم بفصل أصناف الغطاء الأرضي Classes بأفضل طريقة ممكنة عن طريق رسم خط يسمى حد القرار Decision Boundary، بحيث تكون عينات الفئة الأولى من الغطاء الأرضي على طرف المستوى العالي وعينات الفئة الثانية من الغطاء الأرضي على الطرف الآخر وهكذا مع الفئات Classes الأخرى من الغطاء الأرضي (شكل ٢)، عن طريق استخدام خاصية Kernel (Kavzoglu & Colkesen, 2009) function. ففي الواقع لا يمكن دائماً فصل عينات الفئات المختلفة للغطاء الأرضي خطياً، حيث إن العينات في الغالب تتداخل مع بعضها البعض (Kavzoglu & Colkesen, 2009). لذلك لا يمكن أن نحصل على نتيجة تشبه نتيجة فصل عينات الفئات كالتالي تظهر في (الشكل ٢) إلا باستخدام Kernel function. تعد السمة غير الخطية Nonlinearity لفصل عينات فئات الغطاء الأرضي عن بعضها البعض أحد مشكلات آلة المتجهات الداعمة، والتي يتم التحكم بها باستخدام خاصية Ker-

(tiresolution Segmentation (Baatz, 2000). في هذا البحث تم استخدام التجزئة متعددة الوضوح (شكل ٢) بسبب قدرتها على تقسيم مرئيات الأقمار الصناعية ذات الدقة المكانية المتوسطة مثل مرئيات القمر الصناعي لاندسات بكفاءة عالية، حيث يقوم بتطبيق إجراء يعتمد على تقليل متوسط عدم التجانس بين الأهداف لقدرة وضوح مكاني معين. تم تعديل مقياس المعامل Scale Parameter إلى ٥، بينما عدلت درجة الشكل Shape إلى ١، ٠ ودرجة الاكتناز Compactness إلى ٠، ٨.

٢. تصنيف الأهداف Objects classification

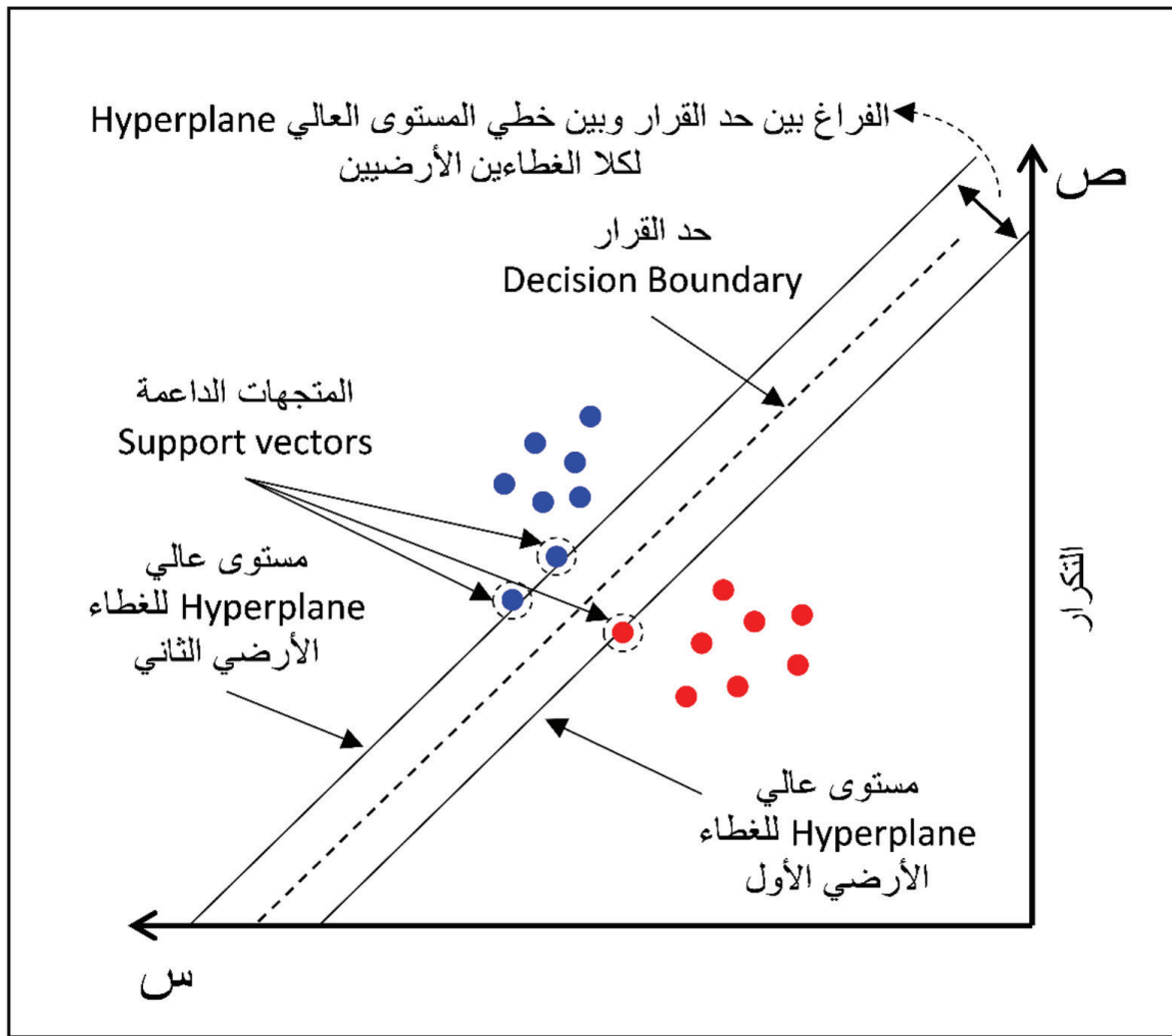
تم تصنيف الأهداف المجزأة باستخدام خوارزمية آلة المتجهات الداعمة (Support Vector Machine (SVM)، حيث يقوم بتوجيه العينات Samples باستخدام خوارزميات التعلم Learning Algorithms وذلك من أجل تقديم دقة أعلى في الفصل بين أهداف الغطاء الأرضي. تعد خوارزمية آلة المتجهات الداعمة واحدة من أقوى طرق التنبؤ والتصنيف المراقب، حيث تستند على أطر التعلم الإحصائي (Huang, Davis, & Townshend, 2002). تبدأ الخوارزمية عند



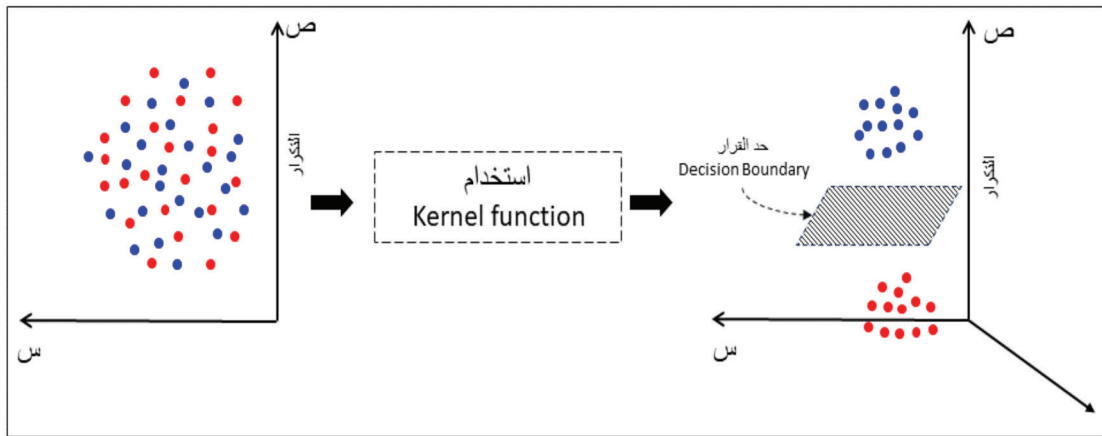
شكل (٢): تجزئة المرئيات باستخدام Multiresolution Segmentation: (أ) المناطق العمرانية، (ب) مجرى الوادي والأهداف الأخرى مثل النباتات والجبال (الطيف المرئي للمرئية يمثل الألوان غير الحقيقية أو الزائفة لنطاق الأشعة تحت الحمراء القصيرة ونطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة والنطاق الأحمر) (المصدر: إعداد الباحث).

إلى نباتات وتمثل القيمة 1، وغطاء آخر غير النبات ويمثل القيمة صفر، أي كان هذا الغطاء، وبالتالي فإن القيمة صفر يتم تجاهلها لأنها لا تمثل التصنيف المطلوب للنبات)، ثم تقوم لاحقاً بجمع جميع الأصناف والتي تمثل القيمة 1، وتقوم بعد ذلك بتسميتها اعتماداً على العينات Samples المدخلة. شهدت السنوات الأخيرة استخدامات واسعة لخوارزمية آلة المتجهات الداعمة في تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي في الكثير من الأبحاث مثل (Gleason & Im, 2012; Thanh N. & Kappas, 2018; Zhang et al., 2014) نظراً لدقتها في تصنيف الغطاء الأرضي.

(Kavzoglu & Colkesen, 2009) (الشكل 3) nal function يعتمد تصنيف فئات الغطاء الأرضي باستخدام آلة المتجهات الداعمة على تحديد مناسب ودقيق لخاصية Kernal function والتي تستطيع إيجاد أفضل طريقة لتقسيم عينات فئات الغطاء الأرضي، وبالتالي إيجاد سمة خطية Linearity بين العينات المختلفة لفئات الغطاء الأرضي (Sheykhoum, 2020). في الأساس يعتمد التصنيف باستخدام خوارزمية آلة المتجهات الداعمة على طريقة ثنائية التصنيف Binary classification، والتي تقوم بفصل كل صنف من أصناف الغطاء الأرضي في مجموعة منفصلة، ثم تقوم بقراءة العينات على أساس قيمتين فقط وهي صفر وواحد (مثلاً: عند قراءة العينات في غطاء النبات فإن الآلة تقوم بتقسيم العينات



شكل (٢): طريقة عمل خوارزمية آلة المتجهات الداعمة (Support Vector Machine (SVM في تصنيف الغطاء الأرضي (المصدر (Kavzoglu & Colkesen, 2009) مع التعديل من الباحث بالتصرف).



شكل (٤): آلة المتجهات الداعمة (Support Vector Machine (SVM) غير الخطية وطريقة تنظيم عينات فئات الغطاء الأرضي باستخدام Kernel function
المصدر (Kavzoglu & Colkesen, 2009) مع التعديل من الباحث بالتصرف).

دقة أكثر في تقييم الدقة وثبات في نتائج التصنيف (Foody, Congalton, 2002). لاحقاً تم قياس مجموعة من المعايير (Congalton, 1991) لكشف دقة التصنيف مثل الدقة الإجمالية Over-accuracy و Producer's Accuracy و User's Accuracy و دقة المنتج Accuracy.

٥. نتائج ومناقشة

١.٥. تقييم دقة التصنيف

يوضح الجدول (١-٢) دقة التصنيف المستخلصة من مرئيات الأقمار الصناعية (لاندسات) للأعوام ١٩٨٤، ١٩٩٠، ٢٠٠٠، ٢٠١٤، ٢٠١٨، و٢٠٢٢، حيث تظهر النتائج وجود دقة عالية للتصنيف تمثل فيها الدقة الإجمالية ما يقارب ٩٥٪ في ١٩٨٤ كأقل نسبة بينما بلغت أعلى نسبة في العام ٢٠١٨ بـ ٩٧٪.

تم تصنيف الحوض إلى أربع تصنيفات تمثل الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي بالحوض وتشمل المياه والتربة العارية والمناطق العمرانية والنباتات وتشمل النباتات الطبيعية والأراضي الزراعية. تم رسم العينات لجميع التصنيفات الغطاء الأرضي باستخدام برنامج ArcMap 10.8. بعد ذلك نقلت العينات إلى eCognition Developer على صيغة Shapefile. حوالي ٧٠٪ من العينات تم استخدامها للتدريب Train-validation بينما ٣٠٪ استخدمت في فاعلية الدقة Validation. استخدمت دالة الأساس الإشعاعي Radial basis كدالة Kernel، تم ضبط معامل ثابت السعة Capacity constant ((C إلى ٢.

٣. تقييم دقة التصنيف Accuracy of classification assessment

لتقييم دقة التصنيف تم استخدام مصفوفة الخطأ Error Matrix وذلك لمقارنة تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي مع عينات للأهداف التي تم اختيارها عشوائياً Stratified Random Sampling لجميع السنوات المحددة (١٩٨٤ و ١٩٩٠ و ٢٠٠٠ و ٢٠١٤ و ٢٠١٨ و ٢٠٢٢). نظراً لزيادة التغيرات التي حدثت بمرور السنوات (Foody, 2002)، تم اختيار العينات بشكل متزايد مع السنوات، حيث تم إنشاء ٨٦٥ عينة لعام ١٩٨٤م، ١٠١٣ عينة للعام ١٩٩٠م، و١٢٢٥ عينة للعام ٢٠٠٠م، و٢٠٣٥ عينة للعام ٢٠١٤م، و٢٤٣٢ عينة للعام ٢٠١٨م، وأخيراً ٢٩٩٨ عينة للعام ٢٠٢٢م. تضمن هذه الطريقة

جدول (٢-١): دقة تصنيف مرثيات القمر الصناعي لاندسات خلال فترة الدراسة

العام	دقة المنتج (%)	دقة المستخدم (%)	الدقة الإجمالية (%)	معامل كابتا
١٩٨٤	٩٠,٣	٩٣,٢	٩٤,٧	٠,٩١
١٩٩٠	٩١,٨	٩٤,٦	٩٥,٦	٠,٩٢
٢٠٠٠	٨٩,٩	٩١,٨	٩١,٧	٠,٨٨
٢٠١٤	٩٣,٧	٩٣,٨	٩٦,٨	٠,٩٣
٢٠١٨	٩٤,٦	٩٥,١	٩٧,٣	٠,٩٤
٢٠٢٢	٩٣,٨	٩٤,٧	٩٦,٨	٠,٩٣

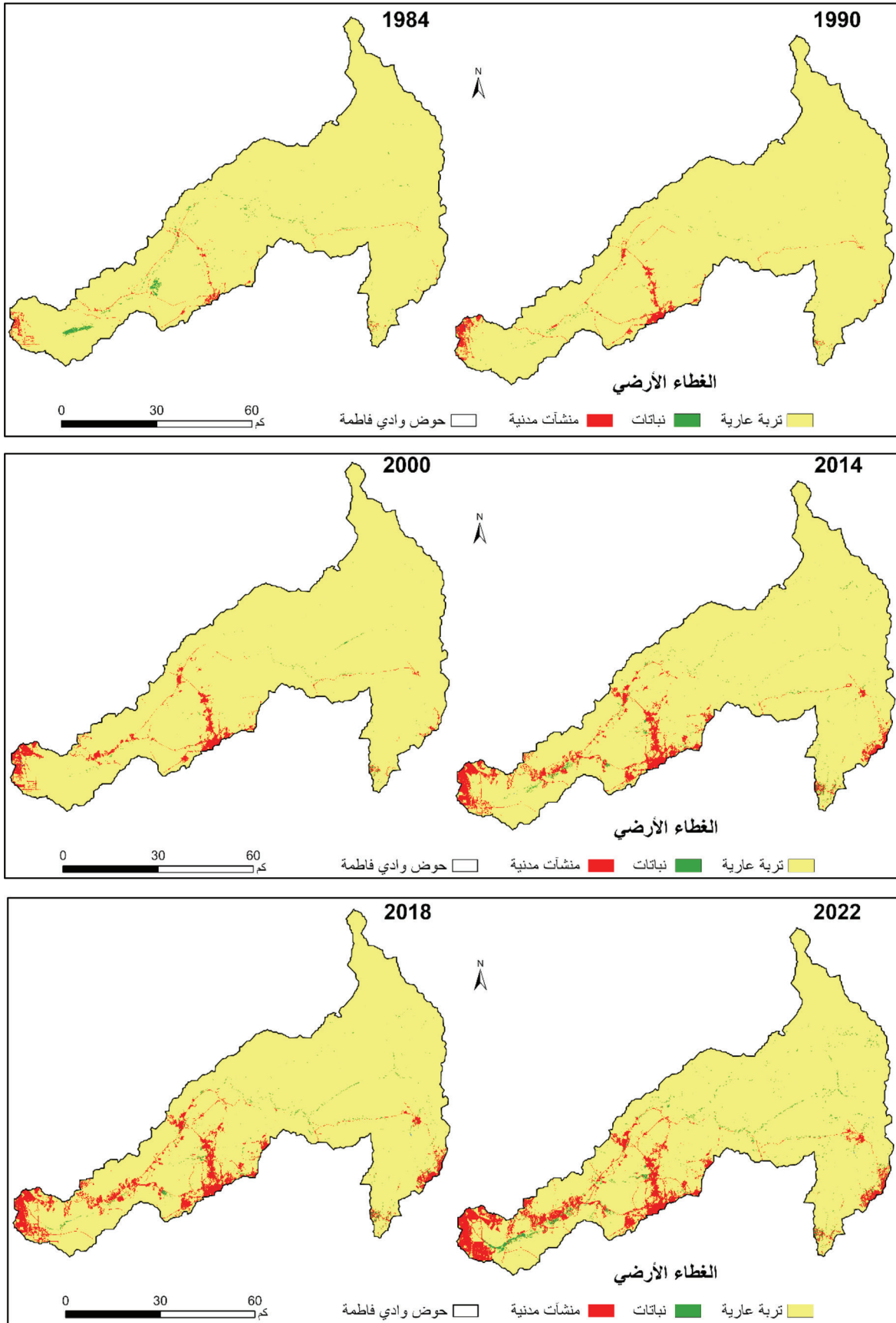
اللاحق ١٩٨٥م، مما قد يكون سبباً في وقف تدفق المياه في الوادي وبالتالي تأثر النبات الطبيعي. خلال العام ٢٠١٤م والعام ٢٠٢٢م ظهرت النباتات بشكل ملحوظ في نفس منطقة أدنى الوادي، ولكن عند الزيارة الميدانية للمنطقة أتضح ان السبب يعود هنا إلى المياه الجوفية الناتجة عن تصريف مياه الصرف الصحي بسبب التوسع العمراني في المنطقة ونشأة الكثير من المصانع والتي تقوم بتصريف المياه في منطقة حوض الوادي. نتج عن تصريف المياه في حوض الوادي إلى تراكم بحيرات وجريانها في بعض الأحيان (شكل ٥) عام ٢٠٢٢، وظهور الكثير من الشجيرات بشكل طبيعي على ضفاف هذه المياه.

تغطي معظم أراضي الحوض التربة العارية وتتكون من الصخور والتربة التي لا تنشأ عليها نباتات أو مياه أو مناطق عمرانية، بعض هذه المناطق تتكون فيها الصخور والمنحدرات كما تم ذكره في الفصل الثاني وبعض هذه المناطق تكون سهليه ومنبسطة وبالأخص مناطق أدنى الحوض. هذه المناطق المنبسطة والسهلية عرضة للتغيير والاستغلال بشكل أكبر من المناطق التضاريسية والمنحدرات، لذلك يظهر الشكل ٣-٤ التطور الذي يحصل في مناطق أدنى الحوض خلال السنوات أكثر من مناطق أعلى الوادي.

٢.٥. الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي بحوض وادي فاطمة (١٩٨٤ - ٢٠٢٢)

يظهر (الشكل ٥) استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي بحوض وادي فاطمة للفترة ١٩٨٤ - ٢٠٢٢، حيث تظهر النتائج أن هناك توسعاً متتابعاً للمناطق العمرانية ما بين ١٩٨٤ و ٢٠٢٢م في حوض وادي فاطمة. يظهر التوسع العمراني بشكل واضح للمناطق القريبة من المدن الرئيسية مثل شمال مدينة مكة المكرمة والجزء الجنوبي الشرقي لمدينة جدة في غرب الحوض والجزء الشمالي الغربي لمدينة الطائف في منطقة أعلى الوادي. فيما يخص المنطقة الوسطى من الحوض، فتشير نتائج تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي في توسع ملحوظ في منقطة المنتصف تتمثل في محافظة الجموم والقرى التابعة لها، حيث شهدت مؤخراً (ما بعد عام ٢٠٠٠) توسعاً عالياً. من المتوقع ان تشهد تلك المناطق بالإضافة إلى أطراف المدن الرئيسية توسعاً مستمراً في المستقبل، مما قد يجعل الأنشطة البشرية تسيطر بشكل كبير على استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي بحوض وادي فاطمة وبالأخص الجزء الأدنى من الحوض وذلك لسببين: الأول هو سهولة الأرض للبناء وأقامه المنشآت البشرية عليها لعدم وجود تضاريس وعرة تمنع أو تحد من البناء كحال منطقة أعلى الوادي والثاني لوقوع منطقة أدنى الحوض بين مدينتي مكة المكرمة وجدة واللذان تشاهدان توسعاً عمرانياً كبيراً ليس فقط على مستوى منطقة مكة المكرمة، بل على مستوى المملكة العربية السعودية.

تظهر النتائج في الشكل (٥) أيضاً تغييراً في النبات الطبيعي، حيث تظهر الأحرش Bushes بشكل واضح في منطقة أدنى الوادي خلال العام ١٩٨٤م بينما تختفي في السنوات اللاحقة ابتداءً من العام ١٩٩٠م، قد تكون هذه مؤشراً لتوقف المياه الجارية بسبب سد وادي فاطمة، حيث أنشئ السد في العام



شكل (٥): الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي بحوض وادي فاطمة ما بين ١٩٨٤ و ٢٠٢٢ (المصدر: إعداد الباحث).

تبلغ ١٠ هكتار فقط، لتعود خلال العام ٢٠١٨م للارتفاع مرة أخرى، وتبلغ أعلى ارتفاع لها في حوض وادي فاطمة إلى العام ٢٠٢٢م بمساحة تقارب ٩٤ هكتار. ولكن بشكل عام المياه السطحية شحيحة في منطقة الدراسة وربما تظهر بشكل مباشر بعد مواسم الأمطار ثم تعود تتبخّر بشكل سريع بسبب الحرارة العالية ودرجات التبخر المرتفعة في المناطق الصحراوية.

٣.٥. كشف التغيير Change Detection في حوض وادي فاطمة

يُعرّف كشف التغيير Change Detection بأنه عملية تحديد الاختلافات التي تطرأ على حالة هدفاً أرضياً ما أو ظاهرة جغرافية معينة عن طريق ملاحظتها ومراقبتها خلال فترات زمنية مختلفة (Singh, 1989). يعتبر كشف التغيير واحداً من الأدوات المهمة لتحقيق فهم أكبر للتغيرات التي تطرأ على سطح الأرض وكذلك التفاعل بين الاستخدام البشري والظواهر الطبيعية لمعرفة مقدار وحجم وكيفية حدوث تلك التغييرات على الظواهر الأرضية (Lu et al., 2004).

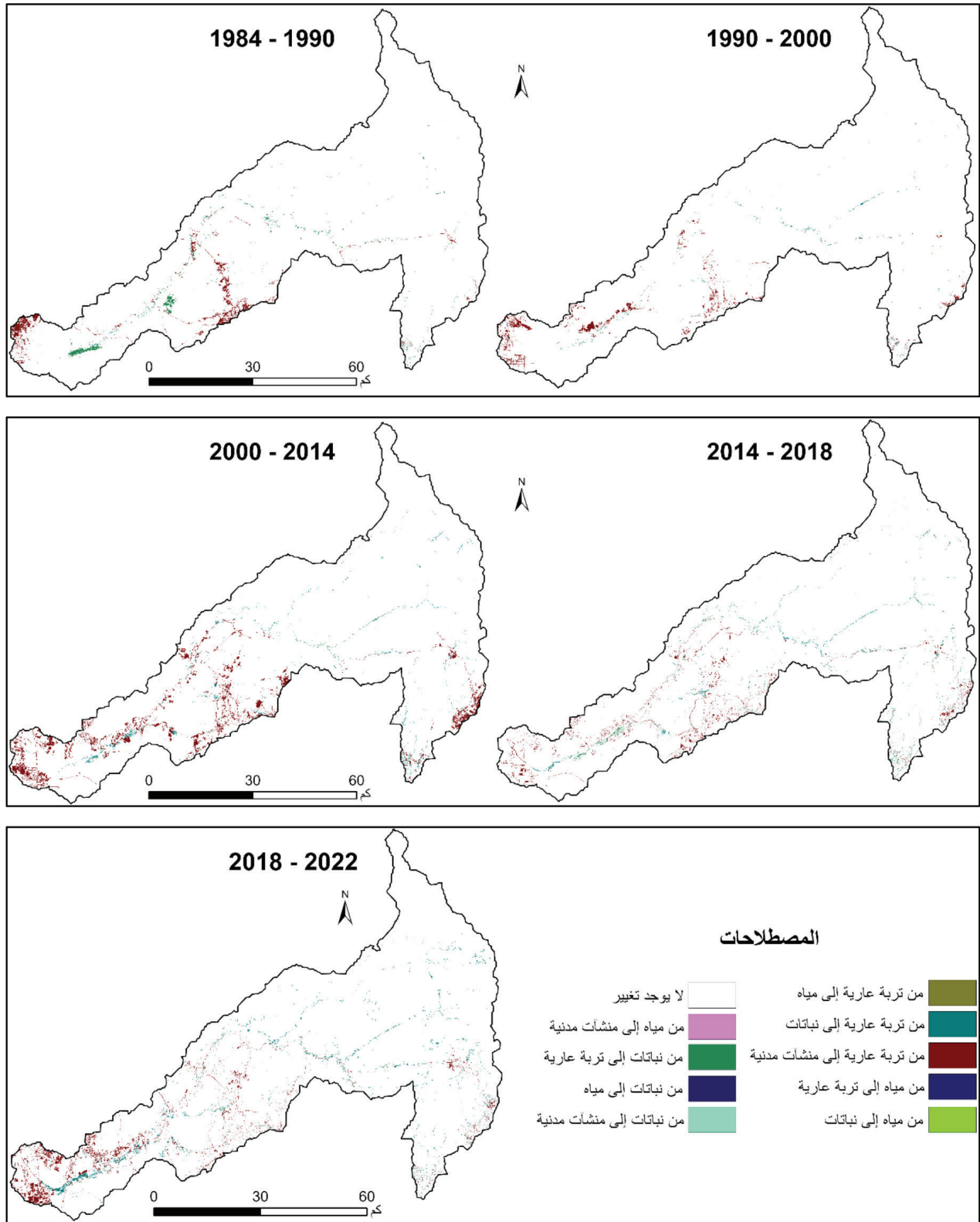
الشكل (٦) يظهر التغيرات التي طرأت على حوض وادي فاطمة خلال ٣٨ عام الماضية. خمس فترات (١٩٨٤ - ١٩٩٠ و ١٩٩٠ - ٢٠٠٠ و ٢٠٠٠ - ٢٠١٤ و ٢٠١٤ - ٢٠١٨ وأخيراً ٢٠١٨ - ٢٠٢٢) تم تتبع التغيرات التي طرأت خلالها. تم استخدام تقنية مناظرة الخلايا Pixels المكانية (من - إلى) والتي تتيح مقارنة الغطاء الأرضي في السنة الأولى مع ما يقابله في السنة اللاحقة، فمثلاً خلية صُنفت في عام ١٩٨٤ تربة عارية، وتغيرت في العام ١٩٩٠ إلى منطقة عمرانية تصبح تربة عارية إلى مناطق عمرانية وهكذا مع باقي الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي الأخرى.

تظهر الأرقام في الجدول (٣-١) مساحة كل نوع من أنواع الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي في حوض وادي فاطمة ما بين ١٩٨٤م و٢٠٢٢م، حيث بلغت مساحة النباتات في العام ١٩٨٤م ما يزيد عن ٣٠٠٠ هكتار، ثم تناقصت في الفترة التالية ١٩٩٠م إلى فقط ٨٦٢ هكتار واستمرت كذلك خلال العام ٢٠٠٠م بما يزيد عن ٧٠٠ هكتار، ولكن عادت مساحة النباتات في الزيادة خلال العام ٢٠١٤م وكذلك ٢٠١٨م بما يزيد عن ٣٠٠٠ هكتار وفي العام ٢٠٢٢م تضاعف هذا العدد إلى ما يقارب ٧٠٠٠ هكتار. ربما يعود السبب للزيادة الكبيرة في العام ٢٠٢٢م إلى تنامي النشاط الزراعي في منطقة أعلى الوادي وظهور الشجيرات العشبية في منطقة أدنى الوادي بسبب مياه الصرف الصحي، كما ذكر سابقاً. زادت كذلك مساحة المناطق العمرانية بشكل ملحوظ حيث بلغ الفرق بين العام ١٩٨٤م والعام ١٩٩٠م ما يقارب ٥٠٠٠ هكتار أي بنسبة ٥١٪ معدل زيادة، وتباطأت نسبة الزيادة قليلاً خلال العام ٢٠٠٠م لتبلغ ما يقارب ٢٥٪، لتعود للارتفاع مرة أخرى خلال العام ٢٠١٤م لتبلغ ٤٧٪، ثم تعود للانخفاض مرة أخرى إلى ٩٪ للعام ٢٠١٨م، و٢٠٪ خلال العام ٢٠٢٢م. لذلك تعد الفترة ١٩٨٤ - ١٩٩٠ هي الفترة الأعلى في الزيادة العمرانية، تليها الفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠١٤.

قد يكون السبب في زيادة المناطق العمرانية خلال الفترة ١٩٨٤ - ١٩٩٠ إلى خطط الدولة في تقديم المساعدات والقروض بدون فوائد للمواطنين والقطاع الخاص خلال فترة الثمانينات الميلادية والذي نجم عنه توسع عمراني ملحوظ في أطراف المدن الرئيسية مثل مدينة مكة المكرمة ومدينة جدة ومدينة الطائف (Alqurashi & Kumar, 2016)، كما تظهر المياه تذبذب خلال سنوات الدراسة، في حين لم يكن هناك مياه سطحية في حوض وادي فاطمة خلال العام ١٩٨٤م، ظهرت المياه في العام ١٩٩٠م بمساحة بلغت ٢٧ هكتار، و٢٥ هكتار للعام ٢٠٠٠م، ثم انخفضت بشكل ملحوظ خلال العام ٢٠١٤م

جدول (٣-١): مساحة الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي بالهكتار

الغطاء الأرضي	١٩٨٤	١٩٩٠	٢٠٠٠	٢٠١٤	٢٠١٨	٢٠٢٢
التربة العارية	٥١٤٥٧٠, ٦٨	٥١٢٠٨٦, ١	٥٠٧١٢٧, ١	٤٩٢٠٨٢, ٥	٤٨٩١٥٩, ٩	٤٧٨٢٦٢, ٧٩
النباتات	٣١٧٦, ٤٦	٨٦١, ٧٥	٧٠٤, ٦٨	٣١٦٩, ٥٣	٣٣٤٣, ٤١	٦٨٤٣, ٢٤
المناطق العمرانية	٤٥٥٠, ٤	٩٣١٥, ٥٤	١٤٢٢٦, ٥٧	٢٧٠٣٥, ٩١	٢٩٧٧٠, ٢٩	٣٧٠٨٩, ١٨
المياه	٠	٣٧, ٠٨	٣٥, ٠١	١٠, ١٧	٢٣, ٤	٩٣, ٨٧



شكل (٦): كشف التغير بين ١٩٨٤ و ٢٠٢٢ في منطقة الدراسة (المصدر: إعداد الباحث).

٤.٥. الآثار البيئية والتغيرات البشرية للفترة ما بين ١٩٧٨ - ٢٠٢٢م

التغيرات الطبيعية في الغالب تأخذ وقتاً أطول لحدوثها، فقد تحدث خلال عقد من الزمن، أو قرن أو عدة قرون، بعكس التغيرات البشرية والتي تحدث بشكل متسارع ربما سنوات قليلة أو أشهر أو حتى خلال أسابيع قليلة. فالتغير على سبيل المثال في مورفولوجية الأرض يظهر بشكل بطيء خلال سنوات عديدة، فمعظم العمليات الجيومورفولوجية تعمل بمعدلات بطيئة تأخذ أوقاتاً أطول لتظهر آثارها بشكل واضح. وقد تسهم العوامل البشرية في تسريع العمليات الجيومورفولوجية وربما تسبب تدهوراً للأرض بشكل أكبر من التغيرات الطبيعية والتي تحدث نتيجة اختلال في العوامل الطبيعية. ولمعرفة التغيرات الطبيعية والبشرية خلال الفترات الماضية فلا بد من العودة إلى الفترات الأولى لنمو النشاط البشري الذي حدث في مكان ما، ومراقبة الأهداف الأرضية خلال هذه الفترة ومقارنتها بالتطور الذي يحدث خلال السنوات اللاحقة.

شهدت المملكة العربية السعودية بشكل عام تطوراً عمرانياً كبيراً خلال فترة السبعينات الميلادية نتيجة للنمو الاقتصادي للبلاد الناجم عن ارتفاع أسعار ومبيعات النفط (Alqurashi, 2021). قامت الدولة بتوجيه عوائد النفط بشكل كبير إلى التطوير العمراني لجميع مناطق المملكة وبالأخص المدن الكبيرة منها مثل الرياض وجدة ومكة المكرمة وغيرها من المدن الرئيسية (Alqurashi & Kumar, 2016). ولموقع حوض وادي فاطمة أهمية كبيرة بالنسبة لمدينتي جدة ومكة المكرمة، حيث تتوسط منطقة أدنى الحوض المدينتين الكبيرتين واللذان تشهدان توسعاً مضطرباً. كما أن المدينتين تستفيدان من المياه الجوفية للوادي بشكل مباشر سواءً عن طريق مد الأنابيب إلى المدن مثل عين الجديدة أو نقل الماء عن طريق الصحاريح. ساهمت هذه العمليات سواءً التوسع العمراني المكاني أو نقل المياه الجوفية من الوادي بشكل كبير إلى تدهور الأراضي في الحوض. إضافة إلى العاملين السابقين، نجد أن سد وادي فاطمة الذي أنشئ في عام ١٩٨٥م بهدف تأمين مياه الشرب (أمانة منطقة مكة المكرمة، ٢٠٢٢)، قد يكون له أثر واضح على المناطق التي تقع إلى ما بعد السد في منطقة الحوض الأدنى من الوادي.

تمثل مرئيات كورونا CORONA والتي تعود إلى فترة ستينات وسبعينات القرن الماضي، مصدراً مهماً للبيانات

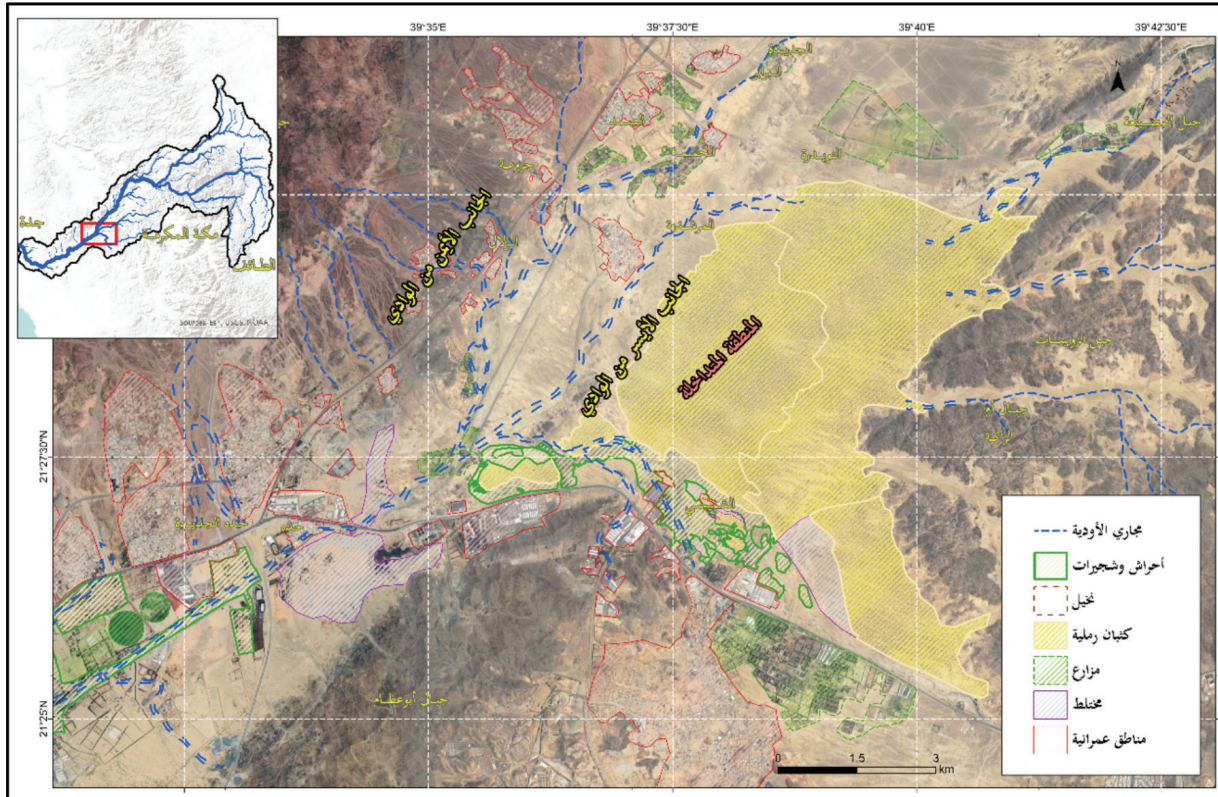
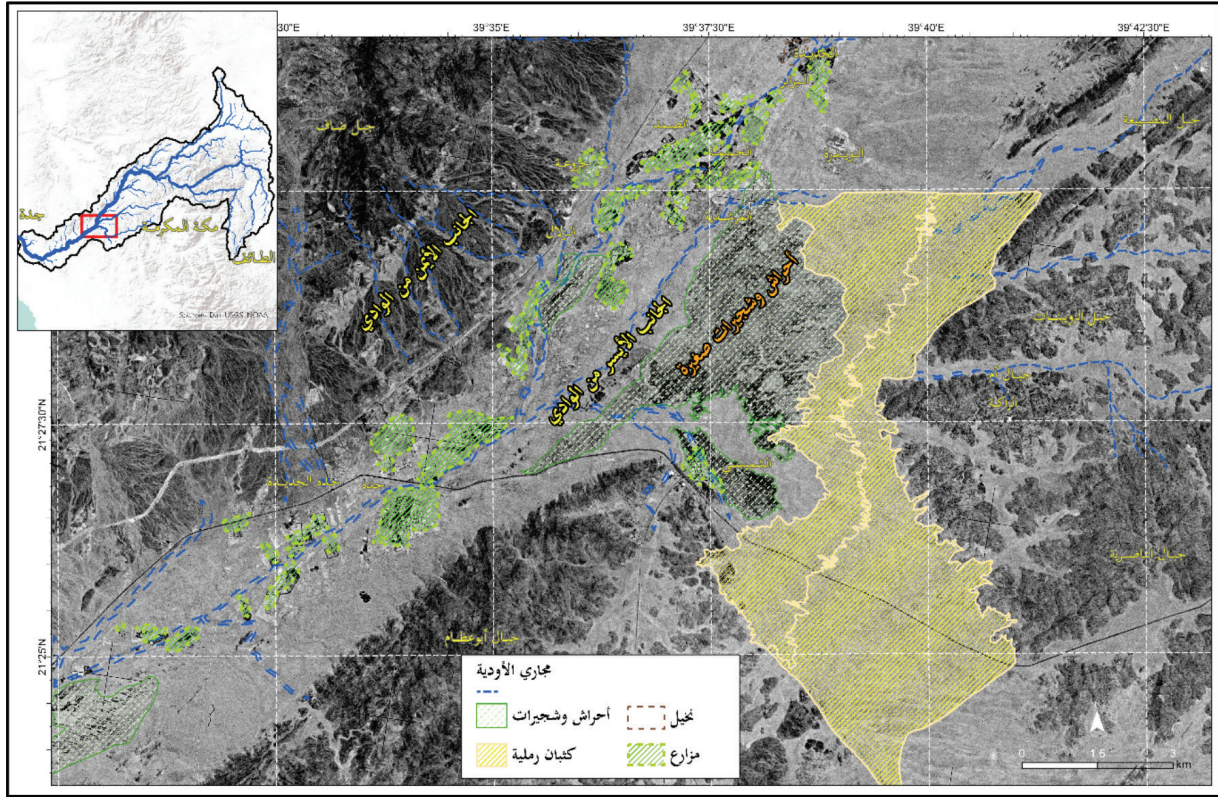
المكانية خلال هذه الفترات وقبل ظهور القمر الصناعي لاندسات Landsat. مرئيات القمر الصناعي كورونا كانت معدة للأعمال العسكرية الأمريكية لأغراض التجسس خلال فترة الستينات والسبعينات الميلادية، ولكن في الفترة الأخيرة تم رفع السرية عن هذه المرئيات ومنحها للعامه للأغراض العلمية من خلال وكالة المسح الجيولوجي الأمريكي USGS بمقابل مادي بسيط. تلتقط هذه المرئيات الأهداف الأرضية بدرجة وضوح مكاني يتراوح ما بين ٠,٦ إلى ٢م (Fekete, ٢٠٢٠)، وتقوم بتصوير الأرض بتدرج اللون الأبيض والأسود Panchromatic. تقدم هذه المرئيات ميزة مهمة لدراسة التغيرات التي تحدث على الأرض خلال فترات زمنية سابقة وتتيح الفرصة لمقارنة شكل الأرض في الماضي بشكل الأرض حالياً، خصوصاً مع درجة الوضوح المكاني العالية لهذا النوع من البيانات.

في الشكل (٧) مقارنة للتغيرات التي حدثت في منطقة الحوض الأدنى من وادي فاطمة للمنطقة غرب محافظة الجموم إلى منطقة الشميسي جنوب غرب الحوض للعام ١٩٧٢م باستخدام مرئيات كورونا وللعام ٢٠٢٢م باستخدام مرئيات Google Earth. تم ترقيم الأهداف المورفولوجية الأرضية مثل الكثبان الأرضية ومجاري الأودية والأحراش والشجيرات وكذلك الأهداف البشرية مثل المناطق الزراعية والمناطق العمرانية في هذه المنطقة خلال العام ١٩٧٢م، وخلال العام ٢٠٢٢م. تم أيضاً من خلال الخرائط الطبوغرافية والتي تعود للعام ١٩٧٠م وتم تنفيذها من قبل إدارة المساحة الأرضية بوزارة البترول والثروة المعدنية (وزارة الطاقة حالياً) بمقياس رسم ١:٥٠,٠١٠، رسم القرى والبلدات وكذلك العيون وأسماء الجبال والحرث في المنطقة.

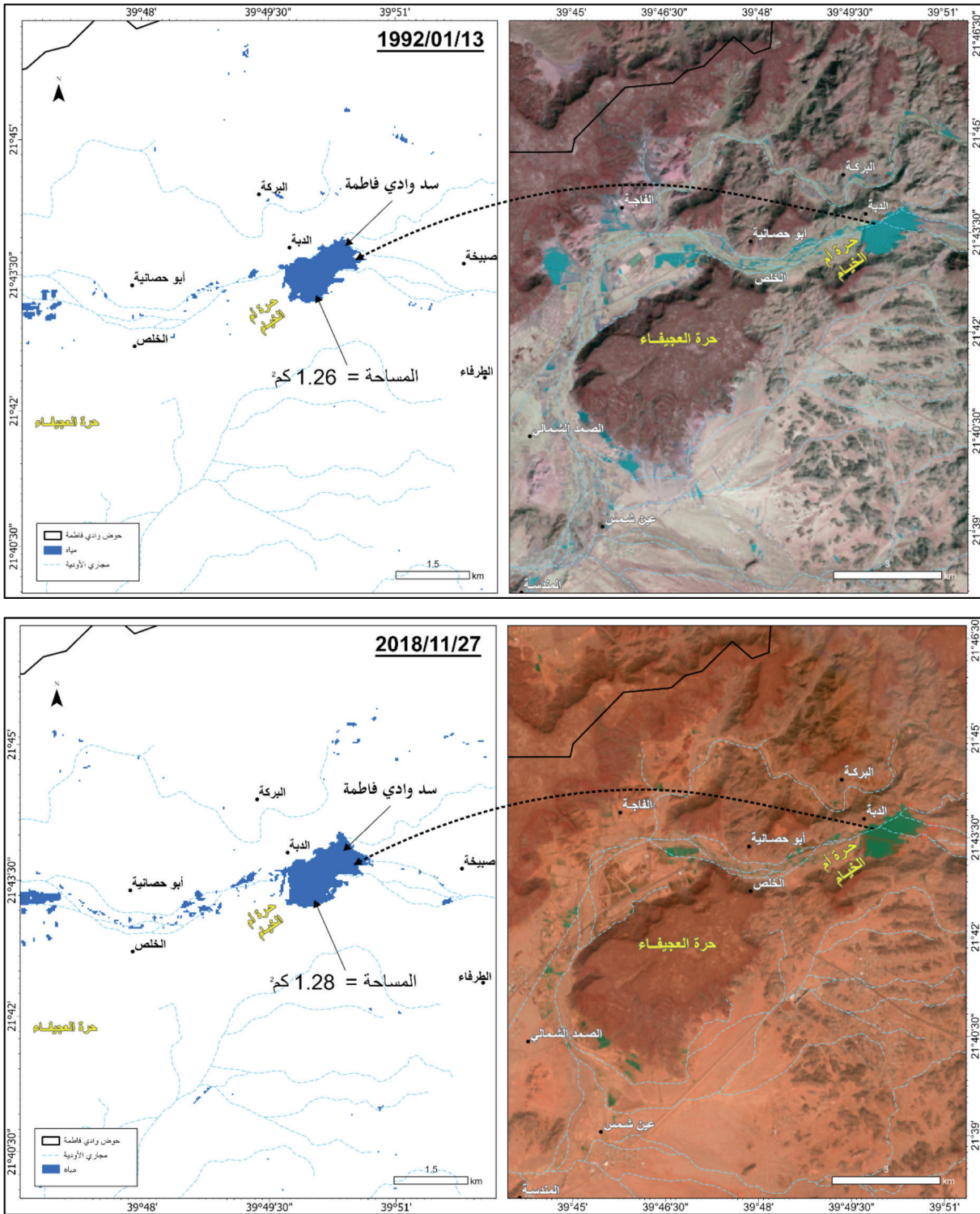
تظهر التغيرات في هذه المنطقة في تحول المناطق التي تقع ما بين جبال أم الراكه وجبل الزوينات والجانب الأيسر من مجرى الوادي (شكل ٧) وتكمن في توسع نطاق الكثبان الرملية في عام ٢٠٢٢م لتشمل بعض مناطق الأحراش والشجيرات في العام ١٩٧٢م، وتتحصر الأحراش في نطاقات ضيقة بالقرب من مجرى الوادي الرئيسي. وربما يعود السبب في زيادة رقعة الكثبان الرملية باتجاه الشمال الغربي إلى انخفاض رطوبة التربة بسبب نقص المياه، وحركة الرياح التي تسمح بتراكم الأتربة الجافة وزيادة مساحتها، وانحصار الأحراش والشجيرات الصغيرة في الترب التي تحتوي على رطوبة كافية

عمراني ملحوظ في منطقة أدنى الوادي بالأخص المناطق القريبة من جبل أبو عظام في منطقة الشميسي وحدا وبحرة. كما شهدت القرى الصغيرة مثل الصمد والزلال توسعاً ملحوظاً خلال العام ٢٠٢٢م.

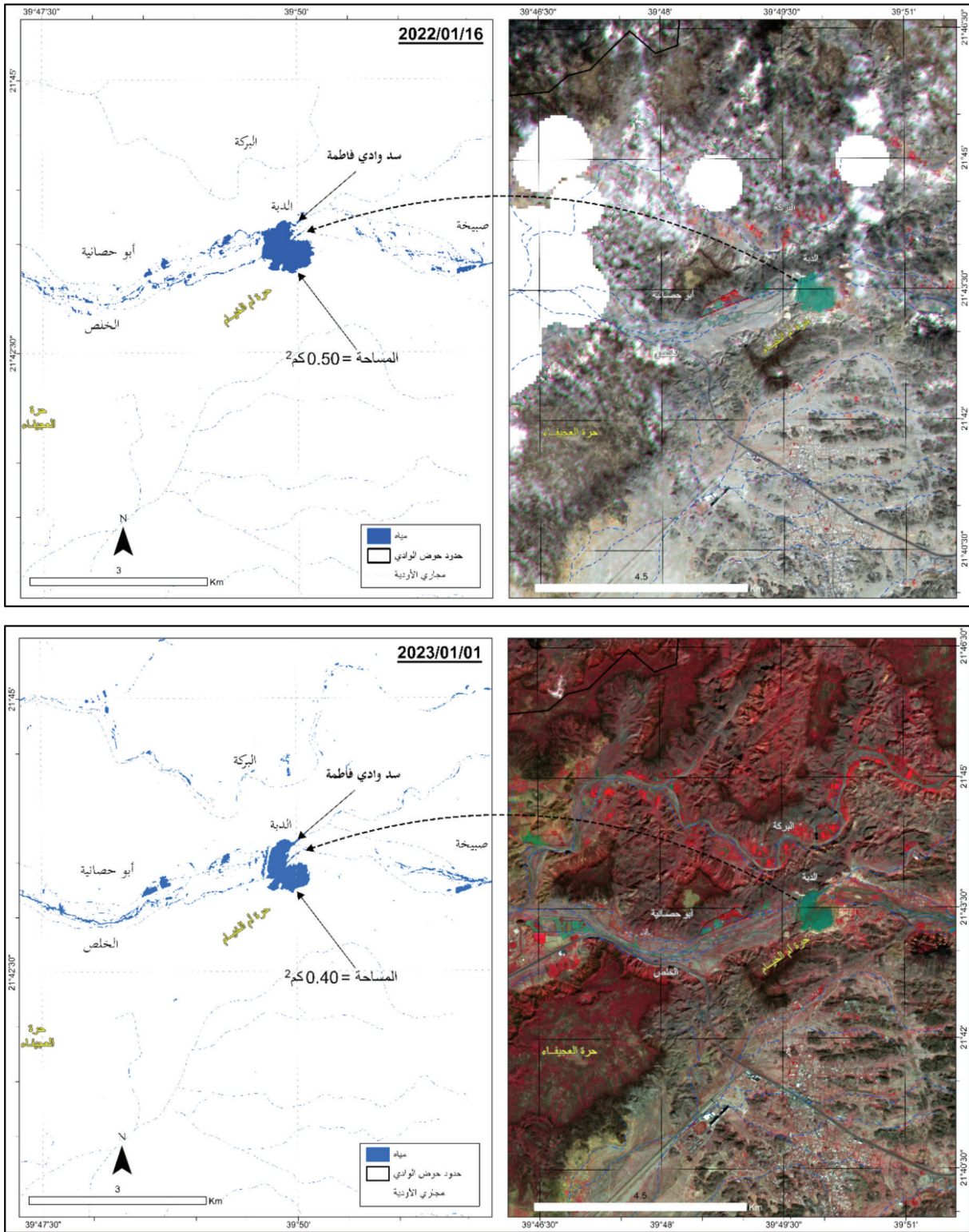
لظهورها. أن انخفاض نسبة النباتات مؤشر مهم لانخفاض الرطوبة في التربة والذي ينجم عن عدم جريان الوادي الرئيسي والمجري الصغيرة التي تصب في الوادي الرئيسي بالمياه أو قد يكون نتيجة للتوسع في حفر الآبار وسحب المياه الجوفية. يتسبب سد وادي فاطمة في عدم جريان المياه في منطقة ما بعد السد وبالتالي انخفاض رطوبة التربة في المناطق البعيدة عن السد، كما يتسبب أيضاً في خفض كمية المياه الجوفية وعدم تزويد الآبار البعيدة عن السد في أدنى الحوض بالمياه الجوفية. يظهر الشكل (٨) مرئيات ملتقطة للقمر الصناعي لاندسات خلال فترتين الأولى عام ١٩٩٢م والثانية عام ٢٠١٨م لتراكم مياه الأمطار في سد وادي فاطمة، حيث بلغت مساحة المنطقة المغطاة بالمياه في العام ١٩٩٢م ما يقارب ١,٢٦ كيلومتر مربع وفي العام ٢٠١٨م ما يقارب ١,٢٨ كيلومتر مربع، وفي الشكل (٩) لمرئيات للقمر الصناعي Sentinel-2 ملتقطة حديثاً في يوم ٢٠٢٢/١/١٦م والأخرى ٢٠٢٢/١/١م، والتي توضح امتلاء السد، حيث بلغت مساحة المنطقة المغطاة بالمياه في ٢٠٢٢م ما يقارب ٠,٥٠ كيلومتر مربع وفي العام ٢٠٢٢م ما يقارب ٠,٤٠ كيلومتر مربع. في المناطق الجافة مثل منطقة حوض وادي فاطمة والتي تشهد درجات حرارة عالية، يتبخر الماء السطحي بشكل سريع، ولأن الصخور النارية التي تشكل أغلب مناطق حوض وادي فاطمة تأخذ وقتاً طويلاً في تسرب المياه إلى جوف الأرض، كما أن طبيعة هذه الصخور تسمح فقط بتكون طبقة جوفية ضحلة (Sharaf, Hussein, & Al-Bassam, 2001)، لذلك فإن مقدار ما يتبخر من مياه السد أكثر بكثير مما يتسرب إلى باطن الأرض ويمكن أن يغذي المياه الجوفية في منطقة ما قبل السد أو المناطق القريبة من السد فيما بعده. كذلك يظهر بشكل واضح انخفاض المسطحات الزراعية ما بين ١٩٧٢ و٢٠٢٢م، والتي قد يكون السبب فيها انخفاض المياه الجوفية في منطقة أدنى الحوض. وبالرغم من ظهور بعض المزارع في نطاقات ضيقة في غرب الوادي وفي منطقة الشميسي، إلا أن معظم هذه الأنشطة الزراعية هي عبارة عن مسطحات خضراء يتم في الغالب ربيها بواسطة صهاريج المياه ولا تعتمد بشكل كامل على المياه الجوفية. كما تظهر المرئيات الفضائية في عام ٢٠٢٢م أيضاً ظهور بعض المزارع التي تحوي كذلك مزارع للنخيل بامتداد وادي سرف (أحد الأودية التي تصب في وادي فاطمة) ما بين جبل المصينة وجبال اللحاط. كما يظهر (الشكل ٧) أيضاً خلال العام ٢٠٢٢م توسع



شكل (٧): التغيرات البيئية والبشرية في حوض وادي فاطمة الأدنى، في الأعلى عام ١٩٧٢م وفي الأسفل ٢٠٢٢م وفي الإطار الموقع بالنسبة لوادي فاطمة (المصدر: إعداد الباحث).



شكل (٨). امتلاء سد وادي فاطمة بالمياه عقب عاصفة مطرية في المنطقة. الأعلى مرئية فضائية للقمر الصناعي Landsat TM بتاريخ ١٣/١/١٩٩٢م، الأسفل مرئية فضائية للقمر الصناعي Landsat OLI بتاريخ ٢٧/١١/٢٠١٨م، النطاق الطيفي للأشعة تحت الحمراء القريبة والنطاقين الأخضر والأزرق (المصدر: إعداد الباحث).



شكل (٩). امتلاء سد وادي فاطمة بالمياه عقب عاصفة مطرية في المنطقة. المرئية في الأعلى التقطت بتاريخ ٢٠٢٢/١/١٦، بينما المرئية في الأسفل التقطت بتاريخ ٢٠٢٣/١/١، للقمر الصناعي Sentinel-2، النطاق الطيفي للأشعة تحت الحمراء القريبة (B8) والنطاقين الأحمر (B4) والأخضر (B3) (المصدر: إعداد الباحث).

تسبب في زحف الرمال إلى الشمال والشمال الشرقي نتيجة الرياح الغربية والجنوبية الغربية والتي تسبب في نقل التربة إلى مناطق أبعد داخل الحوض، حيث ساهم جفاف التربة في زيادة الكثبان الرملية وتحركها شمالاً. ولعل السبب الرئيسي في جفاف التربة هو نقص المياه بشكل أساسي، لذلك فالمزارع توفر الرطوبة للمناطق القريبة منها، ولا تستطيع توفير الرطوبة للمناطق الأبعد، ولكن في المقابل تدفق المياه مع مجرى الوادي الرئيسي لإيام أو أحياناً أسابيع بعد العواصف المطرية التي تضرب المناطق في أعلى الوادي، يسهم في رفع مستوى رطوبة التربة لفترات طويلة مما يضمن انتشار النبات الطبيعي في المناطق المحيطة بالمجرى الرئيسي. تسبب إنشاء سد وادي فاطمة في توقف المجرى الرئيسي للوادي في منطقة ما بعد السد عن الجريان وان جرت به المياه فإنها تكون محدودة وفي الغالب من المناطق القريبة ولا تستمر لفترة زمنية طويلة ولا مسافة مكانية كبيرة. تشير البيانات لمرئيات الأقمار الصناعية بأن المياه تتوفر بشكل مستمر في مجرى الوادي الرئيسي (شكل ٨ و ٩)، ولكن تتوقف عند السد وتبقى لعدة إيام أو أسابيع ثم تتبخّر نتيجة الحرارة العالية في المنطقة، وبالتالي تحرم منها مناطق ما بعد السد، خصوصاً المناطق البعيدة عن السد. وقد يكون تأثير السد محدود على المناطق الواقعة بعده مباشرةً وذلك لتسرب المياه أو الاستفادة من فتح بوابات السد بعد امتلاء السد من قبل الجهات المسؤولة، كما حدث خلال العام ٢٠٢٢م والعام ٢٠٢٣م.

غالباً تحدث التغييرات السريعة على سطح الأرض نتيجة عاملين رئيسيين: العامل الأول هو التوسع العمراني الناتج عن النمو السكاني المضطرد والذي يتبعه تغير في النشاط البشري نظراً لتغير الأوضاع الاقتصادية أو تغير في السلوك البشري. هذا العامل في الغالب يتم بشكل طبيعي أو غير متعمد، وتضع بعض الدول سياسيات معينة تحد من الآثار البيئية الناتجة عن التوسع العمراني، أو تسن بعض القوانين المعينة التي تحد من التوسع المكاني المفرط للزيادة العمرانية، وبالتالي خفض الآثار البيئية الناتجة عنه. العامل الثاني يتعلق بالتغيير السريع والمفاجئ لكامل النظام البيئي Ecosystem أو جزء منه. ويكون هذا التغيير عن طريق التدخل البشري المتعمد على نظام بيئي معين أو عدة أنظمة بيئية، مثل تغيير شكل الأرض أو تغيير سريع ومفاجئ لغطاء أرضي طبيعي أو تعديل في النظام الطبيعي ويشمل ذلك عدة مظاهر مثل إزالة الغابات، ونقل

تظهر النتائج في هذا البحث بأن حوض وادي فاطمة قد مر بكثير من التغييرات خلال الخمسين عاماً الماضية، وخصوصاً الجزء الأدنى من الحوض للمنطقة من محافظة الجموم إلى مدينة جدة. شهدت هذه المنطقة توسعاً عمرانياً في كثير من المناطق في أدنى الحوض تشمل محافظة الجموم أيضاً مركزي حدا وبحرة والقرى المنتشرة ما بين محافظة الجموم ومركز بحرة. كما شهدت أيضاً المنطقة تغييرات عديدة في الكثير من الأنشطة البشرية تشمل النشاط الزراعي وكذلك استخدام الأرض في بناء المستودعات والورش المختلفة. فكثير من المزارع اختفت ونشأت مزارع أخرى في مواقع أخرى، وربما يكون نقص المياه الجوفية في منطقة أدنى الحوض كانت السبب الرئيسي في اختفاء الكثير من المزارع، خصوصاً وأن المزارع الحديثة لا تعتمد فقط على المياه الجوفية والتي تتسم بعدم استدامتها، بل تعتمد على نقل المياه من مناطق أخرى إلى تلك المزارع والتي في الغالب لا يوجد بها محاصيل، ولكنها عبارة عن أشجار ومساحات خضراء أو يوجد بها محاصيل بسيطة لا تستهلك كميات كبيرة من المياه، ويدل على هذا النقص الحاد في عدد ومساحة مزارع النخيل في الحوض الأدنى، حيث بلغ عدد مزارع النخيل في العام ١٩٧٢م حوالي ٢٢ مزرعة بمساحة تقارب ٦ مليون متر مربع، في المقابل تقلص عدد مزارع النخيل في الحوض الأدنى من الوادي إلى ٤ مزارع فقط بمساحة تقارب ٤٠٠ ألف متر مربع في عام ٢٠٢٢م.

تظهر النتائج أيضاً بأن سد وادي فاطمة قد منع المجرى الرئيسي للوادي من الجريان بالمياه في منطقة أدنى الحوض، مما تسبب بالمزامنة مع استنفاد المياه الجوفية من خلال الآبار في انخفاض رطوبة التربة في المناطق الواقعة في أسفل الحوض، حيث يوضّح نقص الأحراش والنباتات بامتداد المجرى ونزوح الكثبان الرملية إلى تلك المناطق بأن التربة تتعرض للجفاف المستمر وانخفاض نسبة الرطوبة في التربة بشكل واضح. نتائج هذه الدراسة تتفق مع دراسة Al-Mutiry et al (٢٠٢٢) والتي خلصت إلى أن منطقة أدنى حوض وادي فاطمة قد تعرضت للتدهور البيئي بسبب جفاف التربة وانخفاض نسبة الرطوبة بها مع نشاط ملحوظ للتعرية الريحية في المنطقة أدى إلى ارتفاع منسوب الكثبان الرملية وزيادة رقعتها الأرضية. أيضاً في دراسة أخرى عن طريق Hermas et al (٢٠١٩) لنفس المنطقة، أظهرت بأن اختفاء المناطق الزراعية ونقص المياه أدى إلى جفاف التربة في منطقة أدنى الحوض مما

التربة، وتغيير مجاري الأودية أو بناء السدود.

وبرغم الجانب الإيجابي الذي تُنشأ بسببه السدود مثل تغذية المياه الجوفية أو المحافظة على سلامة السكان من أخطار الأودية والسيول، إلا أن الأضرار البيئية الناتجة عن بناء السدود كثيرة وتشمل أضرار مختلفة على النظام الهيدرولوجي للحوض، وكذلك تأثير مباشر على النظم البيئية، كما تسبب السدود في وجود أضرار جسيمة على النظم الحيوية وقد تؤدي إلى انقراض بعض الأنواع النباتية والحيوانية. أظهرت النتائج في هذا البحث تأثير مباشر على رطوبة التربة في منطقة أدنى الحوض أدت إلى انخفاض واضح في بعض الأنواع النباتية واستبدال مناطق الأحراش والأشجار التي كانت تسود في فترات سابقة لبناء السد بالكثبان الرملية نتيجة لجفاف التربة الذي نجم عن عدم جريان الوادي في الحوض الأدنى لفترات طويلة. وكنتيجة طبيعية بسبب طبيعة المنطقة المناخية والجيولوجية، فإن أغلب المياه التي تجتمع في بحيرة السد بعد العواصف المطرية التي تضرب مصبات الوادي تتبخر نتيجة للحرارة العالية في المنطقة، وكذلك بسبب طبيعة الصخور في منطقة السد والتي تسمح فقط بتكون طبقة جوفية ضحلة للمياه، فإن ما يمكن الاستفادة منه في بناء السد لتغذية المياه الجوفية أقل بكثير من الأضرار البيئية الناتجة عن إنشاء السد. فالتأخير في تسرب المياه إلى باطن الأرض يقابله درجات حرارة مرتفعة تسبب بشكل سريع في تبخر المياه السطحية بمعدلات عالية. كما ساهم السد أيضاً في نقص متسارع للمياه الجوفية في منطقة أدنى الحوض نتج عنه انخفاض واضح في المناطق الزراعية وبالأخص مزارع النخيل.

من المتوقع أن تستمر الأضرار البيئية في المستقبل لتشمل أنواع أخرى من النباتات الطبيعية الباقية في منطقة أدنى الحوض. كما يتوقع استمرار حركة الكثبان الرملية مع استمرار جفاف التربة وحركة الرياح المستمرة وربما زحفها إلى مناطق أبعد داخل حوض الوادي. كما أن النشاط الزراعي سيتقلص في الحوض الأدنى بشكل أكبر من الحالي نتيجة لانخفاض منسوب المياه الجوفية وربما فقدانها نتيجة لعدم إعادة تغذيتها، مما قد يتسبب بشكل إضافي إلى جفاف التربة في المنطقة الأدنى من حوض وادي فاطمة.

أظهرت نتائج مريثات الأقمار الصناعية توسع مستمر للمناطق العمرانية في منطقة أدنى الحوض. ونتيجة لذلك فإن المتوقع هو استمرار التوسع العمراني والنشاط البشري في

منطقة أدنى الحوض في المستقبل، فمنطقة أدنى الحوض تقع بين مدينتي مكة المكرمة وجدة واللذان تشهدان توسعاً عمرانياً كبيراً. سيؤثر التوسع العمراني في المدينتين في المنطقة الواقعة بينهما. كما لوحظ أيضاً بأن محافظة الجبوم شهدت خلال السنوات الماضية توسعاً عمرانياً مضطرباً، ومن المتوقع فإن المحافظة ستشهد أيضاً توسعاً كبيراً في المستقبل، ربما يندمج من مدينة مكة المكرمة في المستقبل. منطقة بحرة أيضاً تشهد توسعاً عمرانياً ملحوظ، ومن المتوقع أن يستمر توسع المنطقة في المستقبل.

أظهرت مريثات الأقمار الصناعية المستخدمة في هذا البحث أهمية كبيرة في مراقبة التغيرات التي تطرأ على سطح الأرض، حيث يمكن هذا النوع من البيانات من تتبع التغيرات التي تظهر في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي ومعرفة وقتها وحجمها والحالة التي أصبحت عليها. أن القيمة الفعلية لمريثات الأقمار الصناعية تكمن في كشف وتتبع التغيرات التي تحدث على سطح الأرض، فالنتائج المستخلصة منها تساهم في فهم أعمق للنظم الطبيعية والبشرية ومدى التفاعل بينهما، مما يسمح بإجراء تقييم أكثر شمولاً للتأثيرات المحتملة على التنمية، وبالتالي اتخاذ القرارات الصحيحة والدقيقة والمناسبة. لقد قدمت مريثات الأقمار الصناعية المستخدمة في هذا البحث صورة واضحة لمراقبة البيئة الطبيعية في حوض وادي فاطمة والتغيرات التي حدثت عليها، كما سهلت وبشكل واضح معرفة وتحديد المخاطر البيئية المحتملة في منطقة حوض وادي فاطمة.

٦. خاتمة

تعرض حوض وادي فاطمة إلى الكثير من التغيرات خلال خمسين السنة الماضية، وبالأخص منطقة أدنى الحوض والتي شهدت تغيرات واسعة في البيئة الطبيعية وكذلك توسعاً عمرانياً ملحوظاً خلال الفترات الماضية. من هذه التغيرات التي حدثت بعد عام ١٩٨٤م الانخفاض الحاد في نسبة ومساحة النباتات الطبيعية في منطقة أدنى الحوض بسبب انخفاض رطوبة التربة نتيجة لنقص المياه الجوفية وكذلك عدم جريان المجرى الرئيسي لوادي فاطمة بالمياه لسنوات عديدة بسبب إنشاء سد وادي فاطمة عام ١٩٨٥م في المنطقة الأعلى بالقرب من قرية الدبة شرقاً. الكثير من مناطق الأحراش والشجيرات الصغيرة والنباتات الطبيعية انخفضت مساحتها بشكل ملحوظ وحلت محلها الكثبان الرملية القادمة من الجنوب الغربي للحوض

للتدخل لتخفيف الآثار البيئية السلبية الناتجة عن عدم جريان المجرى الرئيسي لسد وادي فاطمة في منطقة أدنى الحوض، وذلك لأن الآثار البيئية الحالية ستشهد حدة ربما في المستقبل مما قد يزيد المخاطر على البيئة الحيوية وكذلك أخطار قد تصل حدتها لتأثر على سلامة وصحة الإنسان. تحمل منطقة حوض وادي فاطمة أهمية حيوية للمناطق المحيطة بالحوض، حيث تقوم بتزويد تلك المناطق بالموارد الطبيعية المختلفة، وكذلك توفير موارد اقتصادية مهمة لتلك المناطق. إضافة إلى ذلك، فمنطقة حوض وادي فاطمة تقع ضمن بيئة طبيعية مميزة تظهر تنوعاً حيوياً والتي تعتمد بشكل كبير على جريان مجرى الوادي خلال فترات الأمطار، وفي المقابل تتسم المناطق المحيطة بالحوض بشدة جفافها وارتفاع درجات الحرارة فيها. لذلك فالمحافظة على البيئة الطبيعية ومحاولة التخفيف من الآثار الناجمة عن تغير النشاطات البشرية ومعالجة المشكلات البيئية التي تسبب في حدوثها نشأة سد وادي فاطمة سيضمن استدامة تنمية وبيئية لمنطقة حوض وادي فاطمة وبالأخص منطقة أدنى الحوض والتي شهدت تغيرات واسعة خلال السنوات الأخيرة.

المراجع

١. البارودي، محمد سعيد (١٩٨٥) الميزانية المائية لحوض وادي فاطمة، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد ٨٨.
٢. مهرجي، عبدالله والفامدي، أحمد (١٩٩٨) مقارنة التأثيرات البيئية لسدي فاطمة بمكة وعكرمة بالطائف، مجلة جامعة الملك عبدالعزيز: العلوم الهندسية، العدد ٢.
٣. وزارة البيئة والمياه والزراعة (٢٠١٨) نشرة السدود اليومية، المملكة العربية السعودية.

1. ALSO PALSAR (2011), JAXA/METI ALOS PALSAR L1.5_PALSAR, Accessed through ASF DAAC 28 June 2023, DIO: 10.5067/Z97HFCNKR6VA

2. Al-Mutiry, M., Hermas, E. A., Alqurashi, A. F., Alharbi, O., Khormi, H., & Al khal-las, S. (2023). Desertification hazards in the middle zone of Wadi Fatimah, West Saudi Arabia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 26(3), 491-503. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2023.06.002

والتي احتلت مساحات واسعة في الفترة الأخيرة مقارنة بما قبل عام ١٩٨٤م. توقف جريان المجرى الرئيسي لوادي فاطمة بعد إنشاء السد ساهم بشكل مباشر في خفض المياه الجوفية في المناطق التي تقع غرب محافظة الجموم، وبالتالي انخفاض عدد ومساحة المناطق الزراعية بشكل ملحوظ خلال السنوات الأخيرة. انخفاض مساحات المناطق الزراعية أدى أيضاً إلى انخفاض رطوبة التربة كذلك في تلك المواقع. أظهرت نتائج مريثات الأقمار الصناعية وكذلك الزيارات الميدانية للمنطقة والتي تمت بشكل متكرر خلال الفترة الماضية انخفاض حاد للمناطق الزراعية، كما أن المسطحات الخضراء المتواجدة حالياً في منطقة أدنى الحوض ذات اعداد قليلة ومساحات محدودة، وتعتمد في وسيلة الري على نقل المياه من مناطق مختلفة، غالباً من الآبار التي تقع في مصب الحوض الأعلى (أي في المناطق التي تقع قبل سد وادي فاطمة) لري تلك المزارع والمسطحات الخضراء.

شهدت منطقة أدنى الحوض أيضاً توسعاً عمرانياً واضحاً خلال خمسين السنة الماضية، نظراً لأن هذه المنطقة ذات أهمية جغرافية بسبب موقعها والذي يتوسط المنطقة التي تقع بين مدينتي مكة المكرمة وجدة. تلك المدينتان تشهدان توسعاً كبيراً نظراً لزيادة عدد السكان بهما وكذلك أهميتهما الاقتصادية والدينية. كما أن المنطقة الواقعة غرب محافظة الجموم إلى مدينة جدة شهدت كذلك تنوعاً في النشاط البشري في السنوات الأخيرة بخلاف النشاط الزراعي الذي كان مهيمناً خلال فترة السبعينات والثمانينات الميلادية. هذه الأنشطة تعتمد بشكل كبير على الاستيطان البشري وهي عبارة عن ورش صناعية لنشاطات مختلفة وكذلك مستودعات ومخازن ومصانع، حيث تستفيد هذه المنطقة من موقعها الجغرافي المتميز بالنسبة لمدينتي مكة المكرمة وجدة. تقريباً جميع الأنشطة البشرية الحالية في هذه المنطقة تستهدف تلك المدينتين، وتعد هذه المناطق ضواحي Suburban لمدينة مكة المكرمة ومدينة جدة.

كلا العاملين وهما نشأة سد وادي فاطمة والتوسع العمراني ويتبعه تغير الأنشطة البشرية ساهما بشكل واضح في تغيير البيئة الطبيعية لمنطقة حوض وادي فاطمة وبالأخص المنطقة التي تقع في الحوض الأدنى للوادي. لذلك فإن بناء نظام مراقبة بيئي لمنطقة حوض وادي فاطمة بشكل عام والمنطقة التي تقع في أدنى الحوض بشكل خاص أمر ملح لضمان استدامة المنطقة البيئية وكذلك استدامة الموارد الطبيعية فيها. هناك حاجة ماسة

Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 893-903. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>

10. Chen, G., Weng, Q., Hay, G. J., & He, Y. (2018). **Geographic object-based image analysis (GEOBIA): emerging trends and future opportunities.** *GIScience & Remote Sensing*, 55(2), 159-182. doi:10.1080/15481603.2018.1426092

11. Congalton, R. G. (1991). **A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data.** *Remote Sensing of Environment*, 37(1), 35-46. doi:[https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)

12. Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Alsdorf, D. (2007). **The Shuttle Radar Topography Mission.** *Reviews of Geophysics*, 45(2). doi:<https://doi.org/10.1029/2005RG000183>

13. Foody, G. M. (2002). **Status of land cover classification accuracy assessment.** *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 185-201. doi:[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)

14. Gao, Y., Mas, J. F., Niemeyer, I., Marpu, P. R., & Palacio, J. L. (2007). **Object-based image analysis for mapping land-cover in a forest area.** Paper presented at the Proc. of 5th International Symposium on Spatial Data Quality.

15. Gleason, C. J., & Im, J. (2012). **Forest biomass estimation from airborne LiDAR data using machine learning approaches.** *Remote Sensing of Environment*, 125, 80-91. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.07.006>

3. Al-Sodany, Y. M., Fadl, M. A., Farrag, H. F., & Saif, T. Y. (2015). **Effect of Dams on the vegetation of arid regions.** *J. Environ. Sci. Water Res*, 4, 71-91.

4. Alqurashi, A. F. (2021). **Quantification of Urban Patterns and Processes through Space and Time Using Remote Sensing Data: A Comparative Study between Three Saudi Arabian Cities.** *Sustainability*, 13(22), 12615. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/22/12615>

5. Alqurashi, A. F., & Kumar, L. (2016). **Spatiotemporal patterns of urban change and associated environmental impacts in five Saudi Arabian cities: A case study using remote sensing data.** *Habitat International*, 58, 75-88. doi:<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.10.001>

6. Baatz, M. (2000). **Multiresolution segmentation : An optimization approach for high quality multi-scale image segmentation.** *Angewandte geographische informationsverarbeitung*, 12-23. Retrieved from <https://cir.nii.ac.jp/crid/1572261550679971840>

7. Barsi, J. A., Hook, S. J., Palluconi, F. D., Schott, J. R., & Raqueno, N. G. (2006). **Landsat TM and ETM+ thermal band calibration.** Paper presented at the Earth Observing Systems XI.

8. Butcher, G., Barnes, C., & Owen, L. (2019). **Landsat: The cornerstone of global land imaging.** *GIM International*, 31-35, 2019.

9. Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). **Summary of current radiometric calibration coefficients for**

of California, Berkeley, USA.

22. Samal, D. R., & Gedam, S. S. (2015). **Monitoring land use changes associated with urbanization: An object based image analysis approach.** *European Journal of Remote Sensing*, 48(1), 85-99. doi:10.5721/EuJRS20154806

23. Sharaf, M. A., Hussein, M. T., & Al-Bassam, A. M. (2001). **Upconing and Saline Water Intrusion and the Need for Water Conservation in the Lower Part of Wadi Fatimah, Western Saudi Arabia.** *International Journal of Water Resources Development*, 17(2), 211-226. doi:10.1080/07900620120031270

24. Sheykhmousa, M., Mahdianpari, M., Ghanbari, H., Mohammadimanesh, F., Ghamisi, P., & Homayouni, S. (2020). **Support vector machine versus random forest for remote sensing image classification: A meta-analysis and systematic review.** *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 6308-6325.

25. Singh, A. (1989). **Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data.** *International Journal of Remote Sensing*, 10(6), 98. doi:10.1080/01431168908903939

26. Song, C., Woodcock, C. E., Seto, K. C., Lenney, M. P., & Macomber, S. A. (2001). **Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects?** *Remote Sensing of Environment*, 7. 230-244 5 (2). doi:https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00169-3

27. Thanh N., P., & Kappas, M. (2018).

16. Hermas, E. A., Alharbi, O., Alqurashi, A. F., Niang, A., Al-Ghamdi, K., Al-Mutiry, M., & Farghaly, A. (2019). **Characterisation of Sand Accumulations in Wadi Fatmah and Wadi Ash Shumaysi, KSA, Using Multi-Source Remote Sensing Imagery.** *Remote Sensing*, 11(23), 2824. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/23/2824>

17. Huang, C., Davis, L. S., & Townshend, J. R. G. (2002). **An assessment of support vector machines for land cover classification.** *International Journal of Remote Sensing*, 23(4), 725-749. doi:10.1080/01431160110040323

18. Jafari, R., & Hasheminasab, S. (2017). **Assessing the effects of dam building on land degradation in central Iran with Landsat LST and LULC time series.** *Environmental monitoring and assessment*, 189, 1-15.

19. Kavzoglu, T., & Colkesen, I. (2009). **A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification.** *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(5), 352-359. doi:https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.06.002

20. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). **Change detection techniques.** *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365-2401. doi:10.1080/0143116031000139863

21. Minear, J. T. (2010). **The downstream geomorphic effects of dams: a comprehensive and comparative approach.** (Doctor of Philosophy). University

Comparison of Random Forest, k-Nearest Neighbor, and Support Vector Machine Classifiers for Land Cover Classification Using Sentinel-2 Imagery. *Sensors*, 18 (1), Retrieved from <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/1/18>

28. Weng, Q., Firozjaei, M. K., Sedighi, A., Kiavarz, M., & Alavipanah, S. K. (2019). **Statistical analysis of surface urban heat island intensity variations: A case study of Babol city, Iran.** *GIScience & Remote Sensing*, 56(4), 576-604.

29. Woodcock, C. E., Allen, R., Anderson, M. C., Belward, A. S., Bindschadler, R., Cohen, W., Helmer, E. (2008). **Free access to Landsat imagery.** *SCIENCE* VOL 320: 1011.

30. Zhang, Z., Wang, X., Zhao, X., Liu, B., Yi, L., Zuo, L., Hu, S. (2014). **A 2010 update of National Land Use/Cover Database of China at 1:100000 scale using medium spatial resolution satellite images.** *Remote Sensing of Environment*, 149, 142-154. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.04.004>

أ. فهد فيصل محمد القرشي
أ.د. محمد بن العباس داودي

تصنيف استخدامات الأراضي وكشف التغيير بحوض وادي فاطمة،
غربي المملكة العربية السعودية

