تحليل خرائط تفاعلية لتغُّير الغطاء النباتي لمستكشف (Landsat) متعدد الأطياف حالة الدراسة على المنطقة ما بين الفلوجة والرمادي للإطار الزمني (1984–2023)

أ.د كمال صالح كزكوز العاني
جامعة الانبار – كلية الآداب – قسم الجغرافية
جغرافية زراعية
kamal.saleh@uoanbar.edu.iq

أ.د احمد محمد جهاد الكبيسي
المديرية العامة لتربية الانبار– الاشراف التربوي
خرائط ونظم معلومات جغرافية
dr.ahmedm.jihad@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-2124-2872

ملخص:

يقدم البحث دراسة تجريبية للمستكشف التفاعلي **Landsat** ،متعدد الاطياف يحتوي على صور مصحّحة للغلاف الجوي مع عروض ومؤشرات فورية للتصور والتحليل ، وهو أحد المتصفحات مفتوحة المصدر للبيانات الجغرافية ومنتجات الأقمار الصناعية، من خلال استعراض الجانب التطبيقي للتعرف على واجهة الموقع وادوات العمل والتحليل والإخراج ومميزات كيفية تطبيقها للوصول الى خرائط وصور جديدة ، يهدف البحث الى استكشاف تغير الغطاء النباتي لحالة الدراسة التجريبية ، تم العمل على نموذج التطبيق لنطاقات زمنية (1984–2023) بحسب توافر بيانات القمر الصناعي من حيث النوع والمدة والدقة للمنطقة الممتدة ما بين مدينة (الفلوجة والرمادي) غرب بغداد بالعراق، تتوفر صور (Landsat Level–2) متعددة الأطياف في (ArcGIS Living Atlas of the World) كخدمة ممكّنة للوقت الديناميكي، وتستخدم لتشغيل هذا التطبيق وعرض التحليلات المرئية من خلال خصائص الموقع والأدوات المتاحة، على وفق تتبع المنهج التجريبي، توصلت الورقة البحثية الى نتائج مهمة منها، الإمكانيات الكبيرة للمستكشف التفاعلي ودقة بيانات منتجات الأقمار الصناعية. التي يمكن الاستعانة بها في الأبحاث الجغرافية.

الكلمات الدالة: خرائط تفاعلية، نظم معلومات جغرافية، متصفح لاندسات، غطاء نباتي، أقمار صناعية

Analysis of interactive maps of Landsat multispectral vegetation change Case study on the area between Fallujah and Ramadi for the time frame (1984-2023)

Prof. Kamal Saleh Kazkouz Al-Ani
Anbar University - College of Arts
Dept of Geography, Agricultural

Prof. Ahmed Muhammad Jihad Al-Kubaisi
General Directorate of Education in Anbar
Educational supervision- Maps &Gis
dr.ahmedm.jihad@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-2124-2872

Abstract:

The research presents an experimental study of the Landsat interactive multi-spectral explorer that contains corrected images of the atmosphere with instant displays and indicators for visualization and analysis. It is one of the open-source browsers for geographical data and satellite products, by reviewing the applied aspect to get to know the site interface, the work tools, analysis and output, and the features of how to apply them. To access new maps and images, the research aims to explore the change in vegetation cover for the case of the experimental study. The application model was worked on for time ranges (1984-2023) according to the availability of satellite data in terms of type, duration and accuracy for the area extending between the city of (Fallujah and Ramadi) west of Baghdad. In Iraq, Landsat Level-2 multispectral images are available in ArcGIS Living Atlas of the World as a dynamic time-enabled service and are used to run this application and display visual analyzes through the site properties and available tools. Following the experimental approach, the research paper found Important results, including the great capabilities of the interactive explorer and the accuracy of satellite product data. Which can be used in geographical research.

Keywords: interactive maps, geographic information systems, Landsat browser, vegetation, satellites

المقدمة:

يوفر متصفح صور لاندسات متعددة الأطياف الزمنية المصحّحة للغلاف الجوي مع عروض ومؤشرات فورية للتصور والتحليل. يتم الحصول على طبقة الصور هذه من (Microsoft Planetary Computer) موقع الكومبيوتر الكوكبي ويتم تحديثها يوميًا بأحدث الصور المتوفرة، ونظراً لقلة الدراسات الجغرافية حول الموضوع ، ولاستكشاف أدوات وخصائص هذه الأداة في الموقع التفاعلي ، والتعرف على محتوى قاعدة البيانات الجغرافية ، وبغية تحليل وإخراج الخرائط الخاصة بمخاطر الزراعة ومؤشرات الامن الغذائي انطلق البحث ليسلط الضوء على أحد متصفحات مفتوحة المصدر للبيانات الجغرافية ومنتجات الأقمار الصناعية، من خلال استعراض الجانب التطبيقي للتعرف على واجهة الموقع وادوات العمل والتحليل والإخراج ومميزات كيفية تطبيقها للوصول الى خرائط وصور جديدة. لاندسات إكسبلورر بيتا، | Esri (Landsat Explorer (beta) الذي تتم إدارته بشكل مشترك من قبل وكالة ناسا وهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، بدأ البرنامج في توفير مهمة لاستمرارية بيانات مجموعة (Landsat Collection 2) من المنتجات العلمية من المستوى الثاني، والصور من عام (1982 حتى الوقت الحاضر)، وهي متاحة للجمهور.عبر الرابط (https://livingatlas.arcgis.com/landsatexplorer/#map) تسمح الاستمرارية بالمراقبة والتحليل النقدي والموثوق لعمليات الأرض وتغيراتها مع مرور الوقت. تتوفر صور (Landsat Level-2) متعددة الأطياف في (ArcGIS Living Atlas of the World) كخدمة ممكّنة للوقت الديناميكي، ويمكن الوصول إليها عبر نظام (ArcGIS) وتستخدم لتشغيل هذا التطبيق. بتصور بيانات الأقمار الصناعية من العديد من مجموعات البيانات ومعالجتها جاهزة للتحليل والزمن مع عروض ومؤشرات سريعة. وتتضمن مجموعة نطاقات أرقام ومؤشرات يتم عرضها عند الطلب.

يمكن تحديد العديد من وظائف البيانات النقطية المحددة مسبقًا: اللون الطبيعي مع DRA، والزراعة مع DRA، والجيولوجيا مع DRA، والأشعة تحت الحمراء الملونة مع DRA، وقياس الأعماق مع DRA، والأشعة تحت الحمراء القصيرة الموجة مع DRA، ومؤشر الرطوبة الموحد الطبيعي الملون، و NDVI Raw، وNDVI الملون، وNBR Raw.ومجموعة (Landsat 2) هي من المستوى الثاني للمنتجات العلمية، والتي تتكون من بيانات صور انعكاس السطح ودرجة حرارة السطح المصححة للغلاف الجوي. والمتاحة اعتبارًا من (22 أغسطس 1982 حتى الوقت الحاضر). تمثل الأرشيف العالمي التي حصل

عليها مصمم الخرائط المواضيعي على متن (Landsat 4 و Landsat 5)، ومصمم الخرائط المواضيعي المحسّن على متن (Landsat 7)، وجهاز تصوير الأرض التشغيلي والمستشعر الحراري بالأشعة تحت الحمراء على متن (Landsat 8,9) ويتم تخزينها بتنسيق GeoTIFF المُحسّن للسحابة.اشتمل البحث على اربعة فصول **الأول:** التعرف على خصائص مجموعة لاندسات(Landsat Explorer (beta ، والفصل **الثاني:** نظام تصنيف الغطاء الأرضي / النباتي، والفصل **الثالث:** تناول الجانب التطبيقي لرسم خرائط تصنيف الغطاء الأرضي لخريطة العراق – دراسة حالة – وتكرار التجارب عند اختيار المؤشرات التحليلية لتحقيق الأنسب، والفصل **الرابع** :تحليل النتائج والمناقشة.

مشكلة البحث:

" كيف يتم تحليل وفهم التغيُّرات في الغطاء النباتي في المنطقة المحددة خلال فترة زمنية معينة باستخدام بيانات Landsat متعددة الأطياف، باستخدام تقنيات تفاعلية للتحليل الفضائي؟"

وتطرح المشكلة التساؤلات الاتية:

1- كيف يمكن استخدام متصفح خرائط لاندسات متعدد الاطياف لمنتجات الأقمار الصناعية Landsat لتحليل النظام البيئي والغطاء النباتي لمنطقة البحث؟

2- ما هي الأدوات المتوفرة لإنشاء خرائط محدثة ودقيقة لمنطقة البحث؟

3- كيف نستطيع استثمار البيانات المكانية والنتائج المستخرجة من تحليلات خرائط المتصفح لمنتجات الأقمار الصناعية في تحسين وإدارة الموارد البيئية والزراعية؟

4- هل يمكن تصميم بانوراما ديناميكية لسلسة زمنية لمتغيرات الغطاء النباتي؟

فرضية البحث:

"تفترض دراسة البحث أن تحليل خرائط تفاعلية لتغيرات الغطاء النباتي باستخدام بيانات مستكشف (Landsat) متعدد الأطياف التفاعلي سيسمح بالكشف عن أنماط واتجاهات متغيرة في التغيرات البيئية في منطقة البحث خلال مدة زمنية معينة ، وبدوره التعرف على أسباب هذه التغيرات وخصائص أدوات التحليل لاستخراج الخرائط"

هدف البحث:

" إبراز دور التقنيات الجغرافية الالية كمواقع مفتوحة المصدر ذات البيانات المجانية لمنتجات الأقمار الصناعية والوصول إلى تصميم خرائط تفاعلية وتحليل مؤشرات الغطاء النباتي للتعرف على عناصر متصفح لاندسات متعدد الاطياف وامكانياته ومصادر البيانات وانواعها وكيفية إخراجها"

مناهج البحث:

1- المنهج الاستقرائي-Inductive Approach: الذي يهدف إلى استقراء الأشياء لأجل الكشف عن مصادر البيانات الجغرافية.

2- المنهج التجريبي-: Experimental Approach هو نهج أساسي في عملية البحث العلمي يستخدم لفهم واستكشاف الظواهر في مجالات أخرى من خلال إجراء التجارب وجمع البيانات وتحليلها.

مصادر بيانات البحث:

1- الموقع التفاعلي https://livingatlas.arcgis.com/landsatexplorer

2- Garmin, Foursquare, METI/NASA, USGS | Earthstar Geographics | Source: Esri, USGS, Microsoft | Esri, NASA, NGA, USGS

3- منتجات القمر الصـناعي (Landsat8) متعدد الاطياف 4-5-7-8-9 Landsat Collection 2 Level-2

4- يتم الحصول على صور لاندسات من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) والإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا). تتم استضافة الصور الموجودة في هذه الطبقة في Azure كجزء من كتالوج بيانات الكمبيوتر الكوكبي https://planetarycomputer.microsoft.com/dataset/group/landsat

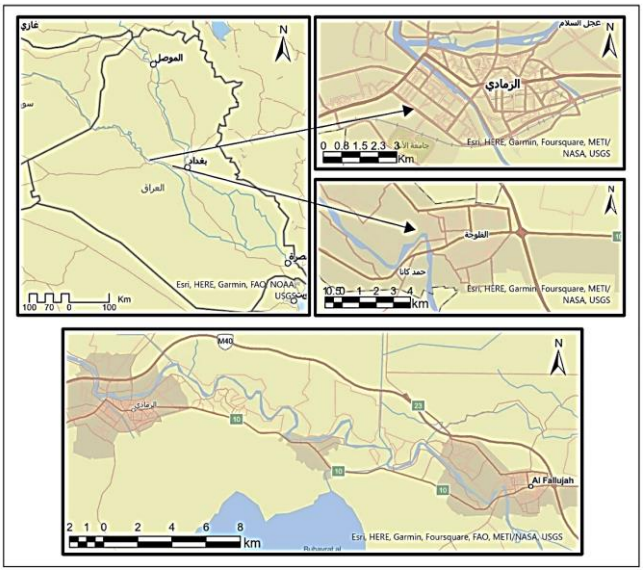
5- نطاقات متعددة الأطياف:

وصف	الطول الموجي* (ميكرومتر)	الدقة المكانية (م)
الهباء الجوي الساحلي**	0.43 - 0.45	30
أزرق	0.45 - 0.52	30
أخضر	0.52 - 0.60	30
أحمر	0.63 - 0.69	30

الشكل رقم (1) النطاقات المتعددة الاطياف

موقع منطقة البحث:

تقع جمهورية العراق في جنوب غرب قارة آسيا، لذا فهي تقع ضمن منطقة الشرق الأوسط. وتشكل القسم الشمالي الشرقي من الوطن العربي. الخريطة (1) اما مدينة الفلوجة فموقعها الجغرافي من العراق غرب مدينة الرمادي (52كم) , بين دائرتي عرض (َ17 ْ33 – َ21 ْ33) شمالاً , وخطي طول (َ44 ْ43 – َ49 ْ43) شرقاً.(جهاد،2013، 226) والى الشرق من محافظة الانبار وهي المركز الإداري لقضاء الفلوجة المكون من وحدات إدارية أربع وهي: الفلوجة مركز القضاء وناحية الكرمة من جهة الشمال والشمال الشرقي وناحية الصقلاوية من جهة الغرب والشمال الغربي وناحية العامرية من جهة الجنوب والجنوب الغربي، بينما مدينة الرمادي فتقع فلكياً بين دائرتي عرض (33–23–20) و(33.27.00) شمالاً وبين خطي طول(43.900) و(43.22.05) شرقاً(*نجم،جبار2022، 4025*) وبذلك تقع ضمنً العروض شبه المدارية بالنسبة الى محافظة الانبار.



الخريطة (1) الموقع الجغرافي لمدينتي الفلوجة والرمادي من العراق المصدر: من عمل الباحثان برنامج (ArcGIS Pro3.0)

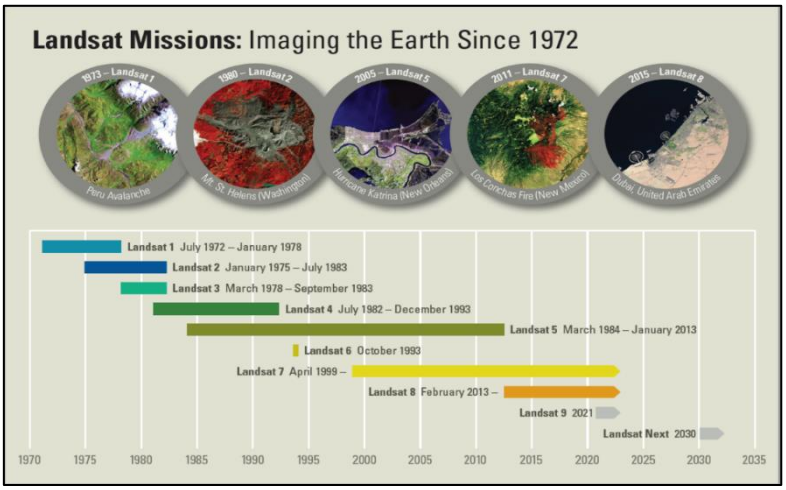
الفصل الأول: خصائص مجموعة لاندسات:

تتألف مهمات Landsat حاليًا من ثمانية أقمار صناعية تشغيلية لمراقبة الأرض وتحمل أجهزة استشعار عن بعد لجمع البيانات وتصوير كوكبنا كجزء من برنامج التصوير الوطني للأراضي (NLI) التابع لهيئة

المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS). تتم معالجة بيانات (Landsat) واستضافتها في مركز مراقبة وعلوم موارد الأرض (EROS) التابع لهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية في سيوكس فولز، داكوتا الجنوبية. ابتداءً من الستينيات، عمل مجتمع الاستشعار عن بعد والعلوم على تحقيق هذه المهام لصالح البشرية. وقد استفادت الجغرافيا والجيولوجيا والهيدرولوجيا وغيرها من مجالات إدارة الموارد الطبيعية من النظرة الشاملة للأرض. حمل كل قمر صناعي تم تكليفه التراث التاريخي للبرنامج. تم إطلاق (لاندسات 2 ولاندسات 3 لاندسات 4) في أعوام (1975 و1978 و1982) على التوالي. أثبتت بقية أقمار لاندسات نجاح إطلاقها وجمع البيانات: (لاندسات 7 في 1999)، و (لاندسات 8 في 2013)، و (لاندسات 9 في 2021). وقد تم إطلاق جميع أقمار لاندسات الصناعية من قاعدة فاندنبرج الجوية (***usgs.gov/Landsat***)، (اعتبارًا من مايو 2021، والمعروفة باسم فاندنبرج الفضائية).

في عام (1971) أعدت إدارة الفضاء والطيران بالولايات المتحدة الأمريكية (NASA) برنامج تكنولوجيا الأقمار الصناعية لدراسة الموارد الأرضية(ERTS) ، وسميت هذه الأقمار باسم "لاندسات Landsat" وأوضحت أن هذه الأقمار هي أداة للبحث القائم على أسلوب تطبيقي الذي يهدف إلى رفع كفاءة إدارة واستخدام المصادر الأرضية (***حسن،2015، 6***)

وكنوع من التطور قامت الولايات المتحدة الأمريكية بوضع برنامج أطلس (ATLAS)في عام (1997) لاستقبال بيانات الموجات الألكترومغناطيسية على (15) قناة تشتمل الجيل الثاني (لاندسات TM)، كما سعت لإطلاق الجيل الثالث المعروفة بـ (Early Birds Quick Birds) والتي تتميز بالدقة الإيضاحية العالية (high resolution) وأطلقت برنامجاً لملاحظة أو دراسة الأرض (The EOS Satellite) Series (***حسن، نفس المصدر،9***).يستمر الإرث الدائم لمشروع(EROS) مع برنامج(Landsat) حتى يومنا هذا. ان المعلومات التي تم جمعها بواسطة أقمار صناعية متعددة لمراقبة الأرض، مثل لاندسات، تعمل الآن كسجل مشترك وموثوق للتغير البيئي في جميع أنحاء العالم .الشكل رقم (2)، والحقيقة أن سجل مراقبة الأرض من الفضاء أصبح في نصف القرن الماضي الأساس الذي لا غنى عنه لكل المداولات تقريباً بشأن حالة الكوكب .



الشكل رقم (2) مصادر الاستخدام لمجموعة لاندسات منذ عام 1972

منذ عام 1972، تلتقط أقمار لاندسات الصناعية باستمرار صورًا فضائية لسطح الأرض، مما يوفر بيانات متواصلة لمساعدة مديري الأراضي وصانعي السياسات على اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن مواردنا الطبيعية والبيئة.
https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-satellite-missions

تعتبر تقنية الاستشعار عن بُعد إحدى الأدوات المبتكرة والفعّالة في فهم ومراقبة تغيرات الغطاء الأرضي على مستوى الكوكب. من خلال هذا التقنية، يمكننا النظر إلى الأرض من على بُعد باستخدام مجموعة متنوعة من الأجهزة والأقمار الاصطناعية، ما يساعد في فتح نافذة جديدة على البيئة وتغيراتها المستمرة. (***Foody, G. M. ,2003,4045***) و يُمكن أن تقدم تقنية الاستشعار عن بُعد للباحثين والعلماء فرصة فريدة لمتابعة التغيرات في الغطاء الأرضي، بدءًا من التغيرات في الغابات والحقول الزراعية إلى الأنماط المائية. يُسهم ذلك في تحليل أسباب هذه التغيرات وتقديم استنتاجات دقيقة حول حالة البيئة. بفضل التقنيات المتقدمة في الاستشعار عن بُعد، نحن الآن قادرون على الحصول على صور فضائية ذات دقة عالية للأرض. يُمكن استخدام هذه الصور لفهم أوسع نطاق من التغيرات في الغطاء الأرضي، مما يعزز إمكانية اتخاذ قرارات فعّالة في إدارة الموارد الطبيعية (***Lu, Weng,2007,829***) ، كما توفر تقنية الاستشعار عن بُعد، بيانات دقيقة حول تأثيرات التغير المناخي على الغطاء الأرضي، مما يسهم في تحليل تبدّلات متزايدة في المساحات الطبيعية ويسهم في إعداد سيناريوهات للتكيف والحماية. (***Turner, W., et al.2015,175***).

وتعتبر شركة ESRI (Environmental Systems Research Institute) رائدة في مجال تكنولوجيا المعلومات الجغرافية، حيث تقدم حلاً شاملاً لتحليل البيانات المكانية وإدارتها. يعد استخدام

بيانات الأقمار الصناعية، مثل تلك المتاحة من مشروع لاندسات (Landsat)، جزءًا أساسيًا من التقنيات التي تقدمها ESRI لتلبية احتياجات مختلف القطاعات من خلال إدارة البيانات بشكل فعّال، (***Brown C, Harder. C,2016,95.***) اذ يُسهم استخدام ESRI في تيسير إدارة بيانات الأقمار الصناعية، سواء كانت تلك البيانات تتعلق بالطبقات الأرضية أو الصور الفضائية، ويوفر وسائل قوية لتخزين واسترجاع المعلومات. يمثل القمر الصناعي لاندسات (Landsat) مفتاحًا حيويًا في مجال رصد الأرض وفهم التغيرات البيئية. يتميز بتقنية متعددة الأطياف، مما يمنحه القدرة على رؤية الأرض بتفاصيل دقيقة في مجموعة متنوعة من الطولات الموجية. ويمكن رصد التغيرات في الأطياف المترابطة، يُستخدم لاندسات في تحليل الصور لتصنيف مختلف المساحات، ***(Congleton & Green.k,2008,98)*** تتيح هذه الأطياف رؤية الجزء الأكبر من الطيف الكهرومغناطيسي المرئي وتوفير معلومات حول النباتات والتربة.

تساعد صور (Landsat) متعددة الأطياف على تتبع وتوثيق استخدام الأراضي وتغير الأراضي المرتبط بتغير المناخ والتحضر والجفاف وحرائق الغابات وإزالة الغابات وغيرها من العمليات الطبيعية والنشاط البشري. من خلال تجربة مستخدم بديهية، يستفيد هذا التطبيق من مجموعة متنوعة من إمكانات (ArcGIS) لاستكشاف والبدء في فتح ثروة المعلومات التي يوفرها (Landsat) تشمل بعض القدرات الرئيسية ما يلي: (***living atlas. arcgis***)

1. الاستكشاف البصري لفسيفساء عالمية ديناميكية لأفضل مشاهد لاندسات المتاحة.
2. تركيبات ومؤشرات نطاقات متعددة الأطياف أثناء التنقل للتصور والتحليل.
3. تفاعلي ابحث عن مشهد حسب الموقع والمستشعر والوقت والغطاء السحابي.
4. التغيير المرئي بمرور الوقت، ومقارنة العروض المختلفة، باستخدام أوضاع التمرير والرسوم المتحركة.
5. التحليل مثل إخفاء العتبة والملامح الزمنية للنباتات والمياه ودرجة حرارة سطح الأرض والمزيد.

الجدول (1) تصنيف هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية S.G.S.U لاستعمالات الأرض

المستوى الأول	المستوى الثاني
.1 Urban or Built-up Land الأراضي الحضرية	• Residential سكني. • Commercial and Services التجارية والخدمات. • Industrial صناعي. • Transportation, Communications, and Utilities والنقل، والاتصالات، والمرافق. • Industrial and Commercial Complexes المجمعات الصناعية والتجارية. • Mixed Urban or Built-up Land الأراضي في المناطق الحضرية أو المبنية مختلطة. • Other Urban or Built-up Land من الأراضي الأخرى في المناطق الحضرية أو المبنية.
.2 Agricultural Land الأراضي الزراعية	• Cropland and Pasture الأراضي الزراعية والمراعي. • Orchards, Groves, Vineyards, Nurseries, and Ornamental Horticultural Areas. البساتين والحدائق وكروم العنب، ومشائل الزينة، والبستنة أراض زراعية أخرى.
.3 Rangeland المراعي	• Herbaceous Rangeland المراعي العشبية. • Shrub and Brush Rangeland شجيرات ومراع مختلطة.
.4 Forest Land الغابات	• Deciduous Forest Land غابات متساقطة الأوراق. • Evergreen Forest Land غابات مستديمة الخضرة. • Mixed Forest Land غابات مختلطة
.5 Water مسطحات مائية	• Drainage and Channels المجاري المائية والقنوات. • Lakes البحيرات. • Reservoirs (السدود التجميعية والتخزينية). • الخلجان والمصبات.
.6 Wetland أراضٍ رطبة	• Forest Wet Land أراضٍ رطبة غابية. • Un- Forest Wet Land أراضٍ رطبة غير غابية.
.7 Barren Land أراضٍ جرداء	• Salt Area مسطحات ملحية جافة. • Beach الشواطئ:
	• Sand Areas and other Beaches مناطق رملية وشواطئ أخرى • Rock out crops صخور متكشفة (عارية). • Queries المناجم والمحاجر ومجمعات الحصى. • Transformation Land مناطق انتقالية. • Dead land أراضٍ عقيمة أو ميتة.
.8 Tundra التندرا	• Shrub and Brush Tundra مناطق توندرا. • Herbaceous Tundra أعشاب التوندرا. • Bara Land Tundra أراضي توندرا جرداء. • توندرا رطبة. • توندرا مختلطة.
.9 Perennial Snow or Ice الثلج الدائم أو الجليد	• Perennial Snowfields النباتات المعمرة في حقول الثلج. • Glaciers الأنهار الجليدية.

المصدر: خنساء ملحم، نظم تصنيف الغطاء الارضي واستخدامات الاراضي (دراسة في الاساس النظري والمنهجي)، مجلة جامعة دمشق–المجلد –33 العدد الثاني– 2012، ص265.

يتمتع الموقع التفاعلي (لمتصفح لاندسات) * بواجهة سلسة وسهلة التعامل مع المستخدم، تتكون من نافذة الخريطة الأساس للعالم، مع تسميات الخريطة والتضاريس، كما يشمل في أسفل النافذة لوحة معلومات وأدوات تستخدم في التحليل والعرض (***living atlas. arcgis***) ينظر الشكل رقم (3).

---

* *تم ترخيص هذا التطبيق بموجب اتفاقية ترخيص Esri الرئيسية. يتم توفير هذا التطبيق لأغراض إعلامية. دقة المعلومات المقدمة تخضع لدقة البيانات المصدر. معظم معلومات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) موجودة في الملكية العامة ويمكن استخدامها دون قيود. تعتبر البيانات والمعلومات التي كتبتها أو أنتجتها هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية ضمن الملكية العامة للولايات المتحدة. يتم استخدام بعض الصور الفوتوغرافية والصور و/أو الرسومات غير التابعة لهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية التي تظهر على مواقع هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية بواسطة هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية. يتم تصنيف هذه المواد عمومًا على أنها محمية بحقوق الطبع والنشر.* https://www.usgs.gov/information-policies-and-instructions/acknowledging-or-crediting-usgs

الشكل رقم (3) نافذة العرض الديناميكي للمتصفح التفاعلي

في عرض الخريطة الحالي، يتم إعطاء الأولوية لأحدث المشاهد الخالية من السحابة من أرشيف لاندسات ودمجها ديناميكيا في طبقة صورة واحدة من الفسيفساء. أثناء الاستكشاف، تستمر الخريطة في جلب أفضل المشاهد المتاحة وعرضها ديناميكيا. ***livingatlas.arcgis.com/landsatexplorer.***

تتيح هذه المنصات السحابية عالية الأداء الوصول المجاني إلى بيانات مراقبة الأرض الواسعة والنمو السريع للدراسات العالمية والإقليمية. (***Uday.P,et.als,2018,250***)، على سبيل المثال، يوفر متصفح بيانات لاندسات المعالجة المسبقة (من 1982 حتى الوقت الحالي)، بالإضافة خوارزميات التعلم الآلي المتقدمة للتصنيف. وفي السنوات الأخيرة، كان هناك زيادة في منصات الحوسبة السحابية عالية الأداء، مثل برنامج تبادل الأرض لوكالة الفضاء الأمريكية (NEX)، وخدمة الويب الأمازون (AWS) ومحرك الأرض جوجل (GEE).

الفصل الثاني: نظام تصنيف الغطاء الأرضي / النباتي

التصنيف هو تمثيل افتراضي للوضع الحقيقي باستخدام معايير محددة بسهولة ومحددة بشكل جيد. عادة ما تكون أنظمة التصنيف منظمة بشكل هرمي في العديد من المستويات مع درجات مختلفة من التفاصيل ولديها معايير معينة للتمييز بين تصنيفات تغطية الأرض من بعضها البعض (***Turi,H,K,2019,373***).وعرف اندرسون* تصنيف الغطاء الأرضي انه تجميع للمتشابهات في

* تصنيف الغطاء الأرضي لأندرسون (Anderson Land Cover Classification) هو نظام تصنيف يستخدم لتحديد وتصنيف مختلف أنواع الغطاء الأرضي والاستخدامات المختلفة للأرض. تم تطوير هذا التصنيف كجزء من جهود فهم الديناميات البيئية والتغيرات في الاستخدام الأرضي. يُعد تصنيف أندرسون إحدى الأدوات الشائعة في علم الجغرافيا وعلوم البيئة لتحليل التنوع البيئي وفهم تأثير الأنشطة البشرية على البيئة. في هذا النظام، يتم تقسيم سطح الأرض إلى فئات مثل الغابات، الأراضي الزراعية، المناطق الحضرية، الصحاري، والمسطحات المائية.

Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., & Witmer, R. E. (1976). A land use and land cover classification system for use with remote sensor data (U.S. Geological Survey Professional Paper No. 964). U.S. Government Printing Office.

خصائص العلاقات فيما بينها بفئات محددة ، وظهرت أنظمة متعددة للطبيعة الفعلية للسطح في موقع ما ، بوصفه لخصائص السطوح النباتية والانهار والبحيرات والأراضي الجرداء ...وغيرها ، ولكل منها قواعد واسس يتم تطبيقها على حيز جغرافي دون غيره (***الغزي،2013، 472***).ويبين الجدول رقم (1) تصنيفات الغطاء الأرضي لهيئة المساحة الامريكية. يمكن وصف التصنيف الأمريكي بالشامل والواسع والدقيق، وهو يتفوق بذلك على التصنيف الموحد وتصنيف منظمة الفاو، فهو يجمع بين استخدامات الارض والغطاء الأرضي، كما يعكس غنى الولايات المتحدة الامريكية بمواردها الأرضية، وتنوع بيئاتها الجغرافية، ووضوح الرؤية، مما يكسبه صفة المرونة. (***ملحم،2012، 265***)

ان اختيار الصورة الصحيحة للقمر الصناعي وخوارزمية الكشف عن التغيير مهمة. يمكن لتقنيات الكشف عن التغيير أن تكشف عن المعلومات "من–إلى" من اجل "مقارنة التصنيف اللاحق للكشف عن التغيير". (***Samanta,Pal,2016,140***) إنها طريقة كمية للكشف عن التغيير. من خلال اجراء التصنيف لبيانات القمر الصناعي، بحيث يمكن إجراء المقارنة بكسل تلو الآخر لإنتاج النتيجة النهائية. لذا فإن تصنيف الصور الفردية مهم جدا لمقارنة التصنيف اللاحق لطبقات الناتج للكشف عن التغيير، يعد تصنيفات استخدام الأراضي / الغطاء الأرضي من بين المهام الأكثر شهرة لعلماء الاستشعار عن بعد. إنها تمكننا من استكشاف المناظر الطبيعية وتخطيطها ومراقبتها بالإضافة إلى فهم أفضل لتأثيرات الأخطار الطبيعية أو التأثيرات البشرية. يشير الغطاء الأرضي إلى الغطاء الفعلي (الحيوي) الموجود على السطح المرصود، وبالتالي يمكن تحديده مباشرةً من خلال تحليل صور القمر الصناعي. يمكن أن يكون هذا على سبيل المثال شجيرات، أو غابات، أو تربة جرداء، أو مياه. (***الفارس،2013***).

إن التغيرات في الغطاء النباتي تمثل جزءًا حيويًا من التحولات البيئية التي تشهدها الكوكب. يتأثر الغطاء النباتي بعوامل متنوعة، من التغيرات المناخية إلى الأنشطة البشرية، وهذا يُحدث تأثيرات واسعة النطاق على البيئة والتنوع البيولوجي. تتيح لنا هذه المقالة فهمًا أعمق حول كيفية تلك التغيرات والتأثيرات، مع التركيز على مصادر موثوقة لتوثيق المعلومات. يعتبر التغير في النمط الجوي والظروف المناخية من أبرز العوامل التي تؤثر على الغطاء النباتي. ارتفاع درجات الحرارة وتغيرات في نمط الأمطار يمكن أن تؤدي إلى انقراض النباتات الحساسة وتغيير توزيع النباتات وأنواع الأشجار. (***IPCC,2014***)

تشمل الزراعة الكثيفة والتصنيع والتجميع الحضري تداولات مكثفة في الغطاء النباتي. تزيد ممارسات التحطيب غير المستدام واستغلال الموارد الطبيعية من وطأة التدهور البيئي وفقدان التنوع البيولوجي. (***FAO,2020***) ويُشكل تغير استخدام الأراضي، سواء بسبب التحولات الزراعية أو التوسع الحضري، تحديات كبيرة للغطاء النباتي. يتسبب ذلك في فقدان المساحات الطبيعية وتشويه النظم الإيكولوجية. (***Lambin, E,2001***) وتشير الأبحاث إلى أن التكيف والحماية يلعبان دورًا حاسمًا في الحفاظ على التنوع البيولوجي والاستدامة البيئية. يُشدد على أهمية تبني ممارسات زراعية مستدامة وتحسين إدارة الموارد للحفاظ على الغطاء النباتي. وبالتالي فأن تغيرات الغطاء النباتي لها تأثيرات هائلة على البيئة. يتطلب فهم هذه التأثيرات التحقق من المعلومات من مصادر موثوقة واعتماد أسس علمية لتوجيه الجهود نحو الحفاظ على الطبيعة وضمان استدامة النظم البيئية.

الفصل الثالث: الجانب التطبيقي

يعد العمل التطبيقي للتقنيات الجغرافية ومصادر البيانات ميزة مهمة في المجال الجغرافي وجانب يعزز نظرية التطبيقات العملية نحو خطوات العمل ليسهل فهم الفوائد للمواقع مفتوحة المصدر، هنا سيتم استعراض خصائص المتصفح التفاعلي وخطوات العرض والتحليل المرئي والاحصائي للبيانات الجغرافية وكيفية استثمارها في لرسم خرائط تصنيف الغطاء الأرضي لخريطة العراق – دراسة حالة – وتكرار التجارب عند اختيار المؤشرات التحليلية لتحقيق الأنسب.

اولاً: استدعاء موقع المتصفح التفاعلي

تقدم وكالة ناسا بالتعاون مع الهيئة الجغرافية الوطنية الأمريكية (USGS) أداة استكشاف جديدة ومبتكرة، تُعرف بـ "Landsat Explorer (beta)"، (***USGS,2023***) وهي منصة رقمية تمكن الباحثين والمهتمين من استكشاف وتحليل البيانات الفضائية الواردة من أقمار صناعية (Landsat).

مميزات (Landsat Explorer):

1. تصفح بيانات متقدمة: يتيح (Landsat Explorer) للمستخدمين استكشاف بيانات متقدمة مأخوذة من أقمار صناعية (Landsat)مما يتيح لهم فهم أعماق المعلومات حول الأرض والتغيرات التي تحدث على مر الزمن.

2. واجهة مستخدم بديهية: تتميز الواجهة البسيطة والبديهية لـ(Landsat Explorer) بتصميم مستخدم يسهل الوصول إليه، مما يساعد في تيسير عمليات الاستكشاف والتحليل.

3. تحليل متقدم للصور: يوفر الإصدار التجريبي أدوات تحليل متقدمة تساعد المستخدمين في فهم التغيرات في المناطق المهمة، سواء كان ذلك لأغراض بيئية، أو زراعية، أو علمية.

4. دعم الباحثين والمهندسين: يُعد (Landsat Explorer) أداة قوية للباحثين والمهندسين الذين يعتمدون على البيانات الفضائية في أبحاثهم ومشاريعهم، حيث يمكنهم الاستفادة من المعلومات الشاملة والتحليلات الفعّالة.

كيفية استخدام Landsat Explorer: (*Anderson, J., et al,2022,89*)

1. تسجيل الدخول: يمكن للمستخدمين تسجيل الدخول إلى (Landsat Explorer) باستخدام حساباتهم الخاصة أو كضيوف.

2. تحديد المنطقة: يُمكن المستخدم من تحديد المنطقة المراد استكشافها باستخدام أدوات التحديد المتاحة على الخريطة.

3. استعراض البيانات: يتيح للمستخدمين استعراض الصور المتاحة وتحديد الفترة الزمنية المطلوبة للتحليل.

4. تحليل الصور: تم استدعاء المتصفح من الموقع (https://livingatlas.arcgis.com/landsatexplorer/#mapCenter) يمتاز بواجهة سهلة تحتوي على أدوات للعمل والعرض والتحليل، الشكل رقم (4) يوضح الواجهة الرئيسة للمتصفح التي تحتوي على أربع أدوات أساسية. وبالنظر لضيق مساحة البحث سيتم تطبيق ثلاث أدوات على مشاهد مختلفة وهي: (مؤشر الغطاء النباتي، مؤشر الأراضي الزراعية، مؤشر درجة حرارة السطح) بغية عرض الفكرة ومنهجية البحث.

الشكل رقم (4) الواجهة الرئيسة للمتصفح لاندسات

ثانياً: استدعاء الأدوات لعرض الخرائط:

1- أداة (**الاستكشاف-EXPLOR E**) التي تحتوي على عارض ديناميكي لمؤشر الغطاء النباتي الفرق الطبيعي الملون (**NDVI**)*، مع خريطة ملونة، الأخضر الداكن هو نبات كثيف، والبني يمثل الغطاء النباتي المتناثر الخفيف، تم التطبيق على منطقة البحث للسنوات (2023،2014،2004،1994،1984) وإخراج خرائط ومعلومات المشهد المستند الى صور لاندسات (5و7و8و9)، مثل: (معرف المشهد، نوع القمر، نوع المجس، مقدار التصحيح مسار، صف، تاريخ الالتقاط، ارتفاع الشمس، سمت الشمس، غطاء من الغيوم) والتي يوضحها الشكل رقم (5).

2-أداة (**الانتقاء-SWIPE**) تتوفر في هذه الأداة نافذة الانتقاء والتنقل والمقارنة بين خريطتين او مشهدين مختلفين ، يمكن عرضها ومشاهدتها ديناميكياً في آن واحد وتفسير الظاهرة الجغرافية بينهما ومدى حجم الاختلاف للمقارنة بين خصائصها ، من خلال لوحة في الجزء العلوي تمثل الجانب الايسر للخريطة واختيار المشهد وتاريخه ، والى الأسفل لوحة تمثل الجهة اليمنى او يمين الخريطة لاختيار مشهد اخر لمدة مختلفة ، مع فاصل بينهما ليتم التحكم به والسحب من اليمين الى اليسار او العكس للمقارنة ، ليظهر مدى حجم الاختلاف والتغير بين الخريطتين ، ينظر الشكل رقم (6) يوضح نافذة الأداة في المتصفح التفاعلي. تم التطبيق على خرائط منطقة البحث صور (لاندسات5 بتاريخ 1984/4/12) بدون سحابة ، (لاندسات5 بتاريخ1994/4/8) بسحابة مضببه بنسبة (50%) ، (لاندسات7 بتاريخ 2004/4/27) بنسبة تضبيب (33%) ، (لاندسات 8 بتاريخ 2014/4/15) بسحابة ضبابية بنسبة (86%) (لاندسات 9 بتاريخ 2023/4/16) بنسبة تضبب (3%) ، لبيان مشهد التغّير في (مؤشر الأراضي الزراعية) النطاقات قصيرة الموجة (IR-1) ، بالقرب من الاشعة تحت الحمراء ، اللون الأزرق (2،5،6) مع تطبيق تعديل النطاق

---

* مؤشر NDVI يشير إلى "فهرس النباتات الطبيعي والمظهر الأرضي"، وهو مؤشر تقني يستخدم في تحليل الصور الفضائية لقياس وتقدير النشاط النباتي على سطح الأرض. يتم حساب مؤشر NDVI باستخدام معلومات من الأشعة تحت الحمراء والأشعة المرئية المرصودة من الأقمار الاصطناعية أو الطائرات بدون طيار. صيغة مؤشر NDVI هي كالتالي:

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)}$$

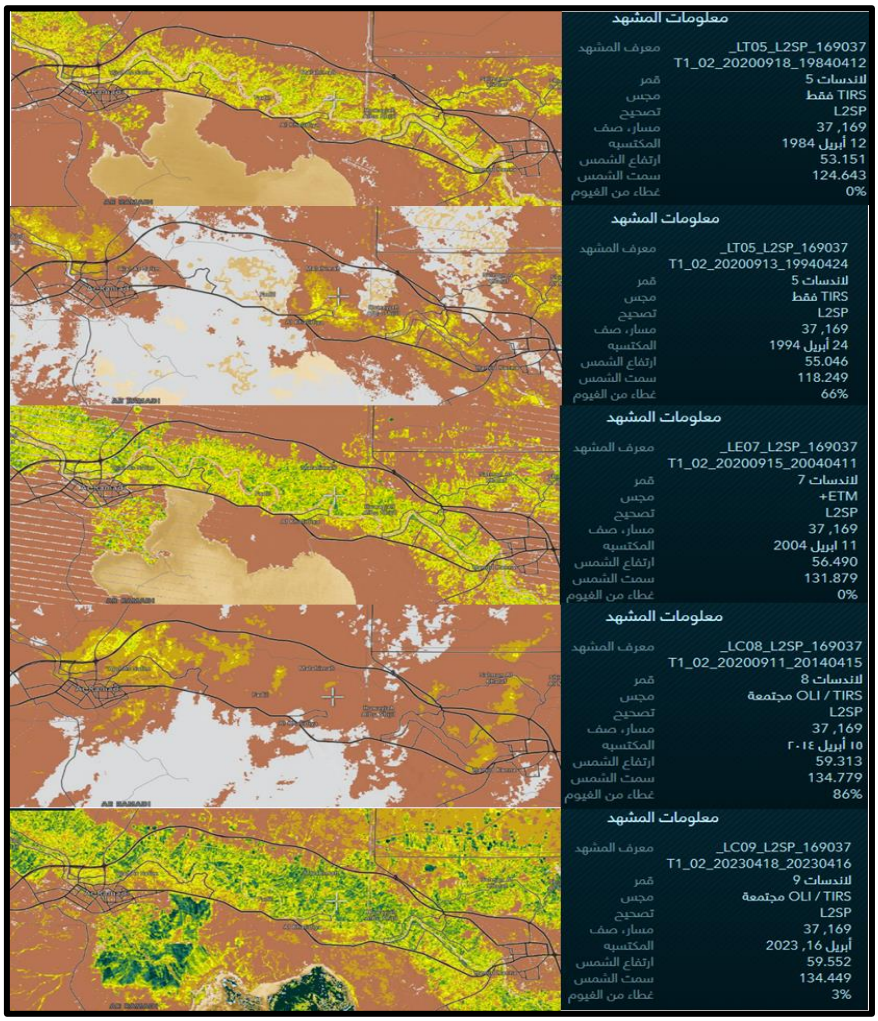
حيث ان:

- NIR يمثل إشعاع الأشعة تحت الحمراء.
- Red يمثل إشعاع اللون الأحمر.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973)..

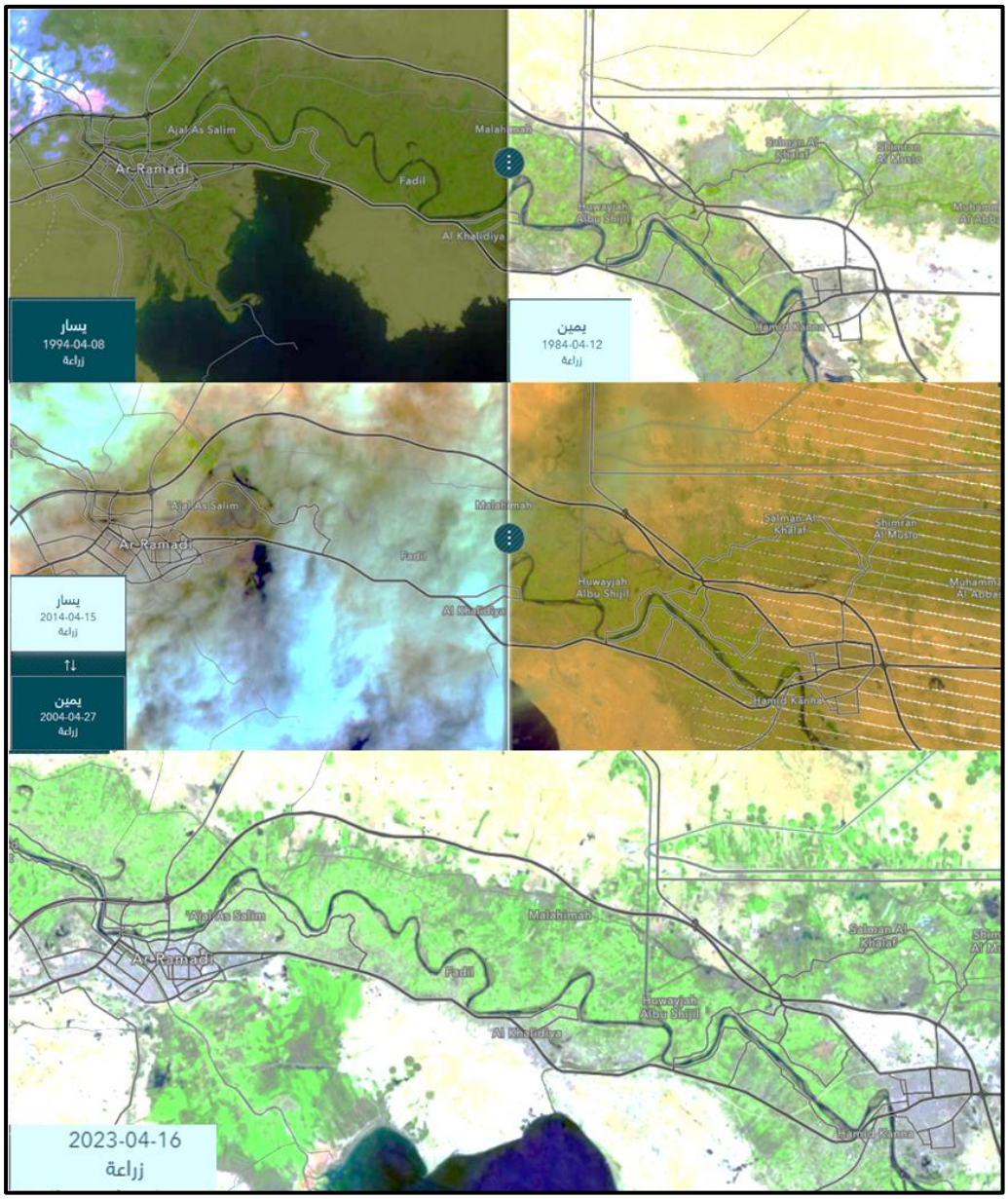
الديناميكي على المنطقة الخضراء الزاهية ، (***livingatlas.arcgis.***) للمقارنة بين السنوات (1984–1994–2004–2014–2023) كما مبين في الشكل.

3–**أداة (الحركة – ANIMATE)** توفر هذه الاداة إمكانية عالية الدقة في عرض البيانات للخرائط الزمنية، يمكن إضافة مشهد خرائط زمنية لسنوات مختلفة، مع اختيار مصدر البيانات (لاندسات 9،8،7،5) المتوفرة في المتصفح، إضافة الى معلومات مصادر البيانات للخرائط. الشكل رقم (7)، ثم يتم تشغيل الأداة بحركة ديناميكية محددة بسرعة بطيئة او عالية او متوسطة، تم استخدام الأداة واضافة بيانات منطقة البحث للسنوات (1984–1994–2004–2014–2023) بتواريخ مختلفة لشهر نيسان من كل سنة على التوالي تنازلياً، لتحليل عارض (درجة حرارة السطح) ليتم الانتقال بين الخرائط بحركة مرئية يمكن مشاهدتها للمقارنة بينها وتحليل مدى التغيير بين السنوات، والتي تمثلت بالشكل رقم (8).



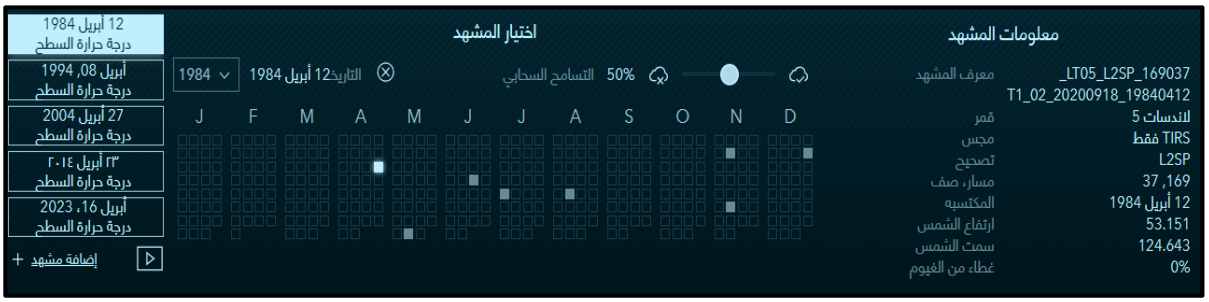
الشكل رقم (5) مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) ومعلومات الخرائط لمنطقة البحث للمدة (1984 – 2023)

عمل الباحثان استنادا الى تحليل متصفح لاندسات

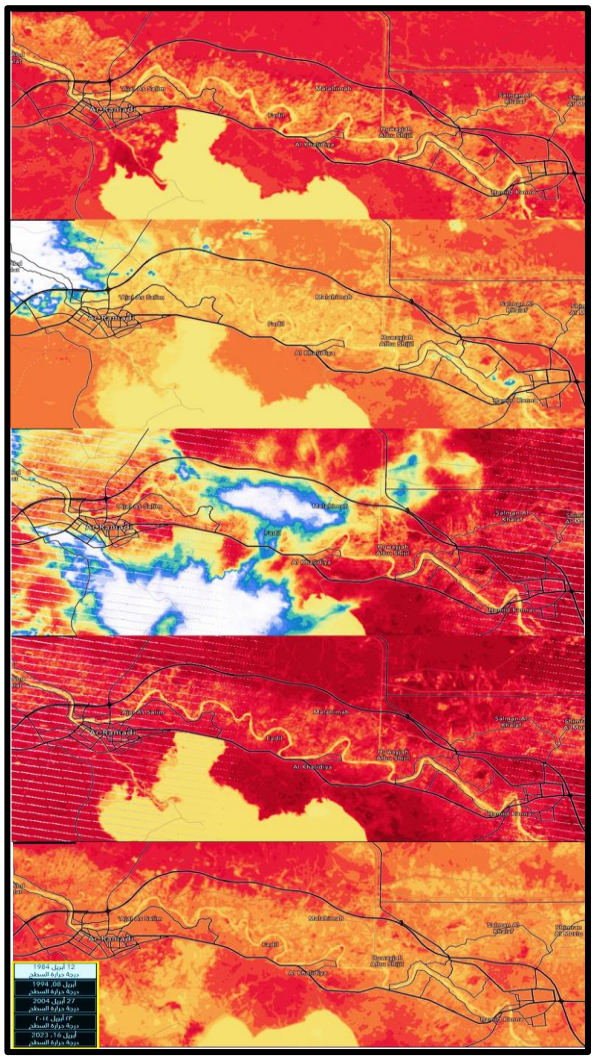


الشكل رقم (6) مؤشر الأراضي الزراعية ومعلومات الخرائط لمنطقة البحث للمدة (1984 – 2023)

المصدر: عمل الباحثان استنادا الى تحليل متصفح لاندسات



الشكل رقم (7) معلومات أداة الحركة



الشكل رقم (8) أداة الحركة لمشهد درجة حرارة السطح لبيانات منطقة البحث للسنوات (1948–2023)

عمل الباحثان استنادا الى تحليل متصفح لاندسات

رابعاً: تحليل النتائج والمناقشة:

تم استخدام متصفح صور لاندسات، الذي يُوفر صورًا متعددة الأطياف لفترات زمنية مصحّحة، للتفاعل مع بيانات فورية وتحليل الأرض. ويتميز بتحديث يومي للصور، مما يضمن توفر أحدث البيانات. لتقديم نموذج تطبيقي يستعرض واجهة الموقع، حيث يُظهر كيفية الوصول إلى صور لاندسات بسهولة. واستنتج البحث أن هناك مجموعة من الأدوات المتاحة لإنشاء خرائط محدثة ودقيقة للمنطقة، تتضمن تحسين التباين، والتصفية المتقدمة، والتحليل المكاني. إذ إن الأدوات المتاحة فيه تُمكّن من تحليلها بشكل متقدم، لاستخراج المعلومات ذات الصلة بشكل أفضل. كما يمكن استخدامها لإنشاء خرائط متعددة لفهم التغيرات في المنطقة على اختلاف السنوات. يُظهر البحث أنه يمكن استثمار البيانات المكانية والنتائج المستخرجة من تحليلات

خرائط المتصفح لمنتجات الأقمار الصناعية. تمكن البحث من تصميم خرائط بانوراما ديناميكية لسلسلة زمنية لمتغيرات الغطاء الأرضي. والذي بدوره يعزز قدرة الباحثين على رصد التطورات على مر الزمن. فضلا عن تعزيز التفاعل المجتمعي والتعاون في استخدام هذه التكنولوجيا لتحقيق فوائد اشمل. وبناءً على الفرضيات المدروسة، يمكن استنتاج أن المواقع المفتوحة المصدر وأدوات الموقع تقدم فرصًا جديدة ومبتكرة لتحليل الغطاء الأرضي. مما يتيح للباحثين والمختصين تحقيق تقدم في فهم التغيرات وإدارة الموارد بشكل أفضل، ويعزز قابلية تطبيق النتائج على نطاق أوسع.

بناءً على الهدف المحدد، يتضح أن التقنيات الجغرافية الذكية ومواقع مفتوحة المصدر تساهم في تحليلات سطح الأرض. كما يمكن الوصول إلى تصميم خرائط تفاعلية وتحليل مؤشرات الغطاء الأرضي باستخدام صور الأقمار الصناعية لاندسات، مع إمكانية الوصول إلى البيانات وتحليلها بشكل سهل. وأسفرت نتائج البحث عن إنشاء خرائط توضح التغيرات في المنطقة ما بين مدينتي (الفلوجة والرمادي) على مدى فترة زمنية معينة. لتحليل الديناميات البيئية والتغيرات في استخدام الأراضي، ويمكن تحسينها في المستقبل لتلبية احتياجات البحث الدقيقة. ويتطلب فهم تأثير التغيرات البيئية وتقديم الحلول لمشكلة معينة لضمان استدامة المنطقة. وأشارت النتائج إلى أن موقع لاندسات يُمكنه تحليل النظام البيئي والغطاء الأرضي بشكل فعّال. وتوفير تفاصيل دقيقة حول المنطقة وتصميم وتحليل خرائط تفاعلية يُمكن التعامل معها بفعالية. وان استخدام البيانات والنتائج في تحسين وإدارة الموارد البيئية والزراعية يوضح إمكانية تحليل أعمق للتغيرات في البيئة.

أكدت النتائج أن المواقع المفتوحة المصدر تُقدم بيانات جغرافية لمنتجات الأقمار الصناعية بشكل مبتكر، مما يعزز أهمية الاستفادة منها لتحليل الغطاء الأرضي. ويستطيع الباحث الاعتماد عليها للحصول على بيانات جغرافية محدثة بشكل دوري. مع إمكانية استفادة دقيقة وشاملة من أدوات ومصادر البيانات التي تتوفر فيه. واستخدام التحسينات والتصفيات المتقدمة للحصول على نتائج جيدة. وتوسيع نطاق البحث لتشمل مناطق أخرى لزيادة الفهم للظواهر الجغرافية. وتم التعرف على عناصر الموقع التفاعلي ومميزاته وكيفية إخراج البيانات. فهو يقدم أدوات جيدة لاستكشاف وتحليل بيانات الأقمار الصناعية بدقة، تساعد على فهم الظواهر البيئية. على سبيل المثال، (مؤشر الغطاء النباتي، الأراضي الزراعية، درجة حرارة السطح المئوية...الخ) وصولاً إلى تصميم خرائط تفاعلية وتحليل مؤشراتها.

1- المراجع:

الغزي، حسن سوادي نجيبان، (2013)، كفاءة تقنيتي الموزاييك الرقمي والتصنيف الموجه لبيانات القمر الصناعي لاندسات7 في مسح وتصنيف الغطاء الأرضي لمحافظة ذي قار، *مجلة الأستاذ*، العدد204، *مجلد 1*، ص 472.

الفارس، و. (2013)، استخدامات الأراضي التاريخية / تصنيف الغطاء الأرضي باستخدام الاستشعار عن بعد. دراسة حالة لحوض نهر الفرات في سوريا.https://www.geo.fu-berlin.de/ar/v/geo-it

حسن، محمد عبد المنعم، (2015)، الاستشعار عن بعد اساسيات وتطبيقات، محاضرات كلية الزراعة، جامعة الانبار، ص6.

ملحم، خنساء، (2012)، نظم تصنيف الغطاء الارضي واستخدامات الاراضي (دراسة في الاساس النظري والمنهجي)، *مجلة جامعة دمشق-المجلد 33-* العدد 2، ص265

نجم، هدى طه وجبار، عبد الرزاق محمد، (2022)، تحليل جغرافي لكفاءة الخدمات الدينية في مدينة الرمادي (الجوامع نموذجا) ، *مجلة جامعة الانبار للعلوم الإنسانية*، *مجلد 19*، ع 4، كانون الأول، ص 4025.

(اللجنة الحكومية بشأن التغير المناخيIPCC)، (2014)، "تقرير التقييم الخامس".

(منظمة الأغذية والزراعةFAO)، (2021)، "تقرير حالة الغابات العالمي".

Anderson, J., et al. (2022). "Advancements in Satellite Image Analysis for Environmental Monitoring." Journal of Remote Sensing Applications, *15*(2), 87-104.

Brown. C, Harder. C, (2016), The ArcGIS Imagery Book: New View. New Vision, p.172.

Congalton, R.G., & Green, K. (2008). Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, Second Edition (2nd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420055139.

D. Lu & Q. Weng (2007) A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance, International Journal of Remote Sensing, 28:5, 823-870, DOI: 10.1080/01431160600746456

https://www.arcgis.com/

https://www.esri.com/en-us/home

Foody, G.M. (2003). Remote sensing of tropical forest environments: Towards the monitoring of environmental resources for sustainable development. International Journal of Remote Sensing, 24, 4035 - 4046.

Garmin, Foursquare, METI/NASA, USGS | Earthstar Geographics | Source: Esri, USGS, Microsoft | Esri, NASA, NGA, USGS
https://livingatlas.arcgis.com/landsatexplorer/#mapCenter

Lambin, E. F. et al. (2001). "The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths."PP.585.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Third ERTS Symposium, *NASA SP*-351 (*Vol. 1*, pp. 309-317).

Sailesh Samanta, Dilip Kumar Pal,(2016),Change Detection of Land Use and Land Cover over a Period of 20 Years in Papua New Guinea *Natural Science* 138-151, DOI: 10.4236/ns.2016.83017

Teha Turi, Hussien Hayicho, Haji Kedir, (2019), Evaluating Land Use/Land Cover Change and Its Socioeconomic Implications in Agrapha District of Bale Zone, Southeastern Ethiopia, *J Journal of Environmental Protection*, P 369-388.

Turner, W., et al. (2015). "Free and open-access satellite data are key to biodiversity conservation.", Volume 182, Pages 173-176, ISSN 0006-3207, https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.11.048.
http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=91040

Uday.P, Dario.S, Asamaporn.S, Sukan.P, Kumron.L, Henry.S, Jaturong.S, Valery.G, Sirintornthep.T,(2018),Google Earth Engine Based Three Decadal Landsat Imagery Analysis for Mapping of Mangrove Forests and Its Surroundings in the Trat Province of Thailand, *Journal of Computer and Communications* 247-264, DOI: 10.4236/jcc.2018.61025

USGS. (2023). "Landsat Explorer (beta): A New Tool for Earth Observation." Retrieved from https://landsat.usgs.gov/landsat-explorer.
https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-satellite-missions.