مجلة كلية الآداب جامعة بورسعيد
https://jfpsu.journals.ekb.eg/

P-ISSN: 2356-6493 E-ISSN:2682-3551

الاتجاهات الحديثة في استخدام الوسائط الفائقة في الدراسات النهرية: دراسة تطبيقية على الجزر النهرية

أ.م.د/ أميرة محمد محمود البنا

أستاذ الجيومورفولوجيا ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد المساعد

كلية الآداب ـ جامعة السويس

amirabana37@gmail.com

10.21608/jfpsu.2024.322643.1384

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0). http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

الاتجاهات الحديثة في استخدام الوسائط الفائقة في الدراسات النهرية: دراسة تطبيقية على الجزر النهرية

مستخلص

تناول البحث دور الوسائط الفائقة في دراسة العمليات والظاهرات النهرية، مسلطًا الضوء على استخدام أحدث الأجهزة والتقنيات . وتم إجراء تحليل كمي لرصد الاتجاهات الحديثة في هذا المجال من خلال فحص ١٩ دورية باستخدام قاعدة بيانات Scopus ، وشمل التحليل ٣٤٣٤ بحثًا عن الأنظمة النهرية و٦٦ بحثًا عن الجزر النهرية، وتوصلت النتائج إلى أن استخدام الأجهزة فائقة مثل "Echo Sounder" ، و"GPS BUOY"، والطائرات بدون طيار لرصد التغيرات الطبوغرافية والهيدروجيومورفولوجية للأنهار ساهم في توفير بيانات دقيقة جدًا، مما ساعد في فهم العمليات المتعلقة بالجزر النهرية ، كما أن الاعتماد على تقنيات حديثة مثل الاستشعار عن بُعد، الذكاء الاصطناعي، والنماذج الهيدروديناميكية لتحليل التغيرات الجيومورفولوجية للجزر النهرية أتاح توفير أدوات تحليل شاملة ودقيقة، كما يسهم العرض المرئي والتفاعلي فى استكشاف وفهم تطور الجزر النهرية بصورة أفضل.

الكلمات المفتاحية: الوسائط الفائقة، الجزر النهرية، الاستشعار عن بُعد، الذكاء الاصطناعي.

Recent Trends in the Use of Hypermedia in River Studies: An Applied Study on River Islands

Abstract

The research addresses the role of hypermedia in studying river processes and islands, and highlights the use of the latest devices and techniques. A quantitative analysis is conducted to detect the recent trends in this field by examining 19 journals using the Scopus database. The analysis includes 3434 studies on river processes and 66 ones on river islands. The findings conclude that the use of super devices such as "Echo Sounder" and "GPS BUOY", and drones to monitor topographic and hydro-geomorphological changes in river contributes to providing highly accurate data. This, in turn, helps to understand the processes related to river islands. Besides, relying on modern techniques such as remote sensing, artificial intelligence, and hydrodynamic models to analyze geomorphological changes in river islands provides comprehensive and accurate analysis tools. Visual and interactive presentation also contributes to better exploring and understanding the development of river islands.

Keywords: Hypermedia, river islands, Remote Sensing, Artificial Intelligence.

مقدمة:

يشهد العالم حاليًا ثورة في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، التي تؤثر بشكل كبير على مختلف مجالات المعرفة، ليطلق عليه "عصر الانفجار المعرفي"؛ نتيجة للزيادة الهائلة والمطردة في الإنتاج الفكري الناتج عن الأبحاث العلمية في مختلف التخصصات. ولا يخفى على أحد الأثر البالغ للحاسوب في هذه الثورة التكنولوجية ومساهمته الفاعلة في نموها وازدهارها؛ حيث تطورت استخدامات الحاسوب لتشمل أجهزة وبرامج الوسائط الفائقة، وخاصة الجيل الثاني من الإنترنت (web 2.0) لإنتاج النمذجة ثلاثية الأبعاد، والواقع الافتراضي، وذلك في تعزيز دور الجغرافيا في مواجهة التحديات العالمية.

وتشمل مكونات الوسائط الفائقة (Hypermedia) النص المكتوب، وهو أبسط أشكال الوسائط، ويُعالج بتأثيرات متنوعة مثل: الخط، والحجم، واللون، والحركة، ويرتبط بعناصر أخرى كالصورة والصوت باستخدام وصلات الترابط، والرسومات لتشمل الرسومات البيانية، والتوضيحية، والتخطيطية سواء كانت ثابتة أو متحركة، بالإضافة إلى الصور الثابتة والمتحركة ثنائية وثلاثية الأبعاد، والصور الرقمية المدمجة باستخدام الكاميرات الفوتوغرافية، والمؤثرات الصوتية متضمنة الأصوات الطبيعية والصناعية (آدم ، ٢٠١٦).

ويعتمد نظام الوسائط الفائقة الجغرافية (Geographic Hypermedia) على تطبيق الويب (Web) لتحسين تجربة المستخدم عن طريق تكامل ملفات البيانات، وقواعد البيانات المكانية المستخرجة من الأجهزة الفائقة والبرامج والتقنيات الجغرافية الحديثة مع وثائق XML في صفحات HTML/RIA الديناميكية، ويعزز الربط بين الوسائط الفائقة الجغرافية وبرامج نظم المعلومات الجغرافية من قدرة المستخدمين على التفاعل مع المعلومات وتحليلها بطريقة أكثر ديناميكية.

في هذا الإطار، تبرز الوسائط الفائقة الجغرافية (GH) كأحد التطورات المهمة التي توفر الخرائط التفاعلية التي تحتوي على رسومات جغرافية، وصوت، وفيديو، وعناصر رقمية أخرى محددة جغرافيًا.

تعتمد الدراسات العلمية المرتبطة بدراسة الجزر النهرية على النهج المنطقي ليسهل عمليات التحليل الإحصائي المكاني، والنمذجة، والتنبؤ، وأيضًا النهج البصري للفهم

المباشر من خلال العرض المرئي لتركز الوسائط الفائقة الجغرافية على التصور والاستكشاف الجغرافي، والواقع الافتراضي والمعزز، وخدمات التوجيه عبر الويب (Stefanakis, and et al., 2006).

- أهمية الدراسة:

يناقش البحث موضوعًا جديدًا عن أهمية ودور الوسائط الفائقة في دراسة الظاهرات الجغرافية المتمثلة هنا في الجزر النهرية إحدى أهم الظواهر الجيومورفولوجية بالأنظمة النهرية، ويعد هذا الموضوع من أهم الموضوعات التي تعتمد على التقنيات الحديثة، والتي يجب أن تنال اهتمامًا كبيرًا في المرحلة المستقبلية؛ حتى تظهر الجغرافيا في ثوبها الحقيقي، لوضعها في مصافّ علوم النهضة القومية، وحتى تجد لنفسها مكانًا في المستقبل، فأي تطور تقني يحدث سيؤثر حتمًا في أهمية دور الجغرافيا في المرحلة القادمة؛ حيث تسهم الوسائط الفائقة وخاصة عند تكاملها مع تقنيات الجيوانفورماتيكس بمعالجة وعرض العديد من الظواهر والمشكلات الجغرافية، وخاصة المرتبطة بالأنظمة النهرية بما فيها من ظواهر (الجزر النهرية)، مع توافر مقترحات وحلول واسعة وأنماط تفاعل متنوعة للمستخدم، وتعزز من قدرة الباحثين على توصيل نتائجهم وعرض البيانات المتعددة بطريقة فعّالة وشاملة أكثر من الأساليب التقليدية.

- أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى إيضاح ماهية وتطور الوسائط الفائقة الجغرافية، ودراسة أهم الأجهزة المستخدمة في تحليل وإنتاج الوسائط الفائقة الجغرافية، مع دراسة التقنيات الحديثة مثل: الاستشعار عن بُعد، والذكاء الاصطناعي، وإيضاح دورها في فهم التغيرات الهيدروجيومورفولوجية للأنظمة النهرية وخاصة الجزر النهرية، ودعم الأبحاث العلمية المتعلقة بهما من خلال إدارة وتحليل البيانات الجغرافية الكبيرة والمعقدة ونماذج المحاكاة، والاطلاع على دورها في تطوير الأنظمة النهرية خاصة الجزر النهرية من خلال تعزيز التعلم والتفاعل مع الباحثين عبر منصات تفاعلية ومشاركة أكبر للمعرفة وتفاعل أوسع مع المجتمع الأكاديمي والجمهور.

- مناهج البحث:

لتحقيق الأهداف السابقة اعتمدت الدراسة المنهج الوثائقى الذى يعتمد علي جمع البيانات والمعلومات المتوافرة في المصادر الوثائقية عن الوسائط الفائقة والعمليات النهرية والجزر، والمنهج الوصفي التحليلى في بحث وعرض أهم ما جاء من أبحاث علمية في استخدام الوسائط الفائقة في دراسات الجزر النهرية وتحليلها وتفسيرها والخروج بنتائج يمكن تعميمها وتطبيقها، والمنهج التجريبى حيث تم الاستعاضة عن التجربة باستخدام المرئيات الفضائية فى إثارة الملاحظة الدقيقة عند تفسيرها، وإجراء التعديلات المطلوبة عند إنشاء العرض المرئي والتفاعلي للجزر النهرية من الفشن إلى بنى سويف، كما اعتمدت الدراسة على بعض المداخل مثل المدخل الموضوعي في تصنيف الأبحاث العلمية التي تناولت موضوع الدراسة، واتجاهات موضوعاتها وعرض تطبيقاتها.

- مصادر الدارسة:

اعتمدت الدراسة في حصر وعرض أهم ما يدور من أبحاث علمية في استخدام الوسائط الفائقة في دراسات الجزر النهرية على الدوريات الأجنبية والعربية وقواعد البيانات العالمية، مثل: Scopus، وWeb of Science، بالإضافة إلى بنك المعرفة المصري.

وبناءً على ذلك، شملت الدراسة الموضوعات الآتية:

أولًا: ماهية الوسائط الفائقة وتطورها:

١. ماهية الوسائط الفائقة:

تبين من العديد من الدراسات السابقة، مثل: (Nielsen, 1995)، و (Reeves, 2011)، و(زايد، ٢٠١٤)، و(James, 2018)، تنوع تعريفات الوسائط الفائقة، ومن أهمها:

- الوسائط الفائقة: هي امتداد الوسائط النصية إلى بيئات تفاعلية.
- الوسائط الفائقة: هي وسائط متعددة رقمية مثل: الصوت، والصورة، والفيديو، في بيئة متعددة الأبعاد.
- الوسائط الفائقة: هي عرض المعلومات بشكل شبكي.

- الوسائط الفائقة: هي بيئة برمجية تتيح الربط والتنقل بين عناصر المعلومات بشكل غير خطي.

اتضح من التعريفات السابقة أن الوسائط الفائقة هي امتداد للنصوص الفائقة Hypertext والوسائط المتعددة (Multimedia)، كما أنها تعتمد على فكرة العقد Nodes والروابط Links، وتشترك جميعها لإبراز أهميتها في تمكين المستخدمين من التفاعل مع المعلومات بشكل غير خطي؛ مما يتيح اكتشاف المحتوى بطريقة تفاعلية متكاملة وتصفح واستعراض المعلومات بطريقة سريعة عبر الحاسوب.

ويمكن إيجاز الفروق بين الوسائط الفائقة والوسائط المتعددة اعتمادًا على دراسة (ربيع، ٢٠٠٦) من حيث الآتي:

- كيفية الاستخدام: الوسائط المتعددة يمكن استخدامها مع وسائط مختلفة، منها: الكمبيوتر، والتليفزيون، والعروض السينمائية، بينما الوسائط الفائقة تعتمد بشكل رئيسي على الكمبيوتر والأجهزة الذكية.
- الروابط والنظام: تتميز الوسائط الفائقة بوجود روابط ونظام عقد (Nodes و Links) للتنقل بين العناصر، وهو أمر غير ضروري في الوسائط المتعددة. وبإضافة التفاعلية تصبح الوسائط المتعددة تفاعلية Interactive Multimedia، وعند إضافة طريقة التجوال يصبح وسائط فائقة Hypermedia.
- الخصائص: تتيح الوسائط الفائقة خيارات واسعة للمستخدم مع أنماط تفاعل متنوعة، وتوسع في تقديم النصوص والمعلومات؛ مما يزيد من الإبهار في العروض.

٢. تطور الوسائط الفائقة الجغرافية (Geographic Hypermedia):

تطورت الوسائط الفائقة الجغرافية عبر مراحل رئيسية: المرحلة الأولى (الثمانينيات) وفيها تطورت الأطالس الإلكترونية، مثل: مشروع "Domesday" و "Aspen Movie Map"؛ حيث قدمت خريطة تفاعلية مدعومة بالحاسوب ومقاطع فيديو تفاعلية. المرحلة الثانية (أوائل التسعينيات): ظهور الخريطة الفائقة (hypermap) التي قدمت خرائط

تفاعلية رقمية مع إمكانية التكبير والتصغير والتفاعل عبر الروابط، وتكامل الوسائط المتعددة مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) مثل أداة "Hotlink" في برنامج ESRI ArcView 3.0. المرحلة الثالثة (أواخر التسعينيات): تطور "hypermedia GIS" لالتقاط واسترجاع ومعالجة وعرض المعلومات الجغرافية، ودمج تقنيات مثل الفيديو مع نظم المعلومات الجغرافية، مثل نظام خرائط الفيديو من Red Hen Systems وGoogle Street View، كما تم تقديم منتجات جديدة مثل الصورة الرقمية القابلة للقياس (DMI).

وقد ظهرت فكرة مصطلح "الوسائط الفائقة الجغرافية" (GH) عام ٢٠٠٤ من التقاء علوم المعلومات الجغرافية بتكنولوجيا الوسائط المتعددة، وكانت شاشات الكمبيوتر المجهزة بأجهزة الإدخال والإخراج هي آليات التوصيل، وكانت الروابط التشعبية والتفاعلية هي العناصر الذي يجمعها معًا. ثم مع ظهور الجيل الثاني من الويب (Web 2.0) أصبحت الخرائط الرقمية جزءًا أساسيًّا من المعلومات الجغرافية عبر الإنترنت؛ حيث لم يعد رسم الخرائط مقتصرًا على المحترفين فقط، بل أصبح متاحًا للنشر الذاتي (Gartner and Ortag, 2009). ومن أهم العوامل التي دعت إلى ضرورة تكامل الوسائط الفائقة مع نظم المعلومات الجغرافية التحولُ من منظور عين الطائر (bird's eye view) إلى منظور العرض الجانبي؛ إذ يوفر منظور عين الطائر نموذجًا ثنائي الأبعاد مع تمثيل دقيق للمواقع والعلاقات المكانية، بينما يوفر منظور العرض الجانبي نموذجًا ثلاثي الأبعاد مع تصور بديهي وحقيقي للمستخدمين.

آلية تكامل الوسائط الفائقة الجغرافية مع شبكة الإنترنت (Web) التي تتم من خلال مجموعة من الخطوات طبقًا لـ (Yunfeng Kong and Liu, 2011)، وهي كالتالي:

- إعداد طبقات الخرائط باستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية، مثل: الأنهار، والجزر النهرية، واستخدام الأراضي... وغيرها.
- جمع البيانات متعددة الوسائط من مقاطع الفيديو والصور وغيرها من الوسائط ذات العلامات الجغرافية باستخدام كاميرا رقمية، وجهاز GPS، وبوصلة ثلاثية الأبعاد رقمية.

- معالجة البيانات وتحويل العناصر متعددة الوسائط إلى تنسيقات متوافقة مع الويب مثل معايير W3C؛ لضمان التوافق والوصول عبر منصات الويب المختلفة.
- إنشاء البيانات الوصفية الجغرافية: تطوير البيانات الوصفية بتنسيق XML أو كجزء من طبقات الخرائط، وتتضمن هذه البيانات الوصفية معلومات الموقع والاتجاهات في ملفات الوسائط مثل فيديو (Adobe Flash).
- نشر الموارد البيانات بجعل البيانات متاحة كخدمات ويب، بما في ذلك:
  - خدمة الخرائط على الويب (WMS)، وخدمة المعالجة الجغرافية وتحديد المواقع (GPS) باستخدام SOAP API[١] و RESTful JavaScript API عبر ArcGIS Server 9.3.
  - بث الفيديو عبر HTTP/RTMP[٢] باستخدام خادم Adobe Flash Media (FMS) 3.
  - خدمات HTTP لوثائق XML وملفات الوسائط المتعددة.
- تكامل الخدمات من خلال دمج خدمة الخرائط، وخدمة الوسائط المتعددة، ووثائق XML في صفحات HTML ديناميكية[٣](DHTML)، وصفحات XHTML، أو مستندات تطبيقات الإنترنت الغنية (RIA) للتفاعل مع المستخدمين.
- تصميم مشغلات الوسائط الجغرافية التي يمكن أن تُضاف فوق الخريطة لتوفير ميزات تفاعلية، قد تشمل هذه المشغلات أدوات للتفاعل مع البيانات الجغرافية ومحتوى الوسائط المتعددة (شكل ١).

---

[١] بروتوكول يستخدم لتبادل الرسائل بين الأنظمة عبر الشبكة باستخدام تنسيق XML. يُستخدم SOAP لتقديم واجهات برمجة التطبيقات (APIs) التي تسمح للتطبيقات بالتواصل بعضها مع بعض عبر الإنترنت.

[٢] بروتوكول مصمم لبث الوسائط عبر الإنترنت في الوقت الفعلي، ويستخدم عادة لنقل الفيديو والصوت والبيانات النصية بشكل فعال. يستخدم RTMPبشكل رئيسي لبث الفيديو المباشر عبر الإنترنت، مثل البث المباشر للأحداث.

[٣] مصطلح يشير إلى مجموعة من تقنيات الويب التي تسمح بإنشاء محتوى ويب تفاعلي وديناميكي دون الحاجة لإعادة تحميل الصفحة بالكامل، فيجمع بين HTML وJavaScript لإنشاء تأثيرات تفاعلية وتغيير ديناميكي لمحتوى الصفحات على الويب.

Source: Yunfeng Kong and Liu, 2011.

شكل (١) تشغيل الوسائط الجغرافية من خلال خريطة الويب

تنقسم مستويات التفاعل في الوسائط الفائقة الجغرافية إلى التفاعل السلبي Passive Interaction الذي تم فيه عرض المعلومات الجغرافية دون تدخل من المستخدم، والتفاعل النشط Active Interaction الذي يسمح للمستخدم باختيار وتحديد البيانات التي يرغب في عرضها أو تحليلها، وأخيرًا التفاعل التفاعلي Interactive Interaction الذي يتيح للمستخدم التفاعل بشكل ديناميكي مع البيانات (Crampon, 2013).

وتتعدد الوسائط الفائقة الجغرافية التي ظهرت حديثًا (جدول ١)، ومن أهمها الفيديو الجغرافي ثلاثي الأبعاد 3DGV الذي يحتوي على مرجعية مكانية تعتمد على الظواهر الجغرافية المرتبطة بقواعد بيانات مكانية (شكل ٢).

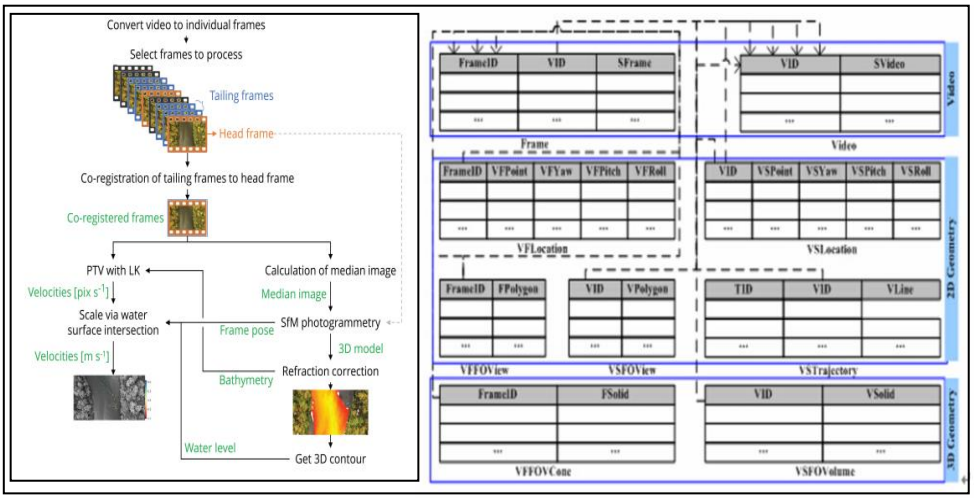
تقوم فكرة الفيديو ثلاثي الأبعاد 3DGV كأحد الوسائط الفائقة الجغرافية على مجموعة من الأدوات لجمع البيانات، من أهمها: جهاز تحديد المواقع GPS لالتقاط الموقع، وبوصلة رقمية ثلاثية الأبعاد، والكاميرا. ولابد أن تتضمن لقطات الفيديو (Video Clips) المسار، والطول، وحجم الصورة، والبؤرة العدسة، وتاريخ الالتقاط ووقته، وإطارات الفيديو (Video Frames)؛ حيث يتكون كل إطار على موقع الكاميرا (X،Y،Z)،

وتحديد اتجاه الكاميرا، بالإضافة إلى مسارات الفيديو (Video Paths) عن طريق تصميم طبقة خريطة متعددة الخطوط.

ويشمل إنشاء قاعدة البيانات المكانية 3DGV جداول الفيديو والإطارات المرتبطة بحقل VID الذي يمثل المفتاح الأساسي لربط الجداول الجغرافية. ويتم تخزين بيانات الفيديو والإطارات في حقول SVideo و SFrame من نوع سلسلة نصية أو من نوع الكائنات الكبيرة(LOB)، وهي نوع من أنواع البيانات المصممة لتخزين كميات كبيرة من البيانات، مثل: النصوص الطويلة، والصور، والفيديوهات، والصوتيات. ويُستخدم نوع البيانات LOB عندما تكون البيانات أكبر مما يمكن تخزينه في نوع البيانات العادي، مثل: النص، أو الأعداد.

جدول (١) أمثلة من بعض الوسائط الفائقة الجغرافية

الوسائط	البيانات المكانية الأساسية	التطبيق
الصور البانورامية Panoramic pictures	موقع الكاميرا (x,y,z)، وزاوية الإزاحة الأفقية، ودرجة الميل، ونسبة التكبير والتصغير	عرض ومراقبة الشوارع مثل جوجل (Google Street View)، خرائط أبل (Apple Maps): تقدم عرض الشارع من خلال خدمة "Look Around".
الفيديو ثلاثي الأبعاد (3DGV)	مسار الفيديو، وموقع الكاميرا واتجاهها لكل إطار الذي يمكن تحديده باستخدام زوايا التدوير (yaw, pitch, roll) أو مصفوفات التدوير	تنظيم وإدارة وصيانة المرافق والبنية التحتية التي تمتد على مسافات طويلة، وتتطلب إدارة هذه الأنظمة تخطيطًا دقيقًا وإدارة فعالة لضمان استمرارية الأداء والسلامة.
الفيديو ذو المرجعية الجغرافية Rectified video	مسار الفيديو، والخط الأساسي وهو المسافة بين اثنتين من الكاميرات في نظام التصوير ثلاثي الأبعاد	الواقع الافتراضي (Augmented Reality - AR) هو تقنية تجمع بين العناصر الرقمية والمحتوى الافتراضي مع المشهد الحقيقي الذي يشاهده المستخدم في الوقت الفعلي. تتيح هذه التقنية تعزيز تجربة المستخدم من خلال إضافة معلومات أو عناصر بصرية إلى العالم الحقيقي.
الصورة الرقمية القابلة للقياس Digital Measurable Image - DM	سلسلة زمنية من مجموعة الصور الرقمية ثلاثية الأبعاد يتم التقاطها بمرور الوقت، ويمكن أن تُلتقط هذه الصور باستخدام كاميرات متعددة أو تقنيات تصوير ثلاثي الأبعاد لتوفير بيانات عن كيفية تغيير المشهد أو العنصر عبر الزمن مع وجهات برمجة التطبيقات (APIs) لدمج البيانات المكانية والزمانية مع نظم المعلومات الجغرافية	القياس الدقيق للصور العالية الجودة لتتبع الحركة، والتحليل الزمني، والمحاكاة، ورصد التغيرات في البيئات المختلفة.



Source: Eltner, et al., 2021

شكل (٢) مثال لقاعدة البيانات وتشغيل الفيديو الجغرافي ثلاثي الأبعاد 3DGV في دراسة الجزر النهرية

ثانيًا: الدوريات والمصادر والتحليل الكمي لرصد الاتجاهات البحثية في استخدام الوسائط الفائقة في دراسات الجزر النهرية:

تباينت الأهمية النسبية للاتجاهات الحديثة الخاصة بالموضوعات الفرعية لجيومورفولوجية الأنهار لكن بصفة عامة، هناك ميل متزايد نحو الاهتمام بالظاهرات الجيومورفولوجية بالمجرى المائي ، وخاصة الجزر النهرية (Saber, 2023).

وقد أمكن تتبع تطور الاتجاهات الحديثة في دراسات الوسائط الفائقة في دراسة الجزر النهرية عالميًا من خلال القيام بعمل مسح شامل لكل الأبحاث المتعلقة بالوسائط الفائقة في العمليات النهرية بصفة عامة والجزر النهرية بصفة خاصة؛ حيث تعد الجزر النهرية جزءًا مهمًا من الأنظمة النهرية، وقد أسفر هذا المسح عن اختيار تسع عشرة دورية وفقًا لمعايير التقييم العالمية الموضحة بالجدول (٢)، وكان ذلك من خلال استخدام أكبر قواعد البيانات العالمية وهي قاعدة بيانات Scopus، وقد شمل المسح (٣٤٣٤) بحثًا للوسائط الفائقة في العمليات النهرية، و(٦٦) بحثًا للوسائط الفائقة في دراسة الجزر النهرية. كما تم إجراء مسح شامل للأبحاث العلمية المنشورة بالمجلات العربية باستخدام قاعدة بيانات بنك المعرفة المصري ودار المنظومة وموقع اتحاد مكتبات الجامعات

المصرية؛ للكشف عن الاتجاهات الحديثة في دراسات الوسائط الفائقة في دراسة العمليات النهرية والجزر النهرية محليًا، وذلك خلال المدة الزمنية لإجراء البحث المرجعي الحالي من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢٣، وقد أسفر البحث عن اختيار ٢١ مجلة عربية، بحيث شمل (٣٣) بحثًا علميًا لكل من العمليات والجزر النهرية، و(٢١) رسالة علمية لكل من العمليات والجزر النهرية.

جدول (٢) الدوريات العالمية المختارة لرصد الاتجاهات البحثية الحديثة في دراسات الوسائط الفائقة في دراسة العمليات النهرية والجزر النهرية

Rank	Journal	Quartile	SJR	H-INDEX	Publisher	Country	ISSN
1	Geomorphology	Q1	1.06	193	Elsevier	Netherlands	0169555X 1872695X
2	Earth surface processes and landforms	Q1	0.98	150	John Wiley and Sons Ltd	United Kingdom	1979337 10969837
3	Physical Geography	Q2	0.41	47	Taylor and Francis Ltd	United Kingdom	2723646
4	Journal of Hydrology	Q1	1.76	274	Elsevier B.V	Netherlands	221694
5	Applied Geography	Q1	1.2	126	Elsevier B.V	Netherlands	1436228
6	Water Science	Q2	0.36	25	Taylor and Francis Ltd	United Kingdom	11104929 23570008
7	Journal of Geographical Systems	Q1	0.66	61	Springer Verlag	Germany	14355930 14355949
8	Applied remote sensing	Q2	0.41	63	SPIE	United States	19313195
9	International Journal of Remote Sensing	Q1	0.78	203	Taylor and Francis Ltd	United Kingdom	1431161 13665901
10	River research and applications	Q2	0.62	111	John Wiley and Sons Ltd	United Kingdom	15351459 15351467
11	International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation	Q1	2.11	132	Elsevier B.V	Netherlands	15698432 1872826X
12	The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences	Q1	0.85	48	National Authority for Remote Sensing and Space Sciences- Elsevier	Egypt	1110 9823
13	Environmental Modeling and Software	Q1	1.33	167	Elsevier B.V	Netherlands	13648152 18736726
14	International Journal of Digital Earth	Q1	0.95	62	Taylor and Francis Ltd	United Kingdom	17538947 17538955
15	Remote sensing of environment	Q1	4.31	350	Elsevier Inc	United States	344257
16	Journal of Maps	Q2	0.57	47	Taylor and Francis Ltd	United Kingdom	17445647
17	International Journal of Disaster Risk Reduction	Q1	1.13	86	Elsevier Ltd	United Kingdom	22124209
18	Tourism Management	Q1	3.35	255	Elsevier Ltd	United Kingdom	2615177
19	Geo-Spatial Information Science	Q1	1.1	40	Taylor and Francis Ltd	United Kingdom	10095020

Source: https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=geography

وقد تنوعت المجالات البحثية في دراسات الوسائط الفائقة في دراسة العمليات والجزر النهرية ما بين الأجهزة والتقنيات والبرامج والمنصات والعرض المرئي والتفاعلي، وسيتم تناول تلك المجالات بالدراسة والتحليل في إطار المجلات المختارة الأجنبية والعربية وتتبع تطورها (جدول ٣ و٤) و (شكل ٣ و٤).

جدول (٣) توزيع أعداد البحوث وفقًا لموضوع الدراسة بالمجلات الأجنبية والعربية (٢٠٠٠-٢٠٢٣)

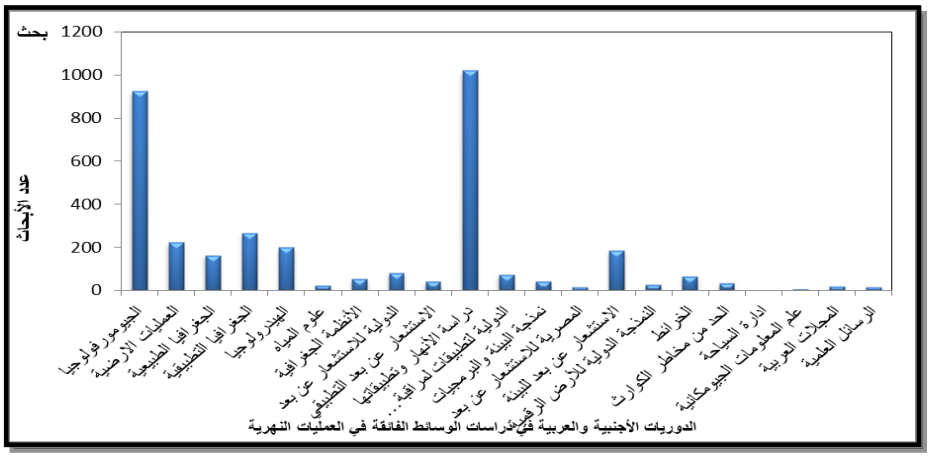
م	المجلة	إجمالي أبحاث العمليات النهرية	الوسائط الفائقة لإنتاج وتحليل الجزر النهرية				
			الأجهزة	التقنيات	البرامج والمنصات	العرض المرئي والتفاعلي	الإجمالي
١	مجلة الجيومورفولوجيا	٩٢٥	–	٣	١	–	٤
٢	مجلة العمليات الأرضية وأشكال سطح الأرض	٢٢١	–	٢	١	–	٣
٣	مجلة الجغرافيا الطبيعية	١٦٢	–	١	١	–	٢
٤	مجلة الجغرافيا التطبيقية	٢٦٥	–	٢	١	–	٣
٥	مجلة الهيدرولوجيا	١٩٨	–	٢	–	–	٢
٦	مجلة علوم المياه	٢٣	–	١	–	–	١
٧	مجلة الأنظمة الجغرافية	٥٤	–	٦	٢	–	٨
٨	مجلة الدولية للاستشعار عن بعد	٨١	–	١	١	–	٢
٩	مجلة الاستشعار عن بعد التطبيقي	٤١	–	٣	١	–	٤
١٠	مجلة دراسة الانهار وتطبيقاتها	١٠٢١	–	٣	٢	–	٥
١١	المجلة الدولية لتطبيقات لمراقبة الارض والجيوانفورماتيكس	٧٣	–	١	١	–	٢
١٢	مجلة نمذجة البيئة والبرمجيات	٤٢	–	١	–	–	١
١٣	المجلة المصرية للاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء	١٦	–	١	–	–	١
١٤	المجلة الدولية للأرض الرقمية	٢٧	–	١	١	–	٢
١٥	مجلة الاستشعار عن بعد للبيئة	١٨٣	–	١	–	–	١
١٦	مجلة الخرائط	٦٤	–	١	–	١	٢
١٧	مجلة الحد من مخاطر الكوارث	٣٢	–	١	–	١	٢
١٨	مجلة ادارة السياحة	–	–	–	–	١	١
١٩	مجلة علم المعلومات الجيومكانية	٦	–	١	–	–	١
٢٠	المجلات العربية	١٩	–	١٢	٢	–	١٤
٢١	الرسائل العربية (ماجستير – دكتوراه)	١٦	–	٤	١	–	٥
الإجمالي		٣٤٩	٠	٤٨	١٥	٣	٦٦

Source: https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=geography

جدول (٤) تطور المجالات البحثية في دراسات الوسائط الفائقة لإنتاج وتحليل الجزر النهرية وفقًا للمجلات الأجنبية والعربية (٢٠٠٠-٢٠٢٣)

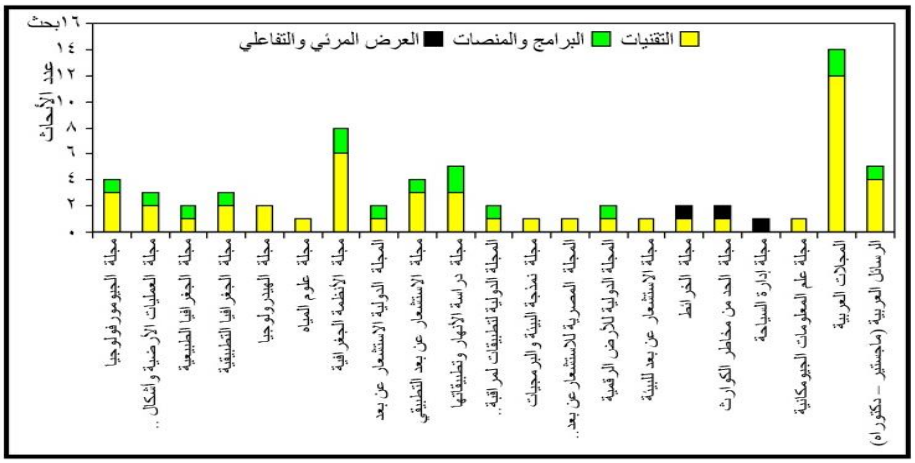
م	اسم المجلة	٢٠٠٠-٢٠٠٥	٢٠٠٦-٢٠١٠	٢٠١١-٢٠١٥	٢٠١٦-٢٠٢٣	الاجمالي
١	مجلة الجيومورفولوجيا	-	١	١	٢	٤
٢	مجلة العمليات الأرضية وأشكال سطح الأرض	-	-	١	٢	٣
٣	مجلة الجغرافيا الطبيعية	-	-	-	٢	٢
٤	مجلة الجغرافيا التطبيقية	-	-	١	٢	٣
٥	مجلة الهيدرولوجيا	-	-	١	١	٢
٦	مجلة علوم المياه	-	-	١	-	١
٧	مجلة الأنظمة الجغرافية	-	١	٢	٥	٨
٨	مجلة الدولية للاستشعار عن بعد	-	-	١	١	٢
٩	مجلة الاستشعار عن بعد التطبيقي	١	-	١	٢	٤
١٠	مجلة دراسة الأنهار وتطبيقاتها	-	١	١	٣	٥
١١	المجلة الدولية لتطبيقات لمراقبة الارض والجيوانفورماتيكس	-	-	١	١	٢
١٢	مجلة نمذجة البيئة والبرمجيات	-	-	-	١	١
١٣	المجلة المصرية للاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء	-	-	-	١	١
١٤	المجلة الدولية للأرض الرقمية	-	-	١	١	٢
١٥	مجلة الاستشعار عن بعد للبيئة	-	-	-	١	١
١٦	مجلة الخرائط	-	-	-	٢	٢
١٧	مجلة الحد من مخاطر الكوارث	-	-		٢	٢
١٨	مجلة ادارة السياحة	-	-	-	١	١
١٩	مجلة علم المعلومات الجيومكانية	-	١	-	-	١
٢٠	المجلات العربية	٢	٢	٣	٧	١٤
٢١	الرسائل العربية (ماجستير -دكتوراه)	-	١	١	٣	٥
	الإجمالي	٣	٧	١٦	٤٠	٦٦

Source: https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=geography



المصدر: اعتمادًا على جدول (٣)

(شكل٣) توزيع أعداد البحوث وفقًا للوسائط الفائقة في العمليات النهرية بالمجلات الأجنبية والعربية (٢٠٠٠-٢٠٢٣)



المصدر: اعتمادًا على جدول (٣)

(شكل٤) توزيع أعداد البحوث وفقًا للوسائط الفائقة في الجزر النهرية بالمجلات الأجنبية والعربية (٢٠٠٠-٢٠٢٣)

يتضح من تحليل الجدولين (٣ و٤) والشكلين (٣ و٤) ما يأتي:

– بلغ إجمالي عدد بحوث الوسائط الفائقة لإنتاج وتحليل الجزر النهرية بجميع مجالاتها (٦٦) بحثًا علميًّا، سجلت فيها المجلات العربية أكبر عدد حيث بلغ (١٤) بحثًا، تليها مجلة الأنظمة الجغرافية بـ (٨) بحوث.

– استحوذ المجال البحثي (التقنيات) على أكبر عدد للأبحاث بلغ (٤٨) بحثًا بنسبة ٧٢,٧٪، وجاء المجال البحثي (البرامج والمنصات) في الترتيب الثاني في عدد الأبحاث المرتبطة بإنتاج وتحليل الجزر النهرية بـ (١٥) بحثًا علميًّا بنسبة ٢٢,٧٪، وأخيرًا جاء المجال البحثي (العرض التفاعلي والمرئي) في الترتيب الثالث بـ (٣) أبحاث بنسبة ٤,٦٪، وشغلتها مجلات الخرائط، والحد من الكوارث، وإدارة السياحة بواقع بحث لكل منها.

• لم يسجل المجال البحثي (الأجهزة) في أي دراسة خاصة بإنتاج وتحليل الجزر النهرية، ولعل ذلك كان السبب الرئيس في دراسة الأبحاث المتعلقة بالتعرية النهرية بصفة عامة؛ وذلك لأن هذا المجال البحثي له أهمية كبيرة وواسع الانتشار في دراسة الأنظمة النهرية، وكان لابد من تناوله بالتفصيل في الجزء الخاص بالأجهزة والأبحاث المتعلقة به كأحد الوسائط الفائقة، وهذا لا يعد نقطة ضعف أو قصور في البحث، ولكن لقلة الأبحاث التي تناولت مجالات الوسائط الفائقة في دراسة الجزر النهرية، بالإضافة إلى العدد الكبير من الأبحاث التي تناولت الأنظمة النهرية باستخدام الوسائط الفائقة المتنوعة، كما أن الجزر النهرية جزء مهم من الأنظمة النهرية، بمعنى أن أي تغير في العوامل والعمليات المؤثرة في تلك الأنظمة سوف يتبعه تغير في خصائص الجزر سواء المورفومترية أو الجيومورفولوجية أو أنماط الاستخدام البشري أو الغطاءات الأرضية، وحتى تكون الصورة أوضح وأكثر واقعية في هذه الدراسة الحالية.

• بلغ إجمالي عدد الأبحاث التي تناولت الوسائط الفائقة في دراسة العمليات النهرية (٣٤٦٩) بحثًا علميًّا، وسجل أكبر عدد بمجلة دراسة الأنهار وتطبيقاتها إذ بلغ (١٠٢١) بحثًا بنسبة ٢٩,٤٪ من إجمالي عدد الأبحاث التي تناولت العمليات النهرية، تليها مجلة الجيومورفولوجيا بـ (٩٢٥) بحثًا بنسبة ٢٦,٧٪، ويرجع ارتفاع عدد الأبحاث في هاتين

المجلتين؛ لأن موضوع الدراسة يقع في بؤرة اهتمامهما، وينطبق ذلك على معظم المجلات المختارة سواء على المستوى العالمي أو المحلي.

• وجدير بالذكر أن ارتفاع عدد الأبحاث في المجلات العربية بواقع (١٤) بحثًا اقتصر فقط على مجالي البرامج والتقنيات، كالاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية والنمذجة، أما عن الوسائط الفائقة الأكثر تقدمًا فلم تتعرض لها تلك الأبحاث، وينطبق ذلك أيضًا على الدوريات الأجنبية وإن كانت تزيد عنها في مجال العرض المرئي والتفاعلي، وهذا بالنسبة لدراسات الوسائط الفائقة في دراسة الجزر النهرية، أما عن الوسائط الفائقة في دراسة العمليات النهرية فتميزت بالتنوع في جميع المجالات وخاصة أكثرها تقدمًا، وهذا ما سيأتي ذكره في شرح مجالات (أنواع) الوسائط الفائقة لاحقًا.

ولدراسة تتبع التطور الزمني للاتجاهات البحثية في دراسات الوسائط الفائقة، تم الاقتصار على دراسة التطور على دراسات الجزر النهرية فقط وذلك خلال المدة من ٢٠٠٠– ٢٠٢٣، كما في (الجدول ٤)، ويتضح الآتي:

• المرحلة الأولى (٢٠٠٠–٢٠٠٥م): اتسمت هذه المرحلة بقلة عدد الدراسات الخاصة بالوسائط الفائقة في إنتاج وتحليل الجزر النهرية، وظهر فيها (٣) دراسات بنسبة ٤,٦٪ من جملة الدراسات، توزعت على مجلتين فقط من (٢١) مجلة بحثية وهما المجلات العربية، ومجلة الاستشعار عن بُعد التطبيقي، وركزت الدراسات على الاستشعار عن بُعد والنمذجة في مجال التقنيات وعلى Google Earth وArc GIs desktop في مجال البرامج، أما عن المنصات والعرض المرئي والتفاعلي، فلم تظهر بعد في هذه المدة.

• المرحلة الثانية (٢٠٠٦–٢٠١٠م): شهدت هذه المدة زيادة نسبية في عدد دراسات الوسائط الفائقة في الجزر النهرية والتي بلغت (٧) دراسات، بنسبة ١٠,٦٪ من إجمالي عدد الدراسات، توزعت بين أربع مجلات أجنبية وعربية ورسالة علمية واحدة فقط، واستمر التركيز في هذه المدة على البرامج والتقنيات التي ذكرت في المرحلة السابقة.

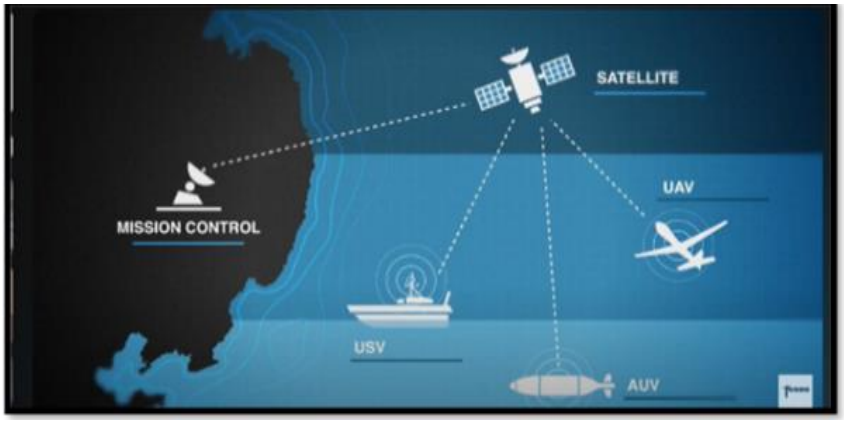
• المرحلة الثالثة (٢٠١١–٢٠١٥م): سجلت عدد الدراسات (١٦) دراسة بنسبة ٢٤,٢٪ من إجمالي الدراسات، أي نحو ربع الدراسات تقريبًا خلال مدة الدراسة، توزعت ما بين

(١١) دورية أجنبية والمجلات العربية والرسائل العلمية، تم التركيز في دراسات هذه المدة على برامج أكثر تقدمًا مثل: Arc GIS Pro, Arc GIS Online

– **المرحلة الرابعة (٢٠١٦–٢٠٢٣م):** شهدت هذه المدة ذروة الاهتمام بدراسات الوسائط الفائقة في إنتاج وتحليل الجزر النهرية؛ حيث تناولت (١٩) دورية أجنبية وعربية هذه الوسائط، وبلغ عدد الأبحاث (٤٠) بحثًا بنسبة ٦٠,٦٪ من إجمالي عدد الدراسات، أي أكثر من نصف إجمالي الدراسات، ويرجع السبب في هذه الزيادة المطردة إلى ظهور وسائط فائقة جديدة بجانب الوسائط السابق ذكرها، تمثلت في تقنيات الذكاء الاصطناعي، والعرض المرئي والتفاعلي، والمنصات مثل: Google Earth engine، والبرامج Q GIS ، و Arc GIS online.

ثالثًا: الأجهزة المستخدمة في رصد وتجميع بيانات الوسائط الفائقة في دراسات الجزر النهرية:

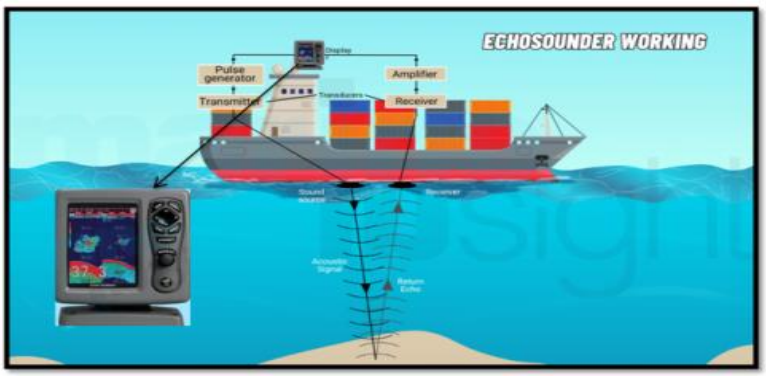
تتعدد أجهزة الوسائط الفائقة الجغرافية التي تهدف إلى جمع البيانات والمعلومات المرتبطة بالعمليات والظاهرات الجيومورفولوجية النهرية، وخاصة الجزر النهرية (شكل ٥)، وفيما يأتي دراسة أهم الأجهزة:



شكل (٥) مثال للأجهزة الفائقة

١. **أجهزة دراسة طبوغرافية قاع الأنهار**: وتشمل العديد من الأجهزة، من أهمها ما يأتي:

أ. جهاز Echo sounder: يستخدم في القياسات المائية لتحديد مناسيب القاع بواسطة إرسال نبضات صوتية إلى القاع وقياس الوقت الذي تستغرقه للعودة (شكل ٦)، ويتكون من محول يرسل ويستقبل الأمواج الصوتية، جهاز إرسال يولد نبضات كهربائية موجهة نحو المحول، وجهاز استقبال يحول الصدى إلى إشارات كهربائية، وشاشة عرض تعرض البيانات مثل مناسيب الأعماق. ويعمل المحول كوحدة إرسال واستقبال؛ حيث يحول الطاقة الكهربائية إلى موجات صوتية والعكس في أثناء عمليات الإرسال والاستقبال.

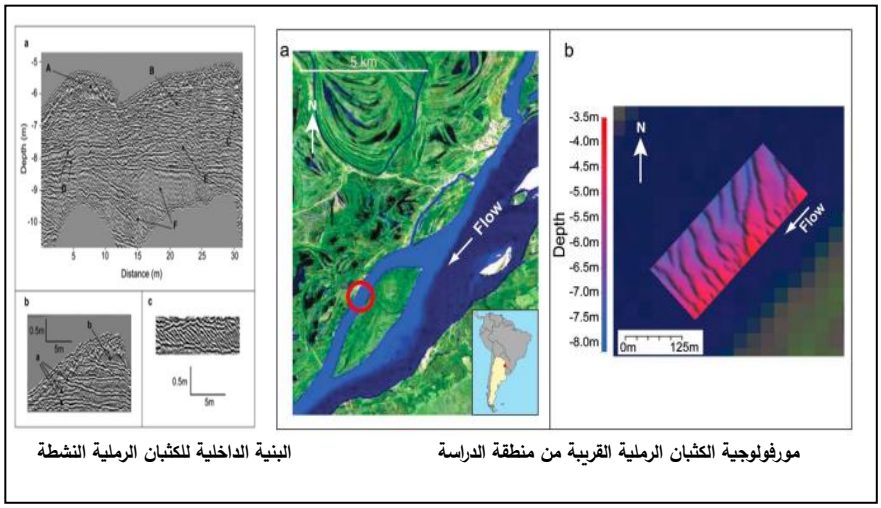


Source:https://www.marineinsight.com/tech/what-is-an- echosounder

شكل (٦) جهاز صدى الصوت

وقد اعتمدت دراسة (Smith, et al., 2013) على رسم خرائط للقاع ذات مقياس بدقة ديسمتر لرواسب الكثبان الحديثة باستخدام صدى الصوت البارامتري عن طريق جهاز Echo sounder لربط التغيرات الهيدروطبوغرافية والجزر النهرية بعمليات الإرساب (شكل ٧)، وقدمت هذه الدراسة بيانات تم جمعها باستخدام طريقة جيوفيزيقية تسمى أداة صدى الصوت البارامترية PES، وقد أظهرت قدرة كبيرة في تصوير البنية الداخلية لرمال القاع وخصائصها المورفومترية داخل المجاري النهرية بدقة كبيرة جدًّا، والتي تعد نواة لنشأة الجزر النهرية، وأثبتت النتائج دقة مشابهة للرادار الأرضي؛ حيث يسمح بإجراء تحليلات لا يمكن الحصول عليها إلى حد كبير إلا من خلال الجمع بين تقنيات المسح الجاف GPR والرطب PES؛ ليقدم فرصًا كبيرة لدراسات أكثر تفصيلًا عن ارتباط العمليات

النهرية برواسبها.



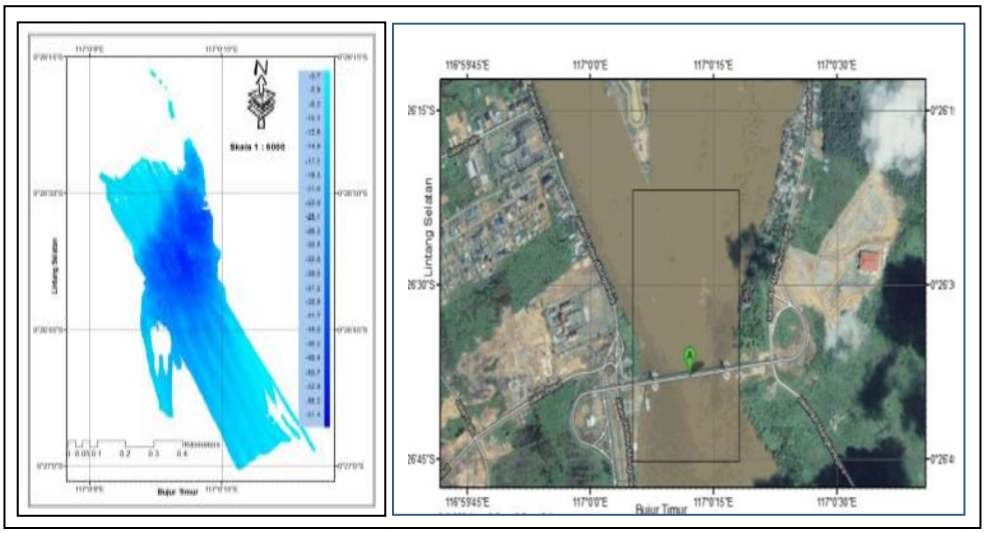
Source: Smith, et al., 2013.

شكل (٧) نتائج استخدام جهاز Echo sounder في دراسة العلاقة بين العمليات النهرية ورمال القاع

ب . سونار متعدد الحزم Multibeam Sonar: هو جهاز صوتي متطور يستخدم لإنشاء خرائط دقيقة ثلاثية الأبعاد وخاصة لقاع الأنهار، ويعمل عن طريق إصدار نبضات صوتية على شكل مروحة تغطي مساحة كبيرة، ويتم التقاط الموجات المرتدة عن القاع لتحويلها إلى صور ثلاثية الأبعاد، ويعتمد مدى العمق الذي يمكن للسونار رسمه على التردد الصوتي المستخدم، وهناك أنواع مختلفة من السونار متعدد الحزم، تستخدم ترددات متنوعة لرسم خرائط المياه سواء أكانت ضحلة أم عميقة (https://www.infomar.ie/surveys/equipment/multibeam-).

وقد اعتمدت دراسة (Manik, et al., 2014) جهاز Multibeam Sonar في دراسة كشف وتتبع قاع المجرى باستخدام سونار متعدد الحزم والمسح الجانبي (شكل ٨)، وذلك في نهر مهاكام بمنطقة كوتاي بأندونيسيا، وترجع أهمية الاعتماد على السونار متعدد الحزم في هذه الدراسة لدقته العالية وسرعته؛ مما يجعله يحقق نتائج لا يستطيع تحقيقها جهاز صدى شعاع واحد، كما يمكن استخدامه لتحديد نوع وتوزيع رواسب قاع النهر.

وقد توصلت الدراسة إلى أن قيمة شدة الأمواج الصوتية المنعكسة من قاع النهر ضعيفة، وناتجة عن نوع الرواسب المكونة التي تهيمن على القاع وهي الطين؛ مما يدل على أن منطقة الدراسة من نوع المياه الضحلة، واختتمت الدراسة بأن العوامل التي تؤثر في شدة الأمواج الصوتية المنعكسة تتمثل في درجة الصلابة، والخشونة، والرواسب النهرية.



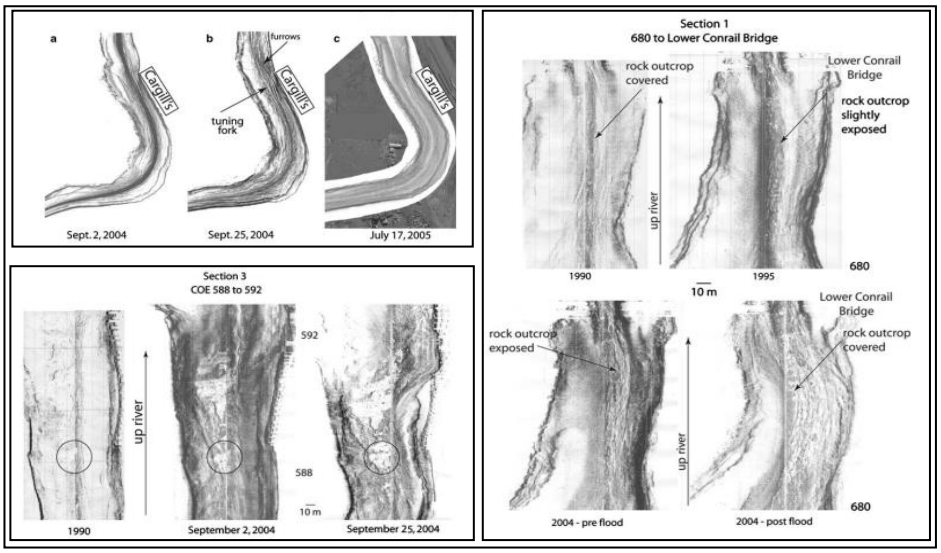
Source: Manik, et al., 2014

شكل (٨) نتائج قياس الأعماق باستخدام السونار متعدد الحزم بنهر مهاكام بإندونسيا

جـ . سونار المسح الجانبي Side-scan sonar: نظام يستخدم لإنشاء صور مفصلة لمساحات واسعة من مجاري الأنهار بما فيها من ظاهرات جيومورفولوجية، ويتميز بإطلاق نبضات صوتية قوية باتجاه القاع، والتي ترتد حاملة معلومات عن السطح، ليتم تحويلها لاحقًا إلى خرائط صور رقمية رمادية أو ملونة للبيئة المائية باستخدام الحاسوب (https://oceanexplorer.noaa.gov/technology/sonar/side-scan.html).

وقد طبقت دراسة (Manley and Singer,2008) استخدام سونار المسح الجانبي في تقييم عمليات الإرساب في نهر بوفالو بنيويورك، وتناولت الدراسة جمع بيانات على مدار ١٥ عامًا لتحديد التغيرات الزمنية في أنماط الترسيب؛ بهدف دعم استعادة النهر لطبيعته، وتم تقسيم النهر إلى أربع مناطق رسوبية بناءً على أشكال ورواسب القاع (شكل

٩)، كما أكدت الدراسة أن سونار المسح الجانبي أداة فعالة لفهم ديناميكية الرواسب؛ مما يسهم في اتخاذ قرارات مدروسة لاستعادة الأنهار لطبيعتها.



Source: Manley and Singer, 2008.

شكل (٩) نتائج استخدام سونار المسح الجانبي لنهر بوفالو بنيويورك

د . العوامة المزودة بنظام تحديد المواقع العالمي GPS BUOY:

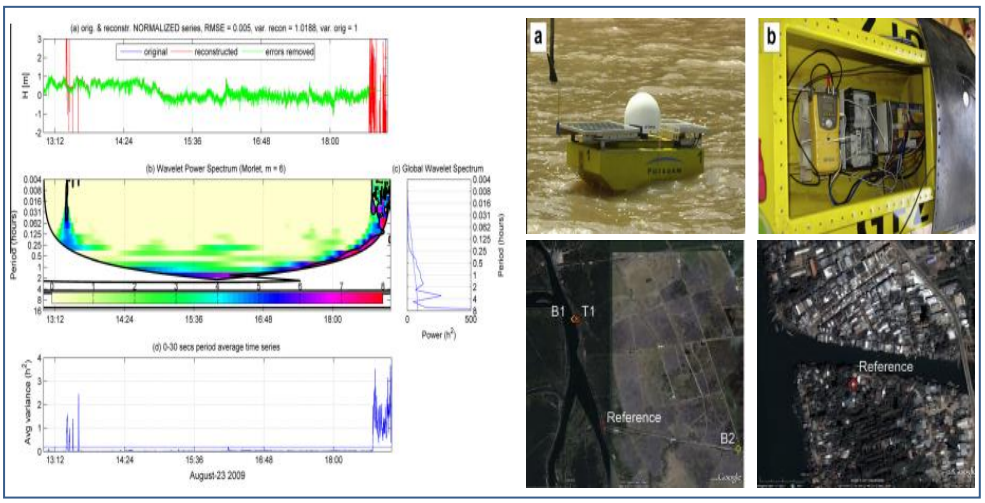
تستخدم لتحديد المواقع بدقة على سطح الأرض عبر إشارات الأقمار الصناعية، وتتميز بدقتها العالية، وسهولة الاستخدام، وقدرتها على تحمل الظروف القاسية في البيئات المائية، كما توفر بيانات الموقع بشكل دوري (https://www.radiobuoy.com/webls-en-us/product).

وقد اعتمدت دراسة (Apel, et al., 2012) عوامات مزودة بنظام تحديد المواقع العالمي GPS لرصد مستويات المياه في الأنهار (شكل ١٠)؛ حيث تمت دراسة هيدرولوجية نهر الميكونغ في فيتنام، فقام الباحثون بتطوير عوامات صغيرة مجهزة بأجهزة استقبال GNSS عالية الجودة، مصممة خصوصًا لتلبية متطلبات القياس في الأنهار؛ مما يميزها عن العوامات المستخدمة في التطبيقات البحرية.

وتم اختبار هذه العوامات في موقعين: نهر الميكونغ تحت تيارات قوية، وبحيرة صغيرة متصلة بقناة ذات تيارات ضعيفة، وأظهرت النتائج جودة عالية في قياس مستويات المياه

بمتوسط خطأ أقل من ٢ سم؛ مما يؤكد فاعليتها في مراقبة الفيضانات والنمذجة الهيدروليكية.

وقد أوصت الدراسة بتجهيز العوامات بأجهزة استشعار لتحديد الانخفاض وتصحيح تأثيرات سرعة تدفق النهر على ارتفاع العوامة، وهذا يقلل من تأثير المسارات المتعددة على إشارات GPS، كما أوصت بتغيير موضع المحطة المرجعية لتقليل التداخلات الهيدروليكية وتحسين دقة البيانات، وأكدت أهمية توسيع البنية التحتية التقنية لنقل البيانات عبر الإنترنت مستقبلًا، وهذا يعزز من فاعلية هذه العوامات في المراقبة الدقيقة والمستمرة للظاهرات النهرية.



Source: Apel, et al., 2012.

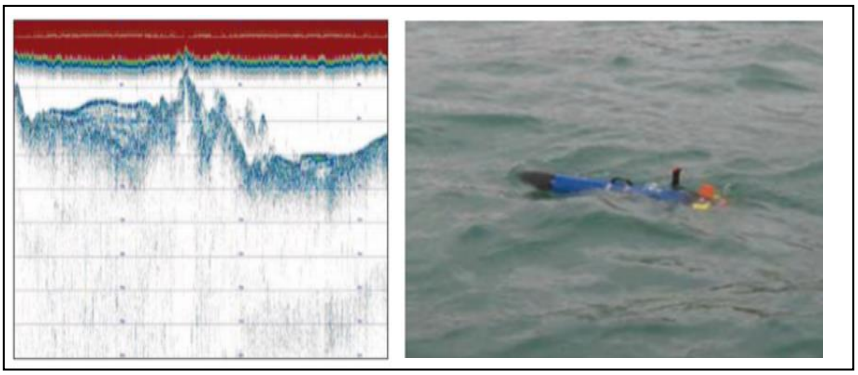
شكل (١٠) نتائج استخدام العوامة المزودة بنظام تحديد المواقع العالمي نهر الميكونغ في فيتنام

٢- المركبات غير المأهولة:

تشمل المركبات ذاتية التشغيل (AUV)، والمركبات الغاطسة الموجهة عن بُعد (ROV)، والمركبات التي تعمل بشكل ذاتي أو عن بُعد (UAV- USV)، ويتخصص كل منها في مجال محدد يعتمد على نوع الحوسبة والتكنولوجيا المناسبة لتلك البيئة. وفيما يأتي عرض لكل نوع، ودوره في بعض الدراسات المتعلقة بالأنهار خاصة الجزر النهرية، وذلك على النحو الآتي:

أ- **مركبات ذاتية التشغيل Autonomous underwater vehicle (AUVs):** هي عبارة عن روبوتات تعمل تحت الماء بشكل ذاتي دون الحاجة إلى مدخلات دورية من المشغل، وتوجه بواسطة أنظمة تحكم ذاتي وبرمجيات بناءً على مستشعراتها، ولا تحتوي على كابلات توصيل، وتُستخدم في مهام متنوعة أهمها اكتشاف ورسم الخرائط. (https://oceanservice.noaa.gov/facts/auv-rov.htm).

وقد اعتمدت دراسة (Lioyd, et al., 2011) على مسح باستخدام المركبة الذاتية تحت الماء (AUV) في نهر لوكوس بالمغرب، ودراسة تغير الضفاف مع تصوير شكل القاع بالمنعطفات (شكل ١١)، وقد تم تشغيل ثلاث مركبات في وقت واحد، ووحدة GPS مستقلة، واستخدام جهاز صدى الصوت Kundsen model 320 أحادي الشعاع وجهاز سونار المسح الجانبي. وكانت أهم النتائج التي توصلت إليها هي تحديد مناسيب المياه التي تراوحت بين ٠,٥ و٢٠ مترًا، وتحديد أشكال قاع النهر والظاهرات الجيومورفولوجية به، كما أسهم المسح في تحسين فهم إيجابيات وسلبيات استخدام المركبات تحت الماء في الأبحاث النهرية. ورغم نجاح جمع بيانات لمسافة ٥٩ كم في عام ٢٠٠٩، توقفت العمليات في ٢٠١٠؛ بسبب فشل في الاتصال اللاسلكي مع إحدى المركبات وتعطل جهاز قياس الصدى قبل إتمام المسح.

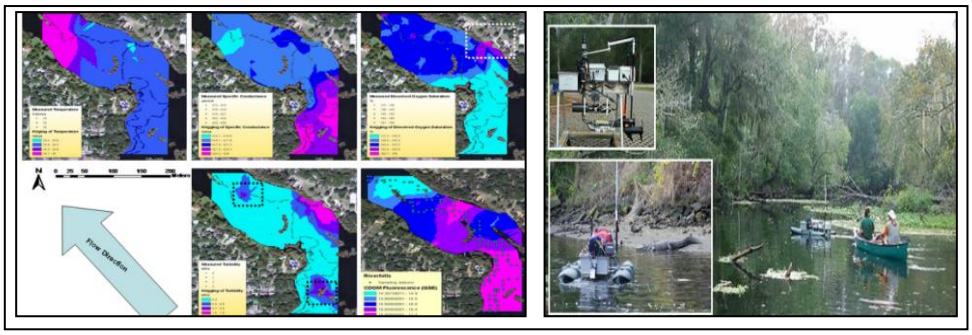


Source: Lioyd, et al., 2011

شكل (١١) نتائج استخدام (AUV) بتحديد أعماق النهر والرواسب تحت سطحية بنهر لوكاس بالمغرب

ب- المركبات المُدارة عن بُعد Remotely Operated Vehicle (ROV): هي مركبات تُستخدم تحت الماء، ويتم التحكم فيها بشكل مباشر من قبل شخص عبر عصا تحكّم، ويتم توصيل الـ ROV من خلال مجموعة من الكابلات التي تنقل الإشارات الكهربائية ذهابًا وإيابًا بين المشغل والمركبة، وتُزوّد مركبات الـ ROV بكاميرات ثابتة وكاميرات فيديو لنقل مكونات الوسائط الفائقة مباشرة مثل: الصور والفيديو، ويمكن أيضًا تجهيزها بمعدات إضافية مثل أجهزة أخذ عينات المياه والرواسب وأدوات قياس مثل: صفاء المياه ودرجة الحرارة؛ وذلك لأغراض الدراسة والبحث. وتُعتبر مركبات الـ ROV أبسط وأكثر أمانًا؛ حيث يمكنها البقاء تحت المياه لفترات طويلة، مما يعزز الوقت المتاح للاستكشاف والتقاط البيانات (https://oceanexplorer.noaa.gov/facts/rov.html).

وقد اعتمدت دراسة (Casper, et al.,2012) على قياس تباين جودة المياه في الأنهار باستخدام خرائط عالية الدقة قائمة على دمج وتكامل التكنولوجيا الجيومكانية، وأجهزة الاستشعار الميدانية، ومركبات الـROV. وهدفت هذه الدراسة إلى إنتاج خرائط ثنائية الأبعاد لجودة المياه بنهر هيلسبورو في تامبا- فلوريدا (شكل ١٢)، مع الاعتماد على أدوات الاستيفاء المكاني لتطوير خرائط توضح التباين في جودة المياه، كما كشفت الخرائط ثنائية الأبعاد للنهر عن تأثيرات ملحوظة على تطور الظاهرات الجغرافية، مثل: التقاء الروافد، والجزر النهرية. ومن أهم التوصيات دمج أجهزة الاستشعار الميدانية، ومركبات الـROV، وتقنيات رسم الخرائط الجغرافية؛ مما يعزز برامج رصد وتقييم التغييرات البيئة.



Source: Langhmmer and Vackova, 2018

شكل (١٢) نتائج استخدام مركبة ROV لأخذ العينات في نهر هيلسبورو، تامبا- فلوريدا

جـ- مركبات سطحية غير مأهولة Surface Water Vehicle (USV): هي عبارة عن قوارب أو سفن روبوتية صغيرة أو كبيرة تعمل بشكل ذاتي أو يتم التحكم فيها عن بُعد، وتُستخدم هذه المركبات في مجموعة واسعة من التطبيقات، وتم تطوير معظم المركبات السطحية باستخدام أجهزة تتبع GPS، وأنظمة ISR[١]، وروبوتات IEEE[٢]، والسونار، وأجهزة استشعار أخرى تسمح لها بالتنقل بشكل ذاتي.

وتُعد المركبات السطحية غير المأهولة (USV) -المعروفة أيضًا باسم السفينة السطحية الذاتية- بديلًا فعلًا من حيث التكلفة مقارنةً بالسفن السطحية المأهولة، ويمكن استخدام المركبات السطحية غير المأهولة في أي نوع من بيئات المياه، مثل: الأنهار، والبحيرات، بشرط أن يكون لديها طفو كافٍ لدعم وزنها، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق ملئها بالغاز (https://csmi.com/what-is-an-unmanned-surface-vehicle/).

وقد استخدمت دراسة (Jo, et al., 2019) منصة سفينة سطحية غير مأهولة صغيرة ومنخفضة التكلفة ومفتوحة المصدر بالكامل من حيث الأجهزة إلى البرامج لمراقبة جودة المياه؛ حيث قدمت الدراسة تطويرًا لمنصة لسفينة سطحية غير مأهولة (USV) (شكل ١٣)، ومن أهم مميزاتها استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، بالإضافة إلى الاعتماد على تطبيق أندرويد؛ مما يُتيح للمستخدمين التحكم بالسفينة عبر البلوتوث، وعرض بيانات المستشعرات وبيانات GPS. وقد تم التحقق من أداء المنصة في مواقع مختلفة، بما في ذلك الولايات المتحدة وبيرو.

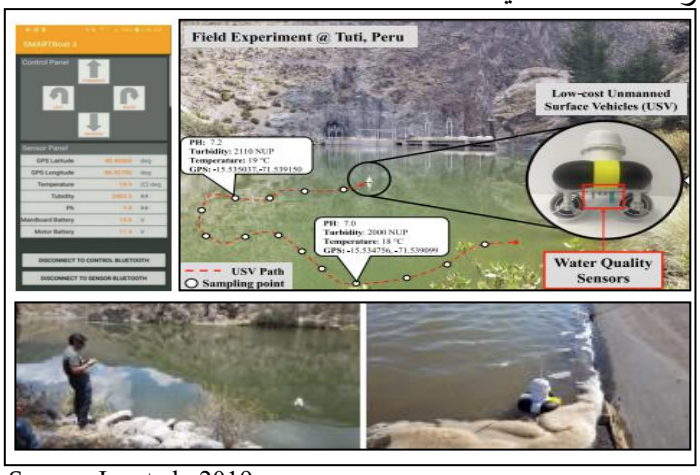
بالإضافة إلى تمتعها بمميزات إضافية، فالمنصة مجهزة بوحدة GPS وتستخدم نظام تشغيل الروبوت (ROS) للتمكين من التنقل الذاتي، وبفضل تكلفتها المنخفضة يمكن تصنيع وحدات متعددة للمراقبة في عدة مواقع بشكل متزامن، وهذا يحسن الكفاءة والإنتاجية، كما أن المنصة مجهزة بوظائف اتصال لنقل البيانات إلى خادم ويب

---

[١] أنظمة ISR هي اختصار لـ Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance، وتعني الاستخبارات والمراقبة والاستطلاع، وتُستخدم هذه الأنظمة لجمع المعلومات وتحليلها من أجل دعم القرارات العسكرية والمدنية.

[٢] تشير إلى الروبوتات التي تتوافق مع المعايير أو المشاريع التي تم تطويرها أو دعمها من قبل IEEE، وهي اختصار لـ Institute of Electrical and Electronics Engineers، وهو معهد عالمي يركز على تطوير التكنولوجيا المتعلقة بالهندسة الكهربائية والإلكترونية.

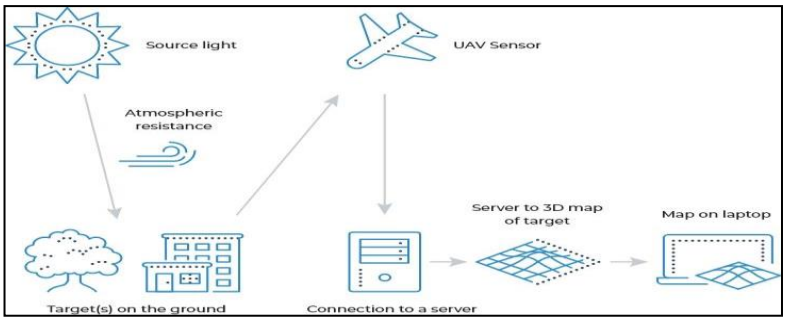
ومشاركتها عبر الإنترنت، ويمكن استخدام المنصة كأداة تعليمية فعالة لدراسة مجالات هندسة البيئة والمسطحات المائية.



Source: Jo, et al., 2019

شكل (١٣) منصة مقترحة لسفينة سطحية غير مأهولة تسمى SMART Boat 3

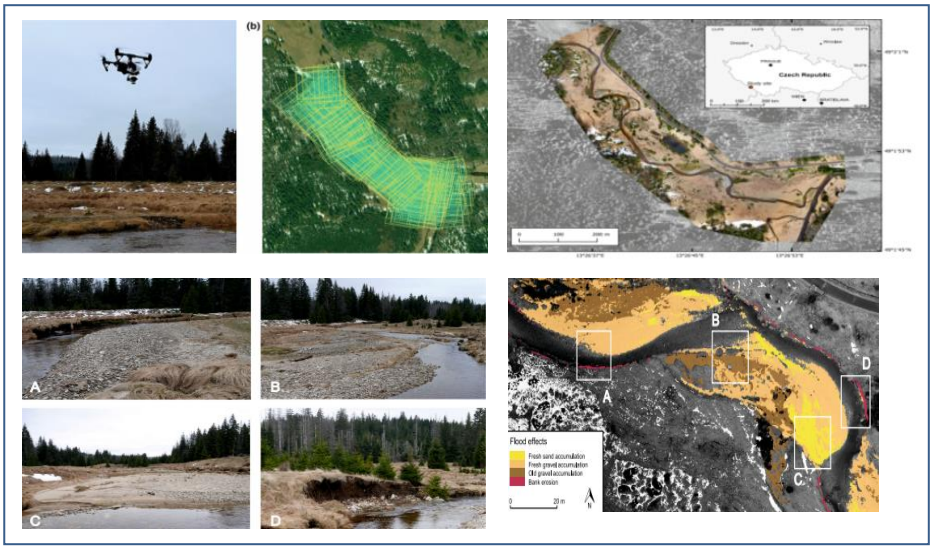
د- الطيارة بدون طيار Unmanned Aerial Vehicle (UAV): هي طائرات لا تتطلب وجود طيار بشري على متنها، ويمكن التحكم فيها عن بُعد أو برمجتها للطيران بشكل مستقل، وتُستخدم هذه المركبات في المسح التصويري (شكل ١٤)، حيث تتم معالجة الصور التي تجمعها أجهزة الاستشعار المثبتة على الطائرات بدون طيار لإنشاء خرائط ونماذج ثلاثية الأبعاد دقيقة باستخدام صور جوية عالية الدقة، وتجمع هذه العملية بين المستشعرات الجوية وأنظمة رسم الخرائط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) (https://mapware.com/an-introduction-to-drone-).



Source: https://mapware.com/an-introduction-to-drone- photogrammetry

شكل (١٤) مكونات أنظمة الطيار بدون طيار

وقد طبقت دراسة (Langhmmer and Vackova, 2018) في كشف ورسم خرائط الظاهرات الجيومورفولوجية الناجمة عن الفيضانات، ورصد التغيرات بالجزر النهرية باستخدام المسح التصويري (التصوير الجوي) للطائرات بدون طيار بنهر جافور بجمهورية التشيك (شكل ١٥)، وتعتمد التقنية على دمج نموذج الارتفاع الرقمي ثلاثي الأبعاد (DEM) والصور الجوية ثنائية الأبعاد المصححة هندسيًا مع المعلومات الوصفية لإنشاء بيانات متعددة الطبقات، وتم استخدام هذه البيانات لتصنيف الأشكال النهرية مثل تحديد مناطق ومعدلات النحت والإرساب. وأثبتت النتائج أن دمج البيانات ثنائية وثلاثية الأبعاد مع الطبقات الوصفية عزز دقة اكتشاف الأشكال النهرية؛ حيث زادت الدقة من ٦١,٧٪ باستخدام قنوات RGB فقط إلى ٩٨,٣٪ باستخدام جميع طبقات البيانات المتاحة، وأكدت الدراسة فاعلية هذه التقنية في رسم الخرائط وتحليل آثار الفيضانات، وتطور الظواهر الجيومورفولوجية النهرية وخاصة الجزر النهرية.



Source: Langhmmer and Vackova, 2018

شكل (١٥) نتائج استخدام المسح التصويري (UAVs) بنهر جافور بجمهورية التشيك

٣- أجهزة الاستشعار الفضائي:

تضم أجهزة استشعار متخصصة تحملها الوسائل الفضائية غير المأهولة (الأقمار الصناعية)، ومنها أجهزة التصوير الفضائي المتقدمة، وجهاز الاستشعار متعدد الأطياف MSS، والماسح الموضوعي، وأجهزة التصوير (العدسات) التليفزيونية (فيديكون) RBV. ويمكن تقسيم أجهزة التصوير الفضائي في الأقمار الصناعية إلى ثلاث فئات هي: آلات التصوير الفوتوغرافي، والمصور البصري ذو النمط الخطي Line- type Optical Imager، والتصوير الراداري (أبو راضي، ٢٠٠٨). وتوافر تلك الأجهزة مرئيات فضائية يتم الاعتماد عليه في دراسة الجزر النهرية.

رابعًا: التقنيات والبرامج والمنصات المستخدمة في معالجة وتحليل بيانات الوسائط الفائقة في دراسة الجزر النهرية:

١- التقنيات: وتشمل تقنية الاستشعار عن بُعد، والذكاء الاصطناعي، وتم دراستهما على النحو الآتي:

أ- تقنية الاستشعار عن بُعد:

تعد تقنية الاستشعار عن بُعد ذات أهمية كبيرة في دراسة الجزر النهرية؛ حيث تتيح التحليل الشامل والدقيق لها، مع المراقبة المستمرة لرصد التغيرات الجيومورفولوجية والبيئية التي تطرأ عليه، ومن أهم مكونات الاستشعار عن بُعد الصور الرادارية Radar Satellite Image، ومرئيات اللاندسات(ETM+) Enhanced Thematic Mapper. وفيما يأتي دراسة تفصيلية لها على النحو الآتي:

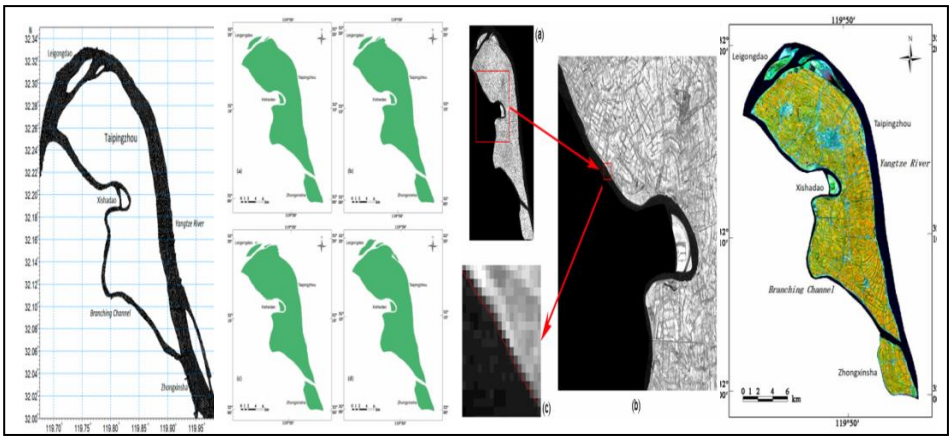
- **مرئيات الاندسات (ETM+) , (TM):**

قد اعتمدت دراسة (Shi, et al., 2018) على دراسة تطور الزماني والمكاني للجزر النهرية استنادًا إلى مرئيات الأقمار الصناعية Landsat، والنمذجة الهيدروديناميكية الرقمية، والبيانات الحقلية. وتم دراسة أربع جزر نهرية في الأجزاء السفلى من نهر اليانغتسي في مدينة يانغتشونغ من عام ١٩٨٥ إلى ٢٠١٥ (شكل ١٦)؛ لإيضاح التغيرات الجيومورفولوجية المستمرة لهم، وتحديد العوامل التي أثرت على تطور الجزر، بما في ذلك هطول الأمطار، وتصريف الجريان، وحجم الرواسب؛ والتحقيق في كيفية تأثير

كمية التصريف على النحت والإرساب.

وتم الاعتماد على أسلوبين، هما: طريقة العتبة (Threshold Value Method) لتوضيح الفرق في القيم الانعكاسية بين الماء واليابس، الذي ينجم عن وجود الرواسب والكلوروفيل في مياه نهر اليانغتسي، ثم استخدام طريقة نموذج التحويل الثنائي Binarization model لتمثيل البكسلات التي تكون قيمتها اللونية أكبر من أو تساوي قيمة العتبة بالأرض (برمز ١)، بينما تمثل باقي البكسلات بالماء أو الخلفية (برمز 0) بعد ذلك. ثم تم إجراء تحليل المجموعات Cluster Analysis لتصنيف المرئية إلى مجموعات غير مراقبة باستخدام خوارزمية K-means، التي تعتمد على المسافة كمؤشر للتشابه. في هذه العملية تم تجميع ودمج المناطق المتشابهة المجاورة لإزالة الضوضاء ببرنامج ENVI.

كما استخدام برنامج (SMS) نظام نمذجة المياه السطحية لإعداد نموذج FVCOM لمحاكاة منطقة مصب نهر اليانغتسى من خلال إنشاء شبكة مثلثية غير منتظمة بدقة مكانية تبلغ ٥٠٠ متر، وقد تم استخراج حدود الضفاف لنهر اليانغتسي وحدود الجزر النهرية من Google Earth بدقة شبكة مكانية تبلغ ٥٠٠ متر، واستخدمت البيانات الهيدرولوجية من محطة جيوجيانغ، وتدفق الحرارة من مجموعة بيانات CFSv2، وقُسم الاتجاه الرأسي إلى ١٠ طبقات. وتوصلت الدراسة إلى تغير مساحة الجزر بين ١٩٨٥ و٢٠١٥، ويرجع هذا التغير إلى الارتباط بشكل واضح بتصريف المياه، ومعدلات الإرساب، وهطول الأمطار، كما أوضحت نظم المحاكاة تأثر الجزر النهرية بتدفق المياه من المنبع إلى المصب.

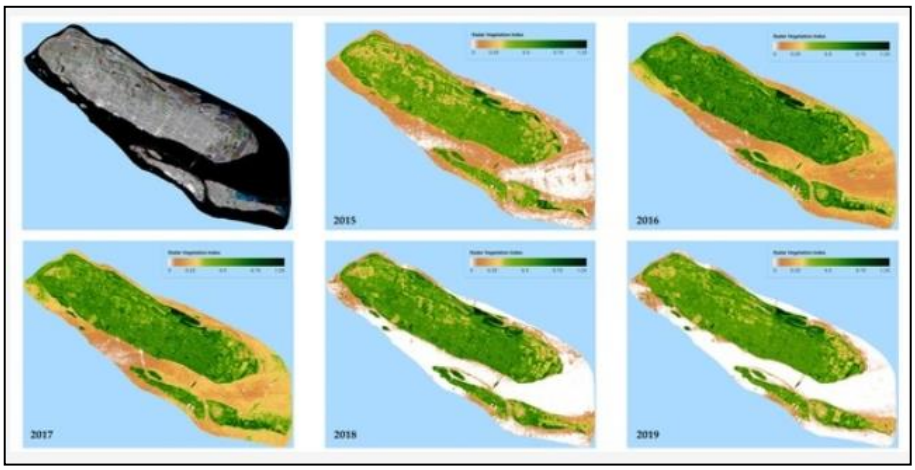


Source: Shi, et al., 2018.

شكل (١٦) نتائج استخراج الجزر النهرية بمصب نهر اليانغتسي في مدينة يانغتشونغ باستخدام برنامج ENVI، والنمذجة باستخدام برنامج SMS

- **الصور الرادارية Radar Satellite Image:**

اعتمدت دراسة (Xu and Wang, 2020) على تحليل السلاسل الزمنية لصور الأقمار الصناعية الرادارية لرسم خرائط عالية الدقة لتغيرات الغطاء النباتي الناتجة عن التدخل البشرى بجزيرة تشونغ مينغ (شكل ١٧)، التي تقع عند مصب نهر اليانغتسى في شمال شنغهاي بالصين، وتعتبر الجزيرة أكبر جزيرة غرينية في الصين وموقعًا مهمًّا للتنوع البيولوجي والتطوير السياحي البيئي، وتم الاعتماد على بيانات Sentinel-1 SAR لتتبع التغيرات في الغطاء النباتي عبر الرادار، وبيانات Sentinel-2 و Landsat 8 لمقارنة نتائجها من نتائج SAR من خلال الملاحظة البصرية، كما تم استخدام خوارزمية k-means لرسم خريطة للغطاء المائي في الأراضي الرطبة بالجزيرة، وكشفت النتائج عن فاعلية استخدام Sentinel-1 SAR؛ حيث يوفر بيانات دقيقة وغير متأثرة بالغيوم لقياس التغيرات البيئية، وتتوافق النتائج مع بيانات Landsat 8 و Sentinel-2، وهذا يدل على قدرة تقنيات الرادار والبصرية على تقديم معلومات متكاملة وموثوقة؛ مما مكّن من التوصل إلى تقدير زيادة مساحة الغطاء النباتي خلال فترة الدراسة.



Source: Xu and Wang, 2020.

شكل (١٧) تغير الغطاء النباتي والأراضي الرطبة بجزيرة تشونغ مينغ بمصب نهر اليانغستي

ب- النمذجة Modeling:

يهدف بحث (Brown and Pasternack, 2019) إلى تقديم أهم النماذج المستحدثة في بناء طبوغرافيا رقمية للأنهار من خلال الاستعانة بخبراء الكارتوجرافيا، والتصميمات الهندسية، والتصميمات التفاعلية، كما يُمكن استخدام النماذج المتوازنة الحتمية[١]، والنماذج الديناميكية الشكلية[٢]، والنهج العشوائي[٣]؛ لتحديد التفاصيل والأساليب التي يمكن أن تُنتج أنواعًا مختلفة من المناظر الطبيعية الرقمية للأنهار (شكل ١٨).

وتشمل أهم التقنيات المستخدمة في الدراسة الاستشعار عن بُعد لتوفير بيانات عن سطح الأرض وتفاصيل النهر، واستخدام الطائرة بدون طيار (UAV) لالتقاط صور عالية الدقة للنهر، كما يتم استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتكامل وتحليل بيانات النهر، مثل: الأبعاد، والخصائص الجغرافية، وإنشاء خرائط تفصيلية للنهر، يضاف إلى ذلك التحليل الرقمي للصور (Image Processing) باستخدام تقنيات الترشيح والتعزيز

---

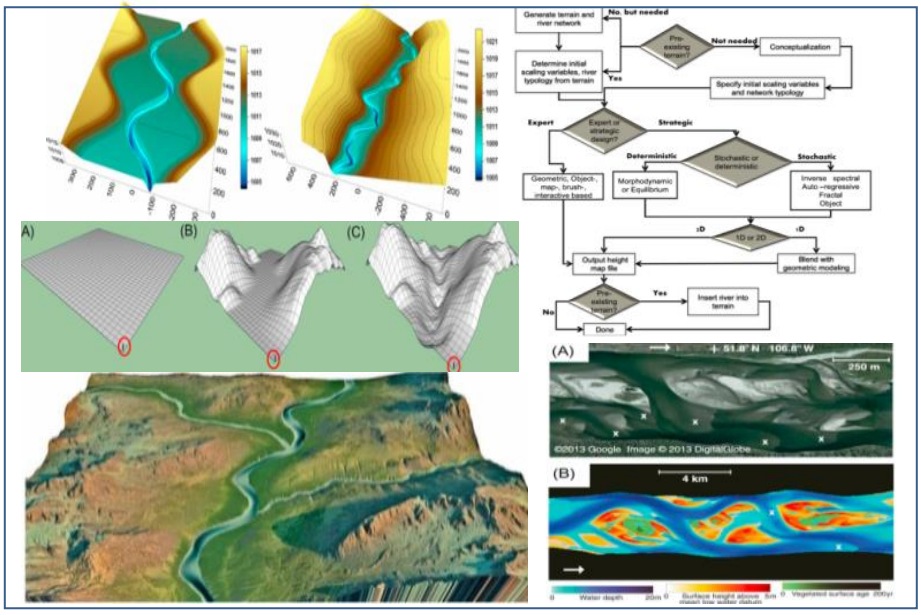
[١] تستخدم لتحديد التوازن بين قوى النحت والترسب، وتركز على الوصول إلى حالة مستقرة للنهر من خلال نمذجة العمليات الجيومورفولوجية.

[٢] تركز على كيفية تغير شكل النهر بمرور الوقت تحت تأثير العوامل البيئية المختلفة، وتشمل نمذجة التغيرات في التدفق والتآكل والترسب.

[٣] يستخدم تقنيات إحصائية أو عشوائية لتوليد نماذج نهرية؛ مما يوفر تنوعًا في أشكال الأنهار، ويعكس بعض عناصر العشوائية الطبيعية.

لتحسين جودة الصور وتحليلها، وتحليل الألوان والأشكال لتحديد أهم الظاهرات الجيومورفولوجية بالنهر مثل الجزر النهرية، وتم أيضًا الاعتماد على النمذجة الثلاثية الأبعاد (3D Modeling) باستخدام برامج مثل: Autodesk Maya أوBlender لإنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد للنهر، بالإضافة إلى برامج محاكاة الفيزياء لتحليل حركة المياه وتفاعلها مع البيئة المحيطة، واستخدام لغات البرمجة مثل R أوPython لتحليل البيانات وتطوير نماذج تنبئية.

أسفرت النتائج عن تقديم اقتراحات لتحسين النمذجة الرقمية للأنهار، مثل دمج تقنيات جديدة في النمذجة، وزيادة دقة النماذج من خلال استخدام بيانات أكثر تفصيلًا، وتطوير طرق جديدة للتفاعل مع النماذج وتحليلها.



Source: Brown and Pasternack, 2019.

شكل (١٨) نتائج استخدام النمذجة الرقمية في إنشاء نهر رقمي

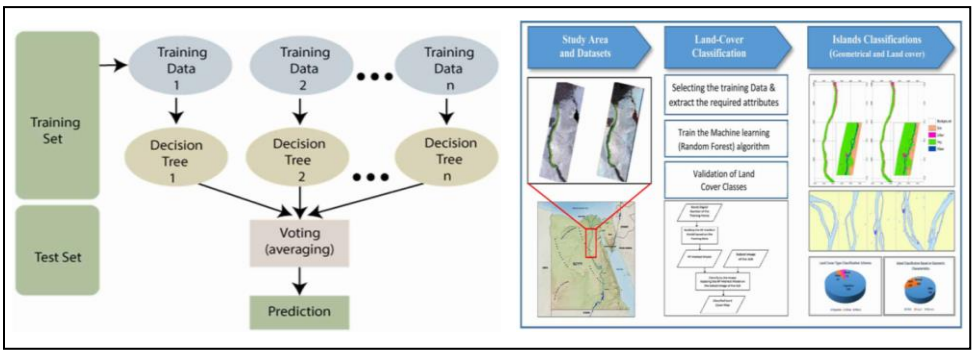
جـ- تقنية الذكاء الاصطناعي:

تزايد الاهتمام بالتقنيات الحديثة بالدراسات الجيومورفولوجية النهرية، مثل تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، ويرجع ذلك إلى التطورات التكنولوجية الحادثة على مستوى العالم وعلى مستوى مختلف العلوم، ولكن ثمة ملاحظة مهمة جداً، وهو زيادة نسبة عدد البحوث الخاصة بالتقنيات الحديثة، مثل تقنيات الذكاء الاصطناعي (Saber, 2023).

فقد أدى ظهور النماذج الديناميكية الكمية كنهج لفهم العمليات والظاهرات في البيئة النهرية إلى تطوير تقنيات متعددة، مثل: الصور الفضائية متعددة الأطياف، والرادار (SAR)، وLiDAR، والصور الجوية الملتقطة بواسطة الطائرات بدون طيار (UAV imagery)، والموجات الصوتية متعددة الحزم (Multibeam Sonar). وأسهمت تلك التقنيات في تقديم بيانات وصفية للجزر النهرية وديناميكيتها، وقد أحدث هذا التقدم الهائل في توافر البيانات الجغرافية المكانية أساسًا قويًّا لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) في دراسات الجيومورفولوجيا النهرية (Lai and Samberg, 2020).

وقد اعتمدت دراسة (Kamal, et al., 2022) على تقنية التعلم الآلي في تصنيف جزر نهر النيل، وتمثل منطقة الدراسة الجزر النهرية الكبيرة بمنطقة الحبس الرابع من أسيوط للقاهرة، وتم الاعتماد على تنزيل مرئيات Landsat لمنطقة الحبس الرابع في تاريخين مختلفين، هما: يوليو ٢٠٠٣، وأبريل ٢٠٢١ (شكل ١٩). وهناك بيانات متاحة لخطوط حدود الجزر التي تم جمعها ميدانيًّا بواسطة فريق من معهد بحوث النيل (NRI) في عام ٢٠٠٣؛ لذلك تم اختيار عام ٢٠٠٣ لاستخدام البيانات المتاحة لتقييم نتائج تقنية التصنيف المستخدمة في استخراج الجزر النهرية، حيث يعد هذا التصنيف ضروريًّا لدراسة الظروف الهيدروليكية للنهر، كما أن تصنيف الجزر النهرية وفقًا لأنواع الغطاء الأرضي مهم أيضًا لتحديد استهلاك المياه لكل منطقة، وتُعد تقنية الذكاء الاصطناعي مع أساليب التصنيف المتقدمة أدوات قوية لاستخراج المياه والجزر، بالإضافة إلى تصنيف الغطاء الأرضي.

ويستعرض البحث استخدام تقنية التعلم الآلي Machine leaning، وخاصة خوارزمية Random Forest (RF)[١]؛ لاستخراج وتصنيف أنواع الغطاء الأرضي والخصائص المورفومترية والجيومورفولوجية للجزر النهرية بمنطقة الدراسة، وتعتمد الخوارزمية على منهجية التجميع من خلال اختيار عينات عشوائية (K) من مجموعة بيانات التدريب، وتُحسب نتائج التنبؤ من كل شجرة قرار مع إجراء عملية التصويت لكل نتيجة متوقعة من الأشجار المختلفة، وأخيرًا يتم اختيار النتيجة التي حصلت على أكبر عدد من الأصوات كناتج نهائي للتنبؤ. وقد أظهرت النتائج أن الدقة الإجمالية لتصنيف الغطاء الأرضي تبلغ أكثر من ٨٤%، ويقترح البحث أن النظام المقترح قد يكون أداة مهمة لصناع القرار لتحسين تخطيط مشاريع تطوير جزر النيل.



Source: Kamal, et al., 2022

شكل (١٩) آلية ونتائج استخدام الذكاء الاصطناعي في تصنيف الجزر النهرية بالحبس الرابع بنهر النيل

كما طبقت دراسة (Kamal and El-Ashmawy,2023) تقنيات الانحدار في التعلم الآلي للاستفادة من مرئيات Sentinel في رسم خرائط عمق المياه لنهر النيل (شكل ٢٠)، ويمكن استخدام بيانات الصور الفضائية لتقدير عمق المياه الضحلة على نطاق واسع، وتستخدم الطرق التجريبية في تقنية تقدير العمق المستمد من الأقمار الصناعية Satellite-Derived Bathymetry (SDB) بناءً على العلاقة بين قيم

[١] هي تقنية تعلم آلي تُستخدم في تصنيف البيانات وتحليلها، وتعتمد على مبدأ الأشجار العشوائية (Decision Trees)، وتعدّ واحدة من أكثر الأساليب شيوعًا في التعلم الآلي لأغراض التنبؤ والتصنيف (Breiman, L., 2001).

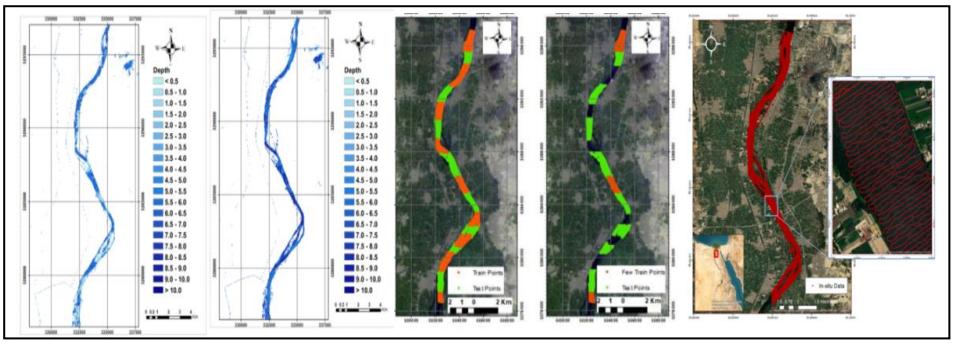
العمق المقاسة (البيانات في الموقع) وقيم الانعكاس الطيفي لنطاقات الصور الفضائية متعددة الطيف.

ويركز البحث على إمكانية تطوير خرائط Bathymetry (عمق المياه) باستخدام تقنيات تعلم الآلة، وتم العمل وفقًا لخطوات، أهمها: مرحلة جمع البيانات وتحليلها التي تشتمل على صور القمر الصناعي Sentinel-2 بالنطاقات الطيفية المرئية والأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة، والتي تُستخدم لاستخراج انعكاسات السطح المائي، وبيانات العمق التي تم الحصول عليها ميدانيًا. ومرحلة معالجة المرئيات الفضائية، وتتضمن إجراء عملية تصحيح اللمعان الشمسي Sun-glint effect surface correction الناتج عن انعكاس الشمس على سطح الماء، وعملية تصحيح طرح الظاهرات الداكنة [١](DOS) Dark-Object Subtraction التي تعمل على تقليل تأثير الأجسام الداكنة في المرئيات؛ مما يساعد في تحسين دقة الانعكاس الطيفي. وأخيرًا مرحلة تطوير النماذج، وفيها تم الاعتماد نموذج الانحدار الخطي متعدد الخطوط الذي تم اختباره كنهج أولي لتطوير علاقة تجريبية بين بيانات الانعكاس الطيفي من المرئيات وبيانات العمق الميدانية. ويستخدم هذا النموذج علاقات خطية بسيطة لتقدير العمق، كما تم اختيار نماذج الانحدار باستخدام تقنيات التعلم الآلي من خلال استخدام شجرة القرار الدقيقة (FDT) وخوارزمية Random Forest (RF) لتمثيل العلاقة بين انعكاسات المرئيات وعمق المياه بشكل أفضل، وتم تطوير واختيار هذه النماذج باستخدام برنامج Matlab 2022.

وقد انتهت الدراسة إلى استنتاج أن العمل الميداني لجمع قياسات عمق المياه يمكن تقليله إلى سدس المساحة المرسومة عند استخدام مرئيات Sentinel-2 لتطوير خرائط العمق لنهر النيل، ولكن يجب أخذ بعض الاحتياطات، مثل: استخدام نموذج انحدار أكثر تقدمًا بدلًا من النموذج الخطي البسيط، مع تضمين جميع نطاقات صور Sentinel-2 في الانحدار، ويجب التركيز فقط في المياه الضحلة عند تطوير خرائط العمق.

---

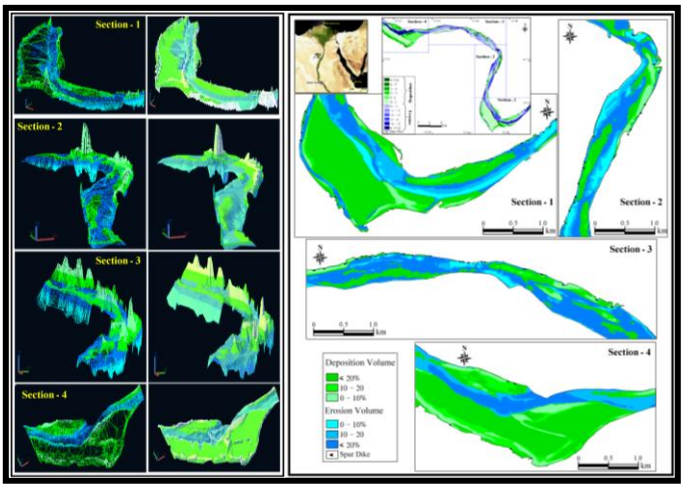
[١] حساب أقل قيمة من كل من الفرق المرئية (مثل الأزرق، الأخضر، والأحمر) في الصورة، وهذه القيم تمثل الإشعاع الناتج عن التشتت الجوي في غياب انعكاس سطح الأرض، وطرح القيم الدنيا: تُطرح هذه القيم الدنيا من قيم بكسلات الصورة لكل فرقة مرئية. وهذا يزيل تأثير التشتت الجوي، مما يحسن دقة الصورة.



Source: Kamal, and El-Ashmawy, 2023.

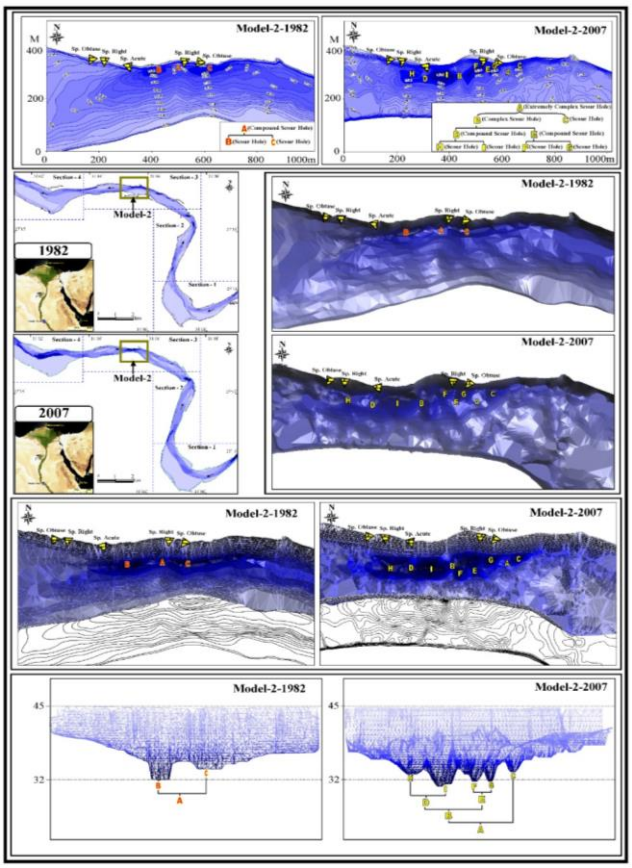
شكل (٢٠) استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في إنشاء خرائط أعماق نهر النيل بالحبس الرابع

كما طبقت دراسة (Saber and Hassan, 2024) العديد من تقنيات الذكاء الاصطناعي في دراسة العلاقات المتبادلة بين خصائص الرؤوس الحجرية وخصائص النحت والارساب ومدى تأثير ذلك على التغيرات والظاهرات الجيومورفولوجية للمجرى بمنعطف أبنوب بنهر النيل، ولتحقيق ذلك اعتمدت متغيرات في فترات زمنية مختلفة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي للوصول إلى قواعد ونتائج توضح العلاقة بينهما. وخاصة في استخراج خرائط معدلات النحت ثنائية وثلاثية الابعاد وخرائط الخصائص الجيومورفو- تضاريسية لقاع المجرى (شكل ٢١ و ٢٢). وقد توصلت هذه إلى العديد من النتائج، من أهمها: تعد الرؤوس الحجرية من وسائل الحماية التي تستخدم في ضبط النحت الموضعي بالأنهار، حيث تساعد في حماية الضفاف نظرًا لتقليل سرعة التدفق بالقرب منها، في المقابل يكون التدفق قويًا ومضطربًا حول الرؤوس الحجرية والتي تتسبب في تغيير اتجاه ونمط التدفق حيث تزيد السرعة، وتنتج دوامات مائية كبيرة، مما يؤدي لحدوث النحت الموضعي حولها ونشأة أهم ظاهرات النحت وهي حفر الانجراف، إلا أن سرعة التدفق بعد الاصطدام بالرأس الحجرى تحول الطاقة الحركية إلي طاقة ممكنة، ويؤدي فرق الضغط الناتج عن هذا التغير المفاجئ إلي نشأة تيار تدفق منخفض السرعة في الاتجاه المعاكس للتيار الرئيس خلف الرأس الحجري ليعمل علي زيادة الارساب ونشاة أهم ظاهرات الارساب وهي الحواجز الرملية والتي تعد نواة لتكوين الجزر النهرية.



Source: Saber and Hassan, 2024

شكل (٢١) استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في استخراج حجم النحت والارساب (ثلاثي الأبعاد) بمجرى النيل بمنطقة أبنوب



Source: Saber and Hassan, 2024

(شكل ٢٢) استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في انشاء خرائط الظاهرات الجيومورفوتضاريسية (حفر الانجراف) بمجرى النيل بمنطقة أبنوب

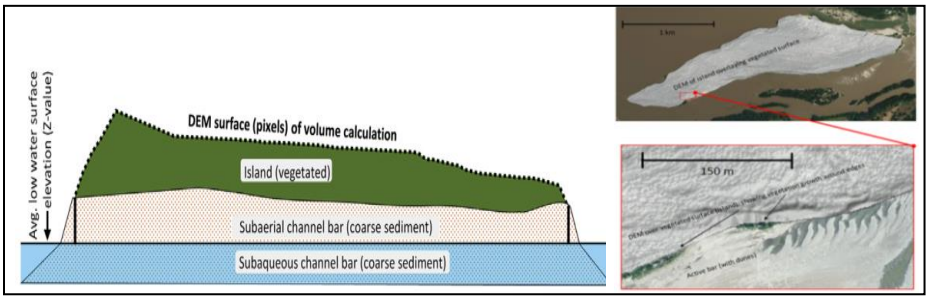
٢- البرامــج:

تتنوع البرامج التي يمكن من خلالها معالجة وتحليل بيانات الوسائط الفائقة في دراسة الجزر النهرية، ومنها على سبيل المثال:

أ- برنامج Google Earth pro:

هو تطبيق يسمح للمستخدمين باستكشاف الكرة الأرضية من خلال صور الأقمار الصناعية، والخرائط، والمباني ثلاثية الأبعاد، ومعلومات جغرافية متنوعة. ويتميز Google Earth Pro ببعض الميزات المتقدمة من أدوات لقياس المسافات والمساحات بدقة، وقياس الارتفاع، وتسجيل مقاطع فيديو للتنقلات والرحلات الافتراضية على الخريطة. (https://support.google.com/earth/answer/7364447?ref_topic)

واستخدمت دراسة (Hudsona, et al., 2019) برنامج Google Earth Pro في دراسة إعادة تطوير الجزر النهرية على طول نهر المسيسيبي السفلي خلال خمسة عقود (١٩٦٥– ٢٠١٥م) (شكل ٢٣) ، وذلك بالتطبيق على جزيرة ممفيس تينيسي الواقعة في الجزء الأدنى من نهر المسيسيبي، وهي جزيرة مغطاة بالنباتات تبلغ مساحتها هكتارًا واحدًا، ولم تكن الجزيرة متصلة أصلًا بالسهل الفيضي، لكنها التحمت حديثًا لتصبح جزءًا منه. تم تتبع تطور الجزيرة المورفولوجي باستخدام الخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية المتاحة عبر Google Earth Pro لحساب مؤشرات الشكل المورفولوجي ضمن برنامج ArcGIS، كما تم احتساب حجم الجزيرة بالاعتماد على بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية LiDAR (DEM) بين عامي ٢٠٠٢ و٢٠١٢ بدقة عن طريق ضرب مساحتها في سمكها، وتم قياس سمك الجزيرة لكل بكسل (pixel) في الصورة من خلال طرح ارتفاع سطح المياه المنخفض من الارتفاع الحالي في ذلك البكسل بناءً على مناسيب النهر عام ٢٠١٥، وهذا يعطي مقدار الرواسب الحديثة فوق سطح المياه.

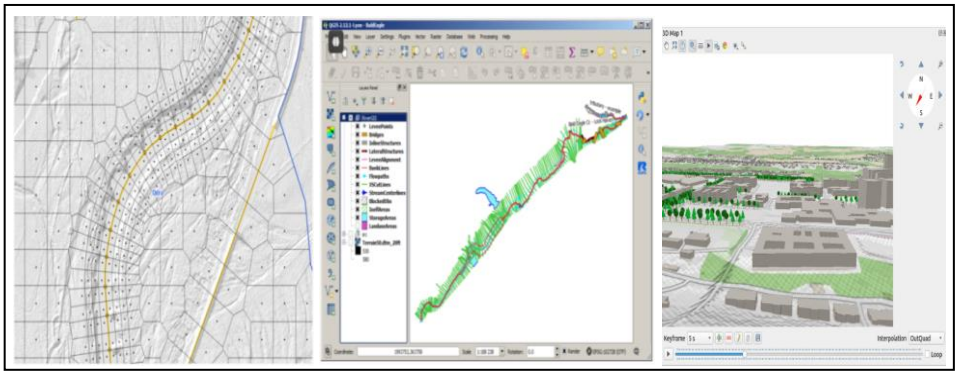


Source: Hudsona, et al., 2019

شكل (٢٣) نتائج استخدام برنامج Google Earth Pro و LiDAR DEM لدراسة التغيرات الجيومورفولوجية لجزيرة ممفيس تينيسى

ب- برنامج Quantum GIS (QGIS):

هو نظام معلومات جغرافية مفتوح المصدر يوفر مجموعة من الأدوات لتحليل وعرض البيانات الجغرافية كوسائط فائقة، مثل: إنشاء خرائط تفاعلية، وبيئات افتراضية. وقد تم دمج العرض الثلاثي الأبعاد في البرنامج منذ إصدار QGIS 0.3 بشكل افتراضي (شكل ٢٤)، بعد أن كان التصور الثلاثي الأبعاد متاحًا من خلال الإضافات في الإصدار QGIS 0.2، والبرنامج مكتوب بلغة C++، ويدعم Python لإضافة العديد من الأدوات من قبل المطورين، ويعتمد على مكتبات Qt.



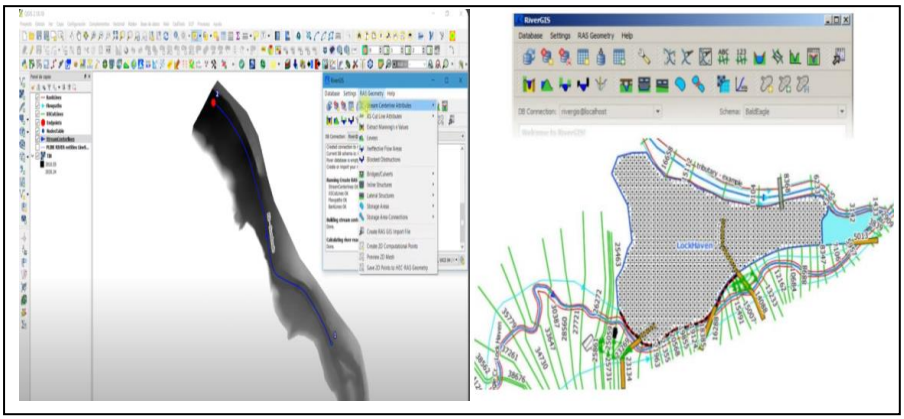
Source:https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/map_views/3d_map_view.html

شكل (٢٤) إنشاء قطاعات عرضية ونماذج ثنائية على الأنهار، ونماذج ثلاثية الأبعاد بواسطة برنامج QGIS

ومن أهم تلك الأدوات ما يأتي:

- **أداة River GIS:**

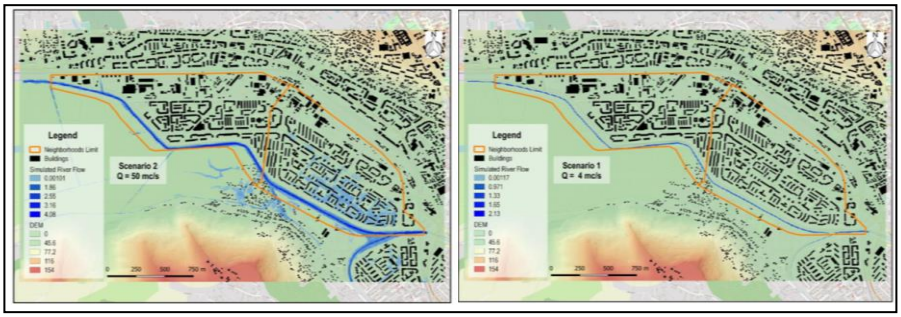
أداة ملحقة لبرنامج QGIS تسمح بإنشاء نماذج تدفق هندسية 1D أو 2D باستخدام بيئة QGIS لتقدير هيدروليكية تدفق المياه (شكل ٢٥)، بالاعتماد على السجلات التاريخية لارتفاع مستوى المياه بالنهر في فيضانات فعلية بتطوير سيناريوهات مختلفة باستخدام بيانات افتراضية لإنشاء خرائط مناطق الفيضانات مستقبلًا، ومن ثَمَّ تأثيرها على الظاهرات الجومورفولوجية بالبيئة النهرية وخاصة الجزر النهرية.



Source: http://q2a.rivergis.com/ras1d_geometry.html#typical-rivergis-workflow

شكل (٢٥) شريط أداة River GIS وبناء نموذج ثنائي الأبعاد ببيئة برنامج QGIS

وقد استخدمت دراسة (Cimpianu and Pintilie, 2020) أدوات مفتوحة المصدر لرسم خرائط الفيضانات من خلال QGIS، River GIS، HEC-RAS، وقامت ببناء نموذج تدفق بالاعتماد على بيانات LiDAR بدقة ٠,٥ متر لمنطقة نهر باهلوي في رومانيا (شكل ٢٦)، وتم تحديد المناطق المغطاة بالمياه استنادًا إلى بيانات التدفق الثابت المدخلة، وتم إنشاء خمس خرائط للمناطق المعرضة للفيضان، وتم عرض النتائج باستخدام أداة RAS Mapper المتاحة في HEC-RAS؛ حيث أُجريت خمس محاكات هيدروليكية بناءً على سيناريوهات تدفق مختلفة لتقييم خطر الفيضانات في منطقتين محددتين، تراوحت هذه السيناريوهات من تدفق معتدل (Q=4) متر مكعب/ثانية إلى تدفق كبير (Q=500) متر مكعب/ثانية.

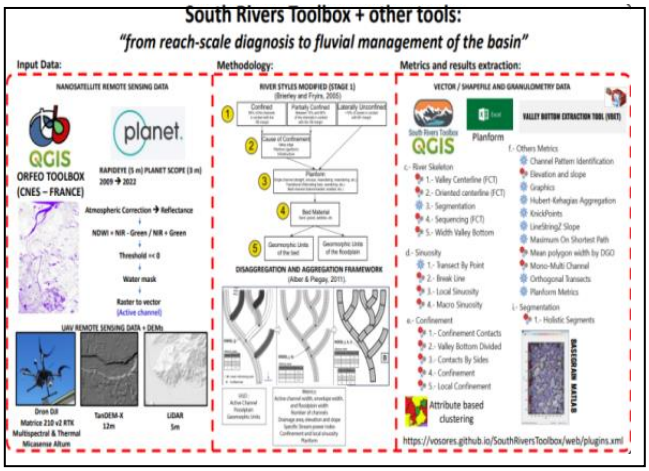


Source: Cimpianu and Pintilie, 2020

شكل (٢٦) نتائج استخدام أداة شريط أداة River GIS، وإنشاء سيناريوهات لفيضان نهر باهلوى برومانيا

أداة South Rivers Toolbox (SRT):

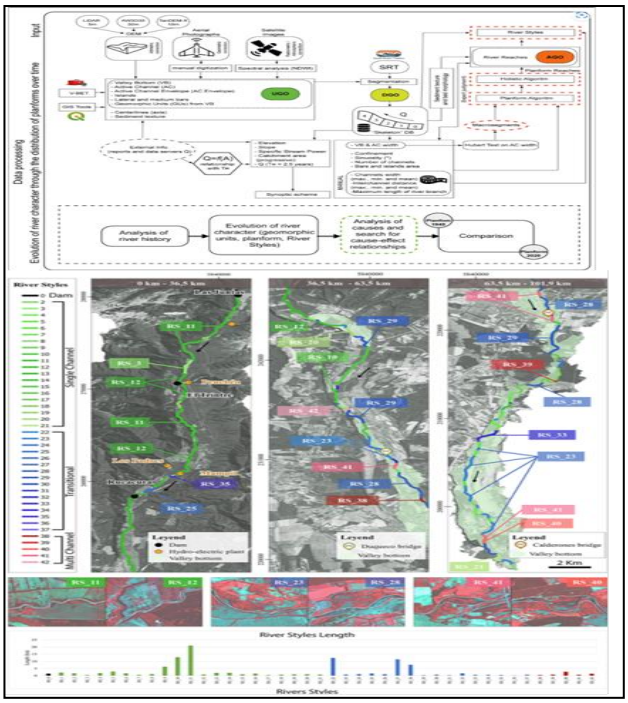
تم تطوير أداة ملحقة ببرنامج QGIS تُعرف بـ South Rivers Toolbox (SRT) (شكل ٢٧)، وتعمل على التوصيف المورفولوجي الأوتوماتيكي للأنهار بالاعتماد على خوارزميات متقدمة مع توافر بيانات هيدرولوجية ونماذج الارتفاعات الرقمية لمنطقة الدراسة، وتتيح هذه الأداة تحديد القطاعات الأكثر تعرضًا للتغيرات الجيومورفولوجية وخاصة الجزر النهرية من خلال تحديد مناطق النحت والإرساب باستخدام مرئيات فضائية مختلفة التواريخ، كما تساعد الأداة في تصنيف الأنماط النهرية والجزر النهرية، وتحديد شكل المجرى بناءً على المقاييس الهيدرومورفولوجية المستخرجة على مستوى القطاعات.



Source: Yépez, et al., 2024.

شكل (٢٧) شريط أداة (SRT) وآلية الدراسة ببرنامج QGIS

وقد اعتمدت دراسة (Yépez, et al., 2024) الوصف المورفولوجي الأوتوماتيكي باستخدام أداة South Rivers Toolbox (شكل ٢٨)؛ حيث تناولت الدراسة وصف الأنماط النهرية لنهر دوكيوكو بد ولة تشيلي باستخدام منهجية "التفكيك والتجميع"، وهي منهجية تحليلية تهدف إلى فصل وتحليل المكونات المعقدة إلى أجزاء أبسط، ثم إعادة تجميعها لفهم تفاعل الأجزاء وتأثيرها على النظام الكلي، واعتمدت الدراسة نموذج ارتفاع رقمي بتداخل راداري من TanDEM-X بدقة ١٠ أمتار، والمرئيات الفضائية من Planet Scope بدقة مكانية ٣ أمتار، وبيانات تحليل ميكانيكي لرواسب قاع النهر من محطات القياس، وسجل فوتوغرافي للقناة، وتم تحديد الظاهرات الجيومورفولوجية مثل المجاري الرئيسية والجزر النهرية، ثم تقسيم المنطقة إلى أجزاء طولية كل ٥٠ مترًا، مع تحديد سمات الممر النهري مثل عرض القنوات ومعدل التعرج والانحدار، وتجميع أجزاء قاع النهر المتجانسة إحصائيًّا وتحديد مقاطع النهر المتشابهة باستخدام "اختبار هوبرت" في صندوق أدوات SRT، وأظهرت النتائج أنه يمكن تصنيف النهر إلى ثلاث مناطق رئيسية هي: قناة واحدة، ونمط انتقالي، ونمط متعدد القنوات، واستخدام التمثيل اللوني لتمثيلها، فالأنماط ذات القناة الواحدة والنمط الانتقالي ممثلة بألوان خضراء وزرقاء، والأنماط متعددة القنوات ممثلة باللون الأحمر.



Source: Yépez, et al., 2024

شكل (٢٨) الأنماط النهرية الرئيسية بنهر دوكيوكو من خلال استخدام أداة SRT

٣- المنصات platforms:

تلعب المنصات دورًا أساسيًّا في دراسة الجزر النهرية من خلال توفير الأدوات والتقنيات اللازمة لجمع البيانات، وتحليلها، وتمثيلها، ومن أهمها: منصة Google Earth Engine، وهي منصة برمجية أنشأتها Google قائمة على السحابة الإلكترونية مع توافر بيانات استشعار عن بُعد هائلة؛ لتتيح للمستخدم الوصول إلى تلك البيانات بسهولة ومعالجتها من خلال استخدام واجهة برمجة التطبيقات الخاصة بها، حيث تتم كتابة الأكواد والأوامر وإرسالها إلى خوادم متخصصة، والتي بدورها تقدم النتائج المطلوبة خلال ثوانٍ، وتعمل هذه المنصة بلغتي البايثون python والجافا سكريبت الأكثر تطورًا (نوفل، ٢٠٢١).

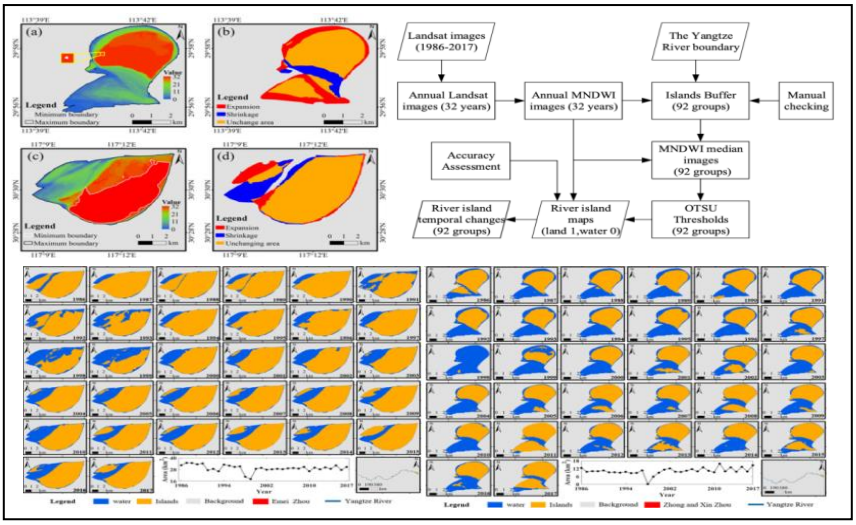
وقد اعتمدت دراسة (Sun, et al., 2020) على تتبع التغيرات لجزر نهر اليانغتسي بعد بناء سد الممرات الثلاثة باستخدام بيانات لاندسات عبر منصة Google Earth

Engine (شكل ٢٩)، حيث قامت الحكومة الصينية ببناء سد الخوانق الثلاثة (TGD) لتحسين إدارة النهر، وتقليل الفيضانات، ومتابعة التغيرات الجيومورفولوجية للجزر النهرية بالمنطقة، وقد أدى بناء السد إلى تغيرات كبيرة في تصريف الرواسب والظروف الهيدرولوجية، وهذا أثر بشكل ملحوظ على الجزر النهرية. ونظرًا لقلة الدراسات التي تراقب التغيرات طويلة الأمد في هذه الجزر، تم اللجوء إلى استخدام بيانات لاندسات TM و ETM المتاحة عبر منصة Google Earth Engine؛ لدراسة التغيرات السنوية في الجزر النهرية التي تزيد مساحتها على ٠,١ كم^{٢} في نهر اليانغتسي خلال الفترة من ١٩٨٦ إلى ٢٠١٧. وهدفت الدراسة إلى تحديد أشكال الجزر، وقياس التغيرات الزمنية في مساحاتها، وتحليل الأسباب المحتملة للتغيرات الجيومورفولوجية التي حدثت بعد بناء السد. من خلال تطبيق بعض الخطوات على منصة (GEE) كمؤشر المياه المعدل MNDWI للفصل بين المياه واليابس، وخوارزمية OTUSU لتحديد العتبة المثلى (Optimal Threshold) ولتصنيف بيكسلات المرئيات على منصة (GEE)، وتحليل التباين داخل كل فئة وخارجها، ثم اختيار العتبة المثلى التي تفصل بشكل أفضل بين المياه واليابس، وإنشاء خرائط سنوية للجزر على مدار السنوات من ١٩٨٦ إلى ٢٠١٧، ثم مقارنة الخرائط المستخرجة مع البيانات العالمية للمياه السطحية GLC30-2010[١]؛ وذلك لحساب المساحات السنوية لجميع جزر نهر اليانغتسي وتحليل التغيرات الزمنية والمكانية للجزر.

وأظهرت النتائج أن الانخفاض الكبير في مستوى المياه قبل بناء السد وبعده قد يكون العامل الرئيسي وراء زيادة مساحة جزر اليانغتسي في اتجاه المصب من السد، كما تؤكد الدراسة أهمية استخدام جميع مرئيات لاندسات المتاحة لتتبع التغيرات في جزر الأنهار، كما أظهرت النتائج اتفاقًا جيدًا بين خرائط الجزر المنتجة وبيانات GLC30-2010، وكانت معاملات الارتباط (R2) تساوي ١,٠٠؛ مما يشير إلى دقة عالية للخرائط المنتجة باستخدام بيانات Landsat، ومن ثَمَّ فاعلية استخدام بيانات الأقمار الصناعية Landsat ومنصة Google Earth Engine في تتبع التغيرات الزمنية في الجزر

[١] بيانات المياه السطحية العالمية بدقة ٣٠ مترًا لعام ٢٠١٠ (http://www.geodoi.ac.cn).

النهرية، وتم إثبات أن استخدام مؤشر MNDWI وخوارزمية OTUSU يوفران دقة عالية في تصنيف المياه والجزر النهرية.



Source: Sun, et al., 2020

شكل (٢٩) نتائج استخدام منصة (GEE) في رصد التغيرات الجيومورفولوجية لجزر نهر اليانغتسي

خامسًا: العرض المرئي والتفاعلي لمخرجات الوسائط الفائقة لدراسات الجزر النهرية:

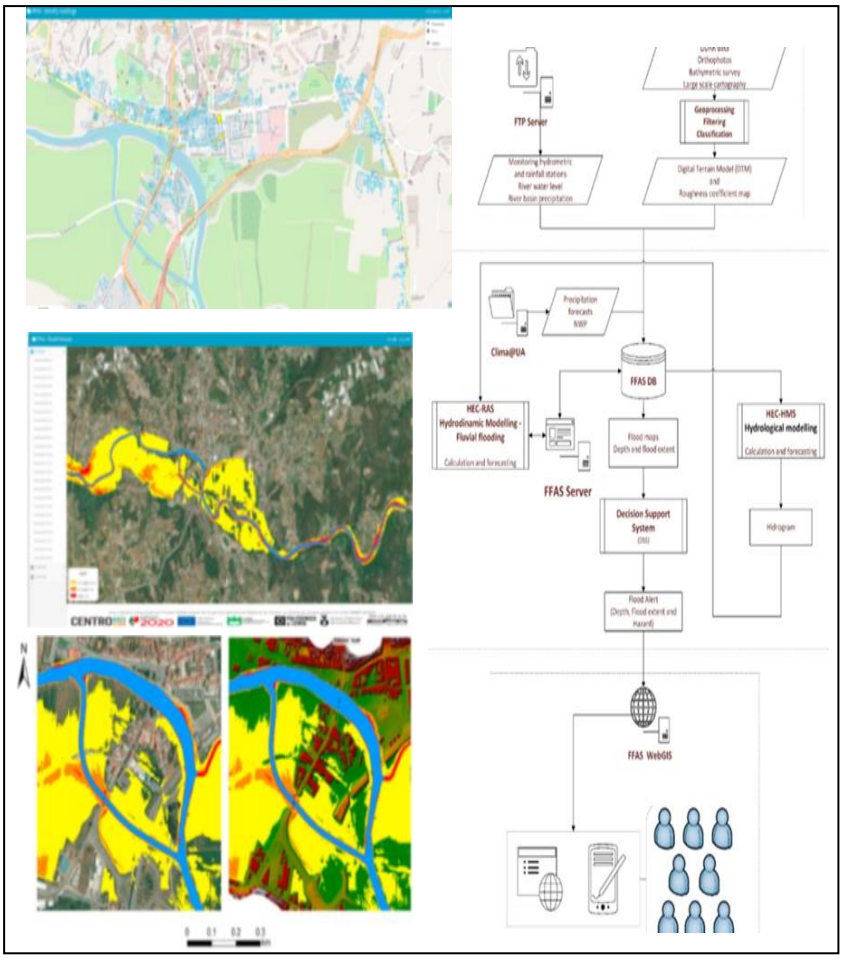
أثر تحول الخرائط والبيانات من المطبوعات الورقية إلى التطبيقات التفاعلية على الويب وظهور الواقع الافتراضي، والتصور الجغرافي على تغير تجربة المستخدمين في التعامل مع الخرائط والبيانات لتسمح تلك التطبيقات التفاعلية للمستخدمين بالتفاعل بعمق مع البيانات واستكشافها؛ مما يعزز من فهمهم بشكل فعّال.

١- الويب Web:

يتيح الويب للمستخدمين التفاعل مع محتوى بشكل فوري، وهذا يساعد في التعرف على الجزر النهرية من زوايا مختلفة، ومن ثَمَّ يساعد الباحثين على مشاركة نتائجهم وتوسيع دائرة تبادل أفكارهم، خاصة مع التحديث المستمر للبيانات والمعلومات المتعلقة بالجزر النهرية (مدكور، ٢٠٢٠).

اعتمدت دراسة (Mourato, et al., 2021) على نظام تفاعلي بالويب للتنبؤ بالفيضانات وإصدار التنبيهات قيد التشغيل بنهر أغيدا بوسط البرتغال، بما في ذلك وسط المدينة والقناة الاصطناعية التي تم إنشاؤها لتحويل مياه النهر لتصبح بذلك شكل جزيرة نهرية عمرانية (شكل ٣٠). وفي هذا السياق، يعرض البحث نظام التنبؤ والتحذير من الفيضانات (FFAS) الذي تم تشغيله منذ عام ٢٠١٩، ويعتمد على النمذجة الهيدرولوجية والهيدروديناميكية ثلاثية الأبعاد في الوقت الفعلي؛ ليتضمن توقعات الطقس الرقمية (NWP)، ونماذج هيدرولوجية وهيدروليكية مثل HEC-HMS وHEC-RAS 2D، ويتم نشر التوقعات عبر نظام Web-GIS الذي يتم تحديثه كل ٦ ساعات.

وقد تم بناء هذا النظام باستخدام نموذج التضاريس الرقمية (DTM) من نوع SRTM بدقة ٣٠ مترًا، مع الاستفادة من بيانات الغطاء الأرضي ونوع التربة، واستخدام LiDAR والصور جوية التي جمعت بواسطة طائرات بدون طيار(UAV)؛ للحصول على البيانات الطبوغرافية واستخدامات الأراضي. كما اعتمد على جهاز Gealog SG لقياس مستويات المياه في الوقت الفعلي، مع نقل البيانات تلقائيًا إلى خادم FTP، واستخدم الرسوم البيانية لهطول الأمطار كمدخلات لنماذج HEC-HMS وHEC-RAS؛ مما يتيح للنظام توقع مستويات، وسرعة الفيضانات بدقة. وتم تحديث نتائج المحاكاة كل ٦ ساعات وذلك باستخدام خدمة Web-GIS، ويمكن للمسؤولين المشاركين في النظام الوصول إلى هذه الخرائط واتخاذ قرارات بشأن الاستعداد للفيضانات، وكما يمكن للمستخدمين المسجلين تلقي تنبيهات بالبريد الإلكتروني في حال توقع الفيضانات، وتصدر التنبيهات للسلطات المختصة بحماية المدينة والجزر المأهولة بالسكان والاستخدامات البشرية عند وصول المياه لمستويات مرتفعة.ومن المتوقع أن يكون FFAS أداة قيمة لدعم القرار يمكن تكرارها في مناطق أخرى، ويساعد في تقدير الأضرار الناجمة عن الفيضانات، ويعزز قدرة المواطنين على الصمود، خاصة في ظل تغير المناخ.



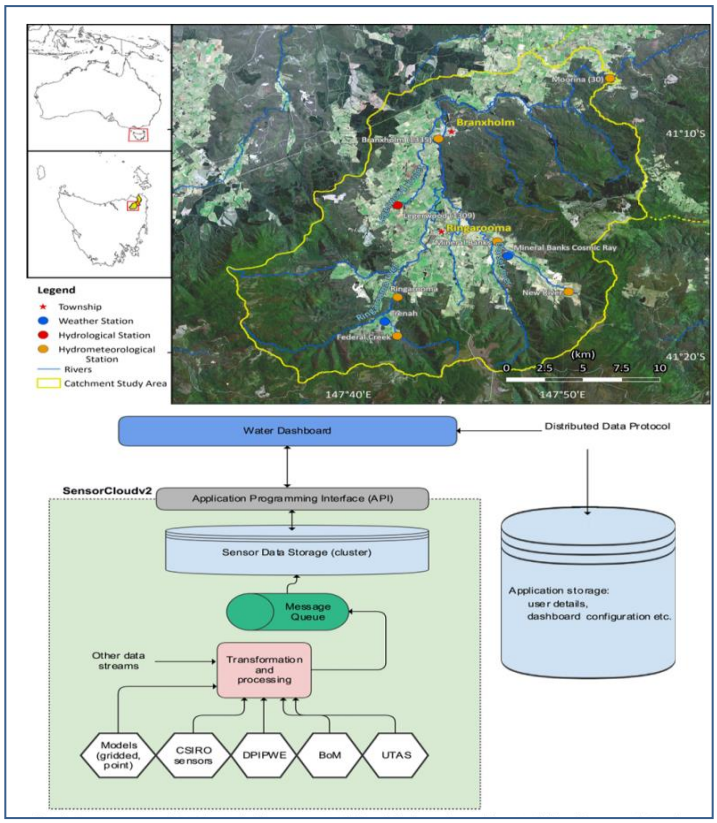
Source: Mourato, et al., 2021

شكل (٣٠) تصميم نظام Web-GIS لنظام التنبؤ بالفيضانات (FFAS) لعرض الفيضانات ومستويات المياه بنهر أغيدا

وتناولت دراسة (Ellisona, et al., 2019) مراقبة الأنهار في الوقت الفعلي لدعم إدارة المجتمع لفترات انخفاض التصريف؛ حيث تمثل إدارة المياه في أستراليا أهمية بالغة نظرًا للطلب المتزايد عليها لمجالات متعددة، وتتمثل جهود إدارة المياه في نهر رينغارومیا (شكل ٣١) في جمع بيانات الطقس من مصادر متنوعة، مثل: مكتب الأرصاد الجوية الأسترالي (BOM)، ومنظمة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية (CSIRO) التي أنشأت CSIRO محطتَيْ طقس تلقائيتين وأربعة مقاييس لتسجيل الأمطار في منطقة

الدراسة، وتوفير بيانات تدفق الأنهار من ثلاثة أجهزة قياس موجودة مسبقًا، وأربع محطات جديدة أضافتها CSIRO في مجمع مياه رينغارومیا. واستخدمت منصة Sense-T لجمع البيانات، والاعتماد على نمذجة البيانات التاريخية والتعلم الآلي Machine leaning للتنبؤ بتدفق المياه في نقاط محددة؛ لتدمج البيانات المجمعة في منصة Sense-T وعرضت على موقع ويب متوافق مع الأجهزة المحمولة يُسمى "لوحة التحكم". هذه اللوحة توفر بيانات حية للظروف الحالية والمتوقعة، مثل: هطول الأمطار، وتنبؤات التبخر، وتدفقات النهر. ويتم عرض نوعين من تقديرات تدفق النهر: تقدير يومي من BOM، وتقدير يومي بناءً على التعلم الآلي. والاختلاف بين النوعين كان بسبب المنهجية وتواتر التحديثات ونطاق المدخلات.

هذا، وأظهرت النتائج النجاح في التنبؤ بالاعتماد على أساليب التعلم الآلي؛ لما له من فاعلية تحسين الإدارة من خلال استخدام البيانات الحية لدعم إدارة المياه والتفاعل المجتمعي للحفاظ على المياه، وهذا ساعد المزارعين على اتخاذ قرارات أكثر دقة مع التقدم في تكنولوجيا الاستشعار وتحليل البيانات؛ مما يوفر فرصًا لتحسين فهم الموارد المائية والنظم البيئية المرتبطة بها بكفاءة.



Source: Ellisona, et al., 2019.

شكل (٣١) نتائج وآلية المراقبة الفعلية لهر رينغارومیا بأستراليا

٢ . الواقع الافتراضي Virtual Reality (VR):

هو عبارة عن واجهة حاسوبية متطورة تتيح للمستخدمين تجربة العالم الرقمي كأنه حقيقي؛ مما يوفر راحة وسلامة كبيرة، كما أنه نوع من المحاكاة يخلق بيئة ثلاثية الأبعاد تتيح للمستخدمين تجربة العالم الرقمي كأنه حقيقي. ويُقسم الواقع الافتراضي إلى نمطين: عالي المستوى وهو الذي يتضمن أجهزة متقدمة لتجربة شيقة، وعام المستوى وهو الذي يوفر تجربة تفاعلية باستخدام أجهزة الكمبيوتر الشخصي. كما يمكن أن نصف التجربة الافتراضية على أنها تجربة شيقة وغامرة بالكامل؛ حيث يشعر المستخدم وكأنه في العالم الحقيقي، أو شبه شيقة غامرة؛ حيث يمكن للمستخدم التفاعل مع بيئته من خلال استخدام

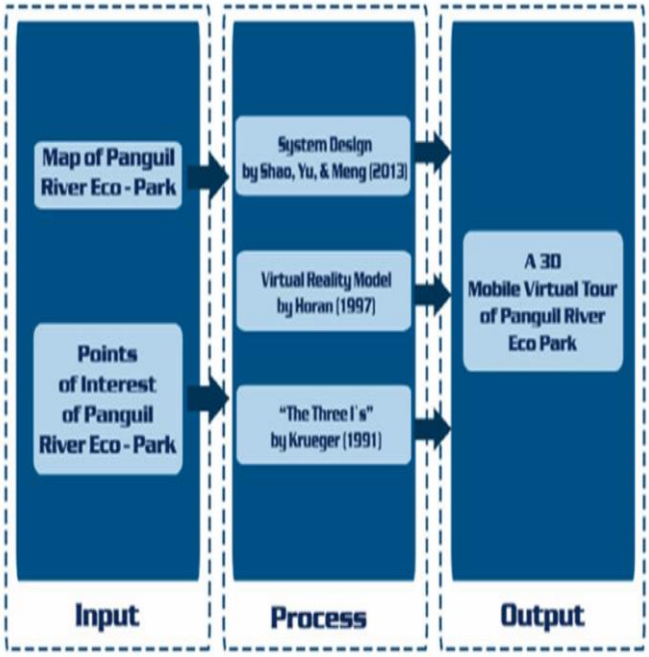
جهاز IOS[١]؛ مما يجعلها ضمن فئة النظام شبه الغامر؛ حيث تقتصر التجربة على حاستي السمع والبصر.

العنصر الأساسي في بناء الواقع الافتراضي هو الوسائط الفائقة التي تحاكي العالم الحقيقي باستخدام عناصر مثل الرسومات ثلاثية الأبعاد، وتُعزز التجربة الافتراضية من خلال تحفيز الحواس البصرية والسمعية، وهذا يجعل التجربة الافتراضية أكثر واقعية (Cheong, 1995). ووفقًا لـ(Krueger ,1991) يجب أن تحتوى واجهة الواقع الافتراضي على ثلاثة عناصر أساسية، هي: الانغماس (Immersion) الذي يشعر المستخدم بأنه في قلب البيئة الافتراضية، والتفاعل (Interaction) الذي يعزز التفاعل المستمر مع البيئة الافتراضية، والخيال (Imagination) الذي يتشكل بناءً على رغبات المستخدم؛ مما يعزز اهتمامه وانغماسه.

واعتمدت دراسة (Urriza, et al., 2016) على تطبيق جولة افتراضية ثلاثية الأبعاد عبر الهاتف المحمول لمنتزه جزيرة بانجويل البيئية (شكل ٣٢)، فتعد الوسائط الفائقة عنصرًا أساسيًّا في بناء الواقع الافتراضي وتعزيز تفاعل المستخدم مع البيئة الافتراضية. وتم تطوير تطبيق "MoViT" لتقديم جولة افتراضية ثلاثية الأبعاد لمنتزه نهر بانغيل البيئي (PREP) في لاجونا بالفلبين. هذا، وتستخدم الوسائط الفائقة في العديد من المجالات مثل الترفيه والسياحة والتسويق؛ حيث تعزز التفاعل بين النصوص، والرسوم البيانية، والصوت، والفيديو. ويمكن لتكنولوجيا الواقع الافتراضي جذب الزوار المحتملين الذين يصعب الوصول إليهم، وذلك من خلال توفير تجارب افتراضية تلبي احتياجاتهم ومتطلباتهم الجمالية، ويمكن من خلال الواقع الافتراضي إنشاء خريطة شاملة لعناصر السياحة، وتم الاعتماد على تطبيق أدوات جمع البيانات من أهمها: المقابلات، والاستكشاف داخل المنتزه. وتم التقاط صور فوتوغرافية لاستخدامها كمرجع في إنشاء البيئة الافتراضية. وتمثل مرحلة المدخلات (Inputs) إيضاح نقاط الاهتمام داخل المنتزه،

[١] برنامج محمول طورته شركة Apple Inc خصوصًا لأجهزة iPhone وiPad، يتكون من طبقة Media تحتوي على العناصر الوسائطية التي يمكن استخدامها في التطبيقات مثل: طبقة Core Services التي توفر الخدمات الأساسية لتطبيقات iOS، وطبقة Core OS التي تتعامل مع الخدمات مثل جهاز التسارع وCore Bluetooth، وهي مسؤولة عن التواصل والأمان.

فيتم جمع معلومات حول المواقع المهمة والمعالم السياحية داخل المنتزه مع إنشاء خريطة دقيقة للمنتزه لتوجيه المستخدمين داخل التطبيق وربطها بصور للمواقع السياحية والنقاط المهمة في المنتزه، بالإضافة إلى معلومات مكتوبة للحصول على محتوى زاخر للموقع. وأخيرًا العمليات (Process)، وتتمثل في تخطيط القصة (Story Conception) بتحديد وفهم المشاكل المرتبطة بالمنتزه ووضع مقترحات لحلها، ثم تصميم التطبيق بإنشاء بيئة افتراضية ثلاثية الأبعاد تعكس المنتزه بناءً على البيانات التي تم جمعها وتطوير نص سردي لتوجيه المستخدمين داخل التطبيق، وذلك باستخدام المعلومات التي تم جمعها، بالإضافة إلى تطوير التطبيق على منصة iOS باستخدام تقنيات، مثل: Cocoa Touch، و Core Services، و Media Layer؛ لتمثل المخرجات (Outputs) تطبيق MoViT ثلاثي الأبعاد للجولات الافتراضية داخل منتزه نهر بانغيل البيئي، وإدارة أفضل للمنتزه، وتوفير أداة رقمية تساعد في إدارة الزيارات والتفاعل مع الزوار.



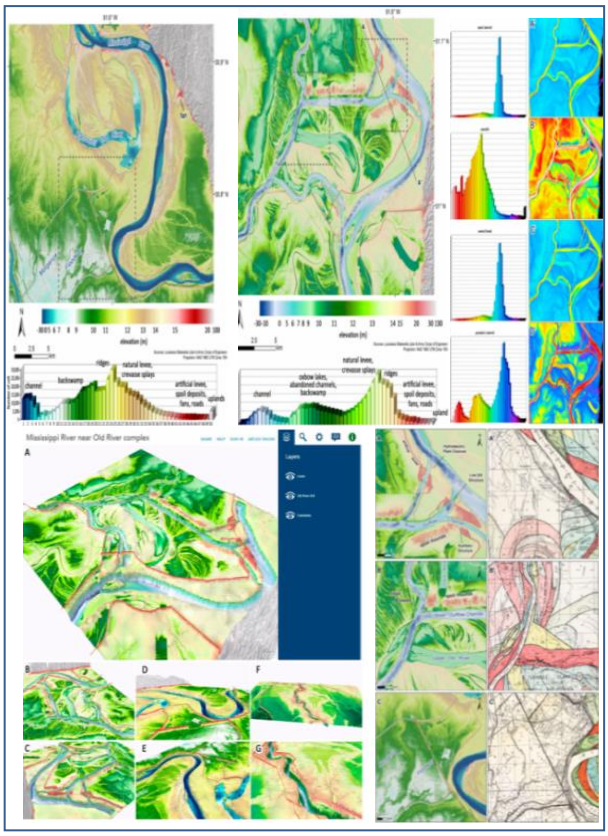
Source: Ellisona, et al., 2019

شكل (٣٢) الإطار العام لتطوير تطبيق MoViT

٣ . التصور الجغرافي Geographic Visualization:

أدت التطورات في الخرائط الرقمية والتقنيات وأجهزة الكمبيوتر إلى ظهور مجال التصور الجغرافي، الذي عرّفه (MacEachren and Taylor,1994) بأنه استخدام التمثيلات البصرية الملموسة، سواء على الورق أو من خلال شاشات الكمبيوتر أو وسائط أخرى؛ لجعل الظاهرات والعلاقات المكانية مرئية من أجل تفعيل قدرات معالجة المعلومات البشرية المرتبطة بالرؤية؛ مما يوفر لصانعي الخرائط القدرة على تمثيل المناظر الطبيعية بواقعية من خلال استخدام وسائل تعبير رسومية متقدمة اعتمادًا على ألوان متناسقة وتقليد للطبيعة. وتتميز هذه الطريقة بقدرتها على الانتقال من الصور الخرائطية الثنائية الأبعاد إلى التصورات ثلاثية الأبعاد بكفاءة عالية (Medynska-Gulij, and˙ Zuchowski, 2018)؛ لتسهم في تقديم رؤى مفيدة للمتخصصين في مجال الجيومورفولوجيا خاصة عند دراسة الأنهار وما به من ظاهرات جيومورفولوجية مهمة مثل الجزر النهرية.

اعتمدت دراسة (Mossa, et al.,2019) على التحليل الجغرافي البصري لعلوم الأرض في سهول الفيضانات الكبيرة للأنهار بمنطقة نهرى المسيسيبي والأتشافالياش (شكل ٣٣)، ويهدف البحث إلى استخدام تصميمات فريدة لأنظمة الألوان، وتصورات ثلاثية الأبعاد عبر نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وأداة العرض على الويب ArcGIS Online CityEngine، وتم دمج مصادر متعددة مثل بيانات LiDAR والمسح الهيدروجرافي، بالإضافة إلى استخدام التكبير العمودي، واختيار أنظمة الألوان المناسبة؛ لتقديم خرائط توفر تحليلًا شاملًا للتغيرات التاريخية، والظروف الحالية، والاتجاهات المستقبلية للنهرين بما في ذلك الجزر النهرية، مع التركيز على التأثير المحتمل للتدخلات البشرية.



.Source: Mossa, et al., 2019

شكل (٣٣) نتائج التصور الجغرافي نهري المسيسيبي والأتشافاليا

وقد اعتمدت الدراسة على دمج بيانات LiDAR وخرائط المسح الهيدروغرافي لإنشاء نماذج مستمرة لسطح الارتفاع، وتم تطبيق طرق تصنيف متعددة لتحديد أفضل طريقة لتوضيح الخصائص الجيومورفولوجية للسهول الفيضية والجزر النهرية، واستخدمت أفضل طرق التصنيف مع التلوين الهايبرمتري لإنتاج خرائط أولية للتصنيفات، تلاها إنشاء خرائط لمنطقة الدراسة وأشكال بيانية لكل تصنيف.

وتم تصميم أنظمة ألوان خاصة لتوضيح معالم السهول الفيضية بدقة، مع التركيز على استخدام ألوان تتناسب مع المناظر الطبيعية، مع تطبيق تأثيرات التظليل لإبراز ميزات السهول الفيضية.

وتظهر الخرائط العامة والتصنيفات المكونة من ٥٠ مستوى تفاصيل الخصائص الجيومورفولوجية للسهول الفيضية والجزر النهرية، مثل: مناطق النحت والإرساب. وأظهرت النتائج أن خرائط وتصورات المناظر الطبيعية الطينية في الجزء السفلي من نهر المسيسيبي ونهر الأتشافاليا في جنوب لويزيانا ظواهر مثيرة للاهتمام، وتوفر البيانات القديمة مثل خرائط الجيولوجية القديمة وبيانات LiDAR الحديثة معلومات مكملة حول الأنهار؛ مما يكشف عن تفاصيل جديدة حول النحت والإرساب، وقياس الأشكال الأرضية باستخدام تقنيات الجيوانفورماتيكس، وفهم تأثير الأشكال الأرضية على العمليات البيئية.

سادساً: النتائج والتوصيات:

أولًا : النتائج:

تتيح الوسائط الفائقة المستخدمة في دراسة الجزر النهرية خيارات واسعة للمستخدم مع أنماط تفاعل متنوعة، وتسعى في تقديم النصوص، والمعلومات، والخرائط، والفيديوهات التفاعلية وتوفير نماذج ثلاثية الأبعاد مع تمثيل دقيق وحقيقي للمواقع والعلاقات المكانية، وخاصة بعد دمجها مع تقنيات الجيوانفورماتيكس، وبناءً على ذلك يمكن إيجاز أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة اعتمادًا على مراحل إنشاء الوسائط الفائقة المرتبطة بالجزر النهرية في الآتي:

١. مرحلة الرصد وتجميع البيانات:

تتنوع الأجهزة المستخدمة في رصد وتجميع البيانات المستخدمة في إنشاء الوسائط في دراسات الجزر النهرية، ومنها:

. أجهزة دراسة طبوغرافية قاع الأنهار: وتشمل: جهاز Echo sounder، وجهاز متعدد الحزم، وسونار المسح الجانبي، وهي التي تستخدم لقياس مناسيب القاع عن طريق صدى الصوت، بالإضافة إلى العوامة المزودة بنظام تحديد المواقع العالمي GPS BUOY التي تتميز بدقتها العالية وسهولة الاستخدام وقياس مناسيب المياه بجودتها العالية، بمتوسط خطأ أقل من ٢ سم؛ مما يؤكد فاعليتها في مراقبة الفيضانات والنمذجة الهيدروليكية. وهذه الأجهزة مهمة في دراسة العلاقة بين العمليات والتغيرات الهيدروطبوغرافية والجزر النهرية عن طريق ربطها بتغيرات مناسيب القاع، مع تحديد مواضع ومعدلات النحت والإرساب،

مع رسم خرائط ثنائية وثلاثية الأبعاد وتحديد نوع وتوزيع الرواسب، وقد أظهرت هذه الأجهزة قدرة كبيرة في رصد وتجميع البيانات بدقة كبيرة جدًّا عن الخصائص الهيدروطبوغرافية لقاع المجرى التي تعد من أكثر العوامل المؤثرة في نشأة الجزر النهرية وتطورها؛ مما يسهم في اتخاذ قرارات مدروسة لفهم ديناميكية الجزر النهرية.

ـ المركبات غير المأهولة: وتشمل المركبات ذاتية التشغيل، والمدارة من بعد، والسطحية، والطيارة بدون طيار، وجميعها تستخدم في رصد وتجميع البيانات الخاصة بتغير الضفاف، وشكل القاع، وجودة المياه، وتطور الظاهرات الجيومورفولوجية، وخاصة الجزر النهرية. وتقوم فكرة بعض الأجهزة عن طريق دمج الارتفاع الرقمي ثلاثي الأبعاد والصور الجوية ثنائية الأبعاد مع المعلومات الوصفية لإنشاء بيانات متعددة الطبقات؛ بهدف تصنيف الأشكال النهرية وتحديد مناطق ومعدلات النحت والإرساب.

٢. مرحلة معالجة وتحليل البيانات:

تعتمد هذه المرحلة على التقنيات والبرامج والمنصات التي تتيح معالجة وتحليل شامل ودقيق لجميع البيانات التي تم رصدها وجمعها من الأجهزة السابقة، وتتم هذه المرحلة عن طريق الآتي:

- **التقنيات:** تشمل تقنية الاستشعار عن بُعد، والصور الرادارية، والذكاء الاصطناعي، والنمذجة؛ بهدف معالجة وتحليل ومراقبة التغيرات الجيومورفولوجية والبيئية والغطاءات الأرضية التي تطرأ على الجزر النهرية. وتعتمد تقنية الاستشعار عن بُعد على أسلوبين، هما: طريقة العتبة لتوضيح الفرق في القيم الانعكاسية بين الماء واليابس، وطريقة نموذج التحويل الثنائي لتمثيل البكسلات. أما الصور الرادارية فكشفت النتائج عن فاعلية استخدام Sentinel-1 SAR؛ حيث يوفر بيانات دقيقة وغير متأثرة بالغيوم لقياس التغيرات الجيومورفولوجية للجزر النهرية وديناميكيتها، وهذا يدل على قدرة تقنيات الرادار على تقديم معلومات متكاملة وموثوقة. وقد أحدث هذا التقدم الهائل في مجموعات البيانات الجغرافية المكانية أساسًا قويًّا لتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لاستخراج المياه والجزر. وتستخدم تقنية التعلم الآلي، وخاصة خوارزمية Random Forest، لاستخراج وتصنيف أنواع الغطاء الأرضي. وأظهرت النتائج أن الدقة الإجمالية لتصنيف الغطاء

الأرضي تبلغ أكثر من ٨٤%، ليكون أداة مهمة لصناع القرار لتحسين تخطيط مشاريع تطوير الجزر، كما يمكن استخدام بيانات الصور الفضائية لتقدير عمق المياه الضحلة على نطاق واسع، بناءً على العلاقة بين قيم العمق المقاسة (البيانات في الموقع) وقيم الانعكاس الطيفي لنطاقات الصور الفضائية متعددة الطيف. وتم استنتاج أن العمل الميداني لجمع قياسات عمق المياه يمكن تقليله إلى سدس المساحة المرسومة عند استخدام مرئيات Sentinel-2، كما يُمكن استخدام النماذج المتوازنة الحتمية، والنماذج الديناميكية الشكلية، والنهج العشوائي لتحديد التفاصيل التي يمكن أن تُنتج أنواعًا مختلفة من الخرائط الرقمية للأنهار؛ وذلك لتحديد أهم الظواهر الجيومورفولوجية مثل الجزر النهرية، كما يمكن الاعتماد على برامج Maya Autodesk أو Blender لإنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد للنهر، بالإضافة إلى برامج محاكاة الفيزياء لتحليل حركة المياه وتفاعلها مع البيئة المحيطة، واستخدام لغات البرمجة مثل R أوPython لتحليل البيانات وتطوير نماذج تنبئية.

- **البرامج:** تتنوع البرامج التي يمكن من خلالها معالجة وتحليل بيانات الوسائط الفائقة في دراسة الجزر النهرية، ومنها على سبيل المثال: **برنامج Quantum GIS:** وهو نظام معلومات جغرافية مفتوح المصدر يوفر مجموعة من الأدوات لتحليل وعرض البيانات كوسائط فائقة، مثل إنشاء خرائط تفاعلية وبيئات افتراضية، وقد تم دمج العرض ثلاثي الأبعاد في البرنامج منذ إصدار QGIS 0.3 بشكل افتراضي، ومن أهم أدوات البرنامج أداة River GIS التي تسمح بإنشاء نماذج تدفق هندسية 1D أو 2D لتقدير هيدروليكية تدفق المياه، وأداة South Rivers Toolbox التي تعمل على التوصيف المورفولوجي للأنهار بالاعتماد على خوارزميات متقدمة مع توافر بيانات هيدرولوجية ونماذج الارتفاعات الرقمية، وتتيح هذه الأداة تحديد الأنماط النهرية والقطاعات الأكثر تعرضًا للتغيرات الجيومورفولوجية، وخاصة الجزر النهرية من خلال قياس المسافات والمساحات والارتفاعات بدقة، وتسجيل مقاطع فيديو للتنقلات والرحلات الافتراضية على الخريطة. ومن السهل تتبع التطور المورفولوجى للجزر باستخدام الخرائط الطبوغرافية والمرئيات الفضائية المتاحة عبر Google Earth Pro لحساب مؤشرات الشكل

المورفولوجي ضمن برنامج ArcGIS، واحتساب حجم الجزيرة بالاعتماد على بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية LIDAR (DEM)؛ لتحديد مقدار الرواسب الحديثة فوق سطح المياه.

- **المنصات Platforms:** تلعب المنصات دورًا أساسيًّا في دراسة الجزر النهرية من خلال توفير الأدوات والتقنيات اللازمة لجمع البيانات، وتحليلها، وتمثيلها، ومن أهمها: منصة Google Earth Engine التي تتيح الوصول إلى البيانات بسهولة ومعالجتها من خلال استخدام واجهة برمجة التطبيقات الخاصة بها، ويمكن الاستفادة منها في تحديد أشكال الجزر، وقياس التغيرات الزمنية في مساحاتها، وتحليل الأسباب لتلك التغيرات من خلال تطبيق بعض الخطوات على منصة (GEE) كمؤشر المياه المعدل MNDWI للفصل بين المياه واليابس، وخوارزمية OTUSU لتحديد العتبة المثلى لتصنيف بيكسلات المرئيات على منصة (GEE)، وتحليل التباين داخل كل فئة وخارجها، ثم اختيار العتبة المثلى التي تفصل بشكل أفضل بين المياه واليابس، وإنشاء خرائط سنوية للتغيرات الزمنية والمكانية للجزر. وتؤكد الدراسات أهمية استخدام جميع مرئيات لاندسات المتاحة لتتبع التغيرات في جزر الأنهار، كما أظهرت النتائج اتفاقًا جيدًا بين خرائط الجزر المنتجة وبيانات GLC30-2010، وأشارت الدراسات إلى دقة عالية للخرائط المنتجة باستخدام بيانات Landsat، ومن ثَمَّ فاعلية استخدام بيانات الأقمار الصناعية Landsat، ومنصة Earth Engine Google في تتبع التغيرات الزمنية في الجزر النهرية. وتم إثبات أن استخدام مؤشر MNDWI وخوارزمية OTUSU يوفران دقة عالية في تصنيف المياه والجزر النهرية.

٣. العرض المرئي والتفاعلي لمخرجات الوسائط الفائقة لدراسات الجزر النهرية:

تسمح التطبيقات التفاعلية، مثل: الويب، والواقع الافتراضي، والتصور الجغرافي، للمستخدمين بالتفاعل بعمق مع البيانات واستكشافها، وهذا يعزز من فهمهم بشكل فعّال.

- الويب Web: نظام يتيح للمستخدمين التفاعل مع المحتويات بشكل فوري؛ مما يساعد على مشاركة نتائجهم وتوسيع دائرة تبادل أفكارهم خاصة مع التحديث المستمر للبيانات والمعلومات. ومن أهم هذه الأنظمة التي تتعلق بموضوع الدراسة هو نظام (FFAS)

لمراقبة الأنهار والتنبؤ والتحذير من الفيضانات وتأثيرها على الأنشطة البشرية والطبيعية، وخاصة المرتبطة بالجزر النهرية، ويعتمد هذا النظام على النمذجة الهيدرولوجية والهيدروديناميكية ثلاثية الأبعاد في الوقت الفعلي، مثل: HEC-HMS و HEC-RAS 2D؛ ليتضمن توقعات الطقس الرقمية (NWP)، وتُنشر التوقعات عبر نظام Web–GIS . ويتم بناء النظام باستخدام نموذج التضاريس الرقمية (DTM) من نوع SRTM، ونوع التربة، واستخدام LiDAR، والصور الجوية؛ للحصول على البيانات الطبوغرافية واستخدامات الأراضي، كما يعتمد على جهاز Gealog SG لقياس مستويات المياه، مع نقل البيانات تلقائيًا إلى خادم FTP، واستخدم الرسوم البيانية لهطول الأمطار كمدخلات لنماذج HEC-HMS وHEC-RAS، ويتيح النظام توقع المستويات وسرعة الفيضانات بدقة، ويتم تحديث نتائج المحاكاة باستخدام خدمة Web-GIS، ويمكن للمسؤولين المشاركين في النظام الوصول إلى هذه الخرائط واتخاذ قرارات بشأن الاستعداد للفيضانات، وكما يمكن للمستخدمين المسجلين تلقي تنبيهات بالبريد الإلكتروني في حال توقع الفيضانات. وقد أظهرت النتائج النجاح في التنبؤ بالاعتماد على أساليب التعلم الآلي؛ لما له من فاعلية تحسين الإدارة من خلال استخدام البيانات الحية لدعم إدارة المياه والتفاعل المجتمعي للحفاظ على المياه، مما ساعد المزارعين على اتخاذ قرارات أكثر دقة مع التقدم في تكنولوجيا الاستشعار وتحليل البيانات، ومن ثَمَّ يوفر فرصًا لتحسين فهم الموارد المائية والنظم البيئية المرتبطة بها بكفاءة.

- الواقع الافتراضي Virtual Reality: هو عبارة عن واجهة حاسوبية متطورة لخلق بيئة ثلاثية الأبعاد تتيح للمستخدمين تجربة العالم الرقمي كأنه حقيقي؛ حيث يُقسم الواقع الافتراضي إلى نمطين: عالي المستوى وهو الذي يتضمن أجهزة متقدمة لتجربة شيقة، وعام المستوى وهو الذي يوفر تجربة تفاعلية باستخدام أجهزة الكمبيوتر. والعنصر الأساسي في بناء الواقع الافتراضي هو الوسائط الفائقة باستخدام عناصر مثل الرسومات ثلاثية الأبعاد من خلال تحفيز الحواس البصرية والسمعية؛ مما يجعل التجربة الافتراضية أكثر واقعية. ويجب أن تحتوي واجهة الواقع الافتراضي على عناصر أساسية، وهي: الانغماس الذي يشعر المستخدم بأنه في قلب البيئة الافتراضية، والتفاعل الذي يعزز

التفاعل المستمر مع البيئة الافتراضية، والخيال الذي يتشكل بناءً على رغبات المستخدم. ويمكن لتكنولوجيا الواقع الافتراضي جذب الزوار المحتملين الذين يصعب الوصول إليهم من خلال توفير تجارب افتراضية تلبي احتياجات المستخدمين ومتطلباتهم. ويمكن من خلال الواقع الافتراضي إنشاء خرائط شاملة لاستخدامات الأرض، وذلك عن طريق جمع البيانات التي من أهمها: المقابلات، والاستكشاف، والتقاط صور فوتوغرافية لاستخدامها كمرجع في إنشاء البيئة الافتراضية، بالإضافة إلى معلومات مكتوبة للحصول على محتوى زاخر للموقع، وأخيرًا العمليات التي تتمثل في تخطيط القصة بتحديد وفهم المشاكل ووضع مقترحات لحلها، ثم تصميم التطبيق بإنشاء بيئة افتراضية ثلاثية الأبعاد لتوجيه المستخدمين داخل التطبيق، بالإضافة إلى تطوير التطبيق على منصة iOS باستخدام تقنيات Media Layer, Core Services, Cocoa Touch لتمثل المخرجات تطبيق MoViT ثلاثي الأبعاد للجولات الافتراضية.

- التصور الجغرافي Geographic Visualization: قد أدت التطورات في الخرائط الرقمية والتقنيات وأجهزة الكمبيوتر إلى ظهور مجال التصور الجغرافي، وهو استخدام التمثيلات البصرية الملموسة لجعل الظاهرات والعلاقات المكانية مرئية، وذلك من أجل تفعيل قدرات معالجة المعلومات البشرية المرتبطة بالرؤية؛ مما يوفر لصانعي الخرائط القدرة على تمثيل المناظر الطبيعية بواقعية من خلال استخدام وسائل تعبير رسومية متقدمة اعتمادًا على ألوان متناسقة وتقليد للطبيعة، وتتميز هذه الطريقة بقدرتها على الانتقال من الصور الخرائطية الثنائية الأبعاد إلى التصورات ثلاثية الأبعاد بكفاءة عالية؛ لتسهم في تقديم رؤى مفيدة للمتخصصين في مجال الجيومورفولوجيا خاصة عند دراسة الأنهار وما به من ظواهر جيومورفولوجية مهمة مثل الجزر النهرية. ويتم ذلك عن طريق استخدام تصميمات فريدة لأنظمة الألوان، وتصورات ثلاثية الأبعاد عبر نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وأداة العرض على الويب ArcGIS Online City Engine، ودمج مصادر متعددة مثل بياناتLiDAR، والمسح الهيدروجرافي، بالإضافة إلى استخدام التكبير العمودي، واختيار أنظمة الألوان المناسبة؛ لتقديم خرائط توفر تحليلًا شاملًا للتغيرات التاريخية، والظروف الحالية، والاتجاهات المستقبلية الجزر النهرية.

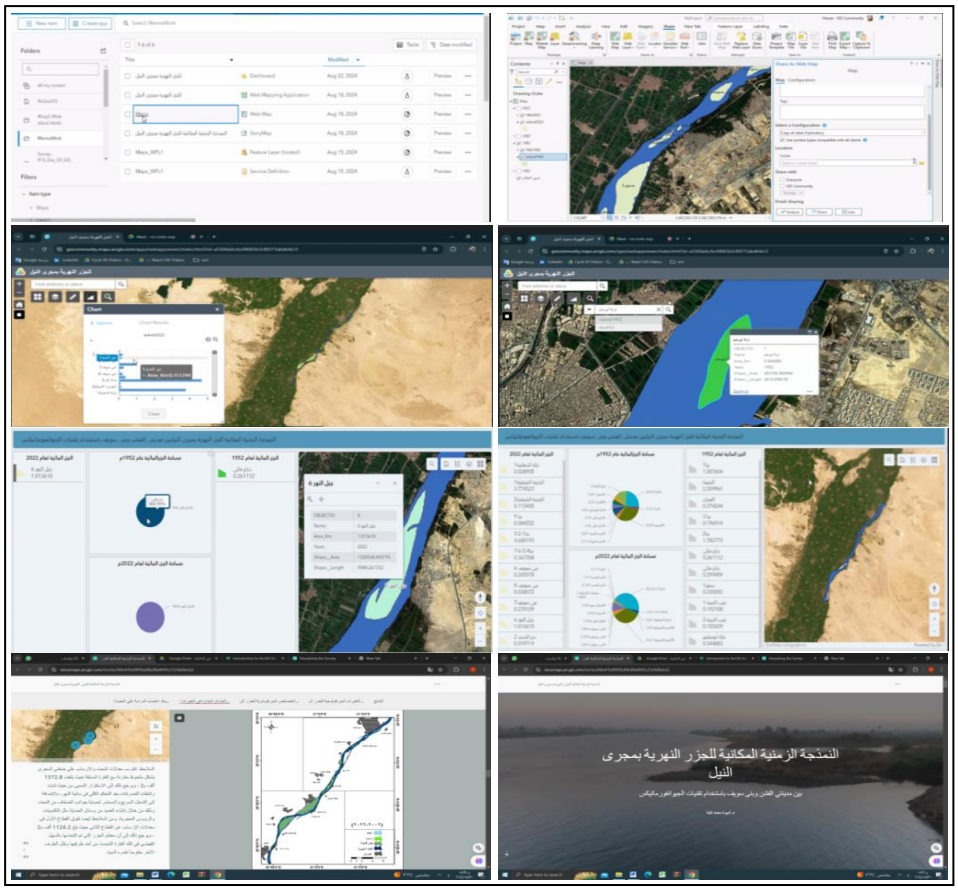
وقد قامت الباحثة بإنشاء عرض مرئي وفعال للجزر النهرية من الفشن إلى بني سويف باستخدام الخرائط التفاعلية Dashboard، والقصة الخرائطية Story map، وذلك فقًا لمجموعة من الخطوات تتمثل في الآتي:

مرحلة جمع البيانات: تم الاعتماد على الخرائط الطبوغرافية ذات المقاييس المختلفة مقياس ١: ٢٥٠٠٠ طبعة عام ١٩٥٢ الصادرة من الهيئة المصرية العامة للمساحة، والخرائط الهيدروطبوغرافية لقاع مجرى النيل طبعة ١٩٨٢ و ٢٠٠٧ مقياس ١: ٥٠٠٠ الصادرة من معهد بحوث النيل، كما تم الاعتماد على المرئيات الفضائية من نوع ETM,TM لسنوات ١٩٨٢و٢٠٠٢و٢٠٢٢م.

مرحلة إعداد وتحليل البيانات: تشمل إنشاء الطبقات من نوع Feature class وإدخال البيانات الوصفية في جدول الخصائص Attribute table من خلال استخدام برنامج ArcGIS pro، مع الدخول على الحساب الخاص بمنصة Esri، وتهيئة الطبقات للنشر على الويب من خلال الضغط على أيقونة Web Map (شكل٣٢).

مرحلة إنشاء خريطة الويب: تم الاعتماد على ArcGIS online لتحميل الطبقات الجغرافية التي تم إعدادها من قبل لإنشاء ثلاثة ملفات مهمة للنشر على الإنترنت هي: Web Map, Feature Layer (hosted), Service Definition.

- مرحلة إنشاء الخرائط التفاعلية Dashboards للجزر النهرية بمنطقة الدراسة: يتميز إعدادها بسهولة، فهي وسيلة سهلة لفهم البيانات بسرعة عبر خرائط وقوائم ورسوم بيانية ومؤشرات تفاعلية، فيمكن للمستخدمين التفاعل مع هذه العناصر لعرض البيانات ذات الصلة، وتم اختيار خريطة الأساس وإضافة طبقات المجرى والجزر النهرية لسنوات الدراسة، وإنشاء الرسوم البيانية التفاعلية لتعبر عن التغير في مساحة الجزر النهرية واختلاف عدد الجزر بالتحام عدد منها بالسهل الفيضي وظهور جزر حديثة مثل جزيرة دير الحديد (شكل ٣٤).



المصدر : من عمل الباحثة بالاعتماد على المرئيات الفضائية وباستخدام برنامجى Arc GIS pro, ArcGISOnline, ومنصة ERSI

شكل (٣٤) إنشاء عرض مرئي وفعال للجزر النهرية من الفشن إلى بني سويف باستخدام الخرائط التفاعلية Dashboard، والقصة الخرائطية Story map

مرحلة تطوير التطبيق: استخدم ArcGIS Web AppBuilder لإنشاء تطبيق ويب وإضافة أدوات مثل أدوات القياس والرسم البياني لإظهار التباين في مساحة الجزر بمنطقة الدراسة بين عام ١٩٥٢ و٢٠٢٢، وأدوات البحث للبيانات الوصفية التي تم إدخالها من قبل.

- مرحلة إنشاء قصة تفاعلية Story Map للجزر النهرية من الفشن إلى بني سويف: تسمح بدمج الخرائط والنصوص والصور الفوتوغرافية للدراسة الميدانية في سرد

تفاعلي وديناميكي؛ حيث يتيح ArcGIS Story Maps مرونة في إنشاء ومشاركة القصص الجغرافية مع دعم تكامل خرائط الرقمية مع التصميمات الحديثة التي يمكن استعراضها من خلال الجوال (https://storymaps.arcgis.com/stories/68e41bd995bd4bd9a).

التوصيات:

- عمل بروتوكولات تعاون بين الجهات البحثية والشركات الخاصة الداعمة للابحاث العلمية وخدمة المجتمع فى توفير التمويل اللازم، نظرًا للتكلفة الباهظة في الأجهزة والتقنيات المستخدمة في رصد وتجميع البيانات وتحليلها والعرض المرئى والتفاعلى للوسائط الفائقة في دراسات الجزر النهرية، خاصة مع استخدام أجهزة فائقة وذكية، وبرامج متقدمة وقواعد بيانات كبيرة مع التعقيد التقنى الذى يتطلب معرفة بلغات البرمجة الجغرافية.
- تجديد وتحديث المقررات الدراسية بالجامعات لتشمل دراسة لغات البرمجة مثل Paython , R, ArcObject، مع الاعتماد على البرامج مفتوحة المصدر، وتوفير حساب مجاني على منصات الجغرافية مثل منصة Esri لمعالجة وتحليل بيانات مشروعات تخرج الطلاب والمشاريع البحثية لأعضاء هيئة التدريس.
- مراعاة بعض الجوانب الرئيسية قبل بناء العرض المرئي أوالتفاعلي لمخرجات الوسائط الفائقة لدراسات الجزر النهرية، أهمها الغرض منه لتحديد الأهداف والوظائف التي يجب أن يحققها، ومعرفة إذا ما كانت البيانات جاهزة للاستخدام أم تحتاج إلى معالجة، والجمهور المستهدف لفهم من سيستخدم التطبيق، ومستويات مهاراتهم التقنية، وضرورة مراعاة متطلبات الوصول للجمهور العام مثل تعدد اللغات وإمكانية الوصول للأشخاص ذوي الإعاقة، وتصميم التطبيق ووظائفه لاتخاذ قرارات حول كيفية تفاعل المستخدمين مع التطبيق مع توافر الاتصال بالإنترنت.
- تعزيز التفاعل المجتمعي من خلال إنشاء تطبيقات ويب تفاعلية لتحسين إدارة الأنهار وتنمية الجزر النهرية التي يمكن الاستفادة منها من قِبَل متخذي القرار والأشخاص العاديين.

سابعاً : المراجع العربية والأجنبية

- المراجع العربية

١. أبوراضى، فتحى عبدالعزيز، ٢٠٠٨: الإستشعار عن بعد "أسس وتطبيقات" ، دار المعرفة الجامعية ، الأسكندرية.

٢. آدم ، أميمة إبراهيم ، ٢٠١٦: فاعلية برنامج الوسائط الفائقة فى تنمية الجانب المعرفى المرتبط بمهارة إستخدام الفيديو التفاعلى ، رسالة دكتوراة ، منشورة ، جامعة أم درمان الإسلامية .

٣. ربيع، هادى مشعان ، ٢٠٠٦: تكنولوجيا التعليم المعاصر " الحاسوب والانترنت" ،مكتبة المجتمع العربى للنشر والتوزيع ، الاردن.

٤. زايد ، محمد ، ٢٠١٤: تأثير تكنولوجيا الوسائط الفائقة فى فهم التربية المكتبية وتنمية مهارات استخدام المكتبة بالتعليم الأساسى ، رسالة دكتوراة غيرمنشورة ، كلية التربية ، جامعة كفر الشيخ.

٥. مدكور، أيمن فوزى والعزب، هبه عثمان، ٢٠٢٠: نمط الدعم "الثابت /المرن"، بيئة الوسائط الإلكترونية الفائقة وأثر تفاعلهما مع مستوى الدافعية للتعلم "المرتفعة/ المنخفضة" على تنمية مهارات إنتاج الرسوم المتحركة والانخراط في التعلم لدى طلاب تكنولوجيا التعليم، مجلة كلية التربية في العلوم التربوية، كلية التربية– جامعة عين شمس، مجلد٤٤، عدد٣.

٦. نوفل ، رشا صابر،٢٠٢١: الحوسبة السحابية فى تحليل بيانات الاستشعار عن يعد الضخمة " Google Earth Engine",
. https://drive.google.com/.../19bTsobudfZbkyGxHI4j.../view..

- المراجع الأجنبية

1. Apel, H., and Hung, N., and Thoss, H., and Schone,T.,2012: GPS buoys for stage monitoring of large rivers, Journal of Hydrology, Vol. 412–413, doi:10.1016/j.jhydrol.2011.07.043.
2. Breiman, L., 2001: Random forests. Machine Learning, spring link, vol.45.

3. Brown , R. and Pasternack, G. 2019: How to build a digital river, Earth-Science Reviews, Vol. 194, doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.04.028
4. Casper, A , and Dixon ,B., and Steimle, E., and Hall, M., and Conmy, R., 2012:Scales of heterogeneity of water quality in rivers: Insights from high resolution maps based on integrated geospatial, sensor and ROV technologies, Applied Geography jour. , Vol. 32, doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.01.023
5. Cheong, R., 1995: The virtual threat to travel and tourism. Tourism Management jour., Vol.16.
6. Cimpianu , C. and Mihu-Pintilie,A., 2020: Open source flood mapping tools – Qgis, river GIS and HEC-RAS, Acta Geobalcanica, doi.org/10.18509/AGB.2020.04
7. Crampon, J., 2002: Interactivity Types in Geographic Visualization, Cartography and Geographic Information Science, Vol.29, Issue 2, pp. 85-95
8. Ellisona, J., and Smethurst, P., and Morrison, B., and Keast, D. and Almedia, A., and Taylor, P., and Bai, Q., and Penton, D., and Yu, H. 2019: Real-time River monitoring supports community management of low-flow periods, Journal of Hydrology, vol.572. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.035
9. Eltner, A., and Bertalan, L., and Grundmann, J., and Perks, M., and Lotsari,E. 2021: Hydro-morphological mapping of river reaches using videos captured with UAS, Earth Surface process and landforms jour., Vol.46, doi.org/10.1002/esp.5205
10. Gartner, G and Ortag, F., 2009: Cartography Central in and Eastern Europe: lecture notes in Geoinformation and cartography, spring.
11. Hudsona, P., and Hout, E., and Verdassdonk, M., 2019: (Re) Development of fluvial islands along the lower Mississippi River over five decades, 1965–2015, Geomorphology jour., Vol.331,doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.11.005
12. Lioyd, H. and Athena, T. A., and Nadia, M., and Hasnaae, J., and Mohamed , G., 2011: AUV Survey in the Loukkos River,in Hydrographische Nachrichten 90. Rostock: Deutsche

Hydrographische Gesellschaft e. V. S. 16-17, Hydraulic Engineering Repository.

13. James, O., 2018: Application of Multimedia and Hypermedia Technologies in the Teaching of Business Education in Nigeria Universities as Perceived by Lecturers in Universities in South-South and South –West, International journal of research in humanities and social studies, Vol.5.
14. Jo, W., and Hoashi, Y., and Aguilar, L., andpostigo-Malaga , M., and Garcia-Bravo, J.,and Min, B., 2019: A low-cost and small USV platform for water quality monitoring, Hardware X jour., Vol. 6, doi.org/10.1016/j.ohx.2019.e00076
15. Kamal, N. and El-Ashmawy, N.,2023: : Potential of Using Machine Learning Regression Techniques to Utilize Sentinel Images for Bathymetry Mapping of Nile River, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol.26.
16. Kamal, N., and El-Banna, A., and El-Ashmawy, N., 2022: Adoption of Machine Learning Technique in Nile River Islands Classification, journal of hydroinformatics, Vol.24. doi.org/10.2166/hydro.2022.154
17. Krueger, M., 1991: Artificial reality II. Addison-Wesley Professional, Reading.
18. Lai, J., & Samberg, A., 2020: Geospatial artificial intelligence (GeoAI) in the Integrated Hydrological and Fluvial Systems Modeling: Review of Current Applications and Trends, Water jour., vol.14, doi.org/10.3390/w14142211.
19. Langhmmer , J. and Vackova, T., 2018: Detection and Mapping of the Geomorphic Effects of Flooding Using UAV Photogrammetry, Pure and Applied Geophysics jour., Vol. 175, doi.org/10.1007/s00024-018-1874-1.
20. MacEachren A., and Taylor D., 1994: Visualization in modern cartography, Pergamon, London.
21. Manik, H., and Hartoyo, D., and Rohman, S., 2014: Underwater Multiple Objects Detection and Tracking using Multibeam and Side Scan Sonar, International Journal of Applied Information Systems (IJAIS) Jour., Vol.7. , doi.org/10.5120/ijais14-451180.

22. Manley, p. and Singer, J., 2008: Assessment of sedimentation processes determined from side-scan sonar surveys in the Buffalo River, New York, USA, Environ Geol. Jour., Vol. 55, doi.org /10.1007/s00254-007-1109-8.
23. Medynska-Gulij, B.; and˙ Zuchowski, T.J.,2018: European Topography in Eighteenth-Century Manuscript Maps; Bogucki Wydawnictwo Naukowe: Pozna´ n, Poland.
24. Mossa, J., and Chen, Y., and Wu, C.,2019: Geovisualization geoscience of large river floodplains, journal of Maps, Vol.15, doi.org/10.1080/17445647.2019.1584129
25. Mourato, S., and Fernandez, P., and Marques, F., and Rocha, A., and Pereira, L., 2021: An interactive Web-GIS fluvial flood forecast and alert system in operation in Portugal, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol.58, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102201
26. Nielsen, J., 1995: "Multimedia and Hypertext: The Internet and Beyond". Morgan Kaufmann Publishers Inc.
27. Reeves, T., 2011: Evaluating interactive multimedia, journal of educational technology , Vol.32
28. Saber, A. I. M. (2023). Recent trends in the geomorphology of rivers and criteria for the degrees of their danger. *Journal of Sustainable Development in Social and Enironmental Sciences, 2*(2), 59-68. https://doi.org/10.21608/jsdses.2023.201252.1015
29. Saber, A. I. M., & Hassan, H. T. A. (2024). The impact of spur dikes on the dynamics of erosion and deposition processes in the Nile River in Abnub Area: A study in engineering geomorphology using artificial intelligence. *Journal of the Faculty of Arts, Port Said University, 27*(27), 172-223. https://doi.org/10.21608/jfpsu.2023.242175.1308
30. Shi, H., and Cao, Y., and Dong, C., and Xia, C., and Li, C., 2018: The Spatio-Temporal Evolution of River Island Based on Landsat Satellite Imagery, Hydrodynamic Numerical Simulation and Observed Data, remote sensing jour., MDPI, doi.org/10.3390/rs10122046.

31. Smith, G., and Best, J., and Orfeo, O., and Vardy, M., and Zinger, J., 2013: Decimeter-scale in situ mapping of modern cross-bedded dune deposits using parametric echo sounding: A new method for linking river processes and their deposits, geophysical research letters, Vol. 40, doi.org/10.1002/grl.50703, 201.
32. Stefanakis, E. and Peterson, M., and Delis, V., 2006: Geographic Hypermedia: Concepts and Systems, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer, doi: 10.1007/978-3-540-34238-0.
33. Sun, J., and Xu ,N., and Ding, L., and Ma,Y., and Liu, Z., 2020 :Continuous Expansions of Yangtze River Islands After the Three Gorges Dam Tracked by Landsat Data Based on Google Earth Engine, IEEE Access, doi 10.1109/ACCESS.2020.2994628.
34. Urriza, A., and Ferrer, M., and Dizer, N., and Red, E., 2016: MoViT: A 3D Mobile Virtual Tour App of Panguil River Eco-Park, e-Consumers in the Era of New Tourism. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0087-4.
35. Xu, Z., and Wang, Y., 2020: Radar Satellite Image Time Series Analysis for High-Resolution Mapping of Man-Made Forest Change in Chongming Eco-Island, remote sensing jour., vol.12, doi: 10.3390/rs12203438.
36. Yépez, S., and Salas, F., and Nardini, A., and Valenzuela, N., and Vargas, J., and Rodriguez, R., and Piegay, H., 2024: Semi-automated morphological characterization using South Rivers Toolbox, Articles proceeding of IAHS, Vol.385, doi.org/10.5194/piahs-385-189-2024
37. Yunfeng Kong, Y. and Liu, X., 2011: A web-based geographic hypermedia system: Data model, system design and prototype applications, Geo-spatial Information Science jour., Vol.14, doi.org/10.1007/s11806-011-0586-9.

- الروابط الإلكترونية

1. https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=geography
2. https://www.sciencedirect.com/journal/geomorphology/issues
3. https://onlinelibrary.wiley.com/loi/10969837

4. https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-hydrology
5. https://www.tandfonline.com/loi/tphy20
6. https://www.sciencedirect.com/journal/applied-geography/issues
7. https://www.tandfonline.com/loi/twas20
8. https://link.springer.com/journal/10109/volumes-and-issues
9. https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-applied-remote-sensing/issues
10. https://www.tandfonline.com/loi/tres20
11. https://onlinelibrary.wiley.com/loi/15351467
12. https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-applied-earth-observation-and-geoinformation/issues
13. https://www.sciencedirect.com/journal/the-egyptian-journal-of-remote-sensing-and-space- sciences/issues
14. https://www.sciencedirect.com/journal/environmental-modelling-and-software
15. https://www.sciencedirect.com/journal/remote-sensing-of-environment/issues
16. https://www.tandfonline.com/journals/tjom20
17. https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-disaster-risk-reduction/issues
18. https://www.sciencedirect.com/journal/tourism-management/issues
19. https://www.infomar.ie/surveys/equipment/multibeam-echosounder
20. https://oceanexplorer.noaa.gov/technology/sonar/side-scan.html
21. https://www.radiobuoy.com/webls-en-us/product
22. https://oceanservice.noaa.gov/facts/auv-rov.html
23. https://csmi.com/what-is-an-unmanned-surface-vehicle/
24. https://mapware.com/an-introduction-to-drone-photogrammetry
25. https://support.google.com/earth/answer/7364447?ref_topic=4488238&hl=en&visit
26. https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/map_views/3d_map_view.html
27. http://q2a.rivergis.com/ras1d_geometry.html#typical-rivergis-workflow