

النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

النمذجة الجيومكانية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine

لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلي

حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر

د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مدرس الجيومورفولوجيا ونظم المعلومات الجغرافية- كلية الآداب- جامعة بورسعيد

المخلص

تناول هذا البحث كيفية توظيف الذكاء الصناعي لاستنباط المناطق المهددة بخطر الجريان السيلي في حوض وادي وتير بشبه جزيرة سيناء من خلال بيئة عمل Google Earth Engine.

ويحاول البحث الخروج بخريطة للمناطق المهددة بالجريان السيلي ودرجاتها من خلال العمل على خوادم البيانات التي توفرها شركة Google اضافة الي العمل على تطبيق خوارزميات رصد المناطق المهددة بالجريان السيلي أو ما يطلق عليه Flood Mapping Algorithm، التي تم استخدامها بشكل منهجي لتحقيق اهداف الدراسة، وقد توصلت هذه الدراسة الى عدة نتائج اهمها ما يلي:

١- تحديد لمدي إمكانية توظيف الذكاء الصناعي لرسم خرائط لنطاقات خطر الجريان السيلي بشكل عام في إطار توافر البيانات مكانية.

٢- التأكيد على الاعتماد على منهجية FMA لتتبع ورصد المواقع المهددة بخطر الجريان السيلي بشكل دقيق الي حد ما في ضوء توافر معلومات أكثر دقة من الناحية المكانية.

كلمات مفتاحية: الذكاء الصناعي - الجريان السيلي- الهيدرولوجيا- التحليل المورفومتري - وتير.

Geospatial Modeling and Artificial Intelligence for Flash Flood Hazard Analysis and Prediction in the Wadi Watir Basin, Southern Sinai Peninsula, Egypt

Dr. Sabhi Abdelhamid Abdeljawad Abdelhamid
Lecturer of Geomorphology and GIS
Faculty of Arts - Port Said University

Abstract:

This research focuses on the utilization of artificial intelligence for deriving areas at risk of flash floods in the Wadi Watir basin, located in the southern part of the Sinai Peninsula, Egypt, through the Google Earth Engine platform. The study aims to produce a map of areas susceptible to flash floods and their severity levels by working with data servers provided by Google and implementing flood mapping algorithms systematically. The study has yielded several important findings, including:

- 1-** Determining the feasibility of employing artificial intelligence for mapping flash flood hazard areas, given the availability of spatial data.
- 2-** Emphasizing the reliance on Flood Mapping Algorithms (FMAs) for precise tracking and monitoring of flash flood-prone locations, especially with access to more accurate spatial information.

Keywords: Artificial Intelligence, Flash Flood, Hydrology, Morphometric Analysis, Wadi Watir.

مقدمة:

يعد الجريان السيلي من بين أكثر الكوارث الطبيعية تكرارًا في المناطق ذات الطبيعة المتضرسة، وغالبًا ما يتسبب في خسائر بشرية ومادية كبيرة، مما يحتم القيام بتوظيف التقنيات الجيومكانية لدعم اعمال التنمية المستدامة لتحليل وتوقع المواقع المهددة بأخطار الجريان السيلي، وهنا تبرز أهمية استخدام النمذجة الجيومكانية باستخدام أدوات متطورة مثل Google Earth Engine أو ما يرمز له بالاختصار GEE وفيه يتم توظيف الذكاء الاصطناعي من أجل تحقيق هذه الأهداف عبر تحليل العديد من البيانات المتعددة في نطاق محدد كبديل لأعمال تنزيل صور الأقمار الصناعية ونماذج الارتفاعات الرقمية ، فهذه الأدوات توفر طرقًا متعددة لتحليل البيانات المكانية وربطها بالبيانات الوصفية. ومن خلالها، يمكن دراسة الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لشبكات التصريف السطحي بالمنطقة، ومن ثم تحديد المناطق المهددة بالخطر ودرجاتها.

وقد عملت هذه التقنيات على إتاحة فرصة جيدة لاستكشاف وتحليل البيانات المكانية بأسلوب تراكمي من خلال العمل على مجموعة من الطبقات الرئيسية التي تعبر عن الواقع الفعلي في صيغة رقمية، حيث إن الدور الأساسي الذي يقوم به أسلوب التحليل المكاني هو مساعدة متخذي القرار ودعمهم بشكل سريع من أجل معرفة وتحديد المشكلات التي تقف عائقًا أمام عمليات التنمية المستدامة، ومعرفة المقومات الطبيعية بالمنطقة بما يدعم خطط وعمليات التنمية، وسوف يسعى هذا البحث إلى إثبات ذلك من خلال دراسة تطبيقية تحليلية تهدف إلى تحديد ورصد المواقع المهددة بخطر الجريان السيلي عبر تطبيق خوارزميات رصد المناطق المهددة بالجريان السيلي أو ما يطلق عليه Flood Mapping Algorithm ويرمز لها بالاختصار FMA ، وتتراوح دقة تحليلها المكانية ما بين ٧١ - ٩٠٪ .

أهمية البحث:

جاء موضوع البحث، لتحديد مدي إمكانية توظيف الذكاء الصناعي في معالجة البيانات الجيومكانية المتنوعة لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلي، بعيداً عن العمل التقليدي المتعارف عليه من تحميل البيانات ومعالجتها باستخدام برمجيات معالجة صور الأقمار الصناعية وما يتطلبه ذلك من وقت وجهد.

مشكلة البحث:

هل يمكن توظيف الذكاء الصناعي في معالجة وتحليل البيانات المكانية المختلفة لخدمة الأغراض التنموية والخروج؟ وهل يمكن من خلاله انتاج خريطة لمواقع الخطر ودرجاته بشكل دقيق؟

اهداف البحث:

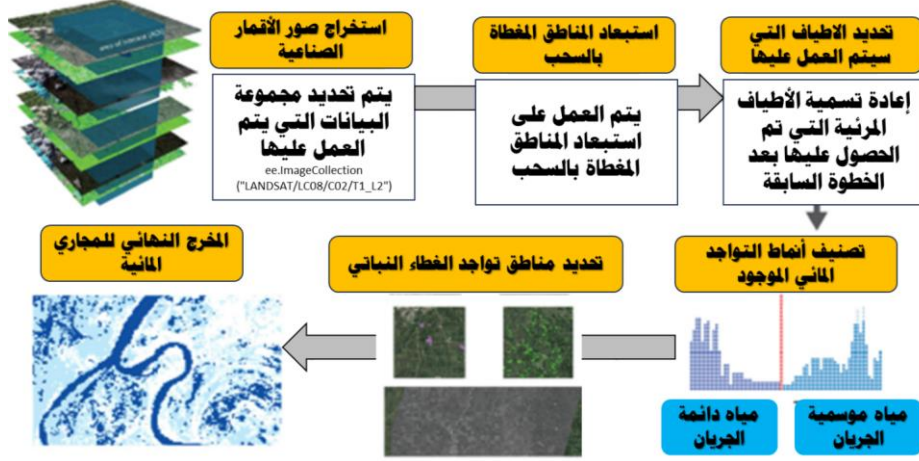
- ابراز مدي امكانية توظيف الذكاء الصناعي في تحليل البيانات الجيومكانية.
- توظيف الذكاء الصناعي في إعداد خريطة رقمية محدد عليها المواقع المهددة بخطر الجريان السيلي بمنطقة الدراسة ودرجاتها.

منهجية العمل التطبيقية:

تم الاعتماد على Google Earth Engine في تنفيذ التحليلات الجيومكانية على صور الأقمار الصناعية المتوفرة في الخوادم المركزية لشركة Google والسابق الإشارة إليها لرسم خريطة لدرجات الخطورة في حوض وادي وتير كنموذج تطبيقي حيث تم اجراء العديد من المعالجات على صور الاقمار الصناعية للحصول على نتائج يتم توظيفها ودمجها مع العديد من المؤشرات الأخرى للحصول على خريطة واحدة هي المعنية بدرجات خطورة الجريان السيلي في منطقة الدراسة وقد تم العمل على ضبط الإطار العام للبيانات كما هو موضح شكل (١).

النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية وال تربوية



شكل (١) مراحل ضبط الإطار العام للبيانات

حيث تم الرجوع لعديد من الدراسات التقنية التي تناولت مثل هذا الموضوع مثل دراسة المعهد الدولي لإدارة المياه International Water Management Institute عام ٢٠١٢م لرسم خرائط الفيضانات في جنوب قارة اسيا للفترة ما بين ١٩٨٠م الي ٢٠١١م بدقة ٥٠٠متر والاداة المستحدثة التي تعتمد على تحليل صور الأقمار الصناعية من نوعية Landsat لمراقبة اخطار الجريان السيلبي باستخدام Google Earth engine (DeVries, B, et al , 2020).

- صور الأقمار الصناعية والبيانات المطلوبة من الخوادم المركزية: من خلال تحديد للإطار المكاني لصور الأقمار الصناعية والإطار الزمني لها من خلال التعريف المكاني لحدود المنطقة، كما يمكن من خلال شكل (٢) ملاحظة انه قد تم تحديد بيانات صور القمر الصناعي Landsat 8 التي تغطي منطقة الدراسة خلال الفترة الزمنية من ٢٠٢٢/١/١م وحتى ٢٠٢٢/١٢/٣١م.

```
// Landsat 8
var landsat8 = l8.filterBounds(roi).filterDate('2022-01-01', '2022-12-31').map(cloudMask).median().clip(roi);
Map.addLayer(landsat8, { min: [0.1, 0.05, 0], max: [0.4, 0.3, 0.15], bands: ['B5', 'B6', 'B2']}, 'Landsat 8', false);

// Band map
var bandMap = {
  RED: landsat8.select('B4'),
  NIR: landsat8.select('B5'),
  GREEN: landsat8.select('B3'),
}
```

شكل (٢) الكود البرمجي لإختيار بيانات Landsat خلال الفترة الزمنية المحددة

تطبيق الفلتر الخاص باستبعاد الصور التي بها غيوم أو سحب تؤثر على النتائج: من خلال تحديد Google Cloud Score والذي يتم تطبيقه من خلال مجموعة أوامر محددة في بيئة GEE، وقد تم تطبيق هذا الفلتر على منطقة الدراسة من خلال الكود البرمجي التالي شكل (٣).

```
// Cloud masking function
function cloudMask(image){
  var scl = image.select('SCL');
  var mask = scl.eq(3).or(scl.gte(7).and(scl.lte(10))).eq(0);
  return image.select(['B.*']).divide(10000).updateMask(mask);
}
```

شكل (٣) الكود البرمجي لإستبعاد بيانات Landsat التي تغطيها السحب. تحديد الأطياف التي يتم العمل عليها في اجراء التحليلات: وهي تتضمن الأطياف (RGB) والاشعة الحرارية تحت الحمراء القريبة والبعيدة و NIR و SWIR1 و SWIR2، وقد تم تطبيق الكود البرمجي التالي شكل (٤) لتحديد الأطياف التي سيتم العمل عليها.

```
// Band map
var bandMap = {
  RED: landsat8.select('B4'),
  NIR: landsat8.select('B5'),
  GREEN: landsat8.select('B3'),
};
```

شكل (٤) الكود البرمجي لإختيار الأطياف المرئية التي سيتم العمل عليها.

المناقشة:

منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الأوسط من جنوب شبه جزيرة سيناء ويمتد فلكياً بين دائرتي عرض ٠٢° ٤٥' و ٢٨° ٤٣' و ٣٢' ٢٩' وخطي طول ٢٠° ٤٥' ٣٤' و ١٥° ٥٣' ٣٣' ويشترك حوض وادي وتير الذي يعد أكبر أحواض التصريف التي تصب في خليج العقبة مع كل من حوضي وادي الجرافي الذي يعبر الحدود

النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

المصرية الفلسطينية شمالاً ووادي العريش من الشمال والغرب إضافة لحوض وادي سدري وفيران الذي ينحدران نحو الغرب صوب خليج السويس وحوض وادي دهب جنوباً، وهو يشغل مساحة بلغت ٣٥٨٣.٩ كم^٢، شكل (٥).



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط الطبوغرافية مقياس ١/٥٠.٠٠٠٠ وصور القمر الصناعي Sentinel-2 بدقة وضوح ١٠ متر.

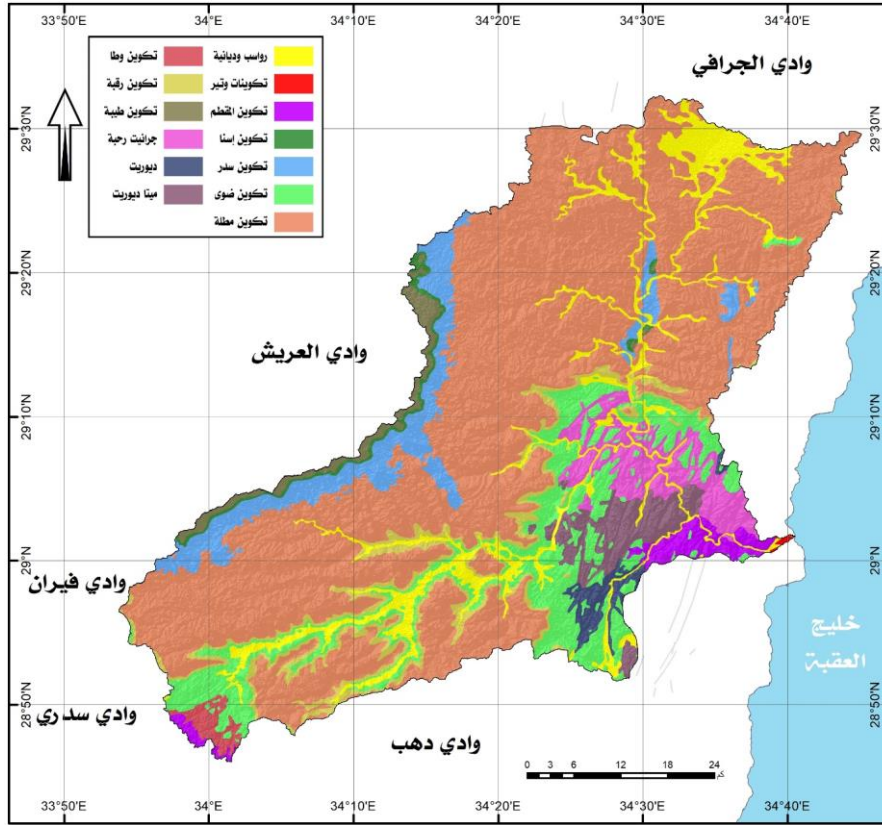
شكل (٥) منطقة الدراسة

جيولوجية المنطقة:

يوضح شكل (٦) مدى تنوع التكوينات الجيولوجية بالمنطقة بدءاً من صخور ما قبل الكامبري حتى تكوينات الهولوسين، وفيما يلي عرض للتكوينات الجيولوجية تبعاً لأنواعها كالتالي:

أ - الصخور النارية:

يتضح من جدول (١) أن الصخور النارية تغطي مساحة ٤٤٩.٣ كم^٢ بنسبة ١٣.٥٪ من مساحة منطقة الدراسة، وهي جزءاً من صخور القاعدة والذي يعد جزءاً من الدرع العربي النوبي (Said R. 1962, The Arabian-Nubian shield p.175) ويتضح من الشكل (٢) نطاقات انتشار الصخور النارية بمنطقة الدراسة.



المصدر: الخريطة الجيولوجية مقياس ١/٢٥٠.٠٠٠، هيئة المساحة الجيولوجية المصرية.

شكل (٦) جيولوجية منطقة الدراسة

النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

جدول (١) التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة.

النوع	المساحة كم ^٢	%
الصخور النارية	٤٤٩,٢٨	١٣,٥
الصخور المتحولة	٧٣٨,٤	١٤,٥
الصخور الرسوبية	٢٣٩٦,١٦	٧٢
الإجمالي	٣٥٨٣,٩	١٠٠

ب - الصخور الرسوبية:

تغطي الصخور الرسوبية مساحة ٢٣٩٦.٢ كم^٢ بنسبة ٧٢٪ من مساحة منطقة الدراسة، وهي بذلك أكثر الصخور انتشاراً، ويتضح من دراسة شكل (٦) ، وجدول (١) أنه يوجد العديد من التكوينات الصخرية بمنطقة الدراسة حيث تعرضت منطقة الدراسة لطغيان البحر وانحساره خلال العصور الجيولوجية المتنوعة ثم لتذبذبات منسوب سطح البحر خلال الزمن الرابع ، وقد نتج عن ذلك ترسيب الصخور الرسوبية على صخور الأساس الأركي بسمك متباين، وهذا التباين في سمك الترسبات نتج عن طبيعة الطغيان البحري وشكل سطح الأرض قبل الترسيب، إلى جانب أثر الحركات التكتونية وفعل عوامل التحات المختلفة التي أدت إلى اختزال سمك التكوينات في بعض المناطق أو إزالتها تماماً في بعض أجزاء أخرى (احمد سالم صالح، ١٩٩٥، ص ٣١).

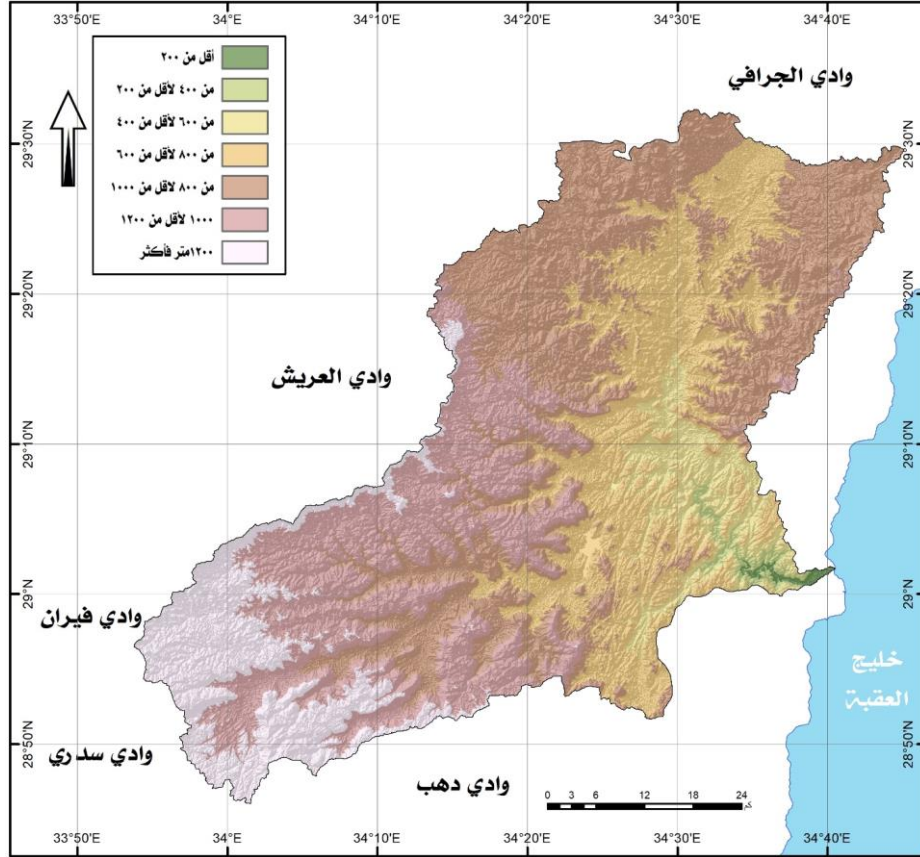
ج - الصخور المتحولة:

تغطي التكوينات المتحولة مساحة ٤٨٢.٥٦ كم^٢ بنسبة ١٤.٥٪ من مساحة منطقة الدراسة، ويتضح من شكل (٦) أن الصخور المتحولة بمنطقة الدراسة تغطي مناطق متناثرة من منطقة الدراسة وان كان الجزء الأكبر منها ي وسط المنطقة وجنوبها.

الخصائص التضاريسية:

يتضح من خلال شكل (٧) أن منطقة الدراسة يتدرج الارتفاع بها من ١٦٣٨ متراً غرباً إلى ٢ متر شرقاً على ساحل خليج العقبة، وتشغل التضاريس التي يقل ارتفاعها

عن ٥٠٠م فوق سطح البحر نسبة بلغت ١.٣٪ من تضاريس الحوض، بينما تبلغ نسبة التضاريس التي تزيد عن ٥٠٠م حوالي ٩٧.٩٪ من مساحة منطقة الدراسة. علماً بأن نسبة المنحدرات الشديدة التي يتجاوز معدل ميلها أكثر من ٣٠° تبلغ نسبتها ٢.١٪ تقريباً من إجمالي مساحة المنطقة، كما تتواجد في المناطق بعض من الجروف التي تصل زوايا ميلها ما يزيد عن ٦٠° تقريباً شكل (٨)، وقد كان لعامل الانحدار الشديد دوره الفعال في الاندفاع السريع لما تحمله الأودية العليا أو المنابع من رواسب وصخور متفاوتة الأحجام نحو بطون الأودية الأمر الذي ينتج عنه عدد من المراوح الفيضية ومخاريط الرواسب الخشنة وذلك يتضح عند مصب الوادي.



شكل (٧) الخصائص التضاريسية لمنطقة الدراسة

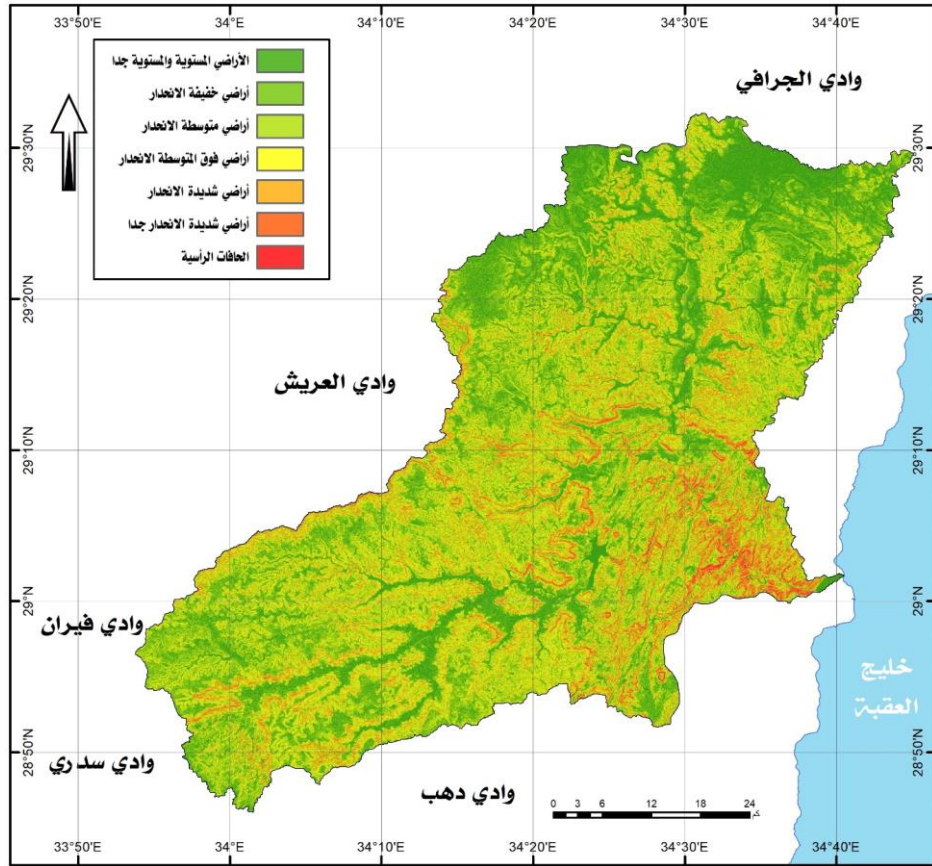
المصدر: اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي، بدقة ١٢.٥ متر.

النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والترابوية

الخصائص العامة لحوض وادي وتير:

يعد تطبيق المؤشرات المورفومترية أحد العناصر الهامة المطلوبة عند إجراء الدراسات الجيومورفولوجية ولاسيما عند دراسة احواض لتصرف المائي السطحي، وتهدف تطبيق المؤشرات المورفومترية إلى إلقاء الضوء على طبيعة شبكة التصريف والظروف المؤثرة في تشكيلها وخصائصها، وقد اعتمدت دراسة التحليل المورفومتري على نموذج الارتفاعات الرقمية بدقة ١٢.٥ متراً، وقد تمثلت المؤشرات المورفومترية التي تمت دراستها كما يلي:



شكل (٨) الخصائص التضاريسية لمنطقة الدراسة

المصدر: اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمي، بدقة ١٢.٥ متر.

الخصائص الشكلية:

- **مساحة الحوض:** تعد مساحة الحوض من الخصائص المورفومترية المهمة والمؤثرة على حجم التصريف بالأحواض، حيث أشار كل من **(Leopold and Miller, 1956, p.20)** إلى تناسب كمية التصريف بشكل طردي مع مساحة حوض التصريف، في ظل تجانس العوامل الأخرى حيث يرجع حساب مؤشر حجم التصريف أساساً إلى مساحة حوض التصريف، حيث انه كلما ازدادت مساحة الحوض زادت كمية الأمطار التي يستقبلها الحوض مما يؤدي إلى زيادة كمية المياه التي تجري في الوادي (جودة، وآخرون، ١٩٩١، ص ٢٩٠)، وقد بلغ إجمالي مساحة حوض وادي وتير نحو ٣٥٨٣ كم^٢ تقريباً.
- **محيط الحوض:** يقصد بمؤشر محيط الحوض هو طول خط تقسيم المياه الذي يفصل بين الحوض والأحواض المجاورة، وهو من المؤشرات المورفومترية المهمة التي تعبر عن أشكال أحواض التصريف وتضاريسها (**جودة حسنين جودة، وآخرون، ١٩٩١، ص: ٢٩٣**)، وقد بلغ إجمالي طول محيط حوض وادي وتير نحو ٤٠٢.٥ كم تقريباً.
- **طول الحوض:** تم الاعتماد في حساب مؤشر طول الحوض على القياس بشكل يدوي باستخدام برمجيات ArcGIS لأقصى طول بين كل من نقطة المصب وأبعد نقطة تقع على محيط الحوض (**Gregory, and walling, 1973.P.50**)، وقد بلغ إجمالي محيط حوض وادي وتير ٧٩.٦ كم تقريباً.
- **عرض الحوض:** تم الاعتماد في هذا المؤشر على قسمة المساحة الحوضية على الطول الحوضي (**Gregory & Walling, 1973, p.5**) وبلغ متوسط عرض حوض وادي وتير نحو ٤٥ كم تقريباً.
- **معامل الشكل:** يتلخص المدلول الجيومورفولوجي للمعامل في أن القيم المرتفعة تشير إلى تناسق الحوض، واقتربه من الشكل المربع، بينما تدل القيم المنخفضة على عدم التناسق بين أجزاء الحوض، حيث يبرز إتساع عرض الحوض عند

النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

المنايع وضيقية عند المصب، وبالتالي يقترب شكل الحوض من شكل المثلث (جودة حسنين جودة، وآخرون، ١٩٩١، ص ٣١٩)، ويتم حساب معامل الشكل من خلال المعادلة التي اقترحها (Horton, 1945, p,351) وبلغت قيمة مؤشر شكل الحوض وادي وتير نحو ٠.٦ تقريباً.

- **معدل الاستطالة:** يدل هذا المؤشر على مدى التشابه بين مساحة الحوض والشكل المستطيل، ويشير معامل الاستطالة إلى أقتراب حوض التصريف من الشكل المستطيل كلما انخفضت قيمة المعادلة، في حين يقترب الحوض من الشكل الدائري كلما اقتربت القيمة من الواحد الصحيح (جودة حسنين جودة، وآخرون، ١٩٩١، ص ٣١٦) وبلغت قيمة مؤشر معدل الاستطالة وادي وتير نحو ٠.٤ تقريباً.

- **معدل الاستدارة:** يدل هذا المؤشر على مدى اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري المنتظم، والقيم المرتفعة التي تقترب من الواحد الصحيح تقترب من الشكل الدائري والتي تقدم الحوض في دورته التحاتية وسيادة عمليات النحت الرأسى بهذه المجاري، حيث أن المجاري المائية تميل عادة إلى حفر مجاريها وتعميقها قبل أن تلجأ إلى توسيعها، في حين تشير القيم المنخفضة لهذا المعامل إلى عدم انتظام خطوط تقسيم المياه المحيطة بالحوض التصريفي وتعرجها مما يؤثر على طول المجاري المائية فيه خاصة ذات الرتب الدنيا التي تقع عادة عند مناطق تقسيم المياه (جودة حسنين جودة، وآخرون، ١٩٩١، ص ٣١٨)، وقد بلغت قيمة مؤشر معدل الاستدارة لحوض وادي وتير نحو ٠.٢٨ تقريباً.

الخصائص التضاريسية:

- **نسبة التضرس:** تعتبر نسبة التضرس من المؤشرات المورفومترية التي تدل على العلاقة بين تضرس الحوض وطوله، ولذلك فإن نسبة التضرس تؤثر على درجة الإنحدار العام للحوض (محمود عبد العزيز أبو العنين، ١٩٩٦، ص ٨٠)، وكلما ارتفعت قيمة نسبة التضرس زادت خطورة الجريان السيلبصورة (١)، وذلك

يرجع إلى سرعة تيار الجريان السيلى مما يؤدي إلى قلة الفاقد سواء عن طريق التبخر أو التسرب وبلغت قيمة مؤشر نسبة التضرس لحوض وادي وتير نحو ٠.٣ تقريباً.

- **معامل الإنحدار:** توضح العلاقة بين الفاصل الرأسى الذي يمثل الفارق بين أعلى وأدنى نقطة في حوض التصريف والمسافة الأفقية والتي تعرف بطول الحوض وبلغت قيمة مؤشر معامل الإنحدار لحوض وادي وتير نحو ٠.٣ تقريباً.
- **التضاريس النسبية:** يظهر هذا المؤشر العلاقة بين قيمة التضرس ومقدار المحيط الحوضى، وذلك في شكل نسبة مئوية تعبر عن درجة تضرس الحوض صورة (٢)، وقد أكد (Schumm, 1954, p.217) على وجود علاقة ارتباطية بين التضاريس النسبية ودرجة مقاومة الصخر سالبة لعوامل التعرية وذلك عند ثبات الظروف المناخية (جودة حسنين جودة، وآخرون، ١٩٩١، ص: ٣٢٤).

خصائص شبكة التصريف المائى:

- **رتب المجاري:** تعد الاحواض التي تضم عدداً كبيراً من المجاري ذات قدرة عالية علي جريان المياه وبشكل عام يتناسب عدد الرتب بشكل طردى مع حجم الحوض وأبعاده (Hajam et al ,2013) حيث يقل عدد المجاري مع زيادة مستوى الرتبة وقد بلغ رتب المجاري في حوض وادي وتير للرتبة الثامنة حازن فيها مجاري الرتبة الأولى على نسبة ٥٣.٨% من اجمالى عدد مجاري الحوض وكذلك في اجمالى اطوال الروافد نسبة ٦٥.٧% جدول (٣).
- **اعداد المجاري:** بلغ اجمالى عدد الروافد في الرتبتين الأولى والثانية ٢٨٠٣ رافد بنسبة ٧٧.٧% من مجموع أعداد روافد حوض وادي وتير حيث يبلغ أعداد الروافد في الرتبة الأولى ٨٨٦٣ رافد بنسبة ٥٣.٨% والرتبة الثانية ٣٩٤٠ رافد بنسبة ٢٣.٩% من جملة أعداد الروافد في حوض وادي وتير .
- **اطوال المجاري:** بلغ اجمالى أطوال الروافد في الرتبتين الأولى والثانية ٨٤٠٨ كم بنسبة ٨٣.٨% من مجموع أطوال روافد حوض وادي وتير حيث يبلغ أعداد

النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

الروافد في الرتبة الأولى ٦٥٩٤ كم بنسبة ٦٥.٧٪ والرتبة الثانية ١٨١٤.٣ كم رافد بنسبة ١٨.١٪ من اجمالي أطوال الروافد في حوض وادي وتير.

- **معدل التشعب:** هو النسبة بين أعداد المجاري المائية لرتبة ما وأعداد المجاري للرتبة التي تليها، وهو يعد من المؤشرات المورفومترية المهمة حيث يعد من اهم العوامل التي تتحكم في معدل التصريف (محمد صبري محسوب، ١٩٩٨، ص ٢١١)، ويعتبر هذا المؤشر عامل التحكم في معدل التصريف ومدى خطورة الجريان السيلبي حيث إنه كلما انخفض معامل التشعب ارتفعت فرص حدوث الجريان السيلبي وتكراره وقد بلغ معدل التشعب لحوض وادي وتير نحو ٤.٢.

جدول (٣) رتب روافد وادي وتير واعدادها

الرتبة	اجمالي عدد الروافد	%	اجمالي الطول كم	%
١	٨٨٦٣	٥٣,٨	٦٥٩٤,٠٤٣٥٤٥	٦٥,٧
٢	٣٩٤٠	٢٣,٩	١٨١٤,٢٨٠٧٢٤	١٨,١
٣	١٧٠٣	١٠,٣	٧٩٤,١٣٣٧٢٥	٧,٩
٤	٩٥٦	٥,٨	٣٨٣,١٦٤٠٨١	٣,٨
٥	٦٤٧	٣,٩	٢٥٩,٥٠٢٢٢٣	٢,٦
٦	٢٠٨	١,٣	٨٥,٥٩٨١٥١	٠,٩
٧	١٦٤	١,٠	٦٦,٤٠٣٠١١	٠,٧
٨	١	٠,٠	٣٢,٢٥١١٠٤	٠,٣
الاجمالي	١٦٤٨٢	٪١٠٠	١٠٠٢٩,٤	٪١٠٠

خصائص النسيج الحوضي:

- **كثافة التصريف:** يعد مؤشر كثافة التصريف من أهم المؤشرات المورفومترية التي تعبر عن مدى تقطع سطح حوض التصريف المائي وتشكل عاملاً مؤثراً في عملية الجريان السيلبي من حيث حجم التصريف وشكله لأنها تعبر عن مدى تعرض سطح الحوض لعمليات النحت والتقطع صورة (٣) و (٤) ، لذلك تعتبر كثافة التصريف من العوامل المهمة في معرفة درجة خطورة الحوض، حيث إن كثافة التصريف كلما كانت كبيرة، دل ذلك على كفاءة شبكة التصريف في نقل مياه الأمطار المتساقطة على منحدرات الحوض ولقد اقترح (Horton,)

1932, p.350) عدداً من المعادلات المورفومترية ، يتم من خلالها حساب متغيرات كثافة التصريف وعليه بلغت قيمة مؤشر كثافة التصريف في حوض وادي وتير نحو 2.8 كم²/كم².

- **تكرار المجاري:** يقيس هذا المؤشر النسبة بين أعداد قنوات التصريف بغض النظر عن أطوالها بالنسبة إلى المساحة الحوضية (**جودة حسنين جودة، وآخرون، 1991، ص 340**)، وكلما كان ناتج المعادلة كبيراً دل ذلك على كفاءة شبكة تصريف الحوض في تجميع الأمطار الساقطة على سطح الحوض ونقلها إلى مصب الحوض ولذلك يعتبر تكرار المجاري من العوامل المهمة التي تؤثر في درجة خطورة حوض التصريف وقد سجل حوض وادي وتير معدل تكرار للمجاري بلغ 4.6 مجري/كم².



صورة (٢) مسار مجري رافد وادي سليط
أحد روافد وادي وتير الأعلى



صورة (١) نقاط التجديد بمجري وادي
الصوانه



صورة (٤) الجريان السيلي في وادي
وتير، نوفمبر 2021م



صورة (٣) اثار الجريان السيلي بجوار
مسار طريق وادي وتير

النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

- **مؤشر النسيج الطبوغرافي:** يعبر هذا المعامل عن درجة تقطع الحوض بمجري الشبكة التصريفية وهو أحد العوامل المهمة التي تدرس شكل شبكة تصريف الحوض، ويمكن التعرف من خلاله على نوعية الطبوغرافيا والمرحلة الجيومورفولوجية التي وصلت إليها في دورة التعرية، ويوضح أيضاً علاقة الوحدات التضاريسية للحوض الواحد بأعداد المجاري المائية، كما يمكن اعتبار هذه النسبة مؤشراً لكثافة التصريف، أي أنه إذا زادت قيم معامل النسيج الطبوغرافي زادت معها درجة خطورة الحوض لأن الأحواض ذات القيم المرتفعة تكون ذات نسيج طبوغرافي ناعم يؤدي إلى قلة كمية مياه الأمطار المتسربة وزيادة فرص الجريان السيلبي ووفقاً لتقسيم (Morisawa, 1968, P. 190) فإن النسيج الطبوغرافي لحوض وادي وتير يعتبر ناعم جداً حيث بلغت قيمة مؤشر النسيج الطبوغرافي نحو ٢١٧ مجري/كم بمعني ان الصخور غير منفذه ولا يوجد غطاء نباتي مع تساقط شديد للأمطار.

الذكاء الصناعي: Artificial Intelligence:

يشير هذا المصطلح في أبسط تعريف له انه هو الأنظمة أو الأجهزة التي تحاكي الذكاء البشري من أجل أداء مهام محددة والتي يمكنها أن تحسن من نفسها بالاعتماد على المعلومات التي يتم جمعها، وهو ما يجمع بين علوم الحاسب ومجموعة من البيانات المكانية للبحث عن حل لمشكلة ما أو مجموع من المشكلات (أشرف عبده ونرمين خليل شكري، ٢٠٢٢م، ص: ٩٧).

الذكاء الصناعي الجيومكاني: Geo- Artificial Intelligence:

يمكن القول بأن الذكاء الصناعي الجيومكاني يركز على تحليل البيانات والمعلومات المكانية بشكل ذكي من اجل وضع حلول للمشكلات واتخاذ القرار وتحتوي مكونات الذكاء الصناعي الجيومكاني على العديد من التقنيات والمفاهيم منها:

١- أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS): التي تُستخدم تقنيات GIS بشكل واسع في الذكاء الاصطناعي الجيومكاني لإدارة وتخزين البيانات المكانية وتحليلها، ودمج كل ذلك وتوظيفها في التطبيقات العملية حيث يمكن تطبيق الذكاء الاصطناعي الجيومكاني في مجموعة متنوعة من المجالات مثل النقل، وإدارة الموارد الطبيعية، والتخطيط الحضري، والأمن الوطني، والتنبؤ بالطقس، والكثير من المجالات الأخرى.

٢- معالجات صور الأقمار الصناعية والصور الجوية: لاستخراج معلومات مهمة حول المكان، مثل تحديد المواقع والتضاريس والمعالم الطبيعية

٣- تعلم الآلة: ويرمز له بالاختصار ML أو Machine Learn وهو يرمز الي أحد أفرع الذكاء الصناعي التي يتمكن جهاز الحاسب الآلي من خلالها من التركيز على استخراج مجموعات أو أنماط محددة من البيانات دون برمجيتها على ذلك بشكل صريح، وهذا يمكنه من تطوير نماذج تنبؤية وأنظمة قادرة على اتخاذ القرارات بناءً على المعلومات المكانية، وقد ساعد ذلك على تسهيل الحصول على مجموعة من الطبقات وفق الظواهر الجغرافية من خلال التحليل الآلي لصور الأقمار الصناعية (Zhao et al., 2020, p. 328).

الذكاء الصناعي والحوسبة السحابية Google Earth Engine:

تعد بيئة تطوير Earth Engine واحدة من أهم الأدوات الرئيسية في Google Earth Engine وهي خاصة بتطوير التطبيقات الجيومكانية القوية على شبكة المعلومات الدولية، حيث تقوم هذه البيئة بتقديم واجهة برمجية (JavaScript) بشكل مبسط بهدف تسهيل عمليات التطوير والتفاعل مع البيانات جيومكانية المتنوعة على مستوى عالٍ الدقة المختلفة والتعقيد، كما تعتبر Earth Engine Code Editor أداة في استخدام العديد من التحليلات المكانية عبر توظيف أعمال تحليل صور الأقمار الصناعية من خلال Data Catalog المتاحة علي الخوادم المركزية التابعة لشركة Google كما يمكن استخدام هذه الأداة القوية لتحليل وتوقع وتحديد

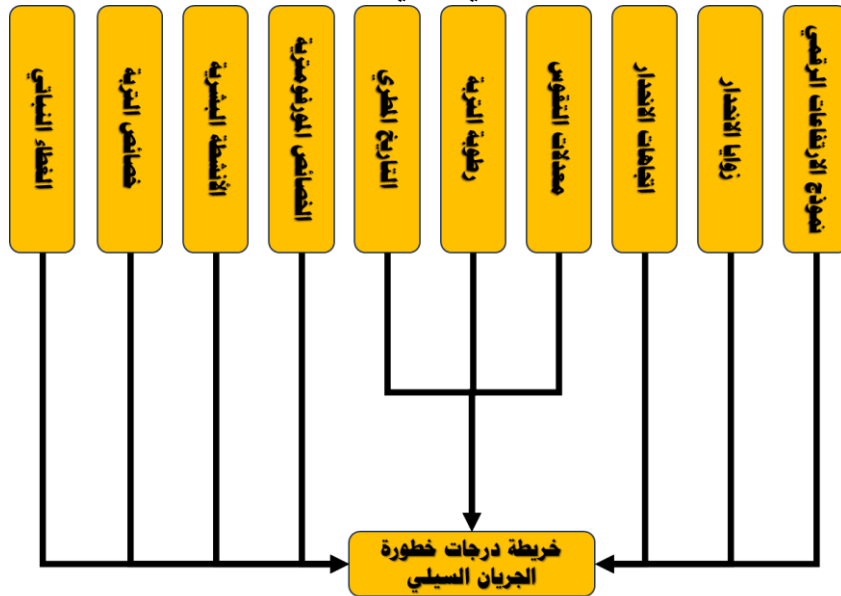
النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

المناطق المهددة بخطر الجريان السيلبي من خلال كود برمجي محدد يعمل علي تقييم الوضع في منطقة الدراسة من خلال العمل علي العديد من مجموعات البيانات الموضحة بشكل (٩).

- مؤشر الاختلاف الطيفي للنباتات NDVI:

هو أحد المؤشرات التطبيقية الهامة في Google Earth Engine والتي تستخدم لرصد وتقييم صحة النباتات والتغطية النباتية على سطح الأرض، يعتمد هذا المؤشر على التحليل الرياضي للبيانات السالبة والمرئية المستخرجة من الصور الفضائية، وهو يقيس قدرة النباتات على امتصاص الضوء في الأشعة فوق البنفسجية ومنطقة الأشعة تحت الحمراء البعيدة، حيث يستخدم النبات الضوء لعملية التمثيل الضوئي. تتراوح قيم NDVI بين -١ و +١، حيث تشير القيم الأعلى إلى وجود نباتات ذات صحة جيدة وكثافة عالية، بينما تشير القيم الأقل إلى نباتات غير صحية وكثافة منخفضة أو انعدام تام للنباتات، وقد تم تطبيق هذا المؤشر على منطقة الدراسة من خلال الكود البرمجي التالي شكل (١٠) للخروج بشكل (١١):



شكل (٩) نموذج تدفق البيانات التي تم ادراجها في النموذج التفصيلي

```
// NDVI
var ndvi = landsat8.expression('(NIR - RED) / (NIR + RED)', bandMap).rename('NDVI');
Map.addLayer(ndvi, { min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']}, 'NDVI', false);

// Vegetaion score
var vegScore = ndvi.updateMask(distance.neq(0)).where(ndvi.gt(0.8), 1)
  .where(ndvi.gt(0.6).and(ndvi.lte(0.8)), 2)
  .where(ndvi.gt(0.4).and(ndvi.lte(0.6)), 3)
  .where(ndvi.gt(0.2).and(ndvi.lte(0.4)), 4)
  .where(ndvi.lte(0.2), 5);
Map.addLayer(vegScore, { min: 1, max: 5, palette: rainbow }, 'Vegetation hazard score', false);
```

شكل (١٠) الكود البرمجي لتحليل مؤشر رطوبة التربة NDVI

- مؤشر رطوبة التربة NDWI:

يُستخدم في منصة Google Earth Engine مؤشر لرصد وتحليل مناطق تواجد المياه والتغيرات المائية على سطح منطقة الدراسة، كما يتيح هذا المؤشر توظيف صور الأقمار الصناعية لتقدير تواجد المياه وكميتها في انحاء منطقة الدراسة، ويتم حساب مؤشر NDWI باستخدام البيانات الطيفية المأخوذة من صور الأقمار الصناعية ، ويستند إلى الاختلاف في امتصاص المياه لأشعة الضوء في منطقتي الأشعة تحت الحمراء القريبة والأشعة القريبة من الأشعة تحت الحمراء ببساطة، يمكن أن يُظهر الماء تأثيرًا كبيرًا على هذا المؤشر، حيث يكون NDWI عادةً أعلى في المناطق التي تحتوي على مياه مقارنة بالمناطق الجافة ، وفي المعتاد تتراوح قيم هذا المؤشر بين -١ و +١، وتفسيراتها علي النحو التالي:

- **قيم إيجابية (ما بين صفر و +١):** تشير إلى وجود مياه وكلما ارتفعت القيم تشير إلى وجود مياه أكثر.
- **قيم سالبة (ما بين -١ و صفر):** تشير إلى عدم وجود مياه وتشير القيم التي تقل عن ذلك إلى نقص في المياه.
- **قيم قريبة من الصفر:** تشير إلى وجود مياه بشكل معتدل.

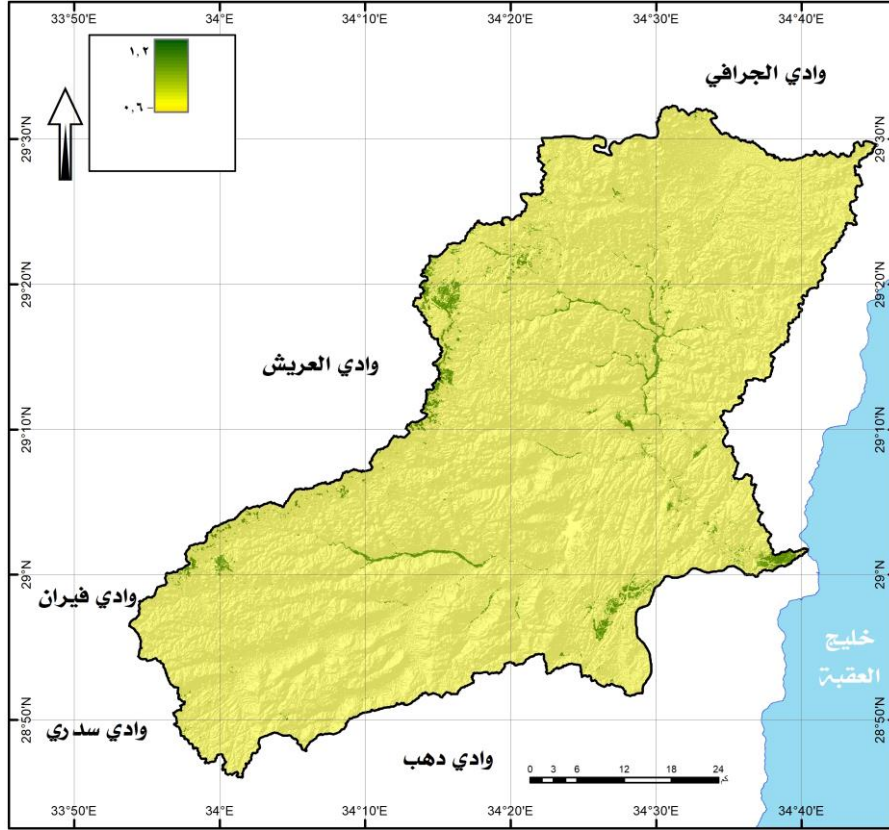
وقد تم تطبيق هذا المؤشر على منطقة الدراسة من خلال الكود البرمجي التالي

شكل (١٢) للخروج بشكل (١٣):

النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

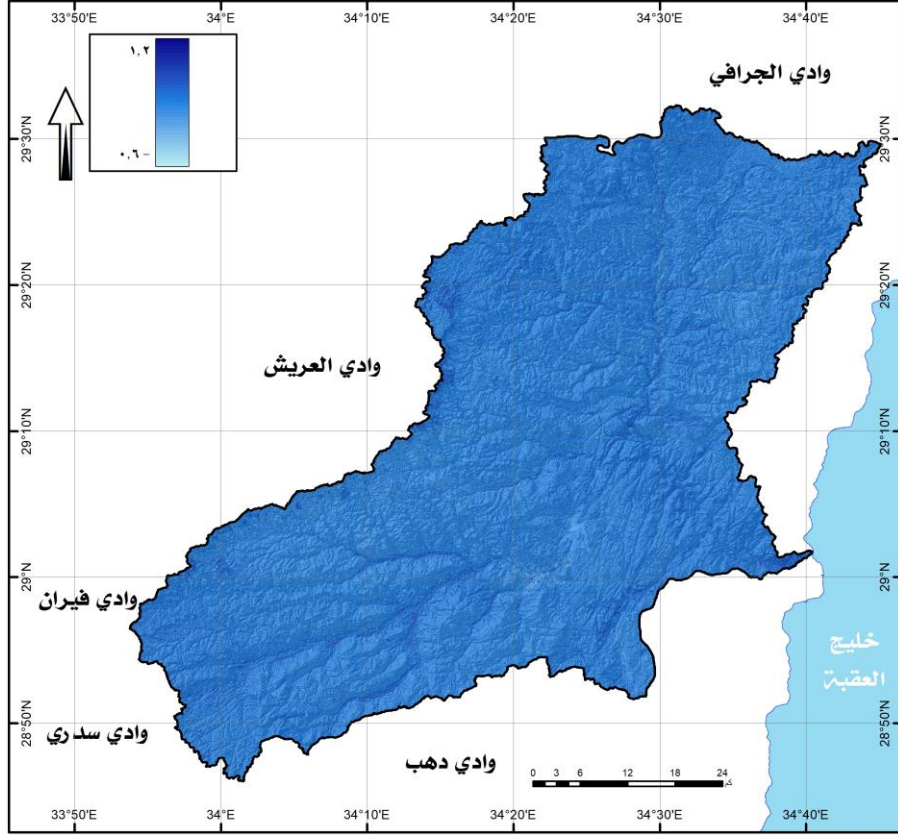
شكل (١١) مناطق توزيع تواجد النباتي NDVI في منطقة الدراسة



```
// NDWI
var ndwi = landsat8.expression('(GREEN - NIR) / (GREEN + NIR)', bandMap).rename('NDWI');
Map.addLayer(ndwi, { min: -1, max: 1, palette: ['red', 'white', 'blue']}, 'NDWI', false);

// Wetness score
var wetScore = ndwi.updateMask(distance.neq(0)).where(ndwi.gt(0.6), 5)
  .where(ndwi.gt(0.2).and(ndwi.lte(0.6)), 4)
  .where(ndwi.gt(-0.2).and(ndwi.lte(0.2)), 3)
  .where(ndwi.gt(-0.6).and(ndwi.lte(-0.2)), 2)
  .where(ndwi.lte(-0.6), 1);
Map.addLayer(wetScore, { min: 1, max: 5, palette: rainbow }, 'Wetness hazard score', false);
```

شكل (١٢) الكود البرمجي لتحليل مؤشر رطوبة التربة NDWI



شكل (١٣) مناطق توزيع رطوبة التربة NDWI في منطقة الدراسة

- مؤشر طبوغرافية المنطقة Topographic Position Index:

يستخدم هذا المؤشر الذي يرمز له بالاختصار TPI في فهم الوضع التضاريسي من حيث التحليلات المتعلقة بالجريان المائي السطحي وشبكة التصريف والغطاء النباتي، حيث يمكن أن يكون للأماكن المرتفعة والمنخفضة تأثير مختلف على تدفق المياه وحدوث الجريان السطحي وتوزيع النباتات والكائنات الحية، وقد تم تطبيق هذا المؤشر على منطقة الدراسة من خلال الكود البرمجي شكل (١٤) للخروج بشكل (١٥):

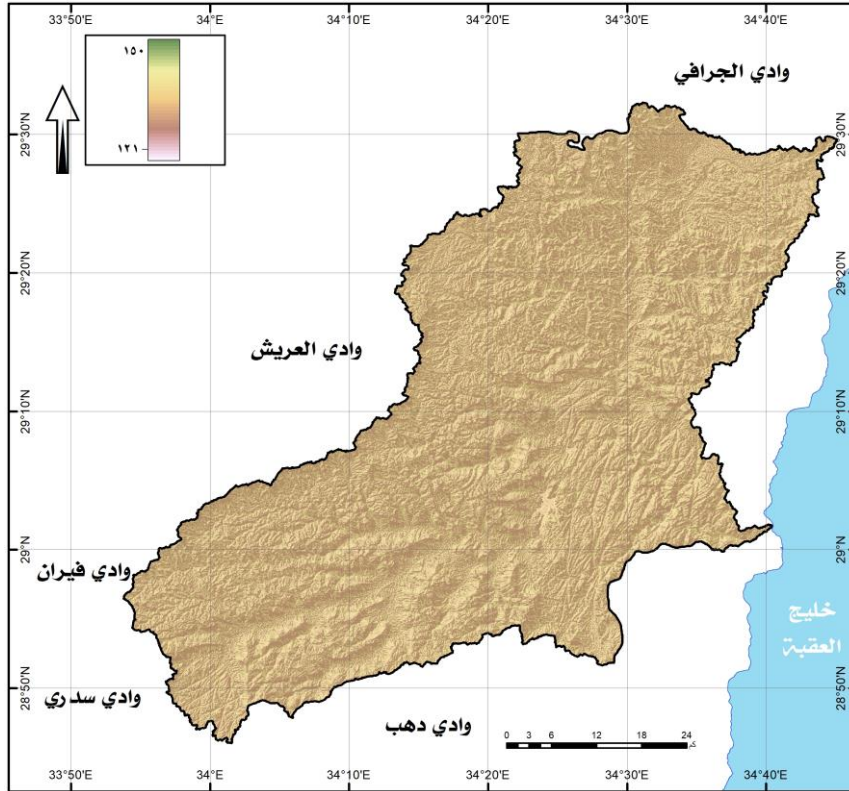
النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

```
// Create topographic position index
var tpi = elevation.subtract(elevation.focalMean(5).reproject('EPSG:4326', null, 30)).rename('TPI');
Map.addLayer(tpi, { min: -5, max: 5, palette: ['blue', 'yellow', 'red'] }, 'TPI', false);

// Topo score
var topoScore = tpi.updateMask(distance.neq(0)).where(tpi.gt(0), 1)
  .where(tpi.gt(-2).and(tpi.lte(0)), 2)
  .where(tpi.gt(-4).and(tpi.lte(-2)), 3)
  .where(tpi.gt(-6).and(tpi.lte(-4)), 4)
  .where(tpi.lte(-8), 5);
Map.addLayer(topoScore, { min: 1, max: 5, palette: rainbow }, 'Topographic hazard score', false);
```

شكل (١٤) الكود البرمجي لتحليل مؤشر طبوغرافية المنطقة TPI



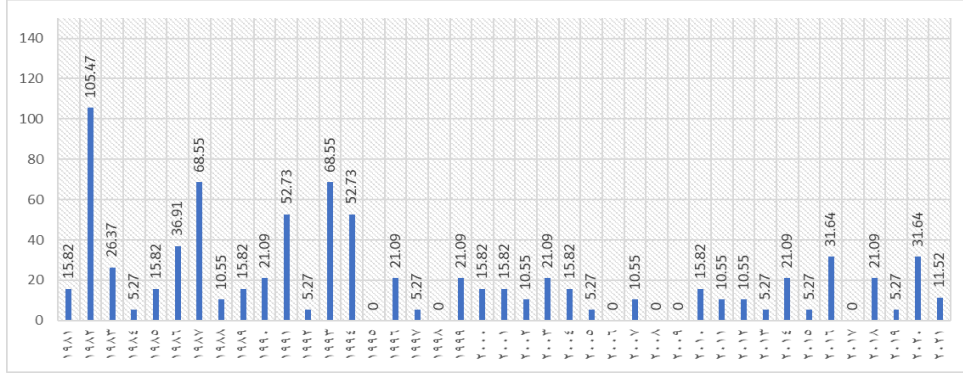
شكل (١٥) مؤشر طبوغرافية المنطقة TPI

- مستويات التساقط المطري:

تم العمل على توظيف كود JavaScript للوصول لمجموعة بيانات التساقط المطري Occurrence للفترة السابقة منذ عام ١٩٨١م وحتى ٢٠٢١/١٢/٣٠م من أجل انشاء سلسلة زمنية لقيم التساقط المطري اليومية ورصد أعلى قيم للتساقط المطري بالمنطقة، والكود الذي تم استخدامه كما يلي:

```
// Get water data
var water = gsw.select('occurrence').clip(roi);
Map.addLayer(water, { min: 0, max: 100, palette: ['white', 'cyan', 'blue' ]}, 'Water', false);
```

شكل (١٦) الكود البرمجي للحصول على بيانات التساقط المطري



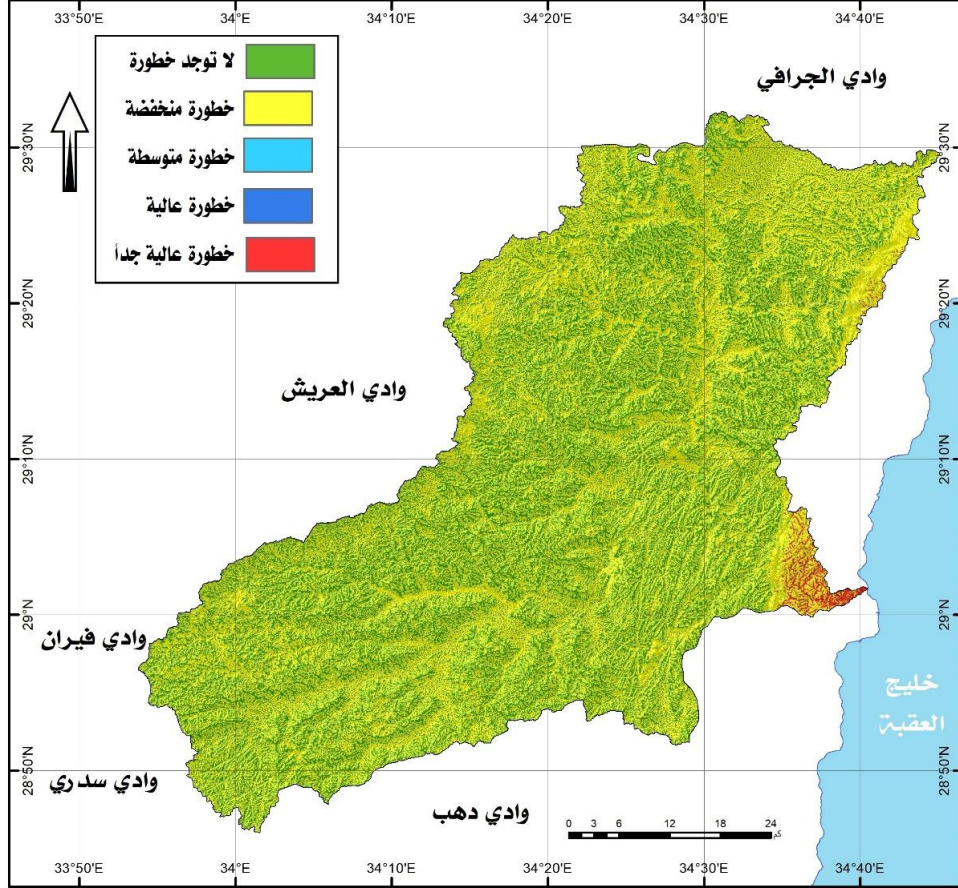
شكل (١٧) الإجمالي السنوي للتساقط المطري بمنطقة الدراسة

النتائج:

يلاحظ من تحليل شكل (١٨) ان أكثر منطقة مهددة بخطر الجريان السيلبي بشكل أكر وضوح هي منطقة مصب وادي وتير ، إضافة لبعض المواقع التي تعتبر مسارات لشبكة الطرق والدروب داخل حوض وادي وتير ، كما يلاحظ من شكل (١٩) ان المناطق التي ذات درجة خطورة شديدة جاءت في الترتيب الأول بإجمالي عدد مواقع بلغ ٣٧٠ موقع بنسبة ٦٢.١٪ ، منها ١٩٧ موقع على طريق نوبيع/طابا يليها المناطق متوسطة الخطورة وباقي المواقع تركزت في منطقة مصب الوادي بينما جاءت المناطق المهددة بالخطر بدرجة متوسطة بلغ إجمالي عددها ١٩٣ موقعًا بنسبة ٣٢.٤٪ من إجمالي عدد المواقع المهددة بخطر الجريان السيلبي .

النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

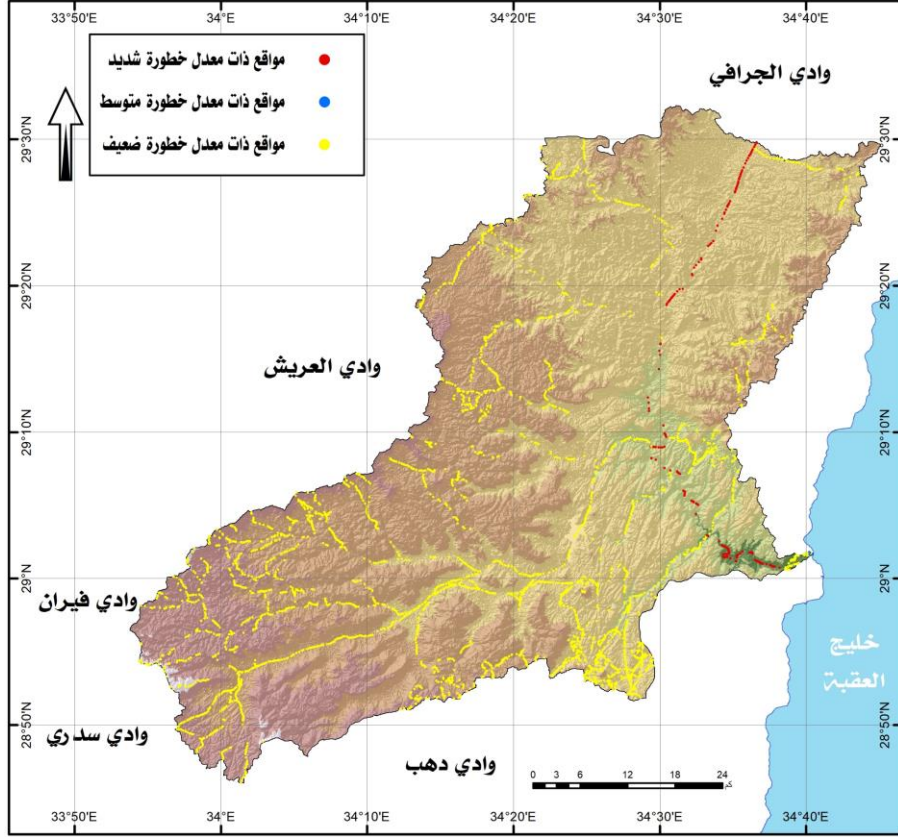
مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والترابية



شكل رقم (١٨) مستويات خطورة الجريان السيلي في حوض وادي وتير

وتوصي الدراسة: بضرورة توظيف الذكاء الصناعي في رصد وتحديد المواقع لمهددة بخطر الجريان السيلي يمكن أن يكون فعالاً وأكثر جدوى من البرمجيات التقليدية التي كان يتم العمل عليها مسبقاً، كما يمكن الاعتماد على منهجية FMA لتتبع ورصد المواقع المهددة بخطر الجريان السيلي بشكل دقيق الي حد ما في ضوء توافر معلومات أكثر دقة من الناحية المكانية ، كما يمكن تحسين المنتج النهائي من خلال الاعتماد على صور أقمار صناعية أكثر دقة ٥٠ سم كمثال اضافة لبيانات لقيم الارتفاعات الأرضية أدق من المتاح بشكل مجاني علي شبكة المعلومات الدولية ، كما يؤكد الباحث علي أهمية النزول ميدانياً للمناطق التي تم تحديدها على أنها

مواقع اخطار للجريان السيلي وعمل دراسة تفصيلية لها ، وأخيراً ضرورة التوجه الي بحث كيفية التكامل بين الذكاء الصناعي وأنظمة التحليل المكانية الأخرى مثل AHP للخروج بخرائط أكثر دقة لمواقع اخطار الجريان السيلي.



شكل رقم (١٩) المواقع المهدة بخطر الجريان السيلي بحوض وادي وتير

كما يمكن من خلال العمل على الخوادم المركزية والبيانات المفتوحة المصدر توظيف الذكاء الصناعي وتحليلاته الجيومكانية في توقع المناطق المعرضة لخطر الجريان السيلي بناءً على البيانات الجغرافية والهيدرولوجية، كما يمكن قياس مستوى ارتفاع المياه المحتملة بناءً على المعطيات المكانية وظروف الطقس الحالية، كذلك يمكن رصد التغييرات في مساحات المياه والكشف عن زيادات مفاجئة تشير إلى احتمالية حدوث الجريان السيلي ، كما يتيح الذكاء الصناعي إمكانية التنبؤ بالطول

النمذجة الجيوتقنية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي، حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء، مصر
د. صبحي عبد الحميد عبد الجواد عبد الحميد

مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية

المطري المتوقع في مناطق محددة وتقدير تأثيرها على الجريان السيلبي، كما يمكن تحليل المناطق الأكثر عرضة للانهييارات الناتجة عن غزارة التساقط المطري وحدوث حالة من عدم الاستقرار بفعل تأثير المياه علي ثبات الكتل الصخرية علي المنحدرات، كما يمكن توظيف الذكاء الصناعي الجيومكاني في نقل المعلومات في الزمن الحقيقي: يمكن استخدام النظم الذكية لنقل المعلومات المتعلقة بالجريان السيلبي في الزمن الحقيقي إلى الجهات المعنية ، مما يعمل علي تعزيز التوعية العامة: يمكن استخدام التحليلات والبيانات المشتركة بين الجهات المعنية والجمهور لرفع مستوى التوعية حول أخطار الجريان السيلبي والاستعداد له.

قائمة المراجع

أولاً: قائمة المراجع باللغة العربية:

١. أحمد سالم صالح، السيول والتنمية في وادي فيران بجنوب سيناء، دراسة جيومورفولوجية تطبيقية من منظور جيومورفولوجي، المجلة الجغرافية العربية، العدد السادس والعشرون، القاهرة، ١٩٩٥.
٢. أشرف عبده علي عجرمه وآخرون، أساليب الذكاء الاصطناعي الجغرافي في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن البعد بين النظرية والتطبيق، المجلة العبية الدولية لتكنولوجيا المعلومات والبيانات، المجلد الثاني، العدد الثاني، ٢٠٢٢م.
٣. جودة حسنين جودة وآخرون، وسائل التحليل الجيومورفولوجي، دار المعرفة الجامعية الإسكندرية، ١٩٩١.
٤. محمد صبري محسوب، جغرافية مصر الطبيعية (الجوانب الجيومورفولوجية)، الطبعة الأولى، دار الفكر العربي، القاهرة، ١٩٩٨.
٥. محمود عبد العزيز أبو العينين، تنمية الموارد المائية بغرب وسط سيناء - دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، مجلة كلية الآداب، جامعة المنصورة، العدد التاسع عشر، ١٩٩٦.
٦. محمود عبد العزيز أبو العينين، حوض وادي وردان جنوب سيناء، دراسة جيومورفولوجية رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية. ١٩٩٣

ثانيا: قائمة المراجع باللغة الإنجليزية:

1. DeVries, B.; Huang, C.; Armston, J.; Huang, W.; Jones, J.W.; Lang, M.W. Rapid and robust monitoring of flood events using Sentinel-1 and Landsat data on the Google Earth engine. Remote Sens. Environ. 2020, 240, 111664.
2. Gregory, K.J. and Walling, D.E. (1973) Drainage Basin. Form and Process: A Geomorphological Approach. Edward Arnold, London.
3. Hajam RA, Hamid A, Bhat S (2013) Application of Morphometric Analysis for Geo-Hydrological Studies Using Geo-Spatial Technology –A Case Study of Vishav Drainage Basin. Hydrol Current Res 4:157. doi: 10.4172/2157-7587.1000157
4. Horton, R., (1932) Drainage Basin Characteristics, Transactions of The American Geophysical Union, 13.
5. Horton, R., (1945) Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins, Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology, Geol. Soc. America Bull.,56.
6. IWM. Flood Risk Mapping: South Asia. Available online: http://waterdata.iwmi.org/Applications/Catastrophic_Flood_Risk_Mapping/ (accessed on 20 January 2021).
7. Leopold LB, Miller JP (1956) Ephemeral streams: hydraulic factors and their relation to the drainage network. U.S. Geol Sur Profess Paper 282 A, Washington, D.C. pp 1–37.
8. Morisawa, M., 1968: Streams, Their Dynamic and Morphology. New York.
9. Said, R. (1962): The Geology of Egypt, El Sevier, New Amsterdam.
10. Schumm, S. A. 1956: Evaluations of Drainage Systems and Slopes in Bad Lands at Perth Amboy, New Jersey. Geol. Soc., America Bull. 67, pp. 597- 464.
11. Zhao, B., Zhang, S., Xu, C., & Liu, X. (2020). Spoofing in Geography: Can We Trust Artificial Intelligence to Manage Geospatial Data? Springer International Publishing.