

التمثيل الكارتوغرافي للأشكال الأرضية الناتجة عن العمليات الجيومورفولوجية في منطقة البادية الشمالية الشرقية من الأردن باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية

أ.د. علي أحمد العنانزةⁱⁱ
تاريخ القبول
2022/12/3

بشير مفلح المساعدⁱ
تاريخ الاستلام
2022/11/2

الملخص

إنّ الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تصنيف الأشكال الأرضية لمنطقة البادية الشمالية الشرقية. استناداً إلى مؤشر الموقع الطبوغرافي (TPI)، والاعتماد على بيانات أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) المتوفر بطول 30*30م. تناولت الدراسة تحليل مورفولوجيا سطح الأرض وهو أمر أساسي لرسم الخرائط الجيومورفولوجية باستخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية. وكشف واستعراض ومقارنة مختلف المظاهر لسطح الأرض، في سياق تعريف وحدات الشكل الأرضي، باستخدام أنموذج التضرس الرقمي (DEM) من حيث التوزيع المكاني لمظاهر سطح الأرض وتفسير ارتباطها ببعضها والعوامل المؤثرة فيها، تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الشرقي من الأردن (أجزاء من محافظة المفرق) وتبلغ مساحتها (25230) كلم مربع. وتتميز المنطقة بوجود العديد من الوحدات الجيومورفولوجية. وقد ركزت الدراسة على تحليل المقومات الجغرافية الطبيعية للمنطقة، وإبراز دورها في تشكيل المظاهر الأرضية، فإن الهدف النهائي من هذه الدراسة هو الخروج بنماذج متنوعة من الخرائط التي تساعد على فهم وتوضيح جيومورفولوجيا المنطقة. قامت الدراسة بالاعتماد على منهجين علميين هما:

أولاً: المنهج الوصفي ويتمثل في وصف أشكال سطح الأرض وتصنيفها فقد تم استخدام أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة مكانية تبلغ (30) متراً، واستخدام خوارزمية (TPI التقليدية) بمقاييس مكانية مختلفة (50، 100، 150، 1000) متراً، ثانياً: استخدام الأساليب التحليلية لتحليل البيانات الجغرافية، من خلال تحليل البيانات الجغرافية وتحضير الخرائط وتحليل البيانات المستخرجة من المرئيات الفضائية والدراسة الميدانية وتحليل الخرائط التضاريسية والجيولوجية. تم إنشاء فئات الشكل الأرضي من خلال شبكتين مشتركيتين من TPI على نطاقات (نصف قطر 1كم ونصف قطر 2كم تعتمد قيم TPI على حجم الخلية ونوعها وارتفاعها والانحراف المعياري (SD) لـ TPI. باستخدام TPI، تم تصنيف منطقة الدراسة إلى مؤشر موقع المنحدر مع 6 فئات؛ الوادي، المنحدر السفلي، المنحدر المسطح، المنحدر ال أنموذج ي، المنحدر العلوي، التلال.

الكلمات المفتاحية: TPI، DEM، نظم المعلومات الجغرافية. الجيومورفولوجيا، الكارتوغرافية، البادية الشمالية الشرقية.

ⁱ الجامعة الأردنية

ⁱⁱ الجامعة الأردنية

Cartographic Representation of Landforms Resulting from Geomorphological Processes in the Northeastern Badia Region of Jordan using GIS Techniques

Abstract:

The main target of this study is to classify the landforms of the northeastern Badi region. Based on Topographic Position Index (TPI), and relying on Digital Elevation Model (DEM) data available with a length of 30 * 30 m. The study dealt with the analysis of land surface morphology, which is essential for drawing geomorphological maps using GIS applications. Detection, review, and comparison of the various aspects of the Earth's surface, in the context of defining the landform units, using the digital erosion model (DEM) in terms of the spatial distribution of the Earth's surface features and the interpretation of their association with each other and the factors influencing them. The study area is in the northeastern part of Jordan (parts of Mafraq Governorate) with an area of (25230) square kilometers .The region is characterized by the presence of many geomorphological units. The study focused on analyzing the natural geographical components of the region and highlighting its role in shaping the land features. The goal of this study is to come up with a variety of models of maps that help to understand and clarify the geomorphology of the region. The study relied on two scientific approaches: first, the descriptive approach, which is represented in describing and classifying the Earth's surface shapes. The digital elevation model (DEM) was used with a spatial accuracy of (30) meters, and the (traditional TPI) algorithm was used with different spatial scales (50, 100, 150), 1000) meters, second: using analytical methods to analyze geographical data, through analyzing geographical data, preparing maps, and analyzing data extracted from satellite visuals Field study and analysis of topographic and geological maps. The landform categories were generated by two joint grids of TPI at ranges (1 km radius and 2 km radius). The TPI values depend on cell size, type, height, and the standard deviation (SD) of the TPI. Using TPI, the study area was categorized into a slope location index with 6 categories: valley, lower slope, flat slope, typical slope, upper slope, and hills.

المقدمة:

تطور علم الجيومورفولوجيا مع تطور العلوم الأخرى فلم يعد يعتمد على وصف مظاهر سطح الأرض ووضع الخرائط الخاصة بها وإنما أهتم بدراسة عناصر سطح الأرض من ناحية الشكل والتركيب وأماكن تواجدها (2020، الجصاني) ومدى تأثيرها بالتاريخ الجيولوجي والتركيب للمنطقة (البحيري، 1972). وتُعد الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية التي يتم التركيز فيها على أسباب تكون الأشكال وتنوعها والعمليات الأرضية كالعمليات المورفومترية والهيدروجيولوجية والانحدار والتطبيقات الهيدرولوجية إضافة إلى الموارد الطبيعية واستثمارها، وصيانتها والاستفادة منها من أهم مجالات الدراسة في وقتنا الحاضر.

لقد تم اقتراح مصطلح "الجيومورفولوجيا" لأول مرة من قبل لومان، وهو جغرافي ألماني، في عام 1858 ومنذ ذلك الحين تم استخدامه على نطاق واسع في البحوث ذات الصلة (2015، Uysal). بعد ذلك تطورت نظريات التطور الجيومورفولوجي المختلفة التي اقترحها بينك وديفيس إلى عمليات تصادم فكري. وقد استخدمت هاتان النظريتان المختلفتان؛ لتمثيل البحوث الجيومورفولوجية الرئيسية ويمكن أيضاً تصنيف الأبحاث الجيومورفولوجية إلى أبحاث جيومورفولوجية وصفية وأبحاث جيومورفولوجية تطبيقية تقوم على دراسة الأشكال الأرضية (Rijsdijk، 2020).

وتمثل هذه الدراسة في الجيومورفولوجيا التي تعني بدراسة الأشكال الأرضية ضمن إطار مظهر طبيعي واحد ناتج عن عدة تأثيرات وعوامل مختلفة أدت بدورها إلى نشأة عدة أشكال أرضية ضمن هذا المظهر الطبيعي، وتختلف المظاهر الجيومورفولوجية من منطقة لأخرى، بسبب اختلاف العوامل والعمليات المسببة لها، ونتيجة لذلك تختلف المعايير التي تصنف على أساسها المظاهر الجيومورفولوجية (جودة، 1988).

ويعتبر تقسيم سطح الأرض إلى وحدات جيومورفولوجية منهج علمي يهدف إلى توضيح تضاريس المكان، التربة، الجيولوجيا المكان، والعمليات الجيومورفولوجية ومن ثم يتم إعداد خارطة توضح توزيع الوحدات الأرضية في منطقة الدراسة (et al 2014، Seijmonsbergen).

ظهر تصنيف الأشكال الأرضية من أجل تحديد أشكالها إلى مكونات أكثر قابلية للإدارة (2014، Seif). وتمت الموافقة على مؤشر الموقع الطبوغرافي من قبل (Weiss، 2001) وتم استخدامه للقيام بعملية لتصنيف أشكال الأراضي (Jenness، 2006).

لذلك وجد الباحث ضرورة القيام بدراسة جيومورفولوجية للأشكال الأرضية لمنطقة الدراسة نظراً لما تتميز به هذه المنطقة من وجود أشكال أرضية ناتجة عن تباين في العمليات الجيومورفولوجية وأهميتها الاقتصادية في المنطقة، وأيضاً التنوع في وحداتها الجيومورفولوجية نتيجة العوامل والمتغيرات الجغرافية المتعددة التي أثرت فيها وأوجدتها عبر الزمن. وتتحدد منطقة الدراسة بالبادية الشمالية للأردن، ونظراً لسعة مساحتها وصعوبة تغطيتها ميدانية، فقد ارتأى الباحث تقليص المساحة المدروسة من البادية الشمالية؛ لتمثيل البادية الشمالية الشرقية. وبناء على ما سبق جاءت هذه الدراسة لتقوم على بناء نموذج يحاكي الواقع، وتمثيل المظاهر الجيومورفولوجية الموجودة في منطقة البادية الشمالية الشرقية.

2. مشكلة الدراسة:

تتمثل المشكلة الرئيسية التي تدور حولها هذه الدراسة بأنّ منطقة البادية الشمالية الشرقية في الأردن (شرق مدينة المفرق) تمثل مساحة واسعة ولتعدد معالمها الأرضية لم تحظ هذه المنطقة من الأردن بدراسة متكاملة حول مظاهر السطح فيها باعتبارها غير مصنفة تصنيف متكاملة وعليه جاءت هذه الدراسة كمحاولة لدراسة الظواهر الجيومورفولوجية التي ساهمت في تشكيل معالم سطح الأرض فيها.

وجاءت الدراسة للإجابة عن بعض التساؤلات التالية:

- السؤال الأول: ما أبرز الأشكال الأرضية السائدة في منطقة البادية الشمالية الشرقية؟
السؤال الثاني: ما الخصائص الجيومورفولوجية للأشكال الأرضية المكونة لسطح الأرض في منطقة البادية الشمالية الشرقية؟
السؤال الثالث: ما الخصائص الطبيعية لمنطقة البادية الشمالية الشرقية؟
السؤال الرابع: كيف يتم توظيف تقنيات الاستشعار عن بُعد في الكشف عن الوحدات الجيومورفولوجية؟

3. أهداف الدراسة:

- 1- التعرف على الأشكال الأرضية الموجودة في المنطقة وفق العمليات الجيومورفولوجية المكونة لها.
- 2- تحليل الخصائص الطبيعية لمنطقة البادية الشمالية التي تعد من الأسس الأولية للدراسات الجيومورفولوجية.
- 3- القيام بعمل وتصميم خرائط متنوعة الأغراض لمنطقة الدراسة (جيومورفولوجية، كنتورية، جيولوجية، هيدروجيولوجية، تربة، طبوغرافية) وذلك للكشف عما هو موجود من مظاهر أرضية، مستعينين بسلسلة من الخرائط الطبوغرافية والصور الجوية والمرئية الفضائية والدراسة الميدانية.
- 4- بناء قاعدة معلومات جغرافية للوحدات الجيومورفولوجية للمنطقة يمكن الإضافة عليها أو تعديلها بسهولة ويسر استعدادا لاستخدامها في مجالات تصنيفية متعددة.

4. أهمية الدراسة:

تأتي أهمية الدراسة في عدم شمول منطقة الدراسة بدراسة جيومورفولوجية تفصيلية سابقة، إضافة إلى وجود أشكال جيومورفولوجية متنوعة في المنطقة بحاجة إلى التصنيف والتحليل. تم اختيار موضوع البحث للمبررات الآتية:
عدم شمول المنطقة بدراسة جيومورفولوجية تفصيلية سابقة.
تنوع المظاهر الجيومورفولوجية في منطقة البادية الشمالية الشرقية.
وجود رغبة كبيرة للباحث في إنجاز دراسة علمية جيومورفولوجية والإسهام في المجال النظري والتطبيقي لتوثيق جيومورفولوجية البادية الشمالية الشرقية.

5. التعريفات الإجرائية والاصطلاحية:

نظم المعلومات الجغرافية: هو نظام قائم على الحاسوب يعمل على جمع وصيانة وتخزين وتحليل وإخراج وتوزيع البيانات والمعلومات المكانية. (Sankey et al, 2020)

مؤشر الموقع الطبوغرافي (Topographic Position Index (TPI): مؤشر الموقع الطبوغرافي هو مقياس نسبي لارتفاع الموقع فيما يتعلق بمحيطه. يتم حسابه بطرح متوسط الارتفاع للخلايا الثمانية المحيطة بموقع مركزي من ارتفاع الموقع المركزي.

(DEM) digital elevation model: أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) هو تمثيل للسطح الطبوغرافي للأرض المكشوفة (الأرض المجردة) باستثناء الأشجار والمباني وأي أجسام سطحية أخرى. يتم إنشاء DEMs من مجموعة متنوعة من المصادر.

الجيومورفولوجيا: كلمة ذات أصل يوناني وهي تنقسم إلى ثلاثة أجزاء **geo** وتعني الأرض ثم **morpho** تعني الشكل و **logos** بمعنى علم. أي أن الجيومورفولوجيا هي علم دراسة شكل الأرض. هذا العلم ما هو إلا علم خاص بدراسة الظواهر الطبيعية الموجودة على ظهر الأرض من ظواهر وإنشاءات خاصة طبيعية نشأت الأرض بها.

الكارتوغرافية: يُسمى علم رسم الخرائط بعلم الكارتوغرافيا، وكلمة كارتوغرافيا تتكون من مقطعين هي كارتو وتعني خريطة والمقطع الآخر هو غرافي والتي تعني رسم فتصبح الكلمة علم رسم الخرائط. ليشمل تقنية فن صنع الخرائط.

6. حدود الدراسة:

1. حدود مكانية: طبقت هذه الدراسة على لواء البادية الشمالية الشرقية في الجزء الشمالي الشرقي ضمن محافظة المفرق من المملكة الأردنية الهاشمية.
2. حدود زمنية: طبقت هذه الدراسة للعام 2021.
3. حدود موضوعية: تم دراسة الأشكال الأرضية ضمن لواء البادية الشمالية الشرقية.

7. محددات الدراسة:

عدم توافر بعض لوحات الخرائط الطبوغرافية عن المنطقة مقياس 1:25000 أو حتى 1:50000، وذلك لعدم تطرق الكثير سواء من الجغرافيين أو الباحثين من التخصصات الأخرى في دراسة تلك المنطقة. عدم وجود طرق في المنطقة الصحراوية الشرقية بمنطقة الدراسة، وكذلك استحالة الوصول إلى بعض المناطق المحددة، وذلك نظراً لعدم وجود ظاهرات بارزة أو واضحة. كما أنه هناك بعض المناطق التي كان من الصعب تغطيتها ميدانياً حيث إنها تمثل مناطق محظور التجول بها باعتبارها مناطق أمنية خاصة المناطق على الحدود السورية والعراقية.

8. الدراسات السابقة:

هناك العديد من الدراسات التي اهتمت بدراسة أشكال سطح الأرض وتحليلها وتصنيفها من خلال اتباع طرق مختلفة ودراسة العوامل المختلفة التي تساهم في تشكيل مختلف الأشكال الأرضية بأنواعها باستخدام تطبيقات (GIS). وفي دراسة اجراها سأمي، زكي محمد، وآخرون، (2018)، في منطقة العلميين في مصر تحت عنوان دراسة مقارنة لإنتاج خرائط شكل سطح الأرض باستخدام طريقتي صفات التضاريس

الأرضية ومؤشر الموقع الطبوغرافي (TPI) بين منطقة العلمين ورأس الحكمة مصر. تهدف الدراسة الي مقارنة تقسيم أشكال سطح الأرض للمنطقة المحصورة بين العلمين ورأس الحكمة باستخدام كلا من طريقة صفات التضاريس الأرضية ومؤشر الموقع الطبوغرافي (TPI)، وقد احتوت الخريطة النهائية على سبعة رتب، وتوصلت الدراسة إلى أن استخدام طريقة خصائص التضاريس الأرضية أكثر دقة وتفصيلاً لإنتاج خريطة جيومورفولوجية.

وقامت الحساب، يسرى، (2019)، بعمل دراسة بعنوان تصنيف الأشكال الأرضية لحوض وادي الموجب في الأردن، استناداً إلى مؤشر المواقع الطبوغرافية (TPI)، وإنتاج خريطة التنبؤ بالفيضانات. الهدف من الدراسة هو تصنيف الأشكال الأرضية لوادي الموجب. اعتماداً على مؤشر الموقع الطبوغرافي (TPI)، صنف الأشكال الأرضية إلى كل من مؤشر موقع المنحدر وأنواع الأشكال الأرضية. وتم إنشاء فئات الشكل الأرضي من خلال شبكتين مشتركين من TPI على نطاقات different (نصف قطر 1 كم ونصف قطر 2 كم).

وفي دراسة (Muddarisna، Nuru، et al، 2020)، تحت مسمى استخدام النهج آلي في مؤشر الموقع الطبوغرافي (TPI) لرسم خرائط الأشكال الأرضية (دراسة حالة، جادة الشرقية، إندونيسيا). والهدف من الدراسة هو تحديد وتصنيف الأشكال الأرضية باستخدام مؤشر الموقع الطبوغرافي في الاحواض المائية المستمدة من DEMNAS بدقة 30 متراً. وتوصلت الدراسة إلى انه أفضل نتيجة مناسبة مع لرسم الأشكال الأرضية هي دوائر نصف قطرها 5m.

هناك العديد من الدراسات التي اهتمت بدراسة الجيومورفولوجية وتحليلها باستخدام طرق مختلفة باستخدام تطبيقات (RS & GIS)، حيث قام دراسة Bufalini Margherita وآخرون (2021)، تحت عنوان من الخرائط الجيومورفولوجية التقليدية إلى "التغطية الكاملة" الحديثة: دراسة حالة في حوض نهر تشينتي (منطقة مارش وسط إيطاليا) بهدف تحديث خرائط الجيومورفولوجية التقليدية، لاعتبارها أداة أساسية لتقييم درجة المخاطر التي تنطوي عليها العمليات الطبيعية وتعتبر دراسة استقصائية جيومورفولوجية تقدم أنموذجاً متعدد الكفاءات لرسم خرائط أشكال الأرض والأشكال الأرضية.

دراسة De Jong، Matheus GG، وآخرون (2021)، بعنوان رسم الخرائط الجيومورفولوجية الهرمي في المناطق الجبلية في (فورارلبرغ، النمسا) وتعرض طريقة لرسم خرائط جيومورفولوجية رقمية للمناطق الجبلية وتتألف من تسلسل هرمي ثلاثي الأبعاد باستخدام مجالين لدراسة الحالات في فورارلبرغ، النمسا. يمكن تصور الخرائط في نظام معلومات جغرافية (ARCGIS 10.8) على أفضل مستوى مع متغيرات من (33) مجالاً مورفولوجياً. وكل طبقة مصحوبة بنطاقات جدول مقترحة للتصور مع مجموعة متنوعة من بيانات المدخلات العالية الاستبانة (البيانات المستمدة من LIDAR) والجيومورفولوجية (خرائط الماسح الجيولوجي) لتدعم طريقة رسم الخرائط، وتسهل هذه الطريقة التحليل والتفسير، والتصور والتطبيق للبيانات الجيومورفولوجية مما يسمح بإدراج وإضافة الطبقات المورفولوجية وتطبيقها في بيانات أخرى.

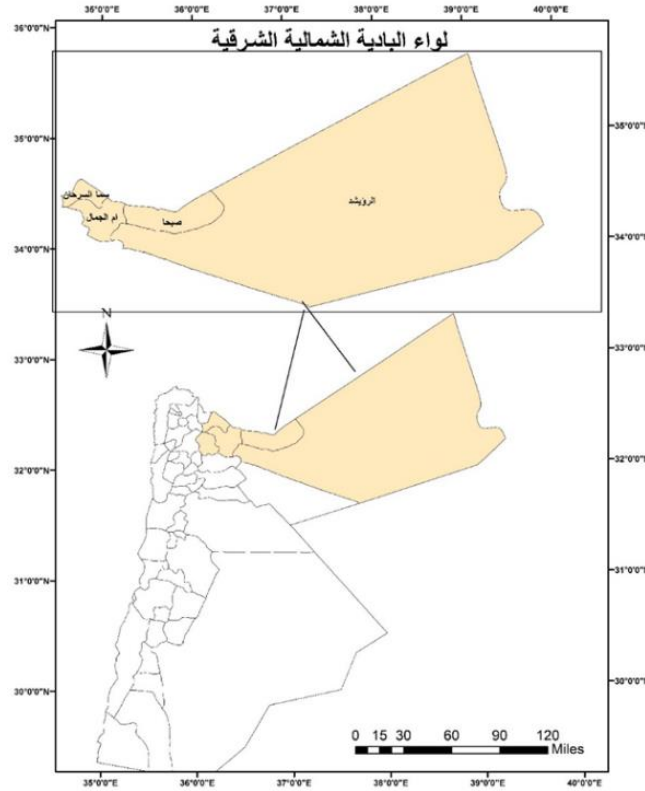
وفي دراسة أجراها Polina، Lemenkova، (2021) بعنوان خرائط تقنيات R and GMT لرسم الخرائط الجيومورفولوجية والطبوغرافية لبيرو. قدمت الدراسة استخدام تقنيات رسم الخرائط الخطية لتصوير الخرائط الطبوغرافية والجيومورفولوجية بواسطة R and GMT بهدف تحليل منطقة بيرو مع التركيز بشكل خاص على الجيومورفولوجيا الخاصة بها: الانحدار، والارتفاع اعتماداً على مجموعات البيانات الواردة في مكتبة "Open Street Map" R

National Park Service، Bing Maps، ESRI World Image، Stamen ويعتمد البحث على استخدام مجموعات البيانات المفتوحة المصدر والأدوات المجانية المتاحة للتعليم والبحث على الإنترنت، مما يصبح ميلاً فعلياً في البحوث الجغرافية الحديثة تقوم هذه الدراسة من تفسير وتحليل للوثائق والمعلومات وما يتطلبه ذلك من فهماً واسعاً ومفصلاً للجيومورفولوجيا التطبيقية وعمليات التشكيل الأرضي، والتطور الجيومورفولوجي، من خلال قاعدة متعارف عليها ومهارات لا تزال تتطلب خبرة واسعة في العمل الميداني. باستخدام الوسائل الحديثة لتوظيف النماذج التضاريسية بالتوافق مع (GIS) في الكشف عن الأشكال التضاريسية في لواء البادية الشمالية الشرقية بالاعتماد على البيانات التي يوفرها (DEM) وآخرون التحليلات اللازمة ودراسة جيومورفولوجية الأشكال الأرضية ضمن منطقة الدراسة. لذلك توجهت الدراسة إلى تمثيل السمات الجيومورفولوجية لمنطقة البادية الشمالية الشرقية من أجل مقارنتها بالبيانات التي ستجمع في السنوات اللاحقة من هذه الدراسة، بغية عرض التغيرات الجيومورفولوجية الناجمة عن آثار النشاط الطبيعي والنشاط البشري خلال الفترات الزمنية المتعاقبة ضمن منطقة الدراسة.

9. الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة

9-1 الموقع:

تمتد منطقة الدراسة من لواء البادية الشمالية الشرقية من مدينة المفرق من الجهة الغربية إلى العراق شرقاً وحتى سوريا شمالاً والحدود السعودية جنوباً. وقد اقتصرَت الدراسة فقط بالمنطقة الشرقية للواء البادية ولم تشمل البادية الغربية. وتتميز أراضي البادية الشمالية بانبساض سطحها واحتوائها على كمية من المصادر الطبيعية مثل المياه الجوفية، الغاز، البازلت، والتف البركاني. منطقة الدراسة البادية الشمالية الشرقية الواقعة إلى الشمال الشرقي من مدينة المفرق، على بعد (100) كم إلى الشمال الشرقي من مدينة عمان. وتقع بين دائرتي عرض (30 40° - 32 51°) شمالاً وخطي طول (36 45° - 39 5°) شرقاً. وتشكل منطقة الدراسة في موقعها أقصى شمال شرق المملكة الأردنية الهاشمية. وبمساحة إجمالية تقارب (25230) كم مربع أما بالنسبة للتجمعات السكانية الواقعة على أراضي منطقة الدراسة فهناك على سبيل المثال اقضية كل من الرويشد، الصفوي، أم القطين، وأم الجمال، وصبحاء، والصالحية، ونايفة. وهي تجمعات تشهد تزايداً سكانياً على الطريق الدولي فقط، ولكن في مناطق الداخل نجد ندرة في السكان. (وزارة الداخلية الأردنية، 2020) شكل (1) يمثل منطقة الدراسة.



الشكل (1): موقع منطقة الدراسة
المصدر: عمل الباحثين باستخدام برنامج Arc Map10.7

9-2 التركيب الجيولوجي لمنطقة الدراسة:

لواء البادية الشمالية الشرقية في المملكة الأردنية الهاشمية عبارة عن منظر طبيعي تشكل بشكل أساسي من تدفقات الحمم البازلتية المتأخرة والربع سنوية، وتتراوح أعمارها من 8.9 مليون إلى 100000 سنة. وترتبط رواسب Pyroclastic deposits بالمخاريط البركانية المتبقية (Robert Allison et al. 2000)

وتعتبر الهضبة الجيرية التي تقع ضمن الجزء الشمالي الشرقي من الأردن وتتكون من الصخور الجيرية والصخور الطباشيرية من أهم المكونات الجيولوجية الرئيسية في المنطقة وتغطيها الرسوبيات الحديثة المتكونة بفعل الرياح. وتعتبر جيولوجية المنطقة مرتبطة بثوران بركان مما كون عده طبقات من الصخور البازلتية فوق بعضها بعض وتعد هذه الصخور البازلتية القاعدية النارية والصلب أهم المكونات الجيولوجية في المنطقة إذ يصحبها بعض الترسبات من العصر الحديث والتي تتكون في مجاري الأودية مثل وادي والعاقب وادي أم الجمال والزعتري وغيرها كما في الشكل (2) (عابد، 2000).

ويوضح الجدول (1) العمود الجيولوجي لمنطقة الدراسة لواء البادية الشمالية الشرقية بشكل عام.

جدول رقم (1): العمود الجيولوجي لمنطقة الدراسة (الأنصاري وآخرون، 2000)

المجموعات الجيولوجية	العصر	العمر (مليون سنة)	التكوين
الترسبات القارية والنهرية	الرباعي	2.0	بازلت
مجموعة البلقاء	الثلاثي	70.0	البلقاء
مجموعة عجلون	الكريتاسي العلوي		عجلون
مجموعة الكرب	الكريتاسي السفلي	135.0	الكرب
العزب	الجوراسي	180.0	العزب
الرمثا	الترياسي	225.0	الرمثا
هذيب	البيرمي	270.0	
	الكربوني	254.0	غير موجودة
	الديفوني	400.0	
مجموعة الخريم	السلوري الأوردوفيشي	440.0	علنا
			بترا
			طربيل
			أم طريفة
			سهل الصوان
			أم سهم والديسي
مجموعة رم	الكمبري	500.0	عجرم
			دولوميت وغضار (البرج)
			رمال اركوازية (سالب)
مجموعة العقبة	قبل الكامبري	600.0	ترسبات حطامية بركانية
			القاعدة الجرانيتية (العقبة)

المصدر: (الأنصاري وآخرون، 2000)

3-9 الارتفاع:

تتميز منطقة الدراسة باختلاف ارتفاعاتها حيث نلاحظ أنّ الارتفاعات تتوزع جغرافياً أعلى المناطق منسوباً في الشمال في المنطقة الشمالية القريبة من الحدود السورية باتجاه جبل العرب، بارتفاع يبلغ حوالي (1230م) عن مستوى سطح البحر، بينما تنخفض أراضي لواء البادية الشمالية في المناطق الوسطى بحدود (530م) عن مستوى سطح البحر، وفي المنطقة الجنوب غرب باتجاه قاع الأزرق. الشكل (3).

4-9 الانحدار:

يعتبر الانحدار انحراف أو ميل السطح عن المستوى الأفقي (2018، الحميري) إن الهدف من إعداد هذا النوع من الخرائط هو التعرف على خصائص واتجاهات الانحدار لمنطقة الدراسة في لواء البادية الشمالية الشرقية بسبب تأثير الانحدار في العمليات الجيومورفولوجية بشكل عام، وفي النمط الذي تتخذه العمليات الجيومورفولوجية وتطورها ضمن منطقة الدراسة بشكل خاص، ويلعب أيضاً انحدار السطح دوراً مؤثراً في التضاريس ويترك الانحدار تأثيرات واضحة في الظروف التركيبية لمنطقة الدراسة، وقد تم تصنيف الانحدارات بالمنطقة كما هو موضح في شكل (4) انحدار شديد جداً وتتراوح قيمة الانحدار (30°-45°).

5-9 اتجاه السفوح:

تعتمد العمليات الجيومورفولوجية على اتجاه السفوح نظراً لأهميتها في تدفق المياه السطحية وعمليات انجراف التربة، وعلى نتائج هذه العمليات لذلك تم تقسيم منطقة الدراسة بالاعتماد على اتجاه انحدار السفوح وتم تقسيمها إلى ثمانية اتجاهات. كما هو موضح في الشكل (5).

6-9 استعمالات الأرض/الغطاء الأرضي:

وتنوعت استعمالات الأراضي في منطقة الدراسة ما بين الاستعمالات السكنية والأشجار والمراعي والأراضي الزراعية والأراضي الجرداء وبعض السدود المائية الشكل (6).

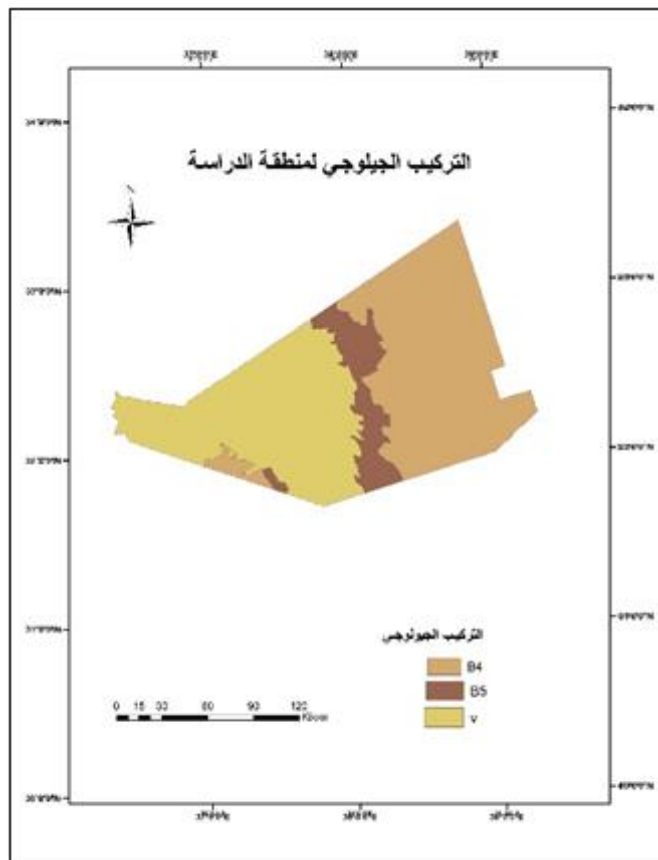
جدول (2): مساحات الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة

نوع الصنف	مساحة الاصناف كم ²	نسبة المساحة (%)
1 أراضي جرداء	5964	23.6%
2 محاصيل	686	2.7%
3 أشجار	292	1.2%
4 مياه	3	0.02%
5 مباني	94	0.4%
6 أراضي رملية	18191	72%
المجموع	25230	100%

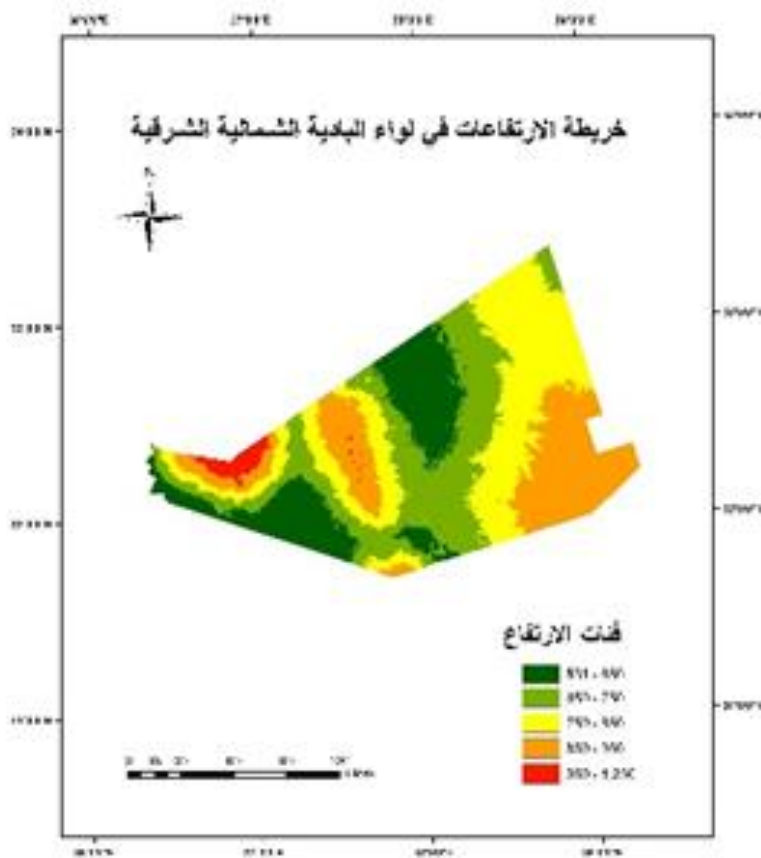
المصدر: من عمل الباحثين القمر الاصطناعي (Sentinel-2) وبرمجية ARC MAP10.8

7-9 التربة:

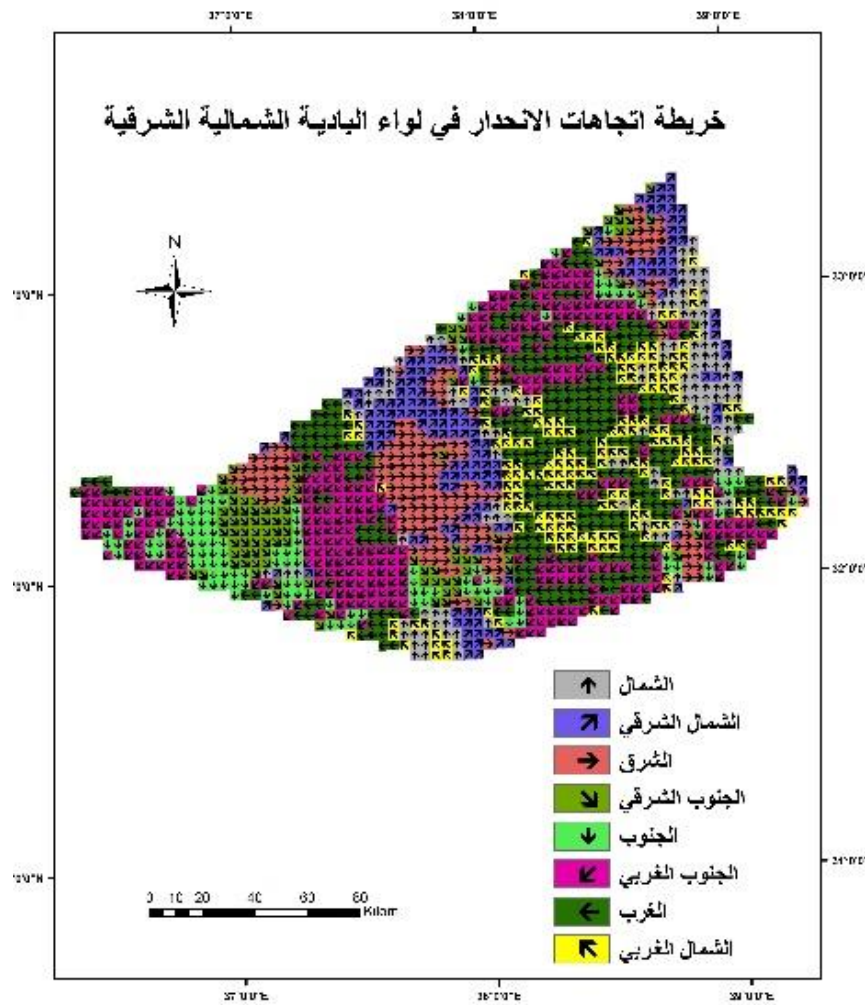
تتميز تربة منطقة الدراسة بأنها ذات سمك قليل وتحوي تراكيمات من كربونات الكالسيوم، والجبس، وتتميز كذلك بفقرها وقلة نضجها ومحلية نشأتها، وتعاني من مشكلة الانجراف بسبب طبيعة الأمطار الهائلة، على عكس التربة الجافة التي تمثل نطاقاً جيداً من التغذية المائية الجوفية. (Allison and Grove, 2000) إن أهم ما يميز التربة في منطقة الدراسة الصفات المشتركة، منها تربة المناطق الصحراوية الجبسية ذات النسيج الخشن، وهذا يعود إلى طبيعة الصخور الأم الناشئ عن الحجر الرملي وتتميز بفقرها بالمواد العضوية بسبب طبيعة مناخها الصحراوي الذي ينعكس على ندرة النباتات الطبيعية وخاصة الحشائش التي تعد أهم عوامل تزويد التربة بالمواد العضوية، كما توجد تربة المناطق الجاف وشبه الجاف التي تتكون بفعل عمليات التعرية والتجوية وتشبه في خصائصها مادة الأصل، ومنها تربة قيعان الأودية. الشكل (7).



الشكل (2): التركيب الجيولوجي في منطقة الدراسة
الصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على سلطة المصادر الطبيعية ARCGIS 1

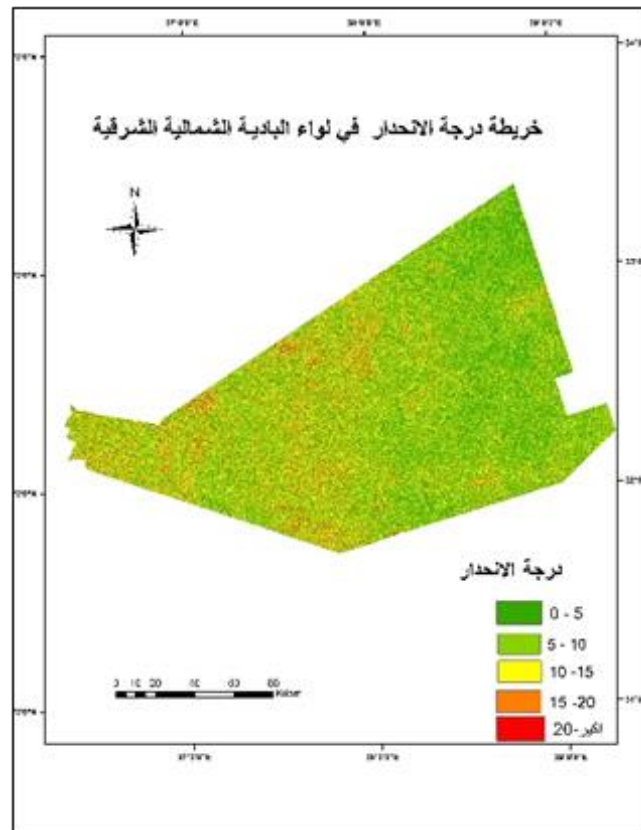


الشكل (3): تصنيف الارتفاعات في منطقة الدراسة
المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على DEM



الشكل (4): درجات الانحدار في منطقة الدراسة

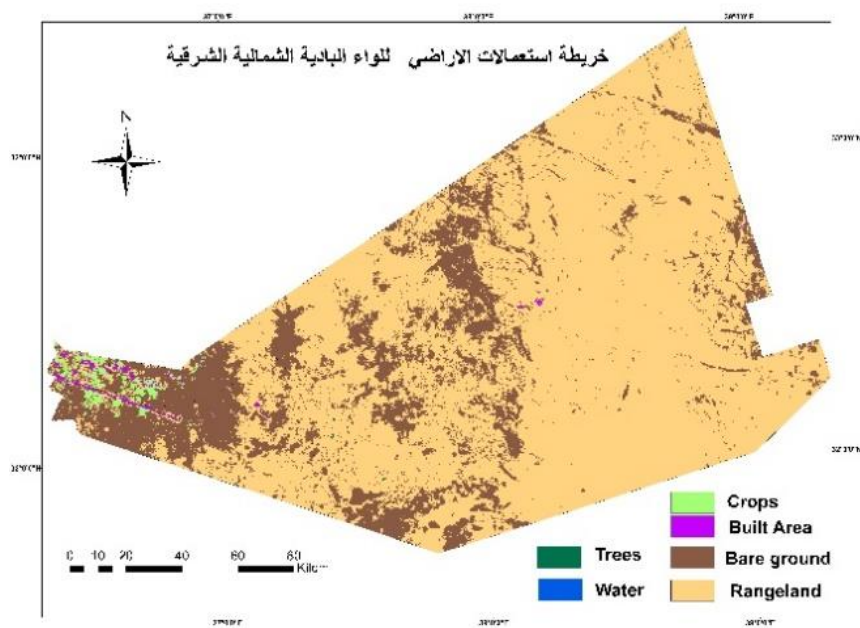
المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على DEM

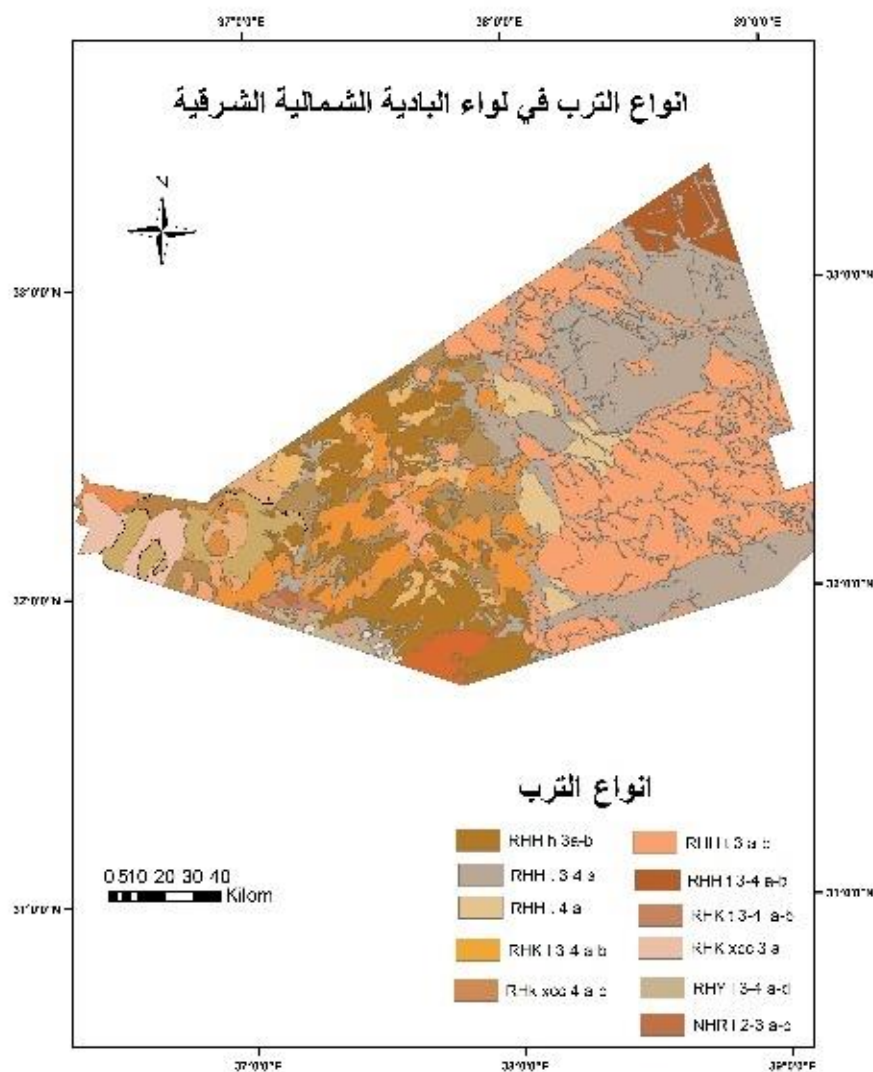


الشكل (5): اتجاه السفوح في منطقة الدراسة
المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على DEM

الشكل (6): استعمالات الأرض والغطاء الأرضي في منطقة الدراسة

المصدر: عما الباحثين باستخدام مرئيات Landsat_8





الشكل (7): نسيج التربة في منطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة الأردنية

10. منهجية الدراسة والبيانات المستخدمة

سيقوم الباحث بتنفيذ أهداف الدراسة بالاعتماد على منهجين علميين هما: أولاً: المنهج الوصفي ويتمثل في وصف أشكال سطح الأرض وتصنيفها بالاستعانة بما يأتي:

تفسير المرئية الفضائية للمنطقة. وتم استخدام الأساليب الوصفية لوصف الحدود والوحدات الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة، بما في ذلك: المساحة، والشكل، والتوزيع، والانحدار، والاتجاه، والجيولوجيا، والتضاريس.

ثانيًا: استخدام الأساليب التحليلية لتحليل البيانات الجغرافية، فسيتم بوساطته تحليل البيانات الجغرافية وتحضير الخرائط وتحليل البيانات المستخرجة من المرئيات الفضائية والدراسة الميدانية وتحليل الخرائط التضاريسية والجيولوجية. مثل البيانات المناخية، وتحليل الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية، وخرائط والتربة، وتحليل البيانات المستخرجة من صور الأقمار الصناعية والدراسات الميدانية. وتوثيقها بالصور الفوتوغرافية للأشكال في منطقة الدراسة. ثالثًا: استخدام الأساليب الكمية والإحصائية والخرائطية لحل المعادلات الرياضية لاستخراج السمات المورفولوجية. ويعتبر نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد بيئات خصبة لإنشاء خرائط مختلفة وتحليل صور الأقمار الصناعية والدراسة الميدانية المباشرة.

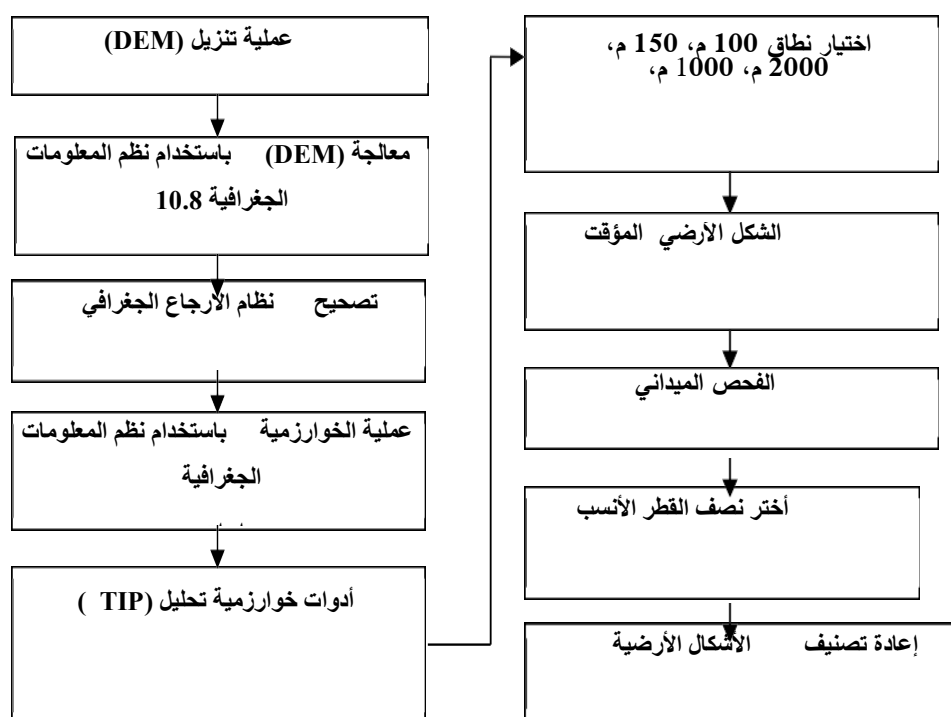
طرائق الدراسة ومراحلها:

جمع المعلومات والبيانات: من كافة المصادر والمراجع أهمها ما يلي:
المصادر الأولية:

1. العمل الميداني.
2. الملاحظة والمقابلات الشخصية مع المجتمع المحلي.
- ب. المصادر الثانوية:
1. الكتب والمراجع ذات الصلة.
2. مرئيات فضائية للقمر الصناعي لاندسات Landsat.
3. مرئيات فضائية للقمر الصناعي Sentinel-2.
4. رسائل الماجستير والدكتوراه.

وتشمل جمع المصادر من الكتب والبحوث والتقارير ورسائل الماجستير والدكتوراه، تحديداً ما يتعلق منها بالجوانب الجيومورفولوجية فضلاً عن الدراسات التي لها علاقة بموضوع الدراسة ومن ثم سوف يتم جردها وتبويبها، والحصول على المعلومات الجيولوجية والبيانات المناخية فضلاً عن الحصول على الخرائط التضاريسية والطبوغرافية والمرئيات الفضائية الخاصة بمنطقة الدراسة والتي شملت خرائط طبوغرافية بالمقياس (25000/1) وخريطة جيولوجية ذات مقياس (250000/1) وغطت الخرائط الطبوغرافية (TMS) في هذه الدراسة، أكثر من ثمان وعشرين لوحة TM تم إنشاؤها بواسطة (المركز الجغرافي الملكي الأردني) منطقة الدراسة وتم استخدام ها كخريطة أساسية لاستخراج الظواهر والوحدات الجيومورفولوجية باستخدام الخطوات التالية: المسح الضوئي، والمراجع الجغرافية. وأنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) للتحليل الطبوغرافي قام الباحث بالعمل على تنزيل (DEM) لمنطقة الدراسة من وكالة ناسا المتوفرة بتنسيق Tiff بدقة أرضية 30 متراً على عنوان URL.

http://glcf.umd.edu/data/landsat :/ وأيضاً مرئيات فضائية للقمر الصناعي لاندسات Landsat ومرئيات فضائية للقمر الصناعي Sentinel-2 الخرائط الجيولوجية مقياس (1:50000) لعام (1997م)، لوحات المفرد، الصادرة عن سلطة المصادر الطبيعية. خرائط التربة (1:5000) لعام (1993م)، لوحات المفرد الصادرة عن وزارة الزراعة.



الشكل (8): مخطط منهجية البحث

1-10 البيانات الأولية المستخدمة في الدراسة:

يوضح الجدول (1) البيانات الأولية التي اعتمد عليها الباحثين في الدراسة، والذي يمثل نوع البيانات ومصادر البيانات.

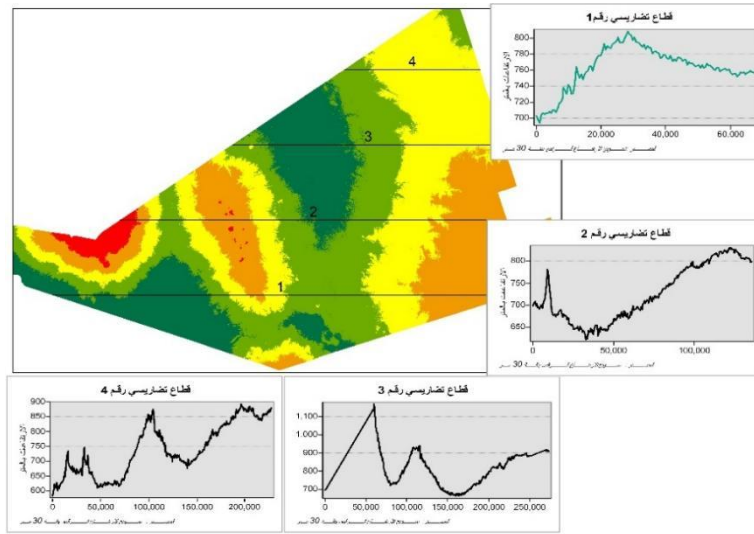
الجدول (3): البيانات التي استخدمت في الدراسة

نوع البيانات	المصدر	الفترة الزمنية
أنموذج الارتفاع الرقمي (Dem)	https://.earthdata.nasa.gov	2021
خريطة التربة للمنطقة	وزارة الزراعة	2016
مرئيات فضائية	Landsat-8 and Landsat 4-5 PATH 39، 38، ROW(37، 174)	2021-1990
البيانات السكانية	دائرة الإحصاءات العامة	2015
التقسيمات الإدارية	وزارة الداخلية	2021
البيانات المناخية (الأمطار، الحرارة)	دائرة الأرصاد الجوية	2021-1990

المصدر: عمل الباحثين

11. التحليل والمناقشة

إن تمثيل الوضع الطبوغرافي لمنطقة الدراسة يحتاج إلى رسم مقاطع طولية وعرضية يتم تحديد مواضعها على الخريطة الطبوغرافية وباستخدام البرامج المتاحة مثل GIS و Global Mapper، إذ يتم الحصول على تلك المقاطع وبسهولة يبين مقاطع لمنطقة الدراسة مختلفة المواضيع كما موضح في الشكل (9).



الشكل (9): القطاعات التضاريسية في منطقة الدراسة
المصدر: عمل الباحثين اعتماداً على (DEM)

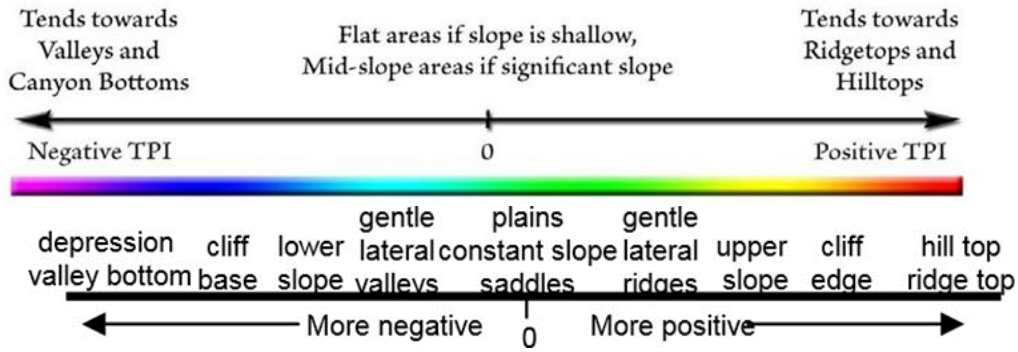
11-1 مؤشر الموقع الطبوغرافي (Topographic Position Index (TPI):

إنّ مؤشر الموقع الطبوغرافي (TPI) هو الفرق بين الارتفاع في الخلية ومتوسط الارتفاع في الخلية المجاورة المحيطة بتلك الخلية. وتدل القيم الإيجابية إلى أن الخلية أعلى من جيرانها بينما تشير القيم السلبية إلى أن الخلية أقل من الخلايا المحيطة بها. ويستخدم للتصنيف إلى فئات مورفولوجية مختلفة لذلك يعتمد تصنيف الشكل الأرضي باستخدام (TPI) على النقطة المركزية كفرق بين الارتفاع في هذه النقطة ومتوسط الارتفاع داخل الخلية المحددة مسبقاً (et al،2000)، (Nurul،Muddarisna).

وهناك ارتباط في العديد من العمليات الفيزيائية والبيولوجية التي تعمل على تشكيل الظواهر الطبيعية ونجد ارتباطاً وثيقاً من خلال الموقع الطبوغرافي: قمة تل، قاع الوادي، التلال المكشوفة، السهل المسطح اعتماداً على عمليات تآكل التربة وترسيبها، والتوازن الهيدرولوجي والاستجابة، والتعرض للرياح، ولها دور كبير في توزيع الظواهر التضاريسية، ووفرته (Weiss، 2001).

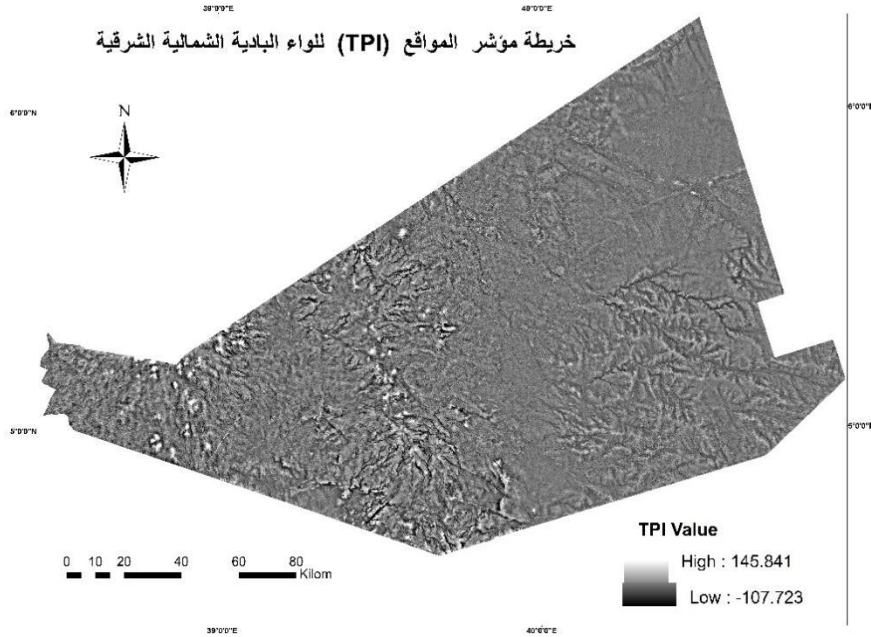
2-11 تصنيف الأشكال الأرضية:

هناك طائفة واسعة من الأساليب الجيومورفولوجية والخوارزميات لتصنيف المناظر الطبيعية إلى فئات مورفولوجية (Hengl and Reuter، 2009). بالاستعانة بمؤشر TPI الذي يقوم بتصنيف DEM إلى ست فئات: المنحدر العلوي، المنحدر السفلي، المنحدر الأوسط، التلال، الوديان والمنحدر المسطح، يمكن تنفيذ ذلك بناء على المقياس المختار في برمجية نظام المعلومات الجغرافية Gis. يتم حساب TPI بواسطة المعادلة السابقة. من خلال الاعتماد على الطريقة التي اعتمدها (Jenness، 2006، and Weiss، 2001) من أجل عمل تصنيف الظواهر التضاريسية إلى فئات اعتماداً على الانحدار المباشر باستخدام الانحراف المعياري (SD) $TPI - 1$ ، تمثل القيم السالبة الارتفاع المنخفض (الوديان). تمثل قيم TPI القريبة من (0) صفر إما منطقة (flat) مسطحة حيث المنحدر بالقرب من الصفر أو المنحدر الثابت حيث المنحدر أكبر من الصفر كما هو في الشكل (10).



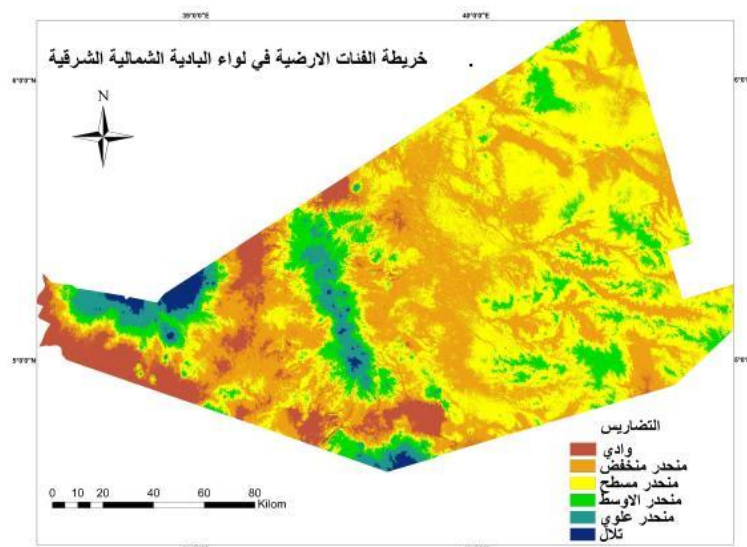
الشكل (10): الشكل الأرضي وفقاً لقيم TPI من بين الوديان والتلال ومن قيم TPI الموجبة والسالبة بالاعتماد (Jenness 2006)

يوضح الشكل (11) قيم TPI في منطقة الدراسة بمقياس كيلو متر، وسيحسب الحجم المجاور المرتفع قيمة TPI العالية، واللون البني الداكن مع قيم تمثل التلال، وقمم التلال، والأخضر ذو القيم السالبة يشير إلى الوديان وقيعان الوادي، ويشير اللون الأصفر بالقرب من الصفر إلى المساحة المسطحة، منحدر ضحل ومتوسط عند المنحدر الكبير من الأصفر الأبيض إلى الأصفر الداكن على التوالي.

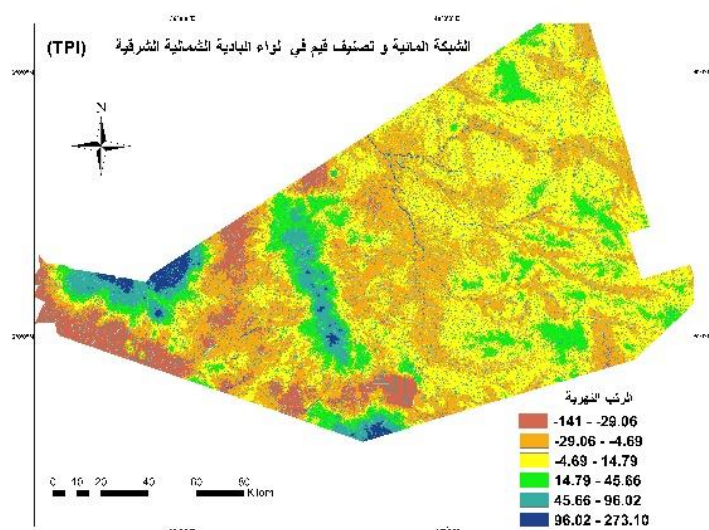


الشكل (11): مقياس (TPI) km1 في منطقة الدراسة
المصدر: عمل الباحثان المصدر اعتمادا على (DEM)

وكانت هناك ست فئات كما في الجدول (4) تم استخدام تصنيف (TPI) على أساس (SD) لأحجام الخلايا التي يبلغ طولها 1 كيلومتر من (TPI)، تم تحديد وتصنيف ست ظواهر طبيعية. يحتوي (TPI) على قيم إيجابية (+) وسالبة (-). تمثل القيمة الموجبة المساحة الأعلى من متوسط المناطق المحيطة بها. (التلال) كما هو موضح في الشكل (13). أما القيمة السالبة تمثل المنطقة التي تحتوي على مساحة أقل من المنطقة المحيطة بها (الوديان). يحتوي (TPI) أيضا على المساحة المسطحة التي تمثلها القيمة الصفرية. تدرس خوارزمية (TPI) أيضا موقع المنحدر ويتم تصنيف قاع الأخاديد الرئيسية على أنها مناطق مسطحة. يحدد أهم تصنيف الأشكال الأرضية مثل الجبال والوديان.



الشكل (12): الفئات الأرضية في منطقة الدراسة
المصدر: عمل الباحثين المصدر اعتمادا على قيم (TPI)



الشكل (13): خريطة تصنيف قيم (TPI) والرتب النهرية ا
المصدر: عمل الباحثين اعتمادا على (DEM)

أشارت نتائج تصنيف الأشكال الأرضية أنّ معظم المساحة تصنف كمحدرات ذات أسطح مستوية ويهيمن عليها 40.6% من إجمالي مساحة الدراسة، وأقل نسبة تصنف على أنها تلال في السهول تشغل 1.2% من مساحة الدراسة كما هو موضح في الجدول (4).

جدول (4): المساحة والنسب المئوية لفئات الأشكال الأرضية لمنطقة الدراسة.

النسبة المئوية (%)	المساحة (كم ²)	فئات موضع المنحدر	فئات الشكل الأرضي
7.6	1914	واد	1
35.8	9045	منحدر منخفض	2
40.6	10251	منحدر مسطح	3
10.8	2730	المنحدر الأوسط	4
4	998	المنحدر العلوي	5
1.2	292	تلال	6
%100	25230		مجموع

المصدر: عمل الباحثين اعتماداً على الشكل (12) TPI

12. الخاتمة:

أتبعت الدراسة منهج البحث التحليلي للظاهرة ودراسة تبايناتها المكانية بالاعتماد على تحليل الخرائط الجيولوجية والجيومورفولوجية والملاحظات الميدانية. لذلك تساهم الدراسة الجيومورفولوجية اعتماداً على بيانات DEM في عمليات التصنيف لأشكال سطح الأرض. ومن هذه التقنيات هي تقنية TPI. استخدمت الدراسة (DEM بدقة 30 متراً) مع طرق الارتفاع التقليدية والموحدة TPI methods، لتصنيف الأشكال الأرضية في منطقة البادية الشمالية الشرقية.

13. النتائج:

- 1- يمكن بسهولة تصنيف الأشكال الأرضية حسب قيم TPI إلى فئات، أو تصنيفها حسب فئة الشكل الأرضي. وتم تحديده في هذه الدراسة من خلال تصنيف الأشكال الأرضية باستخدام شبكتين TPI على مستويات مختلفة. مزيج من TPI values من مقاييس مختلفة يشير إلى أنواع مختلفة من الأشكال الأرضية.
- 2- يعتبر تكامل بيانات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية ضرورياً مجال البحث. TPI من خلال خريطة الشكل الأرضي الآلية التي تنتجها عن طريق دمج بيانات داخل نظام المعلومات الجغرافية.
- 3- إن اعتماد تقنية نظم المعلومات الجغرافية أعطي أهمية في التحليل المكاني لمظاهر سطح الأرض الجيومورفولوجية وتحديد فئاتها.
- 4- من خلال تطبيق خوارزمية جينيس لتصنيف الشكل الأرضي في لواء البادية الشمالية الشرقية. وكانت البيانات المدخلة لتصنيف الأشكال الأرضية هي نموذج الارتفاع الرقمي (DEM). أشارت نتائج تصنيف الأشكال الأرضية أن معظم المساحة تصنف كمنحدرات ذات أسطح مستوية ويهيمن عليها 40.6٪ من إجمالي مساحة الدراسة، وأقل نسبة تصنف على أنها تلال في السهول تشغل 1.2٪ من مساحة الدراسة.
- 5- تتطلب عملية التحليل معرفة مسبقة بمنطقة الدراسة. تظهر التضاريس الكبيرة مع النطاق الكبير في معظم أساليب TPI وتكشف الطبقات الصغيرة على نطاقات صغيرة.
- 6- نظراً لأن TPI كواحدة من الأدوات المستخدمة في تصنيفات الأشكال الأرضية الآلية المدمجة في منتج ESRI، فهي مهمة بالعديد من التخصصات التطبيقية.
- 7- اشتقاق خرائط جيومورفولوجية من الخريطة الأصلية أصبحت ضرورة وإظهار المعالم الجيومورفولوجية المهمة في منطقة الدراسة.
- 8- تصميم الخريطة الجيومورفولوجية الفعالة من دمج الطبقات التي تسهم الخصائص الشكلية والمكانية والتي تعكس طبيعة العمليات الجيولوجية والجيومورفولوجية في منطقة الدراسة.

14. التوصيات

1. من خلال النتائج التي توصلت إليها الدراسة بإمكانية استخدام الأساليب الآلية وعدم تجاهل الدراسات الاحصائية ضمن الإطار الجغرافي بما يلائم الدراسات لأهميته في إثبات الحقائق العلمية للدراسة.
2. اعتماد التقنيات الحديثة في رصد وتصنيف الأشكال الأرضية في المنطقة الجيومورفولوجية.
3. الاعتماد على مرئيات عالية الدقة التمييزية في تفسير وتصنيف وحساب المساحات والنسب للغطاء الأرضي ومن ثمّ ملاحظة التغيرات والقيام بدراسات مستقبلية للمقارنة بين الاختلافات.
4. القيام بإنشاء أنموذج جيومورفولوجي عالي الدقة ولجميع مناطق الأردن مع مراعاة تطبيق الأنموذج المبني على أكثر ظاهرة جيومورفولوجية.
5. توجه الدراسات الجيومورفولوجية في المستقبل نحو وضع تخطيط موضوعي في منطقة الدراسة، في المجالات الجيومورفولوجية والقيام بدراسات تفصيلية تشمل المجالات التطبيقية التي تساعد على التخطيط المستقبلي.

15. قائمة المصادر والمراجع:

15-1 المراجع العربية:

- 1- بحيري، صلاح الدين، (1972)، أشكال سطح الأرض، ط1، دار الفكر للطباعة والنشر، دمشق، ص31.
- 2- الحميري، محمد عباس جابر خضير، (2018)، التمثيل الخرائطي والتحليل الجيومورفولوجي لأشكال سطح الأرض شرق نهر دجلة بين نهري الجباب والسويب باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (الجزء الأول)، اطروحة دكتوراه (غير منشورة، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة البصرة، ص 292).
- 3- الجصاني، نسرین عواد عبدون & لینا زهير عبد الزهرة. (2020). تصنيف الأشكال الأرضية الناتجة من العمليات الجيومورفولوجية في إقليم الهضبة الغربية ضمن محافظة النجف الاشرف. مجلة الفنون والأدب وعلوم الإنسانيات والاجتماع، (54) , 201-180.
- 4- جودة، جودة حسنين، (1988)، الجيومورفولوجيا، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- 5- عابد، عبد القادر، (2010)، جيولوجيا الأردن وبيئته ومياهه، جمعيات الجيولوجيين الأردنيين، عمان-الأردن.
- 6- الأنصاري، نظير وسلامة، إلياس والناقة، علي، (2000)، الدليل العلمي لمحافظة المفرق، منشورات جامعة آل البيت.
- 7- وزارة الزراعة الأردنية، (2016)، بيانات التربة في المنطقة، عمان، الأردن.
- 8- وزارة الداخلية، (2021)، التقسيمات الإدارية للمملكة الأردنية الهاشمية، عمان الأردن.
- 9- دائرة الإحصاءات العامة، (2015)، بيانات سكانية، عمان، الأردن.

2-15 المراجع الأجنبية:

- 1- Allison, R.J., and Grove, J.R. (2000) Geomorphology of the eastern Badia basalt plateau, Jordan. *Geographical Journal*, 166 (4): 352-338.
- 2- Bufalini, Margherita, et al. "From traditional to modern 'full coverage' geomorphological mapping: a study case in the Chienti river basin (Marche region, central Italy)." *Journal of Maps* (2021): 1-12.
- 3- Classification (Case study: Grain Mountain). *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, (Bull. Env. Pharmacol. Life Sci), 3, pp.33-39.
- 4- De Jong, M. G., Sterk, H. P., Shinneman, S., & Seijmonsbergen, A. C. (2021). Hierarchical geomorphological mapping in mountainous areas. *Journal of Maps*, 17(2), 214-224.
- 5- Jenness J (2006) Topographic Position Index (tpi_jen.avx) extension for ArcView3. xv. 1.3a. Jenness Enterprises.
<http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>
- 6- Mohamed, S. Z., Bahnassy, M., Gaber, H., & Darwish, K. M. (2018). Comparative Study of Landform Mapping Using Terrain Attributes and Topographic Position Index (TPI): a Case Study in Al-Alamien–Ras El-Hekma Region, Egypt. *Alexandria science exchange journal* 39, (OCTOBER-DECEMBER) 605-596
- 7- Muddarisna, N., Yuniwati, E. D., Masruroh, H., & Oktaviansyah, A. R. (2020). An Automated Approach Using Topographic Position Index (TPI) for Landform Mapping (Case Study: Gede Watershed, Malang Regency, East Java, Indonesia). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 412, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.
- 8- Reuter, H. I., Hengl, T., Gessler, P., & Soille, P. (2009). Preparation of DEMs for geomorphometric analysis. *Developments in Soil Science*, 33, 87-120.
- 9- Rijdsdijk, K. F., Buijs, S., Quartau, R., Aguilée, R., Norder, S. J., Ávila, S. P., ... & Borges, P. A. (2020). Recent geospatial dynamics of Terceira (Azores,

Portugal) and the theoretical implications for the biogeography of active volcanic islands. *Frontiers of Biogeography*.

- 10- Seif, A., 2014. Using Topography Position Index for Landform.
- 11- Seijmonsbergen, A. C., Jong, M. G. G. De, Graaff, L. W. S. de, & Anders, N. S. (2014). Geodiversität von Vorarlberg und Liechtenstein. Geodiversity of Vorarlberg and Liechtenstein. Haupt Verlag.
- 12- Uysal, M., Toprak, A. S., & Polat, N. (2015). DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. *Measurement*, 73, 539-543.
- 13- Weiss A (2001) Topographic position and landforms analysis. In: Poster presentation, ESRI user conference, San Diego, CA.
- 14- Yusra, A. H. (2019). Landforms Classification of Wadi Al-Mujib Basin in Jordan, based on Topographic Position Index (TPI), and the production of a flood forecasting map. *Dirasat, Human and Social Sciences*, 46(3).

المواقع الإلكترونية:

1. <https://earthdata.nasa.gov>
2. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
3. <https://www.agricolus.com/en/academy/>