



جامعة المنوفية - كلية الآداب
مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

برنامج المؤتمر



المؤتمر الجغرافي الدولي الثاني
مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية - جامعة المنوفية
التسمية المستفادة من الوطن العربي
الإمكانات وطرق تراث الكهف

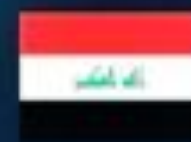
تحت رعاية
عالي رتبة جامعة المنوفية
أ.د/ عادل هبارك

مقرر المؤتمر
وكيل الكلية مدير المركز
أ.د/ إيملي حمادة

المنسق المالي
د/ جابر حديق

رئيس المؤتمر
عميد كلية الآداب
أ.د/ أسامة مدني

المنسق العام
أ.د/ إسماعيل يوسف



استخدام الجيوماتكس لتقدير مخاطر التعرية المائية

في حوض وادي خورى بتطبيق نموذج EPM

إعداد الباحث / صلاح محمد صلاح دياب (١)

ملخص البحث:

استهدف البحث دراسة تقدير مخاطر التعرية المائية باستخدام نموذج جافريلوفيك Gavrilovic Model والذي أطلق عليه العالم جافريلوفيك مصطلح EPM وهو يعنى Erosion Potential Method وتم تصميم هذا النموذج في خمسينات القرن الماضي، ولم يتم تطبيقه إلا بعد الثورة التكنولوجية الحديثة، حيث تم الاستفادة من تطبيقات علم الجيوماتكس في تطبيق معادلات هذا النموذج، وقد طُور هذا النموذج لدراسة الأحواض الجبلية والمناطق المتضرسة، ويُعتمد في تطبيق نموذج EPM على عدة مؤشرات منها معامل الانحدار، ومؤشر الغطاء النباتي، ومؤشر حماية التربة، أو خريطة التكوينات الجيولوجية السطحية، والمعدل السنوي لتساقطات الأمطار، ومعامل الحرارة، ومن خلال دمج المؤشرات السابقة في برامج نظم المعلومات الجغرافية نستطيع حساب معامل التعرية المحتملة والتقدير النوعي والكمي لها، وتكمن أهمية حوض وادي خورى في موقعه الجغرافي المتميز حيث أنه أحد أودية هضبة الجلالة البحرية التي تطل على خليج السويس، ويتسم الوادي باختراقه الطريق الجبلي الجديد الذي يربط بين العين السخنة والزعفرانة وكذلك الطريق الساحلي، ويخترق محطة رياح الزعفرانة لتوليد الطاقة الكهربائية، ويقابل الوادي عند مصبه بعض القرى السياحية المطلة على الشاطئ، ويُعتبر معامل التعرية المحتملة من أهم عناصر نموذج جافريلوفيك حيث يسمح بتتبع التغير في مستويات التعرية خلال فترة زمنية محددة، ونستطيع من خلاله إختبار تأثيرات مستويات التدخل البشري والتغير في الأنشطة واستخدامات الأرض في الوادي. وقد صنف جافريلوفيك مستويات التعرية طبقاً لقيمة معامل التعرية المحتملة إلى خمسة فئات تبدأ بتعرية خفيفة جداً ثم خفيفة ثم متوسطة ثم شديدة وتنتهي بتعرية شديدة جداً، وإختتم البحث ببيان التوزيع الجغرافي للفئات الخمسة للتعرية، وبيان مخاطر التعرية المائية المحتملة على استخدامات الأرض، وإقتراح مواقع تنمية جديدة قد يشملها المشروع القومي لتنمية هضبة الجلالة البحرية إن أمكن.

الكلمات المفتاحية: الجيوماتكس، التعرية المائية، حوض وادي خورى، نموذج جافريلوفيك EPM.

(١) معيد شعبة المساحة والخرائط، بقسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنوفية، تخصص دقيق: استشعار من بعد، ت: ٠١٠٦٧٢٥٧٦٠١ البريد الإلكتروني salahdiab950@gmail.com - salahdiab950@art.menofia.edu.eg

Using Geomatics to estimate the risk of water erosion in Khoury Valley Basin using the EPM model

Abstract:

The present study attempts an assessment of the risk of water erosion using the Gavrilovic Model, which was called the world Gavrilovic EPM, standing for Erosion Potential Method. It was designed in the 1950s. It was not implemented until after the modern technological revolution. The applications of geomatics were used in applying the equations of this model. It has been developed for the study of mountain basins and stratified areas. The adoption of EPM depends on several indicators including the slope coefficient, vegetation cover index, soil protection index, surface geological formations map, annual rainfall rate, and temperature coefficient. Through the integration of the previous indicators in GIS programs, we can calculate the potential erosion coefficient and qualitative and quantitative assessment. The importance of the Valley Khoury Basin lies in its Special geographic position, as it is one of the valleys of El Galala El Bahariya plateau overlooking the Gulf of Suez. It penetrates the new mountain road linking El Ain El Sukhna and El Zafarana, as well as the coastal road. It also penetrates the windmill station of Zafarana to generate electricity, and corresponds to the valley at the turn of some tourist villages overlooking the beach. The potential erosion factor is one of the most important elements of the Gavrilovic model, where it is possible to track changes in erosion levels over a specified period. We can test the effects of human intervention levels, changes in activities and land uses in the Valley. Gavrilovic rated the erosion levels according to the value of the potential erosion factor to five starting with a very light, light, middle, severe and very severe. The research concludes with a statement of the geographical distribution of the five classified rates of erosion, indicating the risks of potential water erosion on land uses, and proposing new development sites that may be included in the National Project for the Development of El Galala El Bahariya plateau if possible.

Keywords: Geomatics, Water erosion, Khoury Valley Basin, EPM model.

مقدمة البحث:

توجد ثلاث تكنولوجيات جيوماتيكية مهمة لها إسهامات كبيرة في رصد الأخطار والتخفيف من آثارها وهي: النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS)، والاستشعار من بعد (RS)، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS). وبالتالي إن التكامل بين النظم الثلاثة السابقة الذكر يصنع قدرة كبيرة على التحكم بمعطيات البيئة المرصودة حسب الغرض من الدراسة، وذلك على مستوى عالي من الدقة والسرعة، ومن خلال تطبيقات وتقنيات الجيوماتكس تمكن الباحث من تقدير مخاطر التعرية المائية في حوض وادي خورى بتطبيق نموذج EPM.

أهداف البحث: تتعدد الأهداف التي يصبو اليها البحث إلى تحقيقها حيث لكل دراسة هدف وغاية يسعى طالب العلم إلى تحقيقها، ومن أهم أهداف دراسة الباحث:

- ١) التعرف على أهم الخصائص الطبيعية لحوض وادي خورى.
- ٢) تطبيق أهم النماذج العالمية في دراسة التعرية المائية وهو نموذج جافريلوفيك.
- ٣) التقدير النوعي للتعرية المائية باستخدام نموذج EPM.
- ٤) التقدير الكمي للتعرية المائية باستخدام نموذج EPM.
- ٥) رصد مخاطر التعرية المائية والتخطيط المستقبلي لمنطقة الدراسة.

منهجية البحث: لكل علم أو تخصص من العلوم والتخصصات نظرية معرفية Epistmology يختص بها،

ويتطور علم الجغرافيا تطورت مناهجه وأساليبه وفي هذه الدراسة سوف يعتمد الباحث على عدة مناهج هي:

(١) **منهج الظاهرة:** ويهتم بدراسة كل ظاهرة من الظواهر الطبيعية دراسة تفصيلية، لمعرفة نشأتها وتطورها وأنماطها والنتائج المترتبة عليها، ومدى تأثيرها في البيئة، ومستويات الخطورة المترتبة عليها(عواد موسى، ٢٠١٧).

(٢) **منهج النظم:** يهدف هذا المنهج إلى الفهم الأيكولوجي للبيئة وهو ما يقتضى وجود عمل كبير يضمن تفصيل Dismantle البيئة لتحليلها ثم إعادة تجميعها Reassembling في توليفة متكاملة في إطار ما يعرف بالنظام System (فتحي مصيلحي، ٢٠١٥) وهذا ما يسعى الباحث لمحاولة تنفيذه في دراسته.

(٣) **المنهج التطبيقي:** وهو لب هذه الدراسة حيث تحرص الدراسات والأبحاث الجغرافية على استخدامه وذلك لإبراز الجوانب النفعية لعلم الجغرافيا أي توظيفه لخدمة الإنسان، وهذا أساس ظهور وتبلور المنهج التطبيقي بمؤتمر البيئة العالمي في استكهولم ١٩٧٢م، ويسعى الباحث لاستخدامه في دراسته، كما يهتم بتقييم الأثر البيئي لمنطقة الدراسة.(محمود عنبر، ٢٠١٥).

أساليب الدراسة: اعتمد الباحث في دراسته على عدة أساليب بحثية وهي:

(١) **أسلوب تقنيات وتطبيقات علم الجيوماتكس:** فقد أصبح هذا الأسلوب واسع الإنتشار ويستخدم في الكثير من الدراسات الجغرافية الطبيعية والبشرية فهو عبارة عن نظام متكامل للحصول على البيانات والمعلومات عن الظواهر الجغرافية وتخزينها وتبويبها ثم إدارتها والتحكم فيها وتحليلها بصورة جغرافية من خلال معالجة المرئيات الفضائية وإنتاج خرائط معلوماتية تفيد الدراسة بشكل عام وتفيد متخذى وصانعى القرار بشكل خاص.

(٢) **الأسلوب الإحصائي:** وسوف يستخدمه الباحث في جدولة وتبويب البيانات ثم استخراج المعلومات والنتائج وتحليلها احصائياً وكمياً وذلك من خلال المعادلات الرياضية والعلاقات المختلفة.

(٣) **الأسلوب الكارتوجرافى:** يهدف هذا الأسلوب إلى بلورة نتائج التحليل وإبراز الحقائق الجغرافية في صورة مرئية مثل: الأشكال البيانية - واللوحات - والخرائط) لما له من قدره على إبراز المعلومات والنتائج وسهولة استقرائها وذلك من خلال الإستعانة ببعض برامج الحاسب الآلى المتخصصة.

الدراسات السابقة: حظيت منطقة الدراسة بقدر كبير من الدراسات سواء التي تناولت بعض من أجزائها بدراسة مباشرة، أم التي تناولتها كجزء من موضوع الدراسة، ولكنها لم تحظى إطلاقاً بدراسة تفصيلية دقيقة عن مخاطر التعرية المائية باستخدام نموذج EPM.

مصادر بيانات البحث: تمثل البيانات العمود الفقري لأية دراسة، ومن ثم تتعدد المصادر المستخدمة ولعل أهمها: المصادر الإحصائية متمثلة في البيانات المناخية الصادرة عن وكالة ناسا الأمريكية، والخرائط التي توفرها الهيئة المصرية العامة للمساحة وهيئة المساحة العسكرية، بالإضافة إلى الصور الفوتوغرافية التي تم الحصول عليها من الميدان، ولا ريب أن المراجع المتخصصة تضىف الصبغة العلمية، وتعد شبكة المعلومات الدولية (الإنترنت) أحد أهم المصادر في هذا البحث.

منطقة الدراسة: يقع حوض وادي خورى بالحافة الشرقية بهضبة الجلالة البحرية ويصب في خليج السويس، ويتسم الوادي باختراقه الطريق الجبلى الجديد الذى يربط بين العين السخنة والزعفرانة وكذلك الطريق الساحلى بالإضافة إلى وصلة وادى مالحة بطول ١٣ كم والتي تربط بين الطريقين، ويخترق محطة رياح الزعفرانة لتوليد الطاقة الكهربائية، ويقابل الوادى عند مصبه بعض القرى السياحية المطلة على الشاطئ، وهو من الأودية متوسطة المساحة بالهضبة حيث بلغت مساحته ١١٣.٢٢ كم^٢، ويبلغ محيطه ٧٩.٥٤ كم، ويمتد حوض وادى خورى فيما بين خطى طول ٢° و ٣٢° ٣٧' و ٢٠° ٢٢' ٣٢' شرقاً ودائرتى عرض ٤٠° ٢١' ٢٩" و ٥° ١٤' ٢٩" شمالاً، ويحدها من الشمال حوض وادى مالحة، ومن الجنوب يحده حوض وادى أبو حريقات، بينما يحده من الشرق خليج السويس، ومن الغرب يحده سطح الهضبة وبداية الحافة الجنوبية للهضبة، ويبلغ أعلى منسوب في الوادى ١٢٦٨ متراً، بينما أقل منسوب بلغ ٩ متر. كما يتضح من شكل (١).

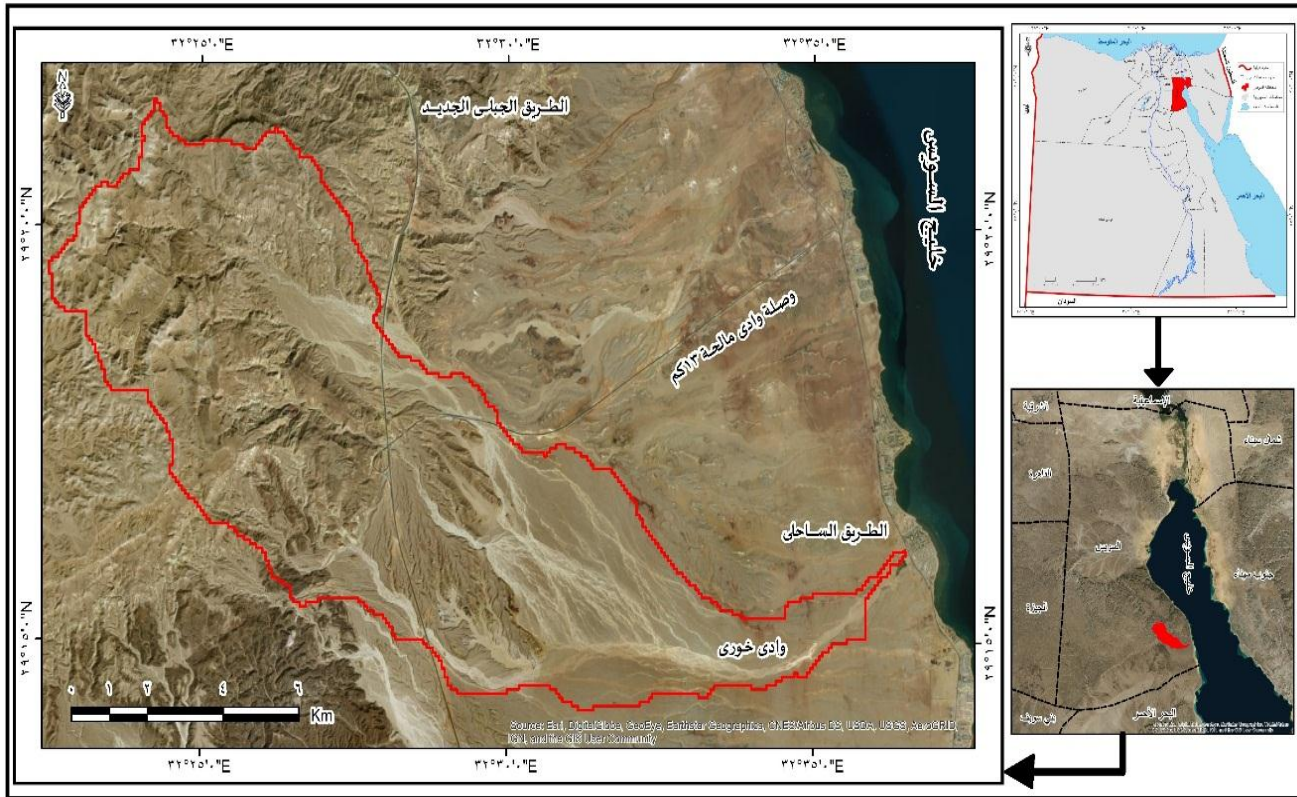
خطة البحث: يتألف البحث من العناصر التالية:

المبحث الأول: الخصائص الطبيعية لحوض وادى خورى.

المبحث الثانى: التقدير النوعى للتعرية المائية بحوض وادى خورى باستخدام نموذج EPM.

المبحث الثالث: التقدير الكمي للتعرية المائية بحوض وادى خورى باستخدام نموذج EPM.

الخاتمة: وتشمل أهم النتائج والتوصيات.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على المرئية الفضائية 8 Landsat من موقع Earth Explorer.

شكل (١) الموقع الجغرافي لحوض وادى خورى بهضبة الجلالة البحرية ٢٠١٩م

المبحث الأول: الخصائص الطبيعية لحوض وادي خورى.

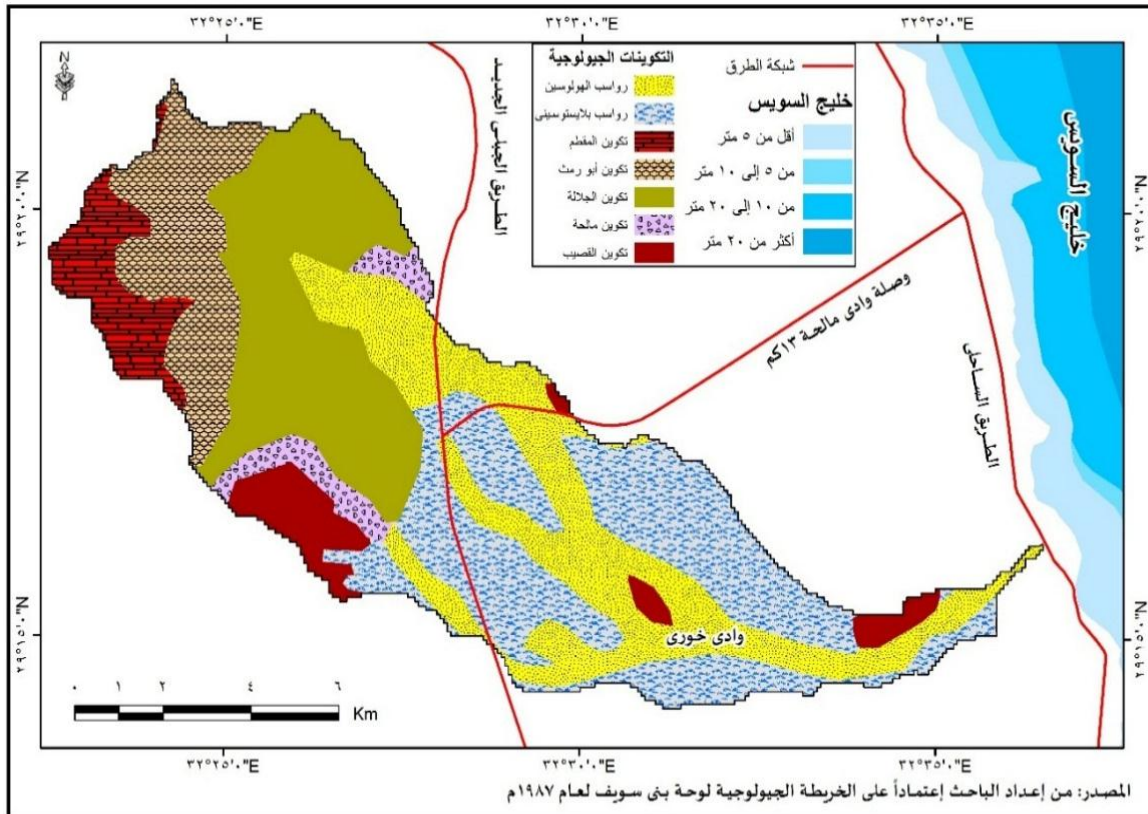
أولاً: الخصائص الجيولوجية لحوض وادي خورى:

تهدف الدراسة الجيولوجية للوادي إلى التعرف على التكوينات الجيولوجية، حيث تمثل الخصائص الجيولوجية الأساس الذي لا غنى عنه في إجراء الدراسات الجغرافية، وفيما يلي استعراض التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية بحوض وادي خورى، حيث يتراوح العمر الجيولوجي للتكوينات والرواسب المكشوفة به بين كلاً من العصر الترياسي من الزمن الثاني حتى عصر الهولوسين الحديث.

جدول (١) التكوينات الجيولوجية السطحية بهضبة الجلالة البحرية.

الزمن	العصر	نوع الصخر	التكوينات والرواسب	المساحة	المساحة %
الزمن الرابع	الهولوسين الحديث	حصى ورمال وزلط	رواسب الهولوسين	27.19	24.01
	البلايستوسين	حجر رملي	رواسب بلايستوسين	31.78	28.07
الزمن الثالث	أيوسين أوسط	حجر جيرى	تكوين المقطم	6.63	5.86
	أيوسين أسفل		تكوين أبو رمث	13.22	11.68
الزمن الثاني	كريتاسى أعلى	حجر رملي	تكوين الجلالة	24.67	21.79
	كريتاسى أسفل		تكوين مالحة	3.7	3.27
	الترياسى		تكوين القصب	6.04	5.33
إجمالي المساحة				113.23	100.00

المصدر: من إعداد الباحث، تم قياس مساحة التكوينات الجيولوجية بطريقة آلية باستخدام برنامج ARC GIS ١٠.٣ ، اعتماداً على الخريطة الجيولوجية لوحة بنى سويف ١٩٨٧م.



شكل (٢) التكوينات الجيولوجية السطحية بحوض وادي خورى.

ويتضح من الجدول (١) وشكل (٢) أن رواسب البلايستوسيني تشغل أكبر مساحة في الوادي حيث بلغت ٢٨.٠٧% وتنتشر هذه الرواسب في داخل مجارى ويطون بعض الأودية في الهضبة، بينما اقل التكوينات أنتشاراً هو تكوين مالحة بنسبة ٣.٢٧% ويتألف من الطفل والحجر الرملى متداخل مع عدسات الكونجلوميرات ثم تتدرج في صغر حجمها كلما إتجهنا إلى الطبقات الأعلى وتتبادل مع الطين والمارل.

ثانياً: الخصائص المناخية لحوض وادي خورى:

تكتمل صورة دراسة الخصائص الطبيعية لحوض وادي خورى من خلال الدراسة التحليلية لأهم عناصره المناخية، وسوف نستعرض جميع عناصر المناخ من حرارة ورياح ورطوبة وتبخر ومطر، وتم الإعتماد على البيانات المناخية التي توفرها وكالة ناسا الأمريكية لدورة مناخية كاملة ٣٥ عاماً، ويتضح ذلك كالاتى:

١. الإشعاع الشمسى: تختلف كمية الإشعاع الشمسى الواصلة إلى سطح الأرض "مصدر التسخين" مكانياً وزمانياً، تبعاً لتأثرها بمجموعة من العوامل، أهمها الموقع الفلكى إذ من الطبيعي أن تتال الأماكن ذات درجة العرض الواحدة مقداراً متساوياً من الإشعاع الشمسى والحرارة. ويتضح من الشكل (٣) أنه يرتفع الإشعاع الشمسى في بطن الوادي حتى يصل إلى ٢٢ ميغا جول/م^٢، بينما ينخفض تدريجياً بالإرتفاع لأعلى وبالتحديد في منطقة بئر مالحة.

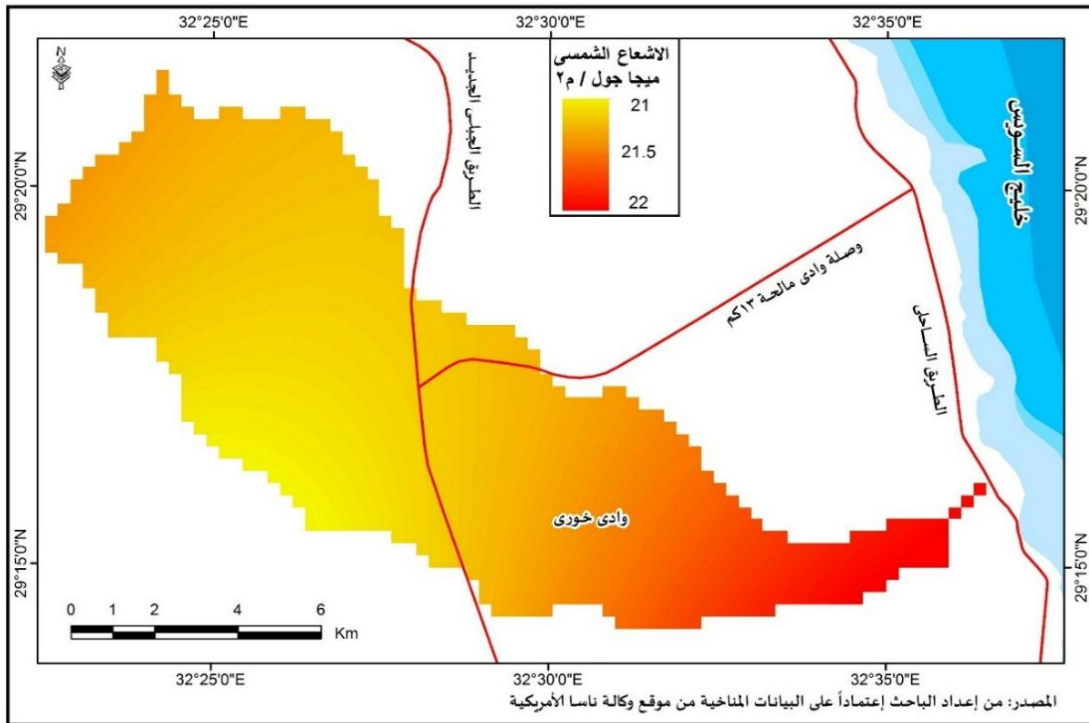
٢. درجة الحرارة: تمثل درجة الحرارة أهمية بالغة التأثير على عملية التجوية وخاصة التجوية الميكانيكية منها، حيث تؤدى الاختلافات الحرارية بين الليل والنهار، وخاصة في الجهات الصحراوية الجافة مثل وادي خورى. ويتضح من الشكل (٤) أن درجات الحرارة في الوادي تتراوح بين ١٢ درجة مئوية في أعالي الوادي إلى ٢٠ درجة مئوية في أسفل الوادي بالقرب من الطريق الساحلى.

٣. سرعة الرياح: تنشط الرياح في عملية النحت وبخاصة فى المناطق الصحراوية الجافة ويزداد تأثيرها بزيادة سرعتها خاصة بالارتفاع النسبي عن سطح الأرض مع انخفاض الرطوبة النسبية، وتعد الرياح أهم العوامل الجيومورفولوجية التي تسهم في تشكيل سطح المناطق الجافة ومنها منطقة الدراسة. ويتضح من الشكل (٥) أن متوسط سرعة الرياح تتراوح بين ٢م/ثانية بالقرب من الطريق الساحلى، وفى أعلى الوادي إلى ٤م/ثانية وتنتشر في أقصى الركن الجنوبى من الوادي.

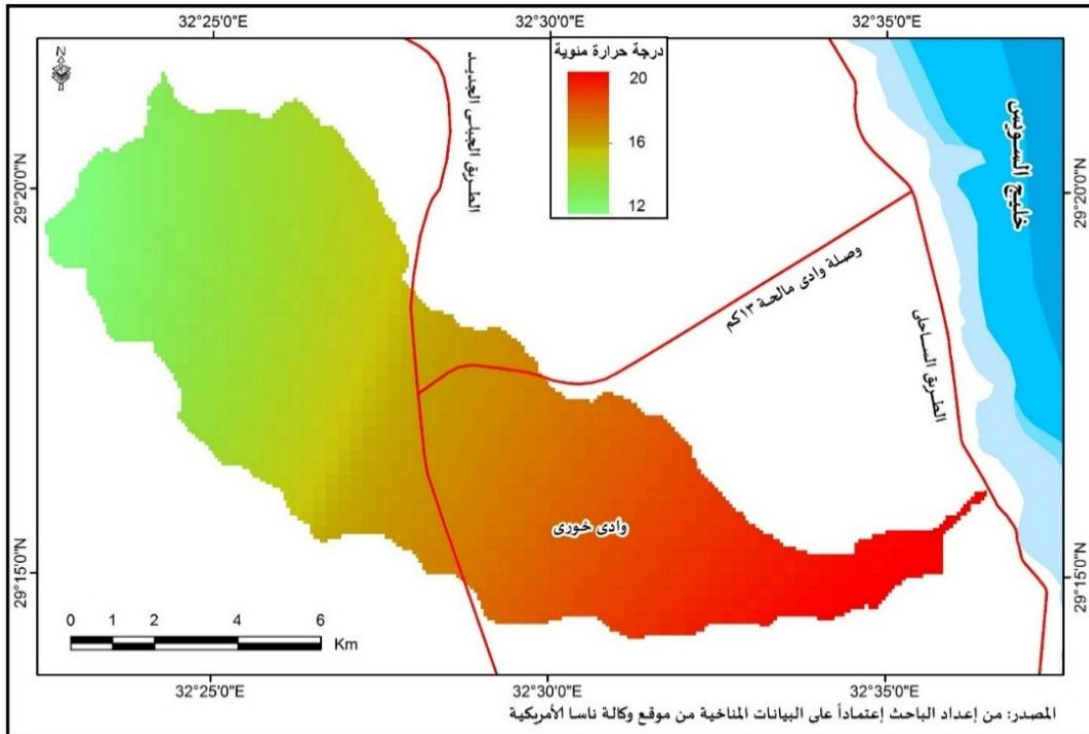
٤. الرطوبة النسبية: تعد لدراسة الرطوبة النسبية والتبخر أهمية كبيرة وذلك لأنها تمثل أساس عملية التجوية الكيميائية التي هي عبارة عن تفاعل أو تأثير مكونات الصخر المعدنية بالماء أو بخارة أو أحد العناصر الجوية، فنتحول مكونات الصخر أو بعضها إلى تراكيب جديدة تختلف عن المادة الأصلية، وتتم هذه العملية في موضع الصخر ودون أي حركة (محمد مجدي تراب، ١٩٩٣). ويتضح من الشكل (٦) أن متوسط الرطوبة النسبية في الوادي تتراوح بين ٤٣% بالقرب من بداية وصلة وادي مالحة، إلى ٤٥% على أطراف الوادي.

٥. التبخر: توجد علاقة عكسية بين التبخر والرطوبة النسبية، وعلاقة طردية بين الحرارة والتبخر، وتعد عناصر المناخ المذكورة سابقاً لها أثر كبير في تفعيل وزيادة نشاط التجوية الملحية، وعادة ما يرتبط التبخر بدرجات الحرارة فيصل أدناه مع درجات الحرارة المنخفضة. ويتضح من الشكل (٧) أن متوسط كميات التبخر في الوادي تتراوح بين ١٠ ملم / اليوم

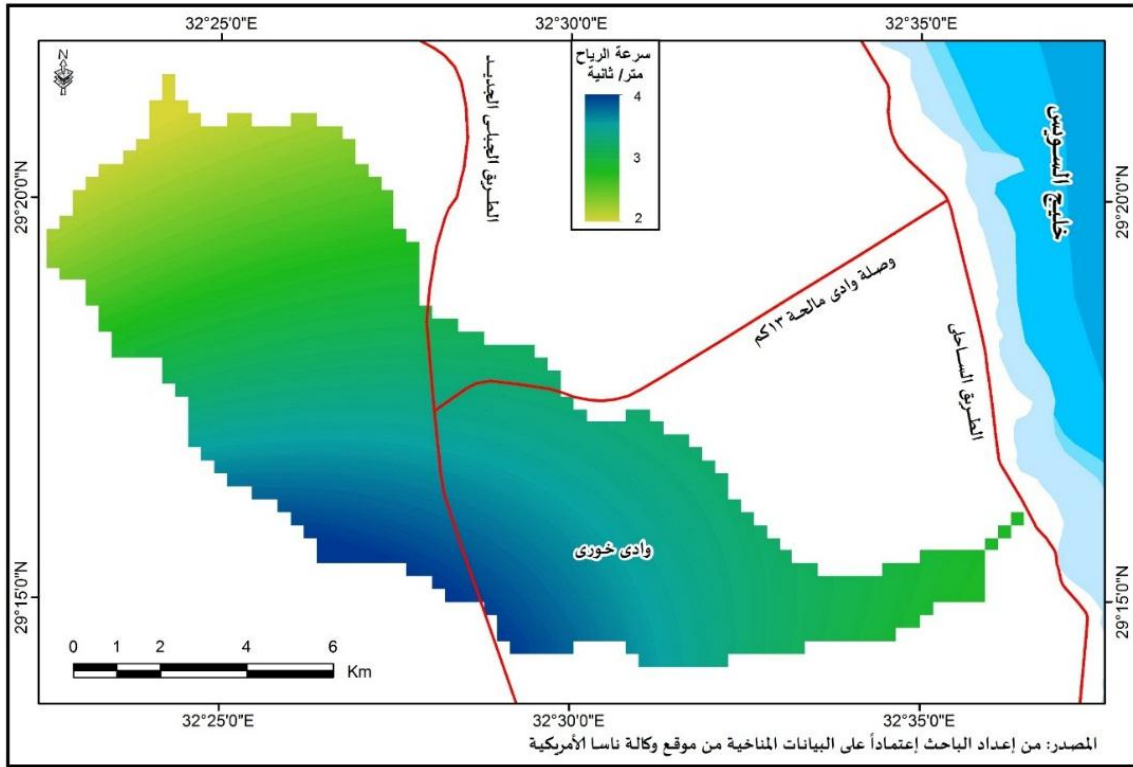
في بطن الوادي فقط، إلى تزايد ملحوظ في كميات التبخر بالتدرج مع الارتفاع لأعلى حتى تصل إلى ١٢ ملم / اليوم وذلك في أقصى الشمال الغربي للوادي وفي أعلى منسوب.



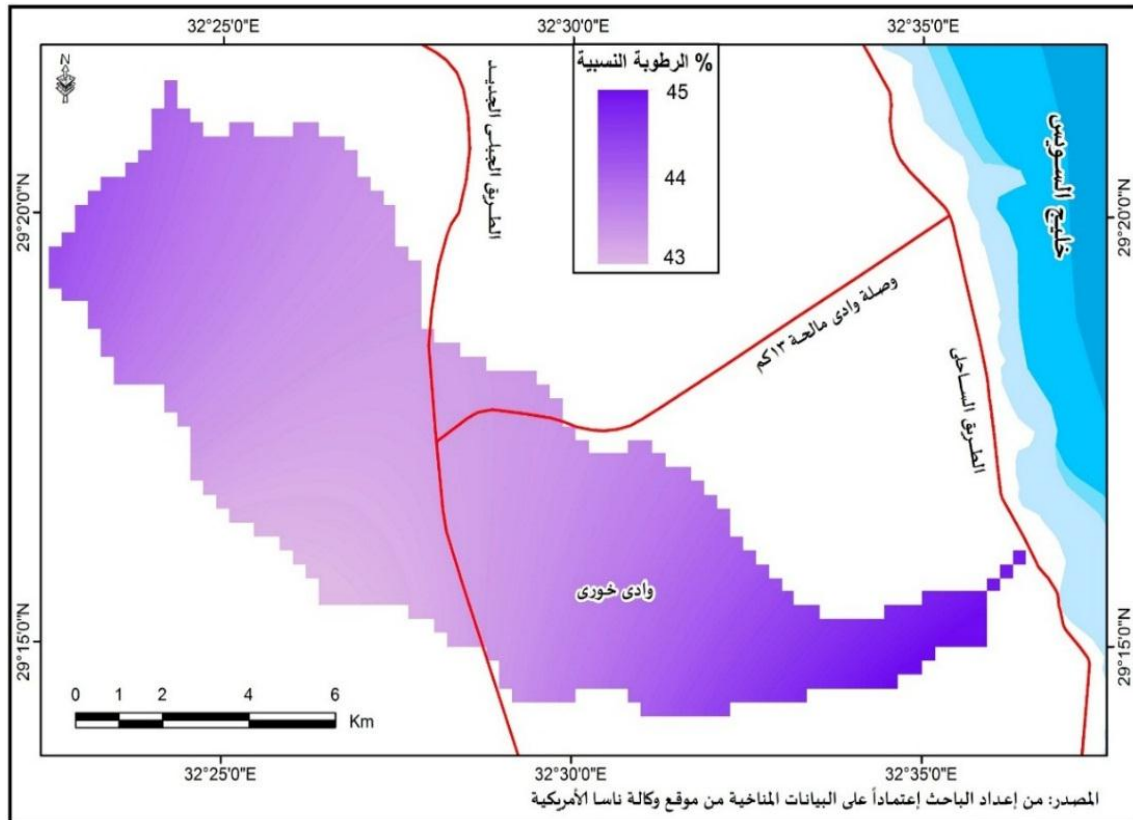
شكل (٣) متوسط الإشعاع الشمسي خلال الفترة ١٩٨٣ - ٢٠١٨ م بوادي خورى.



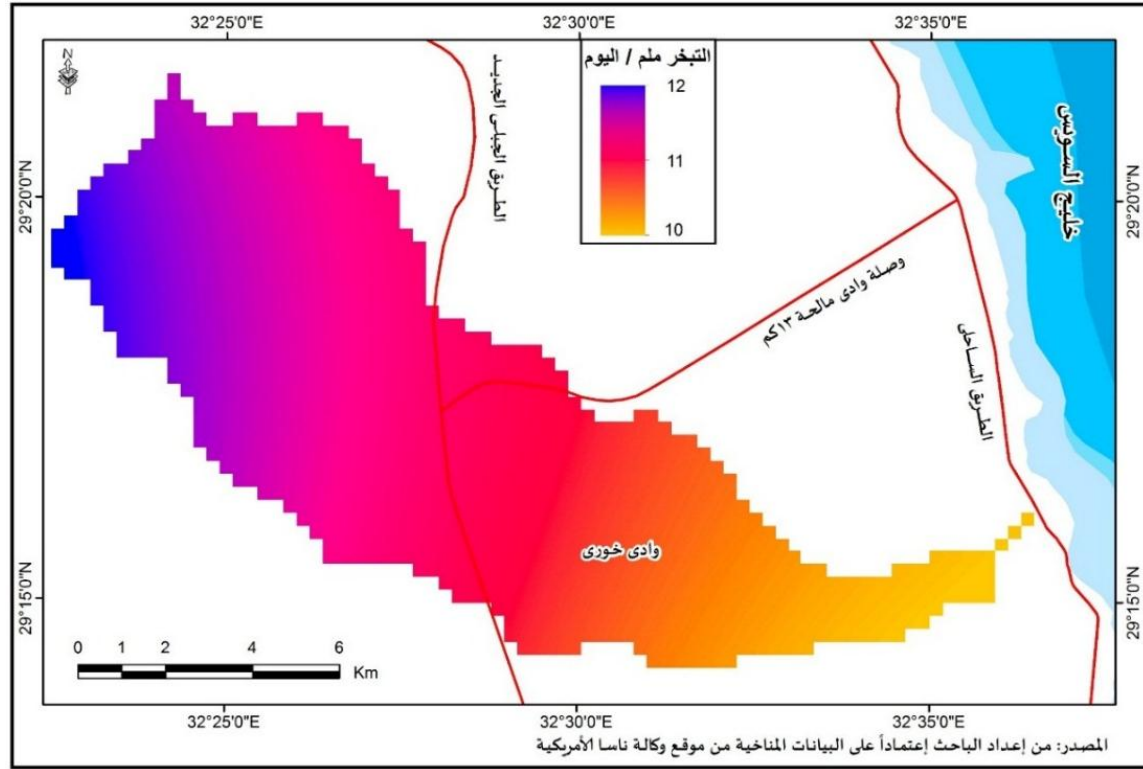
شكل (٤) متوسط درجة الحرارة خلال الفترة ١٩٨٣ - ٢٠١٨ م بوادي خورى.



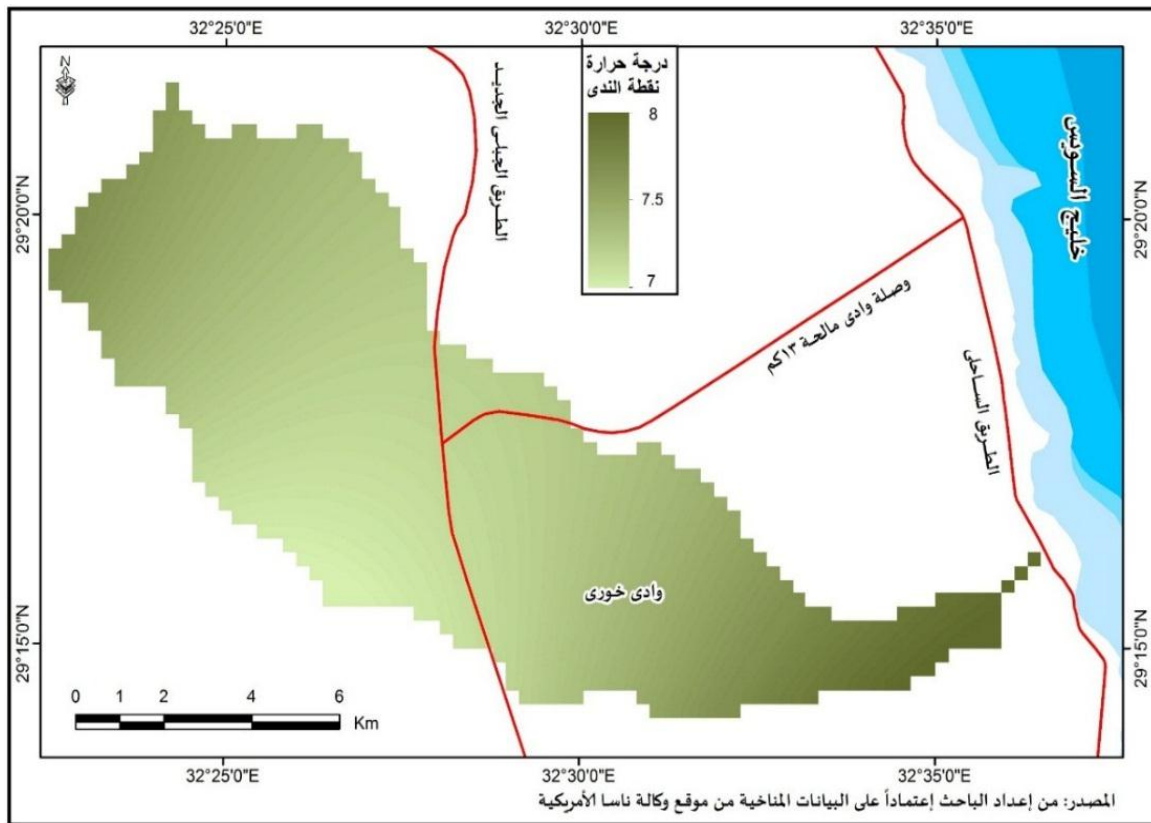
شكل (٥) متوسط سرعة الرياح خلال الفترة ١٩٨٣ - ٢٠١٨ م بوادي خورى.



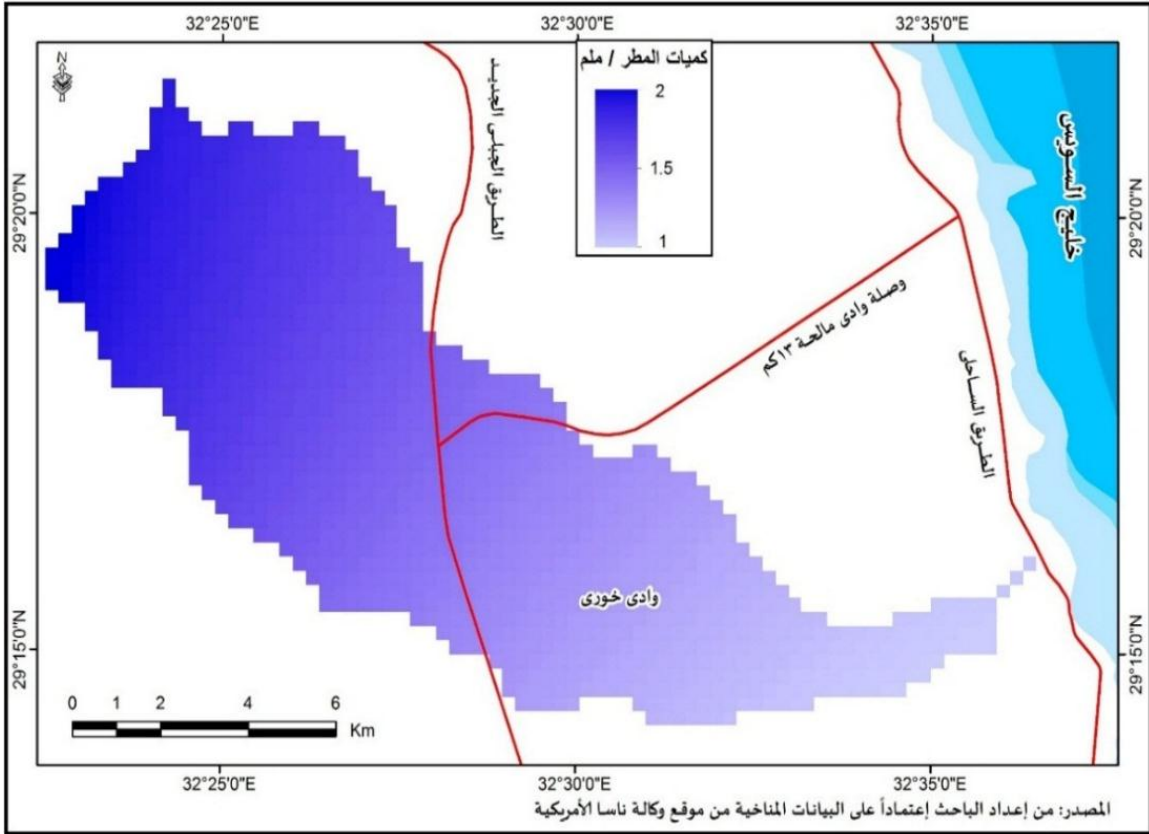
شكل (٦) متوسط الرطوبة النسبية خلال الفترة ١٩٨٣ - ٢٠١٨ م بوادي خورى.



شكل (٧) متوسط كميات التبخر خلال الفترة ١٩٨٣ - ٢٠١٨ م بوادي خوري.



شكل (٨) متوسط درجة حرارة نقطة الندى خلال الفترة ١٩٨٣ - ٢٠١٨ م بوادي خوري.



شكل (٩) متوسط كميات المطر خلال الفترة ١٩٨٣ - ٢٠١٧م بوادي خوري.

٦. درجة حرارة نقطة الندى أو الصقيع:

تعد Dew point هي درجة الحرارة التي تبدأ عندها رطوبة الهواء بالتكثف. وهي إما أن تكون أقل من درجة حرارة الهواء، أو مساوية لها عندما تكون الرطوبة النسبية ١٠٠%. ويتشكل الندى عندما تكون الطبقة الرقيقة من الهواء الملامسة للسطح باردة لدرجة تكون تحت نقطة الندى. ويتضح من الشكل (٨) أن متوسط درجة حرارة نقطة الندى في منطقة حوض وادي خوري بهضبة الجلالة البحرية تتراوح بين ٧ درجة حرارة في أطراف الوادي، إلى ٨ درجة حرارة في منتصف الوادي.

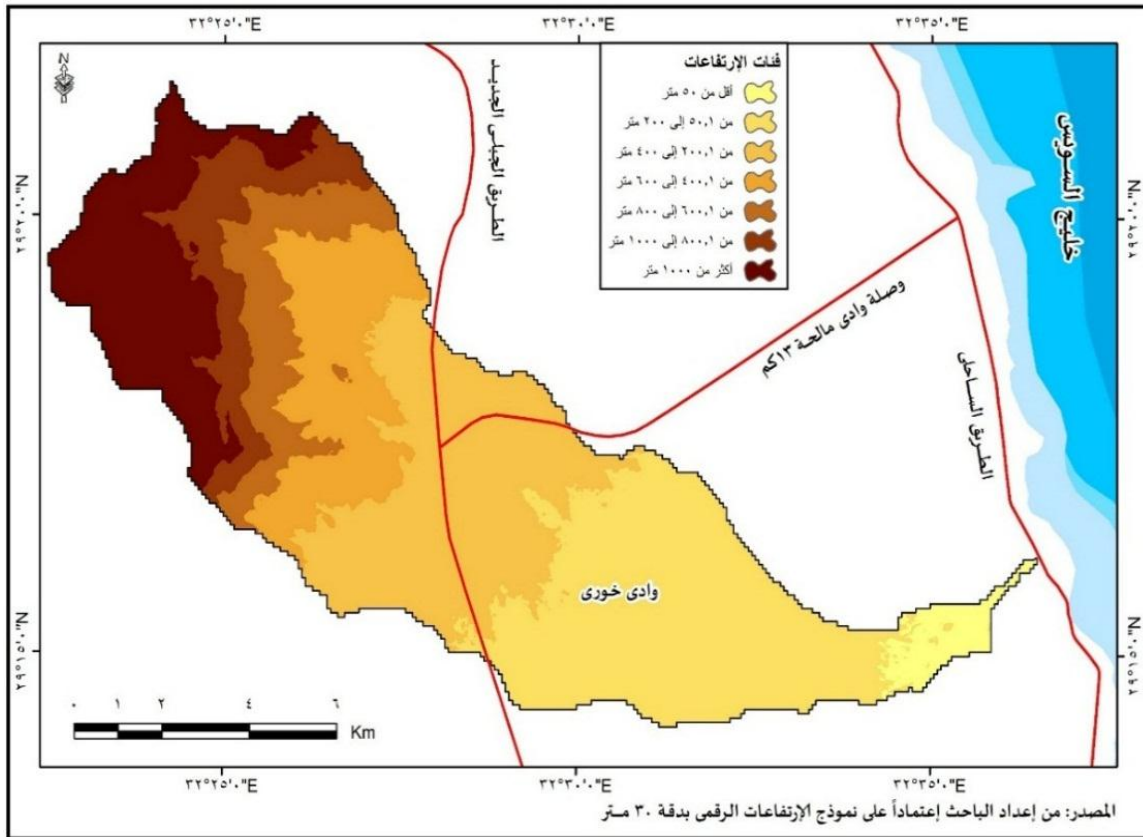
٧. المطر:

يتسم المطر في الصحراء الشرقية عامةً، وبخاصة في منطقة هضبة الجلالة البحرية وحوض وادي خوري بعدم الانتظام في موعد سقوطه ومكان سقوطه ومقدار الكمية الساقطة وذلك أمر طبيعي في المناخ الصحراوي، فقد يسقط في يوم واحد كمية من المطر تقترب أو قد تتجاوز مجموع ما يسقط من المطر السنوي على المنطقة. ويتضح من الشكل (٩) أن متوسط كميات التبخر في الوادي تتراوح بين ١ ملم في المناطق المنخفضة بالوادي وإلى ٢ ملم في المناطق المرتفعة في أعلى الوادي.

ثالثاً: الخصائص التضاريسية لحوض وادى خورى:

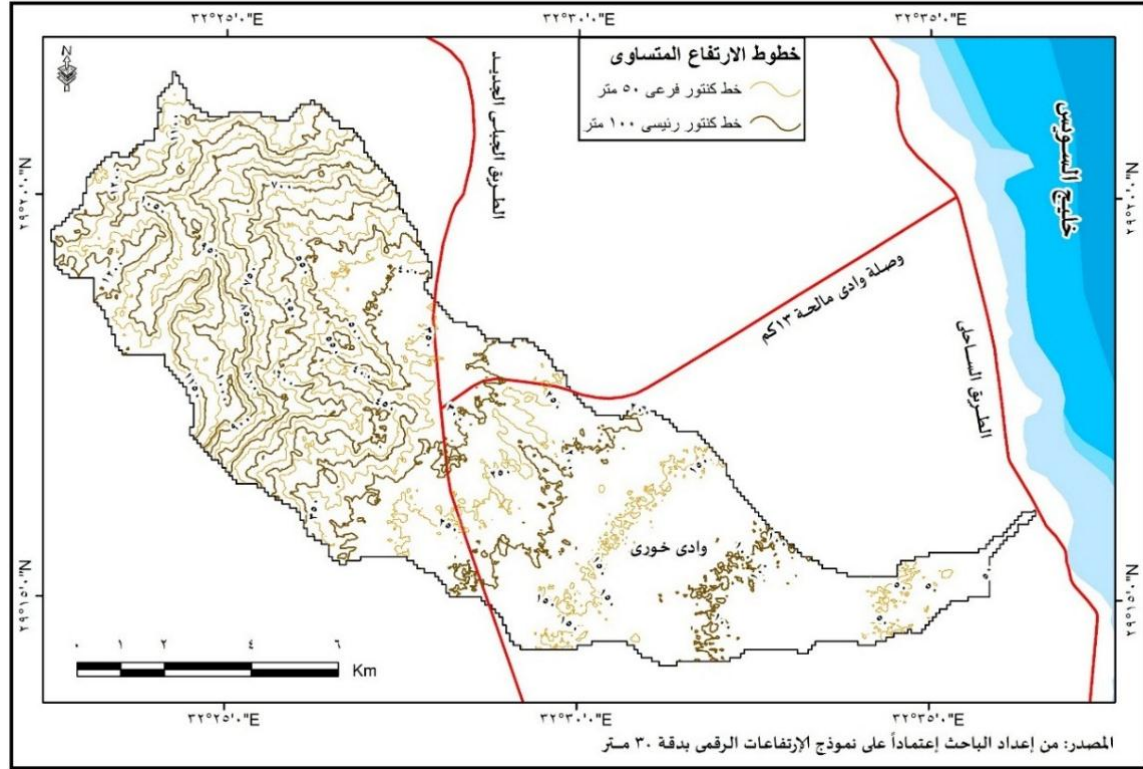
تُمكن دراسة الخصائص التضاريسية متخذى القرار في التخطيط والتنمية من الوقوف على أرض صلبة تساعدهم في رسم المخططات التنموية بشكل يتسم بالوضوح والدقة وتفاىد المخاطر المحتملة، من خلال مراعاة محتوية منطقة الدراسة من مظاهر السطح المختلفة وذلك في المقام الأول. ومن ثم إبراز تأثير هذه الخصائص على نشأة خطر التعرية المائية، ويمكن دراستها كما يلي:

١. **تحليل الخريطة الكنتورية والإرتفاعات Heights:** يتضح من خريطة فئات الإرتفاعات للوادى التدرج في الإنخفاض بداية من أعلى نقطة على السطح وحتى بطن وادى خورى في الشرق، وهذا ما يتضح جلياً من خلال استقراء خريطة فئات الإرتفاعات بفاصل ٢٠٠ متر، وكذلك الخريطة الكنتورية بفاصل رأسى ٢٠٠ متر كما في شكل (١١). وبالدراسة التحليلية لخريطة الإرتفاعات يتضح أن المدى التضاريسى العام للوادى بلغ ١٢٦٧ متراً، وهو الفارق بين منسوب أدنى نقطة ارتفاع ١ متر على ساحل خليج السويس، وبين منسوب أعلى نقطة ارتفاع ١٢٦٨ متراً في الوادى.



شكل (١٠) توزيع فئات الإرتفاعات بحوض وادى خورى.

وبالدراسة التحليلية للخريطة الكنتورية التي تحتوى على فاصل رأسى فرعى ٥٠ متر وفاصل رأسى رئيسى ١٠٠ متر يتضح تقارب خطوط الكنتور في أعلى الوادى بداية من خط كنتور ٣٥٠ متر إلى أعلى نقطة مما يدل على شدة الإنحدار وتواجد الجروف الرأسية التي تصل إلى ٩٠ درجة، بعكس المنطقة أسفل خط كنتور ٣٠٠ متر وحتى نهاية مصب الوادى فتتباع الخطوط وتزداد المسافة بين الخطوط مما يدل على استواء السطح والإنبساط الأرضى.



شكل (١١) الخريطة الكنتورية بحوض وادي خورى.

٢. **تحليل خريطة درجات الإندثار Slopes**: تعد خرائط الميول أو الإنداثارات من أهم التحليلات المكانية اللازمة لدراسة تفاصيل طبوغرافية وتضاريس سطح الأرض، وتوجد طريقتان لقياس الإندثار إما بالدرجات أو بالنسبة المئوية، ومن خلال استخدام نموذج DEM قام الباحث بقياس درجات الإندثار، واتضح أنه تتراوح درجات الإندثار في الوادى (من صفر° إلى أكبر من ٤٥°) مقسمة إلى سبعة فئات إندثار حسب تصنيف يونج (Young, 1972) كما يلي:

جدول (٢) فئات إندثار سطح الأرض بهضبة الجلالة البحرية.

فئات الإندثار	إندثار الأرض، بتصنيف "يونيغ Young"	المساحة بالـ كم ^٢	المساحة %
صفر : ٢	أراضى مستوية	٥.٥٢	٤.٨٧٥
٢.١ : ٥	خفيفة الإندثار	٢٣.٢	٢٠.٤٩
10:05.1	متوسطة الإندثار	٣٤.٠٣	٣٠.٠٥
18:10.1	فوق متوسطة الإندثار	٢٩.٣٦	٢٥.٩٣
30:18.1	شديدة الإندثار	١٧.٤٣	١٥.٣٩
45:30.1	شديدة الإندثار جداً	٣.٥٨	٣.١٦١
أكثر من ٤٥	رأسية - جروف	٠.١٢	٠.١٠٦
الإجمالى		١١٣.٢	١٠٠

المصدر: من إعداد الطالب، تم قياس مساحة فئات الإنداثارات بطريقة آلية باستخدام برنامج Arc GIS ١٠.٣ ، اعتماداً على نموذج DEM للوادى عام ٢٠١٧م، بدقة ٣٠ متر.

وبالدراسة التحليلية لخريطة درجات الإندثار يتضح ما يلي:

فئة الأرض المستوية (من ٠° إلى ٢°): تعد هذه الفئة من الفئات قليلة الانتشار على سطح الوادى حيث تبلغ مساحتها ٥.٥٢ كم^٢، بنسبة ٤.٨٧٥% من إجمالي مساحة الوادى، وتتركز في المناطق المنخفضة.

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية - قسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة المنوفية - المؤتمر الجغرافي الدولي الثاني " التنمية المستدامة في الوطن العربي بين الإمكانيات وطموحات الشعوب" - الجزء الثاني - فبراير ٢٠١٩م.

فئة الأرض خفيفة الانحدار (من ٢.١ إلى ٥°): تمثل هذه الفئة ما يزيد عن ثلث مساحة الوادي بنسبة ٢٠.٤٩%، حيث تبلغ مساحتها ٢٣.٢ كم^٢ من إجمالي مساحة الوادي، وهي ثالث أكبر فئة.

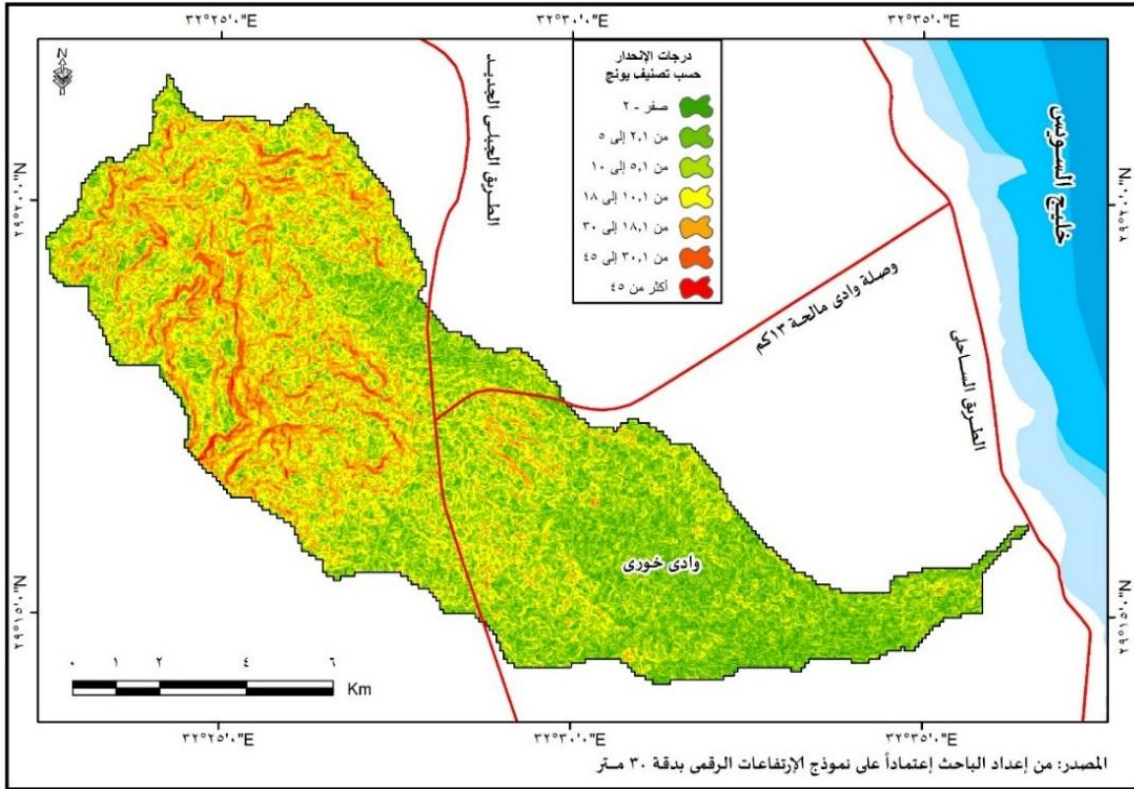
فئة الأرض متوسطة الانحدار (من ٥.١ إلى ١٠°): تعد هذه الفئة هي أكبر الفئات الواسعة الإنتشار على سطح الوادي حيث تبلغ مساحتها ٣٤.٠٣ كم^٢، بنسبة ٣٠.٠٥% من إجمالي مساحة الوادي.

فئة الأرض فوق متوسطة الانحدار (من ١٠.١ إلى ١٨°): تعد هذه الفئة هي ثانی الفئات الواسعة الإنتشار، حيث تبلغ مساحتها ٢٩.٣٦ كم^٢، بنسبة ٢٥.٩٣% من إجمالي مساحة الوادي.

فئة الأرض شديدة الانحدار (من ١٨.١ إلى ٣٠°): تعد هذه الفئة هي رابع الفئات من حيث المساحة، حيث تبلغ مساحتها ١٧.٤٣ كم^٢، بنسبة ١٥.٣٩% من إجمالي مساحة الوادي.

فئة الأرض شديدة الانحدار جداً (من ٣٠.١ إلى ٤٥°): تعد هذه الفئة هي سادسة الفئات وقبل الأخيرة، حيث تبلغ مساحتها ٣.٥٨ كم^٢، بنسبة ٣.١٦١% من إجمالي مساحة الوادي.

فئة الأرض الرأسية " الجروف " (من ٤٥.١ إلى ٩٠°): تعد هذه الفئة هي أصغر الفئات من حيث المساحة وتأتي في المرتبة السابعة والأخيرة، حيث تبلغ مساحتها ٠.١٢ كم^٢، بنسبة ٠.١٠٦% من إجمالي مساحة الوادي.

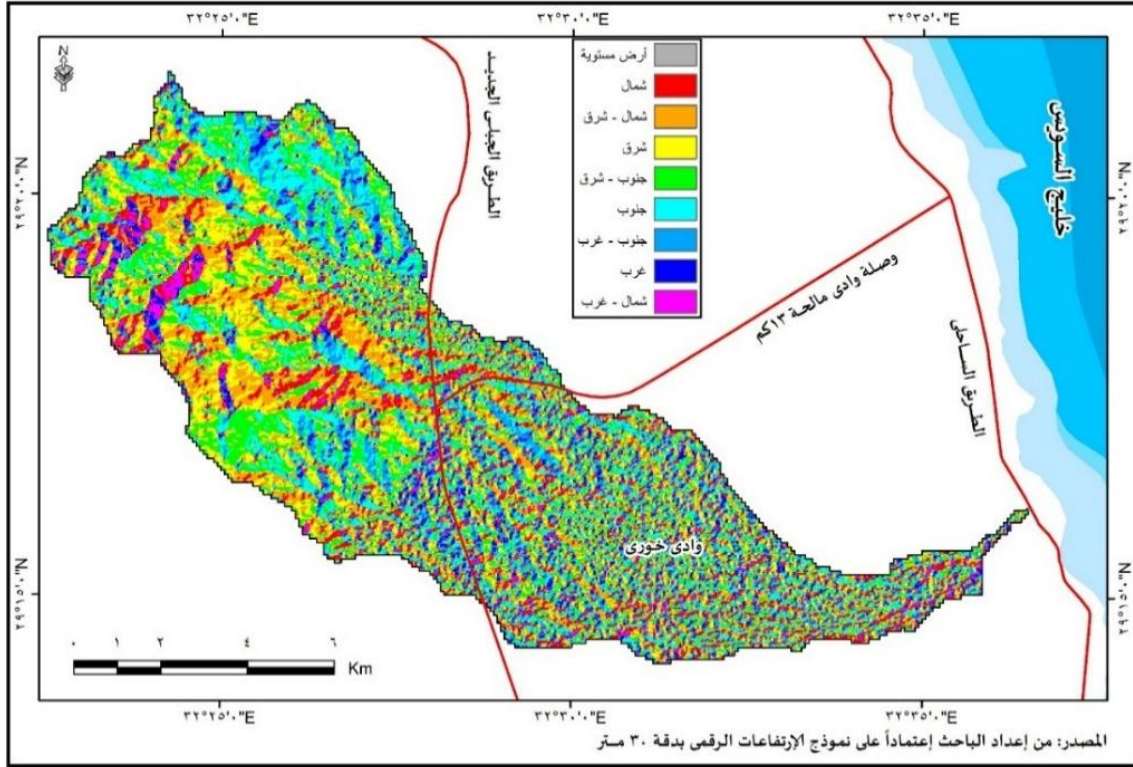


شكل (١٢) درجات انحدار سطح الأرض بحوض وادي خوري طبقاً لتصنيف يونج.

٣. **تحليل خريطة إتجاهات أوجه الانحدارات Aspect:** تهدف دراسة خريطة إتجاه الانحدار في الوادي إلى تحديد إتجاه حركة المياه السطحية ومناطق تجمعها ومصبتها، وتقيد في دراسة أخطار السيول وتحديد المواقع المعرضة للخطر، كما تمثل هذه الخريطة حجر أساس في عملية التخطيط لأي مشروع هندسي، حيث لا بد منها عند إنشاء البنية التحتية ومد الشبكات على سبيل المثال.

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية - قسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة المنوفية - المؤتمر الجغرافي الدولي الثاني " التنمية المستدامة في الوطن العربي بين الإمكانيات وطموحات الشعوب" - الجزء الثاني - فبراير ٢٠١٩ م.

وتعد خرائط الأوجه أحد الطرق الكارتوجرافية لتمثيل تضاريس سطح الأرض. حيث يحدد الوجه أو الواجهة الإتجاه - من أعلى إلى أسفل - لكل خلية في الملف الشبكي بالنسبة للخلايا المجاورة لها ويقاس هذا الاتجاه بدءاً من اتجاه الشمال ومع دوران عقرب الساعة بحيث يأخذ الوجه ناحية الشمال قيمة صفر والوجه ناحية الشمال الشرقي قيمة ٤٥ والوجه ناحية الشرق قيمة ٩٠. (جمعة محمد داود، ٢٠١٢).



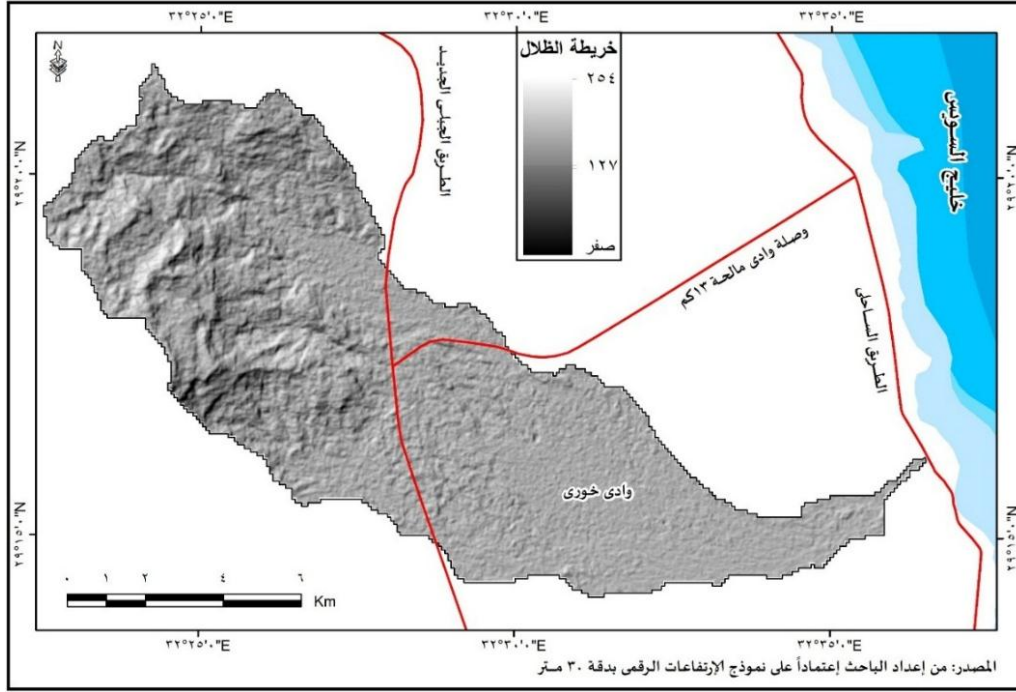
شكل (١٣) إتجاهات الإنحدارات بحوض وادي خوري.

٤. **تعديل التضاريس بخريطة الظلال HillShade:** تُستخرج خريطة الظلال من خلال توفير إنارة إفتراضية للسطح بتحديد كمية الإضاءة لكل خلية من الخلايا الشبكية Raster Cell، وحساب تأثير تلك الإنارة في الخلايا المجاورة وتكون زوايا الإنارة مبدئاً من الصفر إلى ٢٥٥ درجة، ويكون القياس بإتجاه عقارب الساعة Clockwise. وتعد طريقة الظلال أحد طرق تمثيل التضاريس كارتوجرافياً، وتقيد في عملية دراسة طبوغرافية سطح الأرض، فمن خلال الشكل (١٤) يمكن التعرف على ثلاثة بيانات تضاريسية بارزة ومختلفة وهي كما يلي: (سطح الوادي - حافة الوادي - مجارى ويطن الأودية).

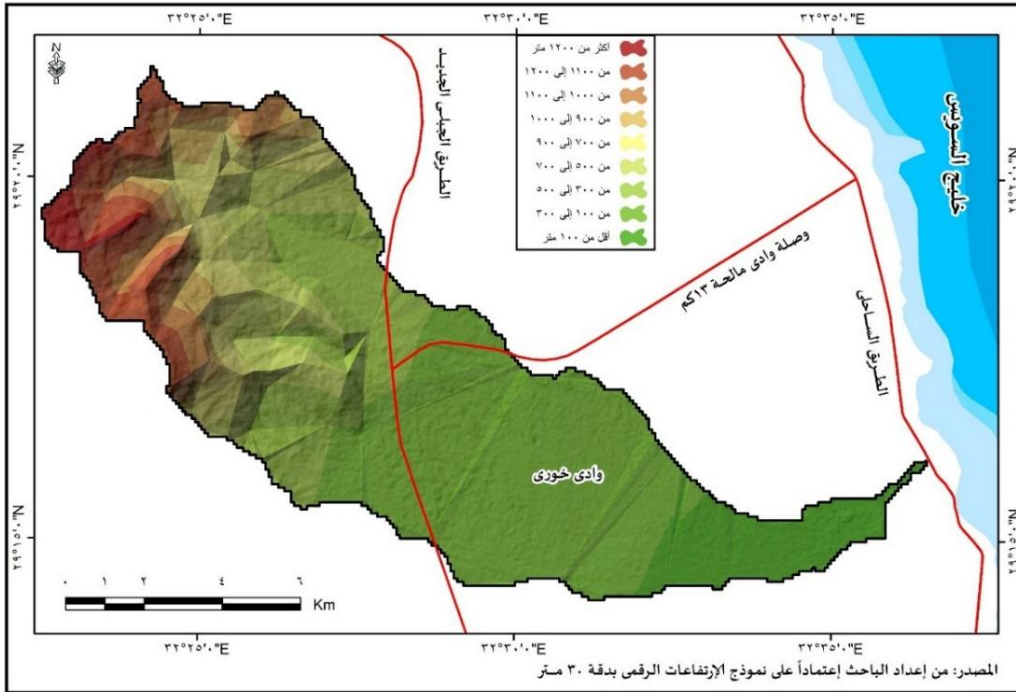
٥. **المجسم التضاريسى لحوض وادي خوري TIN:** تعد الشبكات المثلثية غير المنتظمة TIN أحد طرق تمثيل البيانات ثلاثية الأبعاد في نظم المعلومات الجغرافية، وإن كان استخدام هذه الطريقة أصبح الآن أقل شيوعاً من طريقة الملفات الشبكية Raster، ويعتمد مفهوم إنشاء Tin على تحديد مواقع النقاط وقيمة البيانات غير المكانية اللازمة لإنشاء السطح ثلاثي الأبعاد ثم التوصيل بينها بخطوط ستمثل فيما بينها مثلث يمكن حساب الإرتفاع في أي نقطة عليه، ومنها سينتج مجموعة أو شبكة من المثلثات غير المنتظمة في المساحة والحجم تكون فيما بينها شبكة مثلثات أو tin. (جمعة محمد

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية - قسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة المنوفية - المؤتمر الجغرافي الدولي الثاني " التنمية المستدامة في الوطن العربي بين الإمكانيات وطموحات الشعوب" - الجزء الثاني - فبراير ٢٠١٩ م.

داود، ٢٠١٢). وتفيد هذه الخريطة في عملية التحليل الطبوغرافي والهيدرولوجي، ومن خلال الشكل (١٥) نلاحظ أن المثلثات الكبيرة تدل على شبه إستواء السطح أي أنها منطقة منبسطة، بينما المناطق التي تكثر بها المثلثات ويصغر حجمها فهذا يدل على الإنحدار والتضرس الشديد كما تبين جوانب روافد الوادي وهذا يتفق مع التدرج اللوني على سطح الوادي كما هو مبين بالشكل (١٥).



شكل (١٤) تمثيل التضاريس بطريقة الظلال بحوض وادي خورى.

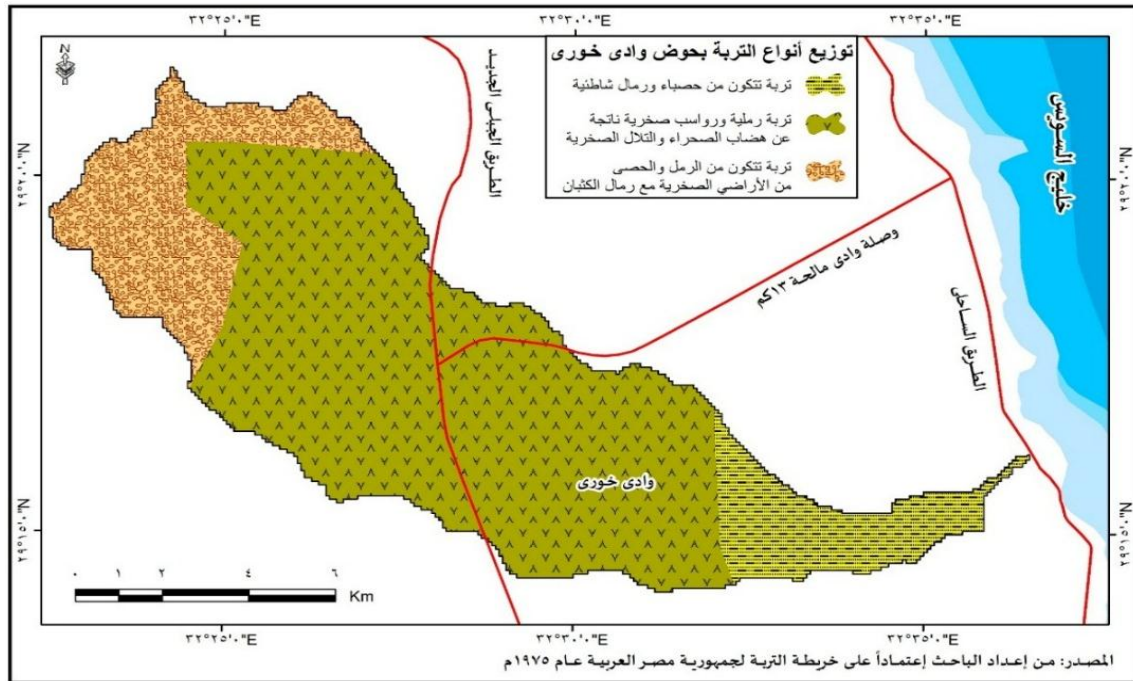


شكل (١٥) شبكة المثلثات غير المنتظمة TIN لحوض وادي خورى.

رابعاً: الخصائص الحيوية لحوض وادي خورى:

تشكل الخصائص الحيوية لأى إقليم على مستوى سطح الأرض بمثابة قوى عظمى من المقومات الطبيعية التي تساعد على دعم فرص الحياة المثالية، ومن هنا تبلورت وانتشرت ظاهرة الاهتمام بحماية هذه الخصائص الحيوية وإنشاء المحميات الطبيعية، وكل هذا يعمل على خدمة الإنسان في المقام الأول، ومن هنا سنتناول بالدراسة أهم الخصائص الحيوية بمنطقة الدراسة كما يلي:

١. **التربة Soil:** تعتبر التربة هي نتاج التفاعل بين البناء الصخري والتضاريس والظروف المناخية والخصائص النباتية لأى بيئة وذلك خلال فترة من الزمن، ونوع التربة الناتج عن هذا التفاعل محكوم بعوامل تكوين التربة، فالتربة هي الطبقة السطحية الهشة أو المفتتة التي تغطي سطح الأرض، بسمك يتراوح بين بضعة سنتيمترات وعدة أمتار (صبحى رمضان فرج، ٢٠١١)، وتتألف التربة من أربعة عناصر رئيسية هي المادة العضوية والمعدنية والهواء والماء، وتتراوح مقايير تلك المكونات بين حوالى ٤٥% للمادة المعدنية و٢٥% للماء و٢٥% للهواء و٥% للمادة العضوية، وتختلف تلك المكونات من تربة لأخرى، ويمكن القول أن تربة الوادى هي من نوع التريبات الصحراوية وتتسم هذه التربة بأنها قليلة السمك ويرجع ذلك إلى نشاط عمليات التعرية كما نقل بها نسبة الأملاح والكربونات وهى فقيرة في موادها العضوية ونسبة المواد الطينية التي تحتويها لذلك تتميز التربة هنا بمساميتها الشديدة وقلة محتواها المائى (محمد صبرى محسوب، ١٩٨٩). وينقسم الوادى إلى ثلاثة أنواع من التريبات وهى كما يتضح من الجدول (٣) والشكل (١٦) كما هو آت: تأتي التربة الرملية والرواسب الصخرية الناتجة عن هضاب الصحراء والتلال الصخرية في المرتبة الأولى من حيث المساحة حيث تشغل أكثر من ٧١% وبلغت مساحتها ٨٠.٥١ كم^٢. والتربة التي تتكون من الرمل والحصى من الأراضى الصخرية مع لرمال الكثبان ١٨.٠٣% ومساحتها ٢٠.٤١ كم^٢. وفى المرتبة الثالثة تربة الحصباء والرمل الشاطئية ومساحتها ١٢.٣١ كم^٢، بنسبة ١٠.٨٧% من مساحة الوادى.



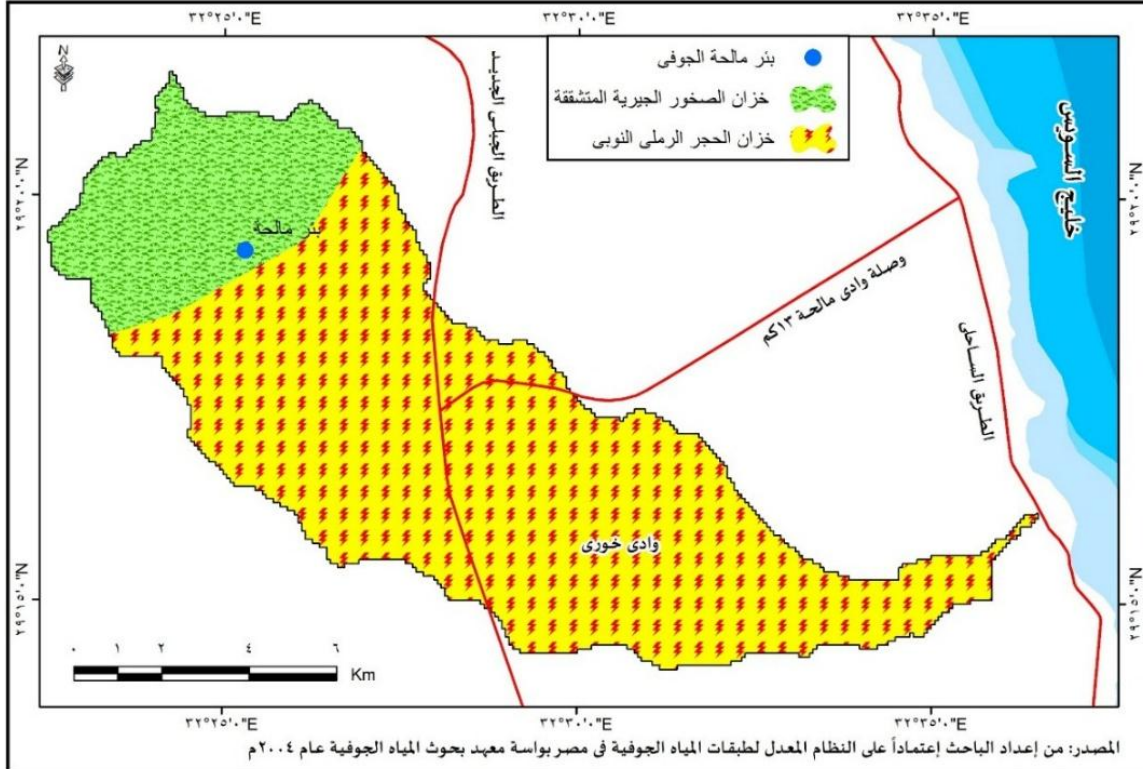
شكل (١٦) توزيع أنواع التريبات لحوض وادى خورى.

جدول (٣) أنواع التربة ومساحتها لحوض وادى خورى.

المساحة %	المساحة	نوع التربة
١٠.٨٧	١٢.٣١	تربة تتكون من حصياء ورمال شاطئية
١٨.٠٣	٢٠.٤١	تربة تتكون من الرمل والحصى من الأراضي الصخرية مع رمال الكثبان
٧١.١٠	٨٠.٥١	تربة رملية ورواسب صخرية ناتجة عن هضاب الصحراء والتلال الصخرية
100.00	3570	الإجمالي

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على خريطة التربة لمصر إنتاج عام ١٩٧٥م.

٢. **المياه الجوفية** Under Ground Water: تعد خزانات المياه الجوفية هي نظم للمياه الجوفية التي غالباً ما تكون المصدر الوحيد للمياه العذبة، لا سيما في المناطق التي تسود فيها ظروف مناخية قاحلة وشبه قاحلة كما هو الحال في منطقة الدراسة، ونظراً لندرة موارد المياه السطحية في المناطق الصحراوية، فإن خزانات المياه الجوفية بتلك المناطق تمثل العصب الرئيسي لمشروعات التنمية؛ حيث إنها تمدها بالمياه العذبة بتكلفة أقل من البدائل الأخرى الممكنة، مثل نقل مياه الأنهار، أو تحلية مياه البحار (كمال عودة غديف، ٢٠٠٢)، وأما عن حركة المياه الجوفية فإنها تأخذ الإتجاه من الجنوب الغربى إلى الشمال الشرقى، وهى بذلك تجرى مع إتجاه الحركة الإقليمية لمياه خزان الحجر الرملى النوبى، ويشترك في تكوين الوادى من المياه الجوفية خزانان وهما خزان الحجر الرملى النوبى وهو من أكبر خزانات المياه الجوفية في العالم وتعد واسعة الإنتشار في مصر، وتشغل مساحة ٩٠.٢٦ كم^٢ أي تمثل ٧٩.٧٢% من مساحة الوادى، بينما الخزان الثانى وهو خزان الصخور الجيرية المتشققة وتنتشر هذه الصخور في معظم أنحاء مصر وتغطي ٥٠% من مساحة مصر، وتشغل مساحته بالوادى ٢٢.٩٦ كم^٢ أي تمثل ٢٠.٢٧% من مساحة الوادى، وبلغ عدد الآبار بئر واحد هو بئر مالحة في أعلى الوادى.

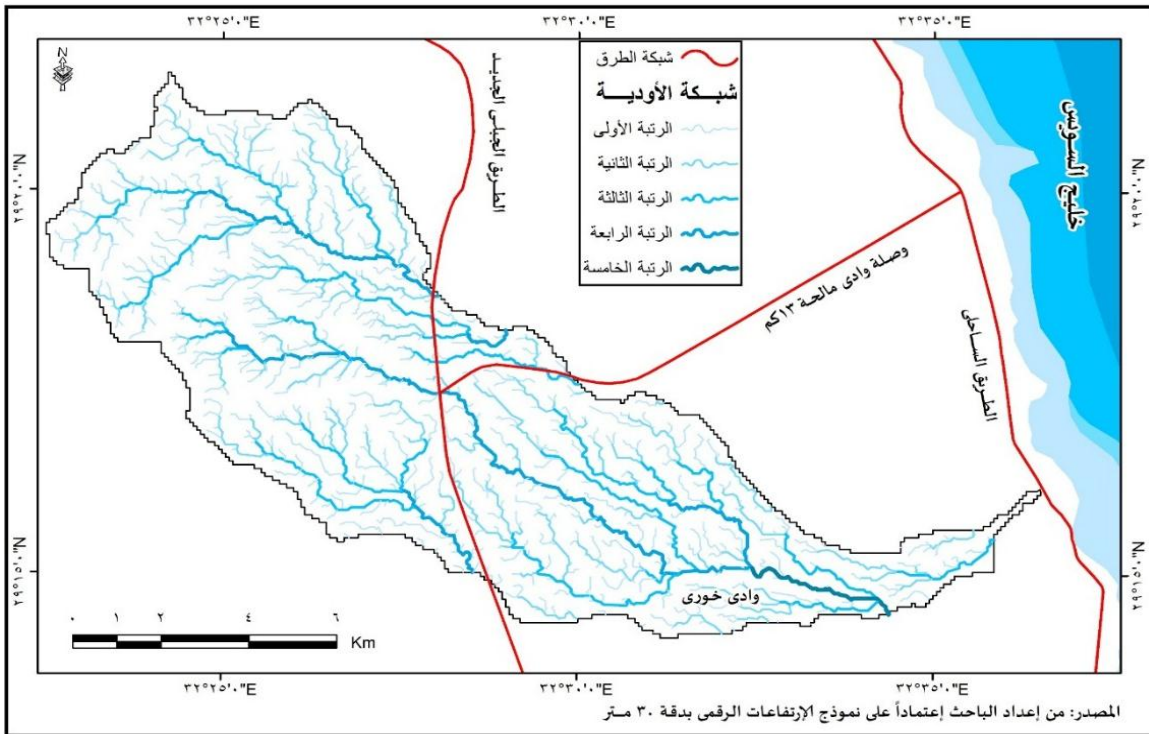


شكل (١٧) توزيع خزانات وآبار المياه الجوفية لحوض وادى خورى.

٣. النبات الطبيعي: تنعدم بالصحروات الحياة النباتية تقريباً بسبب قلة المطر وطول فصل الجفاف، وإذا وجدت النباتات فإنها من الأنواع التي تقاوم الجفاف الشديد، وتحتفظ بالماء في جوفها لكي تتمكن من الحياة بوسائل مختلفة، فبعضها جذوره طويلة كالنخيل الذي يمتص الماء من التربة، وبعضها يخزن الماء في أوراق ليفية سميكة، وكثيراً منها يغطي أوراقه بالشوك أو بطبقة شمعية تسد مسامها لتعوق تبخر الماء منها كالصبار (صباحى رمضان فرج، ٢٠١١)، وتتسم هضبة الجلالة البحرية بفقر كسائها النباتي وانتشاره على هيئة بقع متناثرة في مساحات واسعة من الأرض وتتواجد في الأماكن التي تتوافر بها سبل الحياة مثل بطون الأودية وأسطح المراوح الفيضية، ويسود المنطقة الأعشاب والنباتات الجافة مثل التي تنمو فوق أسطح المراوح الفيضية وهي السلة والهمد والشنان والأثل والرطريط والغرقد وهي نباتات قصيرة نسبياً ولكنها متشعبة، وبتطبيق نموذج NDVI على الوادي تبين خلو الوادي من أي نباتات تذكر، باستثناء بعض الأشجار الصغيرة المتناثرة.

خامساً: شبكة الأودية في حوض وادي خورى:

يطلق مصطلح شبكة التصريف Drainage network على الشكل العام الذي تظهر به مجموعة المجارى النهرية لحوض ما، وتعتبر شبكة التصريف هي المحصلة النهائية لكلا من الظروف البنوية والمناخية والصخرية والتطور الجيومورفولوجي. ويتوقف شكل شبكة التصريف على مدى نفاذية التكوينات الصخرية التي تجرى فوقها المجارى ومدى تجانسها ودرجة صلابتها، إلى جانب طبيعة انحدار السطح وأيضاً دور حركات الرفع التكتونية وحركات التصدع في تعديل المظهر العام لشكل شبكة التصريف هذا بالإضافة إلى درجة التطور الجيومورفولوجي للحوض نفسه (حسن ابو العينين، ١٩٨١).



شكل (١٨) التوزيع الجغرافي لشبكة الأودية لحوض وادي خورى.

ومن خلال نموذج الارتفاعات الرقمي لوادي خورى وباستخدام طريقة Strahler تم تحديد شبكة الأودية وتتضح خطورة الأودية على الطرق عند الفيضانات والجريان السطحي وسوف يأتي بيان ذلك في كشف الأخطار التي تتعرض لها شبكة الطرق بسبب الوضع التضاريسي للوادي فتغطيتها شبكة كبيرة جداً من الأودية الفرعية كما يتضح من الشكل (١٨) تقسيم شبكة الأودية إلى خمسة رتبة أكبرها الرتبة الخامسة وهي أقلها تواجداً، بينما الرتبة الأولى هي أصغرها وأكثرها تواجداً على سطح الوادي.

المبحث الثاني: التقييم النوعي للتعرية المائية باستخدام نموذج EPM.

يُعتمد في تطبيق نموذج EPM على مؤشرات عديدة معامل الانحدار، ومؤشر الغطاء النباتي، ومؤشر حماية التربة، أو خريطة التكوينات الجيولوجية السطحية، والمعدل السنوي لتساقطات الأمطار، ومعامل الحرارة، ويتم احتساب معامل التعرية المحتملة Z من خلال المعادلة التالية:

$$Z = Y * Xa * (\emptyset * \sqrt{Ja})$$

$$Z = \text{معامل التعرية المحتملة.}$$

$$Y = \text{معامل قابلية التربة والتكوينات السطحية للتعرية}$$

$$Xa = \text{معامل حماية التربة.}$$

$$\emptyset = \text{معامل تطور التعرية وشبكة التصريف.}$$

$$Ja = \text{انحدار الوادي بالنسبة المئوية}$$

بالنسبة للقيم $Y - Xa - \emptyset$ تستخرج اعتماداً على جدول اعدھا جافريلوفيك عام ١٩٥٤م وعدلھا من بعده مجموعة

من الباحثين (STEFANOVIC, M. & AL. 2004) و (ZORN, M. & KOMAC B. 2005)

ونستعرض تطبيق المؤشرات المستخدمة كما يلي:

أولاً: معامل قابلية التربة والتكوينات السطحية للتعرية:

تم الإعتماد على خريطة التربة للوادي وعلى بيان التحليلات المتعلقة بالنسيج والبنية والمادة العضوية وذلك

بهدف حساب معامل قابلية التربة للتعرية طبقاً لمعادلة فيشير:

$$Y = (0.00021 * (12 - OM) M^{1.14} + 3.25(S-2) + 2.5 (P-3)) / 100 * 1.58$$

$$Y = \text{معامل قابلية التربة للتعرية.}$$

$$OM = \text{نسبة المادة العضوية}$$

$$M = \text{النسيج} = (\text{نسبة الطمي} + \text{الرمال الدقيقة}) * (١٠٠ - \text{نسبة الطين})$$

$$S = \text{رمز البنية}$$

$$P = \text{معامل النفاذية.}$$

ونستطيع تمييز نتيجة محصلة المعادلة السابقة بعد تطبيقها من خلال Raster Calculator في برامج نظم

المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وتصنيف أنواع التربة حسب درجة مقاومتها، طبقاً للجدول (٤).

جدول (٤) معامل قابلية التربة للتعرية

متوسط القيمة	Y	نوع التربة
٠.٢	٠.٣ - ٠.١	تربة مقاومة شديدة
٠.٤	٠.٥ - ٠.٣	تربة مقاومة متوسطة
٠.٥٥	٠.٦ - ٠.٥	تربة ضعيفة المقاومة
0.7	٠.٨ - ٠.٦	ركام حطامى ورواسب خشنة وتر صلصالية
٠.٩٥	١.٠ - ٠.٨	رواسب رملية ناعمة وترب لا مقاومة لها
المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على (ZORN M. & KOMAC B, 2008)		

ثانياً: مؤشر حماية التربة من التعرية:

يقصد به مستويات كثافة التغطية النباتية التي تساعد في تثبيت التربة وإبطاء سرعة الجريان السطحي وزيادة في نفاذية المياه داخلها، والتقليل من انجرافها، وتم استخلاص هذا المؤشر عن طريق معامل التغطية النباتية NDVI من مرئية فضائية لاند سات، ثم موازنة نتائجها مع المعايير التي حددها مطورى نموذج جافريلوفيك (ZORN M. & KOMAC B, 2008).

ولتقييم دور هذا المؤشر تم الإعتماد على مرئيات لاندسات وعلى الدراسة الميدانية واستخدام برنامج erdas 2014 وبرنامج arc gis 10.3، وتم الإستناد إلى المعايير التي حددها جافريلوفيك ومجموعة من الباحثين كما يتضح من الجدول (٥). وبالتالي يمكن حساب معامل حماية التربة بعد احتساب معامل التغطية النباتية وذلك من المعادلة التالية:

$$Xa = (XaNDVI - 0.61) * (-1.25)$$

$$Xa = \text{مؤشر حماية التربة}$$

$$XaNDVI = \text{معامل التغطية النباتية لموازنة معايير مؤشر حماية التربة}$$

جدول (٥) العوامل الوصفية لتحديد معامل حماية التربة xa.

متوسط القيمة	xa	مؤشر حماية التربة
٠.١٢٥	٠.٢ - ٠.٥	غابات مختلطة كثيفة
٠.٣	٠.٤ - ٠.٢	غابات صنوبرية وبقايا نباتية مبعثرة
٠.٥	٠.٦ - ٠.٤	مراعى وغابات متدورة
٠.٧	٠.٨ - ٠.٦	مزارع ومراعى متدهور
٠.٩	١.٠ - ٠.٨	مناطق جرداء لا يوجد اى نباتات
المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على (ZORN M. & KOMAC B, 2008)		

ثالثاً: مؤشر تطور التعرية Ø من خلال المرئيات الفضائية عالية الدقة:

تختلف قيم هذا المؤشر باختلاف حجم الأحواض المائية، ويستلزم دراسة ميدانية بالإضافة إلى مرئيات فضائية عالية الدقة وبسبب عدم توافر هذه المرئيات لأسباب متعددة، يتم الإعتماد على معادلة لحساب هذا المؤشر من صور لاندسات والتي صاغها (MILVSKI, I 2008) ويتم حسابه من خلال المعادلة التالية:

$$\varnothing = \sqrt{\frac{tm3}{Q_{max}}}$$

$tm3$ = الباند الثالث في المرئية

Q_{max} = القيمة القصوى للاشعاع وهذا يستخرج من الملف الوصفي للمرئية

ويفضل استخدام المرئيات المصورة في فصل الخريف.

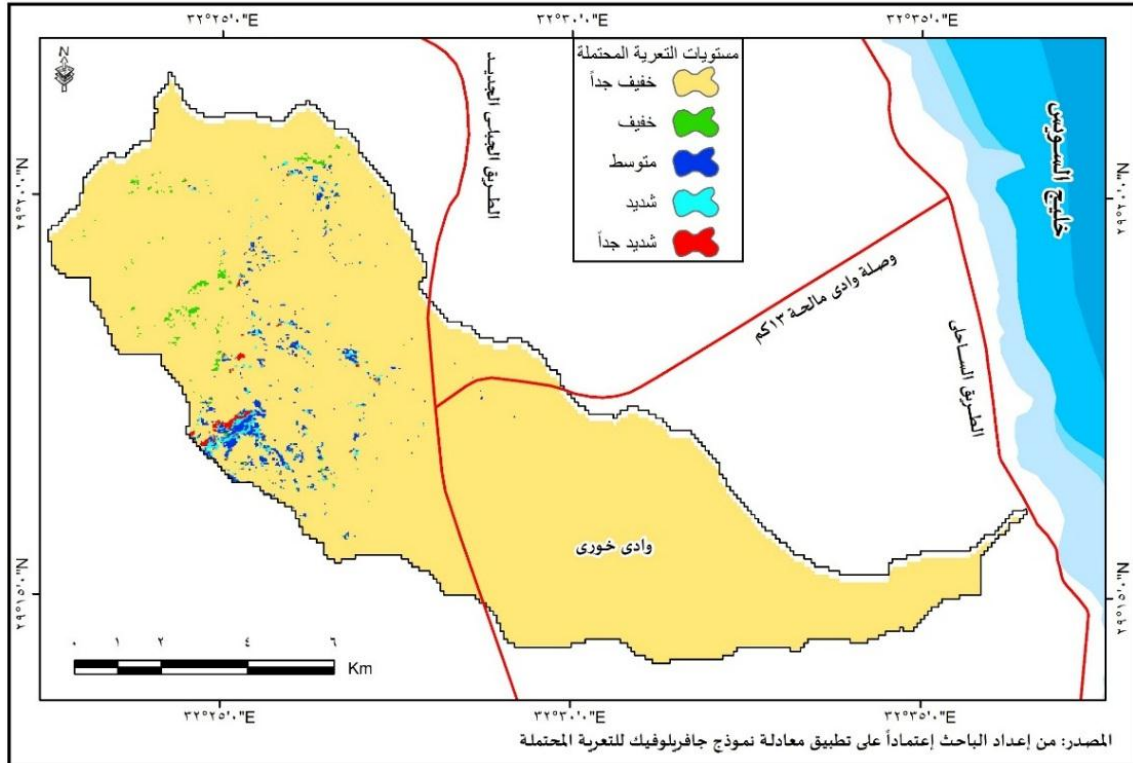
وحسب نتائج هذه المعادلة يمكن مقارنة المعايير الوصفية التي حددها جافريلوفيك في الجداول الوصفية للطريقة الكلاسيكية وبين الطريقة التلقائية التي تعتمد على مرئيات الأقمار الفضائية وتطبيقات علم الجيوماتكس التي توفر الوقت والجهد.

رابعاً : مؤشر الإنحدار Ja:

تم الإعتماد على استخلاص الإنحدارات من نموذج الإرتفاع الرقمي DEM بطريقة النسبة المئوية، ويرتبط ارتفاع نسبة الإنحدارات القوية بحدائة التضاريس حيث تهيمن على حوض وادى خورى الإنحدارات المتوسطة وفوق المتوسطة والخفيفة بنسبة ٧٥% من مساحة الوادى، وتزداد حدة نقل المواد المفتتة نتيجة الجريان السيلى والجاذبية في الإتجاه لأسفل مع ارتفاع درجات الإنحدار، فالإنحدار المائى يرتفع بالموازاة مع الانحدار الطبوغرافي.

خامساً: التعرية المحتملة من خلال معامل Z:

تمكن الباحث من خلال دمج هذه المؤشرات سابقة الذكر في برامج الجيوماتكس من استخلاص التقدير النوعى للتعرية المائية حيث تم تصنيف مستويات التعرية المحتملة كما حددها جافريلوفيك في ستة فئات كما في الجدول (٦)،



شكل (١٩) مستويات التعرية المحتملة في حوض وادى خورى بتطبيق نموذج جافريلوفيك.

ويتضح ذلك في شكل (١٩) حيث تشكل التعرية الخفيفة أكثر من ٩٠% من مساحة الوادي، وتتوزع ١٠% على باقى المستويات وتظهر بوضوح في الركن الجنوبي الغربى للوادي غرب الطريق الجبلى الجديد، وتظهر التعرية الشديدة جداً في مناطق محدودة وبمساحات صغيرة جداً.

جدول (٦) مستويات التعرية المحتملة طبقاً لمعامل Z

مستوى التعرية المحتملة	متوسط القيمة	Z
شديد جداً	١.٢٥	أكثر من ١.٥١ - ١.٠١
شديد	٠.٨٥	٠.٨١ - ١.٠
متوسط	٠.٥٥	٠.٤١ - ٠.٨٠
خفيف	٠.٣٠	٠.٢٠ - ٠.٤٠
خفيف جداً	٠.١٠	٠.٠١ - ٠.١٩

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على (GAVRILOVIC Z. & AL., 2006)

المبحث الثالث: التقدير الكمي للتعرية المائية باستخدام نموذج EPM.

إن أهم ما يميز هذا النموذج عن غيره من النماذج الرياضية الأخرى التي تدرس التعرية، هو أنه يقدر مختلف أنواع التعرية، وأنه صمم خصيصاً للمناطق الجبلية وهذا ما يميزه عن المعادلة العالمية المشهورة لفقدان التربة R.U.S.L.E وأهم ما يعيب هذه المعادلة العالمية هي أنها أعدت لدراسة المناطق ضعيفة الأنحدار التي لا تتجاوز ٥ درجة، ويتم احتساب التقدير الكمي للتعرية المائية من خلال المعادلة التالية:

$$W = H * T * \pi * F * \sqrt{Z^3}$$

$$W = \text{المعدل السنوي للتعرية} - \text{متر مكعب} / \text{كم}^2 / \text{السنة}$$

$$H = \text{المعدل السنوي للأمطار} - \text{ملم}$$

$$T = \text{معامل الحرارة}$$

$$F = \text{مساحة الوادي} - \text{كم}^2 - \pi = ٣.١٤١٥$$

ونستعرض تطبيق المؤشرات المستخدمة كما يلي:

أولاً: مؤشر التساقطات المطرية: تعتبر الامطار هي أهم عامل في العوامل الرئيسية التي تتحكم في عملية التعرية المائية، ويتم احتسابه من خلال البيانات المناخية لدورة مناخية كاملة ٣٥ عام منذ ١٩٨٣م إلى ٢٠١٨م وتنفيذ أمر IDW على الوادي من خلال عملية الإشتقاق المكانية Spatial Interpolation من نقاط الرصد المناخية في برامج نظم المعلومات الجغرافية، ونستخدم المتوسط السنوي بالمليمتر.

ثانياً: مؤشر الحرارة: يعد الاعتماد على الحرارة في نموذج جافريلوفيك من أفضل ما يميزه، وتم الاعتماد على المرئيات الفضائية لاستخلاص الحرارة باستخدام برنامج ERDAS 2014 أو يمكن الاعتماد على البيانات المناخية لوكالة ناسا أو المحطات المناخية المحلية وتنفيذ عملية الإشتقاق المكانية Spatial Interpolation، ولكن إعتد الباحث على المرئيات الفضائية لاند سات وتم احتساب مؤشر الحرارة من خلال المعادلة التالية:

$$T = \sqrt{\frac{C}{10}} + 0.1$$

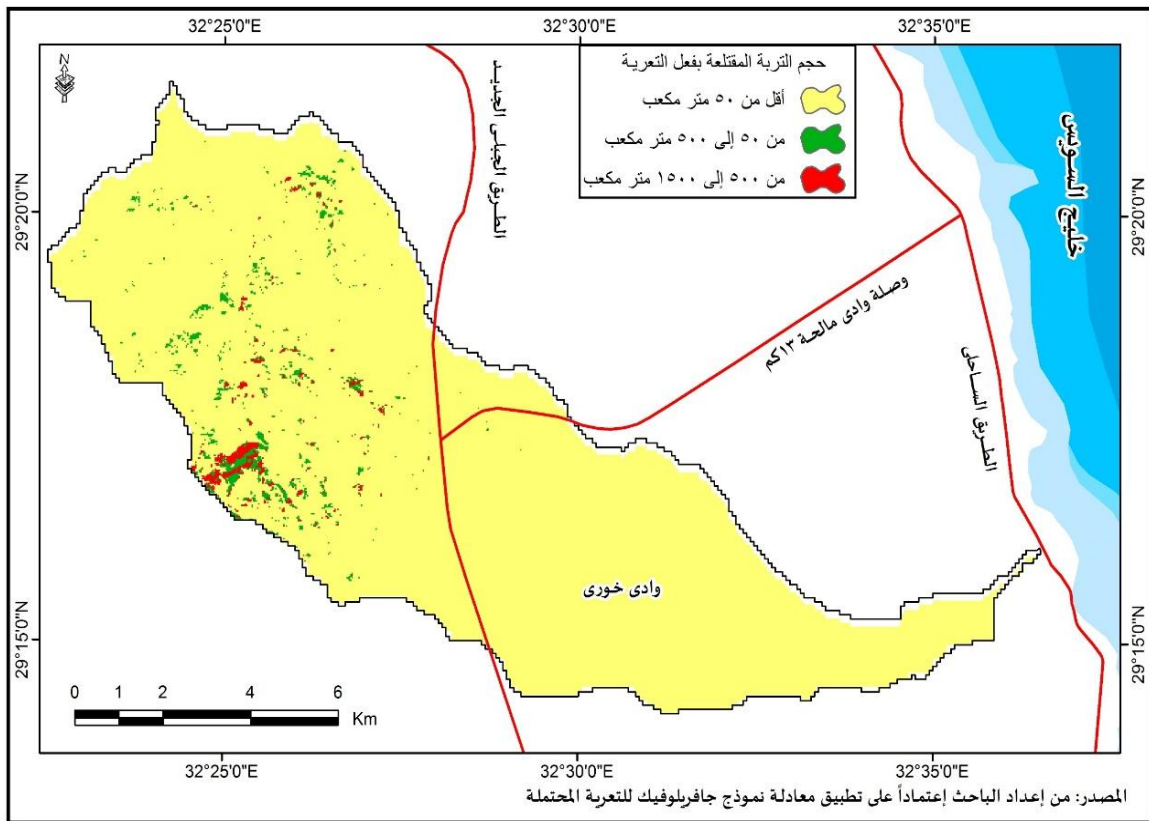
درجات الحرارة = C

جدول (٧) مستويات التعرية حسب حجم التربة المقتلعة W

الفئة	حجم التربة المقتلعة مكعب/ كم ٢ / السنة	حدة التعرية
١	أقل من ٥٠	غياب التعرية أو غير ظاهرة
٢	من ٥٠ إلى ٥٠٠	تعرية ضعيفة
٣	من ١٥٠٠ إلى ٥٠٠٠	تعرية متوسطة
٤	من ٥٠٠٠ إلى ١٥٠٠٠	تعرية معممة
٥	من ٥٠٠٠ إلى ٢٠٠٠٠	تعرية قوية
٦	أكبر من ٢٠٠٠٠	تعرية كارثية

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على (ZACHAR D.1982)

وهكذا تم تطبيق جميع مؤشرات المعادلة الرئيسية لقياس المعدل السنوي للتعرية، ودمج هذه المؤشرات كما تنص المعادلة وذلك على برنامج ARC GIS 10.3 من خلال Raster Calculator وتم تصنيف مستويات التعرية حسب التربة المقتلعة كما يتضح من الجدول (٧).



شكل (٢٠) حجم التربة المقتلعة في حوض وادي خوري بتطبيق نموذج جافريلوفيك.

وينضح ذلك في شكل (٢٠) حيث توجد ثلاث فئات وهي فئة غياب التربة أو أنها غير ظاهرة حيث تمثل أقل من ٥٠ متر مكعب في العام وتشغل أكثر من ٩٠% من الوادي، وتتوزع ١٠% على الفئتين التعرية الضعيفة التي تمثل من ٥٠ إلى ٥٠٠ متر مكعب في العام، وفئة التعرية المتوسطة التي تمثل من ٥٠٠ إلى ١٥٠٠ متر مكعب في العام وتعد أكبر قيمة للتعرية هي ١٣٥٣.٧٣ متر مكعب في العام وتظهر في الركن الجنوبي الغربي للوادي عرب الطريق الجبلي الجديد، وتوجد ثلاث فئات حددها جافريلوفيك وهي التعرية المعمة والتعرية القوية والتعرية الكارثية ولكن لا يوجد لها أي أثر في حوض وادي خورى مما يدل على الوضع الآمن إلى حد ما في الوادي، ولكن الحذر مطلوب خاصة من المطر المفاجئ، لذا لا بد من العمل على التحصين السليم من الأخطار الطبيعية المحتملة التي تهدد التنمية المستدامة للمشاريع القومية.

الخاتمة: وتشمل أهم النتائج والتوصيات.

يتسم حوض وادي خورى بموقع جغرافي ممتاز، حيث القرب من العاصمة الإدارية الجديدة، بالإضافة لكونه أحد أودية هضبة الجلالة البحرية التي تشهد مشروع قومي للتنمية، ولعل أبرز ما يذكر هو الطريق الجبلي الجديد الذى يعلو الهضبة ويخترق وادي خورى بالإضافة إلى وصلة وادي مالحة التي تصل بين الطريقتين الساحلي والجبلي، فضلاً عن الموقع السياحي على المطل على خليج السويس. ومن خلال دراسة الخصائص الطبيعية للوادي تمكن الباحث من الإلمام بجميع خصائصه الطبيعية من الناحية الجيولوجية والتضاريسية والحيوية، ثم العمل على تطبيق أحد النماذج العالمية لتقدير مخاطر التعرية المائية وهو نموذج جافريلوفيك لدراسة الأحواض الجبلية والمناطق المتضرسة، ويُعتمد في تطبيق نموذج EPM على عدة مؤشرات منها معامل الإنحدار، ومؤشر الغطاء النباتي، ومؤشر حماية التربة، أو خريطة التكوينات الجيولوجية السطحية، والمعدل السنوي لتساقطات الأمطار، ومعامل الحرارة، ومن خلال دمج المؤشرات السابقة في برامج الجيوماتكس نستطيع حساب معامل التعرية المحتملة والتقدير النوعي والكمي لها.

وقد تم تصنيف مستويات التعرية طبقاً لقيمة معامل التعرية المحتملة إلى خمسة فئات تشكل التعرية الخفيفة أكثر من ٩٠% من الوادي، وتتوزع ١٠% على باقى المستويات وتظهر بوضوح في الركن الجنوبي الغربى للوادي غرب الطريق الجبلي الجديد، بينما عن حجم التربة المقتلعة توجد ثلاث فئات في الوادي وهي فئة غياب التربة أو أنها غير ظاهرة حيث تمثل أقل من ٥٠ متر مكعب في العام وتشغل أكثر من ٩٠% من الوادي، وتتوزع ١٠% على الفئتين التعرية الضعيفة التي تمثل من ٥٠ إلى ٥٠٠ متر مكعب في العام، وفئة التعرية المتوسطة التي تمثل من ٥٠٠ إلى ١٥٠٠ متر مكعب في العام وتعد أكبر قيمة للتعرية هي ١٣٥٣.٧٣ متر مكعب في العام وتظهر في الركن الجنوبي الغربى للوادي عرب الطريق الجبلي الجديد.

أهم التوصيات:

- (١) حث الدولة والمتخصصين على تطبيق نموذج جافريلوفيك قبل عملية التخطيط والتنمية في المناطق الجبلية.
- (٢) انشاء عدة سدود لتخزين مياه الامطار التي تسقط على الوادى، كما في الشكل (٢١).
- (٣) انشاء معابر أسفل الطريق الجديد التي تقع في خط مجرى الوادى، وكذلك الطرق الساحلى.
- (٤) ضرورة نقل مراوح مزرعة الزعفرانة من منطقة مجرى الوادى الى التلال الصغيرة بالوادى.
- (٥) انشاء تكتسيات حجرية حول مراوح الهواء في مزرعة رياح الزعفرانة.
- (٦) انشاء قناة تمر بالقرب السياحية على الشاطئ والتي تقع في مصب الوادى لحمايتها من خطر السيول المفاجئ.
- (٧) الاهتمام بجودة الطريق الساحلى والعمل على ارتفاعه ثلاثة أمتار عن مستوى سطح البحر.
- (٨) ضرورة نقل برج الاتصالات من مجرى الوادى إلى التلال المجاورة.
- (٩) العمل على الاستفادة مياه الأمطار في الزراعة في بطن الوادى.



شكل (٢١) التوزيع الجغرافي لاستخدام الأرض والسدود والعبارات في حوض وادى خورى.

ملحق لبعض الصور في حوض وادي خورى



صورة (٢) محطة رياح الزعفرانة



صورة (١) وصلة وادي مالحة



صورة (٤) تقاطع وصلة وادي مالحة مع الطريق الجبلى.



صورة (٣) سبخة بالقرب من وادي خورى.



صورة (٦) ارتفاع ٣٣٦ متر على الطريق الجبلى.



صورة (٥) الباحث يشير لوصلة وادي مالحة.

المصادر والمراجع:

أولاً: المصادر والمراجع باللغة العربية:

- (١) أحمد عبد السلام على، (٢٠٠٠م)، بعض الأخطار الطبيعية على الطرق البرية في شمال سلطنة عمان، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، رسائل جغرافية ٢٤٧.
- (٢) أحمد عبد السلام على، (٢٠٠٩م)، أخطار ومشاكل زحف الرمال على الطرق والمراكز العمرانية في سلطنة عمان، المجلة المصرية للتغير البيئي، إصدارات خاصة، رقم ١.
- (٣) جمال شعوان، (٢٠١٥م)، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الأوسط، حوض أمزاز أنموذجاً، رسالة دكتوراه، كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس فاس. جامعة سيدي محمد بن عبدالله، المغرب.
- (٤) جمال شعوان، على فالح، عبد الحميد الصديقي، هيثم مسرار (٢٠١٣م)، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التقييم الكمي للتعرية بحوض أمزاز بالريف الأوسط من خلال نموذج جافريلوفيك، منشورات جمعية الجغرافيين المغاربة، العدد ١ - ٢ السلسلة الجديدة، المجلد ٢٨.
- (٥) جمعة محمد داود، (٢٠١٢م)، أسس التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية، مكة المكرمة، السعودية.
- (٦) جمعة محمد داود، (٢٠١٤م)، دراسات تطبيقية في الجيوماتكس، النسخة الأولى، القاهرة.
- (٧) جمعة محمد داود، (٢٠١٥م)، الجيوماتكس: علم المعلوماتية الأرضية، النسخة الأولى، مكة المكرمة، السعودية.
- (٨) حسن ابو العينين (١٩٨١م)، أصول الجيومورفولوجيا، دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية.
- (٩) رشيدة نافع، وعبد الرحيم، وطفة، (٢٠٠٢م)، التعرية المائية وأثرها في تدهور التربة: تحليل المظاهر ومناهج القياس، مجلة أبحاث، منشورات كلية الآداب والعلوم الإنسانية بالمحمدية، العدد العاشر.
- (١٠) سعد الغامدي، (٢٠٠٩م)، تطبيق نموذج جافريلوفيك لتقدير مخاطر التعرية المائية في حوض وادي نعمان بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة المصرية للتغير البيئي، العدد الأول.
- (١١) شاكر الميلود، (١٩٩٧م)، كتلة بوخوالي وسهل العيون " المغرب الشرقي " الديناميكية الحالية للسطح بين الهشاشة الطبيعية والضغط البشري، أي آفاق وأي استراتيجيات، رسالة دكتوراه، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، الرباط.
- (١٢) صبيح رمضان فرج، (٢٠١١م)، جغرافية البيئة بين التحديات العالمية الراهنة واستراتيجيات التنمية المستدامة، الطبعة الأولى، مطابع جامعة المنوفية.
- (١٣) على فالح، (٢٠١١م)، التقييم الكمي والنوعي لانجراف التربة بالريف، جمعية تطاون أسمر، مطبعة الخليج العربي.
- (١٤) عواد حامد موسى، (٢٠١٦م)، الدراسة الميدانية في الجغرافيا الطبيعية، الحنفى للطباعة الحديثة، شبين الكوم.
- (١٥) فتحي محمد مصيلحي، (٢٠١٥م)، مناهج البحث الجغرافي، مطابع جامعة المنوفية، شبين الكوم.
- (١٦) محمد صبرى محسوب، (١٩٨٩م)، جغرافية الصحارى المصرية، الجوانب الطبيعية، الجزء الأول شبه جزيرة سيناء، دار النهضة العربية.
- (١٧) محمد مجدي تراب، (١٩٩٣م)، أشكال الصحارى المصورة، دراسة لأهم الظواهر الجيومورفولوجية بالمنطقة الجافة وشبه الجافة، مطبعة الانتصار لطباعة الأوفست، كوم الدكة، مصر.
- (١٨) محمود عبد الفتاح عنبر، (٢٠١٥م)، الأخطار المناخية والبيئية في منخفض الواحات البحرية، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة القاهرة.

ثانياً: المصادر والمراجع باللغة غير العربية:

- 1) **Ahmed Abd el Salam (1999):** The Natural Hazards In Al Batinah Plain Using Landsat, Oman, Arabian Gulf, 2nd International Symposium of Remote Sensing, Enschede, The Netherland, 16-20 August.
- 2) **Gavrilovic, Z., M. Stefanovic, M. Milojevic ,and J. Cotric (2006).** Erosion Potential Method" An Important Support For Integrated Water Resource Management. Presented at XXIIIth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Slovenia.
- 3) **Globevnik, L., D. Holhevic, G. Petkovsek and J. Rubinic (2003).** Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation usingspatial data manipulation techniques . In: Erosion Prediction inUngauged Basins: Integrating Methods and Techniques , IAHS Publication, no. 279.
- 4) **Lotfy Kamal Azaz(2010):** Using remote sensing and GIS for damage assessment after flooding, the case of Muscat, Oman after Gonu tropical cyclone 2007: Urban planning perspective, REAL CORP 2010 Proceedings / Tagungsband Vienna, <http://www.corp>.
- 5) **Milevski, I., I. Blinkov, and A. Trendafilov (2008).** Soil erosion processes and modeling in the upper Bregalnica catchment. Presented at XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Slovenia.
- 6) **Stefanovic, M., Z. Gavrilovic and M. Milojevic (2004).** Erosion Potential method and erosion risk zoning in mountainous regions. In Internatioales Symposion Iterprevent RIVA\TRIENT.
- 7) **Young, A. (1972).** *Slops*. Edinburgh: Oliver & Boyed.
- 8) **ZACHAR D. (1982).** Soil Erosion. Amsterdam: Elsevier science publishing company, p547.
- 9) **Zorn, M, and B. Komac (2005).** Soil erosion on agricultural land in Slovenia – measurement of rill erosion in the Besnica valley. Acta geographica Slovenica 45-1. Ljubljana.
- 10) **Zorn, M, and B. Komac (2008).** Response of soil erosion to land use change with particular reference to the last 200 year (Julian Alps, Western Slovenia). Presented at XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Slovenia.

ثالثاً: المواقع الإلكترونية .Websites

- 1) <https://power.larc.nasa.gov>.
- 2) <https://www.tutiempo.net>.
- 3) <https://www.ncsi.gov.com>.
- 4) <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- 5) <https://www.geojamal.com>.