الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم علوم التربة

دراسة الانجراف المائي للتربة في منطقة الشيخ بدر بمحافظة طرطوس باستخدام النموذج GeoWEPP

رسالة قدمت لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير في الهندسة الزراعية اختصاص علوم التربة

إعداد الطالب

عبده عبدالله أحمد جسار

إشراف الاستاذ المساعد الدكتور

عمران الشهابي

قسم علوم التربة–جامعة دمشق

2014-2013

كلمة الشكر

كل الشكر بعد الله عز وجل إلى صاحب القلب الكبير واليد الحانية الكريمة، والروح المتواضعة الأستاذ المساعد الدكتور/ عمران الشهابي التي تفضل مشكوراً بالإشراف على هذه الرسالة، والتي غمرني وأحاطني برعايته ولازمني في كل مراحل إعداد هذا العمل، فلم يبخل علي بالتوجيه والنصح والتدقيق والمتابعة خطوة بخطوة، ولم يُكل أو يُمل من كثرة سؤالي له، كما كان له بصماته الواضحة ولمساته الفنية في إخراج هذه الرسالة بصيغتها النهائية، فله مني جزيل الشكر والامتنان.

والشكر موصول إلى أعضاء لجنة الحكم لتفضلهم بقبول قراءة الرسالة وتحكيمها وتقويم إعوجاجها ولجم شططها، وإلى أساتذتي الأجلاء في قسم علوم التربة، وقسم الهندسة الريفية، كلية الهندسة الزراعية الذين علموني ولم يبخلوا عليا بعلمهم، أولئك الذين مدو يد العون وقدموا الكثير في سبيل العلم والمعرفة لكم من الأعماق كل المحبة والأجلال والعرفان.

كما أتقدم بالشكر إلى عمادة كلية الهندسة الزراعية وإلى وكيلها العلمي الأستاذ الدكتور موسى عبود، وإلى رئاسة جامعة دمشق وإلى وكيلها العلمي سابقاً الأستاذ الدكتور ركان رزوق، وإلى مديرة مكتبه الأنسة فرح لما قدموه لي من عون ودعم في بدء التسجيل في الماجستير، كما أتقدم بالشكر إلى رئيسة فرع الطلبة العرب بجامعة دمشق المهندسة رجاء الصالح، وإلى رفيق دربي وصديقي رئيس الشعبة الطلابية العربية بجامعة دمشق الرفيق الدكتور معتز القرشي لما قدموا لي من تسهيلات وتذليل الكثير من الصعوبات والعقبات، كما أتقدم بالشكر الجزيل لدكتور محمد العبد الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، والمهندس مصطفى بهيئة البحوث الزراعية بدمشق، والمهندسة ليال بمديرية الزراعة محافظة طرطوس، والدكتور حسين إدارة الموارد المائية بمحافظة طرطوس لما قدموه لي من عون ولم يبخلوا عليا.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى جميع المهندسين والعاملين في قسم علوم التربة وأخص بالذكر المهندسة منال الحافظ على ما قدمت لي وما قدموا لي من مساعدة ونصح وتوضيح، كما أخص بالشكر أخي ورفيق الدرب المهندس ناصر الهزمي الذي لن أستطيع أن أفيه حقه من الشكر لأنه بحق أكبر من أية كلمات شكر.

كما لا أنسى كل من أهدني جزء من وقته أو حتى سأل عني يوماً ما، إلى كل الأسماء التي تحفظت فيها طوال الفترة الماضية ولازلت متحفظاً بها إلى اليوم وإلى الأبد، لكم من الأعماق ما لا أستطيع البوح به.

الإهداء

إلى روح والدي رحمه الله،،،

وإلى والدتي الحنونة من أبغي بعد رضا الله رضاها،،،

وإلى أخواني وأخواتي،،،

وإلى زملائي الذي جمعتني بهم أيام وفصول الدراسة،،،

وإلى جبل قاسيون إلى جارنا في الكلية،،،

وإلى الجيش العربي السوري، الأبطال في ملاحم الكرامة،،،

وإلى سوريا، إلى من كانت وما زالت قلعة الصمود وموطن الحضارات،،،

وأخيراً أنتِ وليس سواكِ،،،

,,,أهدي هذه الرسالة،،

فهرس المحتويات

التسلسل	المحتوى	رقم الصفحة
1	الملخص	4
2	أهداف ومبررات الدراسة	6
3	**الفصل الأول- المقدمة والدراسة المرجعية**	8
4	الانجراف المائي	11
5	الانجراف المائي للتربة في سوريا	12
6	أدوات قياس الانجراف المائي	15
7	الدراسة المرجعية حول استخدام نموذج GeoWEPP	17
8	**الفصل الثاني – منطقة الدراسة**	29
9	الموقع والمساحة	30
10	الظروف المناخية	31
11	خصائص التربة	32
12	الوضع الجيومورفولوجي	33
13	المصادر المائية	37
14	استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي	37
15	النشاط الاقتصادي لسكان الشيخ بدر	41
16	**الفصل الثالث – مواد وطرائق الدراسة**	42
17	**الفصل الرابع – النتائج والمناقشة**	72
18	**الفصل الخامس – المقترحات والتوصيات**	114
19	**المراجع العربية والاجنبية**	125

الملخص:

يُعد الانجراف المائي للتربة عاملاً رئيسياً من عوامل تدهور الأراضي في المنحدرات الساحلية في سورية، ويمثل على المدى البعيد تهديداً حقيقيا للبيئة والموارد الطبيعية من تربة ومياه وغطاء نباتي، حيث يحصل ضياع كميات كبيرة ذات أهمية من العناصر المغذية والمادة العضوية من الطبقة السطحية للتربة ثم تترسب في النهاية على الطرقات والآبار والمجاري المائية.

لذا يتطلب الحد من هذه المشكلة المعرفة بمعدلات الانجراف المائي وفهم العوامل (خصائص كل من التربة والنبات والمناخ والطبوغرافيا) والعمليات الميكانيكية والهيدرولوجية التي تؤدي لانجراف التربة، وهناك حاجة أيضا لفهم كيفية تفاعل تلك العوامل والعمليات معاً ليصار إلى التقليل من فقد التربة، وبالطبع لا يعد فهم ظاهرة الانجراف أمرا سهلاً في الظروف الطبيعية لاسيما إذا كانت المنطقة معقدة من حيث التربة والتضاريس ومتنوعة الغطاء النباتي كما هو الحال في ظروف الساحل السوري ومنها منطقة الدراسة–الشيخ بدر التي تقع في الشمال الشرقي من محافظة طرطوس، لذا جاءت هذه الدراسة لإلقاء الضوء على جانب مهم من جوانب صيانة التربة وهو الانجراف المائي، من خلال تطبيق النموذج GeoWEPP الذي يعمل ضمن بيئة برنامج ArcGIS، لدراسة الانجراف المائي للتربة في منطقة الشيخ بدر– طرطوس والتي تم اختيارها بناء على دراسات سابقة أجريت على الساحل السوري (CoLD، 2004)، تم في هذا الدراسة تجميع البيانات اللازمة لتشغيل البرنامج (بيانات المناخية، بيانات تربة واستعمالات اراضي، خرائط التربة، خرائط استعمال الاراضي، خريطة DEM30، صورة فضائية لمنطقة الشيخ بدر) ومن ثم معالجة هذه البيانات ومجانستها مع بعضها ليصار إلى إجراء محاكاة سنوية للانجراف المائي باستخدام النموذج GeoWEPP، حيث أظهرت نتائج المحاكاة من خلال نموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة في منطقة الدراسة، أن كمية التربة المنجرفة ترتفع في بعض المناطق إلى 35.1 ط/هـ/سنه وفي مناطق الاخرى يقل هذا المعدل ليصل إلى 0.8 ط/هـ/سنه، وأن المناطق الأكثر عرضة للانجراف هي المناطق الجنوبية والشمالية الغربية من مدينة الشيخ بدر والتي أطلق عليها المناطق غير المستقرة وتمثل ما نسبته 38% من المساحة الكلية حسب ما ورد في التقرير **COLD** (2004)، كما أثبتت النتائج كفاءة وفعالية نموذج GeoWEPP في دراسة ظاهرة الانجراف المائي لتخطيط صيانة التربة وحفظ المياه في منطقة الدراسة بخاصه، والساحل السوري بعامه.

Abstract:

The water erosion of the soil is a major factor of the land degradation factors in the coastal cliffs in Syria, and it represents a threat to soil, water, plants and the environment in the long run, where it gets the loss amounts importance of nutrients and organic matter in the surface layer of the soil and then deposited in the end on the roads, wells and waterways.

For a reduction from the problem requires the knowledge about the water erosion rates and an understanding of the factors (the characteristics of each of the soil and the plant, climate and topography) and mechanical and hydrological processes that lead to the soil erosion, and there is a need to understand the interaction between these factors and processes together that cause soil loss, and understand Erosion phenomenon is not easy in natural conditions especially if the region is complex from where Soil, topography, and multi vegetation cover as like the Syrian coastal conditions so this study came to shed light on an important side from the soil conservation sides, it is the water erosion, from through GeoWEPP model application that works within an program arcGIS to studying of water erosion of the soil in the Sheikh Badr Region-Tartous, and Which have been chosen it on the basis of previous studies conducted on the Syrian coast (COLD, 2004),in this study collected the necessary data (Climatic, soil, landuse Data , soil, landuse Maps, Digital Elevation Model Map, satellite image to the Sheikh Badr Region) to run the GeoWEPP Model and then data processing and homogenized with each other to be made the annual simulation to the water erosion using the GeoWEPP Model, the results showed that the most area prone to erosion are the south-east and north-west of the study area which called the unstable regions and representing 38% of the total area according to the COLD report(2004).

The simulation results showed that the amount of soil loss in the some areas is high about 35.1 t /ha /yr and in the areas other is low up to 0.8 t /ha /yr, and that the most vulnerable areas the drift is the south and north-western region of the study Region, which was called the unstable regions and representing 38% from the area total as stated in the report CoLD (2004), as the results proved the efficiency and effectiveness of the GeoWEPP Model in studying of water erosion of the soil for soil & water conservation in the study Region are particular, and the Syrian coast in general.

أهداف ومبررات الدراسة

أ. **مبررات الدراسة:**

1. تعرض مناطق كثيرة في سورية للانجراف المائي وخاصة المناطق الساحلية التي تمتاز بمعدلات هطول مرتفعة، اضافة لضرورة متابعة ومراقبة المناطق المعرضة للانجراف المائي والحد منها.
2. غياب شبكات مراقبة الانجراف المائي والتي تعتمد على قياس كمية التربة المنجرفة حقليا في الأماكن الأكثر عرضة للانجراف.
3. قلة الدراسات في سورية حول الانجراف المائي سواء قياسات حقلية أو نمذجة.
4. تحديد المساحات الأكثر تأثراً بالانجراف المائي وكمية التربة المنجرفة سنوياً في تلك المنطقة وإظهار القيمة المضافة التي يقدمها النموذج GeoWEPP عن التقرير CoLD(2004) والتي تمكن من إدارة أفضل للمسقط المائي بمنطقة الدراسة.
5. للقيام بعمليات صيانة التربة ننطلق بداية من تقييم وتطوير شبكات الرصد والمراقبة وكذلك تطبيق النماذج الفيزيائية.
6. تمكن الدراسات على مقاييس كبيرة (مساقط مائية) من وضع تصور لتأهيل المساقط بحيث يخفف من الانجراف المائي للتربة واقتراح الطرائق المناسبة لتأهيل هذه المساقط.

ب. **أهداف الدراسة:**

1. التقييم الكمي للانجراف المائي للتربة في منطقة الدراسة (الشيخ بدر) باستخدام النموذج GeoWEPP، نظراً لتعرض مناطق كثيرة من منطقة الدراسة للأنجراف المائي نظراً لمعدلات الهطول المرتفعة.
2. إظهار القيمة المضافة التي يقدمها النموذج GeoWEPP عن التقرير CoLD(2004) وذلك من خلال دراسة التوزع الزماني والمكاني لكميات التربة المنجرفة في وحدة مساحة المسقط المائي لمنطقة الدراسة، والتي تمكن من إدارة أفضل للمسقط المائي.
3. التحقق من معطيات النموذج GeoWEPP من خلال مقارنة نتائج المحاكاة لظاهرة الانجراف المائي للتربة بواسطة النموذج GeoWEPP بنتائج معادلات رياضية و دراسات سابقة.

4. اقتراح بعض السيناريوهات المناسبة للتغلب على مشكلة الانجراف المائي للتربة في المناطق الأكثر عرضة للانجراف واختبارها باستخدام النموذج GeoWEPP من أجل صيانة التربة.

الفصل الأول

المقدمة والدراسة المرجعية

Introduction & Review Study

المقدمة

تعتبر التربة أحد أهم الموارد الطبيعية إن لم تكن أهمها على الاطلاق، وإذا اعتبرنا أن الغذاء والكساء هما أساس الحياة، فلا حياة بدون تربة (حبيب،2008).

وبمعنى مرادف فإن التربة توفر أسباب بقاء الحياة، حيث تمد النباتات ومن خلالها الحيوان والانسان بعناصر التغذية المعدنية، كما تلعب أدوار بيئية رئيسية متعددة وهامة للغاية (أبو نقطة، فلاح،2004).

ينظر الكثير إلى التربة كمورد طبيعي محدود على الرغم من أنه متجدد، وذلك لأن الزمن اللازم لاكتمال تكونيها وتطورها يعتبر طويلاً جداً وبخاصة إذا ما قورن بعمر الانسان، تحتاج الترب الحديثة مثل الترب البدائية إلى حوالي 100 سنة لتكونيها، بينما تحتاج الترب الناضجة مثل الترب الطينية Alfisols والبدزولية Spodosols إلى حوالي 1000 سنة أما الترب القديمة مثل ترب Oxisols و Ultisols فقد تحتاج إلى 10000 سنة أو أكثر لتكوينها (حبيب،2008).

في حين تتعرض جميع الترب منذ تكوينها للإنجراف بواسطة الرياح والمياه وكان دفاع الانسان على مر العهود عن أراضيه أمراً طبيعياً لاسيما عندما اكتشف أهميتها في تأمين غذائه ومرعى لحيواناته، إلا أن زيادة حاجة الانسان إلى الغذاء والوقود والمرعى أدى إلى زيادة استثمار أراضيه، مما تسبب بحصول أخطاء كبيرة في استغلال الموارد الطبيعية ومنها المراعي والغابات خصوصاً من دون أن يدرك أهمية التوازن البيئي والتفاعلات البيولوجية بينها، الأمر الذي أدى في نهاية المطاف إلى تصحر مساحات شاسعة، كان أول مظاهرها تعرية الغطاء النباتي واشجار الغابات ثم انجراف التربة الزراعية الخصبة، مما اضطر الأنسان إلى الهجرة تاركاً خلفه أراضي أخرى خصبة ليمارس عليها الممارسات الخاطئة نفسها، لقد ثبت على مر العصور وفي عصرنا الحاضر أن تدهور الاراضي والزحف الصحراوي في مختلف مناطق العالم خصوصاً في الوطن العربي أديا ويؤديان إلى انحسار البقعة الزراعية وتدني في معدل كميات الانتاج، إضافةً إلى ما ترتب على ذلك من كوارث طبيعية وفيضانات وأعاصير ومجاعات وفقر وحروب اقتصادية (سعد،1994) .

كل ذلك دفع علماء الطبيعة والزراعة العاملين في تحقيق الأمن الغذائي وحماية الأراضي من الزحف الصحراوي إلى وضع دراسات كثيرة اعتمدت مبادئ تصنيف الأراضي على أساس صفات التربة ودرجة

خصوبتها والظروف المناخية لكل منطقة ونسبة الزيادة، وتجدر الاشارة هنا إلى أن الانسان لم يقف في العصور القديمة أزاء هذه الكوراث مكفوف اليدين، بل استخدم طرقاً مختلفة واساليب لحماية ارضه من التدهور والانجراف والحول دون حصول الفيضانات، فأقام المصاطب والمدرجات في المناطق الجبلية والسدود التعويقية لتخفيف سرعة جريان الامطار على مساحات واسعة لتأمين نفاذها إلى أعماق التربة ولتغذية اليانبع والانهار، وعلى رغم الجهود المبذولة في مكافحة التصحر وتدهور التربة بمختلف الوسائل والامكانات المحدودة لدى الدول والشعوب، يجب عدم التفاؤل كثيراً حيث أن مظاهر انجراف التربة وتعرية الاراضي وامتدادها على مساحات شاسعة من الاراضي لا تزال قائمة، ونخص منها الدول ذات المناخ الجاف وشبه الجاف (سعد ،1994).

حيث تؤدي التعرية إلى فقدان التربة وتغير تركيبها الكيميائي والفيزيائي وخواصها المائية، ويعد انجراف التربة بنوعية المائي والريحي من المشاكل البيئية التي تهدد القطاع الزراعي، ففي كل عام تجرف مياه الامطار أكثر من 75 مليون طن من التربة المنتجة، وإذا أستمر الانجراف بهذا المعدل فإن مجموع الاراضي المنتجة في العالم التي يتوقع استصلاحها والمقدرة بأكثر من مليون هكتار لن تكون سوى تعويض للمفقود من الأراضي التي سيتم تعريتها خلال تلك الفترة وليس هناك أي طريقة عملية يمكن بها الاستعاضة عن التربة المفقودة إذ يحتاج تكوين طبقة من التربة سمكها 2.5 سم عن طريقة التجوية مدة زمنية بين 100 و200 عام تبعاً لنوع التربة بينما لا يستغرق زمن تعرية نفس السماكة أكثر من 10 سنوات (المجو،2011).

يطلق مصطلح تعرية التربة Soil Erosion على مختلف العمليات التي تؤدي إلى تراجع في خصوبة التربة وإلى تدهور في الحالة البنائية وتغير قوامها الميكانيكي، والتعرية هي عملية فيزيائية ناجمة عن تأكل ونزع الطبقة السطحية من الأراضي بالفعل الميكانيكي للرياح والامطار تليها عمليات نقل للمواد الترابية عن مكانها الأصلي حيث يعد المناخ والغطاء النباتي من أهم العوامل المؤثرة في التعرية (المجو،2011).

الأنجراف المائي:

يعُرف بأنه ازاحة جزء من مكونات التربة ونقلها إلى أماكن أخرى بفعل مياه الامطار والسيول، ويقسم إلى انجراف تناثري، صفائحي، أخدودي، خندقي، و مجاري السيول. يتعلق قدرة الهاطل المطري على جرف التربة بحجم القطرة، الشدة المطرية، تكرار العاصفة المطرية وطول فترتها، درجة الانحدار، طول وشكل المنحدر والخصائص الهيدروفيزيائية للتربة كما أن لخصائص التربة الاخرى وطريقة استخدامها ونسبة غطائها النباتي تأثير كبير أيضاً، أذ تتهدم المجموعات الترابية نتيجةً لتكرار صدمها ميكانيكاً بقطرات المطر، فالقطرات الاولى ترطبها والقطرات التالية تشبعها والذي يحدث هو أن الهواء يحتجر من قبل الماء، فيشكل داخلها ضغطاً كبيراً نسبياً، مما يضعف من قوى التماسك بين مكوناتها فتصبح هشة وضعيفة فتتشقق لتحطمها القطرات التالية بسهولة، فتتفرق إلى حبيباتها الأولية، وهذه الاخيرة تكون قابليتها للانجراف كبيرة بسبب خفة وزنها، وهنا تبدأ المرحلة الثانية وهي الانتقال بمياه الجريان السطحي الذي يتشكل بعد فترة من الهطول المستمر، حبيبات التربة السطحية المبعثرة والمتفرقة تُحمل وتُرسب في النهاية في أماكن أخرى (يوسف على، 2009).

الانجراف إما أن يكون بسيطاً وأعتيادياً وفي هذه الحالة يحدث أنخفاض في خصوبة التربة دون فقد ملحوظ في مكوناتها ويعالج بالتسميد المتوازن، وإما أن يكون متسارعاً وهو الشكل الأخطر للتعرية ويحدث عادةً من جراء الفعل البشري وينشأ عنه فقد وخسارة التربة ولكي نعيد التربة إلى ما كانت عليه نحتاج إلى مئات السنين، حيث يرتبط ظهور التعرية المتسارعة بعدة عوامل طبيعية متداخلة هي: المناخ، التضاريس، التربة، النبت الطبيعي، وأخرى اجتماعية واقتصادية تتمثل بطبيعة الفعل البشري من حيث إدراة الأراضي والنظم الزراعية المتعبة، ويؤدي تداخل العوامل السابقة في منطقة ما أحياناً إلى تخفيف شدة التعرية وفي أحيان أخرى إلى تسريع عمليات تعرية التربة، تدعى عمليات التعرية التي تنشأ بفعل الامطار والسيول التعرية (الانجراف) المائية Water Erosion أما إذا حصلت التعرية بفعل الرياح سميت التعرية (الانجراف) الريحية Wind Erosion (المجو،2011).

حيث أُعتبر الانجراف المائي للتربة ومنذ زمن بعيد خطراً مهدداً لأستقرار الإنسان في بلدان عديدة من العالم، حيث ساعدت ظروف المناخ والموقع والطبيعية الطبوغرافية لمناطق معينة من تلك البلدان إضافةً

للممارسات البشرية فيها إلى ازدياد حدة هذه الظاهرة وتعدد أثارها السلبية، حتى أنها شكلت معاناة كبيرة للمزارعين المتضررين وتركت أثار نفسية سيئة لدى البعض منهم، مما أقلق حكومات بعض تلك البلدان فدعمت المزارعين المتضررين، وحاولت إيجاد الحلول لهذه المشكلة، والامثلة على ذلك عديدة، نذكر منها ما حدث في جنوب أفريقيا خلال القرن السابع عشر، حيث تم تشريع قانون يقضي برصد أموال سنوية لصيانة الأراضي المتضررة بفعل الانجراف المائي ولإقامة منشآت الحماية لها، كما قضى القانون بتقديم معونات مالية للمزارعين البيض المتضررين، وخلال القرن الثامن عشر حدث وأن هجر بعض المزارعين في الصين وسيريلانكا وهولندا والمكسيك اراضيهم التي تضررت بشكل كبير نتيجة تكرار حدوث الانجراف المائي فيها، كذلك فقد حدثت هجرات مماثلة في أستراليا وأمريكا وإيطاليا خلال القرن التاسع عشر بسبب تأثر المنازل والأراضي الزراعية التي تعرضت للإنجراف المائي بشكل كبير (يوسف علي، 2009).

الانجراف المائي للتربة في سورية:

يعتبر الانجراف المائي احد المشاكل الرئيسية في أماكن عديدة من القطر العربي السوري، إلا أن المنطقة الساحلية وبخاصةً الجبلية منها تعتبر الأكثر تعرضاً لهذه المشكلة على مستوى القطر، حيث الهطولات المطرية العالية، وتكرار حدوث العواصف الرعدية الشديدة، ونموذج الهطول السائد والمدعو بالانهمار، والمنحدرات الطويلة، إضافة لحساسية التربة الناتجة عن النشاطات البشرية الخاطئة، والانتهاكات والتعديات على الغابات وغيرها من الممارسات الخاطئة، والتي أسهمت في رفع معدلات الانجراف وخاصةً خلال العقدين الاخيرين (يوسف علي،2009).

كما يلعب المناخ السائد في سوريا الدور الرئيس في التأثير على الترب السورية من حيث اختلاف عوامله بين الساحل والداخل وعلى مدى مسافات غير طويلة، حيث يرتبط الانجراف والحت بالتوزع المطري وكمية الهطول واستجابة الترب لهذه العوامل، كما تُعد الأمطار في سوريا من أكثر العوامل المناخية المؤثرة في تدهور الأراضي بالانجراف، لأنها غالباً ما تسقط على شكل عواصف رعدية غير منتظمة الهطول والشدة، ووجود فترات جفاف طويلة سائدة حيث من الممكن أن تنجرف التربة خلال عدة دقائق بعد حدوث العواصف المطرية مما يؤدي إلى سيول غالباً ما تكون خطيرة، لذا فإن دراسة عمليات الانجراف من الناحية الكمية والنوعية، تُعد من الامور الهامة المرتبطة بتوسع وتطور الزراعة في سوريا(سلوم، 2012).

تتجاوز التربة المنجرفة 200 طن لكل هكتار سنوياً في الجبال الساحلية حيث تتواجد الأمطار الكثيفة والمنحدرات الشديدة و سطوح المنحدرات العارية (Nahal, 1984). وذكر هذا المعدل أيضاً تقرير الفاو في عام 1980، حيث أقرت منظمة الفاو بأن معدل فقدان التربة يترواح ما بين 50–200 طن/هكتار/ سنوياً في الجبال الساحلية حيث يكون الغطاء النباتي الطبيعي متدهوراً، و 10–50 طن/هكتار/سنوياً في الجبال الساحلية حيث يكون الغطاء النباتي الطبيعي أقل تدهوراً، و 10–50 طن/هكتار/سنوياً في السهول الساحلية.

إن عمليات انجراف التربة تحدث بشكل رئيسي في الأجزاء الجنوبية والشمالية حول مدينة القرداحة و في بعض المناطق الجبلية الشرقية والشمالية حيث تسود عوامل الانجراف الرئيسة كتساقط الأمطار الكثيف والجبال الجرداء والمنحدرات الشديدة الانحدار، إن هذه المناطق تمتلك أعلى معدل لإنجراف التربة وهو /275 طن/ لكل هكتار سنوياً.

وفقاً لما جاء في دراسة (Abed, 2000)، فإن انتشار وخطورة إنجراف التربة يحدث على الجبال العالية الشرقية والشمالية في محافظة اللاذقية حيث يوجد هطول مطري كثيف، جبال جرداء ومنحدرات شديدة، تقع هذه المناطق بالقرب من مدينة صلنفة وفي مناطق متفرقة شمال مدينة ربيعه وكذلك في بعض الأجزاء الشمالية من اللاذقية جنوب غرب منطقة كسب، وهذه المناطق تمتلك أعلى معدلات الانجراف (275 طن/هكتار/سنوياً)، أما بالنسبة للمناطق الأخرى التي تعاني من مشاكل الانجراف فهي تلك الأراضي الجرداء التي تقع إلى الشمال والجنوب من مدينة القرداحة بمعدل انجراف 275 طن/هكتار/سنوياً، بينما معدل الانجراف في منطقة السهل الساحلي يتراوح بين 0–50 طن/هكتار/سنوياً، أما في الجبال الشمالية يتراوح المعدل بين 10–70 طن/هكتار/سنوياً.

إن التعرية السطحية هي النوع السائد في المنطقة، أما التعرية الأخدودية والخندقية تتواجد بشكل محدود نسبياً في بعض البقع، بينما يمكن أن توجد الانزلاقات الأرضية على السفوح الشديدة الانحدار.

جاء في تقرير PAP/RAC1992 أن معدل انجراف التربة في الشريط الساحلي هو الأقل إذ لايتجاوز 30طن/هكتار/ سنوياً، وأن المناطق التي تقع شمال اللاذقية وفي المناطق بانياس، طرطوس البعيدة عن

الشاطئ صنفت على أنها تتعرض إلى انجراف متوسط أو قوي (30–60 ، 50–100 طن/هكتار/سنوياً على التوالي).

واستناد إلى خريطة تدهور الاراضي رقم (5) التي وضعها المركز العربي 1991 م فإن حوالي 6% من مساحة القطر السوري معرضة للانجراف بالمياه، وتشير بعض الدراسات لمواقع مختارة من محافظة اللاذقية إلى ان المعدل الاقصى لفقد التربة هو كالتالي:

- في حال وجود الغطاء الغابوي يتراوح معدل فقد التربة من 10 – 60 كغ/هكتار/سنه وذلك تبعاً لدرجة الانحدار وكمية الهطول المطري.
- في حالات الغابات المحروقة فإن فقد التربة يتراوح بين 200– 2250 كغ/هكتار/سنه.
- في حالة الاراضي الزراعية فإن فقد التربة يتراوح بين 960 – 3280 كغ/هكتار/سنه.

إما بالنسبة لمحافظة طرطوس فقد قدر الانجراف المائي في عام 1994 م من خلال بعض التجارب بحوالي 200 طن/هكتار/سنه (يوسف علي،2009).

أما مساحات السهول فلا تزال غير متأثرة والجدول التالي يبين مساحات تدهور التربة – إجمالي مساحة سورية 18.5 مليون هكتار منها 6.15 مليون هكتار أراضٍ زراعية و8.2 مليون هكتار مراعي.

جدول(1): مساحات تدهور التربة في سورية حسب((إدواردز جونز،2002))

نوع التدهور	درجة التدهور (الف هكتار)			إجمالي المساحة (الف هكتار)	نسبة مئوية من مساحة القطر
	خفيف	متوسط	حاد		
حت المياه	902	127	29	1058	5.2
حت الرياح	1210	380	30	1620	8.7
تراكم الرمال	11	267	130	408	2.2
التملح	15	20	90	125	0.6
الإجمالي	2138	794	279	3211	17.3

كما أشارت بعض الدراسات الحديثة حول انجراف التربة في المناطق الساحلية السورية تتراوح بين 50 و 200 طن للهكتار، بسبب تخريب الغطاء الحيوي الذي يحمي التربة في المناطق شبه الرطبة (المجو،2011).

ومن خلال دراسة تأثير النسيج لبعض الترب السورية اتضح مدى مقاومة الحبيبات الكبيرة في حجمها للانجراف المائي، وذلك نتيجة لزيادة وكبر القوى المطلوبة لتحريكها، وفي الجانب الاخر فإن مقاومة الحبيبات الصغيرة في أقطارها (الطين) تكون كبيرة أيضاً نظراً لقوى التماسك بين هذه الحبيبات وعلى ذلك فالحبيبات الاقل مقاومة هي حبيبات السلت والرمل الناعم، لذلك فالتربة المحتوية على 40 – 60% سلت هي أكثر قابلية للانجراف، وفي نفس الوقت فإن قدرة التربة الرملية على رشح الماء خلال طبقاتها تقلل من قيم الجريان السطحي، ومن ناحية أخرى الترب الطينية تتميز بأنخفاض معدل الرشح، فضلاً عن طبيعة الطبقة التحتية التي تعيق الرشح، وبالتالي تصبح هذه التربة قابلة للانجراف المائي خاصةً في وجود بناء غير ثابت كما هو الحال في منطقة الشيخ بدر (تربة ثقيلة القوام)، أما في حال وجود بناء جيد فإن مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء تصل إلى نحو 85% من ماء المطر وحتى درجة انحدار 17% مما يقلل من فرص حدوث الانجراف المائي لذا فإن عملية الانجراف المائي تفقد التربة مصادرها الرئيسية للخصوبة لذا من الضروري الانتباه لهذا الجزء الناعم من التربة لحفظ التربة وصيانتها من التدهور والانجراف (سلوم،2012)، حيث لا يوجد مساقط مائية مجهزة لقياس الانجراف المائي ولا يوجد تجهيزات لقياس الجريانات المائية بشكل عام.

أدوات تقدير وقياس الانجراف المائي:

لقد شغلت مشكلة الانجراف المائي للتربة أهتمام الباحثين منُذ أواخر القرن الثامن عشر إلا أن جهودهم أقتصرت وحتى أواخر القرن التاسع عشر على إيجاد بعض الطرائق لصيانة الأراضي وحمايتها من أخطاره، ومع بدايات القرن العشرين ولأدراك العلماء بأن خطط صيانة الأراضي والمياه وإقامة المنشآت لحمايتها من الانجراف المائي للتربة يتطلبان معرفة بمعدله وبالعلاقات بين تلك العوامل المسببه له، فقد انطلقت تجارب حقلية واسعة في العديد من الدول الاوربية وأمريكا وبطرائق متعددة، حيث تم دراسة الانجراف المائي للتربة على قطع تجريبية صغيرة (small plot) ومتوسطة (USLE plot) وكبيرة (Lager plot)، يتم فيها قياس

معدل الجريان السطحي وتقدير التربة المنجرفة ومن ثم جمع البيانات الناتجة وتطبيق المعادلات الرياضية التجريبية لتحويل البيانات إلى محاكاة واقعية للأنجراف، وأخيراً تم نمذجة الانجراف المائي (النمذجة هي تحويل أي حالة إلى نموذج وعلاقة رياضية ولها طريقتان نمذجة إحصائية أخذت مدخلات ومخرجات (input, output)، ونمذجة فيزيائية أي سلوك المادة بشكل فيزيائي) وتقسم النمذجة إلى ثلاثة أقسام:

1. نمذجة إحصائية تجريبية، استخدام المعادلة العامة للانجراف المائي للتربة USLE .

$$A = R . C . S . K . L . P$$

حيث :

A كمية التربة المنجرفة طن/ هـ ، R عامل يتعلق بقدرة الهاطل على جرف التربة ، C ثابت يتعلق بخصائص النبات ، K عامل يتعلق بقابلية التربة للأنجراف ، S عامل يتعلق بدرجة الانحدار ، L عامل يتعلق بطول المنحدر ، P عامل يتعلق بمنشآت الصيانة والحماية.

2. نمذجة فيزيائية باستخدام البرامج الحاسوبية كـ: EPIC, AGNPS, ,GeoWEPP, WEPP KINERSO, EURSEM, LIESM, SWAT, WATEM, ANSWERS, SWRRB, RUSIE, .CREAMS

3. نمذجة مختلطة وهو مزيج بين النوعين الفيزيائي والاحصائي: دراسة الانجراف المائي باستخدام النموذج .WEPP وعلى قطع تجريبية صغيرة (small plot) مثلاً، ومن ثم حساب كمية الراسب باستخدام المعادلة العامة للإنجراف المائي من القطع التجريبية ومقارنة النتائج مع النتائج المتوقعة من خلال نموذج WEPP.

الدراسة المرجعية حول استخدام نموذج GeoWEPP:

طورت العديد من الأدوات في أواخر القرن العشرين محاولة للتنبؤ بكميات الانجراف، من هذه الأدوات نموذج GeoWEPP & WEPP للعمل سوياً، بهدف تزويد المستخدم بالمعلومات الضرورية والمخططات الرسومية لتحديد أي مساحة ضمن المسقط المائي معرضة للانجراف.

.WEPP و-GeoWEPP نماذج فيزيائية تقوم بحساب وتوصيف الجريانات والانجرافات المائية للتربة من خلال معادلات رياضية والنتائج المتوقعة هي كمية التربة المنجرفة والمترسبة على كافة أطوال المنحدرات وكذلك الراشح إلى عمق التربة، حيث يتعامل النموذج .WEPP مع منحدر أو عدة منحدرات يتم تمثيل كل مساحة متشابه منها بمستطيل توصف على حدة وتصب في شبكة خنادق، وتوصف الخنادق بميلها، بغطائها النباتي، بطبيعة التربة والهطولات المطرية وتصب في المجمع النهائي (الخندق العام)، بينما نموذج .GeoWEPP المطور عن النموذج .WEPP يأخذ المسقط المائي كشبكة مؤلفة من مساحات صغيرة كل مساحة يتم توصيفها من حيث الميول، التربة، الغطاء النباتي والهطولات المطرية، هذه المساحة تصب في مساحة اخرى أو العكس، في نموذج GeoWEPP يتم دراسة الجريانات التراكمية والانجراف والترسيب التراكمي وفيه الدقة أكبر ولكن بشرط وجود بيانات أكثر دقة وتفصيل.

تم تطوير نموذج GeoWEPP عن WEPP من خلال ادخال تحسينات على النموذج بحيث يعمل لاحقه (extension) ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS بمساعدة النموذج الاساسي WEPP وبرمجية TOPAZ و NET Framework وتم تجريب النموذج على تجارب كثيرة في كثير من الولايات الامريكية ومن ثم استخدامه في مناطق أخرى من الولايات الامريكية ومقارنة النتائج مع الملاحظات والمشاهدات الواقعية لتأكد من دقة وصحة النتائج المتوقعة من خلال النموذج، وكان أداؤه جيد، وبذلك تم تصديقه ليصبح نموذجاً أساسياً لدراسة الانجراف المائي والجريان السطحي ومحصلة الراسب في الولايات المتحدة الأمريكية، ولاحقاً تم تطويره ليشمل معظم أنواع المناطق في العالم وبذلك وضع في الاستخدام العالمي، وبالفعل فقد تم استخدم نموذج GeoWEPP من قبل باحثين في كثيراً من بلدان العالم، وقد نجح في الكثير منها ولقي استحسان، ونسرد فيما يلي بعض نتائج الدراسات والابحاث التي استخدم فيها نموذج GeoWEPP:

بين (Renschler,2002) أن صناعة قرار عملي لتقييم التوزع البيئي المكاني لأي ظاهرة يستند على النماذج العملية البيئية المرتبطة بنظم المعلومات الجغرافية، وأن توفر الحواسيب الشخصية القوية وأدوات التقييم المفتوحة والانترنت تتيح للكثير دخول واستخدام النماذج البيئية والبيانات الجغرافية المكانية، وأن تطوير نموذج مشروع التنبؤ المكاني بالانجراف المائيGeoWEPP، بواجهة مستخدم رسومية مرنة GUI يهدف إلى تطبيق النموذج عبر مدى واسع من المقاييس الزمانية والمكانية، للاستفادة من البيانات الجغرافية المكانية المتوفرة والجاهزة لمتغير عالي الدقة والانضباط والتواصل مع طيف متنوع من المستخدمين مع مستويات مختلفة من الخبرة، حيث يلعب تطوير الواجهة الجغرافية المكانية لنموذج GeoWEPP دوراً أساسياً في تسهيل التواصل الفعال بين الأداة المطورة والمستخدمة من خلال البيانات ومستويات النموذج.

كما تؤكد منهجية WEPP,GeoWEPP بأن هناك ضرورة ملحة لتطوير أطار عملي وعلمي من أجل تصميم وتنفيذ واستخدام أدوات تقييم نموذج جغرافي مكاني، بالاضافة لاقتراح أطار ونطاق نظري يؤدي لمنهجية عملية لوصلات جغرافية مكانية مطورة لعمل النماذج كنقطة انطلاق ومن ثم تحديد الاحتياجات من البيانات التي تساعد في قياس ودراسة الظاهرة.

كما أوضح (Renschler, et al,2002) من خلال دراسة قدمت في مؤتمر علمي بمدينة شيكاكو الامريكية أنما يشغل أهتمام مسئولية صناع القرار على مستويات مختلفة، هو تقييم حدة وتوزع انجراف التربة، لذا يسعى صُناع القرار لإيجاد حلول لأدارة الاراضي لهذا النوع من المشاكل، فكان الطلب الأعلى هو الربط بين نماذج تقييم الانجراف ونظم المعلومات الجغرافية على مختلف النطاقات المكانية والزمانية، بحيث ينتج نموذج محاكاة مستمر يسمح بمحاكاة الجريان السطحي وانجراف التربة في المسيلات المائية والمنحدرات ضمن المساقط المائية الصغيرة والكبيرة، كما أن استخدام المعلومات المكانية المتوفرة خرائط طبوغرافية، صور جوية، خرائط DEM، بيانات استعمال اراضي، بيانات مناخية وبيانات تربة، يساعد في تقييم مختلف إجراءات استعمالات الاراضي من أجل تخطيط صيانة التربة وحفظ المياه.

أشار(Covert,2003) من خلال نتائج دراسة بعنوان دقة النموذج GeoWEPP في تقييم الانجراف المائي للتربة على ثلاث مناطق قطع وحريق في أحدى غابات ولاية Idaho الامريكية، أن نموذج .GeoWEPP لديه أمكانية لنمذجة الانجراف المائي للتربة بإدماج بيانات الارتفاع الرقمية، أضافةً إلى أن دمج خوارزميات نموذج WEPP/TOPAZ التي تمثل تربة الغابة تجعل نتائج تنبؤات النموذج GeoWEPP مقبولة، حيث

قام بمراقبة الثلاثة المناطق الصغيرة في الغابة والتي مساحتها تتراوح بين(2- 9 هكتار) الواقعة في المنطقة الشمالية الغربية الداخلية للغابة لعدة سنوات بعد قطع الاخشاب والحرائق، حيث كان عوامل الموقع الملاحظة هي تغيرات المناخ كقيم قدرة الهاطل المطري على جرف التربة، النسبة المئوية لغطاء الارض، طول المنحدر وشدة الانحدار، ثم مقارنة النتائج الشهرية الملاحظة بالإجمالي السنوي الملاحظ لكامل المسقط، ثم مقارنتهما بتوقعات النموذج GeoWEPP، حيث أعطت القيم السنوية للجريان السطحي والتربة المنجرفة بواسطة النموذج GeoWEPP نتائج جيدة مقارنةً بالقيم الشهرية والسنوية الملاحظة للمناطق الثلاث المدروسة.

وجد كلاً من(Elliot & Foltz,2003) من خلال دراسة التحديات التي تواجة تطوير النموذج GeoWEPP على العديد من الجداول المائية لبعض مساقط الغابات الامريكية، أن أي نشاط في الغابة كالقطع والنقل يؤثر سلباً على الجداول المائية في الغابة، وتكون هذه الاضطرابات موزعة على كل من الوقت والمكان، ربما يؤثر الاضطراب في السنة الاولى بشكل أقل على سلامة الموارد المائية في المسقط المائي الغابي، ولكن إذا أضيف الاضطراب في السنة التالية إلى السنة الاولى وأضيف الاضطراب في السنة الثالثة إلى السنة الاولى والثانية معاً ربما يكون التأثير الكلي ضار على سلامة الموارد المائية في المسقط المائي الغابي، لذا يُسهم تطبيق النموذج .GeoWEPP مع أدوات نظم المعلومات الجغرافية في تقييم تأثيرات تراكمات النقل والقطع على الغابة وزيادة نشاط الإداريين في تحديد تأثير كلاً من القطع والنقل على الأماكن الاكثر عرضة لأنجراف التربة الغابية وتطور الغطاء الغابي.

أجرى (Amber Moore,2004) دراسة على مواقع البناء والتشييد بواسطة النموذج GeoWEPP في شمال كارولينا North Carolina الامريكية، بهدف تطوير مؤشرات موقع البناء المستقر للتحقق من صحة تنبؤ النموذج بالانجراف المائي في مواقع البناء والتشييد، حيث أشارت نتائج الدراسة إلى الإداء الجيد لنموذج GeoWEPP في التنبؤ بمحصلة الراسب والجريان السطحي ولكن يحتاج تطبيق النموذج GeoWEPP لإجراء دراسات عديدة بمواقع بناء وتشييد أخرى كونها الانجراف المائي فيها أعلى منه في الاراضي الزراعية لتوسع بالنتائج والتحقق من مصداقية النموذج في الأداء.

يرى كلاً من (Minkowski & Renschler,2005) من خلال دراسة بعنوان: تمثيل العمليات والخصائص البيئية على موازين مختلفة، إن لدى أدوات النمذجة والتحليل المكاني حدود في تمثيل أدق للعمليات والخصائص البيئية على نطاقات مختلفة، اضافةً إلى أن الطريقة التي يتم فيها جمع البيانات البيئية

ومعالجتها وتمثيلها في المجال الأرضي غير كافية لتمثيل التباين الزمني والمكاني الطبيعي الصحيح، لذا يجب المحاولة لتنفيذ مخطط تحجيم البيانات المطورة حديثاً في نظم المعلومات الجغرافية، وإعداد نموذج بيئي يراقب التدفق ويحسن نقل المعلومات من خلال التقليل من التشويش في المجال الرقمي ما أمكن، ومع ذلك لابد من تحديد إذا بالضرورة التوصل لنتائج أفضل في استخدام النموذج GeoWEPP، حيث أن التواصل الفعال وفهم أهمية تجميع وتصنيف المعلومات للتحقق من صحة ونتائج المحاكاة هام جداً.

من النتائج التي حصل عليها كل من (Baigorria.G.A, et al,2006) من خلال تقييم انجراف الأماكن الساخنة في مسقط Andean المائي–أمريكا لإظهار اداء الوصلة GEMSE، التي كاملت برنامج نظم المعلومات الجغرافية مع النموذج GeoWEPP، أظهرت الرسوم التوضيحية الناتجة عن محاكاة الجريان السطحي والتربة المنجرفة بأن التوزع المكاني لهذه العمليات مع هذه الرسوم لا يعطي إجمالي الجريان السطحي والتربة المنجرفة على مستوى المسقط المائي، ولكنها تستخدم لتمييز المناطق الساخنة التي تساعد صناع القرار من تقديم التوصيات والمخططات للمحافظة على التربة والمياه.

إجرى كل من(Moore, et al,2007) دراسة أخرى في شمال كارولينا الامريكية باستخدام النموذج GeoWEPP على مساحة بناء وتشييد قدرها 4 هكتار بمراحل مختلفة من البناء حيث تم استبدال خصائص التربة السطحية والتحت سطحية أي تبديل التربة السطحية وتحت السطحية بهدف التنبؤ بالانجراف المائي للتربة في مواقع البناء والتشييد، والذي يمكن أن يكون انجرف التربة في أماكن البناء والتشييد أكبر من الحقول الزراعية، حيث لايزال ضئالة في نمذجة ظروف البناء والتشييد، ومن خلال مقارنة النتائج المتوقعة من قبل النموذج بالقيم الملاحظة للجريان السطحي ومحصلة التربة المنجرفة على الموقع تبين أن لدى النموذج GeoWEPP أمكانيات كبيرة للتطبيق في مواقع البناء والتشييد، ولكن هناك حاجة لدراسات أكثر صحة لتأكد من المصداقية والتوسع في النتائج الذي تم التوصل إليها.

أكد (Crumbley.T.A,2007) من خلال دراسة نمذجة انجراف التربة ومحصلة الراسب المنقول من المساقط المائية المحترقة جنوب كارولينا الامريكية، أن نماذج محاكاة الانجراف تساهم باختصار الوقت والمصادر المستهلكة لقياس تأثيرات ظاهرة ما، حيث تم تقييم إداء النموذج .GeoWEPP في التنبؤ بكمية التربة المنجرفة والجريان السطحي على مستوى حرائق منخفضة، متوسطة وعالية الكثافة في الغابة الصنوبرية Sumter بمنطقة Piedmont جنوب كارولينا، ومن ثم تم مقارنة نتائج محاكاة النموذج إلى

النتائج الملاحظة من خلال دراسات نفذت على مقاطعتي the enoree and long cane ranger، حيث أظهرت نتائج الدراسة أن النموذج GeoWEPP. أداة مفيدة لمدراء الاراضي من أجل التقييم والتنبؤ بتأثير الحرائق على انجراف التربة، كما أنتهت الدراسة بتوصيات تساهم بتطوير النموذج لتطبيقه في جنوب شرقي الولايات المتحدة الأمريكية، حيث المساقط المائية الغابية التي تزود بمياه عالية الجودة لسلامة النظم البيئية ومصادر المياه الجارية، والتي لسوء الحظ تشكل محصلة الرواسب المفرطة الناتجة عن النشاطات البشرية على المساقط المائية الغابية مصدر قلق لمسئولية مدراء الأراضي، في حين يعتبر حرق المخلفات الناتجة عن النشاطات البشرية هو العلاج الشائع تطبيقه في تلك الغابات وأصبح مهمة ضرورية تحت التهديد الوعيد لحمولات الرواسب العالية وأحداث عواصف عالية الكثافة من تغيرات استعمالات الاراضي والمناخ، كما أشارت الدراسة إلى العديد من الدراسات لتقييم تأثيرات الحرائق على عمليات الترسيب مع نتائج متضاربة نتيجةً لصعوبة قياس كمية الجريان السطحي والانجراف من مساقط مائية غابية محدودة الحريق بسبب التباين الهائل الكبير في هذه الانظمة، لذا يُعد النموذج GeoWEPP أداة مفيدة لتغلب على تلك المشاكل.

في حين أشاد (Carlson,2009) بفعالية النموذج GeoWEPP في محاكاة بعض الظواهر الطبيعة كظاهرة الانجراف المائي للتربة عندما قام بدراسة وتحليل معدلات الانجراف المائي للتربة في مزارع الشاي بـ Santa Barbara, Californian بعد الحرائق.

أظهر (*Renschler, ,2010*) من خلال دراسة دور التقنيات ومصادر المعلومات في تقييم خطر الانجراف المائي للتربة، حيث قال أن أكثر من 50 سنة مضت كان التنبؤ بانجراف التربة عملية يدوية مضيعة للوقت، ومع مرور الوقت تطورت هذه الطرائق بحيث تضمنت نماذج عملية مثل النموذج GeoWEPP، تعمل على محاكاة العمليات الطبيعية الهامة كالانجراف المائي للتربة، وتستطيع تزويد ودعم الإداريين بالتقارير والرسوم التوضيحية التي يحتاجونها للتنبؤ بانجراف التربة بعد الحرائق الهائلة والمعالجات البسيطة، حيث أن الاداة الجديدة المعروفة بالوصلة المكانية Geo-spatial. حسنت من أداء نموذج GeoWEPP من خلال الربط بنظم المعلومات الجغرافية وبالتالي الدخول إلى مصادر المعلومات الرقمية أي خرائط DEM والخرائط الطبوغرافية للتربة وخرائط استعمال الاراضي والغطاء النباتي والصور الفضائية، وبذلك تمكن المدراء من تحديد المشكلة وتقييم وتقدير حجمها ومن ثم التحليل ومعالجتها.

أكدت نتائج محاكاة النموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة والجريان السطحي في جداول مائية دائمة لأحدى المساقط المائية الغابية شرق ولاية تكساس والذي تقدر مساحته 4.41 كم^2 ما قبل القطع، بضرورة استخدام نموذج GeoWEPP في الجداول الدائمة للمساقط المائية للتحقق من الجريان السطحي ومحصلة التربة المنجرفة، شريطة تحسين قابلية النموذج لتأخذ بعين الاعتبار الانجراف والترسيب الذي يحدث ضمن القنوات خلال شروط التدفق الأساسية (Srivastava,2010).

أشار كلاً من (Srivastava.A, et al,2011) إلى أمكانية استخدام النموذج الفيزيائي GeoWEPP للتنبؤ بالجريانات السطحية للجداول والينابيع المائية وتقدير التربة المنجرفة بوحدة مساحة المساقط المائية، عندما قاموا بدراسة الانجراف المائي والجريانات السطحية بواسطة النموذج GeoWEPP على الجداول والينابيع المائية في غابة APNW – اللاسكا.

قام كلاً من (Minkowski & Renschler,2011) بتقييم تأثير حرائق البراري على انجراف التربة خلال تطوير GeoWEPP إلى GeoWEPP–BAER ودمج بيانات نظم المعلومات الجغرافية المتوفرة، المشاهدات الحقلية، بيانات الاستشعار عن بعد والصور الجوية، بحيث يسمح التصميم الجديد لنموذج GeoWEPP لأي مستخدم مهتم من استخدام النموذج مع تدرب بسيط، بهدف تطوير العمليات التي من شأنها محاكاة تأثير احتمال تآكل المناظر الطبيعية وبالتالي التخفيف قصير الأمد من تأثيرات الحريق في المنطقة ومحاولة لأستقرار المساحة المحترقة للحد من التأثيرات طويلة الأمد للحرائق على البيئة.

استخدام النموذج GeoWEPP كل من (Ellen Miller el al.,2011) للتنبؤ بانجراف التربة في بعض المنحدرات التلية بعد الحرائق في أراضي غابية إلى غرب الولايات المتحدة الامريكية، حيث أشارت نتائج الدراسة والتحليلات المؤكدة بأن تنبؤات النموذج GeoWEPP مفيدة جداً للتقييم ومعالجات أثر الحرائق على النطاق المحلي للغابة أكثر منها على النطاق الاقليمي، أضافةً أنه يفيد بمعرفة التحسنات النموذجية الادارية التي تجرى على الغابة.

تم تجريب النموذج من قبل (Roman el al,2012) في الولايات الشرقية الامريكية بهدف تطوير نماذج تدهور الاراضي لتُمكن من التنبؤ بالمتوسط السنوي لكمية الرواسب المعلقة وفقاً لخصائص الأحواض المائية الصبابة لأكثر المواقع النهرية الغير مؤمنة.

كما قام كلاً من (Flanagan, et al,2012) بتطوير مدخلات النموذج GeoWEPP من خلال دراسة بعنوان التطبيق المكاني للنموذج مشروع التنبؤ بالانجراف المائي للتربة (الخرائط الطبوغرافية، DEM، ملفات التربة، المناخ، الادارة)، بحيث تكون متوفرة وبصورة أكثر قابلية للأستفادة، اضافةً لواجهات نظم المعلومات الجغرافية arcGIS، بهدف الاستفادة اكثر من النموذج، ولا يزال العمل جاريا من أجل توسيع هذه الأدوات لتسمح للمستخدمين للتخصيص المدخلات الخاصة بهم عن طريق الإنترنت وربط GeoWEPP مع نظام GIS من خلال شبكة الإنترنت.

لاحظ (Conway,2012) من خلال تقييم الانجراف المائي والجريان السطحي لجداول غابة Dorado الوطنية– كاليفورنيا، ان إعادة تأهيل المروج الجبلية يؤدي إلى الحد من معدلات الترسيب ويحافظ على النظم البيئية ضمن الجداول والمساقط المائية، ويأتي تعافي المروج الجبلية من خلال تخفيف ذروة معدلات الجريان السطحي واستيعاب محصلة الراسب، في عام 2011 تم جمع بيانات الراسب من حوض Tells Creek مساحة 2319 هكتار لتقييم فيما إذا يمكن تمييز الاحواض واحد عن الأخر استناداً إلى مساحة المرج ومحصلة الراسب، قورنت النتائج محصلة الراسب والجريان السطحي مع النتائج المتوقعة من خلال محاكاة النموذج .GeoWEPP لفترة قدرها خمس سنوات، حيث زودت هذه الدراسة بالخصائص الهيدرولوجية الغير مدروسة سابقاً لصرف حوض Tells Creek في الغابة الوطنية الدو رادو–كاليفورنيا، اكدت النتائج مقدرة النموذج .GeoWEPP على محاكاة العمليات الهيدرولوجية في مساحة مساقط كبيرة مستخدمين كافة البيانات الجغرافية المكانية.

نفذ كلاً من (Lorenzo & Garcia ,2009) دراسة من خلال النموذج .GeoWEPP و برنامج arcGIS في مجاري مؤقتة لمسيلات مائية في المنطقة الجنوبية الشرقية الشبة قاحلة في أسبانيا للتحقق من صحة النموذج GeoWEPP في التنبؤ بالجريان السطحي ومحصلة التربة المنجرفة، وذلك من خلال تفحص جداول مائية مؤقتة للمسيلات المائية لأحدى السدود الواقعة ضمن حوض البحر الأبيض المتوسط من خلال طريقتي المسقط والمسيل المائي وباستخدام البيانات الخاصة بالمسقط المائي (المناخ، قدرة التربة على الانجراف، قابلية التربة للانجراف، الانحدار، نسبة التغطية، عمر أعادة شجر الصنوبر،..)، قورنت قيم التربة

المنجرفة ومحصلة الراسب المتوقعة من قبل النموذج مع قيم حجم وكتل الرسوبيات الملاحظة لسد، لوحظ أن لدى النموذج GeoWEPP كفاءة جيدة.

أجرى(Acharya,2011) دراسة بهدف تحليل التداخل بين الانهيارات الارضية الضحلة وانجراف التربة– نيوزلندا، للتحقق من منهجية النمذجة المتكاملة للجريان السطحي ومحصلة الرواسب بواسطة النموذج .GeoWEPP، ولفهم العلاقة بين الانهيارات الارضية الضحلة وانجراف التربة في منهجية متكاملة من جهة وتقييم تاثير تصميم خرائط الـDEM على النتائج المتوقعة من خلال النمذجة، حيث قدمت نتائج الدراسة من المختبر و المسقط المائي و النموذج، وتم استخدام جهاز المحاكاة المطري من أجل تجارب الانهيارات الارضية الضحلة وانجراف التربة مستخدم في ذلك تربة الرملية وتربة طينية سلتية على درجة انحدار 10، 30 ومنحدرات مثالية مستقر وعلى اعماق مختلفة للتربة، حيث تُراقب التغيرات في انحدار التربة بعد الانهيارات الارضية وتقاس وتراقب مباشرةً، كما تُسجل بواسطة كاميرا فديو كل دقيقة خلال الانهيارات الارضية وكل عشر دقائق قبل وبعد الانهيارات الارضية.

لاحظ كلاً من(Acharya, et al,2009) من خلال دراسة تطوير النموذج GeoWEPP للحد من انجراف التربة في المرتفعات والانهيارات الارضية في أستراليا، أنه من الضرورة إدخال تحسينات ملموسة على النموذج الفيزيائي من أجل محاكاة بعض الظواهر الطبيعية التي تؤدي لفقد التربة كالانهيار الارضي والانجراف المائي ومن ثم المعايرة والتأكد من صحة نتائج محاكاة النموذج من خلال مقارنتها مع الواقع المدروس، حيث لايزال الدراسة بواسطة النموذج GeoWEPP ولازال البحث جاري لتحسين محاكات مؤشر البلل للتربة ضمن المصب المائي من خلال الاستخدام الكلي للمحتوى المائي للتربة المستمد من طريقة المسيل المائي، وأخيراً يجري تطوير أدوات النمذجة للمساعدة في التنبؤ بالتغيرات الطويلة الأمد في محصلة الراسب بعد الانهيارات الأرضية بسبب التغيرات في الطبوغرافيا.

ولأختبار أداء النموذج GeoWEPP في المساقط المائية للغابات الصنوبرية الكورية من خلال قياس الجريانات من المساقط المائية للغابة وتحت درجة تغطية غابوية متنوعه (10%، 20%، 30%،40%،50%،60%،70%،80%،90%،100%) و الاستعمال الثابت للاراضي، فقد أشادة الدراسة

بإمكانية استخدم نموذج .GeoWEPP بشكل فعال للتحقق من خصائص ونشوء الجريانات في المساقط المائية الغابية الصنوبرية وتحت تأثير درجة تغطية متنوعة (Min Hwan Shin, et al,2011).

وجد كلاً من(Zheng Jinjun. at al,2012) من خلال نمذجة محصلة الراسب والتربة المنجرفة في مرتفعات حوض .Linshan الصغير بمنطقة .Sichuan جنوب غرب الصين للتنبؤ بنمط التوزع المكاني لأنجراف التربة ومحصلة الرواسب على نطاق الأحوض المائية الصبابة باستخدام النموذج GeoWEPP، بأن نتائج النموذج .GeoWEPP كانت معقولة وجيدة طبقاً لنمط التوزع المكاني لمحصلة الرواسب والتربة المنجرفة وذلك من خلال مقارنة النتائج المستلمة بواسطة مسح انجراف التربة بالاستشعار عن بعد مع نتائج المتوقعة بواسطة النموذج .GeoWEPP، وبنفس الوقت بينت النتائج بأن النموذج أداة مفيدة لتأسيس سياسة فعالة من أجل معالجة شاملة للأحواض الصبابة الصغيرة من الانجراف والترسيب للتربة وحفظ المياه حيث يمكن التقييم على النطاق المكاني والفترة الزمنية من خلال النموذج .GeoWEPP.

كما نفذت الحكومة الصينية مشروع بعنوان: تأثير البذر على انجراف التربة من أجل برنامج الغطاء الاخضر، برنامج إعادة بناء البيئة للمساعدة بالسيطرة على مشاكل انجراف التربة، ومن خلال تحليل نتائج البيانات المجمعة من 11 نظام نهري صيني الناتجة عن محاكاة نموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة، أظهرت النتائج انخفاض الجريان السطحي و تناقص انجراف التربة بشكل ملحوظ بسبب تحول المساحات من أراضي الزراعية إلى اراضي غابية، وعند مقارنة انجراف التربة والجريان السطحي للفترتين 2003–2007 و1998–2002 لوحظ انخفاضه 18% و45% على التوالي، وهذا ما يُؤكد كفاءة النموذج GeoWEPP في محاكاة الظواهر الطبيعية من جهة، و تأثير برنامج الغطاء النباتي من جهة لتحكم بالانجراف والتي ينتج عنه استفادة البيئة (Lei Deng, et al,2012).

أكدت نتائج دراسة (Elliot & Wu,2005) على بعض المساقط المائية في روسيا، أن هناك نماذج بيئية فيزيائية كنموذج GeoWEPP يجب توفرها، بهدف محاكاة وتقييم أثر بعض الظواهر الطبيعية كالانجراف المائي للتربة وكشف مصدر الرواسب والجريان السطحي من أجل أدارة أفضل للمساقط المائية من التأثيرات البشرية والطبيعية.

وجد(Puno.R,2013) من خلال دراسة حديثة بعنوان: تطبق نموذج GeoWEPP لمعرفة الجريان السطحي ومحصلة الراسب في مصب Mapawa. المائي في Lantapan,Bukidnon, Philippine، والذي كُرس هذا الموقع لأنتاج المحاصيل الزراعية، ويرتفع عن مستوى سطح البحر بمتوسط 1258م مع معدل انحدار من 0.5 إلى 75%، بان أداء النموذج GeoWEPP مرضي على الرغم من تطبيقه في مصب مائي مع زراعة مكثفه ومنحدرات حادة، حيث كانت نتائج الجريان السطحي ومحصلة الراسب المتوقعة بمتوسط 11121.0 م3 و11.2 طن على التوالي، ووجد أيضاً من خلال التحقق من كفاءة النموذج أنه في نطاق المقبول مع خطأ متوسط مربع الجذر (RMSE)، مؤشر موافقة(IA)، قيمة كفاءة معامل التحديد(R2)، للجريان السطحي 12153.80، 0.56 و0.93، محصلة الراسب قيم R2, IA, RMSE، 5.00، 0.95، 0.98 على التوالي.

لاحظ كلاً من(Ebrahimpour.M, et al,2011) من خلال دراسة بعنوان التكامل بين نموذج GeoWEPP. المطور و WEPP/TOPAZ. للتنبؤ بحمولة الراسب والجريان السطحي في المسقط المائي الاستوائي Lui، بـSelangor، ماليزيا، أن كفاءة النموذج GeoWEPP في تقدير حمولة الراسب أقل من كفاءته في تقدير الجريان السطحي ضمن مسيلات ومنحدرات المسقط المائي مقارنةً مع البيانات المقاسة والملاحظة على الواقع، مما يبرهن على قدرة النموذج GeoWEPP. على التنبؤ بالجريان السطحي بدقة أكثر من حمولة الراسب.

أكد كلاً من (YÜKSEL. A, et al,2006) من خلال دراسة الانجراف المائي للتربة في مسقط كرمان مراس–تركيا، أن النموذج GeoWEPP واحد من أغلب النماذج التي ليس فقط للتنبؤ بمحصلة الراسب ولكن أيضاً يحدد كم؟ وأين؟ يحدث أنتاج الراسب وأماكن الترسيب المحتملة، أضافةً إلى قدرة النموذج GeoWEPP للعمل ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية ArcView,ArcGIS، كما يُمكن مدراء المساقط أن يقررو اجراءت صيانة التربة وحفظ المياه المناسبة أستناداً على مخرجات النموذج النصية و الاشكال التخطيطية، حيث أشارت الدراسة إلى كفاءة نموذج GeoWEPP. وإن استخدام النموذج يزود مدراء أدارة المساقط المائية بشكل سريع بتقدير الراسب في المساقط الكبيرة بدقة عالية والذي تصل من 26 مسقط مائي رئيسي كمية كبيرة من عائد الراسب إلى الجداول، البحيرات، وخزانات السدود في تركيا.

كما أظهرت دراسة أخرى بمنطقة كرمان مراس من خلال تقدير محصلة الراسب والجريان السطحي والتربة المفقودة في مسقط Orcan Creek المائي عند مقارنة نتائج محصلة الراسب والجريان السطحي والتربة المفقودة بالنتائج الشهرية الملاحظة والتي جمعت من المسقط نفسه أن أداء نموذج GeoWEPP جيد كونه أعطى نتائج متوقعة جيدة للجريان السطحي والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المسقط المائي (Yuksel el al.,2008).

بين (Yildirim.Ü, et al,2012) من خلال تطبيق المعادلة العامة للأنجراف المائي للتربة ونظم المعلومات الجغرافية ومنهجية الاستشعار عن بعد خطر الانجراف المائي للتربة على مسقط أهسوني المائي، إلى أن استخدام نتائج النمذجة تمكن من تقديم النصح للحكومة المحلية بهدف وضع أولويات للتقليل من اثر الانجراف، في حين تُعد نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد والنموذج GeoWEPP ادوات واعده لتقييم وتخطيط خطورة انجراف التربة في مناطق كثيرة في تركيا.

أظهر(REİS.M, et al,2012) دور أساليب الصيانة الملائمة في حماية التربة من التدهور من خلال تطبيق النموذج GeoWEPP على نوعين من الاراضي في حوض كرمان مراس Kahramanmaras Keklik، النوع الاول ارض تم فيها اجراء الصيانة كالتشجير والاخرى لم يتم فيها اي اجراء صيانة والتي كانت تتعرض لرعي الجائر.

أجرى (Ahmadi, et al,2008) دراسة بعنوان: نمذجة الجريان السطحي ومحصلة الراسب في البيئات النصف قاحلة، بهدف تفحص كفاءة النموذج GeoWEPP للتنبؤ بالجريان السطحي ومحصلة الراسب على نطاق مصب مائي في منطقة نصف قاحلة–أورزان–أيران، استمرت المحاكات حتى 2005 في مسقط أورزان المائي، اشرت نتائج المقارنة بين القيم المتوقعة من قبل النموذج والملاحظة على الواقع بكفاءة النموذج GeoWEPP في التنبؤ بحجم الراسب وحجم الجريان السطحي، حيث كانت نتائج الملاحظة لمحصلة الراسب و الجريان السطحي متقاربة جداً من المتوقع من قبل النموذج، ولكن يفتقر النموذج GeoWEPP لبيانات الادخال لتشغيله والتي تُشكل تحدي هام في شروط ايران بخاصه، والمناطق النصف قاحلة بعامه.

وفي دراسة إيرانية أخرى بعنوان : تقدير فقد التربة باستخدام النموذج GeoWEPP التي يعمل ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS في مسقط Halahijan. المائي–محافظة خوزستان، واحدة من المناطق

الايرانية التي يسيطر عليها الانجراف المائي للتربة، والتي قورن فيها نواتج محصلة الراسب المتوقع من قبل GeoWEPP مع المقيم بواسطة نموذج لجنة الوكالات الجنوبية الغربية للمحيط الهادي المعدل MPSIAC (نموذج MPSIAC يستعمل لتقييم محصلة رواسب وكثافة الانجراف مستخدماً تسعه عوامل : الخصائص الجغرافية، المناخ، التربة، الجريان، الطبوغرافيا، الغطاء النباتي، استعمالات الاراضي و انجراف التربة الحالي)، حيث أظهرت النتائج المتوقعة من خلال النموذج GeoWEPP أن لها ارتباط وثيق بالنتائج المقيمة بنموذج MPSIAC يقدر بـ(r= 0.97)، أيضاً كشفت النتائج أن نموذج GeoWEPP مناسباً لتقدير التربة المفقودة في المساقط المركبة (Landi, el al.,2011).

كما عمدت دراسة ايرانية أخرى– إلى معرفة كفاءة النموذج GeoWEPP من خلال التنبؤ بالجريان السطحي ومحصلة الراسب في ظروف البيئات النصف قاحلة، حيث أظهرت نتائج التنبؤات قدرة النموذج GeoWEPP على دراسة مثل تلك الظواهر في البيئات النصف القاحلة ولكن هناك حاجة لبعض البيانات المساهمة وفقاً لظروف أيران البيئية (Ahmadi.H, et al, 2011).

في حين تم من خلال دراسة هندية على المستجمعات المائية لبحيرة في الهملايا مختلفة الغطاء الأرضي القفار (36 ٪)، النتوءات الصخرية (30 ٪)، الزراعية (24.2 ٪)، البستنة (6.2 ٪)، والمبنية (3.1 ٪)، موزعة على مساحة تبلغ حوالي 11 كيلومتر مربع، بهدف تقدير حمولة الرواسب الغذائية التي تسبب تلوث مياه البحيرة، حيث أظهرت نتائج الدراسة من خلال النموذج GeoWEPP ونظم المعلومات الجغرافية أن مناطق المصدر الرئيس لتلوث البحيرة هي الأراضي الزراعية والأراضي البور، حيث أعلى كمية مواد غذائية لوحظت خلال موسم الأمطار(Ahmad.R.S,2008).

كما لاحظ (Vlek, et al,2011) من خلال دراسة نمذجة انجراف التربة و تقييم جودة التربة لاستراتيجيات أفضل لأدارة المساقط في شمال أثيوبيا من خلال تطبيق نموذج GeoWEPP ومقارنة النتائج المتوقعة مع الملاحظات الحقلية الناتجة عن القطع التجريبية، بأن النموذج GeoWEPP أداة واعدة لدراسة بعض الظواهر الطبيعية التي قد تحدث.

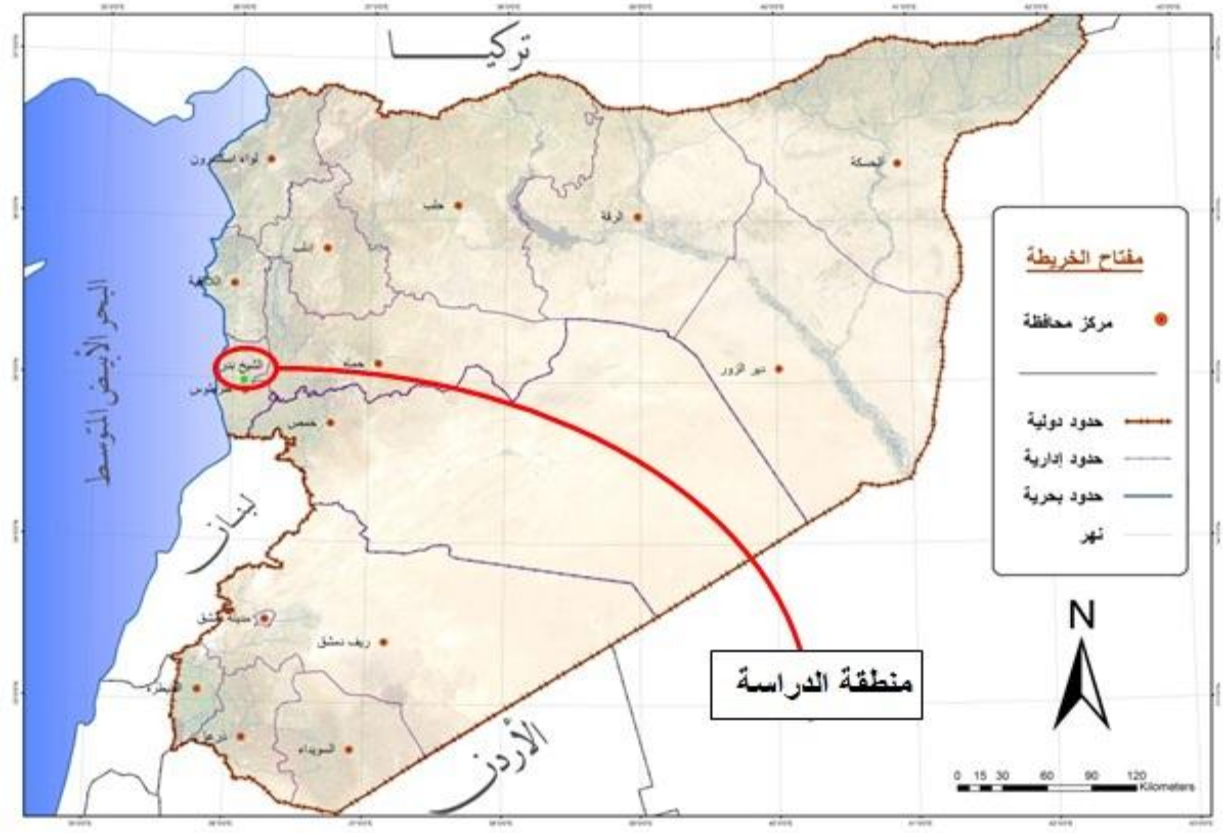
الفصل الثاني

منطقة الدراسة Study Area

منطقة الدراسة

1. الموقع والمساحة:

منطقة الشيخ بدر، أحد المناطق التابعة لمحافظة طرطوس، والتي تقع إلى الشمال الشرقي من المحافظة، على خط طول 36° وعرض 34°، وترتفع عن سطح البحر بمقدار 550 م أي ما يعادل 1882 قدم، تبلغ المساحة الاجمالية للمنطقة حوالي 20279 هكتار (202.79 كم مربع)، تتمتع بأهمية زراعية ناجمة عن توفر ميزات طبيعية، ساعدت على استقرار الإنسان منذ القدم، تم أختيار هذه المنطقة كونها أحد أكثر المناطق تعرضا للانجراف المائي في الساحل السوري بناء على الدراسة التي أنجزت ضمن مشروع **CoLD**، 2004 في لبنان وسورية بالتعاون بين الاتحاد الأوروبي وهيئة الاستشعار عن بعد في سوريا وعدد من المنظمات الدولية.



شكل (1): خريطة توضح موقع منطقة الدراسة بالنسبة للجمهورية العربية السورية

2. الظروف المناخية:

2.1. الامطار: يسود في منطقة الدراسة مناخ البحر الابيض المتوسط الرطب والذي يتميز بصيف حار رطب وشتاء ماطر معتدل البرودة في معظم أوقاته وأحياناً قليل البرودة، حيث يبلغ معدل الامطار السنوي 850 مم وقد يفوق 1000 مم يهطل معظمه في فصل الشتاء، تتميز الهطولات المطرية بأنها غالباً ما تحدث على شكل عواصف شديدة وتكون مصحوبة بالرعد والبرق ويدعى نموذج الهطول بالانهمار.

2.2. درجة الحرارة: يعتبر كانون الثاني الشهر الأكثر برودة، بينما أب الأعلى حرارة، حيث تزداد درجة الحرارة باستمرار بعد شهر كانون الثاني حتى تصل لأعلى درجاتها في شهر تموز في المنطقة، أن معدل درجة الحرارة الرئيسية الشهرية من 10 إلى 12 درجة مئوية في كانون الثاني وترتفع لتصبح 26 درجة مئوية في تموز، تنخفض هذه القيمة في المرتفعات الجبلية لتصبح بين 4–6 درجات مئوية في كانون الثاني وترتفع لتصبح بين 20–22 درجة مئوية في شهر تموز، المتوسط الاعلى لدرجة الحرارة 31 درجة مئوية في سهول المنطقة، حيث ان معدل درجات الحرارة العظمي في المنطقة تتراوح بين 15–17 درجة مئوية في كانون الثاني و28 إلى 29 درجة مئوية في تموز، وفي المرتفعات الجبلية تكون بين 6–8 درجة مئوية في كانون الثاني ومن 24–26 درجة مئوية خلال فترة الصيف.

2.3. الرطوبة النسبية: المصدر الرئيسي للرطوبة الجوية هو البحر الابيض المتوسط، تتناقص الرطوبة النسبية بشكل كبير من الغرب إلى الشرق بعيداً عن تأثيرات البحر، لكنها في فصل الشتاء تقل بشكل بسيط كلما اتجهنا غرباً، أي إن قيم الرطوبة النسبية في المنطقة هي أعلى نسبياً في فصل الصيف منها في فصل الشتاء، أذ تصل 70 – 80% في تموز و65 – 70% في كانون الثاني، حيث يبلغ معدل الرطوبة النسبية السنوية في منطقة الشيخ بدر 69%.

2.4. الرياح: تزداد سرعة الرياح بشكل عام في فصل الشتاء في المنطقة، حيث تسود الرياح شمالية شرقية إلى شرقية فوق السلسلة شتاءً، بينما تسود رياح جنوبية غربية إلى جنوبية خلال بقية أشهر السنة ، حيث يبلغ معدل سرعة الرياح السنوية في الشيخ بدر 3.7 م/ثانية.

2.5. التبخر: معدل التبخر يتعلق بالبنية المناخية للمنطقة الساحلية، إذ تملك الجبال فقط توازناً ملائماً من التبخر وهطول الأمطار، يبلغ معدل التبخر السنوي حوالي 1600مم بالشيخ بدر.

2.6. السطوع الشمسي: يختلف السطوع الشمسي باختلاف الفصول.

3. خصائص التربة:

تسود ترب حوض البحر الأبيض المتوسط في المنطقة الساحلية مع وجود ترب الـVertisol وAlluvial (PAP/RAC,1992). حيث يلاحظ سيادة للترب الحمراء، وتُعد ترب هذه المنطقة ذات قوام طيني ولومي تختلف في العمق ففي بعض المناطق يتجاوز عمق التربة 1م، وتتواجد الترب الخصبة ذات النوعية الجيدة في الأجزاء الغربية مستفيدة من الهطول المطري الجيد، وفرة المياه الجوفية، سهولة حركة الآليات الزراعية، سهولة المواصلات ووجود شبكة البنى التحتية.

ويمكن حصر الترب السائدة في الشيخ بدر 7 أنواع رئيسية (Darwish Sami, et al,1986)، أنواع الترب في الشيخ بدر (مصلحة الأراضي في طرطوس).

جدول(2) يوضح أنواع الترب السائدة في منطقة الدراسة– الشيخ بدر (Darwish Sami, et al,1986)

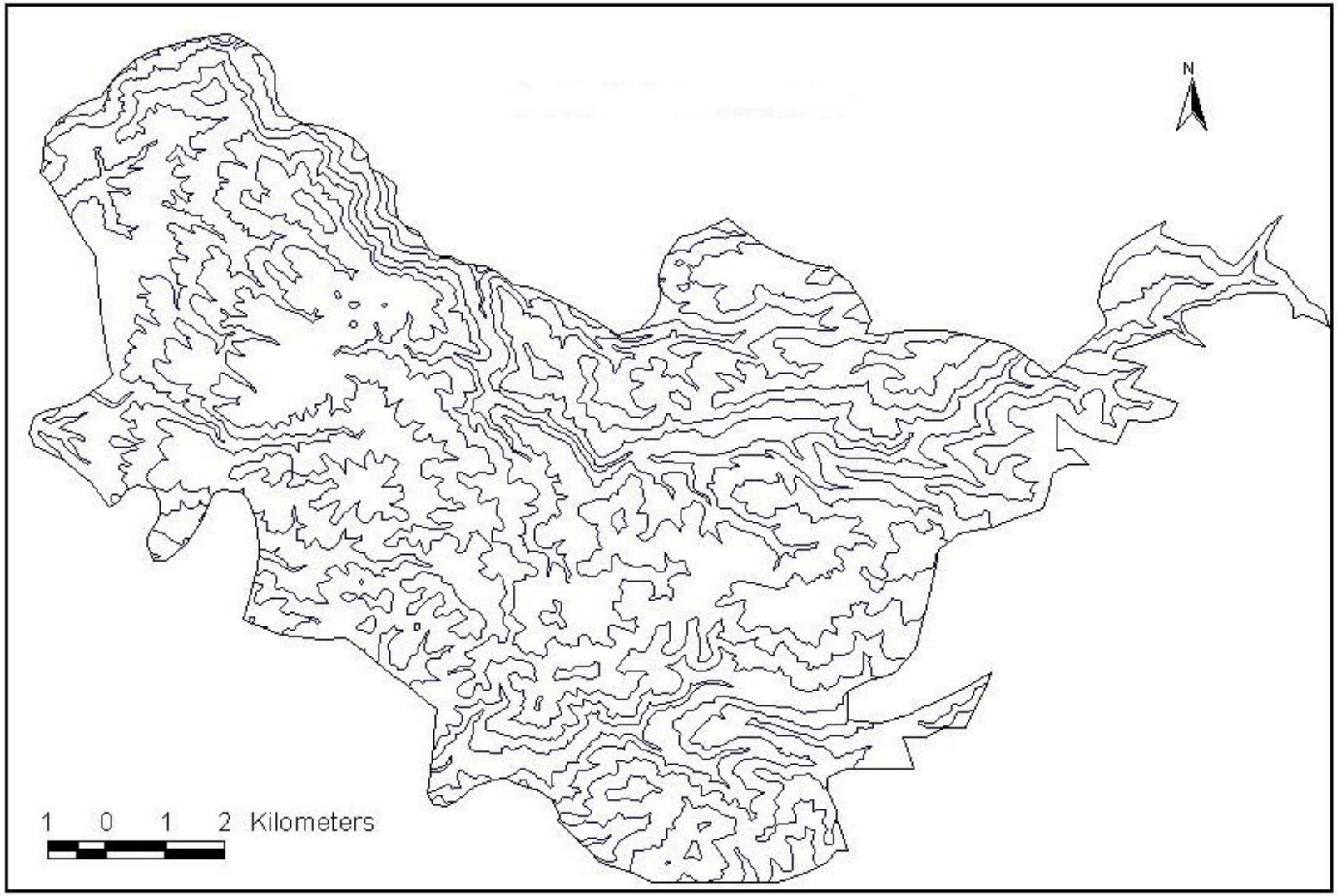
نوع التربة	العمق(سم)	الخصائص الفيزيائية	الخصائص الكيميائية	الوصف
Alluvial Soils	100–50	طبيعة النسيج: طيني البنية: كتلي معدل الرشح: متوسط، اللون: بني	درجة الحموضة PH: ضعيفة القلوية المادة العضوية: فقيرة بالمادة العضوية	تحتل أقدام التلال توجد صخور كلسية وحصى على سطح التربة وضمن النسيج
Hill Soils	50–25	طبيعة النسيج: طيني لومي البنية: كتلي معدل الرشح: جيد، اللون: بني	درجة الحموضة PH: 7.3 المادة العضوية: متوسطة المحتوى بالمادة العضوية	توجد على التلال مع تكشفات صخرية وحصى ضمن نسيج التربة
Valley and Drainage Soils	>100	طبيعة النسيج: رملي لومي طيني إلى لومي البنية: حبيبي معدل الرشح: جيد	درجة الحموضة PH: متعادلة المادة العضوية: متوسطة المحتوى بالمادة العضوية	توجد مختلطة بالحصى وطبقات الرمل الخشن ربما توجد بسمكات معينة ضمن التربة
Low Mountain Soils	100–50	طبيعة النسيج: لومي البنية: حبيبي على السطح وكتلي مع العمق معدل الرشح: متوسط	درجة الحموضة PH: متعادلة المادة العضوية: فقيرة بالمادة العضوية	قليلة العمق في بعض البقع(25–50سم) توجد مختلطة بالحصى والحجارة، تستعمل بشكل رئيس مزارع زيتون
High Mountain Soils	50–25	طبيعة النسيج: طيني لومي البنية: بني غامق معدل الرشح: جيد	درجة الحموضة PH: متعادلة المادة العضوية: فقيرة بالمادة العضوية	العمق يقل عن 25 سم حيث الصخور البازلتية مع أحجار وحصى مختلفة الاحجام، تستخدم بشكل رئيس مزارع زيتون
Steep Slope Soils	40–20	طبيعة النسيج: طيني لومي البنية: بني إلى بني غامق معدل الرشح: جيد	درجة الحموضة PH: متعادلة المادة العضوية: فقيرة بالمادة العضوية	شديدة الانحدار 50–75%، توجد على الصخور الكلسية، الانجراف عالي جداً
Summit Soils	<20	طبيعة النسيج: طيني، طيني لومي البنية: حبيبي معدل الرشح: جيد اللون: بني محمر	درجة الحموضة PH: متعادلة المادة العضوية: فقيرة بالمادة العضوية	ترب ضحلة جداً مع حصى و صخور كلسية

4. الوضع الجيومورفولوجي:

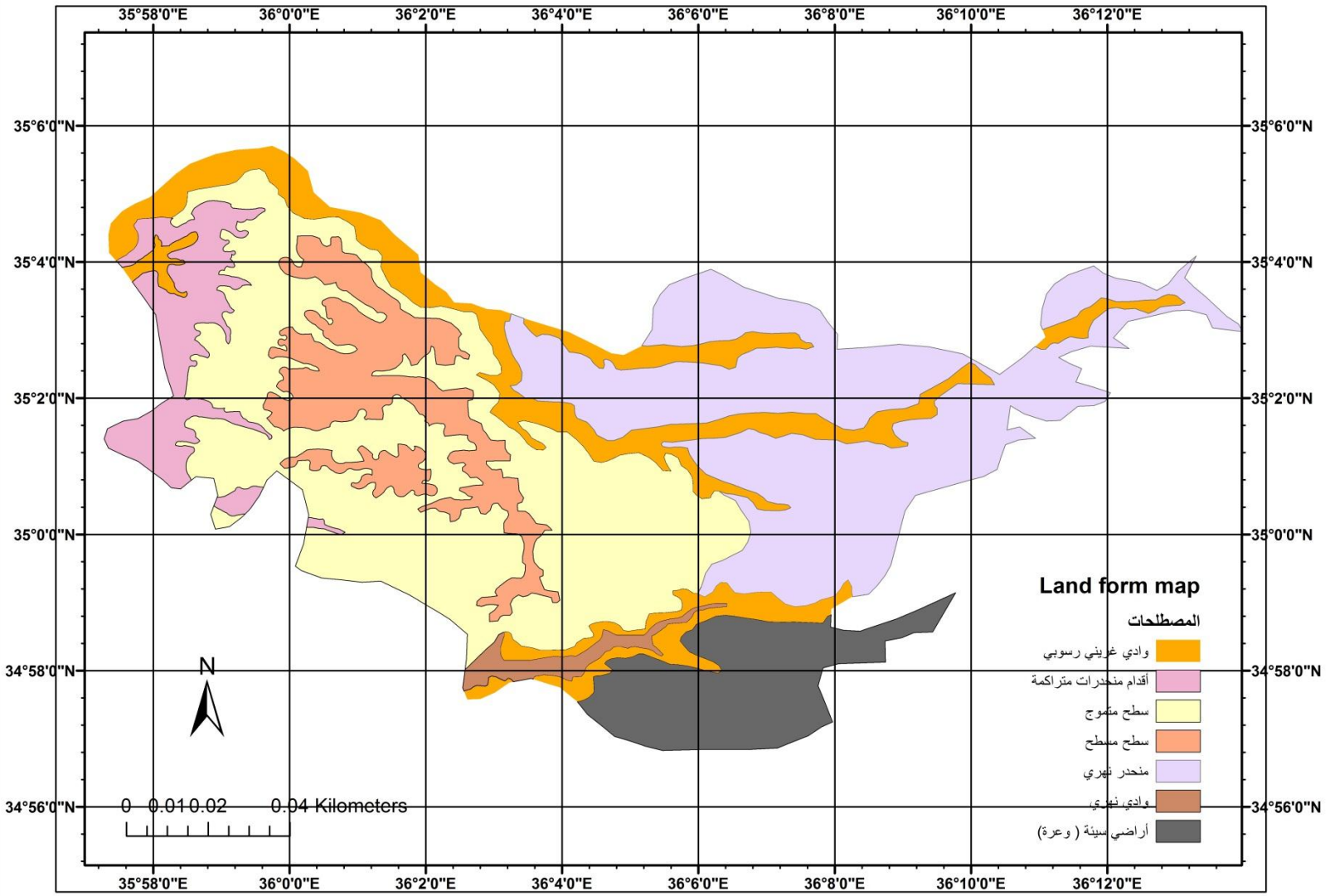
تشكل سلسلة الجبال الساحلية القسم الشرقي للمنطقة وتميل على العموم بانحدار بسيط نحو البحر الأبيض المتوسط، تجري فيها عدة جداول دائمة بعيدة نحو الشرق متغلغلة في السلسلة، يعود الجزء الشمالي الشرقي من المنطقة إلى هضبة كارستية معتدلة التجزؤ تضم هذه الهضبة الكارستية صخوراً كربوناتية كارستية محاطة بمناطق شديدة التجزؤ مؤلفة من الحجر الكلسي والدولوميت ومن المألوف وجود حفر مجاري وحفر انهيارية ومظاهر كارستية وشقوق، أما شبكة تصريف المياه فتوجد تحت الأرض وتتغير المظاهر المروفولجية فجأة عند تماسها مع المنطقة عميقة التجزؤ.

أما المنطقة عميقة التجزؤ فتقع إلى الغرب من الأراضي الكارستية وتحيطها، وغالباً ما تتكون من أحجار كلسية ودولوميتية في المناطق معقدة التضاريس، كما تحوي أحياناً طبقات بينية من الحجر الكلسي المارلي مع حجر كلسي دولوميتي في المنحدرات السفلية للوديان، وغالبا ما تكون معظم السفوح محدبة بحيث تمثل مناطق عالية التصريف وبسبب الميل الشديد للمنحدرات فمن المألوف وجود أرصفة من الصخور العارية.

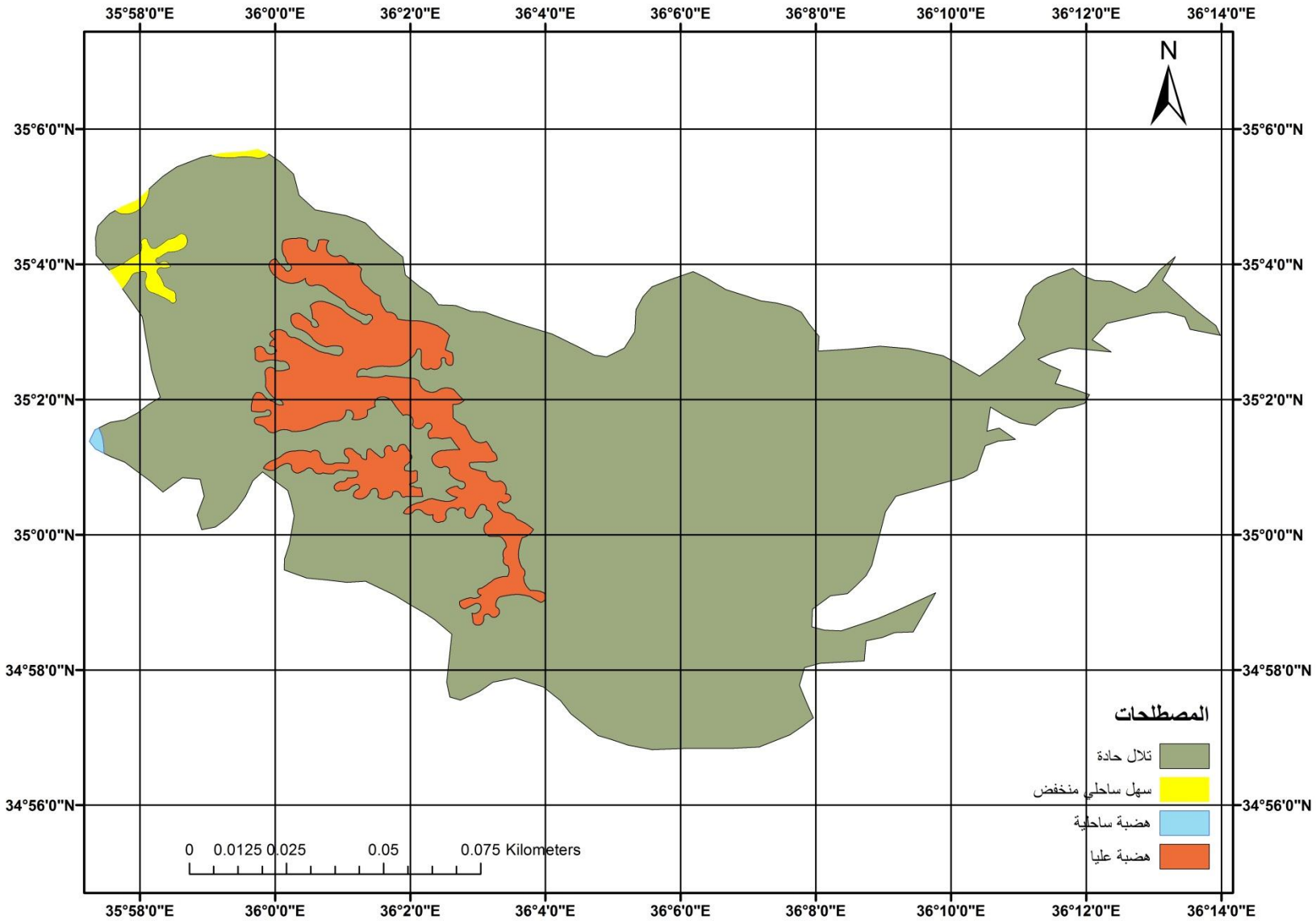
أما المناطق متوسطة التجزؤ فهي على عكس العميقة التجزؤ حيث تكون فروق التضاريس أعلى بكثير وتكون معظم التلال مسطحة، الشكل(3) (شكل الارض يصف طبيعة سطح الارض)، بينما الشكل(4) (نظام الارض يصف الوضع التضاريسي للمنطقة).



شكل(2): خريطة توضح خطوط التسوية لمنقطة الدراسة–الشيخ بدر



شكل(3): خريطة توضح شكل الارض لمنطقة الدراسة–الشيخ بدر



شكل(4): خريطة توضح نظام الارض لمنطقة الدراسة–الشيخ بدر

5. المصادر المائية:

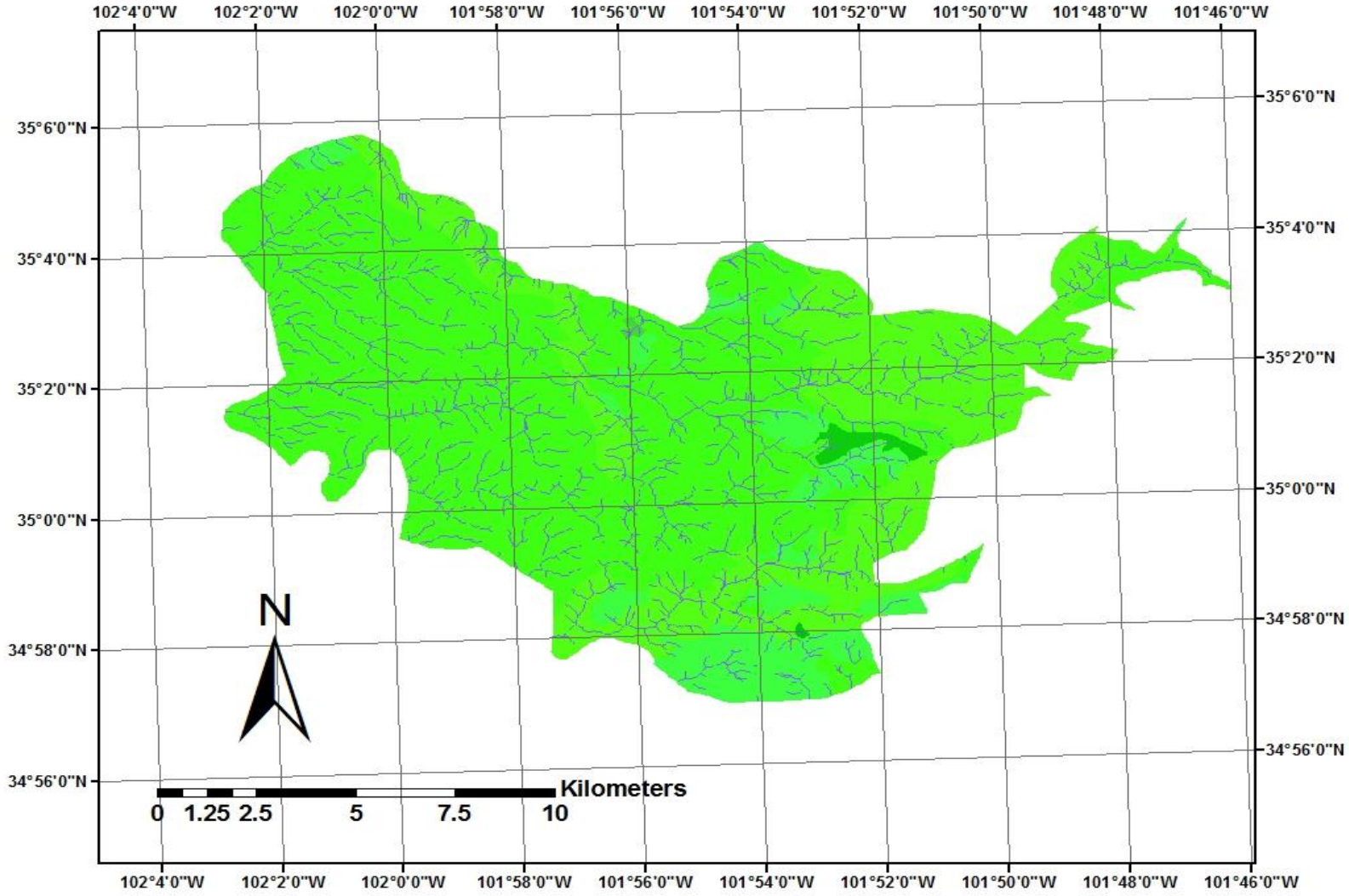
تشكل الظروف المناخية والجيولوجية والجيومورفولوجية لمنطقة الشيخ بدر عوامل جعلت المنطقة واحدة من أغنى المناطق بالمياه العذبة في سورية، تعتبر شبكة المياه السطحية والجوفية متطورة جداً، كما أن توفّر الصخور الكلسية يساعد على تخزين وتجميع وتوزيع المياه، كما إن نظام الهطول المطري الملائم ووفرة الصخور الكلسية أدى إلى تطوير شبكة المياه السطحية والجوفية، وعموماً فإن مستوى الماء الجوفي يُعتبر ضحلاً، لذا تتواجد العديد من الآبار والينابيع والمصادر المائية الأخرى في المنطقة، ويُعد الماء العذب مع التربة الخصبة من أهم المصادر الحيوية للمنطقة، لكن هذه المصادر تُعد من المصادر المهددة بالخطر أيضاً.

إن المياه الجارية على السطح في المنطقة الشمالية محدودة حيث تختفي معظمها في الشقوق (joints) والتجاويف (sinkholes) التي أحدثها الحت الكارستي في الصخور الفحماتية عدا بعض الأنهار القليلة التي تصب في البحر الأبيض المتوسط، عموماً تشكل الأحجار الكلسية والدولوميتية العائدة لعصر الجوراسي طبقة كارستية هامة حاملة للماء، كما أن صخور الباليوجين والكريتاسي تحتوي على طبقات ثانوية حاملة للماء ومن نفس النمط، تعتبر تشكيلة عين البيضا (البلاطة) تشكيلة حاملة للمياه في المنطقة ولكن الينابيع التي تتفجر منها ضعيفة الغزارة، إن الصبات البازلتية حاملة للمياه لكن قدرة التخزين و التصريف ضعيفة شكل (5).

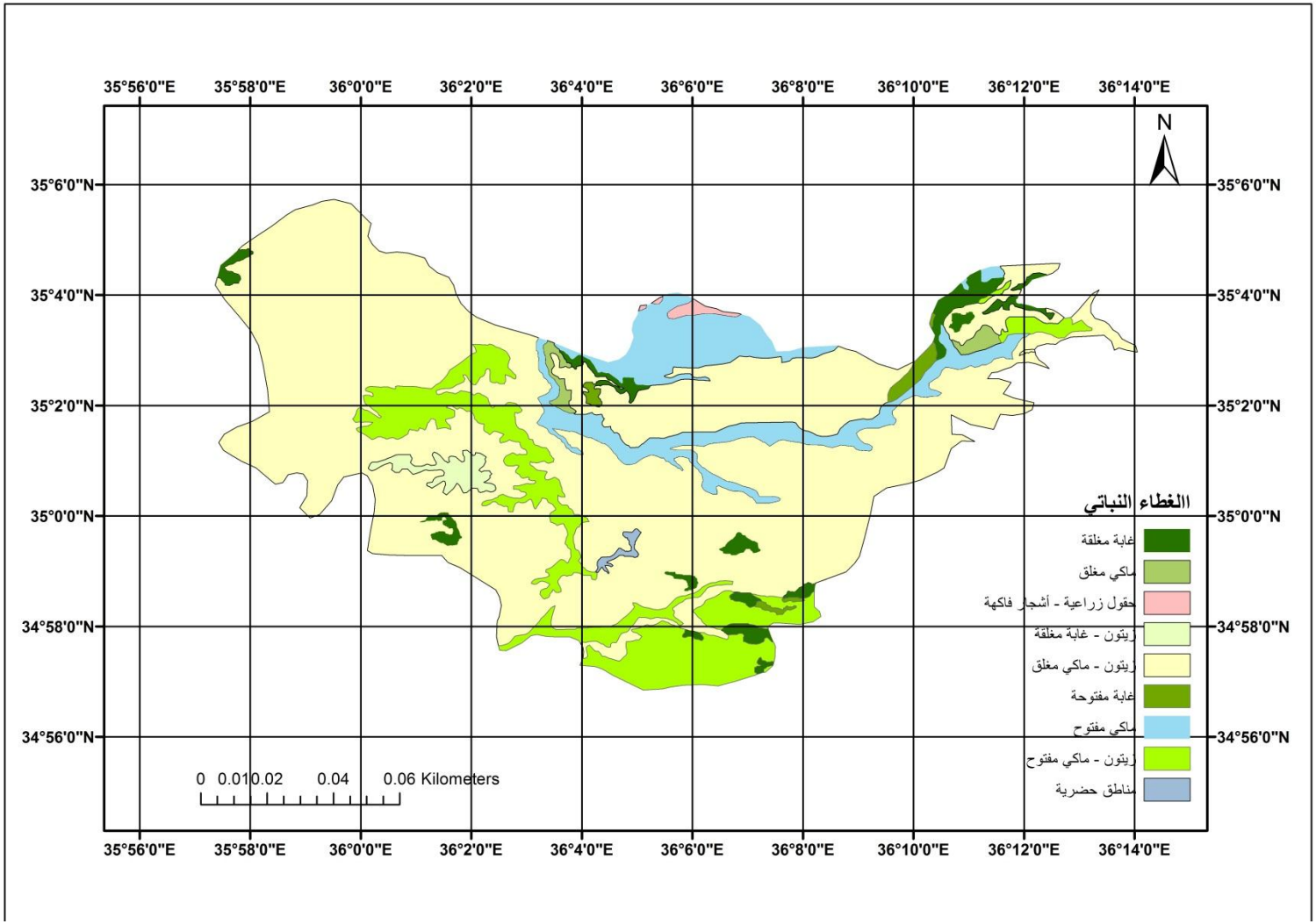
6. استعمالات الأراضي/ الغطاء الأرضي:

تبلغ مساحة منطقة الدراسة الكلية حوالي 20279 هكتاراً (مصلحة الزراعة في الشيخ بدر) تشكل مساحة الأراضي القابلة للزراعة منها ما يقارب 13250 هكتاراً، تسود في منطقة الشيخ بدر الاستعمالات الزراعية التالية الزيتون، الحمضيات، العنب، التفاح، القمح، البيوت البلاستيكية، التبغ ومحاصيل زراعية مختلفة، أما بالنسبة للغطاء الارض الطبيعي مؤلف بشكل رئيسي من مجموعات مختلفة على سبيل المثال؛ السنديان، الصنوبر، البطم، الارز، الأس، الغار النبيل، الانواع المتوطنة البلان الشوكي، الطيون، الشيح الزعتر، البابونج،،،الخ.

ويمكن إجمالي انواع الاستعمالات الرئيسية للاراضي في منطقة الشيخ بدر بخمسة أستعمالات : غطاء نباتي طبيعي، أراضي زراعية، أراضي عارية، أجسام مائية ومناطق حضرية شكل (6).



شكل(5): خريطة شبكة المسيلات المائية لمنطقة الدراسة–الشيخ بدر استناداً لخريطة مناسيب منطقة الدراسة DEM



شكل(6): خريطة استعمالات الاراضي لمنطقة الدراسة–الشيخ بدر

7. **النشاطات الاقتصادية لسكان الشيخ بدر:**

إن الزراعة هي العمود الفقري لأقتصاد منطقة الشيخ بدر، والصادرات تعتمد على المنتجات الزراعية وبشكل خاص:

1. الزيتون وزيت الزيتون: يأتي في الدرجة الأولى قبل كل المنتجات الزراعية المصدرة الأخرى، عادة ما يشتري القطاع الخاص (التجار) هذه المنتجات، وتنخفض الأسعار بشكل واضح في السنين التي يكون فيها المحصول جيد.
2. الفواكه: الحمضيات وتباع إلى القطاع الخاص.
3. التبغ: ويشترى من قبل الحكومة.
4. القمح: يستهلك ضمن المنطقة والإنتاج الباقي يصدر إلى مكتب الحبوب في طرطوس.
5. دودة القز: إن تربية دودة القز تحتل مكانة هامة في المنطقة، وتصدر منتجات دودة القز إلى المعمل في منطقة الدريكيش.
6. الإنتاج الحيواني: حوالي 80% منه يستهلك في منطقة الشيخ بدر نفسها والباقي يصدر إلى محافظة طرطوس.

و إلى جانب هذه المنتجات فإن المنطقة تصدر أيضاً بعض مواد البناء ضمن المنطقة الساحلية لوجود مقلع واحد في المنطقة، اما الواردات فهي مستلزمات المنزل، الطعام، الكساء.

وعلى الرغم من الطبيعة الجميلة لمنطقة الشيخ بدر و الا أن القطاع السياحي ما يزال ضعيفاً ويعتمد بشكل رئيسي على القطاع الخاص و ليس على القطاع الحكومي. خططت الدولة لتنفيذ العديد من المنشآت السياحية ولكنها لم تنفذ بعد، المنطقة غنية بالينابيع، الهضاب، الجبال، الغابات، والغطاء النباتي الأخضر، يوجد عدة مطاعم في المنطقة يبدأ فصل السياحة في نهاية فصل الربيع ويستمر حتى فصل الخريف، و تشكل السياحة 3% فقط من الدخل العام.

الفصل الثالث

مواد وطرائق الدارسة

Materials & Methods of Study

مواد وطرائق الدراسة

1. مواد الدراسة:

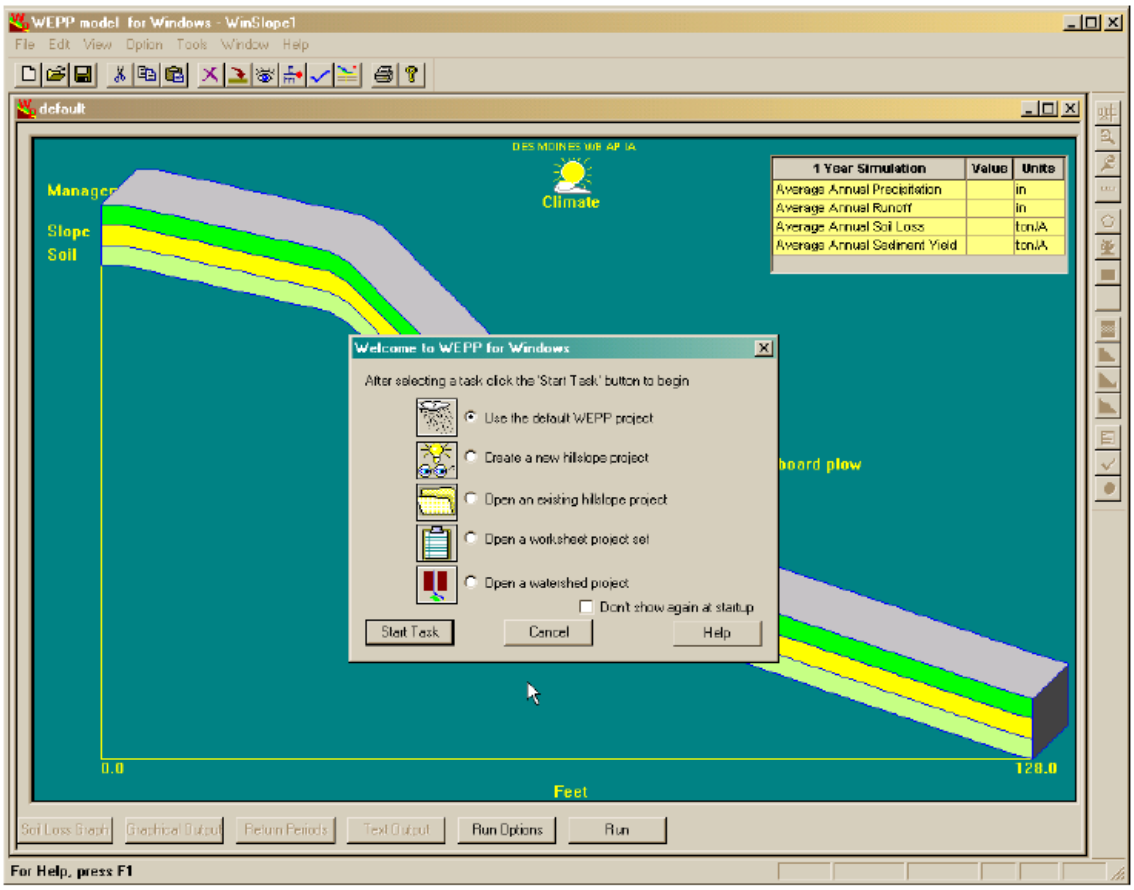
1.1. نموذج WEPP- (Flanagan & Frankenberger,2002):

كلمة WEPP أختصار للعبارة الانجليزية Water Erosion Prediction Project، التي تعني مشروع التنبؤ بالانجراف المائي، يتكون النموذج من مجموعة من النوافذ الحاسوبية المستقلة عن WEPP من حيث قدرتها على العمل والمترابطة مع بعضها البعض عن طريق الخوارزميات والمعادلات، حيث صمم النموذج للتنبؤ بالانجراف المائي الاخدودي Rill Erosion (الناتج عن مرور الماء ضمن اخاديد التربة)، والانجراف المائي بين الأخاديد Interrill Erosion (الانجراف المائي الصفائحي) في أراضي المنحدرات Hillslopes والاحواض المائية الصغيرة الصبابة Small Watersheds، كما يمكنه إن يقدر معدل الجريان السطحي، ويصف تفريغ حمولة الرواسب على طول المنحدر أيضاً.

النموذج .WEPP نموذج محاكاة مستمر continuous simulation model، مبني على أساس يومي، يستطيع مستخدمهُ أن يُدخل في كل يوم قيم المؤشرات المطلوبة (المدخلات inputs: السطوع الشمسي، الامطار، الرياح، الرطوبة، درجة الحرارة،..)، أي يستطيع المستخدم ان ينشيء قاعدة بيانات يومية حقلية كمدخلات، اي أن النموذج يستجيب للتغيرات اليومية التي تطرأ على العوامل المسببة للأنجراف المائي ويجرى المحاكاة بشكل يومي، بالاضافة إلى محاكاة الحوادث المطرية المفردة single storm كونه نموذج محاكاة مستمرة أي يمكنه أن يعمل على اساس ساعي.

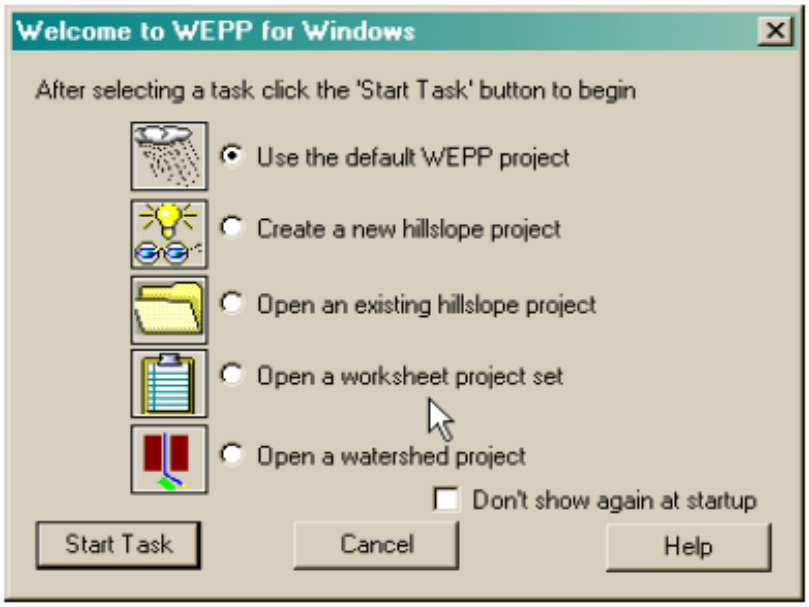
يمثل حصيلة جهد مشترك بين علماء الهيئة الحكومية الامريكية ARS, NRCS, USFS, BLM, USGS، فقد بُني نموذج WEPP على أساس علوم التربة، علوم النبات، علم الهيدروليك، علم الهيدرولوجيا وعلم ميكانيكيات الانجراف، وطور ليستخدم في جميع الأراضي (أراضي المراعي، أراضي الغابات، أراضي المحاصيل، أراضي البساتين، الأراضي العارية، الأراضي المحروقة) كما أنه يشمل مختلف حالات إدارة الأراضي والعمليات الزراعية.

تتألف برمجية WEPP (software WEPP) من نموذج WEPP المكتوب بلغة برمجة فورتران Fortran، مولد مناخ (climate generator program) مكتوب بلغة برمجة Fortran، ووصلة Windows interface مكتوبة بلغة برمجة C++، تعتبر الوصلة مدخل قواعد البيانات، يتم من خلالها تنظم محاكاة WEPP/CLIGEN، انشاء كل الملفات الضرورية الخاصة بـWEPP/CLIGEN، تنجز لغة برمجة النماذج فورتران عند الضرورة، ايضاً تدخل الوصلة وتعالج المعلومات المخرجة من النماذج المكتوبة بلغة برمجة فورتران من أجل العرض والمدخلة بواسطة المستخدم الشكل (7).



شكل(7): يوضح windows interface(WEPPWIN) المدخل للعمل على نموذج WEPP

كما يظهر الشكل (8) خيارات واجهة البرمجية للعمل على نموذج WEPP الذي من خلالها يلاحظ خمسة خيارات (استخدام مشروع WEPP الافتراضي، انشاء مشروع جديد، فتح مشروع موجود مسبقاً تم العمل فيه، فتح مجموعة مشروع جدول العمل أو فتح مشروع مسقط مائي).



شكل (8): يوضح خيارات Windows interface للبدء بالعمل على WEPP

2.1. نموذج GeoWEPP- (Minkowski & Chris,2008):

كلمة GeoWEPP أختصار للعبارة الانجليزية Geospatial water Erosion Prediction Project، التي تعني مشروع التنبؤ المكاني بالانجراف المائي، وهو نموذج فيزيائي حاسوبي يتألف من مجموعة من نوافذ الادخال الغير مستقلة عن النموذج، من حيث قدرتها على العمل والتحليل والتنبؤ المكاني بمخاطر الانجراف المائي للتربة والجريانات السطحية، طور نموذج GeoWEPP عن نموذج WEPP- ليؤدي نفس الغرض ولكن بإمكانية أكثر دقة وعلى مساحات واسعة، حيث يتم التعامل مع خرائط DEM30m, DEM10m، حيث يتم تقسيم المسقط المائي لمساحات صغيرة ومن ثم قياس الجريانات والانجراف ضمن تلك المساحة الصغيرة ومن ثم الانتقال للمساحات التي تلي وجمعها مع سابقتها بحيث تغطي كامل مساحة المسقط المائي المدروس عما هو عليه في نموذج WEPP- الذي يأخذ كامل مساحة المسقط المائي كوحدة واحدة وعلى مساحات أقل.

GeoWEPP نموذج فيزيائي مكتوب بلغة برمجة VB.Net يحتاج إلى تنزيل برمجيات مساعدة Assisting Software (WEPP/TOPAZ ,arcGIS.exe, Net Framework.exe) إلى جهاز الحاسوب حتى يعمل النموذج شريطة أن يكون هناك توافق ما بين نسخ البرمجيات المساعدة ونموذج GeoWEPP، طور نموذج GeoWEPP عن النموذج WEPP كمشروع تعاوني مشترك بين دائرة خدمة

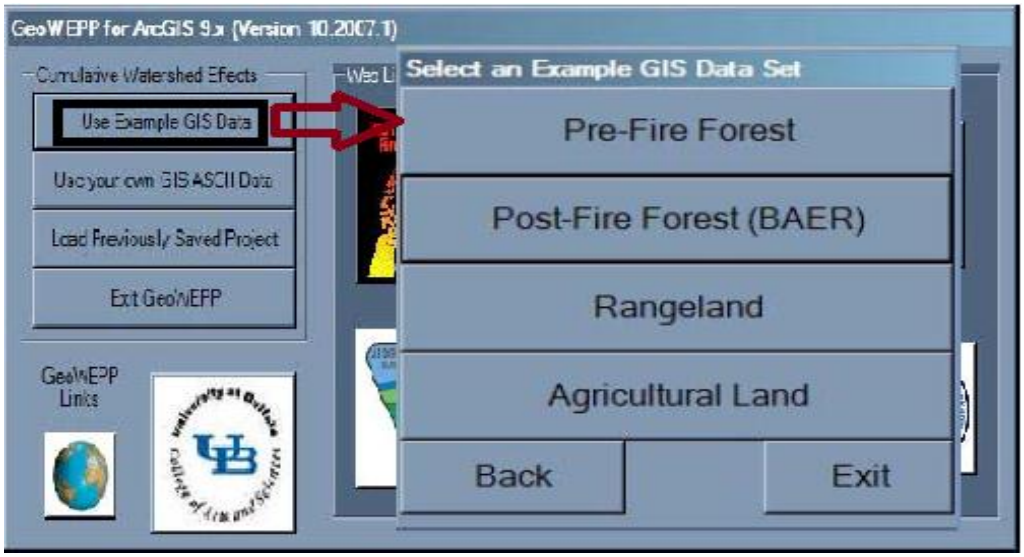
الأبحاث الزراعية، جامعة Purdue ومخبر ابحاث انجراف التربة الوطني USDA، للتنبؤ بكمية التربة المنجرفة والجريان السطحي على مستوى المسقط المائي، يكامل النموذج GeoWEPP نموذج WEPP وTOPAZ (Topographic PArameteriZation.exe) ليعمل كExtension ضمن بيئة برنامج نظم المعلومات الجغرافية arcGIS، يعتبر ملف المناخ، خريطة التربة، خريطة استعمالات الاراضي، الصورة الجوية لمنطقة الدراسة وخريطة المناسيب DEM ملفات النموذج الأساسية، يُنشأ جزء منها كملف المناخ ضمن نموذجـWEPP، بينما يتعامل TOPAZ مع خريطة المناسيب (DEM) لمنطقة الدراسة، يحدد TOPAZ المسيلات المائية (Channels) بناءً على الميول، فمن خلال 8 خلايا نقطية متجاورة على خريطة المناسيب DEM يتم تنظيم شبكة المسيلات أي يتم تعريف طول المسيل(قناة الصرف) الأقصر MSCL ومساحة الصرف الأدنى CSA، وفور الانتهاء من تعريف شريحة المسيلات (Grid Channel)، يمكن التعامل مع مساقط مائية فرعية ضمن المسقط الكلي والاستفادة من كامل إمكانيات arcGIS لتحليل المخرجات رقمياً وعلى شكل خرائط غرضية، الشكل (9) يوضح واجهة النموذج GeoWEPP.

شكل (9): يوضح واجهة النموذج GeoWEPP

يظهر الشكل رقم (9) إلى يمين الشكل الهيئات ومراكز الابحاث التي قامت بتطوير النموذج، وإلى اليسار اربع ايقونات والذي يبدأ عندها الشروع في العمل.

الأيقونة Use Example GIS Data استخدام مثال سابق قبل الشروع بمشروع الدراسة الخاص بالباحث، تم تجريبه من خلال النموذج على مسقط مائي بـIsland، الولايات المتحدة الامريكية يطلق عليه GeoWEPP–Bear، لا يتطلب أي عمليات أو بيانات ولكن مثال توضيحي يتألف من أربعة من الامثلة

(أراضي غابية قبل وبعد الحرائق، أراضي مراعي، أراضي زراعية) الشكل(10)، يهدف إلى تعريف المهتمين بكيفية استخدام اداوت النموذج واستخراج وقراءة التقارير الناتجة عن المحاكاة، اضافة إلى ما ينتج من رسومية توضح توزع وشدة خطورة الظاهرة ومن ثم التحليل والتفسير.

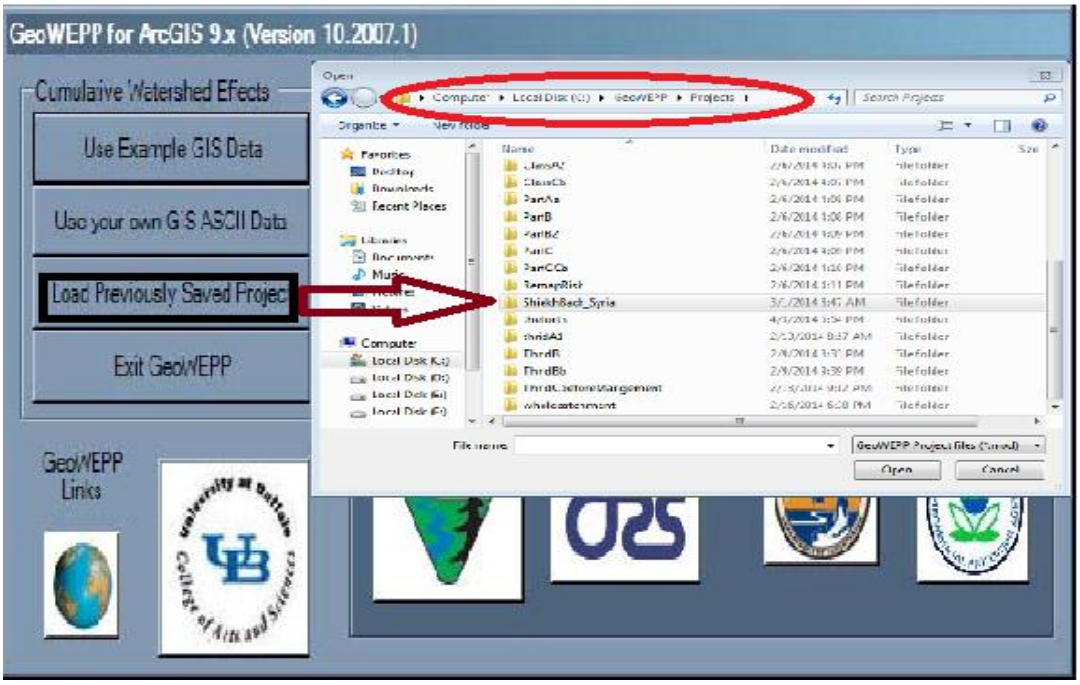


شكل (10): يوضح خيارات الايقونة الاولى Use Example GIS Data

الايقونة Use your own GIS ASCI Data استخدام البيانات الشخصية الخاصة بمشروعك والذي يتم من خلاله بدأ العمل على مشروع دراسة الانجراف المائي للتربة بمكان ما، حيث يتم طلب أسم مشروع الدراسة الخاص بك وهذا ما يوضحة الشكل (11)، وسيتم التحدث عنهُ لاحقاً بشكل مفصل.

شكل(11): يوضح اسم المشروع الخاص بموقع منطقة الدراسة

الايقونة Load Previously Saved project تنزيل مشروع سابق تم العمل عليه أو مشروعك في حال عملت عليه في السابق وتريد أكمال ما تبقى، وهذا ما يوضحه الشكل رقم (12).



شكل (12): يوضح تنزيل المشروع التي تم العمل عليه مسبقاً

الايقونة الرابعة والاخيرة Exit GeoWEPP الخروج من النموذج دون العمل على أي من الايقونات الثلاث الاولى.

1.1.1. أدوات التحليل لنموذج GeoWEPP:

وبالرجوع إلى الايقونة الثانية Use your own GIS ASCI Data، للتعليق على أهم أدوات النموذج GeoWEPP Tools، التي سيتم استخدمها أثناء المحاكاة Simulation لتنبؤ بمحصلة الرواسب والتربة المنجرفة وقياس الجريانات السطحية بوحدة المساحة المدروسة، حيث تعمل هذه الأدوات بشكل مستقل عن برنامج arcGIS بحيث لا يتم استخدام أي من أدوات برنامج arcGIS أثناء المحاكاة Simulation، يوضح الشكل رقم (13) أهم الادوات.

شكل (13): يوضح أدوات النموذج GeoWEPP

قسمت الأدوات إلى أربعة أقسام، تختص كل مجموعة منها بمهام معينة تقتصر عليها دون غيرها من الأدوات الاخرى.

1. ادوات التصفح الاساسية Basic Navigation Tools:

تتألف من اربع اداوت لها نفس عمل ادوات برنامج ArcMap، يتم التحرك من خلالها ضمن المشروع.

Pan: تسمح بالسحب والتحريك للمشروع من خلال النقر والسحب بالفأرة على أي جزء ضمن شاشة العرض لبرنامج ArcMap.

Zoom In : تسمح بتكبير الجزء المدروس من المشروع أو المشروع بأكمله من خلال النقر والسحب بالفأرة على شكل مستطيل.

Zoom Out: تسمح بتصغير الجزء المدروس من المشروع أو المشروع بأكمله من خلال النقر والسحب بالفأرة على شكل مستطيل.

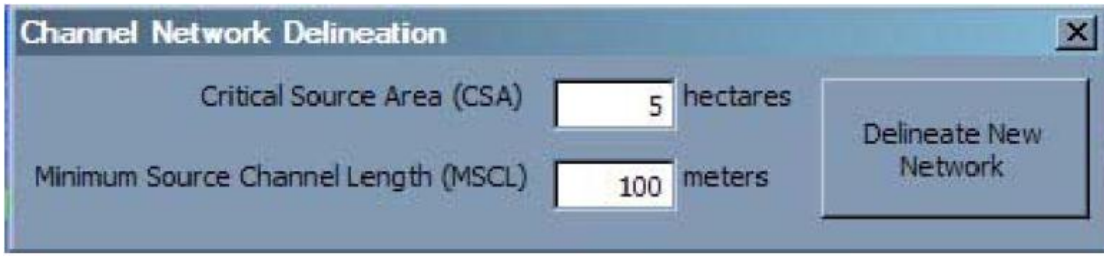
Full Extent: بالنقر على الأداة تعيد المشروع الذي يتم العمل فيه إلى وضعه الأساسي قبل التكبير أو التصغير.

2. أدوات المسقط المائي وشبكة القناة Channel Network and Watershed Tools:

تستخدم قبل إجراء المحاكاة الأولى لتعديل شبكة القناة والمسقط المائي التي أنشأها النموذج استناداً على خريطة المناسيب DEM ونقطة مخرج المسقط المائي Watershed Outlet Point التي تم تحديدها من قبل المستخدم.

The Modify Channel Network Delineation Tool : يولد نموذج GeoWEPP شبكة المسيلات المائية استناداً على خريطة DEM مستخدماً مؤشرين هامين، مساحة الصرف الأدنى(The Critical Source Area)، و طول قناة الصرف الأقصر (The Minimum Source Channel

Length)، وكلاً من هذين المؤشرين تعتمد على تصميم خريطة DEM، تعتبر مساحة الصرف الأدنى أقل مساحة صرف تحتاج أنشاء قناة، القيمة الافتراضية لمساحة الصرف الأدنى بين (2-5) هكتار، ومن أجل انشاء قناة يجب أن لا تتجاوز مساحتها 5 هكتار لتصب في نقطة بداية القنوات الاخرى، تعتبر طول قناة الصرف الأقصر أقصر مسافة تحتاجها القناة الأولى للأنتقال قبل أن تلتقى بالقناة الأخرى، يبلغ طولها الافتراضي 100 متر يجب ان لا تقل عن هذه القيمة، فإذا كانت قيمتها أقل لا تظهر القناة في شبكة المسيلات المائية، لذا تسمح الاداة بتعديل القيم من أجل الحصول على شبكة القناة وبالتالي زيادة عدد المصبات (Multiple Subcatchments or Hillslopes) في وحدة مساحة المسقط المائي ضمن مساحة المنطقة المدروسة، لأن من شروط عمل النموذج أن يكون هناك عدداً من المسيلات المائية ضمن وحدة المساحة من أجل محاكاة الظاهرة، والشكل رقم (14) CSA, MSCL.



شكل (14): يوضح CSA, MSCL

حيث تُمكن الأداة المستخدم من تغيير قيمة CSA من 5 إلى 2 هكتار مع بقاء طول القناة الافتراضي 100م حسب ما يتطلبه العمل، ففي المساحات الصغيرة يجب تغيير قيمة CSA إلى 2 هكتار مع بقاء MSCL ثابتة من أجل الحصول على العديد من المصبات المائية الثانوية.

Watershed/Subcatchment Generation Tool: أداة تحديد المصب الثانوي/المسقط المائي قبل المحاكاة أستناداً على نقطة مخرج محددة Outlet point لكليهما.

Parameter-Regressions on Independent Slopes Model: أداة تستطيع من خلالها تعديل ملفات المناخ المستخدمة في WEPP إلى مناخ منطقة الدراسة.

Accept the Watershed: اداة إجراء المحاكاة (The First WEPP Simulation).

3. أدوات مشاهدة التقارير الناتجة عن المحاكاة وحفظ المشروع Viewing Reports and Saving the Project:

يتم من خلالها حفظ المشروع ومشاهد النتائج، الذي تسمى بالتقارير.

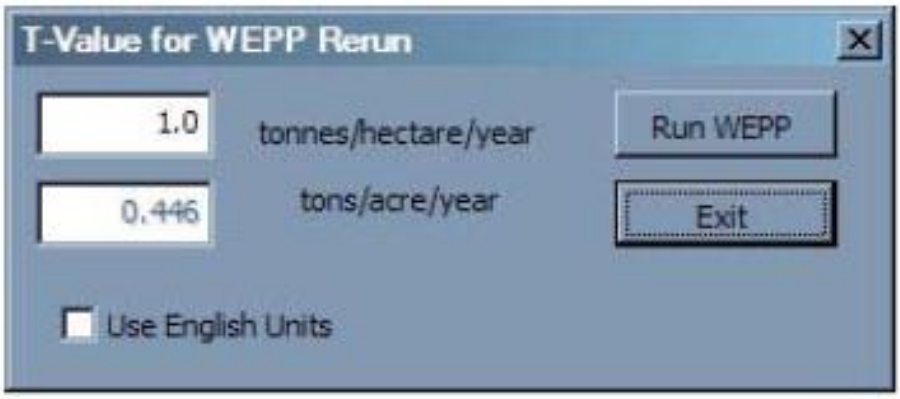
The View Reports button : اداة من خلالها تستطيع مشاهدة وقراءة التقارير النتائج عن المحاكاة أضافةً لحفظها، حيث ينتج عن كل محاكاة ثلاثة تقارير (offsite, onsite, Events).

The **Save** Button: تعتبر من أهم الأدوات التي يتم من خلالها حفظ العمل التي تم القيام به والخروج.

4. أدوات متوفرة بعد إجراء المحاكاة الأولى Tools Available after the First Run:

عند الانتهاء من المحاكاة الأولى، هناك عدد من العمليات التي سيتم القيام بها تتضمن تغيير مؤشرات منحدر (Changing Hillslope WEPP Parameters)، إعادة المحاكاة (Rerunning WEPP)، إعادة تخطيط نتائج الانجراف من خلال تغيير قيمة T الافتراضية إلى قيمة جديدة (Remapping The Erosion Results To A New T-Value)، البدء مع WEPP لأجراء محاكاة لمنحدر معين أو لكامل المسقط المائي(Starting Up WEPP To Run Simulation Of A Hillslope Or The Entire Watershed).

Remap With New T-Value: يتم من خلال الأداة الموضحة تغيير قيمة T من 1 طن/هـ/سنه إلى 0.1 طن/هـ/سنه بعد انتهاء المحاكاة الأولى، وهذا ما يوضحه كلاً من الشكل (15) و(16) من أجل معرفة ماذا يجري ضمن المسقط المائي (أي تسجيل الانجرافات التي تقل عن 1/طن/هـ/سنه).



الشكل (15): يوضح قيمة T الافتراضية من قبل نموذج GeoWEPP في المحاكاة الأولية

الشكل (16): يوضح قيمة T الجديدة بعد تغييرها من قبل المستخدم من أجل مراحل المحاكاة اللاحقة

WEPP Hillslope Information: تسمح الأداة بمعرفة نوع التربة واستعمال الارض الخاص بتل معين Special Hill، ايضاً تزود بـThe WEPP Hill Number & The TOPAZ Hill Number التي تحتاجها عند مشاهدة التقارير الناتجة عن المحاكاة.

Change WEPP Hillslope Parameters: يتم من خلالها تغيير مؤشرات منحدر معين كالتربة واستعمال الارض أو مؤشرات كامل المسقط المائي ومن ثم القيام بعملية المحاكاة، تستخدم عند أختبار تدابير إجراءات الصيانة المناسبة.

Rerun WEPP: عند تغيير مؤشرات الادارة والتربة لمنحدر معين أو كامل المسقط المائي، تحتاج إلى نتائج جديدة، لذا لابد من النقر على الاداة Rerun WEPP، حيث لا تحتاج في هذه العملية لتحديد المناخ كونها ستأخذ المناخ السابق، وغالباً تستخدم هذه الاداة في حال أقتراح سيناريوهات صيانة التربة.

WEPP on a Hillslope: من خلال اختيار هذه الأداة من قائمة الادوات الموجودة على النموذج GeoWEPP والنقر من بواسطتها على منحدر معين Hillslope، سيتم تنزيل كافة مؤشرات المنحدر إلى النموذج WEPP، ومن ثم تحمل واجهة نموذج WEPP (The WEPP Windows Interface)، وتُعرض كافة المعلومات عن المنحدر ومن ثم إجراء المحاكاة بواسطة النموذج WEPP مع العلم أن التغيير في مؤشرات المنحدر لا يغير النتائج ولا يؤثر على مؤشرات المنحدر نفسه على النموذج GeoWEPP، وتعتبر الاداة WEPP on a Hillslope ميزة من ميزات نموذج GeoWEPP الذي يمتاز بها عن نموذج WEPP.

Go to WEPP: من خلال النموذج .GeoWEPP وبالنقر على هذه الأداة، يتم إجراء محاكاة لكامل المسقط المائي أو منحدر معين من خلال النموذج WEPP، واستخدام نفس البيانات والمعلومات التي ادخلتها على النموذج .GeoWEPP، حيث إن أي تغير سيجرى على بيانات النموذج ـWEPP أثناء المحاكاة لن يؤثر على البيانات والنتائج والتقارير في النموذج GeoWEPP.

Exit GeoWEPP and Save: من خلال الأداة يتم إنهاء العمل والخروج من النموذج GeoWEPP. مع حفظ ماتم العمل عليه.

1.1.2. طرائق تحليل نموذج GeoWEPP:

يستخدم نموذج GeoWEPP طريقتين لدراسة ظاهرة الانجراف المائي للتربة والجريان السطحي:

– طريقة المسقط المائي The Watershed Method:

تأخذ كل منحدر في المصب الثانوي، ومن ثم تحدد تربة واحدة ممثلة واستعمال واحد للمنحدر ممثل تمثيل كامل للتربة واستعمال المنحدر يطلق عليهما النسيج التمثيلي للمنحدر، يعتمد تحديد النسيج التمثيلي على

تجميع نسج المسيلات المائية في المنحدر، بحيث يكون النسيج ممثلاً تمثيل كامل لتربة المنحدر واستعمالات الاراضي، حيث يقوم النموذج GeoWEPP بتحديد نوع التربة السائدة وينسبها إلى نسيج المنحدر، وبعدها يعيد نفس العملية لاستعمالات الاراضي للمنحدر نفسه، وحينما ينتهي النموذج من العملية تبدأ عملية المحاكاة لكل منحدر وتصدر النتائج، حيث تسمى هذه العملية بالتقييم offsite، لأن القيم تمثل كمية الجريان السطحي بوحدة مساحة المنحدر والتي يصل إلى نقطة المخرج outlet point.

يشترط بطريقة المسقط المائي إن لا يزيد عدد المنحدرات عن 2900 منحدر و1000 قناة ضمن منطقة الدراسة، لكي تقوم الطريقة بحساب الجريان السطحي بوحدة المساحة المدروسة.

- طريقة المسيل المائي the Flowpath Method:

تركز طريقة المسيل المائي على كل مسيل مائي ضمن المصب الثانوي (Subcatchment)، على خلاف طريقة المسقط المائي، يستخدم المنحدر لأجل المحاكاة، أذ لايوجد نسيج تمثيلي أو مُمثل فالمنحدر هو الممّثل نفسه، ايضاً تحافظ هذه الطريقة على التنوع والتوزع المكاني لطبقات التربة واستعمال الاراضي، وبالتالي يكون هناك عدداً مختلف من الترب واستعمالات الاراضي في المحاكاة، وعند الانتهاء من المحاكاة تكون النتائج متوفرة.

كل مسيل مائي Flowpath له مصدر واتجاه، بينما لا يكون لمسيلين مائيين Tow Flowpath نفس المصدر ولكن العديد من المسيلات المائية flowpaths يمكن أن تتشارك بنفس الاتجاه، أي عندما تتلاقي المسيلات المائية flowpaths تكون تجمع aggregation، تدعى هذه بطريقة التقييم onsite حيث تشير القيم الناتجة إلى كمية الراسب أو الانجراف الذي يحدث في كل مسيل ضمن المصب الثانوي (subcatchment)، لا يكون هناك عدد محدد للمسيلات المائية لمنطقة الدراسة.

- الاختلاف بين طريقتي المسقط والمسيل المائي:

أ. تتضمن طريقة المسقط المائي the Watershed Method استعمال أراضي واحد وتربة واحدة ممثله لكل منحدر ضمن المسقط المائي وبالتالي تفقد المحافظة على التنوع المكاني ضمن المسقط المائي لمنطقة الدراسة بالنسبة للمؤشرات بينما في طريقة المسيل المائي the Flowpath Method تحافظ على التنوع المكاني ضمن المسقط المائي لمنطقة الدراسة وبالتالي تظهر كافة المؤشرات.

ب. تُظهر طريقة المسقط المائي the Watershed Method حصيلة الراسب sediment yield والجريان السطحي بينما تظهر طريقة المسيل المائي the Flowpath Method التربة المنجرفة Soil loss لكل جزء بالمسقط المائي.

ت. تُظهر طريقة المسقط المائي the Watershed Method المنحدرات التي تكون سبب المشكلة بينما توضح طريقة المسيل المائي the Flowpath Method أي الاجزاء من المنحدر المسبب الرئيس أو المساهم بهذه المشكلة (أي الأجزاء الذي يتركز فيها الانجراف).

- زمن المحاكاة:

طريقة المسقط المائي the Watershed Method أسرع في المحاكاة لكونها فقط تجري محاكاة واحدة لكل منحدر بينما طريقة المسيل المائي the Flowpath Method تأخذ وقت أطول لكونها تجري لكل مسيل مائي في المنحدر وبعدها تقوم بتجميع النتائج، فإذا لم يكن هناك وقت فيفضل تطبيق طريقة المسقط المائي أولاً، فعلى سبيل المثال المحاكاة التي تحتوي على 10000 مسيل مائي تحتاج إلى 3 – 4 ساعة للمحاكاة الواحدة بينما طريقة المسقط المائي لا يتجاوز زمن المحاكاة النصف ساعة.

3.1. برمجية TOPAZ:

يستخدم نموذج GeoWEPP برمجية TOPAZ(Topography PArameteriZation software) لإنشاء المنحدر وشبكة القناة التي تسمى بالمصب الثانوي في المسقط المائي، من خلال بيانات خريطة DEM، حيث تُحدد برمجية TOPAZ شبكة القناة The Channel Network استناداً على اتجاه المنحدر الحاد للأسفل من خلال ثمان خلايا نقطية متجاورة The Raster Cell في الخريطة يتم تحديد قناة الصرف الأقصر ومساحة الصرف الأدنى، يمكن إجراء التعديلات على تفاصيل قناة الشبكة من خلال تغيير قيم متوسط طول قناة الصرف المصدرية (الأقصر) Mean Source Channel Length (MSCL) و المساحة المصدرية الحرجة Critical Source Area (CSA)، التي تعرف بمساحة الصرف الأدنى المشكلة للقناة الدائمة.

أضافة قيم CSA, MSCL إلى القيم المنخفضة لشبكة القناة سوف يزيد كثافة شبكة القنوات التي تكون مفيدة عند تعريف المساقط المائية الصغيرة، حيث أن المستخدم ومن خلال تعريف شبكة القناة يستطيع تحديد نقطة مخرج Outlet Point المسقط المائي وبالتالي TOPAZ يُولد المصبات الثانوية التي تنشئ المسقط

المائي، حيث يعرف كل مصب ثانوي المساحة المساهمة مباشرةً لكل جانب من التصريف التي لها منحدر وسمة متجانسة.

4.1. برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS (Geographic Information System:

يتميز نموذج GeoWEPP بقدرته على العمل ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية arcGIS، حيث تكون المخرجات على شكل شرائح Grid layers تمثل أماكن التربة المنجرفة بوحدة المساحة كنسبة من فقد التربة المحتمل (the Tolerable Soil Loss TSL) والمساحات التي تنتج قيم فقد أكبر أو أقل من فقد التربة المحتمل TLS، حيث تنتج بيانات محصلة الراسب والجريان السطحي لكل بكسل في ملفات نصية ورسوم توضيحية، تشير الملفات النصية إلى المتوسط السنوي للهطول المطري وعدد العواصف المطرية، إجمالي الجريان السطحي، فقد التربة ومحصلة الراسب لكل المساقط الجزئية ولكامل المسقط المائي.

5.1. تقرير CoLD,2004(Coastal Land):

تم اختيار منطقة الشيخ بدر كأحدى المناطق الرائدة لدراسة الانجراف المائي في الساحل السوري وفقاً لعدد من المعايير(الموقع الجغرافي، المساقط المائية، المساحة "الحجم/الشكل"، الانحدار/الهيدرلوجيا، الغطاء النباتي/التربة/الجيولوجيا، عمليات الانجراف، استعمالات الاراضي، الكثافة السكانية، الأنشطة البشرية، توفر المعطيات، توفر الدعم المادي) ضمن مشروع تحسين مراقبة تدهور الأراضي الساحلية في سورية ولبنان الذي أعده مركز النشاط الإقليمي ذات الأولويات بكرواتيا، بحيث أُعطى كل من المعايير السابقة وزنا معينا على شكل نقاط، بعد ذلك تم تشكيل خرائط غرضية لكل معيار، ومن ثم وضعها فوق بعضها البعض لإيجاد قيمة نهائية (خريطة نهائية) تعبر عن المساحات الاكثر والأقل عرضةً للأنجراف المائي للتربة، والتي على أساسها سيحدد أولويات الصيانة للتربة من خلال مقترحات وبرنامج يناسب طبيعة وظروف منطقة الدراسة من أجل سرعة تلافي تدهور الترب الزراعية والمحميات الطبيعية والحفاظ على مصادر المياه من التلوث الناتج عن التربة الزراعية كملوثات كيميائية وعضوية وغيرها.

6.1. الخرائط Maps:

1- خريطة DEM (Digital Elevation Map) الشيخ بدر 30 متر لعام 2011، مصدرها مخبر النظم والمعلومات الجغرافية- قسم الجغرافيا- جامعة دمشق.

2- خريطة استعمالات اراضي(Landuse Map) نوع Shape file بمقياس رسم 1/50000 مصدرها صورة فضائية لاندسات 1/30 pixl مع خريطة طبوغرافية مصدرها المساحة العسكرية لعام 2013م- هيئة البحوث الزراعية- دمشق، والهيئة العامة للاستشعار عن بد.

3- خريطة ترية (Soil Map) نوع Shape file لعام 2013م بمقياس رسم 1/50000 المصدر الهيئة العامة للبحوث الزراعية العلمية حسب التصنيف الامريكي soil Taxonomy- دمشق- الهيئة العامة للاستشعار عن بعد.

4- صورة فضائية لعام 2008م دقتها 30م تم اقتطاعها على مساحة الدراسة وتم تصنيفها بواسطة برنامج تفسير الصور الفضائية Erdas تصنيف مراقب لعام 2013- البحوث الزراعية- دمشق.

7.1. المدخلات Inputs:

يعتبر كلاً من الغطاء الأرضي، استعمالات الأراضي، الانحدار، المناخ، التربة للمسقط المائي هي ملفات الإدخال الاساسية ضمن نموذج GeoWEPP وربطها مع بنموذج .WEPP، اضافةً للخرائط الغرضية (خرائط استعمالات الأراضي، التربة، الانحدار، و DEM30 لمنطقة الدراسة)، شملت الملفات بيانات لأكثر من **3000** منحدر (Hillslopes) ضمن المسقط المائي لمنطقة الشيخ بدر.

2. طرائق الدراسة

1.2. إعداد الخرائط:

تمر مرحلة إعداد الخرائط بمرحلتين أساسيتين قبل استخدامها من قبل نموذج GeoWEPP:

1.2.1. مرحلة الإنشاء (تصميم الخريطة):

باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية arcGIS من خلال (ArcMap, arcCatalog, arcToolbox)، تم إنشاء كافة الخرائط (Soils Map, Landuse Map, etc.) بمقياس رسم 50000/1، بناء على بيانات تم جمعها عن منطقة الدراسة، وإحداثيات الخرائط إلى الإسقاط WSG_1984_UTM_Zone_37N بما يتوافق مع موقع منطقة الدراسة، و وحدة عرض خرائط Meter بدلاً من Decimal Degrees، بحيث ينتج

في النهاية خرائط أما بصيغة Raster أو Shapefile أو....، ومن ثم يتم تحويل كافة الصيغة في مرحلة التحضير إلى الصيغة الموحدة (asc) ليصار إلى إدخالها بالصيغة المطلوبة من قبل نموذج .GeoWEPP.

1.2.2. مرحلة التحضير إلى الصيغة المعروفة من قبل النموذج GeoWEPP:

يجب معرفة كيف يعمل نموذج .GeoWEPP، والأهم كيف تُجهز البيانات الخاصة بمشروع الدراسة؟ هناك خطوات أساسية لتحضير كافة البيانات على وجه الخصوص الخرائط (Dem, Landuse, Soil maps)، اضافةً لصور الفضائية لمنطقة الدراسة، والتأكد من تحقيق التطابق بينها بحيث يصبح لها نفس نظام الاسقاط UTM zone، Elevation Cell، بعد ذلك يتم تحويلها إلى الصيغة asc المعروفة من قبل نموذج .GeoWEPP

عملية تحويل الخرائط إلى الصيغة asc بسيطة ولكن زمن عملية التحويل قد يطول أعتماداً على كمية البيانات، في حين هناك عدد من المواقع Websites التي تحول احداثيات خطوط الطول والعرض latitude/longitude إلى UTM zone الصحيحة الخاصة بمنطقة الدراسة.

العمل مع خريطة DEM الشيخ بدر:

خريطة DEM (Digital Elevation Model) المستخدمة من نوع Raster Grid، تستعمل لتحديد شبكة المسيلات المائية (The Channel Network)، والمصبات الثانوية (Subcatchments) ضمن المسقط المائي، وإيجاد معلومات المنحدرات (Hillslopes) (شدة الانحدار، طول المنحدر) فبدونها لا يعمل نموذج .GeoWEPP.

قبل البدء بعملية التحضير يجب أن تحقق خريطة .DEM الشروط التالية:

1- الارتفاع يجب أن يكون بالمتر وإذا كان هناك أكثر من خريطة DEM فيجب أن يكون ارتفاعهم بالمتر.

2- في حال وجود أكثر من خريطة DEM لمنطقة الدراسة، يجب أن يكون لها نفس The Cell Resolution.

3- أن يكون لخريطة .DEM (طرطوس أو سوريا) نفس UTM zone كافة خرائط DEM التي سوف تستخدم من أجل اقتطاع منطقة الدراسة منها الخاص بمشروع البحث، فإذا لم يتحقق هذا الشرط لا يمكن دمجها اضافةً أنها سوف ترفض من قبل النموذج GeoWEPP.

طريقة العمل طويلة ولكن سيُكتفى بتوضيح الأوامر المستخدمة في العمل، من خلال برنامج نظم المعلومات الجغرافية (arc Geographic Information System) يتم فتح نافذة arcMap والانتقال إلى المجلد الذي يحوي الخريطة واضافتها من خلال الامر add Data، بعد ذلك يتم فتح نافذة arcToolbox وأتباع الخطوات التالية من أجل التعريف إلى UTMS والتحويل إلى الصيغة المعروفة من قبل النموذج asc:

- التعريف إلى الاسقاط UTMS:

من خلال برنامج نظم المعلومات الجغرافية arcGIS، يتم أضافة خريطة DEM إلى نافذة arcMap المفتوحة من خلال الأمر add Data، بعد اضافة الخريطة نقوم بفتح arcToolbox من خلال أيقونة الاختصار الموجودة على شريط العناوين، ونتبع الخطوات التالية:

1)- arcToolbox ⟶ Data Management Tools ⟶ Projections & Transformations ⟶ Raster ⟶ Project Raster.

2)- بعد ذلك تم أختيار الاسقاط المناسب الخاص بمنطقة الدراسة- الشيخ بدر

WGS 1984 UTM Zone 37N.prj

وبهذه الخطوة تم تعريف منطقة الدراسة-الشيخ بدر إلى الأسقاط المناسب.

- الاقتطاع حسب مساحة منطقة الدراسة:

بعد تعريف أسقاط الخريطة بالخطوة الأولى، يتم في هذه المرحلة اقتطاع الجزء الخاص بمنطقة الدراسة- الشيخ بدر من خريطة DEM30m سوريا، من خلال الخطوات التالية:

1)- arcToolbox ⟶ Data Management Tools ⟶ Projections & Transformations ⟶ Raster ⟶ Raster Processing ⟶ Clip.

ومن خلال الأمر Clip تم اقتطاع DEM وفقاً لمساحة منطقة الدراسة بناءً على خريطة حدود مسبقه لمنطقة الدراسة- الشيخ بدر.

- التحويل إلى الصيغة asc المعروفة من قبل نموذج GeoWEPP:

بعد تعريف أسقاط خريطة DEM منطقة الدراسة واقتطاعها، تم تحويل صيغة الخريطة من الصيغة Raster Grid إلى الصيغة asc، وفقاً للخطوات التالية:

1)- arcToolbox ⟶ Conversion Tools ⟶ From Raster ⟶ Raster To ASC.

وبهذا تكون خريطة DEM جاهزة للعمل ضمن GeoWEPP.

<u>العمل مع خريطة استعمالات الاراضي Landuse Map:</u>

- التعريف إلى الاسقاط UTMS:

من خلال برنامج نظم المعلومات الجغرافية arcGIS، يتم أضافة خريطة landuse إلى نافذة arcMap المفتوحة من خلال الأمر add Data، بعد اضافة الخريطة نقوم بفتح arcToolbox من خلال أيقونة الاختصار الموجودة على شريط العناوين، ونتبع الخطوات التالية:

1)- arcToolbox ⟶ Data Management Tools ⟶ Projections & Transformations ⟶ Raster ⟶ Project Raster.

2)- بعد ذلك تم أختيار الأمر Import من النافذة الظاهرة لاستيراد اسقاط خريطة DEM بحيث يصبح لها تعريف اسقاط Landuse نفس تعريف أسقاط خريطة DEM الخاص بمنطقة الدراسة.

WGS 1984 UTM Zone 37N.prj

وبهذه الخطوة تم تعريف خريطة landuse منطقة الدراسة-الشيخ بدر إلى الأسقاط المناسب.

- التحويل إلى الصيغة asc المعروفة من قبل نموذج GeoWEPP:

بعد تعريف أسقاط خريطة landuse منطقة الدراسة، تم تحويل صيغة الخريطة من الصيغة Raster Grid إلى الصيغة asc، وفقاً للخطوات التالية:

قد تتطلب خريطة استعمالات الاراضي إلى الاقتطاع احياناً عندما تكون كبيرة، لذا نقوم بالتالي،

-arcToolbox ⟶ Spatial analyst Tools ⟶ Extraction ⟶ Extraction by Mask.

1)-arcToolbox ⟶ Conversion Tools ⟶ To Raster ⟶ polygon To Raster.

بهذه الخطوة أصبحت خريطة استعمالات الاراضي بصيغة Raster Gird، بعدها نتبع الخطوة مايلي لتحويلها إلى الصيغة المعروفة من قبل نموذج GeoWEPP.

2)–arcToolbox⟶Conversion Tools⟶ From Raster⟶ Raster To ASC.

وبهذا أصبحت خريطة استعمالات الاراضي جاهزة.

العمل مع خريطة التربة Soil Map:

يتم اتباع نفس خطوات تعريف وتحويل خريطة استعمالات الاراضي.

2.2. إنشاء الملفات (Minkowski,2007):

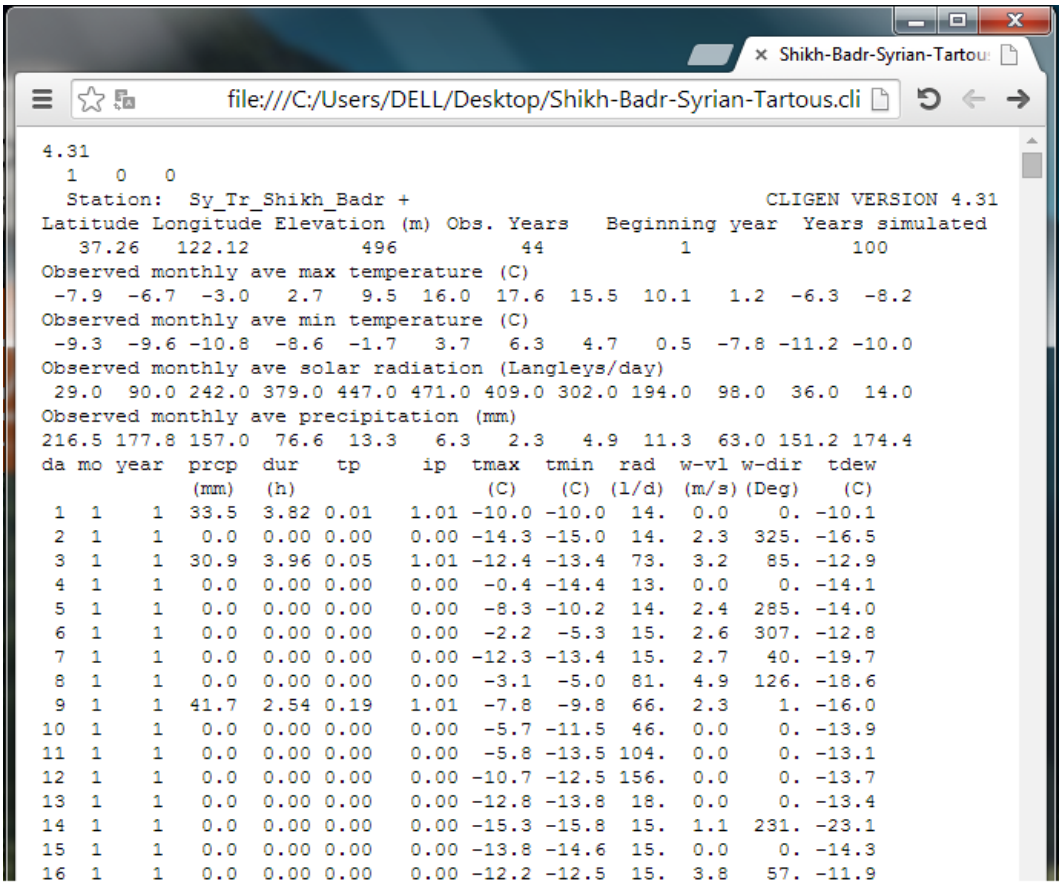
- ملف المناسيب

يُنشأ ملف الانحدار من خريطة DEM استناداً على مؤشرات هامة للمنحدر كالميل، شكل المنحدر، النطاق، الاتجاه على طول المنحدر بواسطة برمجية TOPAZ، حيث يستطيع النموذج GeoWEPP تحديد منسوب كل منحدر ضمن المسقط المائي بناءً على المؤشرات السابقة.

- ملف المناخ

في البداية وكي يكون باستطاعة المستخدم تشغيل النموذج GeoWEPP لإجراء المحاكاة لموقع خارج الولايات المتحدة الامريكية، لابد من بناء ملف المناخ الخاص بذلك الموقع المدروس، باعتبار قاعدة البيانات المناخية PRISM التي يتضمنها النموذج GeoWEPP خاصة بالمحطات المناخية الواقعة ضمن الولايات المتحدة الامريكية، فمن خلال الموقع: http://forest.moscowfsl.wsu.edu/fswepp التابع لهيئة الأبحاث والبيئة الامريكية، يتم الوصول إلى قاعدة البيانات PRISM، ومن خلال التطبيق the Rock Climate الذي يختص بتحديد تقلب المناخ الموضعي في المناطق الجبلية، تم إنشاء ملف المناخ بحيث يتضمن القيم الشهرية للهطول المطري، درجة الحرارة، الاشعاع الشمسي، عدد الايام الماطرة، الرطوبة، الاتجاه، الارتفاع عن سطح البحر، حيث تم ادخال كافة البيانات المناخية المستمدة من محطة الارصاد الجوية التابعة لمنطقة الدراسة (الشيخ بدر–طرطوس) لعام 2012/2013م، ومن ثم تزيل الملف إلى

WEPP/GLOGEN (GLOGEN)، الذي يعمل على توليد المناخ من أجل موقع معين وللفترة الزمنية المطلوبة، الشكل (17).




```
4.31
  1   0   0
  Station:  Sy_Tr_Shikh_Badr +                              CLIGEN VERSION 4.31
Latitude Longitude Elevation (m) Obs. Years   Beginning year  Years simulated
   37.26   122.12         496          44           1             100
Observed monthly ave max temperature (C)
 -7.9  -6.7  -3.0   2.7   9.5  16.0  17.6  15.5  10.1   1.2  -6.3  -8.2
Observed monthly ave min temperature (C)
 -9.3  -9.6 -10.8  -8.6  -1.7   3.7   6.3   4.7   0.5  -7.8 -11.2 -10.0
Observed monthly ave solar radiation (Langleys/day)
 29.0  90.0 242.0 379.0 447.0 471.0 409.0 302.0 194.0  98.0  36.0  14.0
Observed monthly ave precipitation (mm)
216.5 177.8 157.0  76.6  13.3   6.3   2.3   4.9  11.3  63.0 151.2 174.4
da mo year  prcp  dur   tp     ip  tmax  tmin  rad  w-vl w-dir  tdew
            (mm)  (h)              (C)   (C) (l/d) (m/s) (Deg)   (C)
 1  1    1  33.5  3.82 0.01   1.01 -10.0 -10.0  14.  0.0    0. -10.1
 2  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00 -14.3 -15.0  14.  2.3  325. -16.5
 3  1    1  30.9  3.96 0.05   1.01 -12.4 -13.4  73.  3.2   85. -12.9
 4  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  -0.4 -14.4  13.  0.0    0. -14.1
 5  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  -8.3 -10.2  14.  2.4  285. -14.0
 6  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  -2.2  -5.3  15.  2.6  307. -12.8
 7  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00 -12.3 -13.4  15.  2.7   40. -19.7
 8  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  -3.1  -5.0  81.  4.9  126. -18.6
 9  1    1  41.7  2.54 0.19   1.01  -7.8  -9.8  66.  2.3    1. -16.0
10  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  -5.7 -11.5  46.  0.0    0. -13.9
11  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00  -5.8 -13.5 104.  0.0    0. -13.1
12  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00 -10.7 -12.5 156.  0.0    0. -13.7
13  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00 -12.8 -13.8  18.  0.0    0. -13.4
14  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00 -15.3 -15.8  15.  1.1  231. -23.1
15  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00 -13.8 -14.6  15.  0.0    0. -14.3
16  1    1   0.0  0.00 0.00   0.00 -12.2 -12.5  15.  3.8   57. -11.9
```

شكل (17): يوضح ملف المناخ وبيانات مناخية لمائة سنه

- ملف التربة

استناداً لبيانات هيئة البحوث الزراعية بدمشق الخاصة بعينات التربة، التي تم جمعها من مقاطع التربة لكامل المسقط المائي لمنطقة الدراسة وتحليلها (نسبة المادة العضوية، CEC، EC، قوام التربة، نسبة الحجارة، نسبة الرمل والطين،. مثال(1)) التي على أساسها تم إنشاء خريطة التربة The Soil Map layer لمنطقة الشيخ لتشغيل نموذج GeoWEPP، ومن ثم تم إنشاء ملفي التربة(Soilsmap, Soilsdb) شريطة أن تكون صيغة الملف txt ليتم التعرف عليها من قبل نموذج GeoWEPP وWEPP/TOPAZ، يعمل ملف التربة النصي txt كجسر بين خريطة التربة ونموذج GeoWEPP و WEPP/TOPAZ.

مثال(1): يوضح وصف بعض مقاطع التربة المدروسة لمنطقة الدراسة الشيخ بدر

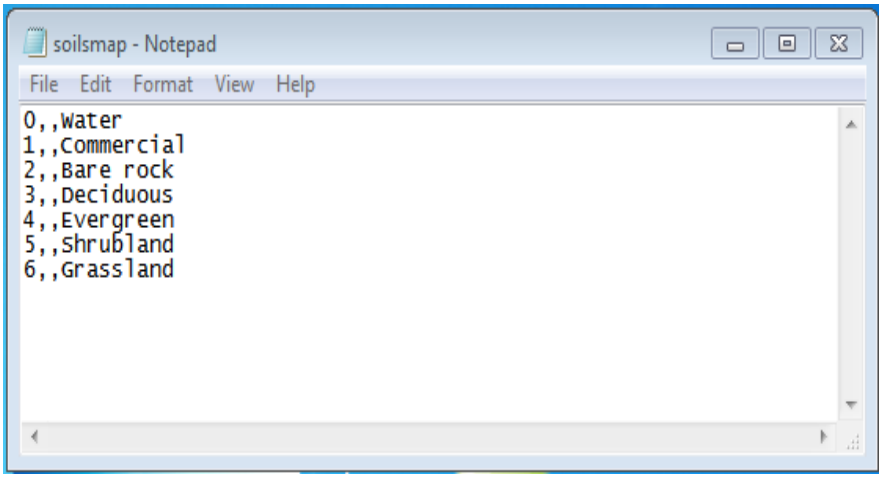
المقطع الرابع: E 36 5 32.879
N 34 57 27.455
الارتفاع عن سطح البحر حوالي 500م
الموقع الفيزيوغرافي : المنحدرات الوسطى و العليا للجبال .
الطبوغرافيا : منحدرة بدرجة ميل 35 درجة %.

المواد المشكلة للتربة: الأحجار الكلسية للعصر الجيولوجي الكريتاسي

الأفق	العمق سم	الوصف
A1	13 -0	رمادي محمر غامق 5 YR 4/2 جاف إلى بني محمر غامق 5 YR 3/2 القوام طيني البناء حبيبي ناعم معتدل . قاسي وهو جاف وصلب عندما يكون رطب, لزج بلاستيكي ,ويحتوي على كمية من الحصى تشكل 20 من هذا الأفق على عدد قليل من المسامات غير مستمرة وغير منتظمة ويحتوي على عدد القليل من أوكار الحشرات وعلى الكثير من الجذور الناعمة إلى المتوسطة والحدود واضحة ودرجة الحموضة 7,2 .
A2	28 -13	بني محمر غامق 5YR 3/4 جاف , 5YR 3/3 رطب , القوام طيني , البناء حبيبي ناعم إلى معتدل , قاسي (جاف) صلب (رطب) , لزج بلاستيكي , ويحتوي على عدد قليل من المسامات غير منتظمة وغير مستمرة وعلى كمية متكررة من حصى وحجارة كلسية تشكل 20 من هذا الأفق كما يحتوي على عدد قليل من أوكار الحشرات والنمل ,وعلى الكثير من الجذور الناعمة
R	+ 28	الأحجار الكلسية لعصر الكريتاسي

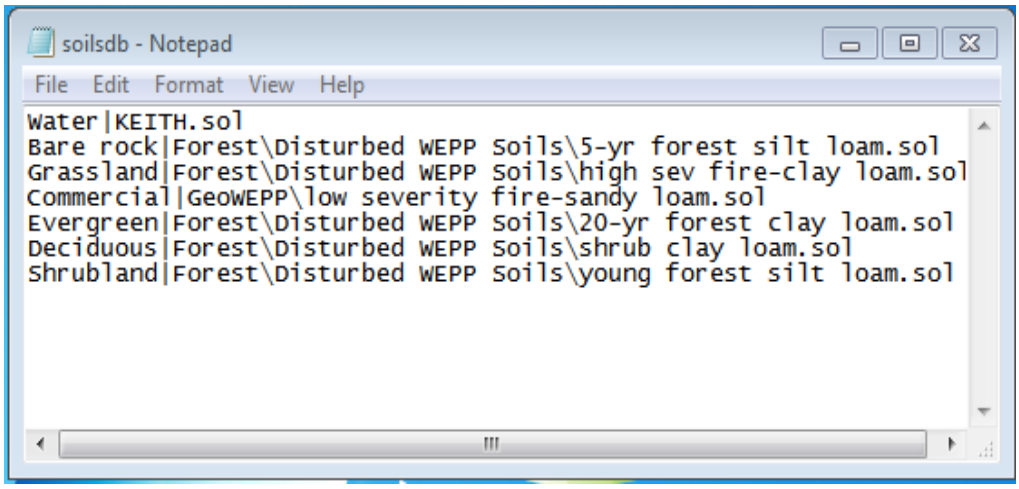
الأفق	العمق	PH	Ec	N	P	K	جبس%	مادة عضوية%	CaCO3%	رمل	سلت	طين
A1	3	7,2	0,5		18	37,8		2,8	25,6	26	26	48
A2	18	6,8	0,4		24,2	37,8		2		19	19	62
R	25											

الملف Soilsmap.txt يربط بين محتوى وقيمة الخلية بالخريطة، حيث يكون الملف Soilsmap.txt مزود برقم ووصف، الرقم هو قيمة الخلية الموجودة في طبقة الخريطة بينما الوصف هو وصف محتوى الخلية النقطية للخريطة على الواقع المدروس مثلاً (1,, Commercial) ، القيمة 1 هي قيمة الخلية في الخريطة، بينما Commercial هو ما تحتويه وتعبر عنه الخلية على الواقع وهي الطرق والمواصلات، الشكل(18).



شكل(18): يوضح ملف التربة soilsmap.txt

بينما يربط الملف Soilsdb.txt بين قيمة الخلية والوصف مع ملف معاملات نموذج WEPP/TOPAZ. أثناء عملية المحاكاة وبالتالي يتعرف النموذج GeoWEPP على ما تحوية الخرائط على الواقع وبالتالي إجراء المحاكاة والتحليل وأعطاء النتائج، حيث يشترط في أنشاء هذا النوع من الملفات التوافق بين ترتيب الوصف بحيث يوافق ماهو موجود من وصف على كلا النموذجين GeoWEPP وWEPP، وينتهي كل أسم بالجذر sol وإذا لم يتحقق هذا الشرط لن يتعرف نموذج GeoWEPP على الملف وسيتم أختيار وصف لايوافق الواقع المدروس شكل(19).

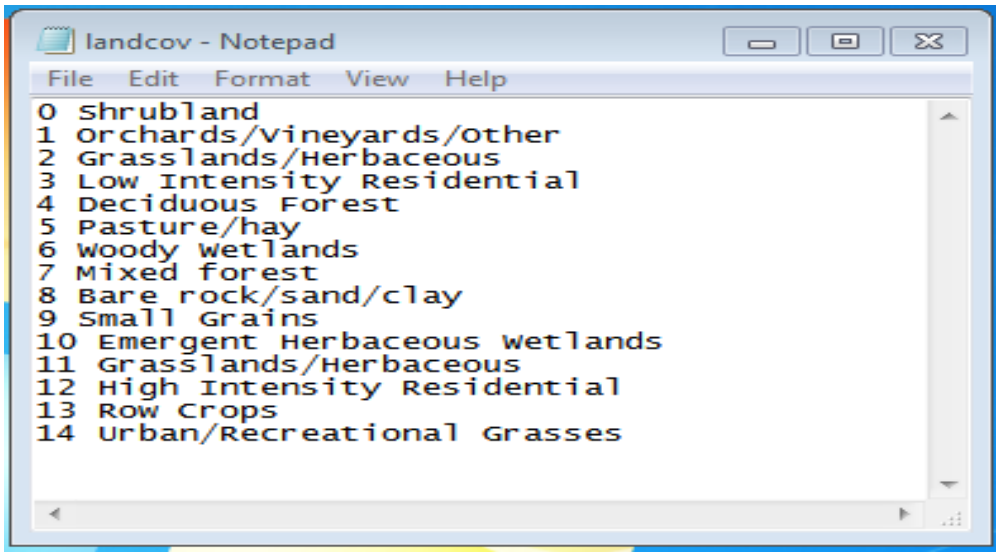


شكل (19): يوضح ملف التربة soilsdb.txt

- ملف استعمالات الأراضي

يُعد كلاً من كثافة الغطاء النباتي، البقايا النباتية، مخلفات الأشجار بيانات ملف استعمالات الأراضي الضرورية، التي يتم الحصول عليها من استبيانات وقياسات حقلية بواسطة هيئة البحوث الزراعية والهيئة العامة للاستشعار عن بعد– دمشق، التي على أساسها تم انشاء خريطة استعمالات الأراضي لمنطقة الدراسة ومن ثم تم تحويلها إلى صيغة asc (landcov.asc) في بيئة arcGIS ، ومن ثم تم إنشاء ملفي الإدارة للأنماط المختلفة لاستعمالات الاراضي (شجيرات، غابات جافة، زراعة مروية، مراعي، زراعة بعلية، غابة) لكامل المصبات الثانوية ضمن المسقط المائي، يستخدم GeoWEPP و WEPP/TOPAZ الملفي النصي لتحديد محتوى الخريطة الذي يتوافق مع استعمالات الأراضي The Land Cover Layer على الواقع.

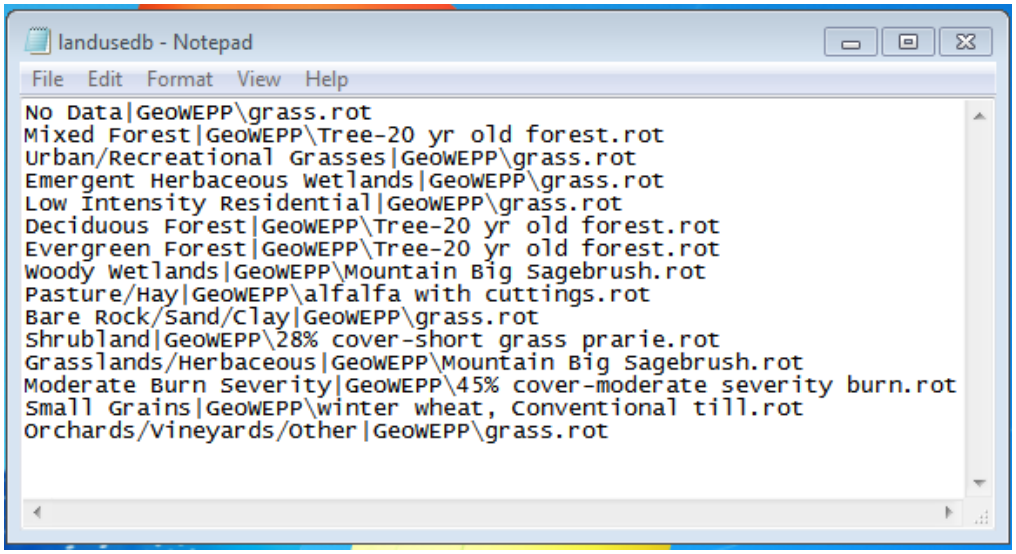
الملف Landcov.txt يكون مزود برقم ووصف، الرقم هو قيمة الخلية الموجودة في طبقة الخريطة بينما الوصف هو وصف قيمة الخلية النقطية للخريطة على الواقع، مثلاً 7 Mixed forest فالقيمة 7 هي قيمة الخلية في الخريطة Mixed forest ما تعبر عنه الخلية في الواقع من غابات مختلطة بالأشجار الفاكهة والزيتون والخ شكل (20).



شكل (20): يوضح ملف استعمالات الاراضي landcov.txt

بينما يربط الملف Landusedb.txt بين قيمة الخلية والوصف على الواقع مع ملف معاملات النموذج WEPP/TOPAZ أثناء عملية المحاكاة وبالتالي يتعرف النموذج GeoWEPP على ما تحوية الخرائط

على ارض الواقع ومن ثم التحليل وأعطاء النتائج، ويشترط في أنشاء هذا النوع من الملف التوافق في ترتيب الوصف بحيث يوافق ماهو موجود من وصف على كلا النموذجين GeoWEPP و WEPP، وينتهي كل أسم بالجذر rot وإذا لم يتحقق هذا الشرط لن يتعرف النموذج على الملف وسيتم أختيار وصف لايوافق الواقع المدروس شكل(21).



شكل (21): يوضح ملفات استعمالات الاراضي landuse.db.txt

3.2. المحاكاة بواسطة نموذج GeoWEPP:

من خلال نموذج GeoWEPP.، وباستخدام طريقتي المسقط المائي Watershed Method و المسيل المائي Flowpath Method، تم أجراء محاكاة لكامل المسقط المائي في منطقة الدراسة وفق ثلاث مراحل تضمنت قياس الجريانات السطحية، تقدير محصلة الرواسب والتربة المنجرفة وأقتراح سيناريوهات الصيانة المناسبة.

4.2. اهم المعادلات الاحصائية في تقييم كفاءة النموذج:

- معامل (Nash & Sutcliffe,1970):

$$ME = 1 - \sum_1^N (m - P)^2 / (m - m\,ave)^2$$

حيث:

ME: كفاءة النموذج Model efficiency.

m: القيم الحقيقة المقاسة (قيم مقاسة في الحقل).

P: القيم المقدرة من قبل نموذج GeoWEPP.

m_{ave}: المتوسط الحسابي لجميع القيم الحقيقية.

n: عدد أزواج القيم.

عندما تكون قيمة ME مساوية الواحد فهذا يعني أن هناك توافق تام بمعنى أن هناك تساوي بين القيمة المقدرة من قبل النموذج والقيمة الحقيقة، بمعنى أن كفاءة النموذج أعلى ما يمكن 100%، وبالتالي كلما اقتربت قيمة ME من الواحد يدل على ازدياد التوافق بين القيم الحقيقة والقيم المقدرة من قبل النموذج، حيث تزداد كفاءة النموذج والعكس صحيح، وكلما ابتعدت قيمة ME عن الواحد دل على أن هناك نسبة توافق منخفضة بين القيم المقدرة من قبل النموذج والقيم الحقيقية، وبالتالي كفاءة النموذج منخفضة.

0>ME : المعدل الوسطي للقيم الحقيقية أفضل من القيم المقدرة من قبل النموذج، وبالتالي كفاءة النموذج منخفضة جداً وتوقعاته غير جيدة، وبالتالي أدائه غير مستحسن.

0=ME : هناك توافق منخفض بين القيم الحقيقية والقيم المقدرة من قبل النموذج، وبالتالي كفاءة النموذج منخفضة، وادائه غير جيد.

0<ME : هناك توافق بين القيم الحقيقية والقيم المقدرة من قبل النموذج، وبالتالي كفاءة النموذج جيدة وتوقعاته جيدة وأدائه مستحسن، لذا يمكن وضع النموذج في الاستخدام.

- معامل كفاءة النموذج (Nash & Sutcliffe,1970):

$$\mathbf{NSE} = \mathbf{1} - \sum_{\mathbf{1}}^{\boldsymbol{N}} (\boldsymbol{Yobs} - \boldsymbol{Ypred})^{\mathbf{2}} / (\boldsymbol{Yobs} - \boldsymbol{Ymean})^{\mathbf{2}}$$

حيث:

NSE كفاءة النموذج Model efficiency.

Y_{bos}: محصلة الراسب المقاس بالطن أو حجم الجريان السطحي بالم^3 لكل حادثة.

Y_{pred}: محصلة الراسب أو حجم الجريان السطحي المتوقع من خلال النموذج.

Y_{mean}: متوسط محصلة الراسب المقاس أو حجم الجريان السطحي لكل الحوادث.

تتراوح قيمة NSE بين $0-1$، كلما اقتربت القيمة من الواحد يدل على أن القيم المقاسة تتساوى مع القيم المتوقعة من خلال نموذج GeoWEPP وهذا يدل على كفاء النموذج، وعنما تقل قيمة NSE عن الصفر يدل على عدم تساوي القيم المقاسة والمتوقعة وهذا يدل عدم كفاءة النموذج.

- الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ Root Mean Square Error((Yuksel el al.,2008)):

$$\boldsymbol{RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{N}(Pi - Oi)^2/N}}$$

معامل إحصائي لمقارنة مجموعتي القيم الحقيقة، والقيم المقدرة من قبل النموذج، حيث تشير قيمته إلى مدى الاختلاف بينهما، ينتج من الجذر التربيعي لمتوسط مجموع مربعات الفروق بين القيم الحقيقية والقيم المقدرة من قبل النموذج المقابلة لها، حيث تقدر قيمته بالنسبة المئوية.

حيث:

RMSE: الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ.

N: عدد الملاحظات المشاهدة.

Oi: القيم الحقيقية الملاحظة (قيم تجريبية ملاحظة).

Pi: القيم المتوقعة من قبل نموذج GeoWEPP.

تتراوح قيمة RMSE بين 0–100، كلما انخفضت القيمة لأقل من 100، يعني إن هناك توافق جيد بين القيم الحقيقة والقيم المقدرة من قبل النموذج، وبالتالي كفاءة النموذج عالية، وعلى العكس كلما ارتفعت القيمة دل على ان هناك فروقات كبيرة بين القيم المقدرة من قبل النموذج والقيم الحقيقية.

- الخطأ في التقدير الكليError in Total Estimate:

$$\%E\ total = \frac{P\ total - m\ total}{m\ total} * 100$$

مقياس رياضي ذو أهمية كبيرة لتحديد النسبة المئوية للخطأ في تقدير النموذج للمقدار الكلي(الإجمالي)، من العامل المدروس، ويحسب من خلال المعادلة السابقة.

حيث:

E_{total}% : النسبة المئوية للخطأ في التقدير الكلي من قبل النموذج.

M total : المقدار الكلي المقاس حقلياً.

P total : المقدار الكلي المقدر من قبل النموذج.

تتراوح قيمته بين 0–100 كلما انخفضت القيمة باتجاه الصفر فهذا يعني إن مقدار خطأ النموذج يكون منخفض في تقديره للمقدار الكلي من العامل المدروس، مما يدل على كفاءة النموذج وحسن اداءه والعكس بالعكس.

- معامل التحديد Coefficient of Determination :

$$(R^2)\ CD = \sum_{1}^{n} \frac{(P - mave)^2}{(m - mave)^2}$$

معامل التحديد يقوم بمقارنة القيم المقدرة من قبل النموذج والقيم المقاسة حقلياً للعامل المدروس، تتراوح قيمتهُ بين 0–1.

R^2 =1 يوجد ارتباط تام في العينة أي لا يوجد فروق بين القيم المقدرة من قبل النموذج والقيم الحقلية المقاسة للعامل المدروس.

R^2 = صفر يوجد ارتباط ولكن جداً ضعيف، لا يفيد في التنبؤ بقيمة العامل المدروس، فكلما أقترب معامل التحديد من القيمة واحد كلما دل على ازدياد التوافق بين القيم الحقيقية والقيم المقدرة من قبل النموذج، وبالتالي زيادة كفاءة النموذج وفعاليته في التنبؤ، والعكس بالعكس.

حيث:

CD (R^2) : قيمة معامل التحديد.

m : القيم الحقيقة المقاسة (قيم تجريبية ملاحظة).

p: القيم المقدرة من قبل النموذج GeoWEPP.

$\mathbf{m_{ave}}$: المتوسط الحسابي لجميع القيم الحقيقية.

n : مجموع ازواج القيم الحقيقية والمقدرة.

- معامل الارتباط:

$$\mathbf{r = \sum (x - x^{-})(y - y^{-}) / \sqrt{\sum (x - x^{-})^2 (y - y^{-})^2}}$$

حيث:

r: معامل الارتباط وقيمنه تتراوح بين (1، −1).

X : التربة المنجرفة بالطن

Y: الجريان السطحي بالمتر المكعب

$\mathbf{x^{-}}$ و $\mathbf{y^{-}}$: يمثلان المتوسطات السنوية لكلاً من الجريان السطحي والتربة المنجرفة.

اشارة " r "	نوع العلاقة
سالبة ($r < 0$)	عكسية
موجبة ($r > 0$)	طردية
($r = 0$)	لا توجد علاقة

- المعادلة العامة لتقدير الجريان السطحي (John Willey & Sons,1966):

$$\boldsymbol{Q = \frac{(I - 0.2\,S)^2}{I + 0.8\,S}}$$

حيث:

Q: الجريان السطحي مقدراً بالأنش.

I: الهطول المطري مقدراً بالأنش.

S: الاختلاف المحتمل الأقصى بين الجريان السطحي والهطول المطري مقدراً بالأنش والذي يبدأ عند زمن بدء العاصفة المطرية.

- **المعادلة العامة لتقدير محصلة الرواسب** (John Willey & Sons,1966):

$$\boldsymbol{Y = 5.04 \log A - 0.56(\log A)\text{^}2 \; - \; 3.98 \log T - 0.15(logA)(logT) + 3.89}$$

حيث:

Y: محصلة الرواسب السنوية.

A: مساحة المسقط المائي.

T: الفترة الزمنية.

الفصل الرابع

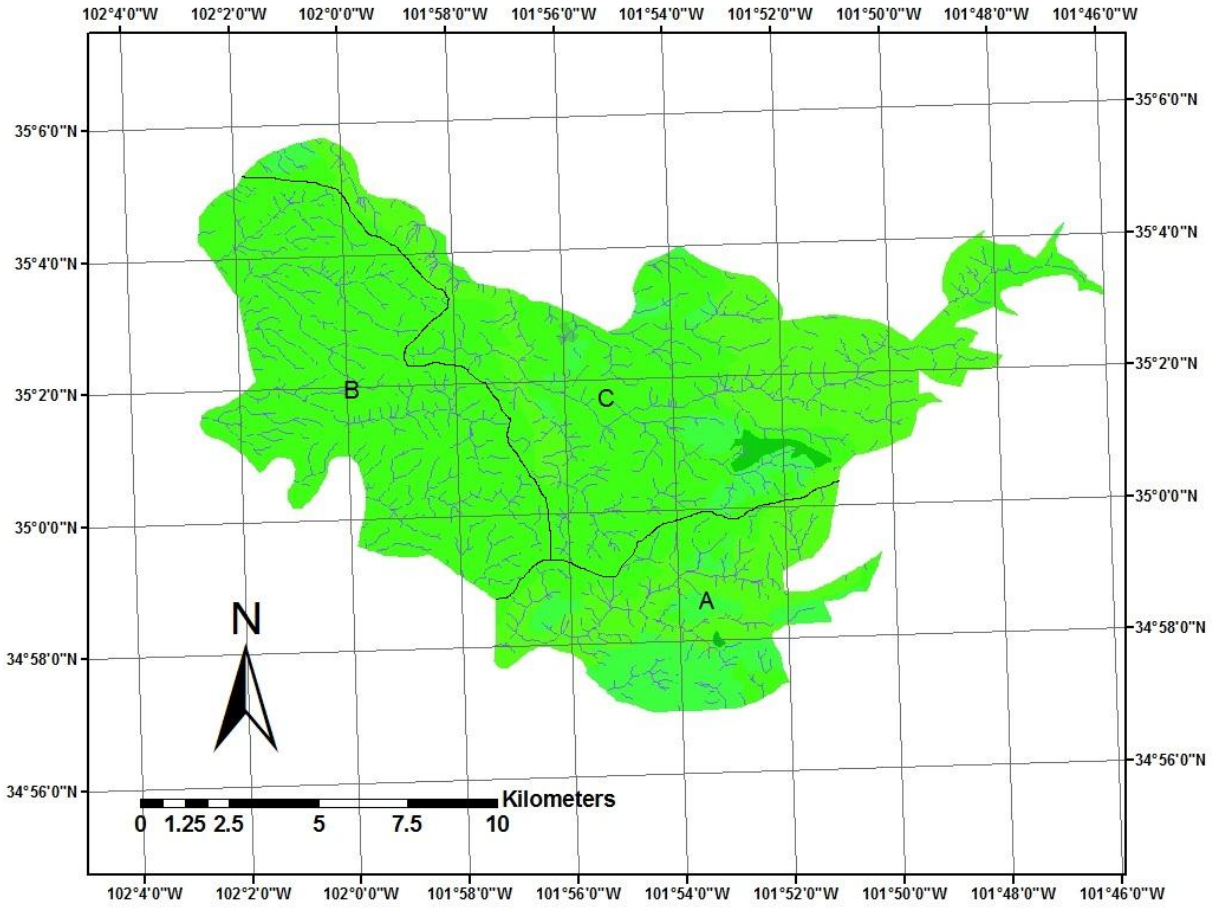
النتائج والمناقشة

Rustles & Discussions

النتائج والمناقشة

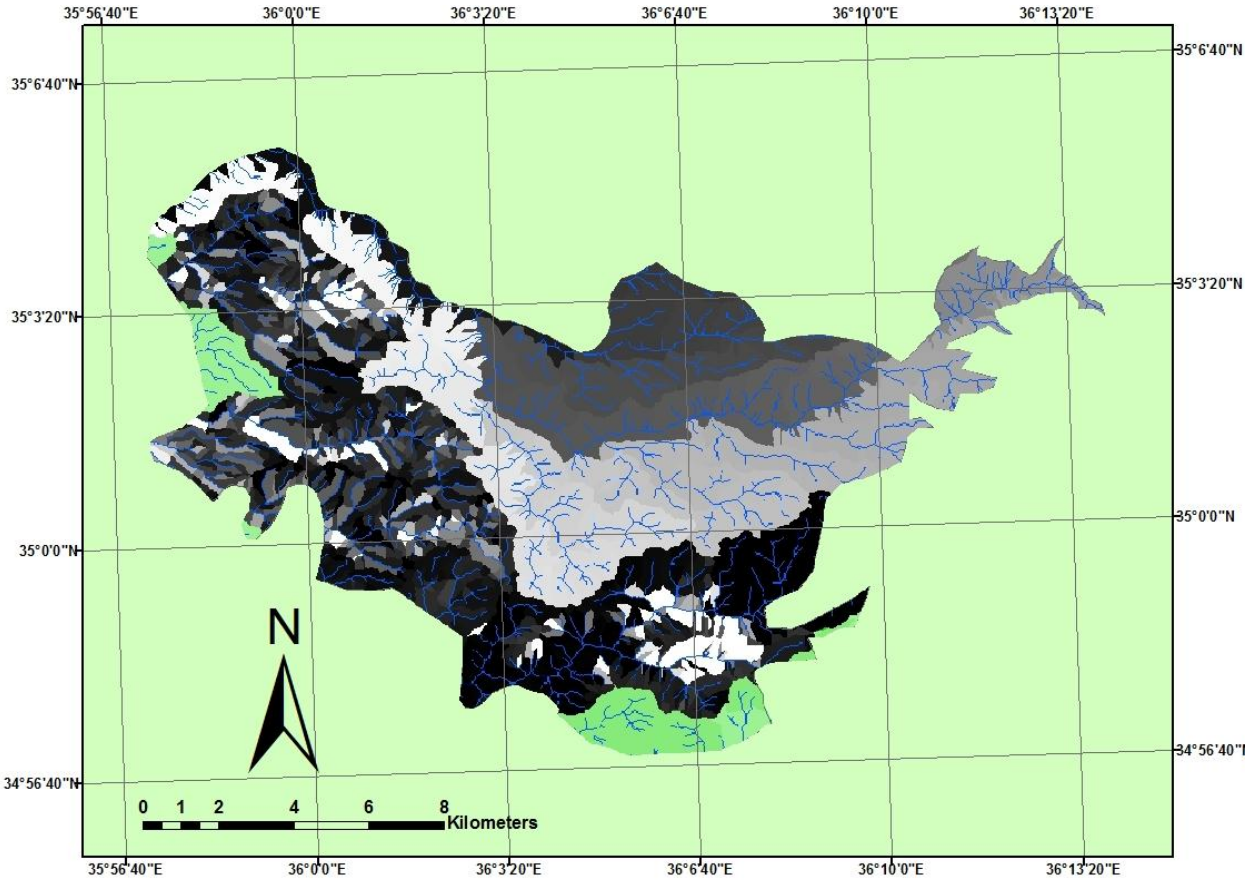
سيتم عرض أهم النتائج ومناقشتها، التي تم الحصول عليها من خلال محاكاة النموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة في منطقة الدراسة ضمن مرحلتي محاكاة، المرحلة الأولى زمن محاكاة سنه واحدة وعند القيمة T الافتراضية للنموذج 1طن/هـ/سنه، التي يقوم النموذج عندها بتسجيل كمية التربة المنجرفة 1 طن/هـ/سنه وما يفوقها، لم يظهر في هذه المرحلة بعض المساحات التي يقل فيها الانجراف عن 1طن/هـ/سنه.

في المرحلة الثانية تم تغيير القيمة T الافتراضية للنموذج إلى القيمة 0.1 طن/هـ/سنه بحيث يقوم النموذج بتسجيل كمية التربة المنجرفة عند 0.1 طن/هـ/سنه وزيادة سنوات المحاكاة إلى سنتين، لوحظ ظهور المساحات التي يقل انجرافها عن 1 طن/هـ/سنه من خلال التقارير والرسوم التوضيحية الناتجة عن المحاكاة.



الشكل (22): خريطة تقسيم المسيلات المائية في منطقة الدراسة– الشيخ بدر

من أجل إجراء محاكاة نموذجية للانجراف المائي للتربة وتسهيل عملية الحساب وتحليل النتائج تم تقسيم منطقة الدراسة إلى ثلاث مناطق رئيسية A, B, C استناداً للمساحة والوحدة المائية المستقلة، كما هو موضح بالشكل (22). ومن ثم تقسيم مساحة كل منطقة رئيسية إلى مساحات جزئية (A1, A2, B1, B2, B3, B4, B5, C1,.....,C9) لتناسب نموذج GeoWEPP من جهة والحد من طول وتشعبات المسيلات المائية ضمن المسقط المائي من جهة اخرى، من ثم تم تحديد مخرج كل مسقط مائي (outlet) على شبكة المسيلات التي يولدها TOPAZ بالاعتماد على خريطة المناسيب DEM 30m المعطى له لمنطقة الدراسة من أجل الحصول على نتائج الجريان السطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة بوحدة مساحة المسقط المائي، الشكل (23).



الشكل(23): خريطة لمنطقة الدراسة محددة من قبل نموذج GeoWEPP قبل إجراء المحاكاة

تُظهر الجداول التالية (1،2،3،....16) كلاً من حجم الجريان السطحي Runoff Volume، حجم الجريان تحت السطحي Subrunoff Volume، محصلة الراسب Sediment Yield، والتربة المنجرفة Soil

Loss المتسلمة من نقطة المخرج outlet point لمنحدرات ممثلة تمثيلاً كاملاً لوحدات المساحات الجزئية (A1,A2,B1,B2,B3,B4,..,C1,C2,...C1) من المساحات الرئيسية (A,B,C)، من المسقط المائي لمنطقة الدراسة–الشيخ بدر المتوقعة من خلال محاكاة ظاهرة الانجراف المائي للتربة بواسطة النموذج GeoWEPP من خلال طريقتي المسقط المائي Watershed Method والمسيل المائي Flowpath Method، "علماً أن مجموع الجريان السطحي وتحت السطحي يساوي الجريان الكلي الناتج عن الهطول".

جدول(3): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة A1

تسلسل المنحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت السطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	44685.68	69.94	35.910	35.910
2	36480.28	81.70	30.585	30.585
3	18121.45	17.52	34.945	34.945
4	18097.79	21.49	36.706	36.706
5	17280.40	18.16	35.956	35.956
6	19547.91	29.96	35.841	35.841
7	30460.46	37.84	36.946	36.946
8	29843.53	17.05	33.776	33.776
9	17829.90	20.15	36.947	36.947
10	16645.78	12.20	34.601	34.601
11	9202.29	9.19	36.819	36.819
12	8663.11	15.75	36.975	36.975
13	5015.00	11.04	32.967	32.967
14	18084.46	17.03	34.906	34.906
15	16984.58	15.40	36.614	36.614
16	18980.05	21.55	34.696	34.696
17	12272.97	20.05	36.895	36.895
18	16767.72	14.04	30.744	30.744
19	41012.88	73.05	35.552	35.552
20	20665.91	28.71	33.669	33.669

جدول(4): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة A2

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت السطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	22600.45	8636.98	9.900	9.900
2	2006.95	4839.21	7.927	7.927
3	33761.79	13492.87	10.943	10.943
4	10186.13	9841.85	0.842	0.842
5	21457.76	10089.27	7.319	7.319
6	19149.43	24.81	4.742	4.742
7	9077.23	2985.19	1.724	1.724
8	15985.83	45.75	9.945	9.945
9	10443.88	7268.01	0.286	0.286
10	26256.46	15.73	0.831	0.831
11	66153.56	26787.99	2.765	2.765
12	13296.07	5451.93	5.663	5.663
13	3539.52	3202.33	4.384	4.384
14	21988.60	47.89	1.976	1.976
15	4231.37	4220.74	1.971	1.971
16	16350.35	8822.38	3.806	3.806
17	8153.89	7171.49	8.878	8.878
18	22519.12	7595.40	4.357	4.357
19	12677.35	10010.47	17.052	17.052
20	18656.83	11463.19	17.743	17.743

تمثل نتائج الجدولين (4،3) المساحات الجزئية (A1,A2) أي المنطقة الجنوبية لمدينة الشيخ بدر، حيث يلاحظ توزع قيم الانجراف المائي للتربة بين قيم مرتفعة للانجراف 35.1 طن/هـ/سنه في المساحة الجزئية A1 الجدول(3)، تمثل قرى سريجس وبشمس وبغمليخ، لذا تعتبر مناطق أولوية عالية ويعزي ذلك لتواجد التعرية السطحية وعمليات الادارة السيئة لاسيما المصاطب المتهدمة أو المهجورة، وتعتبر المنطقة الأكثر تعرضاً للانجراف المائي للتربة بمنطقة الدراسة–الشيخ بدر، بينما تمثل بقية مساحة المنطقة الرئيسية A مناطق متوسطة الانجراف 6.1 طن/هـ/سنه (المساحة الجزئية A2 جدول (4)) كون الانجراف المائي للتربة ينشط بشدة أقل.

جدول(5): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة B1

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	29090.17	24.67	10.688	10.688
2	23430.41	31.72	14.944	14.944
3	21306.19	20.68	7.840	7.840
4	32913.20	51.76	6.657	6.657
5	19995.46	34.82	10.789	10.789
6	19169.12	13.53	0.471	0.471
7	19643.10	15.82	12.629	12.629
8	25725.34	22.31	4.089	4.089
9	19484.12	19.69	18.845	18.845
10	5811.08	36.35	0.165	0.165
11	35879.07	44.28	160.032	160.032
12	23415.12	51.09	1.600	1.600
13	7361.21	47.23	0.218	0.218
14	70111.00	50.34	0.461	0.461
15	44657.92	52.82	0.457	0.457
16	9914.76	24.44	9.472	9.472
17	8513.30	16.12	0.106	0.106
18	17839.35	13.13	11.393	11.393
19	25596.76	33.89	6.437	6.437
20	19192.83	57.06	6.381	6.381

جدول(6): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة B2

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت السطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	14516.12	37.55	0.471	0.471
2	6670.73	29.74	12.629	12.629
3	6410.45	28.66	4.789	4.789
4	10567.18	20.13	18.846	18.846
5	6710.36	6.56	14.165	14.165
6	5558.52	15.38	11.393	11.393
7	20087.39	50.82	0.644	0.644
8	10251.38	89.13	6.381	6.381
9	7251.56	7.91	14.944	14.944
10	12536.98	22.82	6.657	6.657
11	6974.89	7.97	25.533	25.533
12	6680.75	8.78	31.600	31.600
13	13098.69	56.96	30.218	30.218
14	18634.87	59.88	20.461	20.461
15	13664.70	23.66	25.457	25.457
16	12574.97	25.99	9.472	9.472
17	10018.02	19.53	30.106	30.106
18	16393.80	108.10	7.840	7.840
19	11149.41	17.23	10.687	10.687
20	3333.22	13.66	10.789	10.789

جدول(7): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة B3

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	1798.6	27.15	0.9	0.9
2	2643.1	15.37	0.3	0.3
3	1184.6	78.93	3.0	3.0
4	19178.0	148.64	1.4	1.4
5	12792.2	190.49	0.3	0.3
6	1961.3	266.91	0.6	0.6
7	4160.0	74.34	1.7	1.7
8	178.4	134.72	1.7	1.7
9	5529.8	22.22	0.7	0.7
10	1976.4	80.53	0.7	0.7
11	10604.2	83.58	2.0	2.0
12	3833.8	111.35	0.3	0.3
13	1986.1	109.89	0.8	0.8
14	2888.8	173.13	2.3	2.3
15	3741.9	73.72	1.8	1.8
16	4345.5	102.75	1.4	1.4
17	1352.2	88.04	1.7	1.7
18	6501.4	58.20	1.1	1.1
19	8791.5	55.16	0.8	0.8
20	1325.6	44.76	1.2	1.2

جدول(8): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة B4

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	158.4	13.06	0.9	0.9
2	358.9	18.17	3.9	3.9
3	287.4	35.40	2.6	2.6
4	309.3	26.78	1.7	1.7
5	111.4	52.35	2.2	2.2
6	490.8	30.67	4.0	4.0
7	383.7	32.03	2.9	2.9
8	300.6	49.78	0.9	0.9
9	682.9	22.71	1.3	1.3
10	893.3	28.04	2.7	2.7
11	437.6	34.37	1.4	1.4
12	166.5	21.49	0.9	0.9
13	193.6	79.70	0.4	0.4
14	241.3	91.39	0.5	0.5
15	946.4	39.32	2.1	2.1
16	370.9	46.95	1.3	1.3
17	627.6	12.15	3.6	3.6
18	283.6	59.40	2.5	2.5
19	335.7	22.61	2.2	2.2
20	595.8	49.06	4.2	4.2

جدول(9): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة B5

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	2202.25	48.93	0.6	0.6
2	3357.07	94.36	8.2	8.1
3	1567.90	40.48	3.5	3.3
4	1854.34	48.35	0.1	0.1
5	1062.23	40.65	0.3	0.3
6	1034.42	48.13	2.7	2.3
7	1114.03	38.75	2.7	2.6
8	1640.44	34.02	2.2	2.2
9	1686.40	52.51	1.2	1.2
10	2434.23	41.02	11.1	11.1
11	4070.95	111.53	7.7	7.7
12	2622.31	93.92	1.0	1.0
13	1537.79	42.47	2.2	2.2
14	1562.77	50.11	4.7	4.3
15	1355.59	28.91	2.9	2.9
16	1409.56	42.44	3.7	3.9
17	2654.32	79.20	5.8	5.9
18	2772.66	53.40	4.1	4.1
19	2620.95	95.53	7.5	7.4
20	2152.33	46.24	2.4	2.4

يلاحظ من نتائج الجداول السابقة (9،8،7،6،5) الممثلة للمساحات الجزئية (B1,B2,B3,B4,B5) المناطق الشمالية والشمالية الغربية من منطقة الدراسة توزع قيم الانجراف بين قيم مرتفعة (B1,B2) جدول(6،5) المتمثلة بالمناطق: القرب من قرية القصيبة وقرية الصفلية وقرية الزعفرانة وقرية بلاط وقرية الشبوبية مناطق الانجراف العليا بمعدل انجراف (14.1، 14.2 طن/هـ/سنوياً) نتيجةً لنشاط التعرية السطحية بشدة بسبب المنحدرات الشديدة والنشاط البشري والغطاء النباتي، بينما القيم المتوسطة والمنخفضة (B3,B4,B5) جدول(9،8،7) تمثل منطقة أخرى تعاني من التعرية السطحية الموضعية بالقرب من قرية الوردية وقرية قرعوب قمصو وقرية القمصية بمعدل انجراف (1.1، 2.1، 3.8 طن/هـ/سنه) لأن المصاطب إما مهجورة أو متكسرة أو متصدعة جزئياً.

جدول(10): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة C1

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	893.09	45.05	8.823	8.823
2	809.51	28.35	7.71	7.71
3	352.70	22.23	0.579	0.579
4	973.64	63.92	5.601	5.602
5	1180.45	67.43	0.614	0.614
6	477.41	16.50	0.08	0.08
7	1236.97	74.84	11.137	11.137
8	1202.73	96.38	6.205	6.205
9	2449.11	97.97	7.590	7.590
10	37.07	5.01	0.003	0.003
11	464.50	34.36	0.697	0.697
12	13.07	37.10	0.006	0.006
13	4570.02	26.34	2.693	2.693
14	1120.15	32.16	1.107	1.107
15	447.02	49.18	0.5	0.5
16	2864.53	92.02	7.856	7.855
17	1830.99	84.64	5.044	5.044
18	2460.36	56.08	7.186	7.186
19	3012.15	55.41	14.646	14.646
20	1545.91	51.12	7.107	7.107

جدول(11): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة C2

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	4276.4	258.01	2.8	2.8
2	18587.2	142.49	0.3	0.3
3	3072.4	105.80	0.1	0.1
4	6117.7	116.19	0.4	0.4
5	10675.2	106.63	1.2	1.2
6	9168.9	21.00	0.2	0.2
7	7003.9	122.41	0.1	0.1
8	19467.9	75.34	0.2	0.2
9	20607.7	60.62	0.2	0.2
10	5186.5	44.28	0.1	0.1
11	21151.8	34.59	0.2	0.2
12	33133.2	89.46	1.3	1.3
13	4878.3	30.21	0.1	0.1
14	22603.6	24.74	3.2	3.2
15	26297.3	50.56	2.0	2.0
16	11010.8	63.34	0.6	0.6
17	23956.8	73.88	1.4	1.4
18	19739.7	32.92	0.5	0.5
19	4266.7	21.89	1.5	1.5
20	19290.3	24.74	0.1	0.1

جدول(12): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة C3

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	3365.7	64.80	0.1	0.1
2	4862.7	97.29	17.6	17.6
3	2448.6	172.63	0.1	0.1
4	17758.3	20.45	1.5	1.5
5	4281.2	48.53	7.4	7.4
6	10356.4	23.25	3.2	3.2
7	16419.1	27.25	9.8	9.8
8	23825.4	14.95	26.8	26.8
9	25992.9	44.18	10.6	10.6
10	6084.3	58.34	11.3	11.3
11	24288.0	55.86	7.8	7.8
12	20704.5	22.27	13.1	13.1
13	13632.4	28.25	27.3	27.3
14	16867.6	35.22	6.4	6.4
15	23607.9	51.32	4.4	4.4
16	18040.8	22.93	27.1	27.1
17	23128.5	37.58	10.8	10.8
18	14251.1	14.75	13.9	13.9
19	12466.8	25.58	15.1	15.1
20	18884.9	13.34	18.1	18.1

جدول(13): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة C4

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	6084.3	58.34	11.3	11.3
2	24288.0	55.86	7.8	7.8
3	20704.5	22.27	13.1	13.1
4	13632.4	28.25	27.3	27.3
5	16867.6	35.22	6.4	6.4
6	23607.9	51.32	4.4	4.4
7	18040.8	22.93	27.1	27.1
8	23128.5	37.58	10.8	10.8
9	14251.1	14.75	13.9	13.9
10	12466.8	25.58	15.1	15.1
11	3365.7	64.80	0.1	0.1
12	4862.7	97.29	17.6	17.6
13	2448.6	172.63	0.1	0.1
14	17758.3	20.45	1.5	1.5
15	4281.2	48.53	7.4	7.4
16	10356.4	23.25	3.2	3.2
17	16419.1	27.25	9.8	9.8
18	23825.4	14.95	26.8	26.8
19	25992.9	44.18	10.6	10.6
20	6084.3	58.34	11.3	11.3

جدول(14): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة C5

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	3742.7	61.01	9.7	9.7
2	1487.98	54.61	1.774	1.774
3	3236.70	116.19	2.981	2.981
4	4198.18	79.16	12.165	12.166
5	3421.26	133.10	4.951	4.951
6	946.07	27.78	2.736	2.736
7	1079.47	20.35	1.285	1.285
8	4257.09	104.78	5.034	5.034
9	1647.66	25.54	9.051	9.051
10	953.48	28.04	0.698	0.698
11	1285.09	41.54	0.549	0.549
12	1082.29	49.67	0.685	0.685
13	1006.95	27.89	1.807	1.807
14	1356.72	44.05	1.807	1.807
15	979.69	30.88	0.702	0.702
16	581.93	60.91	0.066	0.066
17	965.62	34.83	0.483	0.483
18	1095.71	52.67	10.834	10.834
19	3491.5	34.83	35.0	35.0
20	1739.6	60.91	7.4	7.4

جدول(15): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة C6

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المتجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	9465.83	48.24	5.8	5.8
2	6680.34	10.55	28.3	28.3
3	1093.45	23.09	5.9	5.09
4	6673.94	6.66	7.00	7.00
5	1373.71	19.45	4.1	4.1
6	8654.18	14.23	28.3	28.3
7	3342.11	16.75	32.0	32.0
8	1331.31	66.75	3.5	3.05
9	6941.33	16.59	7.0	7.0
10	1940.77	5.73	7.2	7.2
11	6947.36	15.55	7.2	7.2
12	3616.56	12.09	23.2	23.2
13	7255.12	9.10	16.6	16.06
14	4717.51	18.34	4.11	4.11
15	5854.59	19.62	3.7	3.7
16	1069.46	49.06	1.3	1.3
17	8634.25	39.82	1.1	1.1
18	9490.23	16.88	1.5	1.05
19	1102.59	10.23	23.2	23.2
20	1096.30	19.92	3.7	3.7

جدول(16): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة C7

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	1077.27	38.26	3.1	3.1
2	4161.15	37.46	9.0	9.0
3	7794.66	34.77	3.2	3.2
4	1073.43	44.55	2.4	2.4
5	1370.71	29.10	5.2	5.2
6	1364.79	35.08	1.8	1.8
7	6954.59	31.32	9.9	9.9
8	1098.42	19.74	1.8	1.8
9	6393.34	23.21	20.6	20.6
10	1390.89	8.29	12.4	12.4
11	2496.53	23.29	1.9	1.9
12	9748.85	33.63	8.0	8.0
13	5827.00	46.10	3.9	3.9
14	7541.90	13.46	2.1	2.1
15	6962.55	13.55	9.8	9.8
16	5273.79	37.89	7.9	7.9
17	4735.70	18.00	5.2	5.2
18	1950.26	8.36	3.6	3.6
19	1655.68	21.37	2.7	2.7
20	3335.7	15.06	11.0	11.0

جدول(17): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة C8

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المنجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	6917.51	54.97	2.3	2.3
2	37.87	67.58	0.9	0.9
3	54.20	15.45	0.6	0.6
4	40.18	38.06	2.2	2.2
5	125.23	54.54	1.1	1.1
6	82.53	11.59	8.4	8.4
7	30.07	91.96	0.6	0.6
8	104.80	48.25	4.6	4.6
9	77.78	37.79	0.1	0.1
10	64.97	25.89	0.5	0.5
11	54.53	11.53	1.5	1.5
12	48.40	48.30	0.8	0.8
13	56.50	15.58	2.5	2.5
14	118.52	28.45	0.8	0.8
15	54.22	14.30	1.03	1.03
16	73.12	12.06	2	2
17	73.57	40.65	0.3	0.3
18	14.04	14.91	0.2	0.2
19	6.23	24.02	0.02	0.02
20	64.53	25.89	1.01	1.01

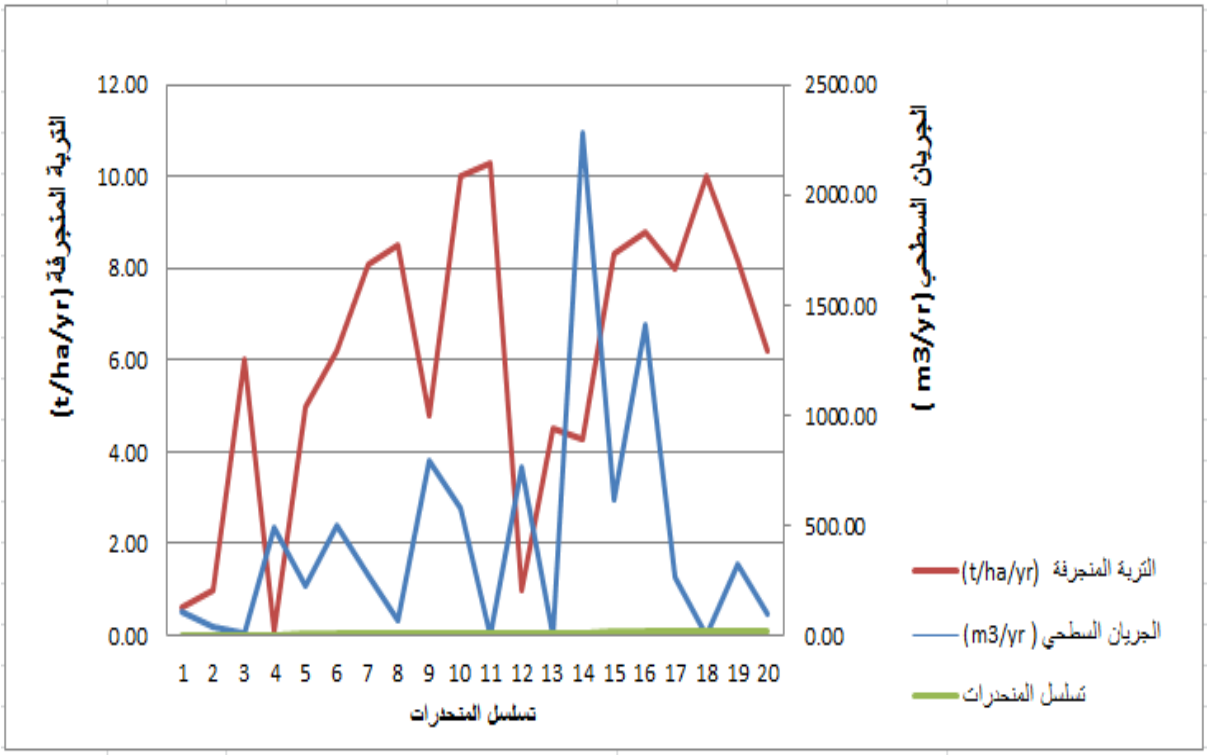
جدول(18): حجم الجريان السطحي والتحت سطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة في وحدة مساحة المنطقة C9

تسلسل المتحدرات	حجم الجريان السطحي (m3)	حجم الجريان تحت سطحي (m3)	التربة المتجرفة (tone)	محصلة الراسب (tone)
1	34206.34	92.75	37.8	37.8
2	23129.46	115.72	25.0	25.0
3	10547.36	27.47	12.4	12.4
4	2771.99	11.18	1.9	1.9
5	1098.40	19.84	8.0	8.0
6	553.53	4.61	1.9	1.9
7	11915.34	78.71	9.8	9.8
8	20906.93	57.22	8.0	8.0
9	23726.70	47.59	25.0	25.0
10	6105.17	43.25	8.0	8.0
11	32990.12	57..78	9.8	9.8
12	18063.19	22.79	7.9	7.9
13	10039.07	22.79	5.2	5.2
14	259.48	21.13	3.6	3.6
15	267.95	11.87	1.9	1.9
16	9478.62	39.19	20.6	20.6
17	9199.58	14.57	9.0	9.0
18	6684.58	8.66	3.2	3.2
19	6120.02	27.99	2.4	2.4
20	9195.83	24.31	5.2	5.2

تظهر نتائج الجداول السابقة (10،11،12،13،14،15،16،17،18) التي تمثل المساحات الجزئية (C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9) أي المناطق الشرقية والجنوبية الشرقية أنخفاض في قيم الانجراف المائي للتربة حيث تظهر المساحة الجزئية C2 أقل معدل انجراف (0.8 طن/هـ/سنه) بينما تمثل مساحة المناطق الجزئية C7,C9 أعلى معدل انجراف (11.3، 10.1، 10.8 طن/هـ/سنه) كون الانجراف المائي للتربة يقتصر نشاطه على أجزاء بسيطة من تلك المناطق قنية، جوبة مجبر، بالقرب من الوادي الأخضر، في حين تعتبر هذه المساحات مناطق أولوية متوسطة ومنخفضة.

❖ دراسة العلاقة بين كلٍ من الجريان السطحي والتربة المنجرفة:

تُظهر نتائج الجداول السابقة (3،4،.....،18) التباين الواضح بين قيم التربة المنجرفة والجريان السطحي الناتجة من مساحة لأخرى ضمن المسقط المائي لمنطقة الدراسة–الشيخ بدر، حيث تتركز أعلى نسبة تربة منجرفة ومحصلة راسب في المساحة الجزئية A1 (الجدول3) من المنطقة الرئيسية A بمعدل انجراف سنوي (A1= 35.1 tone/ha/yr) تتمثل في المنطقة الجنوبية لمدينة الشيخ بدر، بينما تمثل المساحة الجزئية C2 (الجدول11) من المنطقة الرئيسية C المساحة الأقل نسبة تربة منجرفة ومحصلة راسب في وحدة مساحة المسقط المائي بمعدل انجراف سنوي(C2=0.8 tone/ha/yr) تتمثل في المنطقة الشرقية لمدينة الشيخ بدر، وعند دراسة العلاقة بينهما من خلال مقارنة معدل حجم الجريان السطحي بكمية التربة المنجرفة ضمن المساحات الجزئية من المسقط المائي (A1, A2, B1,.....,C9)، يلاحظ أن العلاقة ليست بالضرورة طردية بين حجم الجريان السطحي والتربة المنجرفة في وحدة المساحة، وهذا ما يلاحظ من خلال الشكل البياني(24).



الشكل(24): مخطط العلاقة بين الجريان السطحي و التربة المنجرفة بوحدة مساحة المسقط المائي

وهذا يفسر بأن حجم الجريان السطحي ليس العامل الوحيد المؤثر على محصلة الترسيب وانجراف التربة وإنما هناك عوامل أخرى، تلعب دوراً هاماً، أو عواملا مساعدة في زيادة أو خفض الجريان السطحي وبالتالي انخفاض أو زيادة التربة المنجرفة ومحصلة الراسب في وحدة المساحة، ومن أهم هذه العوامل:

1. مورفولوجيا المنطقة:

يعد كلاً من شدة الانحدار وطول المنحدر عاملين أساسيين، يلعبان دوراً مهماً في زيادة وخفض الجريان السطحي و التربة المنجرفة في وحدة المساحة المدروسة.

– شدة الانحدار: يلعب هذا العامل الدور الاساسي في تدهور أراضي منطقة الدراسة، إذ أن قيمة الانحدار تعادل نصف أو أكثر من إجمالي قيمة قابلية التربة للانجراف للوحدات المورفولوجية التي تصنف الأراضي على أنها أراضي معرضة بشكل عالي للانجراف، أو أراضي معرضة بشكل عالي جداً للانجراف، أراضي معرضة بشكل أعظمي للانجراف أو العكس، هذه الوحدات تمثل حوالي 50% من المنطقة المدروسة.

– طول المنحدر: يعد عاملاً حرجاً ايضاً، إذ يساهم وجود المنحدرات الطويلة مع درجة ميل المنحدر في زيادة سرعة الجريانات السطحية وبالتالي في قوة جرف المياه للتربة، وفي مثل هذه الحالة فإن تأثير هذا العامل يعتمد بشكل كبير على نوع استخدام الأراضي والغطاء الارضي، وبالنسبة للمناطق الزراعية على الأعمال الزراعية المتعلقة بالسيطرة على الجريان السطحي وبالتالي الحد من انجراف التربة وانخفاض محصلة الراسب بوحدة المساحة.

وهذا يوكد ما أشار إليه كلاً من تقرير الاتحاد الأوربي (CoLD,2004) و(Nahal,1984) عن طبيعة الدور المورفولوجي لمنطقة الشيخ بدر المساهم في زيادة سرعة الجريان السطحي وبالتالي انجراف التربة.

2. أنماط استعمالات الأراضي/الغطاء الأرضي:

تُظهر منطقة الدراسة إلى جانب التنوع الكبير في الصفات المورفولوجية، وجود نماذج سائدة لأنواع معينة من استخدامات الأراضي تتصف بصفوف معينة لقابلية التربة للانجراف، تشغل زراعة الزيتون حوالي 40% من مساحة منطقة الدراسة، وتتميز بمساحات كبيرة فارغة بين الأشجار وهذا يؤدي إلى ترك أكثر من نصف مساحة سطح التربة معرضة للتعرية التي يسببها تساقط الأمطار، ومعظم هذه المزروعات تتواجد على

المناطق الهضابية مع تنوع تضاريسي من متموج بشكل خفيف إلى منحدر شديد وتربة كلسية غنية بشكل رئيسي بالحصى والصخور.

يشار إلى أن المناطق المغطاة بالنباتات الطبيعية (ماكي مغلق أو ماكي مفتوح، غطاء شجيري او غابات) على المنحدرات المتدرجة والمنحدرات الشديدة الانحدار هي مناطق معرضة بشكل كبير لعملية الانجراف، وإن وجود الغطاء النباتي يصبح الواقي الوحيد ضد تأثير تساقط الامطار، في هذه المناطق حماية الغطاء النباتي والعمل على زيادة كثافة الغطاء النباتي أساسي وإن جميع الأعمال يجب أن تهدف إلى زيادة معدل رشح المياه وتقليل الجريان السطحي للمياه، وهذا يوافق ما أشار إليه (Conway,2012)، يؤدي استعادة المروج الجبلية إلى الحد من معدلات الترسيب ويحافظ على النظم البيئية ضمن الجداول والمساقط المائية، حيث يؤكد على أن تعافي المروج الجبلية تأتي من تخفيف ذروة معدلات الجريان السطحي واستيعاب محصلة الراسب.

لذا في المناطق المغطاة بالنباتات الطبيعية يصبح من الضروري تكريس عناية خاصة إلى عوامل حماية التربة، يجب حماية الغطاء النباتي أو زيادته قدر الإمكان، مراقبة وتقليل جمع الحطب وأنشطة الرعي، وهناك عامل أخر هام جداً ويجب السيطرة عليه في تلك المناطق وهو تسبب الإنسان بحرائق الغابات التي تقود إلى تعرض سطح التربة ككل إلى عوامل الانجراف، وخاصةً في أماكن الماكي المغلق والمفتوح وتحت الظروف المناخية يمكن للحرائق أن تنتشر بسهولة فوق مناطق واسعة وتدمر بشكل كامل هذه المجمعات النباتية الطبيعية، أما في مناطق الغابات فإن وجود وصيانة خطوط إطفاء الحرائق يمكن أن يكون إجراءاً فعالاً للتقليل من الأخطار التي تسببها حرائق الغابات، وهذا يوكد ما أشار إليه تقرير الفاو (1980)، حيث أقرت منظمة الفاو بأن معدل فقدان التربة يتراوح ما بين 50–200 طن/هكتار/سنوياً في الجبال الساحلية حيث يكون الغطاء النباتي الطبيعي متدهوراً، و10–50 طن/هكتار/سنوياً حيث يكون الغطاء النباتي أقل تدهوراً.

3. خصائص التربة:

تسود في منطقة الدراسة الترب الثقيلة القوام(ترب ذات قوام طيني لومي، طيني)، تعمل على التقليل من معدل رشح المياه إلى الأعماق وبالتالي تجميع المياه على السطح، والتي تُعد المرحلة الاولى لبداية تشكل الجريان السطحي وحدوث انجراف التربة، لذا يأتي تحسين بناء التربة في مقدمة أولويات إجراءات الصيانة،

اضافةً لنوع الحراثة وبناء المصاطب، والتي تهدف إلى إنقاص طول المنحدر و شدته وبالتالي التخفيف من شدة الجريان السطحي والذي يؤدي بدوره إلى تقليل من انجراف التربة والمحافظة عليها من التدهور وهذا يؤكد ما أشار إليه (سلوم،2012)، إن سيادة التحبب الدقيق يؤدي إلى تماسك التربة مما يخفض من نفاذيتها الأمر الذي يؤدي إلى اكسابها عامل قابلية انجراف أعلى.

4. التوسع العمراني:

إن النمو السكاني العالي والكثافة العالية في منطقة الدراسة أديا إلى خلق مشاكل بيئية كثيرة:

– انتشار العمران العشوائي وغير القانوني في الكثير من المناطق وتخريب الأراضي الخصبة الصالحة للزراعة.

– زيادة استهلاك ودمار الموارد الطبيعية.

– الإفراط في ضخ الموارد المائية وبخاصةً المياه الجوفية مما سبب في تلوث المياه الجوفية بالمياه المالحة.

– من أجل تلبية الحاجة الزائدة للأعمال والتوظيف فإن المشاريع والمنشآت الجديدة والمنتجعات السياحية لا تأخذ بعين الاعتبار البيئة.

– في محاولة لتقديم غذاء أكثر يكفي لنمو السكاني السريع، فإن بعض مناطق الغابات قد تم قلعها وتحويلها إلى اراض زراعية وهذا ما أدى إلى تسريع عمليات انجراف التربة.

إن التأثيرات البيئية السلبية هي نتيجة غير مباشرة للنمو السكاني العالي السريع، التي أصبح عبئاً كبيراً على الموارد الطبيعية، لذا يجب أن يؤخذ تأثير التوسع العمراني بعين الاعتبار، حيث أن بعض المناطق تبدو وكأنها متأثرة بمشكلة النمو السكاني غير المسيطر عليه، والذي يؤدي إلى القضاء على الغطاء النباتي الذي يحد من الجريان السطحي وبالتالي انخفاض انجراف التربة، لذا كان لابد من وضع قيود من أجل الحد من التوسع العمراني باتجاه مناطق الغطاء النباتي الطبيعي والأراضي الزراعية.

وهذا يوكد ما أشار إلية (Abed,2000)، إن المنطقة الساحلية تمتلك ظروفاً زراعية ممتازة، ولكن بسبب عوامل عديد منها التنمية الزراعية والتوسع العمراني وقطع الغابات، ممارسة أعمال زراعية غير ملائمة

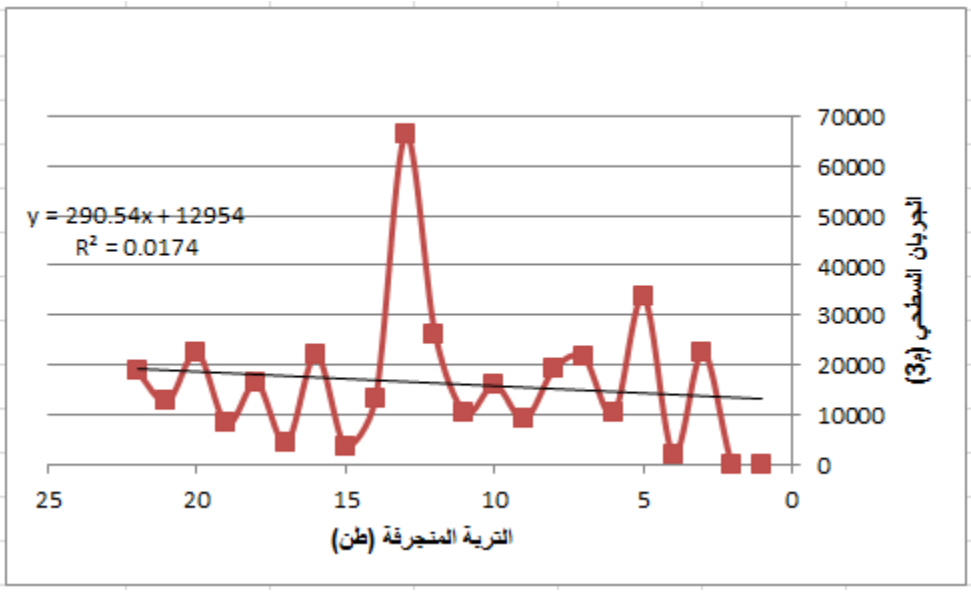
وحرائق الغابات قد أصبحت مشكلة انجراف التربة المائي المشكلة الرئيسية في عدة مناطق، إذ تحولت مساحات كبيرة من الهضاب والسفوح الجبلية الخفيفة إلى أراض جرداء عارية وإذا لم يتم أدارة التربة بشكل صحيح فإن انجراف التربة سيؤدي إلى نقص في انتاجية التربة في زمن قصير وتدهور أراضي حاد على المدى البعيد.

وعند دراسة العلاقة رياضياً بين ما تم تناوله من أن الجريان السطحي ليس العامل الرئيس والمسبب في زيادة انجراف التربة ومحصلة الراسب في منطقة الدراسة– الشيخ بدر من خلال معادلتي الارتباط الخطي البسيط والانحدار الخطي البسيط، فقد أظهرت معادلة الارتباط الخطي البسيط أن علاقة الأرتباط بين الجريان السطحي وانجراف التربة ومحصلة الراسب متوسطة إلى ضعيفة جداً كما في الجدول(19) من خلال قيم الارتباط الناتجة، وهذا يؤكد أن هناك عوامل أخرى تساعد على زيادة الجريان السطحي في وحدة مساحة المسقط المائي لمنطقة الدراسة وبالتالي زيادة انجراف التربة ومحصلة الراسب بنفس وحدة المساحة، مثلاً في حال الغطاء النباتي المرتفع وبناء التربة الجيد والاستعمال المناسب للأراضي الزراعية و منشآت الصيانة المناسبة لن يكون هناك جريان سطحي أعظمي، بل سيكون في أدنى مستويات تأثيره على انجراف التربة ومحصلة الراسب في وحدة مساحة المسقط المائي، جدول(19).

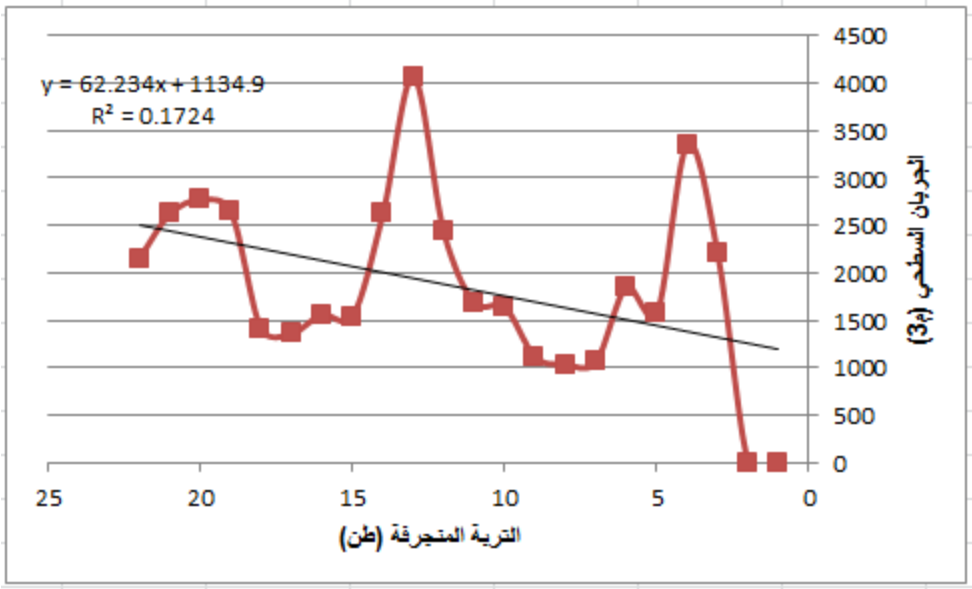
جدول(19): يبين قيم معامل الارتباط و معامل الانحدار الخطي البسيط

المساحات الرئيسية والجزئية		معامل الارتباط(r)	معامل الانحدار(R^2)
A	A1	0.2417	0.0174
	A2	0.449	0.0031
B	B1	0.17	0.0414
	B2	0.197	0.1511
	B3	0.13	0.0025
	B4	0.398	0.02127
	B5	0.59	0.1724
C	C1	0.485	0.2984
	C2	0.176	0.2719
	C3	0.268	0.415
	C4	0.268	0.0217
	C5	0.53	0.0122
	C6	0.045	0.0118
	C7	0.34	0.1048
	C8	0.095	0.0834
	C9	0.73	0.0111

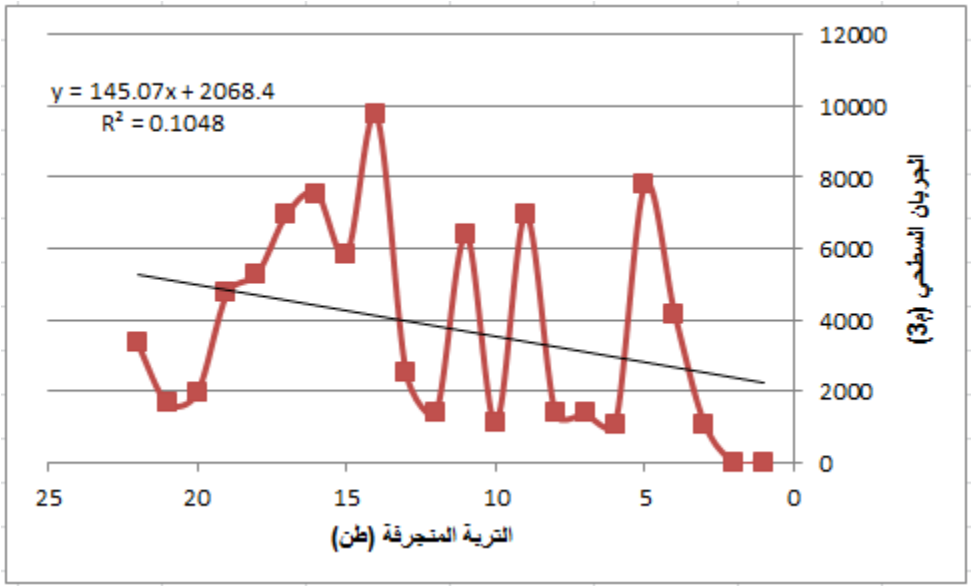
كما تؤكد معادلة الانحدار الخطي البسيط من خلال القيم الموضحة في الجدول (19) العلاقة الضعيفة بين التربة المنجرفة ومحصلة الراسب والجريان السطحي أي لا يوجد تأثير واضح وقوي للجريان السطحي على التربة المنجرفة، وهذا ما يُلاحظ من خلال الاشكال البيانية (25،26،27)، لا يمر خط الانحدار من المنتصف القطري المرسوم والمعبر عن خط الانحدار في حال كان العلاقة قوية مما يدل على التأثير الضعيف للجريان السطحي منفرداً على انجراف التربة ومحصلة الراسب في وحدة مساحة المسقط المائي لمنطقة الدراسة، أي أن هناك عوامل أخرى مساعدة تعمل على زيادة الجريان السطحي وبالتالي انجراف التربة في وحدة المساحة مثل تدهور الغطاء النباتي، مورفولوجيا المنطقة، الاستخدام الخاطئ للأراضي، غياب وتهدم منشآت الصيانة والبناء السيئ للتربة، وهذا يتوافق مع ما أشار إليه(Minkowski,2005) و(Yuksel, et al,2008)، بأن العوامل الرئيسية التي تساهم في عملية الانجراف المائي للتربة هي: الغطاء النباتي، الوضع الطبوغرافي للمنطقة، التربة والمناخ، ولكي نستطيع توصيف مخاطر الانجراف المائي للتربة ينبغي انشاء خرائط أعتماداً على هذه العوامل، بحيث يمكن تنسيق المعلومات على نموذج بيئي(GeoWEPP)، اضافةً لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، بحيث تسهم في زيادة المعرفة لدى مدراء وأدارة المساقط المائية وبالتالي ايجاد الحلول المناسبة للحد من زيادة الجريان السطحي و انجراف التربة.



الشكل(25): مخطط يوضح العلاقة بين الجريان السطحي ومحصلة الراسب و التربة المنجرفة المساحة A1



الشكل(26): مخطط يوضح العلاقة بين الجريان السطحي ومحصلة الراسب و التربة المنجرفة المساحة B5



الشكل(27): مخطط يوضح العلاقة بين الجريان السطحي ومحصلة الراسب و التربة المنجرفة المساحة C7

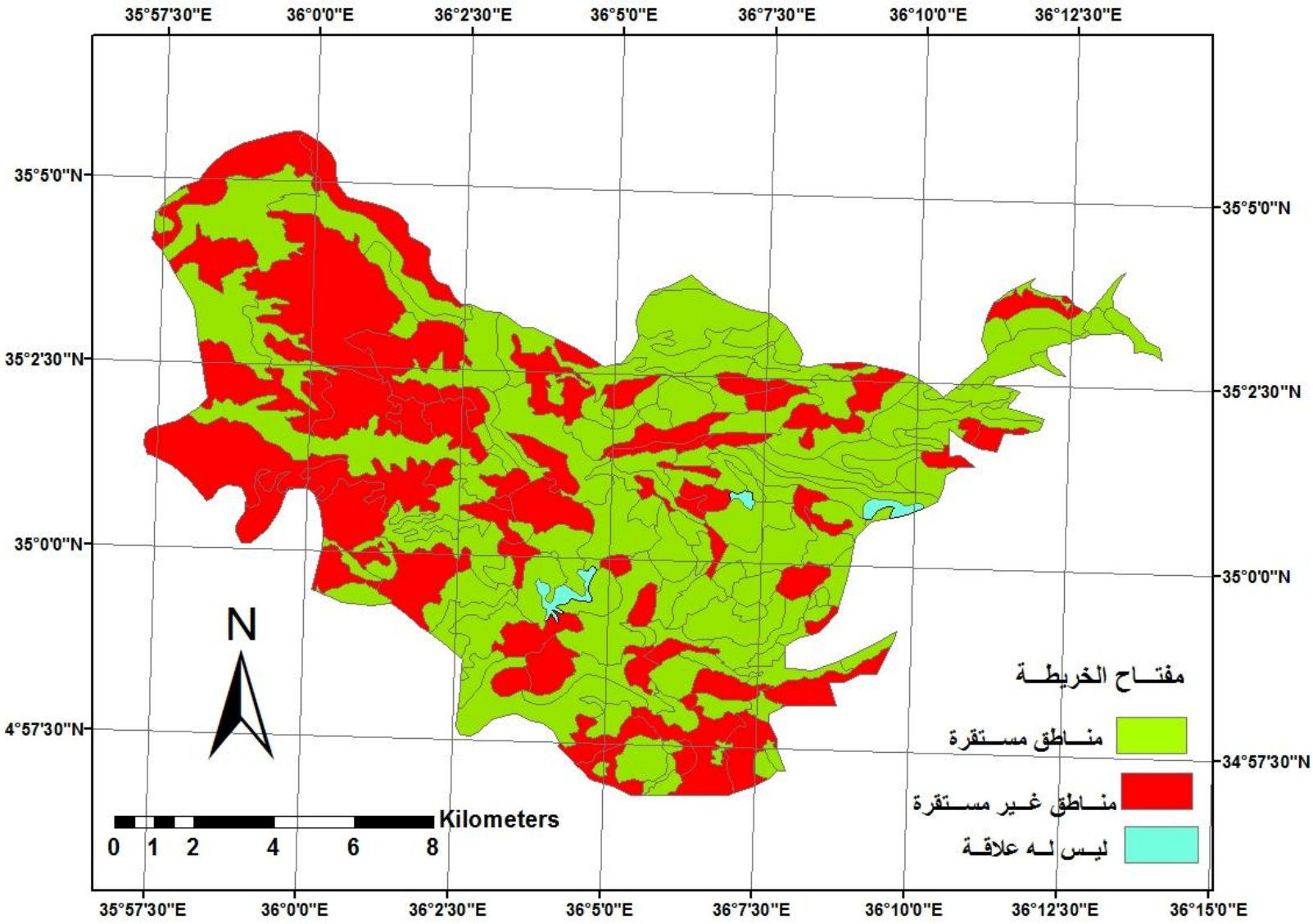
تتركز معظم المناطق الساخنة في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية والجنوبية لمدينة الشيخ بدر الشكل(29) كما ذُكر سابقاً، حيث تم توصيفها بأنها مناطق عالية الأنجراف ويعزي ذلك لتواجد التعرية السطحية وعمليات الإدارة السيئة لاسيما المصاطب المتهدمة أو المجهورة، بينما تم توصيف المناطق الأخرى بالمتوسطة والمنخفضة حسب شدة الانجراف، فإلى الشرق من مدينة الشيخ بدر بالقرب من قرية مجبر وقرية

الوادي الأخضر تتواجد المناطق المتوسطة، بينما في المناطق الجنوبية تنتشر المناطق الساخنة قرى سريجس وبشمس وبمغلميخ وتعد جميع هذه المناطق عالية، أما في المناطق الشمالية والشمالية الغربية تنتشر مظاهر التعرية الصفائحية (السطحية) بشدة بالقرب من قرية القصيبة وقرية الصفلية وذلك بسبب المنحدرات الشديدة والنشاط البشري والغطاء النباتي لذلك تعد هذه المناطق مناطق عالية الانجراف، كما توجد منطقة أخرى تعاني من التعرية الصفائحية الموضعية بالقرب من قرية الوردية وتعد منطقة متوسطة، اضافةً لبقية المناطق الساخنة التي تُعد مناطق غير مستقرة بسبب عمليات التدهور والإدارة السيئة للأرض تقع بالقرب من القرى التالية:

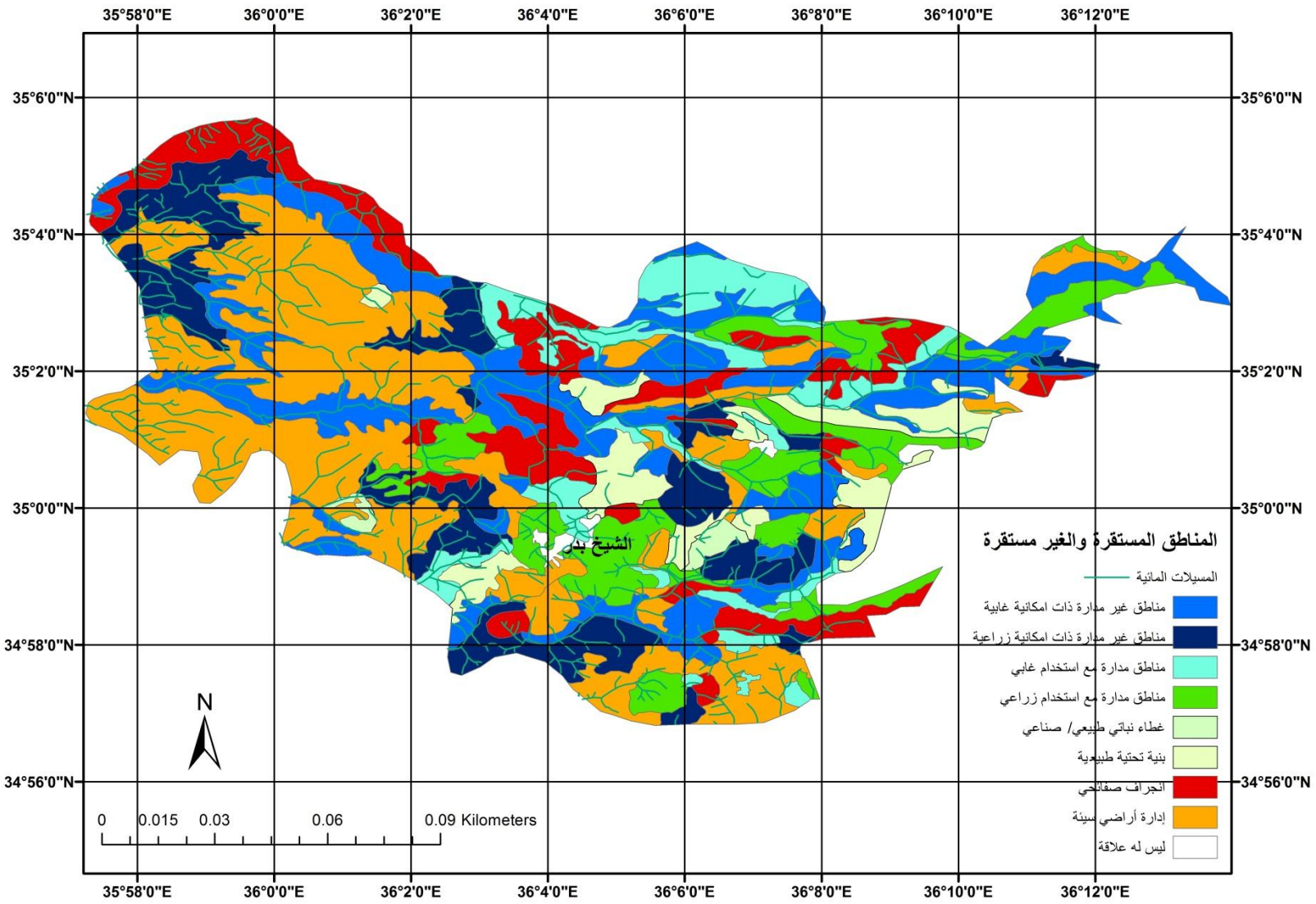
– قرية الزعفرانة، قرية الشبوبية، قرية بلاط، مناطق عالية الانجراف.

– قرية القمصية، قرية قرعوب قصمو، مناطق متوسطة الانجراف.

وجميع هذه المناطق صنفت حسب تقرير الاتحاد الاوربي CoLD,2004 على أنها مناطق غير مستقرة لأن المصاطب إما مهجورة أو متكسرة ومتصدعة جزئياً، وقد أظهرت المعطيات لجميع هذه المناطق بأن عمليات الانجراف لا تنشط فقط في الأراضي التي لا يطبق عليها برامج مقاومة التدهور بل أيضاً في تلك الأراضي التي لا ترمم فيها إجراءات الصيانة وتجدد، كما أن المصاطب المهجورة أو المتكسرة غالباً ما تسرع من عملية الانجراف لذا تُعد عمليات الصيانة وإعادة بناء المصاطب ذا أهمية تعادل اهمية تطبيق إجراءات إدارة أراضي جديدة وهذا يوكد ما أشار إليه تقرير الاتحاد الاوربي (CoLD,2004) عن دور وأهمية إجراءات الصيانة في المناطق الغير مستقرة والتي تشكل ما نسبته 38% من أراضي منطقة الشيخ بدر أراضي، الشكل (28).



الشكل(28): خريطة توضح المناطق المستقرة والغير مستقرة بمنطقة الدراسة–الشيخ بدر



الشكل(29): خريطة توضح توزع المناطق الأكثر تعرضاً للانجراف المائي بمنطقة الدراسة

❖ دراسة امكانية تحديد أولويات الصيانة بناءً على كمية التربة المنجرفة:

تظهر الجداول (20،21،22)، متوسط المعدل السنوي المتسلم من نقطة مخرج المسقط المائي The Watershed Outlet والتي يتضمن (عدد العواصف المطرية ومتوسط معدل الهطول المطري السنوي الأساسي، إجمالي المساحة المدرسة إلى نقطة مخرج المسقط المائي، متوسط حجم الهطول المطري السنوي في المساحة المدرسة، متوسط حجم الري السنوي في المساحة المدروسة، المتوسط السنوي للمياه المفرغة من مخرج قناة المسقط المائي للمساحة المدروسة، المتوسط السنوي لراسب المفرغ من مخرج قناة المسقط المائي للمساحة المدروسة، متوسط الراسب السنوي المتسلم لكل وحدة مساحة مدروسة من المسقط المائي، معدل الراسب المتسلم من المسقط المائي للمساحة المدروسة).

جدول(20): الإجمالي المتسلم من نقطة مخرج المسقط المائي المنطقة الرئيسية A

78 عاصفة مطرية أنتجت 1102.68 مم معدل الهطول المطري السنوي الاساسي		
المعدل السنوي المتسلم من مخرج قناة المسقط المائي (المساحة A)		
الصف	A1	A2
إجمالي المساحة المدروسة إلى مخرج قناة المسقط المائي (Ha)	6843.80	2120.82
متوسط حجم الهطول المطري السنوي في المساحة المدروسة (m^3/yr)	75459725	23384164
متوسط حجم الري السنوي في المساحة المدروسة (m^3/yr)	00000	00000
المتوسط السنوي للمياه المفرغة من مخرج قناة المسقط المائي (m^3/yr)	39317457	7345493
المتوسط السنوي لراسب المتسلم من مخرج قناة المسقط المائي لكامل المساحة المدروسة (tone/yr)	239905.0	13031.5
متوسط الراسب السنوي المتسلم لكل وحدة مساحة مدروسة من المسقط المائي (tone/Ha/yr)	35.1	6.1
معدل الراسب المتسلم من المسقط المائي	0.230	0.369

جدول(21): الإجمالي السنوي المتسلم من نقطة مخرج المسقط المائي المنطقة الرئيسية B

78 عاصفة مطرية أنتجت 1102.68 مم معدل الهطول المطري السنوي الاساسي					
المعدل السنوي المتسلم من مخرج قناة المسقط المائي (المساحة B)					
الصف	B1	B2	B3	B4	B5
إجمالي المساحة المدروسة إلى مخرج قناة المسقط المائي (Ha)	2020.44	625.28	1535.14	1532.88	523.31
متوسط حجم الهطول المطري السنوي في المساحة المدروسة (m^3/yr)	22277379	6894323	16926463	16901547	5794325
متوسط حجم الري السنوي في المساحة المدروسة (m^3/yr)	00000	00000	00000	00000	00000
المتوسط السنوي للمياه المفرغة من مخرج قناة المسقط المائي (m^3/yr)	5957266	2119305	96472	152457	436916
المتوسط السنوي لراسب المتسلم من مخرج قناة المسقط المائي لكامل المساحة المدروسة (tone/yr)	28419.0	8856.5	1626.3	3169.6	1982.1
متوسط الراسب السنوي المتسلم لكل وحدة مساحة مدروسة من المسقط المائي (tone/Ha/yr)	14.1	14.2	1.1	2.1	3.8
معدل الراسب المتسلم من المسقط المائي	0.535	0.735	0.600	0.676	0.532

جدول (22): الإجمالي المتسلم من نقطة مخرج المسقط المائي المنطقة الرئيسية C

78 عاصفة مطرية أنتجت 1102.68 مم معدل الهطول المطري السنوي الاساسي									
المعدل السنوي المتسلم من مخرج قناة المسقط المائي (المساحة C)									
الصف	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
إجمالي المساحة المدروسة إلى مخرج قناة المسقط المائي (Ha)	1395.94	346.20	941.59	941.59	580.28	360.22	493.85	50.76	84.00
متوسط حجم الهطول المطري السنوي في المساحة المدروسة (m^3/yr)	15391633	3817175	10381924	10381924	6398204	3971840	5445188	559680	926131
متوسط حجم الري السنوي في المساحة المدروسة (m^3/yr)	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000
المتوسط السنوي للمياه المفرغة من مخرج قناة المسقط المائي (m^3/yr)	964782	9846	8195688	8195688	240263	754735	859375	10102	282683
المتوسط السنوي لراسب المتسلم من مخرج قناة المسقط المائي لكامل المساحة المدروسة (tone/yr)	6906.7	289.5	10655.2	10655.2	3111.4	3639.2	3196.4	76.7	903.9
متوسط الراسب السنوي المتسلم لكل وحدة مساحة مدروسة من المسقط المائي (tone/Ha/yr)	4.9	0.8	11.3	11.3	5.4	10.1	6.5	1.5	10.8
معدل الراسب المتسلم من المسقط المائي	0.318	0.960	0.807	0.807	0.538	0.787	0.744	0.915	0.871

تعتمد إجراءات صيانة الأراضي على الاستعمال الأمثل للموارد المتوفرة لذا تحتاج إلى توفر أولويات واضحة من أجل تحديد المناطق الأكثر عرضة للأنجراف، فمن خلال معرفة كمية التربة المنجرفة بوحدة المساحة سيُمكن ذلك من تحديد الأولوية في عمليات مقاومة تدهور الأراضي الذي يعتبر تطبيق أحدى مبادئي التنمية المستدامة من خلال المحافظة على أحدى أهم الموارد الطبيعة، فمن خلال النتائج الموضحة بالجداول (22،21،20) لمحاكاة النموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة بمنطقة الدراسة، واستناداً للمتوسط السنوي لرواسب التربة المتسلمة لكل وحدة مساحة (Avg. Ann. Sed. Delivery per unit area of watershed(tone/ha/yr) والاجمالي السنوي لرواسب التربة المتسلمة لكامل وحدة المساحة (Total Avg. Ann. Sed. Delivery per unit area of watershed (tone/yr)) تم تصنيف منطقة الدراسة إلى مناطق عالية الانجراف ومتوسطة ومنخفضة الانجراف وفقاً لتصنيف الاراضي المعرضة للأنجراف المائي للتربة في بعض مناطق العالم، والتي وضعه (Beskow et al., 2009) الجدول(23).

جدول (23): تصنيف المساحات حسب كمية رواسب التربة المنجرفة بوحدة المساحة

المساحة الرئيسية	المساحة الفرعية	المساحة بالهكتار	المتوسط السنوي لراسب المتسلم من مخرج قناة المسقط المائي لكامل المساحة المدروس (tone/Ha)	متوسط الراسب السنوي المتسلم لكل وحدة مساحه مدروسة من المسقط المائي(tone/Ha/yr)	التصنيف النوعي للتربة المنجرفة
A	A1	6843.80	239905.0	35.1	عالية جداً
	A2	2120.82	13031.5	6.1	متوسطة
B	B1	2020.44	2841.0	14.1	متوسطة/عالية
	B2	625.28	8856.5	14.2	متوسطة/عالية
	B3	1535.14	1626.3	1.1	منخفضة
	B4	1532.88	3169.6	2.1	منخفضة
	B5	523.31	1982.1	3.8	منخفضة/متوسطة
C	C1	1395.94	6906.7	4.9	منخفضة/متوسطة
	C2	346.20	289.5	0.8	منخفضة
	C3	941.59	10655.2	11.3	متوسطة/عالية
	C4	941.59	10655.2	11.3	متوسطة/عالية
	C5	580.28	3111.4	5.4	متوسطة
	C6	360.22	3639.2	10.1	متوسطة/عالية
	C7	493.85	3196.4	6.5	متوسطة
	C8	50.76	76.7	1.6	منخفضة
	C9	84.00	903.9	10.8	متوسطة/عالية

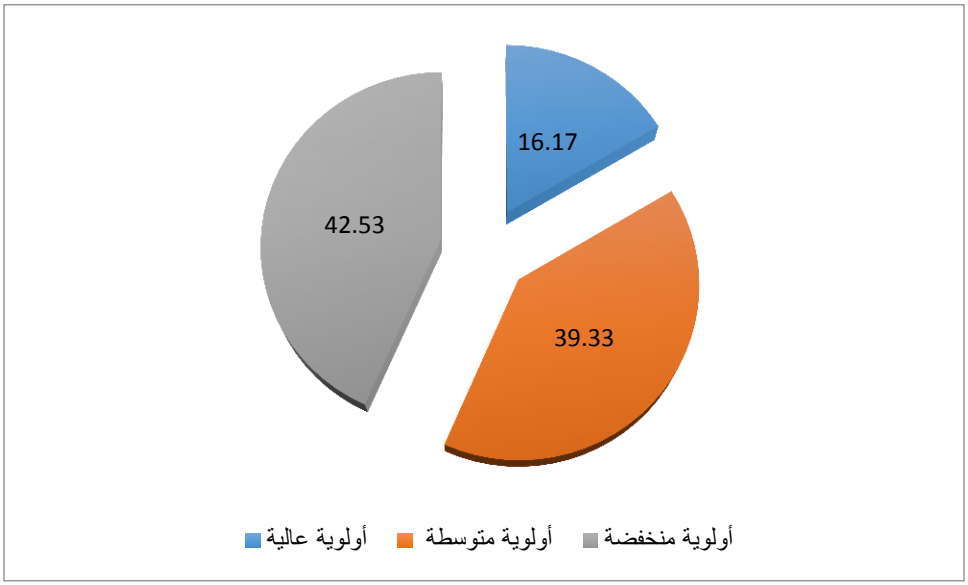
بناءً على التصنيف الموضح بالجدول (23)، تم تقسيم منطقة الدراسة إلى ثلاث مناطق رئيسية ذات أولويات خاصة، مناطق أولوية عالية (Avg. Soil loss >10 ton/ha/yr) ومناطق أولوية متوسطة (Avg. Avg. Soil loss <=10 ton/ha/yr) ومناطق أولوية منخفضة (Avg. Soil loss<= 1.5) الشكل(31) من أجل تطبيق برنامج مكافحة تدهور وانجراف التربة في منطقة الدراسة بحيث تعطى المناطق التي تتعرض للانجراف الحاد أولوية عالية في مقاومة التدهور للأراضي والتي تمثل 16.7% من المنطقة المدروسة– الشيخ بدر، بينما تعتبر 39.88% أولوية متوسطة و42.53% أولوية منخفضة شكل(31)، وهذا يوافق ما أشار إليه تقرير الاتحاد الأوربي CoLD(2004)، من خلال تقرير مشروع تحسين مراقبة تدهور الأراضي الساحلية في سورية ولبنان، باستخدام منهجية الاستشعار عن بعد و برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS، والذي صنف منطقة الدراسة إلى ثلاث مناطق(مناطق مستقرة وتمثل 53%، مناطق غيرة مستقرة وتمثل 38% من إجمالي المساحة الكلية لمنطقة الشيخ بدر، مناطق ليس لها علاقة الشكل (28)).

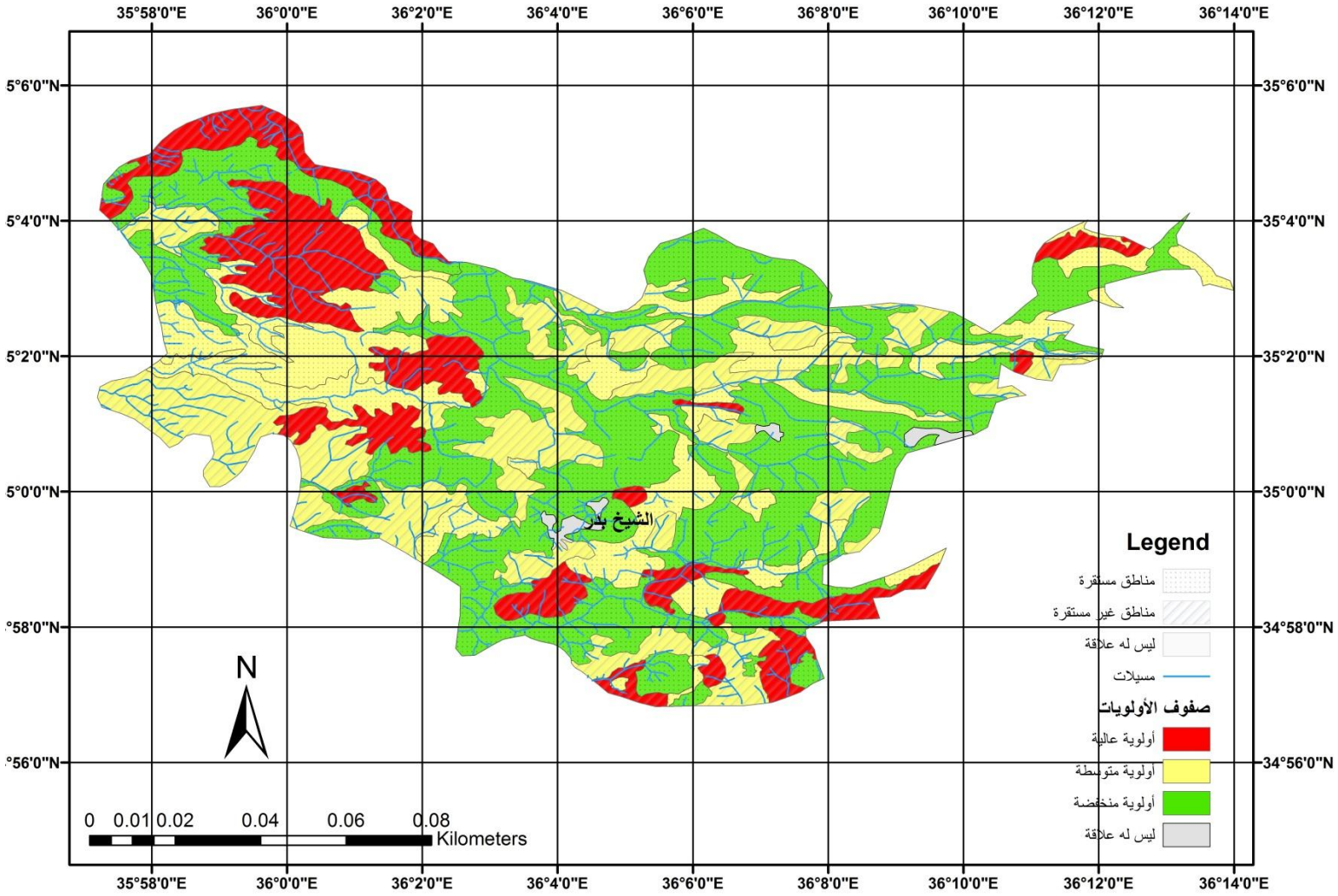
يهدف تقسيم منطقة الدراسة إلى مناطق ذات أولوية عالية ومناطق ذات أولوية متوسطة ومناطق ذات أولوية منخفضة تطبيق برنامج مكافحة تدهور وانجراف التربة وفقاً لما سيتم أقتراحه من إجراءات الصيانة المناسبة من خلال محاكاة ظاهرة الانجراف المائي للتربة باستخدام النموذج GeoWEPP ضمن سيناريوهات مختلفة وبما يناسب طبيعة وظروف منطقة الدراسة، حيث سيتم تحديد الاستعمال الأرضي/الادارة المناسب للتقليل من حجم الجريان السطحي، الاهتمام بالتشجير مثل زراعة الزيتون على المنحدرات و تحسين بناء التربة وذلك من خلال اضافة المادة العضوية والعمل على انشاء المصاطب التعويقية الذي تحد من طول المنحدر وشدة الانحدار وبالتالي تخفف من سرعة الجريان السطحي وكمية التربة المنجرفة بوحدة المساحة..، الخ، وسيتم تنفيذ إجراءات الصيانة لمناطق منطقة الدراسة (مناطق أولوية عالية، متوسطة، منخفضة)، وفقاً لدرجة وشدة الانجراف أي كمية التربة المنجرفة بوحدة المساحة، بحيث ستعطى المناطق شديدة الانجراف الأولوية العالية في تنفيذ برنامج الصيانة كما يوضحه الجدول (24)، في حين سيتم الحديث عن طبيعة إجراءات الصيانة لاحقاً في الفصل الخامس.

جدول(24): أولويات الصيانة حسب كمية رواسب التربة المنجرفة في وحدة المساحة لمنطقة الدراسة

المساحة الرئيسية	المساحة الفرعية	التصنيف النوعي للتربة المنجرفة	الأولوية
A	A1	عالية جداً	أولوية عالية جداً
	A2	متوسطة	أولوية متوسطة
B	B1	متوسطة/عالية	أولوية عالية
	B2	متوسطة/عالية	أولوية عالية
	B3	منخفضة	أولوية منخفضة
	B4	منخفضة	أولوية منخفضة
	B5	منخفضة/متوسطة	أولوية متوسطة
C	C1	منخفضة/متوسطة	أولوية متوسطة
	C2	منخفضة	أولوية منخفضة
	C3	متوسطة/عالية	أولوية عالية
	C4	متوسطة/عالية	أولوية عالية
	C5	متوسطة	أولوية متوسطة
	C6	متوسطة/عالية	أولوية عالية
	C7	متوسطة	أولوية متوسطة
	C8	منخفضة	أولوية منخفضة
	C9	متوسطة/عالية	أولوية عالية

الشكل(30): النسبة المئوية التي تمثلها كل منطقة من مساحة منطقة الدراسة





الشكل(31): خريطة توضح تطبيق برنامج أولويات الصيانة المقترحة من قبل النموذج GeoWEPP حسب كمية التربة المنجرفة بوحدة المساحة بمنطقة الدراسة

عند مقارنة نتائج الدراسة الحالية بالدراسات السابقة في الساحل السوري بشكل عام والشيخ بدر بشكل خاص، فقد أكدت بعض الدراسات ما تم التوصل إليه من نتائج من خلال محاكاة النموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة وبأن التربة في الساحل السوري تتعرض للأنجراف المائي ولكن لا تتفق نتائج الدراسة الحالية مع بعض الدراسات السابقة كون معدلات انجراف التربة المذكورة في بعض الدراسات السابقة ذات أرقام كبيرة من أن كمية التربة المنجرفة يمكن أن تتجاوز 200طن/هـ/سنوياً في الجبال الساحلية بسبب الأمطار الكثيفة والمنحدرات الشديدة وسطوح المنحدرات ذات الغطاء النباتي المتدهور (Nahal,1984)، ايضاً ذُكر هذا المعدل في تقرير الفاو لعام 1980م، حيث اقرت منظمة الفاو بأن معدل فقد التربة يتراوح ما بين 50-200طن/هـ/سنوياً في الجبال الساحلية حيث يكون الغطاء النباتي الطبيعي متدهوراً، يعود السبب إلى قُدم الدراسات السابقة من جهة وكون المنطقة لم تصل فيها درجة الانجراف إلى درجة التعرية المتسارعة، في حين أولت الحكومة السورية أنتبهاً كثيراً لمشكلة تدهور الأراضي بالساحل السوري.

في حين تتفق الدراسة الحالية مع ما تم التوصل إليه من خلال دراسة الانجراف المائي باستخدام النموذج WEPP في منطقة مزار القطرية- اللاذقية (يوسف علي،2009)، وما أشار إلية تقرير CoLD, ما ذكره تقرير الفاو لعام 1980م من أن قيمة الأنجراف بين 10-50طن/هـ/سنوياً، بينما تتفق كلياً مع ما جاء في تقرير PAR/RAC1992 أن معدل انجراف التربة في الشريط الساحلي هو الأقل إذ لايتجاوز 30طن/هـ/سنوياً، وأن المناطق التي تقع شمال اللاذقية وفي المناطق بانياس-طرطوس البعيدة عن الشاطئ صنفت على أنها تتعرض إلى انجراف متوسط أو قوي (30-60، 50-100طن/هـ/سنويا) على التوالي، ويؤكد ذلك ما جاء في دراسة (Abed,2000) أن معدل الانجراف في السهل الساحلي يتراوح بين 0-50طن/هـ/سنوياً أما الجبال الشمالية يتراوح بين 10-70طن/هـ/سنوياً، حيث يوجد بعض المشاريع العاملة بالشيخ بدر مثل: مشروع إعادة التشجير، مشروع زراعة أشجار الفاكهة ومشروع التنمية الزراعية، ومن أجل مقاومة تدهور الأراضي يقوم الفلاحون ببناء مصاطب تقنيات استصلاح الأراضي.

❖ فعالية وكفاءة النموذج في التنبؤ بالانجراف المائي للتربة والجريان السطحي:

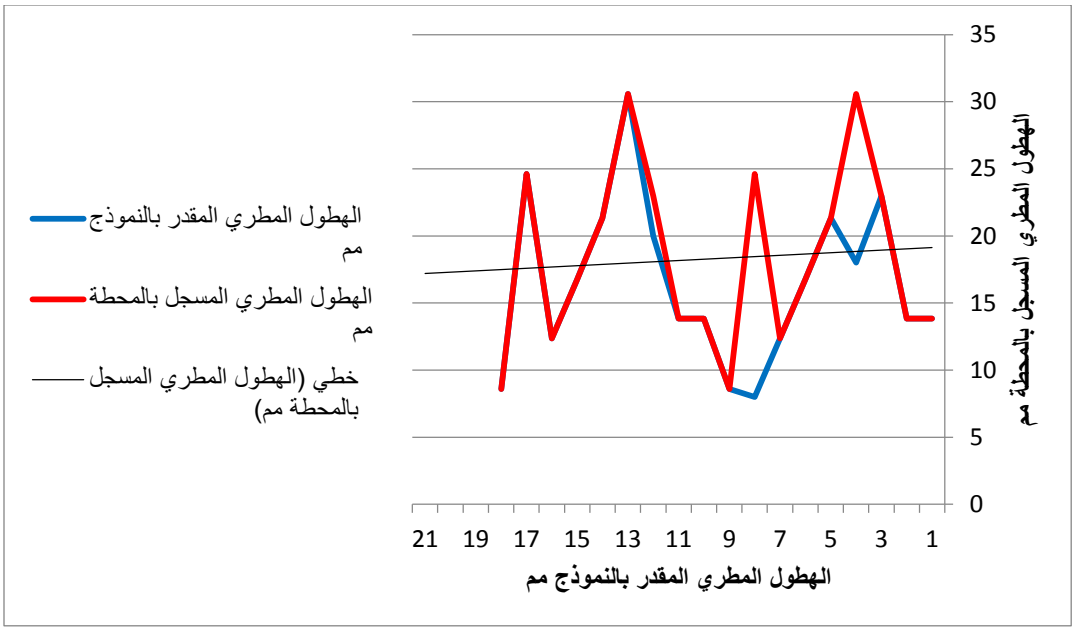
لدراسة فعالية وكفاءة نموذج GeoWEPP في التنبؤ بالانجراف المائي للتربة والجريان السطحي، يجب أن تكون المناطق المعرضة في المسقط المائي لمنطقة الدراسة مجهز بكافة الادوات والأجهزة كحساسات قياس الجريان السطحي وأحواض الترسيب عند نقاط مخارج المصبات الثانوية لأستقبال محصلة الراسب التي تأتي من مختلف المسيلات والمصبات الثانوية للمسقط المائي، اضافةً لمحطات أرصاد مناخية متخصصه لرصد حجم وشدة الهطولات المطرية ودرجات الحرارة والايام الماطرة...الخ، بهدف مقارنة حجم الجريان السطحي ومحصلة الراسب والتربة المنجرفة المتوقعة من خلال النموذج مع القيم المقاسة على الواقع لتحقق من مصداقية نتائج محاكاة النموذج، وعلى الرغم من عدم الجاهزية الا أنه يمكن من البيانات المتوفرة من المحطة المناخية لشيخ بدر وبيانات أخرى من دراسات سابقة تحديد فعالية وكفاءة نموذج GeoWEPP.

عند مقارنة متوسط الهطول المطري السنوي المتوقع من خلال نموذج GeoWEPP بمتوسط الهطول المطري السنوي المسجل من خلال محطة الارصاد المناخية لشيخ بدر، يلاحظ بأن متوسط القيمة السنوية للهطول المطري المتوقعة من قبل النموذج تقترب قليلاً من المتوسط السنوي للهطول المطري المسجل من خلال محطة الارصاد لشيخ بدر، وهذا يدل على الفعالية الجيدة للنموذج في التنبؤ بالهطول المطري.

جدول(25): متوسط الهطول المطري للحوادث المقدرة بالنموذج والمسجلة بمحطة الارصاد لشيخ بدر

عدد الحوادث المطرية المسجلة خلال العام2013/2012	محطة الارصاد الشيخ بدر	103
	المقدر بالنموذج	78
متوسط الهطول المطري للحوادث المسجلة مم/حادثة	محطة الارصاد الشيخ بدر	18.7
	المقدر بالنموذج	14.13

كما يلاحظ من خلال الشكل رقم (32)، تطابق الخط الممثل لقيم الهطول المطري المسجل من قبل محطة الارصاد الجوية– الشيخ بدر والخط الممثل لقيم الهطول المتوقعة من خلال محاكاة نموذج GeoWEPP، وهذا دليل على مدى تقارب قيم الهطول المطري المتوقعة من خلال محاكاة نموذج GeoWEPP وقيم الهطول المطري المسجل من خلال محطة الارصاد المناخية لمنطقة الشيخ بدر من جهة ودليل على كفاءة وفعالية نموذج GeoWEPP في دراسة بعض الظواهر الطبيعية.



الشكل(32): العلاقة بين الهطول المطري المقدر بالنموذج والمسجل بالمحطة

1. فعالية النموذج في التنبؤ بالجريان السطحي

عندما مقارنة الجريان السطحي المتوقع من قبل نموذج GeoWEPP مع الجريان السطحي المحسوب من خلال المعادلة العامة لتقدير الجريان السطحي استناداً لبيانات محطة الارصاد الجوية لمنطقة الدراسة، يلاحظ بأن قيم الجريان السطحي تقترب من بعض في كلا الحالتين المتوقعة من قبل النموذج والمحسوبة من خلال المعادلة العامة لتقدير الجريان السطحي، وهذا يدل على الفعالية الجيدة للنموذج في التنبؤ بحجم الجريان السطحي، ويؤكد صحة القول قيمة ME والتي تبين أن كفاءة النموذج مستحسنة في تقدير الجريان السطحي، وتدعم قيم RMSE، NSE الفكرة ذاتها والتي هي (0.97،54.83) على التوالي حيث تساوي RMSE 54.83% وتقترب قيمة NSE من الواحد، وبالتالي يمكن القول بأن نموذج GeoWEPP لدية فعالية ومقدرة جيدة في التنبؤ بحجم الجريان السطحي، الجدول(24).

جدول(24): القياسات الاحصائية لمعدلات الجريان السطحي

القياسات الاحصائية لمعدل الجريان السطحي			
RMSE%	ME	NSE	E%
54.83	0.97	0.98	11.54

كما يلاحظ من خلال الشكل رقم (33)، تقاطع خط الانحدار المعبر عن الجريان السطحي المتوقع من قبل النموذج مع الخط البياني الممثل لقيم الجريان السطحي المحسوبة من خلال المعادلة العامة للجريان السطحي، دليل على فعالية نموذج GeoWEPP في التنبؤ بحجم الجريان السطحي في وحدة المساحة، اضافةً إلى التوافق ما بين الدراسة الحالية وما أشادة إليه العديد من الدراسات في بلدان العالم بفعالية وكفاءة النموذج في التنبؤ بحجم الجريان السطحي عند مقارنة القيم المتوقعة من خلال نموذج GeoWEPP مع القيم الملاحظة بالواقع مع ما أشار إلية كلاً من (Zheng Jinjun, et al, 2012) الصين، (Yuksel, et al,2008)،(REIS, et al,2012) تركيا، (Ahmadi, et al, 2011) ايران، (Lorenzo, et al,2009) اسبانيا، (Jaewan Choi, et al, 2011) كوريا، (Ebrahimpour, et al,2011) ماليزيا، (Moore, et al,2007) ، (Covert,2003)، (MinKowski,2005) امريكا، (Vlek, et al,2011) أثيوبيا، (Acharya, et al,2009) أستراليا، (Puno,2013) الفلبين.

الشكل(33): العلاقة بين الجريان السطحي المقدر بالنموذج والمحسوب من خلال بيانات المحطة المناخية

2. فعالية النموذج للتنبؤ بمحصلة الراسب والتربة المنجرفة

عند مقارنة قيم محصلة الراسب والتربة المنجرفة المتوقعة من خلال نموذج GeoWEPP مع قيم محصلة الراسب والتربة المنجرفة المحسوبة من خلال المعادلة العامة لتقدير الراسب استناداً لبيانات منطقة الدراسة، يلاحظ بأن قيم محصلة الراسب والتربة المنجرفة تقترب من بعض في كلا الحالتين المتوقعة من قبل نموذج GeoWEPP والدراسات السابقة والمحسوبة، وهذا يدل على الفعالية الجيدة للنموذج في التنبؤ بمحصلة

الراسب والتربة المنجرفة، ويؤكد هذا قيمة ME والتي تبين أن كفاءة النموذج مقبولة في التنبؤ بمحصلة الراسب والتربة المنجرفة بوحدة المساحة، وتدعم قيم RMSE، NSE الفكرة ذاتها والتي هي (0.9، 47) على التوالي حيث تقل قيمة RMSE تساوي 47% وقيمة NSE تساوي 0.9، وبالتالي يمكن القول بأن نموذج GeoWEPP لدية فعالية ومقدرة جيدة في التنبؤ بمحصلة الراسب والتربة المنجرفة، كما في الجدول(25).

جدول(25): القياسات الاحصائية لمحصلة الراسب والتربة المنجرفة

القياسات الاحصائية لمحصلة الراسب والتربة المنجرفة			
RMSE%	ME	NSE	E%
47	0.9	0.9	70.5

توافق الدراسات السابقة للانجراف المائي بالساحل السوري على وجه العموم والشيخ بدر بخاصه، ما تم التوصل إليه من نتائج من خلال محاكاة نموذج GeoWEPP لظاهرة الانجراف المائي للتربة في منطقة الشيخ بدر (Abed,2000)، (PAP/RAC1992).

وتوافق ذلك دراسات مختلفة ببلدان العالم الصين(Zheng Jinjun, et al, 2012)، تركيا(Yuksel, et al,2008)،(REIS, et al,2012)، ايران(Ahmadi, et al, 2011)، اسبانيا(Lorenzo, et al,2009)، كوريا (Jaewan Choi, et al, 2011)، ماليزيا (Ebrahimpour, et al,2011)، امريكا(Moore, et al,2007) ، (Covert,2003)، (MinKowski,2005)، أثيوبيا(Vlek, et al,2011)، أستراليا (Acharya, et al,2009)، الفلبين (Puno,2013)، بفعالية وكفاءة نموذج GeoWEPP في التنبؤ بمحصلة الراسب والتربة المنجرفة، وهذا يؤكد ما أوصى به (Chris S. Renschler,2002) أن صناعة قرار عملي لتقييم التوزع البيئي المكاني لظاهرةً ما يستند على نماذج عملية بيئية مرتبطة بنظم المعلومات الجغرافية، وان توفر الحواسيب الشخصية القوية وادوات التقييم المفتوحة الانترنت تتيح للكثير دخول واستخدام النماذج البيئية والبيانات الجغرافية المكانية، وأن تطوير نموذج مشروع التنبؤ بالانجراف المائيGeoWEPP بواجهة مستخدم رسومية مرنة GUI، هدف إلى تطبيق النموذج عبر مدى واسع من المقاييس الزمانية والمكانية، للاستفادة من البيانات الجغرافية المكانية المتوفرة والجاهزة لمتغير عالي دقة والانضباط والتواصل مع طيف متنوع من المستخدمين مع مستويات مختلفة من الخبرة، حيث برهن تطوير الواجهة الجغرافية

المكانية لنموذج GeoWEPP، أنها تلعب دوراً أساسياً في تسهيل التواصل الفعال بين الأداة المطورة والمستخدمة من خلال البيانات ومستويات النموذج.

الفصل الخامس

المقترحات والتوصيات

Suggestions & Recommendations

سيناريوهات صيانة التربة وحفظ المياه المقترحة

من المعلوم أن الإعتماد على نموذج ما لأختيار إجراء أو أكثر من إجراءات الصيانة وتطبيقها على أرض الواقع، يتطلب دراسة عملية وفهم للعلاقات بين عوامل الإدخال inputs التي يمكن للباحث تغييرها، ومعدلات انجراف التربة والجريان السطحي outputs ومدى ارتباطها أو ملامستها للواقع المدروس، لأن فهم تلك العلاقة بشكل سليم يُسهل أختيار الإجراء الأكثر ملائمة للموقع المدروس، وقد يؤدي تطبيق إجراء ما بالأعتماد على تعديل عامل ما دون الإرتباط بالواقع المدروس إلى تغيرات سلبية في عامل أخر أو اكثر مما يؤدي إلى نتائج سلبية، ولهذا الغرض فقد تم دراسة العلاقة بين مدخلات النموذج من جهة ومخرجات النموذج ومدى أرتباطها وملامستها للواقع المدروس من جهة أخرى من خلال إجراء عدة محاكات لنموذج GeoWEPP ضمن سيناريوهات مختلفة، مما ساعد على اختيار الحل الافضل ضمن الحلول الممكنة لصيانة التربة وحفظ المياه في منطقة الدراسة، وفقاً إلى ما أشار إليها تقرير الاتحاد الاوربي(CoLD,2004).

كما إن معرفة أسباب عمليات تدهور الأراضي يعد ضرورياً من أجل أختيار الإجراءات المناسبة لحماية التربة من الانجراف المائي للتربة، وفي هذا الخصوص فإن فوائد الخرائط الغرضية مثل خريطة التصنيف (28) وخريطة الأولوية (31) يجب أن تأخذ بعين الأعتبار إمكانية تحديد المناطق الساخنة (Hot Spots) من أجل تطبيق برنامج مكافحة التدهور للأراضي وفقاً إلى الجدولين (24،23)، التي تم فيها تقسيم وتصنيف منطقة الدراسة حسب المتوسط السنوي لرواسب التربة المتسلمة لكل وحدة مساحة (Avg. Ann. Sed. Delivery per unit area of watershed(tone/ha/yr) والاجمالي السنوي لرواسب التربة المتسلمة لكامل وحدة المساحة (Total Avg. Ann. Sed. Delivery per unit area of watershed (tone/yr)) إلى مناطق انجراف مرتفعة ومتوسطة ومنخفضة، واستناداً إلى هذا التقسيم تم تصنيف منطقة الدراسة إلى مناطق أولوية عالية (Avg. Soil loss >10 ton/ha/yr) ومناطق أولوية متوسطة (Avg. Soil loss <=10 ton/ha/yr) ومناطق أولوية منخفضة (Avg. Soil loss<= 1.5)، من أجل أن تعطى إجراءات الصيانة أولاً للمناطق ذات الأولوية العالية الاكثر عرضة للأنجراف (قرى سريجس، بشمس، بغمليخ، قرب من قرية القصبية، الصفلية، قرية الزعفرانة، قرية بلاط، قرية الشبوبية)، يليها المناطق المتوسطة (قرية القمصية، قرية قرعوب قمصو، قرب قرية مجبر، قرية الوادي الأخضر، قرب من قرية

الوردية) وأخيراً المناطق المنخفضة الانجراف المائي للتربة (كوكب الهوى، بيت دوحة...الخ)، مع الأخذ بعين الاعتبار إن الإجراءات التقليدية في تخفيف عمليات انجراف التربة وادارتها والتحكم بها والتي كانت سائدة في الماضي وما تزال منتشرة إلى الحاضر في منطقة الدراسة، من أنها إجراءات غير كافية وفي كثير من الأحيان غير مناسبة، لذا فإن الهدف الأول من هذه الإجراءات هو منع أو وقف انتشار تدهور الأراضي وإعادة تأهيل الأراضي المتدهورة وإعادة إنتاجيتها ما أمكن، والهدف الثاني هو إعادة وصيانة إنتاجية التربة ورفع مستوى إنتاجها.

حيث يستخدم النموذج GeoWEPP كأداة دعم صُناع القرار في تحديد إجراء الصيانة المناسب من الإجراءات المعروفة والمتمثلة بـ:

أ. إجراءات وقائية:

تطبق هذه الإجراءات عادةً لحماية المناطق المعرضة للأنجراف أو لمنع حدوث ظاهرة التدهور في الأراضي التي لم تتدهور بعد أو تلك الأراضي التي تتدهور ببطء وتشتمل الإجراءات الوقائية على التالي:

1. بناء المصاطب: يعتبر الأسلوب الأقدم والأكثر شيوعاً في السيطرة على انجراف التربة في منطقة الشيخ بدر، حيث يتم بناء المصاطب بتباعد أمتار قليلة على طول المنحدر من أجل حجز المياه المتساقطة على التربة بين المصاطب من جهة وتقصير طول المنحدر وتخفيف شدة الانحدار من جهة أخرى، ويمكن أن نميز نوعين من المصاطب:

أ. مصاطب مستوية: موازية لانحدار السفح لا تصرف مياهها إلى مجرى مياه، هذا النوع من المصاطب يستخدم حيث تكون التربة نفوذه للمياه بشكل كافي، لذلك يمكن للمياه أن تتسرب وهكذا تُحجز في المصاطب.

ب. مصاطب مدرجة: تبنى في المناطق التي تكون فيها المياه غير قادرة على الرشح إلى داخل التربة بشكل كافي، يمكن لهذا النوع من المصاطب أن تنحدر قليلاً باتجاه مجرى مياه لتصرف عبر قنوات صرف مناسبة، ويمكن جمع هذه المياه بعد ذلك وإعادة استخدامها بطرق عدة.

2. الحراثة الكنتورية: هدفها الصيانة لأنها تقلل من فقدان التربة مقارنة بالحراثة التقليدية، ويمكن تطبيق تقنيات الحراثة الكنتورية بعدة طرق مثل تقليل الحراثة، دون الحراثة، أو الحفر المباشر، ويجب إجراء

الحراثة الكنتورية على كل مساحة المصطبة لأن ذلك يزيد من فعالية المصاطب إذ أن كل ثلم في الأراضي المحروثة يقوم مقام مصطبة مصغرة، وفي الأراضي الأقل انحداراً تكون الحراثة الكنتورية فعالة ايضاً بدون مصاطب، تقوم الحراثة الكنتورية على شق سلسلة من الأثلام الضيقة على عمق من 15-30 سم بهدف زيادة تسرب المياه لداخل التربة، شريطةً أن يتم تنفيذ الحراثة الكنتورية بالتناوب ما بين الداخل والخارج للمصاطب لأن الحراثة الدائمة من جانب واحد تؤدي إلى تراكم التربة عند الحافة الخارجية للمصاطب، الاهتمام بالحراثة الكنتورية وفق خطوط التسوية لحماية التربة السطحية ضد تأثير تساقط الأمطار، والتقليل من معدل جريان المياه الساقطة، حيث أن حركة المياه البطيئة تقلل القدرة على نقل حمولة كبيرة من التربة وسرعتها المنخفضة تسنح الفرصة لترشيح كميات أكبر للمياه.

3. إضافة مخلفات المحاصيل إلى التربة وزراعة المحاصيل الشتوية من أجل حماية سطح التربة وزيادة خصوبتها وتحسين قوامها وبالتالي رفع إنتاجيتها، حيث تمتص مخلفات المحاصيل قدرة الأمطار المتساقطة وتخفف تشقق التربة وتخفف تكسر كتل التربة وتشقق سطحها، هكذا فإن مخلفات المحاصيل تبطئ حركة مياه الامطار المتساقطة.
4. تطبيق فترات راحة للأراضي: ينصح بتطبيقه في مناطق السهول حيث تزرع محاصيل الحمص، القمح والتبغ، يؤدي هذا الإجراء إلى زيادة في محتوى المواد العضوية في التربة، وهكذا تتماسك عناصر التربة مع بعضها البعض.
5. الدورة الزراعية يعني تعاقب المحاصيل بأن تزرع مجموعة من المحاصيل المختلفة بشكل رئيسي قمح، تبغ على نفس المساحة من الارض وفي فترات متكررة، إن الدورة الزراعية لها فائدة كبيرة لهؤلاء الذين يطبقونها كالتخفيف من ظاهرة الانجراف وذلك عن طريق تحسين الخواص الفيزيائية للتربة وكذلك يكون تسرب المياه إلى داخل التربة أفضل ويزيد من المواد العضوية التي تربط العناصر الرئيسية مع بعضها البعض فتزيد من قوة تماسك حبيبات التربة وبالتالي مقاومة التشقق.
6. وضع قوانين بمنع قطع الغابات وإشعال الحرائق فيها، ويجب على هذه القوانين أن تأخذ بعين الاعتبار الحاجات اليومية للسكان المحليين والمنفعة المتبادلة بين الغابة والمجتمع الريفي.
7. منع رعي المواشي في أراضي الغابات.
8. منع تحويل أراضي الغابات إلى أراضي عمرانية (سكنية) أو أراضي صالحة للزراعة.

ب. إجراءات التخفيف من ظاهرة التدهور:

هي تلك الإجراءات التي يمكن تطبيقها لإعادة تأهيل الاراضي المتدهورة او لاستعادة إنتاجية الأراضي المتدهورة نسبياً، إن عمليات التحريج هي أفضل طريقة للسيطرة والحد من عملية انجراف التربة.

1. تطبيق برامج التشجير والتحريج: هذه الإجراءات الأفضل في السيطرة على انجراف الأراضي وعادة تجرى عمليات التحريج في الغابات المتدهورة والاراضي المحاذية لها، والمناطق الوعرة، يجب أن تفوق عملية التشجير والتحريج معدل التعدي على الغابة وزراعة أصناف الاشجار المثمرة في الغابة مثال أشجار الصنوبر، الكستناء، وذلك من أجل تحسين الدخل المحلي وبالتالي تخفيف التأثير السلبي للنشاط البشري على الموارد الطبيعية.
2. بناء مصارف للمياه: إن هذا الإجراء هو مسألة هامة جداً عند بنائها على المنحدرات لأن الماء الزائد يتراكم عند حواف المصاطب ومن الضروري جمع هذا الماء وتوجيهه لأماكن اخرى لإعادة استخدامه في الري أو لتخزينه بطريقة لا تسبب أي ضرر مستقبلاً (كانهيار السدات الترابية وبالتالي حدوث مشاكل انجراف)، لذا يجب تحديد الأماكن وطبيعة مصارف المياه منذ البداية، فمثلاً عند التخطيط لبناء شبكة مصاطب هدفها منع تشكل الفيضانات وانجراف التربة فيجب بناء مصارف للمياه بطريقة تضمن التدفق الأقصى للمياه الجارية ومن بين أهم المصارف:

أ. مصارف طبيعية تعتمد على الاستفادة من الأماكن المنخفضة بشكل طبيعي، كمصارف للمياه والتوزيع.

ب. مصارف (مخارج) مياه اصطناعية وبشكل رئيسي يوجد نوعان لمثل هذا النوع من المصارف، مصارف مغطاة بالحشائش وهي عبارة عن قنوات عريضة تزرع بالأعشاب وتكون درجة ميلانها الأقصى 0.5-4% ولكن يكون انحدار المصاطب شديد فيجب بناء عوائق اسمنتية لتخفيف درجة الانحدار ويفضل ألا يتجاوز طول المصارف 800 إلى 1000 متر، ومصارف مغطاة بمواد مختلفة يلجأ فيها إلى طريق ميكانيكية لحماية مصارف المياه عن طريق رص الأحجار او الإسفلت او حتى استخدام أنابيب معدنية.

3. إنشاء طرق زراعية من أجل أن تستخدم من قبل المزارعين والسكان المحليين للوصول لحقولهم والتواصل مع بعضهم البعض، وقبل إنشاء هذه الطرق يجب مراعاة طول الانحدار ودرجة ميلانه وألا تكون الطريق مستقيمة بشكل كامل مع اتجاه المنحدر، ومن الأفضل أن تأخذ شكلاً متعرجاً وعادة يتم إنشاء الطريق القصير من قبل المزارعين المحليين وإذا كان طويلاً فيتم إنشاؤه من قبل المشاريع العاملة في المنطقة.

جـ. إجراءات الاستصلاح:

وهي الإجراءات التي تتبع لحماية المناطق المستقرة من انتشار عمليات الانجراف وتشمل هذه إجراءات الاستصلاح مايلي:

1. إقامة محميات وطنية، إن مناطق الجبال هي أراضي غابات لذلك يوجد ضرورة ملحة لإقامة محميات وطنية من أجل تخفيض معدل الانجراف وتامين حماية دائمة لأصناف النباتات المعرضة للخطر، إن هذا العمل يمكن ان يحفظ إنتاجية الغابات وتنوع الأحياء.
2. ركزت مشاريع الاستصلاح العاملة في المنطقة نشاطاتها بشكل رئيسي على عملية التحريج وإنشاء المصاطب، يجب على هذه المشاريع أن تركز على زراعة أصناف الاشجار المثمرة (كالصنوبر المثمر، الكستناء)، كذلك يجب تنفيذ عمليات الزراعة مباشرةً بعد بناء المصاطب ومساعدة المزارعين على بناء المصاطب ومصارف المياه، وإقامة طرق ريفية.
3. إنشاء خطوط النار لإطفاء الحرائق والسيطرة عليها في حال اندلاعها مع مراعاة فواصل مناسبة تمكن من سهولة السير في حال اندلاع الحرائق في الغابة، إن بناء هذه الخطوط لإطفاء الحرائق تمكن من الوصول إلى الحرائق بسرعة للسيطرة عليها قبل امتدادها ويجب أن يراعى عند إنشائها توزعها على المنحدرات الشديدة حيث أن هذه المنحدرات معرضة بشكل كبير لانجراف في التربة.
4. تنفيذ مشاريع استصلاح: هناك بعض المشاريع التي تعمل حالياً في منطقة الشيخ بدر مثل مشروع التشجير الحراجي ومشروع التنمية الزراعية.

5. تثقيف وتوعية السكان المحليين على أهمية الغابات وإدارة الأراضي ومشاركتهم في التخطيط وإدارة الغابات في المحاولة لإيجاد بديل لحاجاتهم اليومية من أشجار الغابات ويمكن تنفيذ هذا الإجراء من خلال دورات تدريبية ووسائل الإعلام، حلقات بحث، برامج المشاركة السكانية، المعارض والبروشورات.

د. **الإجراءات الوقائية والتخفيف من ظاهرة التدهور الممكنة:**

تشمل على إجراءات إعادة التشجير، الإجراءات الفيزيائية والإجراءات الاجتماعية- الاقتصادية وجميع هذه الإجراءات يجب تطبيقها من أجل حماية الأرض والغابات ومن أجل تحسين ظروف الحياة للمجتمعات الريفية وتتمثل الإجراءات الوقائية التي يمكن تطبيقها بالآتي:

1. خلط السماد العضوي: هذا الإجراء ضروري جداً من اجل زيادة إنتاجية التربة وتحسين نسبة تسرب المياه وذلك لأن تحسين محتوى المادة العضوية الموجودة في التربة يؤدي إلى تخفيف وبشكل كبير عملية انجراف التربة وذلك بسبب تسرب الرطوبة بسرعة اكبر داخل التربة.
2. إنشاء السدات من أجل السيطرة على الانجراف الاخدودي، تقوم هذه السدات بمقاومة الانجراف عن طريق إيقاف التدفق المائي السطحي وتوجيه حركته إلى أرجاء الحقول المزروعة أو جمعها لإعادة استخدامها في الري، يجب الأخذ بعين الاعتبار نقطة أساسية وهي أن جريان المياه على سفوح المنحدرات تزيد في عملية تشكيل الأخاديد والخنادق فيما إذا لم يقوم المزارعون بأية إجراءات لحمايتها وصيانتها.
3. إنشاء شبكة تصريف للمياه وإجراءات تقوية للأرض أمام عمليات الانجراف النشطة، إن مصارف المجاري المائية الحالية، والحراثة الكنتورية، وبناء المصاطب غير مبنية بطرق صحيحة والتوصيات المذكرة أعلاه من أجل التنفيذ بشكل صحيح.
4. حماية وتحسين التجمعات الشجيرية المحلية، هذا الإجراء يحسن من مساحة سطح التربة المغطى بالغطاء النباتي الطبيعي، تعد هذه التجمعات الشجيرية عرضة للضغط البشري أكثر من الغابات وذلك في سياق تحويلها إلى أراض عمرانية.

يمكن تلخيص إجراءات الاستصلاح التي يمكن تطبيقها كما يلي:

1. إدارة الغابات من أجل تحسين حجم وكثافة الغطاء النباتي وبالتالي حماية التربة ضد التأثير الخطر لجريان المياه.
2. استصلاح السفوح المعتدلة الانحدار والأراضي غير المستعملة في الزراعة ويجب أن يلي هذا الإجراء مباشرة عمليات الزراعة، في الوقت الحاضر، هناك عائقان رئيسيان تواجهما نشاطات الاستصلاح هما ملكية الأرض وسهولة الوصول إليها، إن جميع الأراضي التي تحتاج للاستصلاح يجب أن يملكها فلاح واحد فقط وإلا فإنه لا يتم استصلاح هذه الأراضي.
3. زيادة معدل تربية المواشي في المناطق ذات التربة الفقيرة خصوبة وإنتاجية، وعملية تشجيع السكان المحليين على تربية المواشي يمكن أن تمد التربة بالمواد العضوية وبالتالي تحسين خصوبتها وإنتاجيتها، لذلك يجب على الحكومة أن تقدم نظام قروض مرن لتمكن الفلاحين من تربية المواشي.
4. زراعة غابات لأصناف الأشجار المثمرة مثل Castania, Ceratonia Siliqua, Crataegu Spp, Pinus Pinea, Vesca في الأجزاء الشمالية من منطقة الشيخ بدر حيث تكون التربة سطحية وأقل إنتاجية في الوديان وقمم الجبال.
5. منع زراعة أشجار الزيتون على قمم الجبال، الوديان، السفوح الشمالية المعاكسة لاتجاه أشعة الشمس لأن أشجار الزيتون يمكن أن تواجه الكثير من الأمراض وبشكل رئيسي مشاكل Bacterial Knot و Spiloceae leagina لذلك يجب استبدال زراعة الزيتون في تلك المناطق بالأنواع المذكورة أعلاه في منطقة الشيخ بدر.
6. فتح أسواق زراعية للتبادل الزراعي والتجاري وهذا الإجراء يشكل فرصة لتبادل المعلومات والخبرات، ويوجه التوسع البشري بعيداً عن مناطق الغطاء النباتي الطبيعي والأراضي الزراعية الخصبة ويقلل كذلك من تراص التربة.
7. تقديم التدريب والتسهيلات للسكان الريفيين من أجل تحسين الزراعة عبر برنامج المشاركة السكانية لجعل الفلاحين على اتصال مع أحدث تقنيات حماية التربة ومن أجل إيجاد البدائل لاحتياجاتهم اليومية من أشجار الغابات.
8. تشجيع ودعم الثقة المتبادلة بين المجتمعات الريفية والسلطات الحكومية.

9. تقديم مساعدات مالية كافية ومرضية للمزارعين المحليين وبشكل خاص لمزارعي المناطق الجبلية وهذا الإجراء يمكن أن يحفز المزارعين على تطبيق الإجراءات المطلوبة.
10. تخصص بعض المشاريع الصناعية في المناطق الريفية من أجل تحسين الظروف الاقتصادية في هذه المناطق وتخفيف الهجرة باتجاه المدن الكبيرة.
11. تخصص رأسمال خاص وتقديم تسهيلات تشجيعية لخدمة الطوارئ المحلية والأولويات.
12. تقديم دورات تدريبية وارشادية لحراس الغابات: معظم هؤلاء الحراس غير متدربين جيداً ويحتاجون لتدريب على إدارة الغابات ومقاومة الحرائق.
13. خلق وتشجيع نشاطات زراعية إضافية مثل السياحية والحرف اليدوية.

التوصيات

1. العمل على توطين استخدام البرامج والنماذج الفيزيائية الهامة في المؤسسات التي تعمل على الدراسة والتقييم الكمي لأنجراف التربة.
2. تقديم النتائج التي تم الحصول عليها إلى صُناع القرار بمنطقة الدراسة للأستفادة من نتائج الدراسة الحالية بهدف تطبيق إجراء الصيانة المناسب من الإجراءات المقترحة وفقاً للأولويات الموضحة بالجدول(22) والخريطة(11)، بحيث تعطى 16.7% الأولوية العالية في تطبيق برنامج مكافحة تدهور الأراضي في منطقة الدراسة– الشيخ بدر بينما 38.88% تعتبر أولويات متوسطة و42.53% أولوية منخفضة.
3. التحري من دقة البيانات والمعلومات والعمل على تحسين خرائط الأساس (DEM, landuse, Soil,..) من أجل أداء أفضل لنموذج GeoWEPP، لأن عدم الدقة سيقود إلى نتائج سلبية، مثلاً الخطأ في تصميم خرائط DEM (Digital elevation Model)، سيؤدي إلى كبر أو صغر حجم خلايا الخريطة بكسيلات وبالتالي ينتج عنه تمثيل خطأ لشبكة المسيلات المائية على النموذج GeoWEPP بحيث لايوافق الواقع وبالتالي الوصول إلى نتائج سلبية وغير صحيحة، لذا يجب أن يكون هناك توافق تام بين كافة البيانات والخرائط والمعلومات المستخدمة بما هو موجود على أرض الواقع.
4. تجهيز المناطق الأكثر عرضة للأنجراف بالمحطات المناخية والتجهيزات اللأزمة والضرورية من أجل مراقبة التغيرات المناخية كالهطول المطري وأثره على انجراف التربة، أضافة لقياس الجريانات السطحية وتقدير كمية التربة المنجرفة في وحدة مساحة المساقط المائية للحد منه.
5. الاهتمام بالتقنيات الحديثة كالنماذج الفيزيائية GeoWEPP, WEPP, SWAT لدراسة بعض الظواهر كالانجراف المائي للتربة، والبرامج arcGIS, Erdas لأنشاء الخرائط الغرضية التي تلعب دوراً مهماً في تحديد المناطق الساخنة Hot Spots من أجل دراسة تفصيلية ومسوحات حقلية تهدف إلى تحديد نوع وشدة عمليات الأنجراف التي تعمل بشكل مستمر التي يعتبر تطبيق أحدى مبادئي التنمية المستدامة الحفاظ على أحدى أهم الموارد الطبيعية.
6. الاستفادة من نتائج التحاليل المخبرية من خلال إنشاء قاعدة بيانات في قسم علوم التربة تخص التربة السورية، وهذا لن يتم الا من خلال أحدث مخبر يهتم بتدريس التقنيات الحديثة كالبرامج والنماذج الفيزيائية والرياضية التي تهم المختصين بعلوم التربة والاراضي، أضافةً لأقامة الدروات المتخصصة بإدارة الاراضي والمساقط المائية ضمن أطار الإدارة المتكاملة للمساقط المائية من أجل التعريف بأهمية

البرمجيات الحديثة ودورها في محاكاة بعض الظواهر الطبيعية كالانجراف المائي للتربة وإنشاء الخرائط الغرضية، كتحقيق نوع من التواصل العلمي بين المهتمين بالتقنيات الحديثة والمختصين بعلوم التربة والأراضي.

المراجع العربية

1. أبو نقطة، فلاح(2004). أساسيات في علم التربة. القسم النظري، كلية الزراعة، مطبوعات جامعة دمشق.
2. المجو، حسن (2011). صيانة التربة والأراضي. مقرر نظري، قسم علوم التربة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق.
3. إدواردز جونز، غاريث (2002). تقرير السياسات الزراعية والبيئية في سورية دراسة الانعكاسات ومقترحات تعديلات السياسات، مشروع المساعدة في التعزيز المؤسسي والسياسات الزراعية. التعاون الايطالي، سورية.
4. حبيب، حسن(2008). نشأت التربة وتكوينها. القسم النظري، كلية الزراعة، مطبوعات جامعة دمشق.
5. سعد، فواد (1994). انجراف التربة/ أسبابها وتأثيرها على البيئة، مشروع تأهيل الزيتون في لبنان، مجلة أغروتيكا اللبنانية، العدد 46.
6. سلوم، محمد (2012). دراسة معامل قابلية بعض أنواع الترب السورية للانجراف المائي. رسالة ماجستير. قسم علوم التربة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق.
7. تقرير المسح التفصيلي والتوصيات والاستراتيجيات لمنطقتي القرداحة والشيخ بدر(CoLD,2004)، مشروع تحسين مراقبة تدهور الأراضي الساحلية في سورية ولبنان. تقرير الاتحاد الأوربي.
8. يوسف علي، حيدر (2009). دراسة الانجراف المائي للتربة في منطقة مزار القطرية (محافظة اللاذقية) باستخدام النموذج WEPP. رسالة ماجستير، قسم علوم التربة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق.

المراجع الاجنبية

1. Ahmadi. H., Taheri. S., feiznia. S., Azarnivand. H(2008). Runoff & Sediment Yield Modeling Using WEPP in A Semi-arid Environment (case Study: Orazan Watershed). Desert Journal 16(2011). Tehran, Iran. P5-12.
2. Ahmad. R. S(2008). Effect Water Soil Erosion on the lake watersheds at Various of the Vegetation Cover, Himalaya. India. P122-125.
3. Abed, Mohammed(2000). The development of Latakia GIS-Based database & related applied models. Case study: Latakia district, Syria, Ph.D. thesis.
4. Acharya. Govind(2011). Analysing the Interactions between Water-induced Soil Erosion & Shallow Landslides. A thesis, Department of Civil & Natural Resources engineering, University of Canterbury, New Zealand.
5. Acharya. G., Cochrane. T. A(2009). Development of an integrated model for Water induced top soil Erosion & Shallow landslides. 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia.
6. Baigorria. Guillermo A., Romero. Consuelo C(2006). Assessment of Erosion Hotspots in A watershed: Integrating the WEPP Model & GIS in A case Study in the Peruvian Andes. ScienceDirect International Journal of Environmental Modelling & Software 22(2007).p1175-1183.
7. Beskow. S., Mello. C. R., Noron. L. D., Cure. N., Viola. M. R., Avanzi. J. C(2009). Soil Erosion Prediction in the Grande River Basin, Brazil using Distributed Modeling. Catena, Vol. 79. P49-59.
8. Conway. Michael Welsh(2012). An Evaluation of Erosion Sedimentation, & Discharge from the tells Creek Drainage in the El Dorado National Forest. University of California, Davis, USA.
9. Covert. Susan Ashley(2003). Accuracy Assessment of WEPP-Based Erosion Models On Three Small, harvested & Burned Forest Watersheds. A thesis Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science With A major in Forest Resources, College of Graduate Studies, University of Idaho, USA.
10. Carlson. Mack(2009). Post-Inferno Erosion: Analysis of Erosion Rates after the Tea fire in Santa Barbara, California. Geology Department. USA.
11. Crumbley. Tyler Autry(2007). Modeling Soil Erosion & Sediment Transport from Fires in Forested Watersheds of the South Carolina Piedmont. A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University, USA.

12. Darwish Sami, Shankali M., Nokta A. Razak, Mokdad Y., 1986. Report on soil survey and classification in Tartous. Ministry of agriculture.

13. Ebrahimpour. M., Balasundram. S. K., Talib. J., Anuar. A. R., Memarian. H(2011). Malaysian Journal of Soil Science Vol. 15, Department of Land Management, University Putra Malaysia. 43400 UPM serdang, Selangor, Malaysia. P25-33.
14. Elliot. William J., Wu. Joan Q(2005). Predicting Cumulative Watershed Effects of Fuel Management with Improved WEPP Technology. Environmental & Water Resources Institute(EWRI) of the American Society of Civil Engineers. Washington State University, USA.
15. Elliot. William J., Foltz. Randy B(2003). The challenges in Developing the WEPP cumulative Effects Model. Project leader and Research Engineer, Rocky Mountain Research Station, Moscow, Idaho, USA.
16. Flanagan. D. C., Frankenberger. J. R., Cochrane. C. S., Renschler. C. S., Elliot. W. J(2012). Geospial Application of the Water Erosion Prediction (WEPP) Model. American Society of Agricultural & Biological Engineers ISSN 2151-0032. USA. P591-601.
17. Food and Agriculture Organization of the United Nations (1980). Carte provisoire des risques de degradation des sols (Moyen Orient et al., Afrique du Nord). FAO/UNEP/UNESCO. Rome, Italy.
18. Flanagan. Dennis C., Frankenberger. James R(2002). Water Erosion Prediction Project(WEPP) Windows Interface Tutorial. USDA-Agricultural Research Service & Purdue University, National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana, USA.
19. Food & Agriculture Organization of the United Nations(1980). Carte provisoire des risques de degradation des sols (Moyen Orient et al., Afrique du Nord). FAO/UNEP/UNESCO, Rome, Italy.
20. Garcia-Lorenzo. R., Conesa-Garcia. C(2009). Erosion and Sediment Yield Estimated By GeoWEPP for Check Dam Watersheds in Ephemeral Gullies(South-East Spain). University of Murcia, Murcia, Spain.
21. General Organization of Remote Sensing (GORS), Agriculture Faculty- Damascus university.1991. Study on lands and forests of the coastal region using remote sensing techniques: Latakia District. Damascus University press.
22. Jaewan Choi., Min Hwan Shin., Se Uk Cheon., DongseoK Shin., Sung Jun Lee., Sun Jung Moon., Ji Cheol Ryu., Kyoung Jae lim(2011). Evaluation of Runoff

Prediction from a Coniferous Forest Watersheds & Runoff estimation under Various Cover Degree Scenarios using GeoWEPP Watershed Model. Journal of Korean Society on Water Quality, Vol. 27, No. 4,Korea.p425-432.

23. Landi. A., Barzegar. A. R., Sayadi. J., Khademalrasoul(2011). Assessment Of Soil Loss Using WEPP Model And Geographical Information System. Journal of Spatial hydrology, Vol.11,No.1 Spring2011,Iran. P40-51.
24. Lei Deng., Zhou-ping Shangguan., Rui Li(2012). Effects of the grain-for-green program on Soil Erosion in China. ScienceDirect International Journal of sediment Research27(2012).p131-138.
25. Moore. A. D., McLaughlin. R. A., Mitasova. H., Line. D. E(2007). Calibrating WEPP Model Parameters for Erosion Prediction on Construction Sites. American Society of Agricultural & biological Engineers ISSN 0001-2351.North Carolina. USA. p507-516.
26. Minkowski. Martin William(2005). Integrating GIScience & Environmental Models for A GISystem-based Natural Resource Management Tool. Department of Geography, University at Buffalo-The State University of New York, USA.
27. Moore. Amber(2004). Modeling Erosion on Construction Sites. Soil Science, North Carolina State University, USA.
28. Memarian, H., S.K. Balasundram., J, Talib., C.B.S. The., M.S. Alias., K.C. Abbaspour & A. Haghizadeh (2012). Hydrologic Analysis of A tropical Watershed Using KINEROS2. Environment Asia. 5(1). P 84-93.
29. Minkowski, M (2007). Advanced GeoWEPP Tools. Accessed from: http//www.geog.buffalo.edu/rensch/geowepp/arcgeowepp on March 12, 2010.
30. Minkowski,M.,Renschler,C,(2008). GeoWEPP for arcGIS 9.x full Version Manual. Department of Geography, the State University of New York at Buffalo,USA.
31. Minkowski. Martin., Renschler. Chris S(2011). Integrated Extreme Events Modeling: A Remote Sensing Approach to Assess the Impact of Prescribed & Actual Wildland Fires. Department of Geography, University at Buffalo-The State University of New York, USA.
32. Nahal, I (1984). Water erosion and its control for soil and water conservation in Syria. Allepo university reSearch journal. No. 6.
33. Nash, J. E., J. V. Sutcliffe(1970). River flow forecasting through conceptual Models of Principles. J. Hydrol. 10(1): 282-290.
34. Okalp. Kivanc(2005). Soil Erosion Risk Mapping Using Geographic Information System: A case Study on Kocadere Creek Watershed, IZMIR. A thesis Submitted

to the Graduate school of Natural & applied Sciences of Middle East Technical University. Turkey.
35. PAP/RAC (1992). Coastal resources management plan vol. 2, technical report. Split, Croatia.
36. PAP/RAC (1992). Coastal resources management plan vol. 3, synthesis report. Split, Croatia.
37. Puno. George R(2013). GeoWEPP Application in Determining Runoff & Sediment Yield in Agriculturally Active Catchment of Mapawa. University of the Philippines, Diliman, Quezon City, Philippine.
38. Page-Dumroese, D., M. Jurgensen., W. Elliot., T. Rice., J. Nesser., T. Collins et al (2000). Soil Quality Standars & Guidelines for Forest Sustainability, North America. Forest Ecology & Management. 138 (1-3): 445-462.
39. Renschler. C. S(2002). Designing geo-spatial interfaces to Scale process Models: the GeoWEPP approach. Department of Geography, University at Buffalo-the stat university of New York, Buffalo, NY 14261, USA. P1005-1017.
40. Renschler. Chris S., Flanagan. Dennis C., Engel. Bernard A., Frankenberger. James R(2002). GeoWEPP-the Geo-spatial interface for the water Erosion Prediction Project. ASAE Annual International Meeting/ CIGR XVth World Congress Sponsored by ASAE & CIGR, Hyatt Regency Chicago, Chicago, IIIinois, USA.
41. Renschler. C. S., Lee. T(2005). Spatially distributed assessment of short & long-term impacts of multiple best management practices in agricultural watersheds. Journal of Soil & Water Conservation, Vol, 60, No 6. P446-455.
42. Renschler. Chris., Minkowski. Martin(2005). Representative Hillslopes in Geospatial Modeling: Representing Environmental Properties and Processes at Various scales. University at Buffalo-the State University of New York, USA.
43. Renschler. C. S(2007). Spatial & Temporal Model Validation: Representing Landscape Properties & Processes across Scales. National Center for Geographic Information & Analysis(NCGIA), Department of Geography, University at Buffalo-The state University of New York, Buffalo NY 14261, USA.
44. Renschler. C. S(2010). Tapping into Technology and Information Resources to Assess Erosion Risk. Department of Geography, University at Buffalo-the State University of New York, USA.

45. Reis. Mahmut., Savaci. Gamze., Baltaci. Enis(2012). Determination of Soil Erosion Amount in Kahramanmaras Keklik Stream Basin Using Silt Fence. KSU J. Nat. Sci., Special Issue, 2012, Turkey.p261-270.
46. Srivastava. A., Dobre. M., Bruner. E., Elliot. W. J., Miller. I. S., Wu. J. Q(2011). Application of water Erosion Prediction Project(WEPP) Model to Simulate Stream flow in APNW forest Watershed. International Symposium on erosion & landscape Evolution, Hilton anchorage Hotel, Anchorage, Alaska, USA.
47. Srivastava. Anurag(2010). Application & Evaluation of WEPP in Forested Watershed with Perennial Streams. A thesis submitted to the Graduate Faculty of Auburn University, Auburn, Alabama.
48. Schnick. Lori H(2003). Modeling Sub-Basin Scale Erosion Using DEMS & Land Use Grids. Department of Geology, University of Delaware, Penny Hall, USA.
49. Vlek. Paul L.G., Skowronek. Armin(2011). Soil Erosion modeling and soil Quality Evaluation for Catchment Management Strategies in Northern Ethiopia. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-University, Ethiopia.
50. Wiley, John & INC, Sons(1966). Soil & Water Conservation Engineering. Library of Congress Catalog Card Number:66-14131, New York. USA.
51. Yüksel. Alaaddin., Akay. Abdullah., Reis. Mahmut., Gündoğan. Recep(2006). Using The WEPP Model To Predict Sediment Yield In A Sample Watershed In Kahramanmaras Region. International Congress On River Basin Management, Turkey. P12-22.
52. Yüksel. Alaaddin., Akay. Abdullah., Reis. Mahmut., Gündoğan. Recep., Cetiner. Muzaffer(2008). Application of GeoWEPP for Determining Sediment Yield and Runoff in the Orcan Creek watershed in Kahramanmaras, Turkey. International Congress Of River Basin Management, Antalya, Turkey.p1222-1236.
53. Yuksel. A laaddin., Gundogan. Recep., Akay. Abdullah E(2008). Using the Remote Sensing & GIS Technology for Erosion Risk Mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaras, Turkey. SenSors Journal, ISSN1424-8220, Kahramanmaras sutcu Imam University. Turkey. P 4851-4865.
54. Yildirim. Unal., Erkal. Tevfik(2012). Assessment of Soil Erosion in the Ihsaniye Watershed Area, Afyonkarahisar, Turkey. Academic Journals Vol. 8(10), P388-397.
55. Zheng Jinjun., Hong Chao(2012). Modeling Sediment Yields a Small Gully of the Sichuan Hilly Basin Using GeoWEPP Model. School of Resources and

Environment, University of Electronic Science & Technology of China, Chengdu, China. P102-104.

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Agriculture
Department of Soil Science

Studying of Soil Water Erosion in Sheikh Bader (Tartous Gouvernat) using the GeoWEPP model

This thesis is submitted to Damascus University in partial filament to obtain a Ms.C in Soil Science

By

Abdu Abdullah Ahmed Jassar

Supervised by

Prof. Dr. Omran Al-Shihabi

Soil Science Department

Damascus University

2013/2014