تقدير انجراف التربة في حوض سد جويلين بجبل العرب باستخدام GeoWEPP: تقييم التوزيع المكاني وتأثير الانحدار

نبال الصالح * (1)

(1). مركز بحوث السويداء، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

(*للمراسلة: د. نبال الصالح، البريد الإلكتروني: neebal_alsaleh@yahoo.com)

تاريخ الاستلام:2024/09/15 تاريخ القبول: 2024/12/11

الملخص:

يعد انجراف التربة أحد التحديات التي تواجه التربة الزراعية في المناطق الجبلية، ويشكل تقدير معدلات الانجراف وتوزعها المكاني الخطوة الأولى من أجل تطوير خطط حماية التربة وصيانتها. تم تنفيذ هذه الدراسة في حوض جويلين الساكب على السفح الغربي لجبل العرب جنوب غرب سورية خلال الفترة 2017–2021، بالاعتماد على نموذج Geo-spatial Water Erosion Protection Project (GeoWEPP)، بهدف تقييم قدرة النموذج في التنبؤ بالانجراف في المنطقة المدروسة من خلال المقارنة بين القيم المتوقعة والقيم الحقلية المقاسة خلال الفترة 2017–2019، وتقييم التوزيع المكاني لانجراف التربة في الحوض. أظهرت النتائج أن قيم معامل التحديد (R^2) والمعامل (NSE) Nash-Sutcliffe بلغ 0.85 و0.71 على التوالي، مما يعطي مؤشراً إيجابياً على فعالية GeoWEPP في تقدير انجراف التربة في منطقة الدراسة. كما أظهرت النتائج أن معدلات انجراف التربة تراوحت بين أقل من 1طن/هـ/سنة و50 طن/هـ/ سنة، وأن 31% من مساحة الحوض تشكل مناطق ذات معدلات انجراف خطيرة، تتركز في الجزء الأوسط من الحوض حيث المنحدرات التي يزيد انحدارها عن 10%.

الكلمات المفتاحية: فقد التربة، نمذجة الانجراف، نموذج GeoWEPP، التوزع المكاني، حوض جويلين.

المقدمة:

يعد انجراف التربة من أهم المشاكل التي تواجه التربة الزراعية في المنحدرات، ويمثل تهديداً للتربة والمياه والنباتات والبيئة على المدى الطويل (Clark *et al.*, 1985)، ويسبب فقدان الطبقة السطحية من التربة الغنية بالمواد العضوية والمغذيات.

يتطلب تحديدُ أولويات حماية التربة من الانجراف، معرفةَ التباين المكاني لانجراف التربة في منطقة الدراسة، حيث غالباً ما يوجد نقص في البيانات المتعلقة بالموارد الأرضية ومدى التعرية التي حدثت والمخاطر المستقبلية المحتملة. يمكن معرفة معدلات انجراف التربة عن طريق القياس الحقلي، ولكن يصعب فهم هذه العملية في بعض الأحيان بسبب تباين العوامل المؤثرة في الانجراف (Morgan, 2005)، بالإضافة إلى الوقت والتكلفة الكبيرة اللذين يتطلبهما العمل الحقلي، لذلك بدأ في السنوات الأخيرة محاولات عديدة لنمذجة الانجراف. فمنذ بداية القرن العشرين، بدأت المحاولات لتطبيق المعادلات الرياضية التجريبية بناءً على البيانات التي تم جمعها من مساكب الجريان السطحي التجريبية runoff plots، ثم حولت هذه البيانات إلى محاكاة واقعية للانجراف، حيث تم استخدام المعادلة العالمية لانجراف التربة Universal Soil Loss Equation (USLE) على نطاق واسع في العالم كنموذج لقياس انجراف التربة على المقياس الحقلي. ولكن بالنظر إلى القيود المفروضة على هذه المعادلة، وتطور البرامج الحاسوبية تم تطوير العديد من نماذج التنبؤ بالانجراف، ومنها ما تم دمجه مع نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information (GIS)

System لدراسة الانجراف على مستوى الأحواض الصبابة، مثل نموذج التنبؤ المكاني بالانجراف المائي للتربة (GeoWEPP) Geo-spatial Water Erosion Protection Project. حيث تم تطوير GeoWEPP من خلال دمج الميزات المتقدمة لنظام المعلومات الجغرافية مع نموذج التنبؤ بالانجراف المائي Water Erosion Protection Project (WEPP) مما يسمح بمعالجة مصادر البيانات الرقمية وإنتاج الخرائط الرقمية (Renschler *et al.*, 2002)، وهذا يساهم في تحديد معدلات الانجراف بشكل دقيق، وبالتالي تخطيط وإدارة الأحواض الصبابة وتطبيق التقنيات اللازمة للحفاظ على التربة (Yuksel *et al.*, 2007).

تم استخدام نموذج GeoWEPP بدايةً في كثير من الولايات الأمريكية، وقورنت نتائجه بالقياسات الميدانية، وقُبل كنموذج أساسي في دراسة الانجراف المائي والجريان السطحي ومحصلة الرواسب في الولايات المتحدة الأمريكية، ومن ثم تم تطويره ووُضع في الاستخدام العالمي. وبالفعل فقد استخدم من قبل الكثير من الباحثين في مختلف أنحاء العالم ولاقى قبولاً ونجاحاً في الكثير منها، وتبين الدراسة المرجعية أنه تم الاعتماد عليه في دراسة الانجراف المائي في بيئات مختلفة، فمثلاً استخدم في مناطق المراعي (Reis *et al.*, 2017)، والمناطق ذات المنحدرات الشديدة (75%) والزراعة المكثفة (Puno, 2013)، والأحواض الكبيرة (Conway, 2012)، والأحواض الصغيرة (Zheng and Hong, 2012)، والبيئات شبه القاحلة (Ahmadi *et al.*, 2011)، والأراضي الحراجية في ظل ظروف تغطية مختلفة 10% إلى 100% (Min *et al.*, 2011)، وبعد الحرائق الهائلة (Anstedt, 2010). كما تم استخدام GeoWEPP أيضًا كأداة للحفاظ على التربة من الانجراف من خلال اقتراح سيناريوهات مختلفة تشمل استخدامات مختلفة للأراضي وتقدير انجراف التربة الذي يحدث في كل سيناريو وبالتالي اختيار نمط الاستخدام الأكثر ملاءمة (Zhang *et al.*, 2015).

تعتبر التربة في حوض البحر الأبيض المتوسط معرضة للانجراف (García-Ruiz *et al.*, 2013) ومع ذلك، فإن الدراسات التي أجريت حول انجراف التربة في الجزء الشرقي من حوض البحر الأبيض المتوسط، حيث تقع سوريا، تعتبر قليلة نوعاً ما خاصة في منطقة جبل العرب في جنوب غرب سوريا التي تعتبر من المناطق المهددة بالانجراف، حيث الهطولات المطرية الغزيرة، والمنحدرات الشديدة، وحساسية التربة الناتجة عن الأنشطة البشرية الزراعية الخاطئة، وخاصة إزالة الغطاء النباتي الطبيعي. ومع ذلك، لم يتم إجراء سوى بعض دراسات لبعض الأحواض الصبابة لتقدير معدلات انجراف التربة وتوزعه المكاني في هذه المنطقة. لذلك ستوفر هذه الدراسة معلومات مهمة حول إمكانية استخدام نموذج GeoWEPP في تقدير الانجراف في ظروف المنطقة الجنوبية من سورية، وتحدد المناطق المعرضة لخطر الانجراف ضمن الحوض المدروس، وهذا سيكون مفيدًا للمخططين وصانعي السياسات وعلماء التربة في إدارة انجراف التربة في منطقة الدراسة بشكل فعال.

هدفت هذه الدراسة إلى:

- التحقيق من أداء نموذج GeoWEPP في التنبؤ بانجراف التربة في حوض جويلين الساكب بمنطقة جبل العرب (جنوب غرب سوريا).
- تقدير معدلات انجراف التربة في حوض جويلين وتقييم التوزيع المكاني له.

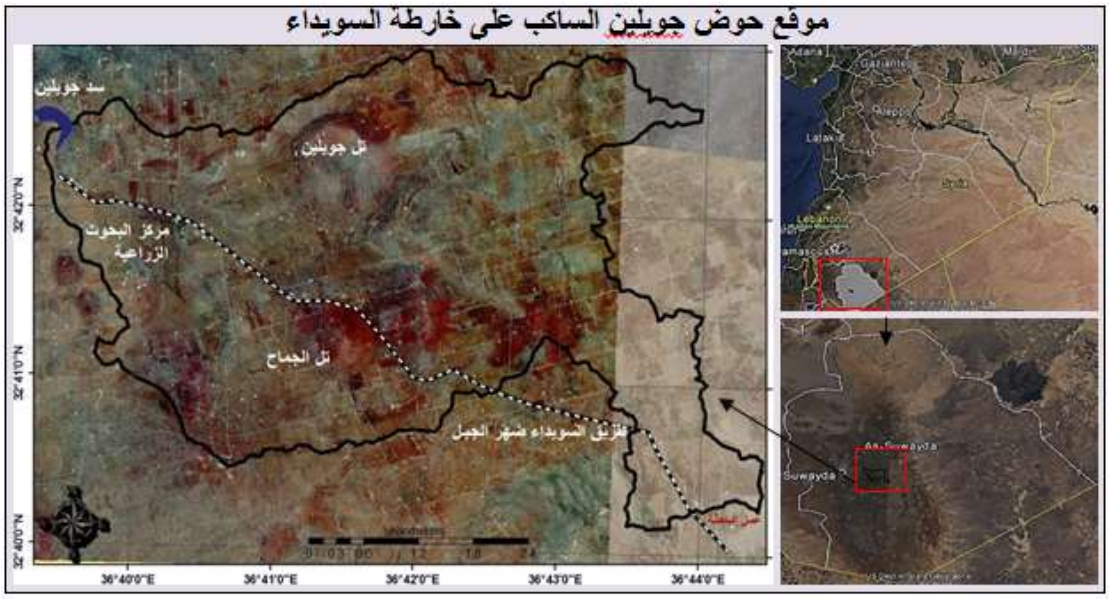
2) مواد البحث وطرائقه:

2-1 منطقة الدراسة:

أجريت هذه الدراسة في أحد الأحواض الساكبة في السفح الغربي لجبل العرب في محافظة السويداء، جنوب غرب سورية، وهو الحوض الساكب لبحيرة سد جويلين Jwilin Watershed، الذي يمتد على مساحة 2285.28 هكتار، بين خطي طول َ32°43

وَ32°40، ودائرتي عرض َ36°39 وَ36°45 (الشكل 1)، يعتبر سد جويلين المصب outlet للحوض المدروس، وتقدر سعته التخزينية بـ 0.5 مليون م³ (حسب مديرية الموارد المائية في السويداء). تتميز تضاريس الحوض المدروس بتنوعها بين المنبسطة تقريباً إلى المتموجة إلى التلية، حيث يتراوح الانحدار بين أقل من 1% إلى 59%، ويتراوح ارتفاع الحوض من 1540 م عن سطح البحر عند المصب إلى 1790 م في الجزء الشرقي منه.

يسود المناخ المتوسطي في منطقة الدراسة الذي يتصف بشتاء ماطر وصيف جاف، بالإضافة إلى فصلين معتدلين هما الربيع والخريف. وتسيطر الزراعة البعلية للأشجار المثمرة (التفاح واللوزيات) على معظم أراضي الحوض المدرس. تتبع تربة منطقة الدراسة النظام الرطوبي المتوسطي، ووجد حبيب (2006) في دراسته لبعض مقاطع التربة التي تقع ضمن الحوض المدروس، أن تربة هذه المنطقة تكونت من الصخر الأم البازلتية الأصل، ذات بناء حبيبي ناعم إلى متوسط في الآفاق السطحية، ويميل تفاعل التربة قليلاً إلى الحموضة حيث يتراوح pH التربة بين 6–6.5 وهذا يعكس طبيعة مكونات التربة وعمليات الغسل لبعض المكونات وخاصة كربونات الكالسيوم.



الشكل (1): موقع منطقة الدراسة

مواد ومنهجية الدراسة:

نموذج GeoWEPP:

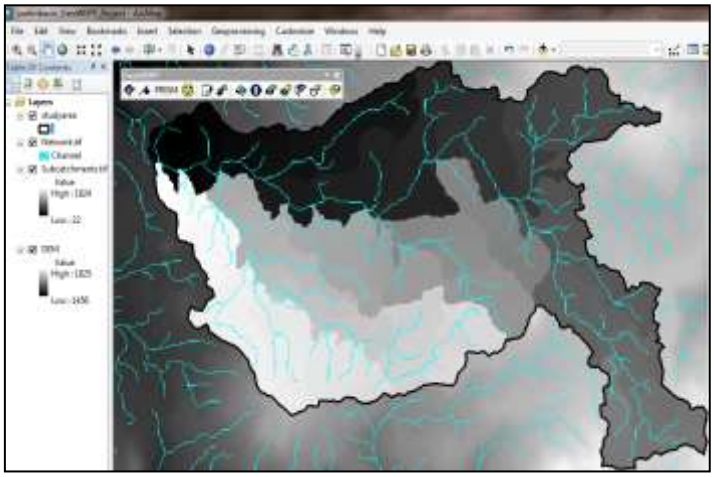
يعتبر نموذج GeoWEPP الواجهة الجغرافية المكانية لنموذج WEPP والذي طور عنه من خلال إدخال التحسينات عليه من قبل جامعة Purdue ومختبر أبحاث انجراف التربة في وزارة الزراعة الأمريكية. يعمل كامتداد extension ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية بمساعدة البرنامج الأساسي WEPP، حيث يقوم بتقدير معدلات الانجراف على أساس عوامل محددة هي الطبوغرافيا والظروف المناخية، والتغطية السطحية، ونوع التربة (Flanagan and Livingston, 1995).

يتطلب نموذج GeoWEPP أربعة ملفات إدخال أساسية تعمل وفق ما يرد (Minkowski and Renschler, 2008) هي:

1. **ملف المنحدر Slope file:**

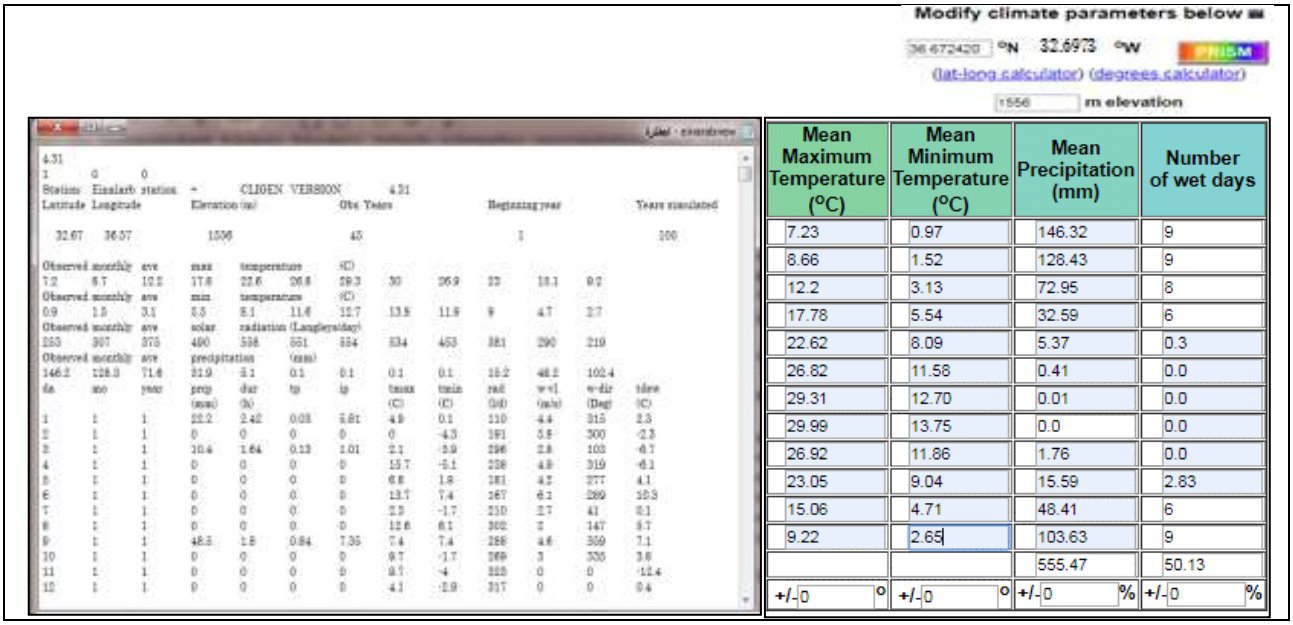
تم استخدام نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model (DEM) بدقة 12.5 م في هذه الدراسة، وفق الإرجاع المتري UTM والإسقاط الخاص بمنطقة الدراسة: السويداء WGS 1984 UTM Zone 37N.prj، والذي تم الحصول عليه من الموقع

https://vertex.daac.asf.alaska.edu//. تم تحويل DEM إلى الصيغة ASCII المعتمدة ضمن نموذج GeoWEPP لتعريف المنحدرات وشبكة المسيلات (Garbrecht and Martz, 1999) كما يظهر في الشكل (2)



الشكل (2) ملف تعريف المنحدرات في الحوض المدروس

ملف المناخ Climate file: تم توليد المناخ الخاص بمنطقة الدراسة بالاعتماد على أداة توليد المناخ (PRISM) **P**arameter- elevation **R**egressions on **I**ndependent **S**lopes **M**odel (Daly *et al.*, 1994)، والتي تم الوصول إليها من خلال الموقع http://forest.moscowfsl.wsu.edu/fswepp التابع لهيئة الأبحاث والبيئة الأمريكية. ومن خلال التطبيق Rock Climate الذي يختص بتحديد تقلب المناخ الموضعي في المناطق الجبلية، تم إنشاء ملف المناخ حيث تم إدخال متوسط القيم الشهرية للهطول المطري، ومتوسط درجة الحرارة العظمى والصغرى، وعدد الأيام المطيرة، بالاعتماد على البيانات المناخية المسجلة في محطة عين العرب الواقعة في الحوض المدروس للفترة 2003–2020، كما تضمن تعريف الموقع على إحداثيات المحطة (32.6973، 36.672420)، وارتفاعها عن سطح البحر 1556 م (الشكل 3). ومن ثم تم تنزيل الملف إلى قاعدة البيانات WEPP/GLOGEN (GLOGEN) التي تعمل على توليد المناخ للموقع المدروس لمدة 100 عام (الشكل 4).



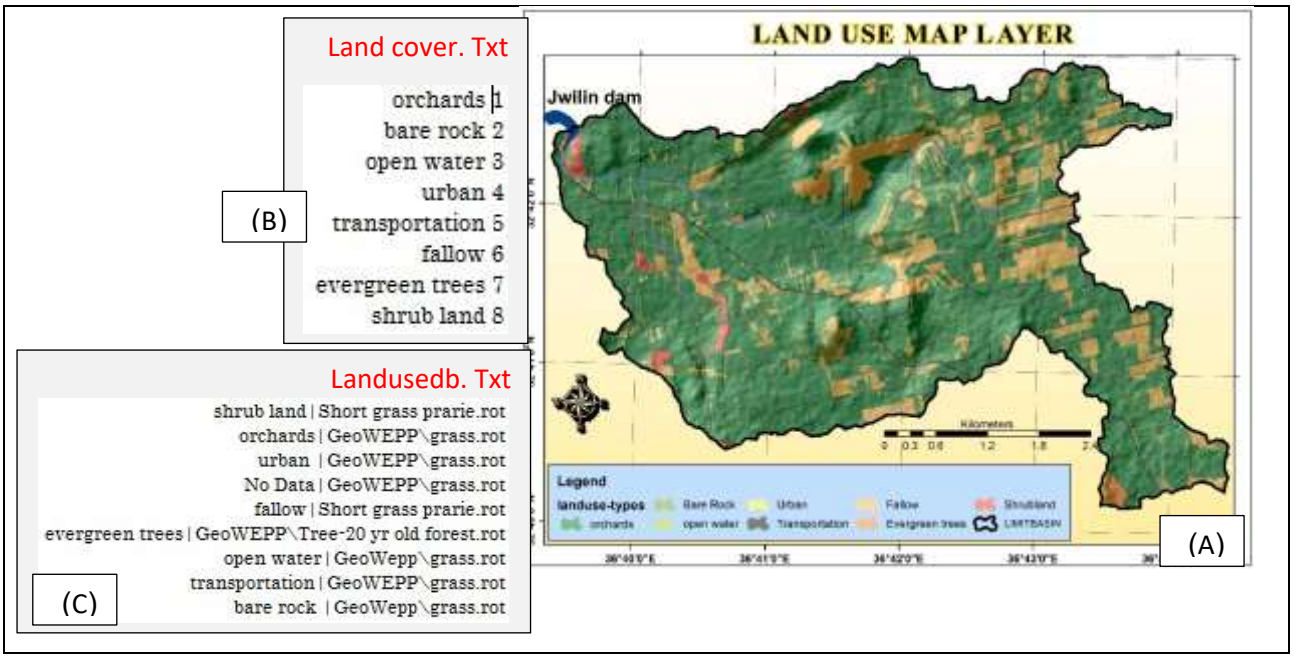
الشكل (3) يوضح طريقة إدخال البيانات المناخية في تطبيق Rock Climate

الشكل (4) يوضح ملف المناخ للحوض المدروس لمدة 100عام

ملف الإدارة Management file ويتضمن خارطة استعمالات الأراضي وملفين نصيين:

Land use map layer. asc: تم إنتاج خارطة استعمالات الأراضي للحوض المدروس باستخدام برنامج GIS، عن طريق التفسير البصري لصور فضائية بدقة 60 سم من القمر الصناعي Quick Bird، تم الحصول عليها من موقع Google Earth عام 2018، بالإضافة على التدقيق الحقلي لبعض المواقع، وصنفت أنماط استعمالات الأراضي حسب ميزان استعمالات الأراضي السوري الصادر عن وزارة الزراعة (2018) إلى أراض عارية وتكشفات صخرية ومسطحات مائية ومناطق عمرانية ومراعي وبساتين، حيث شغلت الأراضي المزروعة بالأشجار المثمرة 69.3% من مساحة الحوض. ومن ثم تحويل الخارطة في برنامج GIS إلى اللاحقة ASCII التي تتوافق مع GeoWEPP (شكل (5(A).

- **Land cover.txt:** ملف نصي يستخدم للربط بين قيمة الخلية في خارطة استعمالات الأراضي والوصف المطابق للاستخدام، حيث يتضمن رقم ووصف، الرقم هو قيمة الخلية الموجودة في خارطة استعمالات الأراضي، والوصف هو وصف الخلية النقطية للخارطة على الواقع، ويتم تنسيقه كما في الشكل ((5(B).
- **Landusedb.txt:** وهو ملف نصي يربط بين وصف الخلية في الملف السابق مع ملف معاملات النموذج Topography Parameterization software (WEPP/TOPAZ) أثناء عملية المحاكاة، حيث يسمح نموذج GeoWEPP بمحاكاة عدد كبير من الأنظمة الزراعية وعملياتها المختلفة، وبالتالي يتعرف البرنامج على ما تحويه الخرائط على أرض الواقع. وفي هذه الدراسة تم الاستعانة بملفات البرنامج الأساسية حيث تم اختيار نمط الاستعمال في WEPP الموافق لنمط الاستعمال في الواقع، يتم تنسيقه كما في الشكل ((5(C) ويشترط أن ينتهي كل تعريف بكلمة rot.



الشكل (5): ملف الإدارة: (A) خارطة استعمالات الأراضي Landuse map. asc، (B) ملف Land cover. txt، (C) ملف Landusedb.txt

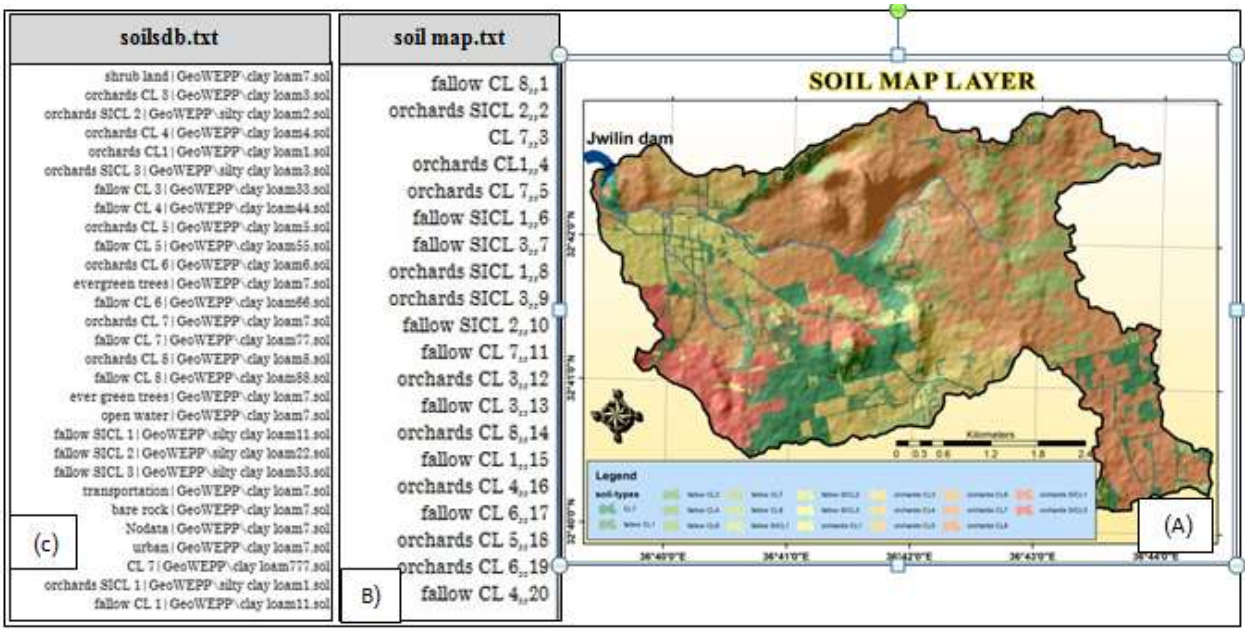
ملف التربة Soil file ويتضمن خارطة التربة وملفين نصيين:

- **Soil map layer. asc**: تم إنتاج خارطة التربة للحوض الساكب بالاعتماد على بيانات تحليل التربة (القوام والعمق والمادة العضوية والسعة التبادلية الكاتيونية) لعشرة مقاطع موزعة في الحوض وفي محيطه بشكل عشوائي (الشكل 6) بحيث تمثل الحوض بشكل جيد، وبالاعتماد على وظيفة التحليل المكاني Geo-statistical analyst في GIS تم إنتاج شرائح لكل من القوام والعمق والمادة العضوية والسعة التبادلية، ومن ثم التقاطع بينها لإنتاج خارطة التربة، وتحويلها إلى الصيغة ASCII (الشكل 7(A))

الشكل (6) توزع مقاطع التربة في الحوض المدروس

- **Soil map.txt**: وهو ملف نصي يكون مزود برقم ووصف، الرقم هو قيمة الخلية الموجودة في خارطة التربة والوصف هو نمط التربة الموافق لكل خلية على الواقع، ويتم تنسيقه كما في الشكل ((7(B)).

- **Soilsdb.txt**: يربط هذا الملف بين وصف الخلية في الملف soilmap.txt مع ملف معاملات النموذج WEPP/TOPAZ أثناء عملية المحاكاة، وبالتالي يتعرف البرنامج على ما تحويه الخرائط على أرض الواقع. تم تعريف بيانات التربة في نموذج WEPP من خلال إدخال بيانات تحليل التربة المخبرية (العمق والقوام والمادة العضوية وسعة التبادل الكاتيوني) فيWEPP، وإعطاء رمز لكل جزء في الخارطة يتوافق مع مواصفات التربة فيه، أما فيما يتعلق بحساب قابلية التربة للانجراف ما بين الجدولي Interrill Erodibility، وقابلية التربة للجرف وتشكيل الجداول Rill Erodibility، والعتبة التي دونها لا يحدث انفصال لتجمعات التربة Critical shear، والناقلية الهيدروليكية الفعالة Eff. Hydr. Conductivity فقد ترك للنموذج تقديرها وفق المعادلات المقترحة في WEPP عن طريق تفعيل خيار Have Model Calculate (Nicks *et al.*, 1995) بناءً على معطيات التربة المدخلة، ثم يتم تنسيق الملف كما في الشكل ((7(C)) بحيث ينتهي بكلمة sol.



الشكل (7): ملف التربة: (A) خارطة التربة soil map. asc، (B) ملف soil map. txt، (C) ملف soilsdb.txt

محاكاة الانجراف:

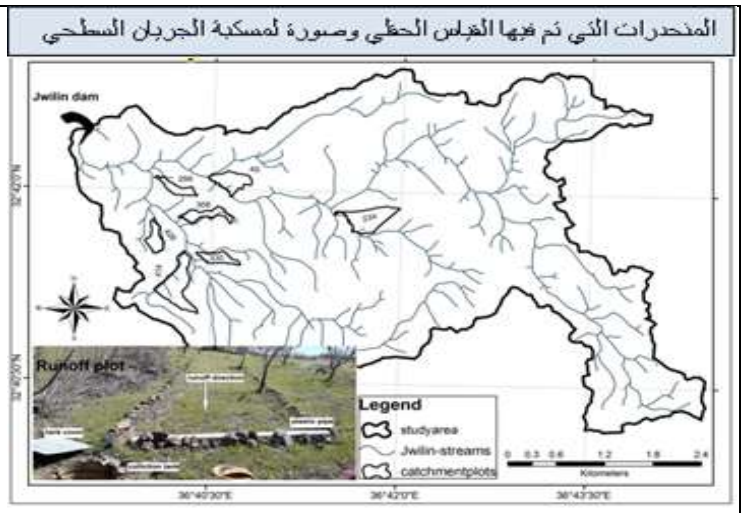
بعد تزويد البرنامج بالمدخلات المطلوبة، تم تعريف شبكة المسيلات من الخيار Modify Channel Network Delineation Tool وفق مساحة الصرف الأدنى Critical Source Area (CSA) وهي 5 هكتارات، وطول المسيل الأقصر (MSCL) Minimum Source Channel Length حيث الطول الافتراضي 100 م. ثم تم تحديد نقطة المصب عند التقاء المسيل مع سد جويلين من الخيار specify the outlet point of watershed، وتعريف المناخ الذي تم إنتاجه مسبقاً من الخيار PRISM، ثم تبدأ المحاكاة، باستخدام طريقة المسقط المائي Watershed Method ضمن نموذج GeoWEPP.

وفي النهاية تم تقسيم معدلات الانجراف في المنحدرات حسب Zachar (1982) إلى ست فئات حسب شدة الانجراف، باعتبار أن 1م³ تربة يعادل 1طن بالنسبة للتربة متوسطة الكثافة، كما يوضح الجدول (1).

الجدول (1): تصنيف الانجراف حسب شدته (ZACHAR, 1982)

الدرجة	شدة الانجراف (طن/هـ/سنة)	توصيف الانجراف
1	< 0.5	لا يوجد انجراف insignificant erosion
2	0.5 – 5	انجراف خفيف Slight erosion
3	5 – 15	انجراف متوسط Moderate erosion
4	15 – 50	انجراف شديد Severe erosion
5	50 – 200	انجراف شديد جداً Very severe erosion
6	> 200	انجراف كارثي Catastrophic erosion

مساكب الجريان السطحي Runoff Plots: تم الاعتماد على نتائج القياسات الحقلية التي أجريت في سبعة منحدرات ضمن الحوض الساكب المدروس (الشكل 8) خلال الموسمين 2017–2018 و2018–2019، باستخدام طريقة مساكب الجريان السطحي التجريبية بأبعاد 20×3م، (ثلاث مساكب – مكررات–في كل منحدر) وتم توجيه الجريان السطحي في أسفل المسكبة بواسطة ميزاريب خاصة إلى خزان معدني يستوعب حجم الجريان ومزود بغطاء معدني سهل الفتح والاغلاق. تم قياس كميات التربة المنجرفة بعد كل هطل مطري أحدث جريان سطحي. وفي نهاية كل موسم، تم حساب مجموع كمية التربة المنجرفة في كل مكرر، وتقدير المتوسط السنوي للانجراف لكل منحدر، ليتم المقارنة بين كميات التربة المنجرفة المقاسة حقلياً والمتوقعة من قبل النموذج للمنحدرات ذاتها.



الشكل (8) المنحدرات التي تم فيها القياس الحقلي لمعدلات الانجراف

تقييم كفاءة البرنامج: لتقييم أداء النموذج تم استخدام المعايير الاحصائية التالية:

– معامل فعالية البرنامج NSE (Nash and Sutcliffe, 1970): تتراوح قيمته بين 0–1. كلما اقتربت قيمته من 1 ازدادت فعالية البرنامج، ويعطى بالعلاقة:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_i - \tilde{Q_i})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_i - \bar{Q_i})^2}$$

- معامل PBIAS (Gupta *et al.*, 1999): يأخذ القيم −∞ إلى + ∞. كلما اقتربت قيمة هذا المعامل من الصفر كانت نتائج المحاكاة أفضل، ويعطى بالعلاقة التالية:

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_i - \tilde{Q_i})}{\sum_{i=1}^{n} Q_i} \times 100$$

- معامل RSR (Moriasi *et al.*, 2007):

يقيس هذا المعامل النسبة بين Root Mean Square Error (RMSE) والانحراف المعياري Standard Deviation للقيم الحقلية المقاسة، وكلما اقتربت قيمة هذا المعامل من الصفر كان البرنامج أكثر كفاءة، ويعطى بالعلاقة:

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV\ (obs)} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Q_i - \tilde{Q_i})^2}}{\sum_{i=1}^{n}(Q_i - \bar{Q_i})^2}$$

حيث Q_i: القيم الحقلية المقاسة، $\tilde{Q_i}$: القيم المقدرة من قبل البرنامج، $\bar{Q_i}$: المتوسط الحسابي للقيم الحقيقة، n: عدد المشاهدات، STDEV: الانحراف المعياري.

ويبين الجدول (2) تقييم المعادلات الإحصائية للبرنامج المستخدم (Moriasi *et al.*, 2007)

الجدول (2): تقييم المعادلات الإحصائية لبرنامج GEOWEPP

تقييم أداء البرنامج	NSE	PBIAS	RSR
Very Good جيد جداً	$0.75 < NSE \leq 1.00$	$PBIAS < \pm 15$	$0.00 \leq RSR \leq 0.50$
Good جيد	$0.65 < NSE \leq 0.75$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 30$	$0.50 < RSR \leq 0.60$
Satisfactory مرضي	$0.50 < NSE \leq 0.65$	$\pm 30 \leq PBIAS < \pm 55$	$0.60 < RSR \leq 0.70$
Unsatisfactory غير مرضي	$NSE \leq 0.5$	$PBIAS \geq \pm 55$	$RSR > 0.70$

كما درست نوعية العلاقة بين القيمة الحقلية المقاسة والقيم المقدرة من قبل البرنامج وتحديد معامل التحديد (R^2).

النتائج والمناقشة:

بعد إجراء عملية المحاكاة بالاعتماد على البيانات الخاصة المتعلقة بالحوض المدروس المدخلة إلى البرنامج، وباستعمال طريقة Watershed، تم إنتاج المخرجات النهائية (الخرائط والتقارير) للحوض المدروس باستخدام وظائف نظام المعلومات الجغرافي، حيث يدمج برنامج GeoWEPP بين برنامج WEPP وبرمجية Topography Parameterization software (TOPAZ) ضمن بيئة GIS (Garbrecht and Martz, 1999). ولكن لابد من التحقق من قدرة النموذج على التنبؤ بمعدلات الانجراف قبل اعتماد النتائج التي يعطيها.

3-1 التحقق من أداء GeoWEPP:

يبين الجدول (2) نتائج القياسات الحقلية لمعدلات انجراف التربة في بعض منحدرات الحوض المدروس، خلال العامين 2017-108 و2018-2019 ومتوسطاتها، بالإضافة إلى قيم الانجراف المتوقعة بواسطة GeoWEPP للمنحدرات ذاتها. ومنه يظهر أن معدلات انجراف التربة في الموسم الأول أقل منها في الموسم الثاني، بسبب عامل الهطولات المطرية. فقد بلغ الهطل المطري السنوي في الموسم الأول 505.4 ملم بشدة مطرية خفيفة، في حين بلغ الهطل المطري السنوي في الموسم الثاني 837.5 ملم بشدة مطرية عالية نسبياً (حسب تسجيلات محطة عين العرب المناخية الواقعة ضمن الحوض). تسبب هذا في جريان سطحي كبير وبالتالي زيادة في معدلات انجراف التربة.

تمت دراسة المؤشرات الإحصائية المستخدمة لتقييم GeoWEPP كما هو موضح في الجدول (3).

الجدول (3): كميات التربة المنجرفة المقاسة حقلياً والمقدرة بواسطة GEOWEPP والمؤشرات الإحصائية المستخدمة

رقم المنحدر (*)	معدلات الانجراف المقاسة حقلياً (طن/هـ/سنة)			معدلات الانجراف المقدرة (طن/هـ/سنة)
	الموسم الأول	الموسم الثاني	المتوسط	
234	15.56	25.66	**20.61**	**22.71**
414	4.92	6.45	**5.69**	**4.52**
298	1.26	2.13	**1.70**	**0.7**
45	0.17	0.31	**0.24**	**0.28**
426	0.13	0.31	**0.22**	**0.16**
308	0.00	0.00	**0.00**	**0.11**
330	4.63	6.21	**5.42**	**14.4**

المؤشرات الاحصائية	القيمة	التقييم
NSE	0.71	جيد
PBIAS	-26.58	جيد
RSR	0.54	جيد
R^2	0.85	

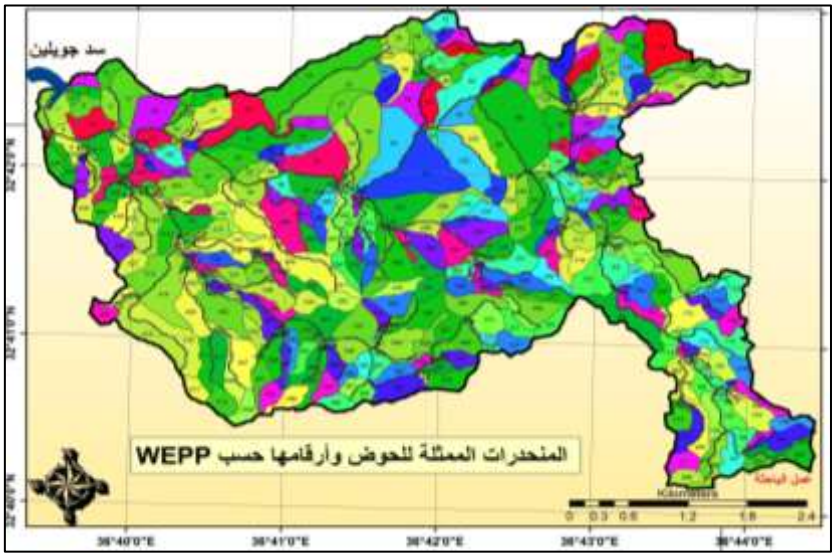
(*) رقم المنحدر موضح في الشكل (9)

من خلال المقارنة بين متوسط قيم انجراف التربة للموسمين المدروسين، والقيم المقدرة من قبل النموذج، أظهرت النتائج أن قيمة معامل التحديد (R^2) وصلت إلى 0.85، مما يدل على وجود علاقة وثيقة بين القيم المقاسة والمتوقعة. وسجلت معاملات NSE وPBIAS وRSR (0.71، | 26.58 |، 0.54) على التوالي، أي أنها تعطي تقيماً جيداً للنموذج في التنبؤ بكميات الانجراف، وهذا يعطي مؤشراً إيجابياً على فعالية النموذج المستخدم في تقدير انجراف التربة في منطقة الدراسة. تتوافق هذه النتيجة مع جسار (2014) الذي أشار إلى أن GeoWEPP لديه دقة جيدة في تقييم انجراف التربة في المنطقة الساحلية السورية حيث NSE = 0.9 وRoot Mean Square Errors (RMSE)=47%، بينما أشار Yu وزملاؤه (2009) إلى أن نتائج المحاكاة في الأحواض الساكبة مختلفة المساحات في الصين قدمت أداءً مرضياً مع وجود أخطاء نسبية للقيم المحاكاة أقل من 30%، ومعاملات الارتباط أعلى من 0.90، ومعامل NSE أكثر من 0.80. في دراسات مماثلة، وجد Zhang وزملاؤه (2015) أن هناك علاقة وثيقة بين القيم المقاسة والمقدرة بواسطة GeoWEPP، حيث تشير قيمة معامل التحديد العالية (0.93) وقيم NSE العالية (0.91) لمعدلات الانجراف، إلى أنه يمكن اعتماد النموذج لمحاكاة انجراف التربة. استخدم Han وزملاؤه (2016) نموذج T-test وNSE للتحقق من دقة نتائج محاكاة انجراف التربة على كل من المنحدرات والحوض الساكب تحت أنواع عديدة من التغطية السطحية، وأظهرت التحليلات أن قيم المحاكاة على مقياس المنحدر كانت قريبة جداً من القيم المقاسة، مما يعني أن نتائج المحاكاة جيدة جداً. وبالتالي يمكن استنتاج أنه يمكن استخدام نموذج GeoWEPP لتوليد تنبؤات مقبولة عن معدلات الانجراف في حوض سد جويلين.

3-2 تقدير معدلات انجراف التربة في الحوض:

يظهر من خرائط التربة واستعمالات الأراضي المدخلة للنموذج (الشكلين 5A و7A) أن أراضي البساتين شكلت حوالي 69.3% من مساحة الحوض، وبالتالي فإن وصفاً واحدا لنمط الاستعمالات شغل معظم مساحة الحوض عند المحاكاة، كما أن صفات تربة الحوض المؤثرة في الانجراف والمدروسة من قبل النموذج متماثلة نسبياً في كامل مساحته حيث أن القوام طيني لومي أو سلتي طيني لومي، ونسبة المادة العضوية منخفضة إلى متوسطة (الملحق 1)، أي أن تأثير التربة في الانجراف في الحوض المدروس متماثل نسبياً.

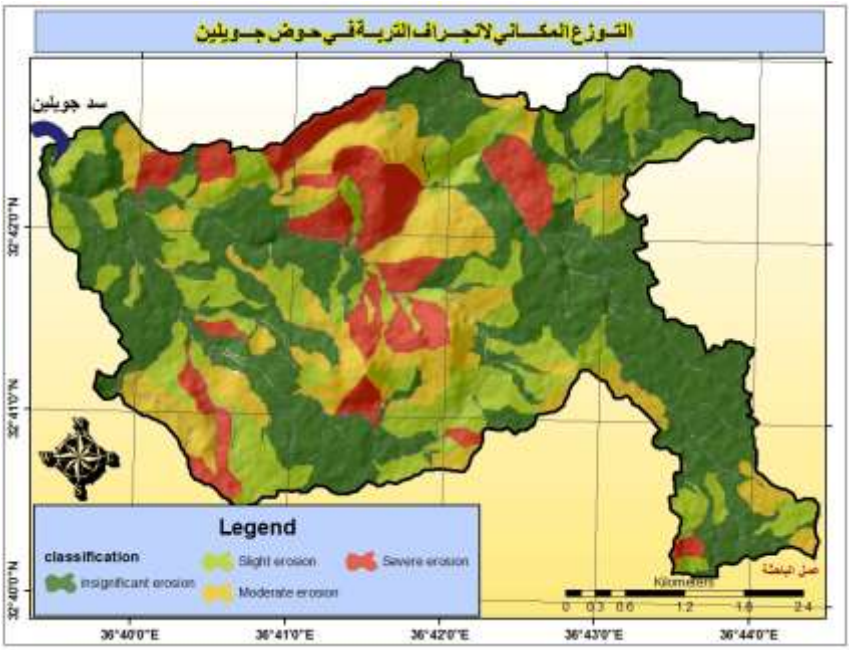
توضح نتائج المحاكاة أنه تم تقسيم الحوض المدروس إلى 444 منحدر Hillslope (الشكل 9)، لكل منحدر قيمتان مرتبطتان به، قيمة تتعلق بالتربة وقيمة تتعلق بالإدارة، وذلك حسب التربة ونمط استعمالات الأراضي السائدين في المنحدر (Minkowski and Renschler, 2008). تعطي نتيجة المحاكاة لكل من هذه المنحدرات رقم محدد، بالإضافة إلى مساحة ومعدل الانجراف لكل منها، تظهر النتائج الواردة في الملحق (2) أن كميات التربة المنجرفة تختلف من منحدر إلى آخر، فقد تراوحت بين أقل من 1 طن/ هـ/سنة في عدد من المنحدرات، إلى 50 طن/ هـ/سنة في واحد منها، حيث تختلف هذه المعدلات تبعاً لدرجات الانحدار ومواصفات التربة ونمط الاستعمال السائد في كل منحدر، فمثلا انجراف التربة في الأراضي العارية يختلف عنه في المراعي حيث تختلف التغطية السطحية، كما أن الانجراف في الأراضي المستوية أقل منه في الأراضي المنحدرة، وبما أن التربة متشابهة في الحوض ونمط الاستعمال الغالب يمثل معظم ساحة الحوض فإن الاختلاف في معدلات الانجراف يعود إلى الاختلاف في درجات الانحدار.



الشكل (9): المنحدرات الممثلة لحوض جويلين ورقم كل منها

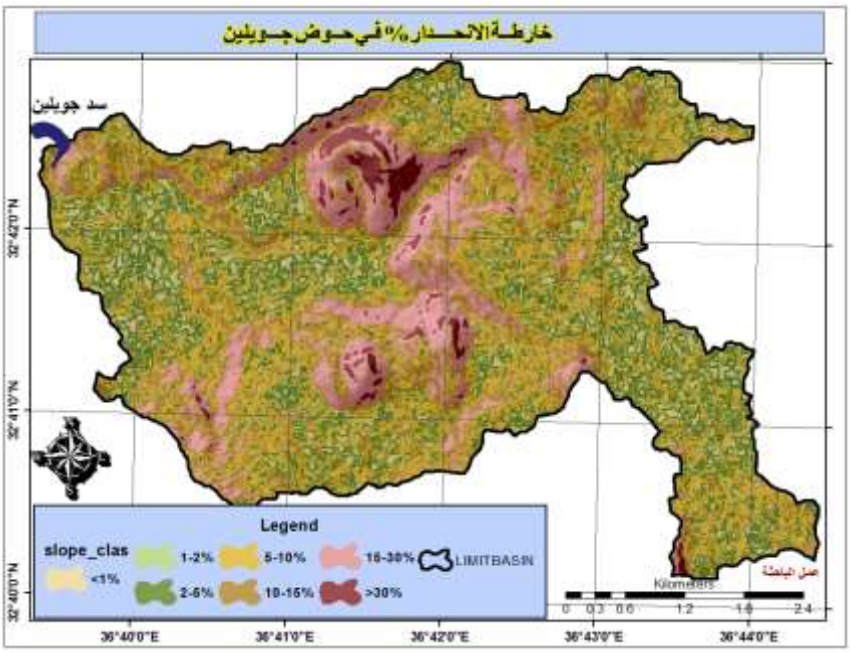
يعد تحديد التوزيع المكاني للانجراف مفيداً، لتحديد المنحدرات ذات نسبة انجراف التربة العالية في الحوض، وتنفيذ الاحتياطات اللازمة لمنع أو تقليل الانجراف. وبذلك يتم تحديد الأولويات لتنفيذ عمليات الصيانة، وهذا يعتبر من مبادئ التنمية المستدامة.

من أجل تحديد المنحدرات ذات نسبة الانجراف العالية والتي تحتاج إلى التدابير اللازمة لتقليل الانجراف، من الضروري في البداية تحديد الحد المسموح به للانجراف، حيث يختلف هذا الحد من مكان إلى آخر حول العالم، اعتماداً على مقطع التربة، والصخرة الأم، وسرعة تكوين التربة. وفقاً للدراسات الدولية (Zachar, 1982) والمحلية (نحال، 1986 وكبيبو وزملاؤه، 2017)، يمكن القول إن 5 طن/ هـ/ سنة هو المعدل المسموح به لفقد التربة في منطقة الدراسة. وبالاعتماد على تصنيف الانجراف الوارد في الجدول (1) تم تصنيف المنحدرات حسب شدة الانجراف، وإنتاج خارطة التوزع المكاني للانجراف في المنحدرات الممثلة للحوض المدروس (الشكل 10).



الشكل (10): التوزع المكاني لانجراف التربة في حوض جويلين

يوضح الشكل (10) أن انجراف التربة في منطقة الدراسة توزع فقط على فئات الانجراف 1 و2 و3 و4 حيث لم يُسجل انجراف أكثر من 50 طن/هـ/سنة. أظهرت النتائج أن 45% من إجمالي مساحة الحوض تعتبر مناطق ذات انجراف غير معنوي، و24% تتعرض لانجراف طفيف، و20% تتعرض لانجراف معتدل، و11% تعرض لانجراف شديد. تمثل المنحدرات ذات معدلات الانجراف المعتدلة والشديدة، المنحدرات الحرجة حيث يكون معدل الانجراف أكثر من المعدل المسموح به في منطقة الدراسة، وتشكل هذه المنحدرات 31% من مساحة حوض جويلين، وتتركز تقريباً في الجزء الأوسط منه، حيث تتوافق مع المناطق ذات درجات الانحدار العالية، فكما ذكر سابقاً فإن العامل المؤثر في تحديد الاختلافات في قيم الانجراف بين المنحدرات هو درجة الانحدار، لذلك تمت المقاطعة بين خارطة التوزع المكاني للانجراف وخارطة الانحدار في الحوض (الشكل 11).

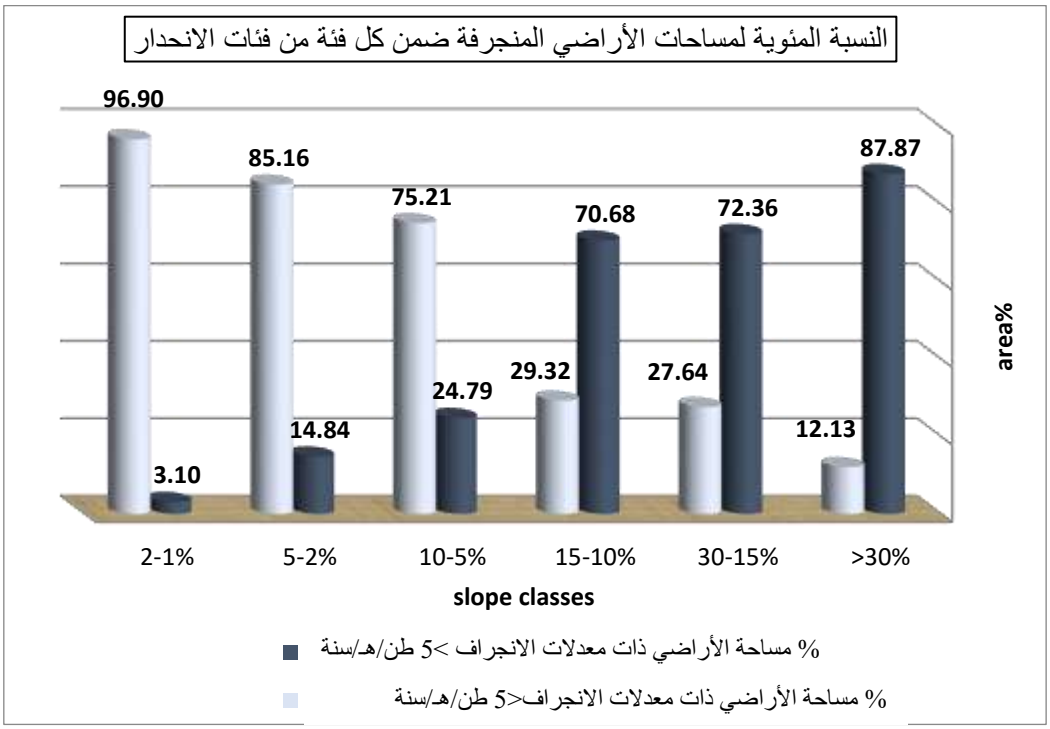


الشكل (11): توزع فئات الانحدار في حوض جويلين

يوضح الشكل (12) تفاعل خارطة التوزع المكاني لانجراف التربة وخارطة الانحدار، حيث قسم الانحدار إلى ست فئات 1–2%، 2–5%، 5–10%، 10–15%، 15–30%، و> 30% على التوالي والتي تمثل أراضي مستوية، انحدار خفيف، انحدار معتدل، انحدار شديد، حدور، حدور شديد (FAO,2006). تم تمثيل النسبة المئوية لمساحة المناطق ذات معدلات الانجراف التي تزيد عن الحد المسموح به (5 طن/هـ/سنة) والمناطق ذات معدلات الانجراف الأقل من 5 طن/هـ/سنة من مساحة الحوض، مع فئات الانحدار المختلفة بواسطة الرسم البياني الموضح في الشكل (12).

يتضح من الشكل (12) أن 96.9% من مساحة المناطق ذات معدلات الانحدار 1–2% هي أراض ذات معدلات انجراف خفيفة <5طن/هـ/سنة في حين أن 3% فقط من مساحتها ذات معدلات انجراف >5طن/هـ/سنة، وبالمقابل 87.9% من مساحة المناطق ذات الانحدار >30% هي ذات معدلات انجراف عالية >5طن/هـ/سنة، و12.1% من مساحتها ذات معدلات انجراف خفيفة.

ويمكن القول إن المناطق ذات درجات الانحدار الشديدة تغلب عليها معدلات الانجراف الشديدة في حين أن المناطق ذات درجات الانحدار الضعيفة تسود فيها معدلات الانجراف الخفيفة. وهذا يسلط الضوء على أهمية العامل الطبوغرافي في التأثير على انجراف التربة المائي في منطقة جبل العرب (الصالح وزملاؤها، 2020)، كما ذكر Smith and Wischmeier (1957) أن هناك علاقة وثيقة بين انجراف التربة والانحدار.



الشكل (12): النسبة المئوية لمساحة الأراضي المنجرفة ضمن كل فئة من فئات الانحدار

الاستنتاجات والتوصيات:

جاءت هذه الدراسة كواحدة من الدراسات الأولى التي بحثت في موضوع انجراف التربة في أحد الأحواض الساكبة في محافظة السويداء جنوب غرب سورية باستخدام نموذج GeoWEPP، وبينت أن لنموذج GeoWEPP فعالية جيدة في التنبؤ بكميات التربة المنجرفة في ظروف منطقة الدراسة، حيث سجل معامل NSE قيمة 0.71، ومعامل PBIAS قيمة 26.58–، والمعامل RSR قيمة 0.54. كما تمكنت من تقدير معدلات انجراف التربة في كلٍ من المنحدرات المشكلة للحوض والتي تراوحت بين أقل من 1 إلى 50 طن/هـ/سنة، وإنتاج خارطة التوزع المكاني للانجراف في الحوض وتحديد المنحدرات الأكثر خطورة، وهذا يوفر لأصحاب القرار معلومات دقيقة عن المناطق التي تتطلب التدخل وتحديد أولويات عمليات الصيانة.

بناءً على النتائج، توصي هذه الدراسة باعتماد نموذج GeoWEPP كأداة فعالة لدراسة الانجراف المائي وتحديد التوزع المكاني له في أحواض أخرى في المنطقة، والاستفادة من خارطة التوزع المكاني للانجراف في حوض جويلين من أجل تطبيق إجراءات الصيانة في المناطق التي تستوجب التدخل.

المراجع:

جسار، عبده عبدالله أحمد (2014). دراسة الانجراف المائي للتربة في منطقة الشيخ بدر بمحافظة طرطوس باستخدام النموذج GeoWEPP. رسالة ماجستير. كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.

حبيب، حسن (2006). دراسة بيدولوجية لترب سلسلة طبوغرافية في منطقة ظهر الجبل محافظة السويداء. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. 22(1):181-209.

الصالح، نبال وحسن حبيب ومحمود العسكر (2020). دراسة تأثير الميل في الجريان السطحي والانجراف المائي للتربة في حوض جويلين/ ضهر الجبل – السويداء. مجلة جامعة البعث للعلوم الزراعية والتقانة الحيوية. 42(5):11-42.

كبيبو، عيسى وعبد العزيز بوعيسى وجهاد إبراهيم (2017). دراسة انجراف التربة لثمانية مواقع متباعدة متباينة في درجة انحدارها في المنطقة الساحلية وتحت المنظومات الثلاث غابات وغابات محروقة وتربة زراعية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية –سلسلة العلوم البيولوجية. 39 (1): 25-38.

نحال، إبراهيم (1986). الانجراف المائي في القطر العربي السوري وطرائق مكافحة وصيانة التربة والمياه. منشورات جامعة حلب، العدد السادس. ص: 79-110.

وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، مديرية التخطيط والتعاون الدولي، قسم الإحصاء، المجموعة الاحصائية الزراعية لعام 2018، وزارة الزراعة، سورية.

Ahmadi, H.; S. Taheri; S. feiznia; H. Azarniv (2011). Runoff and Sediment Yield Modelling Using WEPP in A Semi-arid Environment (case Study: Orazan Watershed, Tehran, Iran). Desert Journal. 16: 5-12.

Anstedt, S (2010). Tapping into Technology and Information Resources to Assess Erosion Risk. Department of Geography. Fire Science Brief. 113. https://www.firescience.gov//

Clark, E.; J. Haverkamp; W. Chapman (1985). Eroding Soils: The Off-farm Impacts. Washington (USA): The Conservation Foundation.

Conway, M.W (2012). An Evaluation of Erosion Sedimentation and Discharge from the tells Creek Drainage in the El Dorado National Forest. Davis(USA): California university.

Daly, C.; R.P. Neilson; D.L. Phillips (1994). A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. Journal of Applied Meteorology. 33(2):140-158.

FAO (2006). Guidelines for soil description, 4th edition, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Flanagan, D.C.; S.J. Livingston (1995). WEPP User Summary: USDA-Water Erosion Prediction Project (WEPP). USDA-ARS-MWA, National Soil Erosion Research Laboratory (NSERL) Report No. 11, July.

Garbrecht, J.; L.W. Martz (1999**).** TOPAGNPS, an automated digital landscape analysis tool for topographic evaluation, drainage identification, watershed segmentation, and subcatchment parameterization topaz overview. Agricultural Research Service. [accessed 2022 may20] https://www.ars.usda.gov//

García-Ruiz, J.M.; E. Nadal-Romero; N. Lana-Renault; S. Beguería (2013). Erosion in Mediterranean landscapes: changes and future challenges. Geomorphology. 198: 20–36

Gupta, H.V.; S. Sorooshian; P.O. Yapo (1999). Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multi-level expert calibration. Journal of Hydrologic Engineering. 4(2): 135–143.

Han, F.; L. Ren; X. Zhang; Z. Li (2016). The WEPP Model Application in a Small Watershed in the Loess Plateau. PLoS ONE 11(3). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148445.

Min, S.; C. Jaewan; C. Se; K.S. Dongseo; L. Sung; R. Cheol; I. Kyoung (2011). Evaluation of Runoff Prediction from a Coniferous Forest Watersheds and Runoff estimation under Various Cover Degree Scenarios using GeoWEPP Watershed Model. Journal of Korean Society on Water Quality. 27(4): 425-432.

Minkowski, M.W.; C. Renschler (2008). GeoWEPP for Arc GIS 9.x Full Version Manual. Department of Geography, University at Buffalo-The State University of New York, USA. [accessed 2022 may 2] http://geowepp.geog.buffalo.edu/wp-content/uploads/2013/08/GeoWEPP_for_ArcGIS_9_Manual.pdf

Morgan, R.P.C (2005). Soil Erosion and Conservation. 3rd ed., Australia: Blackwell publishing, pp.316.

Moriasi, D.N.; J.G. Arnold; M.W. Van Liew; R.L. Bingner; R.D. Harmel; T.L. Veith (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. American Society of Agricultural and biological Engineers ISSN 0001-2351. 50(3): 885–900.

Nash, J.E.; J.V. Sutcliffe (1970). River flow forecasting through conceptual models: Part 1. A discussion of principles. Journal of Hydrology. 10(3): 282–290.

Nicks, A.D.; L.J. Lane; G.A. Gander (1995). USDA-Water Erosion Prediction Project: Hillslope Pro file and Watershed Model Documentation, Weather generator. USDA-ARS-MWA National Soil Erosion Research Laboratory (NSERL) Report No. 10, July.

Puno, G.R (2013). GeoWEPP Application in Determining Runoff and Sediment Yield in Agriculturally Active Catchment of Mapawa. Diliman (Philippine): university of Philippine.

Reis, M.; I. Altun Aladag; N. Bolat; H. Dutal (2017). Using GeoWEPP model to determine sediment yield and runoff in the Keklik watershed in Kahramanmaras, Turkey. Original scientific papers Šumarski list. 11–12 : 563–569

Renschler, C.S.; D.C. Flanagan; B.A. Engel; J.R. Frankenberger (2002). GeoWEPP – The Geo-spatial interface for the Water Erosion Prediction Project, Paper presented at 2002 ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress Sponsored by ASAE and CIGR; July 28-31; Chicago, Illinois, USA.

Smith, D.D.; W.H. Wischmeier (1957). Factors affecting sheet and rill erosion. Trans. Amer. Geophys. Union 38: 889–896.

Yu, X.; X. Zhang; L. Niu (2009). Simulated multi-scale watershed runoff and sediment production based on GeoWEPP model. International Journal of Sediment Researches. 24(4): 465–478.

Yuksel, A.; A.E. Akay; W.J. Elliot (2007). Using WEPP: Road Model in Estimating Sediment Yield from the Road Network in KSU Baskonus Research and Application Forest in Kahramanmaras, Turkey. Proceedings of the 13th Pacific Northwest Skyline Symposium; International Mountain Logging; April 1-6; Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA.

Zachar, D (1982). Soil erosion. Elsevier scientific publishing company. Amsterdam.

Zhang, Z.; L. Sheng; J. Yang; X. Chen; L. Kong; B. Wagan (2015). Effects of Land Use and Slope Gradient on Soil Erosion in a Red Soil Hilly Watershed of Southern China. Sustainability. 7:14309-14325.

Zheng, J.; H. Hong (2012). Modelling 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. P. 102-104.

Estimation of Soil Erosion in Jwilin Watershed in Jabal al-Arab Using GeoWEPP: Evaluation of Spatial Distribution and Slope Effect

Nibal Alsaleh[(1)*]

(1) .General Commission for Scientific Agricultural Research, Damascus, Syria.
(*Corresponding author: Dr. Nibal ALsaleh. E-Mail: neebal_alsaleh@yahoo.com).

Received:15/09/2024 Accepted: 11/12/2024

Abstract:

One of the key challenges facing soils in mountainous regions is the soil erosion. In order to develop effective soil conservation plans, it is essential to accurately estimate the rates and distribution of erosion. This research was conducted in Jwilin watershed on the western side of Jabel-Alarab mountain in southwestern Syria between 2017-2021, utilizing the GeoWEPP (Geo-spatial Water Erosion Prediction Project) model. This research aims at investigate the performance of GeoWEPP model for sediment yield prediction by comparing the predicted values with the observed values taken between 2017 and 2019. Furthermore, the research will evaluate the spatial distribution of soil erosion. The results demonstrated that the values of R^2 and NSE reached 0.85 and 0.71, respectively, indicating a positive indication of the effectiveness of GeoWEPP for estimating soil erosion in the study area. Soil erosion rates ranged between less than 1 $t.ha^{-1}.yr^{-1}$ and 50 $t.ha^{-1}.yr^{-1}$. Additionally. A total of 31% of the watershed area was classified as a high-ratio eroding area, with the majority of these areas concentrated in the central part of the watershed, where slopes with a gradient of more than 10% are located.

Keywords: Soil loss, erosion modeling, GeoWEPP model, spatial distribution, Jwilin watershed.

الملحق (1): مواصفات التربة حسب تقسيمات خارطة التربة

الرمز	القوام	عمق الطبقة السطحية سم	المادة العضوية		السعة التبادلية		عمق المقطع الكلي
			%	التصنيف	%	التصنيف	
CL1	طيني لومي	10-15	1-2	منخفضة	15-23	متوسطة	50-100
CL2	طيني لومي	10-15	1-2	منخفضة	35-42	مرتفعة	50-100
CL3	طيني لومي	20-30	1-2	منخفضة	35-42	مرتفعة	25-50
CL4	طيني لومي	15-20	1-2	منخفضة	15-23	متوسطة	25-50
CL7	طيني لومي	15-20	1-2	منخفضة	35-42	مرتفعة	50-100
CL8	طيني لومي	15-20	1-2	منخفضة	35-42	مرتفعة	25-50
CL5	طيني لومي	15-20	2-3	متوسطة	15-23	متوسطة	50-100
CL6	طيني لومي	15-20	2-3	متوسطة	35-42	مرتفعة	50-100
SCL1	سلتي طيني لومي	20-30	1-2	منخفضة	15-23	متوسطة	25-50
SCL2	سلتي طيني لومي	20-30	1-2	منخفضة	35-42	مرتفعة	25-50
SCL3	سلتي طيني لومي	15-20	1-2	منخفضة	35-42	مرتفعة	50-100

الملحق (2): معدلات التربة المنجرفة في كلٍ من المنحدرات المشكلة لحوض جويلين

رقم المنحدر	الانجراف طن/هـ	رقم المنحدر	الانجراف طن/هـ	رقم المنحدر	الانجراف طن/هـ	رقم المنحدر	الانجراف طن/هـ	رقم المنحدر	الانجراف طن/هـ	رقم المنحدر	الانجراف طن/هـ
1	2.51	43	0.21	82	4.81	123	0.17	162	0.86	201	0.2
3	1.03	44	6.81	83	1.87	124	2.06	163	0.1	202	7.87
4	0.8	45	0.28	84	1.44	125	0.25	164	0.12	203	0.25
5	0.11	46	0.14	85	1.01	126	0.19	165	0.1	204	0.22
6	0.17	47	0.09	86	8.58	127	0.15	166	0.23	205	0.45
7	2.62	48	0.18	87	0.23	128	1.08	167	0.24	206	1.34
8	0.25	49	0.18	88	17.51	129	0.2	168	13.81	207	0.2
9	0.15	50	0.22	89	0.16	130	0.72	169	0.03	208	0.44
10	0.49	51	5.29	91	0.54	131	8.35	170	0.32	209	0.23
11	0.78	52	0.16	92	0.22	132	0.22	171	0.18	210	1.73
12	0.08	53	0.2	93	0.22	133	0.2	172	0.2	211	50
13	8.53	54	21.44	94	0.23	134	1.22	173	0.16	212	0.33
14	0.23	55	0.11	95	0.02	135	3.17	174	0.17	213	0.37
15	0.15	56	0.22	96	0.18	136	0.21	175	0.18	214	4.07
16	0.21	57	26.14	97	8.12	137	0.08	176	0.19	215	0.2
18	0.16	58	32.29	98	0.51	138	0.25	177	0.2	216	0.33
20	32.22	59	1.52	99	1.23	139	0.29	178	0.24	217	0.06
21	0.17	60	0.21	100	1.09	140	0.26	179	0.16	218	0.37
22	28.29	61	0.21	101	0.16	141	0.27	180	0.24	219	0.1
23	0.48	62	40	103	2.18	142	0.16	181	0.2	220	0.15
24	0.23	63	10.99	104	0.25	143	0.24	182	0.11	221	0.19
25	0.87	64	10.87	105	0.18	144	0.16	183	0.25	222	0.2
26	0.18	65	4.35	106	0.17	145	0.1	184	0.21	223	0.09
27	24.05	66	0.16	107	0.28	146	0.25	185	0.22	224	0.17
28	14.03	67	0.23	108	0.29	147	0.19	186	0.22	225	0.36
29	0.26	68	0.19	109	3.64	148	0.27	187	0.29	226	0.24

0.2	227	0.26	188	0.11	149	0.28	110	0.15	69	2.47	30
0.69	228	7.46	189	0.17	150	0.23	111	0.2	70	0.75	31
0.18	229	0.26	190	0.15	151	1.83	112	0.11	71	1.75	32
6.96	230	0.2	191	0.17	152	0.99	113	0.1	72	0.12	33
0.08	231	0.24	192	0.24	153	0.2	114	0.18	73	23.6	34
0.17	232	9.03	193	0.21	154	2.96	115	0.18	74	11.74	35
0.21	233	0.84	194	0.23	155	0.23	116	0.16	75	0.29	36
22.71	234	0.44	195	0.19	156	0.27	117	0.18	76	0.32	37
3.4	235	0.22	196	0.23	157	0.15	118	10.04	77	0.22	38
0.26	238	0.18	197	0.28	158	0.23	119	0.32	78	6.26	39
1.4	239	3.48	198	0.21	159	0.78	120	0.18	79	0.93	40
0.59	240	0.65	199	0.23	160	0.19	121	0.18	80	9.96	41
2.49	241	0.23	200	0.14	161	0.86	122	0.22	81	18.88	42

الإنتاج/ طن/هـ/سنة	نقع المنظر	الإنتاج/ طن/هـ/سنة	نقع المنظر	الإنتاج/ طن/هـ/سنة	نقع المنظر	الإنتاج/ طن/هـ/سنة	نقع المنظر	الإنتاج/ طن/هـ/سنة	نقع المنظر	الإنتاج/ طن/هـ/سنة	نقع المنظر
0.14	441	7.79	402	0.27	360	0.52	320	2.25	281	0.26	242
0.19	442	0.32	403	0.16	361	0.18	321	0.21	282	11.18	243
0.94	443	9.78	404	0.44	362	6.43	322	9.56	283	11.98	244
1.56	444	0.64	405	0.19	363	0.3	323	0.15	284	5.31	245
		28.5	406	0.94	364	0.5	324	0.16	285	3.65	246
		2.76	407	0.16	365	6.55	325	0.08	286	0.22	247
		1.99	408	3.41	366	0.15	326	0.16	287	0.19	248
		1.33	409	4.09	367	0.2	327	0.63	288	4.19	249
		21	410	1.69	368	0.23	328	7.15	289	0.16	250
		7.1	411	3.88	369	0.02	329	0.33	290	0.16	251
		18.63	412	4.25	370	14.4	330	7.07	291	3.18	252
		0.13	413	4.57	371	0.21	331	8.64	292	0.84	253
		4.52	414	0.22	372	0.27	332	0.2	293	0.17	254
		15.93	415	0.45	373	0.24	333	0.14	294	0.18	255
		14.52	416	0.1	374	0.22	334	6.93	295	0.21	256
		19.36	417	29.55	375	0.26	335	0.18	296	6.09	257
		0.22	418	5.2	377	0.23	336	0.15	297	0.21	258
		0.16	419	9.08	378	0.31	337	0.66	298	5.16	259
		0.17	420	0.23	379	0.15	338	0.35	299	0.24	260
		0.13	421	0.18	380	1.69	339	0.14	300	7.41	261
		0.27	422	0.17	381	0.2	340	0.17	301	16.36	262
		0.15	423	0.17	382	0.17	342	0.16	302	0.2	263
		0.21	424	0.16	383	0.14	343	4.15	303	12.1	264
		0.04	425	0.13	384	10.36	344	0.22	304	36.12	265
		0.16	426	0.16	385	0.16	345	0.13	305	3.62	266
		0.14	427	0.17	386	0.18	346	7.8	306	30.32	267
		0.14	428	0.11	387	16.67	347	0.17	307	29.52	268
		0.8	429	0.18	388	0.16	348	0.11	308	12.44	269

		0.16	430	0.15	389	0.02	349	0.72	309	5.64	270
		0.14	431	1.96	390	0.18	350	0.24	310	4.89	271
		0.15	432	0.02	391	0.14	351	1.54	311	31.21	272
		0.89	433	0.2	392	1.39	352	0.15	312	6.3	273
		0.17	434	0.3	393	14.72	353	0.85	313	0.2	274
		0.16	435	0.17	396	0.19	354	0.24	314	21.04	275
		0.17	436	0.22	397	8.7	355	1.53	315	39.85	276
		0.18	437	0.64	398	7.94	356	0.33	316	0.43	277
		0.13	438	0.23	399	0.23	357	0.31	317	21.86	278
		0.17	439	0.28	400	1.11	358	0.16	318	0.29	279
		0.14	440	1.47	401	1.2	359	1.25	319	0.19	280