مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (38) العدد (2) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (38) No. (2) 2016

استخدام برنامج WEPP في دراسة كميات التربة المنجرفة والجريان السطحي لمنطقة الشيخ بدر

الدكتور عيسى كبيبو*
الدكتور عمران الشهابي**
الدكتور ايلين محفوض***
صفوان محمد****

(تاريخ الإيداع 2 / 2 / 2016. قبل للنشر في 27 / 4 / 2016)

□ ملخّص □

هدفت الدراسة إلى تقدير كميات التربة المنجرفة في منطقة الدراسة باستخدام برنامج WEPP، ثم مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع نتائج دراسات حقلية سابقة من خلال استخدام ثلاث مؤشرات إحصائية وهي: معامل فعالية البرنامج MEI ومعامل PBIAS ومعامل خطأ التقدير الإجمالي، إضافة إلى تحليل العلاقة الموجودة بين القيم المقدرة والمقاسة للانجراف والجريان السطحي.

سجلت فعالية البرنامج MEI قيماً جيدة جداً بالنسبة لكميات التربة المنجرفة تراوحت بين (0,98) و (0.20)، بينما سجل معامل PBIAS قيماً جيدة جداً (3.2−) و قيماً مرضية (44.46)، وتراوحت قيم معامل خطأ التقدير الإجمالي بين (3.2) و (44.46−). أما بالنسبة لقيم الجريان السطحي فسجلت فعالية البرنامج MEIقيماً غير مرضية بشكل عام وصلت أعلاها في تجربة شاهد 8% (98.04−) أما معامل PBIASفسجل قيماً غير مرضية في تجربة قمح 8% . و سجلت قيم معامل الارتباط R^2 لكميات التربة المنجرفة و الجريان السطحي (0.333,0.83) على الترتيب.

الكلمات المفتاحية:WEPP ، النمذجة الرياضية،الإنجراف المائي،جريان سطحي.

*أستاذ – قسم علوم التربة والمياه–كلية الزراعة– جامعة تشرين–اللاذقية –سورية
**أستاذ مساعد – قسم علوم التربة –كلية الزراعة–جامعة دمشق–دمشق–سورية
***أستاذ مساعد – قسم الحراج والبيئة –كلية الزراعة– جامعة تشرين–اللاذقية –سورية
****طالب ماجستير – قسم علوم التربة والمياه–كلية الزراعة– –جامعة تشرين–اللاذقية –سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (38) العدد (2) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (38) No. (2) 2016

Using WEPP model to estimate soil water erosion in AL-shiekh Badr(Syria)

Dr. Issa kbibo*
Dr. Omran alshihabi**
Dr. Elien mahfoud***
Safwan mohammed****

(Received 2 / 2 / 2016. Accepted 27 / 4 /2016)

□ ABSTRACT □

The USDA- WEPP (Water Erosion Prediction Project erosion model) represents a new generation technology for estimating soil erosion and sediment delivery from hillslope profiles and small watersheds. The main purpose of this study was evaluating the WEPP model applicability and prediction accuracy for experimental plot, by using three different statistical index: Nash–Sutcliffe simulation model efficiency (MEI), Percent Bias (PBIAS) and Error in total estimate. In addition to analyse the relationship between the estimated and measured values for erosion and runoff.

MEI values For soil erosion ranged between (0.98)(very good) and (0.20) (satisfactory), while PBIAS values (3.2-)(very good) and (44.46) (satisfactory), and the values ranged between (3.2) and (-44.46) for Error in total estimate. Furthermore, runoff values were unsatisfactory in general and reached the highest point at blank 8% plot. The R^2 values between measured and predicted total sediment yield and runoff were 0.83 and 0.33, respectively.

Keywords: WEPP, Modeling, Water erosion, Run off.

***Professor- Department of Hydrology and Pedology, Faculty of agriculture-Tishreen University, Lattakia-Syria.**
****Associated Professor - Department of soil sciences, Faculty of agriculture-, Damascus University - Damascus-Syria**
*****Associated Professor - Department of forestry and the environmental science - Faculty of agriculture-Tishreen University, Lattakia-Syria.**
******master student– Department of Hydrology and Pedology, Faculty of agriculture-Tishreen University, Lattakia-Syria.**

مقدمة:

يعد الإنجراف ظاهرة انفصال وانتقال حبيبات التربة السطحية بفعل العوامل الجوية مثل الرياح و الأمطار والجريان السطحي للمياه، إذ يعتبر الإنجراف أحد أكثر أسباب تدهور التربة انتشاراً على سطح الأرض. يتأثر معدل الإنجراف المائي بالعلاقات التفاعلية بين خصائص التربة ونسبة تغطيتها النباتية وعوامل المناخ والخصائص الطبوغرافية. كما تلعب إزالة الغابات الجبلية وعمليات الرعي الجائر والأنشطة الزراعية دوراً رئيسياً في زيادة معدلات الإنجراف المائي(BouKheir, 2001)، ويعد الإنجراف المائي للتربة من أهم المشاكل التي تواجه التربة الزراعية في الساحل السوري، إذ إن تشكل التربة بطيء على الصخور الكلسية القاسية ويصبح من الصعب تعويض التربة المفقودة، ومن جهة أخرى فإن تدهور الغطاء النباتي في المناطق الحراجية يرافقه باستمرار تدهور التربة مما ينعكس على خصائصها الفيزيائية والكيميائية والحيوية (كبيبو ونيصافي، 1997). يعتبر برنامج الـWEPP (Water Erosion Prediction Project) من أهم النماذج الفيزيائية التي استخدمت في حساب وتوصيف الجريانات والانحرافات المائية للتربة من خلال معادلات رياضية تسمح بتقدير كميات التربة المنجرفة والمترسبة على كافة أطوال المنحدرات وكذلك الماء الراشح إلى عمق التربة. استخدم الـWEPP في الكثير من الدراسات العالمية، إذ تم استخدام ثلاث نماذج رياضية: ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation)، و EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator)، وWEPP بهدف التنبؤ بكميات التربة المنجرفة من ثلاث ترب متباينة في نظام الحراثة المطبق عليها في كينساس في الولايات المتحدة، وخلصت الدراسة إلى تفوق برنامجWEPP في تقدير كميات التربة المنجرفة مقارنة ببقية النماذج(Bhuyan***et al.***, 2002) . وأشارت دراسة (Pandey ***et al.***, 2008) إلى فعالية برنامج WEPP في تقدير كل من الجريان السطحي وكميات التربة المفقودة في منطقة (Karso)–الهند حيث تراوحت فعالية النموذج (MEI) بين (0.95–0.85) وهي قيم كافية لاعتماد النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام البرنامج، في دراسة أجراها الباحث (Gelencsér, 2010) في هنغاريا استخدم فيها برنامج WEPP ونموذج المعادلة العالمية لفقد التربة بالانجراف (USLE) تبين أن برنامج WEPP يقدر كميات أكبر من التربة المنجرفة في أعلى ومنتصف المنحدر وكان نموذج المعادلة العالمية (USLE) أفضل في محاكاة كميات التربة المنجرفة في هذه الحالة، في حين أعطى برنامج WEPP نتائج أكثر دقة من حيث كميات التربة المنجرفة أسفل المنحدر. أظهرت الدراسات المرجعية لاستخدام برنامج الـ WEPP أهمية البرنامج في تقدير كميات التربة المنجرفة من حيث نوعية المعلومات المتحصل ومقاربتها للواقع (Garacia-lorenzo and Conesa-García, 2009). على اعتبار أن البرامج الرياضية الحاسوبية أدوات أساسية في تقدير انجراف التربة على مساحات واسعة من المنطقة المدروسة (Williams ***et al.***, 2010)

يعتمد برنامج الـWEPP في تقدير كميات الجريان السطحي والانجراف المائي للتربة على العوامل المؤثرة على عمليات النقل والترسيب مثل قوام التربة وبيانات المناخ والغطاء النباتي وطبوغرافية المنطقة ومع الأخذ بعين الاعتبار تأثير استعمالات الأراضي، وذلك بالاعتماد على معادلة الموازنة المائية من أجل تقدير المحتوى الرطوبي للتربة على معادلة Green-Ampt المطورة (Savabi***et al***,. 1995) لتقدير عمق الارتشاح والتي تتضمن حساب أكبر سعة ارتشاح بالصيغة التالية:

$$f =$$

f: معدل الارتشاح (cm/ hour) K_e: الناقلية الهيدروليكية المشبعة (cm/ hour)

F:الارتشاح الكلي (cm)   Ne:الجهد الشعري(cm)

يمكن إدخال قيم Ke من القياسات الحقلية أو يتم حسابها من قبل البرنامج اعتماداً على خصائص التربة، تتضمن المعادلة مرحلتين في المرحلة الأولى يكون معدل التسرب مساوياً لمعدل سقوط الأمطار، ثم وبعد ملء مسامات التربة يبدأ الجريان السطحي، وإن معدل التسرب عند الزمن (t) يعطى بالعلاقة:

$$\boldsymbol{Ke.t = F - Ne.In\left(1 + \frac{F}{Ne}\right)} \quad \ldots\ldots 2$$

حيث أن:

$$\boldsymbol{Ne = (\varphi C - \theta i)\emptyset} \quad \ldots\ldots 3$$

$\boldsymbol{\varphi C}$ المسامية الفعالة $\emptyset$: جهد الخاصية الشعرية عبر جبهة الابتلال (cm)

$\boldsymbol{\theta i}$ رطوبة التربة الابتدائية

أما لتقدير كميات التربة المنجرفة، فإن البرنامج يعتمد على معادلات الاستمرارية في حالة الجريان المستقر لتقدير التغير الحاصل في كميات الرسوبيات أثناء الجريان بعد انفصالها عن التربة، وهي الفرضية المعتمدة في برنامج WEPP وغيره من البرامج التي تتعامل مع الإنجراف المائي، أما الجريان غير المستقر لا يستعمل في دراسة الانجراف المائي وإنما يستخدم في دراسات أخرى مثل الجريان في الأنهر وفي مفرغات السدود وغيرها. وان معادلة الاستمرارية لوصف حركة الرسوبيات تعطى بالصيغة التالية :(Laflen ***et al.***, 1994)

$$\boldsymbol{\frac{dG}{dx}}$$

G : كميات التربة المنجرفة $Kg.s^{-1}.m^{-1}$ X : الجريان مسافةm

Df:معدل الفقد بفعل الجريان $Kg.s^{-1}.m^{-2}$ Di: معدل الانفصال $Kg.s^{-1}.m^{-2}$

يتم حساب معدل فقد التربة بفعل الجريان وفق المعادلة التالية (Foster ***et al.***, 1995):

$$\boldsymbol{Df = Kradj(\tau f - \tau cadj)\left(1 - \frac{G}{Tc}\right)} \quad \ldots\ldots 5$$

$\boldsymbol{K_{radj}}$ معامل قابلية التربة للانجراف المعدل (s/m) $\boldsymbol{\tau}_{cadj}$ اجهاد القص الحرج للتربة($kg/m/s^2$)

$\boldsymbol{\tau_f}$ اجهاد قص الجريان المؤثر على حبيبة التربة ($kg/m/s^2$) $\boldsymbol{T_c}$ القدرة على نقل الرسوبيات(kg/m/s)

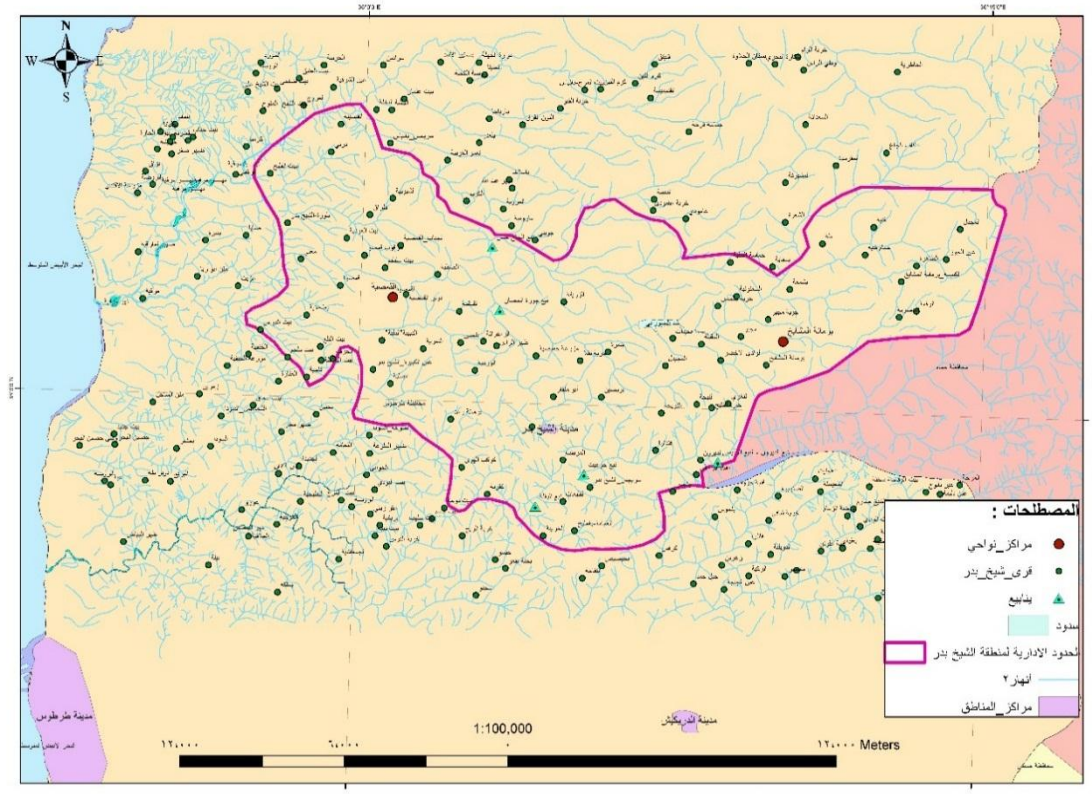
أهمية البحث و أهدافه:

تكمن أهمية البحث في دراسة إمكانية استخدام برنامج WEPP في تقدير كميات التربة المنجرفة والجريان السطحي ومقارنتها بالكميات المحسوبة بطريقة الأحواض الحقلية فجاء البحث ليهدف إلى مقارنة كل من معدل الجريان السطحي والانجراف المائي المحسوبين باستخدام برنامج WEPP، وتلك المحسوبة باستخدام الأحواض الحقلية وذلك باستخدام عدد من المؤشرات الإحصائية، لتقييم فعالية البرنامج في حساب كميات التربة المنجرفة والجريان السطحي في منطقة الشيخ بدر.

طرائق البحث و مواده:

1- منطقة الدراسة:

تقع منطقة الشيخ بدر شمال شرق مدينة طرطوس إذ تبعد عنها حوالي 35كم، تبلغ مساحة كامل أراضي المنطقة 20279هكتاراً (202.79كم^2). وتمتد في محافظة طرطوس ما بين **35° 57´ 40″** و **36° 15´ 55″**شرقاً و **34° 39´ 55″**شمالاً.يسود في منطقة الدراسة مناخ البحر المتوسط الرطب والذي يتميز بصيف حار رطب وشتاء ماطر معتدل البرودة في معظم أوقاته وأحياناً قليل البرودة (Eid، 2004). يبلغ معدل كمية الأمطار السنوي 1242.86 ملم للفترة الممتدة (1960–2013)، بينما يبلغ معدل درجات الحرارة الدنيا(12.3) درجة مئوية والعظمى (21.6) درجة مئوية في منطقة الشيخ بدر خلال الفترة (1960 – 1990). تشكل مساحة الأراضي القابلة للزراعة ما يقارب 13250 هكتاراً، أما الغابات فتشكل 5018 هكتار. (الهيئة العامة للاستشعار عن بعد،2004). و تسود في منطقة الشيخ بدر الاستعمالات الزراعية التالية: الزيتون، الحمضيات، العنب، التفاح، القمح، البيوت البلاستيكية، التبغ ومحاصيل مختلفة.



الشكل (1) منطقة الدراسة، (المصدر: الهيئة العامة للاستشعار عن بعد،2004)

2- تقدير كميات التربة المنجرفة والجريان السطحي باستخدام التجارب الحقلية:

لمقارنة كميات التربة المفقودة وكميات الجريان السطحي المحسوبة بطريقة الأحواض والكميات التي يحسبها برنامج WEPP تم الاعتماد على نتائج التجارب الحقلية التي قام بها (حسن، 2013) في نفس منطقة إجراء البحث خلال الموسم (2012–2013) في موقعين ذي ميلين مختلفين 8% و 20% باستخدام الأحواض التجريبية التي استخدمت في سوريا من قبل (كبيبو ونيصافي، 9971) وعدلت لاحقاً من قبل (كبيبو وآخرون، 2014) وهي أحواض

مستطيلة الشكل عرضها(51.) م وطولها (2.5)م، وينتهي هذا المستطيل بمثلث متساوي الأضلاع ، أي بمساحة كلية تساوي 4م^2 ويتصل الحوض بخزان سعته200 ليتر لاستقبال نواتج الإنجراف. زرعت الأحواض في كلا الميلين بالقمح الشتوي بمعدل1 5 كغ بذار قمح/دونم وتركت أحواض الشاهد دون زراعة. أجريت كل معاملة (كل ميل وحوض مزروع وغير مزروع) بواقع ثلاث مكررات. تم أخذ العينات من الخزان بعد كل هطول مطري أدى إلى حدوث جريان سطحي برفع غطاء الخزان وتحريك محتويات الخزان بواسطة خلاط يدوي لضمان تجانس معلق التربة والماء بشكل جيد ثم أخذت عينة من الفتحة السفلية للخزان بحجم 3 ليتر وكررت العملية ثلاث مرات ومن ثم تم مزج العينات مع بعضها لتشكيل عينة جديدة أخذ منها3ليتر، ونقلت بعدها إلى المختبر لإجراء التحاليل اللازمة. ثم تم غسل الخزان وصرف ماء الغسيل وإغلاق الفتحة السفلية والعلوية منه بعد الانتهاء من أخذ العينة في كل مرة يحصل فيها انجراف مائي.كما تم تسجيل الهطولات المطرية التي سببت حدوث جريان سطحي وانجراف مائي خلال فترة الدراسة بواسطة مقياس مطري تم تركيبه في موقع الدراسة.(حسن & الخوري، 2014)

3- تقدير كميات التربة المنجرفة والجريان السطحي باستخدام برنامج WEPP(VERSION :2012.800)

تضمن البرنامج الملفات الأساسية التالية:

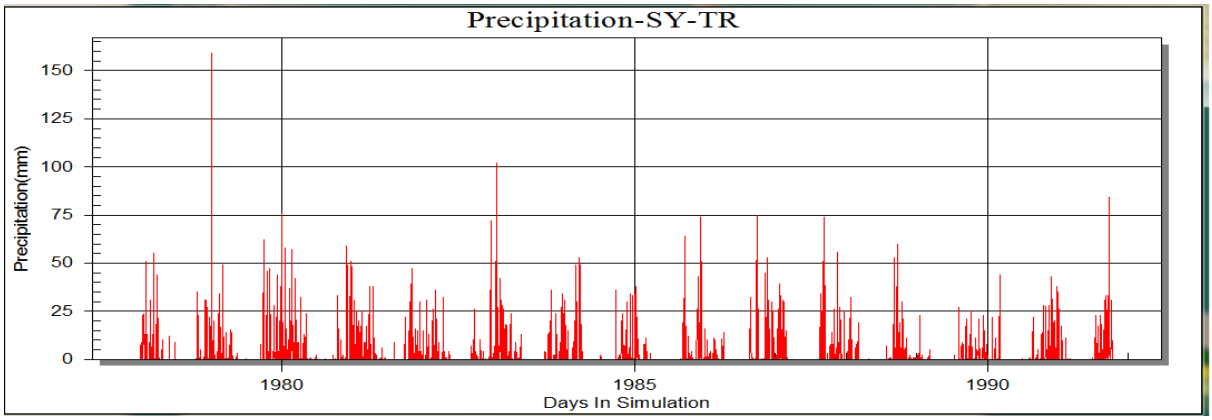
3-1-ملف المناخ(Climate File)

تم استخدام برنامج مولد المناخ (CLIGEN-V5.3)لمحاكاة مناخ المنطقة المدروسة،وبما أن البرنامج لا يتعامل إلا مع البيانات المناخية بالصيغة البرمجية(GDS) فقد تم الحصول على البيانات المناخية الموثقة عن كامل المحطات المناخية السورية للفترة بين عامي 1978 و 1993، ثم تم تحميل الملف (NM400.GDS) الممثل لمحطة صافيتا المشابهة في ظروفها لمنطقة الدراسة ، وبعد تحميل الملف (NM400.GDS) ضمن برنامج (V5.3-CLIGEN) ومن خلال معادلات رياضية، قام البرنامج بمقارنة بيانات الملف (NM400.GDS) مع قواعد بيانات المحطات المناخية المشابهة فكانت المحطة الموافقة من قبل النموذج هي (East Park RES CA)في ولاية كالفورنيا (California). وقبل اعتماد المحطة تم تعديل البيانات التالية بما يتوافق مع منطقة الدراسة:

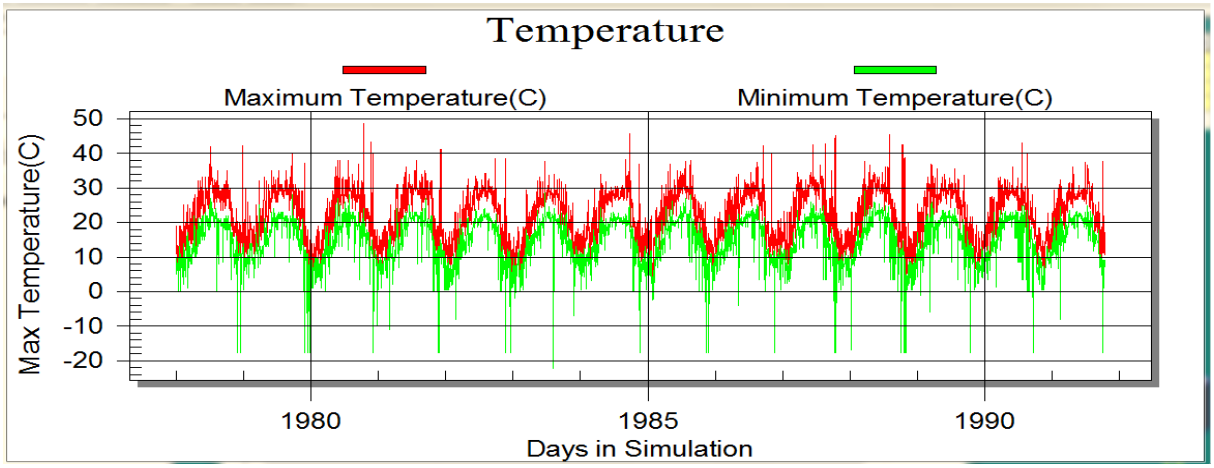
- معدل أعلى كمية هطول خلال 30 د=40 ملم . (المديرية العامة للأرصاد الجوية،1990-1999م)
- معدل أعلى كمية هطول خلال 6 سا=107 ملم. (المديرية العامة للأرصاد الجوية،1990-1999م)
- متوسط كميات الهطول الشهرية وفق التالي: (المديرية العامة للأرصاد الجوية،1960-1990م)

1960-1990	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUNE	JULY	AUG	SEP
	19.2	14.2	9.9	8.1	9.2	11.7	15.4	18.9	21.9	23.7	24.1	22.5

وبذلك يكون برنامجWEPP قد استوفى كل البيانات المناخية اللازمة لتمثيل شروط المنطقة المدروسة، و توضح الأشكال 2و 3تغيرات كميات الأمطار ودرجات الحرارة العظمى والصغرى الشهرية المدخلة إلى البرنامج.



شكل (2) كميات الأمطار من النموذج WEPP للفترة 1978-1993



شكل (3) تغيرات درجات الحرارة العظمى النموذج WEPP للفترة 1978-1993

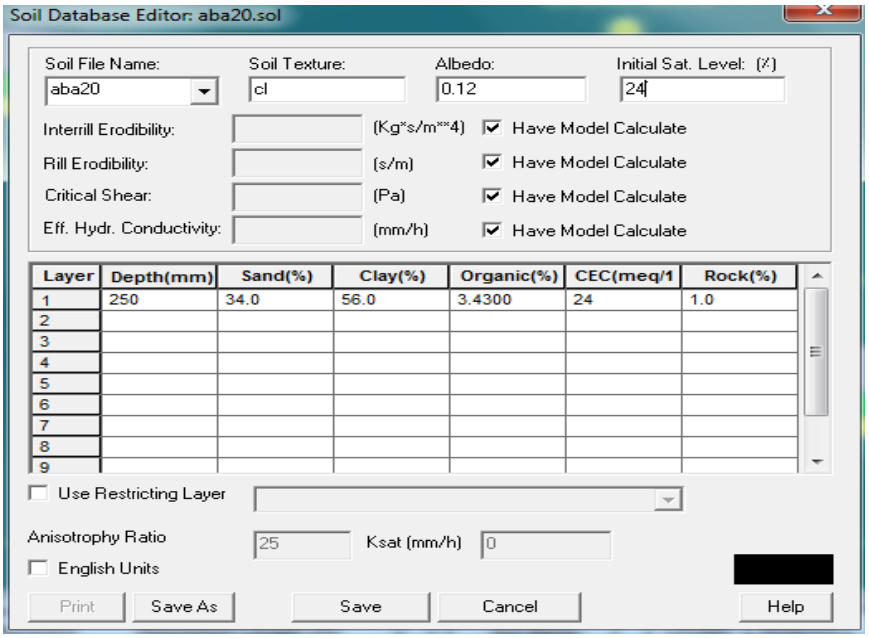
3-2 ملف التربة(Soil Database Editor)

تم إدخال جميع متغيرات التربة (Soil parameters) الممثلة لحالة التربة خلال التجربة الحقلية والتي يطلبها النموذج وتشمل الميل و العمق و القوام و المادة العضوية و سعة التبادل الكاتيوني، أما بالنسبة لتقدير الانجراف الأخدودي والانجراف بين الأخاديد وحد القص الهيدروليكي و الناقلية الهيدروليكية الفعالة فقد استعمل خيار الحساب من قبل البرنامج (Have Model Calculated). و يبين الجدول(1) قيم متغيرات التربة (Soil parameters) المدخلة إلى البرنامج. ويظهر الشكل (4) نافذة تحرير ملف التربة للميل 20%.

جدول (1) مواصفات التربة المدروسة والمدخلة إلى البرنامج (حسن، 2013)

متغيرات التربة (Soil parameters)	ميل 8%	ميل 20%
العمق (ملم)	250	250
الرمل%	30	34
الطين%	56	56
نوع التربة	طينية	طينية
المادة العضويةOM %	3.95	3.43

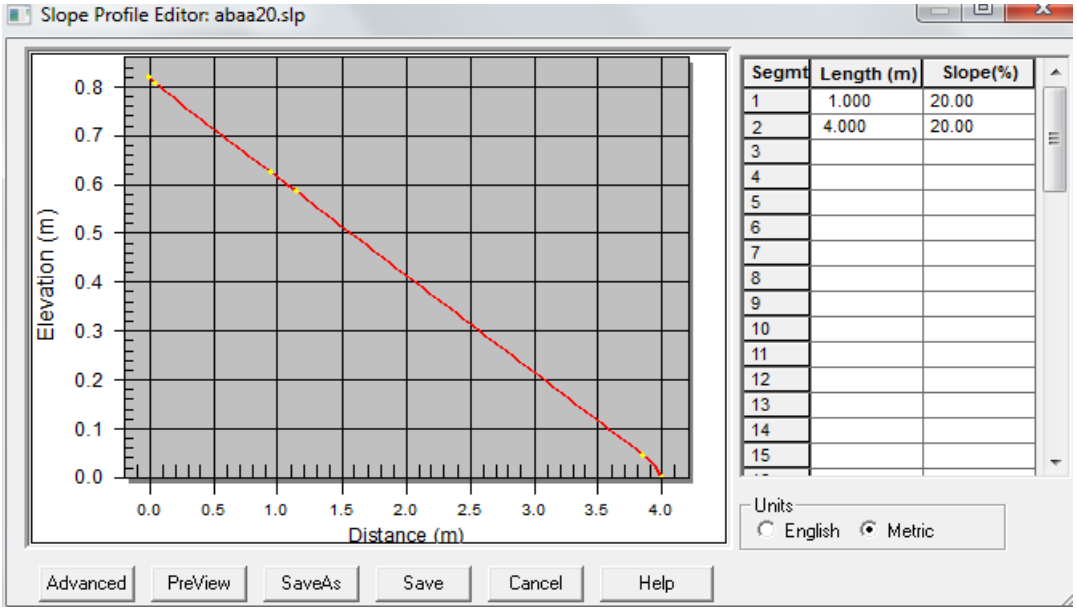
سعة التبادل الكاتيوني CEC م.م/100غ تربة	24	24
Albedo	0.12	0.15



الشكل (4) نافذة تحرير ملف التربة للميل 20%

3-3 ملف المنحدر (Slope File Editor)

يمكن تطبيق برنامج WEPP على المنحدرات الصغيرة (hillslope) من (1إلى 200) م أو على الأحواض الصبابة الصغيرة حتى 260 هكتار (Flanagan ***et al.***,2013)، فتم محاكاة ظروف التجربة الحقلية بإدخالها إلى نموذج WEPP(HILLSLOPE)وهي قريبة من دراسة Bhuyan ***et al.***, 2002)) عند استعمال الأحواض التجريبية (3*1.5 م) .كما هو موضح في الشكل 4 بالنسبة لميل 20%. وبنفس الطريقة تم بناء منحدر بميل 8%.



شكل (4) نافذة إدخال بيانات الطبوغرافيا إلى البرنامج

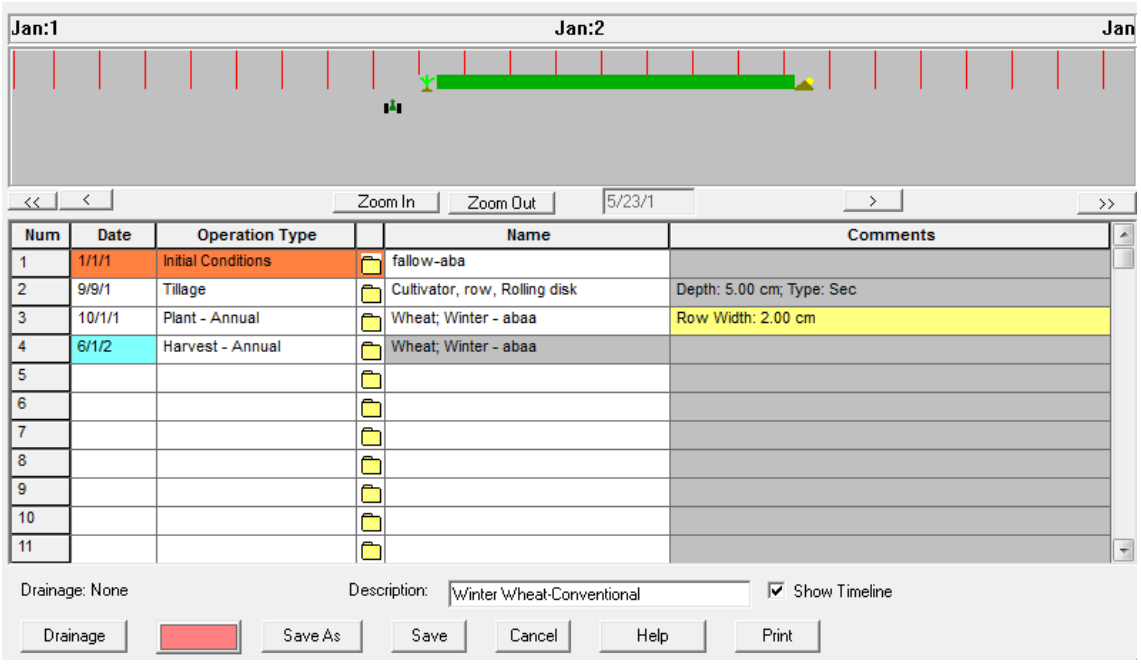
3-4 ملفات الإدارة (Management Editor)

يسمح البرنامج بمحاكاة عدد كبير من الأنظمة الزراعية وعملياتها المختلفة، في هذه الدراسة تم الاستعانة بملفات النموذج الأساسية مع إجراء التعديلات المناسبة عليها بما يلائم ظروف منطقة الدراسة، كما يوضح الجدول (2) التعديلات المدخلة على ملف إدارة الغطاء النباتي، أما بالنسبة للقمح فالعديد من المتغيرات(parameters) مثل:

دليل مساحة الورقة= 5، درجة الحرارة الأساسية للنمو= 4 درجة سيلسيوس، درجة الحرارة المثلى للنمو= 15 درجة سيلسيوس. أخذت مباشرة من النموذج المقترح من قبل (Arnold ***et al.***, 1995)، أما دليل الحصاد= 0.32 وعمق الجذور=1 3.م. (Zhang. 2004)

جدول(2) ملفات إدارة الغطاء النباتي وبعض التعديلات الأساسية عليها

الشاهد:		
ملف الإدارة وفق النموذج	Fallow	
التعديلات المدخلة	قبل التعديل (البرنامج)	بعد التعديل (حسن،2013)
الظروف الابتدائية للتجربة	بقايا ذرة	Fallow
متوسط عمق الحراثة سم	5	12.5
عدد الأيام منذ آخر حراثة يوم	0	120
معدل الأمطار التراكمي	0	900
التغطية الشجرية	أخذت جميع المتغيرات قيمة صفر وذلك لان الحقل لا يحتوي أشجار	
القمح		
ملف الإدارة وفق النموذج	Winter wheat harvested in summer 1 yr prior, no till	
التعديلات المدخلة	يوضحها الشكل 5 على بنية الدورة الزراعية في ظروف الدراسة والتي تشمل الظروف الابتدائية ثم الحراثة ثم الزراعة ثم الحصاد.	



شكل (5) ملف إدارة الغطاء النباتي المعتمد لزراعة القمح وفق البرنامج

4-المقارنة بين القيم المقدرة وفق البرنامج والمقاسة حقلياً لكميات التربة المنجرفة والجريان السطحي في منطقة الدراسة:

تم تقييم فعالية البرنامج المستخدم في حساب كميات التربة المفقودة والجريان السطحي باستخدام المؤشرات الإحصائية التالية:(Moriasi ***et al.***, 2007)، (علي، 2009)

1. دليل فعالية النموذج Model Efficiency Index **MEI**
2. النسبة المئوية للانحراف Percent Bias **PBIAS**
3. خطأ التقدير الإجمالي Error in total estimate **E%**
4. معامل التحديد Coefficient of determination $\mathbf{R^2}$

4-1 دليل فعالية النموذج Model Efficiency Index

يقوم بمقارنة القيم المقدرة والقيم الحقلية المقاسة، وتتراوح قيمته من - ∞إلى 1 ،كلما اتجهت القيم باتجاه 1 كان هناك توافق بين القيم الحقلية والقيم المقدرة، بينما تشير القيم السالبة عندما يكون هناك فروقات كبيرة بين القيم المقدرة و القيم الحقلية (Warner ***et al.***, 2007) ويعطى بالعلاقة: (Nash & Sutcliffe, 1970)

Q_{Oi}: القيم الحقلية المقاسة Q_{Pi}: القيم المقدرة من قبل النموذج.

$\bar{Q}o$:المتوسط الحسابي لجميع للقيم الحقيقية n:عدد المشاهدات.

كلما اقتربت القيم من 1 فهو دليل على ازدياد فعالية النموذج. (Ramsankaran ***et al.***, 2009), (Pudasaini ***et al.***, 2004)، (Pandey ***et al.***,2008)، (Wade ***et al.***, 2002).

4-3-2النسبة المئوية للانحراف PBIAS(Percent Bias):

يقيس هذا المعامل اتجاه قيم المحاكاة عندما تكون أكبر أو أعلى من القيم الحقلية ويأخذ قيم بين (∞-حتى

+∞) وكلما اقتربت القيمة باتجاه الصفر كلما كانت نتائج المحاكاة أفضل. (Sommerlot, 2012)

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} \left(Y_i^{obs} - Y_i^{sim} \right) \times 100}{\sum_{i=1}^{n} Y_i^{obs}} \right]$$

Y^{obs}:القيم الحقلية المشاهدة Y^{sim}: القيم المقدرة من قبل النموذج

4-3 خطأ التقدير الإجمالي% Error in total estimate:

وهو الخطأ في التقدير الإجمالي للنموذج المستخدم. ويعتبر هذا القياس الإحصائي ذو أهمية كبيرة لتحديد النسبة المئوية للخطأ في تقدير النموذج ،ويعطى بالعلاقة:

E%:النسبة المئوية للخطأ في التقدير الكلي من قبل البرنامج P: القيم المقدرة من قبل البرنامج

M: القيم الحقلية المقاسة.

تتراوح قيمة المعامل (0-100) وكلما اقتربت القيمة باتجاه الصفر هذا يدل على كفاءة النموذج (علي،2009). تم الاعتماد على الجدول (3) في تقييم أداء البرنامج.

جدول 3 تقييم أداء برنامج WEPP (Saghafian *et al.*, 2014)

تقييم الاداء	MEI	PBIAS	
	كميات التربة والجريان السطحي	كميات التربة	الجريان السطحي
جيد جداً (Very good)	0.75<MEI≤1	PBIAS≥±15	0PBIAS≥±1
جيد(Good)	0.65<MEI≤0.75	±15≤PBIAS<±30	±10≤PBIAS<±15
مرضي(Satisfactory)	0.50<MEI≤0.65	±30≤PBIAS<±55	±15≤PBIAS<±25
غير مرضي (Unsatisfactory)	MEI≤0.5	PBIAS≥±55	PBIAS≥±25

النتائج والمناقشة :

1- معدل الجريان السطحي وكمية التربة المنجرفة المحسوبة والمقدرة في منطقة الدراسة:

بلغت القيمة الحقلية للجريان السطحي 98.4 ملم/سنة أما القيمة المقدرة باستخدام البرنامج فقد وصلت الى 182ملم /سنة مقارنة بالشاهد عند ميل 8%أي بزيادة وقدرها (+ 84.95%)، بينما بلغت كميات التربة المنجرفة من الشاهد وعند ميل 8% (4.67) طن/هـ/سنة أما القيمة المقدرة باستخدام البرنامج فقد وصلت إلى (4.82) طن/هـ/سنة

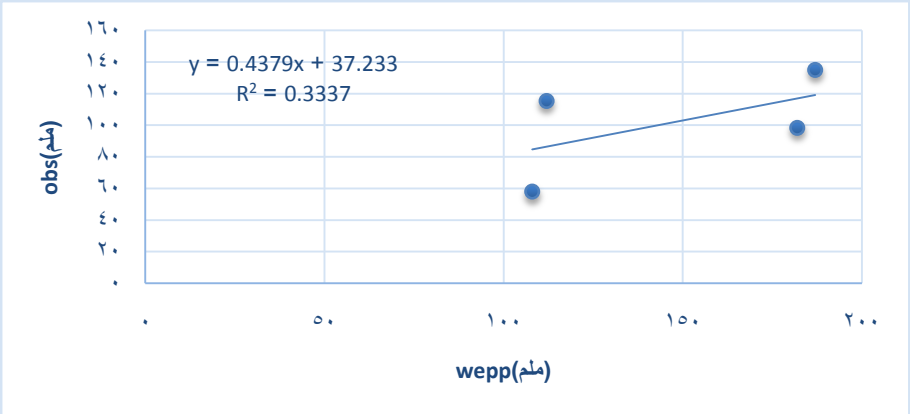
في معاملة الشاهد أي بقيمة أقل عن المشاهدة الحقلية بمقدار (% 3.212−)، ويبين الجدول 4 نتائج التجارب الحقلية و ونتائج محاكاة برنامج WEPP.

جدول (4) معدل الجريان السطحي وكمية التربة المنجرفة المحسوبة والمقدرة باستخدام برنامج WEPP في منطقة الدراسة

		الميل	التجارب الحقلية	برنامج WEPP
الهطول المطري 2012−2013			900 مم	884.2 مم
شاهد	• كمية التربة المنجرفة (شاهد)طن/هـ/سنة	%8	4.67	4.82 (%3.212−)
		%20	11.64	7.5 (%35.56−)
	• المعدل السنوي للجريان السطحي (مم)	%8	98.4	182 (%84.95+)
		%20	135	187 (%52.84+)
قمح	• كمية التربة المنجرفة (قمح) طن/هـ/سنة	%8	3.69	3.112 (%5.71−)
		%20	9.67	5.37(%44.46+)
	• المعدل السنوي للجريان السطحي (مم)	%8	58.15	108(%50.66+)
		%20	115.29	112 (%3.343−)

2− تقييم أداء النموذج في تقدير الجريان السطحي ضمن منطقة الدراسة:

درس الارتباط بين الجريان السطحي المقاس حقليا (obs) والجريان المقدر من قبل البرنامج (wepp) كما هو مبين في الشكل رقم (6) حيث سجل معامل الارتباط (R^2=0.333)وهذا يشير إلى وجود ارتباط موجب بين (obs) و (wepp). وهذا يتفق مع ما درسه Pandey (2008) عندما درس إمكانية تطبيق البرنامج لدراسة الإنجراف المائي والجريان السطحي ضمن ا لأنظمة الزراعية في الحوض الصباب في منطقة (Karso)− الهند حيث كانت قيمة (R^2=0.41). كما أنه قريب مما وجده lui (2000) عندما درس العلاقة بين الكميات الجريان السطحي المقدرة حقليا والكميات المقدرة من قبل النموذج في 15 حوض صباب صغير إذ تراوحت قيمةR^2بين (0.85−0.01).



الشكل (6) العلاقة بين قيم الجريان السطحي المقاس حقليا (obs) و الجريان المقدر من قبل النموذج(wepp)

أما بالنسبة للمؤشرات المستخدمة في هذه الدراسة لاختبار فعالية البرنامج لتقدير معدل الجريان السطحي فنلاحظ من جدول رقم (4) ارتفاع قيم PBIAS% في كل من الشاهد والقمح (8%) مما ينعكس سلباً على تقدير النموذج للجريان السطحي، أما بالنسبة لمعامل فعالية النموذج فقد زادت مع زيادة الميل وسجلت أدنى فعالية في معاملة شاهد8%. وهذا ما يتفق مع ما وجده Zhang (2004) حيث وجد أن زيادة تقدير النموذج للجريان السطحي ربما يعود إلى ظاهرة التدفق التفضيلي (preferential flow) حيث أن احتواء التربة على معادن الطين المتمددة والتي تتمدد بالرطوبة وتتشقق بالجفاف مما يؤثر على تسرب الماء داخل التربة ،حيث أن هذه الظاهرة غير منمذجة (modeled) ضمن برنامج ال WEPP وبالتالي فان ضعف محاكاة عملية التدفق التفضيلي قد تساهم في زيادة الجريان السطحي. وبشكل مماثل فقد وجد Brazier وآخرون (2000) أن برنامج ال WEPP قدر الجريان السطحي أعلى بمقدار من 4 إلى 10 أضعاف مقارنة بالتجربة الحقلية. وقد فسرت النتائج في حينها إلى أن النموذج يميل لتقدير كميات أعلى (over-predict) من الجريان السطحي في السنوات التي تكون جافة حيث تقل العواصف المطرية، بينما يقدر كميات الجريان أقل من المتوقع (under-predict) في السنوات الرطبة التي يحدث فيها عدد كبير من العواصف المطرية، فعند استعمال برنامج WEPP لتقدير الارتشاح (infiltration) والناقلية الهيدروليكية الفعالة (Ke)- كما في دراستنا- فإن البرنامج يتوقع كميات أعلى من الجريان السطحي قد تصل الى ضعفي القيم الحقلية في الأراضي الزراعية و عشرة أضعاف في الأراضي المحروقة (Moffet***et al.***, 2007)

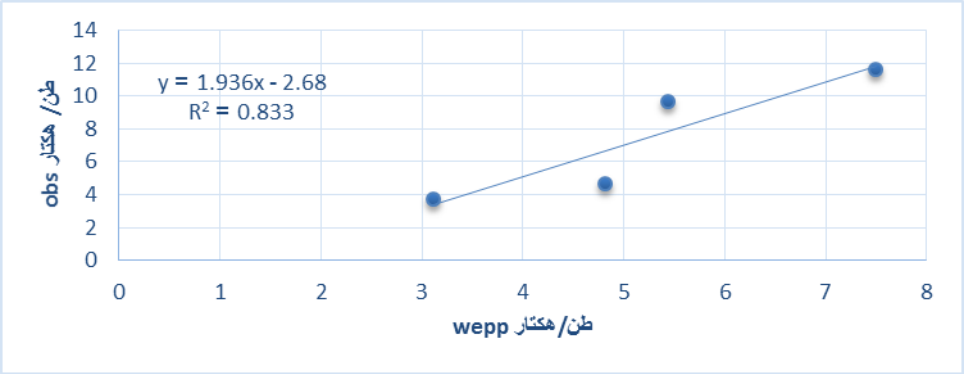
جدول (4) التقييم الإحصائي لنتائج محاكاة نموذج WEPP

	%PBIAS	التقييم	MEI	التقييم	%E
شاهد8%	84.9-	غير مرضي	98.04-	غير مرضي	84.9
قمح8%	85.72-	غير مرضي	1.4-	غير مرضي	85.72
شاهد20%	38.51-	غير مرضي	0.33-	غير مرضي	38.51
قمح 20%	2.85	جيد جداً	0.98	جيد جداً	2.85-

* المتوسط الحسابي للقيم الحقيقية 90ملم.(حسن،2013)

3- تقييم اداء البرنامج في تقدير كميات التربة المنجرفة:

درس الارتباط بين كميات التربة المنجرفة المقاسة حقليا (obs) و كميات التربة المنجرفة المقدرة من قبل النموذج(wepp) كما في الشكل (7)،حيث كانت قيمة (R^2=0.83)أي انه يوجد ارتباط قوي موجب بين (obs) و (wepp). وهذا ما يتفق مع ما درسه Puno(2013) عندما درس إمكانية تطبيق البرنامج لدراسة الإنجراف المائي والجريان السطحي ضمن الأنظمة الزراعية ضمن الحوض الصباب في منطقة (Mapawa)- الفلبين.



الشكل (7) العلاقة بين كميات التربة المنجرفة المقاسة حقليا (obs) و كميات التربة المنجرفة المقدرة من قبل النموذج(wepp).

أما بالنسبة للمؤشرات المستخدمة في هذه الدراسة لاختبار فعالية البرنامج لتقدير كميات التربة المنجرفة فنلاحظ من جدول رقم (5) ارتفاع قيم PBIAS% مع زيادة الميل، قد يعود ذلك إلى تأثير البيانات المدخلة على دقة عمل البرنامج في تقدير كميات التربة المنجرفة . (Chandramohan ***et al.***, 2015) وبالتالي ترتفع القيم بين المقدرة والحقلية لكن بشكل عام كانت نتيجة التقييم مرضية . أما بالنسبة لقيم (E%) و (MEI) فقد أعطت قيما جيدة , حيث عندما تزيد قيمة MEI عن 0.77 فإن أداء النموذج يكون جيدا.(Tiwari,2000)، وهذا ما يتفق مع الدراسة التي قام بها (Pudasaini ***et al.***, 2004)حيث أظهرت النتائج إمكانية استخدام البرنامج لتقدير كميات التربة المنجرفة عند الوصول إلى معامل كفاءة 72 %.

جدول (5) التقييم الاحصائي لنتائج محاكاة نموذج WEPP

	%PBIAS	التقييم	%E	MEI	التقييم
شاهد8%	3.2-	جيد جدا	3.2	0.98	جيد جدا
قمح8%	15.66	جيد	-15.66	0.92	جيد جدا
شاهد20%	35.56	مرضي	-35.56	0.50	مرضي
قمح 20%	44.46	مرضي	-44.46	0.20-	جيد جدا

* المتوسط الحسابي للقيم الحقيقية 5.748 طن.هكتار$^{-1}$(حسن،2013)

الاستنتاجات والتوصيات :

أظهرت هذه الدراسة فعالية برنامج WEPP إحصائيا في تقدير كميات التربة المنجرفة بنسبة عالية مقارنة بالنتائج الحقلية، فوصلت قيمة (R^2=0.83) بين القيم الحقلية والقيم المقدرة، بينما تراوحت قيم MEI بين 0.5 حتى 0.97 باختلاف الميل (8% او 20%)، وهي كافية لاعتماد البرنامج وذلك لتقدير كميات التربة المنجرفة في منطقة الدراسة، بينما كان البرنامج أقل فاعلية في تقدير الجريان السطحي في المنطقة المدروسة، حيث لم يصل معامل فعالية البرنامج (MEI) إلى القيم الحدية لاعتماده، ولكن لوحظ من النتائج المتحصل عليها ارتفاع فعالية البرنامج مع زيادة الميل. ومن الأهمية في الدراسات اللاحقة ، وعند استعمال برنامج WEPP إجراء تجارب حقلية لتقدير الارتشاح (infiltration) والناقلية الهيدروليكية الفعالة (K_e) وعدم الاكتفاء بالقيم المقدرة من قبل البرنامج وذلك للحصول على

قيم أكثر دقة، وأخيرا يعتبر استعمال تقنية ال WEPP من التقنيات الواعدة لتقدير الانجراف المائي في سوريا سواء لناحية توفير الوقت أو لنوعية المعلومات المتحصل عليها والتي تحاكي أغلب الظروف الحقلية، وينصح به لتقدير كميات التربة المنجرفة.

المراجع

المراجع باللغة العربية:

1 -الهيئة العامة للاستشعار عن بعد . *مشروع "تحسين مراقبة تدهور الأراضي الساحلية في سورية ولبنان* . الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق. 2004.

2 -المديرية العامة للأرصاد الجوية–وزارة الدفاع. *بيانات مناخية لمحطة صافيتا (1990–1999)*.دمشق، سوريا.

3 -حسن، اباء . *تأثير نوع المحصول المزروع في بعض خواص التربة المؤثرة في الإنجراف المائي بمنطقة الشيخ بدر (طرطوس)*.رسالة ماجستير، جامعة البعث، الجمهورية العربية السورية.2013. 110 صفحة

4 -حسن، اباء & الخوري، أكرم. *تأثير نوع المحصول المزروع على كميات التربة المنجرفة ومعدل الجريان السطحي*.مجلة جامعة البعث .2013

5 -علي، حيدر . *دراسة الإنجراف المائي للتربة في منطقة مزار القطرية (محافظة اللاذقية) باستخدام النموذج WEPP*. رسالة ماجستير. كلية الهندسة الزراعية. علوم التربة. جامعة دمشق. 2009. 88صفحة

6 -كبيبو، عيسى وابراهيم نيصافي. *الإنجراف المائي وخطورته على اتربة المنطقة الساحلية في القطر العربي السوري*. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، المجلد 81، العدد السادس. 1997. 17 صفحة.

7 -كبيبو، عيسى وجهاد ابراهيم و عبد العزيز بو عيسى. *تقرير عن الإنجراف المائي في المنطقة الساحلية في القطر العربي السوري*.وزارة الدولة لشؤون البيئة. .2014.

المراجع باللغة الاجنبية:

1. ARNOLD, J. G., M. A. WELTZ, E. E. ALBERTS, and D. C. F LANGAN. *Plant growth component. In USDA−Water Erosion Prediction Project: Hillslope Profile and Watershed Model Documentation*. D. C. Flanagan and M. A. Nearing, eds. NSERL Report No. 10. West Lafayette, Ind.: USDA−ARS−NSERL. 1995.16p.

2. BHUYAN SAMAR, PRASANTA K. KALAITA, KEITH A. JANSSEN and PHILIP L. BARNES.*Soil loss predictions with three erosion simulation models. Elsevier Science Ltd ,Environmental Modelling & Software*. p. 137–146. 2001.

3. BOU KHEIR, R. Michel, CLAUDE,G., AMIN,S., *Apport de la télédétection pour la modélisation de l'érosionhydrique des sols dans la region côtière du Liban. Télédétection.* Vol. 2, n° 2. p.79-90. . 2001

4. BRAZIER E. RICHARD, KEITH J. BEVEN, and JOHN S. ROWAN. *Equifnality and uncertainty in physically based soil erosion: Application of the glue methodology to WEPP for sitesin the the UK AND USA*. Earth Surf. Process. Landforms 25,p: 825-845. 2000.

5. CHANDRAMOHAN,T. VENKATESH,B.& BALCHAND,A.*Evaluation of Three Soil Erosion Models for Small Watersheds.*Aquatic Procedia 4: 1227 – 1234. 2015

6. EID YUSUF. *Report on predominant climatic situation in the Syrian coast*.p:138. 2004.

7. FLANAGAN. D. C. , J. R. FRANKENBERGER, T. A. COCHRANE, C. S. RENSCHLER, W. J. ELLIOT. *Geospatial application of the water erosion prediction project (WEPP) MODEL*. American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 2151-0032. Vol. 56(2):p; 591-601. 2013.

8. FOSTER. GR,FLANAGAN. D.C, NEARING. M.A, LANE. L.J, RISSE. L.M and FINKNER.S.C .Chapter 11: *Hillslope Erosion Component In USDA Water Erosion Prediction Project : Hillslope Profile and Watershed Model Documentation*, Vol. NSERL Report No. 10 Eds, Flanagan, D. C. and M. A. Nearing. USDAARS national Soil Erosion Research Laboratory. 1995.

9. GARACIA-LORENZO, R. CONESA - GARACIA,C. *Erosion and Sediment Yield Estimated by GEOWEPP For Check DAM Watersheds in EPHEMERAL GULLIES (SOUTH-EAST SPAIN)*. Nova Science Publishers, Inc.2009.

10. LAFLEN,JOHN. DENNIS C. FLANAGAN, and JAMES C ASCOUGH. *The WEPP Model and ItsApplicability for Predicting Erosion on Rangelands*. Soil Science Society of America, 677 S. Segoe Rd., Madison, Wl 53711, USA. 1994.

11. LUI,B.Y.,C.BAFFAUT and M.A.NEARING. *The WEPP watershed model comparisons to measured data from small watershed*. American Society of Agricultural engineers , vol 40(4):945-953. 2000.

12. MOFFET,C., FREDERICK,P., KENNETH, S,. *Modeling Erosion on Steep Sagebrush Rangeland Before and After Prescribed Fire* . USDA Forest Service RMRS-P47. 2007.

13. MORIASI DN, ARNOLD JG, VAN LIEW MW, BINGNER RL, HARMEL RD, VEITH TL. *Model evaluation guidelines for systematic quantification ofaccuracy in watershed simulations*. Transaction of the ASABE 50(3):p: 885–900. 2007.

14. NASH, J. E. & SUTCLIFF, J. V. *River flow forecasting through conceptual models.* Part I. A discussion of principles. J. Hydrol. 10, 282–290. 1970.

15. PANDEY, ASHISH. V.M. CHOWDARY,B.C. MAL and M. BILLIB. *Runoff and sediment yield modeling from a small agricultural watershed in India using the WEPP model*. Elsevier, Journal of Hydrology 348,p: 305– 319. 2008.

16. PUDASINI ,MADHU .SURENDRA SHRESTHA and STEVEN RILEY. *Application of Water Erosion Prediction Project (WEPP) to estimate soil erosion from single storm rainfall events from construction sites.*SuperSoil 2004: 3rd Australian New Zealand Soils Conference, 5 – 9 December 2004, University of Sydney, Australia. 2004.

17. PUDASAINI M, SHRESTHA S. and RILEY S.*Soil erosion control from construction sites: An important aspect of watershed conservation In Self Sustaining Solutions for Streams, Wetlands and Watersheds*. American Society of Agricultural Engineers, St Paul, MN, USA. 2004

18. PUNO,GEORGE. *GEOWEPP Application in Determining Ermining Runoff and sediment yield in Agriculturally Active Catchment of MAPAWA.* 2nd Philippine Geomatics Symposium (PhilGEOS). University of the Philippines, Diliman, Quezon City. 2013.

19. RAMSANKARAM, RAAJ., U. C. KOTHYARI & J. S. RAWAT. *Simulation of surface runoff and sediment yield using the water erosion prediction project (WEPP) model: a study in Kaneli watershed, Himalaya, India*.Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques, 54(3) . 2009.

20. SAGHAFIAN, BAHRAM., AMIN REZA MEGHDADI and SOMAYEH SIMA. *Application of the WEPP model to determine sources of run-off and sediment in a forested watershed*. Hydrological Processes, (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/hyp.10168.p:17 . 2014.

21. SAVABI, M. R, .W. J. RAWLS AND R. W. KNIGHT. *Water erosion prediction project (WEPP) rangelandhydrology component evaluation on a Texas range site*. Journal of range management 48(6). 1995.

22. SOMMERLOT, ANDREW. *Developing new modeling techniques to evaluate the environmental and economic impacts of individual management practices at the field and watershed scale*. THESIS MASTER OF SCIENCE, Biosystems Engineering, Michigan State University.p:169. 2012.

23. TIWARI,A.K.,L.M.RISSE and M.A.NEARING .*Evalouation of WEPP and its compering with USLE and RUSLE.* American Society of Agricultural engineers , vol 43(5):P:1129-1135.2000.

24. WADE, C. R., M. C. BOLDING, W. M. AUST , W. A. LAKEL III, E. B. SCHILLING. *COMPARING SEDIMENT TRAP DATA WITH THE USLE-FOREST, RUSLE2, AND WEPP-ROAD EROSION MODELS FOR EVALUATION OF BLADED SKID TRAIL BMPS*. American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 2151-0032. Vol. 55(2):p: 403-414. 2002.

25. WARNER, G.S., STAKE, J.D., GUILLARD, K., NEAFSEY, J.,. *Evaluation of EPIC for a shallow New England soil: II. Soil nitrate.* Transactions of the ASAE 40 (3), 585–593. 1997

26. WILLIAMS, J.D. S. DUN, D.S. ROBERTSON, J.Q. WU , E.S. BROOKS, D.C. FLANGAN, and D.K. MCCOOl. *WEPP simulations of dryland cropping systems in small drainages of northeastern Oregon.* journal of soil and water conservation.p: 65. 2010.

27. ZHANG,X.C. *CALIBRATION, REFINEMENT, AND APPLICATION OF THE WEPP MODEL FOR SIMULATING CLIMATIC IMPACT ON WHEAT PRODUCTION* . American Society of Agricultural Engineers ISSN 0001−2351, Vol. 47(4): p:1075−1085. 2004.