

ارزیابی کارایی مدل دامنه وپ در پیش بینی رواناب و رسوب کرتهای مرتعی

عطاالله کلارستاقی^۱، حسن احمدی^۲، محمد جعفری^۳، زینب جعفریان جلودار^۱، جمال قدوسی^۲، علی گلکاریان^۴

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۱۱

چکیده

فرسایش آبی یکی از مهمترین مشکلات محیطی در نقاط مختلف دنیا می باشد. برآورد دقیق فرسایش آبی و ته نشست رسوبات برای ارزیابی پتانسیل هدررفت خاک و ظرفیت ذخیره سدها بسیار مهم می باشد. مدل پایه فیزیکی وپ^۵ (پروژه پیش بینی فرسایش آبی) مقادیر رواناب، فرسایش و رسوبدهی را بصورت رگباری و پیوسته برآورد می نماید. در این تحقیق هدررفت خاک و رواناب سطحی شبیه سازی شده توسط مدل دامنه وپ با مقادیر مشاهده ای حاصل از دو کرت آزمایشی تحت پوشش مرتعی مقایسه گردید. این کرتها دارای ۱۲/۵ متر طول و ۲ متر عرض با شیب ۳۴ درصد بودند. نتایج نشان داد در مجموع مدل دامنه وپ مقادیر رواناب را کمتر از مقدار مشاهده ای، برآورد نمود. زمانیکه هدایت هیدرولیکی موثر واسنجی گردید، مقادیر برآوردی از مدل تا حد زیادی بهبود یافت. مقایسه بین مقادیر برآوردی و مشاهده ای رواناب و رسوب نشان داد که مدل دارای کارایی ۰/۸۶ و ۰/۸۷ به ترتیب در برآورد رواناب و رسوب می باشد.

واژه های کلیدی: وپ، کرت آزمایشی، هدایت هیدرولیکی موثر، کارایی مدل.

۱- استادیار دانشگاه منابع طبیعی و علوم کشاورزی ساری، a.kelarestaghi@sanru.ac.ir

۲- استاد، دانشگاه تهران

۳- استادیار پژوهشی بازنشسته مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

۴- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیز، دانشگاه تهران

مقدمه

فرسایش خاک یکی از فرایندهای مهم تخریب اراضی در مراتع می باشند (۸، ۱۹). چرای دام در مراتع با تغییر ساختار و ترکیب پوشش گیاهی باعث تشدید فرسایش خاک می گردد (۶، ۲۹). از آنجایی که مدیریت پایدار اراضی در درجه اول بستگی به حفاظت خاک دارد، بنابراین اندازه گیری و برآورد دقیق فرسایش آبی برای بهبود مدیریت زمین و منابع آب مهم و ضروری می باشد. همچنین این برآوردها برای ارزیابی پتانسیل هدر رفت خاک و ظرفیت مخازن سدها در نتیجه رسوبگذاری بسیار حائز اهمیت می باشد. در سالهای اخیر مطالعات زیادی انجام شده تا مدل‌های پایه فیزیکی را جهت پیش بینی هدر رفت خاک و تولید رسوب توسعه دهند (۱۶). یکی از آنها پروژه پیش بینی فرسایش آبی (وپ) (۲۱، ۲۲) بوده که یک مدل توزیعی پایه فیزیکی می باشد که بوسیله دپارتمان کشاورزی ایلات متحده آمریکا توسعه یافته است.

مواد و روش ها

معرفی مدل وپ

مدل وپ (۲۱) یک مدل فرایندی و شبیه سازی پیوسته است که توزیع مکانی و زمانی رواناب، هدر رفت خاک ویژه و رسوبگذاری را با استفاده از معادله روندیابی رسوب (۱۰) در طیف وسیعی از دوره های زمانی و مکانی پیش بینی می کند (۹). در مدل وپ فرایندهای فرسایش شیاری و بین شیاری، انتقال و ترسیب ذرات، نفوذ پذیری، تراکم خاک، اثرات

بقایا و آسمانه گیاهی بر جدا شدن ذرات خاک و نفوذ پذیری، سله بستن سطحی، هیدرولیک جریان در درون شیار، رواناب سطحی، رشد گیاه، تجزیه بقایای گیاهی، نفوذ عمقی، تبخیر، تعرق، ذوب برف، اثرات یخ بستن خاک بر نفوذ پذیری و فرسایش پذیری، اقلیم، اثرات شخم بر خواص خاک، اثرات زبری تصادفی خاک برای برآورد رواناب، فرسایش و رسوب در نظر گرفته می شود. مقدار رسوب در این مدل بر اساس معادله پیوستگی یکنواخت (۱۰) (رابطه ۱) برآورد می گردد:

$$\frac{dG}{dX} = D_f + D_i \quad \text{رابطه ۱:}$$

G: بار رسوبی به کیلوگرم بر متر مربع بر ثانیه در فاصله X از بالای دامنه

X: فاصله به سمت پایین دامنه به متر، D_f :

نرخ تخریب شیار به کیلوگرم بر متر مربع بر ثانیه،

D_i : شدت (نرخ) تحویل رسوب بین شیاری به شیاری به کیلوگرم بر متر مربع بر ثانیه.

تابع فرسایش بین شیاری رابطه ۱ (D_i) با استفاده از رابطه ۲ بدست می آید (۱۰):

رابطه ۲:

$$D_i = K_{iadj} \times I_e \times \sigma_{ir} \times SDR_{rr} \times F_{nozzle} \times \left[\frac{R_s}{W} \right]$$

K_{iadj} : فرسایش پذیری بین شیاری تعدیل شده (کیلوگرم در ثانیه بر متر به توان چهار) (که با اعمال ضرایبی اصلاحی برای پوشش مرتعی و یخ بستن و ذوب شدن از فرسایش پذیری بین شیاری پایه K_{ib} بدست می آید،

I_e : شدت بارش موثر (میلی متر بر ساعت)،

σ_{ir} : میزان رواناب بین شیاری (میلی متر بر ساعت)،

برای بارندگی با شدتهای مختلف در طول رگبار محاسبه می گردد. زانگ^۲ و همکاران (۱۹۹۶) معادله عمومی گرین- امپت را (رابطه ۵) تشریح کردند.

$$f = K_e \left[1 + \left(\frac{N_s}{F} \right) \right] \quad \text{رابطه ۵:}$$

که $f =$ نرخ نفوذپذیری به میلیمتر در ساعت، $K_e =$ هدایت هیدرولیکی موثر به میلیمتر در ساعت

$N_s =$ پتانسیل ماتریکس موثر به میلیمتر، $F =$ نفوذپذیری تجمعی به میلیمتر

در نقاط مختلف دنیا بخصوص در قاره آمریکا تحقیقات زیادی در زمینه ارزیابی بکارگیری، واسنجی و آنالیز حساسیت این مدل به انجام رسیده است. نمونه هایی از بکارگیری مدل وپ را می توان بصورت زیر اشاره کرد: تاثیر استفاده های مختلف از خاک روی نتایج مدل (۱۷ و ۳۴)، کالیبراسیون برخی از متغیرها در مناطق مختلف و متفاوت از جایی که اولین بار مدل گسترش یافت، از قبیل ظرفیت حمل در شیارهای با آب کم عمق (۳۲)، پارامترهای فرسایش پذیری در مراتع (۱۵)، کالیبراسیون پارامترهای مربوط به فرایند های رواناب و نفوذ پذیری (۲۷) و بکارگیری در مناطقی خارج از ایالات متحده آمریکا (۵، ۱۱، ۲۵ و ۲۶). در ایران احمدی و همکاران (۲۰۰۷) در حوزه آبخیز بار اریه^۳ نیشابور به برآورد رواناب و رسوب با استفاده از نسخه آبخیز وپ تحت ژئو وپ^۴ پرداخت. نتایج نشان داد بین مقادیر برآوردی از مدل و

SDR_{tr} : نسبت تحویل رسوب بین شیار که تابعی از زبری تصادفی، شیب جانبی و توزیع اندازه ذرات بین شیار است،

F_{nozzle} : فاکتور اصلاحی برای محاسبه تغییرات انرژی برخورد قطرات در انواع سر شیلنگ آب پاش آبیاری. این فاکتور بجز در مورد آبیاری بارانی، در بقیه شبیه سازیهای باران برابر ۱ می باشد. در مواقعی که آب از طریق آبیاری بارانی به سطح خاک اضافه می شود، مقدار آن بین ۰ تا ۱ انتخاب شده تا اختلاف موجود در انرژی برخورد و فرسایش قطرات باران نازلها را مختلف را بحساب آورد، R_s : گشاد شدن شیار به متر، W : عرض شیار به متر.

تابع فرسایش شیار نیز به شرح رابطه ۳ می باشد (۱۰):

$$D_f = K_{radj} (\tau_f - \tau_{cadj}) \times \left[1 - \frac{G}{T_c} \right] \quad \text{رابطه ۳:}$$

K_{radj} : پارامتر تعدیل شده فرسایش پذیری خاک (ثانیه بر متر)، τ_f : تنش برشی جریان به کیلوگرم بر متر بر مجذور ثانیه، τ_{cadj} : تنش برشی بحرانی تعدیل شده سطح شیار به کیلوگرم بر متر بر مجذور ثانیه.

T_c : ظرفیت حمل رسوب جریان شیار (کیلوگرم بر متر بر ثانیه) که بوسیله رابطه ۴ بدست می آید (۱۲):

$$T_c = K_{tr} \times q_w^s \quad \text{رابطه ۴:}$$

که K_{tr} : ضریب ثابت معادله، q_w : دبی جریان در واحد عرض (متر مربع بر ثانیه)، S : شیب به درصد (./). مقدار نفوذ تجمعی در مدل وپ با استفاده از مدل گرین- امپت^۱ اصلاح شده

2 - Zhang
3 - Bar-Erieh
2- Geowepp

1- Green-Ampt

مشاهده ای از ایستگاه رسوبسنجی اختلاف معنی داری وجود ندارد. هدف از تحقیق حاضر ارزیابی کارایی نسخه دامنه مدل وپ در برآورد رواناب و رسوب اراضی مرتعی می باشد. از آنجایی که نسخه آبخیز مدل وپ نیز بر مبنای فرایندهای تولید رواناب، جدایش، انتقال و ته نشست ذرات در واحد دامنه بکار گرفته و در نهایت روندیابی رسوب بر اساس کلیه دامنه ها و آبراهه ها صورت می گیرد، لذا بعنوان اولین کار در ایران، ارزیابی نسخه دامنه مدل وپ می تواند در ارزیابی کلی آن بسیار حائز اهمیت باشد.

روش تحقیق

برای ارزیابی کارایی مدل داده های مشاهده ای از طریق جمع آوری رواناب و رسوب کرتها و داده های برآوردی از طریق برآورد رواناب و رسوب با استفاده از مدل وپ در تاریخ وقوع رگبارها بدست آمد.

اندازه گیری رواناب و رسوب رگبارها

تعداد ۲ کرت بر اساس دستورالعمل سازمان خواروبار جهانی (۱۳) و به ابعاد $2 \times 12/5$ طراحی و نصب گردید. شیب دامنه ها ۳۴ درصد و جهت دامنه شمالی بوده است. کرتها دارای پوششی از گونه های مرتعی شامل *Bromus Tectorum* *Achillea sp* *Erodium* *Hordeum sp* *Cirsium arvense* *sp* و *Phlomis sp* بوده است. محدوده هر کرت با استفاده از سیمهای گابیون ضخیم به ارتفاع ۱/۵ متری و با پایه های چوبی ۲ متری به فواصل ۱/۵ متر حصارکشی گردید. برای

ساخت کرتها از ورقهای گالوانیزه با ارتفاع ۳۰ سانتی متر استفاده شد که تا عمق ۸ سانتیمتر در خاک فرو برده شد و در حدود ۲۲ سانتیمتر در بالای خاک در نظر گرفته شد تا بتواند تمامی رواناب ایجاد شده در داخل کرت را به پایین دامنه منتقل کند. در پایین دامنه و در نقطه خروجی لوله های پلی اتیلن عمل انتقال رواناب و رسوب به درون کرت را بر عهده داشتند. از داده های اقلیمی و گرافهای باران نگار ثبات ایستگاه سد خاکی فریم در فاصله ۸۰۰ متری از سایت برای استخراج داده های ورودی بخش اقلیم به مدل وپ استفاده گردید. پس از هر رگبار منتهی به تولید رواناب اندازه گیری حجم رواناب صورت گرفته و نمونه های بار معلق پس از مخلوط نمودن و همگن سازی رسوبات ته نشست شده در مخزن با رواناب موجود در مخازن سه نمونه همگن به روش انتگراسیون عمقی برداشت گردید. نمونه ها در زمان مناسب به آزمایشگاه جهت فیلتراسیون و اندازه گیری بار معلق منتقل گردید. پس از اندازه گیری وزن بار معلق با لحاظ کردن سطح کرت مقدار رسوب معلق به تن در هکتار محاسبه گردید (۱۴).

برآورد رواناب و رسوب با استفاده از نسخه دامنه مدل وپ

در مدل وپ شبیه سازی رگباری بر اساس اطلاعات ورودی چهار بخش اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و خصوصیات دامنه انجام می گردد که پارامترهای ورودی هر بخش پس از اندازه گیریها و قرار دادن مقادیر در معادلاتی که در دستورالعمل های بخش های مختلف

اطلاعات ورودی بخش خاک

بمنظور اندازه گیری پارامترهای خاک مورد نیاز یک پروفیل حفر گردید. پس از تشریح افقهای مختلف، نمونه برداری از افقهای خاک انجام شد و اطلاعات مختلف لایه سطحی مورد نیاز در مدل وپ شامل بافت خاک، آلبیدو، سطح اشباع اولیه، فرسایش پذیری شیاری، فرسایش پذیری بین شیاری، تنش برشی بحرانی و هدایت هیدرولیکی موثر اندازه گیری و محاسبه (۲) گردید. همچنین پارامترهای عمق لایه، درصد شن، درصد رس، درصد ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد سنگ و سنگریزه در افقهای مختلف به مدل وارد گردید.

اطلاعات ورودی بخش مدیریت (پوشش گیاهی)

اطلاعات ورودی داده های مدیریت هم شامل داده های ورودی مربوط به مدیریت زراعی و هم مدیریت اراضی می باشد. در این بخش، مدل وپ بر اساس یک تقویمی که تلفیق شده از تقویم عملیات زراعی و تقویم عملیات مدیریتی می باشد، کار می کند. در این تقویم ابتدا باید اطلاعات ورودی متعددی را در زمینه پوشش گیاهی، خاک، بقایای گیاهی و ... مربوط به تاریخ اول ژانویه (شرایط ابتدایی) سال شبیه سازی وارد نمود (۴ و ۳۰). مدل وپ بصورت درونی با مدلسازی رشد محصول به روش اپیک^۱ اصلاح شده تمامی اطلاعات ورودی بخش مدیریت را در زمان تاریخ رگبار مورد نظر استخراج می کند.

آمده، بدست آمده است. پس از اینکه اطلاعات مورد نیاز برای هر یک از کرتها اندازه گیری و محاسبه شد، برای هر یک از رگبارهای منطقه در دوره یکساله آماربرداری که جمعاً ۲۱ رگبار بیشتر از ۵ میلیمتر بوده است، مقادیر رواناب، تلفات خاک و رسوب بدست آمد. نظر به تعداد زیاد عوامل موثر و نیز نحوه محاسبات آنها در این تحقیق از آوردن همه روابط و پارامترها بدلیل حجم بسیار زیاد آنها خودداری گردید و تنها به توضیح برخی عوامل مهم تر بسنده شده است. در زیر اطلاعات ورودی بخش های مختلف آمده است.

اطلاعات ورودی بخش اقلیم

اطلاعات مختلف جهت اجرای برنامه کلیژن^۱ (۲۳) شامل متوسط بارندگی ماهانه، انحراف معیار بارندگی ماهانه، ضریب چولگی ماهانه، احتمال یک روز مرطوب پس از یک روز مرطوب، احتمال یک روز مرطوب پس از یک روز خشک، متوسط حداقل دمای روزانه، انحراف معیار حداقل دمای روزانه، متوسط حداکثر دمای روزانه و انحراف معیار حداکثر دمای روزانه می باشد. کلیه این اطلاعات با استفاده از داده های ایستگاههای هواشناسی محمد آباد و سد خاکی فریم از روی دستورالعمل تهیه فایل اقلیم (۲۳) بدست آمد. شاخصه های آماری بدست آمده برای منطقه در مدل وارد شد و تحت برنامه کلیژن شبیه سازی گردید و مقادیر بارندگی و درجه حرارت در دوره ۱۰۰ ساله برای منطقه بدست آمده و قابل بکارگیری در مدل وپ گردید.

1- EPIC

1- Climate Generator (CLIGEN)

اطلاعات ورودی بخش دامنه

اطلاعات ورودی بخش دامنه به وسیله فایل شیب وارد می شود. اطلاعات مورد نیاز این بخش شامل جهت دامنه، عرض، طول و مقدار شیب دامنه می باشد. مدل وپ به کاربر اجازه می دهد تا بسیاری از اشکال پیچیده دامنه را با وارد کردن مقادیر فاصله از بالای دامنه و شیب آن بخش به مدل معرفی کند. در واقع پنجره ویرایش ورودی شیب جایی است که اطلاعات توپوگرافی برای شبیه سازی وپ وارد می گردد.

ارزیابی کارایی نسخه دامنه مدل وپ

در این تحقیق از رابطه ناش و ساتکلیف^۱ (۱۹۷۰) (رابطه ۶) که در تحقیقات گرونستن و لوندکوم^۲ (۲۰۰۶) و یو^۳ و همکاران (۲۰۰۰) در زمینه استفاده از مدل وپ بکار گرفته شده بود استفاده گردید:

رابطه ۶:

$$E = 1 - \left[\frac{\sum (Y - O)^2}{\sum (O - \bar{O})^2} \right]$$

Y = مقادیر برآورد شده رسوب به تن در

هکتار، O = مقادیر مشاهده ای رسوب به

تن در هکتار

\bar{O} = میانگین مقادیر اندازه گیری شده به

تن در هکتار

ضریب کارایی مدل (E) مقادیر پیش بینی

شده را نسبت به خط ۱:۱ بین مقادیر پیش

بینی و اندازه گیری مقایسه می کند. مقدار E

همواره بین یک و منفی بی نهایت متغیر می

باشد. مقادیر منفی E بیانگر عملکرد بد مدل می باشد. بطور کل مقادیر منفی E یعنی اینکه عملکرد مدل بدتر از حالتی است که از میانگین مشاهدات بعنوان یک پیش بینی کننده استفاده گردد.

نتایج

با آنالیز گرافهای باران نگار خصوصیات مختلف بارش مورد استفاده در مدل استخراج گردید که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. همچنین شاخصهای اقلیمی استخراج شده از اطلاعات ایستگاههای هواشناسی منطقه جهت تکمیل و اجرای برنامه کلینن بمنظور تهیه فایل اقلیم در جداول ۲ و ۳ آمده است.

1 - Nash & Sutcliffe

2- Gronsten & Lundekvam

3 - Yu

جدول ۱: مشخصات رگبارهای مورد استفاده در تحقیق

| ردیف | تاریخ رگبار به میلادی | زمان شروع رگبار | زمان خاتمه رگبار | مدت بارش (ساعت) | مقدار کل بارش (mm) | متوسط شدت بارش (mm/hr) | حداکثر شدت بارش (mm/hr) | درصد مدت تا اوج شدت بارش |
|------|-----------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| ۱ | ۶ نوامبر ۲۰۰۵ | ۱۳ و ۱۵ دقیقه | ۲۱ | ۷/۷۵ | ۲۸ | ۳/۶۱ | ۱۱/۲ | ۳ |
| ۲ | ۸ و ۹ نوامبر ۲۰۰۵ | ۱۳ و ۴۵ دقیقه | ۱۵ و ۴۵ دقیقه | ۲۶ | ۳۷/۹ | ۱/۴۶ | ۵/۲ | ۲۸ |
| ۳ | ۱۶ ژانویه ۲۰۰۶ | ۹ | ۱۳ | ۴ | ۵/۵ | ۱/۳۷۵ | ۳/۲ | ۵۰ |
| ۴ | ۱۱ مارچ ۲۰۰۶ | ۴ و ۴۵ دقیقه | ۱۶ | ۱۳/۲۵ | ۱۴/۵ | ۱/۰۹۴ | ۶ | ۷۹ |
| ۵ | ۲۵ آوریل | نیمه شب | ۴ و ۳۰ دقیقه | ۴/۵ | ۶/۸ | ۱/۵۱ | ۴ | ۸۰ |
| ۶ | ۱۳ می | ۱۲ و ۱۵ دقیقه | ۲۳ و ۱۵ دقیقه | ۷ | ۱۶/۳ | ۲/۳۳ | ۱۲ | ۸۹ |
| ۷ | ۱۷ می | ۱۴ و ۱۵ دقیقه | ۱۹ و ۱۵ دقیقه | ۵ | ۱۰/۳ | ۲/۰۶ | ۱۲ | ۹۵ |
| ۸ | ۲۱ می | ۱۳ و ۱۵ دقیقه | ۱۹ و ۱۵ دقیقه | ۶/۵ | ۶/۶ | ۱/۰۱ | ۵/۲ | ۳۵ |
| ۹ | ۴ و ۵ جولای | ۱۹ و ۱۵ دقیقه | ۶ | ۱۰/۷۵ | ۶/۴ | ۰/۶ | ۲/۸ | ۷ |
| ۱۰ | ۱۳ سپتامبر | ۱۴ و ۴۵ دقیقه | ۲۰ | ۵/۲۵ | ۷/۳ | ۱/۳۹ | ۸ | ۱۰ |
| ۱۱ | ۱۶ سپتامبر | ۴ و ۳۰ دقیقه | ۶ و ۳۰ دقیقه | ۲ | ۶/۲ | ۳/۱ | ۱۱/۲ | ۲۵ |
| ۱۲ | ۱۷ سپتامبر | ۱ | ۴ و ۳۰ دقیقه | ۳/۵ | ۹/۷ | ۲/۷۷ | ۸ | ۶۴ |
| ۱۳ | ۲۶ سپتامبر | ۱۹ و ۴۵ دقیقه | ۲۱ و ۱۵ دقیقه | ۱/۵ | ۱۲/۱ | ۸/۰۷ | ۴۰ | ۱۷ |
| ۱۴ | ۶ اکتبر | ۱۳ | ۱۸ | ۵ | ۷ | ۱/۴ | ۶ | ۳۰ |
| ۱۵ | ۱۹ اکتبر | ۱۵ | ۲۱ و ۳۰ دقیقه | ۶/۵ | ۱۶/۸ | ۲/۵۸ | ۳۰ | ۵۰ |
| ۱۶ | ۲۴ اکتبر | ۱۶ و ۱۵ دقیقه | ۲۰ | ۳/۷۵ | ۱۰ | ۲/۶۷ | ۸ | ۸۰ |
| ۱۷ | ۹ و ۸ نوامبر | ۲۰ و ۴۵ دقیقه | ۷ | ۱۰/۲۵ | ۷/۳ | ۰/۷۱ | ۲/۸ | ۳ |
| ۱۸ | ۱۶ نوامبر | ۱ | ۶ و ۱۵ دقیقه | ۵/۲۵ | ۷/۲ | ۱/۳۷ | ۱۲/۸ | ۵ |
| ۱۹ | ۱۹ و ۲۰ نوامبر | ۱۸ و ۱۵ دقیقه | ۱۷ | ۲۲/۷۵ | ۱۱/۹ | ۱/۴ | ۴ | ۳۷ |

جدول ۲: شاخصه های بارندگی محاسبه شده برای اجرای برنامه کلیتین

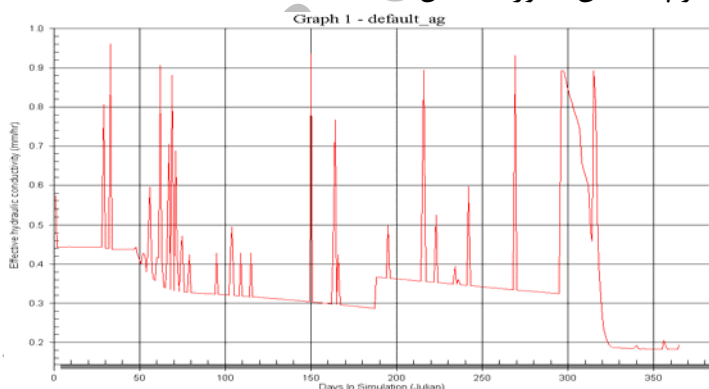
| Jan | Feb | Mar | Apr | May | June | July | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | ماههای سال |
|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|--|
| ۰/۳۳ | ۰/۳۳ | ۰/۵۱ | ۰/۴۶ | ۰/۳۹ | ۰/۶۱ | ۰/۵۲ | ۰/۳۸ | ۰/۲۵ | ۰/۳۱ | ۰/۵۵ | ۰/۵۳ | احتمال یک روز مرطوب پس از یک روز مرطوب |
| ۰/۱۰ | ۰/۲۱ | ۰/۱۸ | ۰/۱۷ | ۰/۱۸ | ۰/۲۲ | ۰/۱۲ | ۰/۲۳ | ۰/۱۲ | ۰/۰۹ | ۰/۱۳ | ۰/۱۱ | احتمال یک روز مرطوب پس از یک روز خشک |
| ۰/۲۲ | ۰/۲۶ | ۰/۲۷ | ۰/۲۴ | ۰/۲۱ | ۰/۲۰ | ۰/۲۳ | ۰/۲۹ | ۰/۳۷ | ۰/۲۷ | ۰/۵۶ | ۰/۲۴ | متوسط بارندگی در یک روز مرطوب (اینچ) |
| ۷/۱۶ | ۸/۹۳ | ۱۲/۷۳ | ۱۱/۵۳ | ۱۰/۱۷ | ۱۰/۱۴ | ۹/۷۵ | ۱۳/۰۲ | ۱۱/۵۲ | ۱۱/۹۳ | ۱۹/۹۹ | ۹/۳۶ | کل میزان بارندگی در دوره آماری (اینچ) |
| ۲۴ | ۴۴ | ۴۸ | ۴۲ | ۳۰ | ۵۴ | ۴۸ | ۵۴ | ۲۴ | ۱۶ | ۳۶ | ۳۰ | تعداد روزهای مرطوب در کل دوره آماری |
| ۰/۱۹ | ۰/۱۳ | ۰/۲۳ | ۰/۱۴ | ۰/۳۶ | ۰/۱۵ | ۰/۲۰ | ۰/۱۶ | ۰/۴۳ | ۰/۱۰ | ۰/۴۱ | ۰/۱۹ | انحراف معیار بارندگی |
| ۰/۴۲ | ۰/۴۲ | ۰/۳۹ | ۰/۵۶ | ۰/۴۴ | ۰/۴۳ | ۰/۵۵ | ۰/۵۶ | ۰/۵۴ | ۰/۵۸ | ۰/۴۶ | ۰/۴۵ | ضریب چولگی بارندگی |

جدول ۳: شاخصه های درجه حرارت محاسبه شده برای اجرای برنامه کلیتین

| Jan | Feb | Mar | Apr | May | June | July | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | ماههای سال |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------------------------|
| ۱/۳۴ | ۱/۷۶ | ۱/۷۷ | ۱/۶۹ | ۱/۸۴ | ۱/۶۱ | ۱/۱۵ | ۱/۷۱ | ۱/۷۴ | ۱/۸۶ | ۱/۱۶ | ۱/۵۹ | متوسط حداقل دمای روزانه (فارنهایت) |
| ۲۹ | ۳۲ | ۳۶ | ۴۲ | ۴۷ | ۵۶ | ۶۲ | ۶۲ | ۵۷ | ۴۹ | ۳۸ | ۳۱ | انحراف معیار حداقل دمای روزانه |
| ۱/۱۱ | ۱/۱۹ | ۱/۶۹ | ۲/۵۱ | ۴/۰۰ | ۲/۴۶ | ۲/۵۱ | ۲/۴۳ | ۳/۴۷ | ۴/۰۶ | ۰/۹۷ | ۳/۳۶ | متوسط حداکثر دمای روزانه (فارنهایت) |
| ۱/۵۶ | ۱/۸۸ | ۱/۶۴ | ۱/۵۷ | ۱/۲۵ | ۱/۵۵ | ۱/۹۸ | ۱/۶۸ | ۱/۹۵ | ۱/۸۹ | ۱/۷۴ | ۱/۰۵ | انحراف معیار حداکثر دمای روزانه |
| ۱/۵۳ | ۵/۱۴ | ۶/۵۶ | ۴/۷۲ | ۵/۰۵ | ۲/۳۷ | ۲/۶۳ | ۳/۳۹ | ۳/۰۸ | ۵/۲۹ | ۲/۱۵ | ۴/۶۱ | انحراف معیار حداکثر دمای روزانه |

شد که ابتدا با استفاده از فایل‌های ساخته شده خاک، اقلیم، دامنه و مدیریت، شبیه سازی پیوسته برای مدت یکسال انجام گردید. پس از انجام شبیه سازی پیوسته با داده های فوق و تقویم مدیریتی سالانه، مقدار هدایت هیدرولیکی موثر اصلاح شده در طول سال بصورت شکل ۲ از مدل بدست آمد. سپس با توجه به زمان رگبار مقدار هدایت هیدرولیکی موثر از گراف خروجی استخراج گردید و در شبیه سازی رگباری از آن استفاده بعمل آمد. در جدول ۴ مقادیر رواناب و رسوب مشاهده ای و برآوردی در دو حالت با هدایت هیدرولیکی موثر پایه (K_b) و هدایت هیدرولیکی موثر اصلاح شده (K_e) آمده است.

پس از ساخت فایل‌های مختلف چهارگانه مدل برای هر یک از رگبارها اجرا گردید و مقادیر رواناب و رسوب کرتها بدست آمد. در مدل وپ مقدار عددی بدست آمده برای هدایت هیدرولیکی موثر یک مقدار پایه بوده که لازم است برای زمان وقوع رگبار اصلاح و کالیبره گردد. مقدار پایه هدایت هیدرولیکی مربوط به خاک مورد نظر اما در حالت خشک و زمانی که کاملاً شخم خورده است به مدل وارد می گردد. بهمین خاطر مقدار رواناب و به تبع آن رسوب برآوردی از مدل با توجه به اینکه میزان نفوذپذیری بیشتر از مقدار واقعی به مدل معرفی می گردد، کمتر برآورد می شود. برای اصلاح هدایت هیدرولیکی موثر در شبیه سازی رگباری مدل وپ، بدین صورت عمل



شکل ۲: مقادیر هدایت هیدرولیکی اصلاح شده در طول یکسال شبیه سازی

جدول ۴: مقادیر مشاهده ای و برآوردی رواناب و رسوب با هدایت هیدرولیکی پایه (K_b) و اصلاح شده (K_e)

| مشاهده ای | برآوردی با هدایت هیدرولیکی اصلاح شده | | برآوردی با هدایت هیدرولیکی پایه | | تاریخ وقوع رگبار | فصل |
|-----------|--------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|------------------|---------------------|
| | رواناب | رسوب | رواناب | رسوب | | |
| ۰/۰۱۴ | ۸/۹۳ | ۰/۰۱۳ | ۱۱/۴۸ | ۰/۰۰۸ | ۷/۴۴ | ۶ نوامبر ۲۰۰۵ |
| ۰/۰۱۵ | ۱۰/۹۱ | ۰/۰۱۱ | ۱۳/۴۹ | ۰/۰۰۶ | ۷/۵۵ | ۸ و ۹ نوامبر ۲۰۰۵ |
| ۰/۱۷۴ | ۶/۱۲ | ۰/۱۵۱ | ۶/۳۴ | ۰/۰۸۲ | ۳/۹۱ | ۲۶ سپتامبر ۲۰۰۶ |
| . | . | ۰/۰۰۱ | ۰/۵۶ | . | . | ۶ اکتبر ۲۰۰۶ |
| ۰/۳۸۱ | ۱۰/۱۴ | ۰/۲۴۵ | ۱۰/۰۵ | ۰/۱۵۴ | ۷/۳۳ | ۱۹ اکتبر ۲۰۰۶ |
| ۰/۰۰۵ | ۳/۹۱ | ۰/۰۰۳ | ۳/۴۷ | ۰/۰۰۲ | ۰/۹۳ | ۲۴ اکتبر ۲۰۰۶ |
| . | . | . | . | . | . | ۸ و ۹ نوامبر ۲۰۰۶ |
| ۰/۰۰۲ | ۲/۱۲ | ۰/۰۰۲ | ۱/۵۹ | . | . | ۱۶ نوامبر ۲۰۰۶ |
| ۰/۰۰۱ | ۰/۸۶ | ۰/۰۰۱ | ۱/۹۱ | . | . | ۲۰ و ۲۱ نوامبر ۲۰۰۶ |

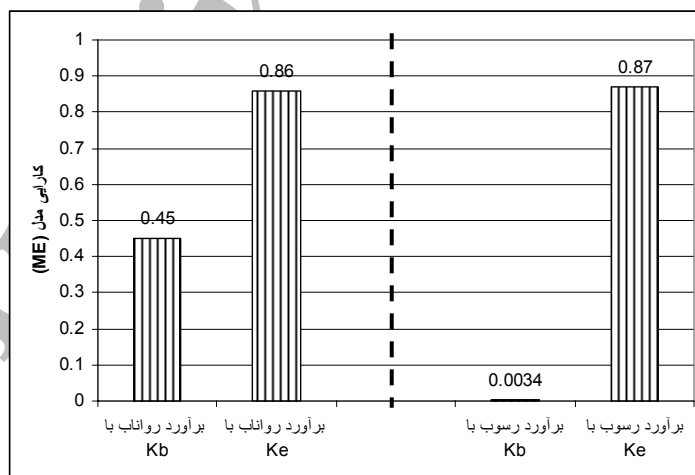
ادامه جدول ۴: مقادیر مشاهده ای و برآوردی رواناب و رسوب با هدایت هیدرولیکی.....

| مشاهده ای | برآوردی با هدایت هیدرولیکی اصلاح شده | | برآوردی با هدایت هیدرولیکی پایه | | تاریخ وقوع رگبار | فصل |
|-----------|--------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|------------------|---------|
| | رواناب | رسوب | رواناب | رسوب | | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۶ ژانویه ۲۰۰۶ | زمستان |
| ۰/۰۰۵ | ۵/۱۲ | ۰/۰۰۴ | ۴/۷۴ | ۰/۰۰۲ | ۱۱ مارچ ۲۰۰۶ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۵۲ | ۰ | ۲۵ آوریل ۲۰۰۶ | بهار |
| ۰/۰۱۸ | ۸/۳۵ | ۰/۰۱۵ | ۸/۱۲ | ۰/۰۰۸ | ۱۳ می ۲۰۰۶ | |
| ۰/۰۰۶ | ۴/۸۹ | ۰/۰۰۶ | ۴/۲۴ | ۰/۰۰۳ | ۱۷ می ۲۰۰۶ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۱۴ | ۰ | ۲۱ می ۲۰۰۶ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴ جولای ۲۰۰۶ | تابستان |
| ۰ | ۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۵۹ | ۰ | ۱۳ سپتامبر ۲۰۰۶ | |
| ۰ | ۰ | ۰/۰۰۲ | ۱/۰۵ | ۰ | ۱۶ سپتامبر ۲۰۰۶ | |
| ۰/۰۰۳ | ۰/۲۲ | ۰/۰۰۳ | ۳/۱۴ | ۰/۰۰۱ | ۱۷ سپتامبر ۲۰۰۶ | |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۴۶ | |

تا ∞ تغییر می کند. کارایی مدل در برآورد رواناب و رسوب با توجه به مقادیر مشاهده ای و برآوردی در شکل ۳ آمده است.

ارزیابی کارایی مدل

برای ارزیابی کارایی مدل همانگونه که در روش تحقیق آمده است به روش ناش و ساتکلیف (۱۹۷۰) استفاده شده است. در این روش مقادیر ME یا ضریب کارایی مدل بین ۱



شکل ۳: کارایی مدل در برآورد رواناب و رسوب با استفاده از هدایت هیدرولیکی پایه و اصلاح شده

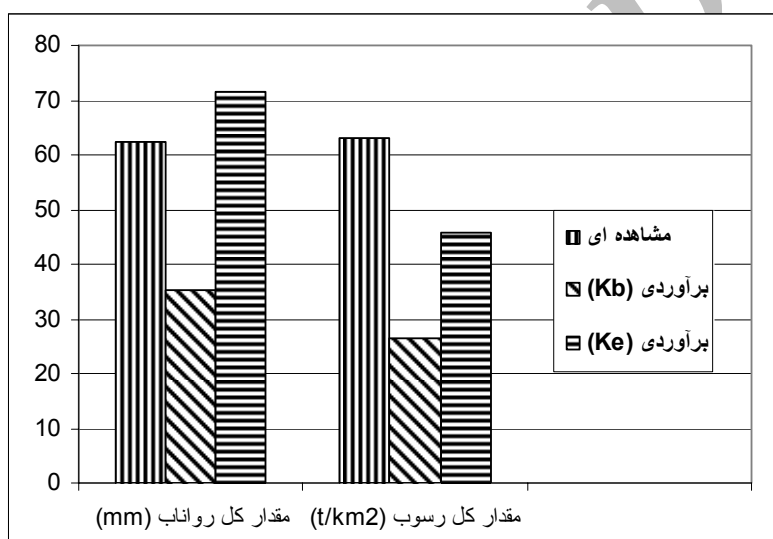
برآورد رواناب و 0.0034 در برآورد رسوب بوده است.

همانگونه که اشاره گردید مقدار واقعی هدایت هیدرولیکی موثر در زمان وقوع رگبار در شبیه سازی ها مورد استفاده قرار نمی

نتایج ارزیابی کارایی مدل نشان داده است که مدل وپ در صورتیکه با استفاده از مقدار پایه هدایت هیدرولیکی استفاده گردد، نتایج خیلی خوبی بخصوص در پیش بینی رواناب به همراه نداشته است. کارایی مدل 0.45 در

معرفی می‌گردد، کمتر برآورد می‌شود. برای برطرف کردن این مشکل باید مقدار هدایت هیدرولیکی خاک در طول زمان بسته به شرایط خاک و پوشش گیاهی اصلاح گردد. در شکل ۴ مقایسه مقادیر برآوردی و مشاهده ای رواناب و رسوب در طول دوره تحقیق آمده است.

گیرد بلکه مقدار هدایت هیدرولیکی مربوط به خاک مورد نظر اما در حالت خشک و زمانی که کاملاً شخم خورده است به مدل وارد می‌گردد. همانطور که قبلاً اشاره گردید بهمین خاطر مقدار رواناب و به تبع آن رسوب برآوردی از مدل با توجه به اینکه میزان نفوذپذیری بیشتر از مقدار واقعی به مدل

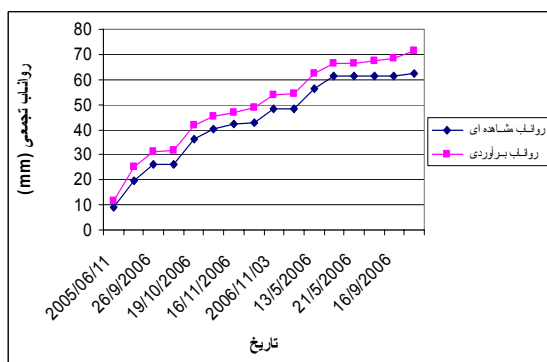


شکل ۴: مقایسه مقادیر برآوردی و مشاهده ای میزان رواناب و رسوب در کل دوره تحقیق

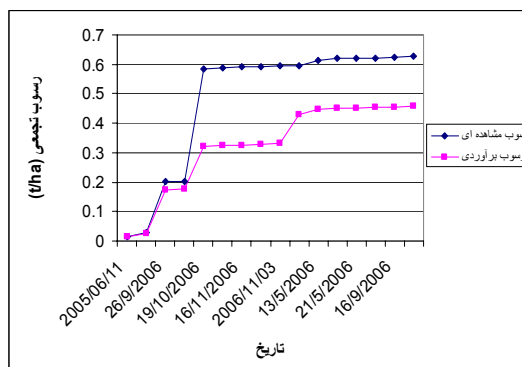
اصلی نفوذ پذیری در مدل وپ می‌باشد، نتایج بدست آمده بهبود یافته است، اما همچنان مقدار برآوردی رواناب و رسوب در بسیاری از رگبارها کمتر از مقدار مشاهده ای بوده است. نسبت مقادیر برآوردی به مشاهداتی بدست آمده در جدول فوق نشان می‌دهد که در بیشتر موارد مدل تمایل نشان داده تا میزان رواناب و رسوب را کمتر از مقدار مشاهده ای برآورد نماید. همچنین مقادیر تجمعی رواناب و رسوب در طول دوره شبیه سازی در اشکال ۵ و ۶ آمده است.

نتایج نشان داده است که با استفاده از هدایت هیدرولیکی موثر اصلاح شده مقادیر رواناب و رسوب تا حد زیادی به مقادیر مشاهده ای نزدیک شده است و باعث بهبود نتایج مدل گشته است. ارزیابی کارایی مجدد مدل با مقادیر واسنجی شده هدایت هیدرولیکی موثر نشان داد که کارایی مدل در برآورد رواناب و رسوب به ترتیب به ۰/۸۶ و ۰/۸۷ افزایش یافته است.

بطور کلی با توجه به نتایج بدست آمده از ارزیابی مدل می‌توان اظهار داشت که اگر چه اصلاح هدایت هیدرولیکی موثر که فاکتور



شکل ۶: رسوب مشاهده ای و برآوردی تجمعی



شکل ۵: رواناب مشاهده ای و برآوردی تجمعی

نوامبر، ۱۷ می و ۱۷ سپتامبر ۲۰۰۶ با نسبت برآوردی به مشاهده ای برابر ۱ بوده است. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین مقدار رواناب مشاهده ای ناشی از بارش تاریخ ۸ و ۹ نوامبر ۲۰۰۵ (۱۷ و ۱۸ آبان ۱۳۸۴) به میزان ۱۰/۹۱ میلیمتر بوده است که مدل قبل از واسنجی تنها ۰/۶۹ و بعد از واسنجی ۱/۲۴ برابر آن را برآورد نموده است. این تاریخ دارای بیشترین مقدار و بیشترین مدت بارش در کل دوره تحقیق نیز بوده است. همزمانی وقوع بیشترین رواناب و رسوب با پایان فصل چرا دلالت بر اثر لگدکوبی دام در کاهش خلل و فرج خاک، افزایش تراکم و وزن مخصوص ظاهری خاک، کاهش نفوذ پذیری و در نتیجه افزایش رواناب و رسوب دارد. لافلن و همکاران (۱۹۹۴)، نورتن و همکاران (۱۹۹۹) و چارتیر و همکاران (۲۰۰۹) نیز به اهمیت مدیریت بر چرای دام و نقش آن در کاهش رواناب و رسوب در مقایسه با کشتهای کشاورزی اشاره داشتند. همچنین نتایج بدست آمده از رواناب و رسوب تجمعی نشان داد که بیشترین میزان رواناب و رسوب در ماههای سپتامبر، اکتبر و نوامبر (شهریور، مهر، آبان و آذر) در منطقه

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از ارزیابی مدل می توان اظهار داشت که اگر چه با اصلاح و واسنجی هدایت هیدرولیکی موثر که از جمله فاکتورهای اصلی مدل وپ می باشد، نتایج بدست آمده بهبود یافته است، اما همچنان مقدار برآوردی رواناب و رسوب در بسیاری از رگبارها کمتر از مقدار مشاهده ای بوده است. از این روش اصلاح هدایت هیدرولیکی پایه (استفاده از نتایج شبیه سازی پیوسته) گرونستن و لوندکوم (۲۰۰۶) و امور و همکاران (۲۰۰۴) نیز استفاده کرده و به نتایج مشابه با این تحقیق دست یافتند. نسبت مقادیر برآوردی به مشاهداتی بدست آمده گویای این واقعیت است و نشان می دهد که در بیشتر موارد مدل تمایل نشان داده تا میزان رواناب و رسوب را کمتر از مقدار مشاهده ای برآورد نماید. نتایج ارزیابی کلی کارایی مدل نشان داد برآورد رسوب با K_e بهترین و برآورد رسوب با K_b بدترین برآوردها بوده است.

نتایج ارزیابی رگباری نیز نشان داد، بهترین برآوردها مربوط به برآورد رسوب با K_e در رگبارهای تاریخ ۱۶ نوامبر، ۱۹ و ۲۰

نتایج نشان داد مدل در برخی بارش‌های کوچک بیشتر و در برخی بارش‌های بزرگ کمتر برآورد کرده است، اما این برآوردها از هیچ نظم خاصی تبعیت نکردند. مطالعات لوندکوم و اسکوین (۱۹۹۸) نیز نشان داد که در وقایع بارندگی کم تنها بخش‌هایی از کرت در تولید رواناب مشارکت می‌کنند. این در حالی است که به هر صورت مدل وپ فرض می‌کند که کل کرت در تولید رواناب و رسوب مشارکت می‌نمایند که در نهایت باعث می‌شود مدل بیشتر از مقدار واقعی^۱ برآورد می‌نماید و این یکی از معایب مدل می‌باشد. در نتیجه می‌توان نتیجه‌گیری نمود با تعریف و جدا کردن یک سطح موثر در نفوذپذیری و تولید رواناب، در وقایع بارش کم نیز نتایج مدل به واقعیت نزدیک تر خواهد شد. همچنین در وقایعی که مدل کمتر برآورد کرده است، آنچه که از نتایج این تحقیق بدست آمد حاکی از آن است که زمانیکه بارش‌های با شدت کم (و حتی مقدار صفر در بین بارش) و مدت زیاد رخ می‌دهد یعنی بارش زمان کافی برای نفوذ دارد و خاک را کاملاً اشباع می‌نماید، و در نتیجه باعث زیاد شدن مقدار رواناب می‌گردد. در حالی که بخاطر ذات معادله اصلاح شده گرین-امپت (مورد استفاده در مدل وپ برای برآورد نفوذپذیری) و شدت کلی کم بارش، مدل وپ مقدار رواناب را نیز کم برآورد می‌کند و در نهایت منجر به کمتر برآورد کردن^۲ میزان رواناب می‌گردد. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، بطور کلی

مورد مطالعه اتفاق می‌افتد. از آنجا که این فاصله زمانی مقارن با کاهش پوشش گیاهی به دلیل واقع شدن در انتهای فصل چرا و پایان دوره رویشی می‌باشد، لذا اراضی مرتعی منطقه مورد مطالعه در این تاریخ بسیار حساس به تولید رواناب و رسوب می‌باشند. این نتایج با توجه به فایل تقویم مدیریت اراضی ساخته شده گویای این واقعیت است که مدل بصورت درونی این شرایط را برای زمان رگبارها لحاظ کرده و میزان رواناب و رسوب را بدست می‌دهد. از طرف دیگر نرخ نفوذ پذیری در طول سال متفاوت می‌باشد. بر روی خاک‌های رسی کرت‌ها، نفوذ پذیری در طول تابستان بدلیل خشک بودن و در نتیجه شکستگی سطحی و فعالیتهای بیولوژیکی افزایش می‌یابد، در حالیکه در پاییز، زمستان و اوایل بهار بخاطر مرطوب بودن و آماس در نتیجه آبیگری کاهش می‌یابد. گرونستن و لوندکوم (۲۰۰۶) نیز به آماس خاک‌های رسی و کاهش نفوذ پذیری و در نتیجه افزایش رواناب و رسوب در فصل زمستان و پاییز اشاره کردند. از آنجایی که طول کم کرت‌ها و یکنواختی شیب مانع از فراهم شدن شرایط رسوبگذاری در کرت‌ها گردید، میزان رسوب و فرسایش خاک برابر هم بدست آمده و در واقع میزان نسبت تحویل رسوب برابر ۱۰۰٪ در نظر گرفته شد. در بیشتر مطالعات کرتی خصوصاً در کرت‌های با طول کوتاه این فرضیه درست می‌باشد. بویان و همکاران (۲۰۰۲) گرونستن و لوندکوم (۲۰۰۶) نیز از همین روش در ارزیابی نسخه دامنه مدل وپ استفاده کردند.

1- Over Predict
2- Under Predict

نتیجه گیری نهایی اینکه وقتی که از K_b استفاده شد، مدل وپ مقادیر رواناب و رسوب را بسیار کمتر از مقادیر مشاهده ای برآورد نمود، اما واسنجی K_b منجر به بهبود نتایج مدل گردید. با این وجود مطالعات بیشتری در مقیاس های زمانی و مکانی متفاوت با تحقیق حاضر مورد نیاز می باشد تا بتوان در خصوص قابلیت بکارگیری این مدل با توجه به داده های پایه ای به نسبت ضعیف در ایران اظهار نظر نمود.

نتایج تحقیق نشان داد که مدل وپ هیچگونه نظم خاصی را در کمتر یا بیشتر برآورد کردن رواناب و رسوب در شدتهای بالا یا پایین نشان نداده است، اگر چه در برخی وقایع با شدت کم، بیشتر و در برخی وقایع با شدت و مقدار بزرگ، کمتر برآورد کرده است. این در حالی است که ژانگ و همکاران (۱۹۹۶)، سوتو و دیازفریوس (۱۹۹۸)، امور و همکاران (۲۰۰۴) و گرونستن و لوندکوم (۲۰۰۶) نشان دادند که مدل وپ در شدتهای بارندگی پایین تمایل دارد تا مقدار رواناب و رسوب را بیشتر از مقدار واقعی برآورد نماید.

منابع

1. Ahmadi, H., M. Jafari, A. Golkarian, E. Abrisham & J. Laflan, 2007. Estimating water erosion and sediment using WEPP model (Case study of Bar-Erieh Watershed, Neyshabur), Pajouhesh & Sazandegi (75): 161-172.
2. Alberts, E.E., M.A. Nearing, M.A. Wertz, L.M. Risse, F.B. Pierson, X.C. Zhang, J.M. Laflan & J.R Simanton, 1995. Soil component, Technical documentation of USDA- water erosion prediction project (WEPP), Chapter 7, 47 pp
3. Amore, E., C. Modica, M.A. Nearing, V.C. Santoro, 2004. Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins, Journal of Hydrology 293: 100-114.
4. Arnold, J.G., M.A. Wertz, E.E. Alberts & D.C Flanagan, 1995. Plant growth component, Technical documentation of USDA- water erosion prediction project (WEPP), Chapter 8, 41 pp
5. Bacchi, O.O.S., K. Reichardt & G. Sparovek, 2003. Sediment spatial distribution evaluated by three methods and its relation to some soil properties, Soil & Tillage Research 69: 117-125.
6. Beeskow, A.M., N.O. Elissalde & C.M. Rostagno, 1995. Ecosystem change associated with grazing intensity on the Punta Ninfas rangelands of Patagonia, Argentina. Journal of Range Management 48, 517-522.
7. Bhuyan, S.J., P.K. Kalita, K.M. Janssen & P.L. Barnes, 2002. Soil loss predictions with three erosion simulation models, Environmental Modeling & Software 17: 137-146.
8. Chartier, M.P., C.M. Rostagno & F.A. Roig, 2009, Soil erosion rates in rangelands of northeastern Patagonia: A dendrogeomorphological analysis using exposed shrub roots, Accepted Manuscript, DOI: 10.1016/j.geomorph.2008.11.015.
9. Flanagan, D.C & M.A. Nearing, 1995. USDA-Water Erosion Prediction Project: Hillslope profile and Watershed Model Documentation. West Lafayette: NSERL Report No. 10

10. Foster, G.R., D.C. Flanagan, M.A. Nearing, L.J. Lane, L.M. Risse & S.C. Finkner, 1995. Hillslope erosion component, Technical documentation of USDA- water erosion prediction project (WEPP), Chapter 11, 12 pp
11. Gronsten, H.A & H. Lundekvam, 2006. Prediction of surface runoff and soil loss in southeastern Norway using the WEPP Hillslope model, *Soil & Tillage Research* 85: 186-199.
12. Huang, C.H & J.M. Bradford, 1993. Analysis of slope and runoff factors based on the WEPP erosion model, *Soil Science Society of America Journal* 57: 1176-1183.
13. Hudson, N.W, 1993. Field measurement of soil erosion and runoff, *FAO Soils Bulletin*, Vol. 68. FAO, Rome.
14. Kelarestaghi, A., H. Ahmadi, A. Esmali, M. Jafari & J. Ghodosi, 2009. Comparison of runoff and sediment yield from different agricultural treatments, *Iran-Watershed Management Sciences and Engineering Journal* 2(5): 42-51.
15. Laflan, J.M., D.C. Flanagan, J.C. Ascough, M.A. Weltz & J.J. Stone, 1994. The WEPP model and its applicability for predicting erosion on rangelands, In: *Proceeding of symposium Variability in Rangeland Water Erosion Processes*, vol. 38, Soil Science Society of America, INC., Special Publication, pp. 11-22
16. Linda, P., M. Bittelli, J.Q. Wu, S. Dun, D.C. Flanagan, P.R. Pisa, F. Ventura & F. Salvatorelli, 2007. Using the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model to simulate field-observed runoff and erosion in the Apennines mountain range, Italy *Journal of Hydrology* 336: 84– 97.
17. Lindstorm, M.J., T.E. Schumacher, D.A. Lobb & J.A. Schumacher, 1999. Soil Erosion: a combined analysis of tillage and water erosion over a complex landscape, *Proceeding of 10th International Soil Conservation Organization Conference*, West Lafayette, USA
18. Lundekvam, H & S. Skoien, 1998. Soil erosion in Norway. An overview of measurements from soil loss plots. *Soil Use Management* 14: 84-89.
19. Moffet, C.A., F.B. Pierson, P.R. Robichaud, K.E. Spaeth & S.P. Hardegree, 2007. Modeling soil erosion on steep sagebrush rangeland before and after prescribed fire, *Catena* 71: 218-228.
20. Nash, J.E & J.V. Sutcliffe, 1970. River flow forecasting through conceptual models, Part I. A discussion of principles, *Journal of Hydrology* 10: 282-290.
21. Nearing, M. A., G.R. Foster, L.J. Lanem & S.C. Finkner, 1989. A process-based soil erosion model for USDA-Water Erosion Prediction Project Technology. *Transactions of the ASAE*, 32 (5): 1587-1593.
22. Nearing, M.A., V. Jetten, C. Baffaut, O. Cerdan, A. Couturier, M. Hernandez, Y. Bissonnais, M.H. Nichols, J.P. Nunes, C.S. Renschlerg, V. Souche' reh & K. van Oost, 2005. Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover, *Catena* 61: 131–154.
23. Nicks, A.D, L.J. Lane & G.A. Gander, 1995. Weather generator, Technical documentation of USDA- water erosion prediction project (WEPP), Chapter 2, 22 pp
24. Norton. D, 1999. Erosion and soil chemical properties, In: Lab,R.,(ed.), *soil quality and soil erosion*, pp. 39-56 , soil and water conservation society and CRC press, Boca Raton
25. Ranieri, S.B.L., G. Sparovek, I.C. Demaria & D.C. Flanagan, 1999. Erosion rate estimating using USLE and WEPP on a Beazilian watershed, *Proceeding of 10th International Soil Conservation Organization Conference*, West Lafayette, USA

26. Santoro, V.C., E. Amore, C. Modica & M.A. Nearing, 2002. Application of two soil erosion models to a large Sicilian basins, Proceeding of the III International Congress of European Society for Soil Conservation, Valencia
27. Savabi, M.R, 2001. Determining soil and water characteristics for application of WEPP model in South Florida. Trans. ASAE 44(1): 59-70
28. Soto, B & F. Diaz-Fierros, 1998. Runoff and soil erosion from areas of burnt scrub: Comparison of experimental results with those predicted by WEPP model. Catena 31: 257-270.
29. Stavi, I., E.D. Ungar, H. Lavee & P. Sarah, 2008. Grazing-induced spatial variability of soil bulk density and content of moisture, organic carbon and calcium carbonate in a semi-arid rangeland, Catena 75: 288-296.
30. Stott, D.E., E.E. Alberts & M.A. Wertz, 1995. Residue decomposition and management, Technical documentation of USDA- water erosion prediction project (WEPP), Chapter 9: 16 pp
31. Yu, B., C.C.A. Ciesiolka, C.W. Rose & K.J. Coughlan, 2000. A validation test of WEPP to predict runoff and soil loss from a pineapple farm on a sandy soil in subtropical Queensland Australia. Australian Journal of Soil Research 38: 537-554.
32. Zartl, A.S & C. Huang, 1999. Sediment transport capacity and erosion process interaction, Proceeding of 10th International Soil Conservation Organization Conference, West Lafayette, USA
33. Zhang, X.C., M.A. Nearing, L.M. Risse & K.V. McGregor, 1996. Evaluation of WEPP run off and soil loss predictions using natural run off plot data. Transactions of the ASAE, 39 (3): 855-863.
34. Zhang, X.C., M.A. Nearing & L.D. Norton, 1999. How WEPP model respond to different cropping and management systems, Proceeding of 10th International Soil Conservation Organization Conference, West Lafayette, USA