Archive of SID

مجله مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد سوم، شماره اول، ۱۳۹۲
http://ejsms.gau.ac.ir

بررسی رابطه بین استفاده از اراضی با بار رسوبی به‌منظور ارزیابی دقت مدل EuroSEM در بخشی از زیرحوضه آب‌خیز کارون شمالی

بیژن خلیل‌مقدم[1]*، بهزاد قربانی[2] و شجاع قربانی‌دشتکی[3]

[1]استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، [2]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، [3]استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۱

چکیده

برای تعیین رواناب و فرسایش برای انجام کارهای حفاظتی، به یک مدل دینامیکی نیاز می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی مدل EuroSEM برای اندازه‌گیری میزان رواناب، فرسایش و رسوب در بخشی از زیر حوضه آب‌خیز کارون شمالی در شرایط متفاوت پوشش گیاهی می‌باشد. مدل مورد استفاده در این پژوهش، یک مدل تک‌رخ‌داد فراگیر بوده و براساس فرآیند فرسایش و رسوب شبیه‌سازی شده است. برای ارزیابی توانایی مدل جمع‌آوری داده‌های واقعی دبی رواناب و رسوب از سرریز مستطیلی شکل آهنی که در انتهای خروجی زیرحوضه مورد مطالعه نصب گردیده بود، استفاده شد. برای شبیه‌سازی مدل پارامترسنجی، واسنجی و اعتبارسنجی انجام شد و با استفاده از شاخص‌های ضریب تبیین و کارایی مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج واسنجی (رخ‌دادهای ۵ و ۲۵ آذر) نشان داد که بهترین واسنجی هیدروگراف‌ها با کاهش حرکت موییننگی خالص مؤثر و افزایش رطوبت قبل از بارندگی و بهترین واسنجی نمودار رسوب‌ها با افزایش چسبندگی ذرات خاک، ضریب زبری مانینگ شیار و بین‌شیار و کاهش فرسایش‌پذیری خاک صورت گرفت. نتایج اعتبارسنجی (رخ‌دادهای ۱۶ اسفند، ۸ فروردین و ۱ اردیبهشت) مدل نشان داد که مدل EuroSEM، میزان کل رواناب و شدت اوج رواناب را به‌خوبی شبیه‌سازی می‌کند. شاخص‌های ارزیابی نشان می‌دهند که برآورد رواناب و رسوب مدل به‌نسبت خوب می‌باشد که شاخص‌های مختلف نتایج متفاوتی ارایه می‌نمایند. هیدروگراف‌ها و نمودار رسوب‌های شبیه‌سازی مدل نسبت به آن‌چه مشاهده شده، از شدت بارندگی بیش‌تر پیروی می‌کنند. مقدار کل رواناب

* مسئول مکاتبه: moghaddam623@yahoo.ie

www.SID.ir

Archive of SID

بین ۶/۳۷-۱/۲۲ میلی‌متر در ۱ هکتار و مقدار کل رسوب خروجی بین ۱۸-۲/۳۲ تن در هکتار در رخدادهای مورد مطالعه مشاهده گردید. نتایج شبیه‌سازی مدل نشان داد که در هر سناریو با افزایش پوشش گیاهی در هر واحد از ۵ آذر به ۸ فروردین فرسایش خاک کاهش یافت. فرسایش شیاری در طول دوره زمانی رشد از ۰/۵۴-۰/۱۶ تن در هکتار افزایش و برعکس فرسایش بین‌شیاری از ۴/۲۸-۳/۴۵ کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: مدل، EuroSEM، رواناب، فرسایش، کارون شمالی

مقدمه

فرسایش خاک فرآیندی پیچیده و اندازه‌گیری میزان حقیقی آن دشوار است. برای تجزیه و تحلیل رواناب، فرسایش و رسوب، یا به‌عبارتی تشخیص زمان شروع و زمان اوج هیدروگراف و نمودار رسوب، شدت اوج رواناب و رسوب و حجم کل رواناب و رسوبات تولیدی یک حوضه آب‌خیز به یک درک عمیق از فرآیندهای تولید رواناب و فرسایش نیاز است (مایر و مونک، ۱۹۶۵). در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در زمینه شناخت مفاهیم مختلف فرآیند فرسایش خاک به‌دست آمده است و به‌دنبال آن مدل‌های مختلف برآورد فرسایش و رسوب پا به عرصه وجود گذاشته است. از مدل‌های تجربی می‌توان به معادله جهانی تلفات خاک اشاره کرد که نیازمند اطلاعات دقیق در مورد بارش و فرسایش‌پذیری خاک می‌باشد و تنها متوسط خاک از دست رفته سالانه را برآورد می‌نماید (مورگان و همکاران، ۱۹۹۸). ولی قادر به برآورد رسوب در هر زمان و مکان نیست. برای رفع این مشکل، مورگان و همکاران (۱۹۹۳)، مدل EuroSEM[1] را ابداع نمودند. این مدل یک مدل ریاضی- فیزیک است که براساس مدل KINEROS[2] استوار است. مدل EuroSEM براساس معادله‌های ریاضی و متغیرهای زمانی و مکانی به‌شرح فرایند فرسایش می‌پردازد. برای به‌دست آوردن حجمی از رسوب که از مکان و زمان معینی عبور می‌کند، از معادله توازن جرمی دینامیک به‌شرح زیر استفاده شده است.

$$\frac{\partial(AC)}{\partial t}+\frac{\partial(QC)}{\partial X}-e(x,t)=q_s(x,t) \qquad (۱)$$

1- European Soil Erosion Model
2- Kinematic Runoff and Erosion Model

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن، C: غلظت رسوب (کیلوگرم بر مترمکعب)، A: سطح مقطع جریان (مترمربع)، Q: دبی (مترمکعب بر ثانیه)، X: فاصله (متر)، t: زمان (ثانیه)، q_s: شدت جریان رسوب خروجی در واحد زمان در واحد عرض جز (مترمکعب بر متر در ثانیه) و e: شدت جریان خالص جداسازی ذرات یا میزان فرسایش در واحد عرض جز.

مدل EuroSEM با استفاده از رابطه زیر به محاسبه میزان رواناب می‌پردازد.

$$\frac{\partial A}{\partial t} - \frac{\partial Q}{\partial x} = W[r_i(t) - F(t)] \qquad (۲)$$

که در آن، $r_i(t)$: شدت بارندگی پس از کسر ذخیره برگاب بر حسب میلی‌متر در دقیقه، $F(t)$: سرعت نفوذ موضعی بر حسب میلی‌متر در دقیقه است و W: عرض جز.

مدل EuroSEM در تعدادی از کشورها مورد ارزیابی قرار گرفته است (کوینتون و همکاران، ۱۹۹۷؛ کوینتون و مورگان، ۱۹۹۸؛ فولی و همکاران، ۱۹۹۹). کوینتون (۱۹۹٤) و کوینتون (۱۹۹۷) این مدل را با داده‌های ایستگاه وبرن انگلستان ارزیابی کرد و به این نتیجه رسید که مدل در شبیه‌سازی رواناب و خاک از دست رفته موفق می‌باشد، اما نتایج شبیه‌سازی بستگی به پارامترسنجی دارد. یعنی به جمع‌آوری، اندازه‌گیری، محاسبه و اصلاح عوامل ورودی مدل بستگی دارد. آلبلدجو و همکاران (۱۹۹٤) مدل را با داده‌هایی از پلات‌های فرسایش در شرایط اسپانیا مورد ارزیابی قرار دادند. این پژوهش نشان داد که EuroSEM می‌تواند خاک از دست رفته و رواناب را به‌خوبی شبیه‌سازی کند، ولی مدل به صحت عوامل ورودی خیلی حساس می‌باشد. کوینتون و رودریگز (۱۹۹۹) و ویه و همکاران (۲۰۰۱) بعد از انجام واسنجی و اعتبارسنجی مدل در آمریکای مرکزی به این نتیجه رسیدند که این مدل کل رواناب و خاک از دست رفته را به‌خوبی شبیه‌سازی می‌کند، اما در شبیه‌سازی زمان شروع رواناب، اوج شدت رواناب و رسوب و زمان رسیدن به اوج رواناب و رسوب بعضی از رخدادها موفق نبوده است. به‌نظر آن‌ها پارامترهای ورودی مدل به‌علت ناهمگن بودن شرایط اقلیمی و حوضه آب‌خیز نمی‌توانند از مقدار ثابتی برخوردار باشند. کی و همکاران (۲۰۰۵) در چین و ماتی و همکاران (۲۰۰٦) در کنیا با ارزیابی مدل EuroSEM به نتایج ویه و همکاران (۲۰۰۱) رسیدند. اسمتز و همکاران (۲۰۱۱) با ارزیابی مدل EuroSEM مشاهده نمودند که این مدل شدت رواناب را بهتر از دبی رسوب برآورد می‌نماید و میزان دبی رسوب برآوردی بیش‌تر از مقدار واقعی می‌باشد که به‌دلیل

www.SID.ir

Archive of SID

رسوب‌گذاری بخشی از مواد معلق با کاهش سرعت می‌باشد در صورتی‌که در مدل EuroSEM در نظر گرفته نمی‌شود.

پژوهش‌های متعدد نشان داده است که مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فرسایش خاک درصد پوشش، تنوع و تراکم پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی می‌باشند. مهم‌ترین اثر پوشش گیاهی جذب انرژی قطرات باران به‌وسیله تاج پوشش است. در این حالت به‌جای آن که قطرات باران به‌طور مستقیم به خاک برخورد نموده و انرژی جنبشی آن باعث متلاشی شدن ذرات خاک گردد، قطرات به شاخ و برگ گیاهان برخورد کرده و انرژی آن توسط گیاه مستهلک می‌شود (گسیلز و همکاران، ۲۰۰۵). کاهش تراکم تاج پوشش گیاهی نتیجه چرای بی‌رویه است که منجر به فرسایش خاک تشدیدی می‌شود (ازتاس و همکاران، ۲۰۰۳). پوشش گیاهی از طرق گوناگون به کاهش رواناب کمک می‌کند. مرزر (۲۰۰۷) طی پژوهشی دریافت که پلات‌های لخت به‌طور معنی‌داری رواناب بیش‌تری نسبت به پلات‌های با تنوع پوشش گیاهی ایجاد می‌نماید. زین و همکاران (۲۰۰٤) به این نتیجه رسیدند که افزایش تعداد گونه‌های گیاهی در نتیجه آن افزایش تعداد سیستم ریشه‌ای، به‌طور معنی‌داری فرسایش خاک را کاهش می‌دهد.

برای انجام کارهای حفاظتی در این زیرحوضه داشتن یک مدل دینامیکی که بتواند رواناب، فرسایش و رسوب را در زمان و مکان معین برآورد نماید، ما را قادر خواهد کرد که در حفظ منابع آب و خاک نقش تعیین‌کننده‌ای داشته باشیم. بنابراین اهداف این پژوهش عبارتند از:

۱- بررسی رابطه بین استفاده از اراضی با بار رسوبی در بخشی از زیرحوضه آب‌خیز کارون شمالی.

۲- ارزیابی کارآیی مدل EuroSEM با هدف دست‌یابی به شبیه‌سازی فرسایش، رواناب و رسوب در زیرحوضه رودخانه کارون شمالی.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: زیرحوضه مورد مطالعه به مساحت ۵/۲۲ هکتار (در عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۱ دقیقه) در زیرحوضه آب‌خیز کارون شمالی استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد. کاربری‌های موجود در زیرحوضه مشتمل بر دو کاربری جنگل و دیم می‌باشد. پوشش گیاهی منطقه شامل جنگل تخریب شده به‌صورت مرتع و گندم دیم می‌باشد. اقلیم این منطقه معتدل سرد با تابستان‌های خنک و خشک است و متوسط بارندگی سالیانه

www.SID.ir

Archive of SID

۴۵۰ میلی‌متر و درجه حرارت سالیانه ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مواد مادری دارای حساسیت بالا که شامل سازند آغاجاری، بختیاری و رسوبات کواترنری است. سازند آغاجاری (میوسن- پلیوسن) از رسوبات بختیاری است که تناوبی از نمک و انیدریک با میان لایه‌های مارنهای شیلی خاکستری و قرمز رنگ است. سازند بختیاری (پلیو- پلیوستوسن) کنگلومرائی توده‌ای با لایه‌های نازک است. اجزا این کنگلومرا شامل قلوه‌های گرد و نهشته‌های الیگوسن، ائوسن و آهک‌های کرتاسه می‌باشد که توسط سیمانی از ماسه، سیلیس و آهک به هم جوش خورده‌اند و بیش‌تر جور نشده می‌باشد. در بین لایه‌بندی آن می‌توان چند سانتی‌متر لایه‌های رسی را مشاهده نمود. رسوبات کواترنر از رسوبات و نهشته‌های قدیمی است. آبرفت‌های قدیمی در حوزه آب‌خیز گرگک کم و بیش به‌صورت سیمانته شده و افقی می‌باشد این سیمانته شدن در بعضی محل‌ها حالت کنگلومرایی جوان پیدا کرده و گاهی با کنگلومرای بختیاری اشتباه می‌شود.

واحدبندی حوضه مورد مطالعه: در مدل EuroSEM زیرحوضه مورد مطالعه براساس اطلاعات نقشه‌های توپوگرافی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و شیب به اجزایی با مشخصات ویژه به‌نام جز[1] تقسیم گردید. بر این اساس زیرحوضه مورد مطالعه به ۱۹ جز تقسیم شد. در هر جز پارامترهای ورودی مدل اندازه‌گیری شدند.

پارامترهای ورودی مدل: پارامترهای ورودی مدل در قالب دو فایل ورودی به‌نام فایل‌های اقلیمی و مشخصات حوضه به مدل وارد می‌شوند. اطلاعات اقلیمی شامل میزان بارش در هر رخداد، مدت زمان بارندگی، دمای روزانه و حداکثر جفت داده‌های عمق و زمان بارندگی از اطلاعات اقلیمی موجود در ایستگاه هواشناسی نصب شده در منطقه استخراج گردید. پارامترهای مربوط به حوضه شامل خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و شرایط سطح خاک می‌باشد.

الف) ویژگی‌های خاک‌شناسی: رطوبت خاک به روش استاندارد وزنی (بای‌بوردی، ۱۹۹۳)، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نمونه‌های به هم نخورده به قطر ۸ و ارتفاع ۷ سانتی‌متر و به روش آزمایشگاهی بار ثابت تعیین گردید (بای‌بوردی، ۱۹۹۳). جرم مخصوص ظاهری خاک به روش سیلندر نمونه‌گیری (بای‌بوردی، ۱۹۹۳) تعیین شد و سپس با در نظر گرفتن جرم مخصوص حقیقی مقدار تخلخل خاک محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری حرکت مویینگی خالص مؤثر[2] از دستگاه نفوذسنج

1- Element
2- Effective Net Capillary Drive

www.SID.ir

Archive of SID

بارانی استفاده گردید (زجلین و وایت، ۱۹۸۲؛ قربانی، ۲۰۰۰). توزیع اندازه ذرات خاک و بافت خاک به روش پیپت از نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده از لایه ۱۵-۰ سانتی‌متر تعیین شد (بای‌بوردی، ۱۹۹۳). چسبندگی خاک با استفاده از پره برشی (مدل BS1377) در شرایط اشباع تعیین گردید. برای اندازه‌گیری فاکتور جداپذیری[1] ذرات خاک به‌وسیله قطرات باران از دستگاه جام پاشمانی[2] استفاده شد.

ب) ویژگی‌های پوشش گیاهی: در این مدل ویژگی‌های پوشش گیاهی شامل سطح مقطع پایه پوشش، متوسط زاویه ساقه گیاه با افق، ارتفاع پوشش مؤثر، حداکثر ذخیره برگابی و ضریب شکل برگ می‌باشد (مورگان و همکاران، ۱۹۹۳). برای اندازه‌گیری درصد تاج پوشش گیاهی برای گیاهان زراعی از قاب‌هایی به مساحت ۱ مترمربع و برای اراضی جنگلی از تخمین چشمی تصویر قائم تاج پوشش بر روی زمین استفاده گردید. پارامترهای حداکثر ذخیره برگابی و ضریب شکل برگ براساس نوع گیاهان منطقه و استفاده از راهنمای کاربران EuroSEM برآورد گردیدند. سطح مقطع پایه پوشش به‌وسیله شمارش تعداد درختان در هر واحد و اندازه‌گیری قطر ساقه و با فرض مدور بودن ساقه محاسبه گردید. ارتفاع گیاهان نیز به‌وسیله متر نواری به‌طور مستقیم اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های مزبور و هم‌چنین ویژگی‌های خاک در صحرا و در ۳ تکرار اندازه‌گیری و میانگین آن در مدل مورد استفاده قرار گرفت.

ج) ویژگی‌های سطح خاک: مدل EuroSEM برای توصیف سطح زمین از پارامترهای زبری در جهت شیب، عامل عقب‌افتادگی نفوذ، ضریب زبری مانینگ، درصد سنگ‌ریزه و درصد شیب استفاده می‌کند (مورگان و همکاران، ۱۹۹۳). فاکتور عقب‌افتادگی نفوذ[3] عبارت از متوسط اختلاف ارتفاع پستی و بلندی‌های زمین می‌باشد. این پارامتر با استفاده از متر نواری تعیین گردید. زبری سطح خاک با نمادهای RAS (که شاخص فراز و نشیب‌های زمین در جهت شیب طولی حوضه است) و RFR (که شاخص فراز و نشیب‌های زمین در جهت شیب عرضی حوضه است) بیان می‌شود و تعیین‌کننده حجم آبی است که در ذخایر سطحی نگهداری می‌شود. این دو عامل که به‌صورت نسبتی از فاصله مستقیم بین دو نقطه روی زمین به فاصله واقعی بین آن‌ها تعریف می‌شوند. برای اندازه‌گیری ضریب زبری مانینگ در سطوح لخت و عاری از پوشش گیاهی از فرمول استریکلر[4] استفاده شد. در سطوح دارای پوشش گیاهی با گرفتن عکس از هر واحد و مقایسه با تصاویر کتاب چاو (۱۹۵۶) و هم‌چنین جدول

1- Detachment
2- Splash Cup
3- Infiltration Recession Factor
4- Strickler

www.SID.ir

Archive of SID

راهنمای کاربران مدل (مورگان و همکاران، ۱۹۹۳) این ضریب تخمین زده شد. درصد شیب متوسط زمین نیز به‌وسیله شیب‌سنج تعیین گردید.

اندازه‌گیری رواناب و رسوب واقعی: برای به‌دست آوردن رواناب و رسوب واقعی، یک سرریز مثلثی شکل در نقطه خروجی زیرحوضه نصب گردید. برای برآورد تقریبی ابعاد سرریز، از رواناب تخمینی محاسبه شده به روش استدلالی (رفاهی، ۲۰۰۰) استفاده شد. پس از اندازه‌گیری مقدار ارتفاع آب روی تاج سرریز و استفاده از روابط زیر دبی رواناب در هر رگبار تعیین شد (رفاهی، ۲۰۰۰).

$$Q = ۰/۰۱۸٤(L - ۰/۲H)H^{\frac{۳}{۲}} \qquad (۳)$$

که در آن، L: طول سرریز بر حسب متر، H: ارتفاع آب روی تاج بر حسب سانتی‌متر و Q: دبی بر حسب لیتر بر ثانیه می‌باشند. از رواناب عبوری از سرریز در عمق‌های ۱۰ و ۳۰ سانتی‌متر در واحد زمانی رگبار، نمونه‌برداری شد و پس از خشک کردن غلظت و دبی رسوب در واحد زمانی رگبار، محاسبه گردید.

بررسی تحلیل حساسیت و کارایی مدل: میزان تغییر خروجی‌های مدل (هدررفت، بار رسوب و سایر خروجی‌های مدل) به‌ازای تغییر در میزان ورودی‌های مدل را تحلیل حساسیت می‌گویند. برای انجام تحلیل حساسیت مدل از روش ساده استفاده گردید (فولی و همکاران، ۱۹۹۹). تحلیل حساسیت مدل با ۱۰ درصد افزایش و کاهش پارامترهای دینامیک و مشاهده درصد تغییر خروجی‌های مدل انجام شد. برای بررسی کارایی مدل و مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده رسوب و رواناب از ضریب تبیین ($R^۲$) و کارایی مدل استفاده گردید (مورگان و همکاران، ۱۹۹۸). از دو شاخص ضریب تبیین و کارایی مدل برای بررسی ارزیابی مدل استفاده می‌شود. هم‌خوانی بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده‌ای، می‌تواند با استفاده از روش تجزیه رگرسیونی بررسی شود. از نظر توصیفی، مقادیر مختلف ضریب همبستگی را به‌طور تقریبی و کلی به‌صورت: همبستگی بسیار ضعیف (CD<۰/۲)، همبستگی ضعیف (۰/۲<CD<۰/٤)، همبستگی متوسط (۰/٤<CD<۰/٦)، همبستگی قوی (۰/٦<CD<۰/۸) و همبستگی بسیار قوی (CD>۰/۲) بیان می‌نمایند.

کارآیی مدل، به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$ME = \frac{[\sum_{i=۱}^{N}(O_i - \overline{O})^۲ - \sum_{i=۱}^{N}(P_i - O_i)^۲]}{[\sum_{i=۱}^{N}(O_i - \overline{O})^۲]} \qquad (٤)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن، ME: کارآیی مدل، O_i: مقادیر مشاهده شده، P_i: مقادیر شبیه‌سازی شده، $\overline{O}$: میانگین مقادیر مشاهده‌ای می‌باشد.

مقدار کارآیی مدل بین یک تا منفی بی‌نهایت تغییر می‌کند. مقدار بهینه این شاخص یک است. اگر میزان آن بیش‌تر از ۰/۵ باشد، مدل شبیه‌سازی خوبی داشته است.

سناریوی اثر پوشش گیاهی بر فرسایش خاک: برای مطالعه فرسایش و رسوب در طی دوره رشد در منطقه مورد مطالعه سه مقطع زمانی ۵ آذر، ۱۶ اسفند و ۸ فروردین انتخاب گردید و عامل‌های فیزیوگرافی، خاک و پوششی وارد مدل گردید و از داده‌های اقلیمی ۵ آذر برای اجرا مدل در این سه مقطع زمانی استفاده گردید. مدل با توجه به داده‌های رخداد ۵ آذر واسنجی گردید. با توجه به این‌که می‌توان عامل‌های فیزیوگرافی و خاک را در این سه مقطع ثابت در نظر گرفت پس می‌توان عامل تغییر در فرسایش خاک در این سه مقطع زمانی را ناشی از عامل‌های پوشش گیاهی دانست.

نتایج و بحث

شبیه‌سازی مدل شامل ۳ مرحله مهم پارامترسنجی[1]، واسنجی[2] و اعتبارسنجی[3] می‌باشد.

پارامترسنجی: پارامترسنجی عبارت است از جمع‌آوری، اندازه‌گیری، محاسبه و تصحیح داده‌های ورودی مدل است که نتایج آن در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است. همان‌طورکه در این جدول ملاحظه می‌شود، زبری در جهت شیب طولی غالب، زبری در جهت شیب عرضی غالب، از این عوامل هستند که به‌دلیل شخم و شیار در خلاف جهت شیب، دامنه تغییرات اولی از دومی بیش‌تر است. مقدار درصد سنگ‌ریزه در اجزا زیرحوضه حدود ۲۰-۱ درصد است (در بیش‌تر اجزا مقدار درصد سنگ‌ریزه کم‌تر از ۷ درصد می‌باشد) که روی پاشمان ذرات، هدایت هیدرولیکی تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای دارد. شیب اجزا مقادیر ۵۲-۱۲ درصد را نشان می‌دهد که در شیب‌های تند آب با سرعت بیش‌تری به طرف پایین جاری می‌شود و در نتیجه انرژی جنبشی و قدرت فرسایندگی آن بیش‌تر است. مقدار زیاد فاکتور کاهش نفوذ در زیرحوضه مورد مطالعه نشان می‌دهد که ذخیره گودالی تأثیر به‌سزایی در به تاخیر انداختن شروع رواناب دارد (جدول ۱). درصد پوشش غیرزنده، بین ۰/۷-۰ درصد است که نشان‌دهنده وجود کم این پوشش است و قطرات باران می‌توانند به‌آسانی ذرات خاک را جدا ساخته و

1- Parameterization
2- Calibration
3- Validation

www.SID.ir

Archive of SID

رواناب، فرسایش و رسوب را تشدید کنند. بافت خاک بیش‌تر اجزا سیلت لوم و در بعضی موارد لوم رسی سیلتی است که این نوع بافت (سیلت لوم) حساسیت زیادی به فرسایش دارد. بین مقدار سیلت خاک و فرسایش‌پذیری آن ارتباط نزدیکی وجود دارد. هرچه مقدار سیلت خاک بیش‌تر باشد فرسایش‌پذیری آن افزایش می‌یابد، زیرا سیلت چسبندگی ندارد. خاک‌های سیلتی به‌خوبی دانه‌بندی می‌شوند، ولی در اثر مرطوب شدن خاک‌دانه‌ها به‌راحتی شکسته و ذرات سیلت جدا و منتقل می‌گردند. درصد پوشش گیاهی در بین ٤٠-٠ درصد می‌باشد.

واسنجی مدل: تحلیل حساسیت مدل در منطقه مورد مطالعه نشان داد که مدل نسبت به پارامترهای هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، حرکت موبینگی خالص مؤثر و رطوبت قبل از بارندگی و رطوبت بعد از بارندگی، چسبندگی ذرات خاک، فرسایش‌پذیری ذرات خاک، ضریب زبری مانینگ شیار و ضریب زبری مانینگ بین شیاری حساس می‌باشد. همین‌طور ارزیابی‌های انجام شده توسط فولی و همکاران (۱۹۹۹) و کوینتون (۱۹۹۷) نشان داد که حساسیت مدل نسبت به تغییرات عوامل نام‌برده بیش از سایر عوامل می‌باشد (فولی و همکاران، ۱۹۹۹؛ کوینتون، ۱۹۹۷) و بنابراین از این عوامل برای واسنجی مدل استفاده گردید. برای واسنجی مدل دو رخ‌داد ۵ آذر و ۲۰ آذر در نظر گرفته شد. به‌منظور واسنجی رواناب یا برای انطباق هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهده شده از عوامل هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و حرکت موبینگی خالص مؤثر و رطوبت قبل از بارندگی استفاده گردید. بهترین واسنجی رواناب با کاهش G (٦/٨ درصد) و افزایش THI (۵/۳ درصد) صورت گرفت. بعد از واسنجی هیدروگراف، برای واسنجی نمودار رسوب از چسبندگی خاک، فرسایش‌پذیری خاک و ضریب زبری مانینگ شیار و بین‌شیار استفاده شد تا این‌که نمودار رسوب شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای بر هم منطبق شوند. بهترین واسنجی نمودار رسوب با افزایش چسبندگی خاک (٦/٨ درصد) و ضریب زبری مانینگ شیار و بین‌شیار(۲/۲ درصد) و کاهش فرسایش‌پذیری خاک (۵/۵۵ درصد) انجام شد.

اعتبارسنجی مدل: عوامل دینامیکی با زمان تغییر می‌کنند ولی از طریق واسنجی اصلاح می‌شوند. اعتبارسنجی عبارتست از ارزیابی مدل با عواملی که از طریق واسنجی اصلاح شده‌اند. رخ‌دادهای ١٦ اسفند، ۸ فروردین با رخ‌دادهای واسنجی شده ۵ آذر و رخ‌داد ۱ اردیبهشت با رخ‌داد واسنجی شده ۲۵ آذر اعتبارسنجی شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- داده‌های ورودی اندازه‌گیری شده (ویژگی‌های سطح خاک) در جزءهای مختلف زیرحوضه مورد مطالعه.

فاکتور/ شماره جز	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷	۱۸	۱۹
XL (متر)	۱۰۰	۲۱	٤۰	۱۱۰	۹۰	۹۸	۸۹	۲٥	٤٥	۱۱۰	۱۱۰	٤٥	۱۰	۲۲	۳۸	٤٥	۳۳	۲۳	٦۷
W (متر)	٥٦	٤٦	٥٦	۰	۱٥	۱۰	۰	۰	۱٥	۱٥	۰	۳۰	۰	۲٦	۳۰	۰	۲٥	۲٦	۰
CLEN (متر)	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	۲٥۰	٦/۸	۲٥۰
RAS (سانتی متر بر سانتی متر)	۸/۷٥	٤/۹	٤/۸٤	۱	٤/۸٤	۳/۸	۱	۱	۳/۸۸	۳/۹۲	۱	۱٥/٥۷	۱/٥	٥/۸	٤/۸۳	۱/٥	٥/۸	٦/۸	۱/٥
RFR (سانتی متر بر سانتی متر)	٥/۸	٥/۱	٦/۷۳	۱	٤/۸۳	۳/۸	۱	۱	۳/۸٤	۲/۹۱	۱	۱/۹۲	۱/۲	۳/۸	۲/۸۸	۱/۲	٦/۷۳	۳/۸	۱/۲
RECS (میلی متر)	۱۳۰	۱٤۰	۸۰	٤۰	۱٤۰	۱٥۰	۳۰	٤۰	۸۰	۸۰	۳۰	۸۰	۳۰	٦۰	۷۰	۳۰	۷۰	٦۰	۳۰
ROC (٪)	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰٤	۰/۰٦	۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲	۰/۲	۰/۰٤	۰/۱	۰/۲	۰/۰٤	۰/۰٦	۰/۲
SIR (متر بر متر)	۰/۲	۰/۲۷	۰/٥۲	۰/۱٦	۰/۳	۰/۲۱	۰/٥۲	۰/۱٦	۰/٤۱	۰/٤	۰/۳۱	۰/۱۲	۰/۱٦	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱٦	۰/۱٦	۰/۱۲	۰/۱٦
SPLTEX	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
SPRIL (متر بر متر)	۰/۲	۰/۲۷	۰/٥۲	۰/۱٦	۰/۳	۰/۲۱	۰/٥۲	۰/۱٦	۰/٤۱	۰/٤	۰/۳۱	۰/۱۲	۰/۱٦	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱٦	۰/۱٦	۰/۱۲	۰/۱٦
DEPNO	۰	۸	۰	۰	۳	۸	۰	۰	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
RILLW (متر)	۰	۰/۱	۰	۰	۰/٤٥	۰/۳	۰	۰	۰/۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
RILLD (متر)	۰	۰/۳	۰	۰	۰/۱٥	۰/۱	۰	۰	۰/۰٤	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱- داده‌های ورودی اندازه‌گیری شده (ویژگی‌های سطح خاک) در جزهای مختلف زیرحوضه مورد مطالعه.

فاکتور/ شماره جز	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷	۱۸	۱۹
ZL	۰	۰	۰	۱/۱٦	۰	۰	۰/۸۹	۱/۱۲	۰	۰	۱/۰۳	۰	۱/۹۲	۰	۰	۱/۹۲	۰	۰	۱/۹۲
ZLR	۰	۱/۸	۰	۰	۲/۱۲	۰/٤۹	۰	۰	۲/۰٥	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ZR	۰	۰	۰	۱/۱۲	۰	۰	۰/۸۹	۱/۱۲	۰	۰	۱/۰۲	۰	۱/۱٤	۰	۰	۱/۱٤	۰	۰	۱/۱٤
NU	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
NR	۰	۰	۰	۳	۰	۰	٥	۰	۰	۰	۱۰	۰	۱۲	۰	۰	۱٥	۰	۰	۱۷
NL	۰	۰	۰	۲	۰	٦	۰	۰	۰	۰	۹	۰	۰	۰	۰	۱٤	۰	۰	۱۸
NC_1	۰	۰	۰	۰	۰	۰	٤	۰	۰	۰	۰	۰	۸	۰	۰	۱۳	۰	۰	۱٦
NC_2	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰

XL: طول جز، W: عرض جز، CLEN: طولانی‌ترین مسیر عبور رواناب، RFR: زبری در جهت شیب طولی غالب، RAS: زبری در جهت شیب عرضی غالب، RECS: فاکتور کاهش نفوذ، ROC: درصد سنگ‌ریزه، SIR: شیب بین‌شیاری، SPLTEX: نماینده عمق تأثیر باران در جداسازی روی سطح خاک، SPRIL: شیب شیار، DEPNO: تعداد متوسط شیارها در عرض جز مورد بررسی، RILLW: متوسط عرض شیار در انتهای شیار، RILLD: متوسط عمق شیار در انتهای شیار، ZL: عرض کف کانال، ZLR: شیب سمت چپ کناره کانال، ZR: شیب کانال، NU: شماره جزیی که از بالادست وارد می‌شود، NR: شماره جزیی که از راست وارد می‌شود، NL: شماره جزیی که از چپ وارد می‌شود، NC_1: شماره اولین کانال وارده از بالادست، NC_2: شماره دومین کانال وارده از بالادست، NELE: تعداد جز.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- داده‌های ورودی اندازه‌گیری شده (ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی رخداد ۸ فروردین) در جزهای مختلف زیرحوضه مورد مطالعه.

فاکتور/ شماره جز	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷	۱۸	۱۹
POR (day^{-1})	۰/٥٦	۰/٥۹	۰/٤۹	۰/۲	۰/٥۸	۰/٥۸	۰/۳۸	۰/۲۱	۰/٥٤	۰/٥۲	۰/۳۲	۰/٥٦	۰/۳٥	۰/٥۲	۰/٥۳	۰/۳٥	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۳۲
D_{50} (μ)	۷/٥	٥/۱	٤/۲	٥/۳	۱۹	۷/۲	٤/۷	٥/۳	۷/٥	۲۲	۲٥	٦/۱	۱۸	۲۰	۸/٥	۱۸	۱۸/۲	۱۹	٥/٥
DERO (متر)	۰/۸٥	۱/۳	۰/٥٥	۰	۲	۱/٥	۰/٥	۰	۲	۲/٥٥	۰/٥٥	۰/٥٥	۰/۲٥	۰/٦	۰/٥٥	۰/۲٥	۰/٦	۰/٥	۰/۲٥
RHOS (کیلوگرم بر مترمکعب)	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱	۲/۷۱
FMIN (میلی‌متر بر ساعت)	۱/۱٦	۰/٦۱	٥/٥۹	۰/۰۲	۰/٦۸	۱/٦۹	۰/۳۲	۰/۰۲	۰/۷٤	۰/٤٥	۰/۲۲	٤/۱٤	۰/٤۳	۲/۰۸	۰/۷۷	۰/٤۳	۰/٦	۰/٦٤	۰/۳۲
G (میلی‌متر)	۷۰۰	۷۰۰	٥۰۰	٥۰۰	٥۰۰	۷۰۰	۷۰۰	٥۰۰	۷۰۰	۷۰۰	٥۰۰	٥۰۰	٥۰۰	٥۰۰	٥۰۰	٥۰۰	٥۰۰	٥۰۰	٥۰۰
THI (day^{-1})	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱۸	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱۸	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
THMAX (day^{-1})	۰/٤٦	۰/۲۸	۰/٤۸	۰/۱۹	۰/۲٦	۰/۲	۰/۳٥	۰/۱۹	۰/۳	۰/۳۲	۰/۳	۰/۳٧	۰/۲٤	۰/۲٤	۰/۳	۰/۲٤	۰/۳	۰/٤٧	۰/۳۱
EROD (gj^{-1})	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۹	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
COH (کیلوپاسکال)	۲۱	۲۱	٥/۲٥	٦/۳	۷/۳٥	۷/۳٥	۲۱	٦/۳	۲۱	۲۱	۷/۳٥	۷/۳٥	٦/۳٥	۷/۳٥	۷/۳٥	٦/۳	۷/۳٥	٦/۳	٦

www.SID.ir

Archive of SID

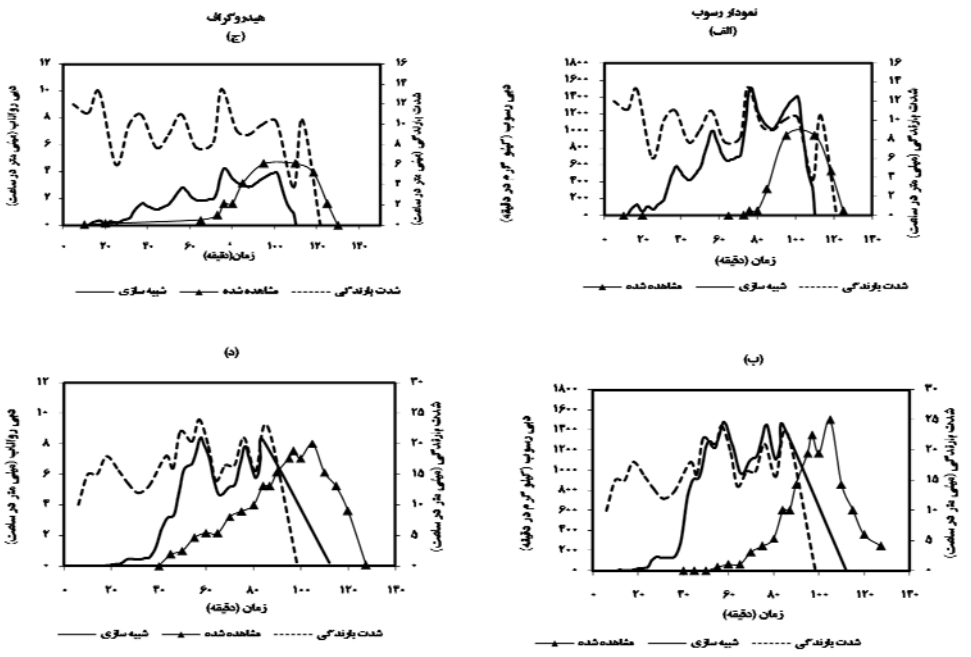
ادامه جدول ۲- داده‌های ورودی اندازه‌گیری شده (ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی رخداد ۸ فروردین) در جزهای مختلف زیرحوضه مورد مطالعه.

فاکتور/شماره جز	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷	۱۸	۱۹
INRILMN	۰/۰۳٥	۰/۰۳٥	۰/۰۲۳	۰/۰٤	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۱	۰/۰۲۳	۰/۰٤	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰٤	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۲
RILMN	۰	۰/۰۳٥	۰	۰/۰٤	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰٤	۰/۰۳۳	۰	۰/۰۱	۰	۰/۰٤	۰	۰	۰/۰٤	۰	۰	۰/۰۲
PAV	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۷	۰/۰۱	۰/۱	۰	۰/۷	۰/۷	۰/۰۱	۰	۰/۰۲	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰	۰
COVER	۰/۱٥	۰/۱٥	۰/۳	۰	۰/۰۳	۰/۰٥	۰	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰٥	۰	۰/۰۲	۰	۰/۳	۰/٤	۰	۰/٤	۰/۳	۰
PLANGLE (درجه)	۸۷	۸٥	۸٦	۰	۸۷	۸۷	۰	۰	۸۷	۸٦	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۷	۸۷	۸۹	۰
PLANTH (سانتی‌متر)	۲	۲	۲	۰	۳	۳	۰	۰	۳	۳	۲	۲	۰	۰/۲	۲	۰	۲	۲	۰
SHAPE	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
DINTER (میلی‌متر)	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۳	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
PLANTBASE (مترمربع)	۰/۱٤	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۰٥	۰/۰٥	۰	۰	۰/۰۹	۰/۰۱	۰	۰/۰۱	۰	۰/۲	۰/۲	۰	۰/۲	۰/۲	۰

POR: تخلخل خاک، D_{50}: متوسط قطر ذرات خاک، DERO: عمق خاک قابل فرسایش، RHOS: جرم مخصوص حقیقی، FMIN: هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، THI: رطوبت حجمی قبل از بارندگی، THMAX: رطوبت حجمی بعد از بارندگی، EROD: فرسایش‌پذیری ذرات خاک، COH: چسبندگی ذرات خاک، G: حرکت کاپیلاری خالص مؤثر، INRILMN: ضریب زبری مانینگ بین شیار، RILMN: ضریب زبری مانینگ شیار، PAVE: پوشش مواد غیرفرسایشی به‌جز پوشش گیاهی مانند سنگ فرش بیابانی، ماچ و آسفالت، COVER: نسبت پوشش گیاهی در سطح، PLANGLE: متوسط زاویه ساقه گیاه با افق، PLANTH: ارتفاع مؤثر گیاه، SHAPE: ضریب شکل برگ گیاه (برای سوزنی‌برگ (۱) و پهن‌برگ (۲))، DINTER: قطر گیاه، PLANT BASE: سطح مقطع پایه پوشش.

www.SID.ir

Archive of SID

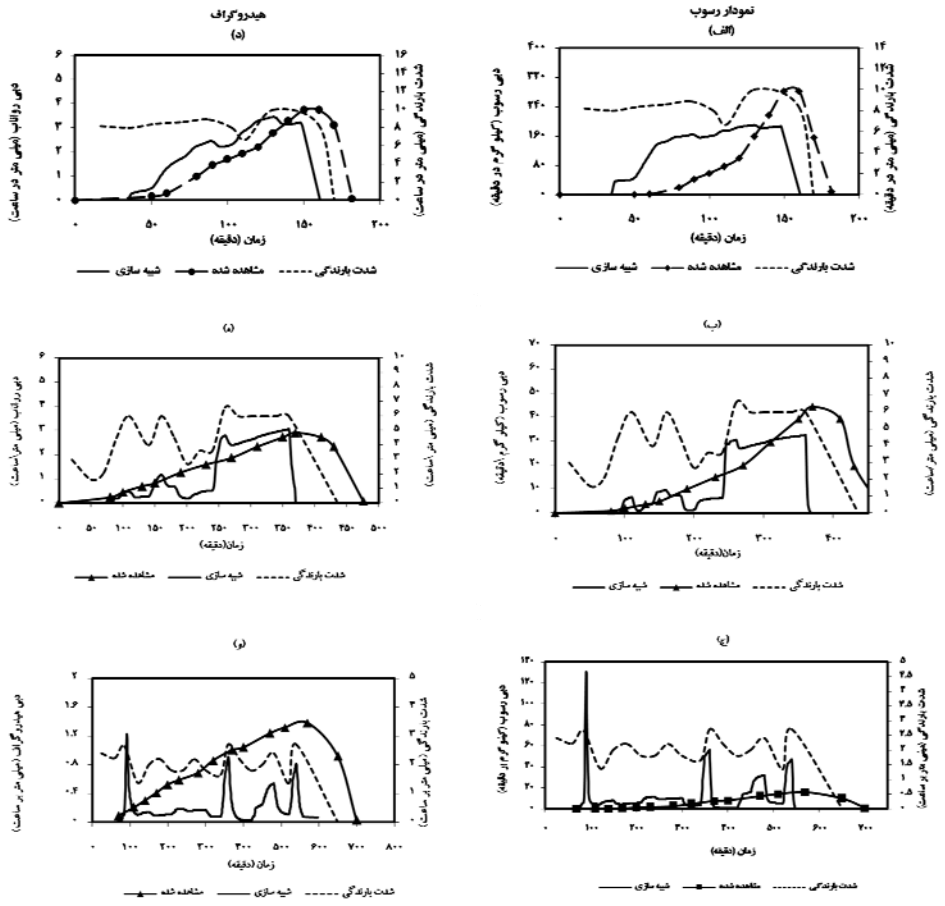


شکل ۱- واسنجی هیدروگراف و نمودار رسوب رخدادهای ۵ آذر و ۲۵ آذرماه.
نتایج نمودار رسوب در سمت راست و هیدروگراف در سمت چپ نشان داده شده‌اند.

هیدروگراف و نمودار رسوب رخداد واسنجی شده ۵ آذر در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. زمان رسیدن به اوج رواناب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده با هم تطابق دارند اما اوج دبی رسوب شبیه‌سازی شده از مشاهده‌ای کم‌تر است. سطح زیر منحنی هیدروگراف و نمودار رسوب شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای به هم نزدیک می‌باشند. هیدروگراف و نمودار رسوب رخداد واسنجی شده ۲۵ آذر در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. زمان رسیدن به اوج رواناب شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای از یک اختلاف زمانی همراه است. اوج شدت رواناب شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای به هم نزدیک است ولی اوج دبی رسوب مشاهده شده از شبیه‌سازی شده بیش‌تر است. سطح زیر منحنی‌های هیدروگراف و نمودار رسوب به هم نزدیک است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- اعتبارسنجی هیدروگراف و نمودار رسوب رخدادهای ۱۶ اسفند، ۸ فروردین و ۱ اردیبهشت‌ماه. نتایج نمودار رسوب در سمت راست و هیدروگراف در سمت چپ نشان داده شده‌اند.

هیدروگراف و نمودار رسوب رخداد ۸ فروردین در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. در این رخداد، زمان رسیدن به اوج رواناب شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای کمی اختلاف دارد، ولی اوج شدت رواناب و رسوب شبیه‌سازی شده کمی بیش‌تر از مشاهده‌ای است. سطح زیر منحنی‌های هیدروگراف و نمودار رسوب مساوی است. هیدروگراف و نمودار رسوب رخداد ۱ اردیبهشت در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. زمان رسیدن به اوج رواناب مشاهده‌ای با شبیه‌سازی شده اختلاف دارد. با وجود این‌که اوج شدت رواناب و رسوب به هم نزدیک است، ولی سطح زیر منحنی هیدروگراف و نمودار رسوب اختلاف زیادی دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

مدل کل رواناب و اوج شدت رواناب رخدادهای ۵ آذر و ۲۵ آذر را به‌خوبی شبیه‌سازی کرده است. اما در شبیه‌سازی اوج دبی رسوب این رخدادها موفق نمی‌باشد. هم‌چنین مدل در رخدادهای ۱۶ اسفند، ۸ فروردین، کل رواناب و اوج شدت رواناب را نیز به‌خوبی شبیه‌سازی کرده است، ولی در شبیه‌سازی رخداد ۱ اردیبهشت موفق نبوده است. در مورد همه رخدادها به‌جز رخداد ۱ اردیبهشت زمان رسیدن به اوج رواناب به‌خوبی شبیه‌سازی شده است.

شکل‌های ۱ و ۲ در حوضه کارون شمالی نشان می‌دهد که، شبیه‌سازی مدل نسبت به مقادیر مشاهده شده از شدت بارندگی بیش‌تر پیروی می‌کند. به‌عبارتی دیگر هیدروگراف‌ها و نمودارهای رسوب پیش‌بینی شده توسط مدل در شدت‌های زیاد بارندگی بیش از شدت‌های کم، با روند این تغییرات بارندگی همراه است. این مطلب در هیدروگراف و نمودار رسوب همه رخدادها به‌خوبی مشخص است. شبیه‌سازی رواناب و رسوب به‌شدت بارندگی بستگی دارد، در صورتی‌که رواناب و رسوب مشاهده شده از روند بارندگی به‌خوبی پیروی نمی‌کند. مطالعات فولی و همکاران (۱۹۹۹) در حوضه کاتسوپ هلند با این پژوهش هماهنگی دارد. مدل EuroSEM معمولاً هیدروگراف‌ها را بهتر از نمودار رسوب‌ها شبیه‌سازی می‌کند. رگبارهای کوتاه‌مدت با یک فرکانس ساده بهتر شبیه‌سازی می‌شوند، در صورتی‌که رگبارهای طولانی‌مدت و پیچیده با بیش از یک فرکانس به‌خوبی شبیه‌سازی نمی‌شوند. مطالعات فولی و همکاران (۱۹۹۹) در حوضه کاتسوپ هلند و کوینتون و مورگان (۱۹۹۸) در اکلاهما نتایج این پژوهش را تأیید می‌نماید. با انجام واسنجی و اعتبارسازی مشخص شد که حساسیت خروجی‌های مدل با تغییر عامل‌های ورودی از نبود قطعیت برخوردار است. مطالعات آلبلدجو و همکاران (۱۹۹٤) و کوینتون (۱۹۹٤) نتایج این پژوهش را تأیید می‌نماید. بنابراین لازم است که خروجی‌های مدل به‌صورت حداقل، حداکثر و میانگین به‌صورت توزیع احتمالی نشان داده شوند. کاربرد شبیه‌سازی مدل بستگی به انطباق هیدروگراف و نمودار رسوب شبیه‌سازی شده با مشاهده شده ندارد (فولی و همکاران، ۱۹۹۹)، هیدروگراف و نمودار رسوب رخدادها کاملاً بر هم منطبق نیستند ولی با این حال می‌توان از سطح زیر منحنی و نقطه اوج آن‌ها سود جست و در طراحی و اولویت‌بندی کارهای حفاظتی استفاده کرد.

ارزیابی مدل: نتایج ارزیابی مدل با استفاده از شاخص‌های آماری در جدول ۳ آمده است. با توجه به ضریب تبیین‌های به‌دست آمده، مدل EuroSEM، برآورد خوبی از کل رواناب، کل رسوب، اوج شدت رواناب و رسوب در منطقه مورد مطالعه داشته است. در حالی ضریب کارایی مدل این روند را

www.SID.ir

Archive of SID

نشان نمی‌دهد و بیان‌کننده این می‌باشد که این مدل در برآورد کل رواناب و اوج شدت رواناب تا حدی موفق عمل نموده است. این نتایج با مطالعات اسمتز (۲۰۱۱) مطابقت دارد. نتایج پژوهش وی نشان داد که شاخص‌های مختلف کارایی‌های متفاوتی را نشان می‌دهند و مدلی مناسب است که با شاخص‌های مختلف کارایی مناسبی را نشان دهد. با توجه به این مطلب می‌توان گفت که این مدل در برآورد کل رسوب و اوج شدت رسوب کارایی لازم را در منطقه مورد مطالعه ندارد. ولی کل رواناب و اوج شدت رواناب را خوب برآورد می‌نماید.

جدول ۳- نتایج تحلیل آماری شبیه‌سازی مدل EuroSEM.

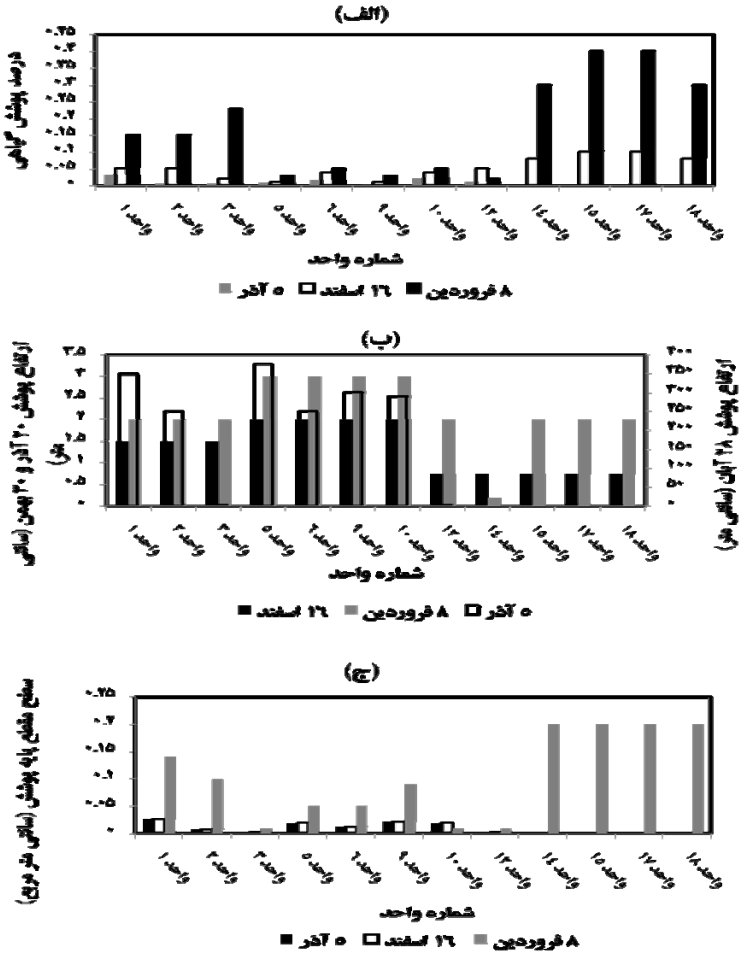
عوامل / شاخص	کل رواناب	کل رسوب	اوج شدت رواناب	اوج شدت رسوب
ضریب تبیین	۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۹۹	۰/۹۷
کارایی مدل	۰/۱۸	-۱/۲	۰/۳۹	-۱/۹۵

سناریوی اثر پوشش گیاهی بر فرسایش خاک: ویژگی‌های پوشش گیاهی مانند درصد پوشش گیاهی، ارتفاع پوشش گیاهی و سطح مقطع پایه پوشش‌گیاهی در سه مقطع زمانی ۵ آذر، ۱۶ اسفند و ۸ فروردین در شکل ۳ آمده است. درصد پوشش گیاهی در رخداد ۵ آذر بین ۳/٤-۰ و میانگین ۰/۸ درصد و به‌صورت تک‌درخت بلوط به ارتفاع ۳/۷۵-۰/۵ متر بوده که تحت کشت دیم قرار گرفته است. با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، در این مقطع زمانی پوشش دیم (غلات) در اوایل دوره رشد بوده و در بیش‌تر واحدهای پوشش گیاهی نمایان نشده است. در رخداد ۱۶ اسفند درصد پوشش گیاهی بین ۱۰-۱ درصد و میانگین ۵/۲۵ درصد بود. در این مقطع زمانی پوشش دیم نسبت به ۵ آذر رشد بیش‌تری داشته و پوشش گیاهی دیم در بیش‌تر واحدهای نمایان شده بود. پوشش گیاهی در ۳۰ بهمن بین ٤۰-۲ درصد و میانگین ۱۷/۵۸ درصد بود و ارتفاع پوشش غلات در بیش‌تر واحدهای به ۳ سانتی‌متر رسیده بود. شکل ٤ روند افزایشی درصد پوشش گیاهی را طی دوره رشد (از ۵ آذر تا ۸ فروردین) را نشان می‌دهد. ارتفاع پوشش گیاهی و سطح مقطع پایه پوشش در اوایل دوره رشد (۵ آذر) مربوط به تک‌درخت‌های بلوط بود. پژوهش‌ها نشان می‌دهدکه اگرچه پوشش گیاهی بلند، حجم آبی را که به زمین می‌رسد کاهش می‌دهد، ولی انرژی جنبشی قطرات باران را چندان تغییر نمی‌دهد و

www.SID.ir

Archive of SID

حتی گاهی ممکن است آن را افزایش دهد. زیرا قطرات روی برگ‌ها، به‌دلیل پیوستن به یکدیگر، بزرگ می‌شوند که فرساینده‌تر از قطرات باران خواهد بود (رفاهی، ۱۹۹۶). با توجه به این‌که در واحدهای مورد مطالعه، پوشش گیاهی به‌صورت تک‌درخت بود احتمال تشدید این اثر بیش‌تر است. پوشش گیاهی رخداد ۱۶ اسفند و ۸ فروردین مربوط به پوشش گیاهی غلات بود در حالی‌که در ۵ آذر مرتبط به پوشش گیاهی تک‌درخت بلوط بوده است.



شکل ۳- مقادیر پارامترهای درصد پوشش گیاهی، ارتفاع پوشش و سطح مقطع پایه پوشش در واحدهای مختلف.

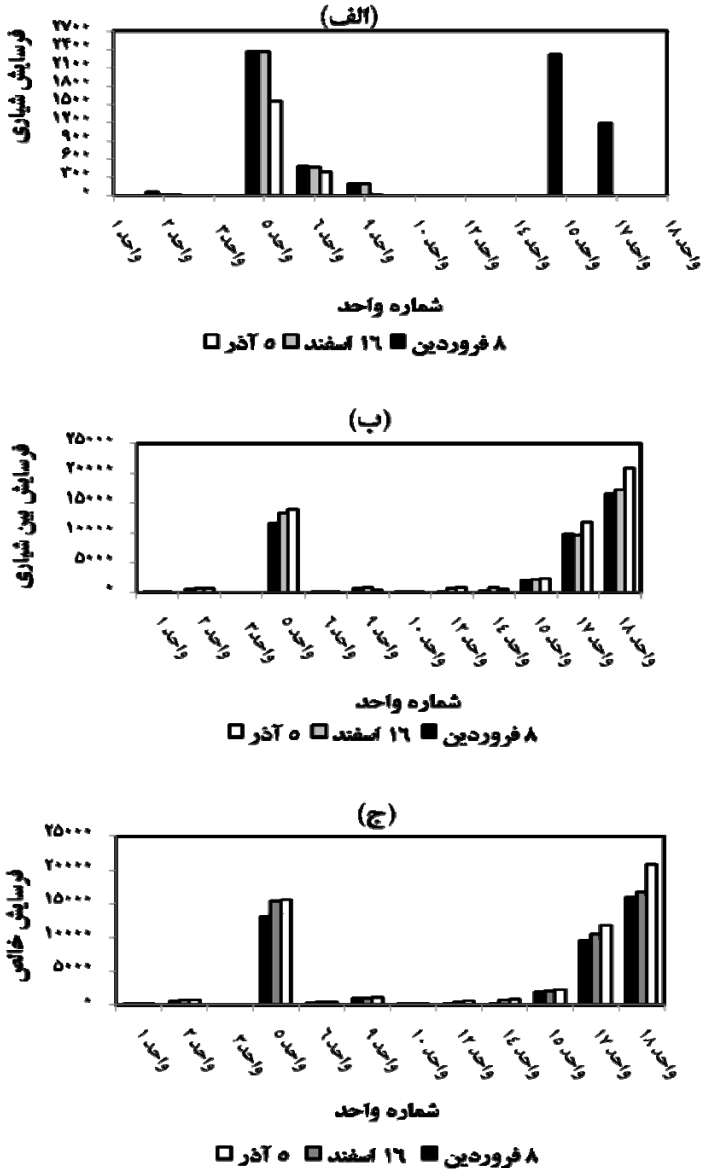
www.SID.ir

Archive of SID

مقدار فرسایش شیاری، بین شیاری و خالص این سه مقطع زمانی برای واحدهای در شکل ٤ آمده است. این شکل نشان می‌دهد که میزان فرسایش خاک خالص در منطقه مورد مطالعه به‌میزان ۲۰/۷۷-۰ و میانگین ٤/۰۲ تن در هکتار در رخ‌داد ۵ آذر بود. میانگین فرسایش خاک خالص از ۵ آذر تا ۸ فروردین از ٤/۵۲-۳/۵۵ تن در هکتار متغیر بود. به همین ترتیب، میزان فرسایش شیاری و بین شیاری طی این دوره زمانی (۵ آذر تا ۸ فروردین) به‌طور میانگین بین ۰/٥٤-۰/۱٦ و ٤/۲۸ به ۳/٤۵ تن در هکتار قرار داشت. این مقدار قابل‌توجه فرسایش در منطقه مورد مطالعه به‌دلیل حساسیت خاک به فرسایش و قطع جنگل و تبدیل آن به دیم‌زارها می‌باشد. ژویو و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که در حوضه‌های آب‌خیز کوهستانی، مهم‌ترین فاکتور مؤثر بر فرسایش در مدل USLE، پوشش گیاهی است و از بین بردن پوشش گیاهی در این مناطق تا حدی زیاد رواناب و فرسایش را افزایش می‌دهد. وجود پوشش گیاهی می‌تواند نفوذ آب به خاک را افزایش داده و رواناب را کاهش دهد و فرسایش بین‌شیاری را به تاخیر اندازد (وو و لاک، ۱۹۹۰). مقایسه میزان فرسایش شیاری، بین‌شیاری و خالص در این سه مقطع زمانی (شکل ۵) نشان می‌دهد که میزان فرسایش بین‌شیاری و خالص از ۵ آذر به طرف ۸ فروردین کاهش یافته ولی میزان فرسایش شیاری افزایش یافته است. به‌نظر می‌رسد که در اوایل دوره رشد به‌دلیل انجام شخم، بیش‌تر شیارها از بین رفته‌اند. به همین دلیل در ۵ آذر فرسایش بین‌شیاری غالب‌تر از فرسایش شیاری بوده و فرسایش شیاری نیز در اکثر واحدهای کاری مشاهده نشد. اما شخم و شیار در شیب‌های زیاد، ابتدا از سرعت رواناب می‌کاهد، ولی بعد از مدتی شیارها ایجاد می‌گردند و رواناب و فرسایش تشدید می‌شود. به همین دلیل میزان فرسایش شیاری به مرور زیاد گردیده است. در اوایل دوره رشد (۵ آذر) به‌دلیل نبود پوشش گیاهی مناسب و محافظ، فرسایش خالص و بین‌شیاری بیش‌تر از ۱٦ اسفند و ۸ فروردین بوده است. این سناریو نشان می‌دهد که در منطقه مطالعاتی، واحدهای کاری بدون پوشش گیاهی در معرض خطر جدی فرسایش خاک هستند. پژوهشی که توسط محمد و محمد (۲۰۱۰) انجام شده است این موضوع را تأیید می‌نماید. این پژوهش نشان داد که میزان فرسایش خاک معمولاً در مراحل اولیه رشد گیاه بیش‌تر از مراحل بعدی رشد است و اثر گیاه در حفاظت خاک معمولاً همگام با رشد و نمو آن افزایش می‌یابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- مقدار فرسایش‌شیاری (الف)، بین‌شیاری (ب) و خالص (ج) بر حسب کیلوگرم در هکتار در سه مقطع زمانی ۵ آذر، ١٦ اسفند و ۸ فروردین در واحدهای مختلف.

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه میزان فرسایش شیاری، بین‌شیاری و خالص با سایر پارامترهای فیزیوگرافی و خاک نشان می‌دهد که در بیش‌تر واحدهای کاری با افزایش شیب و کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک میزان فرسایش افزایش یافته است. همین‌طور در برخی از واحدهای کاری به‌دلیل حساسیت ذرات خاک به فرسایش، فرسایش خاک افزایش یافته است. اما در بعضی از واحدهای کاری این روند وجود ندارد، که نشان می‌دهد فرسایش خاک تابع فاکتورهای دیگری است و فاکتورهای متعددی بر این فرآیند مؤثر می‌باشد و تأییدی بر پیچیده بودن فرآیند فرسایش خاک می‌باشد. با این وجود، پژوهشی در فلات‌های لسی نشان داد که فرسایش خاک به‌شدت تحت‌تأثیر پوشش گیاهی است (ژنگ، ۲۰۰۶).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که مدل EuroSEM، میزان کل رواناب و شدت اوج رواناب را به‌خوبی شبیه‌سازی می‌کند. این مدل برای شبیه‌سازی رواناب و رسوب به‌ترتیب به پارامترهای حرکت موبینگی خالص مؤثر، درصد رطوبت قبل از بارندگی و چسبندگی ذرات خاک، ضریب مانینگ شیار و بین‌شیار، فرسایش‌پذیری خاک بیش از سایر پارامترها حساس می‌باشد. مدل زمانی فرسایش خاک را به‌خوبی شبیه‌سازی می‌نماید که هیدروگراف را به‌خوبی شبیه‌سازی کرده باشد که نشان‌دهنده این امر می‌باشد که شبیه‌سازی فرسایش خاک وابسته به شبیه‌سازی مناسب رواناب می‌باشد. نتایج ارزیابی مدل EuroSEM، نشان می‌دهد که این مدل هیدروگراف را بهتر از نمودار رسوب شبیه‌سازی می‌نماید. نتایج این پژوهش نشان داد که فرسایش خاک دیم‌زارهای پرشیب به‌ویژه در اوایل دوره رشد زیاد می‌باشد، بنابراین توصیه می‌شود که گیاهان چندساله برای کنترل فرسایش خاک جایگزین دیم‌زارها شود.

منابع

1.Albaledejo, J., Castillo, V., and Martinez-Mena, M. 1994. EUROSEM: Preliminary validation on non-agricultural soils. P 314-325, In: Rickson (Ed.), Conserving Soil Resources: European Perspectives, CAB International, Wallingford.
2.Baybordi, M. 1993. Soil physics. Tehran University Press, 321p.
3.Cai, Q.G., Wang, H., Curtin, D., and Zhu, Y. 2005. Evalution of EUROSEM model with single event data on steeplands in the three gorges reservoir areas, China. Catena. 59: 19-33.
4.Chow, V.T. 1956. Open channel hydraulic. Mc Graw-Hill, Newyork, 256p.
5.Folly, A., Quinton, J., and Smith, R. 1999. Evaluation of the EUROSEM model using data from the Catsop watershed, the Netherlands. Catena. 37: 507-519.

www.SID.ir

Archive of SID

6.Ghorbani, B. 2000. Applied method for determination of infiltration capacity under sprinkler condition. Shahrekord University. Technical note no. 1. (In Persian)
7.Gyssels, G., Poesen, J., Bochet, E., and Li, Y. 2005. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. Progress in Physical Geography, 22: 189-217.
8.Mati, B.M., Morgan, R.P.C., and Quinton, J.N. 2006. Soil erosion modeling with EUROSEM at Embori and Mukogodo catchments, Kenya. Earth Surface Processes and Landforms, 31: 579-588.
9.Merzer, T. 2007. The effects of different vegetative cover on local hydrological balance of a semiarid afforestation. M.Sc. Thesis, Jacob Blaustein Institute for Desert Research. Ben Gurion University of the Negev, 156p.
10.Meyer, L.D., and Monke, E.J. 1965. Mechanics of soil erosion by rainfall and overland flow. Trans. ASAE, 8: 572-577.
11.Mohammad, A.G., and Mohammad, A.A. 2010. The impact of Vegetative Cover type on runoff and soil erosion under different land uses. Catena. 81: 97-103.
12.Morgan, R.P.C., Quinton, J.N., and Rickson, R.E. 1993. EUROSEM user guide version 3.1, Cranfield University, Silsoe College. UK. 136p.
13.Morgan, R.P.C., Quinton, J.N., Smith, R.E., Govers, G., Posen, J.W., Auersward, K., Chisci, G., Torri, D., and Stycten, M.E. 1998. The European Soil Erosion Model (EUROSEM): A dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchment. Earth Surface Processes and Landforms, 23: 527-544.
14.Oztas, T., Koc, A., and Comakli, B. 2003. Change in vegetation and soil properties longe a slope on overgrazed and eroded rangelands. J. Arid Environ. 55: 93-100.
15.Quinton, J.N. 1994. The validation of physically based erosion models, with particular reference to EUROSEM. P 300-313, In: Rickson, R.J. (Ed), Conserving Soil Resources, CAB International. Wallingford.
16.Quinton, J.N. 1997. Reducing prediction uncertainty in model simulations: a Comparison of two methods using the Europenan Soil Erosion Model (EUROSEM). Catena. 30: 101-117.
17.Quinton, J.N., Edwards, G.M., and Morgan, R.P.C. 1997. The influence of vegetation species and plant properties on runoff and soil erosion: results from a rainfall simulation study in south east Spain. 13: 143-148.
18.Quinton, J.N., and Morgan, R.P.C. 1998. EUROSEM: an evaluation with single event data from the C5 watershed Oklahoma USA. Natoasi series, 155: 65-74.
19.Quinton, J., and Rodriguez, F. 1999. Impact of live barriers on soil erosion in the Pairumani sub catchment, Bolivia. Mountain Research and Development, 19: 292-299.

www.SID.ir

Archive of SID

20.Rafahi, H.Gh. 1996. Soil erosion by water and conservation. Tehran University Press, 549p. (In Persian)
21.Smets, T., Borselli, L., Posen, J., and Torri, D. 2011. Evalution of the the EUROSEM model for predicting the effects of erosion-control blankets on runoff and interrill soil erosion by water. Geotextiles and Geomembranes, 29: 285-297.
22.Veihe, A., Rey, J., Quinton, J.N., Strauss, P., Sancho, F.M., and Somarriba, M. 2001. Modeling of event based soil erosion in Costa Rica, Nicaragua and Mexico: evaluation of the EUROSEM model. Catena. 44: 187-203.
23.Woo, M., and Luk, S. 1990. Vagetation effects on soil and water losses on weathered granitic hillslopes, South China. Physical Geography, 11: 1-16.
24.Xin, C., Yi-song, Y., and Jion-jun, T. 2004. Species-diversified plant cover enhances orchard ecosystem resistance to climatic stress and soil erosion in subtrobical hillside. J., Zhejiang University Science, 5: 1191-1198.
25.Zegelin, S.J., and White, I. 1982. Design for a field sprinkler infiltrometer. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46: 1129-1133.
26.Zheng, F. 2006. Effect of Vegetation Changes on Soil erosion on the Loess Plateau. Pedosphere. 16: 420-427.
27.Zhou, P., Lunkkanen, O., Takola, T., and Nieminen, J. 2008. Effect of Vegetation Cover/on Soil erosion in a mountainous watershed. Catena. 75: 319-325.

www.SID.ir

Archive of SID

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 3(1), 2013
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Investigation of the relationship between land uses and the sediment load to evaluate the model accuracy EuroSEM in part of the northern Karoon sub-watershed

***B. Khalil Moghadam[1], B. Ghorbani[2] and Sh. Ghorbani Dashtaki[3]**

[1]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Khuzestan-Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz, [2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Shahrekord University, [3]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Shahrekord University

Received: 11/14/2011; Accepted: 01/30/2013

Abstract

Determination of soil erosion and runoff for soil conservation practice requires dynamic model. The objective of this study was to evaluate EuroSEM (European Soil Erosion Model) to measure runoff, erosion and sediment in part of the sub-northern Karoon watershed. The model used in this research is a single event process-base model for predicting soil erosion and sediment. Actual runoff and sediment discharge was calculated using a metal rectangular weir installed at the outlet. Parameterization, calibration and validation of the model were carried out for simulation and also model efficiency was evaluated by determination of coefficient and ME index. Calibration results (Nov. 26, Dec. 16 storms) indicated that best calibration were achieved by decreasing effective net capillary drive and increasing initial volumetric moisture content for hydrographs and also increasing cohesion of the soil and the value of Manning's n in both the rill and interrill areas and decreasing values describing the detachability of the soil particles by raindrop impact for sedigraphs. Validation results (Mar. 8, Mar. 28, Apr. 21 storms) indicated that EuroSEM model simulated total runoff discharge and peak runoff rate well. Evaluation index showed that model efficiency is moderately well but different index showed different results. The simulated hydrograph and sedigraph follows more closely that of the rainfall intensity than does the observed data. Total runoff discharge varied in the range of 1.22 to 6.37 mm/ha depending on the storm being studied and total soil loss between 2.32 to 18 t/ha. The results of model simulation showed that net erosion increased by decreasing saturated hydraulic conductivity and soil erosion decreased by increasing vegetation cover during Nov. 26 to Mar. 28 in each element. Rill erosion increased from 0.16 to 0.54 and interrill erosion decreased 4.28 to 3.45 ton/ha in growing period, inversely.

Keywords: Model, EuroSEM, Runoff, Erosion, Northern Karoon Watershed

* Corresponding Authors; Email: moghaddam623@yahoo.ie

www.SID.ir