شبیه سازی رواناب و رسوب با استفاده از مدل EUROSEM در زیرحوضه سولیجان(حوضه آبخیز کارون شمالی)

احمد جلالیان[۱]، مهدی امیر پور رباط[۱]، بهزاد قربانی[۲]، شمس الله ایوبی[۳*]

(تاریخ دریافت: ۸۴/۶/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۱۸)

چکیده

فرسایش خاک یکی از تهدیدهای مهم برای تولید کشاورزی و کیفیت محیطی به خصوص کیفیت آب و خاک است. برای انجام برنامه‌ریزی در یک حوضه آبخیز و انجام پروژه‌های حفاظتی لازم است تا اطلاعات کافی از مقدار هدررفت خاک و میزان رواناب در دسترس باشد. مدل EUROSEM یک مدل پخشی، دینامیک و تک رخدادی است که برای شبیه سازی فرسایش، انتقال رسوب و ته نشست رسوب به وسیله فرایندهای شیاری و بین شیاری طراحی شده است. هدف از این مطالعه بررسی کارایی مدل EUROSEM در شبیه سازی رواناب و رسوب بر اساس اندازه‌گیری میزان فرسایش و رواناب واقعی در زیرحوضه سولیجان با مساحت ۲۰ هکتار واقع در استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد. زیر حوضه مورد مطالعه بر اساس اطلاعات نقشه پستی و بلندی زمین، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، شیب و نقشه موقعیت جاده‌ها و کانال‌ها به ۱۹ واحد همگن تقسیم بندی گردید. اطلاعات مختلف خاک، پوشش گیاهی، مشخصات سطح زمین و داده‌های اقلیمی برای واحدهای مختلف به وسیله مشاهدات صحرایی و اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی برآورد گردیدند. رواناب و رسوب واقعی نیز برای رخدادهای بارندگی مورد مطالعه اندازه‌گیری شدند. بعد از انجام آنالیز حساسیت مدل، مراحل واسنجی و اعتبار سازی مدل و شبیه‌سازی رواناب و رسوب صورت گرفت. نتایج نشان داد که مدل EUROSEM در این زیرحوضه برای پیش بینی رواناب کل و حداکثر دبی رواناب به پارامترهای هدایت هیدرولیکی اشباع، حرکت موئینگی و رطوبت اولیه بیش از سایر عوامل حساس می‌باشد. هم‌چنین کل هدررفت خاک به پارامترهای ضریب زبری مانینگ شیاری و بین شیاری و چسبندگی خاک حساسیت بیشتری نشان داد. نتایج ارزیابی شبیه سازی مدل نشان داد که در زیرحوضه مورد مطالعه مدل قادر است میزان کل رواناب، اوج رواناب، کل رسوب و زمان اوج رسوب را به خوبی شبیه سازی نماید. ولی مدل نتوانست اوج دبی رسوب و زمان اوج رواناب را به خوبی شبیه سازی نماید. هر چند به نظر می‌رسد مدل EUROSEM قادر است رواناب و رسوب، زمان رسیدن به اوج رواناب و رسوب را در زیرحوضه‌ها و کل حوضه در رخدادهای جداگانه به خوبی پیش بینی نماید، لیکن پیشنهاد می‌شود تا کارایی مدل در شرایط مختلف آب و هوایی و خاک‌های مختلف و در حوضه‌های آبخیز متفاوت مورد ارزیابی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: فرسایش خاک، مدل EUROSEM، ، شبیه سازی رواناب و رسوب، زیرحوضه سولیجان

۱. به ترتیب استاد و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۳. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و در حال حاضر استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ayoubi@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]

مقدمه

فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی جهان است. فرسایش خاک یک پدیده طبیعی است ولی به وسیله فعالیت‌های غلط و مدیریت ناپایدار بشری تشدید می‌گردد. این فرایند علاوه بر تخریب منابع طبیعی، باعث مسائلی همچون ته نشست رسوب در مزارع، دشت‌های سیلابی و سدها و آلودگی محیط زیست می‌گردد(۳). فرسایش خاک فرآیند پیچیده‌ای بوده و اندازه‌گیری مقدار واقعی آن دشوار است. تجزیه و تحلیل رسوب و رواناب درک عمیق از فرآیندهای تولید ر.واناب و رسوب را می‌طلبد (۶).

حوضه آبخیز کارون شمالی یکی از حوضه‌های آبخیز ایران است که شدت فرسایش خاک در آن بسیار بالاست. این حوضه، به دلیل جنگل تراشی زیاد، وابسته بودن اقتصادی ساکنین منطقه به دام‌داری، تنوع زمین شناسی حوضه و حساسیت بالای برخی از خاک‌های حوضه به فرسایش یکی از بحرانی ترین حوضه‌های آبخیز کشور به لحاظ فرسایش خاک می‌باشد. فرسایش خاک در این منطقه سبب بروز خسارت درون مکانی (On-site) عمده‌ای مثل کاهش حاصلخیزی خاک، رانش زمین و کاهش عمق خاک و هم‌چنین خسارات برون مکانی (Off-site) شده است. برای انجام کارهای حفاظتی در این منطقه، ارائه یک مدل پویا که بتواند رواناب و هم‌چنین تولید رسوب و ته نشست رسوب را در زمان و مکان تعیین نماید، نقش مهمی در حفظ منابع آب و خاک خواهد داشت. لذا جهت انجام برنامه‌های حفاظت آب و خاک و محاسبه دقیق حجم سدهای مخزنی و سایر سازه‌های مکانیکی ضرورت دارد تا حجم کل رواناب و رسوب در یک حوضه آبخیز ارزیابی گردد.

برای انجام برنامه ریزی در یک حوضه آبخیز و انجام پروژه‌های حفاظتی لازم است تا داده‌های کافی از مقدار هدررفت خاک و میزان رواناب در دسترس باشد. بدین منظور مدل‌های مختلف تجربی و مدل‌های مبتنی بر روابط فیزیکی توسعه یافته‌اند. یکی از مدل‌های مبتنی بر روابط فیزیکی مدل EUROSEM (European Soil Erosion Model) است که در سال ۱۹۹۱ به وسیله مورگان و همکاران پیشنهاد گردید (۱۳). مدل EUROSEM یک مدل پخشی، دینامیک و تک رخداد (Distributed, dynamic, single event model) است که برای شبیه سازی فرسایش، انتقال رسوب و ته نشست رسوب به وسیله فرآیندهای شیاری و بین شیاری طراحی شده است. و در نقاط مختلف دنیا مورد ارزیابی و استفاده قرار گرفته است.

آلبالجو و همکاران (۸) مدل EUROSEM را در اسپانیا مورد ارزیابی قرار دادند. پژوهش‌های آنها نشان داد که این مدل قادر است رواناب و هدررفت خاک را به خوبی شبیه سازی نماید. قربانی (۱۱) مدل EUROSEM را در یک مزرعه تحقیقاتی در انگلیس برای آبیاری بارانی ارزیابی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل مزبور، قادر است تمامی پارامترهای هیدروگراف به استثنای زمان رسیدن به حداکثر دبی را به خوبی شبیه سازی نماید (۱۱). کوینتون و مورگان (۱۶) مدل EUROSEM را در حوضه C5 اوکلاهمای ایالات متحده مورد بررسی قرار دادند. آنها منحنی رواناب-زمان را با اصلاح چسبندگی خاک و ضریب زبری مانینگ واسنجی کردند (۱۶). پژوهش‌های آنها نشان داد که مدل، کل رواناب و هدررفت خاک را به خوبی شبیه سازی می‌کند ولی در شبیه سازی شکل منحنی رواناب- زمان و منحنی رسوب - زمان ناموفق بوده است.

کوینتون و رودریگوز (۱۵) مدل EUROSEM را در زیرحوضه پیرومانی بولیوی مورد ارزیابی قرار دادند. مطالعات آنها نشان داد که مدل توانائی بالائی در برآورد رواناب و هدررفت خاک در مناطق کوهستانی دارد (۱۵). ویه و همکاران (۱۸) ضمن ارزیابی مدل در مکزیک ، کاستاریکا و نیکاراگوئه نشان دادند که مدل رواناب و هدررفت کل را به خوبی شبیه سازی کرده است.

در کشور ما نیز این مدل به وسیله برخی محققین نظیر خلیل مقدم در حوضه آبخیز بازفت چهار محال و بختیاری (۵)، حبیبیان در زیر حوره ونک حوضه آبخیز کارون شمالی (۲)، و حمید پور در زیرحوضه تنگ رواق واقع در حوضه آبخیز کارون جنوبی (۴) مورد ارزیابی قرار گرفته است. جمع بندی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]

نتایج پژوهش‌های آنها نشان‌دهنده کارایی مناسب مدل در پیش بینی رواناب، رسوب کل و دبی اوج رواناب می‌باشد. با توجه به این که مطالعات محدودی در زمینه ارزیابی این مدل صورت گرفته و هم‌چنین نتایج متفاوتی حاصل شده است، این مطالعه به منظور بررسی کارایی مدل EUROSEM در شبیه سازی رواناب و رسوب بر اساس اندازه‌گیری میزان فرسایش و رواناب واقعی در منطقه سولیجان واقع در استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه یکی از زیر حوضه‌های آبخیز کارون شمالی می‌باشد که در استان چهار محال و بختیاری، شهرستان بروجن در مجاورت روستای سولیجان واقع شده است. عرض جغرافیایی منطقه بین ″۱۸ ′۱۶ °۵۱ و ″۵۷ ′۱۵ °۵۱ شمال و طول جغرافیایی آن بین ″۳۶ ′۳۷ °۳۱ و ″۴۱ ′۳۷ °۳۱ شرقی قرار دارد(شکل ۲). مساحت زیرحوضه ۲۰ هکتار و طول آبراهه اصلی آن ۹۱۰ متر است. شیب متوسط آن ۳۸ درصد و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۲۲۶۶ متر است. کاربری‌های موجود در زیرحوضه مشتمل بر سه کاربری مرتع، دیم و دیم رها شده می‌باشد. پوشش گیاهی طبیعی منطقه شامل گون (*Astragalus* spp.)، آویشن (*Anthemis* spp) و ارنجیم (*Erangium* spp) می‌باشد. اقلیم منطقه معتدل سرد با تابستان‌های خنک و خشک و متوسط بارندگی سالانه منطقه ۴۱۰ میلی‌متر است.

توصیف مدل EUROSEM

مدل EUROSEM با استفاده از معادلات ریاضی، فرایندهای فرسایش، رواناب و جریان رسوب در سطح خاک را شبیه سازی می‌کند. میزان دبی رسوب از معادله توازن جرمی دینامیک به شکل زیر محاسبه می‌شود (۱۴):

$$\partial(AC)/\partial(QC) + \partial(QC)/\partial x - e(x,t) = q_s(x,t) \qquad [۱]$$

که در این رابطه C غلظت رسوب (m^3/m^3)، A سطح مقطع جریان (m^2)، Q دبی جریان (m^3/s)، qs شدت جریان رسوب خروجی در واحد عرض المان ($m^3/s.m$)، e شدت جریان خالص جداسازی ذرات یا میزان فرسایش در واحد عرض المان، x فاصله و t زمان است.

از آنجا که مدل EUROSEM یک مدل فرسایشی است باید به یک مدل هیدرولوژیک متصل شود تا میزان رواناب را محاسبه کند. بدین منظور این مدل به مدل KINEROS (Kinematic Runoff and Erosion Model) که یک مدل پخشی تک رخداد و فیزیکی است، مرتبط شده است. این مدل با استفاده از نظریه موج جنبشی برای حل معادله پیوستگی ذیل به محاسبه مقدار رواناب می‌پردازد (۱۷ و۱۹).

$$\partial A/\partial t + \partial Q/\partial x = r(t) - f(t) \qquad [۲]$$

که در این معادله r(t) شدت بارندگی پس از کسر ذخیره برگاب (Interception) بر حسب میلی‌متر در دقیقه، f(t) سرعت نفوذ موضعی بر حسب میلی‌متر در دقیقه است. ترکیب مدل EUROSEM و KINEROS فرسایش خاک به وسیله قطرات باران را در فواصل زمانی یک دقیقه‌ای محاسبه می‌کند (۱۷ و ۱۹). شکل ۱ نمائی از الگوریتم مدل EUROSEM را نشان می‌دهد.

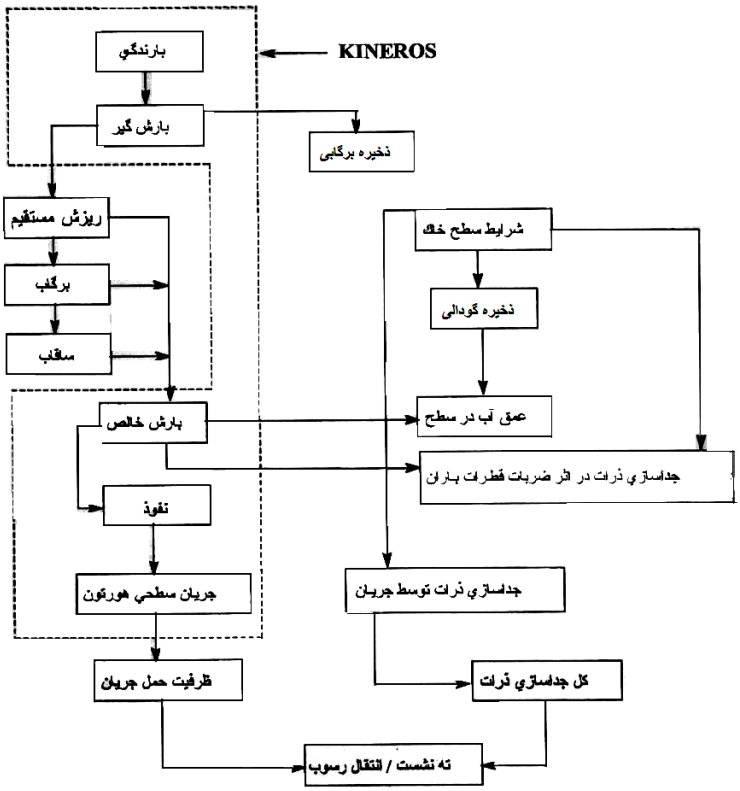
مدل EUROSEM پس از محاسبه انرژی جنبشی اجزاء بارش مستقیم، برگاب و ساقاب، میزان جداسازی ذرات خاک را محاسبه می‌کند. نفوذ آب به درون خاک با استفاده از معادله نفوذ اسمیت و پارلانج مدلسازی می‌شود و با کسر کردن ذخائر گودالی، میزان رواناب با استفاده از معادله موج جنبشی شبیه سازی می‌شود. سپس فرسایش خاک با استفاده از تبادل دائم ذرات بین جریان و سطح خاک مدلسازی می‌شود. در هر لحظه از بارش، ذرات خاک در حال رسوب یا جداشدن هستند. تعادل بین این دو فرآیند متضاد، تعیین کننده میزان هدررفت خاک یا رسوب است (۱۴).

واحدبندی حوضه مورد مطالعه

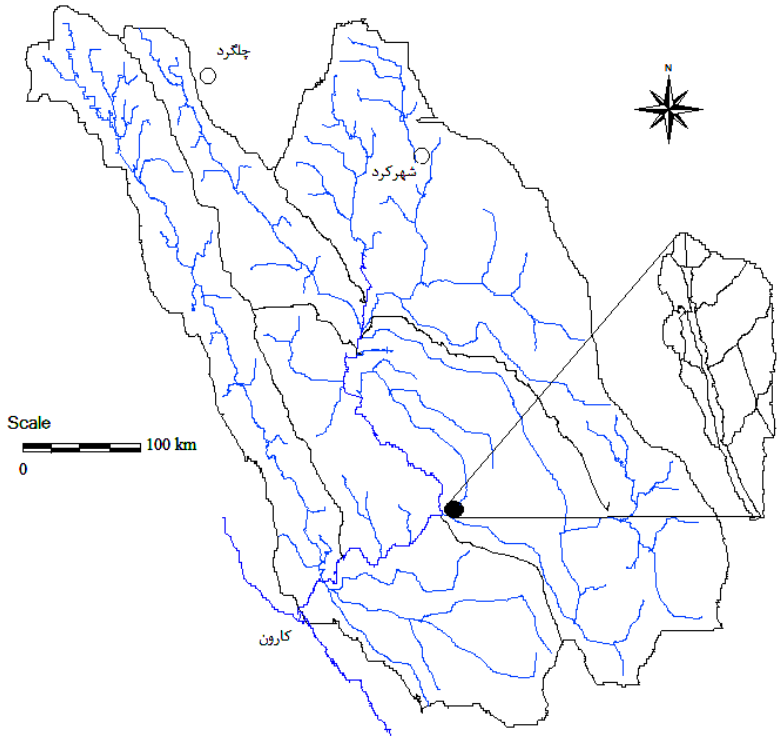
در مدل EUROSEM یک حوضه آبخیز بر اساس اطلاعات نقشه پستی و بلندی زمین، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، شیب و نقشه موقعیت جاده‌ها و کانال‌ها به اجزای همگن به نام

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]



شکل ۱. الگوریتم مدل EUROSEM (۱۲)



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی زیرحوضه مورد مطالعه در حوضه آبخیز کارون شمالی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]

واحد (Element) تقسیم بندی می‌شوند (۱۴). واحدها شامل سطوح مسطح، سطوح شیبدار و کانال‌ها می‌باشند. هر واحد باید از لحاظ خواص خاک، شیب، پوشش گیاهی و نوع کاربری یکنواخت و همگن باشد (۱۴). منطقه مورد مطالعه به این روش به ۱۹ واحد همگن تقسیم بندی گردید که نمائی از توزیع آنها و نحوه ارتباط آنها با همدیگر در شکل ۳ ارائه شده است.

اندازه‌گیری پارامترهای ورودی مدل

پارامترهای ورودی در قالب دو فایل اقلیم 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 منطقه استخراج گردید. پارامترهای مربوط به حوضه به گروه‌های ویژگی‌های هیدرولیکی، ویژگی‌های پوشش گیاهی، ویژگی‌های فیزیکی خاک و شرایط سطح خاک تقسیم می‌شوند.

الف) پارامترهای هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در منطقه

رطوبت خاک به روش استاندارد وزنی (۱)، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نمونه‌های به هم نخورده به قطر ۸ و ارتفاع ۷ سانتی متر به روش آزمایشگاهی بار ثابت تعیین گردید (۱). جرم مخصوص ظاهری خاک به روش سیلندر نمونه گیری (۱) تعیین شد و سپس با در نظر گرفتن جرم مخصوص حقیقی مقدار تخلخل خاک محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری حرکت موئینگی خالص مؤثر (Effective Net Capillary Drive) از روش زمان ماندابی که در دو شدت بارندگی مختلف حاصل شده اند، نیاز است. بدین منظور دستگاه نفوذسنج بارانی (Sprinkler Infiltrometer) طراحی گردید (۲۰). با استفاده از معادله یانگ حرکت موئینگی محاسبه شد (۷):

$$t_p = G \times K_s / P(P - K_s) \qquad [۳]$$

در این معادله t_p زمان ماندابی، K_s هدایت هیدرولیکی اشباع، R شدت بارندگی و G حرکت موئینگی است. با رسم R در برابر $1/R \times t_p$ ضرائب معادله یعنی Ks و G به دست می‌آیند. بدین منظور اگر معادله فوق را برای دو زمان ماندابی و دو شدت بارندگی متفاوت نوشته شود، خواهیم داشت:

$$R_1 = [G.K_s / t_{p_1} \times P_1] + K_s \qquad [۴]$$

$$R_2 = [G.K_s / t_{p_2} \times P_2] + K_s \qquad [۵]$$

از تفاضل دو معادله ۴ و ۵ معادله زیر حاصل می‌گردد:

$$G.K_s = [R_1 - R_2] / [1/t_{p1} R_1 - 1/t_{p2} R_2] \qquad [۶]$$

که مقادیر R_1، R_2، t_{p1} و t_{p2} مستقیماً در صحرا اندازه‌گیری شده‌اند و در نهایت مقدار G محاسبه شده است.

ب) ویژگی‌های پوشش گیاهی

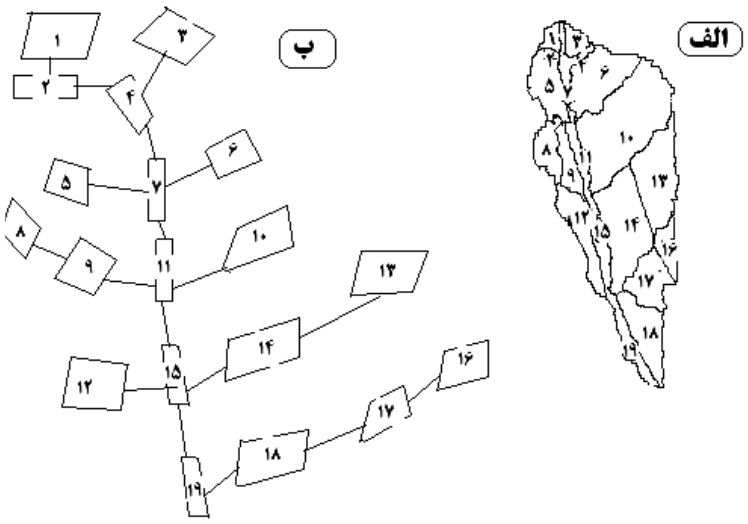
در این مدل ویژگی‌های پوشش گیاهی شامل سطح مقطع پایه پوشش، متوسط زاویه ساقه گیاه با افق، ارتفاع پوشش مؤثر، حداکثر ذخیره برگابی و ضریب شکل برگ می‌باشد (۱۳). برای اندازه‌گیری درصد تاج پوشش گیاهی برای گیاهان زراعی از قاب‌هایی به مساحت یک متر مربع و برای اراضی جنگلی از تخمین چشمی تصویر قائم تاج پوشش بر روی 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 به وسیله شمارش تعداد درختان در هر واحد و اندازه‌گیری قطر ساقه و با فرض مدور بودن ساقه محاسبه گردید. ارتفاع گیاهان نیز به وسیله متر نواری مستقیماً اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های مزبور و هم‌چنین ویژگی‌های خاک در صحرا در سه تکرار اندازه گیری و میانگین آن در مدل مورد استفاده قرار گرفت.

ج) ویژگی‌های فیزیکی خاک

توزیع اندازه ذرات و بافت خاک به روش پیپت ازنمونه‌های خاک جمع آوری شده ازلایه ۱۵-۰ سانتی‌متر تعیین شد (۱). چسبندگی خاک (Soil cohesion) با استفاده از دستگاه برش پره‌ای (Shear vane) مستقیماً در صحرا اندازه‌گیری گردید (۱۲). پره دستگاه از دو تیغه عمود بر هم تشکیل شده که زاویه بین هر دو تیغه مجاور ۹۰ درجه است. ابعاد پره به اندازه‌ای بود که از چرخش آن حفره‌ای به ارتفاع ۱۵۰ میلی‌متر و قطر ۷۵ میلی‌متر ایجاد می‌نماید. اندازه‌گیری مقاومت برشی در حالت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]



شکل ۳. واحد بندی زیرحوضه مورد مطالعه(الف) و فلوچارت واحدبندی (ب)

اشباع با ایجاد گشتاور و با سرعت ۱۲-۶ درجه در دقیقه صورت گرفت. مقاومت برشی خاک در حالت اشباع معادل چسبندگی خاک می‌باشد.

$$\tau = C + \delta_n . \tan \varphi \qquad [۷]$$

با توجه به این که در پره برشی تنش عمودی نداریم (δ_n=0)، مقدار مقاومت برشی (τ) معادل چسبندگی خاک در حالت اشباع (C) می‌باشد. برای اندازه‌گیری فاکتور جداپذیری (Detachment) ذرات خاک به وسیله قطرات باران، از دستگاه جام فنجانی (Splash Cup) استفاده شد. مقادیر اندازه‌گیری شده با جدول راهنمای مدل تعدیل شدند (۱۴).

د) شرایط سطح خاک

مدل EUROSEM برای توصیف سطح زمین از پارامترهای زبری در جهت شیب، عامل عقب افتادگی نفوذ، ضریب زبری مانینگ، درصدسنگریزه و درصد شیب استفاده می‌کند (۱۳). فاکتور عقب افتادگی نفوذ (Infiltration Recession Factor) عبارت از متوسط اختلاف ارتفاع پستی و بلندی‌های زمین می‌باشد. این پارامتر با استفاده از متر نواری تعیین گردید. مقدار زبری سطح خاک نیز به وسیله زنجیر مساحی با طول ۱۰۴ سانتی‌متر محاسبه شد. برای تعیین مقدار سنگریزه از لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک نمونه‌ای برداشت شده و درصد حجمی ذرات بزرگ‌تر از دو میلی‌متر تعیین گردید. برای اندازه‌گیری ضریب زبری مانینگ در سطوح لخت و عاری از پوشش گیاهی از فرمول استریکلر (Strickler) استفاده شد. در سطوح دارای پوشش گیاهی با گرفتن عکس از هر واحد و مقایسه با تصاویر کتاب چاو (۹) و هم‌چنین جدول راهنمای کاربران مدل (۱۴) این ضریب تخمین زده شد. درصد شیب متوسط زمین نیز به وسیله شیب سنج تعیین شد.

اندازه‌گیری رواناب و رسوب واقعی

برای به دست آوردن رواناب و رسوب واقعی، یک سرریز مثلثی شکل در نقطه خروجی زیرحوضه نصب گردید. جهت برآورد تقریبی ابعاد سرریز، از رواناب تخمینی محاسبه شده به روش استدلالی (۶) استفاده شد. پس از اندازه‌گیری مقدار ارتفاع آب روی تاج سرریز و استفاده از روابطه زیر دبی رواناب در هر رگبار تعیین شد (۶).

$$Q = ۰/۰۱۸۴ \, (L - ۰/۲ \, H) \, H^{۳/۲} \qquad [۸]$$

که در این رابطه L طول سرریز، H ارتفاع آب روی تاج سرریز و Q دبی بر حسب لیتر بر ثانیه می‌باشند. از رواناب عبوری از سرریز در اعماق 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]

بررسی آنالیز حساسیت و کارائی مدل

برای بررسی کارائی مدل و مقایسه خروجی‌های مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده رسوب و رواناب از ضریب تشخیص (R^2) استفاده گردید (۱۶). میزان تغییر خروجی‌های مدل (هدررفت، بار رسوب و سایر خروجی‌های مدل) به ازاء تغییر در میزان ورودی‌های مدل را آنالیز حساسیت می‌گویند. جهت انجام آنالیز حساسیت مدل از روش ساده استفاده گردید (۷ و ۱۰). آنالیز حساسیت مدل با ۱۰ درصد افزایش و کاهش پارامترهای دینامیک و مشاهده درصد تغییر خروجی‌های مدل انجام شد.

نتایج و بحث

شبیه سازی مدل شامل سه مرحله مهم پارامتر سنجی (Parameterization)، واسنجی (Calibration) و ارزیابی اعتبار (Validation) می‌باشد. در این بخش به ترتیب مراحل شبیه سازی مدل در زیرحوضه مورد مطالعه ارائه شده است.

پارامترسنجی

پارامترسنجی عبارت از جمع آوری، اندازه‌گیری، محاسبه و تصحیح داده‌های ورودی به مدل است. مشخصه‌های هندسی، خاکشناسی و پوشش گیاهی اندازه گیری شده جهت ورودی به مدل به ترتیب در جداول ۱، ۲ و ۳ ارائه شده‌اند.

نتایج واسنجی مدل

برای شبیه سازی رواناب و رسوب لازم است تا واسنجی مدل صورت گیرد. برای واسنجی مدل از معیار ضریب تشخیص استفاده گردید. منحنی واسنجی شده رواناب- زمان (هیدروگراف) برای رخداد مزبور در شکل ۴ (الف و ب) ارائه شده است. واسنجی مدل با استفاده از رخداد ۲۶ فروردین ۱۳۸۲ صورت گرفت. همانطور که مشاهده می‌شود در این رخداد بدون عمل واسنجی و تغییر و تعدیل در پارامترها هم‌بستگی زیادی بین مقادیر اندازه گیری شده و مقادیر تخمین زده شده به وسیله مدل وجود ندارد (R^2=0.38)(شکل ۴- الف). به منظور انطباق بهتر نتایج رواناب پیش بینی شده به وسیله مدل، از نتایج آنالیز حساسیت استفاده گردید. نتایج آنالیز حساسیت نشان داد که وابستگی رواناب کل و حداکثر دبی رواناب به پارامترهای هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، حرکت موئینگی و رطوبت اولیه خاک بیش از سایر عوامل می‌باشد. این نتیجه گیری با نتایج فولی و همکاران (۱۰)، قربانی (۱۱)، حبیبیان دهکردی (۲) و حمیدپور (۴) مطابقت دارد. بهترین واسنجی مدل برای هیدرروگراف، با کاهش حرکت موئینگی خالص موثر و رطوبت قبل از بارندگی به ترتیب به میزان ۱۰ و ۲۰ درصد و افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع به میزان ۱۵ درصد حاصل شد. پس از واسنجی مدل منحنی هیدروگراف به صورت شکل ۴- ب در آمده است.که دارای ضریب تشخیص معادل ۰/۶۳ بوده که در سطح احتمال $p<0.01$ معنی‌دار بوده است.

پس از واسنجی هیدروگراف، منحنی رسوب - زمان نیز واسنجی گردید منحنی رسوب - زمان این رخداد قبل از تعدیل در شکل ۵-الف ارائه شده که موید کارائی پائین مدل بدون واسنجی است (R^2= 0.23). با تغییر پارامترهای ضرایب زبری مانینگ شیاری و بین شیاری و چسبندگی خاک مدل واسنجی گردید. که نتیجه آن در شکل ۵- ب نمایش داده شده است که منجر به افزایش ضریب تشخیص تا حد R^2=./۶۲ شده است. حمید پور (۴) نیز نشان داد که مدل EUROSEM نسبت به ضریب زبری، چسبندگی و فاکتور فرسایش پذیری خاک بیشترین حساسیت را نشان می‌دهد. ولی فولی و همکاران (۱۰) در هلند نشان دادند که بیشترین حساسیت کل هدررفت خاک به ضریب زبری مانینگ و کمترین حساسیت آن به جداپذیری ذرات خاک به وسیله باران می‌باشد. یکی از نتایج قابل ذکر این تحقیق در مقایسه با سایر پژوهش‌ها (۲ ، ۴، ۱۰ و ۱۱) این است که حساسیت مدل EUROSEM نسبت به موقعیت و محل مورد آزمایش تغییر می‌کند و لزوم انجام آنالیز حساسیت قبل از مراحل واسنجی و اعتبار سنجی مدل اثبات می‌شود. بهترین انطباق منحنی واسنجی رسوب- زمان مشاهده شده با منحنی شبیه سازی به وسیله مدل، با کاهش ضریب زبری مانینگ شیاری، ضریب زبری بین شیاری و چسبندگی خاک به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]

جدول ۱. مشخصه‌های هندسی اندازه‌گیری شده در زیر حوضه مورد مطالعه و پارامترهای ورودی در واحدهای مختلف زیرحوضه

فاکتور	شماره واحد در زیرحوضه																			
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
XL(m)	۷۰	۷۵	۷۰	۷۵	۱۷۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	۲۲۰	۲۳۰	۲۰۰	۲۸۰	۱۸۵	۲۲۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۶۵	۹۰
W(m)	۲۰	۰	۲۰	۰	۸۰	۸۰	۰	۱۰۰	۳۰	۲۰۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۰	۰	۸۰	۹۰	۷۰	۰
CLEN	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰	۹۱۰
RFR(cm/cm)	۸	۱	۱۰	۱	۵	۳	۱	۴	۴	۲	۱	۳	۴	۱	۱	۳	۱	۱	۱
RECS(mm)	۵۰	۱	۶۰	۱	۳۰	۲۰	۱	۵۰	۵۰	۳۰	۱	۴۰	۳۰	۱	۳۰	۳۰	۱۰	۱۰	۱
ROC(v/v)	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰۰/۴	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۱
SIR(m/m)	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۲	۰/۱۷	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲	۰/۱	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۱
SPLTEX	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
SPRIL(m/m)	۰	۰/۰۱	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰/۰۸	۰/۰۱	۰	۰	۰/۰۸	۰/۰۱
DEPNO	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۷	۰
RILLW(m)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۳	۰	۰	۰	۰/۳	۰
BW(m)	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱
ZL	۰	۳/۳	۰	۳/۳	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۳/۳	۰	۰	۰	۱/۶	۰	۰	۰	۱/۶
ZLR	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۸	۰	۰	۰	۰/۰۸	۰
ZR	۰	۳/۳	۰	۳/۳	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۲/۵	۰	۰	۰	۲/۵	۰	۰	۰	۱/۶
NU	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸	۰	۰	۰	۰	۱۳	۰	۰	۱۶	۱۷	۰
NR	۰	۰	۰	۳	۰	۰	۶	۰	۰	۰	۱۰	۰	۰	۰	۱۴	۰	۰	۰	۱۸
NL	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵	۰	۰	۰	۹	۰	۰	۰	۱۲	۰	۰	۰	۰
NC1	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۴	۰	۰	۰	۷	۰	۰	۰	۱۱	۰	۰	۰	۱۵
NC2	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
NELE	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹

XL: طول واحد، W: عرض واحد، CLEN: طولانی ترین مسیر عبور رواناب، RFR: زبری در جهت شیب غالب، RECS: فاکتور کاهش نفوذ، ROC: درصد حجمی سنگریزه، SIR: شیب بین شیاری، SPLTEX: نماینده عمق تأثیر باران در جداسازی روی سطح خاک، SPRIL: شیب شیار، DEPNO: تعداد متوسط شیارها در عرض واحد مورد بررسی، RILLW: متوسط عمق شیار در انتهای شیار، BW: متوسط عرض شیار، ZL: عرض کف کانال، ZLR: شیب سمت چپ کناره کانال، ZR: شیب کانال، NU: شماره واحد که از بالادست وارد می‌شود، NR: شماره واحد که ازراست وارد می‌شود، NL: شماره واحد که از چپ وارد می شود، NC1: شماره اولین کانال وارده از بالادست، NC2: شماره دومین کانال وارده از بالادست، NELE: تعداد واحد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]

جدول ۲. مشخصه‌های خاک‌شناسی اندازه‌گیری شده در زیر حوضه مورد مطالعه و پارامترهای ورودی در واحدهای مختلف زیر حوضه

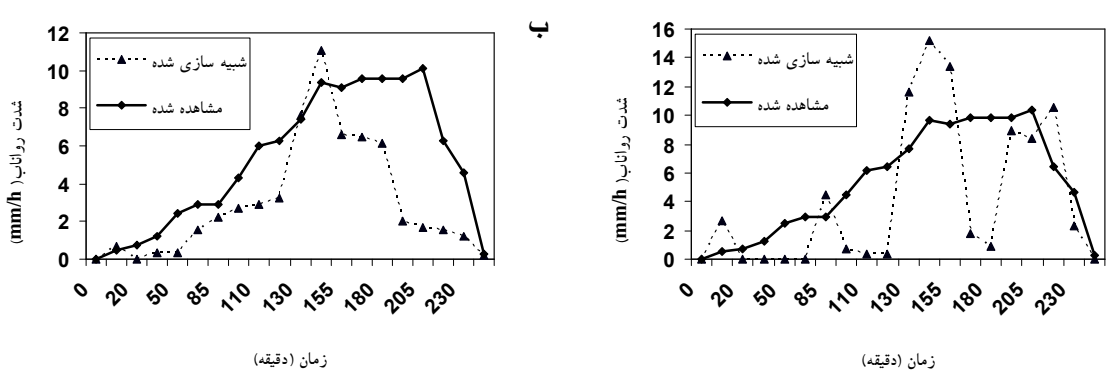
فاکتور	شماره واحد در زیر حوضه																			
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
POR(v/v)	۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۴۱	۰/۴۸	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۵۴	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۵۷	۰/۶۱	۰/۴۵
D_{50}(µ)	۲۰/۸	۳۲	۲۵/۲	۳۲	۴۵/۲	۲۸/۴	۳۴	۲۷/۳	۴۸/۹	۲۵/۶	۲۸	۲۸/۳	۲۸/۸	۲۵	۲۵	۲۵/۴	۲۰	۵۰	۴۰
DERO(m)	۳	۰/۳	۳	۰/۳	۰/۳	۲	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۱۵	۰/۲	۲	۲	۳	۰/۲	۳	۳	۳	۰/۴
RHOS(kg/m^3)	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۵
FMIN(mm/h)	۸۴/۸	۰/۳۴	۲۹/۶	۰/۳۴	۲۴/۴	۵۸	۰/۸۱	۲۳۴	۲۸۸	۴۶	۲۹	۲۴/۶	۶۵/۲	۲۴	۲۶	۲۲۰	۷۴	۷۱/۴	۰/۸۷
G(mm)	۱۷/۲	۴	۱۶/۱	۴	۱۸/۲	۱۳/۲	۸	۱۶/۲	۱۵/۱	۱۸/۱	۴	۲۰/۱	۱۲/۱	۱۶	۴	۱۰	۱۶	۱۴	۲
THI(v/v)	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۳۴	۰/۳۹	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۴۷	۰/۵	۰/۳۶
THMAX(v/v)	۰/۵	۰/۵	۰/۴۴	۰/۵	۰/۵	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۵۴	۰/۵	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۵	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۴۲
EROD(g/J)	۱/۶	۲/۱	۱/۸	۲/۱	۱/۹	۱/۷	۲	۱/۹	۱/۴	۱/۸	۱/۹	۱/۴	۱/۷	۱/۷	۱/۸	۱/۳	۱/۷	۲/۴	۱/۶
COH(kPa)	۳۷	۲۵	۲۷/۹	۲۵	۱۹/۷	۲۱/۴	۱۹	۲۶/۳	۲۱/۳	۲۴/۶	۲۰	۳۶/۱	۴۲/۷	۴۵	۳۰	۳۷/۸	۵۸	۳۶	۲۱
MANN(IR)	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳
MANN(RL)	۰	۰/۰۳	۰	۰/۰۳	۰	۰	۰/۰۳	۰	۰	۰	۰/۰۳	۰	۰	۰/۰۳	۰/۰۳	۰	۰	۰/۰۳	۰/۰۳
PAV	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱

POR : تخلخل خاک، D_{50}: میانه قطر ذرات خاک، DERO: حداکثر عمق خاک قابل فرسایش، RHOS: چگالی حقیقی ذرات رسوب کرده، FMIN: هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، G: حرکت موئینگی خالص موثر، THI: رطوبت حجمی خاک قبل از بارندگی، THMAX: رطوبت حجمی بعد از بارندگی، EROD: فرسایش پذیری خاک به وسیله قطرات باران، COH : چسبندگی خاک اشباع، MANN(IR): ضریب زبری بین شیاری، MANN(RL): ضریب زبری شیاری، PAV: درصد پوشش سنگی

جدول ۳. مشخصه‌های پوشش گیاهی اندازه‌گیری شده در زیر حوضه مورد مطالعه و پارامترهای ورودی در واحدهای مختلف زیر حوضه

فاکتور	شماره واحد در زیر حوضه																		
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
COVER	۰/۶۵	۰	۰/۷	۰	۰/۵۵	۰/۴۵	۰	۰/۵۵	۰/۵	۰/۱۵	۰	۰/۵	۰/۶	۰/۲	۰	۰/۵	۰/۳	۰/۲۵	۰
PLANGLE(°)	۴۵	۰	۴۵	۰	۳۶	۵۰	۰	۴۳	۴۱	۳۶	۰	۴۲	۴۰	۴۱	۰	۳۰	۷۵	۶۵	۰
PLANTH(cm)	۴۵	۰	۹۰	۰	۴۰	۵۰	۰	۵۰	۴۵	۴۰	۰	۶۰	۶۵	۷۰	۰	۶۵	۲۵	۲۵	۰
SHAPE	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
DINTER(mm)	۱/۵	۰	۱/۵	۰	۱/۵	۱/۵	۰	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۰	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۰	۱/۵	۱/۵	۳	۰
PLANTBASE(m^2)	۰/۵۲	۰	۰/۶	۰	۰/۴۱	۰/۳۵	۰	۰/۴۴	۰/۴	۰/۱۱	۰	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۲	۰	۰/۳۸	۰/۲	۰/۲	۰

COVER: نسبت پوشش گیاهی در سطح، PLANGLE: متوسط زاویه ساقه گیاه با افق، PLANTH: ارتفاع مؤثر گیاه، SHAPE : ضریب شکل برگ گیاه(برای سوزنی برگ (۱) و پهن برگ (۲))، DINTER: قطر گیاه، PLANT BASE : سطح مقطع پایه پوشش.

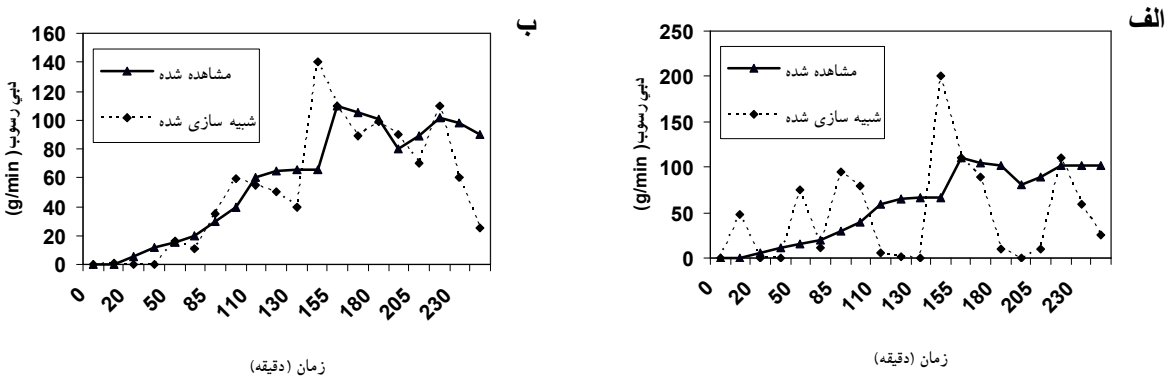


شکل ۴. منحنی واسنجی هیدروگراف برای مدل EUROSEM قبل (الف) و بعد (ب) از واسنجی به وسیله رخداد ۲۶ فروردین ۱۳۸۲ در حوضه سولیجان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]

جدول ۴. نتایج واسنجی مدل Eurosem به وسیله رخداد ۲۶ فروردین ۱۳۸۲ در حوضه سولیجان

فاکتور مورد ارزیابی	اوج دبی رسوب (g/min)	اوج شدت رواناب (l/min)	کل رسوب (t/ha)	کل رواناب (m^3/ha)
مشاهده شده	۲۱۳/۹۲	۱۵/۲	۲۰/۱۵	۱۰۷/۷۹
شبیه سازی شده	۱۱۴/۷	۱۰/۳۶	۱۹/۴	۱۰۸/۷۸



شکل ۵ . منحنی واسنجی رسوب- زمان برای رخداد ۲۶ فروردین ۱۳۸۲ قبل (الف) و بعد (ب) از واسنجی به وسیله مدل EUROSEM در حوضه سولیجان

میزان ۲۰، ۲۰ و ۱۰ درصد صورت گرفت. نتایج واسنجی مدل برای شاخص‌های اوج دبی رسوب، کل رواناب، اوج شدت رواناب و کل رسوب در رخداد ۲۶ فروردین ۱۳۸۲ در جدول ۴ خلاصه شده است. همان طور که نتایج این جدول نشان می‌دهد مدل توانسته است مقدار کل رسوب و کل رواناب را به خوبی برآورد نماید ولی در برآورد دبی اوج رواناب و دبی اوج رسوب تفاوت فاحشی دیده می‌شود.

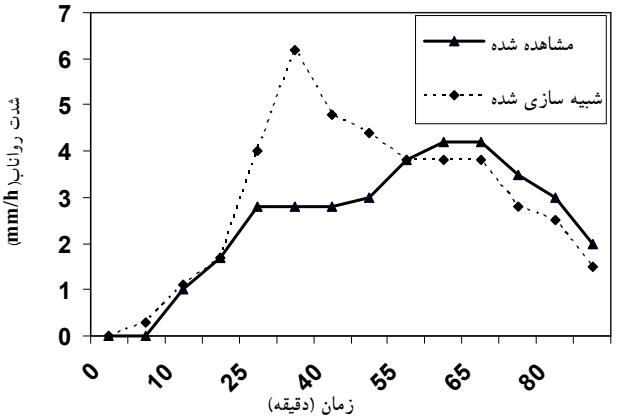
همان طور که نتایج شکل ۴ نشان می‌دهد زمان رسیدن به اوج رواناب پیش بینی شده و واقعی به ترتیب ۱۴۰ و ۲۰۵ دقیقه پس از شروع بارندگی می‌باشد. مدل توانسته است کل رواناب و دبی اوج رواناب را به خوبی شبیه سازی نماید ولی در شبیه سازی زمان رسیدن به دبی اوج رواناب ضعیف عمل کرده است. نتایج سایر محققین (۱۰ و ۱۱) نیزبا نتایج حاصله همخوانی دارد. هم‌چنین بر اساس شکل ۵ زمان رسیدن به دبی اوج رسوب واقعی و شبیه سازی شده به ترتیب ۱۵۵ و ۱۴۰ دقیقه است که نشاندهنده آن است که مدل توانسته این زمان را نسبتاً مناسب شبیه سازی نماید. نتایج حاصله با نتایج فولی و همکاران (۱۰) و حمیدپور (۴) متفاوت است که به نظر می‌رسد عمدتاً ناشی از تفاوت در مشخصه‌های هندسی حوضه و تاسیسات حفاظتی برای کنترل فرسایش باشد.

ارزیابی اعتبار مدل

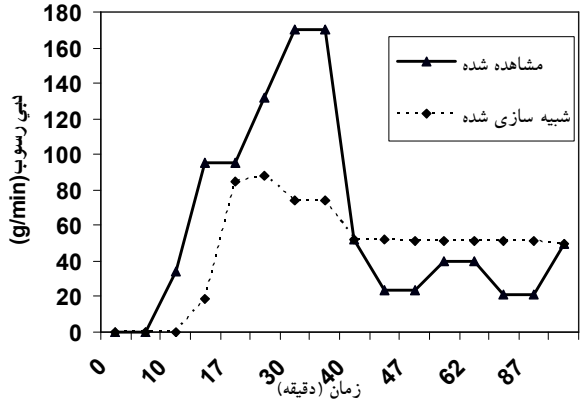
پس از اعمال تغییرات لازم بر مدل بر اساس نتایج واسنجی، با استفاده از فرآیند ارزیابی اعتبار مدل چگونگی شبیه سازی رخدادهای آینده به وسیله مدل واسنجی شده در منطقه معین می‌گردد. اگر مدلی شبیه سازی خوبی در این مرحله داشته باشد، این مدل قادر است رخدادهای آینده را به خوبی شبیه سازی نماید (۱۳). برای شبیه سازی رواناب و رسوب از رخداد ۲ اردیبهشت سال ۱۳۸۲ استفاده گردید.

شکل ۶ منحنی رواناب- زمان ارزیابی اعتبار مدل را نشان می‌دهد. هم‌چنین خلاصه نتایج در جدول ۵ ارائه شده است. همان طور که نتایج نشان می‌دهد مدل توانسته است به خوبی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]



شکل ۶ . منحنی ارزیابی اعتبار منحنی رواناب- زمان برای رخداد ۲ اردیبهشت ۱۳۸۲ به وسیله مدل EUROSEM



شکل ۷. منحنی ارزیابی اعتبار منحنی رسوب- زمان برای رخداد ۲ اردیبهشت ۱۳۸۲ به وسیله مدل EUROSEM

جدول ۵ . نتایج ارزیابی اعتبار مدل برای رخداد ۲ اردیبهشت ۱۳۸۲

فاکتور مورد ارزیابی	اوج دبی رسوب (g/min)	اوج شدت رواناب (l/min)	کل رسوب (t/ha)	کل رواناب (m^3/ha)
مشاهده شده	۱۶۹/۰۰	۱۲/۰۰	۵۹/۹۱	۴۷۲/۵
شبیه سازی شده	۷۵/۹۲	۱۱/۳۷	۵۴/۹۰	۴۶۰/۸

شکل هیدروگراف را شبیه سازی نماید. مقدار ضریب تشخیص معادل ۰/۶۴ که در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار است گواهی این مدعاست. هم‌چنین مدل در شبیه سازی کل رواناب و دبی اوج رواناب (جدول ۵) به خوبی عمل کرده است. ولی همان طور که شکل ۶ نیز نشان می‌دهد در شبیه سازی زمان شروع رواناب و زمان رسیدن به اوج رواناب ناموفق بوده است. مطالعات کوینتون و مورگان در اوکلاهما (۱۶) و خلیل مقدم (۵) در حوضه آبخیز بازفت چهار محال و بختیاری نیز موید این مطلب می‌باشد. ویه و همکاران (۱۸)، قربانی (۱۱) و کوینتون و رودریگز (۱۵) نیز نشان دادند که مدل EUROSEM نمی‌تواند به خوبی زمان شروع رواناب را شبیه سازی نماید.

منحنی رسوب- زمان که مورد ارزیابی اعتبار قرار گرفته، برای رخداد ۲ اردیبهشت ۱۳۸۲ در شکل ۷ ارائه شده است. هم‌چنین خلاصه برخی نتایج در جدول ۵ آمده است. همان طور که نتایج نشان می‌دهد مدل توانسته است کل رسوب را به خوبی شبیه سازی نماید ولی در شبیه سازی دبی اوج رسوب ناموفق عمل کرده است. هم‌چنین در شبیه سازی شکل منحنی رسوب - زمان موفق بوده است (R^2=0.67**). مدل در شبیه سازی زمان رسیدن به دبی اوج رسوب برای رخداد مورد نظر موفق عمل کرده است. این نتیجه گیری با نتایج پژوهش‌های سایر محققین (۴ و ۱۰) مطابقت دارد. گزارش‌های مورگان و همکاران (۱۴) و ویه و همکاران (۱۸) نیز نشان می‌دهد که مدل، کل هدررفت خاک را بهتراز دبی اوج رسوب و زمان رسیدن به دبی اوج رسوب شبیه سازی می‌نماید.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که مدل EUROSEM در زیرحوضه مورد مطالعه برای پیش بینی رواناب کل و حداکثر دبی رواناب نسبت به پارامترهای هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، حرکت موئینگی و رطوبت اولیه خاک بیش از سایر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]

عوامل حساس می‌باشد. هم‌چنین کل هدررفت خاک نسبت به پارامترهای ضریب زبری مانینگ شیاری و بین شیاری و چسبندگی خاک حساسیت بیشتری نشان داد. مقایسه نتایج حاصله با نتایج سایر محققین (۲، ۴، ۱۰ و ۱۱)، موید این مطلب است که حساسیت مدل EUROSEM وابسته به مکان و محل تحقیق می‌باشد. بنابراین توصیه می‌شود تا برای استفاده از این مدل قبل از مراحل واسنجی و تعیین اعتبار، تحلیل حساسیت مدل انجام گردد. مدل زمانی فرسایش خاک را به خوبی شبیه سازی می‌کند که منحنی رواناب- زمان آن رخداد را به خوبی شبیه سازی کرده باشد. این موضوع لزوم انجام واسنجی منحنی رواناب- زمان را قبل از واسنجی منحنی رسوب - زمان تائید می‌نماید. نتایج ارزیابی شبیه سازی مدل نشان می‌دهد که در زیرحوضه مورد مطالعه، مدل قادر است میزان کل رواناب، اوج رواناب، کل رسوب و زمان اوج رسوب را به خوبی شبیه سازی نماید. ولی مدل نتوانسته است اوج دبی رسوب و زمان اوج رواناب را به خوبی شبیه سازی نماید. هر چند به نظر می‌رسد مدل EUROSEM قادر است رواناب و رسوب ، زمان رسیدن به اوج رواناب و رسوب را در زیرحوضه‌ها و کل حوضه در رخدادهای جداگانه به خوبی پیش بینی نماید، بنابراین پیشنهاد می‌شود تا کارائی مدل در شرایط مختلف آب وهوائی و در خاک‌های مختلف و در حوضه‌های آبخیز متفاوت مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. بای بوردی، م . ۱۳۷۲. *فیزیک خاک*. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران.

۲. حبیبیان دهکردی، ر. ۱۳۸۱. ارزیابی کمی نقش روش‌های حفاظت آب و خاک بر کاهش رواناب و فرسایش، استفاده از مدل EUROSEM در بخشی از زیر حوضه ونک از حوضه آبخیز کارون شمالی. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. حق نیا، غ. و ع. کوچکی (مترجمین). ۱۳۷۵. *مدیریت پایدار خاک*. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۴. حمید پور،م. ۱۳۸۳. شبیه سازی رواناب، رسوب و فرسایش خاک با استفاده از مدل EURSEM در زیرحوضه تنگ رواق واقع در استان کهکیلویه و بویر احمد. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. خلیل مقدم. ب .۱۳۸۱. ارزیابی مدل محاسبه فرسایش خاک (EUROSEM) در زیر حوضه طبرک از حوضه رودخانه بازفت در حوضه آبخیز کارون شمالی. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶. رفاهی، ح. ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران.

۷. قربانی، ب. ۱۳۸۰. روش‌های کاربردی تعیین نفوذپذیری خاک تحت شرایط آبیاری بارانی، دانشگاه شهرکرد، نشریه فنی شماره ۱.

8. Albaljdjo, J., N. Costillo and M. Martinez. 1994. EUROSEM. Preliminary validation on non-agricultural soil PP. 314-325. *In*: R. J. Rickson (Ed.), Conserving Soil Resources: European Perspectives. CAB International, Wallingford.
9. Chow, V. T. 1956. Open Channel Hydraulic. McGraw-Hill, New-York
10. Fully, A., J. N. Quinton and R. E. Smith. 1999. Evaluation of the EUROSEM model using data file from the Catsop watershed, The Netherlands. Catena. 37: 507-519.
11. Ghorbani, B. 1997. A mathematical model to predict surface runoff under sprinkler irrigation condition. Ph.D Thesis, Silsoe College. Bedford. UK.
12. Marshall, T. J., J. M. Holmes and C. W. Rose 1996. Soil Physics. 3rd Edition, Cambridge University Press., USA.
13. Morgan, R. P. C., J. N. Quinton, and R. J. Rickson. 1991. EUROSEM: A user guide. Silsoe College, Cranfield University. UK.
14. Morgan, R. P. C., J. N. Quinton, R. E. Smith and G. Govers. 1998. The European transport from field and small catchment. J. Earth Sur. Proc. and Landforms 25: 527-544.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]

15. Quinton, J. and F. Roodriguez. 1999. Modeling the impact of live barriers on soil erosion in the Pairumani sub-catchment Bolivia. J. Mountain Research and Development. 19: 292-299.
16. Quinton, J. and R.P.C. Morgan. 1998. EUROSEM. An evaluation with single event data the C5 watershed Oklahoma. NATOASI series. 155: 65-71.
17. Smith, R. E.,. D. C. Goodrich and J. N. Quinton. 1995. Dynamic, distributed simulation of watershed erosion. The KINEROS2 and EUROSEM models. J. Soil Water Conserv. 50: 517-520.
18. Veihe, A., J. Quinton and J. Poeson. 2000. Sensitivity analysis of EUROSEM using Monte Carlo simulation II: The effect of rills and rock fragments. J. Hydro. Proc. 14: 927-939.
19. Woolhiser, D. A., R. E. Smith and D. C. Goodrich. 1990. Kinematic runoff and erosion model: documentation and user manual. USDA Agricultural Research Service, ARS-71.
20. Zegelin, S. J. and I. White. 1982. Design for a field sprinkler infiltrometer. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46: 1129-1133.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.32.1]