

مقاله علمی-پژوهشی

## تخمین شروع همزمان آستانه رواناب و فرسایش با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش

حمزه سعیدیان<sup>۱\*</sup> حمید رضا مرادی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۴

### چکیده

در ابتدای تبدیل بارش به رواناب، مقداری از بارش به وسیله خاک جذب شده یا به اعماق زمین نفوذ می‌کند و باقیمانده تبدیل به رواناب سطحی می‌شود با تعیین آستانه همزمان رواناب و فرسایش می‌توان به مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز کمک شایانی کرد. در این تحقیق به منظور تعیین شروع همزمان آستانه رواناب و فرسایش با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش در کاربری‌های مختلف سازند گچساران، بخشی از حوزه آبخیز کوه گچ شهرستان ایذه با مساحت ۱۲۰۲ هکتار انتخاب گردید. در این تحقیق تعیین رابطه بین شروع همزمان آستانه رواناب و فرسایش و مؤلفه‌های مختلف فرسایش مانند میزان نفوذپذیری خاک و مقدار رسوب و میزان رواناب در کاربری‌های مختلف سازند گچساران به کمک رگرسیون چند متغیره انجام گرفت. سپس نمونه‌برداری مؤلفه‌های مختلف فرسایش در ۶ نقطه و با ۳ تکرار و در شدت‌های مختلف بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در سه کاربری مرتع، منطقه مسکونی و اراضی کشاورزی به کمک دستگاه شبیه ساز باران انجام شد. به منظور انجام تحلیل‌های آماری از نرم افزار SPSS و EXCEL استفاده گردید. نتایج نشان داد که در تخمین شروع آستانه رواناب و فرسایش در هر سه کاربری، مقدار رسوب و سپس میزان نفوذپذیری خاک بیشترین اثر گذاری مثبت و منفی را داشته اند و مقدار رواناب هیچ نقشی در مدل سازی نداشته است. اثر گذاری مثبت مقدار رسوب به طور کلی در میزان شروع رواناب و فرسایش پنج مورد و اثر گذاری منفی آن نیز در سه مورد می‌باشد و اثر گذاری مثبت مقدار نفوذپذیری خاک در مدل سازی به‌طور کلی در میزان شروع رواناب و فرسایش سه مورد و اثر گذاری منفی آن نیز در سه مورد می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** آستانه رواناب و فرسایش، رگرسیون چند متغیره، شبیه‌ساز باران، کاربری اراضی، نفوذ

### مقدمه

اتفاق نمی‌افتد در حالی که بالاتر از این مقدار بخشی از بارندگی به رواناب تبدیل می‌شود (Karnieli and Ben-Asher, 1993). رواناب و رسوب، دو عنصر مهم در چرخه هیدرولوژیکی می‌باشند که تغییرات آنها به طور مستقیم بر سیستم‌های رودخانه‌ای و محیط‌های رسوبی تأثیرگذار است و تغییرات مکانی و زمانی آن‌ها مرفولوژی رودخانه‌ها را تغییر می‌دهد (Zhang et al., 2008; Amos et al., 2004). همین طور به دلیل تغییرات مکانی این عوامل تولید رواناب و رسوب نیز غیر یکنواخت و متغیر می‌باشد (Jordan, 1994; Troendle, 1985; Vaezi et al., 2010). بر اساس مطالعات انجام شده تغییرات آب و هوایی نیز می‌تواند تغییرات مهمی را در رواناب و رسوب در منطقه ایجاد کند (Yang, 2000; Chen and Liu, 1996). اما صرف نظر از اولویت و در مجموع می‌توان گفت ویژگی‌های بارندگی، شرایط خاک، پوشش سطح خاک، پوشش گیاهی و شیب در تمامی مقیاس‌ها از جمله مهم‌ترین عامل‌های مؤثر بر زمان تشکیل رواناب هستند. کارنلی و بن آشر در آریزونای آمریکا با شبیه‌سازی رواناب روزانه مشاهده کردند که آستانه شروع رواناب تابعی از متوسط بافت خاک هر حوضه است و خاک‌های رسی کمترین آستانه و خاک‌های

برآورد دقیق آستانه شروع رواناب و فرسایش نه تنها می‌تواند منجر به برآوردهای دقیق تر سیل طراحی و کاهش هزینه های ایمن سازی شود بلکه در استفاده بهینه و مدیریت نزولات جوی و مسائل زیست محیطی نیز حائز اهمیت است. هم چنین آستانه شروع رواناب و فرسایش نشان دهنده میزان نگهداشت آب خاک‌های مختلف است که به بافت آن خاک‌ها مربوط می‌شود. مقدار آستانه زمانی اتفاق می‌افتد که برخی از مشخصات خاک مثل عمق خاک اشباع از آب شود بنابراین هنگامی که بارندگی کم‌تر از مقدار آستانه است هیچ روانابی

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران  
۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور

\* نویسنده مسئول: (Email: Hamzah.4900@yahoo.com)  
DOR: 20.1001.1.20087942.2021.15.4.7.7

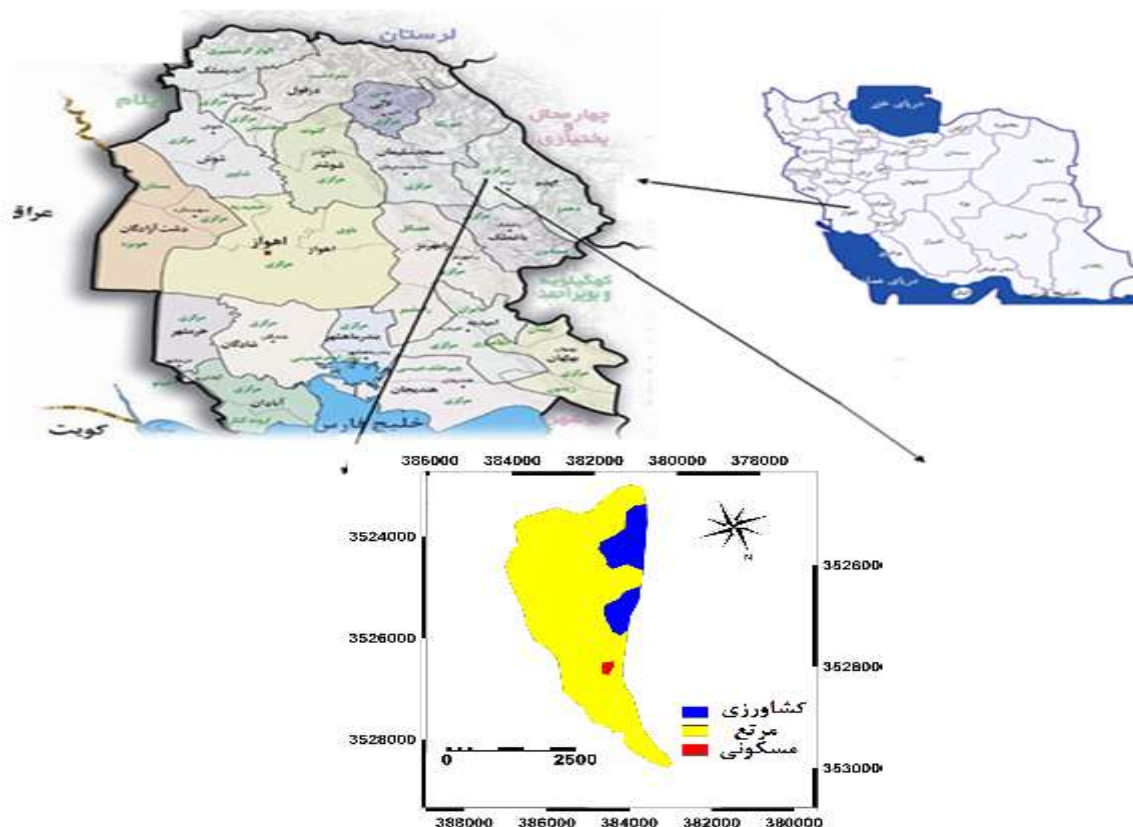
## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی و داده‌های مورد استفاده

منطقه مورد مطالعه، بخشی از حوزه آبخیز کوه گچ شهرستان ایذه در استان خوزستان است که دارای مساحت ۱۲۰۲ هکتار مساحت می‌باشد. منطقه کوه گچ دارای مختصات جغرافیایی  $31^{\circ} 45' 27''$  تا  $49^{\circ} 45' 27''$  شرقی و  $31^{\circ} 50' 27''$  تا  $31^{\circ} 53' 32''$  شمالی می‌باشد (شکل ۱).

شروع آستانه رواناب و فرسایش مدت زمانی است که طول می‌کشد تا آب از اولین نقطه در حوزه آبخیز به نقطه خروجی آن برسد که این مدت زمان بستگی زیادی به مقیاس مکانی و زمانی در حوزه آبخیز دارد که در این تحقیق مکان‌های مورد نظر شامل سه کاربری مرتع، کشاورزی و مسکونی می‌باشد که هر کدام با شروع آستانه‌های رواناب و فرسایش متفاوت می‌توانند نقش‌های مختلفی در کاهش یا افزایش شروع آستانه رواناب و فرسایش داشته باشند. بنابراین در این تحقیق به نقش کاربری‌های مختلف در آستانه رواناب و فرسایش که به طور همزمان اتفاق می‌افتند پرداخته شده است. بنابراین استفاده از شروع آستانه رواناب و یا شروع آستانه فرسایش به تنهایی از نظر علمی درست نیست و باید از اصطلاح شروع آستانه رواناب و فرسایش با هم استفاده شود. در این تحقیق، نمونه‌ها به صورت تصادفی مشخص و برداشت شد. با توجه به هزینه و زمان، در سازند گچساران در ۶ سطح و هر سطح سه تکرار برای به‌کارگیری باران ساز مشخص شد. در سازند گچساران سه نقطه در کاربری مرتع، دو نقطه در کاربری زراعی و یک نقطه در کاربری مسکونی (که معمولاً جایی غیر از جاده و منازل و در محل عبور و مرور روستائیان) می‌باشد (شکل ۱). در مجموع ۱۸ نمونه رسوب و ۱۸ نمونه رواناب و ۱۸ نمونه مربوط به میزان نفوذپذیری خاک و ۱۸ نمونه آستانه رواناب و فرسایش برداشت شد. در این تحقیق شروع آستانه رواناب و فرسایش به روش پلات-های آزمایشی اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی رسوب نهشته‌های سازند گچساران در منطقه مورد مطالعه از یک دستگاه شبیه ساز باران صحرایی کامپورست استفاده شد. شبیه ساز باران مورد استفاده برای اندازه پلات ۶۲۵ سانتی‌متر مربع طراحی شده و به راحتی قابل حمل است. مساحت پلات‌های آزمایشی برابر ۶۲۵ سانتی‌متر مربع و در سطح هموار انتخاب گردید (جدول ۱). این شبیه ساز باران برای تعیین خصوصیات فرسایشی خاک، رواناب، میزان نفوذ آب و همچنین برای تحقیقات خاک مناسب بوده و استفاده از آن به‌منظور تعیین رواناب نهشته‌های سطحی در صحرا روشی استاندارد محسوب می‌گردد (Kamphorst, 1987). در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه (مدت زمان بارش) و در شدت‌های بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه شروع آستانه رواناب و فرسایش و همچنین میزان رسوب و رواناب و نفوذپذیری خاک اندازه‌گیری شدند (Morady and Saidian, 2010).

شنی بالاترین آستانه شروع رواناب را دارند و نتیجه گرفتند که در حوزه‌های جنوب غربی آمریکا مقدار رطوبت و آب خاک اثر مهمی در تولید رواناب دارد (Karnieli and Ben-Asher, 1993). پونس و شتی از بارش سالانه و یک مدل بیلان آبی برای شبیه‌سازی تغییرات رواناب و آب پایه در چند حوزه آمریکا، آفریقا، کانادا و هند استفاده کردند. نتایج این بررسی نشان داد که آستانه شروع رواناب بستگی به اقلیم دارد و مقدار آستانه در مناطق نیمه‌خشک بیش‌تر از مناطق نیمه مرطوب است (Ponce and Shetty, 1995). شریفی و همکاران برای تعیین آستانه شروع رواناب در حوزه آبخیز لتیان از یک شبیه‌ساز باران قابل حمل استفاده نمودند. نتایج نشان داد متغیرهای مؤثر در تعیین آستانه شروع رواناب به ترتیب اهمیت، عمق باران، شدت باران، درصد پوشش، درصد شن، درصد رس و درصد شیب است (Sharifi et al., 2004). نتایج پژوهش خالدی درویشان و همکاران نشان داد که رواناب با سپری شدن مدت زمانی پس از شروع بارندگی شکل گرفته و تا حد زیادی وابسته به ویژگی‌های بارندگی، خاک و شیب است (Khaledi Darvishan et al., 2015). شدت بیشتر باران و کاهش ظرفیت آبیگری لایه‌های سطحی خاک موجب افزایش حجم رواناب شده و در ادامه نیروی بیشتری برای کنش و انتقال ذرات خاک آماده می‌شود. آستانه شروع رواناب و فرسایش تابع پارامترهای مختلفی چون خصوصیات بارش، خصوصیات هندسی حوزه، خصوصیات خاک حوزه، پوشش گیاهی و رطوبت اولیه می‌باشد. به طور کلی، کاربرد روش‌های آماری تجزیه و تحلیل عاملی در تعیین عوامل مؤثر و نیز روابط رگرسیونی در تعیین مدل‌های برآوردی رواناب تاکنون مورد توجه کارشناسان و پژوهشگران زیادی بوده است (Eslami and Saghafian, 2008; Bloomfield et al., 2009; Eslami, 2013; Kazemi and Eslami, 2013). سازند گچساران حدود ۱۶۰۰ متر عمق بستر را داشته و از نظر سنگ‌شناسی مشتمل بر نمک، اندریت، مارن‌های رنگارنگ آهک و مقداری شیل می‌باشد. سن گچساران میوسن پایینی می‌باشد (Ahmadi, 1999). این پژوهش بر اساس اندازه‌گیری‌های صحرایی شروع همزمان آستانه رواناب و فرسایش به منظور تخمین آستانه همزمان شروع رواناب و فرسایش با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش و به کمک رگرسیون چند متغیره در سازند گچساران انجام گرفت. زمانی که مربوط به شروع آستانه در این تحقیق و سایر تحقیقات دیگر ثبت می‌شود مربوط به شروع آستانه رواناب و فرسایش به صورت همزمان است. بنابراین هدف نهایی این تحقیق ارائه روش تخمین هم‌زمان آستانه رواناب و فرسایش با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش، برای کم شدن زمان و هزینه‌های تحقیقات و همچنین دقت بالای این روش در تخمین شروع آستانه رواناب و فرسایش می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و ایران

مولفه‌های مختلف فرسایش در هر کاربری اراضی به عنوان متغیر مستقل مورد مطالعه قرار گرفت (Morady and Saidian, 2010) و در نهایت نیز سطح معنی داری شروع آستانه رواناب و فرسایش مشاهده شده و شروع آستانه رواناب و فرسایش تخمینی به وسیله رگرسیون چند متغیره با آزمون  $t$  جفتی با هم مقایسه شدند.

شدت های بارش مذکور بر اساس داده های هواشناسی و تعیین شدت غالب منطقه به دست آمدند. به منظور انجام کلیه تجزیه و تحلیل های آماری از نرم افزار SPSS و EXCEL استفاده گردید و سپس مدل های نهایی تعیین گردید. در استفاده از رگرسیون چند متغیره در این تحقیق شروع رواناب و فرسایش حاصل از به کارگیری باران ساز در شدت های مختلف بارش به عنوان متغیر وابسته و سایر

جدول ۱- مشخصات شبیه ساز باران کامفورست مورد استفاده

مشخصات شبیه ساز باران	مشخصات شبیه ساز باران در ارتفاع ۴۰ سانتی متر
مدت زمان بارش	۱۰ دقیقه
شدت بارش	۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی متر در دقیقه
حجم آب مصرفی	۲/۹ لیتر
قطر قطرات	۵/۹ میلی متر
جرم قطرات	۰/۱۰۶ گرم
تعداد لوله های موئینه	۴۹ عدد
انرژی جنبشی	۱۷ ژول بر متر مربع در میلی متر
سرعت حد	نزدیک صفر
مساحت پلات	۰/۰۶۲۵ متر مربع
شیب پلات	تقریباً صفر

## نتایج و بحث

یک متغیر پاسخ مورد تحلیل و مدل سازی قرار می گیرد که در این روش مدل سازی با استفاده از مولفه های مختلف فرسایش به کار برده شد. نتایج تخمین آستانه رواناب و فرسایش با استفاده از مؤلفه های مختلف فرسایش در جدول های ۲ تا ۱۰ نشان داده شده است.

اگر رابطه خطی بین یک متغیر پاسخ و یک متغیر مستقل برقرار شود، تکنیک رگرسیون را رگرسیون خطی ساده می نامند. روش رگرسیونی دیگری بر اساس چند متغیر پاسخ و مستقل نیز به کار گرفته می شود که به آن رگرسیون چند متغیره گفته می شود و بیش از

جدول ۲- رابطه میزان آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۰/۷۵ میلیمتر در دقیقه با مؤلفه های مختلف فرسایش

کاربری	مدل های بدست آمده	R
مرتع	$Th = ۲۵/۳۸ - ۰/۲۲۵ Se - ۰/۰۵۵ In$	۰/۷۹
زراعی	$Th = ۶/۹۰۸ + ۰/۱۸۹ Se - ۰/۰۱ In$	۰/۳۱
مسکونی	$Th = ۴/۶۵ - ۰/۰۲۹ Se$	۰/۲۱

R: ضریب رگرسیون Th: شروع آستانه رواناب و فرسایش In: میزان نفوذپذیری Ro: میزان رواناب Se: میزان رسوب

جدول ۳- ضریب بتای میزان آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۰/۷۵ میلیمتر در دقیقه با مؤلفه های مختلف فرسایش

مؤلفه های فرسایش	Se	Ro	In
نوع کاربری			
کاربری مرتع	-۰/۵۰۹	-	-۰/۸۱
سطح معنی داری	۰/۱۰۳	-	۰/۰۲۲
کاربری زراعی	۰/۱۷	-	-۰/۲۲
سطح معنی داری	۰/۷۸	-	۰/۷۱
کاربری مسکونی	-۰/۲۱۹	-	-
سطح معنی داری	۰/۸۵	-	-

R: ضریب رگرسیون Se: میزان رسوب Ro: میزان رواناب Th: شروع آستانه رواناب و رسوب

جدول ۴- رابطه میزان آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۱ میلیمتر در دقیقه با مؤلفه های مختلف فرسایش

کاربری	مدل های بدست آمده	R
مرتع	$Th = - ۵/۷۰۶ + ۰/۱۷ Se + ۰/۰۲۱ In$	۰/۴۵
زراعی	مدلی ساخته نشد	-
مسکونی	$Th = ۳/۸ - ۰/۱۳ Se + ۰/۰۰۹ In$	۱

R: ضریب رگرسیون Th: شروع آستانه رواناب و فرسایش In: میزان نفوذپذیری Ro: میزان رواناب Se: میزان رسوب

جدول ۵- ضریب بتای میزان آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۱ میلیمتر در دقیقه با مؤلفه های مختلف فرسایش

مؤلفه های فرسایش	Se	Ro	In
نوع کاربری			
کاربری مرتع	۰/۴۷	-	۰/۸۵
سطح معنی داری	۰/۶۴	-	۰/۴۱
کاربری زراعی	-	-	-
سطح معنی داری	-	-	-
کاربری مسکونی	-۱/۲۸	-	۰/۸۹
سطح معنی داری	۰/۰۰	-	۰/۰۰

R: ضریب رگرسیون Th: شروع آستانه رواناب و فرسایش In: میزان نفوذپذیری Ro: میزان رواناب Se: میزان رسوب

جدول ۶- رابطه میزان آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۱/۲۵ میلیمتر در دقیقه با مؤلفه‌های مختلف فرسایش

کاربری	مدل‌های بدست‌آمده	R
مرتج	$Th = - ۷/۴۷ + ۰/۱۵ Se + ۰/۰۲۱ In$	۰/۵۰
زراعی	$Th = ۳/۹۵ + ۰/۰۳۹ Se$	۰/۱
مسکونی	$Th = ۶/۱۶ + ۰/۱۷ Se - ۰/۰۲۲ In$	۱

R: ضریب رگرسیون In: میزان نفوذپذیری Ro: میزان رواناب Se: میزان رسوب Th: شروع آستانه رواناب و رسوب

جدول ۷- ضریب بتای میزان آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۱/۲۵ میلیمتر در دقیقه با مؤلفه‌های مختلف فرسایش

مؤلفه‌های فرسایش	Se	Ro	In
نوع کاربری			
کاربری مرتج	۱/۱	-	۱/۳
سطح معنی داری	۰/۲۷	-	۰/۲۰
کاربری زراعی	۰/۱۰۴	-	-
سطح معنی داری	۰/۸۴	-	-
کاربری مسکونی	۱/۴۱	-	-۰/۹۱۶
سطح معنی داری	۰/۰۰	-	۰/۰۰

R: ضریب رگرسیون Th: شروع آستانه رواناب و فرسایش In: میزان نفوذپذیری Ro: میزان رواناب Se: میزان رسوب

جدول ۸- مقایسه شروع رواناب و فرسایش شبیه سازی شده و شروع رواناب و فرسایش مشاهده ای در کاربری مرتج

نوع کاربری	شدت بارش	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	سطح معنی داری
کاربری مرتج	۰/۷۵ میلیمتر در دقیقه	۰/۶۳۶	۰/۲۱۲	۰/۹۵۵
	۱ میلیمتر در دقیقه	۰/۸۴۹	۰/۲۸۳	۰/۸۲۰
	۱/۲۵ میلیمتر در دقیقه	۰/۸۶۰	۰/۲۸۶	۰/۹۴۹

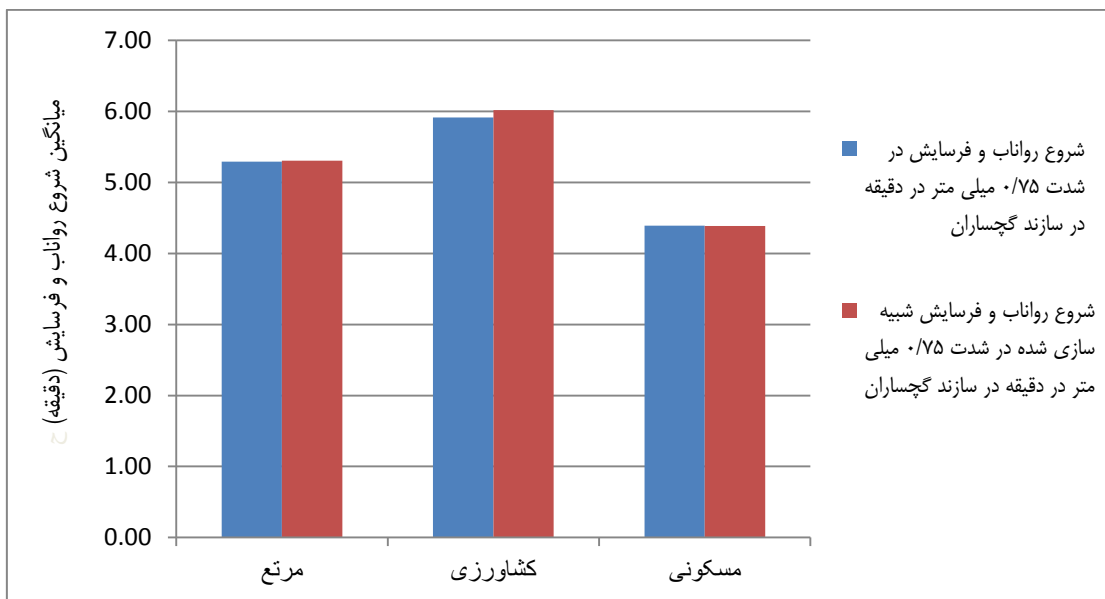
جدول ۹- مقایسه شروع رواناب و فرسایش شبیه سازی شده و شروع رواناب و فرسایش مشاهده ای در کاربری کشاورزی

نوع کاربری	شدت بارش	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	سطح معنی داری
کاربری کشاورزی	۰/۷۵ میلیمتر در دقیقه	۰/۷۵۶	۰/۳۰۹	۰/۷۵۶
	۱ میلیمتر در دقیقه	-	-	-
	۱/۲۵ میلیمتر در دقیقه	۱/۰۰۰۹	۰/۴۰۸	۰/۹۹۱

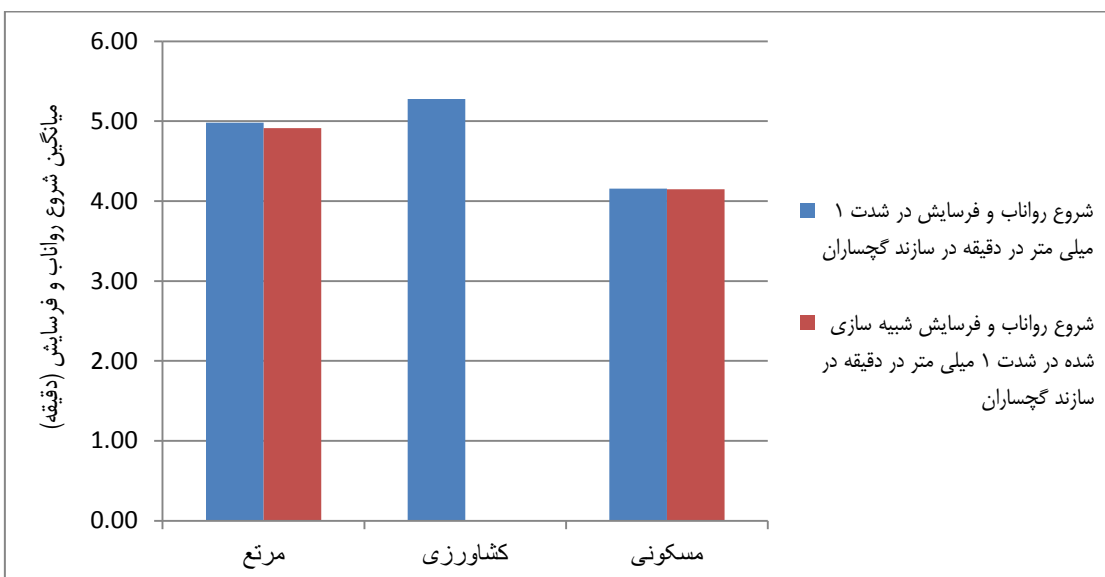
جدول ۱۰- مقایسه شروع رواناب و فرسایش شبیه سازی شده و شروع رواناب و فرسایش مشاهده ای در کاربری مسکونی

نوع کاربری	شدت بارش	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	سطح معنی داری
کاربری مسکونی	۰/۷۵ میلیمتر در دقیقه	۰/۰۴۱	۰/۰۲۴	۰/۸۰۸
	۱ میلیمتر در دقیقه	۰/۱۲۶	۰/۰۷۳	۰/۸۰۸
	۱/۲۵ میلیمتر در دقیقه	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹ *

\* معنی داری در سطح ۵ درصد



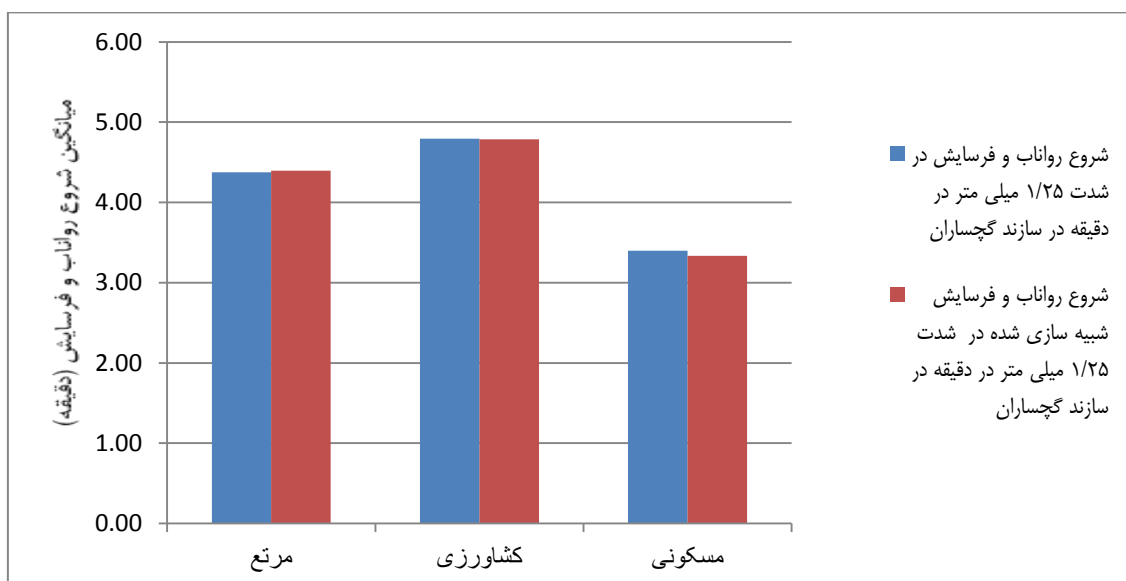
شکل ۲- مقایسه شروع رواناب و فرسایش شبیه‌سازی شده و شروع رواناب و فرسایش مشاهده‌ای در کاربری‌های مختلف



شکل ۳- مقایسه شروع رواناب و فرسایش شبیه‌سازی شده و شروع رواناب و فرسایش مشاهده‌ای در کاربری‌های مختلف

فرسایش وجود دارد که این روش به مراتب می‌تواند تخمین‌های دقیق‌تری از آستانه رواناب و فرسایش ارائه دهد و علت آن هم به ارتباط و وابستگی بین مولفه‌های مختلف فرسایش و تأثیری که بر روی همدیگر دارند بر می‌گردد. نتایج نشان داد که شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان رسوب و سپس از میزان نفوذپذیری خاک دارد.

تخمین شروع آستانه رواناب و فرسایش با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش می‌تواند کمک مؤثری در کاهش رواناب و سیلاب‌های ویرانگر و همچنین کاهش فرسایش و رسوب باشد، دانستن زمان و مکان دقیق شروع آستانه رواناب و فرسایش می‌تواند در طراحی دقیق پروژه‌های آبخیزداری مفید باشد که سازه‌های آبخیزداری در مکان مناسب طراحی شوند که بتوانند از سیلاب‌های ویرانگر جلوگیری کنند. محققان مختلفی روش‌های متفاوتی برای تخمین شروع رواناب و فرسایش به کار برده‌اند ولی تحقیقات اندکی در مورد تخمین شروع آستانه رواناب و فرسایش به کمک مؤلفه‌های مختلف



شکل ۴- مقایسه شروع رواناب و فرسایش شبیه‌سازی شده و شروع رواناب و فرسایش مشاهده‌ای در کاربری‌های مختلف

نتایج نشان داد که شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۱ میلی-متر در دقیقه در کاربری مرتع بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان نفوذپذیری خاک و میزان رسوب دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی آستانه رواناب و فرسایش در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش در این شدت با میزان نفوذپذیری خاک و مقدار رسوب رابطه مستقیم دارد و با افزایش شروع آستانه رواناب و فرسایش، میزان نفوذپذیری خاک و میزان رسوب زیاد می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در کاربری کشاورزی مدلی به علت همبستگی شدید داده‌ها ساخته نشد. همچنین نتایج نشان داد که شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مسکونی بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان نفوذپذیری خاک و مقدار رسوب دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش در این شدت با مقدار رسوب رابطه عکس و با میزان نفوذپذیری خاک رابطه مستقیم دارد. با افزایش شروع آستانه رواناب و فرسایش، میزان رسوب کم و میزان نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد (شکل ۳). همچنین نتایج نشان داد که شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان نفوذپذیری خاک و میزان رسوب دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی آستانه رواناب و فرسایش در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در

در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی آستانه رواناب و فرسایش در شدت بارش ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش در این شدت با مقدار رسوب و میزان نفوذپذیری رابطه عکس دارد و با افزایش شروع آستانه رواناب و فرسایش، میزان رسوب و میزان نفوذپذیری خاک کم می‌شود که با نتایج تحقیق مارتینز و همکاران که معتقد هستند در خاک‌های ریز بافت با کاهش نفوذپذیر خاک، شروع آستانه رواناب و فرسایش نیز کم می‌شود مطابقت دارد (Martinez et al., 1998). همچنین نتایج نشان داد که شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری کشاورزی بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان رسوب و سپس از میزان نفوذپذیری خاک دارد. در این کاربری نیز میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت بارش ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش در این شدت با مقدار رسوب رابطه مستقیم و با میزان نفوذپذیری خاک رابطه عکس دارد. با افزایش شروع آستانه رواناب و فرسایش، میزان رسوب افزایش و میزان نفوذپذیری خاک کم می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مسکونی بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از مقدار رسوب دارد. در این کاربری میزان رواناب و نفوذپذیری خاک نقشی در مدل‌سازی شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت بارش ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش در این شدت با مقدار رسوب رابطه عکس دارد. با افزایش شروع آستانه رواناب و فرسایش، میزان رسوب کم می‌شود (شکل ۲).

است و میزان نفوذپذیری خاک در دو مورد در مدل‌سازی ایفای نقش کرده است و میزان رواناب نیز در مدل‌سازی نقشی نداشته است. در این تحقیق به‌طور کلی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در هر سه کاربری مقدار رسوب در دو مورد در مدل‌سازی نقش داشته است و میزان نفوذپذیری خاک نیز در دو مورد در مدل‌سازی ایفای نقش کرده است و میزان رواناب نیز در مدل‌سازی نقشی نداشته است. در این تحقیق به‌طور کلی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در هر سه کاربری مقدار رسوب در سه مورد در مدل‌سازی نقش داشته است و میزان نفوذپذیری خاک نیز در دو مورد در مدل‌سازی ایفای نقش کرده است و میزان رواناب نیز در مدل‌سازی نقشی نداشته است و همچنین نتایج نشان از مؤثر بودن شدت بارش‌های مختلف در شروع آستانه رواناب و فرسایش دارد که با نتایج تحقیق شریفی و همکاران (Sharifi et al., 2004) مطابقت دارد. با توجه به اینکه در کاربری‌های مختلف در این تحقیق بافت‌های خاک متفاوتی وجود دارد بنابراین در آستانه شروع رواناب و فرسایش نیز بافت خاک اثر معنی‌داری با متفاوت بودن شروع آستانه رواناب و فرسایش در کاربری‌های موردنظر در این تحقیق است گذاشته است که با نتایج تحقیق کارنیلی و بن‌آشر که معتقد هستند شروع آستانه رواناب و فرسایش تابعی از متوسط بافت خاک هر حوزه هستند مطابقت دارد (Karnieli and Ben-Asher, 1993). ضمناً به علت اینکه سازند گچساران دارای هدایت الکتریکی بالایی در خاک کاربری‌های مختلف می‌باشد بنابراین به طور قطعی تأثیر معنی‌داری در شروع آستانه رواناب و فرسایش دارد که با نتایج تحقیق آقاییگی امین و همکاران که معتقد هستند که هدایت الکتریکی دارای تأثیر معنی‌دار بر شروع آستانه رواناب و فرسایش می‌باشد مطابقت دارد (Aghabeigi et al., 2014). همچنین نتایج نشان داد که تغییر کاربری‌های مورد مطالعه در این تحقیق نقشی تأثیرگذاری در آستانه شروع رواناب و فرسایش بازی می‌کند که با نتایج تحقیق ژای و همکاران که معتقدند که تغییر در کاربری اراضی در تغییرات مکانی و زمانی رواناب و بار رسوبی مؤثر می‌باشد مطابقت دارد (Zhai et al., 2016). نتایج شروع آستانه رواناب و فرسایش در این روش نشان داد که این روش می‌تواند تخمین‌های مناسب و دقیقی از شروع آستانه رواناب و فرسایش داشته باشد که علت این دقیق بودن تخمین‌ها هم بر می‌گردد به ارتباط‌هایی که مؤلفه‌های مختلف فرسایش مانند رواناب و رسوب، میزان نفوذپذیری خاک روی همدیگر دارند و نشان داده شد که با استفاده از این مؤلفه‌ها به‌طور قطعی نتایج ارزشمند تری به دست می‌آید. متأسفانه در تحقیقات اخیر کمتر به مقوله آستانه رواناب و فرسایش پرداخته شده است و علت آن هم این است که درک مناسبی از اهمیت شروع آستانه رواناب و فرسایش در حوزه‌های آبخیز صورت نگرفته است در حالی که می‌بایست تحقیقات جامع‌تری توسط محققان مختلف صورت می‌گرفت. پس از تعیین آستانه رواناب و

دقیقه نداشته است. میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش در این شدت با مقدار رسوب و میزان نفوذپذیری رابطه مستقیم دارد و با افزایش شروع آستانه رواناب و فرسایش، میزان رسوب و میزان نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری کشاورزی بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان رسوب دارد. در این کاربری نیز میزان رواناب و میزان نفوذپذیری خاک نقشی در مدل‌سازی شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش در این شدت با مقدار رسوب رابطه مستقیم دارد. با افزایش شروع آستانه رواناب و فرسایش، میزان رسوب افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مسکونی بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از مقدار رسوب و میزان نفوذپذیری خاک دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی شروع آستانه رواناب و فرسایش در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است (شکل ۴). میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش در این شدت با مقدار رسوب رابطه مستقیم و با میزان نفوذپذیری خاک رابطه عکس دارد. با افزایش شروع آستانه رواناب و فرسایش، میزان رسوب افزایش و با میزان نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد در مقایسه بین میانگین‌های شروع آستانه رواناب و فرسایش مشاهده‌ای و شروع آستانه رواناب و فرسایش تخمینی به وسیله رگرسیون چند متغیره در کاربری مرتع در شدت بارش ۱/۲۵ و ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و این نشان از تخمین مناسب شروع آستانه رواناب و فرسایش با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش با استفاده از رگرسیون چندمتغیره در این کاربری می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد در مقایسه بین میانگین‌های شروع آستانه رواناب و فرسایش مشاهده‌ای و شروع آستانه رواناب و فرسایش تخمینی به وسیله رگرسیون چند متغیره در کاربری کشاورزی در شدت بارش ۱/۲۵ و ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه به علت اینکه مدلی ساخته نشد مقایسه‌ای هم انجام نشد. همچنین نتایج نشان داد در مقایسه بین میانگین‌های شروع آستانه رواناب و فرسایش مشاهده‌ای و شروع آستانه رواناب و فرسایش تخمینی به وسیله رگرسیون چندمتغیره در کاربری مسکونی در شدت بارش ۱/۲۵ و ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و این نشان از تخمین کمی ضعیف‌تر شروع آستانه رواناب و فرسایش با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش در این کاربری می‌باشد. در این تحقیق به‌طور کلی در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه در هر سه کاربری مقدار رسوب در سه مورد در مدل‌سازی نقش داشته



- (Water Erosion), Second Edition, Tehran, University Press, 77 Pp.
- Amos, K. J., Alexander, J., Horn, A., Pocock, G. D. and Fielding, Ch. R. 2004, Supply limited sediment transport in a high-discharge event of the tropical Burdekin River, North Queensland, Australia. *Sedimentology*. 51: 145-162.
- Bloomfield, J.P., Allen, D.J. and Griffiths, K.J. 2009. Examining geological control on base flow index using regression analysis: An illustration from the Thames Basin, UK. *Journal of Hydrology*. 373(1-2):164-176.
- Chen, Y. and Liu, X. R. 1996. Climate change impact on hydrology of Huaihe Basin, *Journal of Hohai University*. 24: 111-114.
- Duiker, S. W., Flanagan, D. and Lal, C. R. 2001. Erodibility and infiltration characteristics of fire major soils of southwest Spain, *Catena*. 45: 103-121.
- Eslami, A.R. and Saghafian, B. 2008. The role of watershed morphometric and climatic factors in producing of flood flows, *Journal of Pajouhesh-va-Sazandegi in Natural Resources*. 78:149-157.
- Jordan, J. P. 1994. Spatial and temporal variability of streamflow generation processes on a Swiss catchment, *Journal of Hydrology*. 153: 357-382.
- Kamphorst, A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility, *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 35: 407-415.
- Karnieli, A. and Ben-Asher J. 1993. A daily runoff simulation in semi-arid watersheds based on deficit calculations, *Journal of Hydrology*. 149: 9-25.
- Kazemi, R. and Eslami, A. 2013. Study role of geological formations and hydrological parameters on the based index, case study: Caspian area, *Journal of Watershed Engineering and Management*. 5(2):85-93.
- Khaledi Darvishan, A.V., Sadeghi, S.H.R., Homae, M. and Arabkhedri. M. 2015. Affectability of runoff threshold and coefficient from rainfall intensity and antecedent soil moisture content in laboratorial erosion plots, *Iranian Water Research Journal*. 8(15):(under press)
- Martinez, M., Albaladejo, J. and Castillo, V.M. 1998. Factors influencing surface runoff generation in a Mediterranean semi-arid environment. *Chicamo Watershed SE Spain, Hydrological Processes*. 12(5): 741-745.
- Morady, H. R. and Saidian, H. 2010. Comparing the Most Important Factors in the Erosion and Sediment Production in Different Land Uses, *Journal of Environmental Science and Engineering*. 4: No. 11: 1-11.
- Ponce, V.M. and Shetty A.V. 1995. A conceptual model فرسایش در هر منطقه و در هر کاربری می‌توان با استفاده از روش‌های مناسب مهندسی تمهیدات لازم را برای کاهش فرسایش و رسوب به کار گرفت و قطعا در مدیریت بهتر و جامع تر حوزه‌های آبخیز موثر تر خواهد بود در این تحقیق شروع آستانه رواناب و فرسایش به‌طور جزئی‌تر در هر کاربری نشان داد که می‌توان علاوه بر دانستن شروع آستانه رواناب و فرسایش در کل حوزه، شروع آستانه رواناب و فرسایش به‌طور جزئی‌تر در هر کاربری مانند مرتع، کشاورزی و مسکونی موردنظر در این تحقیق می‌تواند کمک مؤثرتری در طراحی پروژه‌های آبخیزداری و کمک به رسیدن به هدف نهایی آبخیزداری که همان تعادل اکولوژیک در حوزه‌های آبخیز است داشته باشد. ضمنا نتایج این تحقیق نشان داد که با تعیین آستانه رواناب و فرسایش توسط شبیه‌ساز باران می‌توان با سرعت و دقت بیشتر و هزینه کمتری، تخمین مناسب‌تری از شروع آستانه رواناب و فرسایش در کاربری‌های مختلف حوزه آبخیز ارائه داد البته علی‌رغم اینکه شبیه‌سازهای باران توانایی ایجاد شرایط طبیعی را به‌طور کامل ندارد اما استفاده از شبیه‌سازها به دلیل مزایای مختلف برای پژوهش در زمینه جنبه‌های فرسایش در سطح جهان رایج است (Sanguesa et al., 2010; Duiker et al., 2001).
- ### نتیجه‌گیری
- در مجموع در هر سه کاربری مورد مطالعه و شدت‌های مختلف بارش مقدار رسوب در هشت مورد و میزان نفوذپذیری خاک در شش مورد در مدل‌سازی شروع آستانه رواناب و فرسایش نقش داشته است. بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که در تخمین شروع آستانه رواناب و فرسایش، مقدار رسوب و سپس میزان نفوذپذیری خاک بیشترین اثر-گذاری مثبت و منفی را داشته‌اند و مقدار رواناب هیچ نقشی در مدل‌سازی نداشته است. اثرگذاری مثبت مقدار رسوب به‌طور کلی در میزان شروع رواناب و فرسایش پنج مورد و اثرگذاری منفی آن نیز در سه مورد می‌باشد و اثرگذاری مثبت مقدار نفوذپذیری خاک به‌طور کلی در میزان شروع رواناب و فرسایش سه مورد و اثرگذاری منفی آن نیز در سه مورد می‌باشد و با توجه به اینکه تخمین شروع آستانه رواناب و فرسایش با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش در این تحقیق نتایج ارزشمندی داشته است در آینده از این روش به مراتب استفاده بیشتری در مدل‌سازی‌های مختلف انجام خواهد شد.
- ### منابع
- Aghabeigi Amin, S., Moradi, H. R. and Fattahi, B. 2014. Sediment and runoff measurement in different rangeland vegetation types using rainfall simulator, *Ecopersia*. 2(2): 525-538.
- Ahmadi, H. 1999. *Applied Geomorphology*, Volume 1

- between runoff and soil properties in dry-farming lands, NW Iran, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 7: 2577-2607.
- Yang, A. W. 2000. Impact of global climate change on China's water resources, *Environmental Monitoring and Assessment*. 61: 187-191.
- Zhai, H. J., Hub, B., Luo, X. Y., Qiu, L., Tang, W. J. and Jiang, M. 2016. Spatial and temporal changes in runoff and sediment loads of the Lancang River over the last 50 years, *Agricultural Water Management*. 174: 74-81.
- Zhang, S. R., Lu, X. X., Higgitt, D. L., Chen, Ch. T. A., Han, J. and Sun, H. 2008. Recent changes of water discharge and sediment load in the Zhujiang (Pearl River) Basin, China, *Global Planet Change*. 60: 365-380.
- of catchments water balance: 2application of runoff and base flow modeling, *Journal of Hydrology*. 173: 41-50.
- Sanguesa, C., Arumi, J., Pizarro, R. and Link, O. 2010. A rainfall simulator for the in situ study of superficial runoff and soil erosion, *Chilean Journal of Agricultural Research*. 70(1): 170-177.
- Sharifi, F., Safarpour, S. and youbzadeh, S. A. 2004. Evaluation of AWBM 2002 model in simulation of hydrologic processes in a number of Iranian catchments. *Pajouhesh-va-Sazandegi, Natural Resources*. 19(63):35-42.
- Troendle, C. A. 1985. Variable source area model, in: *Hydrological forecasting*, edited by: Anderson, M. C. and Burt, T. P., Wiley, Chichester. pp. 347-404.
- Vaezi, A. R., Bahrami, H. A., Sadeghi, S. H. R. and Mahdian, M. H. 2010. Modeling relationship

## Estimation of Runoff and Erosion Simultaneous Threshold Using Erosion Different Components

H. Saeediyan<sup>\*1</sup>, H.R. Moradi<sup>2</sup>

Received: Feb. 21, 2021

Accepted: Jun. 14, 2021

### Abstract

At the beginning of the conversion of precipitation into runoff, some of the precipitation is absorbed by the soil or penetrates deep into the earth and the rest becomes surface runoff. By determining the runoff and erosion simultaneous threshold can help to watersheds proper management. In this study, in order to determine the runoff and erosion simultaneous threshold using erosion different components in different land uses of Gachsaran Formation, a part of the Kuhe Gach watershed of the Izeh city with an area of 1202 hectares was selected. In this study, the relationship between the runoff and erosion simultaneous threshold and erosion different components such as soil permeability and the amount of sediment and runoff in different land uses of Gachsaran Formation was done using multivariate regression. Then, sampling of erosion different components at 6 points with three replicates and at different rainfall intensities of 0.75, 1 and 1.25 mm in min, in 3 land uses of the range, residential area and agricultural lands with the help of the device rain simulator was performed. SPSS and EXCEL software were used for statistical analysis. The results showed that in estimating the runoff and erosion threshold in all three-land uses, the amount of sediment and then the degree of soil permeability had the most positive and negative effects and the amount of runoff had no role in modeling. The positive effect of the amount of sediment in general on the runoff and erosion threshold in five cases and its negative effect in three cases and the positive effect of soil permeability in modeling in general on the runoff and erosion threshold in three cases and affecting its negative is three cases.

**Keywords:** Infiltration, Land use, Multivariate regression, Rain simulator, Runoff and erosion threshold

---

1- Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran

2- Associate professor, Department of watershed Management Engineering, college of Natural Resource, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

(\*Corresponding Author Email: hamzah.4900@yahoo.com)