



تخمین نفوذپذیری خاک با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش در کاربری‌های مختلف

حمزه سعیدیان^{۱*}، حمیدرضا مرادی^۲، ابدال صالح پور^۳

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبریزداری، 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

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه علوم و تحقیقات تهران و کارشناس حوزه‌ی کشاورزی کشت و صنعت میرزا کوچک خان شرکت توسعه نیشکر اهواز

تأیید نهایی مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۰۹

وصول مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۱۹

چکیده

در این پژوهش به منظور تعیین تخمین میزان نفوذپذیری خاک با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش در کاربری‌های مختلف نهشته‌های سازند گچساران، بخشی از حوزه‌ی آبریز کوه گچ شهرستان ایذه با مساحت ۱۲۰۲ هکتار انتخاب گردید. در این تحقیق تعیین رابطه بین میزان نفوذپذیری خاک و مولفه‌های مختلف فرسایش مانند میزان رسوب و مقدار رواناب و زمان شروع آستانه‌ی رواناب و فرسایش در کاربری‌های مختلف سازند گچساران به کمک رگرسیون چندمتغیره انجام گرفت. سپس نمونه‌برداری مولفه‌های 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، منطقه‌ی مسکونی و اراضی کشاورزی به کمک دستگاه شبیه‌ساز باران انجام شد. به منظور انجام تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS و EXCEL استفاده گردید. نتایج نشان داد که به‌طور کلی بیشترین تأثیرگذاری مثبت و منفی مولفه‌های مختلف فرسایش در تخمین میزان نفوذپذیری خاک مربوط به میزان رسوب و شروع آستانه رواناب و فرسایش در هر سه کاربری یاد شده و در سه شدت بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر دقیقه می‌باشد و در این میان نقش میزان رسوب در تخمین میزان نفوذپذیری خاک نسبت به آستانه‌ی رواناب و فرسایش اندکی بیشتر نشان داده شد و میزان رواناب نیز به علت همبستگی بالای داده‌ها در تخمین میزان نفوذپذیری خاک در این روش نقشی نداشته است.

کلمات کلیدی: نفوذپذیری خاک، رواناب، رسوب، حوضه‌ی آبریز کوه گچ ایذه

۱-مقدمه

ارزیابی میزان نفوذ آب در خاک به ویژه در حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها از اهمیت به سزایی برخوردار است. روش‌های فیزیکی نسبتاً ساده‌ای برای تشریح فرایند نقطه‌ای نفوذپذیری وجود دارد. برای اندازه‌گیری و محاسبه‌ی میزان نفوذ آب در خاک روش‌ها و مدل‌های محاسباتی مختلفی وجود دارد. نفوذپذیری خاک یک حوضه آبریز بنا به اقلیم و شرایط و ساختمان خاک خاص خود، پارامترهای منحصر به فردی دارد. خاک‌ها مجموعه‌ای از ذرات ناپیوسته می‌باشند که در بین آنها منافذ وجود دارد به گونه‌ای که آب می‌تواند از نقطه‌ای با انرژی بیشتر به سوی نقطه‌ای با انرژی کمتر حرکت کند این خاصیت عبور آب از میان خلل و فرج ممتد آنگذری نامیده می‌شود (پانمیا^۱، ۱۹۹۲: ۱). یکی از خصوصیات فیزیکی خاک نفوذ آب به داخل خاک می‌باشد. نفوذ بر حسب تعریف عبارتست از وارد شدن آب از سطح زمین به داخل خاک است. اگر نفوذ آب به داخل خاک عمودی و تنها در یک جهت باشد به آن نفوذ عمودی^۲ می‌گویند. ولی اگر نفوذ در چند جهت صورت گیرد یعنی علاوه بر حرکت عمودی دارای حرکت افقی نیز باشد آن را نفوذ عمودی - افقی^۳ می‌نامند. اغلب خاک‌ها دارای تغییرات متفاوتی در شکستگی‌ها، بزرگ منافذ و منافذ درون خاکدانه نشان می‌دهند که این تغییرات می‌تواند به طور معنی‌داری بر روی حرکت آب در خاک با ایجاد سرعت‌های مختلف در جریان اثر بگذارد (جارویس^۴، ۱۹۹۸: ۱۹۵؛ جرک و وان جینیوکتن^۵، ۱۹۹۳: ۳۰۵). نفوذ آب در خاک، شامل فرآیند اولیه ورود آب از سطح خاک به داخل ناحیه غیر اشباع خاک می‌باشد. این فرآیند یکی از اجزای اصلی هیدرولوژی سطحی و زیر سطحی است (کومر^۶، ۲۰۰۶: ۹۴؛ ترنر^۷، ۲۰۰۶: ۱). گریگوری^۸ و همکاران (۲۰۰۶) با مطالعه تأثیر فشردگی خاک بر سرعت نفوذ آب بیان کردند که در نتیجه افزایش جرم مخصوص ظاهری در خاک‌های فشرده شده، سرعت نفوذ آب به خاک به صورت معنی‌داری کاهش یافت که این عامل سبب افزایش توان تولید رواناب و فرسایش سطحی گردید. نتایج پژوهش بورمن و کلاسن^۹ (۲۰۰۸) نشان داد که در نتیجه تخریب و تغییر نحوه‌ی استفاده از مراتع، جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد که در نهایت کاهش هدایت هیدرولیکی و نفوذ آب به خاک را در پی خواهد داشت. یمیر و همکاران^{۱۰} (۲۰۰۸) تأثیر انواع مختلف کاربری زمین بر ظرفیت نفوذ آب به خاک در حوضه‌ی آبریزی در اتیوپی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که در اراضی زراعی در مقایسه با اراضی جنگلی درصد رطوبت و ظرفیت نفوذ آب به خاک به ترتیب ۷۰ و ۴۵ درصد کمتر، اما جرم مخصوص ظاهری خاک در اراضی زراعی در مقایسه با اراضی جنگلی ۱۳ الی ۲۰ درصد بزرگ‌تر بود. در پژوهشی

1- Punmia

2- Infiltration

3- Inpouration

4- Jarvis

5- Gerke and Van Genuchten

6- Kumar

7- Turner

8- Gregory

9- Bormann and Klassen

10- Yimer

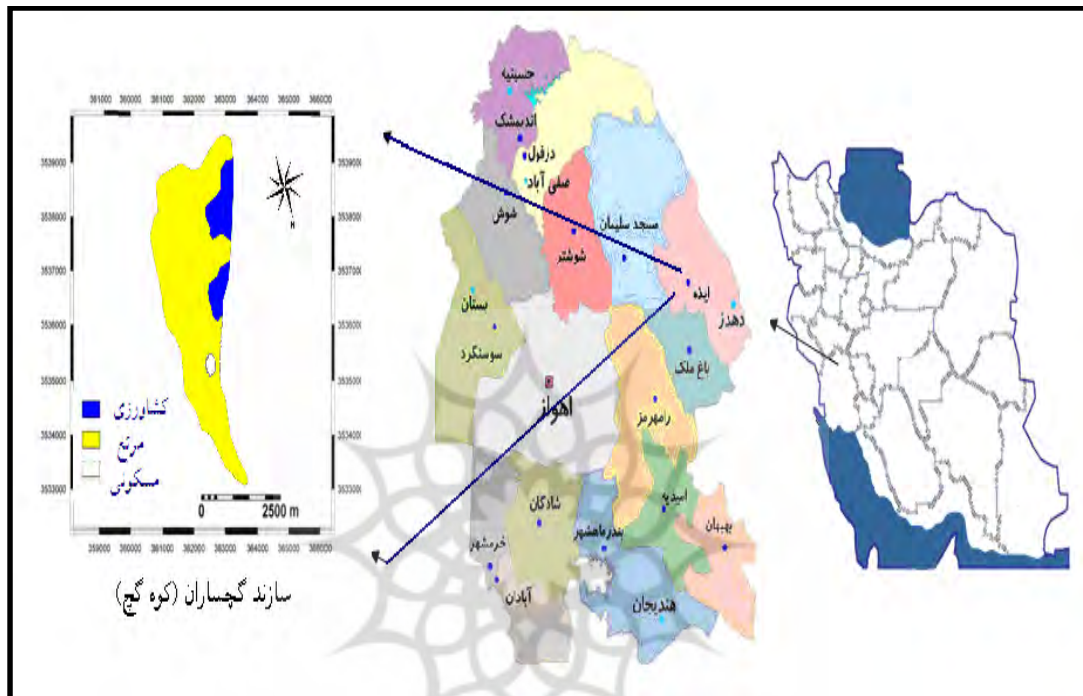
نریس و همکاران^۱ (۲۰۱۲) به مطالعه تأثیر پوشش گیاهی و کاربری زمین بر ویژگی‌های خاک و نفوذ آب به خاک در خاک‌های اندیسول در اسپانیا پرداختند. این محققین گزارش کردند که خصوصیات اصلی خاک تحت تأثیر کاربری زمین قرار می‌گیرد به طوری که پایداری خاکدانه‌ها، ماده آلی و نفوذ آب به خاک در اراضی زراعی نسبت به اراضی جنگلی کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت. سیهاگ و همکاران^۲ (۲۰۱۷) به ارزیابی چهار مدل مختلف نفوذپذیری پرداختند. نتایج نشان داد که مدل Novel بهترین عملکرد را نسبت به سه مدل دیگر (کاستیاکوف، کاستیاکوف اصلاح شده و SCS) دارد. یکی از فرسایش‌پذیرترین سازندهای گروه فارس، سازند گچساران است. سازند گچساران دارای حساسیت بالایی نسبت به فرسایش و رسوب است (فتحی‌زاده و همکاران^۳، ۲۰۱۶). سازند گچساران از نظر سنگ‌شناسی مشتمل بر حدود ۱۶۰۰ متر ضخامت سازند که شامل نمک، انیدریت، مارن‌های رنگارنگ، آهک و مقداری شیل می‌باشد. سن سازند گچساران میوسن پایینی می‌باشد (احمدی^۴، ۱۹۹۹: ۷۱۴). با توجه به هزینه بودن و وقت گیر بودن اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک، شناسایی و واسنجی مدل نفوذی که آن را با دقت بالا تخمین بزند ضروری است. تهیه و اجرای طرح‌های توسعه‌ای و برنامه‌ریزی‌های مربوط به حفاظت خاک و مدیریت کمی و کیفی منابع آب نیازمند درک کامل و کمی‌سازی دقیق فرآیند نفوذپذیری خاک به عنوان یکی از اجزای مهم و تأثیرگذار چرخه هیدرولوژیکی است (لاساباتر و همکاران^۵، ۲۰۱۰: ۳۱۶). با توجه به اینکه روش‌های مختلفی برای تعیین میزان نفوذپذیری خاک وجود دارد هر کدام دارای نقطه قوت و ضعف مختلفی هستند و یک روش واحد برای همه‌ی حوضه‌های آبریز نمی‌توان ارائه داد. آگاهی از مشخصات نفوذپذیری خاک از اطلاعات اساسی مورد نیاز برای انجام یک طرح کارآمد است (ماچیو و همکاران^۶، ۲۰۰۶: ۵۶۹). بنابراین هدف این تحقیق تخمین نفوذپذیری خاک به کمک مؤلفه‌های مختلف فرسایش است که می‌تواند یک روش برآورد تقریباً دقیق تعیین میزان نفوذپذیری خاک در کوتاه‌ترین زمان و با صرف کمترین هزینه باشد و نقطه‌ی قوت این روش این است که با توجه به مؤلفه‌های مختلف فرسایش منطقه مورد مطالعه مدل‌سازی صورت گرفت که به همین علت منجر به نتایج مناسب و قابل قبولی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه، بخشی از حوضه‌ی آبریز کوه گچ شهرستان ایذه در استان خوزستان است که دارای مساحت ۱۲۰۲ هکتار مساحت می‌باشد. منطقه کوه گچ دارای مختصات جغرافیایی "۲۷' ۴۵' ۴۹° تا "۹' ۴۷' ۴۹° شرقی و "۲۷' ۵۰' ۳۱° تا "۳۲' ۵۳' ۳۱° شمالی است.

1- Neris
2- Sihag
3- Fathizadeh

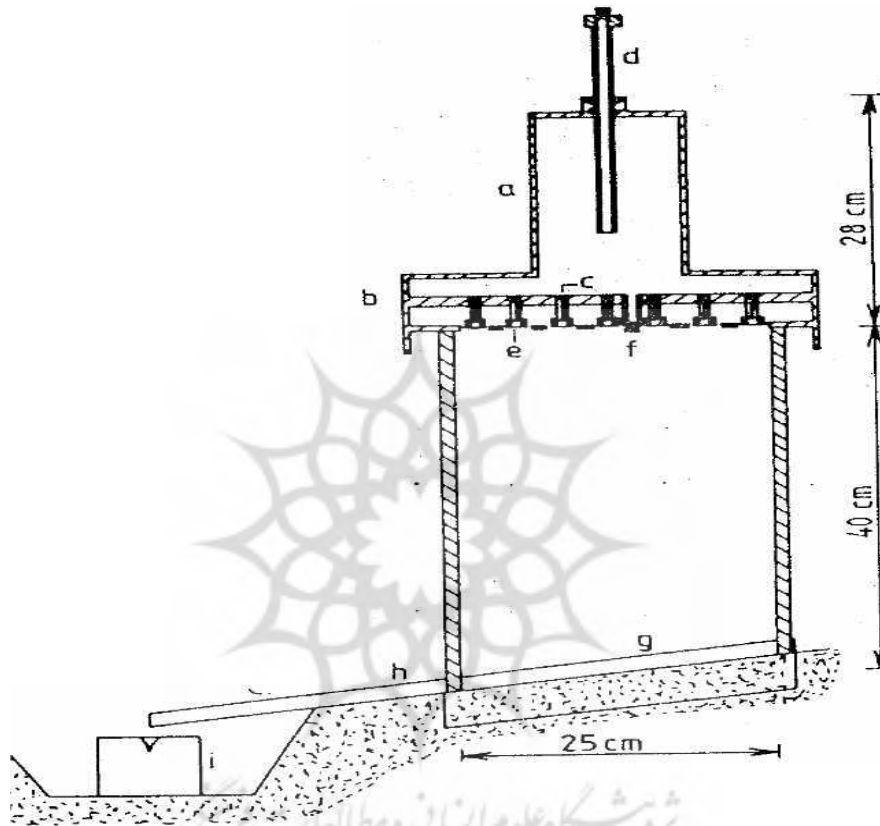
4- Ahmadi
5- Lassabatere
6- Machiwa



شکل (۱): موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در استان و ایران
Fig. (1): Location of the study area in the province and Iran

به منظور بررسی میزان نفوذپذیری خاک نهشته‌های سازند گچساران در منطقه مورد مطالعه از یک دستگاه شبیه‌ساز باران صحرایی کامفورست استفاده شد. شبیه‌ساز 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. این شبیه‌ساز 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 (کامفورست^۱، ۱۹۸۷: ۴۰۷). شبیه‌سازی باران یکی از روش‌های مهم برای اندازه‌گیری فرایندهای هیدرولوژیکی و نفوذپذیری خاک است. ارزیابی سریع و قابلیت تکرار زیاد از مزایای استفاده از این شبیه‌ساز باران است. این شبیه‌ساز باران دارای حجم مصرفی ۲/۹ لیتر و قطر قطرات ۵/۹ میلی‌متر می‌باشد و همچنین جرم قطرات آن ۰/۱۰۶ گرم و تعداد لوله‌های موئینه آن ۴۹ عدد می‌باشد و انرژی جنبشی ناشی از این شبیه‌ساز باران حدود ۱۷ ژول بر متر مربع در میلی‌متر است. در این تحقیق، نمونه‌ها به صورت تصادفی مشخص و برداشت شد.

1- kamphorst



شکل (۲): شبیه‌ساز باران کامفورست

Fig. (2): Kamphorst rain simulator

با توجه به هزینه و زمان، در سازند گچساران در ۶ سطح و هر سطح سه تکرار برای به‌کارگیری شبیه‌ساز باران مشخص شد. در سازند گچساران سه نقطه در کاربری مرتع، دو نقطه در کاربری زراعی و یک نقطه در کاربری مسکونی می‌باشد. در این تحقیق میزان نفوذپذیری خاک به روش پلات‌های آزمایشی اندازه‌گیری شد. در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه و در شدت‌های بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه میزان نفوذپذیری خاک اندازه‌گیری شد (مرادی و سعیدیان^۱، ۲۰۱۰: ۱). در مجموع مؤلفه‌های مختلف فرسایش شامل ۱۸ نمونه‌برداری مربوط به میزان نفوذپذیری خاک و ۱۸ نمونه‌برداری مربوط به میزان رواناب و ۱۸ نمونه‌برداری مربوط به رسوب و ۱۸ نمونه‌برداری مربوط به تعیین آستانه رواناب و فرسایش با کمک شبیه‌ساز باران برداشت شدند. به‌منظور انجام کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS و EXCEL استفاده گردید و سپس مدل‌های نهایی تعیین

گردید. لازم به توضیح است که در استفاده از رگرسیون چند متغیره در این تحقیق میزان نفوذپذیری خاک حاصل از به کارگیری باران ساز در شدت‌های مختلف بارش که با توجه به شدت غالب منطقه به دست آمده به عنوان متغیر وابسته و سایر مولفه‌های مختلف فرسایش مانند مقدار رسوب و میزان رواناب و زمان شروع آستانه رواناب و فرسایش در هر کاربری اراضی به عنوان متغیر مستقل مورد مطالعه قرار گرفت (مرادی و سعیدیان، ۲۰۱۰: ۱۱) و در نهایت نیز سطح معنی‌داری میزان نفوذپذیری خاک مشاهده شده و میزان نفوذپذیری خاک تخمینی به وسیله‌ی رگرسیون چندمتغیره با آزمون t جفتی با هم مقایسه شدند.

یافته‌ها و بحث

عوامل متعددی بر تعیین و تغییر فرآیند میزان نفوذپذیری خاک موثر هستند. لیکن نقش بسیاری از این عوامل به خوبی مدنظر قرار نگرفته است. از این رو، پژوهش حاضر با هدف تخمین میزان نفوذپذیری خاک تحت شرایط شبیه‌سازی باران انجام گرفت. نتایج تخمین نفوذپذیری خاک با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش در جدول‌های ۱ تا ۹ نشان داده شده است.

جدول (۱): داده‌های منتج به مدل در کاربری مرتع

Table (1): Used data in modeling in range land use

| نقاط نمونه برداری | رسوب شدت ۰/۷۵ میلی-متر در دقیقه | رواناب شدت ۰/۷۵ میلی-متر در دقیقه | شروع رواناب و فرسایش شدت ۰/۷۵ میلی-متر در دقیقه | رسوب شدت ۱ میلی-متر در دقیقه | رواناب شدت ۱ میلی-متر در دقیقه | شروع رواناب و فرسایش شدت ۱ میلی-متر در دقیقه | رسوب شدت ۱/۲۵ میلی-متر در دقیقه | رواناب شدت ۱/۲۵ میلی-متر در دقیقه | شروع رواناب و فرسایش شدت ۱/۲۵ میلی-متر در دقیقه |
|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------|--------------------------------|--|---------------------------------|-----------------------------------|---|
| A1 | ۴/۹۸ | ۱۳۰ | ۴/۲۵ | ۷/۶۳ | ۲۲۵ | ۴/۰۰ | ۱۰/۳۷ | ۳۲۵ | ۳/۴۷ |
| A2 | ۴/۶۱ | ۱۲۵ | ۴/۵۰ | ۶/۳۹ | ۲۲۰ | ۴/۲۸ | ۱۱/۴۲ | ۲۷۵ | ۳/۵۰ |
| A3 | ۴/۴۸ | ۱۲۰ | ۴/۴۸ | ۷/۱۶ | ۲۳۰ | ۴/۲۵ | ۱۰/۷۹ | ۳۰۵ | ۳/۲۲ |
| B1 | ۵/۲ | ۱۶۵ | ۷/۰۰ | ۶/۳۹ | ۲۲۵ | ۶/۳۰ | ۱۱/۵۱ | ۳۰۰ | ۶/۰۵ |
| B2 | ۵/۶۶ | ۱۴۵ | ۶/۴۹ | ۶/۴۲ | ۲۱۵ | ۶/۲۸ | ۱۳/۳۵ | ۲۷۵ | ۵/۳۷ |
| B3 | ۴/۸۲ | ۱۵۰ | ۶/۳۹ | ۸/۶۸ | ۲۱۰ | ۶/۰۰ | ۱۲/۷۳ | ۲۸۰ | ۵/۴۰ |
| C1 | ۸/۹۷ | ۱۳۵ | ۵/۰۰ | ۱۰/۳۱ | ۲۷۵ | ۴/۴۶ | ۲۶/۵۳ | ۴۰۰ | ۴/۳۰ |
| C2 | ۱۰/۱ | ۱۴۵ | ۵/۱۰ | ۱۲/۰۵ | ۲۸۵ | ۵/۰۰ | ۲۸/۰۲ | ۴۲۵ | ۴/۰۶ |
| C3 | ۹/۷۷ | ۱۶۰ | ۴/۴۵ | ۱۳/۵۱ | ۳۲۰ | ۴/۲۵ | ۲۴/۲۸ | ۴۱۵ | ۴/۰۱ |

رسوب: گرم، رواناب: میلی‌لیتر، شروع رواناب و فرسایش: دقیقه

جدول (۲): داده‌های منتج به مدل در کاربری کشاورزی

Table (2): Used data in modeling in agriculture land use

| نقاط نمونه برداری | رسوب و فرسایش شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه | رسوب و فرسایش شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه | شروع رواناب و فرسایش شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه | رسوب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه | شروع رواناب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه | رسوب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه | شروع رواناب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه | رسوب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه | شروع رواناب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه |
|-------------------|--|--|---|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| A1 | ۱۲/۱۷ | ۱۵۰ | ۵/۴۵ | ۱۴/۵۳ | ۲۱۵ | ۴/۴۰ | ۲۴/۰۸ | ۲۷۰ | ۴/۱۵ |
| A2 | ۱۰/۹۴ | ۱۶۵ | ۵/۰۰ | ۱۴/۰۳ | ۲۲۵ | ۴/۴۵ | ۱۹/۱۵ | ۲۸۵ | ۴/۲۵ |
| A3 | ۱۱/۴ | ۱۷۵ | ۵/۲۵ | ۱۳/۵۴ | ۲۳۰ | ۴/۴۳ | ۲۱/۴۸ | ۲۵۰ | ۳/۴۰ |
| B1 | ۱۲/۶۳ | ۲۰۰ | ۶/۳۵ | ۱۴/۹۷ | ۲۸۵ | ۶/۰۳ | ۱۹/۸۲ | ۳۴۰ | ۵/۴۶ |
| B2 | ۱۰/۷۶ | ۱۸۰ | ۶/۴۵ | ۱۶/۳۴ | ۲۷۵ | ۶/۲۱ | ۱۹/۰۲ | ۳۷۵ | ۵/۵۰ |
| B3 | ۱۱/۷۳ | ۱۶۰ | ۷/۰۰ | ۱۵/۵۲ | ۳۰۰ | ۶/۱۵ | ۲۵/۳۳ | ۳۵۰ | ۶/۰۰ |

رسوب: گرم، رواناب: میلی‌لیتر، شروع رواناب و فرسایش: دقیقه

جدول (۳): داده‌های منتج به مدل در کاربری مسکونی

Table (3): Used data in modeling in residential land use

| نقاط نمونه برداری | رسوب و فرسایش شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه | رسوب و فرسایش شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه | شروع رواناب و فرسایش شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه | رسوب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه | شروع رواناب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه | رسوب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه | شروع رواناب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه | رسوب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه | شروع رواناب و فرسایش شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه |
|-------------------|--|--|---|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| A1 | ۹/۰۴ | ۲۵۰ | ۴/۳۵ | ۱۵/۷۳ | ۴۲۵ | ۴/۰۶ | ۲۱/۸۹ | ۴۸۵ | ۳/۴۵ |
| A2 | ۹/۴۳ | ۳۰۰ | ۴/۴۰ | ۱۷/۰۸ | ۴۰۰ | ۴/۱۱ | ۲۴/۳۵ | ۴۷۰ | ۳/۵۵ |
| A3 | ۸/۸۲ | ۳۳۵ | ۴/۴۳ | ۱۴/۵۸ | ۴۱۵ | ۴/۳۰ | ۲۱/۶۸ | ۴۷۵ | ۳/۱۹ |

رسوب: گرم، رواناب: میلی‌لیتر، شروع رواناب و فرسایش: دقیقه

جدول (۴): رابطه‌ی میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه با مولفه‌های مختلف فرسایش

Table (4): Relationship between soil infiltration at intensity 0.75 mm/min with erosion different components

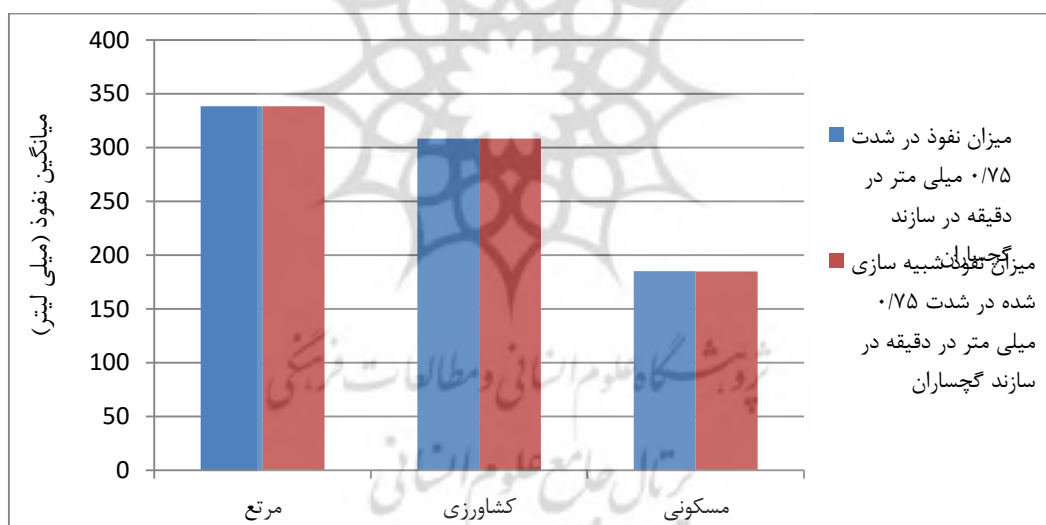
| کاربری | مدل‌های بدست آمده از رگرسیون چند متغیره | R |
|--------|---|------|
| مرتع | $In = 418/91 - 3/36 Se - 11/07 Th$ | ۰/۸۱ |
| زراعی | $In = 378/53 - 3/46 Se - 5/07 Th$ | ۰/۲۹ |
| مسکونی | $In = - 141/47 + 35/88 Se$ | ۰/۲۶ |

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

جدول (۵): ضریب بتای میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه با مولفه‌های مختلف فرسایش
Table (5): Beta coefficient of soil infiltration at intensity 0.75 mm/min with erosion different components

| مولفه‌های فرسایش نوع کاربری | Se | Ro | Th |
|-----------------------------|-------|----|-------|
| کاربری مرتع | -۰/۵۱ | - | -۰/۷۵ |
| سطح معنی‌داری | ۰/۰۸ | - | ۰/۰۲ |
| کاربری زراعی | -۰/۱۴ | - | ۰/۷۱ |
| سطح معنی‌داری | ۰/۸۱ | - | -۰/۲۳ |
| کاربری مسکونی | ۰/۲۶ | - | - |
| سطح معنی‌داری | ۰/۸۳ | - | - |

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



شکل (۳): مقایسه‌ی داده‌های نفوذ شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای در کاربری‌های مختلف

Fig. (3): Comparison of simulated and observed infiltrations data in different land uses

جدول (۶): رابطه‌ی میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه با مولفه‌های مختلف فرسایش
Table (6): Relationship between soil infiltration at intensity 1 mm/min with erosion different components

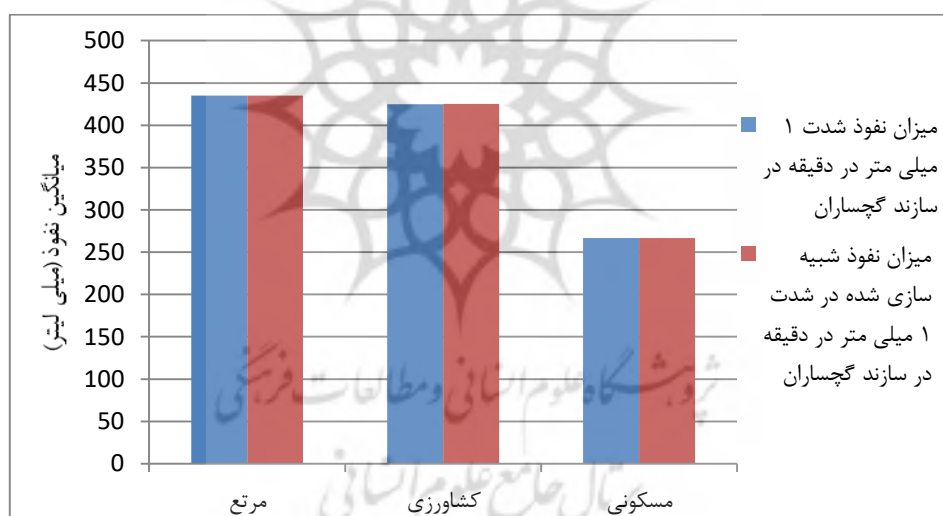
| کاربری | مدل‌های بدست آمده از رگرسیون چند متغیره | R |
|--------|---|------|
| مرتع | $In = 350/9 + 16/88 Th$ | ۰/۴۱ |
| زراعی | $In = 808/3 - 25/86 Se$ | ۰/۷۳ |
| مسکونی | $In = -421/4 + 14/41 Se + 110/74 Th$ | ۱ |

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

جدول (۷): ضریب بتای میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه با مولفه‌های مختلف فرسایش
Table (7): Beta coefficient of soil infiltration at intensity 1 mm/min with erosion different components

| مولفه‌های فرسایش نوع کاربری | Se | Ro | Th |
|-----------------------------|-------|----|------|
| کاربری مرتع | | - | ۰/۴۱ |
| سطح معنی‌داری | | - | ۰/۲۶ |
| کاربری زراعی | -۰/۷۳ | - | |
| سطح معنی‌داری | ۰/۰۹ | - | |
| کاربری مسکونی | ۱/۴۳ | - | ۱/۱۱ |
| سطح معنی‌داری | ۰/۰۰ | - | ۰/۰۰ |

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



شکل (۴): مقایسه داده های نفوذ شبیه سازی شده و مشاهده‌ای در کاربری های مختلف

Fig. (4): Comparison of simulated and observed infiltrations data in different land uses

جدول (۸): رابطه‌ی میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه با مولفه‌های مختلف فرسایش
Table (8): Relationship between soil infiltration at intensity 1.25 mm/min with erosion different components

| کاربری | مدل های بدست آمده از رگرسیون چندمتغیره | R |
|--------|--|------|
| مرتع | $In = ۳۶۹/۶۲ + ۱۷/۶۰ Th$ | ۰/۲۸ |
| زراعی | $In = ۴۰۷/۴۹ + ۲/۸۳ Se$ | ۰/۱۵ |
| مسکونی | $In = ۲۷۶/۳۷ + ۷/۹۲ Se - ۴۴/۸۵ Th$ | ۱ |

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

جدول (۹): ضریب بتای میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه با مولفه‌های مختلف فرسایش
Table (9): Beta coefficient of soil infiltration at intensity 1.25 mm/min with erosion different components

| مولفه‌های فرسایش نوع کاربری | Se | Ro | Th |
|-----------------------------|------|----|-------|
| کاربری مرتع | | - | ۰/۲۸ |
| سطح معنی‌داری | | - | ۰/۴۶ |
| کاربری زراعی | ۰/۱۵ | - | |
| سطح معنی‌داری | ۰/۷۷ | - | |
| کاربری مسکونی | ۱/۵۴ | - | -۱/۰۹ |
| سطح معنی‌داری | ۰/۰۰ | - | ۰/۰۰ |

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



شکل (۵): مقایسه‌ی داده‌های نفوذ شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای در کاربری‌های مختلف

Fig. (5): Comparison of simulated and observed infiltrations data in different land uses

جدول (۱۰): مقایسه‌ی نفوذ شبیه‌سازی شده و نفوذ مشاهده‌ای در کاربری مرتع

Table (10): Comparison of simulated infiltration and observational infiltration in rangeland Land use

| نوع کاربری | شدت بارش | انحراف معیار | خطای استاندارد میانگین | سطح معنی‌داری |
|-------------|------------------------|--------------|------------------------|---------------|
| کاربری مرتع | ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه | ۹/۰۳ | ۳/۰۱ | ۰/۹۷۹ |
| | ۱ میلی‌متر در دقیقه | ۳۵/۰۵ | ۱۱/۶۸ | ۰/۹۹۸ |
| | ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه | ۵۹/۸۶ | ۱۹/۹۵ | ۰/۹۹۹ |

جدول (۱۱): مقایسه‌ی نفوذ شبیه‌سازی شده و نفوذ مشاهده‌ای در کاربری کشاورزی

Table (11): Comparison of simulated infiltration and observational infiltration in agriculture Land use

| نوع کاربری | شدت بارش | انحراف معیار | خطای استاندارد میانگین | سطح معنی‌داری |
|----------------|------------------------|--------------|------------------------|---------------|
| کاربری کشاورزی | ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه | ۱۶/۷۳ | ۶/۸۳ | ۰/۹۹۵ |
| | ۱ میلی‌متر در دقیقه | ۲۴/۴۶ | ۹/۹۸ | ۰/۹۷۷ |
| | ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه | ۴۹/۴۸ | ۲۰/۲ | ۰/۹۹۸ |

جدول (۱۲): مقایسه‌ی نفوذ شبیه‌سازی شده و نفوذ مشاهده‌ای در کاربری مسکونی

Table (12): Comparison of simulated infiltration and observational infiltration in residential Land use

| نوع کاربری | شدت بارش | انحراف معیار | خطای استاندارد میانگین | سطح معنی‌داری |
|---------------|------------------------|--------------|------------------------|---------------|
| کاربری مسکونی | ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه | ۴۱/۲۵ | ۲۳/۸۱ | ۰/۹۹۸ |
| | ۱ میلی‌متر در دقیقه | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۴ | *۰/۰۰۱ |
| | ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰۶ | *۰/۰۱۸ |

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد

مهم‌ترین مزایای استفاده از شبیه‌سازی باران، سرعت در عمل، کارایی، قابلیت کنترل و انعطاف‌پذیری بیشتر آن نسبت به باران‌های طبیعی است (میرا، ۱۹۹۴: ۸۳). استفاده از شبیه‌سازی باران در پارامترسازی و واسنجی مدل‌های با مبنای فیزیکی کاربرد دارد (سیگر و رایس^۱، ۲۰۰۲: ۸۳؛ لوک و همکاران^۲، ۲۰۰۰: ۲۲۱). ارزیابی نفوذپذیری به دلیل محدودیت‌های مختلفی همچون تغییرات مکانی و زمانی و هزینه‌بر بودن جمع‌آوری داده‌ها غالباً از روش‌های غیرمستقیم صورت می‌گیرد (محمدی و رفاهی^۳، ۲۰۰۶: ۱۳۹۱). مدل‌های تخمین رگرسیونی چندمتغیره از جمله روش‌های آماری هستند که به دلیل توانایی مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده در بسیاری از علوم مانند آب و خاک به کار رفته‌اند (گیوی و همکاران^۴، ۲۰۰۴: ۸۳). مزیت تخمین میزان نفوذپذیری خاک با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش، استفاده از شبیه‌ساز باران صحرائی و دقت بالای آن به علت تحت کنترل بودن شرایط می‌باشد. تخمین میزان نفوذپذیری خاک با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش می‌تواند یکی از مناسب‌ترین روش‌های تخمین و مدل‌سازی با کمترین هزینه و زمان اجرایی باشد. نتایج نشان داد که میزان میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع بیشترین تاثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان رسوب تولیدی و سپس از شروع آستانه رواناب و فرسایش دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی میزان نفوذپذیری خاک در شدت بارش ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان نفوذپذیری خاک در این شدت با میزان رسوب و شروع آستانه رواناب و فرسایش رابطه‌ی عکس

1- Meyer

2- Seeger and Ries

3- Loch

4- Mohammadi and Refahi

5- Givi

دارد و با افزایش میزان نفوذپذیری خاک، میزان رسوب و شروع آستانه رواناب و فرسایش کم می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری کشاورزی بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان رسوب و شروع آستانه رواناب و فرسایش دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی تولید رسوب در شدت بارش ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان نفوذپذیری خاک در این شدت با میزان رسوب و شروع آستانه رواناب و فرسایش رابطه‌ی عکس دارد. با افزایش میزان نفوذپذیری خاک، میزان رسوب و شروع آستانه‌ی رواناب و فرسایش کم می‌شود. همچنین نتایج مورد بررسی نشان داد که میزان نفوذپذیری خاک در شدت بارش ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مسکونی بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی آماری از میزان تولید رسوب دارد که نشان از دقت تخمین بالای مدل رگرسیونی در میزان نفوذپذیری خاک دارد که با نتایج تحقیق نحوی‌نیا و همکاران^۱ (۲۰۱۰) که معتقد است مدل رگرسیونی در پیش‌بینی متوسط میزان نفوذ دقت بالایی دارد مطابقت دارد. در این کاربری میزان رواناب و شروع آستانه رواناب و فرسایش نقشی در مدل‌سازی میزان نفوذپذیری خاک در شدت بارش ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. نتایج نشان داد که میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از شروع آستانه رواناب و فرسایش دارد. در این کاربری میزان رواناب و رسوب نقشی در مدل‌سازی میزان نفوذپذیری خاک در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان نفوذپذیری خاک در این شدت با شروع آستانه رواناب و فرسایش رابطه‌ی مستقیم دارد و با افزایش میزان نفوذپذیری خاک، شروع آستانه رواناب و فرسایش زیاد می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در کاربری کشاورزی بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان رسوب دارد. در این کاربری میزان رواناب و شروع آستانه‌ی رواناب و فرسایش نقشی در مدل‌سازی میزان نفوذپذیری خاک در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان نفوذپذیری خاک در این شدت با میزان رسوب رابطه عکس دارد. خاک‌هایی که از نظر نفوذپذیری دارای محدودیت هستند، بخش کمتری از باران را در خود نفوذ داده و در نتیجه رواناب و رسوب بیشتری تولید می‌کنند (ماندل و همکاران^۲، ۲۰۰۷: ۵۰۹). با افزایش میزان نفوذپذیری خاک، میزان رسوب کم می‌شود در این کاربری نیز مدل‌های مناسبی به دست آمد که با نتایج کاشی و همکاران^۳ (۲۰۱۳) و فکوری و همکاران^۴ (۲۰۱۲) که مدل‌های مناسبی با استفاده از رگرسیون خطی برای نفوذپذیری خاک گزارش کردند مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد که میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مسکونی بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان رسوب و شروع آستانه‌ی رواناب و فرسایش دارد و با افزایش

میزان نفوذپذیری خاک، میزان رسوب و شروع آستانه رواناب و فرسایش افزایش می‌یابد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی میزان نفوذپذیری خاک در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. نتایج نشان داد که میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی آماری از شروع آستانه رواناب و فرسایش دارد. در این کاربری نیز میزان رواناب و رسوب نقشی در مدل‌سازی میزان نفوذپذیری خاک در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان نفوذپذیری خاک در این شدت با شروع آستانه رواناب و فرسایش رابطه مستقیم دارد و با افزایش میزان نفوذپذیری خاک، شروع آستانه رواناب و فرسایش زیاد می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری کشاورزی بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان رسوب دارد. در این کاربری میزان رواناب و شروع آستانه رواناب و فرسایش نقشی در مدل‌سازی میزان نفوذپذیری خاک در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان نفوذپذیری خاک در این شدت با میزان رسوب رابطه مستقیم دارد. با افزایش میزان نفوذپذیری خاک، میزان رسوب زیاد می‌شود و با نتایج ابوطالبی و همکاران (۲۰۱۸) که معتقد است سیلاب اثر معنی‌داری بر نفوذپذیری ایجاد می‌کند، مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد که میزان نفوذپذیری خاک در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مسکونی بیشترین تأثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان رسوب و شروع آستانه رواناب و فرسایش دارد و با افزایش میزان نفوذپذیری خاک، میزان رسوب افزایش می‌یابد و همچنین شروع آستانه رواناب و فرسایش کاهش می‌یابد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی میزان نفوذپذیری خاک در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. همچنین نتایج نشان داد در مقایسه بین میانگین‌های میزان نفوذپذیری مشاهده‌ای و میزان نفوذپذیری تخمینی به وسیله رگرسیون چند متغیره در کاربری مرتع در شدت بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و این نشان از تخمین مناسب میزان نفوذپذیری خاک با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش با استفاده از رگرسیون چند متغیره در این کاربری می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد در مقایسه بین میانگین‌های میزان نفوذپذیری مشاهده‌ای و میزان نفوذپذیری تخمینی به وسیله رگرسیون چند متغیره در کاربری کشاورزی در شدت بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و این نیز نشان از تخمین مناسب میزان نفوذپذیری خاک با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد در مقایسه بین میانگین‌های میزان نفوذپذیری مشاهده‌ای و میزان نفوذپذیری تخمینی به وسیله رگرسیون چندمتغیره در کاربری مسکونی در شدت بارش ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد و در شدت بارش ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. به‌طور کلی بیشترین تأثیرگذاری مثبت و منفی مولفه‌های مختلف فرسایش در تخمین میزان نفوذپذیری خاک مربوط به میزان رسوب و شروع آستانه رواناب و

فرسایش در هر سه کاربری یاد شده و در سه شدت بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر دقیقه می‌باشد و در این میان نقش میزان رسوب در تخمین میزان نفوذپذیری خاک نسبت به آستانه رواناب و فرسایش اندکی بیشتر نشان داده شد و میزان رواناب در تخمین میزان نفوذپذیری خاک در این روش نقشی نداشته است. به طور کلی نتایج نشان داد در بعضی از مدل‌های این تحقیق که ضریب رگرسیونی پایین‌تری دارند، ولی تخمین میزان نفوذپذیری خاک قابل قبول و مناسبی به دست آمد بنابراین نمی‌توان فقط با استفاده از ضریب رگرسیونی و سایر ضرایب دیگر آماری اظهار نظر مناسب درباره تخمین مدل‌ها انجام داد بلکه باید به سطح معنی‌داری داده‌های مشاهده‌ای و تخمینی و همچنین حداقل میانگین مربعات خطا توجه شود در مواردی حداقل میانگین مربعات خطا نیز کافی نبوده و باید مطالعات گسترده‌تر آماری انجام داد (جین و کومر، ۲۰۰۶: ۲۷۲). مدل‌های رگرسیونی با وجود پیشرفت‌های علمی و بهبود لوازمات اندازه‌گیری، به دلیل سادگی هم چنان مورد استفاده پژوهشگران در عرصه‌های مختلف هستند (همایی و فرخیان فیروزی، ۲۰۰۸؛ راوز و پاشپسکی، ۲۰۰۲: ۱۱۱۵).

نتیجه‌گیری

میزان نفوذپذیری خاک در کاربری‌های مختلف سازند گچساران به علت متفاوت بودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، دارای تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌باشد که در این تحقیق به خوبی نشان داده شد. به طور کلی در سازند گچساران، بیشترین تاثیرگذاری مثبت و منفی مولفه‌های مختلف فرسایش در تخمین میزان نفوذپذیری خاک مربوط به میزان رسوب و شروع آستانه رواناب و فرسایش در هر سه کاربری مرتع، کشاورزی و منطقه مسکونی و در سه شدت بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر دقیقه می‌باشد و در این میان نقش میزان رسوب در تخمین میزان نفوذپذیری خاک نسبت به آستانه رواناب و فرسایش اندکی بیشتر نشان داده شد و میزان رواناب نیز به علت همبستگی بالای داده‌های این تحقیق در تخمین میزان نفوذپذیری خاک در این روش نقشی نداشته است ولی ممکن است در تحقیقات بعدی داده‌های رواناب همبستگی نداشته باشند و در مدل‌سازی رگرسیون چند متغیره نقش آفرینی کنند که بستگی به شرایط داده‌های تحقیق دارد. اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر و در حوزه‌های آبریز صعب العبور به مراتب اندازه‌گیری آن سخت‌تر و در عین حال در بعضی مناطق غیر ممکن است. بنابراین با استفاده از مدل‌های مختلف تجربی و آماری تا حدودی در زمان و هزینه صرفه‌جویی می‌شود و با ساده سازی به کمک این مدل‌ها می‌توان داده‌های مناسب و قابل قبولی به دست آورد. در بین مدل‌های مختلف معمولاً مدلی که دقت بالاتری دارد، دوام بیشتری در تحقیقات مختلف خواهد داشت. روش تخمین میزان نفوذپذیری خاک با کمک رگرسیون چندمتغیره و با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش

نشان داد که می‌تواند در آینده به دلیل سادگی و کم هزینه بودن و دقت تخمین بالا استفاده از آن کاربرد بیشتری در علوم آب و خاک داشته باشد و منجر به مدل‌هایی با سازگاری بیشتر و همچنین دوام بالاتر در شرایط‌های مختلف حوزه‌های آبریز و در کاربری‌های متفاوت شود و باعث شود اندازه‌گیری‌های مربوط به نفوذپذیری خاک راحت‌تر و با دقت بالاتری انجام شوند. از جمله ویژگی‌های بارز استفاده از روش تخمین نفوذ با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش این است که تمام داده‌هایی که منتج به مدل‌سازی می‌شوند با شبیه‌ساز باران در حوزه‌ی آبریز مورد نظر به دست می‌آیند و این ویژگی باعث می‌شود که تخمینی دقیق‌تر و با شرایط خاص حوزه مورد نظر به دست آید.



۵-منابع

- Ahmadi, H. (1999). *Applied Geomorphology*, Vol. 1 (Water Erosion), Second Edition, Tehran University Press, 714 Pp.
- Aboutalebi, M., Azarakhshi, M., Nazari Samani, A., Mohammadi Golrang, B. (2018). Deep sediment penetration and its effects on soil physical and chemical properties in Kashmar flood spreading, *Hydrogeomorphology*, No. 17: 125-144.
- Bormann H., and Klassen K. (2008). Seasonal and land use dependent variability of soil hydrological properties of tow northern German soils. *Geoderma*, 145: 295-302.
- Fakori T., Emami H., Ghahramani B., and Mohajerpor M. (2012). The estimation of soil steady and instantaneous infiltration rate using pedotranferfunction. The First National Conference on Farm Water Management, *Soil and Water Research Institute*, Karaj, 104-107.
- Fathizadeh, H, Karimi, H., Tavakoli, M., (2016). The Role of Sensitivity to Erosion of Geological Formations in Erosion and Sediment Yield (Case Study: Sub-Basins of Doiraj river in ilam province), *Journal of Watershed Management*, Vol. 7, No. 13, Spring and Summer.
- Gerke, H. H., and van Genuchten, M. Th. (1993). A dual-porosity model for simulating the preferential movement of water and solutes in structured porous media. *Water Resource. Res.*, 29 (2), 305-319.
- Givi J, Prasherb S. O and Patel R. M, (2004). Evaluation of pedotransfer functions in predicting the soil water contents at field capacity and wilting point. *Agri. Water Manag*, 70: 83-96.
- Gregory J.H., Dukes M.D., Jones P.H., and Miller G.L. (2006). Effect of urban soil compaction on infiltration rate. *Journal of Soil and Water Conservation*, 61: 117-124.
- Homaee M, and Farrokhian Firouzi A, (2008). Deriving point and parametric pedotransfer functions of some gypsiferous soils. *Australian Journal of Soil Research*, 46 (3): 219-227.
- Jain, A., and A. Kumar., (2006). An evaluation of artificial neural network technique for the determination of infiltration model parameters, *Applied Soft Computing*, 6: 272-282.
- Jarvis, N J. (1998). Modeling the impact of preferential flow on non point source pollution. Physical nonequilibrium in soils: modeling and application, J. M. Selim and L. Ma, eds., Ann Arbor press, Chelsea, Mich., 195 – 221.
- kamphorst, A., (1987). A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility, *Netherlands Journal of Agricultural Science* 35: 407-415.
- Kashi H., Emamgholizadeh S., Ghorbani H., and Hashemi S.A.H. (2013). Estimation of soil infiltration in agricultural and pasture lands using artificial neural networks and multiple regressions. *Scientific -Research Quarterly On Environmental Erosion Researches*, 9: 42-56.
- Kumar, C.P. (2006). Groundwater Flow and Contaminant Transport Models: An Overview. *Journal of Applied Hydrology*. Association of Hydrologists of India. 2: 94-110.

- Lassabatere, L., Angulo-Jaramillo, R., Goutaland, D., Letellier, L., Gaudet, J.P., Winiarski, T. and Delolme, C. (2010). Effect of the settlement of sediments on water infiltration in two urban infiltration basins. *Geoderma*, 156.3-4: 316-325.
- Loch, R.J., (2000). Using rainfall simulation to guide planning and management of rehabilitated areas: Part I. Experimental methods and results from a study at the northparkes mine, Australia. *Land Degrad. Dev.* 11: 221-240.
- Machiwa, D., Mandan, K., and Mal, B.C. (2006). Modeling infiltration and quantifying spatial soil variability in a watershed of kharagpur, India, *Biosystems engineering*, 95: 4. 569 – 582.
- Mandal, U.K., A.K. Bhardwaj, D. N. Warrington, D. Goldstein, A. Bartal and Levy. G. J. (2007). Changes in soil hydraulic conductivity, runoff, and soil loss due to irrigation with different types of saline-sodic water. *Geoderma*, 144. 509-516.
- Meyer, L.D. (1994). Rainfall simulators for soil conservation research. In: Lal, R., (ed.), Soil Erosion Research Methods. *Soil and Water Conserv. Soc.*, Ankeny, Iowa. 83-103.
- Mohammadi, M. and Refahi M., (2006). Estimation of infiltration equations parameters by soil physical properties. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, (6) 36:1391-2019.
- 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.
- Nahvinia M.J., Liaghat A., Parsinejad.M. (2010). Prediction of Depth of Infiltration in Furrow Irrigation Using Tentative and Statistical Models. *Water and Soil*, 24 (4): 769-780.
- Neris J., Jimenz C., Fuentes J., Morillas G., and Tejedor M. (2012). Vegetation and land use effects on soil properties and water infiltration of Andisols in Tenerife (Canary Islands, Spain). *Catena*, 98: 55-62.
- Punmia, B.C. (1992). Soil mechanics and foundation. Laxmi Publication, New Delhi.
- Rawls W.J and Pachepsky Y.A, (2002). Soil consistence and structure as predictors of water retention. *Soil Science Society*. 66: 1115-1126.
- Seeger, M. and J.B. Ries. (2002). Runoff generation on abandoned fields in the Central Ebro Basin-results from modelling. In: Garcia-Ruiz, J.M., J.A.A. Jones and J. Arnaez. (Eds.), *Environmental Change and Water Sustainability*. CSIC. Zaragoza, pp. 83-97.
- Sihag, P., Tiwari, N. K., and Ranjan, S. (2017). Estimation and intercomparison of infiltration models. *Water Science*. 31 (1), 34-43.
- Turner, E.R. (2006). Comparison of infiltration equations and their field validation with rainfall simulation (Doctoral dissertation).
- Yimer F., Messing I., Ledin S., and Abdelkadir A. (2008). Effects of different land use types on infiltration capacity in a catchment in the highlands Ethiopia. *Soil Use and Management*, 24: 344-349.