Research Paper

Comparison of the Most Important Factors in Runoff Production for the Slope Main Aspects in Gachsaran and Aghajari Formations

Hamzeh Saeediyan[1*], Hamid Reza Moradi[2], Sadat Feiznia[3], Nader Bahramifar[4]
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. Professor, Department of watershed management engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Iran.
3. Professor, Department of Arid and Semi-Arid Regions Rehabilitation, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Iran
4. Associate Professor, Department of Environment, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Iran.

Received: 2020/10/11
Revised: 2020/10/18
Accepted: 2021/07/14

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/wej.2022.26282.2272

Keywords:
Gachsaran Formation, Aghajari Formation, Runoff, Soil Physical and Chemical Properties

Abstract

Introduction: Investigating the spatial variability of runoff and its influencing factors to provide solutions to reduce it is very important. In recent years, many theoretical and field studies have evaluated the spatial production of runoff as heterogeneous.

Methods: In this study, to investigate the affecting factors in runoff production of the slope main aspects (northern, southern, eastern, and western) of the Gachsaran and Aghajari formations were selected a part of the Gach Kuhe and Margha watershed in Izeh city. For this purpose, a rain simulator was used in both formations at 16 points with 3 replications at rainfall intensities in 1 and 1.25 mm/min. Also, soil factors of Gachsaran and Aghajari formations such as percentages of gravel, sand, silt and clay, pH, soil salinity, moisture, calcium carbonate, organic matter, and sodium content were investigated. SPSS 17 and EXCEL 2007 software were used for statistical analysis.

Findings and Conclusion: The most important factors affecting runoff production were identified using multivariate regression. The results showed that runoff production in Aghajari Formation slope main aspects is more dependent on soil chemical properties, but runoff production in Gachsaran Formation slope main aspects is more dependent on soil physical properties.

Keywords: Gachsaran Formation, Aghajari Formation, Runoff, Soil Physical and Chemical Properties

Citation: Saeediyan H, Moradi HR, Feizna S, Bahramifar N. Comparison of the Most Important Factors in Runoff Production for the Slope Main Aspects in Gachsaran and Aghajari Formations Water Resources Engineering Journal. 2022; 15(53): 41- 52.

***Corresponding author:** Hamzeh Saeediyan
Address: 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.
Tell: 09163900827
Email: Hammzeh.4900@yahoo.com

Extended Abstract

Introduction

Awareness of the situation of runoff changes and factors affecting it are very important in proper planning. Therefore, it is very important to investigate the runoff spatial changes and its effective factors in order to provide solutions to reduce it. In recent years, many theoretical and field studies have evaluated the runoff spatial production as heterogeneous. Investigating the spatial variability of runoff and its influencing factors to provide solutions to reduce it is very important. In recent years, many theoretical and field studies have evaluated the spatial production of runoff as heterogeneous. Gachsaran and Aghajari formations are one of the most important geological formations of Zagros zone in Cenozoic which have relatively high erodibility.

Materials and Methods

In this study, to investigate the affecting factors in runoff production of the slope main aspects (northern, southern, eastern, and western) of the Gachsaran and Aghajari formations were selected a part of the Gach Kuhe and Margha watershed in Izeh city. For this purpose, a rain simulator was used in both formations at 16 points with 3 replications at rainfall intensities in 1 and 1.25 mm/min. Also, soil factors of Gachsaran and Aghajari formations such as percentages of gravel, sand, silt and clay, pH, soil salinity, moisture, calcium carbonate, organic matter, and sodium content were investigated. SPSS 17 and EXCEL 2007 software were used for statistical analysis. And the most important factors affecting runoff production were identified using multivariate regression.

Findings and Conclusion

Aghajari and Gachsaran formations are among the most important erodible formations in Iran that more and more comprehensive researches should be conducted to better understand the complex relationships between precipitation and soil properties on them, which has been discussed in this research. The results of this study showed that runoff production in the slope main aspects in both formations and in precipitation different intensities has a significant difference and also the role of soil physical and chemical properties and the slope aspect in runoff production in Aghajari and Gachsaran formations were well demonstrated.

Discussion

Consequently, obtaining comprehensive information along with the details of water and soil relations, as obtained in this study, can help the executive sector of the country to control the erodibility of Aghajari and Gachsaran formations. The results showed that runoff production in Aghajari Formation slope main aspects is more dependent on soil chemical properties but runoff production in Gachsaran Formation slope mail aspects is more dependent on soil physical properties.

Ethical Considerations compliance with ethical guidelines

The cooperation of the participants in the present study was voluntary and accompanied by their consent.

Funding

Tarbiat Modares University

Authors' contributions

Design, Methodology, Software, Investigation, Writing- Original Draft, Review & Editing, Visualization, Resources: Hamzeh saeediyan

Project administration, Investigations, Resources, Supervision: Hamid reza Moradi

Project administration, Investigations, Resources, Supervision: Sadat Fieznia

Project administration, Investigations, Resources, Supervision: Nader Bahramifar

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest

مقاله پژوهشی

مقایسه مهمترین عوامل موثر در تولید رواناب جهت های اصلی دامنه سازندهای گچساران و آغاجاری

حمزه سعیدیان*[۱]، حمید رضا مرادی[۲]، سادات فیض نیا[۳]، نادر بهرامی‌فر[۴]
۱. استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.
۲. استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرّس، ایران.
۳. استاد، گروه احیاء مناطق خشک و نیمه خشک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.
۴. دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرّس، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۰
تاریخ داوری: ۱۳۹۹/۰۷/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۳

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:
10.30495/wej.2022.26282.2272

واژه‌های کلیدی:
سازند گچساران، سازند آغاجاری، رواناب، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

چکیده

مقدمه: بررسی تغییرات مکانی رواناب و عوامل موثر بر آن به منظور ارائه راه کارهایی برای کاهش آن بسیار مهم می‌باشد. در سال های اخیر مطالعات تئوری و میدانی زیادی تولید مکانی رواناب را ناهمگن ارزیابی کردند.

روش: در این تحقیق به منظور بررسی عوامل موثر در تولید رواناب جهت های اصلی دامنه (شمالی، جنوبی، شرقی و غربی) سازندهای گچساران و آغاجاری، بخشی از حوزه آبخیز کوه گچ و مرغا شهرستان ایذه انتخاب گردید. بدین منظور در هر دو سازند از شبیه‌ساز باران در ۱۶ نقطه و با ۳ بار تکرار و در شدت‌های بارش ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه استفاده شد. همچنین عوامل خاکی سازندهای گچساران و آغاجاری مانند درصد شن، ماسه، سیلت و رس، pH، شوری خاک، رطوبت، کربنات کلسیم، ماده آلی و میزان سدیم بررسی گردیدند. به منظور انجام تحلیل‌های آماری از نرم افزارهای SPSS 17 و EXCEL 2007 استفاده گردید و مهمترین عوامل موثر در تولید رواناب با استفاده از رگرسیون چند متغیره شناسایی شدند.

یافته ها و نتیجه گیری: نتایج نشان دادند که تولید رواناب در جهت‌های اصلی دامنه سازند آغاجاری بیشتر به خصوصیات شیمیایی خاک بستگی دارد. ولی تولید رواناب در جهت‌های اصلی دامنه سازند گچساران بیشتر به خصوصیات فیزیکی خاک وابسته می باشد.

* **نویسنده مسئول:** حمزه سعیدیان
نشانی: بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.
تلفن: ۰۹۱۶۳۹۰۰۸۲۷
پست الکترونیکی: Hamzah.4900@yahoo.com

مقدمه

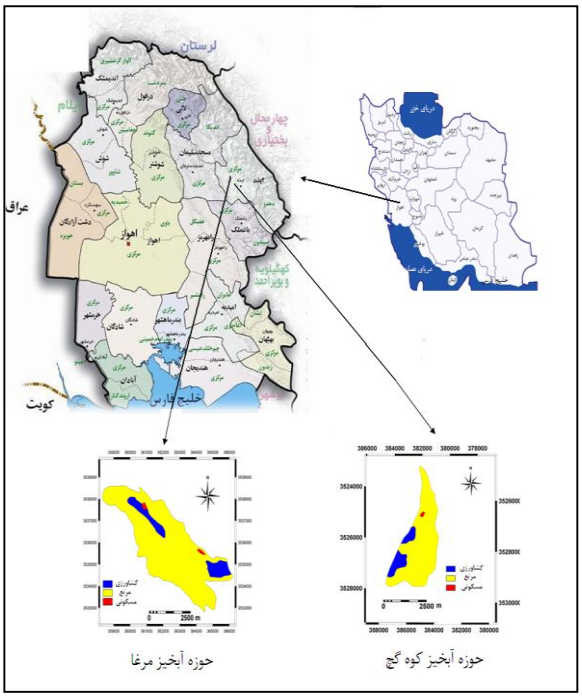
مسئله رواناب سطحی در حوزه آبخیز موضوع پیچیده‌ای است که اطلاعات و فهم دانش بشری از قوانین فیزیکی حاکم بر آن بعضاً از دیدگاه فرمول‌های ریاضی محدود می‌باشد (۳۳). وقتی شدت بارش از ظرفیت نفوذ خاک بیشتر باشد بارش مازاد پدید می‌آید (۳۴) و هر چه شدت نفوذ آب در خاک بیشتر باشد مقدار رواناب تولید شده کمتر خواهد بود. و در بارندگی‌های با شدت کم و در مدت زمان طولانی به تدریج شدت نفوذ کم شده و به مرحله‌ای می‌رسد که شدت نفوذ از شدت بارش کمتر و شده و رواناب شروع می‌شود (۲۲). آستانه شروع رواناب مقداری از باران است که پس از رواناب آغاز می‌شود (۱۴). رواناب سطحی مازاد ظرفیت ذخیره و آب پایه آب‌های زیر زمینی در سیستم زهکشی حوزه است (۴، ۳۲). مهار رواناب در مناطق نیمه خشک که تولید محصولات کشاورزی کاملاً وابسته به بارندگی می باشد اهمیت زیادی دارد. تولید رواناب در نقاط مختلف یک حوزه آبخیز متفاوت است. تصور یکنواختی تغییرات رواناب در یک منطقه موجب می‌شود مدیریتی یکسان برای مهار آن در کل منطقه به کار گرفته شود. این کار همان طور که در گزارش‌های مختلف (۳) نیز بیان شده است به نوبه خود افزایش هزینه‌ها را به دنبال دارد. از این رو آگاهی از چگونگی تغییرات مکانی رواناب و عوامل موثر بر آن در برنامه ریزی درست اهمیت بسیاری دارد (۵، ۳۸). بنابراین بررسی تغییرات مکانی رواناب و عوامل موثر بر آن به منظور ارائه راه کارهایی برای کاهش آن بسیار مهم می‌باشد. در سال های اخیر مطالعات تئوری و میدانی زیادی تولید مکانی رواناب را ناهمگون ارزیابی کردند (۱۶، ۲۱، ۳۷). در پژوهش‌های مختلف، تغییر پذیری مکانی فرسایشی خاک و عوامل موثر بر آن بیان شده است (۱۵) و کمتر به بحث رواناب و عوامل موثر بر آن پرداخته شده است. گوردانتگو (۲۰۰۰) با استفاده از شبیه ساز باران اثرات سطح را در تولید رواناب مطالعه کرد نتایج نشان داد که زمان شروع رواناب به مجموع سطح زنده گیاهی و توپوگرافی همبستگی دارد (۱۳). کارنیلی و بن آشر (۱۹۹۳) در ۴ حوزه در آریزونای آمریکا با شبیه سازی رواناب روزانه مشاهده کردند آستانه شروع رواناب آن تابعی از متوسط بافت خاک هر حوزه است و خاک های رسی کمترین آستانه و خاک‌های شنی بیشترین آستانه رواناب را دارند (۱۷). کارتین و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که پوشش گیاهی دارای همبستگی مثبت با آستانه شروع رواناب می‌باشد و نتیجه گرفت وقتی پوشش گیاهی بیش از ۶۵٪ باشد رواناب ناچیزی تولید می‌شود (۱۸). پونس و شتی (۱۹۹۵) از بارش سالانه و یک مدل بیلان آبی برای شبیه سازی تغییرات رواناب و آب پایه در چند حوزه آمریکا، آفریقا، کانادا، و هند استفاده کردند. نتایج این بررسی نشان داد که آستانه شروع رواناب بسته به اقلیم فرق می‌کند و مقدار آن در مناطق نیمه خشک بیش از مناطق نیمه مرطوب است (۲۷). سردا و همکاران (۱۹۹۵) در مطالعه ای تاثیر آتش‌سوزی و جهت دامنه بر پاسخ هیدرولوژیکی خاک را مطالعه نمودند. مقایسه نتایج در دامنه‌های شمالی و جنوبی با زمان آتش‌سوزی یکسان (۱۰ سال گذشته) نشان داد که استقرار پوشش گیاهی در دامنه شمالی بیش‌تر بوده است و از این‌رو درصد رواناب و سرعت فرسایش در آن کم‌تر از دامنه جنوبی بوده است (۶). مارتینز (۱۹۹۸) در مطالعه ای در مناطق نیمه خشک مدیترانه‌ای اسپانیا نحوه تولید و عوامل موثر بر رواناب را در حوزه‌های کوچک بررسی کرد. در این بررسی از دو گروه خاک با عکس‌العمل های هیدرولوژیکی متفاوت استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد که خاک‌های ریز بافت با نفوذپذیری کم و مواد آلی کم ضریب رواناب بالاتر و آستانه شروع رواناب کمتری از خاک‌های درشت بافت دارند (۲۳). کیرکبای (۲۰۰۱) در مطالعه‌ای روی ویژگی‌های خاک و اثر آن روی فرسایش آبی و اثر پستی و بلندی‌های کوچک را در ایجاد رواناب بررسی کرد و نتیجه گرفت که پستی و بلندی‌های کوچک و شکل خاکدانه در مقدار و الگوی مکانی رواناب موثر است (۲۰). کری و وو (۲۰۰۱) در مطالعه ای به بررسی مراحل ایجاد رواناب و تشکیل جریان در یک حوزه تحت آلپی در کانادا پرداختند. نتایج حاصل از بارندگی‌های طبیعی در چهار جهت اصلی حاکی از تأثیر معنی‌دار جهت بر رواناب بود (۵). کرونا و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه ای به بررسی تخمین رواناب سطحی با استفاده از شبیه ساز باران پرداختند و نتیجه گرفتند که شبیه سازهای باران می توانند بارش‌های واقعی را در شدت‌های بالا و پایین ایجاد کنند (۸). زارع خورمیزی و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه ای با استفاده از شبیه ساز باران نشان دادند که بین حجم رواناب و شیب همبستگی کمی وجود دارد و در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار نمی باشد. اما بین مقادیر خاک هدر رفته و شیب در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی‌دار وجود دارد (۳۹). این پژوهش بر اساس اندازه گیری‌های صحرایی رواناب تحت شرایط شبیه سازی شده باران به منظور تعیین رواناب و عوامل موثر بر آن بر روی دو سازند آغاجاری و گچساران انجام گرفت. باران ساز ابزاری کنترل شده، قابل پیش بینی و معتبر است که به آن امکان تکرار باران‌های متعدد در مدت زمانی کوتاه وجود دارد (۲۹) یعنی به کمک باران ساز بارانی را که به طور طبیعی ۱۰-۲۰ سال برای وقوع و جمع آوری داده‌های آن لازم است می توان در دوره کوتاهی شبیه سازی کرد در این شبیه سازی حداکثر کنترل بر شرایط پلات و خصوصیات باران وجود دارد (۳۵). سازندهای گچساران و آغاجاری از مهمترین سازندهای زمین شناسی زون زاگرس در سنوزوئیک می‌باشند که فرسایش پذیری نسبتا بالایی دارند. سازند آغاجاری با حدود ۲۹۶۶ متر بستر از نظر سنگ شناسی دارای تناوب ماسه سنگ‌های آهکی قهوه‌ای تا خاکستری و مارن‌های قرمز رنگ با رگه‌های ژیپس و بالاخره سیلت سنگ‌های قرمز رنگ می‌باشد. این سازند حد فاصل پلیوسن و میوسن را تشکیل می‌دهد. سازند گچساران حدود ۱۶۰۰ متر بستر را داشته و از نظر سنگ شناسی مشتمل بر نمک، انیدریت، مارن‌های رنگارنگ آهک و مقداری شیل می‌باشد. سن گچساران میوسن پایینی می‌باشد (۱).

مواد و روش ها

معرفی محدوده مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه، بخشی از حوزه آبخیز مرغا و کوه گچ شهرستان ایذه در استان خوزستان است که به ترتیب ۱۶۰۹ و ۱۲۰۲ هکتار مساحت دارد. منطقه مرغا دارای مختصات جغرافیایی ´۳۰ °۴۹ تا ´۳۵ °۴۹ شرقی و ´۵۵ °۳۱ تا ´۵۸ °۳۱ شمالی و منطقه کوه گچ دارای

مختصات جغرافیایی ″۲۷ ´۴۵ °۴۹ تا ″۹ ´۴۷ °۴۹ شرقی و ″۲۷ ´۵۰ °۳۱ تا ″۳۲ ´۵۳ °۳۱ شمالی می‌باشند. ارتفاع حداقل و حداکثر از سطح دریا در منطقه مرغا به ترتیب۴۴۰ و ۱۰۴۰ متر و در منطقه کوه گچ ۷۴۰ و ۹۸۰ متر می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه بر روی نقشه ایران و استان

متدولوژی تحقیق

برای انجام این تحقیق میزان فرسایش خاک به روش پلات‌های آزمایشی در چهار جهت اصلی (شمالی، جنوبی، شرقی و غربی) همراه با بارش با آب مقطر (۲۵) در دو شدت ۱ و ۱/۲۵ میلی متر در دقیقه اندازه‌گیری شد. برای انجام تحقیق از یک دستگاه شبیه ساز باران صحرایی ساخته شده توسط مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور استفاده شد. این شبیه‌ساز باران در ارتفاع دو متری قرار گرفت. که علت انتخاب ارتفاع دو متری نزدیک‌ترین حالت شرایط طبیعی برای رسیدن قطرات به سرعت حد می‌باشد (۳۱). پس از آماده نمودن محل آزمایش و نصب و تنظیم شبیه‌ساز باران، شیر مخزن را باز نموده و به محض مشاهده ریزش باران از صفحه ریزش، کرنومتر روشن گردید. در مدت زمان ۱۰ دقیقه میزان رواناب خارج شده از پلات ناشی از بارش با آب مقطر جمع‌آوری و در ظروف شماره‌گذاری شده به‌صورت جداگانه نگهداری شد (۲۶). ضمناً شبیه‌سازی بارش در شرایط جوی آرام انجام شد. پس از اتمام آزمایش، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و رسوب موجود در نمونه جدا و پس از خشک نمودن در آون تحت حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت توزین گردید. هم‌چنین حجم رواناب خروجی از پلات نیز به‌وسیله ظرف مدرج اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب، نتایج میزان رواناب برای هر آزمایش حاصل گردید (۲۸). با توجه به هزینه و زمان، حداقل در ۸ نقطه (در هر جهت اصلی دو نقطه) و با ۳ بار تکرار برای به‌کارگیری شبیه‌ساز باران با آب مقطر در سازند گچساران مشخص شد. در سازند آغاجاری نیز حداقل در ۸ نقطه (در هر جهت اصلی دو نقطه) و با ۳ بار تکرار برای به‌کارگیری شبیه‌ساز باران با آب مقطر مشخص شد. در هر آزمایش از مجاورت هر پلات در چهار جهت اصلی در هر دو سازند گچساران و آغاجاری به‌ترتیب در ۸ نقطه با ۳ بار تکرار نمونه خاک سطحی (۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) به منظور آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک برداشت، سپس به آزمایشگاه منتقل گردید (۲). در تمام محل-هایی که برای نمونه‌برداری خاکی انتخاب شد ضخامت خاک بیش از ۲۰ سانتی‌متر بوده است. نمونه‌ها در آزمایشگاه برای ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آنالیز شدند. سپس عوامل فیزیکی خاک شامل درصد رس، سیلت، شن، ماسه، رطوبت و عوامل شیمیایی خاک شامل pH، ماده آلی، هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم و سدیم در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. بافت نمونه خاک شامل درصد رس، سیلت و ماسه به روش هیدرومتری تعیین شد (۱۱). درصد شن توسط الک اندازه‌گیری شد. درصد ماده آلی به روش تیتراسیون به دست آمد. هدایت الکتریکی و pH خاک با تهیه عصاره اشباع به ترتیب وسیله EC متر و pH متر دیجیتال اندازه‌گیری شدند. درصد کربنات کلسیم رسوبات نیز با استفاده از تیتراسیون به‌دست آمد (۱۰). رطوبت وزنی از اختلاف وزن خاک قبل و بعد از خشک کردن توسط آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و در مدت ۲۴ ساعت تعیین - گردید. درصد سدیم نیز با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای اندازه‌گیری شد. در مجموع ۴۸۰ آزمایش مربوط به عوامل خاکی در هر دو سازند گچساران و آغاجاری انجام شد. به منظور انجام کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزارهای SPSS 17 و EXCEL 2007 استفاده گردید. ارتباط بین متغیرهای مورد بررسی با میزان رواناب با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون بررسی گردید (۱۲). مدل‌های نهایی با استفاده از رگرسیون چند متغیره برای هر جهت دامنه همراه با مهمترین عوامل تاثیرگذار در آن تعیین گردید. در این تحلیل هر چه مقدار بتای (ضریب تأثیر رگرسیونی) مربوط به یک عامل بیشتر باشد نشان دهنده تاثیر بیشتر آن عامل نسبت به عوامل دیگر است. ضریب بتا بیانگر سهم یا وزن هر متغیر مستقل در تبیین واریانس متغیره وابسته می باشد. لازم به توضیح است که در استفاده از رگرسیون چند متغیره در این تحقیق مقدار رواناب در هر شدت بارش حاصل از به‌کارگیری شبیه‌ساز باران با آب مقطر هر کدام جداگانه و در شدت‌های مختلف بارش به عنوان متغیر وابسته و سایر عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک (۱۰ متغیر) در هر جهت دامنه به عنوان متغیر مستقل مورد مطالعه قرار گرفت. در مجموع چندین مدل به کمک رگرسیون چند متغیره برای سازندهای آغاجاری و گچساران به دست آمد.

جمع بندی و بحث

در این پژوهش عوامل موثر بر تولید رواناب در جهت های اصلی دامنه در سازندهای آغاجاری و گچساران در جداول ۱ تا ۸ نشان داده شده است. در این تحقیق تعداد معدودی از عوامل مؤثر بر فرسایش خاک تحت آزمایش و مورد بررسی قرار گرفت. از این‌رو تنها می‌توانیم عامل مؤثر را از میان عوامل مورد بررسی تشخیص دهیم. یکی از راه‌های تعیین مهم‌ترین عامل موثر در فرسایش‌پذیری، ایجاد روابط رگرسیون

چند متغیره بین فرسایش‌پذیری و عوامل مؤثر می‌باشد. در این تحقیق رابطه رگرسیونی بین فرسایش‌پذیری و عوامل درصد شن، درصد رس، درصد سیلت، درصد ماسه، هدایت الکتریکی، اسیدیته فعال، درصد رطوبت وزنی، درصد کربنات کلسیم، درصد ماده آلی و میزان سدیم با استفاده از نرم افزار SPSS 17 به روش گام به گام، حذفی و حذف پس‌رو بهترین مدل ها با ضریب همبستگی بالا تعیین گردید.

جدول ۱- رابطه رواناب تولیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه با عوامل خاک در سازند گچساران

جهت دامنه	مدل‌های بدست آمده	ضریب تعیین	درصد خطای نسبی	سطح معنی داری
شمالی	$Ro = ۰/۳۱۵ - ۰/۰۴۷\ EC - ۰/۰۰۶\ Sa$	۰/۹۵	۶/۳۳	۰/۰۱۱
جنوبی	$Ro = ۰/۱۰۹ + ۰/۰۰۲\ Cly$	۰/۹۴	۴/۰۶	۰/۰۰۱
شرقی	$Ro = - ۰/۰۲۲ + ۰/۰۰۶\ Cac$	۰/۸۷	۱۷/۳۱	۰/۰۰۶
غربی	رابطه‌ای به‌دست نیامد.	–	–	–

در روابط بالا Ro (رواناب (لیتر در متر مربع))، Cly (درصد رس)، Sa (درصد ماسه)، Cac (درصد کربنات کلسیم) و EC (شوری خاک، میلی زیمنس بر سانتی متر) است.

جدول ۲- ضریب بتای عوامل خاکی در تولید رواناب شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه سازند گچساران

مشخصات خاک / جهت دامنه	Sa	Cly	EC	Cac
ضریب بتای دامنه شمالی	−۰/۷۲۲	–	−۱/۳۴	–
آماره t	−۳/۹۸	–	−۷/۴۲	–
سطح معنی‌داری	۰/۰۲۸	–	۰/۰۰۵	–
ضریب بتای دامنه جنوبی	–	۰/۹۷۴	–	–
آماره t	–	۸/۶۶	–	–
سطح معنی‌داری	–	۰/۰۰۱	–	–
ضریب بتای دامنه شرقی	–	–	–	۰/۹۳۶
آماره t	–	–	–	۵/۳۲
سطح معنی‌داری	–	–	–	۰/۰۰۶

در روابط بالا Cly (درصد رس)، Sa (درصد ماسه)، Cac (درصد کربنات کلسیم) و EC (شوری خاک) است.

جدول ۳- رابطه رواناب تولیدی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه با عوامل خاک در سازند گچساران

جهت دامنه	مدل‌های بدست آمده	ضریب تعیین	درصد خطای نسبی	سطح معنی داری
شمالی	رابطه‌ای به‌دست نیامد.	–	–	–
جنوبی	$Ro = ۰/۳۹۶ - ۰/۰۰۳\ Sa$	۰/۷۵	۶/۱۶	۰/۰۲۶
شرقی	$Ro = ۰/۲۸۹ - ۰/۰۴۰\ EC$	۰/۸۶	۵/۱۷	۰/۰۰۷
غربی	$Ro = ۰/۰۶۰ + ۰/۰۰۳\ Slt$	۰/۷۶	۱۲/۶۳	۰/۰۲۴

در روابط بالا Ro (رواناب (لیتر در متر مربع))، Slt (درصد سیلت)، Sa (درصد ماسه) و EC (شوری خاک، میلی زیمنس بر سانتی متر) است.

جدول ٤- ضریب بتای عوامل خاکی در تولید رواناب شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه سازند گچساران

مشخصات خاک / جهت دامنه	Sa	Slt	EC
ضریب بتای دامنه جنوبی	−۰/۸۶۶	–	–
آماره t	−۳/۴۶	–	–
سطح معنی‌داری	۰/۰۲۶	–	–
ضریب بتای دامنه شرقی	–	–	−۰/۹۲۹
آماره t	–	–	−۵
سطح معنی‌داری	–	–	۰/۰۰۷
ضریب بتای دامنه غربی	–	۰/۸۷۲	–
آماره t	–	۳/۵۵	–
سطح معنی‌داری	–	۰/۰۲۴	–

در روابط بالا Slt (درصد سیلت)، Sa (درصد ماسه)، و EC (شوری خاک) است.

جدول ۵- رابطه رواناب تولیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه با عوامل خاک سازند آغاجاری

جهت دامنه	مدل‌های بدست آمده	ضریب تعیین	درصد خطای نسبی	سطح معنی داری
شمالی	Ro = ۰/۳۶۷ – ۰/۸۶۱ EC	۰/۶۷	۱۳/۷۸	۰/۰۴۵
جنوبی	رابطه‌ای به‌دست نیامد.	–	–	–
شرقی	Ro = –۰/۵۰۷ + ۰/۰۱۵ Cac	۰/۷۴	۱۰/۳	۰/۰۲۷
غربی	Ro = ۰/۲۸۵ – ۰/۷۴۸ EC	۰/۸۵	۴/۷۱	۰/۰۰۹

در روابط بالا Ro (رواناب (لیتر در متر مربع))، Cac (درصد کربنات کلسیم) و EC (شوری خاک، میلی زیمنس بر سانتی متر) است.

جدول ٦- ضریب بتای عوامل خاکی در تولید رواناب شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه سازند آغاجاری

مشخصات خاک / جهت دامنه	EC	Cac
ضریب بتای دامنه شمالی	–۰/۸۲۱	–
آماره t	۴/۵۹	–
سطح معنی‌داری	۰/۰۴۵	–
ضریب بتای دامنه شرقی	–	۰/۸۶۲
آماره t	–	۳/۴
سطح معنی‌داری	–	۰/۰۲۷
ضریب بتای دامنه غربی	–۰/۹۲۴	–
آماره t	–۴/۸۲	–
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۹	–

در روابط بالا Cac (درصد کربنات کلسیم) و EC (شوری خاک) است.

جدول ۷- رابطه رواناب تولیدی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه با عوامل خاک سازند آغاجاری

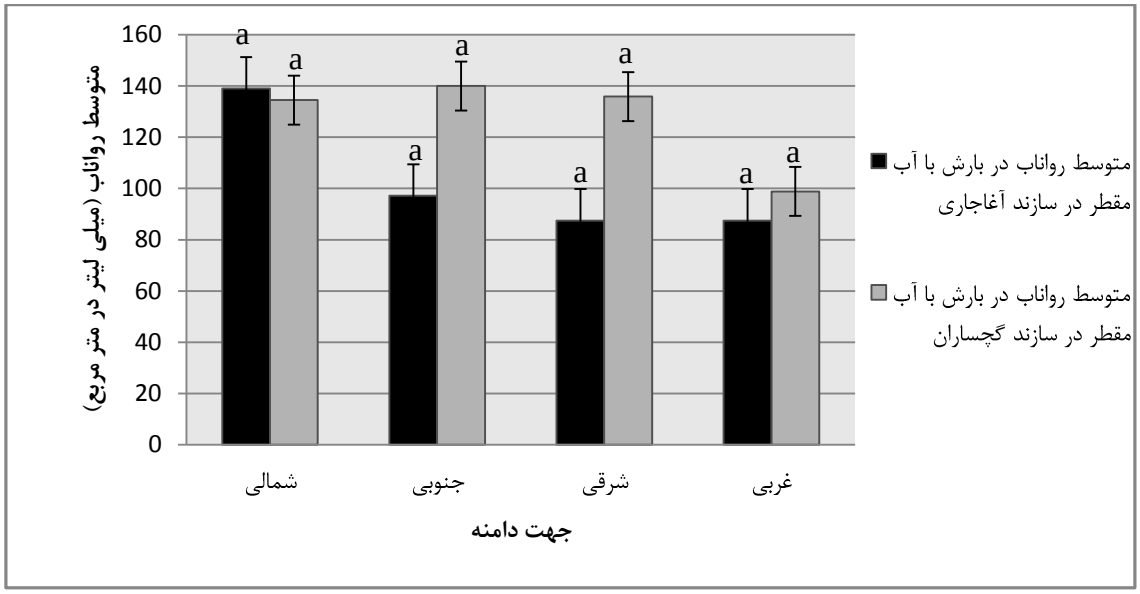
جهت دامنه	مدل‌های بدست آمده	ضریب تعیین	درصد خطای نسبی	سطح معنی داری
شمالی	Ro = ۲/۴۵۲ – ۰/۰۵۷ Cac + ۲/۵۶ Na	۰/۹۶	۸/۱۱	۰/۰۰۷
جنوبی	Ro = – ۵/۳۳۶ + ۰/۶۵۶ pH	۰/۷۴	۹/۸۳	۰/۰۲۹
شرقی	Ro = ۰/۴۷۵ – ۰/۰۴۶ Wm	۰/۷۶	۱۵/۴۷	۰/۰۲۳
غربی	Ro = – ۱/۳۷۲ + ۰/۰۲۱ Gra	۰/۶۸	۲۵/۵۳	۰/۰۴۴

در روابط بالا Ro (رواناب (لیتر در متر مربع))، درصد شن (Gra) ، pH (اسیدیته فعال)، Wm (درصد رطوبت وزنی)، Cac (درصد کربنات کلسیم) و Na (سدیم، گرم در لیتر) است.

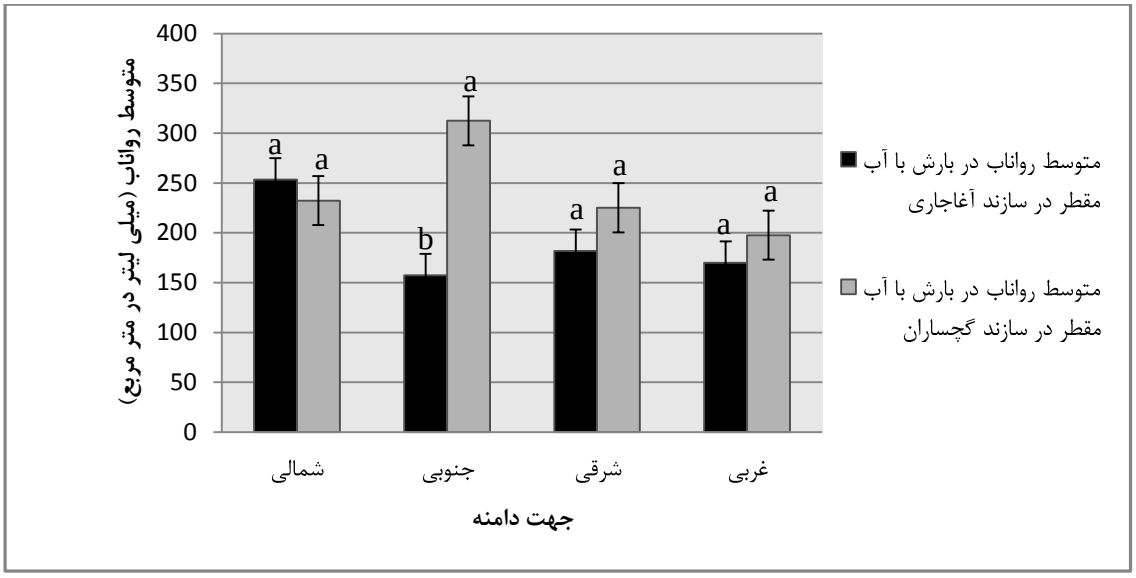
جدول ۸- ضریب بتای عوامل خاکی در تولید رواناب شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه سازند آغاجاری

مشخصات خاک / جهت دامنه	pH	Wm	Cac	Gra	Na
ضریب بتای دامنه شمالی	–	–	–۰/۶۶۲	–	۰/۵۰۱
آماره t	–	–	–۵/۳۵	–	۴/۰۴
سطح معنی‌داری	–	–	۰/۰۱۳	–	۰/۰۲۷
ضریب بتای دامنه جنوبی	۰/۸۵۸	–	–	–	–
آماره t	۳/۳۳	–	–	–	–
سطح معنی‌داری	۰/۰۲۹	–	–	–	–
ضریب بتای دامنه شرقی	–	–۰/۸۷۳	–	–	–
آماره t	–	–۳/۵۶	–	–	–
سطح معنی‌داری	–	۰/۰۲۳	–	–	–
ضریب بتای دامنه غربی	–	–	–	۰/۸۲۴	–
آماره t	–	–	–	۲/۹	–
سطح معنی‌داری	–	–	–	۰/۰۴۴	–

در روابط بالا Gra (درصد شن)،pH (اسیدیته فعال)، Wm (درصد رطوبت وزنی)، Cac (درصد کربنات کلسیم) و Na (سدیم، گرم در لیتر) است.



شکل ۲- مقایسه متوسط رواناب تولیدی در سازندهای گچساران و آغاجاری در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه



شکل ۳- مقایسه متوسط رواناب تولیدی در سازندهای گچساران و آغاجاری در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه

از نظر میزان درجه تأثیر عوامل مذکور در تولید رواناب در جهت‌های شمالی دامنه سازند آغاجاری در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه و بارش با آب مقطر، شوری خاک مهم‌ترین عامل تأثیرگذار که دارای اثر معکوس است می‌باشد. یعنی هر چه شوری خاک بیش‌تر می‌شود تولید رواناب کمتر می‌شود. با شستشوی نمک‌ها از خاک توسط بارندگی مقادیر هدایت الکتریکی کاهش می‌یابد که این امر به نوبه خود ممکن است موجب پراکنش و شکسته شدن خاکدانه‌ها گردد و در نتیجه باعث افزایش نفوذ و کاهش رواناب سطحی می‌شود. ولی در بارش‌های طولانی مدت می‌تواند باعث افزایش رواناب و تشدید تلفات خاک شود (۱۹). در دامنه جنوبی نیز در همین شدت به علت عدم وجود اختلاف معنی‌دار مدل مناسبی به دست آورده نشد. در دامنه شرقی در همین شدت، کربنات کلسیم دارای بیش‌ترین تاثیر مثبت در تولید رواناب می‌باشد. میزان کربنات کلسیم درشت به عنوان یک فاکتور پایدار کننده خاک شناخته می‌شود و نقش یک عنصر مقاوم به فرسایش را ایفا می‌کند (۹). بنابراین باعث می‌شود ذرات خاک محکم بهم بچسبند و با ایجاد محیط متخلخل ریز در نتیجه رواناب افزایش پیدا می‌کند. البته نقش مثبت کربنات کلسیم در تولید رواناب در بارش‌های با شدت کم صادق است. در دامنه غربی نیز مانند دامنه شمالی در همین شدت شوری خاک دارای بیش‌ترین تاثیر منفی در تولید رواناب می‌باشد. از نظر میزان درجه تأثیر عوامل مذکور در تولید رواناب در جهت‌های شمالی دامنه سازند آغاجاری در شدت بارش ۱/۲۵ میلی متر در دقیقه و بارش با آب مقطر کربنات کلسیم دارای بیش‌ترین تأثیر منفی و میزان سدیم دارای بیش‌ترین تأثیر مثبت می‌باشد. آهک هم‌چنین با همآوری ذرات خاک و تشکیل ساختمان‌های بسیار مناسب در خاک می‌تواند باعث کاهش رواناب شود. بنابراین در اثر آن، خاکدانه‌ها هنگام جذب آب به آسانی متلاشی نمی‌شود. که با نتایج میلر و گاردینر (۱۹۹۸) که معتقد هستند درصد کربنات کلسیم باعث افزایش نفوذپذیری و کاهش رواناب می‌شود مطابقت دارد (۲۴). از این رو آهک با افزایش سرعت نفوذ آب به خاک در کاهش رواناب مؤثر است. در دامنه جنوبی در همین شدت نیز pH خاک بیش‌ترین تاثیر مثبت را در تولید رواناب از خود نشان داد. ارتباط بین pH خاک و فرسایش‌پذیری بستگی به ساختمان خاک و مقدار سیلت آن دارد. اگر ساختمان خاک مکعبی یا دانه‌ای درشت باشد با افزایش pH فرسایش‌پذیری کاهش می‌یابد (۳۶). در سازند آغاجاری به علت وجود ساختمان خاک بشقابی و ریز بافت، با افزایش pH، فرسایش‌پذیری افزایش و در نتیجه رواناب کاهش می‌یابد. در دامنه شرقی در همین شدت رطوبت خاک بیش‌ترین تأثیر منفی را در تولید رواناب از خود نشان داد. سازند آغاجاری به علت وجود رس فراوان در دامنه شرقی و جذب آب به‌وسیله آن‌ها باعث کاهش رواناب شده است. رس‌ها دارای سطح ویژه بالایی هستند بنابراین با جذب آب می‌توانند در کاهش رواناب در بارش‌های کوتاه مدت نقش آفرین باشند. در دامنه غربی نیز در همین شدت درصد شن دارای بیش‌ترین تأثیر مثبت در تولید رواناب می‌باشد. به علت اینکه میزان سیلت در این دامنه بالاست و اندازه ذرات آن مابین اندازه ذرات رس و شن می‌باشد به راحتی در خاک حرکت کرده و خلل و فرج شن ها توسط آنها پر می‌شود بنابراین عملاً شن نقش مثبت در تولید رواناب ایجاد می‌کند. از نظر میزان درجه تأثیر عوامل مذکور در تولید رواناب در جهت‌های شمالی دامنه سازند گچساران در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه و بارش با آب مقطر شوری خاک مهم‌ترین عامل تأثیرگذار منفی می‌باشد. در دامنه جنوبی نیز در همین شدت درصد رس خاک دارای بیش‌ترین تاثیر مثبت در تولید رواناب می‌باشد. در این دامنه مقدار رس کمتر از ۱۵ درصد است و با به‌وجود آمدن سایر شرایط در این دامنه مانند تبخیر زیاد و بهم فشردگی و سفت بودن خاک در این دامنه باعث افزایش رواناب در این دامنه می‌شود. رس می‌تواند در خاک مانند سیمان عمل کرده و باعث بهم پیوستگی خاکدانه‌ها شود. در دامنه شرقی در همین شدت، کربنات کلسیم دارای بیش‌ترین تاثیر مثبت در تولید رواناب می‌باشد. ذرات خاک توسط کربنات کلسیم به‌طور محکم در کنار هم قرار می‌گیرند و در صورت نبودن فضای خلل و فرج مناسب و ایجاد محیط متخلخل ریز می‌تواند باعث افزایش رواناب شود. و در دامنه غربی در همین شدت مدل مناسبی تشکیل نشد. از نظر میزان درجه تأثیر عوامل مذکور در تولید رواناب در جهت‌های شمالی دامنه سازند گچساران در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه و بارش با آب مقطر به علت عدم معنی‌داری مدل مناسبی تشکیل نشد. در دامنه جنوبی در همین شدت نیز درصد ماسه خاک بیش‌ترین تأثیر منفی را در تولید رواناب از خود نشان داد. ماسه خاک در این دامنه بیش از ۲۰ درصد می‌باشد بنابراین با ایجاد خلل و فرج مناسب می‌تواند باعث کاهش رواناب شود. در دامنه شرقی در همین شدت شوری خاک بیش‌ترین تأثیر منفی را در تولید رواناب از خود نشان داد. دلایل آن مشابه دامنه شمالی است. در دامنه غربی نیز در همین شدت درصد سیلت خاک دارای بیش‌ترین تأثیر مثبت در تولید رواناب می‌باشد. در دامنه غربی میزان سیلت بیش از ۵۰ درصد می‌باشد و مقدار شن و ماسه هم در این دامنه زیاد می‌باشد. بنابراین ذرات سیلت می‌توانند با انتقال و حرکت در بین ذرات درشت‌تر خاک در تولید رواناب نقش آفرینی کنند.

نتیجه گیری

سازندهای آغاجاری و گچساران از مهمترین سازندهای فرسایش‌پذیر در سطح کشور می‌باشند که باید تحقیقات بیشتر و جامع‌تری برای درک بهتر روابط پیچیده بین بارش و خصوصیات خاک بر روی آنها صورت گیرد که در این تحقیق به این مهم پرداخته شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که تولید رواناب در جهت های اصلی دامنه در هر دو سازند و در شدت های متفاوت، دارای اختلاف معنی داری با هم هستند و همچنین نقش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و جهت دامنه در تولید رواناب در سازندهای آغاجاری و گچساران به خوبی نشان داده شد. مدل های رگرسیونی به دست آمده نشان دادند که تولید رواناب در سازند آغاجاری بیشتر به خصوصیات شیمیایی خاک بستگی دارد و خصوصیات شیمیایی خاک به عنوان عوامل موثر در تولید رواناب در این سازند در جهت‌های مختلف دامنه تاثیر واضح‌تری داشتند. ولی تولید رواناب در سازند گچساران بیشتر به خصوصیات فیزیکی خاک وابسته می‌باشد که تعداد خصوصیات فیزیکی خاک در این سازند نقش مهمتری را ایجاد می‌کنند. در نتیجه

به‌دست آوردن اطلاعات جامع همراه بـا جزئیـات روابـط آب و خـاک، همان طور که در این تحقیق به‌دست آمد می‌تواند بخش اجرایی کشور را در مهار فرسایش‌پذیری سازندهای آغاجاری و گچساران کمک کند.

ملاحظات اخلاقی پیروی از اصول اخلاق پژوهش

همکاری مشارکت کنندگان در تحقیق حاضر به صـورت داوطلبانـه و با رضایت آنان بوده است.

حامی مالی

هزینه تحقیق حاضر توسط دانشگاه تربیت مدرس تامین شده است.

مشارکت نویسندگان

طراحی، روش شناسی، مدلسـازی، تحقیـق، نگـارش- پـیش نـویس اصلی، بررسی و ویراستاری، تصویرسازی، منابع:

حمزه سعیدیان

مدیریت پروژه، بررسی ها، منابع، راهنما:

حمید رضا مرادی

مدیریت پروژه، بررسی ها، منابع، راهنما:

سادات فیض نیا

مدیریت پروژه، بررسی ها، منابع، راهنما:

نادر بهرامی فر

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منـافع بـوده است

.

References

1. Ahmadi H. 1999. Applied geomorphology, Volume 1 (Water erosion), Second edition, Tehran, Tehran university press, 714 Pp.
2. Barthes B, Roose E. 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion ;validation at several levels, Catena, 47:133-149.
3. Bocchi S, Castrignano A, Fornaro F, Maggiore T. 2000. Application of factorial kriging for mapping soil variation at field scale. European Journal of Agronomy, 13: 295-308.
4. Boughton W. 2002. "AWBM Catchment water model, calibration and operation manual", 30 Pp.
5. Carey SK. Woo M. 2001. Slope runoff processes and flow generation in a subarctic, subalpine catchment, Journal of hydrology, 253: 110-129.
6. Cerda A, Imeson AC, Calvo A. 1995. Fire and aspect induced differences on the erodibility and hydrology of soils at la Costera, Valencia, Southeast Spain, Catena, 24: 289-304.
7. Cerri CEP, Bernoux M, Chaplot, V, Volkoff B, Victoria, RL, Melillo, JM, Paustian, K, Cerri, CC. 2004. Assessment of soil property spatial variation in an amazon pasture: basis for selecting an agronomic experimental area. Geoderma, 123: 51-68.
8. Corona R, Wilson T, Adderio L, Porcu F, Montaldo N, Albertson J. 2013. On the estimation of surface runoff through a new plot scale rainfall simulator in sardinia, Italy, Procedia environmental sciences 19 : 875 – 884.
9. De Meester T, Jungerius, PD. 1978. The relationship between the soil erodibility factor K (Universal soil loss equation.), Aggregate stability and micromorphological properties of soils in the hornos area, S. Spain. Earth surf. Processes 3: 379–391.
10. Dimonyiannis, D.G., Valmis, S., Vyrlas, P., 2001. Global Nest: The International. Journal. 3: 179-183.
11. Farhoudi MH, Bazrafshan O, AghabeigiAmin S, Holisaz A, Esmaeilpour Y. 2017. Impact of organic conditioners (biochar and sheep manure) on runoff and erosion, Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 121 pp: 20-30.
12. Geissen V, Sánchez-Hernández R, Kampichler C, Ramos-Reyes R, Sepulveda-Lozada A, Ochoa-Goana S, de Jong BHJ, Huerta-Lwanga, E,

Hernández-Daumas S. 2009. Effects of land-use change on some properties of tropical soils-an example from southeast Mexico. Geoderma 151: 87-97.
13. Giordanengo J. 2000. ″Hydrologic and soil removal and vegetation reduction″, M.Sc.thesis, Colorado state university.
14. Henderson A. 2000. ″II. 9. Ffg-runoff threshold run off the mount of run off needed over an area to initiate flooding is the threshold.run.off.
15. Hoyos N. 2005. Spatial modeling of soil erosion potential in a tropical watershed of the colombian Andes. Catena, 63: 85-108.
16. Jordan J P. 1994. Spatial and temporal variability of stormflow generation processes on a swiss catchment, J. Hydrol., 153, 357 – 382.
17. Karnieli A, Ben-Asher J. 1993. A daily runoff simulation in semi-arid watersheds based on deficit calculations. J. Hydrology 149: 9-25.
18. Kartien D, N. Jan P, Jean R, Dirk H, Mitiku M Bart, Seppe D. 2006. Run off on slopes with restoring vegetation: A case study from the Tigray highlands, Ethiopia. J. Hydrol., 331: 219 -241.
19. Kazman Z, Shainberg I, Gal M. 1983. Effect of low levels of exchangeable na and applied phosphogypsum on infiltration rate of various soils. soil science society of american journal, 135: 184-192.
20. Kirkby M. 2001. Modeling the interactions between soil surface properties and water. Elsevier Catena 89-102.
21. Loague K. M, Gander G A. 1990. R-5 revisited. 1. spatial variability of infiltration on a small rangeland catchment, Wat. Resour. Res., 26, 957- 971.
22. Mahdavi M. 1999. Applied hydrology (Volume II), University of tehran publications, Second edition, 400 Pp.
23. Martinez M.1998. Factors influencing surface runoff generation in a mediteranean semi-arid environment: Chicamo watershed Spain. 12(5): 741-745.
24. Miller RW, Gardiner DT. 1998. Soils in our environment. Eighth edition, Prentice-hall Inc.، United states of america, Pp: 75-81.
25. Mir Hosseini S M, Shahabpour J, Hadi Farpoor M. 2008. Geochemical behavior of zinc, Potassium and sodium in soil against acid Rain Associated with Sarcheshmeh Rafsanjan Copper Smelter, Journal of Earth Sciences, 71: 161-166.
26. Morady H R, 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: (11): 1-11.
27. Ponce VM, Shetty AV. 1995. A conceptual model of catchments water balance: 2 applications of runoff and base flow modeling. J. Hydrology 173:41-50.
28. Raeesiyan R. 2005. Investigation of slope, soil moisture conditions and land use in run off generation time. Proceeding of 3rd erosion and sediment national conference, August 27-30, Tehran, Iran, Pp:305-309.
29. Richson RJ. 1995. ″Experiment techniques for erosion studies: Rainfall simulation″, phd lecture in soil erosion control, institute of water and environmental,

granfield university at silsoe, Bedford shire, uk, 49 Pp.
30. Saeediyan H, Moradi HR. 2010. Investigation on some of soil indices and land uses in gachsaran formation deposits using multiple variable regression, Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 90 pp: 78-86.
31. Saeidian, H. Moradi, H. feyznia, S. Bahramifar, N. 2014. The effect of acid rain and changes its concentration on erodibility in Aghajari formation (Case study: part of the Margha watershed in Ize city). Journal of Watershed researches. Number 101, 101-112.
32. Sharafi F, Safarpour S, Ayoubzadeh SA, Vakilpour J. 2004. An investigation of factors affecting runoff generation in arid and semi-arid area using simulation and rainfall runoff data. Iranian J. Natural Res., 57: 33-45.
33. Singh P. 1998. Hydrologic systems (Volume I &II) Prentice hall, Englwood cliffs new jersey, 320 Pp.
34. 34. Tellvarie A. 1996. Simplified hydrology model, institute Top of the Document of forests and rangelands research, First edition 118 Pp.
35. Wilcox BP, Wood MK. 1986. "A hand portable single nozzle rainfall simulator designed for use on steep slopes",J. range management, 39(4): 375 – 377.
36. Wischmeier WH, Mannering JV. 1969. Relation of soil properties to its erodibility, Soil science. Society. America. Proceeding, 33: 131-136.
37. Yair A, lavee H. 1985. Runoff generation in raid and semi-arid zones, in Anderson, M.G. and Burt, T.P. (Eds), Hydrological forecasing. Wiley, chichester. Pp 183-220.
38. Yang MY, Tian JL, Liu PL. 2005. Investigating the spatial distribution of soil erosion and deposition in a small catchment on the Loess Plateau of China using 137Cs. Soil and tillage research, 83(3): 121-128.
39. ZareKhormizi M, Najafinejad A, Nora N, Kavian A. 2011. Effect of slope and soil properties on soil runoff and loss using rain simulator, Chehel chai watershed, Golestan province, Journal of soil and water conservation research, 19 (2): 178-185.