



واحدهای مارنی و شیب بر تغییرات زمان شروع رواناب معنی دار است. در حالی که اثر اقلیم معنی دار نیست. اثر واحدهای مارنی بر حجم و ضریب رواناب واحدهای کاری معنی دار بوده ولی اثر عامل شیب و اقلیم بر این دو ویژگی معنی دار نیست. بر اساس مقایسه میانگین مقادیر به روش دانکن واحدهای مارنی از نظر حجم و ضریب رواناب به چهار گروه قابل تفکیک می‌باشند که از نظر حجم و ضریب رواناب با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. به طوری که هرچقدر میزان سیلت موجود در آن بالا باشد، به دلیل عدم یا کم بودن قابلیت جذب آب در این واحدها، در این حالت زمان شروع رواناب سریع و حجم رواناب تولیدی بالا خواهد بود. اما از نظر زمان شروع رواناب واحدهای مارنی به سه گروه تقسیم می‌گردند. به همین ترتیب اثر شیب و اقلیم بر حجم و ضریب رواناب واحدهای مارنی نیز معنی دار است.

واژه‌های کلیدی: مارن، حجم رواناب، ضریب رواناب، باران‌ساز، استان زنجان

مقدمه

نهشته‌های مارنی به دلیل ماهیت ساختمانی نسبت به سایر نهشته‌ها از فرسایش‌پذیری بالاتری برخوردار هستند. در حوزه‌هایی که دارای اراضی مارنی هستند، قسمت عمده‌ای از رسوبات از این واحد تولید می‌شود، از این رو نقش مهمی در کاهش عمر مفید سدها دارند. با توجه به پتانسیل بالای ایجاد انواع رخساره‌های فرسایشی اعم از سطحی، شیاری، آبراه‌های، خندقی، تونلی و رسوبزائی بالا، شناخت جامع مارن‌ها از دیدگاه کانی‌شناسی و شیمیایی که در نهایت منجر به شناسایی عوامل موثر بر فرسایش‌پذیری مارن‌ها می‌شود، امری لازم و ضروری است. با شناخت نمایه‌های موثر بر فرسایش‌پذیری مارن‌ها و طبقه‌بندی آن‌ها می‌توان در الویت‌بندی اراضی مارنی جهت اصلاح و بهبود این اراضی به منظور کاهش فرسایش و تولید رسوب اقدام نمود [۱۵]. عواملی نظیر ویژگی‌های خاک، شیب، شدت بارش، مسائل بهره برداری از زمین، پوشش گیاهی و زمین‌شناسی تعیین‌کننده‌ی توانمندی تولید فرسایش، یک حوزه آبخیز هستند. بر این اساس یکی از عوامل مهم در بحث فرسایش، رواناب سطحی است که در واقع عامل فرساینده می‌باشد. به طور معمول روش‌های مختلفی برای بررسی میزان فرسایش، رسوب و رواناب تولیدی در سازندهای مختلف وجود دارد ولی متداول‌ترین روش

ارزیابی میزان تولید رواناب در واحدهای مارنی سازندهای زمین شناسی استان زنجان با استفاده از دستگاه باران‌ساز

پرویز عبدی نژاد^۱، سادات فیض نیا^۲، حمیدرضا پیروان^۳، فرج‌اله فیاضی^۴
و امیر علی طبخ شعبانی^۵
تاریخ دریافت: ۹۰/۰۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۰۲

چکیده

واحدهای مارنی در حدود ۴۴۳۸ کیلومترمربع از سطح استان زنجان معادل ۲۰ درصد را تشکیل می‌دهند. در این مقاله به ارزیابی میزان تولید رواناب در واحدهای مارنی موجود در سطح استان زنجان با استفاده از دستگاه باران‌ساز مصنوعی پرداخته شده است. برای این منظور با گروه‌بندی و تلفیق نقشه‌های شیب، اقلیم و واحدهای مارنی سازندهای زمین شناسی در محیط نرم‌افزار ArcGIS ۹.۳ اقدام به تعریف واحدهای کاری به تعداد ۱۸ واحد شده و در عملیات صحرایی برای هر واحد کاری سه تکرار سنجش میزان رواناب تولید شده با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران به ابعاد کرت ۱×۱ متر و جمعاً ۲۲۰ آزمایش انجام گردید. داده‌های به‌دست آمده از عملیات صحرایی با استفاده از برنامه آماری SAS و روش آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، روش تجزیه و تحلیل مدل‌های خطی (GLM Model)، آزمون F و روش مقایسه مقادیر میانگین دانکن مورد ارزیابی قرار گرفت.

بررسی روابط بین زمان شروع، حجم و ضریب رواناب در واحدهای مارنی نشان می‌دهد که معادله همبستگی بین آن‌ها از نوع درجه دوم بوده و تا حدودی می‌تواند روند تغییرات را تفسیر نماید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان می‌دهد که اثر

- ۱- دانشجوی دکترای دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان
E-Mail: Prz_Abdi@Yahoo.com
- ۲- عضو هیات علمی دانشگاه تهران
- ۳- عضو هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور
- ۴- عضو هیات علمی دانشگاه تربیت معلم تهران
- ۵- عضو هیات علمی پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین شناسی کشور

روابط آن با سایر ویژگی‌ها اقدام نمایند. در این مقاله نیز تلاش گردیده که با استفاده از دستگاه باران‌ساز مصنوعی، وضعیت تولید رواناب واحدهای مارنی سازندهای زمین‌شناسی موجود در سطح استان زنجان مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرد تا از این طریق بتوان در برنامه‌ریزی‌های آینده برای کنترل فرسایش و رسوبزایی این نوع اراضی استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

۱- مشخصات منطقه

استان زنجان با وسعت ۲۲۱۶۴ کیلومتر مربع در قسمت مرکزی شمال غرب کشور بین طول جغرافیایی ۱۵° و ۴۷° تا ۲۵° و ۴۹° شرقی و عرض شمالی ۳۵° و ۳۵° تا ۱۵° و ۳۷° واقع شده است. این استان دارای اقلیم خشک تا نیمه خشک با متوسط بارندگی سالانه ۳۴۰ میلی‌متر بوده و دارای پستی و بلندی‌های زیادی است، به طوری که بیشترین وسعت آن را مناطق کوهستانی و تپه ماهورها فراگرفته است. استان زنجان دارای دو حوزه آبخیز اصلی با محدوده به طور کامل مجزا است، که شامل حوزه آبخیز قزل اوزن به مساحت ۱۹۰۶۴ کیلومترمربع معادل ۸۶ درصد سطح استان و حوزه آبخیز رودخانه شور به وسعت ۳۱۰۰ کیلومترمربع معادل ۱۴ درصد سطح استان می باشد. استان زنجان بدلیل واقع شدن در موقعیت میانی حوزه آبخیز سد سفیدرود از گذشته‌های دور از نظر آبخیزداری مورد توجه بوده است به منظور کنترل فرسایش خاک و کاهش حجم رسوبات وارده به مخزن سد سفیدرود، فعالیتهای مطالعاتی، اجرایی و پژوهشی گسترده‌ای انجام گرفته و یا در حال انجام است. از جمله عوامل ذاتی موجود در استان زنجان که بحث مطالعات و پژوهشهای فرسایش و حفاظت خاک را جدی‌تر می‌سازد، وجود عوامل مهم محیطی موثر بر فرسایش و رسوبزایی همچون شرایط اقلیمی، زمین شناسی و پستی و بلندی است.

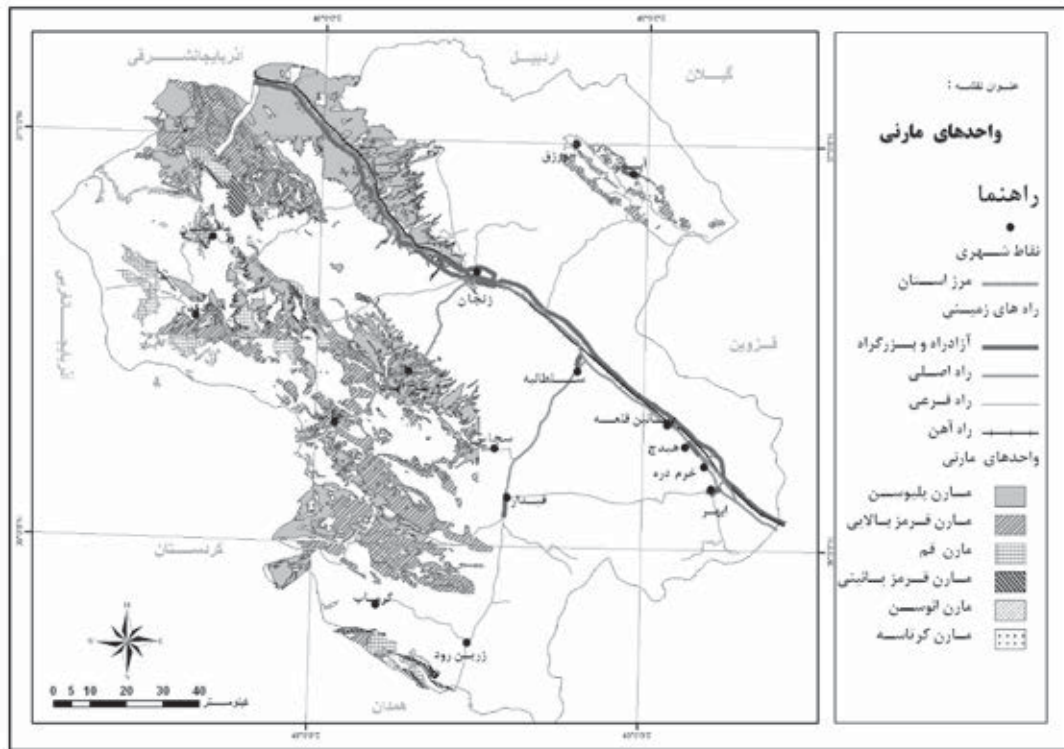
۲- واحدهای مارنی استان

بر اساس نقشه واحدهای مارنی استان، به طور کلی پنج واحد یا سازند مارنی در سطح استان زنجان با مساحت‌ها و مناطق پراکنش متفاوت وجود دارد (شکل ۴) که شامل واحدهای زیر است [۱].
مارن پلیوسن (Plm) که به صورت رخنمون‌هایی از مارن و کنگلومرا به صورت تپه‌های به هم چسبیده کم ارتفاع با سطوح فرسایشی صاف گسترش دارد که از دو بخش میانی شامل مارن، سیلت، کمی به رنگ‌های قرمز، زرد، صورتی و قهوه‌ای (Plm) و حاشیه‌ای شامل کنگلومرا، ماسه سنگ و مارن (Plc) تشکیل شده‌اند. واحد مارنی کرتاسه (K2m) به صورت یک سری مارن، سنگ‌های آهکی مارنی و شیل‌های خاکستری پدید آمده است. سنگ‌های آهکی دارای رنگ هوازده گرم رنگ و رنگ تازه خاکستری‌اند. واحد مارن ائوسن (EM) به صورت یک واحد کوچک و محدود با سنگ شناختی مارن سبز و سفید در نقشه زمین شناسی حلب در حاشیه جاده

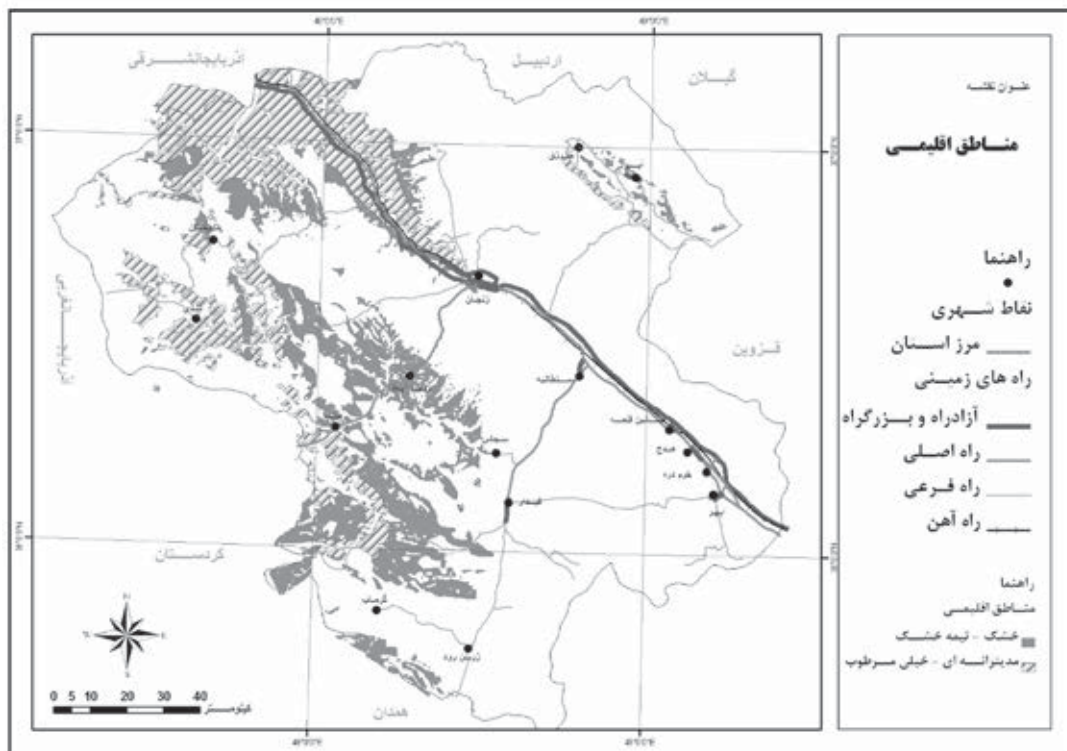
بررسی فرآیندی که امروزه به طور وسیع به کار می‌رود بهره‌گیری از دستگاه باران‌ساز مصنوعی است که ویژگی‌های فیزیکی باران را می‌توان به طور دلخواه در آنها اعمال کرد. سرعت، کارایی و امکان تکرارپذیری از دیگر مزایای استفاده از باران‌سازهای مصنوعی است. اما دستگاههای باران‌ساز هرگز نمی‌توانند شرایط طبیعی را بطور کامل ایجاد کنند. با این وجود استفاده از باران‌سازها به دلیل مزایای فوق برای پژوهش در زمینه جنبه‌های مختلف فرسایش و تولید رسوب در سطح جهان رایج است [۸]. تاکنون تلاشهای زیادی در این زمینه صورت گرفته که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می‌شود.

کامفورست [۹] با استفاده از باران‌ساز کوچک و اندازه‌گیری میزان رواناب، خاک از دست رفته و غلظت رسوب برای خاکهای مختلف هلند، دریافت که مقدار رواناب و غلظتهای رسوب برای خاکهای مختلف به شدت متغیر بوده است. هیم ساثا و همکاران [۷] میزان فرسایش نهشته‌های کواترنری در جنوب شرقی استرالیا را با روش تجمع نوکلئیدهای بریلیم و آلومینیم و کاربرد باران‌ساز اندازه‌گیری کردند. فیض‌نیا و همکاران [۴] به بررسی تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی و آب و هوایی در تولید رسوب ناشی از فرسایش سطحی در خاکهای لسی با استفاده از باران‌ساز پرداخته و نتیجه می‌گیرد که نمایه خشکی دومارتن و درصد مواد آلی همبستگی بسیار بالایی با مقدار رسوب تولیدی داشته‌اند. غضنفرپور [۵] حساسیت به فرسایش و تولید رسوب نهشته‌های کواترنر و نوع کاربری اراضی در حوزه سجزی- کوهپایه زاینده‌رود را با استفاده از شبیه‌ساز باران بررسی کرده و اظهار می‌دارد که فرسایش‌پذیری و تولید رسوب در نهشته‌های مختلف کواترنر با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. ماتیس [۱۲] در بررسی میزان رواناب و رسوب در مارن‌های فرانسه با کمک باران‌ساز به این نتیجه رسیده که در شدت متوسط و تداوم ۳۰ دقیقه ضریب رواناب در مارن‌ها حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد می‌باشد. آرنیز و همکاران [۲] با کمک باران‌ساز عملیاتی موثر بر ایجاد رواناب و فرسایش را در مارن‌های اسپانیا مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده که میزان رواناب با شدت بارندگی رابطه‌نمایی دارد و میزان هدررفت خاک نیز با شدت افزایش می‌یابد. حسن‌زاده نفوتی و همکاران [۱۵ و ۱۴] فرسایش‌پذیری مارن‌های منطقه ایوانکی را با کمک باران‌ساز بررسی نموده و به این نتیجه رسیده که ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی سازندها مانند SAR, EC و K عامل اصلی در فرسایش‌پذیری مارن‌ها به شمار می‌رود. حسینی و همکاران [۸] به بررسی تولید رواناب و رسوب در سازندهای ریزدانه نئوژن با کمک باران‌ساز در حوزه آبخیز طالقان پرداخته و نتیجه می‌گیرد که در بیشتر نمونه‌ها، نسبت تخریبی به کل املاح موجود بیش از ۱/۹ بوده و لذا بر پایه روش پتی‌جان و میزان املاح غالب می‌توان این سازندها را به پنج واحد تقسیم نمود.

با توجه به توضیحات ارائه شده هریک از پژوهشگران مورد اشاره تلاش کرده‌اند که با استفاده از شبیه سازی باران نسبت به مطالعه ویژگی‌هایی از خاک و از جمله حجم رواناب تولید شده و بیان



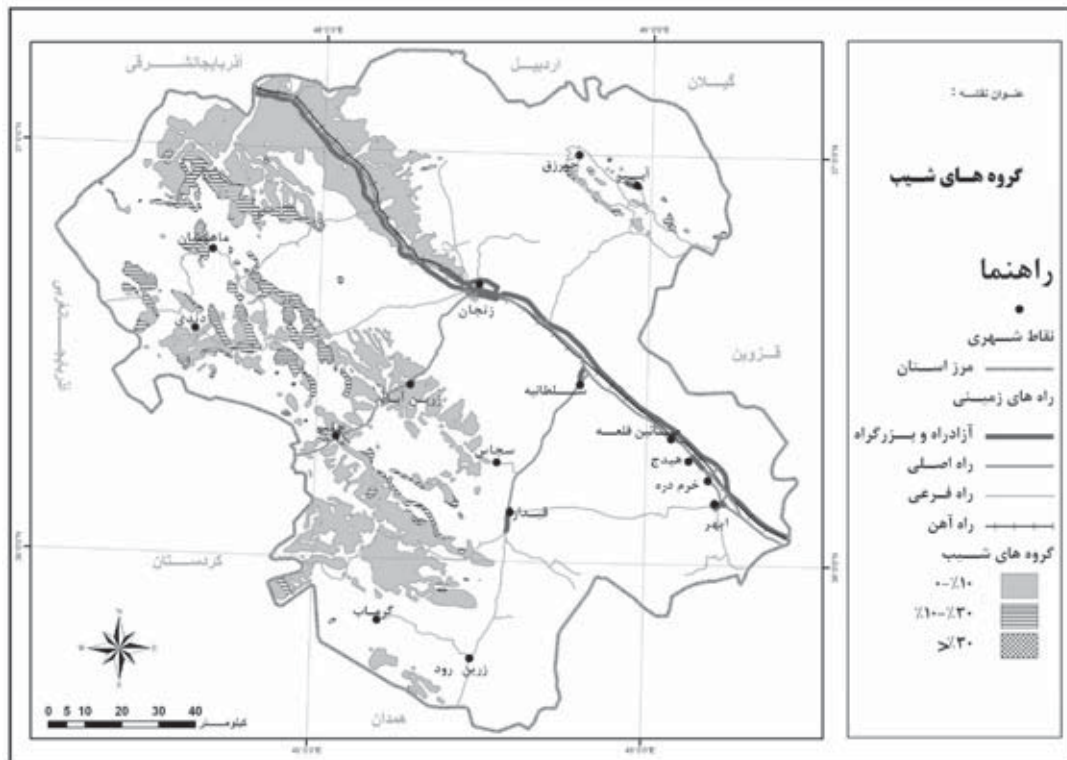
شکل ۱- نقشه موقعیت و پراکنش واحدهای مارنی استان زنجان



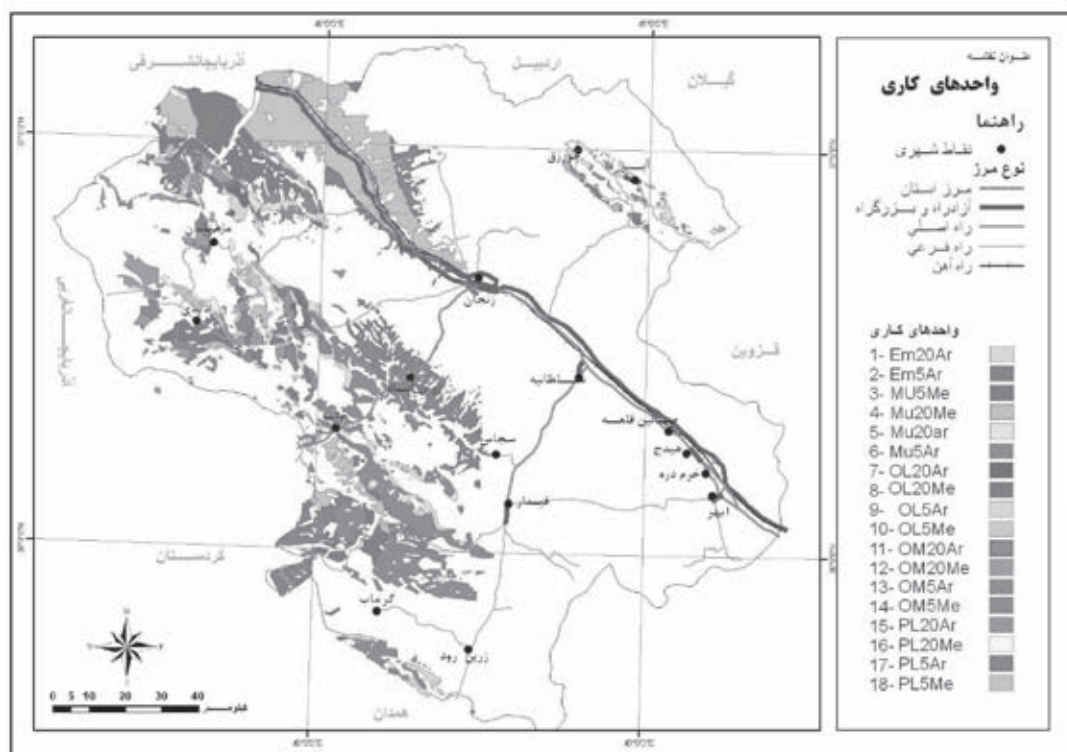
شکل ۲- نقشه مناطق اقلیمی واحدهای مارنی استان

مارن سبز زیتونی و آهک کرم رنگ در سطح استان زنجان رخمون یافته‌است. واحدهای مارنی قرمز بالایی شامل سه واحد است. واحد M1 از مارن‌های الوان تشکیل شده‌است که در تناوب با لایه‌های کم

زنجان- بیجار در شمال شرقی روستای ارکوئین قرار گرفته‌است. واحد مارنی سازند قم (OM) که به‌صورت ترکیبی از آهک توده‌ای و ضخیم، مارن سیلتی، آهک تخریبی و مارن، ژئیس سفید رنگ،



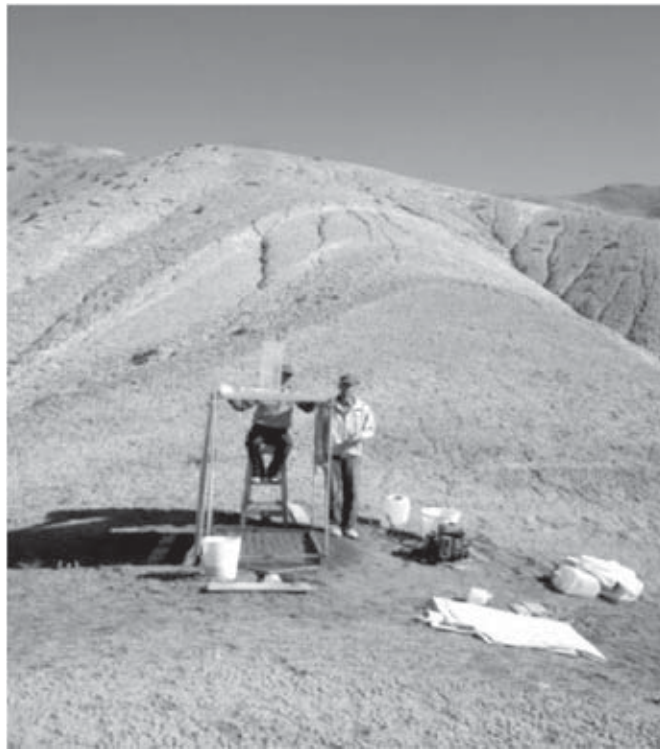
شکل ۳- نقشه گروه های شیب واحدهای مارنی استان



شکل ۴- نقشه واحدهای کاری

طبقات ماسه سنگ نسبت به واحد M_3 و M_1 بسیار بیشتر است و در بعضی مناطق ضخامت آن به ۱۰ متر می‌رسد. واحد M_3 به طور عمده از مارن با لایه‌های کم ماسه سنگی و کنگلومرانی تشکیل شده است. رنگ آن کرم تا قهوه‌ای روشن است. واحد مارنی قرمز

گچ، شیل و ماسه سنگ می‌باشد و با رنگ‌های متنوعی (قرمز، سبز متمایل به کرم، سبز زیتونی) که دارد (شکل ۴)، از واحد M_2 متمایز می‌شود. واحد M_2 به طور عمده ماسه سنگ حفره دار و لایه‌های نازک شیل به همراه مارن تشکیل شده است. ضخامت و توالی



شکل ۵- چگونگی استقرار بارانساز و انجام آزمایش در صحرا

تکرار در بیش از ۶۵ نقطه انتخاب و با انجام عملیات میدانی اقدام به انجام ۲۲۰ مورد آزمایش ایجاد بارش مصنوعی با استفاده از یک دستگاه باران ساز مصنوعی قابل حمل در صحرا گردید که از یک مخزن کوچک به شکل مکعب مستطیل در بالا و یک مخزن بزرگ به ابعاد ۱×۱ متر در پایین تشکیل شده است (شکل ۵). مخزن کوچک برای ثابت نگهداشتن فشار آب روی روزنه‌های مخزن بزرگ که بارش از سوراخ‌های زیرین آن صورت می‌گیرد، طراحی شده است. جنس مخزن‌ها از نوع پلکسی گلاس^۲ با ضخامت ۸ میلی‌متر در بدنه و کف می‌باشد. فاصله روزنه‌ها در امتداد طول و عرض باران‌ساز ۸ میلی‌متر است. بنابراین مجموع کل روزنه‌ها ۱۶۹ عدد می‌باشد و ارتفاع دیواره مخزن ۲۰ سانتی‌متر و قطر روزنه‌ها ۰/۶۶ میلی‌متر است. با توجه به اینکه ضخامت کف مخزن ۸ میلی‌متر است، لذا می‌توان باران‌ساز را از نوع لوله‌های باریک در نظر گرفت، به طوری که قطر لوله ۰/۶۶ میلی‌متر و طول آن ۸ میلی‌متر است. ارتفاع محل ریزش قطرات در هنگام نصب از زمین ۱/۵ متر است. متوسط اندازه قطرات ۳/۶ میلی‌متر، سرعت ایجاد شده در اثر افتادن قطر از یک نازل در حدود ۵/۵ متر بر ثانیه می‌باشد. برای اینکه قطرات همواره در یک نقطه ثابت روی زمین ریخته نشوند و بتوانند کل سطح زمین را خیس نمایند، از یک دستگاه موتور الکتریکی برای حرکت دادن افقی مخزن باران‌ساز استفاده گردید. مکان‌های مناسب برای اندازه‌گیری رسوب با بازدهی‌های صحرائی تعیین شدند. این مکان‌ها دارای شیب ۵ و ۲۰ درصد، فرسایش از نوع شیاری،

زیرین^۱ در استان زنجان متشکل از کنگلومرا، مارن و مارن‌های ماسه ای قرمز رنگ با میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ‌های سبز تا خاکستری با ضخامت ۵۰ تا ۳۰۰ متر می‌باشد.

۳- روش پژوهش

این پژوهش در سطح واحدهای مارنی استان زنجان (به مساحت حدود ۴۴۳۸ کیلومتر مربع) انجام شده است. برای این منظور ابتدا اقدام به جمع‌آوری اطلاعات، آمار و سوابق مطالعاتی شده و سپس با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ استان زنجان، تصاویر ماهواره‌ای (برای کنترل مرز سازندها و واحدهای مارنی) و بازدیدهای میدانی، اقدام به تهیه نقشه واحدهای مارنی استان گردید (شکل ۱). سپس برای تهیه واحدهای کاری اقدام به تهیه نقشه شیب و طبقه‌بندی آن در سه گره ۰-۱۰، ۱۰-۳۰ و ۳۰ > درصد و نقشه اقلیم استان در دو گروه خشک تا نیمه خشک و مدیترانه‌ای تا خیلی مرطوب و نقشه نشان دهنده واحدهای مارنی گردید (شکل‌های ۲ و ۳). با تلفیق و روی هم قرار دادن این سه لایه (نقشه واحدهای مارنی، نقشه اقلیم و نقشه شیب) در محیط نرم‌افزار ArcGIS^{۱۰} نقشه واحدهای کاری در ۲۰ واحد تهیه شد (شکل ۴) [۱۵، ۱۴ و ۸]. از این ۲۰ واحد ۲ واحد به دلیل موقعیت قرارگیری و وسعت کم امکان (حدود ۴۰۰ متر مربع و در بالای کوه که امکان استقرار دستگاه شبیه ساز باران وجود نداشت) بررسی وجود نداشت. لذا تعداد واحدهای کاری به ۱۸ واحد کاهش یافت. در ادامه از هر واحد کاری سه

2- Plexiglas

1- Lower Red formation

جدول ۱- نتایج آزمایش شبیه ساز باران در واحدهای کاری

عمق نفوذ (سانتیمتر)	درصد سنگریزه	ضریب رواناب	حجم رواناب	زمان شروع رواناب(دقیقه)	واحدکاری
			(لیتر)		
۳/۹۳	۶	۰/۴۷	۱۶/۱۷	۵/۰۵	EM۲۰Ar
۳/۳۷	۳/۳۳	۰/۵۶	۱۹/۳۷	۳/۱۷	EM۵Ar
۲/۵	۶	۰/۵۶	۱۹/۴۳	۲/۶۷	Mu۲۰Ar
۲/۷۳	۰	۰/۵۴	۱۸/۶۷	۵/۲۷	Mu۲۰me
۲/۶	۰	۰/۵۱	۱۷/۵۳	۳/۹۷	Mu۵Ar
۳	۰	۰/۴۱	۱۴	۵/۵	Mu۵me
۵/۲۷	۲/۶۷	۰/۴۸	۱۶/۴	۲/۵۷	OL۲۰Ar
۲/۸۷	۷/۶۷	۰/۴۴	۱۵/۱۳	۴	OL۲۰Me
۴/۷۳	۰	۰/۵۱	۱۷/۵	۵/۲۳	OL۵Ar
۲	۸/۶۷	۰/۵۴	۱۸/۶	۳/۴۸	OL۵Me
۹/۱۷	۶	۰/۰۶	۲/۲۳	۱۱	OM۲۰Ar
۸/۶	۱/۶۷	۰/۱۱	۳/۹۳	۱۱/۲۳	OM۲۰me
۷/۸۳	۷	۰/۱	۳/۵۳	۱۲/۸۳	OM۵me
۸	۰	۰/۱۶	۵/۲۷	۸/۱۷	OM۵Ar
۱۲/۵	۰	۰/۰۳	۱/۱۳	۱۶	PL۲۰Ar
۹/۶۷	۰	۰/۰۹	۳/۱۳	۶/۸۳	PL۲۰Me
۱۱/۲۷	۰	۰/۰۴	۱/۲	۱۸/۶۸	PL۵Ar
۹/۱۷	۰	۰/۰۳	۱/۱۵	۱۸/۶۷	PL۵Me

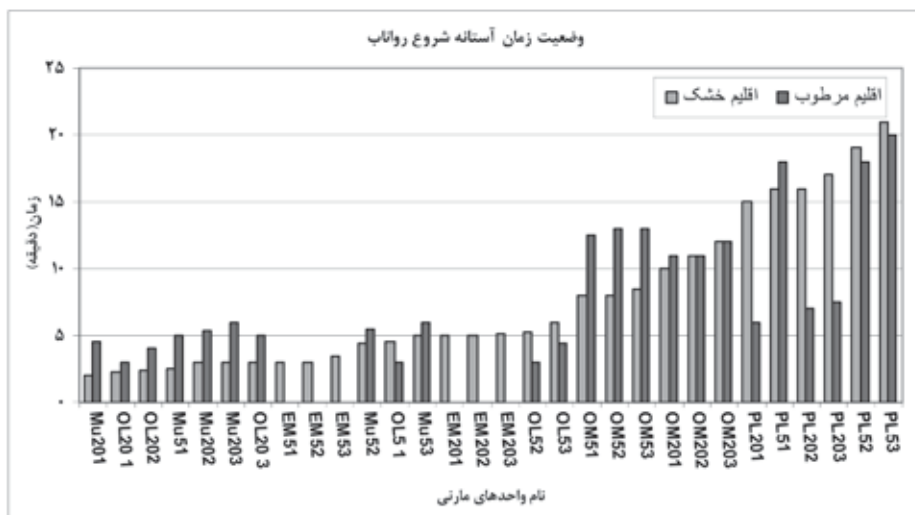
EM= واحد مارن ائوسن =Mu واحد مارن قرمز بالای =OM واحد مارن قه =OL واحد مارن قرمز پائینی =PL واحد مارن پلیوسن =Ar اقلیم خشک - نیمه خشک

Me= اقلیم مدیترانه‌ای- خیلی مرطوب = ۵ شیب ۵٪ = ۲۰ شیب ۲۰٪

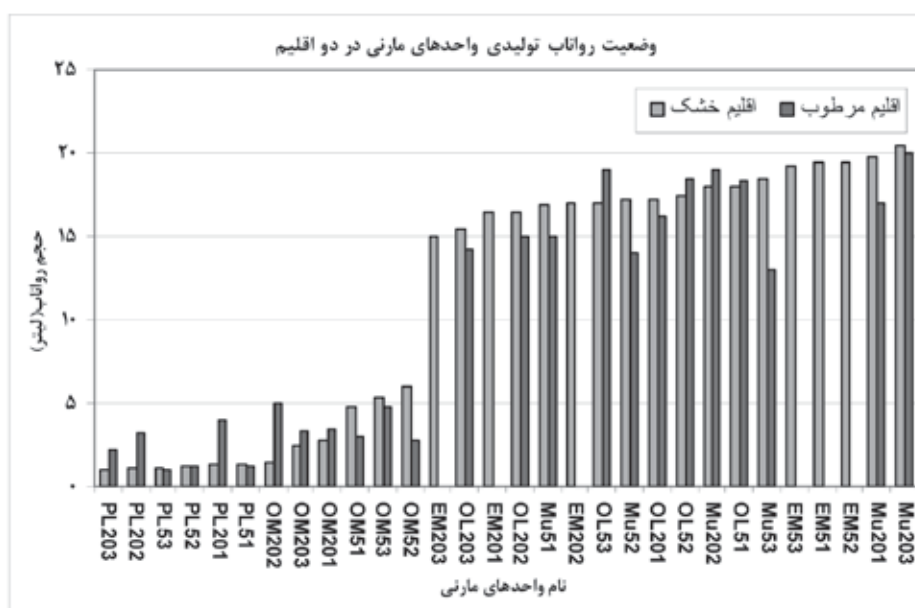
مورد بررسی تولید رواناب کردند. بر این اساس با این شدت بارش آزمایش شبیه سازی باران با سه تکرار برای هر یک از واحدهای کاری انجام شد. در هر آزمایش اندازه‌گیری‌ها و محاسبات زیر انجام گردید:

- ۱- زمان شروع رواناب با استفاده از زمان سنج
- ۲- حجم رواناب از طریق جمع‌آوری و اندازه‌گیری کل رواناب تولید شده در طول زمان آزمایش هر یک از واحدهای کاری
- ۳- عمق نفوذ آب در خاک، بعد از اتمام آزمایش در چند نقطه از کرت آزمایش اقدام به لایه برداری بخش مرطوب خاک نموده و در برش عرضی از آن میزان نفوذ آب در خاک با استفاده از خط کش دقیق اندازه‌گیری شد.
- ۴- میزان سنگریزه روی سطح هر یک از واحدهای کاری به صورت درصد برآورد گردید.
- ۵- براساس داده‌های حجم رواناب و مشخصات کرت آزمایشی

ورقه‌ای و فاقد پوشش گیاهی هستند. آزمایش‌های صحرائی در مهر ماه سال ۱۳۸۹ و در شرایط خشک بودن خاک در زمان آزمایش صورت گرفت. به طوری که تا سه ماه قبل از انجام آزمایش، طبق داده‌های بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی منطقه هیچ گونه بارشی انجام نشده بود. با این وجود با استفاده از دستگاه رطوبت سنج TDR اقدام به اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از انجام آزمایش در هر یک از کرت‌های آزمایش گردید. میزان رطوبت واحدهای کاری انتخابی صفر و یا بسیار اندک بود. برای تعیین شدت بارش با استفاده از آمار بارندگی ایستگاه‌های مبنای استان، شدت بارندگی نیم ساعته با دوره بازگشت ۱۰ سال، ۳۴ میلی‌متر ساعت بر آورد گردید. اما واحدهای مارنی پلیوسن و قم با توجه به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آنها در آزمایش شبیه سازی باران با این شدت روانابی تولید نکردند. لذا بتدریج شدت بارش را افزایش داده تا اینکه در شدت بارش، ۶۰ میلی‌متر در ساعت به مدت نیم ساعت تمام واحدهای مارنی



شکل ۶- مقایسه زمان شروع رواناب در واحدهای کاری



شکل ۷- مقایسه زمان شروع رواناب در واحدهای کاری

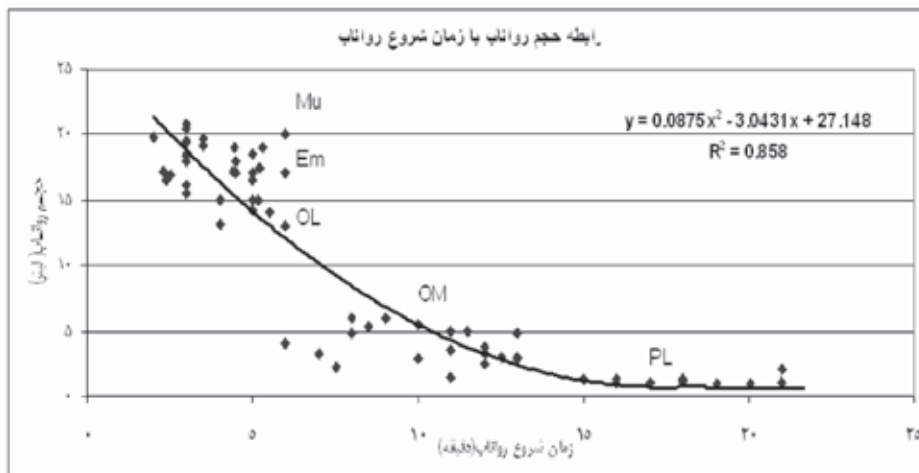
نتایج

۱- حجم رواناب تولیدی واحدهای ماری

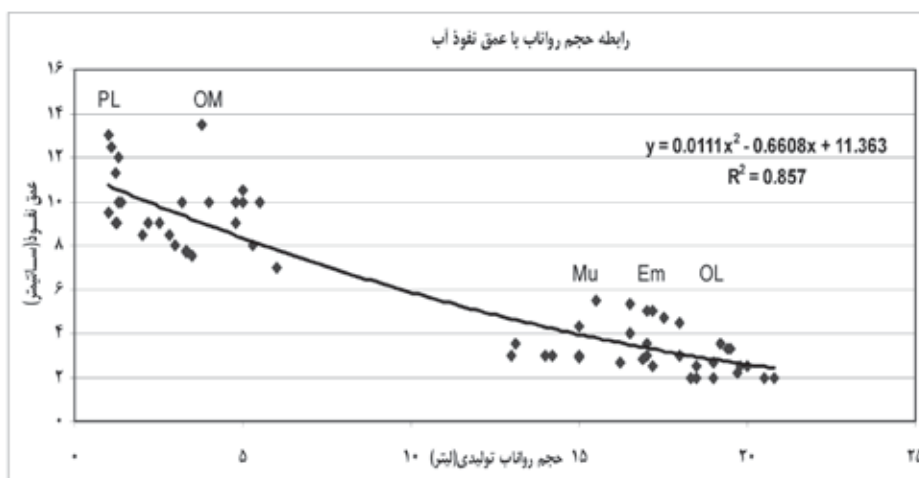
براساس داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری‌های صحرائی (جدول ۱) واحدهای ماری پلیوسن شامل $PL_{20}Ar$ ، $PL_{5}Ar$ ، $PL_{20}Me$ و $PL_{5}Me$ دارای بالاترین زمان شروع رواناب هستند. یعنی به عبارت دیگر برای شروع رواناب در این واحدها زمان بارش طولانی‌تر مورد نیاز است. اما در مقابل واحدهای ماری مختلف قرمز بالایی ($Mu_{20}Ar$ ، $Mu_{5}Ar$ ، $Mu_{20}me$ و $Mu_{5}me$) پایینی ($OL_{20}Ar$ ، $OL_{5}Ar$ ، $OL_{20}me$ و $OL_{5}me$) از این نظر دارای کمترین مقدار هستند. یعنی در این واحدها رواناب نسبت به واحد پلیوسن و قم سریع‌تر جریان می‌یابد (شکل ۶). از نظر حجم رواناب

ضریب رواناب واحدهای کاری محاسبه شدند.

نتایج به دست آمده از این اندازه‌گیری‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. برای بررسی دقیق و آماری روابط بین عوامل موثر از لایه‌های اطلاعاتی شرکت کننده در تعریف واحدهای کاری واحدهای ماری مورد بررسی از نرم‌افزار SAS استفاده گردید. بدین منظور داده‌های به دست آمده از بررسی‌های صحرائی واحدهای کاری (جدول ۱) وارد محیط برنامه SAS شدند. در محیط این برنامه با استفاده از روش تجزیه و تحلیل خطی (GLM Model) و روش آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، آزمون F و روش مقایسه مقادیر میانگین دانکن این داده مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۸- بررسی رابطه بین حجم رواناب تولیدی واحدهای کاری با زمان شروع رواناب



شکل ۹- بررسی رابطه بین حجم رواناب تولیدی واحدهای کاری با عمق نفوذ آب



شکل ۱۰- بررسی روند تغییرات حجم رواناب واحدهای کاری در دو شیب مورد بررسی

(OL) دارای بیشترین حجم رواناب با حجم حداکثر ۲۰/۵ لیتر در مترمربع و واحدهای مارنی قم (OM) و مارن پلیوسن (PL) کمترین حجم تولیدی با یک لیتر در مترمربع می باشد (شکل ۷).

تولیدی توسط واحدهای مارنی مورد بررسی با توجه به نتایج به دست آمده از انجام آزمایش به وسیله دستگاه باران ساز مصنوعی به ترتیب واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu)، مارن ائوسن (Em) و قرمز پائینی



شکل ۱۱- بررسی رابطه بین حجم رواناب واحدهای کاری با اقلیم

جدول ۲- مقایسه میزان تاثیر عوامل موثر در حجم رواناب

منابع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون F	سطح معنی داری
واحد ماری	۴	۳۰۳۱/۳۶	۷۵۷/۸۴	۹۲۴/۱۴	<۰/۰۰۰۱
شیب	۱	۱/۳۸	۱/۳۸	۱/۶۸	۰/۲۰۱۲
اقلیم	۱	۰/۸۹	۰/۸۹	۱/۰۹	۰/۳۰۲۹
شیب × واحد ماری	۴	۷۷/۰۵	۱۹/۲۶	۲۳/۴۹	<۰/۰۰۰۱
اقلیم × واحد ماری	۳	۲۱/۰۸	۷/۰۳	۸/۵۷	<۰/۰۰۰۱
اقلیم × شیب	۱	۵/۳۹	۵/۳۹	۶/۵۷	۰/۰۱۳۸
اقلیم × شیب × واحد ماری	۳	۱۴/۸۱	۴/۹۴	۶/۰۲	۰/۰۰۱۵

جدول ۳- مقایسه میانگین مقادیر ویژگی‌های مورد بررسی در واحدهای ماری استان زنجان به روش دانکن

نام واحد ماری	واحد پلیوسن (PL)	قرمز بالایی (Mu)	واحد قم (OM)	قرمز پائینی (OL)	واحد ائوسن (EM)
زمان شروع رواناب	۱۵/۵۰ a	۴/۱۹ c	۱۰/۹۷ b	۳/۸۲ c	۴/۱۱ c
حجم رواناب	۱/۶۸ d	۱۷/۸۱ a	۳/۹۹ c	۱۶/۹۰ b	۱۷/۷۷ a
ضریب رواناب	۰/۰۴۹ d	۰/۵۱ a	۰/۱۲ c	۰/۴۸ b	۰/۵۱ a

جدول ۴- مقایسه میانگین مقادیر ویژگی‌های مورد بررسی واحدهای ماری استان زنجان در شیب و اقلیم به روش دانکن

نام واحد ماری	شیب ۵٪	شیب ۲۰٪	اقلیم خشک	اقلیم مرطوب
زمان شروع رواناب	۹/۴۷ a	۷/۳۳ b	۷/۳۷ b	۹/۴۳ a
حجم رواناب	۱۰/۰۲ b	۱۰/۶۹ a	۱۲/۱۷ a	۸/۴۹ b
ضریب رواناب	۰/۲۹ b	۰/۳۱ a	۰/۳۵ a	۰/۲۵ b

(OM) دارای بیشترین مقدار نفوذ آب در آنها به مقدار ۷ تا ۱۳ سانتیمتر و واحدهای ماری قرمز بالایی (Mu)، مارن ائوسن (Em) و قرمز پائینی (OL) دارای کمترین مقدار نفوذ در حدود ۲ تا ۵/۵ سانتیمتر است.

یکی دیگر از عوامل موثر در تولید رواناب میزان نفوذ پذیری خاک و در این بررسی واحدهای ماری می‌باشد. بر اساس داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری مقدار نفوذ آب در خاک (جدول ۱) به‌ترتیب واحدهای ماری پلیوسن (PL) و واحدهای ماری قم

۲- رابطه بین حجم رواناب و زمان شروع آن

برای بررسی رابطه بین رواناب تولیدی واحدهای مارنی و زمان شروع این رواناب اقدام به ترسیم نمودار ارائه شده در شکل (۸) گردید. بر اساس این نمودار رابطه بین این دو یک رابطه غیر خطی با روند کاهشی است. معادله همبستگی این دو که در روی شکل نوشته شده است از نوع معادله درجه دو با ضریب همبستگی حدود $0/86$ می باشد. بر اساس این منحنی با افزایش زمان شروع رواناب، میزان یا حجم رواناب تولیدشده از واحدهای مارنی کاهش یافته و از یک نقطه به بعد (دقیقه ۱۹) ثابت شده و بصورت موازی با محور زمان شروع ادامه می یابد. این به دلیل تاثیر بافت، کانی شناسی و به ویژه نوع و مقدار رس موجود در واحدهای مارنی مختلف است که با هم دیگر از این نظر تفاوت داشته و لذا مقدار تلفات آب، به عبارت بهتر مقدار نفوذ آب در هر کدام تا رسیدن به آستانه ایجاد رواناب متغیر است. اما این روند تا یک آستانه که در این مورد دقیقه ۱۹ است روند نزولی دارد و از این آستانه به بعد به صورت ثابت درمی آید معادله منحنی و ضریب همبستگی در روی شکل (۸) ارائه شده است.

با توجه به نحوه ی قرارگیری و پراکنش داده ها بر روی منحنی، همان طوری که بر روی منحنی نیز مشخص شده می توان واحدهای مارنی را گروه بندی یا از هم تفکیک کرد به طوری که واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu)، مارن ائوسن (Em) و قرمز پائینی (OL) در قسمت بالای منحنی و واحد مارنی قم (OM) در وسط و واحد مارنی پلیوسن (PL) در پائین قرار گرفته است. به عبارت دیگر بر اساس این منحنی واحدهای مارنی مورد بررسی به سه گروه تفکیک می شوند و این در واقع دلیلی بر وجود تفاوت معنی دار از این نظر بین آنهاست.

۳- رابطه بین حجم رواناب و عمق نفوذ آب در خاک

بر اساس شکل (۹) که نشان دهنده، منحنی رابطه حجم رواناب با عمق نفوذ آب در خاک است. معادله بین این دو از نوع معادله همبستگی درجه دوم با ضریب همبستگی $0/86$ و از نوع تاحدودی خطی با روند کاهشی است. به عبارت دیگر با افزایش حجم رواناب میزان عمق نفوذ آب در داخل واحدهای مارنی مورد بررسی کاهش می یابد. در این منحنی با توجه به وضعیت تولید رواناب و میزان عمق نفوذ آب در خاک واحدهای مارنی امکان تفکیک این واحدها به گروه یا گروه های مجزا به نحوی که بر روی منحنی نمایش داده شده است، وجود دارد.

۴- بررسی تاثیر شیب بر حجم رواناب

در شکل (۱۰) وضعیت حجم رواناب واحدهای مارنی در دو شیب انتخابی نشان داده شده و با دقت در این منحنی ها مشخص می شود که در هر دو شیب روند تغییرات در تمام واحدهای مارنی مشابه بوده و تفاوت مشخصی و معینی را نشان نمی دهد. به طوریکه محدوده تغییرات حجم رواناب تولیدی در واحدهای مارنی در دو

شیب مورد بررسی در یک سطح نزدیک به هم نوسان دارد. به عبارت دیگر روند تغییرات حجم رواناب تولیدی واحدهای کاری در دو شیب مورد بررسی (شیب ۵ و ۲۰ درصد) مشابه و نزدیک بهم می باشند. هرچند با دقت در منحنی های این دو شیب برای حجم رواناب تولیدی تغییرات و نوساناتی مشاهده می گردد، اما روند و دامنه تغییرات در یک محدوده کم و مشخص نوسان دارد.

۵- بررسی روند تغییرات رواناب واحدهای کاری در دو اقلیم

مورد بررسی

با توجه به این که در این پژوهش یکی از عامل های انتخابی برای تعریف واحدهای کاری اقلیم بوده است. بر این اساس سازندهای زمین شناسی دارای واحدهای مارنی با توجه به نقشه اقلیم تهیه شده برای استان در دو گروه سازندهایی که در اقلیم خشک - نیمه خشک و اقلیم مدیترانه ای - خیلی مرطوب قرار گرفته اند، گروه بندی شدند. در شکل (۱۱) تغییرات حجم رواناب در دو اقلیم خشک و مرطوب از واحدهای کاری مورد بررسی ارائه شده است. بر اساس این منحنی ها روند تغییرات حجم رواناب در هر دو اقلیم مشابه و تا حدود زیادی نزدیک به هم می باشد. دامنه نوسانات این صفت در هر دو اقلیم محدود بوده و تغییر و اختلاف معنی داری را نشان نمی دهد. اما با دقت در منحنی ها می توان گفت در واحدهای مارنی قرمز بالایی $Mu5$ (با شیب ۵٪) نسبت به واحدهای مارنی همین واحد $Mu20$ با شیب ۲۰٪ در اقلیم خشک حجم رواناب تولیدی بیشتر از اقلیم مرطوب است اما در اقلیم مرطوب این موضوع بالعکس می باشد. همین موضوع در واحدهای مارنی قرمز پائینی (OL) در شیب ۵٪ در اقلیم مرطوب بیشتر از اقلیم خشک و در شیب ۲۰٪ در اقلیم خشک بیشتر است. در واحدها مارنی قم (OM) در اقلیم خشک با شیب ۵٪ بیشتر از اقلیم مرطوب و در شیب ۲۰٪ در اقلیم مرطوب حجم رواناب تولیدی بیشتر است. اما در مورد واحد مارنی پلیوسن (PL) در هر دو شیب ۵٪ و ۲۰٪ حجم رواناب تولیدی در اقلیم مرطوب بیشتر از اقلیم خشک است. توضیح اینکه در مورد ضریب رواناب نیز به طور کامل مشابه با رابطه و منحنی حجم رواناب بوده و تمام مطالب گفته شده در مورد رابطه بین حجم رواناب و اقلیم صادق است.

۶- عوامل موثر در حجم رواناب تولیدی

بر اساس نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل مدل خطی (GLM) داده های حاصله از عملیات صحرائی (جدول ۱) اثر واحدهای مارنی بر حجم رواناب تولیدی در واحدهای کاری انتخابی در سطح ۱ و ۵٪ معنی دار است (جدول ۲). به طوریکه در واحدهای مارنی مختلف میزان اختلاف در حجم رواناب تولیدی با یکدیگر تفاوت مشخص و معنی داری دارند. در حالیکه اثر شیب و اقلیم بر این صفت معنی دار نمی باشند. یعنی حجم رواناب تولیدی در دو اقلیم و شیب های انتخابی با یکدیگر اختلاف مشخص و معنی داری ندارند.

جدول ۵- طبقه بندی بافت خاک واحدهای مارنی استان زنجان

نام واحد مارنی	سیلت (درصد)	رس (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک
EM5/20 Ar	۶۰	۳۸	۲	سیلنتی کلی لوم
Mu5/20 Ar	۴۶	۴۰	۱۴	سیلنتی کلی لوم
Mu 5/20 Me	۴۶	۴۰	۱۴	سیلنتی کلی لوم
OL 5/20 Ar	۵۶	۳۶	۸	سیلنتی کلی لوم
OL 5/20 Me	۵۶	۲۸	۱۶	سیلنتی کلی لوم
OM 5/20 Me	۴۸	۳۶	۱۶	سیلنتی کلی لوم
OM 5/20 Ar	۵۶	۲۸	۱۸	سیلنتی لوم
PL5/20 Ar	۳۶	۲۰	۴۴	لوم
PL5/20 Me	۴۲	۲۸	۳۰	کلی لوم

ترتیب می توان گفت که این چهار گروه از نظر تفاوت در حجم رواناب تولیدی با همدیگر اختلاف معنی داری دارند که همانطوریکه اشاره گردید به دلیل داشتن تفاوت در ویژگی های فیزیکوشیمیایی آنهاست. در جدول (۴) تاثیر اقلیم و شیب بر حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی در دو شیب و اقلیم متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است. داده های حاصل از تجزیه و تحلیل صورت گرفته این جدول نشان می دهد که تفاوت حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی در دو شیب و اقلیم انتخابی معنی دار می باشند. یعنی حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی در شیبهای ۵٪ و ۲۰٪ با همدیگر تفاوت محسوس و معنی داری داشته و این در واقع نشان دهنده موثر بودن شیب در این صفت می باشد و همین طور در مورد دو اقلیم خشک و مرطوب نیز اختلاف معنی دار و مشخص است. این نیز نشان دهنده موثر بودن اقلیم در تغییرات حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی است.

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج این پژوهش در حدود ۴۴۳۸ کیلومتر مربع که معادل ۲۰ درصد مساحت کل استان تحت اشغال اراضی مارنی می باشد. در بین واحدهای مارنی نیز واحد مارنی پلیوسن (Plm) و واحد مارنی طبقات قرمز بالایی (Mur) بیش از ۸۵ درصد از سطح واحدهای مارنی را پوشش می دهند.

بررسی روابط بین زمان شروع رواناب، حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب در واحدهای مارنی بر اساس منحنی ترسیمی (شکل ۹) نشان می دهد که در درجه اول معادله همبستگی بین اینها از درجه دوم بوده و در درجه دوم تا حدودی قابلیت تفسیر و تعبیر روابط بین اینها و پیش بینی روند تغییرات را دارد. اما بررسی روابط بین زمان شروع رواناب، حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب در واحدهای مارنی در شیب های انتخابی نشان دهنده تفاوت معنی دار و

هرچند وجود اختلاف اجتناب ناپذیر می باشد. ولی این اختلاف دارای یک تفاوت و رابطه مشخص و معنی داری نیست. اما تاثیر حالت های دو گانه شیب × واحد مارنی، اقلیم × واحد مارنی و اقلیم × شیب همگی معنی دار می باشند. در دو حالت آخر تاثیر ترکیب واحدهای مارنی و اقلیم و شیب با اقلیم در زمان شروع رواناب معنی دار شده اند در حالیکه در حالت اقلیم و شیب تنها این تفاوت معنی دار نبود. دلیل این تغییر تاثیر واحدهای مارنی می باشد که طبق بحث صورت گرفته تاثیر واحدهای مارنی به تنهایی معنی دار بوده و لذا در حالت ترکیب با اقلیم و شیب نیز باعث تاثیر معنی دار بر این ویژگی شده است. به همین دلیل در حالت سه گانه یعنی ترکیب واحد مارنی × اقلیم × شیب نیز تاثیر معنی دار است. بررسی میانگین و ضرایب همبستگی این عوامل در حالت سه گانه در جدول (۳) ارائه گردیده که با دقت در این داده ها معنی دار بودن تاثیر همزمان هر سه عامل بر حجم رواناب تولیدی واحدهای کاری تأیید خواهد شد. اما بررسی دقیق تر میزان تاثیر هر یک از این عوامل بر ویژگی بر حجم رواناب تولیدی واحدهای کاری مورد بررسی اقدام به محاسبه و مقایسه میانگین مقادیر خصوصیات مورد بررسی در واحدهای مارنی به روش دانکن گردید که نتایج آن در جدول (۳) نشان داده شده است.

بر اساس نتایج به دست آمده از این بررسی می توان گفت واحدهای مارنی را با توجه به خصوصیت حجم رواناب تولیدی در آنها به چهار گروه قابل تفکیک می باشند. به طوریکه واحد مارن پلیوسن (PL)، واحد مارنی قم (OM) و قرمز پائینی (OL) هر کدام به تنهایی یک گروه و واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu) و مارن اتوسن (EM) با هم در یک گروه قرار می گیرند و این در واقع به شرایط و ویژگی های ذاتی این واحدهای مارنی مربوط می شود که باعث بروز رفتارهای مشابه یا متناقض در آنها می گردد. به همین

مشخصی که بتوان بر اساس آن اقدام به تجزیه و تحلیل روابط بین اینها پرداخت، نمی‌باشد (شکل ۱۰).

بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها که در جدول (۳) ارائه شده، تاثیر واحدهای مارنی بر حجم واناب تولیدی و ضریب رواناب معنی‌دار بوده و عامل ایجاد یک اختلاف و تفاوت مشخص و معنی‌دار در بروز این صفت از واحدهای کاری گردیده‌است. در حالیکه تاثیر عامل شیب و اقلیم بر این دو خصوصیت معنی‌دار نمی‌باشد. اما در حالت‌های ترکیبی دو گانه و سه گانه از سه متغیر یاد شده در همه حالتها تاثیر معنی‌دار بر حجم واناب تولیدی و ضریب رواناب دارند. این موضوع نشان‌دهنده این مطلب است که در حالت ترکیبی تاثیر متغیرها در جهت مثبت افزایش یافته و این تجمع تاثیر باعث معنی‌دار شدن تاثیر متغیرها شده است. همچنین بر اساس محاسبه و مقایسه میانگین مقادیر عوامل مستقل تشکیل دهنده واحدهای کاری یعنی واحدهای مارنی، شیب و اقلیم بر حجم و ضریب رواناب به روش دانکن واحدهای مارنی با توجه به ویژگی حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب به چهار گروه قابل تفکیک می‌باشند. بطوریکه واحد مارن پلیوسن (PL)، واحد مارنی قم (OM) و قرمز پائینی (OL) هر کدام به تنهایی یک گروه و واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu) و مارن ائوسن (EM) با هم در یک گروه قرار می‌گیرند. بر این اساس می‌توان گفت که این چهار گروه از نظر تفاوت در حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند که این در واقع به شرایط و خصوصیات ذاتی آنها مربوط می‌شود که باعث بروز رفتارهای مشابه یا متناقض در آنها می‌گردد. به همین ترتیب نتایج بررسی تاثیر شیب و اقلیم بر دو ویژگی یاد شده از واحدهای کاری نشان دهنده معنی‌دار بودن تاثیر این دو بر حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب واحدهای مارنی می‌باشد. یعنی حجم و ضریب رواناب واحدهای مارنی در شیبهای ۵٪ و ۲۰٪ و اقلیم خشک و مرطوب با همدیگر تفاوت محسوس و معنی‌داری دارند.

بررسی واحدهای مارنی در ارتباط با دلیل تفاوت آنها در حجم و ضریب رواناب تولیدی نشان می‌دهد که واحدهای مارنی که زمان کمتری را برای رسیدن به حالت اشباع نیاز دارند هم زمان شروع رواناب در آنها بالاست و هم حجم رواناب تولید شده از آنها نسبت به سایر واحدها بیشتر می‌باشد. از جمله عوامل موثر در رسیدن به حالت اشباع میزان وجود ذرات سیلت و رس در این واحدهاست. بطوریکه هرچقدر میزان سیلت موجود در آنها بالا باشد. به دلیل عدم یا کم بودن قابلیت جذب آب در این واحدها در این حالت زمان شروع رواناب سریع و حجم رواناب تولیدی بالا خواهد بود. بر اساس جدول (۵) که نشان دهنده وضعیت بافت واحدهای مارنی مورد مطالعه است، غالب واحدهای مارنی دارای بافت خاک از نوع سیلتی کلی یا سیلتی کلی لوم می‌باشند، که در این نوع بافت بیشترین درصد فراوانی مربوط به سیلت می‌باشد یعنی غالب واحدهای مارنی و به ویژه واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu)، واحد مارنی قم

(OM)، قرمز پائینی (OL) و مارن ائوسن (EM) دارای سیلت بیشتری نسبت به دو جزء دیگر بافت خاک آنها یعنی رس و شن هستند. با دقت در جدول (۱) می‌توان دید که همین واحدها دارای کمترین زمان شروع رواناب، بیشترین حجم رواناب تولید شده و کمترین مقدار نفوذ می‌باشند.

این نتیجه با نتایج به دست آمده از پژوهش‌های سایر پژوهشگران مطابقت دارد. به طوریکه بر اساس پژوهش‌های شکل آبادی [۱۹] وابستگی زیادی بین تولید رواناب و رسوب خاک‌ها به مواد مادری آنها وجود دارد. ظرفیت نگهداری، تلفات اولیه بارندگی، ضریب رواناب و پارامترها نظیر آن به نوع خاک بستگی دارند، هاشمی [۶]. براساس این پژوهش دوکر^۱ [۳] و راموس^۲ [۱۸] میان میزان درصد سیلت با عوامل میزان رسوب و ارتفاع رواناب رابطه مثبتی وجود دارد و بر این اساس افزایش درصد سیلت‌هایی که اندازه ای بین ۲ تا ۵۰ میکرون دارند. میزان فرسایش‌پذیری خاک به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. از طرف دیگر میان میزان درصد رس با عوامل ضریب گل آلودگی، میزان رسوب و ارتفاع رواناب رابطه منفی وجود دارد فیض‌نیا و همکاران [۴]. همچنین حسینی و همکاران [۸] بر اساس نتایج پژوهش خود اظهار می‌دارند که واحدهای مارنی که دارای سیلت بیشتری نسبت به دیگر واحدها هستند. در زمان کمتری به حالت اشباع می‌رسند. درحالیکه واحدهای دارای رس بیشتر، آب بیشتری را جذب می‌کنند و در زمان طولانی‌تری به اشباع رسیده و تولید رواناب می‌نمایند. میر^۳ [۱۳] با استفاده از باران‌ساز صحرایی و همبستگی بین ویژگی‌های و فرسایش‌پذیری خاک، رابطه‌ای منفی با میزان رس خاک‌ها و رابطه مثبت با میزان سیلت درشت خاک‌ها مشاهده کردند. رحمتی و همکاران [۱۷] بر اساس پژوهش‌های خود اظهار می‌دارند که میزان رواناب رابطه مستقیمی با شیب دارد، که موید افزایش ضریب رواناب به ازاء ازدیاد شیب می‌باشد. پونس^۴ [۱۶] اظهار می‌دارد که آستانه شروع رواناب بستگی به اقلیم دارد و مقدار آستانه در مناطق نیمه خشک بیشتر از مناطق نیمه مرطوب است. بر این اساس حداکثر رواناب بسته به اقلیم فرق می‌کند و مقدار آن در مناطق نیمه خشک بیش از مناطق مرطوب فصلی است. مارتینز^۵ [۱۱] در مناطق نیمه خشک مدیترانه‌ای اسپانیا نحوه تولید و عوامل موثر بر رواناب را در حوزه‌های کوچک بررسی کرده‌اند. 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 با نفوذپذیری بیشتر و موادآلی متوسط دارند. کربای^۶ [۱۰] براساس مطالعات خود نتیجه گرفت که ویژگیهای خاک مثل پستی و بلندی کوچک و شکل خاکدانه در مقدار و الگوی مکانی رواناب موثر است.

سپاسگزاری

این مقاله‌ای بخشی از یک طرح پژوهشی می‌باشد که هزینه‌های اجرای آن از طریق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان

tabyan, Gh. 2009. runoff and sediment production of the fine Neogene formations using Rainfall simulator (case study: watershed Taleghan), Journal Range and Watershed Management, Journal of Natural Resources, Volume 62, Number 2, Summer 2009, page 215 to 229.

9. Kamphorst, A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil Erodibility, Netherlands Journal of Agricultural Science 35: 407-415.

10. Kirkby, M. 2001. Modeling the Interactions Between Soil Surface Properties and Water. Elsevier Catena 89-102 (www.elsevier.com/locate/catena).

11. Martinez, M. 1998. Factors Influencing Surface Runoff Generation in a Mediteranean Semi-arid Envirinment: Chicamo Watershed Spain. 12(5): 741-745

12. Mathys, N. 2005. Runoff and erosion in the Black Marls of the French, Alps: observation and measurement at the plot scale, Catena 63 pp: 261-281.

13. Meyer, L. D. and Harmon, W.C. 1984. Susceptibility of agricultural soil to interrill erosion. Soil Sci Soc. Am. J. Vol.48, Pp1152-1157.

14. Nfoty Hassanzadeh, M. 2006. study of Characteristics of effective erosion Marl, the Phd thesis. Islamic Azad University, Tehran Science and Research Science, 100p (in Persian).

15. Nfoty Hassanzadeh, M., Fyznya, S., Ahmadi H., followers, Rhmydrza, Ghyvmyan, Ja. 2008. Effect of physical and chemical properties of marl deposition rate using a physical model Rainfall simulator. Iranian Journal of Engineering Geology Association, Spring 1387, Volume I, Issue 1, Page 35 to 48.

16. Ponce, V.M. and Shetty, A.V. 1995. A Conceptual Model of Catchments Water Balance: 2 Application of Runoff and Base flow Modeling. J. Hydrology 173:41-50.

17. Rahmati, M., Arab Khdry, M., Jafari Ardekani, A., impact and intensity because the slope of soil and water went to waste, Journal of

زنجان تامین شده است. لازم است از همکاری صمیمانه ریاست محترم مرکز جناب آقای مهندس غلامرضا داورپناه و از همکاری آقای مهندس اصغر حیدری و آقای وحید عبدی نژاد که در انجام عملیات میدانی همکار داشتند، نهایت تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

1. Abdinejad, P., Fiznia, S., Pyrovan, H., Fayazi, F., And Shabani, A. 2009. study Physic, Chemical, mechanical and constructive erodibility mar formatons of Zanjan province, Agriculture and Natural Resources Research Center, Zanjan Province, 265p (in Persian).

2. Arnaez, J., Lasanta T., Ruiz-Flano, P., Ortigosa, L. 2007. Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards. Soil and Tillage Research, V.93, Issue 2, p.324-334.

3. Duiker, S.W., Flanagan, D.C., Lal, R. 2001. "Erodibility and Infiltration characteristics of fire major soils of southwest Spain" Catena, 45, 103-121.

4. Fiznia, S., Khajeh, M. and Ghayomyan, J. 2005. Effect of physical factors, climate, chemical and sediment production from erosion in loess soils (Case study in Golestan province), Journal of Pajohesh va Sazandegi, Watershed Research, Volume 17, No. 4, are number 66, p 14

5. Ghazanfarpour, N. 2006. Study on sediment yield of quaternary formations in Isfahan Segzi-Kohpayeh Plain by using rainfall simulator, MSc Thesis in Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, 60p (in Persian).

6. Hashemi, M., Shahriari, A. and Hashemi, A. 2009. The role of rocks and soils due to erosion, sedimentation and flooding creation rise, Eleventh Congress of Soil Science of Iran, Gorgan University.

7. Heimsatha, A.M., Chappellb, J., Dietriche, W.E., Nishiizumid, K. & Finkle, R.C. 2001. Late quaternary erosion in southeastern Australia: A field example using cosmogenic nuclides, Quaternary International, 83-85: 169-185.

8. Hosseini, S.H, Fiznia, S., , Payrovan, H. and

Construction Research in natural resources No. 62, Spring 2004, p. 32 to 37.

Ramos, M.C., S. Nacci and I.Pla. 2000. Soil sealing and its influence on erosion rates for some