مجله علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال پنجم- شماره ۱۷- زمستان ۱۳۹۰

Vol. 5, No. 17, Winter 2012

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]، فرج اله فیاضی[۴]
و امیر علی طباخ شعبانی[۵]

تاریخ دریافت:۹۰/۰۲/۲٤ تاریخ پذیرش:۹۰/۱۲/۰۲

چکیده

واحدهای مارنی در حدود ٤٤۳۸ 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 شده‌است. برای این منظور با گروه‌بندی و تلفیق نقشه‌های شیب، اقلیم و واحدهای مارنی سازندهای زمین شناسی در محیط نرم‌افزار ArcGIS۹,۳ اقدام به تعریف واحدهای کاری به تعداد ۱۸ واحد شده و در عملیات صحرایی برای هر واحدکاری سه تکرار سنجش میزان رواناب تولید شده با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران به ابعاد کرت ۱×۱ متر و جمعا ۲۲۰ آزمایش انجام گردید. داده‌های به‌دست آمده از عملیات صحرایی با استفاده از برنامه آماری SAS و روش آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا 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 می دهد 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 واحدهای مارنی و شیب بر تغییرات زمان شروع رواناب معنی‌دار است. در حالی که اثر اقلیم معنی‌دار نیست. اثر واحدهای مارنی بر حجم و ضریب رواناب واحدهای کاری معنی‌دار بوده ولی اثر عامل شیب و اقلیم بر این دو ویژگی معنی‌دارنیست. 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 معنی‌دار 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 حوزه‌هائی که دارای اراضی مارنی هستند، قسمت عمده ای از رسوبات از این واحد تولید می شود، 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

۱-دانشجوی دکترای دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و عضوهیات 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
٤- عضو هیات علمی دانشگاه تربیت معلم تهران
۵- عضو هیات علمی پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین شناسی کشور

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 ازآن‌ها 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 بوده‌است. هیم ساثا و همکاران [۷] میزان فرسایش نهشته‌های کواترنری در جنوب شرقی استرالیا را با روش تجمع نوکلوئیدهای بریلیم و آلومینیم و کاربرد بارانساز اندازه‌گیری کردند. فیض‌نیا وهمکاران [٤] به بررسی تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی و آب و هوایی در تولید رسوب ناشی از فرسایش سطحی در خاکهای لسی با استفاده ازبارانساز 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 عاملهای 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 رابطه نمایی دارد و میزان هدررفت خاک نیز با شدت افزایش می‌یابد. حسن‌زاده نفوتی و همکاران [١٤و١٥] 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 ازپژوهشگران 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 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 ازاین طریق بتوان در برنامه‌ریزی‌های آینده برای کنترل فرسایش و رسوبزایی این نوع اراضی استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

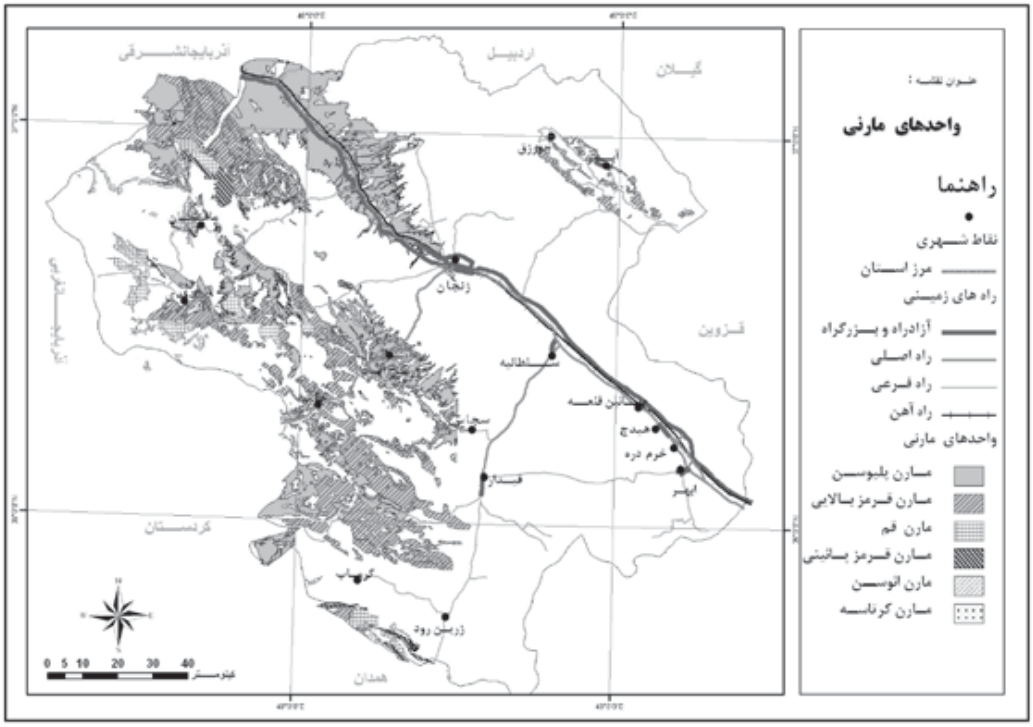
۱- مشخصات منطقه

استان زنجان با وسعت ۲۲۱٦٤ کیلومتر مربع در قسمت مرکزی شمال غرب کشور بین طول جغرافیایی ′۱۵و °٤۷ تا ′۲۵ و °٤۹ شرقی و عرض شمالی ′۳۵ و °۳۵ تا ′۱۵و °۳۷ واقع شده است. این استان دارای اقلیم خشک تا نیمه خشک با متوسط بارندگی سالانه ۳٤۰ میلی‌متر بوده و دارای پستی و بلندی‌های زیادی است، به طوری که بیشترین وسعت آن را مناطق کوهستانی و تپه ماهورها فراگرفته‌است. استان زنجان دارای دو حوزه آبخیز اصلی با محدودهٔبه طور کامل مجزا است، که شامل حوزه آبخیز قزل اوزن به مساحت ۱۹۰٦٤ کیلومترمربع معادل ۸٦ درصد سطح استان و حوزه آبخیز رودخانه شور به وسعت ۳۱۰۰ کیلومترمربع معادل ١٤ 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 بوده‌است 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.

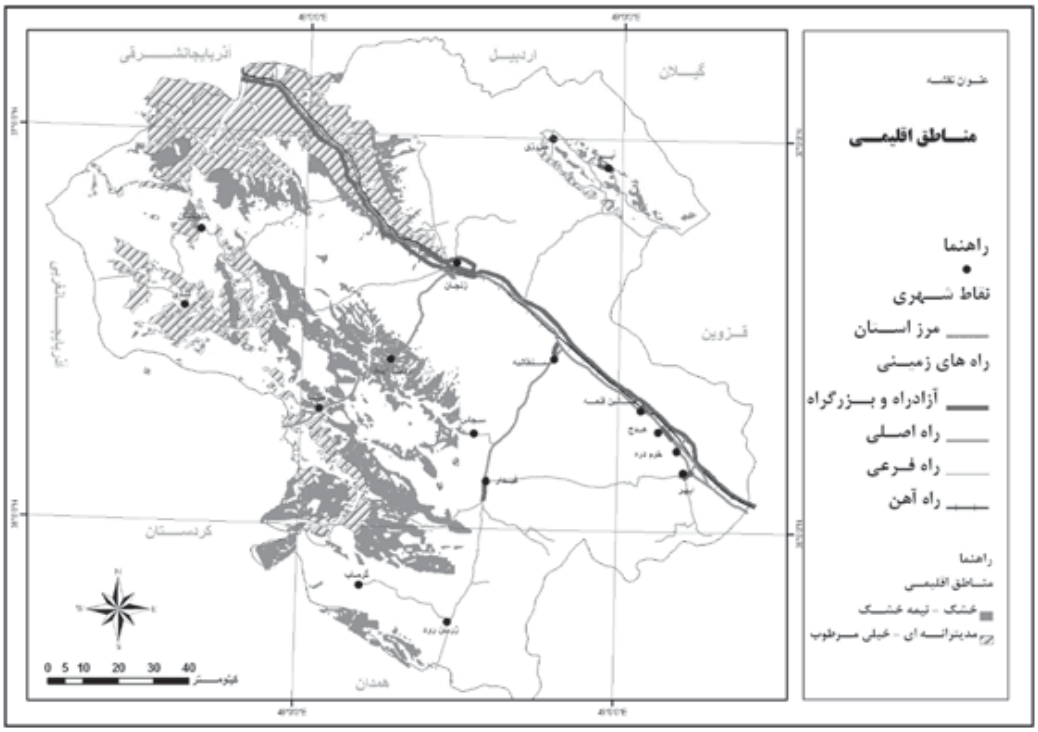
۲- واحدهای مارنی استان

بر اساس نقشه واحدهای مارنی استان، به طورکلی پنج واحد یا سازند مارنی در سطح استان زنجان با مساحت‌ها و مناطق پراکنش متفاوت وجود دارد(شکل٤) که شامل واحدهای زیر است[۱].

مارن پلیوسن (Plm) که به صورت رخنمون‌هائی از مارن و کنگلومرا به‌صورت 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) به‌صورت یک سری مارن، سنگ‌های آهکی مارنی و شیل‌های خاکستری پدید آمده‌است. سنگ‌های آهکی دارای رنگ هوازده کرم رنگ و رنگ تازه خاکستری‌اند. واحد مارن ائوسن(EM) به صورت یک واحد کوچک و محدود باسنگ شناختی مارن سبز و سفید در نقشه زمین شناسی حلب در حاشیه جاده

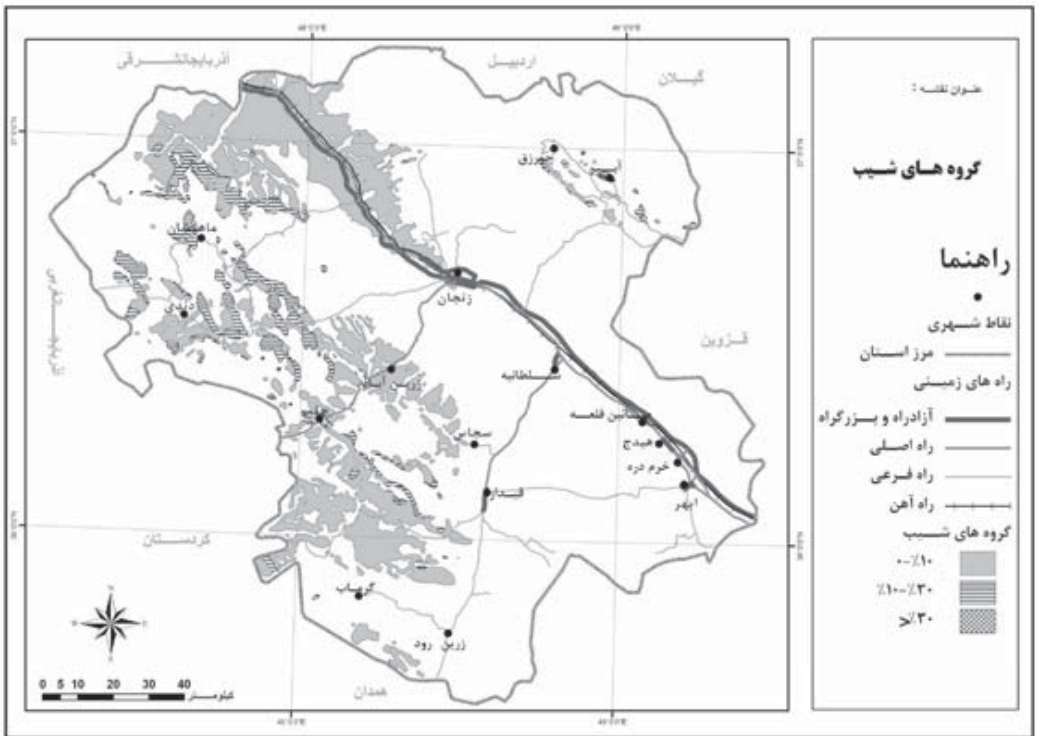


شکل ۱- نقشه موقعیت و پراکنش واحدهای مارنی استان زنجان

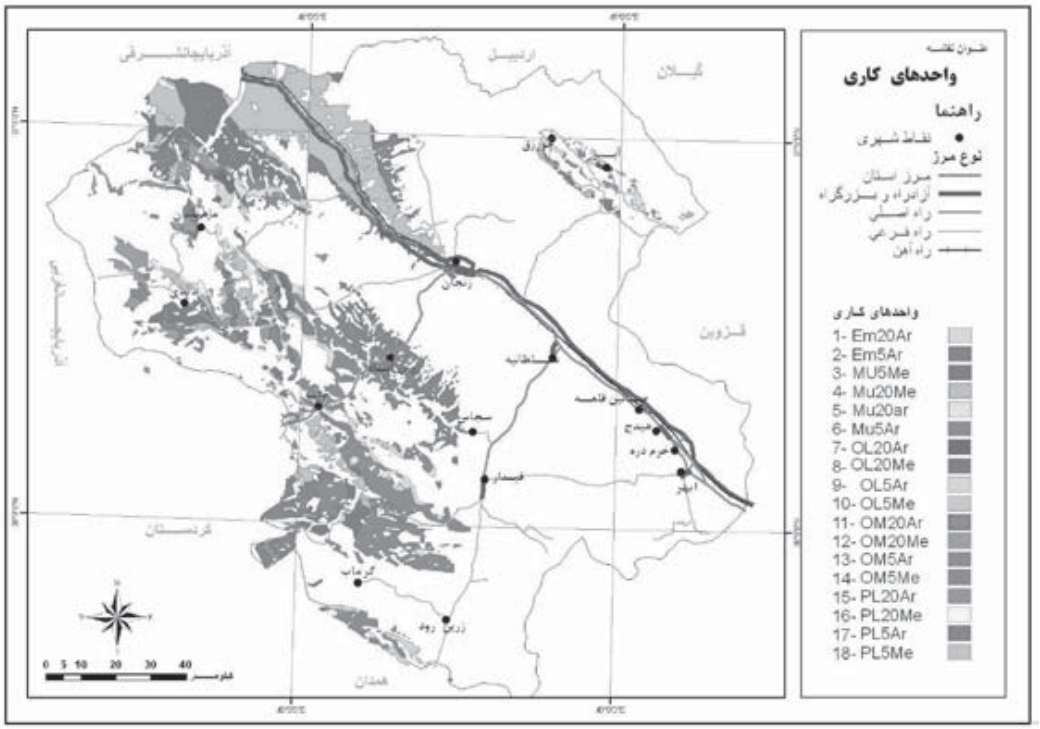


شکل ۲- نقشه مناطق اقلیمی واحدهای مارنی استان

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، ژیپس سفید رنگ، مارن سبز زیتونی و آهک کرم رنگ در سطح استان زنجان رخنمون یافته‌است. واحدهای مارنی قرمز بالایی شامل سه واحد است. واحد M۱ از مارن‌های الوان تشکیل شده‌است که در تناوب با لایه‌های کم

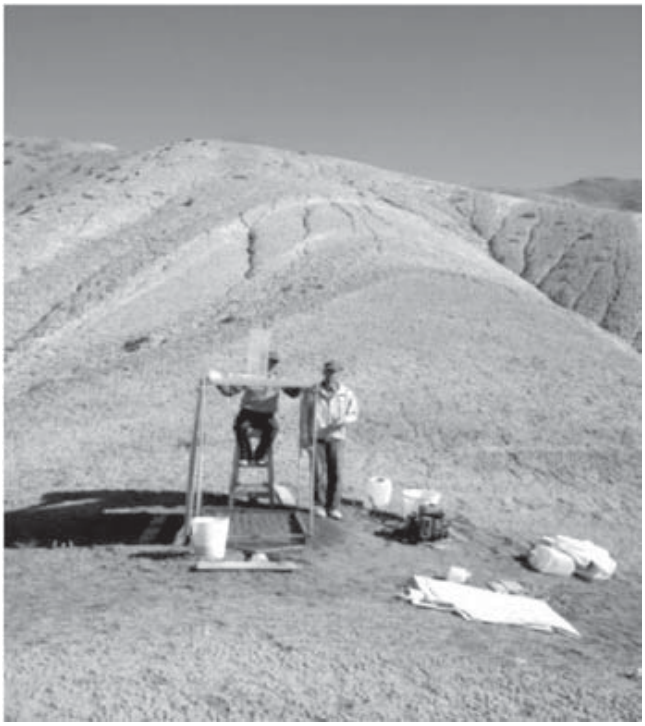


شکل ۳- نقشه گروه های شیب واحدهای مارنی استان



شکل ٤- نقشه واحدهای کاری

گچ، شیل و ماسه سنگ می‌باشد و با رنگ‌های متنوعی (قرمز، سبز متمایل به کرم، سبز زیتونی) که دارد (شکل ٤)، از واحد M۲ متمایز می شود. واحد M۲ به طور عمده ماسه سنگ حفره دار و لایه‌های نازک شیل به همراه مارن تشکیل شده است. ضخامت و توالی طبقات ماسه‌سنگ نسبت به واحد M۳ و M۱ بسیار بیشتر است و در بعضی مناطق ضخامت آن به ۱۰ متر می‌رسد. واحد M۳ به طورعمده از مارن با لایه‌های کم ماسه سنگی و کنگلومرائی تشکیل شده‌است. رنگ آن کرم تا قهوه‌ای روشن است. واحد مارنی قرمز



شکل ۵- چگونگی استقرار بارانساز و انجام آزمایش در صحرا

زیرین[1] 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 ٤٤٣٨ کیلومترمربع) انجام شده‌است. 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 گره۱۰-۰ ، ۳۰-۱۰ 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 روی‌هم قرار دادن این سه لایه(نقشه واحدهای مارنی، نقشه اقلیم و نقشه شیب) در محیط نرم‌افزار ArcGIS۱۰نقشه واحدهای کاری در ۲۰ واحد تهیه شد(شکل ٤) [١٤،١٥ و ٨]. از این ۲۰ واحد ۲ واحد به‌دلیل موقعیت قرارگیری و وسعت کم امکان(حدود ٤٠٠ مترمربع و در بالای کوه که امکان استقرار دستگاه شبیه ساز باران وجود نداشت) بررسی وجود نداشت. لذا تعداد واحدکاری به ۱۸ واحد کاهش یافت. در ادامه از هر واحد کاری سه تکرار در بیش از ٦٥ 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 شده‌است(شکل۵). مخزن کوچک برای ثابت نگهداشتن فشار آب روی روزنه‌های مخزن بزرگ که بارش از سوراخ‌های زیرین آن صورت می‌گیرد، طراحی شده‌است. جنس مخزن‌ها از نوع طلق یا پلکسی گلاس[2] با ضخامت ۸ میلی‌متر در بدنه و کف می‌باشد. فاصله روزنه‌ها در امتداد طول و عرض باران‌ساز ۸ میلی‌متر است. بنابراین مجموع کل روزنه‌ها ١٦٩ عدد می‌باشد و ارتفاع دیواره مخزن ۲۰ سانتی‌متر و قطر روزنه‌ها ٠/٦٦ 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 ٠/٦٦ میلی‌متر و طول آن ۸ میلی‌متر است. ارتفاع محل ریزش قطرات در هنگام نصب از زمین ۱/۵ متر است. متوسط اندازه قطرات ٣/٦ 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 بازدیدهای صحرایی تعیین شدند. این مکان‌ها دارای شیب ۵ و ۲۰ درصد، فرسایش از نوع شیاری،

1- Lower Red formation

2- Plexiglas

جدول ۱- نتایج آزمایش شبیه ساز باران در واحدهای کاری

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

EM= واحد مارن ائوسن Mu= واحد مارن قرمز بالایی OM= واحد مارن قم 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٪

ورقه‌ای و فاقد پوشش گیاهی هستند. آزمایش‌های صحرایی 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 هریک 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 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:

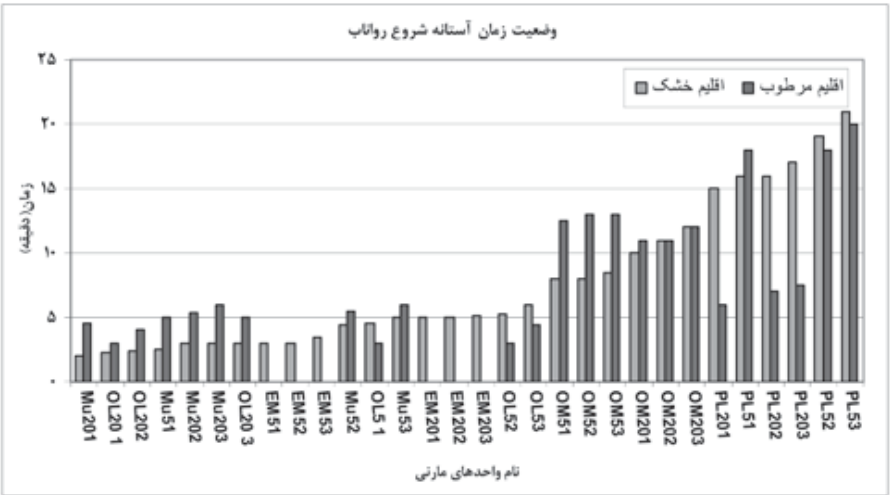
۱- زمان شروع رواناب با استفاده از زمان سنج

۲- حجم رواناب از طریق جمع‌آوری و اندازه‌گیری کل رواناب تولید شده در طول زمان آزمایش هریک از واحدهای کاری

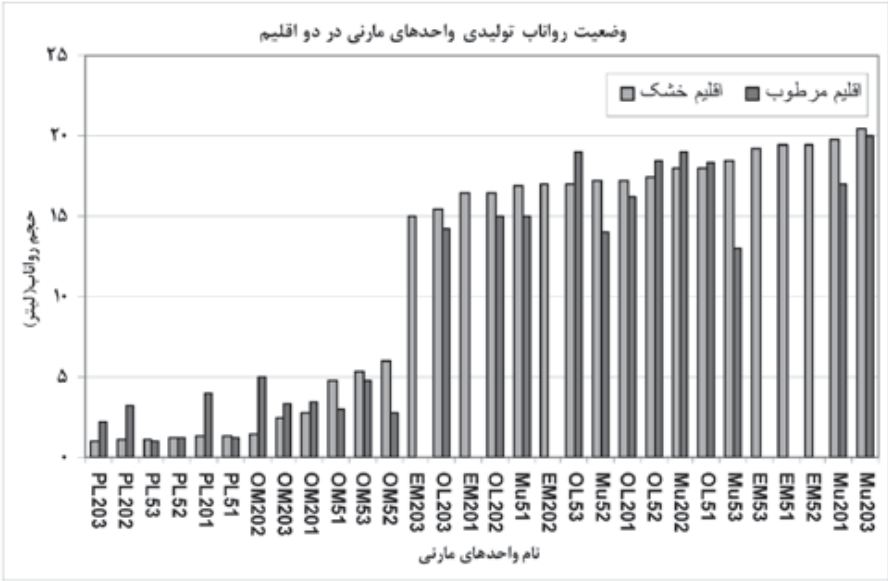
۳- عمق نفوذ آب در خاک، بعد از اتمام آزمایش در چند نقطه از کرت آزمایش اقدام به لایه برداری بخش مرطوب خاک نموده و در برش عرضی از آن میزان نفوذ آب در خاک با استفاده از خط کش دقیق اندازه‌گیری شد.

۴- میزان سنگریزه روی سطح هر یک از واحدهای کاری به صورت درصد برآورد گردید.

۵- براساس داده‌های حجم رواناب و مشخصات کرت آزمایشی



شکل٦- مقایسه زمان شروع رواناب در واحدهای کاری



شکل٧- مقایسه زمان شروع رواناب در واحدهای کاری

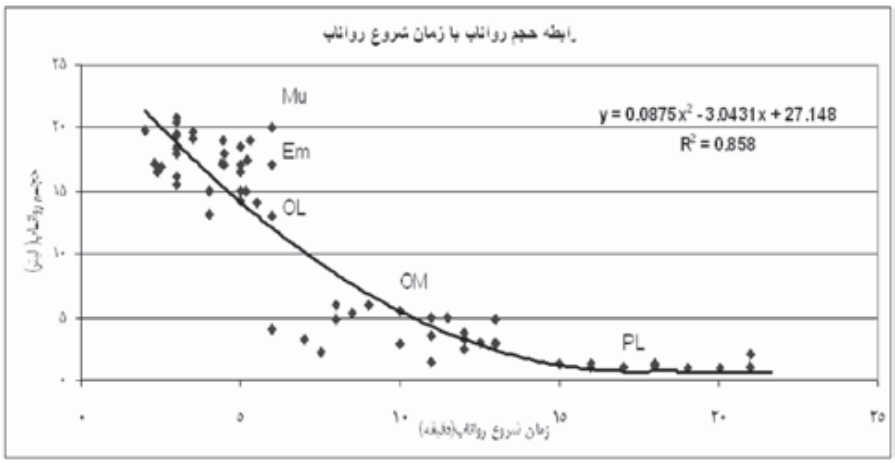
ضریب رواناب واحدهای کاری محاسبه شدند.

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 مارنی مورد بررسی از نرم‌افزار SAS استفاده گردید. بدین منظور داده‌های به دست‌آمده از بررسی‌های صحرایی واحدهای کاری(جدول۱) 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 کاملا تصادفی، آزمون F و روش مقایسه مقادیر میانگین دانکن این داده مورد ارزیابی قرار گرفت.

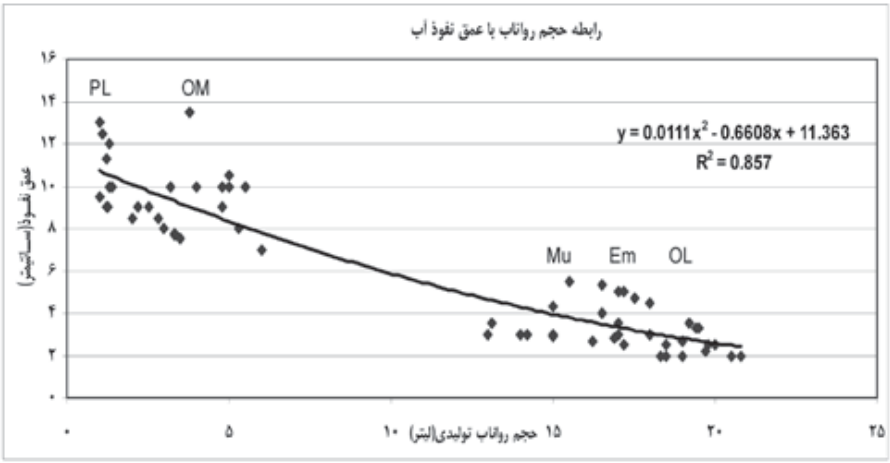
نتایج

۱- حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی

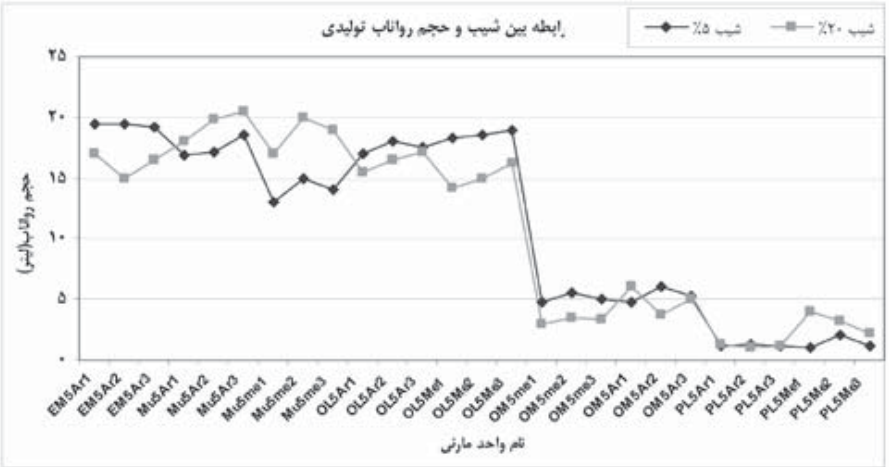
براساس داده‌های به دست‌آمده از اندازه‌گیری‌های صحرایی (جدول ۱)واحدهای مارنی پلیوسن شامل PL۵Ar، PL۲۰Ar، PL۵Me و PL۲۰Me دارای بالاترین زمان شروع رواناب هستند. یعنی به عبارت دیگر برای شروع رواناب در این واحدها زمان بارش طولانی‌تر مورد نیاز است. اما در مقابل واحدهای مارنی مختلف قرمز بالایی(Mu۵Ar، Mu۲۰Ar، Mu۵me و Mu۲۰me) و پایینی(OL۵Ar، OL۲۰Ar، OL۵me و OL۲۰me) از این نظر دارای کمترین مقدار هستند. یعنی در این واحدها رواناب نسبت به واحد پلیوسن و قم سریع تر جریان می‌یابد (شکل ٦). از نظر حجم رواناب



شکل۸- بررسی رابطه بین حجم رواناب تولیدی واحدهای کاری با زمان شروع رواناب



شکل۹- 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

تولیدی توسط واحدهای مارنی مورد بررسی با توجه به نتایج به‌دست آمده از انجام آزمایش به‌وسیله دستگاه باران‌ساز مصنوعی به ترتیب واحدهای مارنی قرمز بالایی(Mu)، مارن ائوسن(Em) و قرمز پائینی (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 می‌باشد (شکل ۷).

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 معنی‌داری
واحد مارنی	٤	٣٠٣١/٣٦	٧٥٧/٨٤	٩٢٤/١٤	<٠/٠٠٠١
شیب	١	١/٣٨	١/٣٨	١/٦٨	٠/٢٠١٢
اقلیم	١	٠/٨٩	٠/٨٩	١/٠٩	٠/٣٠٢٩
شیب × واحد مارنی	٤	٧٧/٠٥	١٩/٢٦	٢٣/٤٩	<٠/٠٠٠١
اقلیم ×واحد مارنی	٣	٢١/٠٨	٧/٠٣	٨/٥٧	<٠/٠٠٠١
اقلیم ×شیب	١	٥/٣٩	٥/٣٩	٦/٥٧	٠/٠١٣٨
اقلیم × شیب × واحد مارنی	٣	١٤/٨١	٤/٩٤	٦/٠٢	٠/٠٠١٥

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

نام واحد مارنی / نام متغیر	واحد پلیوسن (PL)	قرمز بالایی (Mu)	واحد قم (OM)	قرمز پائینی (OL)	واحد ائوسن (EM)
زمان شروع رواناب	١٥/٥٠ a	٤/١٩ c	١٠/٩٧ b	٣/٨٢ c	٤/١١ c
حجم رواناب	١/٦٨ d	١٧/٨١ a	٣/٩٩ c	١٦/٩٠ b	١٧/٧٧ a
ضریب رواناب	٠/٠٤٩ d	٠/٥١ a	٠/١٢ c	٠/٤٨ b	٠/٥١ a

جدول ٤- مقایسه میانگین مقادیر ویژگی‌های مورد بررسی واحدهای مارنی استان زنجان در شیب و اقلیم به روش دانکن

نام واحد مارنی / نام متغیر	شیب ٥٪	شیب ٢٠٪	اقلیم خشک	اقلیم مرطوب
زمان شروع رواناب	٩/٤٧ a	٧/٣٣ b	٧/٣٧ b	٩/٤٣ a
حجم رواناب	١٠/٠٢ b	١٠/٦٩a	١٢/١٧ a	٨/٤٩ b
ضریب رواناب	٠/٢٩ b	٠/٣١ a	٠/٣٥ a	٠/٢٥ b

یکی دیگر از عوامل موثر در تولید رواناب میزان نفوذ پذیری خاک و در این بررسی واحدهای مارنی می‌باشد. بر اساس داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری مقدار نفوذ آب در خاک (جدول ۱) به‌ترتیب واحدهای مارنی پلیوسن (PL) و واحدهای مارنی قم (OM) دارای بیشترین مقدار نفوذ آب در آنها به مقدار ۷ تا ۱۳ سانتیمتر و واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu)، مارن ائوسن(Em) و قرمز پائینی (OL) دارای کمترین مقدار نفوذ در حدود ۲ تا ۵/۵ سانتیمتر است.

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 شده‌است از نوع معادله درجه دو با ضریب همبستگی حدود ۰/۸۶ 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 می‌یابد. این به‌دلیل تاثیر بافت، کانی‌شناسی 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 درمی‌آید معادله منحنی و ضریب همبستگی در روی شکل (۸) ارائه شده است.

با توجه به نحوه ی قرارگیری و پراکنش داده‌ها بر روی منحنی، همان طوری که بر روی منحنی نیز مشخص شده می‌توان واحدهای مارنی را گروه‌بندی 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 گرفته‌است. 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 معنی‌دار 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 ۰/۸۶ 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 گروه‌های مجزا به نحوی که بر روی منحنی نمایش داده شده‌است، وجود دارد.

٤- 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 منحنی‌ها مشخص می‌شود که در هر دو شیب روند تغییرات در تمام واحدهای مارنی مشابه بوده و تفاوت مشخصی و معینی را نشان نمی‌دهد. 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 ۲۰درصد) مشابه و نزدیک بهم می‌باشند. هرچند با دقت در منحنی‌های این دو شیب برای حجم رواناب تولیدی تغییرات و نوساناتی مشاهده می‌گردد، 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 عامل‌های انتخابی برای تعریف واحدهای کاری اقلیم بوده‌است. 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 مدیترانه‌ای – خیلی مرطوب قرار گرفته‌اند، گروه‌بندی شدند. در شکل(۱۱) تغییرات حجم رواناب در دو اقلیم خشک و مرطوب از واحدهای کاری مورد بررسی ارائه شده است. بر اساس این منحنی‌ها 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 معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. اما با دقت در منحنی‌ها می‌توان گفت در واحدهای مارنی قرمز بالایی Mu۵ (با شیب ۵٪) نسبت به واحدهای مارنی همین واحد Mu۲۰ با شیب ۲۰٪ در اقلیم خشک حجم رواناب تولیدی بیشتر از اقلیم مرطوب است اما در اقلیم مرطوب این موضوع بالعکس می‌باشد. 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.

٦- عوامل موثر در حجم رواناب تولیدی

بر اساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل مدل خطی (GLM) داده‌های حاصله از عملیات صحرایی(جدول ۱) اثر واحدهای مارنی بر حجم رواناب تولیدی در واحدهای کاری انتخابی در سطح ۱ و ۵٪ معنی دار است (جدول۲). به طوریکه در واحدهای مارنی مختلف میزان اختلاف در حجم رواناب تولیدی با یکدیگر تفاوت مشخص و معنی‌داری دارند. در حالیکه اثر شیب و اقلیم بر این صفت معنی‌دار نمی باشند. یعنی حجم رواناب تولیدی در دو اقلیم و شیب‌های انتخابی با یکدیگر اختلاف مشخص و معنی‌داری 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	٦٠	٣٨	٢	سیلتی کلی لوم
Mu5/20 Ar	٤٦	٤٠	١٤	سیلتی کلی لوم
Mu 5/20 Me	٤٦	٤٠	١٤	سیلتی کلی لوم
OL 5/20 Ar	٥٦	٣٦	٨	سیلتی کلی لوم
OL 5/20 Me	٥٦	٢٨	١٦	سیلتی کلی لوم
OM 5/20 Me	٤٨	٣٦	١٦	سیلتی کلی لوم
OM 5/20 Ar	٥٦	٢٨	١٨	سیلتی لوم
PL5/20 Ar	٣٦	٢٠	٤٤	لوم
PL5/20 Me	٤٢	٢٨	٣٠	کلی لوم

هرچند وجود اختلاف اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. ولی این اختلاف دارای یک تفاوت و رابطه مشخص و معنی‌داری نیست. اما تاثیر حالتهای دو گانه شیب × واحد مارنی، اقلیم× واحد مارنی و اقلیم × شیب همگی معنی‌دار می باشند. در دو حالت آخر تاثیر ترکیب واحدهای مارنی و اقلیم و شیب با اقلیم در زمان شروع رواناب معنی‌دار شده‌اند در حالیکه در حالت اقلیم و شیب تنها این تفاوت معنی‌دار نبود. دلیل این تغییر تاثیر واحدهای مارنی می‌باشد که طبق بحث صورت گرفته تاثیر واحدهای مارنی به تنهایی معنی‌دار 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 معنی‌دار است. بررسی میانگین و ضرایب همبستگی این عوامل در حالت سه گانه در جدول (۳) ارائه گردیده که با دقت در این داده‌ها معنی‌دار بودن تاثیر همزمان هر سه عامل بر حجم رواناب تولیدی واحدهای کاری تائید خواهد شد. اما بررسی دقیق تر میزان تاثیر هریک 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 به‌دست 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 ائوسن (EM) با هم در یک گروه قرار می گیرند و این در واقع به شرایط و ویژگی‌های ذاتی این واحدهای مارنی مربوط می شود که باعث بروز رفتارهای مشابه یا متناقض در آنها می‌گردد. به همین ترتیب می توان گفت که این چهار گروه از نظر تفاوت در حجم رواناب تولیدی با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند که همانطوریکه اشاره گردید به دلیل داشتن تفاوت در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آنهاست. در جدول (٤) تاثیر اقلیم و شیب بر حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی در دو شیب و اقلیم متفاوت مورد بررسی قرارگرفته است. داده‌های حاصل از تجزیه و تحلیل صورت گرفته این جدول نشان می‌دهد که تفاوت حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی در دو شیب و اقلیم انتخابی معنی‌دار می‌باشند. یعنی حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی در شیبهای ۵٪ و ۲۰٪ با همدیگر تفاوت محسوس و معنی‌داری داشته و این در واقع نشان‌دهنده موثر بودن شیب در این صفت می باشد و همین طور در مورد دو اقلیم خشک و مرطوب نیز اختلاف معنی‌دار و مشخص است. این نیز نشان‌دهنده موثر بودن اقلیم در تغییرات حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی است.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش در حدود ٤٤٣٨ کیلومترمربع که معادل ۲۰ درصد مساحت کل استان تحت اشغال اراضی مارنی می‌باشد. 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 می‌دهند.

بررسی روابط بین زمان شروع رواناب، حجم رواناب تولیدی وضریب رواناب در واحدهای مارنی بر اساس منحنی ترسیمی (شکل ۹) نشان می‌دهد که در درجه اول معادله همبستگی بین اینها از درجه دوم بوده و دردرجه 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 شیب‌های انتخابی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار و

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 تجمیع 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 می باشند. 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 می گیرند. بر این اساس می توان 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 می شود 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 سایرپژوهشگران 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 [٦]. 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 وهمکاران [٤]. همچنین حسینی وهمکاران [۸] بر اساس نتایج پژوهش خود اظهار می دارند 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 می نمایند. میر[۳] [۱۳] با استفاده از باران‌ساز صحرایی و همبستگی بین ویژگی‌های و فرسایش پذیری 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[٤] [١٦] 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[٥] [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 نفوذ پذیری بیشتر و موادآلی متوسط دارند. کرکبای[٦] [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

زنجان تامین شده‌است. 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 characterstics 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. & Finkele, 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 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

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