ارزیابی عوامل موثر بر فرسایش‌پذیری مارن‌های استان همدان با استفاده از دستگاه باران‌ساز

منوچهر امیری[1]، مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان
هادی نظری‌پویا، مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان
حمیدرضا پیروان، استادیار پژوهشکده تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۰۲/۰۲ **پذیرش مقاله:** ۱۳۸۸/۰۶/۱۵

چکیده

مارن‌ها نسبت به فرسایش بسیار حساس بوده و سالیانه هزاران تن رسوب را راهی مخازن سدها و محل پخش سیلاب در ایستگاه‌های تغذیه مصنوعی می‌نماید که در نتیجه، هزینه‌های پالایش آب شرب و پیش‌پالایی آب تغذیه مصنوعی به‌شدت افزایش می‌یابد. لذا بررسی مارن‌ها از ابعاد مختلف برای کارشناسان و محققان حائز اهمیت است. در این پژوهش سعی شده است تا متغیرهای موثر بر میزان فرسایش‌پذیری مارن‌های استان همدان شناسایی شود. به‌همین منظور از ۴۱ نقطه در سه منطقه مارن‌دار، ۴۹ نمونه اخذ و برای تعیین مقادیر متغیرهای فیزیکی و شیمیایی مورد نظر به آزمایشگاه ارسال و هم‌زمان مشخصات محل نمونه‌برداری‌ها، چون شیب، موقعیت جغرافیایی و امتیازات هفت پارامتر برای عامل سطحی خاک یادداشت شد؛ همچنین با استفاده از دستگاه باران‌ساز کامفورست در ۴۱ نقطه فوق‌الذکر، آزمایش باران مصنوعی انجام و ۴۱ نمونه روان‌آب تهیه و در آزمایشگاه با روش‌های ساده مقدار تلفات خاک اندازه‌گیری و محاسبه شد؛ سپس مقادیر ۲۳ متغیر فیزیکی و ۱۵ متغیر شیمیایی تعیین شده؛ در نهایت، همه داده‌ها به‌وسیله آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی و متغیرهای غیرنرمال با لگاریتم‌گیری نرمال شد و آن‌گاه به‌وسیله آزمون‌های همبستگی، رگرسیون دو متغیره و چند متغیره بررسی شدند. نتایج نشان داد که تنها نُه متغیر فیزیکو- شیمیایی با میزان تلفات خاک رابطه معنی‌دار و خطی نشان می‌دهد. از این میان، شاخص خمیری، درصد رس و نسبت رس، به‌ترتیب مهم‌ترین متغیرها برای ارزیابی میزان تلفات خاک از مارن‌های منطقه به‌شمار می‌روند.

واژه‌های کلیدی: تلفات خاک، درصد رس، رسوب، شاخص خمیری، فرسایش، متغیر غیرنرمال

مقدمه

طبق تعریف، مارن به مخلوطی از رس و کربنات‌کلسیم اطلاق می‌شود که میزان کربنات آن بین ۳۵ تا ۶۵ درصد متغیر است. مارن‌ها نسبت به فرسایش بسیار حساس بوده و موجب کاهش عمر مفید سدها، بالا بردن هزینه تصفیه آب شرب، ته‌نشینی کلوئیدهای رسی بر سطح خاک و کاهش نفوذپذیری در عرصه‌های پخش سیلاب و افزایش هزینه‌های پیش‌پالایی می‌شوند. فرسایش‌پذیری در مارن‌های مناطق خشک، به‌دلیل ناچیز بودن نفوذپذیری و نبود پوشش گیاهی، به‌ویژه در تپه‌های مارنی، بسیار فعال بوده و در آن‌ها اشکال مختلف فرسایش مخصوصاً فرسایش هزاردره‌ای به‌وجود می‌آید (Thornes، ۱۹۸۰). در ایران، مارن‌ها به‌خصوص در نواحی جنوبی و در تشکیلات مختلفی و به‌ویژه در تشکیلات قم و کرتاسه مشاهده می‌شود. رسوباتی که از این نهشته‌ها تولید می‌شود برای سدهای سفیدرود، پانزده خرداد، ساوه و ... به یک معضل تبدیل شده است. بنابراین بررسی مارن‌ها از جنبه‌ها و ابعاد مختلف فرسایشی برای دست‌یافتن به راه‌حل‌های مناسب به‌منظور مهار و یا کاهش میزان فرسایش ضروری است. در این پژوهش سعی شده تا رابطه بین میزان تلفات خاک به‌عنوان شاخص فرسایش‌پذیری با متغیرهای شیمیایی و فیزیکی در مارن‌های منطقه

[1] amiri.mano@yahoo.com

همدان بررسی و متغیرهای موثر بر میزان فرسایش این مارن‌ها شناسایی شود. میزان تلفات خاکی که به‌وسیله دستگاه‌های باران‌ساز به‌دست می‌آید، می‌تواند شاخصی برای بررسی میزان فرسایش‌پذیری تلقی شود.

امروزه دستگاه‌های باران‌ساز در طرح‌های حفاظت خاک، به‌دلیل جلوگیری از هزینه زیاد و اتلاف وقت اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که میزان ضریب فرسایش‌پذیری به‌دست آمده با استفاده از باران‌سازهای استاندارد، با مقادیر K حاصله از کرت‌های استاندارد صحرایی (روش جهانی USLE) همبسته و دارای رابطه معنی‌داری است (Kamphorst، ۱۹۸۷، مولودی، ۱۳۷۹). از آن‌جایی‌که در اغلب طرح‌های حفاظت خاک، لازم است آزمایش‌ها تکرار شود، بنابراین تحت این شرایط کاربر به شبیه‌سازی نیاز دارد که به آسانی حمل شود (Kamphorst، ۱۹۸۷). دستگاه باران‌سازی که مشخصات آن به‌وسیله Kamphorst (۱۹۸۷) ارائه شده است، یک دستگاه کوچک و سبک بوده و سازنده آن اظهار نموده که دستگاه کاملا استاندارد است؛ ولی با توجه به این‌که میزان فشار هوا و ارتفاع منطقه می‌تواند تا حدودی بر روی شدت بارش موثر واقع شود، لذا لازم است که محل قرارگیری انتهای لوله هوادهی بر روی استوانه مدرج، به‌وسیله آزمایش و واسنجی دستگاه در منطقه مورد استفاده، تعیین شد.

محققان به‌صورت پراکنده رابطه بین عوامل فیزیکو- شیمیایی را با میزان فرسایش‌پذیری مارن‌ها مورد توجه قرار داده، اظهار نموده‌اند که به‌طورکلی، وجود ترکیباتی چون مواد آلی، اکسیدهای آهن و اکسیدهای آلومینیوم باعث پایداری آن‌ها می‌شود (Greenland و Payne، ۱۹۷۵) و یـون‌های سدیم با پخش کردن ذرات رس موجب افزایش شدت فرسایش می‌شود (Heed، ۱۹۷۱). به‌هر حال، عوامل موثر در فرسایش‌پذیری مارن‌ها زیاد بوده و دارای فرآیند پیچیده‌ای است؛ به‌طوری‌که فرسایش در مارن‌ها به عوامل خارجی، نظیر توزیع بارندگی و عوامل داخلی، مانند خصوصیات شیمیایی و فیزیکی بستگی دارد (Bryan، ۱۹۸۷).

تحقیقات انجام شده به‌کمک آزمایش‌های ترمودینامیک نشان می‌دهد که خاک‌های مارنی با تغییرات pH و حضور آب و سولفات‌هایی چون گچ و آنیدریت، کانی‌های آب‌دار و متورمی مثل ایترینگیت و تومازیت تولید می‌کنند که می‌تواند میزان پایداری خاک‌های مارنی را افزایش دهد (Mohamed، ۲۰۰۰، Bouma، ۱۹۹۸) با بررسی بدلندهای منطقه پتر در اسپانیا اظهار نمود که (EC) و (SAR)، ارتباط زیادی با فرسایش‌پذیری و تولید بدلندها نشان می‌دهد و کربنات کلسیم در مارن‌های سفیدرنگ منطقه سبب پایدار شدن آن‌ها نسبت به انواع مارن‌های خاکستری و قهوه‌ای شده است. درباره رسوب‌خیزی مارن‌ها مطالعات زیادی به وسیله Benito و همکاران (۱۹۹۱) در اسپانیا، Engelend (۱۹۷۱) در جنوب داکوتای امریکا، Bufalo و Nahon (۱۹۹۲) در فرانسه و Sirventij و همکاران (۱۹۹۶) در اسپانیا صورت گرفته است که نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده به‌وسیله محققان یاد شده، نشان‌گر حساسیت بسیار شدید مارن‌ها به فرسایش و تغییر و تحول اشکال فرسایشی در آن‌ها است و نقش شیب دامنه‌ها و شدت روان‌آب در تولید رسوب از عرصه‌های مارنی، چشم‌گیر و قابل توجه است.

عباسی و عبدی (۱۳۸۴) با آنالیز ۲۹ نمونه از مارن‌های قزل اوزن سفلی به این نتیجه رسیدند که هر قدر میزان +Cl-، Na+ ، HCO3-،Ca2+ و گچ افزایش می‌یابد، شدت فرسایش بالا رفته و اشکال فرسایش شیاری، هزار دره‌ای (در شیب‌های تند) و خندقی (در شیب‌های کم) گسترش می‌یابد. قدیمی‌عروس‌محله و همکاران (۱۳۷۸)، با تهیه ۶۰ نمونه از مارن‌های تفرش و تعیین ۱۶ متغییر فیزیکو- شیمیایی اظهار داشتند که مناسب‌ترین شاخص فرسایش در مارن‌های منطقه میزان نسبت جذب سدیم است. خامه‌چیان (۱۳۶۹)، با انجام آزمایشاتی چون حدود اتربرگ و ... بر روی نمونه‌هایی از مارن دارای رس مونتموریلونیت نتیجه‌گیری کرد که با افزایش مقدار کربنات کلسیم، میزان حساسیت مارن در برابر آب کاهش یافته و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن‌ها از نظر مهندسی بهبود می‌یابد.

مواد و روش‌ها

واسنجی دستگاه باران‌ساز: دستگاه باران‌ساز Kamphorst (۱۹۸۷)، یک دستگاه کوچک و ساده‌ای و با توجه به‌اینکه بخش نگه‌دارنده آن فقط برای شیب‌های ۲۰ درصد تنظیم شده، بنابراین در این طرح باید آزمایشات در واحدهایی با شیب متفاوت انجام شود، لذا با مشورت‌های متعدد و با کمک بخش فنی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

کشور، بخش نگه‌دارنده آن به‌شکل یک چهارپایه با دو پایه ثابت و دو پایه قابل تنظیم، تغییر داده شد که اجزاء و تصویر آن در شکل ۱ ارائه شده است.

شکل ۱- تصویر دستگاه باران‌ساز کوچک و اجزای تشکیل‌دهنده آن

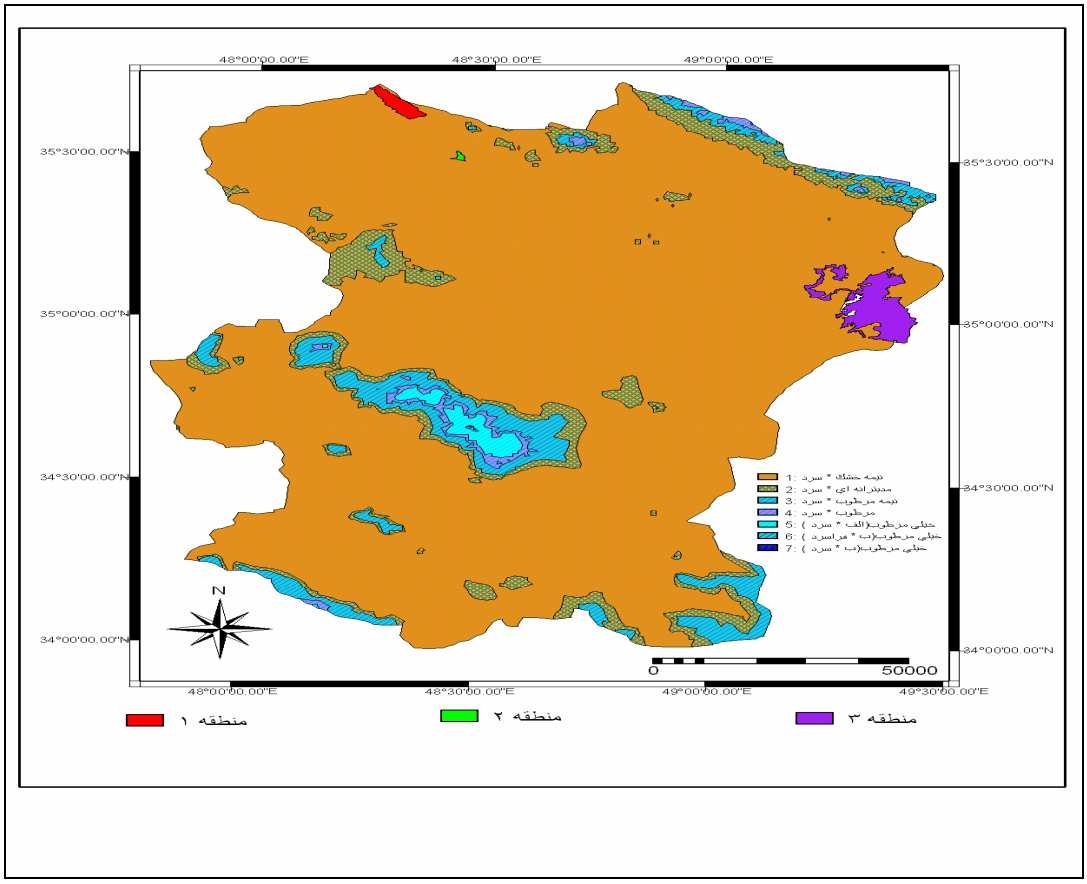
از آن‌جایی‌که شرایط آب و هوایی و ارتفاعی استان همدان و فصل انجام عملیات صحرایی و در نتیجه فشار هوا، متفاوت از شرایط آزمون اولیه دستگاه بود، لذا اقدام به آزمون دستگاه برای تعیین دقیق خط نشانه آزمایش (روی استوانه مدرج) شد؛ این خط نشانه به‌منظور تنظیم انتهای پائینی لوله هوادهی و برای ایجاد بارش استاندارد استفاده می‌شود؛ برای انجام این کار، به‌کمک کرونومتر، شدت بارش به‌ازای درجه‌های مختلف استوانه مدرج به دو روش بررسی شد و از داده‌های به‌دست آمده و نمودارهای خطی، لگاریتمی، چند جمله‌ای و ... مقدار مناسب خط نشانه، معادل ۱/۷۰۸ درجه بر روی استوانه مدرج به‌دست آمد و این عدد برای انجام آزمایشات در صحرا مورد استفاده قرار گرفت.

نمونه‌گیری‌های صحرایی: به‌طورکلی، مارن‌های همدان دو سه منطقه شمال استان واقع شده و اقلیم حاکم بر آن‌ها از نوع نیمه خشک سرد است (شکل۲). این تشکیلات در نقشه‌های زمین‌شناسی۲۵۰۰۰۰ : ۱ در صفحه‌های D5 و D6 با رخساره مارن، ماسه سنگ و آهک و در نقشه رزن با مقیاس۱۰۰۰۰۰: ۱ به‌صورت مارن‌های خاکستری تا سبز زیتونی و گاهی قرمز رنگ با میان لایه‌هایی از سنگ آهک ستبر تعریف شده و براساس ماکروفسیل‌ها و میکروفسیل‌های موجود، سن آن‌ها الیگومیوسن پسین تا میوسن بالایی تعیین شده است.

در این طرح، ابتدا برای شناخت وضعیت مینرالوژی و تائید یا رد سن آن‌ها، تعداد هفت نمونه به‌روش دیفرکتومتری اشعه ایکس و پنج نمونه از مارن‌های نیمه سخت و سه نمونه از سنگ‌های آهکی و ماسه‌سنگی همراه به‌روش تهیه مقاطع نازک مورد تحقیق قرار گرفت. و سپس از خاک‌های مارنی در محل انواع فرسایش از سه منطقه مارنی ۴۹ نمونه (۲۴ نمونه از دیواره ۱۶خندق، ۸ نمونه از فرسایش‌های شیاری و ۱۷ نمونه از فرسایش‌های ورقه‌ای) و هر کدام به وزن حدود ۲/۵ تا سه کیلوگرم اخذ شد. در این نمونه‌برداری، در مکان‌هایی با فرسایش ورقه‌ای، نمونه‌ها از شیب عمومی دامنه‌ها و از نقطه وسط شیب و با حفر چاله‌ای به عمق و قطر حدود ۲۰ سانتی‌متر، در مکان‌های با فرسایش شیاری، نمونه از نقطه شروع تشکیل شیار و از شیار جوان‌تر و فعال‌تر ازچاله‌ای به‌عمق و قطر۳۰ سانتی‌متر، و در فرسایش‌های خندقی، نمونه از جوان‌ترین و فعال‌ترین خندق و از قسمت دیوار هدکت و با ایجاد شیاری به‌عمق حدود پنج سانتی‌متر، عرض حدود پنج سانتی‌متر و به عمق خندق و از هر لایه یک نمونه اخذ شد.

علاوه بر این، امتیاز عوامل هفت‌گانه عامل سطحی خاک طبق جدول (B.L.M)، شیب محل نمونه‌برداری‌ها و موقعیت جغرافیایی آن‌ها یاداشت شد؛ همزمان با نمونه‌برداری به‌وسیله دستگاه باران‌ساز مصنوعی کامفورست در ۴۱

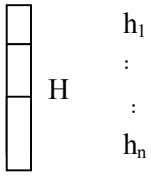
نقطه مذکور (محل نمونه‌برداری‌ها)، آزمایش باران مصنوعی انجام و ۴۱ نمونه روان‌آب و رسوب تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد.



شکل۲- موقعیت مارن‌های استان همدان

تحلیل آزمایشگاهی: کلیه نمونه‌های اخذ شده به آزمایشگاه‌های دانشگاه بوعلی‌سینا، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور ارسال و مقدار متغیرهای شیمیایی و فیزیکی مورد نظر تعیین شد و سپس مقدار شاخص خمیری، اکتیویته (نسبت شاخص خمیری به درصد ذرات رس)، اکتیویته اصلاح‌شده و نسبت رس نیز محاسبه شد. همان طوری‌که ذکر شد، از ۱۶ خندق، تعداد ۲۴ نمونه مارنی برداشت شد؛ یعنی از تعدادی از آن‌ها به‌دلیل وجود لایه‌های مختلف چندین نمونه اخذ شده که برای این نمونه‌ها، از روش وزنی برای محاسبه مقادیر نهایی پارامترهای شیمیایی و فیزیکی به‌شرح طرح و معادله ذیل استفاده شد.

$$M0 = \frac{M1.h1 + ... + Mn.hn}{H} \qquad (۱)$$



که در آن، M0 مقدار پارامتر شیمیایی یا فیزیکی در خندق مورد تحقیق، M1 تا Mn، مقادیر پارامتر شیمیایی یا فیزیکی در هر یک از لایه‌ها (نمونه‌ها) و h1 تا hn، مقدار عمق افق‌ها (لایه‌ها) در خندق است. در خندق‌هایی که در دیواره آن‌ها چندین لایه وجود داشت، نوع بافت غالب به‌عنوان بافت نمونه انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل: داده‌های صحرایی و آزمایشگاهی به‌کمک روش‌های آماری (مشکانی، ۱۳۷۴) و برنامه SPSS (زرگر، ۱۳۸۴؛ افشانی، ۱۳۸۴) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ابتدا کلیه داده‌ها با استفاده از دستورالعمل آنالیز اکتشافی و به‌کمک آماره کولموگروف-اسمیرنوف، آماره شاپیرو- ویلک بررسی و متغیرهای غیرنرمال شناسایی و با لگاریتم‌گیری نرمال و مقادیر پرت کنار گذاشته شد. سپس ۲۳ متغیر فیزیکی و ۱۵ متغیر شیمیایی برای بررسی‌های آماری آماده شد (جدول ۱). در نهایت به‌منظور شناسایی متغیرهای همبسته با متغیر تلفات خاک، کلیه متغیرها به‌وسیله آزمون همبستگی به دو روش پارامتریک پیرسن و ناپارامتریک اسپیرمن بررسی شد، آن‌گاه برای تعیین ضرایب معادلات پیش‌بینی‌کننده تلفات خاک و شناسایی بهترین متغیرهای موثر در میزان تلفات خاک تمامی داده‌ها با آزمون‌های رگرسیون دو متغیره و چند متغیره مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱- انواع متغیرهای مورد استفاده در آنالیزهای آماری به همراه علائم اختصاری آن‌ها

متغیرهایی که به صورت طبیعی نرمال بوده‌اند		متغیرهایی که نرمال شده‌اند			
نام متغیر	علامت اختصاری	نام متغیر	علامت اختصاری	نام متغیر	علامت اختصاری
درصد مواد خنثی شونده	T.N.V	لگاریتم وزن روان‌آب	L.Ru.of	لگاریتم نسبت جذب سدیم	L.S.A.R
ظرفیت تبادل کاتیونی	C.E.C	لگاریتم عامل حرکات توده‌ای خاک	L.Ma.M	لگاریتم مجموع آنیونها	L.Su.A
اسیدیته	PH	لگاریتم عامل فرسایش خندقی توسعه	L.Gully	لگاریتم یون کلر	L.Cl
وزن مخصوص واقعی	Virt	لگاریتم عامل فرسایش شیاری	L.Chan	لگاریتم یون بی کربنات	$L.Hco_3$
حد روانی	LL	لگاریتم عامل قطعات سنگ تحکیم یافته	L.Frag	لگاریتم طبیعی یون سولفات	$L.So_4$
حد خمیری	PL	لگاریتم عامل پوشش خرده سنگی	L.Deb	لگاریتم مجموع کاتیونها	L.Su.C
درصد رس	Clay	لگاریتم عامل پوشش لاشبرگ	L.Litter	لگاریتم یون کلسیم	L.Ca
درصد سیلت	Silt	لگاریتم درصد شیب توپوگرافی	L.Slo	لگاریتم یون سدیم	L.Na
عامل فرم آبراهه	Wa.W	لگاریتم درصد ماسه	L.Sand	لگاریتم یون منیزیم	L.Mg
نشانه خمیری	PI			لگاریتم هدایت الکتریکی	$L.E_C$
فعالیت(پتانسیل تورم)	A			لگاریتم مقدار ژیپس	L.GY
فعالیت اصلاح شده (قابلیت تورم اصلاح شده)	A9			لگاریتم درصد کربن آلی	L.O.C
نسبت رس	Cl.Ra			لگاریتم عامل سطحی خاک	L.S.S.F

نتایج و بحث

در تحقیق مارن‌های منطقه، با اشعه ایکس، کانی‌های کوارتز، کلسیت، آلبیت، آلکالی‌فلدسپات، رس‌های چندلایه‌ای، میکا، ایلیت، کانی‌های حجیم، مونت موریلونیت، کلینوکلر، دولومیت و ژیپس شناسایی شد و در مقاطع میکروسکوپی، دو بخش تیره رسی و شفاف کربناتی مشاهده شد. لکه‌های آهکی هم‌راه با مارن‌ها، حاوی خرده‌های بیوکلاستیکی مانند جلبک‌های لیتوتامینیوم و لیتوفیلوم ، بریوزوآ، و فورامینیفرهایی چون نومولیتس و آلوئولینا بوده و سن الیگومیوسن برای آن‌ها بیان و تائید می‌شود.

بررسی همبستگی داده‌ها نشان می‌دهد که برخی از متغیرها، حتی در سطح یک درصد، با عامل نسبت لگاریتم تلفات خاک به میزان تلفات خاک (L.se/se) همبستگی دارند. درجدول ۲، کلیه متغیرهایی که با میزان تلفات خاک رابطه معنی‌دار و خطی دارند ارائه شد.

نتایج بررسی کلیه متغیرهایی که با میزان تلفات خاک همبسته‌اند به وسیله آنالیز رگرسیون دو متغیره در جدول ۳ آمده است. میزان دقت در پیش‌بینی مقدار تلفات خاک در یک ردیف از جدول ۳، فوق تحت عنوان سطح ارتباط دیده می‌شود؛ همچنین در این جدول، نتایج بررسی مقادیر باقی‌مانده (تفاوت مقادیر پیش‌بینی شده با معادله رگرسیون و مقادیر واقعی) در نمودارهای پراکنش، P.P plot و هیستوگرام ارائه شده است.

نمودار هیستوگرام برای مقادیر باقی‌مانده در تمامی متغیرها، تقریبا نرمال بوده و این به آن مفهوم است که مقدار تلفات خاک به‌خوبی به‌وسیله هر یک از متغیرهای جدول قابل پیش‌بینی بوده و معادله رگرسیون آن‌ها معنی‌دار است. در نمودارهای P-P Polt، زاویه خط به‌دست آمده نسبت به محور y و x دارای زاویه ۴۵ درجه است که نتایج فوق را تایید می‌نماید. علاوه بر این در نمودار پراکنش، انحرافی نسبت به فرضیه خطی بودن و معنی‌دار بودن رابطه متغیرها با مقدار تلفات خاک مشاهده نمی‌شود. به‌طورکلی، کلیه متغیرهای موجود درجدول با دقت متوسط، مقدار تلفات خاک را پیش‌بینی می‌کند. درجدول، نشانه خمیری و حد روانی، بیش‌ترین تاثیر را در پیش‌بینی مقدار تلفات خاک دارند.

دو پرسش در این مرحله به ذهن متبادر می‌شود: ۱) برای کاهش میزان هزینه‌ها، بهتر است از متغیرهای آزمایشگاهی استفاده شود یا از متغیرهای صحرایی ۲) از بین متغیرهای شیمیایی و فیزیکی کدام‌یک برای پیش‌بینی تلفات خاک بهتر خواهدبود؟ نتایج مقایسه متغیرهای صحرایی با متغیرهای آزمایشگاهی به‌وسیله آنالیز رگرسیون چندگانه نشان می‌دهد که متغیرهای صحرایی، حدود ۱۶/۴ درصد و متغیرهای آزمایشگاهی حدود ۵۱/۵ درصد از واریانس متغیر تلفات خاک را کنترل می‌کنند و متغیرهای آزمایشگاهی به‌طور معنی‌داری، فراتر از متغیرهای صحرایی، در پیش‌بینی متغیر تلفات خاک موثر هستند.

برای بررسی اینکه کدام‌یک از پارامترها برای پیش‌بینی تلفات خاک مناسب‌تر از بقیه است، منحنی‌های همبستگی جزئی، احتمال معنی‌داری و وزن متغیرها در معادلات استاندارد برای کلیه متغیرها، در شکل ۳ ارائه شده است. شکل ۳ نشان می‌دهد که متغیرهای درصد رس و نسبت رس با داشتن بیش‌ترین مقدار همبستگی جزئی، بیش‌ترین وزن در معادله استاندارد و کم‌ترین مقدار، احتمال معنی‌داری را به‌عنوان بهترین متغیرها در پیش‌بینی تلفات خاک در مارن‌های منطقه شناسایی می‌کنند.

نتایج مقایسات متغیرهای آزمایشگاهی به‌وسیله تحلیل رگرسیون چندگانه نشان می‌دهد که در بین متغیرهای شیمیایی، اسیدیته تنها متغیری است که با مقدار تلفات خاک همبسته بوده و تنها حدود ۱۱/۶ درصد تغییرات اندیس تلفات خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ درحالی‌که، متغیرهای فیزیکی حدود ۴۵ درصد تغییرات اندیس تلفات خاک را کنترل می‌کنند. متغیرهای فیزیکی به‌صورت معنی‌دار، فراتر از متغیر اسیدیته، میزان تلفات خاک را پیش‌بینی می‌کنند.

مقادیر همبستگی‌های جزئی، میزان احتمال در معنی‌داری و ضرایب استاندارد معادلات رگرسیون برای کلیه متغیرهای آزمایشگاهی (شکل۴) نشان می‌دهد که دو متغیر نسبت رس و درصد رس به‌عنوان موثرترین پارامترهای فیزیکوشیمیایی برای پیش‌بینی میزان تلفات خاک به‌شمار می‌روند. البته یک نکته مهم وجود دارد و آن این است که متغیر نشانه خمیری، دارای کم‌ترین احتمال معنی‌داری بوده، در بین متغیرهای فیزیکی با حذف تاثیر سایر متغیرها، تنها متغیر معنی‌دار در پیش‌بینی تلفات خاک تلقی می‌شود. هر چند شیب استاندارد آن از دو متغیر درصد رس و نسبت رس کم‌تر است، ولی مقدار همبستگی جزئی آن کم‌تر نیست. بنابراین برای فهم نهایی موضوع، مشخصات همبستگی‌ها، معنی‌داری آزمون‌های t و ضرایب رگرسیون برای هر سه متغیر و سپس برای دوبه‌دوی آن‌ها مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد که متغیر نشانه خمیری دارای کم‌ترین سطح معنی‌داری و بیش‌ترین مقدار قدرمطلق همبستگی جزئی بوده که این نتیجه در بررسی دو به دوی متغیرها نیز تایید می‌شود.

بنابراین نشانه خمیری بهترین و موثرترین عامل در پیش‌بینی مقدار تلفات خاک در مارن‌های منطقه است. همچنین در مقایسه دو متغیر درصد رس و نسبت رس با هم، ملاحظه شد که درصد رس به‌عنوان دومین متغیر موثر در پیش‌بینی مقدار تلفات خاک نقش دارد. برای نتیجه‌گیری قطعی درباره این سه متغیر و اثبات نتایج قبلی، مقادیر و تغییرات پارامترهای R2 و R تعدیل شده و سطح معنی‌داری آن‌ها برآورد و در جدول ۴ ارائه شده است.

داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهد که نشانه خمیری به‌طور معنی‌داری فراتر از متغیر درصد رس در پیش‌بینی میزان تلفات خاک موثر است؛ به‌طوری که درصد کنترل واریانس را از ۳۳/۸ درصد به ۴۸/۳ درصد افزایش می‌دهد و این در حالی است که درصد رس فراتر از نشانه خمیری معنی‌دار نیست. علاوه بر این، در مقایسه نشانه خمیری و نسبت رس نیز مشاهده می‌شود که نشانه خمیری به‌طور معنی‌دار درصد تغییرات واریانس را ۲۳/۸ درصد افزایش می‌دهد؛ درحالی‌که نسبت رس فراتر از نشانه خمیری معنی‌دار نیست؛ بنابراین نشانه خمیری، متغیر مناسب‌تری در پیش‌بینی تلفات خاک است. مقایسه نسبت رس با درصد رس مشخص می‌کند که متغیر درصد رس مناسب‌تر از متغیر نسبت رس، میزان تلفات خاک را پیش‌بینی می‌نماید.

نتایج بررسی تحلیل همبستگی و رگرسیون نشان داد که از میان متغیرها، نه متغیر اسیدیته، درصد رس، درصد ماسه، حد روانی، حد خمیری، امتیاز عامل شکل آبراهه‌ها، شیب، نشانه خمیری و نسبت رس با میزان تلفات خاک، رابطه معنی‌داری دارد. بررسی مقادیر همبستگی جزئی، احتمال معنی‌داری و مقدار وزن استاندارد این متغیرها نشان می‌دهد که سه متغیر نشانه خمیری، درصد رس و نسبت رس، به‌ترتیب بهترین متغیرهای پیش‌بین برای مقدار تلفات خاک در مارن‌های منطقه محسوب می‌شوند. عباسی و عبدی (۱۳۸۴) هم میزان +Ca2، -HCO3، +Na ، -Cl و گچ را عوامل موثر در میزان فرسایش دانسته و بیان نموده‌اند که با افزایش مقدار آن‌ها، میزان فرسایش بالا رفته و اشکال فرسایش شیاری، هزار دره‌ای (در شیب‌های تند) و خندقی (در شیب‌های کم) گسترش می‌یابد.

جدول۲- مقادیر همبستگی و احتمال معنی‌داری بین متغیر تلفات خاک و متغیرهای فیزیکو- شیمیایی همبسته

ناپارامتریک (Se)			پارامتریک (L.Se/Se)		
متغیرها	همبستگی	معنی داری	متغیرها	همبستگی	معنی داری
pH	۰/۴۲۴**	۰/۰۰۶	PH	-۰/۳۹۴*	۰/۰۱۳
Clay	۰/۴۸۱**	۰/۰۰۱	Clay	-۰/۵۸۲**	۰/۰۰
Sand	-۰/۴۷۱**	۰/۰۰۲	L.Sand	۰/۴۶*	۰/۰۱۱
LL	۰/۶۲۵**	۰/۰۰	LL	-۰/۶۳۹**	۰/۰۰
PL	۰/۴۹۵**	۰/۰۰۱	PL	-۰/۳۲۳*	۰/۰۴۵
Wa.w	-۰/۳۲۶*	۰/۰۳۷	Wa.w	/۳۲۹*	۰/۰۴۱
Slo	۰/۶۲۵**	۰/۰۰	L.Slo	-۰/۵۴**	۰/۰۰
PI	۰/۴۹۷**	۰/۰۰۱	PI	-۰/۶۵۳**	۰/۰۰
Cl.Ra	-۰/۴۴۳**	۰/۰۰۴	Cl.Ra	۰/۴۴۳**	۰/۰۰۵

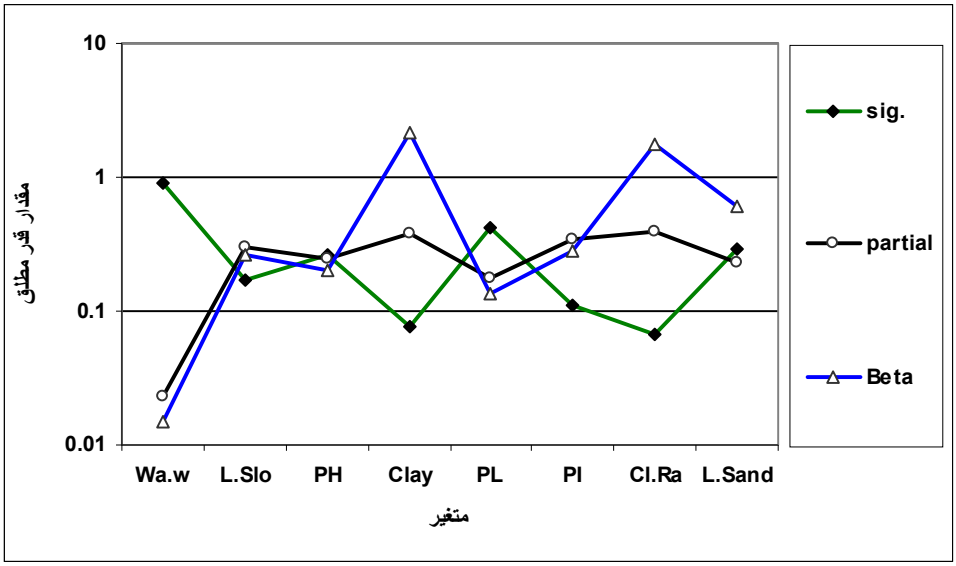
**در سطح یک درصد و *در سطح پنج درصد

علاوه بر این، قدیمی‌عروس‌محله و همکاران (۱۳۷۸) اظهار داشته‌اند که مناسب‌ترین شاخص فرسایش در مارن‌های منطقه تفرش، میزان نسبت جذب سدیم است؛ به‌این ترتیب آن‌ها متغیرهای شیمیایی را به‌عنوان بهترین عوامل موثر در حساسیت مارن‌ها به فرسایش معرفی نموده‌اند که البته این نتایج را Bouma (۱۹۹۸) با معرفی EC و S.A.R و خامه‌چیان (۱۳۶۹) با معرفی کربنات‌کلسیم به‌عنوان عوامل موثر در میزان حساسیت مارن‌ها به فرسایش به نحو دیگری تائید کرده‌اند. این در حالی است که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که هیچ‌یک از متغیرهای شیمیایی (بجز اسیدیته)، در میزان فرسایش‌پذیری مارن‌های منطقه موثر و معنی‌دار نیست و متغیرهای فیزیکی، نسبت به متغیرهای شیمیایی، نقش بیش‌تر و برجسته‌تری در میزان فرسایش‌پذیری مارن‌های منطقه ایفا می‌نمایند. از آن‌جایی که درمعادله‌ها و روش‌های برآورد فرسایش، چون روش پسیاک و... بیش‌تر بر خصوصیات فیزیکی (مانند بافت خاک) تاکید شده و عوامل

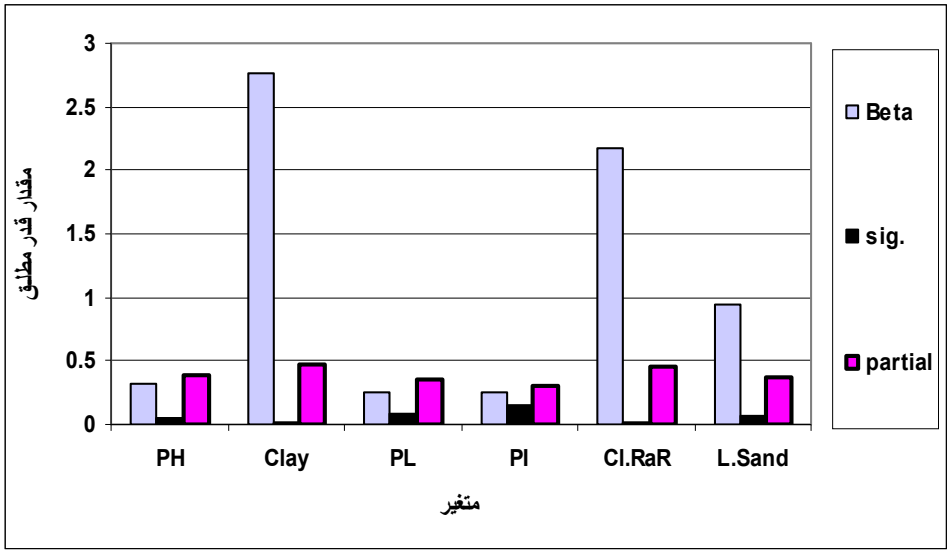
شیمیایی در این معادله‌ها به کار گرفته نشده است، لذا تصور می‌رود که نتایج حاصل از این پژوهش به واقعیت نزدیک‌تر باشد؛ بنابراین برای رسیدن به نتایج کلی و قطعی لازم است که مارن‌ها درگستره خیلی وسیع‌تری مورد بررسی قرار گیرند.

جدول ۳- نتایج و پارامترهای به‌دست آمده از آزمون رگرسیون دو متغیره تلفات خاک با متغیرهای پیش‌بین

متغیرهای پیش‌بین		pH	Clay	L. sand	LL	PL	Wa.W	L.Slo	PI	Cl.Ra
آزمون همبستگی (R)	مقدار R	-۰/۳۹۴	-۰/۵۸۲	۰/۴۶	-۰/۶۳۹	-۰/۳۲۳	۰/۳۲۹	-۰/۵۴	-۰/۶۵۳	۰/۴۴۳
	معنی‌داری	۰/۰۱۳	۰/۰۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰	۰/۰۴۵	۰/۰۴۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰۵
	سطح ارتباط	متوسط	قوی	متوسط	قوی	متوسط	متوسط	قوی	قوی	متوسط
ضریب تبیین (R^2)		۱۵/۵	۳۲/۸	۲۱/۲	۹/۴۰	۴/۱۰	۸/۱۰	۱/۲۹	۴۲/۷	۱۹/۶
ضریب تبیین تعدیل شده (R^2)		۳۲/۲	۳۲	۱۸/۴	۳۹/۱	۸	۸/۴	۲۷/۲	۴۱/۱	۷/۵
ارزیابی نمودار پراکنش		متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	ضعیف	ضعیف	متوسط	متوسط	ضعیف
وضعیت مقادیر باقی‌مانده در نمودارها	هیستوگرام	تقریبا نرمال	تقریبا نرمال	تقریبا نرمال	تقریبا نرمال	تقریبا نرمال	تقریبا نرمال	تقریبا نرمال	تقریبا نرمال	تقریبا نرمال
	زاویه p-p - Plot	≈۴۵	≈۴۵	≈۴۵	≈۴۵	≈۴۵	≈۴۵	≈۴۵	≈۴۵	≈۴۵
	نمودار پراکنش	عدم انحراف	عدم انحراف	عدم انحراف	عدم انحراف	عدم انحراف	عدم انحراف	عدم انحراف	عدم انحراف	عدم انحراف
معنی‌داری درآزمون f		۰/۰۱۳	۰/۰۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰	۰/۰۴۵	۰/۰۴۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰۵
معنی‌داری در آزمون t		۰/۰۱۳	۰/۰۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰	۰/۰۴۵	۰/۰۴۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰۵
ثابت رگرسیون (a)		۰/۳۰۵	۰/۰۹۸	۰/۰۲۱	۰/۱۲۳	۰/۱۰۴	۰/۰۲۹	۰/۰۶۵	۰/۰۸۲	-۰/۰۱
شیب رگرسیون (β)		-۰/۰۳۲	-۰/۰۰۱	۰/۰۲۸	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۳	۰/۰۲۵
شیب استاندارد (βz)		-۰/۳۹۴	-۰/۵۸۲	۰/۴۶	-۰/۶۳۹	-۰/۳۲۳	۰/۳۲۹	-۰/۵۴	-۰/۶۵۳	۰/۴۴۳



شکل۳- نمودارهای همبستگی جزئی، معنی‌داری و شیب استاندارد در متغیرهای موثر در پیش‌بینی تلفات خاک



شکل۴- دیاگرام همبستگی جزئی، معنی‌داری و شیب استاندارد در متغیرهای آزمایشگاهی موثر در پیش‌بینی تلفات خاک

جدول ۴- مقایسات R2، R2، R تعدیل و معنی‌داری برای سه متغیر درصد رس، نسبت رس و نشانه خمیری در پیش‌بینی تلفات خاک

متغیرهای مورد مقایسه	نحوه مقایسه متغیرها	احتمال معنی‌داری	R^2 اصلاح شده	تغییرات R^2	R^2	(R)	متغیر یا متغیرهای پیش‌بین
نشانه خمیری با درصد رس	نشانه خمیری فراتر از درصد رس	۰/۰۰۳ فراتر	۰/۳۲	۰/۱۴۵	۰/۳۳۸	۰/۵۸۳	درصد رس
			۰/۴۵۵		۰/۴۸۳	۰/۶۹۵	نشانه خمیری و درصد رس
	درصد رس فراتر از نشانه خمیری	۰/۰۵۵	۰/۴۱۱	۰/۰۵۷	۰/۴۲۷	۰/۶۵۳	نشانه خمیری
			۰/۴۵۵		۰/۴۸۴	۰/۶۹۵	درصد رس و نشانه خمیری
نشانه خمیری با نسبت رس	نشانه خمیری فراتر از نسبت رس	۰/۰۰۰ فراتر	۰/۱۷۵	۰/۲۳۸	۰/۱۹۶	۰/۴۴۳	نسبت رس
			۰/۴۰۳		۰/۴۳۴	۰/۶۵۹	نشانه خمیری و نسبت رس
	نسبت رس فراتر از نشانه خمیری	۰/۴۸۳ فراتر	۰/۴۱۱	۰/۵۰۲	۰/۴۳	۰/۶۵۳	نشانه خمیری
			۰/۴۰۳		۰/۴۳۴	۰/۶۵۹	نسبت رس و نشانه خمیری
درصد رس با نسبت رس	درصد رس فراتر از نسبت رس	۰/۰۰۳ فراتر	۰/۱۷۵	۰/۱۹۰	۰/۱۹۶	۰/۴۴۳	نسبت رس
			۰/۳۵۲		۰/۳۸۶	۰/۶۲۱	درصد رس و نسبت رس
	نسبت رس فراتر از درصد رس	۰/۱۰۳ فراتر	۰/۳۲۰	۰/۰۴۸	۰/۳۳۸	۰/۵۸۳	درصد رس
			۰/۳۵۳		۰/۳۸۶	۰/۶۲۱	نسبت رس و درصد رس

منابع مورد استفاده

۱. افشانی، س.ع. ر. ۱۳۸۴. فرازی بر SPSS14. انتشارات بیشه، ۳۳۰ صفحه.

۲. خامه‌چیان، م. ۱۳۶۹. بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی سنگ‌های مارنی-رسی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۳. زرگر، م. ۱۳۸۴. راهنمای جامع SPSS13 همراه با تمرین‌های علمی و کاربردی. ۵۵۶ صفحه.

۴. عباسی، ن. و پ. عبدی. ۱۳۸۴. بررسی رابطه بین خصوصیات شیمیایی مارن‌ها با رفتارهای محیطی آن‌ها (مطالعه موردی حوزه قزل‌اوزن سفلی در منطقه طارم علیای استان زنجان). چهارمین همایش زمین‌شناسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، صفحه ۹۱۱-۹۰۴.

۵. قدیمی‌عروس‌محله، ف.، ا. پورمتین و ج. قدوسی. ۱۳۷۸. بررسی امکان طبقه‌بندی مارن‌ها بر اساس خصوصیات فیزیکی-شیمیایی در منطقه تفرش. فصلنامه پژوهش و سازندگی، جلد ۱۲، شماره ، پی‌آیند ۴۰، ۴۱ و ۴۲، صفحه ۳۵-۳۰.

۶. مشکانی، م.ر. ۱۳۷۴. آمار مقدماتی. جلد اول و دوم، ۷۴۰ صفحه، ترجمه

۷. مولودی، ز. ۱۳۷۹. تعیین ضریب فرسایش‌پذیری خاک در شش سری خاک منطقه باجگاه (واقع در استان فارس) با استفاده از دستگاه باران‌ساز. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شیراز.

8. Benito, S., M. Gutierrez and C. Sanch. 1991. Erosion patterns in rill and interrill areas in badland zones of the middle Ebro basin (NE-Spain). Soil Erosion Studies (in spain).
9. Bouma, Z. 1998. Investigation of relationships between measured field indicators and erosion processes on badland surface at petrer. Spain university of Amesterdam.
10. Bryan, R.B. 1987. Processes and significance of rill development. Catena Supp., 8:1-15.
11. Bufalo, M. and D. Nahon. 1992. Erosional processes or Mediterranean badlands: A new erosivity index for predicting sediment yield from gully erosion. Geoderma, 52:133-147.
12. Engelend, G.B. 1971. Runoff processes and slope development in badlands national monument, South Dakota. Journal of Hydrology, 18:55-79.
13. Greenland, G.J. and D. Payne. 1975. Determination of the structural stability class of English and welsh soil, using a water coherence test. J. soil Sci., 46:294-303.
14. Heed, B.H. 1971. Characteristics and processes of soil piping in gullies. Dep. of Agric. Forest Serv., Paper, Rm. 68, 15.
15. Kamphorst, E. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility. Nether lands Journal of Agricultural Science, 35:407-415.
16. Mohamed, A.M.O. 2000. The role of clay minerals in marly soils on its stability. Engineering Geology, 57:193-203.
17. Sirventij, D.G., M.S. Guticrres and G. Benito. 1996. Erosion in badland areas recorded by collectors. Erosion pins and profilometer techniques (Ebro basin، Nw- spain). Geomorphology, 18:61-75.
18. Thornes, I.B. 1980. Erosional processes of running water and their spatial and temporal contrals: a theoretical view point. In: M.J. Kirby and R.P.C. Morgan (Editors), Soil Erosion, Wiley, 129-128.

The evaluation of effective factors on marls erosion by rainfall simulator in Hamedan

Manouchehr Amiri[1], Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamedan, Iran
Hadi Nazari pouya, Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamedan, Iran
Hamid Reza Peyrovan, Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Received: 21 April 2009 **Accepted**: 05 September 2009

Abstract

The marl soil types are very sensitive to erosion and are deposited into reservoirs of dams and areas of flood spreading in form of considerable sediment annually. This process increases the expenses of filtration of drinkable water and pre-filtration of water of artificial recharge severely. So the investigation of marl soil types from different aspects is very important for experts and researchers. In this research, it was tried to recognize the effective variables on erosion rate of marls in Hamedan province. 49 samples of 41 spots in 3 marl areas were taken to determine the physical and chemical properties. The characteristics of place of sampling like; slope, geographical situation and privilege of 7 parameters for surface factor of soil were noted. Also, the test of simulated rain was done by the Kamphorst´s rainfall simulator apparatus in the 41 above spots and 41 samples of runoff were taken and the amount of soil lost were measured and calculated by simple method in the laboratory. The amounts of 23 physical and 15 chemical variables were determined. Then, all data were evaluated by Kolmogorov-Smirnov test and the abnormal data were normalized by logarithm and were evaluated by correlation, bi-variate and multivariate regression tests. The results showed that only 9 variables have significant and linear relation with soil loss, where plastic index, clay percent and clay ratio are the most important variables for evaluation of marl soil loss at marls of investigated areas respectively.

Key words: Abnormal variable, Clay percentage, Erosion, Plastic index, Soil loss, Sediment

[1] amiri.mano@yahoo.com