بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش و رسوبدهی واحدهای لیتولوژی مارنی با استفاده از بارانساز (مطالعه موردی مارن‌های حوزه حبله‌رود، استان سمنان)

آیدا طالبی[۱*]، امیرحسین چرخابی[۲]، حمیدرضا پیروان[۲]، علی‌اصغر هاشمی[۳] و حسین مصدق[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۲)

چکیده

مارن‌ها تشکیلات رسوبی ناپایدار شامل مواد شیمیایی و ذرات تخریبی هستند. فرآیندهای فرسایشی در رابطه با مارن‌ها بسیار شدید هستند؛ به‌طوری‌که اشکال مختلف فرسایش خاک (به‌ویژه بدلندها)، ویژگی‌های بارز در اراضی مارنی به شمار می‌آیند. از این‌رو، شناخت ویژگی‌های مؤثر در فرسایش‌پذیری مارن‌ها برای اقدامات و اتخاذ روش‌های اصلاحی، لازم و ضروری است. در این پژوهش، برای بررسی فرسایش‌پذیری واحدهای مارنی حوزه آبخیز حبله‌رود، از یک بارانساز قابل حمل استفاده شد. مقادیر رسوب و روان‌آب هریک از واحدهای مارنی اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از پارامترهای آماری عوامل مؤثر شناسایی گردیدند. در نهایت، با استفاده از تحلیل عاملی، رابطه بین ویژگی‌های شیمیایی مارن‌ها و رسوبدهی تعیین شد و پارامترهای تأثیرگذار در فرسایش و تولید رسوب مشخص شدند. نتایج نشان داد که رسوبدهی، به‌ترتیب در واحدهای مارن ژیپسی، مارن ماسه‌ای، مارن نمکی و مارن آهکی، کم شده است. هم‌چنین، با افزایش هدایت‌الکتریکی، سدیم، کلر و نسبت جذب سدیم و کاهش بی‌کربنات و کربنات کلسیم فعال موجود در واحدهای مارنی مختلف، شدت فرسایش و رسوبدهی بیشتر شده است.

واژه‌های کلیدی: بارانساز، فرسایش، رسوبدهی، مارن، حبله‌رود

۱. گروه رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم، تهران

۲. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران

۳. گروه تحقیقات منابع طبیعی امور دام، استان سمنان

۴. گروه علوم پایه، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.talebi77@hotmail.com

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.2.1]

مقدمه

نهشته‌های مارنی به‌دلیل ماهیت ساختمانی، مانند وجود ذرات تخریبی (سیلت بالا و رس کم) و مواد شیمیایی (کربنات‌کلسیم، ژیپس، انیدریت و نمک) نسبت به سایر نهشته‌ها از فرسایش‌پذیری بالاتری برخوردار هستند؛ به‌طوری‌که عمدتاً بیشترین میزان فرسایش و تولید رسوب حوزه‌های آبخیز مربوط به آنها می‌باشد (۴). برحسب ترکیب کانی‌شناسی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، شرایط اقلیمی و توپوگرافی، انواع گوناگون فرسایش بر روی مارن‌ها ایجاد می‌شود. در حوزه‌هایی که دارای واحدهای مارنی هستند، قسمت عمدهٔ رسوبات از این واحدها تولید می‌شود، از این‌رو نقش مهمی در کاهش عمر مفید سدها دارند. با توجه به پتانسیل بالای وقوع انواع رخساره‌های فرسایشی، شناخت جوامع مارن‌ها از دیدگاه کانی‌شناسی و شیمیایی که در نهایت منجر به شناسایی عوامل مؤثر بر فرسایش‌پذیری مارن‌ها می‌شود، موضوعی لازم و ضروری است. بوما (۱۴)، در بررسی نمونه‌های مارن سفید، قهوه‌ای و خاکستری بدلندهای پترر (Petrer) کشور اسپانیا نتیجه گرفت که پارامترهایی نظیر هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR)، ارتباط زیادی با فرسایش‌پذیری بدلندها داشته‌اند. نتایج پژوهش سوزان در کوآزولو- ناتال (Kwazulu- Natal) واقع در آفریقای جنوبی (۲۵) نشان داد که فرسایش خندقی، بیشتر در رسوباتی دیده می‌شود که درصد سدیم تبادلی (ESP) و نسبت جذب سدیم بالایی دارند. میلر در خاک‌های ماسه‌ای گرجستان (۲۳) آثار pH و SAR را بر غلظت بحرانی هم‌آوری رس‌ها بررسی کرد و به این نتیجه رسید که با افزایش pH و SAR مقدار حد بحرانی افزایش می‌یابد.

قدیمی‌عروس‌محله و امین‌سبحانی (۶) با بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مارن‌های حوضه آبریز دریاچه نمک، در اشکال فرسایشی ایجاد شده دریافتند که فرسایش ورقه‌ای در مارن‌های غیرپخش شونده (Un-dispersed) و فرسایش شیاری و خندقی در مارن‌های پخش‌شونده (Disperse) شایع است. از عوامل مؤثر در این پدیده، کاتیون‌های یک ظرفیتی (به‌خصوص سدیم) می‌باشد که تأثیر بیشتری در آماس خاک‌های رسی و پخش‌شوندگی خاک‌ها دارد و با افزایش پخش‌شوندگی، حساسیت مارن‌ها به فرسایش بیشتر می‌شود (۱۳ و ۱۵). دستگاه شبیه‌ساز باران، یک ابزار مفید در تجزیه و تحلیل فرسایش خاک است (۲۵). با توجه به تأثیر مهم قطرات باران بر روی ویژگی‌های خاک و اهمیت فرسایش و فرسایش‌پذیری خاک، بررسی و ارزیابی فرسایش‌پذیری با استفاده از بارندگی‌های طبیعی یا مصنوعی بسیار راهگشاست (۱۲). میر و هارمون (۲۲) بارانساز قابل حملی که قابلیت ایجاد شدت‌های متفاوتی را در مزارع دارد مورد استفاده قرار داده‌اند که علاوه بر دامنهٔ وسیع شدت‌های بارندگی، قطر قطرات و سرعت برخورد با زمین، نزدیک به باران طبیعی را شبیه‌سازی می‌کند. سردا و همکاران (۱۷) نیز بارانساز صحرایی قابل حملی را که تنها از یک نازل و پمپ دستی استفاده می‌کند در پژوهش‌های خود به‌کار برده‌اند اما چون سرعت برخورد قطرات، کمتر از سرعت نهایی بوده، انرژی باران تولید شده به‌وسیله این بارانساز، کمتر از انرژی جنبشی باران طبیعی می‌باشد (۱۷).

شکلی‌ابدی و همکاران (۲۶) از یک دستگاه بارانساز قابل‌حمل و دو پلات یک متر برای تعیین ارتباط فرسایش‌پذیری خاک سازندهای زمین‌شناسی و همچنین یافتن این ارتباط با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در حوزه گل‌آباد، اصفهان استفاده نمودند. همچنین، آرنیز و همکاران (۱۱) فاکتورهای مؤثر بر روان‌آب و فرسایش را با استفاده از شبیه‌ساز باران تعیین نمودند. ابدی‌نژاد و همکاران (۹) با استفاده از بارانساز، به بررسی تأثیر فاکتورهای فیزیکی خاک بر فرسایش در حوزه قزل‌اوزون زنجان پرداختند. متیس و همکاران (۲۱) مقدار فرسایش مارن‌های حوزه درکس در فرانسه را با روش ETC که مدل بارش- روان‌آب- فرسایش است بررسی کرده‌اند. سازندهای مارنی این حوزه نسبت به هوازدگی و فرسایش حساس بوده و دارای اشکال فرسایشی هزاردره‌ای می‌باشند. در این بررسی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.2.1]

مشخص شد که مارن‌های فاقد پوشش گیاهی دارای بیشترین فرسایش می‌باشند. هدف از این پژوهش، برآورد رسوبدهی واحدهای مارنی حوزه آبخیز حبله‌رود با استفاده از بارانساز و شناسایی فاکتورهای مؤثر بر رسوبدهی و فرسایش‌پذیری این حوزه است.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و مشخصات منطقه مورد مطالعه

حوزه حبله‌رود با موقعیت جغرافیایی ´۲۵ °۵۲ تا ´۵ °۵۳ طول شرقی و ´۵ °۳۴ تا ´۳۵ °۳۵ عرض شمالی، در امتداد شمالی- جنوبی؛ در شرق شهرستان گرمسار (استان سمنان) قرار دارد. این حوزه، دارای مساحتی برابر با ۲۱۴۵۶۱ هکتار می‌باشد (شکل ۱). مرز شمالی حوزه حبله‌رود، ارتفاعات شمالی رشته کوه البرز و خط تقسیم آب‌های آن و مرز جنوبی آن کویر حاج علیقلی خان واقع شده است. حوزه آبخیز حبله‌رود از شمال به حوزه رودخانه کبیر، از جنوب به حوزه کویر بزرگ، از شرق به سرخه و از غرب به ایوانکی محدود می‌شود. شیب عمومی و غالب حوزه بین صفر تا ۶۵ درصد می‌باشد. حداکثر ارتفاع حوزه در قسمت شمال‌غرب آن برابر ۳۲۵۲ متر و حداقل ارتفاع در جنوب حوزه برابر ۷۳۴ متر است. اقلیم بخش‌های مارنی حوزه، خشک- بیابانی- معتدل می‌باشد؛ بنابراین بارش به صورت ناگهانی و شدید در مدت زمان کم رخ می‌دهد و متوسط بارندگی ۲۵ ساله منتهی به سال آبی ۱۳۸۸، ۱۸۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. سازندهای حاوی مارن در قسمت‌های مختلف ایران از جمله حوزه مورد مطالعه گسترش زیاد دارند. قسمت عمده این مارن‌ها در بخش‌های شمالی حوزه پراکنش دارند. چهار واحد مارنی در منطقه موجود است که عمدتاً شامل مارن‌های آهکی سازند قم (OMq)، مارن نمکی (M1)، مارن ماسه‌ای (M2, sm) و مارن با میان‌لایه‌های ژیپس(g, EOg, EOmt) است. طبقه‌بندی فوق براساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سمنان (۳) صورت گرفته است (شکل۲).

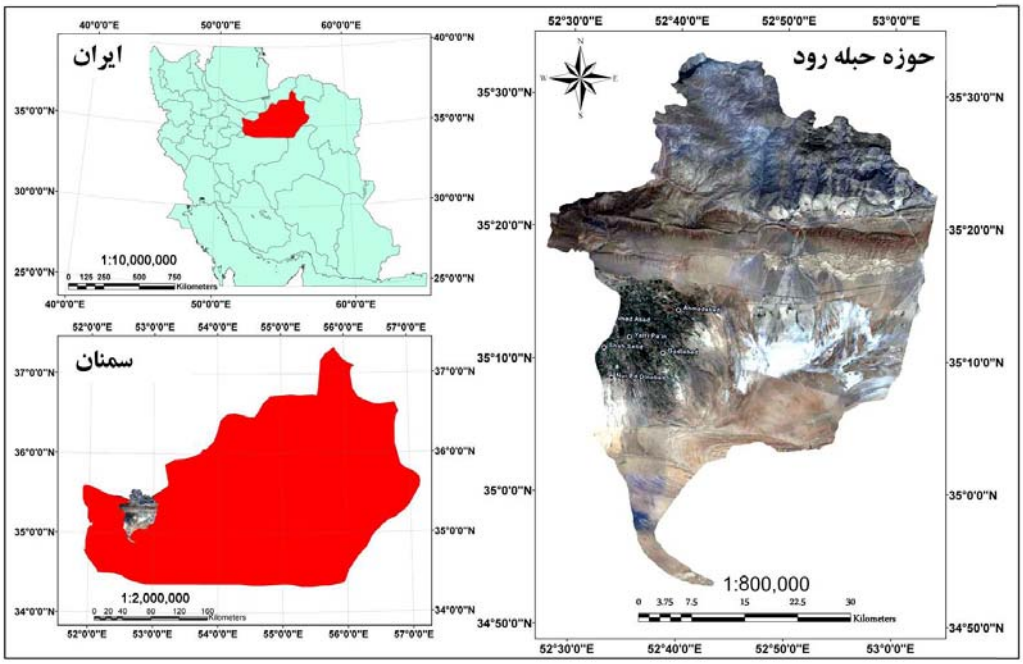
انتخاب واحد کاری

نخست مارن‌های حوزه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ (۳) شناسایی شد. سپس، به تهیه نقشه شیب منطقه با استفاده از DEM با دقت ۵۰ متر تولید شده توسط مرکز تحقیقات منابع آب تهران، در محیط ArcMap پرداخته شد. بر طبق این نقشه، شیب‌های غالب در حوزه شامل °۱۰ تا °۲۰، °۲۰ تا °۳۰ و °۳۰ تا °۴۰ درجه هستند. به‌علاوه، پوشش گیاهی حوزه از دو باند ماهواره‌ای (قابل دید و نزدیک قرمز، باند ۳ و ۴) با استفاده از شاخص NDVI تعیین شد. در نهایت، برمبنای شیب و لیتولوژی واحدهای مارنی (اشکال مختلف فرسایشی)، ۸ واحد کاری انتخاب شد و در هر واحد، سه بار تکرار بارانساز صورت گرفت. آزمایش‌ها با شدت بارندگی ۳۰ میلی‌متر در ساعت به‌مدت ۴ دقیقه (با توجه توان دستگاه) و در شرایط خشک از لحاظ رطوبت اولیه خاک (حداقل ده روز بعد از آخرین بارندگی) در محل انجام شدند. نمونه‌های رسوب و روان‌آب به آزمایشگاه منتقل شدند و حجم آنها در آزمایشگاه محاسبه و در نهایت وزن رسوب مشخص شد.

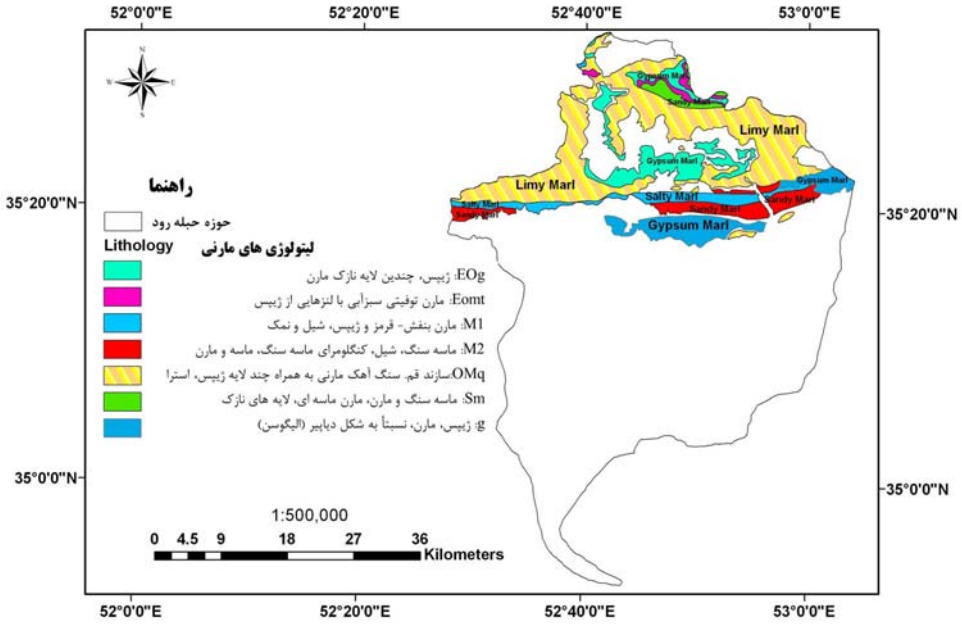
اشکال مختلف فرسایش موجود در منطقه مطالعاتی شامل فرسایش سطحی، شیاری با شدت کم، شیاری شدید و فرسایش شیاری- آبراهه‌ای می‌باشند. نمونه‌برداری از واحدهای لیتولوژی مارنی (OMq, M2, M1, g) و اشکال فرسایشی موجود در این واحدها انجام شد. ۱۸ نمونه مربوط به فرسایش سطحی (S) از عمق صفر– ۱۵ سانتی‌متری، ۳ نمونه در فرسایش شیاری با شدت کم (L-R) و ۷ نمونه در فرسایش شیاری با شدت زیاد (H-R) از عمق صفر-۳۰ سانتی‌متری و در نهایت، ۳ نمونه مربوط به فرسایش شیاری- آبراهه‌ای (R-Ch) از عمق آبراهه برداشت شد. در آزمایشگاه از نمونه‌های برداشت شده، گل اشباع تهیه گردید. سپس خصوصیات شیمیایی نمونه‌ها شامل pH، هدایت‌الکتریکی، درصد گچ به روش استن، کربن آلی طبق روش والکی- بلک (۲۴)، میزان کاتیون و آنیون‌ها از روش موهر و درنهایت، نسبت جذب سدیم آنها با استفاده از روش‌های استاندارد (۱) اندازه‌گیری شد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.2.1]



شکل۱. موقعیت جغرافیایی حوزه حبله‌رود



شکل۲. نقشه واحدهای مارنی در حوزه حبله‌رود

نتایج

بررسی میزان تأثیر فاکتورهای مؤثر در فرسایش و رسوبدهی

جدول ۱ نشان می‌دهد که در تمامی واحدهای لیتولوژی مارنی با افزایش شیب، میزان رسوب‌دهی نیز افزایش یافته است. مارن‌های آهکی، کمترین میزان رسوبدهی را دارند. این درحالی است که مارن نمکی، مارن ماسه‌ای و در نهایت مارن ژیپسی، به‌ترتیب، بیشترین مقدار رسوبدهی را به خود اختصاص داده‌اند. در مارن‌های نمکی و گچی با افزایش شیب، حجم روان‌آب

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.2.1]

جدول ۱. مقایسه میانگین رسوبدهی، عمق نفوذ و روان‌آب در دو کلاس شیب ۳۰ و ۲۰ درجه

نوع مارن‌ها	رسوبدهی (g)	عمق نفوذ (cm)	روان‌آب (cc)
کلاس شیب ۲۰ درجه			
مارن آهکی	۴/۸	۲/۷	۴۷۰/۰
مارن ماسه‌ای	۲۱/۰	۳/۷	۳۷۶/۷
مارن نمکی	۸/۹	۳/۳	۳۸۴/۹
مارن ژیپسی	۴۱/۴	۲/۸	۵۳۶/۹
کلاس شیب ۳۰ درجه			
مارن آهکی	۱۷/۸	۲/۵	۶۳۸/۳
مارن ماسه‌ای	۲۹/۱	۲/۵	۵۰۴/۱
مارن نمکی	۲۳/۲	۴/۷	۳۶۶/۸
مارن ژیپسی	۶۲/۷	۱/۸	۴۸۴/۳

جدول ۲. میانگین رسوب‌دهی، روان‌آب و عمق نفوذ در گروه‌های فرسایشی

گروه فرسایشی	عمق نفوذ (cm)	روان‌آب (cc)	رسوب‌دهی (g)
فرسایش سطحی	۳/۱	۵۰۴/۷	۱۶/۳
فرسایش شیاری با شدت کم	۲/۲	۵۰۸/۴	۴۷/۳
فرسایش شیاری شدید	۲/۳	۴۵۰/۹	۵۴/۰
فرسایش شیاری- آبراهه‌ای	۱/۷	۴۹۶/۸	۶۴/۱

کاهش یافته است. کاهش میزان روان‌آب به‌دلیل جذب آب توسط این واحدها (به عبارتی انحلال املاح) است. جدول ۲ میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده با بارانساز را در گروه‌های فرسایشی نشان داده است. همان‌طورکه در این جدول دیده می‌شود با افزایش شدت فرسایش و رسوب‌دهی، عمق نفوذ کاسته شده است. هم‌چنین، ملاحظه می‌شود که فرسایش سطحی، بیشترین عمق نفوذ و کمترین میزان رسوبدهی را دارد و فرسایش شیاری- آبراهه‌ای، دارای بیشترین رسوبدهی با عمق نفوذ کم است.

بررسی پارامترهای آماری فاکتورهای شیمیایی در گروه‌های فرسایشی

در جدول ۳ میانگین متغیرهای شیمیایی اندازه‌گیری شده نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد که، پراکندگی پارامترها به‌ویژه میزان کلر، سدیم، هدایت االکتریکی و نسبت جذب سدیم در اشکال فرسایشی، زیاد است. هم‌چنین، این جدول نشان می‌دهد که با افزایش این متغیرها شدت فرسایش افزایش یافته است. با توجه به جدول ۳ می‌توان پی‌برد که در پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده، متغیرهای K, TNV, HCO_3, EC, Cl, SO_4, Na, تفاوت معنی‌داری بین فرسایش سطحی با سایر فرسایش‌ها دارند و با افزایش این متغیرها به استثنای TNV و HCO_3، بر شدت فرسایش افزایش یافته است. در رابطه با TNV و HCO_3 برعکس با افزایش این متغیر، شدت فرسایش کم شده است. به عبارت دیگر، میزان TNV و HCO_3 در نمونه‌های فرسایش سطحی بالا و در فرسایش شیاری- آبراهه‌ای به میزان بسیار کمی وجود دارد. متغیر Ca تفاوت معنی‌داری بین فرسایش سطحی با فرسایش شیاری- آبراهه‌ای و متغیر Mg بین فرسایش سطحی و فرسایش شیاری- آبراهه‌ای با فرسایش شیاری، تفاوت معنی‌داری دارد. بین فرسایش سطحی و شیاری- آبراهه‌ای، و هم‌چنین با سایر فرسایش‌ها تفاوت معنی‌داری در

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.2.1]

جدول ۳. میانگین پارامترهای شیمیایی مارن‌ها در اشکال مختلف فرسایش

اشکال فرسایشی	نام متغیرهای آنالیزی										
	EC (ms)	HCO_3 (meq/l)	Cl (meq/l)	SO_4 (meq/l)	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	K (meq/l)	TNV (%)	$CaSO_4$ (%)	SAR $(meq/L)^{1/2}$
سطحی	۳/۷	۲/۵	۲۰/۹	۳۱/۴	۲۸/۳	۴/۸	۲۰/۳	۱/۳	۳۶/۹	۳/۶	۴/۵
شیاری با شدت کم	۳۸/۲	۲/۵	۴۱۳/۳	۱۳۹/۰	۶۰/۹	۱۸/۳	۴۷۰/۰	۶/۱	۲۰/۲	۴/۲	۸۰/۴
شیاری شدید	۵۸/۸	۲/۲	۷۲۰/۵	۱۸۸/۴	۸۷/۷	۱۷/۸	۸۰۱/۸	۵/۲	۲۰/۱	۵/۰	۱۱۲/۶
شیاری- آبراهه‌ای	۸۷/۰	۲/۰	۱۱۷۷/۵	۲۴۴/۱	۷۴/۳	۸/۰	۱۳۳۵/۵	۵/۸	۲۱/۵	۲/۶	۲۰۹/۵

جدول ۴. همبستگی پیرسون بین پارامترهای باران‌ساز با متغیرهای شیمیایی

	EC	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	K	TNV	OC	$CaSO_4$	SAR
روان‌آب	-۰/۰۶۵	۰/۱۴۴	-۰/۰۵۵	-۰/۱۸۴	-۰/۴۶۲**	-۰/۵۵۵**	-۰/۰۴۳	۰/۰۷۸	۰/۳۸۶*	-۰/۱۵۰	-۰/۴۲۷**	-۰/۰۵۵
رسوبدهی	۰/۶۳۵**	-۰/۳۲۲*	۰/۶۵۸**	۰/۳۲۲*	۰/۱۷۲	-۰/۲۵۷	۰/۶۵۹**	۰/۰۰۷	-۰/۳۷۲*	۰/۰۱۹	-۰/۱۹۷	۰/۷۲۱**

میانگین SAR وجود دارد. سپس به بررسی تأثیر این متغیرها بر روی میزان رسوبدهی پرداخته شد. جدول ۴ ضرایب همبستگی بین رسوب‌دهی و روان‌آب با متغیرهای شیمیایی را نشان می‌دهد. در رابطه با ارتباط رسوب‌دهی واحدهای فرسایشی با پارامترهای شیمیایی می‌توان بیان داشت که رسوب‌دهی با EC, Cl, SO_4, Na, SAR رابطه مستقیم و معنی‌دار و با HCO_3, TNV نسبت عکس دارد. پس همان‌طور که ملاحظه می‌شود عوامل EC, Cl, SO_4, Na, SAR از جمله عوامل مهم در ایجاد و شکل‌گیری انواع فرسایش می‌باشند و HCO_3, TNV از عوامل مهارکننده فرسایش هستند.

تحلیل عاملی

تحلیل عاملی راهی برای شناسایی متغیرها یا ویژگی‌های اساسی است. این تحلیل، گاهی برای شناسایی یک تعداد کمی از فاکتورها استفاده می‌شود که اکثر تفاوت‌هایی که در تعداد زیادی از متغیرها دیده شده را نشان می‌دهد. در واقع، الگوی ارتباط بین یک سری از متغیرها را بیان می‌کند. هم‌چنین تحلیل عاملی برای ایجاد فرضیه‌ای در رابطه با مکانیزم‌های سببی استفاده می‌شود. اصولاً دو روش آن کاربرد بیشتری دارد:

روش اول مؤلفه اصلی (Principal components) می‌باشد که برای داده‌هایی که باهم ارتباط خطی ندارند استفاده می‌شود. در واقع، مربوط به زمانی است که ماتریس‌های همبستگی قانع‌کننده نیستند. در روش دوم که محور فاکتورهای اصلی (Principal axis Factoring) می‌باشد، استخراج داده‌ها توسط ماتریس‌های همبستگی اصلی صورت گرفته است. به بیان ساده‌تر، مدل اخیر روابط بین متغیرها را می‌آزماید (۲۰).

در این پژوهش از روش دوم استفاده شده است. متغیرهای شیمیایی به‌کار برده شده برای این مدل شامل سدیم، کلر، هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، کربنات کلسیم فعال (TNV) و بی‌کربنات (HCO_3) و پارامتر رسوبدهی هستند. این متغیرها با استناد بر ویژگی میانگین، جزو اصلی‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار در فرسایش هستند.

در ابتدای تحلیل، درجه سازگاری متغیرهای استفاده شده، با دو آزمون KMO (Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy) و Bartlett's Test (Bartlett's Test of Sphericity)، بررسی شده است. در واقع، آزمون KMO آماری از تناسب واریانسی متغیرها است که هرچه این مقدار بیشتر باشد (به‌جز ۱/۰) روش تحلیل عاملی برای متغیرها مفیدتر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.2.1]

جدول ۵. نتایج آزمون KMO و Bartlett's

۰/۷۰۹	سنجش درستی نمونه‌برداری کایسر- مایر- اولکین	
۶۱۰/۷۰۸	تخمین مربعات چای	تست کرویت بارتلت
۴۵/۰	درجه آزادی	
۰۰۰	خطا	

جدول ۶. محاسبه واریانسی هر متغیر

	اولیه	استخراج شده
EC	۰/۹۹۵	۰/۸۹۴
Cl	۰/۹۹۲	۰/۹۱۰
Na	۰/۹۹۴	۰/۸۸۹
TNV	۰/۸۴۳	۰/۵۴۴
HCO_3	۰/۴۹۷	۰/۳۱۴
SAR	۰/۹۸۸	۰/۹۸۲
رسوبدهی	۰/۷۷۶	۰/۵۳۰
روان‌آب	۰/۷۷۶	۰/۵۷۷

است؛ مقدار پایین‌تر از ۰/۰۵، نشان‌دهنده این است که نتایج تحلیل عاملی، احتمالا فاقد ارزش هستند. آزمون Bartlett's Test شامل آزمون فرضیه صفر با استفاده از ماتریس همبستگی است. بنابراین، معنی‌دار بودن آن، نشانهٔ مفید بودن این آزمون برای داده‌ها می‌باشد (۲۰). جدول ۵ نشان می‌دهد که نتایج هر دو آزمون، کیفیت داده‌ها را تأیید می‌کند و اجازه استفاده از این آزمون را داده است. ستون اولیه (Initial) در جدول ۶ نشان‌دهنده نتایج تحلیل همبستگی می‌باشد که محاسبه‌کننده تناسب واریانسی هر متغیر با تکیه بر خود متغیرها است و در ستون استخراج‌شده (Extraction) تخمین واریانس هر متغیر با عامل محاسبه گردیده است. در جدول ۷، قسمت مقدار ویژه اولیه (Initial Eigenvalues) و در ستون کل (Total) تنها دو فاکتور بزرگتر از یک است که ۷۳/۰۳ درصد از داده‌ها در این دو فاکتور جای دارند.

ستون استخراج مجموع مربعات بارگذاری شده جدول ۷ (Extraction Sums of Squared Loadings) درصد واریانسی به‌دست آمده قبل از چرخش را نشان می‌دهد. انباشتگی در این قسمت، ۶۷/۱۵ درصد است. اختلاف در دو قسمت اول و دوم جدول ۷، نشان‌دهنده وجود عوامل پنهان و منحصر به فرد متغیرهای اصلی است. قسمت چرخش مجموع مربعات بارگذاری شده جدول ۷ (Rotation Sums of Squared Loadings)، درصد واریانسی حاصل از استخراج فاکتورها بعد از چرخش را بیان می‌دارد. چرخش باعث می‌شود که تعداد متغیرهایی که بارکنش بالایی روی هر فاکتور دارند به حداقل برسند. این روش، تفسیر فاکتورها را ساده می‌سازد.

جدول‌های ۸ و ۹، ضرایب هر متغیر را در دو فاکتور تعیین شده توسط مدل نشان می‌دهد. این دو جدول نشان‌دهندهٔ آن هستند که چرخش، هم به متعادل کردن داده‌ها و هم به تفکیک دقیق‌تر متغیرها پرداخته است. در فاکتور اول متغیرهای مؤثر در شدت فرسایش، ضریب مثبت و متغیرهای مهارکننده، ضریب منفی را به خود اختصاص داده‌اند و در فاکتور دوم، عکس این قضیه مشاهده شده است. شکل ۳ نتایج به‌دست آمده از جدول ۹ را نشان می‌دهد. همان‌طوری‌که مشاهده می‌شود تمامی متغیرهای شیمیایی اصلی تأثیرگذار در رسوب‌دهی، بسته به افزایش و کاهش آن، از یکدیگر کاملاً تفکیک شده‌اند. در واقع، طبق شکل ۳، متغیرهای شیمیایی مؤثر در افزایش رسوبدهی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.2.1]

جدول ۷. تشریح تمامی واریانس‌های محاسبه شده

عامل	مقدار ویژه اولیه			استخراج مجموع مربعات بارگذاری شده			چرخش مجموع مربعات بارگذاری شده		
	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	۵/۵۷۶	۵۵/۷۶۳	۵۵/۷۶۳	۵/۳۰۴	۵۳/۰۴۰	۵۳/۰۴۰	۴/۲۹۹	۴۲/۹۸۹	۴۲/۹۸۹
۲	۱/۷۲۷	۱۷/۲۶۶	۷۳/۰۲۹	۱/۴۱۲	۱۴/۱۱۶	۶۷/۱۵۶	۲/۴۱۷	۲۴/۱۶۶	۶۷/۱۵۶
۳	۰/۹۷۷	۹/۷۶۹	۸۲/۷۹۸						
۴	۰/۸۰۸	۸/۰۸۱	۹۰/۸۷۹						
۵	۰/۵۴۲	۵/۴۱۶	۹۶/۲۹۵						
۶	۰/۱۸۵	۱/۸۴۸	۹۸/۱۴۴						
۷	۰/۱۱۶	۱/۱۶۰	۹۹/۳۰۴						
۸	۰/۰۶۱	۰/۶۰۹	۹۹/۹۱۳						
۹	۰/۰۰۵	۰/۰۵۲	۹۹/۹۶۵						
۱۰	۰/۰۰۳	۰/۰۳۵	۱۰۰/۰۰۰						

جدول ۸. ضرایب پارامترها در فاکتورهای انتخابی

	فاکتور	
	۱	۲
EC	۰/۹۱۶	−۰/۲۳۲
Cl	۰/۹۱۹	−۰/۲۵۷
Na	۰/۹۱۷	−۰/۲۱۹
TNV	−۰/۷۲۹	−۰/۱۱۷
HCO_3	−۰/۴۵۸	۰/۳۲۴
SAR	۰/۹۸۴	۰/۱۹۸
رسوبدهی	۰/۷۰۵	−۰/۱۸۳
روان‌آب	−۰/۰۵۱	۰/۶۴۴

شامل سدیم، کلر، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم می‌باشند و متغیرهای کاهنده رسوبدهی شامل کربنات کلسیم فعال و بی‌کربنات هستند.

بحث

در این پژوهش، در ابتدا با استفاده از مهم‌ترین پارامتر آماری (میانگین) به بررسی توصیف داده پرداخته شد و پراکندگی آنها در اشکال مختلف فرسایش بررسی گردید. سپس با استفاده از ضریب همبستگی به بررسی ارتباط متغیرهای شیمیایی با میزان رسوبدهی واحدهای مارنی پرداخته شد. در نهایت از تحلیل عاملی به‌عنوان روش تکمیلی برای تفکیک متغیرهای مهارکننده و تشدید کننده فرسایش و رسوبدهی استفاده شد. نتایج نشان داد که:

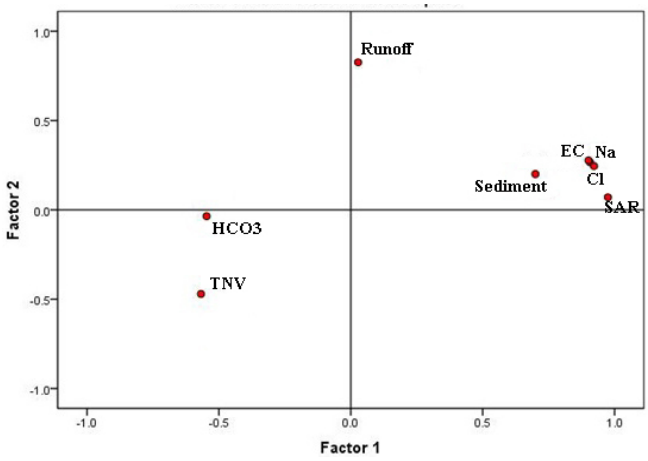
به‌طورکلی، با افزایش تراکم خاک، میزان رسوبدهی افزایش می‌یابد. با کاهش تراکم خاک، میزان نفوذپذیری و مقاومت خاک، افزایش خواهد یافت (۲۸). هرچه خاک متراکم‌تر باشد، نرخ روان‌آب و رسوبدهی افزایش پیدا می‌کند. هم‌چنین حضور سنگریزه‌های سطحی روی خاک، در واقع باعث کاهش سرعت روان‌آب می‌شود و نفوذپذیری در سطح افزایش می‌یابد. در نتیجه، عمق نفوذ زیاد می‌شود. میزان سدیم، کلر،

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.2.1]

جدول ۹. ضرایب پارامترها در فاکتورهای انتخابی چرخیده

	فاکتور	
	۱	۲
EC	۰/۹۰۷	۰/۲۶۶
Cl	۰/۹۲۲	۰/۲۴۵
Na	۰/۹۰۱	۰/۲۷۷
TNV	−۰/۵۶۸	−۰/۴۷۱
HCO_3	−۰/۵۵۹	−۰/۰۴۶
SAR	۰/۹۸۸	۰/۱۰۰
رسوبدهی	۰/۷۰۰	۰/۲۰۰
روان‌آب	۰/۰۲۰	۰/۷۶۳



شکل ۳. نمودار حاصل از نتایج تحلیل عاملی

هدایت‌الکتریکی، نسبت جذب سدیم و سولفات باعث گسترش فرسایش شده‌اند. هرچه میزان این متغیرها بیشتر شده است بر شدت فرسایش نیز افزوده شده است. نقش هدایت الکتریکی، سدیم، نسبت جذب سدیم و کلر، به‌عنوان عامل مؤثر بر فرسایش‌پذیری با نتایج پیروان و حسن‌زاده نفوتی (۲) و نتایج بررسی‌های حسن‌زاده نفوتی و همکاران (۸) مطابقت دارد. بوما (۱۴) به ارتباط بالای پارامترهای هدایت‌الکتریکی و نسبت جذب سدیم با فرسایش‌پذیری هزاردره پی‌برد. هم‌چنین، نقش سدیم به‌عنوان عامل شیمیایی مهم در ایجاد اشکال مختلف فرسایش با نتایج بهنیا و همکاران (۱۲)، مطابقت دارد. سدیم به‌عنوان یک عامل شیمیایی، نقش مهمی در تولید اشکال فرسایشی مختلف دارد (۱۳). هم‌چنین، یون‌های سدیم با پخش کردن ذرات رس موجب افزایش شدت فرسایش می‌گردد. بنابراین میزان سدیم در مارن‌ها می‌تواند معرف مناسبی از شاخص پخش‌شوندگی خاک باشد (۱۹).

نسبت جذب سدیم در مارن‌ها می‌تواند مهم‌ترین شاخص پخشیدگی یا پراکندگی در مارن‌ها باشد (۷). نتیجه مطالعات قبلی نیز تأییدی بر نتایج بالا می‌باشد که از جمله می‌توان به مطالعات بوما و ایمسون (۱۵) در بدلندهای پترر و عباسی و عبدی (۵) در منطقه طارم زنجان اشاره نمود. همان‌طورکه مشاهده شد با افزایش شدت فرسایش، مقدار این متغیرهای شیمیایی نیز افزایش یافته است. بنابراین، در فرسایش سطحی، کمترین مقدار و در فرسایش شیاری- آبراهه‌ای، دارای حداکثر مقدار هستند. براساس تجزیه و تحلیل‌های آماری بالا، کربنات

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.2.1]

کلسیم فعال و بی‌کربنات در مارن‌های دارای فرسایش شیاری- آبراهه‌ای به میزان بسیار کم یافت می‌شوند؛ درحالی‌که، در مارن‌های با فرسایش سطحی، از مقدار بالایی برخوردار می‌باشند. در واقع با افزایش مقدار کربنات کلسیم فعال و بی‌کربنات، پایداری خاک افزایش می‌یابد و مانع از ایجاد فرسایش و تشدید آن می‌شود. کربنات‌کلسیم تأثیر مثبت و مستقیم روی بی‌ثباتی اگرگات‌ها می‌گذارد (۱۸). پژوهش بوما و ایمسون (۱۵)، تأییدی بر نتایج بالا می‌باشد. عوامل تشدید کننده فرسایش از جمله سدیم، کلر، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم هستند. هم‌چنین، نسبت جذب سدیم بر میزان رسوبدهی تأثیر مثبت داشته است و عوامل کاهنده فرسایش (کربنات کلسیم فعال و بی‌کربنات) مانع از رسوبدهی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. احیائی، ع.، م. بهبهانی‌زاده و ع.ا. بهبهانی‌زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. مؤسسه تحقیقات خاک و آب ۸۹۳:۱۲۹

۲. پیروان، ح. م. و م. حسن‌زاده نفوتی. ۱۳۸۶. نقش عوامل فیزیکوشیمیایی مؤثر بر اشکال فرسایش در پهنه‌های مارنی، پنجمین همایش زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران. تهران- انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، پژوهشکده سوانح طبیعی- ۱۳۸۶.

۳. سازمان زمین‌شناسی کشور. ۱۳۷۳. نقشه زمین‌شناسی سمنان به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰.

۴. عباسی، ن. ۱۳۸۴. طبقه‌بندی زمین‌شناسی- فرسایشی مارن‌های حوزه قزل اوزن سفلی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۵. عباسی، ن. و پ. عبدی. ۱۳۸۴. بررسی رابطه بین خصوصیات شیمیایی مارن‌ها با رفتارهای محیطی آنها؛ مطالعه موردی حوزه قزل اوزن سفلی در منطقه طارم علیای استان زنجان، چهارمین همایش زمین‌شناسی و محیط زیست ایران. ۲-۳ اسفند ۱۳۸۴. دانشگاه تربیت مدرس، تهران. صفحات ۹۰۴- ۹۱۱.

۶. قدیمی عروس‌محله، ف. و ا. امین‌سبحانی. ۱۳۷۸. بررسی رسوبزایی زون‌ها و دوران‌های زمین‌شناسی حوضه آبریز دریاچه نمک، اولین کنفرانس زمین‌شناسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت معلم، تهران، صفحات ۹۴۵- ۹۵۷.

۷. قدیمی عروس محله، ف.، ا.، پورمتین و ج. قدوسی. ۱۳۷۸. بررسی امکان طبقه‌بندی مارن‌ها براساس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در منطقه تفرش. مجله پژوهش و سازندگی ۴۰: ۳۰-۳۴.

۸. حسن‌زاده نفوتی، م.، س. فیض‌نیا، ح. احمدی، ح.ر. پیروان و ج. غیومیان، ۱۳۸۷. بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مارن‌ها بر میزان رسوبدهی با استفاده از مدل فیزیکی بارانساز. مجله انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران ۱(۱): ۳۵-۴۸.

9. Abdinejad, P., S. Feiznia, H.R. Pyrowan, F.O. Fayazi, and A.A Tbakh Shabani. 2011. Assessing the effect of soil texture and slope on sediment yield of Marl units using a portable rainfall simulator. Amer. Sci. 7(10): 617-624.
10. Agassi, M. and J.M. Bradford. 1999. Methodologies for inter-rill soil erosion studies. Soil Tillage Res. 49: 277-287.
11. Arnaez, J., T. Lasanta, P. Ruiz-Flano and L. Ortigosa. 2007. Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards. Soil and Till. Res. 93(2):324-334.
12. Behnia, K., V.R. Ouhadi and A. Ghalandarzadeh. 1993. The use of sea-water in stabilization of marly soils with cement and lime. Iran. J. Road Eng. 26: 54-62.
13. Benito, S., M. Gutierrez and Cs. Zaragonza. 1993. The influence of physic chemical properties on erosion process in badland areas. Ebor basin. NE Spain. Z. Geomorph. N.F. 37(2): 199- 214.
14. Bouma, T. 1998. Investigation of relationship between measured field indicators. Spain university of Amesterdam.
15. Bouma. N. A. and A.C. Imeson. 1999. Investigation of relationship between measured field indicators & erosion processes on badland surfaces at petrer, Spain. Catena 40: 147-171.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.2.1]

16. Cerda, A. 2002. The effect of season and parent material on water erosion on highly eroded soils in eastern Spain. Arid Environ. 52:319-337.
17. Cerda, A., S. Ibanez and A. Calvo. 1997. Design and operation of a small and protable rainfall simulator for rugged terrain. Soil Technol. 11: 163- 170.
18. Dimoyiannis, D.G., S. Valmis, and P. Vyrlas. 2002. A rainfall simulation study of erosion of some calcareous soils. Global Nest. 3(3): 179-183.
19. Heed. B. H. 1971. Characteristics and processes of soil piping in gullies Dep. of Agric. forest serve, Paper. Rm. pp: 68-15.
20. Kim, J. and C. W. Mueller. 1978. Factor Analysis: Statistical Methods and Practical Issues. Sage Pub., Beverly Hills and London.
21. Mathys, N., S. Brochot, M. Meunier and D. Richards. 2003. Erosion quantification in small marly experimental catchments of Deaix (Alpes de Haute Province. France). Calibration of the ETC rainfall-runoff-erosion model. Catena 50: 527- 548.
22. Meyer, L.D. and W.C. Harmon. 1979. Multiple- intensity rainfall simulator for erosion research on row side slopes. Trans. ASAE. 22: 100- 103.
23. Miller, W.P. 1987. Infiltration and soil loss of three gypsum- amended Ualtisols under simulated rainfall. Soil Sci. Soc Amer. J. 51: 1314-1320.
24. Page, A.L., R.M. Miller and D.B. Keeney. 1956. Methods of Soil Analysis. Part 1. SSSA, Madison Wisconsin.
25. Sawatsky, L., W. Dick, D. Cooper and M. Keys. 1996. Design of a rainfall simulator to measure erosion of reclaimed surfaces. J. Earth & Environ. (AGRA).
26. Shekl Abadi, M., H. Khademi and A.H. Charkhabi. 2003. Runoff and sediment yield in soils developed on different parent materials in the Golabad watershed Ardestan. Sci. and Technol. of Agric. and Natur. Resourc. 7(2): 85–101.
27. Suzanne, F. 1997. Some physical and chemical properties of sediments exposed in gully in northern Kwazulu-Natal, South Africa. Hughos University of Natal.
28. Tekeste. M.Z., E.W. Tollner, R.L. Raper, T.R. Way and C. E. Joheson. 2006. Non- liner finite element analysis of cone penetration in layered sandy loam soil: considering the recompression stress state. In: computer and Natural Resource. ASABE Publications No. 701p0606, Orlando, Florida, USA.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.2.1]