

بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مارن‌ها بر میزان و اشکال فرسایش آن‌ها

مطالعه موردی: حوضه عون ابن علی (سرخاب تبریز)

- ❖ **سعید پورحیدری؛** دانشجوی دکتری، گروه جنگل، مرتق و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
- ❖ **حسن احمدی؛*** استاد گروه جنگل، مرتق و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
- ❖ **ابوالفضل معینی؛** استادیار گروه جنگل، مرتق و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
- ❖ **سادات فیض‌نیا؛** استاد دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ **محمد جعفری؛** استاد گروه جنگل، مرتق و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

چکیده

مارن‌ها به دلیل ترکیبات فیزیکی و شیمیایی و عدم استقرار پوشش گیاهی در بستر آن‌ها و در نتیجه مواد آلی کم از حساس‌ترین سازندها به فرسایش محسوب می‌شوند، به‌طوری‌که که با جدا شدن ذرات خاک و حمل آن به مناطق پایین دست منجر به ایجاد اشکال مختلف فرسایش می‌گردد. منطقه مورد مطالعه به دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مارن‌ها موجب ایجاد انواع اشکال فرسایشی در حوضه گردیده که به دنبال آن جریانات گل آلود حاصل از فرسایش پذیری و رسوب‌زایی آن‌ها مناطق شهری پایین دست را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این تحقیق تعداد ۳۵ نمونه خاک از واحدهای کاری جهت مشخص شدن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و همچنین بررسی میزان تلفات خاک با استفاده از دستگاه شبیه ساز باران به همراه ۵ نمونه از واحدهای مارنی شاخص منطقه برای انجام آزمایش‌های کانی‌شناسی تهیه و به آزمایشگاه انتقال داده شد. جهت بررسی فرسایش پذیری مواد منفصل از روش K در معادله جهانی فرسایش استفاده شد، که طبق این روش بیشترین مقدار k مربوط به اشکال بدلند با ضریب ۷۰ درصد و کمترین آن مربوط به فرسایش سطحی و بارانی با ضریب ۲۵ درصد می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه تعداد ۴ واحد کاری دارای مواد متصل بودند جهت بررسی فرسایش پذیری آن‌ها نیز از روش سلبی استفاده شد، به‌طوری‌که که بر اساس آن متوسط امتیاز واحدهای کاری دارای این نوع مواد برابر ۲۷/۲۴ و همگی حساس نسبت به فرسایش می‌باشند و بر اساس نتایج تجزیه آماری SPSS از نظر توزیع فراوانی نوع فرسایش، بیشترین نوع فرسایش مربوط به فرسایش سطحی و بارانی با ۱۷/۶ درصد است، همچنین میزان هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم تبادلی و کلر با فرسایش لغزشی و پتاسیم با فرسایش بدلند رابطه مستقیم دارد و با کربن آلی رابطه معکوس دارد، در واقع کربن آلی نیز با پوشش گیاهی رابطه مستقیمی دارد، به‌طوری‌که مواد آلی باعث افزایش پوشش گیاهی و پوشش گیاهی نیز منجر به آب‌شویی سدیم و پتاسیم و در نتیجه بر میزان هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم تأثیر مستقیم دارد.

کلید واژگان: اشکال فرسایشی، خصوصیات فیزیکی، خصوصیات شیمیایی، فرسایش، مارن.

۱. مقدمه

مارن‌ها به عنوان بخش عمده‌ای از رسوبات ریزدانه تلقی می‌شوند که دارای رفتار فرسایشی متفاوتی بر حسب نوع ترکیبات کانی‌شناسی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسته به شرایط اقلیمی و توپوگرافی منطقه می‌باشند که به دنبال آن اشکال مختلف ژئومورفولوژیکی در سطح زمین ظاهر می‌شود. یکی از عوامل تأثیرگذار بر فرسایش‌پذیری حوزه‌های آبخیز نوع سازندهای موجود در حوضه می‌باشد. سازندهای ریزدانه همچون مارن و رس به دلیل ساختار خود تراکم کافی و لازم را جهت مقاومت در مقابل عوامل آب و هوایی را نداشته و در صورتی که سایر شرایط مساعد باشد، تخریب و فرسایش می‌بایند [۱]، لذا مدیریت رسوبات ریزدانه به خصوص مارن‌ها که موجب انباشتگی رسوب در مخازن سدها، شبکه‌های آبیاری، گل‌آلودگی و رسوب‌زایی و منجر به وارد نمودن خسارات جدی به تأسیسات صنعتی، شهری و سکونت‌گاه‌های انسانی در حوضه‌های شهری می‌گردند، همچنین باعث کاهش عمر مفید سدها، کاهش نفوذپذیری و در نتیجه پایین افتادن سطح سفره‌های آب زیرزمینی، بالا بردن هزینه‌های تصفیه آب شرب، ته نشین شدن کلونیدهای رسی بر سطح خاک و افزایش هزینه‌های پیش‌پالایی می‌شوند [۲]، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از آنجایی که خاک بستر کلیه فعالیت‌های کشاورزی و منابع طبیعی و همچنین سایر پدیده‌های یک سرزمین محسوب می‌شود، لذا با این نگرش منابع خاک دارای اولویت اولی‌تر می‌باشد، زیرا که تأثیر آن بر کیفیت و حتی کمیت منابع آب غیرقابل اغماض می‌باشد.

نتایج و اهداف پروژه‌های منابع آب کشاورزی، معمولاً در چارچوب بخش خاص خود محصور هستند، در حالی که نتایج پروژه‌های بررسی رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری همزمان نه تنها در بخش‌های آب، کشاورزی و منابع طبیعی اثرات خود را نشان می‌دهند، بلکه اثرات اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی آن‌ها هم در خود حوزه آبخیز و هم در پایین دست و حوضه‌های اطراف ظاهر می‌گردد، به خصوص اگر این مناطق با آبخیزهای

شهری هم‌جوار باشند این اثرات جدی‌تر خواهد بود. از گذشته تاکنون مطالعات زیادی بر روی فرسایش‌پذیری مارن‌ها صورت گرفته است، به‌طوری که بر اساس این مطالعات عواملی چون هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم، ارتباط زیادی با اشکال فرسایشی بدلندها دارند [۴]. همچنین درصد سدیم تبادلی و نسبت جذب سدیم شاخص مهمی در شناسایی اشکال فرسایش خندقی می‌باشد [۹]. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کمبود مواد آلی به‌عنوان یکی از عوامل مهم در اشکال فرسایش بدلند محسوب می‌گردد، زیرا این مواد تأثیر زیادی در اصلاح بافت خاک دارد [۷]. همچنین در مطالعه‌ای دیگر استفاده از نوارهای پوشش گیاهی به ضخامت ۵ و ۱۰ متر بر روی اراضی حساس و آسیب‌پذیر به ترتیب منجر به ۵۸ تا ۷۴ درصد کاهش تولید رسوب در منطقه گردید [۱۲]. پوشش گیاهی به‌عنوان شاخصی از نرخ فرسایش در نظر گرفته می‌شود [۵]. یکی از عوامل تأثیرگذار بر میزان مواد آلی پوشش گیاهی می‌باشد، زیرا پوشش گیاهی باعث افزایش کربن آلی و در نتیجه افزایش نفوذ آب و آبشویی سدیم می‌گردد [۳]. البته مواد معدنی مانند میکروسیلیس‌ها نیز وجود دارد که می‌تواند بر میزان فرسایش مؤثر باشد و تا حدود زیادی آن را کاهش دهد [۸]. طبق بررسی‌های صورت گرفته از عوامل مؤثر بر اشکال بدلند، خصوصیت فیزیکی سنگ‌ها می‌تواند به‌عنوان عوامل مؤثر بر آن محسوب گردد، به‌طور کلی لیتولوژی فاکتور مهم در توزیع بدلندها و تنوع مورفولوژیکی آن‌ها می‌باشد [۱۱]. بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده بر روی اشکال مختلف فرسایشی بدلندها به‌عنوان مهم‌ترین منبع تولید رسوب در حوزه‌ها در هر رویداد شناخته می‌شوند [۶]. همچنین نتایج حاصل از مدل سه بعدی استفاده از لیزر اسکن (TLS) در مقیاس‌های زمانی مختلف به بررسی الگوهای تغییر توپوگرافی در بدلندهای مناطق نیمه مرطوب نتایج بررسی آن‌ها الگوی فرسایشی واضحی را برای بیشتر بدلندها در مقیاس زمانی سالانه (۶ سانتی‌متر در سال) نشان داد.

به شناسایی مناطق حساس با اشکال مشخص و تأثیر هر یک از خصوصیات فوق بر روی این مناطق می‌باشد.

۲. روش شناسی

۱.۲. معرفی حوضه مورد مطالعه

حوضه مورد مطالعه در شمال شرق شهر تبریز و در دامنه‌های رشته کوه عون ابن علی (سرخاب تبریز) و در داخل حوزه آبخیز مذکور و در محدوده جغرافیائی $38^{\circ} 27' 27.885''$ شمالی و $38^{\circ} 1' 38.267''$ جنوبی و $53^{\circ} 48' 53.482''$ شرقی و $52^{\circ} 33' 33.043''$ غربی و بر روی بخشی از گسل معروف تبریز قرار گرفته است (شکل ۱). متوسط بارش سالانه حدود $365/4$ میلی‌متر و حداکثر آن $553/8$ میلی‌متر و حداقل $220/6$ میلی‌متر می‌باشد. متوسط بارش ماهانه ایستگاه معادل $24/63$ میلی‌متر بوده که حداکثر آن در ماه‌های فروردین و اردیبهشت با $67/5$ میلی‌متر و حداقل در تیر و مرداد ماه با $7/1$ میلی‌متر بارش ثبت شده است. مقدار متوسط نم نسبی سالانه 60 درصد و متوسط روزهای یخبندان حوضه 99 روز در سال می‌باشد. مطابق منحنی آمبروترمیک دوره خشک در منطقه از اواسط اردیبهشت (اوایل ماه می) شروع و تا اواخر مهرماه (اواسط ماه اکتبر) ادامه می‌یابد و بقیه ماه‌های سال دوره مرطوب است.

۲.۲. لیتولوژی و ویژگی‌های زمین‌ساختی منطقه

سازندهای حوضه موردنظر در سه مقطع زمانی تشکیل شده است که به ترتیب سنی از قدیم به جدید عبارت است از: (شکل ۲)

M_2^{mg}

رسوبات شیلی مارنی به رنگ خاکستری و قرمز یا زرد با میان لایه‌های ماسه سنگی نازک لایه، بر روی واحدهای کنگلومرانی و سنگ آهکی جای می‌گیرد.

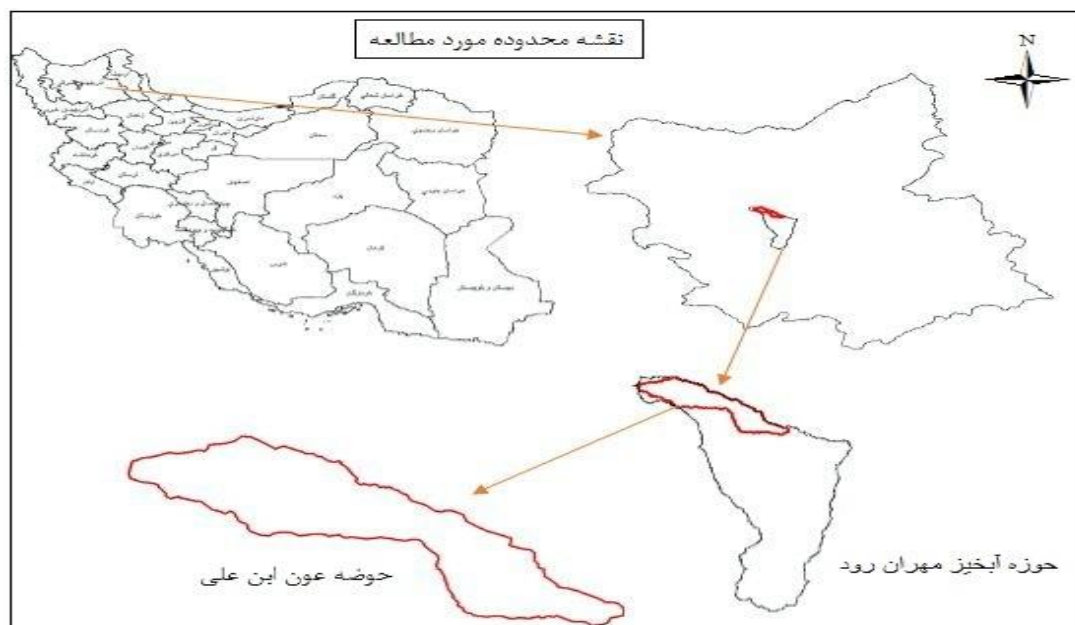
M_4^{sm}

این واحد تناوبی از ماسه سنگ قرمز رنگ، شیل و مارن است و در برخی از موارد لایه‌های میکروکنگلومرانی نیز

جهت، ناهموازی سطح و شیب نیز به عنوان عوامل مؤثر بر تغییرات توپوگرافی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که گرچه تغییرات توپوگرافی می‌تواند تحت تأثیر فرآیندهای انقباض و انبساط هم باشد، اما ناهموازی سطح تأثیر زیادی در کنترل فرایندهای ژئومورفولوژیکی بدلندها دارد. همچنین نتایج این بررسی نشان داد که در بازه‌های زمانی طولانی مدت ممکن است اثر جهت بر تغییر توپوگرافی حذف شود و شیب اهمیت بیشتری پیدا کند [۱۳]. یکی از اشکال مهم دیگر فرسایش پدیده زمین لغزش می‌باشد که بر اساس بررسی‌های صورت گرفته از عوامل تأثیرگذار بر روی پدیده لغزش اغلب در تیپ‌های gy1 و gy2 مربوط به نوع رس که شامل: مونت مری لونیت، ایلیت و کلریت و نیز وجود گچ و آهک و نمک است، می‌باشد [۱]. همچنین سه متغیر یون سدیم، نسبت جذب سدیم و درصد رس به عنوان عوامل مؤثر در فرسایش و ایجاد اشکال لغزشی می‌توان نام برد [۱۰]. عواملی دیگر نظیر ارتفاع، تراکم شبکه زهکشی، میزان پستی و بلندی و شیب از عوامل مهم در فرسایش محسوب می‌گردد، شناسایی این عوامل می‌تواند برای زمانی که امکان اندازه‌گیری مستقیم سرعت فرسایش وجود ندارد، مفید باشد [۱۴].

بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، شناسایی انواع تشکیلات زمین‌شناسی و ترکیبات آن‌ها و دستیابی به راه‌حل‌های اصولی و منطقی جهت کنترل سازندهای حساس به خصوص واحدهای مارنی امری ضروری به نظر می‌رسد. در منطقه مورد مطالعه به دلیل نوع سازندهای زمین‌شناسی و درجات مختلف حساسیت‌پذیری آن‌ها به فرسایش و رسوب‌زایی بالای واحدهای مارنی، بسته به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی موجب ایجاد انواع رخساره‌های فرسایشی در حوضه گردیده که به دنبال آن جریانات گل‌آلود حاصل از فرسایش‌پذیری و رسوب‌زایی این رخساره‌ها به صورت بار معلق و بار بستر، مناطق پایین دست را تحت تأثیر قرار می‌دهد، لذا بررسی ارتباط بین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی با اشکال فرسایش منجر

در آن دیده می‌شود. آثار جورشدگی دانه‌ها و چینه‌بندی در ابعاد بزرگ در رسوبات ماسه سنگی این واحد به چشم می‌خورد.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه عون ابن علی (سرخاب تبریز)

و اجزائی کوچک از سنگ‌های دیگر نیز، در میان این رسوبات به چشم می‌خورد. این رسوبات به دلیل داشتن کیفیت مناسب و موقعیت بهتر، مناطق کشاورزی را تشکیل می‌دهند.

PI^{dt}

این واحد شامل یک سری رسوبات جوان با تناوبی از فرش‌سنگ، گلسنگ (مادستون)، توف، توف ماسه‌ای و لایه‌های کوارتز دیاتومیت می‌باشد. آثار فسیل‌های ماهی و حشرات و دو کفه‌ای‌ها در میان این رسوبات به فراوانی یافت می‌شود در رسوبات این واحد آثار دیاتومیت در قسمت جنوب حوضه جای دارد. این رسوبات بیشتر به عنوان لایه‌های ماهی‌دار (Fish-bed) آواره دارد. در برخی نقاط میان لایه‌های نازک سنگ آهک آب شیرین میان این سری رسوبات یافت می‌شود. رنگ عمومی رسوبات در حالت خشک سفید است ولی در حالت نمدار به رنگ سبز خاکستری تبدیل می‌شود (سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۷۲).

M₅

این رسوبات که بخش بالایی میوسن را تشکیل می‌دهند، تناوبی از مارن، ماسه سنگ و کنگلومرا به رنگ قرمز است. لایه‌های کنگلومرا و ماسه سنگ از متوسط تا ضخیم هستند و در قسمت شمالی حوضه مورد مطالعه مساحت کمی را در بر می‌گیرد.

PIQ^c

یک سری رسوبات سیلابی است، که به‌طور افقی بر روی واحدهای کهن‌تر از خود آرمیده است و شامل تناوبی از کنگلومرا با اجزای آتشفشانی، ماسه، توف و بومیس می‌باشد. این واحد در قسمت جنوب شهر تبریز و در بخش میانی و شمالی منطقه مورد بررسی گسترش دارد. اجزای سازنده کنگلومرا درهم است و با قطر چند سانتیمتر تا ۸۰ سانتیمتر در کنار هم جای گرفته‌اند.

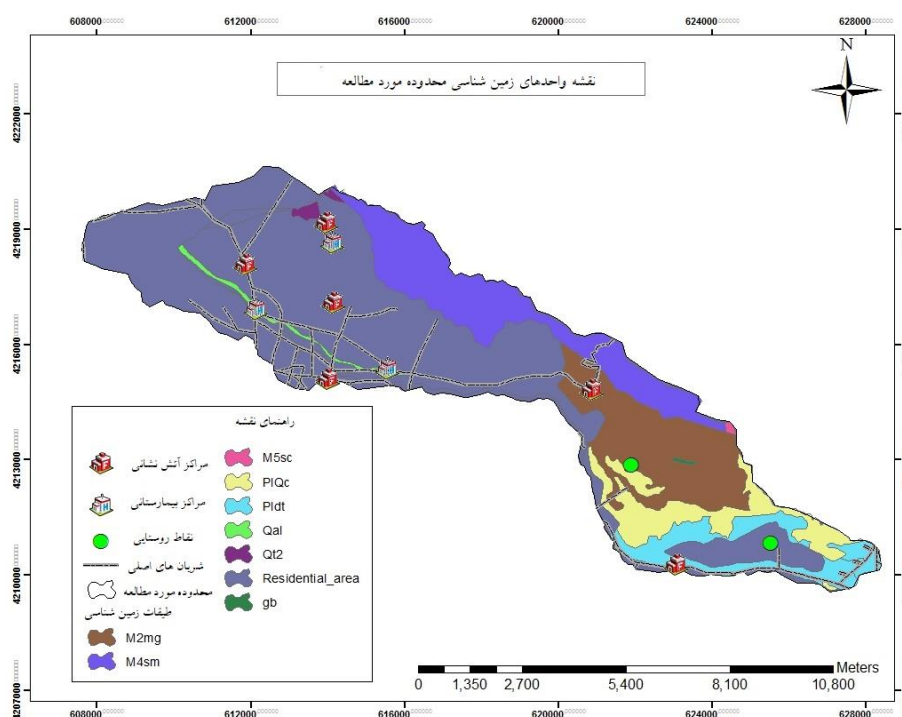
Qt₂

رسوبات آبرفتی جوان که در محل‌های پست‌تری نسبت به رسوبات Qt₁ تشکیل شده‌اند، بیشتر رسی است

شامل پلاژیوکلاز و آمفیبول می‌باشد، گابروها به‌صورت گرانیت صورتی رنگ بریده شده‌اند و این گرانیت‌ها به علت تحمل فشارهای شدید تکتونیکی کاملاً خرد شده‌اند. این واحد به‌صورت توده‌های کوچکی در قسمت جنوبی حوضه مشاهده می‌گردد.

Q^{al}
 رسوبات بستر رودخانه‌های بزرگ جاری در منطقه،
 بیشتر از رسوبات ماسه‌ای، شنی و قلوه سنگ تشکیل
 شده‌اند، این گونه رسوبات امروزه نیز در بستر رودخانه‌ها
 در حال تشکیل است.

G^d
گابرو و دارای بافت دانه‌ای است و کانی‌های اصلی آن



شکل ۲. نقشه واحدهای زمین‌شناسی حوضه عون ابن علی (سرخاب تبریز)

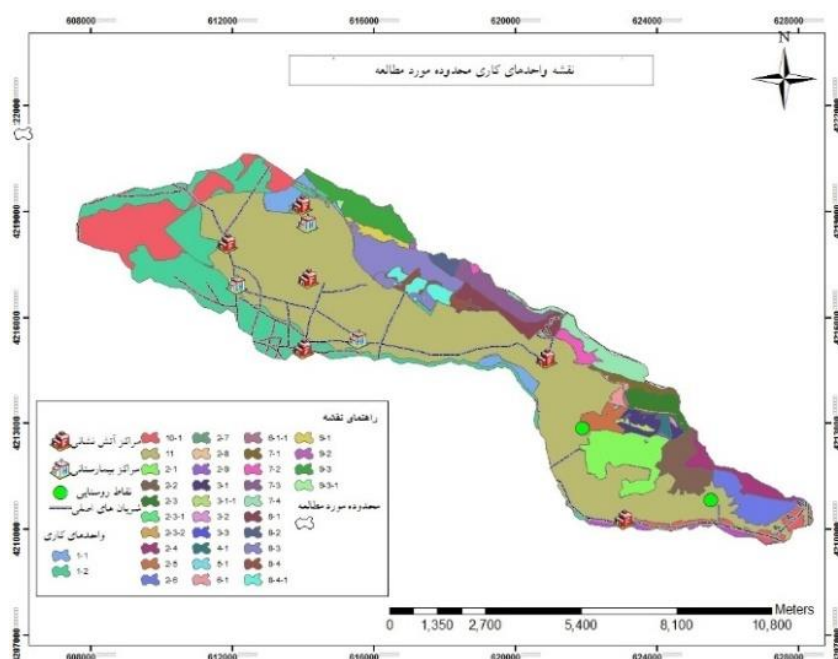
ساز باران، رواناب و رسوب جمع‌آوری گردید (شکل ۱، جدول ۱، تصویر ۱)، سپس نمونه‌ها به آز مایشگاه زمین‌شناسی انتقال و بر روی آن‌ها آنالیزهای شیمیایی و فیزیکی و همچنین بر روی تعداد ۵ نمونه از مارن‌های شاخص منطقه آنالیز XRD صورت می‌گیرد، بدین صورت که نمونه‌ها در محفظه‌ای قرار گرفته است، این محفظه بر روی صفحه دواری در مقابل اشعه X معمولاً ۲۰ تا ۶۰ درجه می‌گردد و اشعه X به آن برخورد نموده و بعضی از آن‌ها منعکس و در دستگاه جمع‌کننده اشعه X جمع می‌شود سپس روی استوانه‌ای که کاغذ بر روی آن قرار

۳.۲. مراحل اجرای پژوهش

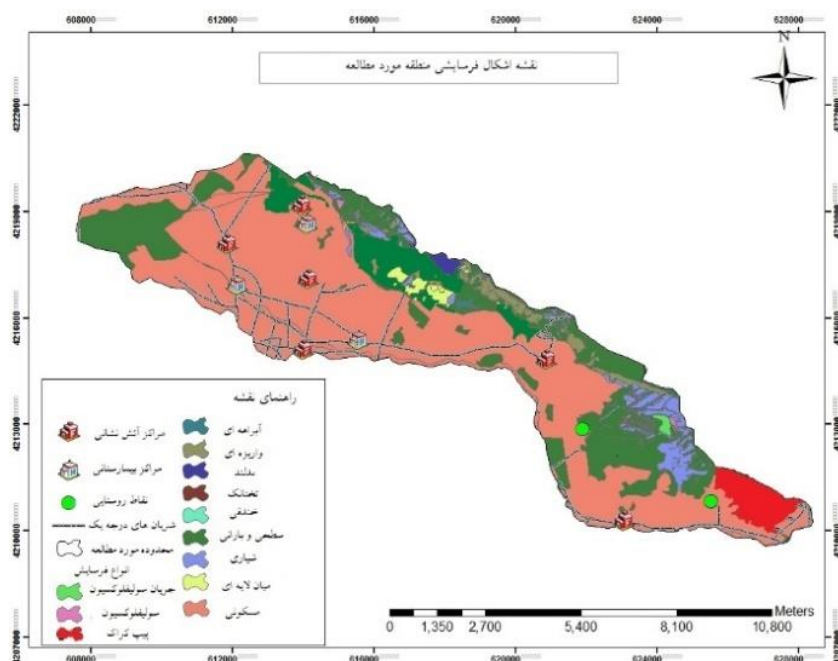
در این تحقیق ابتدا تمامی نقشه‌های پایه و سپس نقشه واحدهای کاری را با استفاده از ویژگی‌های شیب، ارتفاع، کاربری، سازندهای زمین‌شناسی و پوشش گیاهی منطقه توسط نرم‌افزار Arc GIS تهیه گردید (اشکال ۳ و ۴)، در ادامه از مارن‌های مهم و شاخص منطقه در هر واحد کاری به تعداد ۳۵ نمونه در محل انواع فرسایش همراه با ثبت مشخصات مربوط به درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع، میزان پوشش گیاهی، و موقعیت جغرافیایی آن‌ها نمونه‌برداری گردید و در هر واحد کاری با استفاده از شبیه

همچنین هر یک از پارامترهای روش سلبی در واحدهای کاری دارای مواد متصل سنگی که تعداد آنها به ۴ واحد می‌رسد مورد بررسی قرار گرفت.

دارد با همان سرعتی که نمونه‌ها می‌چرخد یکسری دیاگرام اشعه X ثبت می‌گردد که با استفاده از آن پیک منحنی هر کانی همراه با مساحت زیر هر منحنی مشخص می‌گردد.



شکل ۳. نقشه اشکال فرسایش حوضه عون ابن علی (سرخاب تبریز)



شکل ۴. نقشه واحدهای کاری حوضه عون ابن علی (سرخاب تبریز)

جدول ۱. مشخصات هریک از واحدهای کاری

واحدکاری	مشخصات زمین‌شناسی	رخساره فرسایشی	کاربری اراضی
۱-۱	M4sm	سطحی و بارانی	پارک
۲-۱	Qt2- M4sm	سطحی و بارانی	پارک
۱-۲	M2mg	سطحی و بارانی	تسطیح
۲-۲	M2mg	سطحی - شیاری - آبراهه‌ای	مرتع
۳-۲	M2mg-M5sc	شیاری	مرتع
۱-۳-۲	M2mg	سولیفولوکسیون	مرتع
۲-۳-۲	M2mg	تختانک	مرتع
۴-۲	M4sm--M5sc-PIQc	سطحی و بارانی	مرتع
۵-۲	M2mg	سطحی	تسطیح
۶-۲	M2mg- PIQc-PIdt-gb	سطحی	تسطیح
۷-۲	M2mg	سولیفولوکسیون	مرتع
۸-۲	M2mg	سولیفولوکسیون	مرتع
۱-۳	M2mg- M4sm	تختانک - آبراهه‌ای - سولیفولوکسیون	مرتع
۱-۱-۳	M2mg	تختانک	مرتع
۲-۳	M2mg	سولیفولوکسیون	مرتع
۳-۳	M2mg	سولیفولوکسیون	مرتع
۱-۴	M2mg	جریان سولیفولوکسیون	مرتع
۱-۵	M2mg	تختانک	مرتع
۱-۶	M2mg- M4sm	سطحی و بارانی	تسطیح
۱-۱-۶	M2mg	تختانک	مرتع
۱-۷	M4sm	واریزه‌ای - سطحی	مرتع
۲-۷	M4sm	واریزه‌ای - سطحی	مرتع
۳-۷	M4sm	واریزه‌ای - سطحی	مرتع
۴-۷	M4sm	خندقی - سطحی	دیم زار
۱-۸	M4sm	سطحی و بارانی	تسطیح - پارک
۲-۸	M4sm	بدلند	مرتع
۳-۸	M4sm	سطحی - بارانی - شیاری	مرتع - نهال کاری
۴-۸	M4sm	بین لایه‌ای	مرتع
۱-۴-۸	M4sm	شیاری	مرتع
۱-۹	M4sm	آبراهه‌ای - شیاری	مرتع
۲-۹	M4sm	بدلند	مرتع
۳-۹	M4sm-Qt2	سطحی و بارانی - شیاری - آبراهه‌ای	مرتع
۱-۳-۹	M4sm	لغزشی	مرتع
۱-۱۰	PIdt	بارانی	پارک - زراعت آبی
۱۱	-	-	مسکونی



شکل ۵. دستگاه شبیه ساز باران (kampaHorst) برای اندازه گیری میزان رسوب، رواناب و نفوذ پذیری در هر یک از واحدهای کاری

دسته یا تیپ دوم از متغیرها که اندازه گیری گردید آنهایی هستند که در نوع و شدت فرسایش مارن ها مؤثر می باشند و این متغیرها خود به سه دسته به شرح ذیل تقسیم می شوند:

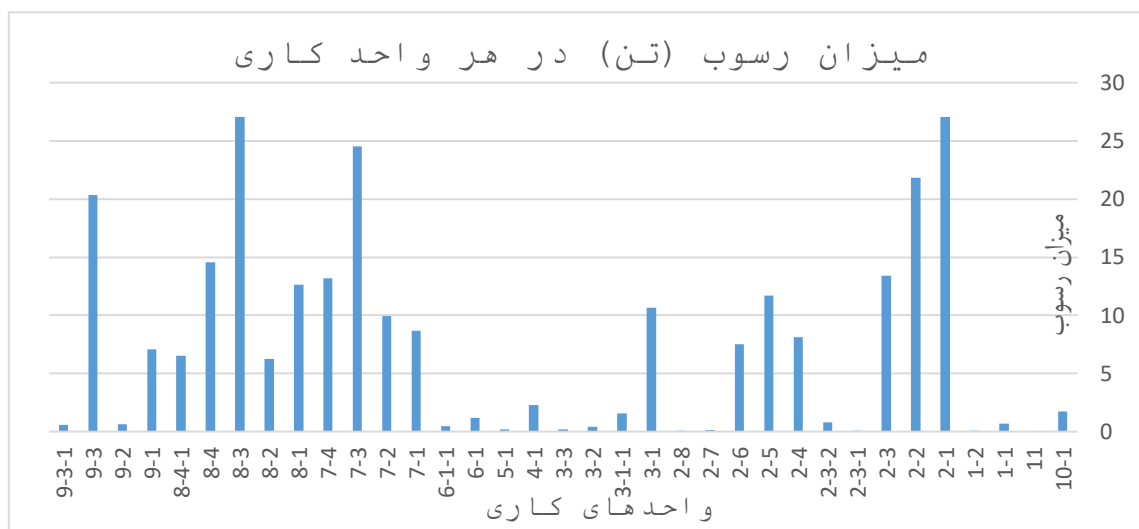
۱- متغیرهای شیمیایی: که شامل PH، هدایت الکتریکی، آهک، کربن آلی، یون سدیم، یون منیزیم، یون کلسیم، مجموع کاتیون ها، یون بی کربنات، یون کلرید، مجموع آنیون ها، نسبت جذب سدیم، ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار گچ می شود و در این طرح همه این متغیرها اندازه گیری گردید.

۲- متغیرهای فیزیکی و مکانیکی: اندازه گیری این نوع متغیرها در منطقه مورد مطالعه هم بر روی بخش سست خاکی و مواد منفصل و هم بر روی بخش سنگی و مواد متصل مورد توجه قرار گرفت، بر روی بخش سست خاکی متغیرهای در صد رس، در صد لای، در صد ماسه، در صد ماسه خیلی ریز، وزن مخصوص حقیقی، حد روانی، حد خمیری و بافت اندازه گیری گردید.

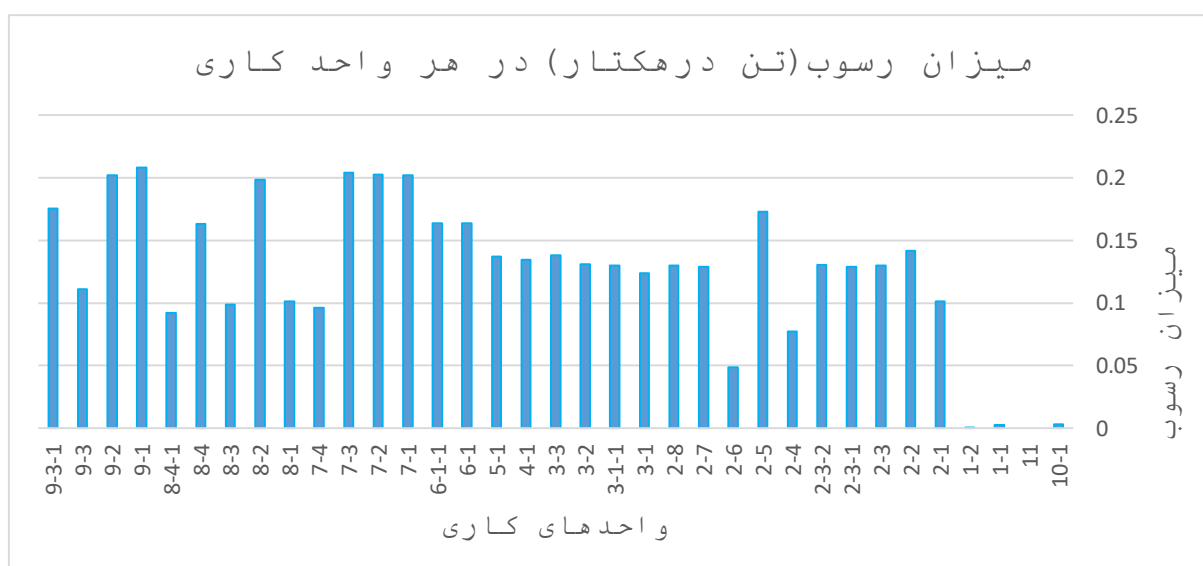
۳- متغیرهای کانی شناسی شامل تشخیص کانی های رسی و ورقه ای، کانی کربناتی، کانی سیلیس و فلدسپات با استفاده از آمایش XRD می باشد.

با توجه به اینکه هدف اصلی در این طرح شناسایی متغیرهایی است که تأثیر مهمی بر نوع فرسایش، مقدار فرسایش و رسوب در مارن ها را دارد، لذا دو تیپ اصلی از متغیرها مورد توجه و اندازه گیری قرار گرفتند، یکی متغیرهایی که خود شاخصی از شدت و میزان فرسایش هستند که در تجزیه و تحلیل عمدتاً به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته می شوند و در این طرح ۳ مورد از آن ها مورد اندازه گیری قرار گرفت، که شامل میزان تلفات خاک بر اساس دستگاه شبیه ساز باران و ضریب فرسایش پذیری k و فرسایش پذیری مواد سنگی با استفاده از روش سلبی برای هر یک از واحدهای کاری می باشد.

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش دستگاه شبیه ساز باران میزان تلفات خاک برای هر واحد کاری و همچنین در سطح یک هکتار از هر واحد بر اساس (شکل ۶ و ۷) محاسبه گردید. جهت بررسی حساسیت پذیری به فرسایش k در معادله جهانی فرسایش برای تیپ های مشخص خاک منطقه پس از مشخص شدن پارامترهای آن بر اساس نمودار k ضریب فرسایش پذیری در هر یک از واحدهای کاری مشخص گردید (شکل ۸) و جهت بررسی فرسایش پذیری مواد سنگی هر یک از پارامترهای روش سلبی بررسی گردید (جدول ۲ و ۳).



شکل ۶. میزان رسوب تولید شده در هر واحدکاری بر اساس نتایج شبیه‌سازی باران



شکل ۷. میزان رسوب تولید شده در سطح یک هکتار از هر واحدکاری بر اساس نتایج شبیه‌سازی باران

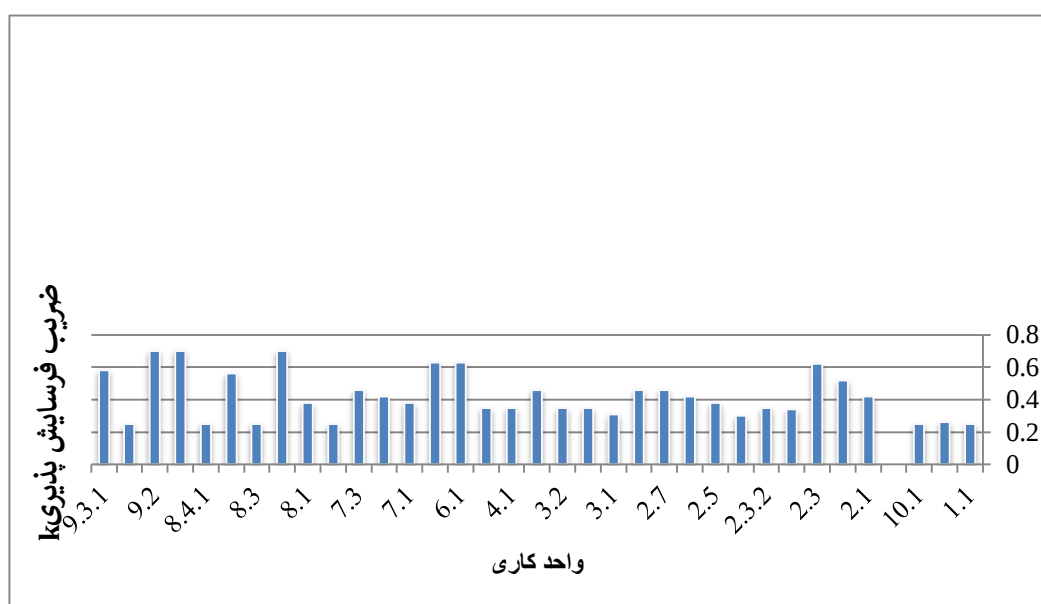
جدول ۲. امتیازات هر یک از پارامترهای روش سلبی

پارامتر	چکش اشمیت	هوازدگی	فاصله بین درزه‌ها	جهت یافتگی	فاصله بین درزه‌ها	ممتد یا پر و خالی بودن درزه‌ها	جریان آب از دامنه
واحد کاری							
۸-۴-۱	۶/۶۸	۵	۴	۸	۳	۲	-
۸-۴	۶/۳۹	۵	۳	۷	۴	۲	-
۸-۳	۶/۰۵	۴	۴	۷	۳	۱	-
۷-۳	۵/۹۶	۵	۴	۸	۳	۲	-

* با توجه به اینکه در پارامتر ۷ (جریان آب از دامنه) متناسب با شرایط منطقه نمی‌باشد لذا این پارامتر حذف گردید.

جدول ۳. نتایج حاصل از روش سلبی به شرح جدول زیر برای هریک از واحدهای کاری

شماره واحد کاری	امتیاز روش سلبی	وضعیت مقاومت سنگ
۱-۴-۸	۲۸/۶۸	حساس نسبت به فرسایش
۴-۸	۲۷/۲۹	حساس نسبت به فرسایش
۳-۸	۲۵/۰۵	حساس نسبت به فرسایش
۳-۷	۲۷/۹۶	حساس نسبت به فرسایش



شکل ۸. نتایج حساسیت پذیری به فرسایش هریک از واحدهای کاری

۳. نتایج

برای آزمون فرضیه مقایسه خصوصیات شیمیایی بر اساس نوع فرسایش از آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شده است، نتایج آنالیز واریانس یک طرفه حاکی است که میزان یون کلسیم، هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل یونی، نسبت جذب سدیم، پتاسیم، کلر و درصد سدیم تبدالی بر اساس نوع فرسایش تفاوت معنی داری دارند ($p < 0.05$). ولی سایر خصوصیات شیمیایی بر اساس نوع فرسایش تفاوت معنی داری ندارند ($p > 0.05$). برای آزمون فرضیه مقایسه خصوصیات فیزیکی بر اساس نوع فرسایش نیز از آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شده است، نتایج آنالیز واریانس یک طرفه حاکی است که میزان ماسه، سیلت،

رس، وزن مخصوص ظاهری و حد خمیری بر اساس نوع فرسایش تفاوت معنی داری دارند ($p < 0.05$)، ولی سایر خصوصیات فیزیکی بر اساس نوع فرسایش تفاوت معنی داری ندارند ($p > 0.05$) (جدول ۴-۷۰). همچنین بر اساس مقایسه نتایج حاصل از آزمایش شبیه ساز باران با بررسی فرسایش پذیری با استفاده از روش k واحدهای کاری شماره ۲-۸ و ۲-۹ با اشکال فرسایشی بدلند و واحد کاری ۱-۹ با فرسایش آبراهه‌ای با پوشش ضعیف و با سازند M4sm دارای بیشترین مقدار رسوبدهی و واحدهای کاری شماره ۱-۱، ۲-۱ با سازند Qt2 و واحدکاری ۱-۱۰ با سازند pldt با بیشترین درصد پوشش گیاهی و با فرسایش سطحی دارای کمترین میزان رسوب

باغ‌میشه این واریزه‌ها به صورت هم‌جوار تا دیواره‌های مناطق مسکونی جریان یافته است.

بر اساس آنالیز واریانس و با مقایسه خصوصیات شیمیایی و فیزیکی با میزان فرسایش نتایج به شرح زیر به دست آمد:

۱.۳. بررسی تأثیر خصوصیات شیمیایی بر میزان

فرسایش

از رگرسیون چندگانه هم‌زمان استفاده شده است. نتایج تحلیل رگرسیون نشان می‌دهد که ضریب تعیین برابر $0/۸۶$ است، یعنی ۸۶ درصد از تغییرات میزان فرسایش توسط خصوصیات شیمیایی تبیین می‌شود (جدول ۴).

می‌باشد. جهت بررسی فرسایش‌پذیری مواد متصل سنگی از روش سلبی استفاده شد که بر اساس این روش امتیاز عوامل شش گانه با حذف پارامتر شیش از بین واحدهای کاری ۱-۴، ۸-۴، ۸-۳ و ۷-۳ که دارای مواد متصل سنگی می‌باشند واحد ۱-۴-۸ و واحد ۳-۷ دارای بیشترین امتیاز فرسایش و بر این اساس کلیه واحدهای مذکور دارای سنگ‌های حساس به فرسایش می‌باشد که این نوع سنگ‌ها بر اساس درز و شکاف‌های موجود و هوازدگی و شرایط اقلیمی و قرار گرفتن بر روی لایه‌های مارنی و همچنین در اثر شکستگی‌های ایجاد شده ناشی از گسل اصلی تبریز، در نهایت موجب سست شدن ماسه سنگ‌های قرمز رنگ و هوازده و حساس نسبت به فرسایش و ایجاد اشکال فرسایشی از نوع واریزه‌ای و به دنبال آن تهدید مناطق مسکونی می‌گردد، به طوری که در شهرک

جدول ۴. جدول همبستگی و آزمون معنی‌داری رابطه خطی برای تأثیر خصوصیات شیمیایی بر میزان فرسایش

ضریب همبستگی چندگانه	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	خطای معیار برآورد	دوربین-واتسن	مقدار F	سطح معنی‌داری
$0/۹۷۶^a$	$0/۹۵۴$	$0/۸۶۱$	$0/۰۲۲۰۳$	$۲/۲۶۴$	$۱۰/۲۶۵$	$0/۰۰۰^a$

می‌دهد که بین متغیر ملاک و متغیرهای پیش‌بین رابطه خطی معنی‌داری وجود دارد (جدول ۷).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج روش فرسایش‌پذیری k ، واحدهای کاری با فرسایش بدند و تقریباً بدون پوشش گیاهی ضریب فرسایش‌پذیری (k) ۷۰ درصد و واحدهای با فرسایش سطحی و بارانی و با پوشش مناسب‌تر با ضریب فرسایش‌پذیری (k) ۲۵ درصد تعلق گرفت، از بین متغیرهای k ، درصد کربن آلی بیشترین تأثیر را بر میزان فرسایش دارد، به طوری که واحدهای با درصد پوشش گیاهی بیشتر کربن آلی بیشتری را داشته و فرسایش هم به همان میزان کاهش می‌یابد. همچنین بر اساس نتایج تجزیه آماری SPSS از نظر توزیع فراوانی نوع فرسایش،

سطح معنی‌داری آزمون برابر $0/۰۰۱$ است. با توجه به اینکه سطح معنی‌داری آزمون F کمتر از $0/۰۵$ است نشان می‌دهد که بین متغیر ملاک و متغیرهای پیش‌بین رابطه خطی معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵).

۲.۳. بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی بر میزان

فرسایش

از رگرسیون چندگانه هم‌زمان استفاده شده است. نتایج تحلیل رگرسیون نشان می‌دهد که ضریب تعیین برابر $0/۷۸۶$ است، یعنی ۷۹ درصد از تغییرات میزان فرسایش توسط خصوصیات فیزیکی تبیین می‌شود (جدول ۶).

سطح معنی‌داری آزمون F برابر $0/۰۰۲$ است. با توجه به اینکه سطح معنی‌داری آزمون کمتر از $0/۰۵$ است نشان

زیادی در این نوع سنگ‌ها گردیده که به دنبال آن به دلیل شرایط اقلیمی و ایجاد هوازدگی و همچنین قرار گرفتن بر روی لایه‌های مارنی و از طرفی نیز در اثر شکستگی‌های ایجاد شده ناشی از گسل اصلی تبریز، در نهایت موجب سست شدن ماسه سنگ‌های قرمز رنگ و هوازده و حساس نسبت به فرسایش و ایجاد اشکال فرسایش واریزه‌ای و تهدید مناطق مسکونی می‌گردد، به‌طوری که در شهرک باغمیشه این واریزه‌ها به‌صورت همجوار تا دیواره‌های مناطق مسکونی جریان یافته است.

بیشترین اشکال فرسایشی مربوط به فرسایش سطحی و بارانی با ۱۷/۵ درصد می‌باشد. طبق نتایج بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بر میزان فرسایش با استفاده از رگرسیون چندگانه همزمان، نشان می‌دهد که خصوصیات شیمیایی با ضریب تعیین برابر ۰/۸۶ بیشترین تأثیر را بر میزان فرسایش دارد. جهت بررسی فرسایش پذیری مواد متصل سنگی با استفاده از روش سلبی، متوسط امتیاز روش مذکور برای واحدهای دارای مواد سنگی ۲۷/۲۴ که همگی حساس نسبت به فرسایش می‌باشند که این امر منجر به ایجاد درز و شکاف‌های

جدول ۵. جدول ضرایب رگرسیون برای تأثیر خصوصیات شیمیایی بر میزان فرسایش

ضرایب استاندارد نشده	ضرایب استاندارد شده		سطح معنی‌داری
	B	خطای معیار	
Beta (بتا)			مقدار t
۰/۱۱۳	۰/۳۴۹	۰/۳۲۳	۰/۷۵۳
۰/۰۰۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۲	۰/۹۸۱
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۱۴۵	۰/۵۸۳
-۰/۰۰۸	۰/۰۱۳	-۰/۱۳۷	۰/۵۶۹
۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۶۴۴	۰/۱۴۲
-۰/۰۹۳	۰/۱۳۵	-۰/۴۱۱	۰/۵۰۵
-۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	-۰/۱۷۰	۰/۴۸۴
۰/۰۳۲	۰/۰۳۵	۰/۲۱۴	۰/۳۷۵
۰/۰۳۷	۰/۰۴۵	۰/۲۷۱	۰/۴۳۶
۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۰/۱۳۱	۰/۸۸۰
-۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	-۱/۰۳۱	۰/۱۸۲
-۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	-۰/۲۱۰	۰/۵۸۵
۰/۰۴۶	۰/۰۳۳	۰/۳۹۷	۰/۱۹۸
۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۶۱	۰/۸۸۰
۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۹۳۵	۰/۲۸۸
-۰/۰۰۴	۰/۰۱۷	-۰/۰۸۰	۰/۸۲۰
۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۰/۹۹۹
۰/۰۲۰	۰/۰۴۹	۰/۲۲۸	۰/۶۹۷
-۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	-۰/۳۵۹	۰/۵۲۱
-۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	-۰/۵۰۸	۰/۴۷۲
۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۶۴۴	۰/۳۲۷
مقدار ثابت			
سدیم قابل تبادل			
یون سدیم			
منیزیم			
یون کلسیم			
کربن آلی			
آهک			
اسیدیته			
مس			
هدایت الکتریکی یا EC			
ظرفیت تبادل یونی			
یون سولفات			
آلومینیم			
گچ			
نسبت جذب سدیم			
آهن			
پتاسیم			
سدیم			
سیلیسیم			
کلر			
درصد سدیم تبادلی			

جدول ۶. جدول همبستگی و آزمون معنی‌داری رابطه خطی برای تأثیر خصوصیات فیزیکی بر میزان فرسایش

ضریب همبستگی چندگانه	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	خطای معیار برآورد	دوربین-واتسن	مقدار F	سطح معنی‌داری
۰/۹۴۳ ^a	۰/۸۸۶	۰/۷۸۶	۰/۰۲۷۷۲	۲/۴۶۸	۸/۷۸۶	۰/۰۰۲ ^a

جدول ۷. جدول ضرایب رگرسیون برای تأثیر خصوصیات فیزیکی بر میزان فرسایش

سطح معنی‌داری	مقدار t	ضرایب استاندارد نشده		B	خطای معیار	ضرایب استاندارد شده
		Beta (بتا)				
مقدار ثابت	۱/۴۸۵			۵/۰۴۰	۳/۳۹۴	۰/۱۷۲
ماسه خیلی ریز	-۰/۸۴۰	-۱/۵۲۵		-۰/۰۲۸	۰/۰۳۴	۰/۴۲۳
ماسه	-۱/۲۰۴	-۷/۰۶۹		-۰/۰۴۱	۰/۰۳۴	۰/۲۵۹
سیلت	-۱/۰۰۶	-۴/۳۴۶		-۰/۰۳۴	۰/۰۳۴	۰/۳۴۱
رس	-۱/۱۳۲	-۵/۸۶۶		-۰/۰۳۹	۰/۰۳۴	۰/۲۸۷
وزن مخصوص ظاهری	-۱/۱۹۴	-۰/۲۶۳		-۰/۴۱۵	۰/۳۴۷	۰/۲۶۳
شاخص خمیری	۰/۲۳۷	۰/۱۰۰		۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۸۱۸
حد خمیری	-۱/۴۱۲	-۰/۵۵۵		-۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰/۱۹۲
حد روانی	۰/۰۹۵	۰/۰۵۱		۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۹۲۶

و وسعت کم این منطقه دارای کمترین میزان رسوب (۰/۱۷۴ تن) در واحدهای کاری مذکور می‌باشد. همچنین طبق نتایج آزمایش شبیه ساز باران نیز از نظر واحد سطح (هکتار)، اشکال فرسایشی بدلند با میزان رسوب ۰/۲۰۰۹ تن در هکتار و اشکال فرسایش سطحی با میزان رسوب ۰/۰۰۰۰۱۹ تن در هکتار و با اشکال فرسایش سطحی و بارانی دارای کمترین میزان رسوب می‌باشد.

بررسی‌های متغیرهای فیزیکی توسط آنالیز واریانس و آنالیز تفکیکی مشخص می‌نماید از بین متغیرهای فیزیکی میزان ماسه با فرسایش واریزه‌ای و میزان سیلت با فرسایش بدلند و فرسایش لغزشی رابطه مستقیم دارد. با توجه به اینکه فرسایش واریزه‌ای اکثراً در مناطقی که به دلیل وجود درز و شکاف‌های زیاد و هوازدگی منجر به خرد شدن ماسه سنگ‌های حساس گردیده که بر اساس روش سلبی سنگ‌های حساس به فرسایش می‌باشند، رخ

واحدهای مارنی M4sm با توجه خصوصیات توپوگرافی آن‌ها با شیب‌های تند، قرار گرفتن بر روی گسل تبریز و ارتعاشات ناشی آن و همچنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن، یکی از حساس‌ترین واحدها به فرسایش آبی می‌باشد و اشکال فرسایشی آن بیشتر به صورت سطحی، شیاری، بدلند، لغزشی و واریزه‌ای می‌باشد و واحدهای Pldt با توجه به توپوگرافی ملایم‌تر و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مقاومت بیشتری نسبت به فرسایش دارند و اشکال فرسایش بر روی آن بیشتر به صورت سطحی و بارانی می‌باشد.

بر اساس نتایج شبیه ساز باران واحدهای با اشکال فرسایشی سطحی و بارانی و با سازند M4sm با توجه به وسعت واحد مذکور و با کاربری مرتع با پوشش ضعیف دارای بیشترین میزان رسوب (۰/۸۵ / ۲۷ تن) و واحدهای کاری با سازند Qt2 با کاربری پارک و فضای سبز که به دلیل پوشیده بودن سطح خاک و همچنین شیب کمتر

می‌دهند. سیلت نیز به دلیل عدم خالصیت چسبندگی و کمبود مواد آلی نسبت به فرسایش بسیار حساس می‌باشد به‌طوری که اغلب منجر به اشکال فرسایش بدلند و لغزشی می‌گردد، همچنین میزان وزن مخصوص ظاهری با فرسایش لغزشی و حد خمیری که منجر به حرکت و جدایی طبقات رس می‌گردد، با فرسایش سولیفلوکسیون و جریان سولیفلوکسیون رابطه مستقیم دارد.

متغیرهای نوع کانی نشان می‌دهد خاک‌هایی که دارای رس‌هایی مانند مونت مورینیت می‌باشند با مقدار زیاد Na، ESP، k و Cl خاک دانه‌ها ناپایدار که در برابر فرسایش بسیار حساس می‌گردد در این نوع خاک‌ها فرسایش از نوع بدلند و شیار رخ می‌دهد در این نوع خاک‌ها میزان رواناب و رسوب افزایش و میزان نفوذ پذیری کاهش می‌یابد.

بررسی‌های متغیرهای شیمیایی توسط آنالیز واریانس و آنالیز تفکیکی مشخص می‌نماید که متغیرهای شیمیایی شامل EC، SAR، ESP و CL با فرسایش لغزشی و پتاسیم با فرسایش بدلند رابطه مستقیم دارد و با کربن آلی رابطه معکوسی دارد در واقع کربن آلی نیز با پوشش گیاهی رابطه مستقیمی دارد، به‌طوری که مواد آلی باعث افزایش پوشش گیاهی و پوشش گیاهی نیز منجر به

آبشویی سدیم و پتاسیم و در نتیجه بر میزان EC، SAR تأثیر مستقیم دارد که این امر با نظریه سایر محققین مطابقت دارد، به‌طوری که بر اساس این مطالعات کمبود مواد آلی به‌عنوان یکی از عوامل مهم در اشکال فرسایش بدلند در نظر گرفته می‌شود [۳]. از عوامل تأثیر گذار بر میزان مواد آلی پوشش گیاهی می‌باشد زیرا پوشش گیاهی باعث افزایش کربن آلی و در نتیجه افزایش نفوذ آب و آبشویی سدیم می‌گردد [۳]. نتایج به‌دست آمده در حوضه مورد مطالعه تا حدود زیادی شبیه نتایج مطالعات صورت گرفته در گذشته است به‌طوری که همگی تأکید داشتند که کمبود کربن آلی و پوشش گیاهی از عوامل مهم تأثیر گذار بر فرسایش بدلند می‌باشد.

با توجه به حساسیت منطقه و ارتباط تنگاتنگ با حوضه شهری پیشنهاد می‌گردد راهکارهایی جهت کنترل سیل، رسوب و اشکال مختلف فرسایش به‌صورت بیولوژیکی با کشت گونه‌های متناسب با شرایط منطقه، مکانیکی با ایجاد کانال‌های روباز و زهکشی جریانات سطحی، مدیریتی با قرق دام و جلوگیری از تغییر کاربری و شیمیایی به‌صورت تزریق و محلول پاشی با ترکیبات شیمیایی مناسب جهت بهبود ساختمان خاک صورت گیرد.

References

- [1] Ahmadi, H. (2008). *Applied Geomorphology*, Volume 1, Water erosion, Tehran University Publications.
- [2] Amiri, M., Nazri, Pouya, H. and Peyrovan, H. R. (2009). Factors affecting the erodibility of Marls in Hamadan province using rainfall stimulator device, *Journal of Watershed Engineering and Management*. 1(3), 25-44.
- [3] Bierbas, P., Wündsch, M. and Michalzik, B. (2014). The impact of vegetation on the stability of dispersive material forming biancane badlands in Val d'Orcia, Tuscany, Central Italy. *Catena*, 113, 6-26.
- [4] Bouma, N. A. and Imeson, A. C. (2000). Investigation of Relationships between Measured Field Indicators and Erosion Processes on Badland Surfaces at Petrer, Spain, *catena*, (40), 147-171.
- [5] Castaldi, F., and Chiocchini, U. (2012). Effects of land use changes on badland erosion in clayey drainage basins, Radicofani, Central Italy. *Geomorphology*, (169-170), 98-108.

- [6] Gallart, F., Pérez Gallego, N., Latron, J., Catari, G., Martmez Carreras, N., and Nord, G. (2013). Short and long-term studies of sediment dynamics in a small humid mountain Mediterranean basin with badlands. *Geomorphology*, (۱۹۶), ۲۴۲-۵۱.
- [7] Katharina, J. A. (2008). Badlands in marl lithologies: A field guide to soil dispersion, subsurface erosion and piping-origin gullies. *catena*, no. 04-005.
- [8] Moradi, Gh., Alizadeh, M., and Pashayan, M. (2012). Effect of Micro-Silica on the resistance and swelling of Marlian soil stabilized by lime. *9th International Congress on Civil Engineering*.
- [9] Moreno, M. (2016). *Lithology controls the regional distribution and morphological diversity of montane Mediterranean badlands in the upper Llobregat basin (eastern Pyrenees)*, 273, 107-115.
- [10] Rezaei, K. H. (2016). Effect of physical and chemical properties of marls on their erodibility using a rain simulator device in Nobaran region, Saveh, *Quantitative Geomorphology Research*, 5(3).
- [11] Rienks, S. M., Botha, G. A., and hughes, J. C. (2000). Some Physical and Chemical properties of Sediments Exposed in a Gully (Donga) in Northern KwaZulu-Natal, South Africa and their Relationship to the Erodibility of the colluvial Layers. *Catena*, 39, 11-31.
- [12] Tenaw asres, M. and Awulachew, S. (2010). SWAT based runoff and sediment yield modelling: a case study of the Gumera watershed in the Blue Nile basin, *Ecohydrology*, 10 (2-4), 191-199.
- [13] Vercat, D., Smith. M. W., and Brasington, J. (2014). Patterns of topographic change in sub – humid badlands determined by high resolution multi-temporal topographic surveys, *Catena*, 120, 164-176.
- [14] Vergari, F. (2015). *Assessing soil erosion hazard in a key badland area of Central Italy*. *Nat. Hazard*, 79, 71-95.

