

## بررسی تخریب‌پذیری سری سازندی قم در منطقه بیابانی (مطالعه موردی: کاشان)

عباسعلی ولی\* - دانشیار گروه علوم مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین کاشان، ایران.  
مهديه افشاری - دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین کاشان، ایران.  
محمد شمس‌آبادی - دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین کاشان، ایران.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۲۲      تأیید نهایی: ۱۴۰۰/۰۶/۲۸

### چکیده

از جمله عوامل اثرگذار و تعیین‌کننده شدت تخریب، میزان رسوب‌زایی و تخریب‌پذیری سازندها است. حساسیت متفاوت سازندها سهم آن‌ها را در شکل‌گیری واحدها برعهده می‌گیرد. سازندهای زمین‌شناسی متعددی در شکل‌گیری هر منطقه دخیل است. در این مطالعه، عمده سازندهای تشکیل‌دهنده از سازندهای سری قم است. در این پژوهش براساس روش سلبی اصلاح شده، مقاومت سازندهای قرمز بالایی، قم، قرمز زیرین و ولکانیک ائوسن برآورد و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شده است. در روش سلبی شش پارامتر سختی چکش اشمیت، جهت درزه، درجه هوازدگی، عرض، فاصله و پیوستگی درزه ملاک بررسی مقاومت سنگ می‌باشد که وضعیت تخریب‌پذیری سازند را از خیلی حساس تا خیلی مقاوم تعیین می‌نماید. در روش اصلاح شده، فاکتور پوشش گیاهی نیز اضافه شد. طبق نتایج به‌دست آمده سازند ولکانیک ائوسن با ۷۶/۱۶ امتیاز در رده سازندهای مقاوم، سازند قم با ۶۳/۶۶ امتیاز در رده سازندهای متوسط، سازند قرمز زیرین با ۴۷/۵ امتیاز در رده سازندهای حساس و در نهایت سازند قرمز بالایی با ۲۶/۳۳ امتیاز در رده سازندهای خیلی حساس قرار گرفت. بنابراین، می‌توان ادعان نمود با توجه به وضعیت تخریب‌پذیری؛ سازندهای سری قم عمدتاً حساس بوده و قدرت رسوب‌زایی بالایی دارند. بررسی شواهد ژئومورفیک دامنه‌ها نیز مؤید نتایج به‌دست آمده از پژوهش است به‌طوری‌که سازند ولکانیک ائوسن با دامنه پرتشیب و تشکیل رخساره‌های ستیغ و پرتگاهی بیش‌ترین مقاومت و سازند قرمز بالایی با ایجاد در رخساره‌های دامنه‌های کم شیب و تپه ماهوری بیش‌ترین حساسیت را نشان داده‌اند.

واژگان کلیدی: دامنه، رسوب‌زایی، فرسایش‌پذیری، مواد پیوسته، هوازدگی.

## مقدمه

در اغلب سازندهای زمین‌شناسی اختلاف در توان تولید رسوب به دلیل تفاوت در بافت، مقاومت و حساسیت سازند به فرسایش است. یکی از عوامل اثرگذار در رسوب‌زایی جنس سازندهای موجود در منطقه می‌باشد به‌طوری‌که سازندهای حساس به فرسایش در برابر سازندهای مقاوم رسوب‌دهی بیش‌تری دارند (عسگری و همکاران، ۱۳۹۹، ۱۷۸). حساسیت متفاوت سازندها در حقیقت اختلاف سهم آن‌ها را در شکل‌گیری واحدهای دشت‌سر و پلایا برعهده می‌گیرد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۸، ۲۵). به‌منظور بررسی مقاومت مواد پیوسته زمین‌شناسی به فرسایش، اغلب خصوصیات نظیر سختی، درز و شکاف، لایه‌بندی، عوامل درزه‌ها شدت هوازدگی سنگ‌ها و در مواد ناپیوسته، بافت، ساختمان، نفوذپذیری، کانی‌شناسی، مواد آلی، نوع رس مد نظر قرار می‌گیرد (احمدی و فیض‌نیا، ۱۳۸۵، ۶۵). انواع سنگ‌ها از طریق خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بر روی فرآیند هوازدگی تأثیر می‌گذارند. میزان هوازدگی کانی‌ها به ترکیب شیمیایی، شکل بلور، اندازه و درجه بلوری شدن آن‌ها بستگی دارد و به کمک سطح قابل دسترس کنترل می‌شود، بنابراین کانی‌های بزرگ، سخت‌تر از کانی‌های کوچک با حجم یکسان هوازدیده می‌شوند. اگر هوازدگی شدید و چشم‌انداز پایدار باشد، ضخامت زیاد مواد هوازدیده که نیمرخ هوازدگی نام دارد، ممکن است با خصوصیات ویژه مرتبط با ماهیت سنگ‌های هوازدیده توسعه یابد (کریم‌پور ریحان و کیانیان، ۱۳۸۷، ۸۹). سازند سری قم با سن الیگومیوسن در ایران مرکزی از گذشته تا به امروز مورد توجه زمین‌شناسان می‌باشد (قبادی و کاپله‌ای، ۱۳۹۱، ۱۱۸). طبقاتی از آهک‌های کم‌عمق و مارن که به‌طور مشخصی از نظر رنگ و لیتولوژی از سازند قرمز زیرین و قرمز بالایی متمایز هستند؛ سازند قم نامیده می‌شوند. این سازند برای نخستین بار توسط گانسر<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۵۵) تشخیص داده شده است (دهقان و همکاران، ۱۳۸۹، ۷۴). براساس مطالعات چینه‌شناسی سنوزوئیک حوضه قم تاکنون سه مجموعه رسوبی شاخص در این حوضه قابل تشخیص است که این سه مجموعه توسط کنگلومرای پلیوسن و رسوبات عهد حاضر پوشیده می‌شوند در محدوده دشت کاشان واقع در جنوب کاشان و در مسیر کاشان - نطنز از نواب تا شجاع‌آباد، مجموعه‌ای از چین‌خوردگی سازندهای قرمز تحتانی، سازند قم و سازند قرمز بالایی دیده می‌شود (مکاران و همکاران، ۱۳۹۰، ۳۶ و بیات، ۱۳۹۶، ۲۴). دهداری‌فر و همکاران (۱۳۹۹)، در مطالعه‌ای با هدف مقایسه حساسیت به فرسایش و طبقه‌بندی مقاومت سازندها با استفاده از روش سلیبی<sup>۲</sup> بیان کردند، سنگ آهک آسماری با میانگین امتیاز روش سلیبی بین ۷۰/۹۹-۶۶/۷۲ مقاوم‌ترین سنگ است که پس از آن به ترتیب سنگ آهک میشان، آغاچاری و انیدریت گچساران قرار دارد. دهداری‌فر (۱۳۹۴)، با بررسی حساسیت به فرسایش و طبقه‌بندی سنگ‌های آهک آسماری، آهک میشان، ماسه سنگ آهکی آغاچاری و انیدریت گچساران با استفاده از روش‌های سلیبی و سایش لس آنجلس در زون زاگرس بیان داشت، روش سلیبی به دلیل دارا بودن پارامترهای زیاد و قدرت طبقه‌بندی سنگ‌ها بهترین روش رده‌بندی است و بیش‌ترین همبستگی را دارد. محمد خان و احمدی (۱۳۹۶)، با بررسی رابطه سختی سنگ و تولید واریزه به روش سلیبی اصلاح‌شده در ماسه سنگ آغاچاری بیان کردند، رابطه قوی و مستقیم بین واریزه‌های سنگی با پارامترهای سختی چکش اشمیت، هوازدگی، پیوستگی درزه و رابطه متوسط با پیوستگی درزه و تخلخل و رابطه ضعیف با فاصله درزه و فقدان رابطه با پهنای درزه‌ها است. عسگری و همکاران (۱۳۹۸)، با بررسی مقاومت سازندهای زمین‌شناسی نسبت به فرسایش در حوضه آبخیز چنذاب اردبیل، بیان کردند سازندهای زمین‌شناسی این منطقه نسبت به فرسایش مقاوم است و توان رسوب‌زایی پایینی دارند، لذا اقدامات حفاظتی که انجام می‌شود باید در جهت حفظ شرایط فعلی ادامه یابد. دهداری‌فر و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای با هدف تعیین مقاومت به فرسایش سنگ‌های سازندهای گروه فارس شامل آهک مارنی میشان، ماسه سنگ آهکی آغاچاری، انیدریت گچساران و توده سنگ آهک آسماری در سه منطقه بهبهان، گچساران و دیلم با کمک روش رتبه‌بندی مقاومت توده سنگ و حساسیت گزارش نمودند؛ بین سنگ‌های سازند فارسو سنگ آهک آسماری

<sup>1</sup>. Ganser

<sup>2</sup>. Selby

تفاوت معنی‌دار وجود دارد. سنگ آهک آسماری از نظر مقاومتی جزء سنگ‌های خوب تا خیلی خوب است. چریستوفر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸)، با بررسی رسوب‌زایی در سندی هوک نیوجرسی ایالات متحده آمریکا اذعان داشتند، براساس تخلخل و اندازه دانه‌ها و همچنین سن رسوبات تراکم رسوبات محاسبه شد و بیان کردند تجمع رسوب در منطقه مورد مطالعه سبب افزایش سطح دریا شده است. آیدین و باسو<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) و دی و گودی<sup>۳</sup> (۱۹۷۷)، گزارش نمودند چکش اشमित ابزار مناسبی در جهت اندازه‌گیری سختی سازند است. التین<sup>۴</sup> (۲۰۱۵)، به بررسی تغییرات زیست‌محیطی و اقلیمی در طی پلیستوسن- هولوسن در دشت بور، آناتولی مرکزی ترکیه پرداختند و دریافتند که این تغییرات منجر به تغییر روند چرخه‌های رسوب در این نواحی گردیده است. لی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۷)، در مطالعه‌ای بیان کردند، تولید رسوب با انتقال از فاز پلیستوسن-هولوسن ارتباط معناداری ندارد. توی<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۲) و اریکسون<sup>۷</sup> (۲۰۰۴)، بیان کردند سازندهای بسیار فرسایش‌پذیر نسبت به سازندهای مقاوم در برابر تخریب تا ۱۰ برابر نسبت به فرآیند تخریب حساس‌تر است. هدف کلی پژوهش حاضر، مطالعه رفتار سازندهای منطقه مطالعاتی که عمدتاً متشکل از سری سازندی قم است، در تولید رسوب و تخریب‌پذیری آن‌ها می‌باشد. به‌طوریکه با استفاده از بررسی و برآورد پارامترهای فیزیکی دامنه‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و با توجه به شناخت وضعیت استقرار پوشش گیاهی بر روی دامنه‌ها امکان افزودن پارامتر فیتولوژیکی به پارامترهای فیزیکی بررسی و سرانجام شواهد ژئومورفولوژی سازندها مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

## روش تحقیق

### موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه

کاشان یکی از مهم‌ترین شهرستان‌های استان اصفهان است که دارای طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه و ۳۹ ثانیه تا ۵۲ درجه و ۶ دقیقه و ۳ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه و ۳۶ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه و ۶ ثانیه است و در ارتفاع ۱۶۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است. میزان نزولات جوی سالانه بالغ بر ۱۳۰ میلیارد متر مکعب است (افشاری‌نیا و پناهی، ۱۴۰۰، ۳۹). کاشان بخش کوچکی از یک واحد طبیعی و ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی است که خود به دو بخش مجزا و متمایز کوهستانی و دشتی تقسیم می‌شود. از نظر زمین‌شناسی ساختمانی ارتفاعات جنوب غرب و جنوب کاشان جزء ارتفاعات ایران مرکزی بوده و در کمربند آتش‌فشانی بزمان-تبریز قرار دارند. واحد ایران مرکزی جزء بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین واحد زمین‌شناسی به‌شمار می‌رود. در این واحد قدیمی‌ترین سنگ‌های دگرگون‌شده (پروکامبرین) تا آتش‌فشان فعال و نیمه‌فعال امروزی وجود دارد. منطقه کوهستانی از نظر لیتولوژی منحصراً شامل تشکیلات دوران سوم زمین‌شناسی است که عبارت است از، تشکیلات پالئوسن، تشکیلات ائوسن، تشکیلات الیگوسن، تشکیلات میوسن (میانی- فوقانی)، تشکیلات پلیوسن. قسمت دشتی منطقه کاشان شامل دشت سرها، دشت‌ها و پلایا است. از جانب شمال شرق به زمین‌های شور هزار کویر مرکزی ایران اتصال پیدا می‌کند. در شکل ۱، موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نسبت به کشور و استان نشان داده شده است.

1. Christopher

2. Aydin and basu

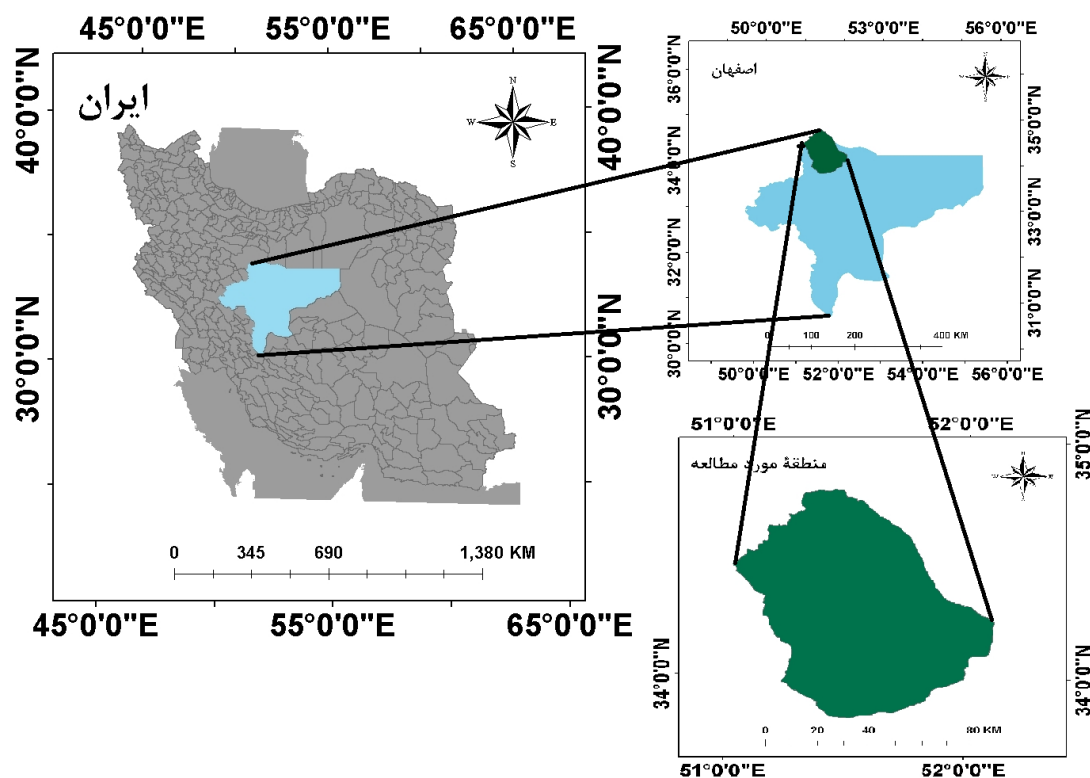
3. Day and Goudie

4. Altin

5. Li

6. Toy

7. Ericson



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نسبت به کشور و استان

### روش کار

در پژوهش حاضر، رخنمون سری سازندی قم در منطقه مطالعاتی به تفکیک سازند قرمز بالایی، قرمز زیرین، قم و ولکانیک ائوسن شناسایی شد (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). پس از شناسایی رخنمون اقدام به تعیین واحدهای نمونه برداری از سازندهای منطقه مطالعاتی براساس واحدهای معرف سازندی شد (شکل ۶). واحد  $M_{II}$  برای سازند قرمز بالایی (دامنه از جنس مارن، کنگلومرای قرمز و ژیبس)، واحد  $O_1$  برای سازند قرمز زیرین (دامنه از جنس کنگلومرای قرمز، ماسه سنگ و مارن)، واحد  $OM_q$  برای سازند قم (دامنه از جنس آهک ریفی، شیل خاکستری و مارن ماسه‌ای) و واحد  $Ev_6$  برای سازند ولکانیک ائوسن (دامنه از جنس گدازه‌های آندزیت، بازالت و ریولیت) شناسایی شد. پس از تعیین واحدهای نمونه برداری؛ روش سلبی جهت بررسی تخریب پذیری واحدهای انتخاب شده از سازندها براساس طرح آماری کاملاً تصادفی با شش تکرار روی دامنه اجرا شد. روش سلبی در سال (۱۹۸۰)، توسط سلبی به منظور رده بندی توده سنگ‌ها برای اهداف ژئومورفولوژی معرفی گردید. در این روش در هر سطح اقدام به اندازه گیری و امتیازدهی به پارامترهای موردنظر خواهد شد و متشکل از پارامترهای شش گانه سختی چکش اشمیت، جهت درزه، درجه هوازدهی، عرض، فاصله و پیوستگی درزه است. در این پژوهش از چکش اشمیت سری N استفاده شد. عدد به دست آمده از چکش اشمیت در نوع سنگ‌های هوازده متفاوت است و هرچه میزان هوازدهی بیشتر باشد مقاومت کمتری در سنگ دیده می‌شود. سلبی (۱۹۹۳) در ارتباط با چکش اشمیت به نمره‌دهی پرداخت به طوری که سنگ‌های بسیار ضعیف با فشردگی کم و بسیار هوازده نمره ۳۵-۱۰، سنگ‌هایی با سیمان ضعیف نمره ۳۵-۴۰، سنگ‌های با مقاومت متوسط نمره ۵۰-۴۰، سنگ‌هایی با مقاومت زیاد نمره ۶۰-۵۰ و سنگ‌هایی با مقاومت بسیار زیاد و فشردگی بالا نمره بالای ۶۰ دارند (گودی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳). برای بررسی شدت هوازدهی، مقدار تغییر رنگ سنگ در اثر هوازدهی مورد بررسی قرار می‌گیرد. به طوری که تکه‌ای از سنگ را با چکش جدا نموده، با سنگ‌های هوازده در روی زمین

<sup>۱</sup>. Goudie

مقایسه می‌شود سپس میزان تغییر رنگ تعیین شده بررسی می‌شود (دهداری فر و همکاران، ۱۳۹۹، ۵۹۸). به منظور اندازه‌گیری فواصل درزه از خط‌کش استفاده شد و فاصله بین دو درزه متوالی برآورد گردید. عرض درزه‌ها نیز با استفاده از خط‌کش تعیین گردید. براساس این که درزه‌ها جهت‌یافته‌اند یا خیر و شیب آن‌ها نسبت به شیب دامنه به چه صورت می‌باشد، امتیازدهی داده شد. پیوستگی درزه‌ها با بررسی امتداد درزه‌ها و مقدار پرشدگی مشخص و بر این اساس امتیازدهی شد. هم‌چنین وضعیت پوشش گیاهی بر روی دامنه سازندی براساس انبوه پوشش گیاهی در ۱۰۰ متر مربع دسته‌بندی شد و نمونه‌برداری به روش تصادفی سیستماتیک انجام شد. از آنجایی که فاکتور پوشش گیاهی به سبب نقش مثبت در مقاومت سازندها از اهمیت بسزایی برخوردار است لذا ۵-۰ بوته در ۱۰۰ متر مربع در طبقه خیلی حساس، ۱۰-۵ بوته در ۱۰۰ متر مربع در طبقه حساس، ۱۵-۱۰ بوته در ۱۰۰ متر مربع در طبقه متوسط، ۲۰-۱۵ بوته در ۱۰۰ متر مربع در طبقه نسبتاً مقاوم و ۲۵-۲۰ بوته در ۱۰۰ متر مربع در طبقه مقاوم قرار گرفته شد. تحلیل نتایج نیز به کمک آنالیز واریانس و آزمون مقایسه میانگین‌های چند دامنه‌ای دانکن و استنباط آماری نتایج انجام گرفت. در نهایت نیز تحلیل نتایج و مقایسه وضعیت تخریب‌پذیری واحدهای سازندی و انطباق نتایج با شواهد ژئومورفولوژی دامنه‌ها صورت گرفت و فاکتور پوشش گیاهی به عوامل مدل سلبی اضافه شد. در جدول ۱، روش اصلاح یافته سلبی ارائه شده است.



شکل ۲: سازند قم در منطقه مطالعاتی



شکل ۳: سازند قرمز زرین در منطقه مطالعاتی



شکل ۴: سازند قرمز بالایی در منطقه مطالعاتی



شکل ۵: سازند قرمز بالایی هوازده در منطقه مطالعاتی



شکل ۶: تصاویری از نحوه نمونه برداری

جدول ۱: روش اصلاح یافته سلبی

طبقه‌ها پارامترها	۱ بسیار نامقاوم		۲ نامقاوم		۳ مقاومت متوسط		۴ مقاوم		۵ بسیار مقاوم	
	مقاومت	درجه ۱۰-۳۵		درجه ۳۵-۴۰		درجه ۴۰-۵۰		درجه ۵۰-۶۰		درجه ۶۰-۱۰۰
هوازدگی	کاملاً هوازده		هوازدگی زیاد		هوازدگی متوسط		کمی هوازده		بدون هوازدگی	
فاصله بین درزه‌ها	کمتر از ۵۰ میلیمتر		بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتر		بین ۰/۳ تا ۱ متر		بین ۱ تا ۳ متر		بیش از ۳ متر	
جهت یافتگی درزه‌ها نسبت به شیب دامنه	خیلی نامساعد		نامساعد		نسبتاً نامساعد		مساعد		خیلی مساعد	
عرض درزه‌ها	بیش از ۲۰ میلیمتر		۵ تا ۲۰ میلیمتر		۱ تا ۵ میلیمتر		۰/۱ تا ۱ میلیمتر		کمتر از ۰/۱ میلیمتر	
پیوستگی درزه‌ها	پیوسته با پرشدگی زیاد		پیوسته با پرشدگی کم		پیوسته بدون پرشدگی		تعداد کمی از درزه‌ها پیوسته		غیرپیوسته	
پوشش گیاهی (تعداد)	خیلی حساس		حساس		متوسط		نسبتاً مقاوم		مقاوم	
مجموع	کمتر از ۲۵		۵۱ تا ۲۶		۷۶ تا ۵۲		۷۷ تا ۱۰۵		۱۰۶ تا ۱۲۴	

## بحث و یافته‌ها

## نتایج حاصل از متغیرهای اندازه‌گیری شده و آنالیز واریانس فاکتورهای هفت‌گانه

در جدول ۲، نتایج حاصل از متغیرهای اندازه‌گیری شده سازندهای قرمز بالایی، قم، قرمز زیرین و ولکانیک ائوسن ارائه شده است. هم‌چنین نتایج حاصل از واریانس فاکتورهای هفت‌گانه شامل واجهش، هوازدگی، فاصله درزه‌ها، جهت یافتگی، عرض درزه‌ها، پیوستگی درزه‌ها و پوشش گیاهی در جدول‌های ۳ تا ۹ ارائه شده است.

جدول ۲: متغیرهای اندازه گیری شده جدول اصلاح یافته سلبی سازندهای قرمز بالایی، قرمز زیرین، قم و ولکانیک ائوسن

ردیف	سازند	واجهش	هوازدگی	فاصله درزه‌ها	جهت یافتگی	عرض درزه‌ها	پیوستگی	پوشش گیاهی
۱	قرمز بالایی	۵	۳	۵	۴	۳	۲	۷
۲	قرمز بالایی	۱۰	۴	۷	۵	۴	۳	۸
۳	قرمز بالایی	۱۵	۴	۶	۳	۳	۳	۶
۴	قرمز بالایی	۵	۵	۶	۴	۵	۱	۸
۵	قرمز بالایی	۵	۲	۸	۵	۴	۱	۵
۶	قرمز بالایی	۳	۲	۵	۴	۲	۱	۴
۷	قرمز زیرین	۴۰	۷	۲۰	۱۱	۴	۵	۱۲
۸	قرمز زیرین	۲۰	۵	۲۵	۱۷	۵	۴	۱۰
۹	قرمز زیرین	۳۵	۶	۱۷	۱۳	۶	۶	۱۴
۱۰	قرمز زیرین	۳۰	۷	۲۷	۱۴	۵	۴	۱۵
۱۱	قرمز زیرین	۴۵	۵	۱۴	۱۲	۶	۳	۱۱
۱۲	قرمز زیرین	۴۰	۵	۱۲	۱۵	۴	۵	۱۰
۱۳	قم	۲۰	۳	۱۰	۶	۴	۳	۶
۱۴	قم	۲۵	۵	۱۵	۷	۳	۴	۷
۱۵	قم	۱۵	۷	۱۴	۵	۴	۵	۵
۱۶	قم	۳۰	۶	۱۷	۵	۵	۲	۶
۱۷	قم	۲۰	۴	۱۴	۶	۳	۲	۴
۱۸	قم	۱۵	۶	۱۲	۷	۲	۳	۳
۱۹	ولکانیک ائوسن	۵۰	۷	۲۰	۱۸	۶	۷	۱
۲۰	ولکانیک ائوسن	۶۰	۸	۲۰	۱۹	۶	۷	۲
۲۱	ولکانیک ائوسن	۴۵	۹	۲۵	۱۶	۷	۵	۱
۲۲	ولکانیک ائوسن	۵۵	۹	۲۵	۱۷	۵	۶	۳
۲۳	ولکانیک ائوسن	۶۵	۱۰	۲۷	۱۲	۵	۵	۱
۲۴	ولکانیک ائوسن	۵۰	۱۰	۲۰	۱۲	۶	۶	۲

جدول ۳: نتایج آنالیز واریانس فاکتور واجهش

واجهش	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۷۲۷۴/۴۵۸	۳	۲۴۲۴/۱۱۹	۵۱/۴۵۵	۰/۰۰۰
داخل گروه‌ها	۹۴۲/۵۰۰	۲۰	۴۷/۱۲۵		
جمع	۸۲۱۶۹۸۵	۲۳			

جدول ۴: نتایج آنالیز واریانس فاکتور هوازدگی

هوازدگی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۹۴/۱۲۵	۳	۳۱/۳۷۵	۲۱/۰۳۴	۰/۰۰۰



داخل گروه‌ها	۲۹/۸۳۳	۲۰	۱/۴۹۲		
جمع	۱۲۳/۹۸۵	۲۳			

جدول ۵: نتایج آنالیز واریانس فاکتور فاصله درزه‌ها

فاصله درزه‌ها	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۹۴۶/۱۲۵	۳	۳۱۵/۳۷۵	۲۳/۷۲۷	۰/۰۰۰
داخل گروه‌ها	۲۶۵/۸۳۳	۲۰	۱۳/۲۹۲		
جمع	۱۲۱۱/۹۸۵	۲۳			

جدول ۶: نتایج آنالیز واریانس فاکتور جهت یافتگی

جهت یافتگی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۵۷۳/۱۲۵	۳	۱۹۱/۴۲	۵۰/۶۰۷	۰/۰۰۰
داخل گروه‌ها	۷۵/۵۰۰	۲۰	۳/۷۷۵		
جمع	۶۴۸/۶۲۵	۲۳			

جدول ۷: نتایج آنالیز واریانس فاکتور عرض درزه‌ها

عرض درزه‌ها	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۲۴/۱۲۵	۳	۸/۰۴۲	۹/۰۱۹	۰/۰۰۰
داخل گروه‌ها	۱۷/۸۳۳	۲۰	۰/۸۹۲		
جمع	۴۱/۹۸۵	۲۳			

جدول ۸: نتایج آنالیز واریانس فاکتور پیوستگی درزه‌ها

پیوستگی درزه‌ها	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۵۷/۴۵۸	۳	۱۶/۱۵۳	۱۸/۰۹۷	۰/۰۰۰
داخل گروه‌ها	۲۱/۱۶۷	۲۰	۱۰/۰۵۸		
جمع	۷۸/۶۲۵	۲۳			

جدول ۹: نتایج آنالیز واریانس فاکتور پوشش گیاهی

پوشش گیاهی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معناداری
بین گروهها	۵۷۶/۱۴	۳	۱۸۱/۰۳۲	۵۰/۷	۰/۰۰۰
داخل گروهها	۶۸/۶۰۰	۲۰	۳/۸۸۵		
جمع	۶۴۴/۷۴	۲۳			

طبق نتایج حاصل از آنالیز واریانس فاکتورهای هفت گانه، چنانچه سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ باشد آن فاکتور دارای اختلاف معنادار می باشد و چنانچه سطح معناداری بزرگتر از ۰/۰۵ باشد آن فاکتور دارای اختلاف معنادار نمی باشد. لذا در تمام فاکتورهای فوق سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ است و دارای اختلاف معنادار می باشد.

## نتایج حاصل از آزمون دانکن فاکتورهای هفت گانه

در جدولهای ۱۰ تا ۱۶، نتایج حاصل از آزمون دانکن ارائه شده است. در این آزمون اختلاف معنادار عامل تعیین شده در آنالیز واریانس توسط آزمون دانکن مورد تحلیل قرار گرفته است.

جدول ۱۰: نتایج آزمون دانکن فاکتور واجهش

سازند	تعداد	۱	۲	۳	۴
قرمز بالایی	۶	۷/۱۶			
قرمز زیرین	۶		۲۰/۸۳		
قم	۶			۳۵	
ولکانیک ائوسن	۶				۵۴/۱۶
سطح معناداری		۱	۱	۱	۱

جدول ۱۱: نتایج آزمون دانکن فاکتور هوازدگی

سازند	تعداد	۱	۲	۳
قرمز بالایی	۶	۳/۳۳		
قرمز زیرین	۶		۵/۱۶	
قم	۶		۵/۸۳	
ولکانیک ائوسن	۶			۸/۸۳
سطح معناداری		۱	۰/۳۵	۱

جدول ۱۲: نتایج آزمون دانکن فاکتور فاصله درزه‌ها

سازند	تعداد	۱	۲	۳
قرمز بالایی	۶	۶/۱۶		
قرمز زیرین	۶		۱۳/۶۶	
قم	۶			۱۹/۱۶
ولکانیک ائوسن	۶			۲۲/۸۳
سطح معناداری		۱	۱	۰/۰۹۷

جدول ۱۳: نتایج آزمون دانکن فاکتور جهت یافتگی

سازند	تعداد	۱	۲
قرمز بالایی	۶	۴/۱۶	
قرمز زیرین	۶	۶	
قم	۶		۱۳/۶۶
ولکانیک ائوسن	۶		۱۵/۶۶
سطح معناداری			۰/۰۹۰

جدول ۱۴: نتایج آزمون دانکن فاکتور عرض درزه‌ها

سازند	تعداد	۱	۲
قرمز بالایی	۶	۳/۵۰	
قرمز زیرین	۶	۳/۵۰	
قم	۶		۵
ولکانیک ائوسن	۶		۵/۸۳
سطح معناداری		۱	۰/۱۴۲

جدول ۱۵: نتایج آزمون دانکن فاکتور بیوستگی درزه‌ها

سازند	تعداد	۱	۲	۳	۴
قرمز بالایی	۶	۱/۸۳			
قرمز زیرین	۶		۳/۱۶		
قم	۶			۴/۵۰	
ولکانیک ائوسن	۶				۶
سطح معناداری		۱	۱	۱	۱

جدول ۱۶: نتایج آزمون دانکن فاکتور پوشش گیاهی

سازند	تعداد	۱	۲	۳	۴
قرمز بالایی	۶	۶/۳۳			
قرمز زیرین	۶		۱۲		
قم	۶			۵/۱۶	
ولکانیک ائوسن	۶				۱/۶۶
سطح معناداری		۱	۱	۱	۱

مطابق جدول ۱۰، نتایج آزمون دانکن فاکتور واجهش بیانگر وجود اختلاف معنادار در سطح خطای کمتر از پنج درصد بین تمام سازندها است. مطابق جدول ۱۱، نتایج آزمون دانکن فاکتور هوازدگی بیانگر وجود اختلاف معنادار در سطح خطای کمتر از پنج درصد بین سازندهای قرمز بالایی و ولکانیک ائوسن و عدم وجود اختلاف معنادار بین سازندهای قرمز زیرین و قم است. مطابق جدول ۱۲، نتایج آزمون دانکن فاکتور فاصله درزهها بیانگر وجود اختلاف معنادار در سطح خطای کمتر از پنج درصد بین سازندهای قرمز بالایی و قرمز زیرین و عدم وجود اختلاف معنادار بین سازندهای قم و ولکانیک ائوسن است. مطابق جدول ۱۳، نتایج آزمون دانکن فاکتور جهت یافتگی بیانگر عدم وجود اختلاف معنادار در سطح خطای کمتر از پنج درصد بین سازندهای قرمز بالایی و قرمز زیرین و همچنین سازند قم و ولکانیک ائوسن است. مطابق جدول ۱۴، نتایج آزمون دانکن فاکتور عرض درزهها بیانگر وجود اختلاف معنادار در سطح خطای کمتر از پنج درصد بین سازندهای قرمز بالایی و قرمز زیرین و عدم وجود اختلاف معنادار بین سازندهای قم و ولکانیک ائوسن است. مطابق جدول ۱۵ و ۱۶، نتایج آزمون دانکن فاکتورهای پیوستگی درزهها و پوشش گیاهی بیانگر وجود اختلاف معنادار در سطح خطای کمتر از پنج درصد بین تمام سازندها است.

#### نتایج حاصل از شناسایی جامعه شناسی گیاهی

در جدول ۱۷ و ۱۸، نتایج حاصل از شناسایی جامعه شناسی گیاهی و نتایج کیفی پوشش گیاهی ارائه شده است. طبق نتایج به دست آمده گونه های اشنان، آتریپلکس و شور در سازند قرمز بالایی، گونه های ملیکا، کاکوتی و تنگرس در سازند قرمز زیرین، گونه های کاسنی و چرخه در سازند قم و گونه های درمنه کوهستانی، کنگر، چوبک، گون و کرچیچ نیز در سازند ولکانیک ائوسن مشاهده شد.

جدول ۱۷: شناسایی جامعه شناسی گیاهی سازندها

ردیف	گونه گیاهی	قرمز بالایی	قرمز زیرین	قم	واکانیک ائوسن
۱	کاسنی ( <i>Cichoim intybus</i> )			✓	
۲	درمنه کوهستانی ( <i>Artemisia aucheri</i> )				✓
۳	ملیکا ( <i>Melica persica</i> )		✓		
۴	کنگر ( <i>Goundelia tournefortii</i> )				✓
۵	چوبک ( <i>Acanthophyllum bracteatum</i> )				✓
۶	کاکوتی ( <i>Ziziphora clinopoides</i> )		✓		
۷	اشنان ( <i>Seidlitzia rosmarinus</i> )	✓			
۸	آتریپلکس ( <i>Atriplex leucocloda</i> )	✓			
۹	گون ( <i>Astragalus gossypium</i> )				✓
۱۰	چرخه ( <i>Launaea acanthodes</i> )			✓	

۱۱	تنگرس ( <i>Amygdalus lycioides</i> )	✓	
۱۲	کرفیج ( <i>Hertia angustifolia</i> )		✓
۱۳	شور ( <i>Salsola kali</i> )		✓

جدول ۱۸: نتایج کیفی پوشش گیاهی

تراکم پوشش	شورپسندی	سازند	ردیف
متوسط	دارای بیشترین گیاهان شورپسند	قرمز بالایی	۱
کم	مشاهده نشد	قرمز زیرین	۲
متوسط	دارای کمترین گیاهان شورپسند	قم	۳
زیاد	مشاهده نشد	ولکانیک ائوسن	۴

## نتایج حاصل از امتیازدهی کلی سازندها

در جدول ۱۸ و شکل ۷، نتایج حاصل از امتیازدهی کلی سازندها ارائه شده است. سازند ولکانیک ائوسن با ۷۶/۱۶ امتیاز در رده سازندهای مقاوم، سازند قم با ۶۳/۶۶ امتیاز در رده سازندهای متوسط، سازند قرمز زیرین با ۴۷/۵ امتیاز در رده سازندهای حساس و سازند قرمز زیرین با ۲۶/۳۳ امتیاز در رده سازندهای خیلی حساس قرار گرفته است.

جدول ۱۸: امتیازدهی کلی

امتیاز	سازند	ردیف
۲۶/۳۳	قرمز بالایی	۱
۴۷/۵	قرمز زیرین	۲
۶۳/۶۶	قم	۳
۷۶/۱۶	ولکانیک ائوسن	۴



شکل ۷: امتیازدهی کلی

## نتیجه گیری

عکس العمل متفاوت سازندها در مقابل تخریب در جهت مدیریت یکپارچه منابع طبیعی از اهمیت بسزایی برخوردار است به طوریکه می توان آن را در مقوله های متعددی از قبیل مدیریت فرسایش، مدیریت پوشش گیاهی و مدیریت چشم انداز مطرح نمود. به طور کلی، رفتار سازندهای مختلف به عوامل بیولوژیک خصوصاً پوشش گیاهی و جوامع مستقر پوشش بر آنها اثرگذار است (افشاری نیا، ۱۳۹۹). از آنجایی که پوشش گیاهی منعکس کننده عوامل محیطی و عوامل انسانی نظیر بهره برداری است لذا مدیریت پوشش گیاهی رکن اصلی مطالعه اکوسیستمها به حساب می آید و بررسی وضعیت آن می تواند سلامت پوشش گیاهی و جایگاه آن را نسبت به حالت تعادل مشخص کند. از طرفی باتوجه به اینکه بوته های مستقر روی سازندها غالباً ارتفاعی کمتر از نیم متر دارند و فرسایش بادی مؤثر نیز در این ارتفاع صورت می گیرد بنابراین تعیین وضعیت پوشش گیاهی و شناسایی آن می تواند در برآورد میزان فرسایش سازندها نقش ویژه ای داشته باشد. همچنین شناخت رفتارهای رسوب زایی فیزیکی- بیولوژیکی سازندها در مناطق بیابانی می تواند زمینه شناسایی وضعیت تخریب و فرسایش این مناطق باشد و منشاء اولیه رسوبات آبی و بادی منطقه به شمار آید و شناسایی عکس العمل بیولوژیکی سازندها و احیاء چرخه های حیات بر روی سازندهای مناطق بیابانی می تواند به توسعه چرخه جامع حیات کمک کند. به همین دلیل در پژوهش حاضر، به غیر از شش پارامتر روش سلبی از فاکتور پوشش گیاهی برای بررسی تخریب پذیری سازندهای ماقبل کواترنر استفاده شد. براساس نتایج به دست آمده از مطالعه؛ بارزترین نمونه از مقاومت پایین سازندها با استفاده از چکش اشمیت در سازند قرمز بالایی با نمره پنج دیده شد و این گویای نامقاوم بودن سازند بود. همچنین، درجه هوازندی برای سازندهای منطقه مطالعاتی از سازندهای کاملاً هوازده تا سازندهای با هوازندی زیاد دیده شد. به طوریکه سازند قرمز بالایی کاملاً هوازده و سازندهای قم و قرمز زیرین و ولکانیک ائوسن دارای درجه هوازندی زیاد بود. فاصله درزه ها بین ۳۰۰ تا ۵۰ میلی متر دیده شد و نمره به دست آمده در تمام سازندها از ۶/۱۷ تا ۲۲/۸۳ متغیر بود که نشان از نامقاوم بودن و مقاومت متوسط سازندها است. در ارتباط با فاکتور جهت یافتگی، سازند قرمز بالایی، قرمز زیرین، قم و ولکانیک ائوسن به ترتیب با نمره پنج، شش، ۱۴ برآورد شد که بیانگر جهت یافتگی نامساعد بود. میانگین عرض درزه ها در بیشتر سازندهای منطقه مطالعاتی در محدوده ۱ تا ۵ میلی متر بود و نمره پنج را به خود اختصاص داد که نشان از مقاومت متوسط بود. فاکتور پیوستگی درزه ها و پوشش گیاهی نیز از نظر سختی متوسط بود. در ارتباط با شواهد ژئومورفولوژیک می توان ادعان نمود رخساره های دامنه های معرف سازندی تطابق نسبی با وضعیت تخریب برآورد شده دارد؛ به طوریکه دامنه های پرشیب با رخساره سنگی و ستیخ برای سازندهای مقاوم، رخساره های ترکیبی با شیب متوسط برای سازندهای با مقاومت متوسط و رخساره های تپه ماهوری و کم شیب برای سازندهای حساس در نظر گرفته شد. در نهایت نیز سازند ولکانیک ائوسن با ۷۶/۱۶ امتیاز در رده سازندهای مقاوم، سازند قم با ۶۳/۶۶ امتیاز در رده سازندهای متوسط، سازند قرمز زیرین با ۴۷/۵ امتیاز در رده سازندهای حساس و سازند قرمز زیرین با ۲۶/۳۳ امتیاز در رده سازندهای خیلی حساس قرار گرفت. این بخش از نتایج تحقیق با نتایج مطالعاتی چون مکاران و همکاران (۱۳۹۰)، شریعت جعفری و همکاران (۱۳۸۵)، حقیان و همکاران (۱۳۸۷)، جهان تیغ و همکاران (۱۳۹۲)، بختیاری و همکاران (۱۳۹۳)، مهرورز مقالو (۱۳۹۳)، فتحی زاد و همکاران (۱۳۹۵)، پیروان و شریعت جعفری (۱۳۹۲)، غیائی و همکاران (۱۳۹۶)، رضایی (۱۳۹۷)، دهداری فر و همکاران (۱۳۹۹)، مور<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، بنجامین<sup>۲</sup> (۲۰۱۸)، تورنتون و استنفسون<sup>۳</sup> (۲۰۰۶)، گوپتا<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۹) و قنواتی و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد. در نهایت نتیجه گیری می شود، شناخت رفتارهای متفاوت تخریب پذیری انواع سازندها در مدیریت منابع طبیعی پایدار بسیار حائز اهمیت است و رفتارهای گوناگون سازندها در برقراری پایداری محیط از مطالعات پایه به حساب می آید و نقش مهمی

1. Moore

2. Benjamin

3. Thornton and Stephenson

4. Gupta

ایفا می‌کند. سازندهای مختلف در برابر تخریب‌پذیری مقاومت متفاوتی دارند و بعضی از واحدهای زمین‌شناسی بسیار مستعد تخریب و رسوب‌زایی می‌باشد. بنابراین، می‌توان اذعان داشت پدیده تخریب و آثار نامطلوب آن شاید در کوتاه‌مدت چشمگیر نباشد اما در دراز مدت بسیار محسوس خواهد بود و باید مدنظر قرار بگیرد.

## منابع

- احمدی، ح. و فیض‌نیا، س.، ۱۳۸۵. سازندهای دوره کواترنر. چاپ دوم. مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
- افشاری‌نیا، م. و پناهی، ف.، ۱۴۰۰. تأثیر خشکسالی اقلیمی بر شوری خاک سطحی در دشت کاشان. نشریه مدلسازی و مدیریت آب و خاک. دوره ۱، شماره ۲، صص ۳۶-۴۶.
- افشاری‌نیا، م.، ۱۳۹۹. مقابله با بیابان‌زایی و تخریب سرزمین (استراتژی‌های فضایی با استفاده از پوشش گیاهی). چاپ اول، انتشارات دانشیاران ایران.
- بختیاری، ح.، مقیمی، ب. و ثروتی، م. ر.، ۱۳۹۳. ارزیابی اثر خصوصیات ساخت و بافت واحدهای سنگی توده نفوذی الوند بر مقاومت رخنمون‌ها در برابر تخریب و هوازدگی. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال ۱۵، شماره ۴۳، پائیز ۱۳۹۳.
- بیات، ز.، ۱۳۹۶. زیست‌چینه‌نگاری سازند قم در برش آزران واقع در جنوب غرب کاشان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه خوارزمی.
- پیروان، ح. ر. و شریعت‌جعفری، م.، ۱۳۹۲. ارائه روشی جامع برای تعیین فرسایش‌پذیری واحدهای سنگ‌شناسی با نگرشی به زمین‌شناسی ایران. نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت آب‌خیز. جلد ۵، شماره ۳، صص ۲۱۳ - ۱۹۹.
- جعفری، م.، نصری، م. و طویلی، ع.، ۱۳۸۸. تخریب خاک و اراضی. چاپ اول، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
- جهان‌تبغ، م. و رضایی‌نوری، ع.، ۱۳۹۲. بررسی رشد پوشش گیاهی در خاک‌های شور و تأثیر آن‌ها بر فرسایش مناطق خشک (مطالعه موردی: منطقه سیستان). اولین کنفرانس ملی تنش شوری در گیاهان و راهکارهای توسعه کشاورزی در شرایط شور، شهریور ۱۳۹۲.
- حقیان، ا.، رخ‌فیروز، گ. و قربانی پاشاکلاپی، ج.، ۱۳۸۷. مقایسه سازندهای زمین‌شناسی از نظر خصوصیات خاک و پوشش گیاهی. همایش زمین‌شناسی کاربردی و محیط زیست.
- خسرو تهرانی، خ.، ۱۳۸۹. زمین‌شناسی ایران. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- دستورانی، ج.، ۱۳۸۴. بررسی حساسیت به فرسایش و رسوب‌زایی سازندهای زمین‌شناسی در حوزه آبخیز گرگانرود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- دهداری‌فر، م.، فرجی، م.، صالحی ویسی، م. و احسانی، ج.، ۱۳۹۸. مقایسه حساسیت به فرسایش و مقاومت سنگ‌های آهک آسماری، آهک میشان، ماسه‌سنگ آجاجاری و انیدریت گچساران با استفاده از روش RAR. نشریه مرتع و آبخیزداری. دوره ۷۲، شماره ۳. صص ۷۲۵-۷۰۹.
- دهداری‌فر، م.، فرجی، م.، صالحی ویسی، م. و احسانی، ج.، ۱۳۹۹. مقایسه حساسیت به فرسایش و مقاومت سنگ‌های آهک آسماری، آهک میشان، ماسه‌سنگ آجاجاری و انیدریت گچساران با استفاده از روش سلبی. نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت آب‌خیز. جلد ۱۲، شماره ۲، صص ۵۹۳-۶۰۷.
- رضایی، خ.، ۱۳۹۷. ارزیابی نقشه حساسیت نسبت به فرسایش بر اساس روش تصمیم‌گیری درختی (مطالعه موردی: حوضه آبریز سمنان). پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، سال ۳۴، شماره پیاپی ۷۰، شماره اول، صص ۶۶ - ۴۷.
- شریعت‌جعفری، م.، غیومیان، ج. و پیروان، ح. ر.، ۱۳۸۵. حساسیت ذاتی سازندهای زمین‌شناسی به هوازدگی و فرسایش در حوضه‌های واقع در پهنه رسوبی - ساختاری خرده‌قاره ایران مرکزی. نشریه علوم (دانشگاه خوارزمی). دوره ۶، شماره ۱-۲، صص ۷۲۲ - ۷۰۹.

- عسگری، ا.، میرزایی، ش.، مهری، س.، حاجی، خ. و نصیری خیروی، ع.، ۱۳۹۸. تعیین و بررسی مقاومت سازندهای زمین‌شناسی نسبت به فرسایش در حوضه آبخیز چنذاب اردبیل. چهاردهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.
- غیائی، س. س.، فیض‌نیا، س.، مقدم‌نیا، ع. ر. و ناجی‌راد، س.، ۱۳۹۶. بررسی حساسیت واحدهای سنگی به فرسایش با استفاده از ویژگی‌های کانی‌شناسی. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال ششم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۶.
- فتحی‌زاد، ح.، کریمی، ح. و توکلی، م.، ۱۳۹۵. نقش حساسیت به فرسایش سازندهای زمین‌شناسی در فرسایش و تولید رسوب (مطالعه موردی: زیرحوضه‌های رودخانه دوبرج استان ایلام). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. سال ۷، شماره ۱۳، بهار و تابستان ۱۳۹۵.
- قبادی، م. ح. و کاپله‌ای، م.، ۱۳۹۱. مطالعه خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی سنگ آهک‌های سازند قم (مطالعه موردی: شرق و شمال شرق همدان). مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته. جلد ۱، شماره ۳، صص ۱۳۰-۱۱۷.
- قنوتی، ک.، رضایی، پ. و شب‌افروز، ر.، ۱۳۹۹. بررسی رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌شناسی توالی تبخیری کربناته قاعده آسماری در تاق‌دیس بنگستان در حوضه رسوبی زاگرس، جنوب غرب ایران. مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، ۱۲ مهر ۱۳۹۹.
- کریم‌پور ریحان، م. و کیانیان، م. ک.، ۱۳۸۷. مبانی خاک‌ها. چاپ اول، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
- محمدخان، ش. و احمدی، ا.، ۱۳۹۶. بررسی رابطه سختی سنگ و تولید واریزه به روش سلبی اصلاح شده (مطالعه موردی: ماسه سنگ آغاچاری). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی دوره ۴۹، شماره ۲، صص ۲۸۱ - ۲۵۹.
- مکاریان، م.، پورکرمانی، م.، شرکتی، ش. و معتمدی، ح.، ۱۳۹۰. بررسی ساختاری چین‌خوردگی‌ها در بخشی از حوضه ایران مرکزی. اکتشاف و تولید، شماره ۷۸، اردیبهشت ۱۳۹۰.
- مهرورز مقانلو، ک.، ۱۳۹۳. بررسی فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی و پهنه‌بندی مناطق حساس به فرسایش در زیر حوضه شمال دریاچه ارومیه. دومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار.

- Altin, A., 2015. *The Schmidt hammer in rock material characterization, Engineering Geology*, 81. pp: 1-14.
- Aydin, A. and Basu, A., 2005. *The Schmidt hammer in rock material characterization, Engineering Geology*, 81. pp: 1-14.
- Benjamin, P., 2018. *The role sediment compaction and groundwatr withdrawal in local sea – livel rise, sandy Hook, New Jersey, USA. Quaternary Science Reviews* 181. Pp: 30 – 42.
- Christopher, S., Johnson. Kenneth, G., and Benjamin, P., 2018. *The role sediment compaction and groundwatr withdrawal in local sea – livel rise, sandy Hook, New Jersey, USA. Quaternary Science Reviews* 181. pp: 30 – 42.
- Day, M.J. and Goudie, A.S., 1977. *Field assessment of rock hardness using the Schmidt test hammer, British Geomorphology Research Group Technical Bulletin*, 18: 19-29.
- Ericson, K., 2004. *Geomorphological surfaces of different age and origin in granite landscapes: an evaluation of the Schmidt test hammer, Earth Surface Processes and Landforms*, 29. pp: 495-509.
- Goudie. A.S., 2013. *The Schmidt Hammer and Related Devices in Geomorphological Research, Treatise on Geomorphology*, pp: 338-345.
- Goudie, A.S., 2006. *The Schmidt Hammer in geomorphological research, Progress in Physical Geography*, 30(6), pp: 703-718.
- Gupta, V., Sharma, R. and Prasad Sah., M., 2009. *An Evaluation of Surface Hardness of Natural and Modified Rocks Using Schmidt Hammer: Study from Northwestern Himalaya, India. Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, 91(3). pp: 179-188.



- Li, P., Mu, X., Holden, J., Wu, Y., Irvine, B., Wang, F., Gao, P., Zhao, G. and Sun, W., 2017. Comparison of soil erosion models used to study the Chinese Loess Plateau, *Earth – Science Reviews*, 170. pp: 17 – 30.
- Moore, J., Sanders, J., Dietrich, W., and Glaser, S., 2009. Influence of rock mass strength on the erosion rate of alpine cliffs. *Earth surface processes and landforms Earth surf, process*.
- Selby, M. J., 1980. A rock mass classification for geomorphic purposes with tests from Antarctica and New Zealand, *zeit. Fur Geomorphie*, 24. pp: 51-31.
- Thornton, L.E. and Stephenson, W.J., 2006. Rock Strength: A Control of Shore Platform Elevation, *Journal of Coastal Research*, 22(1). Pp: 224-231.
- Toy, T. J., Foster, G. R. and Renard, K.G., 2002. *Soil Erosion: processes, prediction, measurement and control*. John Wiley and sons, New York.