Archive of SID

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 12, Issue 2, 2020, Pages 593-607
DOI: 10.22092/ijwmse.2019.123767.1559

نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۲، شماره ۲، ۱۳۹۹، صفحات ۵۹۳-۶۰۷

مقایسه حساسیت به فرسایش و مقاومت سنگ‌های آهک آسماری، آهک میشان، ماسه‌سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران با استفاده از روش سلبی

مسلم دهداری فر[۱]، محمد فرجی*[۲]، محمد صالحی ویسی[۳] و جهانبخش احسانی[۴]

[۱] کارشناس‌ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، [۲] استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، [۳] استادیار، دانشکده علوم، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان و [۴] کارشناس سازمان آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویر احمد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۴

چکیده

رفتار سنگ‌های مختلف در مقابل فرسایش متفاوت بوده و این اختلاف به ویژگی‌های ذاتی و محیطی سنگ‌ها بستگی دارد. به‌عبارتی دیگر، بعضی از واحدهای سنگ‌شناسی حساس به فرسایش و مستعد تولید رسوب هستند. در همین راستا، مطالعه حاضر، با هدف بررسی حساسیت به فرسایش و مقاومت سنگ‌های سازندهای گروه فارس (آهک میشان، ماسه‌سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران) و سازند آسماری با استفاده از روش سلبی در مناطق بهبهان، گچساران، دیلم و دهدشت انجام شد. نتایج مقایسه میانگین ۸۱ نمونه از چهار نوع سنگ نشان داد که در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ درصد و با نتایج حاصل از تحلیل واریانس ANOVA بین سنگ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به‌طور کلی، سنگ آهک آسماری با میانگین امتیاز روش سلبی بین ۷۰/۹۹-۶۶/۷۲ مقاوم‌ترین سنگ و در ادامه رتبه‌بندی از نظر مقاومت به فرسایش به‌ترتیب سنگ آهک میشان، سنگ آهک آغاجاری و انیدریت گچساران قرار می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل واریانس ANOVA، رتبه‌بندی، رسوب، رفتار سنگ، سازند

مقدمه

یکی از مشکلات موجود در طرح‌های حفاظت خاک و کنترل فرسایش، این است که عموما شناخت کافی از سنگ‌شناسی حوزه آبخیز وجود ندارد. از طرف دیگر، طبقه‌بندی سنگ‌ها از نظر حساسیت به فرسایش در جدول‌های تجربی با مشکلاتی روبه‌رو است (Feyznia و همکاران، ۲۰۰۳). در بررسی‌های مربوط به فرسایش و حفاظت خاک ویژگی‌های زمین‌شناسی و لیتولوژیکی حوضه با توجه به تأثیرات آن‌ها در فرسایش و تولید رسوب از اهمیت خاصی برخوردار است. فرسایش و تولید رسوب به عواملی زیادی از جمله عناصر اقلیمی، وضعیت خاک و شرایط زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، مخازن مصنوعی و طبیعی، آب، فعالیت‌ها و مدیریت انسانی و عوامل ژئومرفولوژیک (اندازه و شکل حوزه آبخیز، مشخصات و شیب رودخانه اصلی و شیب آبخیز) مرتبط است که مهمترین آن‌ها فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش است (Ziaei، ۲۰۰۱؛ Fathizade و همکاران، ۲۰۱۶). به‌دلیل پیچیدگی حساسیت سنگ‌های مختلف تشکیل‌دهنده سازندهای

* مسئول مکاتبات: mfaraji31@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

زمین‌شناسی به فرسایش، روش‌های مختلفی برای تعیین فرسایش‌پذیری سنگ‌ها و تعیین مناطق حساس به فرسایش صورت گرفته است (Feyznia و همکاران، ۲۰۰۸). یکی از این روش‌ها، روش سلبی است که برای طبقه‌بندی مقاومت سنگ بکر بوده، مرتبط با بررسی‌های ژئومورفولوژی است. Selby (۱۹۸۰) طبقه‌بندی ژئومورفولوژی و درجه‌بندی‌های مرتبط با مقاومت توده‌سنگ را ارائه داده است. در این طبقه‌بندی، علاوه بر مقاومت سنگ بکر، ویژگی‌های هوازدگی و ناپیوستگی‌ها نیز به‌صورت جداگانه بررسی و مورد توجه قرار گرفته است. بسته به شرایط و عوامل انتخابی هر کدام از این روش‌ها در مناطق مختلف با زمین‌شناسی متنوع به‌وسیله محققین به‌کار گرفته شده است. Feyznia و همکاران (۲۰۰۳)، در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی حساسیت سازندهای زمین‌شناسی نسبت به فرسایش و تولید رسوب در حوزه آبخیز لتیان، سازندها و سنگ‌های منطقه را بر اساس روش سلبی طبقه‌بندی کردند (Feyznia و همکاران، ۲۰۰۳). Feyznia و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه دیگری به بررسی حساسیت به فرسایش و رسوبزایی سازندهای زمین‌شناسی در حوزه آبخیز گرگان پرداختند. حساسیت به فرسایش مواد پیوسته در این حوضه را با استفاده از روش سلبی بررسی کردند. نتایج به‌دست آمده از به‌کارگیری این روش در منطقه مورد مطالعه نشان داد که میزان یا رتبه مقاومت مواد پیوسته به فرسایش با استفاده از روش سلبی بین ۳۴ تا ۸۶ تغییر می‌کند (Feyznia، ۲۰۰۸). Miralavi و همکاران (۲۰۱۰)، به مقایسه حساسیت‌پذیری و تولید رسوب واحدهای سنگی گرانیت و آهک در اقلیم‌های نیمه‌خشک و خشک سرد به دو روش سلبی و سازمان زمین‌شناسی پرداختند. در این مطالعه، مقایسه فرسایش‌پذیری توده‌های آهکی و گرانیتی در حوزه آبخیز منشاد یزد نشان داد که سنگ‌های گرانیتی شیرکوه در مقابل تخریب و فرسایش در طبقه متوسط و سنگ‌های آهکی سازند تفت در طبقه مقاوم قرار می‌گیرند. همچنین، اظهار شد که از بین دو روش مذکور، روش سلبی به‌دلیل دخالت نوع عوامل، تطبیق بیشتری با شرایط منطقه نشان می‌دهد (Miralavi و همکاران، ۲۰۱۰). بررسی تأثیر رطوبت درونی سنگ بر روی عدد چکش اشمیت نشان داد که با افزایش میزان رطوبت، میزان واجهش چکش اشمیت (R) کاهش می‌یابد، اما این کاهش، در همه سنگ‌ها یکسان نیست (Hall، ۱۹۹۸؛ Sumner و همکاران، ۲۰۰۲). با توجه به اهمیت داده‌های آماری و کمی همچنین، با عنایت به بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی که از دامنه اطمینان بیشتر و صحت و سقم بالایی از نظر دخالت دادن شرایط و عوامل محیطی دخیل در امر فرسایش برخوردار است، در این مطالعه نیز سعی شد از روش Selby (۱۹۸۰) برای بررسی حساسیت سنگ‌ها و سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش استفاده شود که عمدتا بر پایه بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی متکی بوده و نظرات شخصی و کارشناسی کمتری در آن اعمال می‌شود. در این راستا، این مطالعه، با هدف مقایسه حساسیت به فرسایش و طبقه‌بندی مقاومت سنگ‌های آهک آسماری، آهک میشان، ماسه‌سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران با استفاده از روش سلبی صورت گرفت.

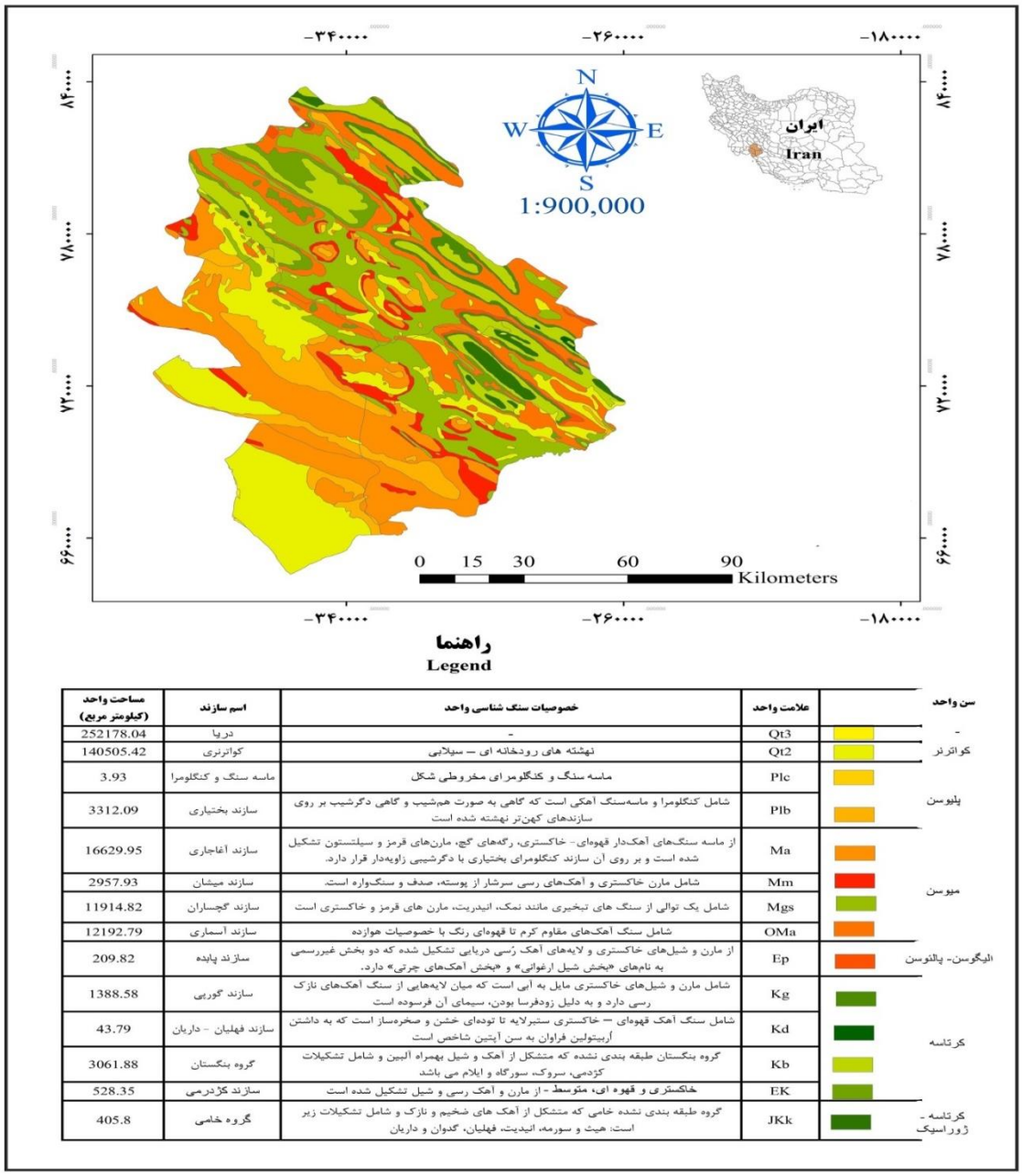
مواد و روش‌ها

زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی سازندهای مورد مطالعه: در این مطالعه، سازندهای گروه فارس (آهک مارنی میشان، ماسه‌سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران) و همچنین، سنگ آهک آسماری مورد بررسی قرار گرفتند. نام سازند آسماری از کوه آسماری در خوزستان اخذ شده است، این کوه تاقدیس فشرده و فرسایش یافته‌ای تشکیل می‌دهد که در هسته آن سازند آسماری بیرون‌زدگی دارد، ولی مقطع نمونه آن در تنگ گل‌ترش در جنوب غربی کوه آسماری انتخاب شده و از ابتدا به آن آهک آسماری اطلاق می‌شد. ضخامت آن در مقطع نمونه ۳۱۴ متر، ولی عموما از چند متر تا ۵۱۸ متر متفاوت است. از نظر لیتولوژی شامل آهک کرم تا قهوه‌ای رنگ است که در بیرون‌زدگی‌ها به‌صورت برجسته با درز و شکاف‌های زیاد به‌خوبی مشخص است. سن کلی سازند آسماری از اولیگوسن تا میوسن آغازی تعیین شده است. سازندهای گروه فارس در فرهنگ چینه‌شناسی ایران، شامل سازندهای گچساران در زیر، میشان در وسط و آغاجاری در بالا است (Aghanbati، ۲۰۰۴). نام آن

www.SID.ir

Archive of SID

ابتدا به‌وسیله Pilgrim (۱۹۰۸)، برای توصیف سکانس‌های ضخیمی از رسوبات دریایی به‌کار گرفته شد که سن آن‌ها عمدتا میوسن، ضخامت آن بیش از ۳۰۰۰ متر و در ناحیه فارس گسترش زیاد داشته است. بعدها James و Waynd (۱۹۶۵) با مطالعه رسوبات گروه فارس در ناحیه مسجدسلیمان آن را به سه قسمت، فارس زیرین یا سازند گچساران، فارس میانی یا سازند میشان و فارس فوقانی یا سازند آغاجاری تقسیم کردند (Darvishzade، ۱۹۹۱).



سن واحد		علامت واحد	خصوصیات سنگ شناسی واحد	اسم سازند	مساحت واحد (کیلومتر مربع)
-		Qt3	-	دریا	252178.04
کواترنر		Qt2	تهشته های رودخانه ای – سیلابی	کواترنری	140505.42
پلیوسن		Plc	ماسه سنگ و کنگلومرای مخروطی شکل	ماسه سنگ و کنگلومرا	3.93
		Plb	شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ آهکی است که گاهی به صورت هم‌شیب و گاهی دگرشیب بر روی سازندهای کهن‌تر نهشته شده است	سازند بختیاری	3312.09
میوسن		Ma	از ماسه سنگ‌های آهک‌دار قهوه‌ای- خاکستری، رگه‌های گچ، مارن‌های قرمز و سیلتستون تشکیل شده است و بر روی آن سازند کنگلومرای بختیاری با دگرشیبی زاویه‌دار قرار دارد.	سازند آغاجاری	16629.95
		Mm	شامل مارن خاکستری و آهک‌های رسی سرشار از پوسته، صدف و سنگ‌واره است.	سازند میشان	2957.93
		Mgs	شامل یک توالی از سنگ های تبخیری مانند نمک، انیدریت، مارن های قرمز و خاکستری است	سازند گچساران	11914.82
		OMa	شامل سنگ آهک‌های مقاوم کرم تا قهوه‌ای رنگ با خصوصیات هوازده	سازند آسماری	12192.79
الیگوسن- پالئوسن		Ep	از مارن و شیل‌های خاکستری و لایه‌های آهک رُسی دریایی تشکیل شده که دو بخش غیررسمی به نام‌های «بخش شیل ارغوانی» و «بخش آهک‌های چرتی» دارد.	سازند پابده	209.82
کرتاسه		Kg	شامل مارن و شیل‌های خاکستری مایل به آبی است که میان لایه‌هایی از سنگ آهک‌های نازک رسی دارد و به دلیل زودفرسا بودن، سیمای آن فرسوده است	سازند گورپی	1388.58
		Kd	شامل سنگ آهک قهوه‌ای – خاکستری سنبرلایه تا توده‌ای خشن و صخره‌ساز است که به داشتن آربیتولین فراوان به سن آپتین شاخص است	سازند فهلیان - داریان	43.79
		Kb	گروه بنگستان طبقه بندی نشده که متشکل از آهک و شیل بهمراه الیین و شامل تشکیلات کژدمی، سروک، سورگاه و ایلام می باشد	گروه بنگستان	3061.88
		EK	خاکستری و قهوه ای، متوسط - از مارن و آهک رسی و شیل تشکیل شده است	سازند کژدمی	528.35
کرتاسه - ژوراسیک		JKk	گروه طبقه بندی نشده خامی که متشکل از آهک های ضخیم و نازک و شامل تشکیلات زیر است: هیث و سورمه، انیدیت، فهلیان، گدوان و داریان	گروه خامی	405.8

شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

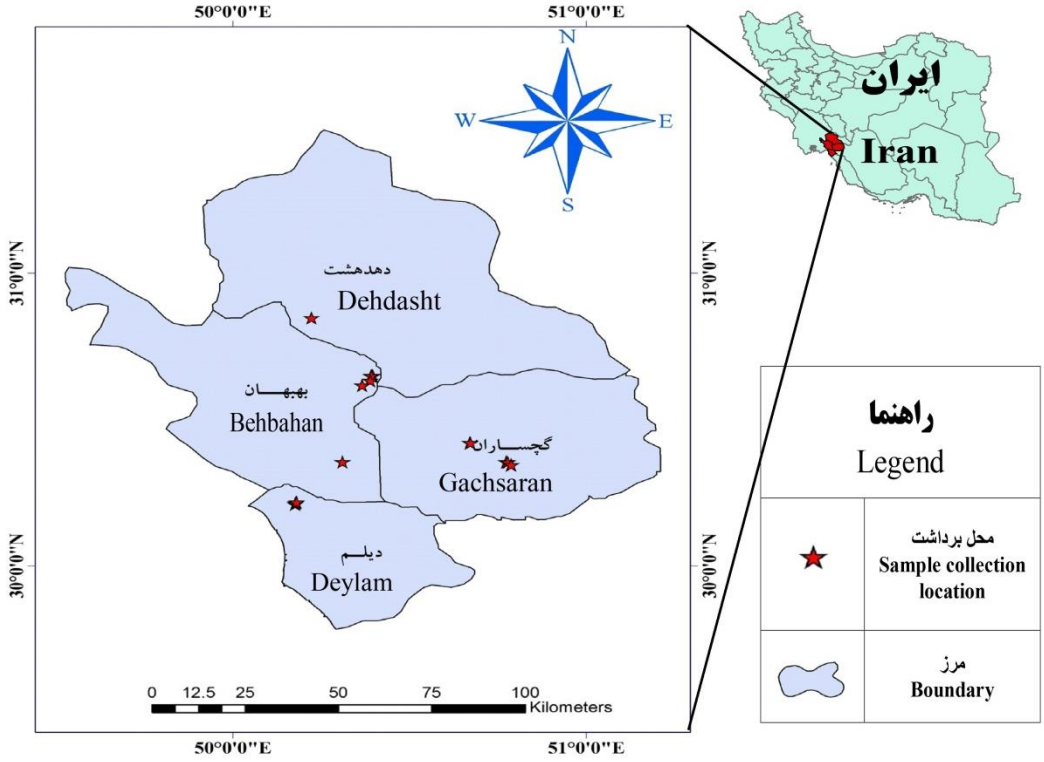
جامعه آماری: در این پژوهش، چهار نوع سنگ با روش سلبی مورد بررسی قرار گرفت و برای هر سنگ هفت دامنه (فقط برای ماسه‌سنگ شش دامنه در نظر گرفته شد) گزینش و در هر دامنه در سه سطح ارزیابی صورت گرفت. در مجموع برای هر سنگ ۲۱ محل (برای ماسه‌سنگ ۱۸ محل) و در نتیجه برای کل

www.SID.ir

Archive of SID

طرح ۸۱ محل نمونه برای ارزیابی و تکمیل جداول روش سلبی (جدول ۴) در نظر گرفته شد.

روش نمونه‌برداری: با توجه به ساختار زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و این‌که سازندهای مورد مطالعه در یک منطقه خاص متمرکز نبودند، با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و استفاده از Google Earth اقدام به گزینش مناطق خاص که دسترسی به آن مناطق میسر بود، شد. سپس، با استفاده از بازدید میدانی ترانشه‌های کنار جاده که برای نمونه‌برداری مناسب بودند (شکل ۱)، گزینش شدند. نمونه‌برداری سنگ آهک آسماری در دو دامنه در منطقه روستای خائیز و پنج دامنه در منطقه شهر تشان انجام شد. همچنین، نمونه‌برداری سنگ آهک میشان در سه دامنه در مسیر جاده بهبهان-گچساران و چهار دامنه در مسیر جاده بهبهان به بندر دیلم صورت گرفت و در آخر نمونه‌برداری ماسه‌سنگ آهکی آغاجاری در یک دامنه در مسیر جاده بهبهان به خائیز و بقیه دامنه‌ها در مسیر جاده گچساران به بهبهان انجام شد.



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد پژوهش

ابزار پژوهش و شیوه اجرای آن: در این پژوهش، برای روش سلبی با توجه به جداول مخصوص که در آن‌ها برای هر روش امتیاز مربوط به هر پارامتر ذکر شده است، با اندازه‌گیری پارامترها در عرصه امتیازدهی صورت می‌گیرد.

روش آماری: برای تحلیل نتایج از روش‌های آمار توصیفی نظیر محاسبه میانگین‌ها، واریانس، انحراف معیار، کمینه و بیشینه به همراه نمودارهای توصیفی استفاده شد. به‌منظور تحلیل استنباطی نتایج، از روش‌های ANOVA برای مقایسه میانگین‌های سنگ‌های مختلف و از تحلیل تعقیبی توکی برای مقایسه میانگین‌های سنگ‌ها با هم در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. نرم‌افزارهای مورد استفاده شامل نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و اکسل بود.

روش پژوهش: این پژوهش، در چهار مرحله انجام گرفت. مرحله اول، تهیه نقشه‌های مورد نیاز و تعیین محل اندازه‌گیری و ارزیابی نمونه‌های سنگ، مرحله دوم، بازدید صحرایی و اندازه‌گیری و امتیازدهی به پارامترهای روش سلبی، مرحله سوم، ارائه نتایج و مرحله آخر، بررسی و تفسیر نتایج و در نهایت

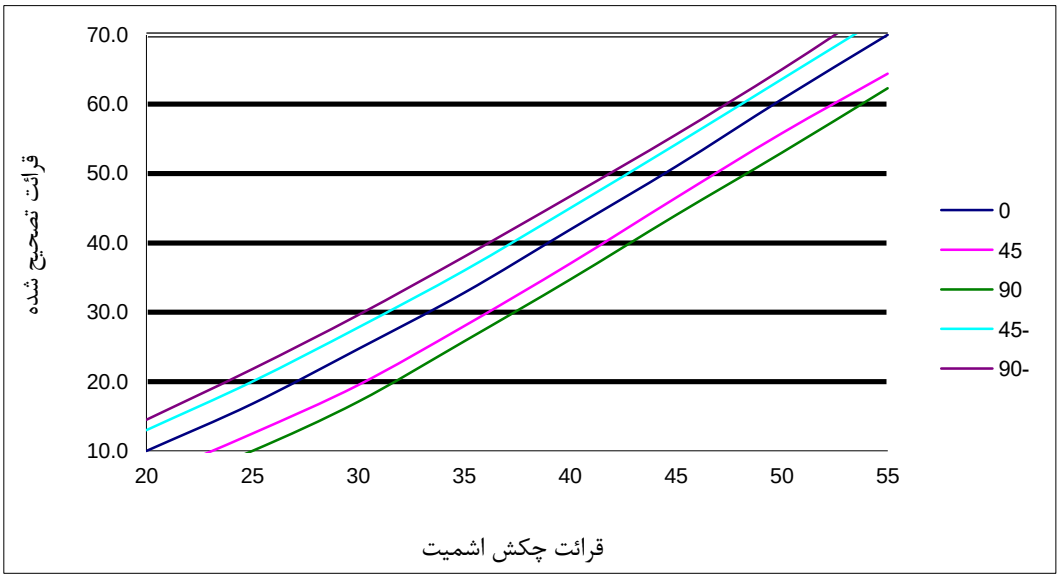
www.SID.ir

Archive of SID

طبقه‌بندی سنگ‌ها و سازندهای موجود در منطقه مورد مطالعه بود.

روش طبقه‌بندی سلبی: این روش در سال ۱۹۸۰ به‌وسیله Selby برای طبقه‌بندی توده سنگ‌ها برای مقاصد ژئومورفولوژی معرفی شد. در این روش، در هر سطح اقدام به اندازه‌گیری و امتیازدهی به پارامترهای مورد نیاز برای تعداد ۵۰ درزه شد که شامل شش پارامتر است. لازم به ذکر است که در روش اصلی سلبی هفت پارامتر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، ولی پارامتر بررسی آب زیرزمینی به‌دلیل این‌که در ایران کاربرد ندارد، در مطالعات Feyznia و همکاران (۲۰۰۳ و ۲۰۰۹) از جدول سلبی حذف شده است که در این مطالعه نیز حذف شد. پارامترهای این روش و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها در زیر آمده است.

۱) مقاومت سنگ یکپارچه از طریق واجهش چکش اشمیت: آزمایش با چکش اشمیت، معیاری از مقاومت مکانیکی لایه نازک مواد هوازده مجاور سطح ناپیوستگی را به‌دست می‌دهد. نظر به این‌که مواد هوازده به‌همراه ناهمواری سطح ناپیوستگی، مقاومت برشی سطح را کنترل می‌کند، لذا، شاخص مهمی به حساب می‌آید. مقاومت فشاری دیواره درزه به‌علت هوازدگی اغلب کم بوده، حدود ۲۰ درصد مقاومت سنگ یکپارچه مجاورش است. مقدار واجهش چکش اشمیت برای هر سطح ۱۰ بار تکرار می‌شود، سپس، داده‌ها از صعودی به نزولی مرتب و پنج داده پایین حذف و از پنج داده بالا میانگین گرفته می‌شود. عددی که به‌دست می‌آید را با توجه به زاویه قرارگیری چکش (زاویه صفر، ۴۵، ۹۰، ۴۵- و ۹۰- درجه) با توجه به شکل ۳، تصحیح کرده، سپس، بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع محاسبه می‌شود. هر چه واجهش بیشتر باشد، مقاومت سنگ بیشتر و نمره بیشتری به آن تعلق می‌گیرد (جدول ۴).



شکل ۳- تصحیح قرائت چکش اشمیت با توجه به زوایای (صفر، ۴۵، ۴۵-، ۹۰ و ۹۰-)

شکل ۴- دستگاه چکش اشمیت

www.SID.ir

Archive of SID

۲) شدت هوازدگی: برای بررسی این پارامتر، مقدار تغییر رنگ سنگ در اثر هوازدگی مورد بررسی قرار می‌گیرد. به این صورت که تکه‌ای از سنگ را با چکش جدا کرده، با سنگ‌های هوازده در روی زمین مقایسه می‌شود، سپس، میزان تغییر رنگ تعیین شده و با توجه به جدول ۱ درجه‌بندی صورت می‌گیرد.

جدول ۱- توصیف حالت‌های هوازدگی توده سنگ

توصیف	نشانه	درجه
هیچ‌گونه نشانه قابل مشاهده‌ای از هوازدگی وجود ندارد. رنگ‌برگشتگی جزئی سطح گسستگی-های عمده دیده می‌شود.	تازه	I
رنگ تمام مواد سنگی ممکن است، به‌وسیله هوازدگی تغییر کرده باشد. همچنین، سطح خارجی سنگ ممکن است تا حدی از نمونه هوانزده مقاومت کمتری داشته باشد.	کمی هوازده	II
کمتر از نیمی از مواد سنگی تجزیه شده و یا به خاک تبدیل شده است. سنگ تازه یا رنگ برگشته به‌صورت شبکه ناپیوسته یا قطعات مجزا دیده می‌شود.	هوازدگی متوسط	III
سنگ به کلی تغییر رنگ داده، ناپیوستگی ممکن است، باز و دارای تغییر رنگ سطحی باشد و سنگ یکپارچه نزدیک ناپیوستگی ممکن است، تغییر یابد. به‌طوری که نیمی از توده‌سنگ تجزیه و ازهم پاشیده شده و به مرحله‌ای می‌رسد که می‌توان با چکش زمین‌شناسی آن را حفر کرد.	هوازدگی زیاد	I V IV
تمام مواد سنگی تجزیه شده و یا به خاک تبدیل شده و ساخت اولیه توده سنگ هنوز باقی‌مانده است، تمام مواد سنگی به خاک تبدیل شده است.	کاملا هوازده	V

۳) امتیاز مربوط به فواصل درزه: فاصله درزه، فاصله خطی ما بین دو درزه متوالی برای همه دسته-های ناپیوستگی است. با استفاده از خط‌کش یا نوار اندازه‌گیری اقدام به تعیین فاصله بین دو درزه متوالی می‌شود. فواصل عمودی بین درزه‌های موجود در یک دسته ناپیوستگی قرار می‌گیرند، سپس، از آن‌ها میانگین گرفته می‌شود. نوار اندازه‌گیری باید به طول یک متر باشد که بر حسب میلی‌متر کالیبره شده باشد. هر چه درزه‌ها به هم نزدیک‌تر باشند، توده‌سنگ ضعیف‌تر است (جدول ۴).

جدول ۲- طبقه‌بندی بر اساس فاصله درزه‌ها

نوع توده‌سنگ	فاصله درزه‌ها	شرح
سخت و محکم	بیش از سه متر	**خیلی باز**
توده‌ای	بین یک تا سه متر	**باز**
بلوکی/ درزدار	بین ۰/۳ تا یک متر	**نسبتا بسته**
منکسر	بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر	**بسته**
خردشده یا شکسته	کمتر از ۵۰ میلی‌متر	**خیلی بسته**

۴) عرض درزه‌ها: با استفاده از خط‌کش اقدام به تعیین عرض درزه‌ها می‌شود.

۵) برای یافتگی درزه‌ها و شیب آن‌ها نسبت به دامنه: بر اساس این‌که درزه‌ها جهت یافته هستند یا نه و شیب آن‌ها نسبت به شیب دامنه به چه صورت است، سنگ طبقه‌بندی شده و نمره‌بندی می‌شود (جدول ۴).

۶) افقی یا عمودی بودن امتداد درزه‌ها و مقدار پرشدگی آن‌ها: پیوستگی درزه‌ها به‌طور کلی با بررسی وضعیت آن‌ها مشخص شده و بر این اساس

www.SID.ir

Archive of SID

نمره‌بندی می‌شوند (جدول ۴).

بعد از برداشت‌های صحرایی و اندازه‌گیری، در نهایت با توجه به جدول سلبی یک نمره به هر پارامتر تعلق می‌گیرد، سپس، جمع جبری پارامترها نمره نهایی روش سلبی را تشکیل می‌دهد که بر اساس آن طبقه‌بندی مقاومت سنگ صورت می‌گیرد.

جدول ۳- توصیف عرض درزه‌ها

	توصیف	باز شدگی
بسته	بسته	<۰/۲۵ میلی‌متر
	کمی باز	۰/۲۵-۰/۵ میلی‌متر
	باز	۰/۵-۲/۵ میلی‌متر
کمی باز	عریض متوسط	۲/۵-۱۰ میلی‌متر
	عریض	>۱۰ میلی‌متر
	خیلی عریض	۱۰- یک سانتی‌متر
باز	خیلی خیلی عریض	۱۰-۱۰۰ سانتی‌متر
	باز	>یک متر

جدول ۴- طبقه‌بندی مقاومت سنگ‌ها (Selby، ۱۹۸۰)

	۱	۲	۳	۴	۵
	بسیار نامقاوم	نامقاوم	مقاومت متوسط	مقاوم	بسیار مقاوم
مقاومت سنگ یکپارچه بر اساس مقدار واجهش چکش اشمیت	۱۰-۳۵	۴۰-۳۵	۵۰-۴۰	۶۰-۵۰	۱۰۰-۶۰
	نمره ۵	۱۰	۱۴	۱۸	۲۰
هوازدگی	کاملا هوازده	هوازدگی زیاد	هوازدگی متوسط	کمی هوازده	بدون هوازدگی
	نمره ۳	۵	۷	۹	۱۰
فاصله بین درزه‌ها	کمتر از ۵۰ میلی‌متر	بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر	بین ۰/۳ تا یک متر	بین یک تا سه متر	بیش از سه متر
	نمره ۸	۱۵	۲۱	۲۸	۳۰
جهت یافتگی درزه‌ها نسبت به شیب دامنه	خیلی نامساعد-درزه‌ها دارای شیب تند بوده، شیب درزه‌ها در خلاف جهت شیب دامنه است	نامساعد-درزه‌ها دارای شیب متوسط بوده، شیب درزه‌ها در خلاف جهت شیب دامنه است	نسبتا نامساعد- درزه‌ها نسبت به دامنه افقی یا تقریبا افقی می‌باشند (فقط در مورد سنگ‌های سخت)	مساعد- درزه‌ها دارای شیب متوسط بوده، شیب درزه‌ها در جهت شیب دامنه است	خیلی مساعد- درزه‌ها دارای شیب تند بوده، شیب درزه‌ها در جهت شیب دامنه است، درزه‌های متقاطع
	نمره ۵	۹	۱۴	۱۸	۲۰
عرض درزه‌ها	بیش از ۲۰ میلی‌متر	پنج تا ۲۰ میلی‌متر	یک تا پنج میلی‌متر	۰/۱ تا یک میلی-متر	کمتر از ۰/۱ میلی‌متر
	نمره ۲	۴	۵	۶	۷
پیوستگی درزه‌ها	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی کم	پیوسته، بدون پرشدگی	تعداد کمی از درزه‌ها پیوسته می‌باشند	درزه‌ها غیرپیوسته (منقطع) می‌باشند
	نمره ۱	۴	۵	۶	۷
جمع نمرات	کمتر از ۲۴	۲۵ تا ۴۶	۴۷ تا ۶۶	۶۷ تا ۸۵	۸۵ تا ۹۴

نتایج و بحث

بر اساس روش سلبی، شش پارامتر مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند که نتایج ارزیابی در هر سنگ در جداول مخصوص مرتب شده‌اند. بر این اساس، جدول ۵، امتیاز روش سلبی سنگ آهک آسماری، جدول ۶، امتیاز روش سلبی سنگ آهک میشان، جدول ۷، امتیاز روش سلبی ماسه‌سنگ آغاجاری و جدول ۸، امتیاز روش سلبی سنگ انیدریت گچساران را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- امتیاز روش سلبی سنگ آهک آسماری

ردیف	پارامتر	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	G1	G2	G3
۱	چکش اشمیت	۴۴/۱۲	۴۶/۶۹	۵۱/۶۸	۴۰/۳۴	۵۰/۵۸	۴۱/۴۲	۴۸/۴۱	۴۵/۵۷	۴۳/۳۸	۴۳/۸۲	۴۶/۱	۴۷/۷۵	۴۸/۶۲	۵۰/۱۵	۴۶/۰۱	۵۴/۰۷	۵۴/۵۱	۴۹/۴۹	۴۸/۶۲
	امتیاز	۱۴	۱۴	۱۸	۱۴	۱۸	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۸	۱۴	۱۸	۱۸	۱۴	۱۴
۲	هوازدگی	کمی هوازده	کمی هوازده	کمی هوازده	متوسط – کمی هوازده	متوسط – کمی هوازده	کمی هوازده	متوسط – کمی هوازده	کمی هوازده	کمی هوازده	متوسط- کمی هوازده	کمی هوازده	متوسط	کمی هوازده	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط – کمی هوازده	کمی هوازده
	امتیاز	۹	۹	۹	۸	۸	۹	۸	۹	۹	۸	۹	۷	۹	۷	۷	۷	۷	۸	۹
۳	فاصله بین درزه‌ها	۰/۳ تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۰۵تا ۰/۳متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۰۵تا ۰/۳متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر	۰/۳تا ۱ متر
	امتیاز	۲۱	۲۱	۲۱	۱۵	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۱۵	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۸	۲۸	۲۸	۲۱
۴	جهت یافتگی	مساعد	مساعد	مساعد	نسبتاً نامساعد	مساعد	نسبتاً نامساعد	مساعد	نسبتاً نامساعد	نسبتاً نامساعد	نسبتاً نامساعد	نسبتاً نامساعد	نسبتاً نامساعد	مساعد	مساعد	مساعد	نسبتاً نامساعد	نسبتاً نامساعد- مساعد	نسبتاً نامساعد	نسبتاً نامساعد
	امتیاز	۱۸	۱۸	۱۸	۱۴	۱۸	۱۴	۱۸	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۸	۱۸	۱۸	۱۴	۱۶	۱۴	۱۴
۵	عرض درزه‌ها	۱ تا ۵ میلی‌متر	۱ تا ۵ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۱ تا ۵ میلی‌متر	۱ تا ۵ میلی‌متر
	امتیاز	۵	۵	۴	۴	۴	۲	۲	۴	۲	۴	۲	۴	۴	۲	۲	۲	۴	۵	۵
۶	پیوستگی درزه‌ها	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، بدون پرشدگی	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، بدون پرشدگی	تعداد کمی از درزه‌ها پیوسته‌اند	پیوسته، بدون پرشدگی	پیوسته، با پرشدگی کم	تعداد کمی از درزه‌ها پیوسته‌اند	پیوسته، بدون پرشدگی	پیوسته، بدون پرشدگی	پیوسته، بدون پرشدگی	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، بدون پرشدگی	پیوسته، بدون پرشدگی
	امتیاز	۴	۵	۴	۴	۵	۶	۵	۴	۶	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵
	جمع امتیاز	۷۱	۷۲	۷۴	۵۹	۷۴	۶۶	۶۸	۶۶	۶۶	۶۶	۵۹	۶۵	۷۰	۷۰	۶۶	۷۳	۷۷	۷۴	۶۸

www.SID.ir

جدول ۶- امتیاز روش سلبی سنگ آهک میشان

ردیف	پارامتر	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3	G1	G2	G3
۱	چکش اشمیت	۴۰/۴۸	۴۱/۷۳	۲۸/۱	۳۹/۹۴	۴۴/۷۷	۴۷/۱۷	۵۲/۴۲	۴۹/۵۷	۴۹/۵۷	۴۰/۷۵	۴۰/۲۱	۳۸/۸۷	۴۲/۱۷	۴۱/۳	۴۴/۱۲	۴۱/۷۳	۴۱/۵۲	۴۵/۸۶	۳۲/۲۰	۳۰/۳۳	۳۳/۰۴
	امتیاز	۱۴	۱۴	۵	۱۰	۱۴	۱۴	۱۸	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۰	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۵	۵	۵
۲	هوازدگی	متوسط رو به زیاد	هوازدگی متوسط	متوسط رو به زیاد	هوازدگی متوسط	هوازدگی متوسط	کمی هوازده	هوازدگی متوسط	هوازدگی متوسط	کمی هوازده	هوازدگی متوسط	هوازدگی متوسط	هوازدگی متوسط	هوازدگی متوسط	هوازدگی متوسط	متوسط رو به کم	هوازدگی متوسط	هوازدگی متوسط	کمی هوازده	متوسط رو به زیاد	متوسط رو به زیاد	متوسط رو به زیاد
	امتیاز	۶	۷	۶	۷	۷	۹	۹	۹	۹	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۷	۷	۹	۶	۶	۶
۳	فاصله بین درزه‌ها	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	بین ۰/۳ تا ۱ متر	بین ۰/۳ تا ۱ متر	بین ۰/۳ تا ۱ متر	بین ۰/۳ تا ۱ متر	بین ۰/۳ تا ۱ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر	۰/۰۵ تا ۰/۳ متر
	امتیاز	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
۴	جهت یافتگی	نامساعد	نامساعد	نامساعد	مساعد	نسبتاً نامساعد	مساعد	مساعد	مساعد	مساعد	خیلی مساعد	مساعد	مساعد	خیلی مساعد	مساعد	خیلی مساعد	خیلی نامساعد	خیلی نامساعد	نامساعد	نسبتاً نامساعد	نسبتاً نامساعد	مساعد
	امتیاز	۹	۹	۹	۱۸	۱۴	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۲۰	۱۸	۱۸	۲۰	۱۸	۲۰	۵	۵	۹	۱۴	۱۴	۱۸
۵	عرض درزه‌ها	۱ تا ۵ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۱ تا ۵ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۱ تا ۵ میلی‌متر	۱ تا ۵ میلی‌متر	۱ تا ۵ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۱ تا ۵ میلی‌متر	۱ تا ۵ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌م تر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر
	امتیاز	۵	۴	۴	۵	۴	۴	۵	۵	۵	۲	۲	۲	۲	۲	۴	۵	۵	۴	۴	۴	۴
۶	پیوستگی درزه‌ها	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	منقطع	تعداد کمی از درزه‌ها پیوسته‌اند	تعداد کمی از درزه‌ها پیوسته‌اند	تعداد کمی از درزه‌ها پیوسته‌اند	تعداد کمی از درزه‌ها پیوسته‌اند	تعداد کمی از درزه‌ها پیوسته‌اند	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، بدون پرشدگی	منقطع	منقطع	منقطع	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم	پیوسته، با پرشدگی کم
	امتیاز	۴	۴	۴	۷	۶	۶	۶	۶	۶	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۷	۷	۷	۴	۴	۴
	جمع امتیاز	۵۳	۵۳	۴۳	۶۲	۶۰	۶۶	۷۱	۶۷	۶۷	۶۸	۶۶	۶۲	۶۸	۶۶	۶۶	۵۳	۵۳	۵۸	۴۸	۴۸	۵۲

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- امتیاز روش سلبی ماسه‌سنگ آغاجاری

ردیف	پارامتر	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3
۱	چکش اشمیت	۴۳/۸۲	۳۹/۶۹	۴۳/۲۵	۱۸/۳	۸	۳۷/۹۵	۳۳/۹۴	۳۴/۸۵	۳۳/۴۹	۴۲/۰۸	۴۲/۵۱	۳۸/۸	۳۲/۴۱	۳۳/۷۲	۳۲/۴۹	۳۲/۵۸	۳۲/۸۵	۳۲/۸۱
	امتیاز	۱۴	۱۰	۱۴	۵	۰	۱۰	۵	۵	۵	۱۴	۱۴	۱۰	۵	۵	۵	۵	۵	۵
۲	هوازدگی	کمی هوازده	متوسط	کمی هوازده	زیاد	زیاد	زیاد	کمی هوازده	کمی هوازده	کمی هوازده	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	زیاد	زیاد	زیاد
	امتیاز	۹	۷	۹	۵	۵	۵	۹	۹	۹	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۵	۵	۵
۳	فاصله بین درزه‌ها (متر)	۰/۳ تا ۱	۱ تا ۳	۰/۳ تا ۱	۰/۵ تا ۰/۳	۰/۵ تا ۰/۳	۰/۵ تا ۰/۳	۱ تا ۳	۰/۳ تا ۱	۱ تا ۳	۱ تا ۳	۰/۳ تا ۱	۰/۳ تا ۱	۰/۳ تا ۱	۰/۳ تا ۱	۰/۳ تا ۱	۰/۳ تا ۱	۰/۳ تا ۱	۰/۳ تا ۱
	امتیاز	۲۱	۲۱	۲۱	۱۵	۱۵	۱۵	۲۸	۲۱	۲۸	۲۸	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱
۴	جهت یافتگی	خیلی نامساعد	نامساعد	نامساعد	خیلی نامساعد	خیلی نامساعد	خیلی نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	خیلی نامساعد	خیلی نامساعد	خیلی نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد
	امتیاز	۵	۵	۹	۵	۵	۵	۹	۹	۹	۵	۵	۵	۹	۹	۹	۹	۹	۹
۵	عرض درزه‌ها	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	۵ تا ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	کمتر از ۱/۰ میلی‌متر	۱/۰ تا ۱ میلی‌متر	۱/۰ تا ۱ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر
	امتیاز	۲	۲	۲	۴	۴	۴	۴	۴	۲	۷	۶	۷	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۶	پیوستگی درزه‌ها	پیوسته با پرشدگی کم	پیوسته با پرشدگی کم	پیوسته با پرشدگی کم	پیوسته با پرشدگی کم	پیوسته با پرشدگی کم	پیوسته با پرشدگی کم	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی کم	پیوسته با پرشدگی کم	پیوسته با پرشدگی کم	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته بدون پرشدگی	پیوسته بدون پرشدگی	پیوسته بدون پرشدگی
	امتیاز	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۱	۱	۱	۴	۴	۴	۱	۱	۱	۵	۵	۵
جمع امتیاز		۵۵	۴۹	۵۹	۳۸	۳۳	۴۳	۵۶	۴۹	۵۴	۶۵	۵۷	۵۴	۴۵	۴۵	۴۵	۴۷	۴۷	۴۷

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- امتیاز روش سلبی سنگ انیدریت گچساران

ردیف	پارامتر	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3	G1	G2	G3
۱	چکش اشمیت	۳۲/۸۱	۳۳/۷۲	۳۴/۴۹	۲۸/۱	۳۱/۹	۲۸/۱	۲۹/۰۸	۲۹/۵۷	۳۵/۳۱	۳۳/۴۹	۳۳/۲۶	۳۱/۶۸	۳۰/۵۴	۳۱/۹	۲۳/۱	۲۹/۸۱	۲۳/۵	۳۳/۴۹	۳۱/۴۵	۳۳/۴۹	۳۲/۴۶
	امتیاز	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۱۰	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
۲	هوازدگی	متوسط	متوسط	متوسط	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد
	امتیاز	۷	۷	۷	۵	۵	۵	۵	۵	۷	۷	۷	۷	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
۳	فاصله بین درزه‌ها	۱ تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۰/۵ تا ۰/۳ متر	۰/۵ تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۰/۵ تا ۰/۳ متر	۰/۵ تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۱ متر تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۱ متر تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر	۱ تا ۰/۳ متر
	امتیاز	۲۱	۲۱	۱۵	۱۵	۲۱	۲۱	۱۵	۱۵	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱
۴	جهت یافتگی	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	خیلی نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد	نامساعد
	امتیاز	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۵	۹	۹	۹	۹	۹	۹
۵	عرض درزه‌ها	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر
	امتیاز	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۶	پیوستگی درزه‌ها	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد	پیوسته با پرشدگی زیاد
	امتیاز	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
جمع امتیاز		۴۵	۴۵	۳۹	۳۷	۴۳	۴۳	۳۷	۳۷	۵۰	۴۵	۴۵	۴۵	۴۳	۴۳	۳۹	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی و تحلیل اطلاعات توصیفی: به‌منظور بررسی طبقه‌بندی سنگ‌های مورد مطالعه با استفاده از روش سلبی از مقایسه میانگین (انحراف معیار) آن‌ها استفاده شد که نتایج توصیفی به‌دست آمده در قالب جدول ۹ آمده است.

جدول ۹، نشان می‌دهد که سنگ آهک آسماری بیشترین میانگین امتیاز سلبی را در بین چهار نوع سنگ با میانگین ۶۸/۸۶ (انحراف معیار ۴/۶۹) دارد. کمترین میانگین امتیاز روش سلبی در بین نمونه‌های سنگ آهک آسماری برابر با ۵۹ و بیشترین میانگین برابر با ۷۷ می‌باشد. در مجموع با ۹۵ درصد اطمینان می‌توان گفت، میانگین امتیاز روش سلبی سنگ آهک آسماری بین ۶۶/۷۲ و ۷۰/۹۹ است. در مقایسه میانگین امتیاز روش سلبی سنگ‌های مورد مطالعه پس از سنگ آهک آسماری به‌ترتیب سنگ‌های آهک میشان با میانگین ۵۹/۵۲ (انحراف معیار ۸/۱۷)، ماسه‌سنگ آغاجاری با میانگین ۴۹/۳۳ (انحراف معیار ۷/۷۷) و انیدریت گچساران با میانگین ۴۲/۵۷ (انحراف معیار ۳/۲۰) در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند.

آمار استنباطی، بررسی و تحلیل استنباطی طبقه‌بندی سنگ‌های مورد مطالعه با استفاده از روش سلبی: به‌منظور مقایسه مقادیر حاصله از روش سلبی، با توجه به این‌که بیش از دو نوع سنگ مورد مطالعه قرار گرفت، از روش تحلیل واریانس ANOVA استفاده شد که نتایج آن در جدول ۱۰ آمده است.

جدول ۹- اطلاعات توصیفی طبقه‌بندی سنگ‌های آهک آسماری، آهک میشان، ماسه‌سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران با استفاده از روش سلبی

		تعداد	میانگین	انحراف معیار	خطای انحراف معیار	۹۵ درصد اطمینان فاصله بین میانگین		کمینه	بیشینه
						کران پایین	کران بالا		
روش سلبی	آهک آسماری	۲۱	۶۸/۸۶	۴/۶۹	۱/۰۲	۶۶/۷۲	۷۰/۹۹	۵۹	۷۷
	آهک میشان	۲۱	۵۹/۵۲	۸/۱۷	۱/۷۸	۵۵/۸۰	۶۳/۲۴	۴۳	۷۱
	ماسه‌سنگ آغاجاری	۱۸	۴۹/۳۳	۷/۷۷	۱/۸۳	۴۵/۴۷	۵۳/۲۰	۳۳	۶۵
	انیدریت گچساران	۲۱	۴۲/۵۷	۳/۲۰	۰/۷۰	۴۱/۱۱	۴۴/۰۳	۳۷	۵۰
	کل	۸۱	۵۵/۲۸	۱۱/۸۸	۱/۳۲	۵۲/۶۶	۵۷/۹۱	۳۳	۷۷

جدول ۱۰- تحلیل واریانس ANOVA برای روش سلبی

		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
روش سلبی	درون گروهی	۸۲۷۷/۵۱	۳	۲۷۵۹/۱۷	۷۰/۶۵	۰
	برون گروهی	۳۰۰۶/۹۵	۷۷	۳۹/۰۵		
	کل	۱۱۲۸۴/۴۶	۸۰			

با توجه به نتایج جدول ۱۰ و مقدار آماره F (۷۰/۶۵) و Sig=۰ که کمتر از ۰/۰۵ است، می‌توان گفت بین امتیاز روش سلبی سنگ‌های مورد مطالعه در سطح α برابر ۰/۰۵ تفاوت معنی‌دار است.

نتایج آزمون توکی طبقه‌بندی سنگ‌ها با روش استفاده سلبی: نتایج آزمون توکی برای بررسی طبقه‌بندی سنگ‌ها از مقاوم به ضعیف در جدول ۱۱ آمده است.

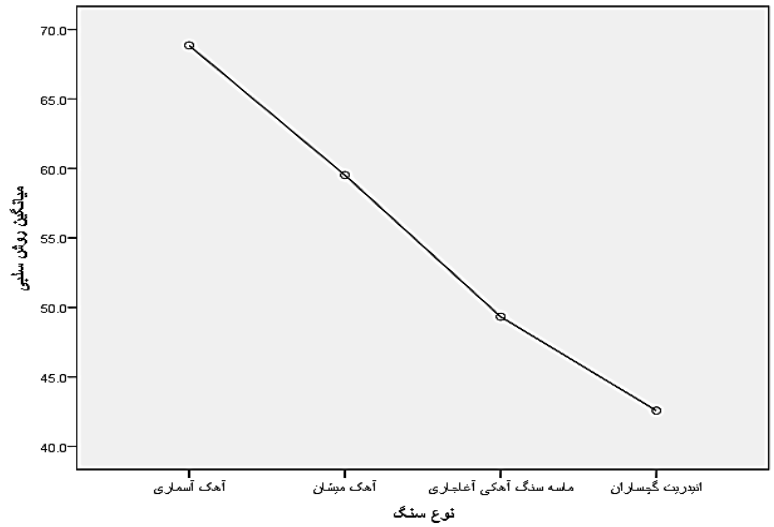
با توجه به نتایج جدول ۱۱، مشاهده می‌شود که بین سنگ آهک آسماری و آهک میشان و ماسه‌سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران اختلاف معنی‌دار وجود دارد. به‌منظور بررسی بیشتر می‌توان به نمودار آن در شکل ۵ مراجعه کرد. این نمودار نشان می‌دهد که بیشترین تا کمترین میانگین امتیاز سلبی به‌ترتیب مربوط به سنگ‌های آهک آسماری، آهک میشان، ماسه‌سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۱- نتایج آزمون توکی طبقه‌بندی سنگ‌های آهک آسماری، آهک میشان، ماسه‌سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران به روش سلبی

نوع سنگ	تعداد	۰/۰۵ = زیر مجموعه با آلفا			
		۱	۲	۳	۴
انیدریت گچساران	۲۱	۴۲/۵۷			
ماسه‌سنگ آغاجاری	۱۸		۴۹/۳۳		
آهک میشان	۲۱			۵۹/۵۲	
آهک آسماری	۲۱				۶۸/۸۵
Sig		۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰



شکل ۵- مقایسه میانگین روش سلبی سنگ‌های آهک آسماری، آهک میشان، ماسه‌سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران

نتیجه‌گیری

طبقه‌بندی سنگ‌ها روشی است که برای طبقه‌بندی مهندسی سنگ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش‌های زیادی برای طبقه‌بندی مهندسی سنگ‌ها در دنیا ارائه شده است که بعضی از این روش‌ها متداول هستند و به‌طور وسیعی استفاده می‌شوند. هر کدام از روش‌های طبقه‌بندی سنگ‌ها به بررسی ویژگی خاصی از سنگ اهمیت می‌دهند و به آن می‌پردازند. اما بعضی از روش‌ها مانند روش سلبی با توجه به چند متغیره بودن آن جنبه‌های مختلفی از ویژگی‌های سنگ مد نظرشان است، به‌طوری که هم به‌صورت کمی و هم به‌صورت کیفی به اندازه‌گیری‌های ویژگی‌های سنگ می‌پردازند. با توجه به این‌که در مطالعات فرسایش و رسوب عامل زمین‌شناسی حوضه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد، ضروری است که سنگ‌های موجود در حوزه آبخیز، مورد مطالعه قرار بگیرند و آن‌ها را با توجه به روش مناسبی از لحاظ مقاومت و حساسیت طبقه‌بندی کرد. از این‌رو، با استفاده از روش سلبی به بررسی و طبقه‌بندی چهار نوع سنگ، پرداخته شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که امتیاز روش سلبی سنگ آهک آسماری بین ۵۹ تا ۷۷ به‌دست آمد که از نظر طبقه مقاومتی در رده سنگ‌های با مقاومت متوسط تا سنگ‌های مقاوم قرار می‌گیرد. امتیاز سنگ آهک میشان با استفاده از این روش در محدوده ۴۳ تا ۶۸ قرار دارد که از نظر طبقه مقاومتی در محدوده طبقه سنگ‌های نامقاوم تا مقاوم قرار دارد که با نتایج Miralavi و همکاران (۲۰۱۰) هم‌خوانی دارد. امتیاز ماسه‌سنگ آغاجاری با استفاده از این روش در محدوده ۳۳ تا ۵۹ قرار گرفت که از نظر طبقه مقاومتی در محدوده سنگ‌های نامقاوم تا مقاومت متوسط قرار دارد که با نتایج Dalgic (۲۰۰۲) و Afkar و همکاران (۲۰۱۰) هم‌خوانی دارد. امتیاز سنگ انیدریت گچساران با استفاده از این روش در

www.SID.ir

Archive of SID

محدوده ۳۷ تا ۵۰ قرار گرفت که از نظر مقاومت در محدوده سنگ‌های نامقاوم تا مقاومت متوسط قرار گرفت که با نتایج Singh و همکاران (۱۹۹۰) هم‌خوانی دارد. در مقایسه ماسه‌سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران می‌توان گفت که کمینه مقاومت ماسه‌سنگ آغاجاری کمتر از سنگ انیدریت گچساران است، ولی بیشینه مقاومت ماسه‌سنگ بیشتر از انیدریت است و این بیانگر این است که در بعضی مناطق ماسه‌سنگ آغاجاری از نظر مقاومت، متوسط بوده، اما در بعضی مناطق مانند منطقه اطراف شهر دیلم به‌دلیل نزدیک بودن به دریا و تاثیر رطوبت زیاد مقدار مقاومت این سنگ نسبت به مناطق مورد مطالعه دیگری که از دریا دور بوده‌اند، کمتر شده است. در کل مقاومت ماسه‌سنگ با استفاده از روش سلبی بیشتر از سنگ انیدریت گچساران به‌دست آمد که با مطالعه، Feyznia و همکاران (۲۰۰۳) هم‌خوانی دارد. بررسی و تحلیل اطلاعات توصیفی حاصل از داده‌های روش سلبی نیز نشان می‌دهد که سنگ آهک آسماری مقاوم‌ترین سنگ بوده، در سطح اطمینان ۹۵ درصد میانگین امتیاز روش سلبی آن بین ۷۰/۹۹-۶۶/۷۲ است که پس از آن به‌ترتیب سنگ آهک میشان، ماسه سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران قرار دارد. همچنین، نتایج آمار استنباطی از روش تحلیل واریانس ANOVA و آزمون توکی نیز نشان داد که بین سنگ‌های مورد مطالعه در این روش از نظر مقاومت به فرسایش در سطح ۰/۰۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد و از مقاوم به ضعیف به‌ترتیب آهک آسماری، آهک میشان، ماسه‌سنگ آغاجاری و انیدریت گچساران طبقه‌بندی شدند.

منابع مورد استفاده

1. Aghanabati, S. A. 2004. Geology of Iran. Geological Organization of Iran, 708 pages.
2. Afkar, M.R., G.R.R. Lashkaripoor, M. Ghafouri and A. Mokhtari. 2010. Assessment of the shaft stone foundation of Kheyrabad Dam Behbahan using the DMR and RMR classifications. First Conference on Applied Researchs of Water Resources of Iran (in Persian).
3. Darvishzade, A. 1991. Geology of Iran. Beynalmelal Printing and Publishing Company, 902 pages.
4. Dalgıç, S. 2002. A comparison of predicted and actual tunnel behaviour in the İstanbul Metro of Turkey. Engineering Geology, 63(1–2): 69-82.
5. Feyznia, S. 1995. Resistance of stones to erosion in different climates of Iran. Journal of Natural Resources of Iran, 1(1): 95-116 (in Persian).
6. Feyznia, S. and M. Zare Kosh Eghbal. 2003. Investigating the sensitivity of geological formations to erosion and sediment production in Latian Watershed. Journal of Natural Resources of Iran, 56(4): 365-381 (in Persian).
7. Feyznia, S. and M. Zare Kosh Eghbal. 2004. Final report of the project investigating the sensitivity of stones and geological formations to erosion and sediment production in the Latiyan Basin. Watershed Deputy, Office of Watershed Studies and Assessment, Department of Inspection and Evaluation of Erosion and Sediment, 185 pages, (in Persian).
8. Feyznia, S. 2009. Investigation of sensitivity to erosion and sedimentation of geological formations in Gorgan Watershed. Journal of Natural Resources of Iran, 61(1): 13-27 (in Persian).
9. Fathizade, H., H. Karimi and M. Tavakoli. 2016. The role of sensitivity to erosion of geological formations in erosion and sediment production, case study: Douyrej River Sub-basin, Ilam Province. Journal of Watershed Management Research, 13(7): 193-208 (in Persian).
10. Hall, K.J. 1988. The interconnection of wetting and drying with freeze-thaw: some new data. Zeitschrift Fur Geomorphologic Supplement Hand, 71: 1-11.
11. Miralavi, A. and M.R. Ekhtesasi. 2010. Comparison of sensitivity and sediment production of granite and lime stone units in semi-arid and cold arid climates, case study: Menshad of Yazd Basin. Fourth National Conference on Erosion and Sediment.
12. Selby, M. J. 1980. A rock mass classification for geomorphic purposes with tests from Antarctica and New Zealand, Zeit. Fur Geomorphic, 24: 31-51.
13. Selby, M.J. 1985. Earth changing surface and introduction to geomorphology. Published in the United States by Oxford University Press, New York, 607 pages.
14. Singh, R.N. and D.R. Gahrooee. 1990. Deterministic stability and sensitivity analyses of slopes in jointed rock masses. Mining Science and Technology, 10(3): 265-286.
15. Sumner, P. and W. Nel. 2002. The effect of rock moisture on schmide hammer rebo test on rock sample from Marion Island and South Africa. Earth Surface Processes and Landforms: The Journal

www.SID.ir

Archive of SID

of the British Geomorphological Research Group, 27: 1137-1142.
16. Ziaei, H.A. 2001. Principles of watershed management engineering. University of Imam Reza (AS), 542 pages.

www.SID.ir