Archive of SID

زمستان ۹۱، سال بیست و دوم، شماره ۸۶، صفحه ۵۹ تا ۶۴

رده‌بندی دسته‌درزه‌ها با استفاده از ۳ ویژگی آنها و مطالعه موردی در معدن سنگ چینی نی‌ریز

میثم مقصودی [۱*]، فرزان رفیعا [۲] و منوچهر قرشی [۳]

[۱] دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.
[۲] کارشناس ارشد، شرکت مهندسین مشاور کاوشگران، تهران، ایران.
[۳] دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال؛ پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۱/۲۸

چکیده

رده‌بندی و بررسی ناپیوستگی‌ها در شناخت و حل مسائل زمین‌شناسی به‌ویژه در زمین‌شناسی مهندسی و مکانیک سنگ بسیار اهمیت دارد. امروزه رده‌بندی درزه‌ها با استفاده از دو ویژگی شیب و جهت شیب در شبکه استریونت انجام می‌شود، اما بررسی‌های نوین بیانگر آن است که تنها دو عامل شیب و جهت شیب قادر به نشان دادن ویژگی‌ها و رفتار آنها در حل بسیاری از مسائل از جمله پایداری سازه‌های ژئوتکنیکی نیستند. در این نوشتار از روشی جدید برای رده‌بندی درزه‌ها با استفاده از ۳ ویژگی درزه در یک محیط نرم‌افزاری ۳ بعدی با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Matlab استفاده شده است. همچنین به منظور کاربردی کردن این روش درزه‌های معدن سنگ چینی نیریز به عنوان مطالعه موردی رده‌بندی شد. در بررسی و تحلیل درزه‌ها در این معدن از ویژگی شیب و جهت شیب به همراه نوع پرشدگی به عنوان ویژگی سوم استفاده شده و در ادامه نتایج به دست آمده از این روش با روش معمول دسته‌بندی با ۲ ویژگی مورد مقایسه قرار گرفته است. این مقایسه نشان داد که یک سامانه درزه در روش قدیمی به دو سامانه درزه در روش نوین تبدیل شده است که یک دسته درزه دارای پرشدگی با اکسید آهن و دسته درزه دیگر فاقد پرشدگی است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که دسته درزه بدون پرشدگی در محدوده معدن سبب ریزش و ناپایداری دیواره‌ها و همچنین سبب رخداد پدیده پوسته‌شدگی در پاشنه برخی پله‌ها می‌شود. در پایان نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS منحنی رگرسیون و مقدار کوواریانس برای هر یک از دسته درزه‌های روش نوین رسم و محاسبه شد. نتایج نشان داد، هر چه جهت شیب درزه‌هایی که فاقد پرشدگی هستند به سمت شمال میل می‌کند، شیب آنها به ۹۰ درجه نزدیک‌تر می‌شود که این امر می‌تواند کلیدی برای شناخت ناپایداری‌ها و همچنین طراحی و برنامه‌ریزی استخراج در معدن سنگ چینی باشد.

کلیدواژه‌ها: دسته درزه، معدن سنگ چینی نی‌ریز، رده‌بندی درزه‌ها، پرشدگی شکستگی‌ها

***نویسنده مسئول:** میثم مقصودی
E- mail: mmaghsoudi@kavoshgaran-mine.com

۱- مقدمه

امروزه دسته‌بندی درزه‌ها اهمیت بالایی در مطالعات زمین‌شناسی مهندسی دارد. رده‌بندی صحیح و مشخص کردن دسته درزه‌ها بر اساس ویژگی‌های مشترک در رده‌بندی توده‌سنگ، مطالعات پایداری شیب دیواره معادن و تونل بسیار مهم است. رده‌بندی دسته درزه‌ها، معمولاً براساس دو ویژگی شیب و جهت شیب، صورت می‌گیرد. ابزارهای متفاوتی برای نمایش نتایج این شیوه رده‌بندی وجود دارد که متداول‌ترین آنها نمودار گل‌سرخی و شبکه استریونت است. در نمودارهای گل‌سرخی، صفحه جغرافیایی به شماری قاچ تقسیم می‌شود و فراوانی امتداد و یا جهت شیب درزه‌های برداشت شده در هر قاچ به صورت خطی با بلندای متناسب با فراوانی درزه‌های واقع در آن راستا، در مرکز قاچ رسم می‌شود. از اتصال نقاط انتهایی این خطوط به یکدیگر، نموداری با عنوان نمودار گل‌سرخی شکل می‌گیرد. نمودار گل‌سرخی تک متغیری است و اطلاعی از شیب درزه‌ها به دست نمی‌دهد، مگر این‌که مقدار متوسط شیب در کنار هر دسته درج شده باشد.

در شبکه استریونت امکان ارائه نتایج براساس دو ویژگی شیب و جهت شیب مهیا می‌شود (دو متغیری) و به این ترتیب منحنی‌های هم تراکم قطب ناپیوستگی‌ها رسم می‌شوند. سپس کاربر با تفسیر تصویر استریوگرافیک به‌دست آمده، تعداد و ویژگی‌های دسته درزه‌ها را مشخص می‌کند.

در روش‌های بالا، از یک ویژگی درزه (امتداد یا جهت شیب در نمودار گل‌سرخی)، و یا بیشینه دو ویژگی درزه (جهت شیب و شیب در استریونت) برای رده‌بندی استفاده می‌شود. حال این سؤال مطرح است که آیا می‌توان تنها بر اساس یک یا دو ویژگی رده‌بندی کاملی از ناپیوستگی‌ها ارائه کرد؟ بدون شک پاسخ منفی خواهد بود، چرا که ممکن است دو درزه با شیب و جهت شیب یکسان، در ویژگی‌های دیگری، مانند تداوم درزه، مقاومت، جنس و نوع پرشدگی متفاوت باشند (Memarian & Fergusson,2003). از دیدگاه کاربردی، برای مثال در دامنه مکانیک سنگ، درزه‌های دارای شیب و جهت شیب یکسان بر حسب ویژگی‌های دیگر مانند نوع و اندازه پرشدگی، باز شدگی، طول و گستردگی، مسلماً در برابر تنش‌های وارده به توده سنگ رفتار متفاوتی خواهند داشت، برای مثال، مقاومت برشی در راستای درزهای با پرشدگی رسی در مقایسه با درزهای با پرکننده کلسیتی کمتر خواهد بود که نتیجه آن منجر به پایداری و یا ناپایداری دیواره می‌شود. همچنین درزه‌های پرشده در مقایسه با درزه‌های بدون پرشدگی رفتارهای متفاوتی در برابر تنش از خود بروز می‌دهند (Barton, 1974)، به گونه‌ای که گاهی حضور پرشدگی در شکستگی‌ها سبب استحکام و پایداری شکستگی و دیواره‌ها می‌شود (Trollope, 1980). از سوی دیگر شکستگی‌ها و پرشدگی مخازن هیدروکربورها بر رفتار مخازن آنها تأثیر خواهند داشت. اگر شکستگی‌ها باز و بدون پرشدگی باشند، به صورت کانال‌هایی برای عبور سیال عمل می‌کنند که باعث می‌شود زمینه کم‌تراوای یک سنگ، به پهنه‌ای با پتانسیل بالا تبدیل شود. در مقابل اگر شکستگی‌ها پرشده باشند، به صورت مانعی در برابر حرکت سیال عمل می‌کنند (Haller & Hamon,1993).

نکته دیگر این‌که استفاده از دو ویژگی شیب و جهت شیب که امروزه روش متداولی برای تعیین دسته درزه‌ها است، احتمال دارد کارشناسان را دچار خطا کند. زیرا هنگامی که در استریونت دو تراکم قطبی در نزدیکی هم قرار می‌گیرند، این شک وجود دارد که آیا این دو تراکم، دو دسته درزه جدا هستند و یا یک دسته درزه هستند که به دلیل خطا در برداشت صحرایی به این شکل در استریونت ظاهر شده‌اند.

برای رفع این مشکل بررسی‌هایی در این زمینه در سال‌های اخیر صورت پذیرفته است که در میان می‌توان به فعالیت تخم‌چی و همکاران (۱۳۸۸) اشاره کرد. در این بررسی‌ها عمل رده‌بندی درزه‌ها به روش شبکه عصبی MLP روی مجموعه‌ای از داده‌های مصنوعی انجام و نتیجه‌گیری شده است که این روش بهتر از روش‌های مرسوم، رده‌بندی دسته درزه‌ها را انجام می‌دهد. نکته جالب این که پژوهشگران

www.SID.ir

Archive of SID

دیگر، تنها دو ویژگی شیب و جهت شیب را وارد عمل خوشه‌بندی کرده و از دیگر ویژگی‌های درزه‌ها به دلیل محدودیت نرم‌افزاری و یا اطلاعاتی برای جدایش استفاده نکرده‌اند. مطالعات تخم‌چی و همکاران (۱۳۸۸) بر روی داده‌های مصنوعی با ۳ ویژگی شیب، جهت شیب و پرشدگی بررسی شده است و روشن است که برای تقسیم‌بندی بهتر دسته درزه‌ها، استفاده از داده‌های طبیعی مناسب‌تر خواهد بود. از این‌رو در این پژوهش از درزه‌های طبیعی شکل گرفته در معدن سنگ چینی نی‌ریز به عنوان مطالعه موردی استفاده شده است.

بنابراین مسلم است که تنها دو ویژگی شیب و جهت شیب درزه برای رده‌بندی و مطالعه رفتار آنها در مطالعات علوم زمین نمی‌تواند رفتار آنها را در برابر اعمال تنش به صورت مناسب نشان دهد. از این رو در پژوهش حاضر سعی شد از رده‌بندی با استفاده از دیگر ویژگی‌های برداشت شده از درزه شامل شیب، جهت شیب، مقدار پرشدگی، نوع پرشدگی و طول درزه در یک محیط طبیعی استفاده و سپس درزه‌های رده‌بندی شده در این روش با درزه‌های رده‌بندی شده در روش استریونت مقایسه شود تا کاستی‌های روش پیشین و قابلیت‌های روش ارائه شده، مشخص شود. همچنین پس از تعیین دسته درزه‌ها در روش نوین می‌توان رده هر دسته درزه را به صورت تابع تعریف و از معادله خروجی برای تحلیل دسته درزه‌ها استفاده کرد. در این روش می‌توان با در نظر گرفتن دست‌کم ۳ ویژگی درزه، رده‌بندی درزه‌ها را با دقت بیشتر و از دیدگاه کاربردی مناسب‌تری انجام داد. بیان این نکته ضروری است که اگرچه در این نوشتار از "نوع پرشدگی" به عنوان ویژگی مورد نظر استفاده شده است، اما در بررسی‌های مرتبط می‌توان ویژگی‌های دیگر همچون مقدار پرشدگی، طول درزه، مقدار بازشدگی و حتی شکل درزه را به عنوان متغیر سوم در نظر گرفت.

۲- بحث

۲-۱. ارائه منطق رده‌بندی در روش نوین

در رویارویی با مجموعه‌ای از داده‌ها، رده‌بندی آنها به گروه‌های کم و بیش همخوان مورد توجه قرار می‌گیرد. در سال‌های اخیر روش‌های بسیاری برای رده‌بندی و خوشه‌بندی داده‌ها، در دیگر شاخه‌های مهندسی (مانند مهندسی برق) ارائه شده است که بیشتر این روش‌ها را می‌توان با موفقیت برای رده‌بندی داده‌های زمین‌شناسی، معدنی و ژئوتکنیکی به کار گرفت. در هر جامعه آماری و رده‌بندی، معمولاً تعدادی رده با اعضای مشخص وجود دارد که ویژگی‌های این اعضا مشخص‌کننده دسته و گروه آنها خواهد بود. به عبارت دیگر ویژگی‌هایی که هر عضو دارد، تعیین خواهد کرد که در کدام رده می‌تواند قرار گیرد. همچنین هر چه تعداد بیشتری از ویژگی‌های عضوها بررسی و با یکدیگر مقایسه شوند، به طور قطع رده‌بندی دقیق‌تری انجام خواهد شد و اعضایی که در یک رده یا گروه قرار می‌گیرند شباهت بیشتری به هم دارند. در رده‌بندی معمولاً به دنبال یافتن یک چارچوب خواهیم بود که بر اساس اطلاعات عضوها، رده‌ها و ویژگی آنها تعیین شود و در صورت ورود یک عضو جدید، بتوان عضو را در یک رده مناسب جای داد. هدف این روش، ارائه الگوریتمی است که با استفاده از داده‌های در اختیار، بهترین رده‌بندی را برای اعضا تعریف کرده و در صورت ورود عضو جدید می‌توان آن عضو را در رده مناسب قرار داد. در پایان نیز سعی شده است که یک رابطه منطقی بین ویژگی اعضای هر گروه و همچنین تأثیر یک ویژگی بر تغییر ویژگی دیگر در گروه بیان شود تا بتوان از این رده‌بندی در مباحث کاربردی و به‌ویژه تحلیل‌های ساختارهای علوم زمین بهره برد. این امر فراهم نخواهد شد مگر با رده‌بندی صحیح و کامل اعضای پیشین که در اختیار کاربر قرار داشته است.

نکته دیگر آنکه برای رده‌بندی در ابتدا تعریف صحیح و در صورت امکان، کامل از آن اعضا و رده لازم خواهد بود یا به عبارت دیگر، کاربر باید بتواند تعریفی جامع و صحیح از اعضای خود داشته باشد تا بتواند آگاهانه مطالعات آماری را انجام دهد.

نظر به اینکه موضوع این بحث رده‌بندی درزه‌ها است، ابتدا باید تعریف مشخصی از درزه و دسته‌درزه در اختیار داشت. بر اساس تعریف، "درزه‌ها آرایش منظم شکستگی‌هایی در سنگ هستند که در طول آنها جابه‌جایی وجود ندارد و یا میزان آن کم است و مجموعه‌ای از درزه‌ها که ویژگی‌های یکسان و یا تقریباً یکسان داشته باشند، به عنوان دسته درزه معرفی می‌شوند." مهم‌ترین این ویژگی‌ها شیب، جهت شیب، نوع پرشدگی، مقدار پرشدگی و طول درزه است. به این ترتیب تعریف اعضا و همچنین ویژگی‌هایی که می‌تواند اعضا را در رده‌های مختلف جا دهد، روشن می‌شود.

گام بعدی در روش نوین، انتخاب ویژگی‌هایی خواهد بود که در رده‌بندی اهمیت بالایی دارند. براین اساس و با توجه به تعریفی که از دسته درزه ارائه شد و همچنین از هندسه درزه‌ها و بررسی‌های پیشین مشخص می‌شود دو عامل شیب و جهت شیب از مهم‌ترین ویژگی‌های رده‌بندی دسته درزه خواهند بود، که در روش نوین با ویژگی سوم به منظور دسته‌بندی جامع‌تر درزه‌ها در کنار هم قرار می‌گیرند. ویژگی سوم از دیدگاه مهندسی و با توجه به تشخیص کارشناس می‌تواند نوع پرشدگی، مقدار پرشدگی، طول درزه و یا هر ویژگی دیگر یک درزه باشد. امروزه پژوهشگران جهت‌یابی، تداوم، زبری و پرشدگی را مهم‌ترین ویژگی درزه‌ها در پایداری شیب دیواره‌ها می‌دانند (Wyllie & Mah, 2005). برای مثال تداوم (طول) از ویژگی‌های مهمی است که به سادگی در صحرا قابل اندازه‌گیری نیست. در تحلیل شیب‌های سنگی یا پی‌سدها تعیین میزان تداوم گسستگی‌ها که جهت‌یابی آنها برای ایستابی نامناسب است، اهمیت بسزایی دارد. در تونل‌ها ممکن است گسیختگی به صورت موضعی باشد اما تداوم آنها شرایط را برای ریزش مهیا سازد.

در ادامه برای رده‌بندی در روش نوین نیاز به وارد کردن ویژگی سوم در یک محیط سه‌بعدی همراه با ویژگی‌های شیب و جهت شیب خواهد بود تا بتوان داده‌ها را در کنار هم نمایش داد. برای این منظور از نرم‌افزارهای Matlab برای برنامه‌نویسی و SPSS Statistic 17.0 برای مطالعات آماری و پردازش نهایی داده‌ها استفاده شده است.

پس از مشخص شدن ویژگی‌های مورد استفاده برای رده‌بندی در این روش، داده‌های مورد پردازش (۳ویژگی) باید استانداردسازی شوند. منظور از استانداردسازی فعالیتی است که در آن ویژگی‌های مختلف داده‌ها در صورت نیاز کمّی شوند و نقش یکسانی در رده‌بندی ایفا کنند. برای مثال در این پژوهش، بازه اطلاعات جهت شیب بین ۰ تا ۳۶۰ درجه است، در حالی که ویژگی نوع پرکننده کیفی است که نیاز دارد کمی شود و برای مثال محدوده اطلاعات نوع پرشدگی بین ۰ تا ۳ تعریف شود. این بازه بر اساس طبیعت پرکننده و نوع کاربری با نظر کارشناس قابل تغییر خواهد بود. مثلاً ممکن است نوع پرشدگی بین ۰ تا ۱۰ کدگذاری شود و یا بر اساس جدول ۱ انواع پرکننده‌ها تعریف شوند. لازم به توضیح است که در سال‌های اخیر رابطه‌هایی برای استانداردسازی ارائه شده است که می‌توان از آن رابطه‌ها نیز در این امر استفاده کرد (تخم‌چی و همکاران، ۱۳۸۸). فعالیت استانداردسازی از بخش‌های مهم رده‌بندی به روش نوین است، زیرا چنانچه این کار به خوبی انجام نشود، داده‌های دیگر نقش پررنگ‌تری در رده‌بندی خواهند داشت که طبیعتاً مطلوب نخواهد بود.

در گام بعدی داده‌های استاندارد شده در رده‌های خود، با مختصات مربوط یعنی همان ویژگی‌های آنها، در فضای ۳ بعدی تعریف می‌شوند. سپس براساس مجموعه داده‌های استاندارد شده پس از انتشار در فضای سه‌بعدی، داده‌های هر رده تفکیک خواهند شد. از نکات مهم در این روش، آن است که پس از قرارگیری داده‌ها در محیط، نقاطی که در فضا ویژگی‌های کاملاً یکسانی دارند، بر یکدیگر منطبق و به صورت یک نقطه نمایش داده می‌شوند. برای رفع این مشکل با استفاده از نرم‌افزار Matlab برنامه‌ای تهیه شد که اجزای آن با درصد تراکم در هر نقطه نشان داده شود. براین اساس تراکم بالای نقاط در محیط سه‌بعدی نشان‌دهنده درزه‌هایی خواهد بود که ویژگی‌های یکسان و یا نزدیک به هم دارند و می‌توان آنها را در یک رده جای دارد.

بنابراین در این روش دسته درزه‌هایی تفکیک می‌شوند که دارای ۳ ویژگی

www.SID.ir

Archive of SID

یکسان و یا نزدیک به هم خواهند بود و رفتار آنها با میدان‌های تنش یکسان خواهد بود. در رده‌بندی نوین درزه‌هایی که در ۲ ویژگی یکسان هستند اما در ویژگی سوم تفاوت دارند، در دو رده مختلف قرار خواهند گرفت که این موضوع کاملاً با واقعیت انطباق دارد.

در پایان، رده‌هایی تعریف خواهند شد که درزه‌های دارای ویژگی‌های یکسان و یا شبیه به هم در آن رده جای دارند. با ورود عضو جدید به این مجموعه نیز می‌توان آن را در رده مناسبی قرار داد که ویژگی‌های آن عضو را در بر می‌گیرد.

آنچه در بالا گفته شد منطق تقسیم‌بندی به روش نوین است، حال به منظور کاربردی کردن بحث و با توجه به شرایط، از ویژگی‌های شیب، جهت شیب و نوع پرشدگی؛ و برای جمع‌آوری داده‌ها از معدن سنگ چینی نی‌ریز به عنوان یک محیط طبیعی استفاده شده است. هدف از این مطالعات آماری در این معدن شناسایی دسته درزه‌ها و شکستگی‌هایی است که سبب ناپایداری دیواره‌ها شده‌اند. در پایان نیز سعی شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS خط برازش و رگرسیون رده‌ها تعریف و بررسی شود. گفتنی است که اگرچه در این مطالعه موردی از نوع پرشدگی به عنوان ویژگی سوم استفاده شده اما تداوم و مقدار بازشدگی و حتی زبری درزه نیز می‌تواند در این رده‌بندی استفاده شود.

۳- مطالعه موردی

۳-۱. موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی عمومی معدن سنگ چینی نی‌ریز

معادن سنگ چینی حوزه شهرستان نی‌ریز متعلق به شرکت مجتمع معادن سنگ چینی نی‌ریز، از مراکز مهم اقتصادی استان فارس به شمار می‌رود. استخراج و بهره‌برداری از این معادن که در حدود ۳۶ کیلومتری شمال باختر شهر نی‌ریز فارس قرار دارند، به طور عمده در سه منطقه موسوم به قلعه بهمن، تنگ حنا و چاه‌سوار آغا متمرکز است (شکل ۱).

از دیدگاه زمین‌شناسی این محدوده در زیر پهنه افیولیتی نی‌ریز قرار گرفته و شامل واحدهای افیولیتی و سنگ چینی (سنگ مرمرهایی همراه با کانی مافیک) است. در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نی‌ریز (۱۳۷۵)، سنگ‌های معادن سنگ چینی را سنگ مرمرهای توده‌ای تا اسکارنی متعلق به اوایل کرتاسه بالایی می‌دانند (شکل ۱). بر اثر تنش‌های دیرین و برجا شکستگی‌هایی در محدوده شکل گرفته است که حتی برخی از این شکستگی‌ها ناپایداری‌های موضعی را سبب شده‌اند. هدف از این مطالعات ابتدا رده‌بندی درزه‌ها با روش نوین است و سپس شناسایی دسته درزه‌هایی که این ناپایداری‌ها را سبب شده‌اند.

– **مطالعات میکروتکتونیکی و برداشت درزه‌ها**: به منظور انجام فعالیت‌های میدانی و برداشت ویژگی‌های درزه‌ها، از روش نیمرخ خطی در امتداد پله‌های معدن استفاده شد. به این ترتیب ویژگی‌های درزه‌ها شامل شیب و جهت شیب، نوع (جنس) پرشدگی، مقدار پرشدگی، زبری و طول در تعداد ۱۰۰ درزه برداشت شد.

– **انتخاب دسته درزه با استفاده از استریونت و تراکم نقاط قطبی**: پس از برداشت ویژگی‌های درزه‌ها، در فعالیت‌های دفتری با استفاده از ویژگی‌های شیب و جهت شیب آنها در نرم‌افزار Dips5 و با استفاده از روش تراکم نقاط قطبی، ویژگی‌های شیب و جهت شیب دسته درزه‌ها مشخص شد (شکل ۲). براین اساس ۳ دسته درزه با ویژگی‌های درج شده در جدول ۲ شناسایی شدند.

– **تعیین دسته درزه در روش نوین**: به منظور تعیین دسته درزه در روش نوین، فعالیت‌ها باید در محیط سه‌بعدی انجام می‌گرفت. همان‌گونه که گفته شد برای ایجاد یک محیط ۳ متغیره از نرم‌افزارهای Matlab و همچنین SPSS Statistic 17.0 استفاده شد.

بررسی‌های اولیه در این معدن نشان داده که نوع پرشدگی همراه با هندسه شکستگی‌ها عوامل بسیار مهمی هستند که بر پایداری دیواره‌ها نقش دارند، زیرا با توجه به نوع سنگ‌های دیواره که بیشتر سنگ چینی هستند، تفاوت در نوع پرشدگی سبب تفاوت در مقاومت برشی شکستگی‌ها خواهد شد و عاملی است که ریزش‌ها را کنترل می‌کند. از سوی دیگر، طول درزه و مقدار بازشدگی نیز که از عوامل مهم در رده‌بندی توده سنگ‌ها هستند، در فعالیت‌های میدانی برداشت شد، اما مطالعات مقدماتی نشان داد عواملی مانند طول، بازشدگی و دیگر ویژگی‌ها نقش چندانی در ناپایداری دیواره‌ها ندارد و مهم‌ترین عامل، نوع پرشدگی درزه‌ها است. با توجه به مطالب عنوان شده و همچنین نظر مهندسی، نوع پرشدگی به عنوان عامل سوم در نظر گرفته شده و ۳ ویژگی شیب، جهت شیب و نوع پرشدگی در این رده‌بندی مورد استفاده قرار گرفته است.

از آنجا که ویژگی‌های شیب و جهت شیب داده‌هایی کمی و ویژگی‌هایی مانند نوع پرشدگی و مقدار پرشدگی داده‌هایی کیفی هستند، در ابتدا داده‌های کیفی به داده‌های کمی(استانداردسازی) تبدیل شد (جدول ۳). بر این اساس، درزه‌ها با توجه به نوع پرشدگی و درزه‌های فاقد پرشدگی به ۴ دسته تقسیم شد. اگرچه در این تقسیم‌بندی تنها ۴ نوع پرشدگی در نظر گرفته شد، چرا که در معدن سنگ چینی نی‌ریز که به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است، تنها این چهار پرشدگی در درزه‌ها دیده شده‌اند، اما نرم‌افزار و روش طراحی شده قادر خواهد بود پرشدگی‌های دیگر همچون رس، سیلت و... را نیز در رده‌بندی منظور کند.

پردازش داده‌های کمی شده در نرم‌افزارهای تخصصی آماری، انجام شد. در این جامعه آماری مقدار شیب در محور Y، جهت شیب در محور X و نوع پرشدگی در محور Z آرایش شدند.

همان‌گونه که در شکل ۳ مشخص است، به دلیل سه بعدی بودن محیط آماری، تشخیص دسته درزه‌ها مشکل است. افزون‌براین درزه‌هایی که دارای ویژگی‌های کاملاً یکسان بودند، تنها به عنوان یک نقطه در محیط ظاهر می‌شدند و از تراکم درزه‌ها اطلاعی به‌دست نمی‌آمد.

برای رفع این اشکال نمودار جدیدی رسم شد که در آن نمودار درصد تراکم نقاط در هر بخش مشخص شده است (شکل ۴). در این نمودار درصد بالاتر در یک بخش، نشان‌دهنده تمرکز درزه‌ها در آن بخش است. در نمودار شکل ۴ نقاط با فراوانی ۲ درصد، به معنی ۱ درزه و نقاط با فراوانی ۱۰درصد نشان‌دهنده ۵ درزه با ویژگی‌های کاملاً مشابه هستند که بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند. بر این اساس، می‌توان ۴ دسته درزه را شناسایی کرد. ویژگی‌های دسته درزه‌های شناسایی شده در روش نوین در جدول ۳ ارائه شده است. با این روش حتی می‌توان درزه‌های تصادفی که در محیط ایجاد شده‌اند را شناسایی و از درزه‌های سیستماتیک شکل گرفته جدا کرد.

– **مقایسه دسته درزه‌ها در روش سنتی و روش نوین:** پس از مشخص شدن دسته درزها با روش‌های سنتی و نوین، این دسته درزها با یکدیگر مقایسه شدند. در این مقایسه مشخص شد که دسته درزه ۱ در روش سنتی، در روش نوین نیز شناسایی شده است، اما تفاوت در آن است که دسته درزه ۱ در روش سنتی، در روش نوین خود به دو دسته درزه تفکیک شده است، به‌گونه‌ای که یک دسته درزه دارای پرشدگی با اکسید آهن و دسته درزه دیگر بدون پرشدگی است. این موضوع در شکل ۵ نمایش داده شده است.

در فعالیت‌های صحرایی برای بررسی دوباره نتایج به‌دست آمده مشخص شد، درزه ۱ که بدون پرشدگی است، جوان بوده و بر اثر تنش‌های برجا در منطقه شکل گرفته و در حال گسترش است و همین دسته درزه است که سبب ناپایداری موضعی دیواره‌ها در معدن می‌شود (شکل ۶) اما درزه ۲ که با اکسید آهن پرشده است، پایدار بوده و ناپایداری در سطح آن دیده نشده است (شکل ۷). از سوی دیگر درزه ۱ از نوع کششی و درزه ۲ درزه‌ای قدیمی با پرشدگی و احتمالاً از نوع برشی است.

همچنین دسته درزه ۲ در روش سنتی، ویژگی یک دسته درزه را ندارد. به طوری که پس از بررسی مشخص شد آنچه سبب نشان دادن بی‌هنجاری در استریونت شده است، وجود ۴ درزه با پرشدگی‌های کاملاً متفاوت است و این تفاوت در روش نوین به خوبی بازتاب یافته و در این رده‌بندی به عنوان یک دسته درزه، مشخص نشده است (شکل ۸).

– **همبستگی و رگرسیون دسته درزه‌ها**: پس از مشخص شدن دسته درزه‌ها در روش نوین، پراکنش آنها بررسی و تحلیل شد. از آنجا که درزه‌ها همگی از توده‌سنگ‌های

www.SID.ir

Archive of SID

سنگ چینی که به طور نسبی محیط همگنی است، برداشت شده‌اند، همبستگی اعضای هر دسته درزه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{Correl}(X,Y) = \frac{\Sigma (X-\bar{X})(y-\bar{y})}{\sqrt{\Sigma (X-\bar{X})^2 \Sigma (y-\bar{y})^2}}$$

نتایج به‌دست آمده (جدول ۵) نشان می‌دهد دسته درزه ۱، ۳ و ۴ دارای همبستگی مناسب هستند اما دسته درزه ۲ همبستگی مناسبی ندارد. با توجه به همبستگی به‌دست آمده، در ادامه مطالعات منحنی رگرسیون در نرم‌افزار تخصصی SPSS با استفاده از ویژگی شیب و جهت شیب رسم شد (شکل‌های ۹ تا ۱۲). منحنی‌های رگرسیون رسم شده برای ۴ دسته درزه نشان می‌دهد دسته درزه‌های ۱ و ۴، که بدون پرشدگی هستند، انحنای صعودی دارند و این بدان معناست که هرچه جهت شیب این دسته درزه به سمت شمال (به آزیموت ۳۶۰ درجه) متمایل می‌شود، شیب این درزه‌ها به سمت ۹۰ درجه یعنی شیب قائم میل می‌کند. این موضوع با طبیعت محل کاملاً همخوانی دارد.

۴- نتیجه‌گیری

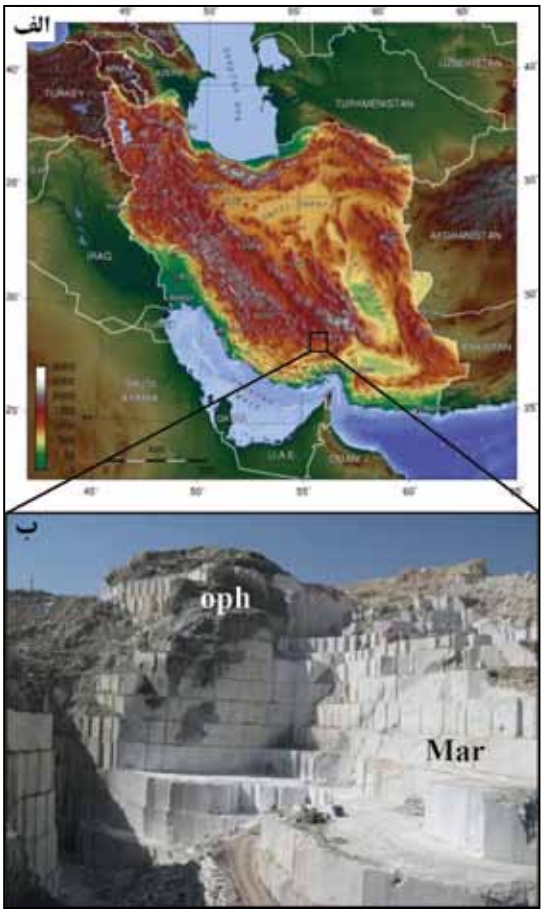
با وجود آن که در بررسی و مطالعه‌های مهندسی معمولاً نزدیک به ۱۰ ویژگی درزه‌ها در صحرا برداشت می‌شود، اما بیشتر از دو ویژگی (شیب و جهت شیب) در رده‌بندی و معرفی دسته درزه‌ها استفاده نمی‌شود. در استفاده از استریونت (روش سنتی) معمولاً ویژگی‌های یک درزه به عنوان نماینده دسته درزه مشخص می‌شود که مسلماً تنها یک درزه انتخاب شده با دو ویژگی نمی‌تواند معرف دیگر درزه‌ها در آن دسته باشد. در روش نوین با استفاده از دو ویژگی شیب و جهت شیب به همراه ویژگی دیگر که با توجه به اهمیت موضوع و نظر کارشناس تعیین می‌شود، یک بازه و ۳ یا ۴ ویژگی به عنوان یک دسته درزه معرفی می‌شود که خود می‌تواند داده‌های ورودی برای پردازش‌های بعدی باشد. در این مطالعات، که با استفاده از روش پیشنهادی در معدن سنگ چینی نی‌ریز، به عنوان یک مطالعه موردی انجام شد، نتایج زیر حاصل شد:

- یک دسته درزه که با روش سنتی شناسایی شده، در روش نوین به دو دسته درزه تفکیک شده است، به طوری که یک دسته دارای پرشدگی با اکسید آهن است و در ناپایداری دیواره‌ها نقش عمده‌ای ندارد، اما در مقابل، دسته درزه دیگر بدون پرشدگی است و بر اثر تنش‌های برجا شکل گرفته و در حال گسترش است. بررسی‌های میدانی نیز نشان داد که بیشتر ناپایداری‌ها، در اثر کارکرد این دسته درزه در منطقه روی داده است. همچنین، بر اثر شکل‌گیری و فعالیت این دسته درزه است که پدیده پوسته‌شدگی (Spalling) در پاشنه پله‌ها شکل گرفته است.
- دسته درزه دیگری که در روش قدیمی معرفی شده است، به دلیل نوع پرشدگی‌های متفاوت، در روش نوین به عنوان دسته درزه شناخته نشده و اعضای آن در رده‌های دیگر بر حسب نوع پرشدگی و اندازه شیب و جهت شیب قرار گرفته است.
- محاسبه همبستگی شیب و جهت شیب اعضای هر دسته درزه با توجه به همگن بودن تقریبی محیط، بیانگر آن است که دسته درزه ۱ همبستگی مناسب، دسته درزه ۲ همبستگی نامناسب و دسته درزه‌های ۳ و ۴ همبستگی بسیار مناسب دارند که براین اساس می‌توان منحنی همبستگی (رگرسیون) بین اعضای هر رده را رسم کرد.
- رسم منحنی‌های رگرسیون اعضای هر دسته درزه و مقایسه آنها با یکدیگر بیانگر آن مطلب است که هنگامی که جهت شیب درزه‌های بدون پرشدگی به سمت شمال تغییر می‌کند، مقدار شیب آنها نیز به سمت ۹۰ درجه (شیب قائم) میل می‌کند. این موضوع می‌تواند کلیدی برای تعیین تانسور تنش‌های برجا و همچنین از جمله عوامل ناپایداری دیواره‌ها در این معادن باشد.
- منحنی رگرسیون رسم شده نشان می‌دهد که چنانچه کارگاه‌های استخراجی با دیواره‌های رو به شمال باز شود، احتمال شکل‌گیری درزه‌های کششی جوان با شیب قائم و به دنبال آن ناپایداری پله‌ها و ایجاد پدیده پوسته‌شدگی در پاشنه پله وجود دارد.

با توجه به مطالب عنوان شده و نتایج حاصل، مشخص می‌شود با منظور کردن یکی از متغیرهای نوع پرشدگی، طول درزه و حتی ویژگی‌های سطح درزه، می‌توان رده‌بندی و توصیف جامع‌تری از درزه‌های یک محدوده ارائه کرد. گذشته از آن، اگرچه در این نوشتار با توجه به شرایط محیطی از ۳ ویژگی شیب، جهت شیب و نوع پرشدگی استفاده شد، اما می‌توان در صورت لزوم از ویژگی‌های دیگر درزه همراه با شیب و جهت شیب استفاده کرد که هریک از آنها می‌توانند ورودی مناسبی برای پردازش و تحلیل‌های بعدی همچون تحلیل پایداری شیب، تحلیل شکستگی‌های مخازن نفتی و حتی تشخیص و پیش‌بینی رگه‌های کانی‌سازی در مطالعات باشند. همچنین اگرچه در معدن سنگ چینی نی‌ریز تنها به چهار نوع پرشدگی اشاره شده است، اما مسلماً در مناطق دیگر، نوع پرشدگی‌ها ممکن است متفاوت باشد که در این صورت می‌توان از روش‌های پیشنهادی و جدول ۱ برای استانداردسازی استفاده کرد. حتی در صورتی که بتوان یک محیط ۴ متغیره در نرم‌افزارهای تخصصی برنامه‌ریزی کرد، مسلماً دسته‌بندی و توصیف درزه‌ها با دقت بیشتری انجام خواهد شد که منجر به تحلیل دقیق‌تر می‌شود.

سپاسگزاری

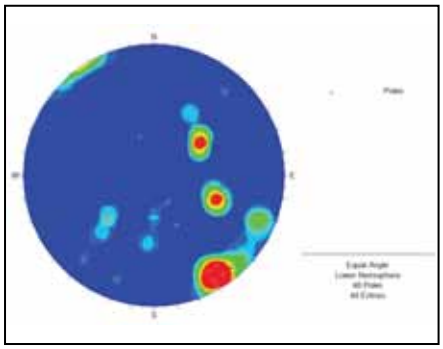
در پایان، نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از آقای مهندس فراشباشی مدیر عامل محترم شرکت مجتمع سنگ چینی نی‌ریز و همکاران ایشان، به‌ویژه آقایان مهندس مشرفی‌نژاد و مهندس اسدی که نهایت همکاری را در انجام این پژوهش به عمل آورده‌اند، سپاسگزاری کنند.



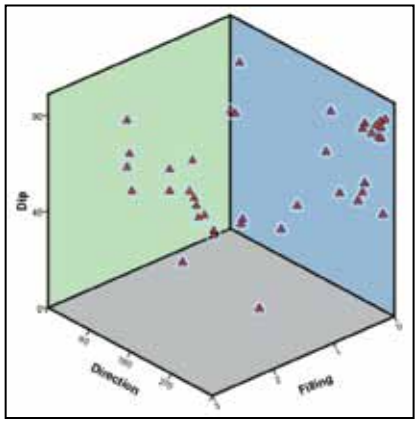
شکل ۱- الف) موقعیت معدن سنگ چینی نی‌ریز بر روی نقشه ایران و ب) نمایی از واحدهای سنگی افیولیتی و سنگ چینی در کارگاه‌های استخراجی (دید به سمت جنوب) - oph: سنگ‌های واحد افیولیتی نی‌ریز با سن کرتاسه منسوب به افیولیت‌های نی‌ریز (آقانباتی، ۱۳۸۵) - Mar: سنگ‌های مرمر و کلسیتی موسوم به سنگ چینی که با سیم برش جدا و استخراج می‌شوند.

www.SID.ir

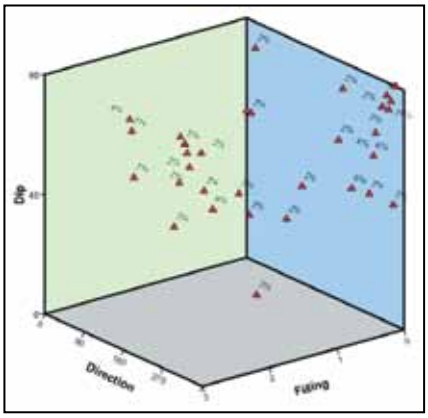
Archive of SID



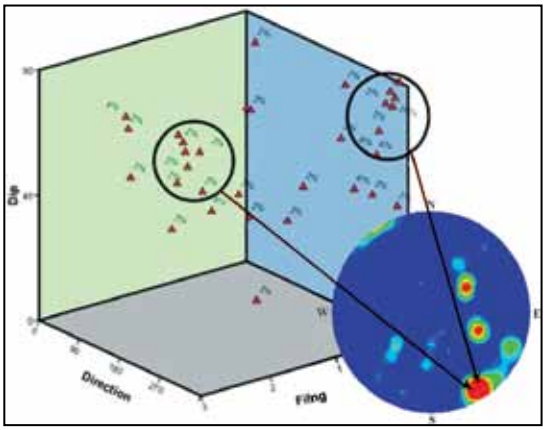
شکل۲- تراکم نقاط قطبی درزه‌های برداشت شده در استریونت



شکل۳- تراکم درزه‌های برداشت شده براساس ویژگی‌های شیب، جهت شیب و نوع پرشدگی در نرم‌افزار SPSS

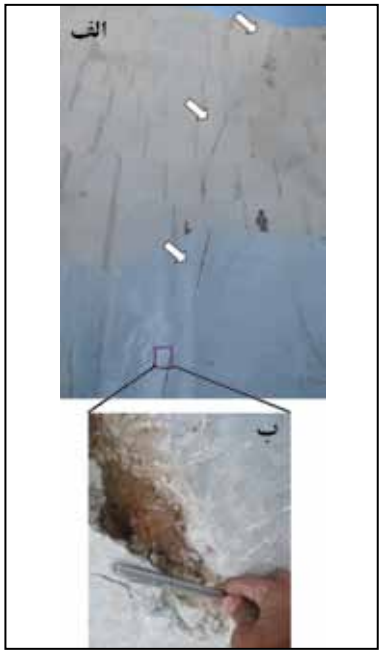


شکل ۴- تراکم درزه‌های برداشت شده بر اساس ویژگی‌های شیب، جهت شیب و نوع پرشدگی با درصد تراکم آنها در هر نقطه.

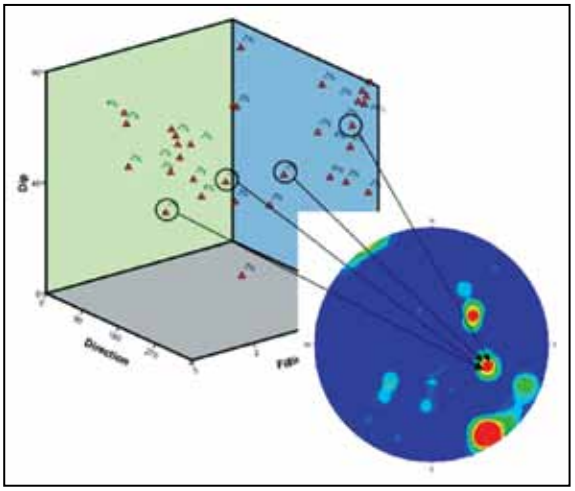


شکل۵- موقعیت درزه‌هایی که در روش سنتی، بی‌هنجاری ۱ را روی استریونت نشان داده‌اند و جانمایی آنها در روش نوین؛ برخی از درزه‌ها با شیب و جهت شیب یکسان و یا نزدیک دارای پرشدگی اکسید آهن و برخی بدون پرشدگی هستند.

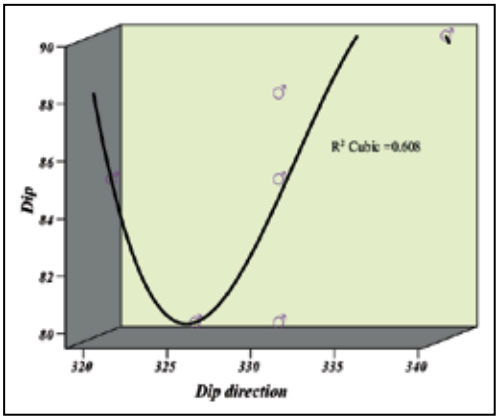
شکل ۶- نمایی از دسته درزه ۱ در روش نوین با بازشدگی و بدون پرشدگی در دیواره معدن. بررسی‌ها نشان می‌دهد این درزه‌ها جوان و در حال گسترش هستند.



شکل ۷- الف) نمایی از خط اثر درزه ۲ (در روش نوین) بر روی پله‌های استخراجی معدن، ب) نمایی نزدیک از پرشدگی اکسید آهن در این شکستگی.



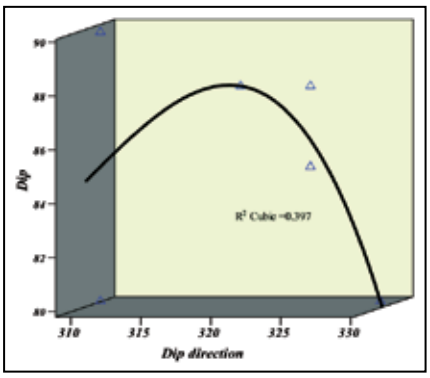
شکل ۸- موقعیت درزه‌هایی که در روش سنتی ایجاد بی‌هنجاری ۲ را می‌نمایند و موقعیت آنها در رده‌بندی به روش نوین



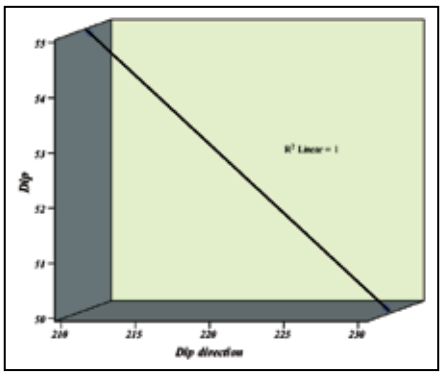
شکل ۹- واریوگرام ترسیمی در نرم‌افزار SPSS برای دسته درزه ۱ شناسایی شده در روش نوین

www.SID.ir

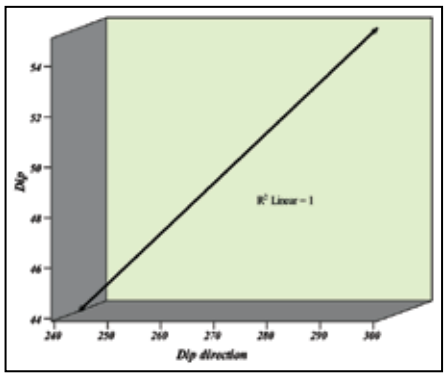
Archive of SID



شکل ۱۰- واریوگرام ترسیمی در نرم‌افزار SPSS برای دسته درزه ۲ شناسایی شده در روش نوین



شکل ۱۱- واریوگرام ترسیمی در نرم‌افزار SPSS برای دسته درزه ۳ شناسایی شده در روش نوین



شکل ۱۲- واریوگرام ترسیمی در نرم‌افزار SPSS برای دسته درزه ۴ شناسایی شده در روش نوین

جدول ۱- کدگذاری پیشنهادی برخی از پرکننده درزه‌ها در روش نوین

توضیحات	کد	توضیحات	کد
کانی‌های ثانویه	۶	تمیز	۱
کانی‌های اکسیده	۷	زنگ‌زدگی سطحی	۲
کانی‌های آهکی	۸	مواد بدون چسبندگی	۳
کانی‌های سیلیسی شده	۹	رس فعال یا خمیره رسی	۴
دیگر موارد	۱۰	مصالح سیمان شده	۵

جدول ۲- ویژگی‌های شیب و جهت شیب درزه‌های شناسایی شده با روش تراکم نقاط قطبی

جهت شیب	شیب	دسته درزه
۳۳۰	۸۵	۱
۲۳۰	۵۰	۲
۲۹۰	۵۰	۳

جدول ۳- کدگذاری شاخص‌های کیفی نوع پرشدگی

کد عددی	نوع (جنس) پر شدگی
۰	بدون پرشدگی
۱	کلسیت
۲	برش
۳	اکسیدآهن

جدول ۴- ویژگی‌های شیب، جهت شیب و نوع پرشدگی درزه‌های شناسایی با روش نوین

نوع پرشدگی	جهت شیب	شیب	دسته درزه
بدون پرشدگی	۳۲۰-۳۴۰	۸۰-۹۰	۱
اکسیدآهن	۳۱۰-۳۳۰	۸۰-۹۰	۲
برش	۲۱۰-۲۳۰	۵۰-۵۵	۳
بدون پرشدگی	۲۴۰-۲۹۵	۴۴-۵۵	۴

جدول ۵- همبستگی محاسبه شده برای هر دسته درزه در روش نوین

Covariance	نوع پرشدگی	جهت شیب	شیب	دسته درزه
0.7	بدون پرشدگی	۳۲۰-۳۴۰	۸۰-۹۰	۱
-0.2	اکسیدآهن	۳۱۰-۳۳۰	۸۰-۹۰	۲
-0.97	برش	۲۱۰-۲۳۰	۵۰-۵۵	۳
0.98	بدون پرشدگی	۲۴۰-۲۹۵	۴۴-۵۵	۴

کتابنگاری

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۵- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۶۱۰.

تخم‌چی، ب.، معماریان، ح.، مشیری، ب. و احمدی، ح.، ۱۳۸۸- منطق جدید در رده‌بندی دسته‌درزه‌ها به روش شبکه عصبی MLP و بررسی عدم قطعیت در شبکه عصبی، فصلنامه زمین دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، سال چهارم، بهار ۱۳۸۸.

نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نی‌ریز، ۱۳۷۵- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

Barton, N. R., 1974- A Review of the Shear Strength of Filled Discontinuities in Rock. Norwegian Geotechnical Institute, Pub. No. 105.

Haller, D. & Hamon, G., 1993- Meillon-Saint Faust gas field, Aquitaine basin; Structural re-evaluation aids understanding of water invasion. In Parker, J. R. (ed.) Petroleum Geology of NW Europe, Proceedings of the 4th conference. Geological Society, London, 1519-1526.

Memarian, H. & Fergusson, C. L., 2003- Multiple fracture sets in the southeastern Permian-Triassic Sydney basin, New South Wales, Australian Journal of Earth Sciences, Vol.50, and PP.49-61.

Trollope, D. H., 1980- The Vaiont slope failure. Rock Mechanics, 13(2), 71–88.

Wyllie, D. C. & Mah, C. W., 2005- Rock slope engineering: civil and mining, 4th edit, Taylor & Francis e-Library, ISBN 0-203-49908-5.

www.SID.ir

Archive of SID

Joint Sets Classification by 3-Parameters, Case Study: Neyriz Marble Mine (Fars Province, Iran)

M. Maghsoudi [1*], F. Rafia [2] & M. Ghorashi [3]

[1] Ph.D. Student, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran.
[2] M.Sc., Kavoshgaran Consulting Engineers, Tehran, Iran.
[3] Associate Professor, Islamic Azad University, North Tehran Branch; Research Institute of Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

Received: 2010 August 30 Accepted: 2011 April 17

Abstract

Classification of discontinuities and fractures in rock plays an important role in study and problem solving in geosciences fields, especially in Engineering Geology and Rock Mechanics. Nowadays, joints are classified on the basis of two geometrical parameters of dip and dip direction, presented on stereonets. It is clear that the behavior of discontinuities cannot be thoroughly presented by these parameters in solving such related problems, as stability of geotechnical structures like rock slopes and tunnels. The present paper deals with the results of a research within which a new method of joint classification by 3 parameters has developed. This is done in 3D environment software, utilizing Matlab and SPSS softwares as supporting programs. Two employed parameters are conventional dip and dip direction, while the third parameter can be one of other joint characteristics such as infilling, length, aperture and so on. In order to check the validity of the method, it was applied in one of the Neyriz Marble quarries, where rock mass contains well defined and clear joints. In this research, the type of infilling of joints has been taken into account as the third parameter, and the results were compared to the traditional 2-parameters classification. This revealed that one joint system defined on stereonets, in new 3-parameter classification, is distinguished as two separate joint systems regarding their type of infilling, namely, iron oxides and non-filling. Field investigation shows the joint system with no infilling is contributing in instability of rock walls and also occurrence of spalling phenomenon in toes of some benches. Utilizing SPSS software, a regression analysis has been performed for each set of joint data, and it is shown that a better correlation factor exists between the values in the new 3D classification. It also shows that the more non-filling joints extend northward, their dips tends to 90°, and this can be a key in slope stability studies, as well as in mining design and planning.

Keyswords: Joint Set, Neyriz Marble quarries, Classification of Joint, Discontinuity infilling

For Persian Version see pages 59 to 64

*Corresponding author: M. Maghsoudi; E- mail: mmaghsoudi@kavoshgaran-mine.com

www.SID.ir