

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

میثم مقصودی^۱، فرزانه رفیعا^۲ و منوچهر قرشی^۳

^۱دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

^۲کارشناس ارشد، شرکت مهندسی مشاور کاوشگران، تهران، ایران.

^۳دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال؛ پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۱/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۰۸

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 نیز 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

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 درزه‌های با پرشدگی رسی در مقایسه با درزه‌های 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 کم‌تراوایی 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 این که 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 صحرائی 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

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 گل‌سرخ و شبکه استریونت است. در نمودارهای گل‌سرخ، 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 گل‌سرخ شکل می‌گیرد. نمودار گل‌سرخ تک متغیری است و اطلاعاتی از شیب درزه‌ها به دست نمی‌دهد، مگر این که 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 به دست آمده، تعداد و ویژگی‌های دسته درزه‌ها را مشخص می‌کند.

در روش‌های بالا، از یک ویژگی درزه (امتداد یا جهت شیب در نمودار گل‌سرخ)، 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

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 جادهد، 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 ایستایی 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 (۳ ویژگی) باید استانداردسازی شوند. منظور از استانداردسازی فعالیتی است که در آن ویژگی‌های مختلف داده‌ها در صورت نیاز کمی 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 داد. بنابراین در این روش دسته درزه‌هایی تفکیک می‌شوند که دارای ۳ ویژگی

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 این‌رو 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 استروپونت 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 دست کم 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 اعضا بررسی و با یکدیگر مقایسه شوند، به طور قطع رده‌بندی دقیق‌تری انجام خواهد شد و اعضای که در یک رده یا گروه قرار می‌گیرند شابهت بیشتری به هم دارند. در رده‌بندی معمولاً به دنبال یافتن یک چارچوب خواهیم بود که بر اساس اطلاعات اعضا، 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 ویژگی‌های اعضا 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

در رده بندی توده سنگ ها هستند، در فعالیت های میدانی برداشت شد، اما مطالعات مقدماتی نشان داد عواملی مانند طول، باز شدگی و دیگر ویژگی ها نقش چندانی در ناپایداری دیواره ها ندارد و مهم ترین عامل، نوع پرشدگی درزه ها 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 رده بندی مورد استفاده قرار گرفته است.

از آنجا که ویژگی های شیب و جهت شیب داده های کمی و ویژگی های مانند نوع پرشدگی و مقدار پرشدگی داده هایی کیفی هستند، در ابتدا داده های کیفی به داده های کمی (استانداردسازی) تبدیل شد (جدول ۳). بر این اساس، درزه ها با توجه به نوع پرشدگی و درزه های فاقد پرشدگی به ۴ دسته تقسیم شد. اگرچه در این تقسیم بندی تنها ۴ نوع پرشدگی در نظر گرفته شد، چرا که در معدن سنگ چینی نی ریز که به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است، تنها این چهار پرشدگی در درزه ها دیده شده اند، اما نرم افزار و روش طراحی شده قادر خواهد بود پرشدگی های دیگر همچون رس، سیلت و... را نیز در رده بندی منظور کند.

پردازش داده های کمی شده در نرم افزارهای 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.

همان گونه که در شکل ۳ مشخص است، به دلیل سه بعدی بودن محیط آماری، تشخیص دسته درزه ها مشکل است. افزون بر این درزه هایی که دارای ویژگی های کاملاً یکسان بودند، تنها به عنوان یک نقطه در محیط ظاهر می شدند و از تراکم درزه ها اطلاعی به دست نمی آمد.

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، نشان دهنده تمرکز درزه ها در آن بخش است. در نمودار شکل ۴ نقاط با فراوانی ۲ درصد، به معنی ۱ درزه و نقاط با فراوانی ۱۰ درصد نشان دهنده ۵ درزه با ویژگی های کاملاً مشابه هستند که بر روی یکدیگر قرار گرفته اند. بر این اساس، می توان ۴ دسته درزه را شناسایی کرد. ویژگی های دسته درزه های شناسایی شده در روش نوین در جدول ۳ ارائه شده است. با این روش حتی می توان درزه های تصادفی که در محیط ایجاد شده اند را شناسایی و از درزه های سیستماتیک شکل گرفته جدا کرد.

– مقایسه دسته درزه ها در روش سنتی و روش نوین: پس از مشخص شدن دسته درزه ها با روش های سنتی و نوین، این دسته درزه ها 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، به گونه ای 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 فعالیت های صحرایی برای بررسی دیواره نتایج به دست آمده مشخص شد، درزه ۱ که بدون پرشدگی است، جوان بوده و بر اثر تنش های برجا در منطقه شکل گرفته و در حال گسترش است و همین دسته درزه است که سبب ناپایداری موضعی دیواره ها در معدن می شود (شکل ۶) اما درزه ۲ که با اکسید آهن پر شده است، پایدار بوده و ناپایداری در سطح آن دیده نشده است (شکل ۷). از سوی دیگر درزه ۱ از نوع کششی و درزه ۲ درزه ای قلیمی 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 بی هنجاری در استریوت شده است، وجود ۴ درزه با پرشدگی های کاملاً متفاوت است و این تفاوت در روش نوین به خوبی بازتاب یافته و در این رده بندی به عنوان یک دسته درزه، مشخص نشده است (شکل ۸).

– همبستگی و رگرسیون دسته درزه ها: پس از مشخص شدن دسته درزه ها در روش نوین، پراکنش آنها بررسی و تحلیل شد. از آنجا که درزه ها همگی از توده سنگ های

یکسان و یا نزدیک به هم خواهند بود و رفتار آنها با میدان های تنش یکسان خواهد بود. در رده بندی نوین درزه هایی 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، رده هایی تعریف خواهند شد که درزه های دارای ویژگی های یکسان و یا شبیه به هم در آن رده جای دارند. با ورود عضو جدید به این مجموعه نیز می توان آن را در رده مناسبی قرار داد که ویژگی های آن عضو را در بر می گیرد.

آنچه در بالا گفته شد منطبق تقسیم بندی به روش نوین است، حال به منظور کاربردی کردن بحث و با توجه به شرایط، از ویژگی های شیب، جهت شیب و نوع پرشدگی؛ و برای جمع آوری داده ها از معدن سنگ چینی نی ریز به عنوان یک محیط طبیعی استفاده شده است. هدف از این مطالعات آماری در این معدن شناسایی دسته درزه ها و شکستگی هایی است که سبب ناپایداری دیواره ها شده اند. در پایان نیز سعی شده با استفاده از نرم افزار SPSS خط برازش و رگرسیون رده ها 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 باز شدگی و حتی زبری درزه نیز می تواند در این رده بندی استفاده شود.

۳- مطالعه موردی

۳-۱- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی عمومی معدن سنگ چینی نی ریز

معدن سنگ چینی حوزه شهرستان نی ریز متعلق به شرکت مجتمع معادن سنگ چینی نی ریز، از مراکز مهم اقتصادی استان فارس به شمار می رود. استخراج و بهره برداری از این معدن که در حدود ۳۶ کیلومتری شمال باختر شهر نی ریز فارس قرار دارند، به طور عمده در سه منطقه موسوم به قلعه بهمن، تنگ حنا و چاه سوار آغا متمرکز است (شکل ۱). از دیدگاه زمین شناسی این محدوده در زیر پهنه افیولیتی نی ریز قرار گرفته و شامل واحدهای افیولیتی و سنگ چینی (سنگ مرمرهایی همراه با کانی مافیک) است. در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نی ریز (۱۳۷۵)، سنگ های معدن سنگ چینی را سنگ مرمرهای توده ای تا اسکارنی متعلق به اوایل کرتاسه بالایی می دانند (شکل ۱). بر اثر تنش های دیرین و برجا شکستگی هایی در محدوده شکل گرفته است که حتی برخی از این شکستگی ها ناپایداری های موضعی را سبب شده اند. هدف از این مطالعات ابتدا رده بندی درزه ها با روش نوین است و سپس شناسایی دسته درزه هایی که این ناپایداری ها را سبب شده اند.

– مطالعات میکروتکتونیکی و برداشت درزه ها: به منظور انجام فعالیت های میدانی و برداشت ویژگی های درزه ها، از روش نیم رخ خطی در امتداد پله های معدن استفاده شد. به این ترتیب ویژگی های درزه ها 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 استریوت و تراکم نقاط قطبی: پس از برداشت ویژگی های درزه ها، در فعالیت های دفتری با استفاده از ویژگی های شیب و جهت شیب آنها در نرم افزار Dips5 و با استفاده از روش تراکم نقاط قطبی، ویژگی های شیب و جهت شیب دسته درزه ها مشخص شد (شکل ۲). بر این اساس ۳ دسته درزه با ویژگی های درج شده در جدول ۲ شناسایی شدند.

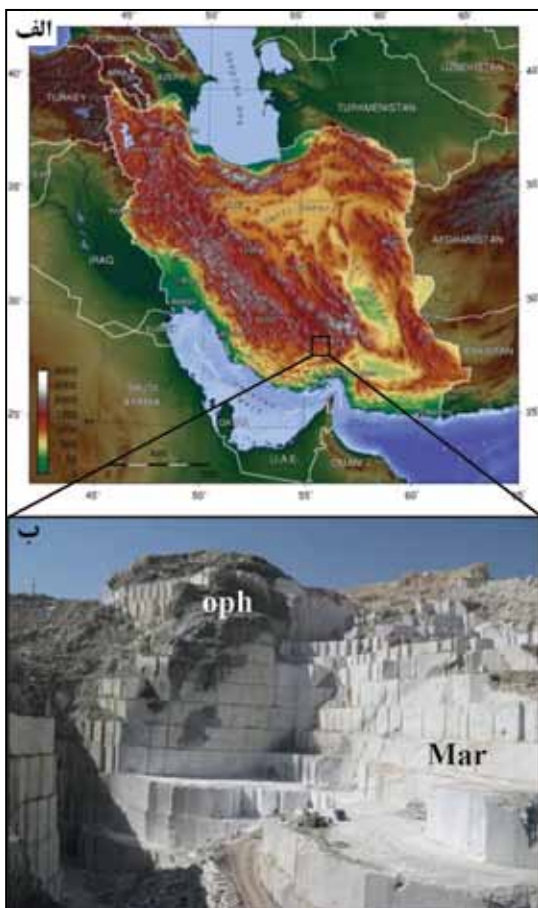
– تعیین دسته درزه در روش نوین: به منظور تعیین دسته درزه در روش نوین، فعالیت ها باید در محیط سه بعدی انجام می گرفت. همان گونه که گفته شد برای ایجاد یک محیط ۳ متغیره از نرم افزارهای Matlab و همچنین SPSS Statistic 17.0 استفاده شد.

بررسی های اولیه در این معدن نشان داده که نوع پرشدگی همراه با هندسه شکستگی ها عوامل بسیار مهمی هستند که بر پایداری دیواره ها نقش دارند، زیرا با توجه به نوع سنگ های دیواره که بیشتر سنگ چینی هستند، تفاوت در نوع پرشدگی سبب تفاوت در مقاومت برشی شکستگی ها خواهد شد و عاملی است که ریزش ها را کنترل می کند. از سوی دیگر، طول درزه و مقدار باز شدگی نیز که از عوامل مهم

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 هر یک 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.

سیاسگزاری

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 (آقاناتی، ۱۳۸۵) - Mar: سنگ‌های مرمر و کلسیتی موسوم به سنگ چینی که با سیم برش جدا و استخراج می‌شوند.

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

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

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 هر چه 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

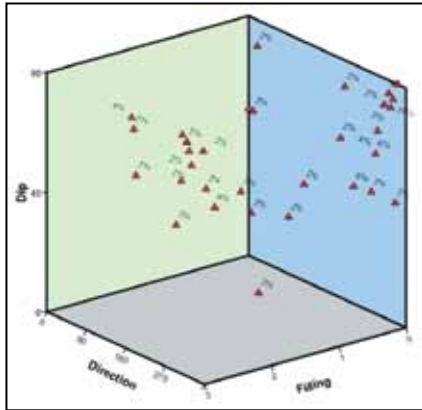
با وجود آن که در بررسی و مطالعه‌های مهندسی معمولاً نزدیک به ۱۰ ویژگی درزه‌ها در صحرا برداشت می‌شود، اما بیشتر از دو ویژگی (شیب و جهت شیب) در رده‌بندی و معرفی دسته درزه‌ها استفاده نمی‌شود. در استفاده از استریونت (روش سنتی) معمولاً ویژگی‌های یک درزه به عنوان نماینده دسته درزه مشخص می‌شود که مسلماً تنها 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 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.

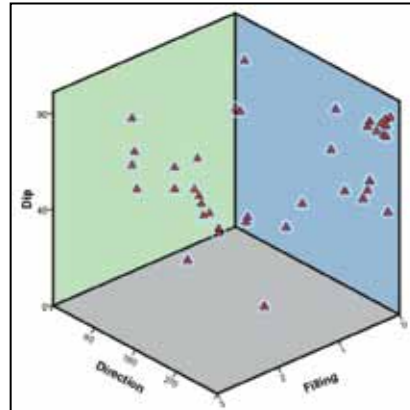
- دسته درزه دیگری که در روش قدیمی معرفی شده است، به دلیل نوع پرشدگی‌های متفاوت، در روش نوین به عنوان دسته درزه شناخته نشده و اعضای آن در رده‌های دیگر بر حسب نوع پرشدگی و اندازه شیب و جهت شیب قرار گرفته است.

- 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 تانوسور تنش‌های برجا و همچنین از جمله عوامل ناپایداری دیواره‌ها در این معادن باشد.

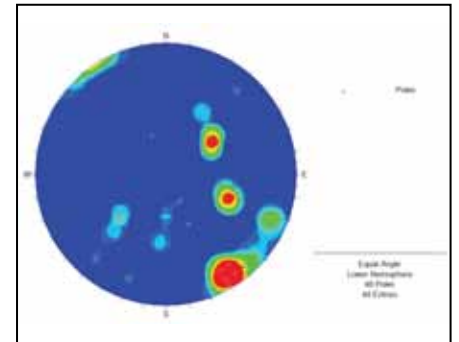
- منحنی رگرسیون رسم شده نشان می‌دهد که چنانچه کارگاه‌های استخراجی با دیواره‌های رو به شمال باز شود، احتمال شکل‌گیری درزه‌های کششی جوان با شیب قائم و به دنبال آن ناپایداری پله‌ها و ایجاد پدیده پوسته‌شدگی در پاشنه پله وجود دارد. با توجه به مطالب عنوان شده و نتایج حاصل، مشخص می‌شود با منظور کردن یکی از



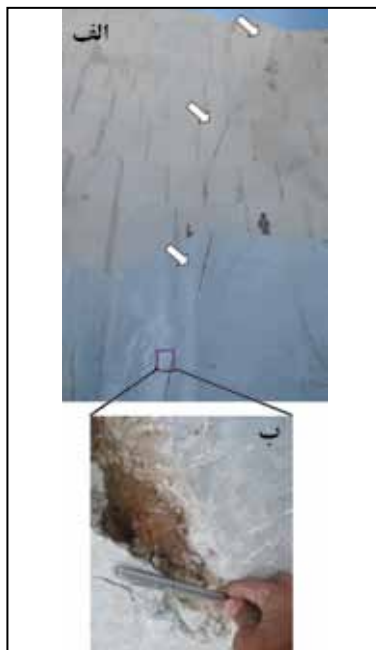
شکل ۴- تراکم درزه‌های برداشت شده بر اساس ویژگی‌های شیب، جهت شیب و نوع پرشدگی با درصد تراکم آنها در هر نقطه.



شکل ۳- تراکم درزه‌های برداشت شده بر اساس ویژگی‌های شیب، جهت شیب و نوع پرشدگی در نرم‌افزار SPSS



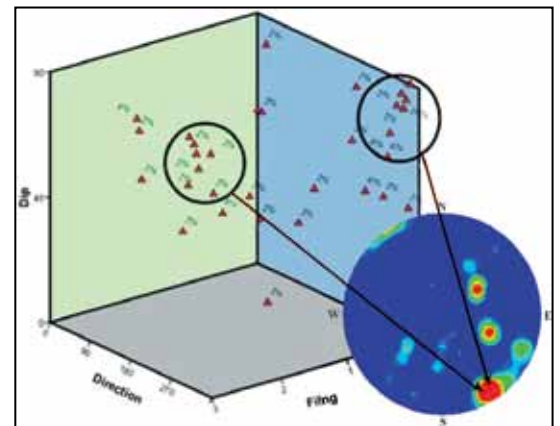
شکل ۲- تراکم نقاط قطبی درزه‌های برداشت شده در استریونت



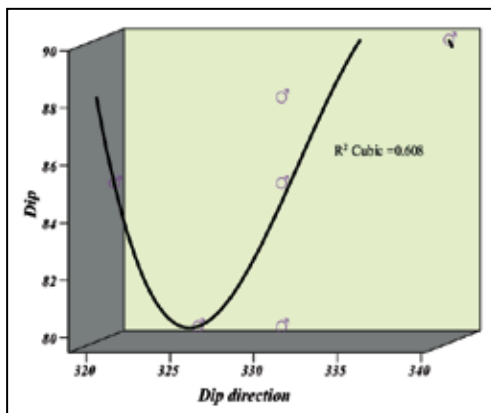
شکل ۷- الف) نمایی از خط اثر درزه ۲ (در روش نوین) بر روی پله‌های استخراجی معدن، ب) نمایی نزدیک از پرشدگی اکسید آهن در این شکستگی.



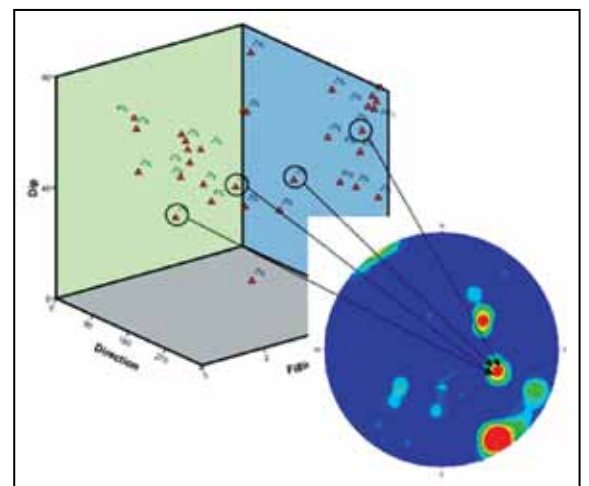
شکل ۶- نمایی از دسته درزه ۱ در روش نوین با بازشدگی و بدون پرشدگی در دیواره معدن. بررسی‌ها نشان می‌دهد این درزه‌ها جوان و در حال گسترش هستند.



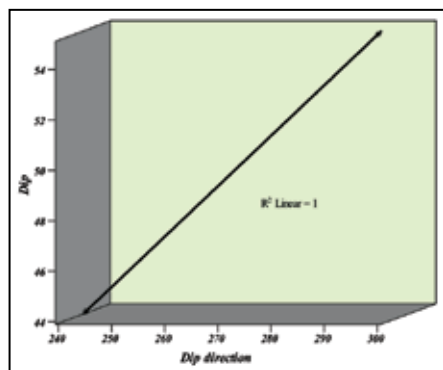
شکل ۵- موقعیت درزه‌هایی که در روش سنتی، بی‌هنجاری ۱ را روی استریونت نشان داده‌اند و جانمایی آنها در روش نوین؛ برخی از درزه‌ها با شیب و جهت شیب یکسان و یا نزدیک دارای پرشدگی اکسید آهن و برخی بدون پرشدگی هستند.



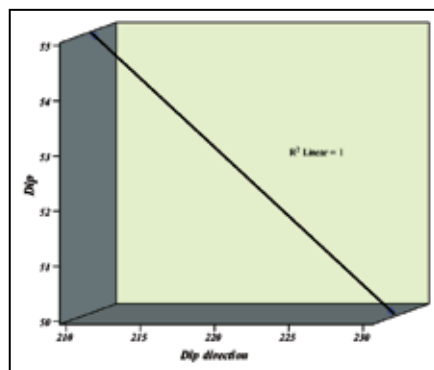
شکل ۹- واریوگرام ترسیمی در نرم‌افزار SPSS برای دسته درزه ۱ شناسایی شده در روش نوین



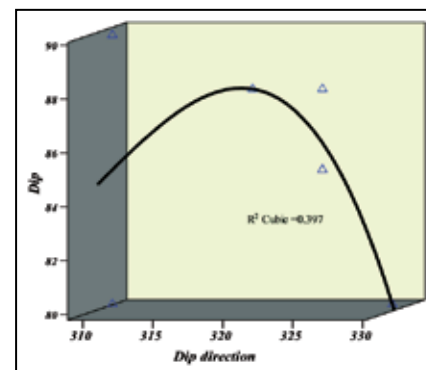
شکل ۸- موقعیت درزه‌هایی که در روش سنتی ایجاد بی‌هنجاری ۲ را می‌نمایند و موقعیت آنها در رده‌بندی به روش نوین



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



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



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

جدول ۳- کدگذاری شاخص‌های کیفی نوع پرشدگی

نوع (جنس) پرشدگی	کد عددی
بدون پرشدگی	۰
کلسیت	۱
برش	۲
اکسید آهن	۳

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

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

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

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

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

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

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

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

کتابنگاری

- آفانباتی، ع.، ۱۳۸۵- زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی 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 زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نیریز، ۱۳۷۵- سازمان زمین شناسی 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.