

تأثیر درزه‌ها بر روی طراحی پله‌های استخراجی در معدن گرانیت دیوچال کلاردشت

رضا الوان دارستانی^۱، پیمان افضل^۲، عباس پرورش^۳، کامران گشتاسبی^۴، داریوش کاوه آهانگران^۵

۱- دارای مدرک کارشناسی ارشد استخراج معدن، کارشناس شرکت نوین معدن، reza_alvan@yahoo.co.uk

۲- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دارای مدرک کارشناسی ارشد اکتشاف معدن،

peymanafzal@yahoo.com

۳- استادیار گروه مهندسی معدن، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

۴- استادیار بخش مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس

۵- عضو هیات علمی گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

چکیده

از مهمترین پارامترها در اکتشاف، طراحی و ایمنی معادن سنگ تزئینی پارامترهای ژئومکانیکی می‌باشند. در این میان نقش شکستگی‌ها به‌خصوص نقش درزه‌ها بسیار حایز اهمیت می‌باشد، زیرا اینها می‌توانند به صورت عوامل مثبت، در صورت مطالعه بر روی آنها، و منفی، در صورت عدم مطالعه بر روی آنها، در این معادن عمل نمایند. در این نوشتار سعی شده‌است که با انجام درزه‌برداری از ۱۱ ایستگاه در معدن گرانیت دیوچال در کلاردشت و بررسی پارامترهای حاصل از آن مناسبترین ابعاد برای پله‌های استخراجی این معدن بدست آید. نخست در مورد درزه‌ها در معدن موردنظر صحبت شده و پارامترهای مختلف درزه‌داری در این معدن مورد بررسی‌های آماری قرار گرفته‌اند. همچنین با ترسیم استرویونت و نمودارهای گل‌سرخ این امر مشخص شد که سه دسته‌دازه اصلی در این معدن وجود دارد که یکی از آنها عمود بر شیب توپوگرافی منطقه معدنی عمل نموده و می‌تواند به عنوان یک عامل مثبت در طراحی پله‌های استخراجی در این معدن عمل نماید. در نهایت بر اساس مطالعات صورت گرفته و با استفاده از دسته درزه مزبور ارتفاع و عرض پله‌های استخراجی و بهترین جهت استخراج در این معدن مورد محاسبه قرار گرفته‌اند.

کلمات کلیدی: گرانیت، دیوچال، درزه، پله‌های استخراجی، کلاردشت

Joins Effects On Excavation Benches Designing In Divchal Granite Mine, Kelardasht

R. Alvan Darestani, P. Afzal, A. Parvaresh, K. Goshtasbi, D. Kaveh Ahangaran

Abstract

One of important parameters about exploration and exploitation methods for dimensional stones are geomechanical parameters. Among these parameters joints are very important because there are positive or negative issues are occurred in dimensional stones mines. In this research study, held investigations were carried at Divchal granite mine in Kelardasht. First, joints and their parameters were collected from 11 stations. Rose diagrams and stereonet showed that there are three joint sets in the area from which the second joint set can be used to design the quarrying bench geometry in the mine. Finally the joint sets were used to design the mine benches especially for determining their heights and widths.

Keywords: Joint, Granite, Divchal, Kelardasht, Quarrying benches

۱- مقدمه

استفاده روزافزون از سنگهای ساختمانی باعث رشد سریع روشهای استخراج و بهره برداری از معادن این نوع سنگها گردیده است. کشور ما نیز از جمله کشورهایی است که در زمینه معادن سنگهای ساختمانی دارای قابلیت های فراوانی می باشد. ذخیره برآوردشده سنگهای ساختمانی و تزئینی کشور حدود ۱/۱ میلیارد تن و ذخیره قطعی آن نیز ۵۶۲ میلیون تن می باشد. در کشور طبق آخرین آمار ۵۳۲ معدن در زمینه استخراج سنگهای تزئینی فعال می باشند [۲]، [۱]. در زمینه تولید گرانیت متاسفانه کشور ما حتی جزء لیست ده کشور برتر جهان نیز حضور ندارد. در حال حاضر هندوستان با ۶۲۰۰ تن صادرات سالانه و ۲۰۰ میلیون دلار سود، رتبه اول را در این بخش بدست آورده است. این در حالی است که ایران در سال ۲۰۰۰ میلادی فقط با تولید ۶۳۰۰۰۰ تن گرانیت به ارزش نیم میلیون دلار سهم بسیار ناچیزی از تجارت هفتصدوهشتاد و پنج میلیون دلاری گرانیت جهان را دارا بوده است [۳]. دلیل عمده این مساله پایین بودن سطح دانش تئوری و فنی در بخش سنگ تزئینی و استفاده از روشهای سنتی برای بهره برداری از معادن سنگهای تزئینی به خصوص گرانیت می باشد.

یکی از مهمترین عوامل که باید در زمینه طراحی پله های استخراجی و آتشیاری در این معادن مورد توجه قرار گیرد، موقعیت زمین ساختاری و ژئومکانیکی منطقه می باشد. شناخت و مدل سازی صحیح تکتونیکی منطقه می تواند عامل مهمی در طراحی جهت بهبود طراحی استخراج این معادن مد نظر قرار گیرد. یکی از مهمترین این پارامترها درزه ها می باشند. در صورتی که در معادن سنگهای تزئینی مطالعه مناسب بر روی درزه ها صورت نگیرد، اینها می توانند مسبب خسارتهای جانی و مالی در مقیاس وسیع در این معادن باشند [۱]. ولی در صورت مطالعه بر روی درزه های منطقه مورد نظر می توان طراحی معدن را به صورتی انجام داد که علاوه بر جلوگیری از خسارتهای در شرایطی بر اثر مورفولوژی و امتداد و جهت شیب درزه ها از آنها می توان به عنوان عاملی در جهت بهبود طراحی استخراجی معادن سنگ تزئینی به خصوص گرانیت استفاده نمود.

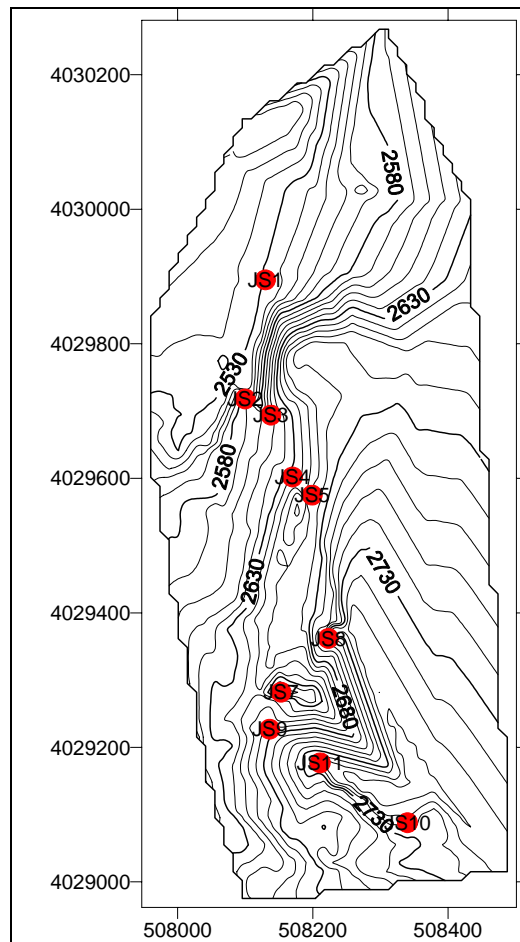
۲- مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه کلاردشت در غرب استان مازندران و در حوضه شهرستان چالوس واقع گردیده است و با مرز آباد ۳۵ کیلومتر، با چالوس ۶۰ کیلومتر و با تهران حدود ۲۰۰ کیلومتر فاصله دارد. معادن سنگ ساختمانی منطقه در قسمت جنوب غربی دشت کلاردشت و در قسمت شمال شرقی سلسله ارتفاعات علم کوه و تخت سلیمان در طول جغرافیایی 51° تا $51^{\circ}10'$ و عرض جغرافیایی $36^{\circ}20'$ تا $36^{\circ}30'$ قرار دارد و منطقه وسیعی به مساحت حدود ۶۰۰ کیلومتر مربع را شامل می شود. معادن سنگ ساختمانی منطقه کلاردشت با دارا بودن ذخایر عظیم مرمریت، چینی و گرانیت یکی از منابع قابل توجه این مواد معدنی محسوب می گردد. قسمت بزرگ ذخایر قابل برداشت سنگهای ساختمانی منطقه را سنگهای آذرین تشکیل می دهد و قسمتی هم شامل سنگهای دگرگونی می باشند که در اثر نفوذ این توده های آذرین تغییر شکل یافته اند [۵]. معدن گرانیت دیو چالدر جنوب غربی کلاردشت و در جنوب شرقی توده نفوذی اکاپل قرار دارد. ارتفاع متوسط این معدن از سطح دریای آزاد بین ۲۵۰۰ تا ۲۷۰۰ متر می باشد. سنگ این معدن به نام گرانیت رزه یا صورتی معروف گردیده است و دارای زیبایی خاصی می باشد. ذخیره احتمالی این معدن حدود ۴۵۵ میلیون تن و میزان باطله برداری جهت آماده سازی پله ها، حدود ۱۵۷ هزار تن برآورد شده است. روش استخراج معدن پلکانی روباز با ترکیبی از روش های آتشیاری و نیز پارس گوه می باشد. قواره نمودن سنگ نیز به کمک روش پارس گوه و یا با استفاده از کتراک صورت می پذیرد [۵].

۳- روش پژوهش

مطالعات آماری در هر منطقه بر روی شکستگی های موجود به خصوص درزه ها، تنها راه مطمئن شناخت روند تکتونیکی منطقه می باشد. فراوانی ناپیوستگی ها یکی از معیارهای اساسی درجه خردشدگی توده سنگ می باشد. جهت انجام این مطالعات در معدن گرانیت دیوچال کلاردشت، تعداد ۱۱ ایستگاه برداشت درزه در محدوده معدن انتخاب گردیده است. انتخاب این نقاط به صورتی بوده که تقریباً تمامی درزه های منطقه را تحت پوشش خود قرار دهد. برداشت درزه ها به روش پنجره ای شعاعی در ۱۱ ایستگاه انجام شده و در هر ایستگاه در محدوده ای به شعاع ده متر، به طور متوسط ۳۳ درزه برداشت شده است. صخره ای بودن

منطقه، وجود شیب توپوگرافی زیاد و غیر یکنواخت بودن امتداد درزه‌ها دلایل عمده انتخاب این روش بوده‌است. بدین ترتیب مجموع درزه‌های برداشت شده ۳۶۰ عدد می‌باشد. همان‌طور که اشاره شد، به دلیل صخره‌ای بودن محل و در نتیجه صعب‌العبور بودن آن، تعداد درزه‌های برداشت شده کم می‌باشد، ولی تلاش شده تا درزه‌های اصلی منطقه برداشت گردد. پارامترهای برداشت شده در این تحقیق عبارتند از جهت شیب (Dip Direction)، مقدار شیب و فاصله ایجاد شده بین صفحات درزه‌ها (بازشدگی). ضمن آنکه روش برداشت نیز به صورت سیستم روسی (آزیموتی) بوده‌است که پس از انجام برداشت مقادیر جهت امتداد درزه‌ها محاسبه گردیده‌است. همچنین همزمان با درزه برداری، نقشه برداری از منطقه صورت گرفته و نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰ از منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار Surfer 8 رسم شده است. در شکل ۱ این نقشه، که بر روی آن موقعیت ایستگاههای درزه برداری مشخص شده است، نشان داده شده است.

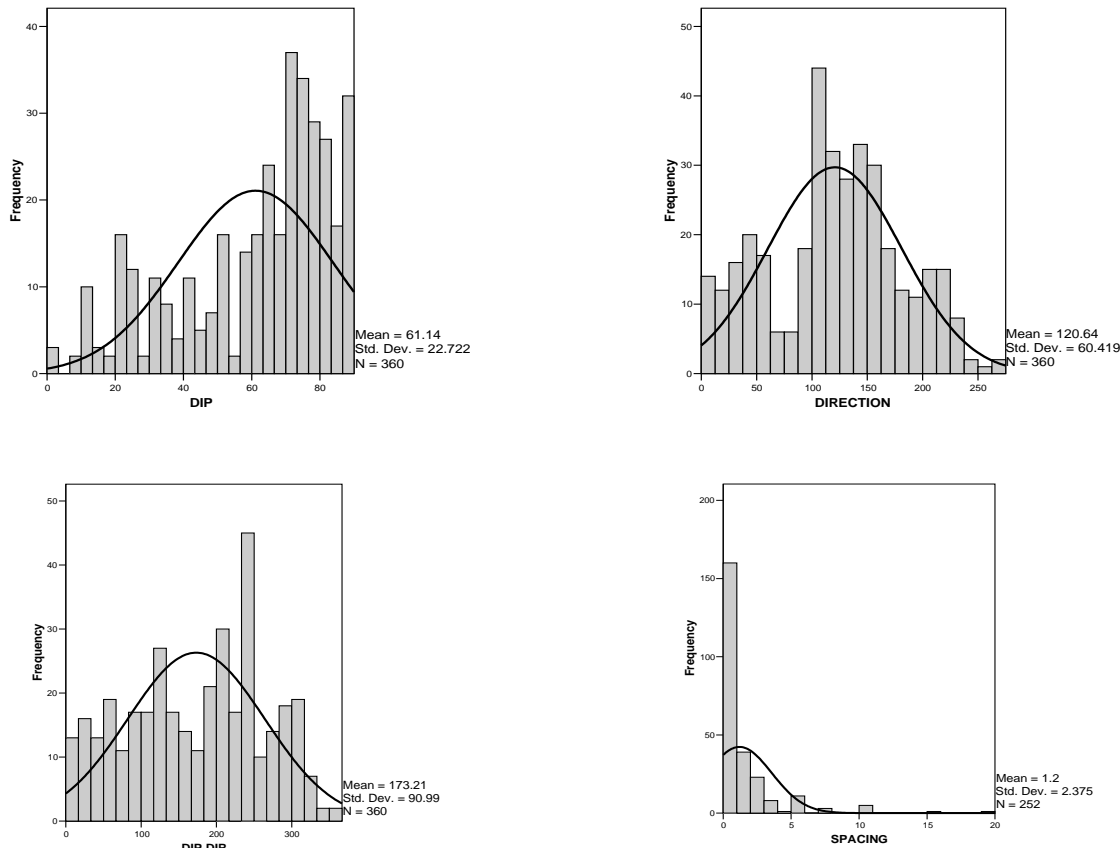


شکل ۱: نقشه توپوگرافی و ایستگاههای برداشت درزه‌ها در منطقه مورد مطالعه [۵]

۴- بررسی آماری پارامترهای درزه‌ها

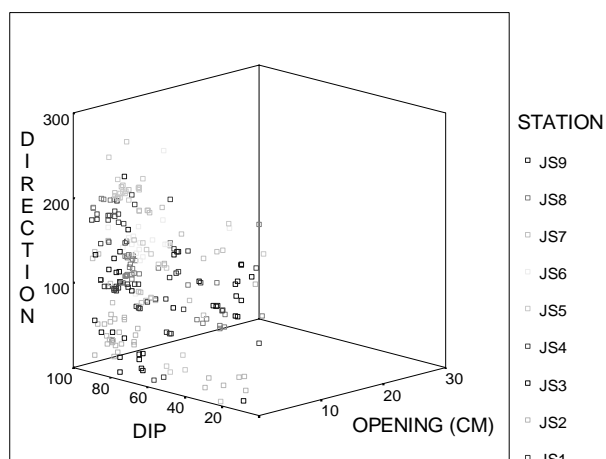
جهت مطالعه و بررسی پارامترهای درزه‌ها و تعیین روابط بین آنها، به کمک نرم‌افزار SPSS12 نمودارهای توزیع فراوانی (هیستوگرام) مربوطه جهت پارامترهای مقدار شیب، جهت شیب، امتداد درزه و فاصله ایجاد شده بین صفحات درزه (بازشدگی) رسم شده‌اند. در شکل ۲ این هیستوگرامها آورده شده‌اند. ضمن آن که مقدار میانگین و انحراف معیار آنها نیز محاسبه گردیده‌است. همان‌طور که در هیستوگرام مقدار شیب ملاحظه می‌شود، بیشترین درصد مقادیر شیب بین ۶۵ و ۸۵ درجه وجود دارد. یعنی شیب عمده درزه‌های منطقه تقریباً زیاد است، به طوری که مقدار میانگین آن در حدود ۶۱/۱۰ درجه می‌باشد. تعداد نمونه‌های آماری مورد محاسبه ۳۶۰ درزه با انحراف معیار ۲۲/۷۲ می‌باشد. نمودار بعدی در شکل ۲ مربوط به توزیع

فراوانی امتداد جهت شیب می‌باشد که با انحراف معیار $۹۰/۹۹$ در مورد کل نمونه‌های آماری ترسیم شده‌است. همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار میانگین امتداد جهت‌های شیب در منطقه برابر $۱۷۳/۲۰$ درجه می‌باشد. یعنی شیب عمومی درزه‌های منطقه تقریباً در جهت مخالف شیب توپوگرافی منطقه که تقریباً در جهت غرب است، قرار دارد و این موضوع با توجه به شیب زیاد توپوگرافی منطقه می‌تواند در مورد استخراج معدن مفید واقع شود. هیستوگرام امتداد درزه‌ها نشانگر میانگین امتداد درزه‌ها برابر $۱۲۰/۶۰$ درجه با انحراف معیار $۶۰/۴۲$ می‌باشد. هیستوگرام فراوانی بازشدگی یا فاصله بین صفحات درزه نشانگر انحراف معیار $۲/۳۸$ و میانگین $۱/۲$ سانتیمتر می‌باشد.



شکل ۲- نمودارهای توزیع فراوانی (هیستوگرامهای) شیب، جهت شیب، امتداد و بازشدگی در منطقه مورد مطالعه

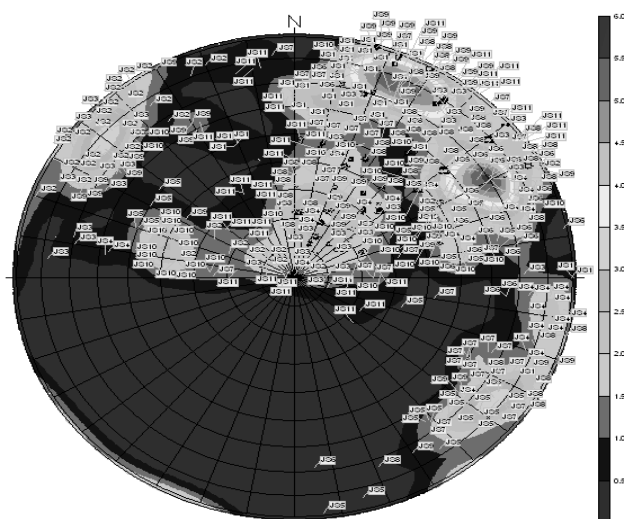
جهت تحلیل و مطالعه ارتباط بین پارامترهای درزه‌ها در معدن دیوچال نمودارهای همبستگی بین پارامترهای شیب، امتداد، جهت شیب و بازشدگی ترسیم و ضرایب همبستگی موردنظر محاسبه شده است. همبستگی بین مقدار شیب و امتداد درزه‌ها نشانگر برابر $۰/۲۰$ می‌باشد. این نشان می‌دهد که با افزایش مقدار امتداد، مقدار شیب با نسبت کمی افزایش می‌یابد. همچنین همبستگی بین امتداد و فاصله بین صفحات درزه‌ها (بازشدگی) برابر $۰/۰۴$ می‌باشد یعنی میزان همبستگی دو پارامتر مثبت ولی بسیار اندک بوده و بنابراین نمی‌توان یک ارتباط مناسبی بین این دو عامل در نظر گرفت. میزان ضریب همبستگی بین شیب و فواصل صفحات درزه‌ها برابر $۰/۱۲$ محاسبه گردیده است که می‌توان نتیجه گرفت که ارتباط منطقی چندانی بین پارامترهای مقدار شیب و فواصل صفحات درزه‌ها برقرار نمی‌باشد. همبستگی بین امتداد جهت شیب و فواصل بین صفحات درزه‌ها نیز در برابر $۰/۰۸$ است. رابطه همبستگی بین سه پارامتر اصلی برداشت شده یعنی امتداد، مقدار شیب و بازشدگی درزه را به صورت سه‌بعدی در شکل ۳ نشان داده شده است. در این نمودار مشخص است که امتداد و مقدار شیب باهم همبستگی بیشتری دارند تا با پارامتر فاصله بین صفحات درزه. به علت عدم برداشت پارامتر بازشدگی بین صفحات درزه در ایستگاه‌های JS10 و JS11 از تاثیر داده‌های این دو ایستگاه در این نمودار صرفنظر گردیده است.



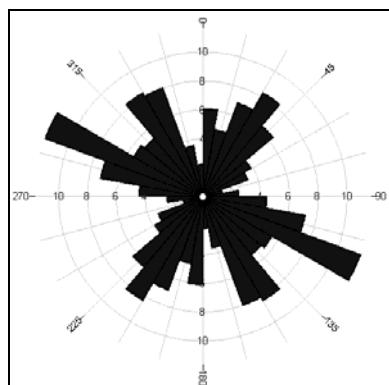
شکل ۳: رابطه همبستگی بین پارامترهای اصلی درزه

۵- تفسیر روند کلی درزه‌ها

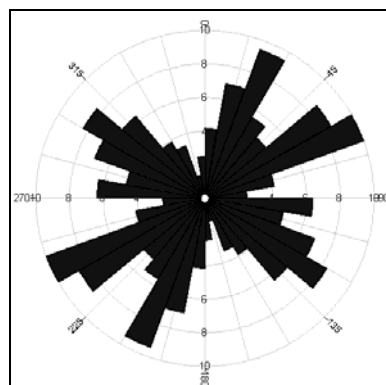
جهت تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از برداشتهای صحرائی و تعیین جهت دسته‌درزه‌های توده سنگ، از نرم‌افزار RockWorks2006 استفاده گردیده‌است و شبکه استریوگرافی خطوط هم‌مرکز بر روی شبکه هم‌مساحت (شبکه اشمیت) بر اساس شیب و امتداد درزه‌های برداشت شده رسم شده‌است (شکل ۴). همچنین توسط همین نرم‌افزار نمودارهای گل‌سرخ (Rose Diagrams) امتداد درزه‌ها و جهت شیب درزه‌ها ترسیم گردیده‌است که در شکل‌های ۵-الف و ۵-ب مشاهده می‌گردد. بیشترین تراکم درزه‌ها بر اساس استریونت ترسیم شده در شمال منطقه و به خصوص بخش شمال شرقی منطقه قرار دارد. همچنین بر اساس استریونت و نمودار گل‌سرخ ترسیم شده، سه دسته درزه اصلی در منطقه مشاهده می‌گردد که امتداد اصلی‌ترین دسته درزه‌ها برابر ۱۱۶ درجه می‌باشند. دو دسته درزه دیگر دارای امتدادهای ۱۶۹ درجه و ۲۰۲ درجه می‌باشند. بر اساس نمودار گل‌سرخ سه امتداد اصلی برای جهت شیب در منطقه دیده می‌شود که امتداد اصلی‌ترین آنها برابر ۲۰۶ درجه می‌باشد. دو جهت شیب دیگر دارای امتدادهای ۲۵۹ درجه و ۱۱۲ درجه می‌باشند.



شکل ۴: استریونت خطوط هم‌مرکز قطب صفحات درزه‌ها



الف



ب

شکل ۵- نمودار گل سرخی درزه‌های معدن دیوچال بر پایه امتداد (الف) و جهت شیب (ب)

۶- طراحی پله های استخراجی:

برای سهولت بیشتر در استخراج سنگ، جهت عمومی پیشروی استخراج باید برخلاف شیب عمومی لایه‌ها و یا حداقل عمود بر آن باشد. در هر یک از این دو حالت نیز، جهت جداسازی قطعه استخراجی در جهت شیب یا عمود بر آن می‌باشد. همچنین جهت جلوگیری از ایجاد ضایعات بیشتر، امتداد خط واصل بین چال‌ها باید حتی‌المقدور از امتداد لایه‌بندی و یا درزه‌های عمده تبعیت نماید [6]، [7]. برای تعیین جهت پله های استخراجی ضمن در نظر گرفتن شیب توپوگرافی منطقه جهت امتداد دسته درزه های غالب منطقه مورد توجه قرار گرفته است. یعنی جهت پیشروی پله‌ها عمود بر جهت این درزه‌ها انتخاب گردید. در این صورت می توان چال های انفجاری را به موازات درزه های اصلی منطقه حفر نمود. با توجه به نمودار گل سرخی، امتداد دسته درزه اصلی منطقه ۱۱۶ درجه تعیین گردید (درزه های نوع اول). اما با توجه به شواهد محلی به نظر می رسد این دسته درزه دارای عمق چندانی نباشد، چراکه با استخراج صخره وسطی معدن مشخص گردیده است که درزه های عمده منطقه دارای عمق چندانی نیستند و احتمالاً این درزه ها بر اثر سرد شدن ناگهانی توده گرانیتی به وجود آمده اند. توجه به مورفولوژی منطقه، نشان می دهد که می توان از یک سری دسته درزه های دیگر جهت استخراج استفاده نمود. این درزه ها با میانگین شیب به نسبت کم (حدود ۲۱ درجه) و امتداد ۱۶۹ درجه (تقریباً شمالی جنوبی) می توانند به عنوان کف پله‌های استخراجی انتخاب گردند (درزه های نوع دوم). بدین معنی که جهت پیشروی عمود بر امتداد دسته درزه های اصلی و کف پله ها در جهت آن بر روی شیب ظاهری درزه های ذکر شده قرار گیرد. در این صورت شیب ظاهری (X) این دسته درزه بدین صورت محاسبه شده است:

$$\text{tgx} = \text{tgc} \times \sin(b-a) \quad (1)$$

که در این رابطه (۱) امتداد دسته درزه‌های نوع اول برابر ۱۱۶ درجه (a)، امتداد دسته درزه‌های نوع دوم برابر ۱۶۹ درجه (b) و مقدار شیب حقیقی دسته درزه‌های نوع دوم برابر ۲۲ درجه (c) می‌باشند که بر این اساس مقدار شیب‌ظاهری برابر ۱۸ درجه می‌شود. از آنجا که شیب درزه های نوع دوم بر خلاف شیب عمومی توپوگرافی منطقه می باشند، بنابر این مناسبترین جهت استخراج ۱۱۶ درجه با شیب ۱۸ می باشد.

برای تعیین مقدار ارتفاع پله فواصل بین درزه های نوع دوم برداشت گردید. بر اساس این برداشت میانگین فواصل درزه ها بین ۳ تا ۶ متر تعیین شد. با توجه به اینکه متوسط ارتفاع پله های معادن سنگ ساختمانی برابر ۶ تا ۱۰ متر است، مناسبترین ارتفاع جهت ایجاد پله های استخراجی برابر ۶ متر انتخاب گردید. مزیت این انتخاب علاوه بر دسترسی آسان، استخراج راحت و ایمنی بالا، بوجود آوردن شرایط مناسب جهت استفاده از روش استخراج سیم برش الماسه در آینده است. بدین معنی که می‌توان با پله‌بندی مناسب و در نتیجه توسعه معدن، ابتدا قواره کردن و سپس استخراج سینه کارهایی که دارای شیب توپوگرافی کمی شده‌اند را توسط روش سیم برش الماسه انجام داد. با توجه به رشد روز افزون فن‌آوری ساخت تجهیزات و قطعات مورد نیاز در کشور و ارزان تر و سهل الوصول تر شدن آن انتظار می رود استفاده از این روش در آینده ای نزدیک عمومی تر گردد. برای

تعیین عرض پله با فرض استفاده همزمان دو دستگاه حفر چال های استخراجی و استفاده از لودر جهت بارگیری و نیز با در نظر گرفتن نکات ایمنی مقدار پله عملیاتی بین ۲۰ تا ۳۰ متر پیشنهاد می شود.

۷- نتیجه گیری

با توجه به بررسی های به عمل آمده، نتایج زیر بدست آمده است:

۱- پارامتر های جهت و مقدار شیب و امتداد درزه ها دارای وابستگی معقولی نسبت به هم بوده ولی هر سه با پارامتر میزان بازشدگی نسبت مشخصی ندارند.

۲- در منطقه سه دسته درزه اصلی مشاهده می شود که امتداد دسته درزه غالب ۱۱۶ درجه می باشد، ولی با توجه به سینه کار های باز شده به نظر می رسد که این درزه ها که از آنها به عنوان دسته درزه های نوع اول یاد شده است عمق چندانی نداشته باشند و بر اثر سرد شدن ناگهانی توده سنگ مذاب بوجود آمده باشند. اما دسته درزه های نوع دوم با امتدادی تقریباً شمالی جنوبی با شیب کمی در حدود ۱۰ تا ۲۵ درجه (که بر خلاف شیب عمومی توپوگرافی منطقه است) می تواند به عنوان دسته درزه های مهمی که در امر طراحی پله ها مؤثرند مورد توجه قرار گیرد.

۳- با توجه به مطالعات انجام شده، عرض پله های استخراجی بین ۲۰ تا ۲۵ متر و ارتفاع آن ۶ متر انتخاب گردیده است. ارتفاع پله با توجه به فاصله داری درزه های نوع دوم انتخاب شده است و طبیعتاً با تغییر میزان این فاصله در ترازهای مختلف می توان برای هر پله ارتفاع مناسب را در نظر گرفت. اندازه طول پله نیز، بسته به وضعیت متغیر می باشد. ولی حدکثر طول یک پله در در بهترین شرایط، می تواند در هر برش حتی تا ۸۰ متر نیز برسد.

بر اساس این نتایج پیشنهاد می گردد که جهت اجرای دقیق طراحی و مطالعات بیشتر، باید نقشه برداری دقیقی صورت پذیرد و نتایج آن حداقل به صورت یک نقشه ۱:۱۰۰۰ ترسیم گردد. همچنین تبعیت جهت حفاری از توپوگرافی و وضعیت درزه ها علاوه بر بالا بردن راندمان می تواند باعث ایمن شدن کارگاه گردد. لذا پیشنهاد می شود جهت استخراجی به موازات درزه های نوع اول و بر روی درزه های نوع دوم صورت پذیرد.

۸- سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری صمیمانه مسوولین شرکت سنگ تزئینی کلاردشت، آقای مهندس حمید جهانی و آقای مهندس علی بیات ماکو و نیز راهنمایی های آقای دکتر علی اکبر بهاری فر، آقای مهندس احمد فتاحی مجلج و تلاش های ارزنده آقای محمد کاظمیان فر سپاسگزاری می گردد.

۹- مراجع

[۱] ملک محمدی، منصور؛ (۱۳۸۰)؛ گزارش آماری و تحلیلی تبعات پیوستن به سازمان تجارت جهانی (گزارش

سنگهای ساختمانی و تزئینی)؛ سازمان صنایع و معادن استان لرستان

[۲] فتاحی مجلج، احمد؛ (۱۳۷۶)؛ مطالعات سنگ شناسی و ژئومکانیکی سنگ های ساختمانی معادن ناحیه

کلاردشت؛ پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

[3] Hetherington, L.E, Brown, T.J, Benham, A J, Lusty, P.A.J, Idoine, N.E; 2000; *Hand Book of World Mineral Trade Statistics*; UN Publication, p:85, 86.

[۴] الوان دارستانی، رضا؛ (۱۳۸۴)، طراحی و تنظیم پله های استخراجی به وسیله آتشباری کنترل شده در معدن

گرانیت دیوچال کلاردشت؛ پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن، دانشکده تحصیلات تکمیلی فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب

[۵] عابدی، حسین؛ (۱۳۸۱)؛ انفجار کنترل شده و کاربرد آن در معادن؛ پایان نامه کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد

بافق، دانشکده فنی مهندسی

[6] Hudson, John A., Harrison, John P.; 2000; *Engineering rock mechanics*; Pergamon, pp. 290

[7] Hoek, Evert; 2006; *Practical Rock Engineering*; Springer, pp. 114