وزارت
صنایع و معادن

سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور

مدیریت زمین شناسی مهندسی و زیست محیطی

گروه زمین شناسی مهندسی

بررسی

خطر سنگ افت در جاده چالوس

(مرزن آباد تا پل زنگوله)

۱۳۸۵

گزارش شماره: EnGeO ۸۵-۵-۱

مدیریت زمین شناسی مهندسی و زیست محیطی

گروه زمین شناسی مهندسی

بررسی

خطر سنگ افت در جاده چالوس

مدیر فنی : محمد جواد بلورچی

E-mail: mjbolourchi@gsi.org.ir

روش RHRS: ایمان انتظام

روش SMR و زمین شناسی مهندسی : مسعود محمود پور، سوزان کریم نژادطاری

اقلیم و هیدرولوژی : امیر شمشکی

زمین شناسی : اصغر صادقی، علیرضا سیاره، مسعود محمود پور، سوزان کریم نژادطاری

زمین شناسی ساختمانی : احمد دادستان

گروه اطلاعات زمین مرجع (GIS):

محمد صادقی، شیدا اسکندری ، آیدا محبی

با همکاری : هادی پورفرضی

کاردان فنی: محمود اسد بیگی

تدوین:

محمد جواد بلورچی، ایمان انتظام، مسعود محمود پور، فرهاد انصاری

گزارش شماره: EnGeO ۸۵-۵-۱

سپاسگزاری

فراهم آوردن این بررسی در حدود دو سال به درازا کشیده و در مراحل حساس گوناگونی به یاری برخی افراد، بسیار مدیون بوده است. در اینجا نام بردن از همه سازمان ها و کسانی که در طول انجام این بررسی ما را یاری کرده اند امکان پذیر نیست. امیدواریم کسانی که نامشان برده نشده گمان نکنند که قدر یاری هایشان شناخته شده نیست.

جناب آقای مهندس سلسبیلی رئیس وقت، معاونان وکارکنان اداره راه و ترابری شهرستان نوشهر، برای امکان پذیر کردن این بررسی به هنگام دشواری ها چندان ما را یاری کرده اند که باید پیش از همه از آنان یاد کنیم.

از مدیرکل، معاونین و کارشناسان اداره کل نگهداری وابنیه راههای سازمان حمل ونقل و پایانه های کشور به ویژه آقایان مالدار، معینی و لاوی و مدیرکل و معاونین اداره کل راه و ترابری استان مازندران و تهران که در ایجاد هماهنگی بین دستگاهی در جهت اجرا شدن این بررسی نقش موثر داشتند سپاسگزاری می شود.

آقای مهندس کره ای معاون محترم وزیر و ریاست سازمان و آقایان دکتر سعیدی و دکتر قاسمی معاونین زمین شناسی امکان انجام این بررسی را فراهم آوردند و همواره مشوق ما بودند که از آنان سپاسگزاری می نماییم.

از آقایان حسن افشا، فرهاد خجسته پور، علیرضا دیلمی، یوسف احمد زاده و حمید کامرانی از اداره نقلیه که با تلاش فراوان امکان کار را در جاده ناامن و خطر خیز جاده چالوس فراهم آوردند، سپاسگزاریم.

چکیده

جاده چالوس، یکی از زیباترین و پرجاذبه ترین راه های کوهستانی کشور، بیشترین آمد و شد بین شمال و مرکز کشور را ممکن ساخته و گاه و بیگاه به دلیل ویژگی های زمین شناختی و برخورداری از زمین ساخت فعال و نبود زیر ساخت های کامل مهندسی، جان رهگذران خود را با سنگ افت ها، سنگریزش ها، زمین لغزش ها و دیگر ناپایداری‌های دامنه ای دستخوش خطر جدی می نماید.

این گذرگاه به خودی خود از پایداری کامل برخوردار نیست، چه رسد به زمانی که رویداد زمین لرزه ای، شتاب زیادی را به دامنه های ناپایدار آن وارد نماید. زمین لرزه ۸ خرداد ماه ۱۳۸۳ یکی از این نمونه ها بود که جان چند ده نفر از هم میهنان عزیزمان را گرفت و آسیب های فراوانی را به کشور تحمیل نمود.

در پی این رویداد و با بهره گیری از دو روش مرسوم بررسی خطر سنگ افت در دامنه های سنگی به نام های روش امتیاز دهی خطر سنگ افت (RHRS) و طبقه بندی امتیاز دهی توده شیب (SMR) دامنه های این جاده بین پل زنگوله تا مرزن آباد، به طول ۵۰ کیلومتر انجام گرفت.

طبقه بندی مقدماتی RHRS در این محدوده نشان دادکه نزدیک به ۲۰ کیلومتر از مسیر در ناحیه پرخطر C و نزدیک به ۲۰ کیلومتر دیگر نیز در ناحیه خطر متوسط B قرار می گیرند. از ٤٧ شیب بررسی شده توسط طبقه بندی تفضیلی RHRS ، ۷شیب امتیازی بین ٤۰۰ تا۵۰۰، ۱۸ شیب امتیازی بین ۵۰۰ تا ٦۰۰، ١٤ شیب امتیازی بین ٦۰۰تا۷۰۰ و ٦ شیب امتیازی بیش از ۷۰۰ داشته اند.

طبقه بندی روش SMR برای ٤۰ دامنه سنگی انجام گرفته است. بالاترین ارزش عددی SMR در دامنه های سنگی سازند کهر (SMR=76) نشانگر دامنه ای پایدار می باشد. کمترین ارزش عددی در ماسه سنگ سازند دورود (SMR=35) نشانگر دامنه ای نیازمند به سیستم نگهدارنده کامل است. به طور کلی سنگهای بررسی شده از رده III_b تا II_b طبقه بندی SMR را در بر می گیرند که رده های مناسب تا خوب به شمار می آیند.

در این بررسی تلاش گردیده تا دیدگاهی کاربردی در مورد ویژگی های خطر پذیری شیب های مجاور جاده چالوس در مورد خطر سنگ افت ارائه گشته و ابزاری را برای مدیران و مهندسان فراهم آورد تا بتوانند در مورد روش‌های ایمن سازی، بهسازی، هزینه ها و غیره دیدگاهی علمی و عملی در اختیار داشته باشند. باید در نظر داشت که نتایج این بررسی ها برای حالت استاتیک اعتبار دارد وانجام بررسی های کاملتری در مورد هر شیب و در حالت‌های دینامیک، هنگام رویداد زمین لرزه هاو بارش های شدید ضروری می باشد.

مقدمه

شیب‌های سنگی (Rock-slopes) ناپایدار که در برش‌های سنگی کنار بزرگراه‌ها، راه‌آهن‌ها و جاده‌های مناطق کوهستانی جای دارند از جمله خطرهای بزرگ این شریان ها به شمار می آیند. اطمینان از پایداری این دامنه ها نیازمند ارزیابی ساختار سنگهای در برگیرنده این شیب هاست.

بررسی وضعیت پایداری و ارائه طرح نگهدارنده لازم برای تثبیت آنها از آنجا اهمیت می‌یابد که هر ساله در جهان تعداد زیادی از مردم قربانی لغزشهای سنگی (Rock-slides) و سنگ افت های (Rock-falls) روی داده در مسیر جاده‌های کوهستانی، می گردند.

گسیختگی دامنه ای بیش از آنکه به ویژگی های سنگ بکر منطقه وابسته باشند، از وضعیت ناپیوستگی های سنگ پیروی می کنند. در بررسی های رایج ارزیابی شیب های سنگی روش های کاربردی و تجربی را به همراه روش‌های تحلیلی و ریاضی که می توانند از روش های تعادل حدی تا مدل های پیچیده ریاضی را شامل شوند، در بر می گیرد.

چنین روش های کاربردی باید مهندسین و زمین شناسان را با هر درجه ای از توانایی ومهارت به طراحی و ارزیابی وضعیت پایداری شیب های جاده بدون نیاز به محاسبات پیچیده، قادر سازد. این روش ها باید شامل ویژگی‌های زیر باشد:

۱.وضعیت موجود در شیب های جاده را به صورت طبقه بندی های کمی بر اساس پارامتر هایی که به آسانی قابل اندازه گیری بوده و کاربرد جهانی دارند، ارائه دهند.

۲. توصیفی از ویژگی های شیب ها با توجه به پارامتر های خاص ارائه نمایند(که می تواند شامل زمان خود ایستایی بدون نیاز به نگهدارنده، نگهدارنده های مورد نیاز، توان باربری و آسانی کند وکاو و ... باشد).

۳. بر اساس تاریخچه بررسی های موردی محلی و جهانی، ارتباطی منطقی بین دو مورد فوق ایجاد نماید.

روش های این چنینی برای حفاری های معدنی و تونل که کاربرد فراوان یافته اند عبار تند از:

- روش RQD (Dear et al.,1969)
- روش RMR (Bieniawski, 1984)
- روش SRS و Size-Strength system (Franklin, 1983, 1986)
- روش Q (Barton et al., 1984)

علاوه بر روش های گفته شده که در فضای زیر زمینی کاربرد دارند روش های ویژه بررسی شیب ها نیز طراحی شده اند که شاخص ترین آنان عبارتند از:

۱-روش SMR برای شیب های سنگی که بر پایه روش RMR استوار است.

۲-روش امتیاز دهی خطر سنگ افت RHRS که برای ترانشه بزرگراه ها طراحی شده است.

۳-روش RHRSON که بر اساس روش امتیاز دهی خطر سنگ افت و برای ناحیه انتاریو کانادا طراحی شده است.

از این روش ها دو روش SMR و RHRS برای این مطالعه در نظر گرفته شده است که نتایج آن درفصل‌های آینده ارائه می شود.

پیشگفتار

هر ساله نمونه های فراوانی از رویداد این پدیده را در جاده های کوهستانی کشور شاهد هستیم که متاسفانه باعث آسیب های جانی و مالی فراوان شده اند، به عنوان نمونه می توان از جاده هراز نام برد که به علت رویداد فراوان چنین پدیده هایی از زمان بهره برداری آن تا کنون، از آن به نام جاده هراس نام می برند. ناپایداری در ترانشه های بدون پوشش جاده های کوهستانی کشور همواره نگرانی جدی به همراه داشته است، ولی فاجعه زمانی شدت می گیرد که پدیده های محرکی مانند زمین لرزه، رگبارهای شدید و دستکاری های انسانی این پدیده را تشدید نماید.

زمین‌لرزه جمعه هشتم خردادماه یکهزار و سیصد و هشتاد و سه در منطقه کجور و بلده استان مازندران با بزرگای ٦/٣ نمونه ای از این پدیده ها است که باعث رخداد پدیده سنگ افت در دامنه‌های سنگی جاده چالوس گردید. شدت و وسعت ناحیه در گیر به اندازه ای بود که با ریزش سنگ در جاده و بر روی خودرو های در حال تردد موجب آتش سوزی این خودرو ها و در پی آن مرگ بیست و هشت تن از هم میهنان عزیزمان و مسدود شدن شاهراه اصلی چالوس برای چند ماه گشت(این در شرایطی است که مجموع کشته شدگان این زمین لرزه در استان مازندران از سی و یک نفر بیشتر نبود).

در پی این رویداد با هماهنگی وزارت راه ترابری و اداره کل پایانه ها و حمل ونقل این وزارتخانه انجام بررسی‌های ویژه مهندسی سنگ و زمین شناسی مهندسی برای شناسایی و ارزیابی نوع گسیختگی‌ها و ناپایداری های دامنه‌های سنگی و در ادامه آن ارائه راه‌حل‌های مناسب جهت تثبیت بلوکهای سنگی ناپایدار و کاهش مخاطرات آتی در این مسیر پرتردد در برنامه کاری این گروه قرار گرفت که نتایج آن با همه کاستی هایی که شرایط سخت کاری در محیط محدود و پر ترافیک و خطر خیز جاده چالوس (از پل زنگوله تا مرزن آباد که محدوده نا امن جاده بود) بر اکیپ اعزامی تحمیل می کرد به شرح زیرتقدم می گردد .

هدف

١- شناسایی بخش های خطرناک جاده

٢- ارزیابی روش های مختلف تحلیل خطر سنگ افت و دستیابی به استاندارد این روش ها در کشور

٣- ارائه روش های پایدار سازی و ایمن سازی جاده

جهت دستیابی به این هدف ها کارهای زیر صورت گرفت:

الف- اعمال سیستم امتیاز دهی خطر سنگ افت(RHRS) اولیه برای تمام شیبها (A, B and C)

ب- - اعمال سیستم امتیاز دهی خطر سنگ افت(RHRS) تفضیلی و امتیاز دهی به شیب‌های خطرناک

پ- اعمال طبقه‌بندی امتیازدهی توده شیب (SMR) برای دامنه‌های سنگی مورد مطالعه و تعیین ارزش عددی SMR و رده آن بر پایه داده‌ها و مطالعات روزمینی انجام شده

ت- شناسایی و ارزشیابی وضعیت پایداری و تعیین نوع گسیختگی احتمالی برای هر دامنه سنگی

ث- تعیین نوع و میزان نگهدارنده (Support) اولیه برای دامنه‌های سنگی که دارای احتمال گسیختگی می‌باشند.

روند مطالعات

برای دامنه های سنگی در مسیر جاده چالوس از محدوده پل زنگوله تا مرزن‌آباد، بررسیهای زمین‌شناسی مهندسی و ژئومکانیکی به شرح زیر انجام گرفته است:

الف- تعیین موقعیت فضایی (Dip/Dip direction) سیستم‌های درزه اصلی و ویژگیهای زمین شناسی مهندسی آنها

ب- انجام آزمون برجای واگشت چکش اشمیت (Schmidt hammer test) برای توده سنگهای دربرگیرنده دامنه‌های سنگی جهت تعیین مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر

پ- تعیین نوع ناپایداری یا گسیختگی چیره (صفحه‌ای، گوه‌ای و یا واژگونی) برای دامنه‌های سنگی مورد بررسی

ت- تعیین و شناسایی دسته درزه اصلی مؤثر و کنترل کننده ناپایداری

ث- امتیاز دهی خطر سنگ افت(RHRS) اولیه برای تمام شیبها (A, B and C)

ج- تعیین محل رویداد و تخمین دوره تکرار سنگ افت ها

چ- زمان حداکثر این سنگ افت ها

ح- تخمین اندازه/ مقدار سنگ افت ها در هر ریزش

خ- توصیف فیزیکی مواد درگیر ریزش

د- مکان توقف سنگهای حاصل از ریزش

ذ- تاریخچه رویداد های گذشته

ر- علت شکل گیری سنگ افت

ز- اعمال طبقه‌بندی ژئومکانیکی (RMR) برای توده سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی

س - امتیاز دهی خطر سنگ افت(RHRS) تفضیلی و امتیاز دهی به شیب‌های خطرناک

ش- تعیین پارامترهای خطرپذیری F_1 ، F_2 ، F_3 و F_4

ص- اعمال طبقه‌بندی امتیازدهی توده شیب (SMR) برای دامنه‌های سنگی مورد مطالعه

ض- تعیین نوع نگهدارنده لازم برای دامنه‌های سنگی ناپایدار

با در نظر گرفتن موارد یاد شده، فصلهای دربرگیرنده این گزارش عبارتند از:

فصل۱- اقلیم ، هیدرولوژی و جغرافیا

فصل۲- زمین ریخت شناسی، زمین‌شناسی، زمین ساخت و زمین‌شناسی مهندسی

فصل۳- امتیاز دهی خطر سنگ افت(RHRS)

فصل٤- طبقه‌بندی امتیازدهی توده شیب (SMR) و تحلیل‌های آن

فصل۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

فهرست مطالب

عنوان صفحه

سپاسگزاری ii

چکیده iii

مقدمه iv

پیشگفتار vi

فهرست viii

فصل۱- جغرافیا، اقلیم و هیدرولوژی ۱

۱-۱- جغرافیا ۲

۱-۲- اقلیم و هیدرولوژی ۳

۱-۲-۱- مقدمه ۳

۱-۲-۲- دما ۳

۱-۲-۳- باد ۹

۱-۲-۴- بارندگی ۱۰

۱-۲-۵- بیشینه دبی لحظه ای ۱٤

۱-۲-۶- طبقه بندی اقلیمی ۱٤

۱-۲-۶-۱- روش دو مارتن ۱٤

۱-۲-۶-۲- روش بارات ۱۵

فصل۲- زمین ریخت شناسی، زمین شناسی، زمین ساخت و زمین شناسی مهندسی ۱٦

۲-۱- زمین ریخت شناسی ۱۷

۲-۲- زمین شناسی عمومی ۱۸

۲-۲-۱- سازند کهر ۱۸

۲-۲-۲- سازند سلطانیه ۱۸

۲-۲-۳- سازند لالون ۱۹

۲-۲-۴- سازند میلا ۱۹

۲-۲-۵- سازند جیرود ۱۹

۲-۲-۶- سازند مبارک ۲۰

۲-۲-۷-سازند درود ۲۱

۲-۲-۸- سازند روته ۲۱
۲-۲-۹- سازند الیکا ۲۱
۲-۲-۱۰- سنگهای آذرین ۲۲
۲-۲-۱۱- نهشته کواترنر ۲۲
۲-۳- زمین شناسی ساختمانی ۲۳
۲-۳-۱-کلیات ۲۳
۲-۳-۲-گسلش ۲۳
۲-۳-۳-خطواره ۲۵
۲-۳-٤-فازهای زمین ساختی موثر در گستره البرز مرکزی ۲۵
۲-۳-۵-چین خوردگی ۲۹
۲- ۴- مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئومکانیکی ۳۰
۲- ۴-۱- مقدمه: ۳۰
۲- ۴-۲- ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها ۳۰
۲- ۴-۲-۱- شیب‌های سنگی در ماسه‌سنگ کهر ۳۰
۲- ۴-۲-۲- شیب‌های سنگی در ماسه سنگ لالون ۳۲
۲- ۴-۲-۳- شیب‌های سنگی در ماسه‌سنگ درود ۳۵
۲- ۴-۲-۴- شیب‌های سنگی در سنگ‌آهک ۳۷
۲- ۴-۲-۵- شیب‌های سنگی در دولومیت سلطانیه ٤۰
۲- ۴-۲-۶- شیب‌های سنگی در آهکهای دولومیتی و مارنی ٤۰
۲- ۴-۲-۷- شیب سنگی در فورش سنگ دگرگون شده ٤۱
۲- ۴-۲-۸- شیب‌های سنگی در سنگهای آذرین ٤٤
۲- ۴-۳- تعیین شاخص کیفی سنگ (RQD) ۵۲
۲- ۴-۴- تعیین مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر ۵۳

فصل۳- سیستم امتیاز دهی خطر سنگ افت ۵۷
۳- ۱-مقدمه ۵۸
۳- ۲-بررسی شیب ها و رده بندی اولیه ۵۹
۳- ۳-رده بندی اولیه ۵۹
۳- ۴-امتیاز دهی تفضیلی ٦۰
۳- ۴-۱-ارتفاع شیب ٦۲
۳- ۴-۲-تاثیر جوی سنگ گیر پای شیب ٦۲

۳- ۴-۳-میانگین خطر پذیری وسایل نقلیه ٦٤
۳- ۴-۴-درصد فاصله زمان دید در تصمیم گیری ٦٤
۳- ۴-۵-عرض جاده ٦٥
۳- ۴-۶-ویژگی های زمین شناسی ٦٥
۳- ۴-۷-اصطکاک سطح درزه سنگ ٦٦
۳- ۴-۸-اندازه بلوک ها و مقادیر سنگ افت در هر رخداد ٦٧
۳- ۴-۹-آب و هوا و وجود آب در شیب ٦٧
۳- ۴-۱۰-تاریخچه سنگ افت ها ٦٩
۳- ۴-۱۱-پیشنهادات اولیه در مورد کنترل خطر سنگ افت ٦٩
۳-۴-۱۲-نتیجه گیری و پیشنهادها ٧١

فصل۴- طبقه‌بندی SMR ۱۲۷
۴-۱- مقدمه ۱۲۸
۴-۲- توصیف طبقه‌بندی SMR ۱۲۸
۴-۳- روند مراحل امتیازدهی طبقه‌بندی SMR برای دامنه های سنگی مطالعه شده ۱۲۹
۴-۳-۱- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه سنگ کهر) ۱۳۰
۴-۳-۲- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی ماسه سنگ لالون ۱۳۸
۴-۳-۳- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی ماسه سنگ درود ۱۴۵
۴-۳-۴- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگ آهکی ۱۴۹
۴-۳-۴-۱- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک مبارک) ۱۴۹
۴-۳-۴-۲- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک سازند الیکا) ۱۵۰
۴-۳-۴-۳- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک درود) ۱۵۰
۴-۳-۴-۴- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک روته) ۱۵۰
۴-۳-۴-۵- مقایسه وضعیت دامنه‌های سنگی آهکی ۱۵۱
۴-۳-۵- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی دولومیت سلطانیه ۱۶۰
۴-۳-۶- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگ آهک دولومیتی و مارنی ۱۶۵
۴-۳-۷- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه سنگی (S5) [با لیتولوژی فورش سنگ دگرگون شده] ۱۷۱
۴-۳-۸- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی در توده‌های آذرین ۱۷٤
۴-۴- نگرش کلی به وضعیت دامنه‌های سنگی(بر پایه نتایج بدست آمده ازطبقه‌بندی SMR) ۱۸۱
۴- ۵- پیشنهاد نگهدارنده ۱۸۳
۴- ۵-۱- مقدمه ۱۸۳

۴- ۵-۱-۱- نگهدارنده‌های حفاظتی ۱۸۳
۴- ۵-۱-۲- نگهدارنده‌های مقاومتی ۱۸٤
۴- ۵-۱-۳- نگهدارنده‌های بتنی ۱۸٤
۴- ۵-۲- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی ۱۸٤
۴- ۵-۲-۱- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه‌سنگ کهر) ۱۸۵
۴- ۵-۲-۲- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه‌سنگ لالون) ۱۸٦
۴- ۵-۲-۳- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه‌سنگ درود) ۱۸٦
۴- ۵-۲-۴- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک) ۱۸۷
۴- ۵-۲-۵- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ دولومیت) ۱۸۸
۴- ۵-۲-۶- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک دولومیتی- مارنی) ۱۸۹
۴- ۵-۲-۷- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی فورش سنگ) ۱۹۰
۴- ۵-۲-۸- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی توده سنگهای آذرین) ۱۹۱
۴- ۵-۳- نگرش کلی به وضعیت پایداری و نگهدارنده‌های پیشنهادی برای دامنه‌های سنگی ۱۹۲
۴-۶-نتیجه گیری ۱۹۳
۴-۷-پیشنهادها ۲۰۰

فصل ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۲۰۱
نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۲۰۲
منابع: ۲۰۸

فصل یکم

جغرافیا، اقلیم وهیدرولوژی

۱-۱- جغرافیا

شاهراه تهران ـ چالوس در البرز مرکزی ،یکی از مهمترین و قدیمی ترین راه های ارتباطی شمال کشور در دره دو رودخانه کرج و چالوس ساخته شده است. با توجه به قدمت این راه دیدگاه های مهندسی کمتر در آن بکار گرفته شده است.

پوشش گیاهی در ارتفاعات بیشتر از نوع درختچه و گیاهان بوته ای است. در بخش شمال خاوری نقشه همراه با کاهش ارتفاع جنگل ها به تدریج پدیدار شده اند.

به جز مرزن آباد با چند هزار نفر جمعیت، در بقیه نقاط و بویژه در نواحی مرتفع تر، جمعیت انسانی محدود به شماری روستاهای کوچک و بزرگ مانند سیاه بیشه، ولی آباد، دزدبن ، هریجان، مجلار و گرم رودبارمی باشد که تمامی این مناطق از طریق جاده چالوس به سایر نقاط کشور متصل شده اند و این شاهراه نقشی حیاتی در زندگی آنان بازی می کند.

بلندی های پرشماری با ارتفاع بیش از سه هزار متر در سطح منطقه مورد مطالعه دیده می شوند. پست ترین نقطه منطقه با بلندای حدود ۳۵۰ متر بالای سطح دریاهای آزاد در جاده و درشمال مرزن آباد جای دارد.

این شاهراه با گذر از مناطق زیبای کوهستانی یکی از جاذبه های گردشگری کشور محسوب می شود. در حال حاضر با توجه عملیات اجرایی پروژه های عمرانی متعدد مانند سد و نیروگاه سیاه بیشه و بزرگراه تهران–شمال بار ترافیکی فراوانی به این محور تحمیل شده است.

۱-۲- اقلیم و هیدرولوژی

۱-۲-۱- مقدمه

در مطالعات راهسازی آگاهی از کمیت های اقلیمی و هیدرولوژیکی از اهمیت ویژه ای برخوردار است بنابراین ویژگی های اقلیمی و هیدرولوژیکی محدوده مورد مطالعه که بطور مستقیم یا غیرمستقیم در شکل گیری مخاطرات زمین شناختی مؤثرند ، در این فصل مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته اند. از مجموع ایستگاه های هواشناسی و هیدرومتری موجود، آمار چهار ایستگاه هواشناسی به نامهای پل زغال، گرم رودبار، معدن گاجره و دهدار و سه ایستگاه هیدرومتری به نام های پل زغال، معین دره (آبشار) و ولی آباد مورد استفاده قرار گرفته است. انتخاب این ایستگاه ها که همگی متعلق به وزارت نیرو می باشند، براساس اصول آبشناسی و آمار صورت پذیرفته است. مشخصات ایستگاه های یادشده در جدول ۱-۱ ارائه گردیده است.

نوع ایستگاه	نام ایستگاه	کد	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
هواشناسی	پل زغال	۱۶-۰۲۱	۵۱°۲۰′	۳۶°۳۰′	۳۰۰
هواشناسی	گرم رودبار	۱۶-۰۱۳	۵۱°۱۸′	۳۶°۱۳′	۲۰۰۰
هواشناسی	معدن گاجره	۴۱-۳۳۴	۵۱°۲۴′	۳۶°۰۴′	۲۶۰۰
هواشناسی	دهدار	۱۷-۸۷۴	۵۱°۰۴′	۳۶°۱۲′	۲۸۰۰
هیدرومتری	پل زغال	۱۶-۰۲۱	۵۱°۲۰′	۳۶°۳۰′	۳۰۰
هیدرومتری	معین دره (آبشار)	۱۶-۰۸۳	۵۱°۱۵′	۳۶°۲۰′	۸۵۰
هیدرومتری	ولی آباد	۱۶-۰۸۱	۵۱°۱۸′	۳۶°۱۴′	۱۷۵۰

جدول ۱-۱- مشخصات ایستگاه های هواشناسی و هیدرومتری

۱-۲-۲- دما

دمای متوسط سالیانه در ایستگاه های پل زغال، گرم رودبار و معدن گاجره به ترتیب ۱۴/۹، ۷/۳ و ۵/۸ درجه سانتیگراد می باشد. رابطه گرادیان دمای متوسط سالیانه در این محدوده به صورت زیر است:

$$T = -۰/۰۰۴۱\ H + ۱۶$$

در رابطه یادشده H ارتفاع از سطح دریا برحسب متر و T دمای متوسط سالیانه برحسب درجه سانتیگراد می باشد.

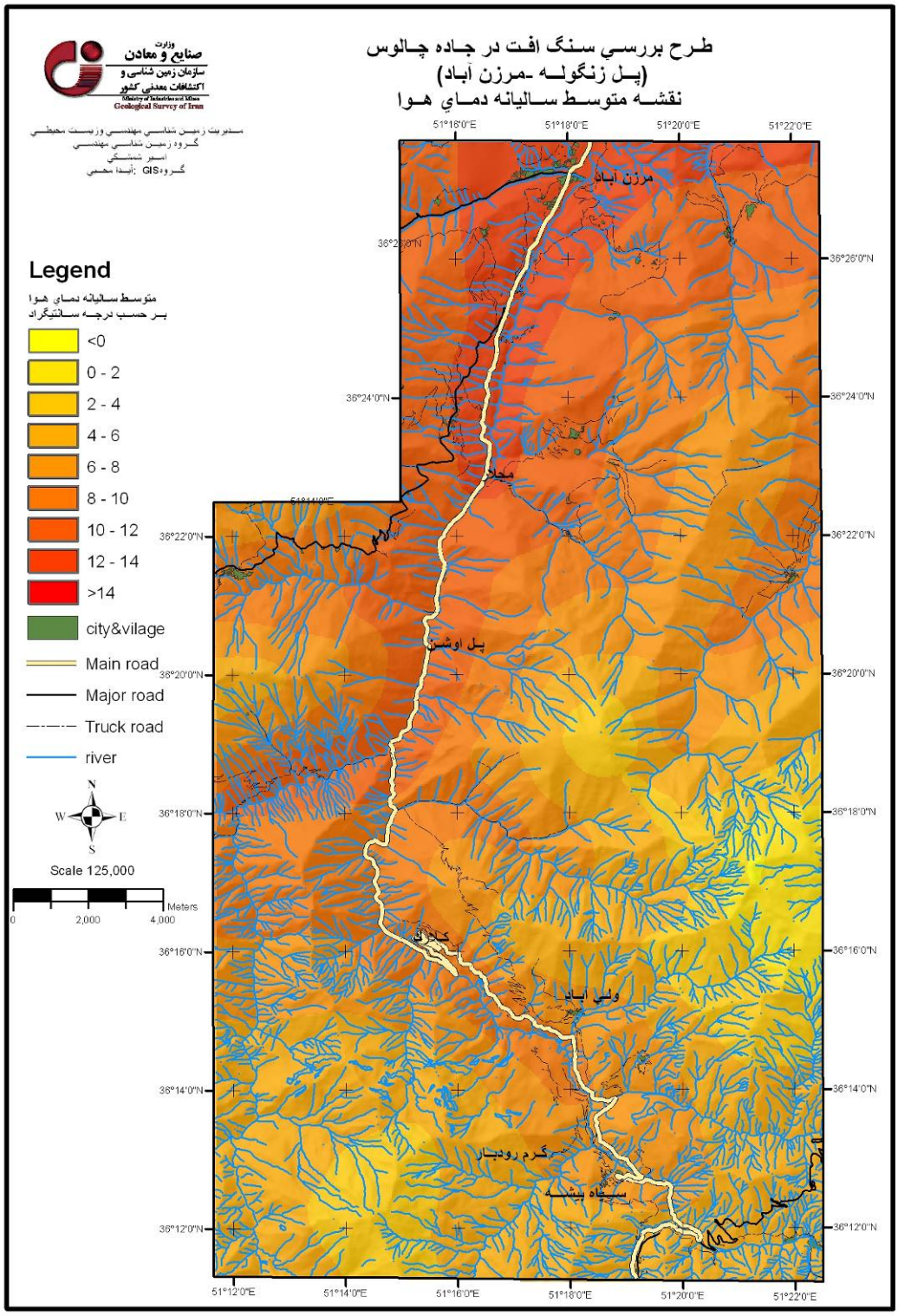
دمای هوا از ۱۳/۹ درجه سانتیگراد زیرصفر (ایستگاه معدن گاجره ـ بهمن ماه سال ۱۳۶۸) تا ۳۰ درجه سانتیگراد بالای صفر (ایستگاه پل زغال ـ مردادماه سال ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹) در نوسان بوده است.

دامنه نوسان متوسط دما در طول یک سال بطور متوسط در ایستگاه های پل زغال ، گرم رودبار و معدن گاجره به ترتیب ۱۷/۵ ، ۲۱ و ۲۵ درجه سانتیگراد است. بنابراین به نظر می رسد که در ارتفاع های بیشتر، گسترش درز و شکاف در سنگ ها ناشی از تأثیرات جوی بیشتر باشد.

متوسط ماهیانه دمای هوا در ایستگاه های مختلف در جدول ۱-۲ ارائه گردیده است. بر این اساس نقشه متوسط سالیانه دمای هوا در گستره مورد مطالعه تهیه گردیده و در شکل ۱-۱ نمایش داده شده است.

نام ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالیانه
پل زغال	۱۷/۳	۱۳/۶	۹/۹	۷/۲	۶/۱	۷/۷	۱۲/۶	۱۶/۳	۲۰	۲۲/۵	۲۳/۶	۲۱/۴	۱۴/۹
گرم رودبار	۱۰/۳	۵/۲	۰/۳	-۳/۶	-۳/۷	-۰/۶	۵/۴	۹/۳	۱۳/۶	۱۷/۸	۱۸/۳	۱۵/۴	۷/۳
معدن گاجره	۱۰	۵	-۰/۴	-۵/۴	-۶/۶	-۳	۲/۶	۹	۱۲/۳	۱۵/۸	۱۷/۳	۱۵/۳	۵/۸

جدول ۱-۲- متوسط ماهیانه دما در ایستگاه های مختلف ـ برحسب درجه سانتیگراد



شکل ۱-۱- نقشه متوسط سالیانه دمای هوا

براساس جدول ۱-۲ ، در هر سال دو دوره مشخص افزایش و کاهش دما مشاهده می شود. افزایش دما از اسفندماه شروع شده تا ۵ ماه ادامه یافته و در مردادماه به حداکثر می رسد. در دوره بعدی از شهریور ماه به مدت ۶ ماه کاهش دما مشاهده می گردد تا این که در بهمن ماه به حداقل می رسد.

علاوه بر نقش مؤثر دامنه نوسان دما در منطقه، حداقل دمای مطلق و وجود شرایط یخبندان نیز عامل مهمی در گسترش و بازشدگی درز و شکافهای سنگ (بویژه در صورت وجود آب در آنها) محسوب می گردد. این پدیده تحت تأثیر نیروی حاصل از افزایش حجم آب در اثر یخ زدگی رخ می‌دهد. با توجه به مطلب یادشده ، متوسط حداقل های مطلق دما در ایستگاه پل زغال، گرم رودبار و معدن گاجره در سردترین ماه سال به ترتیب ۰/۳ ، ۷/۵- و ۱۲/۸- درجه سانتیگراد می باشد. میزان این عامل در دوره های بازگشت مختلف محاسبه و در جدول ۱-۳ ارائه شده است.

نام ایستگاه	دوره بازگشت (سال)						
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
پل زغال	۰/۵	-۱/۱	-۲/۲	-۳/۶	-۴/۶	-۵/۶	-۶/۶
گرم رودبار	-۷/۲	-۹/۹	-۱۱/۷	-۱۳/۹	-۱۵/۶	-۱۷/۲	-۱۸/۹
معدن گاجره	-۱۲/۵	-۱۴/۸	-۱۶/۲	-۱۸/۱	-۱۹/۵	-۲۰/۹	-۲۲/۲

جدول ۱-۳- حداقل مطلق دمای هوا با دوره های بازگشت متفاوت در ایستگاه های مختلف برحسب درجه سانتیگراد

رابطه حداقل مطلق دما (T_m) با ارتفاع (H) در این منطقه به صورت زیر می باشد.

$$T_m = -۰/۰۰۵\,H + ۲/۲$$

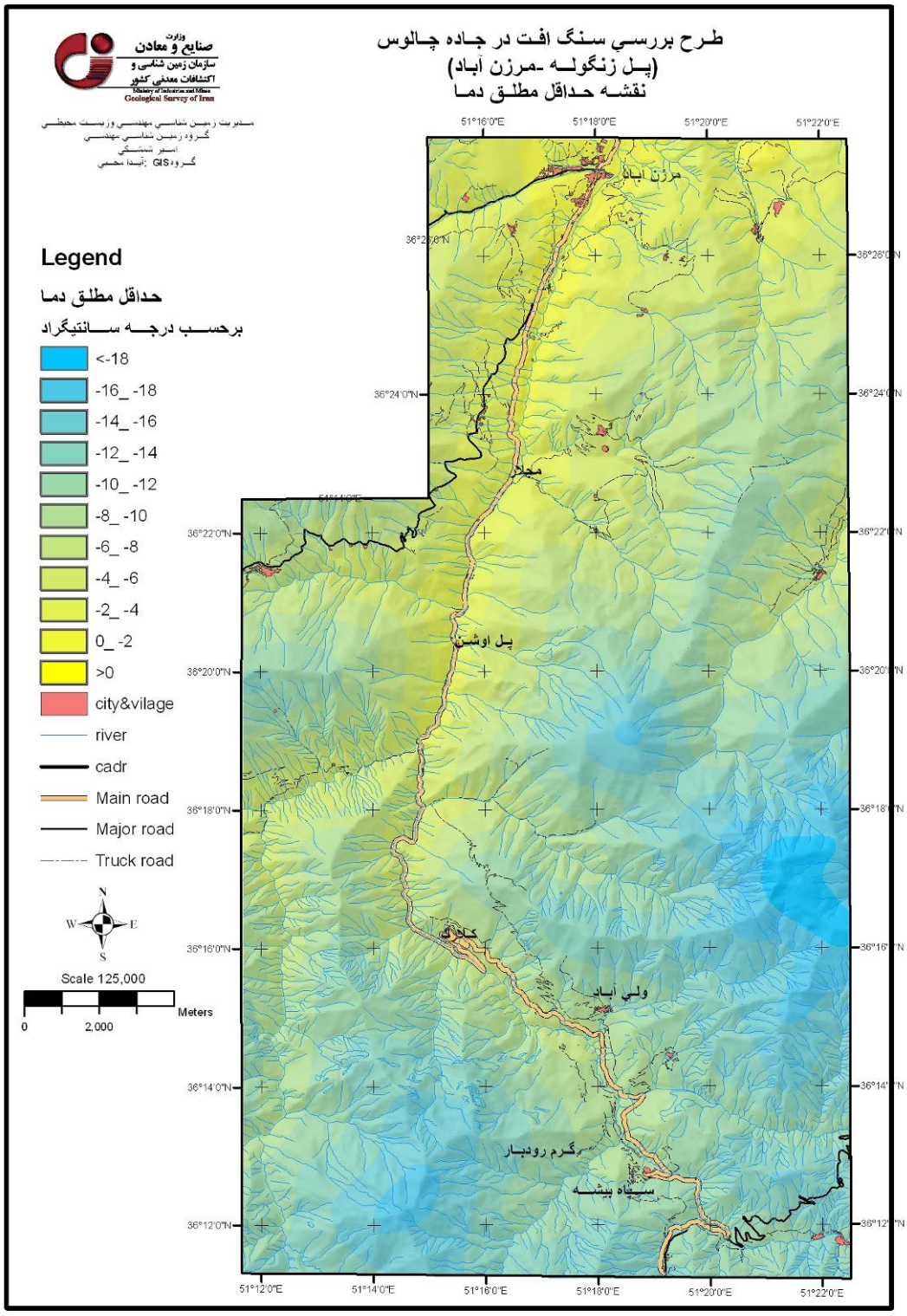
در رابطه بالا، H برحسب متر و T_m برحسب درجه سانتیگراد است.

با استفاده از این رابطه نقشه حداقل مطلق دما در گستره مطالعاتی تهیه و در شکل ۱-۲ نمایش داده شده است. متوسط حداکثرهای مطلق دما در ایستگاه پل زغال ، گرم رودبار و معدن گاجره در گرم‌ترین ماه ، به ترتیب ۲۸/۱ ، ۲۱ و ۲۶/۸ درجه سانتیگراد می باشد. میزان این عامل در دوره های بازگشت مختلف محاسبه و در جدول ۱-۴ ارائه گردیده است.

نام ایستگاه	دوره بازگشت (سال)						
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
پل زغال	۲۸	۲۸/۹	۲۹/۵	۳۰/۲	۳۰/۸	۳۱/۳	۳۱/۹
گرم رودبار	۲۰/۸	۲۲/۷	۲۴	۲۵/۶	۲۶/۸	۲۸	۲۹/۲
معدن گاجره	۲۶/۶	۲۸/۳	۲۹/۴	۳۰/۹	۳۱/۹	۳۳	۳۴

جدول ۱-۴- حداکثر مطلق دمای هوا با دوره های بازگشت متفاوت در ایستگاه های مختلف ـ برحسب درجه سانتیگراد

بدین ترتیب دامنه تغییرات بین متوسط حداکثر و حداقل مطلق دما در ایستگاه های پل زغال، گرم رودبار و معدن گاجره به ترتیب ۲۷/۸ ، ۲۸/۵ و ۳۹/۶ درجه سانتیگراد می باشد. بنابراین تا ارتفاع حدود ۲۰۰۰ متر دامنه تغییرات ناچیز بوده، اما از این ارتفاع به بعد از میزان چشمگیری برخوردار می شود. براین اساس به نظر می رسد که رشد و توسعه درزه ها در سنگ ها تحت تأثیر دمای هوا، از این ارتفاع به بالا نسبت به ارتفاعهای پائین تر بسیار بیشتر باشد.



شکل ۱- ۲- نقشه حداقل مطلق دما

۱-۲-۳- باد

در بین ایستگاه های موجود در منطقه ، ایستگاه پل زغال تنها ایستگاهی است که دارای اطلاعات باد می‌باشد. البته در این ایستگاه فقط سرعت باد ثبت گردیده و سایر آمار و اطلاعات مورد نیاز مانند جهت وزش باد در آن ثبت نشده است. با توجه به شباهت آمار سرعت باد در ایستگاه سینوپتیک نوشهر با ایستگاه پل زغال و همچنین نزدیکی آن به محدوده مورد مطالعه، تحلیل وضعیت باد در منطقه با تلفیق آمار و اطلاعات این دو ایستگاه انجام پذیرفته است.

براساس گلباد رسم شده (شکل ۱-۳) ، بیشتر بادها با سرعتی بین ۳ تا ۵ متر برثانیه و از سوی باختر به منطقه می وزند. در حدود ۵۷/۳۳ درصد از مجموع کل دیده بانی ها، هوا به صورت آرام (سرعت وزش باد کمتر از یک متر برثانیه) بوده است. جهت غالب وزش باد از سوی باختر با سرعتی بین ۳ تا ۵ متر برثانیه می باشد. متوسط ماهیانه سرعت باد در ایستگاه پل زغال در جدول ۱- ۵ ارائه گردیده است.

مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالیانه
۱/۴	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۴	۱/۸	۲	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۶

جدول ۱-۵- متوسط ماهیانه سرعت باد در ایستگاه پل زغال ـ برحسب متر برثانیه

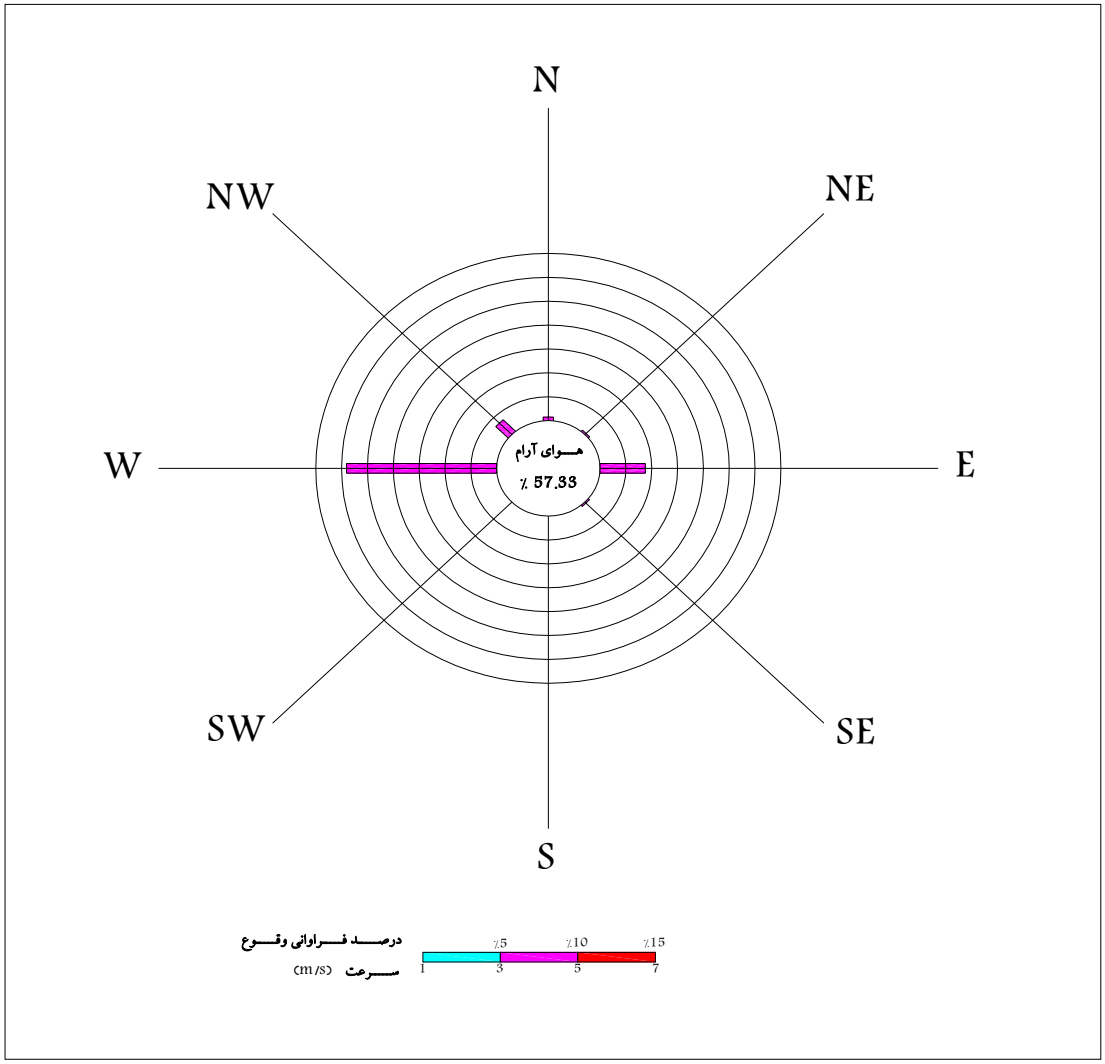
براساس یک دوره آماری ۲۴ ساله از سال ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۰ میلادی، کمترین و بیشترین سرعت تندترین باد در هر سال به ترتیب ۹/۵ و ۲۴/۵ متر برثانیه بوده است. در این دوره متوسط سرعت سریعترین باد در هر سال برابر ۱۷/۳ متر برثانیه است. شاخص بوفورت (Beaufort Index) برای سریعترین باد در هر سال بین عدد ۵ تا ۹ متغیر می باشد. در شاخص ۵ که نسیم تند نامیده می شود، درختان کوچک به حرکت درآمده، روی آبهای ساکن موج ایجاد می گردد. در شاخص ۹ که طوفان شدید نامیده می شود، خسارتهای کمی به ساختمان ها وارد می گردد و دودکش ها می افتند.

میزان سرعت سریعترین باد در هر سال در دوره های بازگشت مختلف محاسبه و در جدول ۱-۶ ارائه شده است.

	دوره بازگشت (سال)						
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
سرعت باد	۱۶/۸	۲۰/۵	۲۳	۲۶/۱	۲۸/۴	۳۰/۶	۳۲/۹
شاخص بوفورت	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱
توصیف	نزدیک طوفان	طوفان	طوفان شدید	طوفان مخرب	طوفان مخرب شدید	طوفان مخرب شدید	طوفان مخرب شدید

جدول ۱-۶- سرعت سریعترین باد در دوره های بازگشت مختلف ـ برحسب متربرثانیه

در شاخص ۱۰ درختها از ریشه کنده شده، خسارتهای چشمگیری به ساختمان ها وارد می شود. در شاخص ۱۱، ساختمان ها و سازه های گوناگون دچار خسارتهای زیادی می شوند. با افزایش میزان شاخص بوفورت (بویژه از عدد ۸ به بالا) میزان سنگ ریزش در دامنه های سنگی ناپایدار تحت تأثیر نیروی باد به شکل چشمگیری افزایش می یابد.



شکل ۱-۳- نمودار گلباد ایستگاه نوشهر

۱-۲-۴- بارندگی

بارندگی یکی از مهمترین عامل ها در بررسی های آب و هواشناسی و آبشناسی می باشد. بطور عمده بارندگی یک عامل مؤثر در ایجاد ناپایداری های دامنه ای به شمار می آید. هرچه میزان بارندگی و

بویژه شدت آن بیشتر باشد، شرایط گسیختگی در دامنه های ناپایدار سنگی یا خاکی فراهم تر است. از این رو میزان بارندگی در گستره مطالعاتی مورد توجه قرار گرفته است. متوسط ماهیانه بارندگی در ایستگاه های پل زغال ، گرم رودبار و معدن گاجره در جدول ۱-۷ ارائه گردیده است.

ماه / نام ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالیانه
پل زغال	۳۷	۴۲	۳۹	۲۹	۳۴	۳۰	۳۰	۲۴	۱۳	۱۱	۱۱	۱۵	۳۱۵
گرم رودبار	۳۵/۵	۲۴/۵	۴۷/۵	۳۳/۵	۳۸/۵	۳۹	۴۱/۵	۸۱	۲۲	۲	۱۱	۱۵	۳۹۱
معدن گاجره	۲۸/۵	۶۶	۵۹/۵	۴۶	۵۰/۵	۷۱/۵	۷۷	۹۶	۲۵/۵	۱۲	۶	۱۰/۵	۵۴۹

جدول ۱-۷- متوسط ماهیانه بارندگی در ایستگاه های مختلف ـ برحسب میلیمتر

در گستره مطالعاتی رابطهٔ گرادیان بارندگی با ضریب همبستگی برابر۰/۸۴ ، به صورت زیر می‌باشد.

$$P = ۰/۱۰۱۹\ h + ۲۶۲/۱۵$$

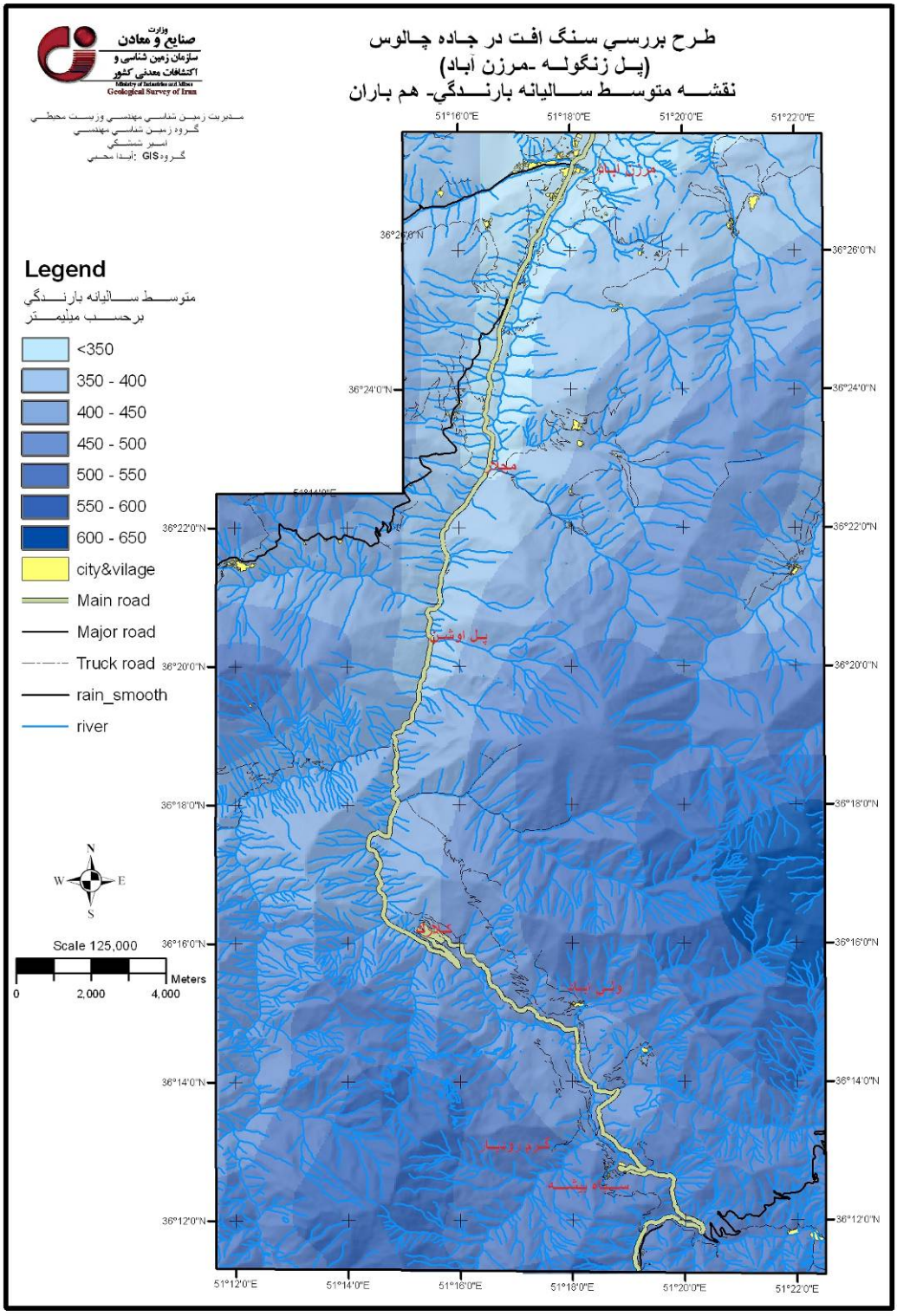
P : میزان بارندگی برحسب میلیمتر

h : ارتفاع زمین برحسب متر

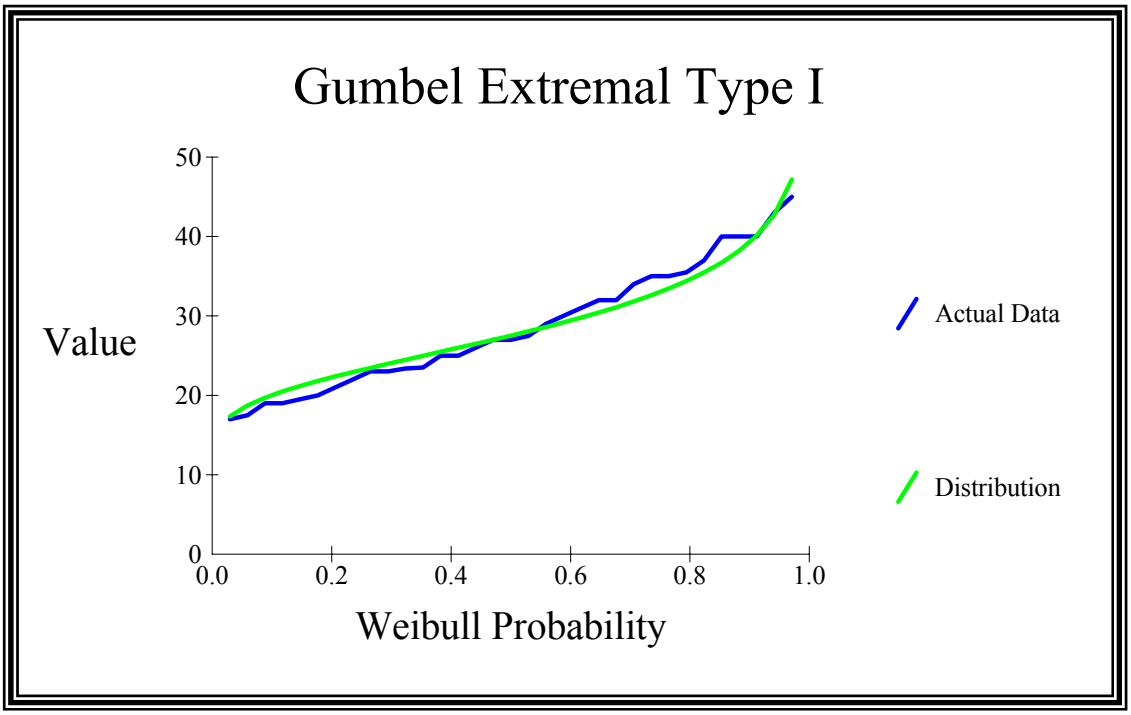
با استفاده از رابطه یادشده، نقشه هم باران تهیه و در شکل ۱-۴ ارائه گردیده است. بطور معمول در تحلیل مخاطرات زمین شناسی و از جمله سنگ افت ، شدت بارندگی نسبت به میزان بارندگی از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد. بنابراین میزان حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در دوره های بازگشت مختلف در ایستگاه های مورد بررسی محاسبه و در جدول ۱-۸ ارائه شده است. تحلیل این داده ها با استفاده از توزیع آماری گامبل انجام پذیرفته است. نمودار توزیع آماری داده های ایستگاه های مختلف در شکل های ۱-۵ تا ۱-۷ نمایش داده شده است.

نام ایستگاه	دوره بازگشت (سال)						
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
پل زغال	۲۷	۳۵	۳۹	۴۵	۵۰	۵۴	۵۸
گرم رودبار	۲۶	۳۲	۳۶	۴۱	۴۵	۴۸	۵۲
معدن گاجره	۳۳	۴۲	۴۸	۵۵	۶۱	۶۶	۷۲

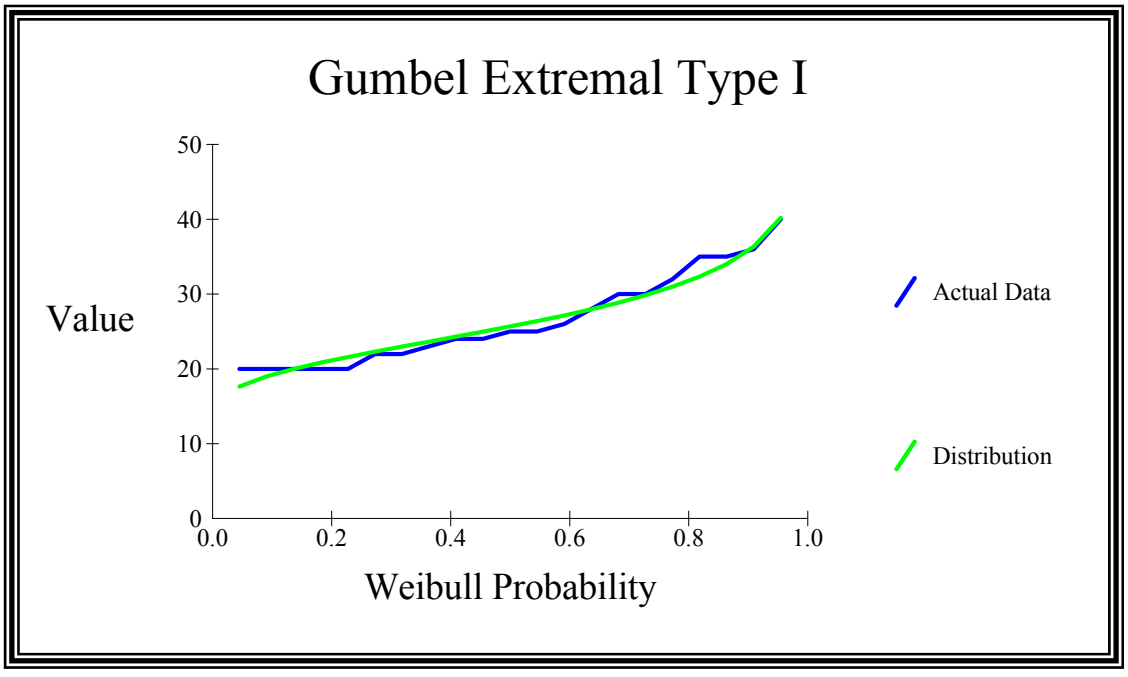
جدول ۱- ۸ - حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در دوره های بازگشت متفاوت در ایستگاه های مختلف ـ برحسب میلیمتر



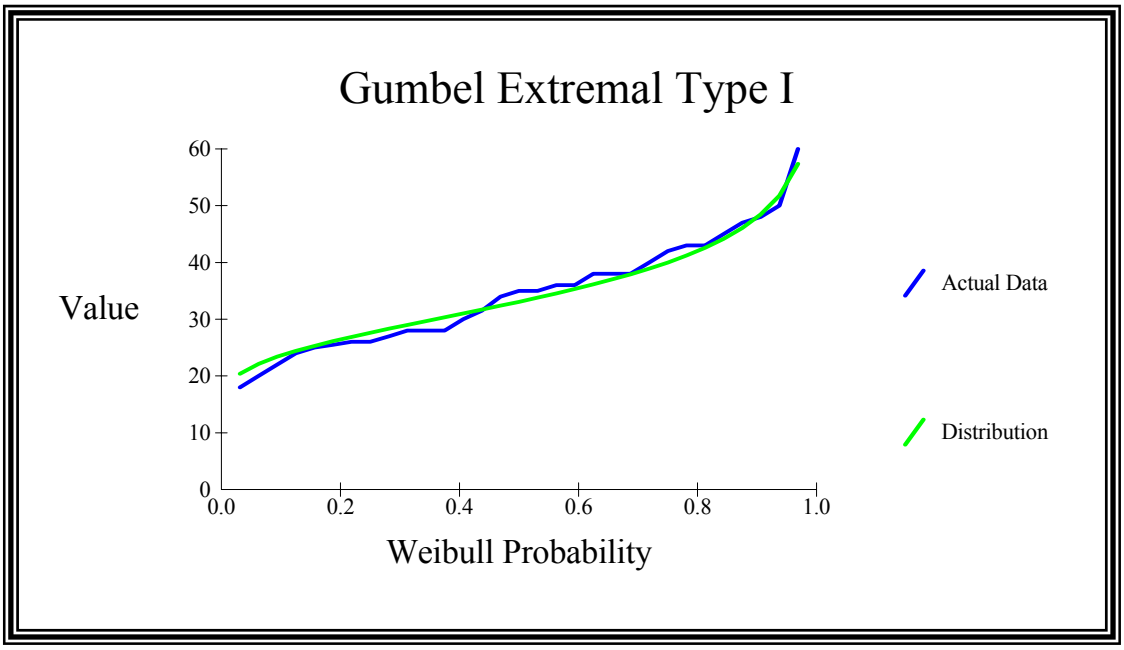
شکل ۱-۴- نقشه متوسط سالیانه بارندگی (هم باران)



شکل ۱- ۵- نمودار توزیع آماری داده های بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه پل زغال



شکل ۱- ۶- نمودار توزیع آماری داده های بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه گرم رودبار



شکل ۱- ۷- نمودار توزیع آماری داده های بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه گاجره

۱-۲-۵- بیشینه دبی لحظه ای

براساس آمار ایستگاه های هیدرومتری ، متوسط دبی اوج رودخانه چالوس در پل زغال، معین دره (آبشار) و ولی آباد به ترتیب ۷۷/۷ ، ۵۱/۶ و ۲۲/۵ مترمکعب برثانیه می باشد.

بیشینه دبی لحظه ای در دوره های بازگشت مختلف محاسبه و در جدول ۱-۹ ارائه شده است.

نام ایستگاه	دوره بازگشت (سال)						
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
ولی آباد	۲۲/۵	۳۹/۴	۴۸/۳	۵۷/۷	۶۳/۸	۶۹/۳	۷۴/۳
معین دره (آبشار)	۴۷/۲	۷۹/۳	۱۰۰/۶	۱۲۷/۵	۱۴۷/۴	۱۶۷/۲	۱۸۶/۹
پل زغال	۷۰/۳	۱۱۱/۴	۱۳۸/۶	۱۷۳	۱۹۸/۴	۲۲۳/۷	۲۴۸/۹

جدول ۱- ۹ - بیشینه دبی لحظه ای رودخانه چالوس در دوره های بازگشت متفاوت در ایستگاه های مختلف ـ برحسب مترمکعب برثانیه

۱-۲-۶- طبقه بندی اقلیمی

۱-۲-۶-۱- روش دو مارتن (De Martonn)

در روش دومارتن نوع اقلیم برحسب میزان ضریب خشکی (I) که با استفاده از رابطه تجربی زیر بدست می آید، مشخص می گردد:

$$I = \frac{P}{T+10}$$

در این رابطه

I = ضریب خشکی

T = متوسط درجه حرارت سالانه (درجه سانتیگراد)

و P = متوسط بارندگی سالانه (میلیمتر) می باشد.

با توجه به این که در گستره مطالعاتی P = ۴۸۰ mm و T = ۷/۴ °C است، میزان ضریب خشکی (I) برابر ۲۷/۶ می باشد. چون مقدار I بین ۲۴ تا ۲۷/۹ قرار داد، این گستره منطقه ای نیمه مرطوب محسوب می گردد.

۱-۲-۶-۲- روش بارات (Barat)

سیستم طبقه بندی اقلیمی بارات براساس میزان آبداری منطقه می باشد. ضریب اقلیمی بارات با استفاده از رابطه تجربی زیر محاسبه می گردد:

$$I = \frac{-P(1-C)}{365-N} + \frac{E}{365}$$

در این رابطه

I = ضریب اقلیمی بارات

P = متوسط بارندگی سالانه (میلیمتر)

C = ضریب رواناب سطحی

N = تعداد روزهای بارانی در سال

و E = تبخیر سالانه (میلیمتر) می باشد.

با توجه به این که در این گستره P = ۴۸۰ mm ، C = ۰/۵۵ ، N = ۵۸ و E = ۸۵۳ mm است ، میزان I برابر ۱/۶۳ می باشد. چون I بین ۰ تا ۷ قرار دارد ، در این شیوه گستره مطالعاتی منطقه ای نیمه مرطوب محسوب می گردد.

فصل دوم

زمین ریخت شناسی، زمین شناسی، زمین ساخت و زمین شناسی مهندسی

۲-۱- زمین ریخت شناسی

مسیر جاده آسفالته چالوس از پل زنگوله تا مرزن‌آباد در نیمه شمالی گستره البرز مرکزی قرار دارد. این بخش از البرز مرکزی در تمامی گستره البرز دارای بیشترین ارتفاع است و نامتقارن ترین بخش را در دامنه‌های شمالی و جنوبی به سبب عملکرد شدید فرسایش و حفرشدگی دره بخود اختصاص داده است. شیب توپوگرافی دامنه‌های شمالی بسیار بیشتر از دامنه‌های جنوبی آن است.

منطقه مورد مطالعه دارای بلندیهای پرشماری تا ارتفاع بیش از سه هزار می باشد. در برخی نقاط و به پیروی از ساختار زمین شناسی کم وبیش خاوری ـ باختری البرز، در اثر گسله ها و راندگی ها، الگوی کوه ـ دره در چند نوبت تکرار شده است.

انواع سنگ های رسوبی، آذرین و دگرگونی در منطقه رخنمون دارند. همه ردیف های چینه شناسی از سازند کهار یا کهر تا انباشته های کواترنر به جز چند وقفه رسوب گذاری، شناخته شده اند. انباشته های کم گستره کواترنر، بیشتر در پیرامون مرزن آباد و دشت نظیر قابل مشاهده اند. هماهنگ با میزان مقاومت سازندها در برابر فرسایش و جایگاه ساختاری مربوطه، ریخت هایی بسیار متنوع پدید آمده اند. نهشته های به نسبت نرم تر سازند شمشک و نیز رسوبات مارنی ـ آهکی کرتاسه بالا، پستی و بلندیها و دامنه هائی کم ارتفاع تر را ساخته اند. دولومیت های مقاوم سازند سلطانیه، سنگ آهک های صخره ساز سازندهای تیزکوه ، روته ، مبارک، برجستگی‌ها و دیواره هائی گاهی پله مانند، پدید آورده اند.

ریخت های زمین شناسی ویژه، از ساختمان های زمین ساختی اصلی پیروی می کنند. عملکرد فازهای مختلف زمین ساختی باعث بروز شکستگی‌های مختلف بصورت گسله های رانده، معکوس، نرمال، راستالغز و خطواره‌های فراوانی شده است که با برخورداری از پتانسیل شدید فرسایش، دره های عمیق را ایجاد کرده است. بدین ترتیب تراکم و گستردگی رودخانه‌ها در این بخش از البرز مرکزی زیاد است. در بخش شمالی به دلیل بارش بیشتر رودخانه‌های اصلی فواصل کمتر و گستردگی بیشتری دارند و از طول بیشتری نیز برخورد دارند.

آبراهه ها، هماهنگ با ویژگیهای هر محل، به شکل های موازی با ساختمانهای زمین شناسی یا عمود بر آنها، با طرح شعاعی و یا شاخه ای توسعه یافته اند.

حوضه آبریز رودخانه چالوس، حوضه‌ای عرضی و نامتقارن با روند شمالی ـ جنوبی است. ریخت‌شناسی منطقه به شدت تحت تأثیر ماهیت سنگ شناختی و ساختمان زمین‌شناسی ناحیه قرار دارد و در آن فرایش‌های شدید تا پلئیستوسن نقشی اساسی داشته است.

وجود دره‌های ژرف و به شدت بریده شده دلالت بر پویایی زمین ساختی ناحیه و تغییر سطح اساس در عهد حاضر دارند.

۲-۲- زمین شناسی عمومی

در این بخش سازندهای دربرگیرنده شیب‌های سنگی مطالعه شده در مسیر پل زنگوله تا مرزن‌آباد به آن مقدار که در فصلهای بعدی به آن نیاز می‌باشد توصیف شده اند. برای داده های بیشتر در مورد زمین شناسی این محدوده به نقشه زمین شناسی پیوست مراجعه شود.

۲-۲-۱- سازند کهر

کهن‌ترین سنگهای منطقه با ستبرا ۱۶۰۰ متر در بالاآمدگی کوه کهار پیدا شده و سازند کهار یا کهر $P\epsilon^{sh,s}$ نامیده شده است. در این سازند، بیش‌تر شیل‌های سیلت‌دار نازک لایه و نیز ماسه سنگهای ریزدانه دیده می‌شوند. در بخش پایین برش الگو در کوه کهار، چند میان لایه از دولومیتهای زرد مایل به قهوه‌ای و سنگ آهک خاکستری تیره رنگ یافت می‌شود. برخلاف بخش پائینی، در بخش بالایی آن اغلب کوارتزیت های خیلی روشن و متمایل به قرمز دیده می‌شود. بنظر می‌رسد که به سوی پائین، به میزان میکاها و کانی‌های رسی در شیل‌ها افزوده می‌شود. در منطقه مورد مطالعه، ماسه‌سنگهای ورقه‌ای در مقایسه با شیل‌ها رو به فزونی گذاشته‌اند.

ماسه سنگ سازند مورد گفتگو در محدوده مورد مطالعه دارای دو تا سه سیستم اصلی درزه می‌باشد که بطور غالب دو سیستم اصلی درزه را در خود نشان می‌دهد. درجه هوازدگی آن بر اساس توصیه انجمن جهانی زمین شناسی مهندسی (IAEG)، W1- W2 می‌باشد که بطور عمده W2 است. از دیدگاه مقاومتی، سنگی «بسیار مقاوم» (Very Strong) می‌باشد.

۲-۲-۲- سازند سلطانیه

در محل برش الگو (کوه‌های سلطانیه)، سازند سلطانیه از سه عضو دولومیت پائینی (۱۲۳ متر)، شیل چپقلو (۲۴۷ متر) و دولومیت بالایی (۷۹۰ متر) تشکیل شده است. حمدی (۱۳۷۲) نشان داد که سازند سلطانیه را می‌توان به ۵ عضو تقسیم کرد و درضمن مرز پرکامبرین-کامبرین به تقریب در لایه‌های آغازین سومین عضو این سازند قرار دارد. به همین رو بخشی از سازند سلطانیه که سن پرکامبرین پسین دارد منحصر به عضوهای ۱ (دولومیت پائینی) و ۲ (شیل پائینی) این سازند است.

سازند سلطانیه $p\epsilon\text{-}\epsilon^{d}$ از دولومیتهای ستبر لایه روشن، سفید تا خاکستری- زرد تشکیل شده است که همراه با عضو شیلی چپقلو در بخش زیرین آن (متشکل از سیلتهای تیره، شیلهای ماسه‌ای، دولومیتهای قهوه‌ای و سنگ آهک)، بدون اختلاف شیب محسوس، با ناپیوستگی و همبری تند بر روی سازند کهار جای گرفته است.

دولومیت سازند مورد گفتگو در محدوده مورد مطالعه، دارای دو سیستم اصلی درزه می‌باشد. درجه هوازدگی آن بر اساس توصیه (IAEG)،از W3تا W1 متغیر است که بطور عمده W2 می‌باشد.از دیدگاه مقاومتی، سنگی « مقاوم» است.

۲-۲-۳- سازند لالون

یکی از گسترده‌ترین سازندهای کامبرین پیشین ایران است که کم و بیش در همه جا ترکیب سنگ‌شناسی مشابهی دارد. در محل برش الگو در دامنه خاوری دره لالون و دیگر نقاط ایران، سازند لالون ϵ^{S} شامل ستبرای متغیری (۶۰۰-۴۰۰ متر) از ماسه‌سنگهای آرکوزی، متوسط دانه، کوارتزی، متراکم به رنگ سرخ ارغوانی است که با داشتن چینه‌بندی متقاطع و موج نقش، شاخص است.

گلاوس ستبرای این سازند را در نزدیک گذرگاه کندوان، ۳۰۰ متر اندازه‌گیری کرده و بر این باور است که به سوی نوک علم‌کوه در باختر، از ستبرای آن کاسته می‌شود.

ماسه سنگ سازند مورد گفتگو در محدوده مورد مطالعه دارای دو سیستم اصلی درزه می‌باشد. درجه هوازدگی آن بر اساس توصیه (IAEG)، W2 -W1 می‌باشد که بطور عمده W2 است.از دیدگاه مقاومتی، سنگی « مقاوم» تا «بسیار مقاوم» می‌باشد.

۲-۲-۴- سازند میلا

برش الگوی سازند میلا توسط روتنر وهمکاران (۱۹۶۳) در میلاکوه دامغان، به ستبرای ۵۸۵ متر اندازه‌گیری و معرفی شده است. نامبردگان به دلیل ناهمگنی‌های موجود، سازند میلا ϵO^{ld} را به ۵ عضو تقسیم کرده‌اند و در محدوده نقشه مرزن‌آباد و در رخنمون‌هایی از باختر درود تا حسنکدر (دره‌کرج) سه عضو زیرین شناسایی شده است (آسرتو ۱۹۶۳). برای عضوهای یاد شده، سن کامبرین میانی تا پسین درنظر گرفته شده است.

این سازند از دولومیت، دولومیت آهکی، مارن ورقه‌ای، سنگ‌آهک سفید-صورتی، ماسه سنگ، فورش سنگ و شیل پدید آمده است.

سنگ آهک مارنی سازند مورد گفتگو در محدوده مورد مطالعه، دارای سه سیستم اصلی درزه می‌باشد. درجه هوازدگی آن بر اساس توصیه (IAEG)،از W1 تا W3 متغیر می‌باشد که بطور عمده W2 است.از دیدگاه مقاومتی، سنگی « مقاوم» می‌باشد.

۲-۲-۵- سازند جیرود

در محل برش الگو (روستای جیرود- شمال خاوری تهران) شامل چهار عضو (A, B, C, D) بوده و ۷۶۰ متر ستبرا دارد. بنا به توصیه کمیته ملی چینه شناسی ایران، در حال حاضر واژهٔ سازند جیرود

تنها هم ارز با عضو A برش الگو است که معرف سنگهای دونین بالایی البرز مرکزی و باختری است. عضوهای B، C،D به سن کربونیفر، قابل قیاس با سازند مبارک است.

آسرتو و همکار (۱۹۶۴)، در مطالعات اولیه، عضو A با ۳۵۵ متر ستبرا، را دونین پسین دانستند که شامل ۱۴۰ متر ماسه سنگ و آهک ماسه‌ای در پایین، ۱۴۰ متر بازالت پلاژیوکلاز در میانی و ۵۵ متر ماسه‌سنگ، کنگلومرا و سنگ آهک فسیل‌دار در بالا است.

در جاده چالوس، در نیمه راه ولی‌آباد به نهارخوران لارک، بخش‌هایی از سازندهای میلا و کوارتزیت‌های قاعده‌ای آن و نیز سازند جیرود $D^{s,l,m}$ ، در میان سازندهای لالون و مبارک شناخته شده است. حدود ۵۰ تا ۶۰ متر ماسه‌سنگها، شیلها و درون لایه‌های سنگ آهک براکیوپوددار و نیز افق نازک گدازه بازی وابسته، به احتمال قوی، نشانگر بودن تنها عضو A (زیرین) سازند جیرود در این منطقه هستند (وحدتی-ندیم،۱۳۷۸).

سنگ آهک سازند مورد گفتگو در محدوده مورد مطالعه دارای سه سیستم اصلی درزه می‌باشد. درجه هوازدگی آن بر اساس توصیه (IAEG)، W1- W2 می‌باشد که بطور عمده W2 است. از دیدگاه مقاومتی، سنگی « مقاوم» می‌باشد.

۲-۲-۶- سازند مبارک

سازند مبارک (آسرتو،۱۹۶۳) با بیشینه ستبرای نزدیک به ۴۵۰ متر در برش الگو (شمال مبارک‌آباد) و پیرامون گردنه امامزاده هاشم رخنمون دارد که بر روی عضو A سازند جیرود قرار گرفته است.این سازند، ردیف همگنی از سنگ‌آهک لایه‌ای است که میان‌لایه‌های شیلی- مارنی تیره‌رنگ دارد و به جز در برش دره‌ها، واریزه‌های سطحی تناوب‌های شیلی را پوشانده‌اند . برای این سازند سن کربونیفر پیشین در نظر گرفته شده است.

در شمال راندگی کندوان به مانند مبارک‌آباد، به جز چندتایی رخنمونهای کوچک شامل چند ده متر نهشته‌های قاعده‌ای قابل مقایسه با عضو A سازند جیرود، بقیه ردیف سنگهای کربونیفر، کم و بیش همسان سازند مبارک هستند. کارتیه در جاده چالوس، در حوالی مکارود یک مقطع کامل از سازند مبارک، شامل شش بخش، با ستبرا ۴۹۰ متر را اندازه‌گیری کرده است.

سنگ آهک سازند مورد گفتگو $C^{l,d,m}$ در محدوده مورد مطالعه بطور غالب دارای سه سیستم اصلی درزه می‌باشد. درجه هوازدگی آن بر اساس توصیه (IAEG)، W1- W2 می‌باشد که بطور عمده W2 است.از دیدگاه مقاومتی، سنگی «بسیار مقاوم» تا «مقاوم» می‌باشد.

۲-۲-۷-سازند درود

سازند درود (آسرتو، ۱۹۶۳) در برش الگو در شمال خاور روستای درود، با ستبرای حدود ۱۵۰ متر رخنمون دارد. بطور عمده از ماسه‌سنگ، سیلت سنگ و شیلهای قرمزرنگ تشکیل شده و گاهی دارای تناوب‌های سنگ‌آهک مارنی، کوارتزیت و کنگلومرای کوارتزیتی است.در میانه‌های آن سنگ‌آهکهای فوزولینیددارخاکستری رنگ با ستبرای ۴۰ تا ۵۰ متر با سن پرمین پیشین دیده می‌شوند.

در نزدیکی حسنکدر، ستبرای درود تا ۹۰ متر کاهش می‌یابد(لورنز،۱۹۶۴) و در برش نزدیک مکارود در جاده چالوس توسط کارتیه (۱۹۷۱) تا ۴۹۰ متر اندازه‌گیری شده است.

ماسه سنگ سازند مورد گفتگو $\mathbf{P^{ss}}$ در محدوده مورد مطالعه دارای دو سیستم اصلی درزه می‌باشد. درجه هوازدگی آن بر اساس توصیه (IAEG)، W1- W2 می‌باشد که بطور عمده W2 است. از دیدگاه مقاومتی، سنگی « مقاوم» است.

۲-۲-۸- سازند روته

به عنوان دومین چرخهٔ رسوبی پرمین البرز- آذربایجان، در سال ۱۹۶۳، توسط آسرتو در درهٔ روته به ستبرای ۲۳۰ متر مطالعه و معرفی شده است. این سازند در بیشتر نواحی البرز خاوری و البرز مرکزی و آذربایجان، از ردیف‌های به نسبت همگنی از سنگ‌آهک‌های لایه‌ای، خاکستری تا تیره با تناوب‌هایی از لایه‌های نازک مارن تشکیل شده است.

بخش های پایانی سنگ‌آهک‌های روته همواره نشانگر یک سطح فرسایشی- کارستی است که ممکن است با گدازه‌های آتشفشانی (دره چالوس) مشخص باشد.

سنگ آهک سازند مورد گفتگو $\mathbf{P^{ld}}$ در محدوده مورد مطالعه، دارای سه سیستم اصلی درزه می‌باشد. درجه هوازدگی آن بر اساس توصیه (IAEG)، W1- W2 بوده که به‌طور عمده W2 است. از نظر مقاومتی، سنگی «بسیار مقاوم» می‌باشد.

۲-۲-۹- سازند الیکا

سنگ‌های تریاس پائینی – میانی البرز، ردیف‌های کربناتی آهکی- دولومیتی به نام »سازند الیکا« هستند که برش الگوی آن را گلاوس (۱۹۶۴) در درهٔ نور و در ۵ کیلومتری پائین دست روستای الیکا به ستبرای ۲۹۵ متر، مطالعه و معرفی کرده است.

در محل برش الگو و سایر نقاط البرز، بخش پائینی سازند الیکا، شامل ستبرای حدود ۱۰۰ متر از سنگ‌آهک‌های نازک لایه و آهک‌های مارنی است که کمی مارن و یا میان لایه‌های نازک دولومیت دارد. در بخش بالایی سازند الیکا، در همه جا، کربنات‌های دولومیتی-آهکی ستبر لایه، روشن رنگ و

متراکم با ستبرای متغیر تا حداکثر ۲۰۰ متر دیده می‌شوند که سیمای برجسته و کوه‌ساز دارند و به دولومیت‌های الیکا $\mathbf{TR^{m.c}}$ معروف‌اند.

سنگ آهک سازند مورد گفتگو در محدوده مورد مطالعه، بین دو تا سه سیستم اصلی درزه را داراست. درجه هوازدگی آن بر اساس توصیه (IAEG)، W1- W2 بوده که بطور عمده W2 است. از دیدگاه مقاومتی، سنگی «بسیار مقاوم» تا «مقاوم» می‌باشد.

۲-۲-۱۰- سنگهای آذرین

سنگهای آتشفشانی با سن کرتاسه زیرین $\mathbf{K^{at}}$ و $\mathbf{K^{as}}$ و $\mathbf{K^{b.a}}$ دربرگیرنده دیاباز پورفیری و آتشفشانی های آگلومرایی می‌باشد. نمونه‌های آلکالی بازالت در نزدیکی روستاهای مکار و کنس‌دره با ستبرایی بیش از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر بیرون‌زدگی دارند.

سنگهای دربرگیرنده شیبهای سنگی در محدوده مورد مطالعه، آلکالی بازالت- بازالت و دیاباز بوده‌اند که دارای ۳ سیستم اصلی درزه می‌باشند. درجه هوازدگی آنها بر اساس توصیه (IAEG)، W1- W2 می‌باشد که به طور عمده W2 است. از دیدگاه مقاومتی، سنگها یی «بسیار مقاوم» می‌باشند.

۲-۲-۱۱- نهشته های کواترنر Q

نهشته های کواترنری مطنقه مورد بررسی به نسبت، بسیار ناچیز و کم گسترش هستند زیرا یال شمالی البرز، شدیدترین فعالیت های کواترنری را بخود دیده و در نتیجه فرسایش بسیار شدیدی را پشت سر گذاشته است. به علت فرایش پیوسته و حضور پرشمار بلندی های بسیار سرفراز در ناحیه، نهشته های کواترنری، مجالی برای رسوبگذاری پیدا ننموده ویا به دنبال فرسایش به خارج از منطقه حمل شده اند. در بقایای ناچیز برجا مانده در این ورقه تقسیم بندیهای متداول چندان کارساز نبوده و بنابراین بر روی نقشه مجموعه نهشته های آبرفتی کهن و جدید (کوهرفت، خاکهای برجامانده، رسوبات پرکننده دره ها که بخشی از آنها دریاچه ای هم می توانند باشند) به گونه تفکیک نشده مشخص شده اند.

در نهشته های جنوب دشت نظیر نیز چینه بندی متقاطع و ساختارهای سال چینه ای، نشان از واریزه‌هائی دلتائی ـ دریاچه ای دارند.

در جاده چالوس ستبرای آبرفت ها از مکارود به سوی شمال، به سرعت افزایش یافته و به ضخامتی بیش از ۱۰۰ متر می رسد. همچنین آبرفتهای جوان سخت نشده بستر رودخانه (Q^{al}). واریزه ها (Q^{s}) و زمین لغزش ها (Q^{l}) از دیگر نهشته های کواترنری هستند که گاهی در گوشه و کنار منطقه مورد بررسی دیده می‌شوند.

۲-۳- زمین‌شناسی ساختمانی

۲-۳-۱- کلیات

پوسته سخت زمین مهمترین بستر و جایگاهی است که تمامی فعالیت های سطحی و زیرسطحی بشر به آن ختم می‌گردد. این فعالیت ها از اکتشاف و استخراج منابع با ارزش گرفته تا ساخت سازه های چند منظوره و یا گذر شریان های حیاتی مانند لوله‌های آب، گاز و راه های ارتباطی اصلی و فرعی، علاوه بر حفظ و نگهداری در دوره طرح، به مکان ها و مسیرهای امنی نیاز دارند و در صورت وجود ناپایداری های زمین‌ساختی، برای اصلاح و افزایش ضریب ایمنی، نیازمند اقدامات لازم و شایسته هستند.

رشته کوههای البرز با برخورداری از زمین ساخت فشارشی ناشی از همگرایی اوراسیا طرحهای پویایی از شکستگیهای پوسته البرز را به نمایش گذاشته است. رویداد زمین‌لرزه‌های با بزرگی زیاد نظیر زمین‌لرزه‌های بلده (۱۳۸۳)، رودبار (۱۳۶۹) و ... نشانه پویایی زمین ساخت این ناحیه است.

در بررسی گسلش مسیرجاده چالوس، حدفاصل پل زنگوله تا مرزن‌آباد از نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، عکسهای هوایی ۱:۲۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مرزن‌آباد و نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی استفاده شد که در بازدید صحرایی مورد استفاده قرار گرفته و نتایج آن در این گزارش ارائه شده است.

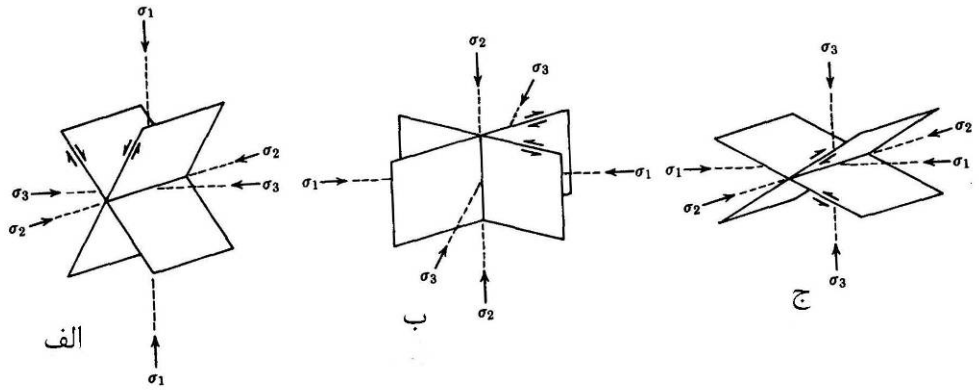
۲-۳-۲- گسلش

هر نوع گسیختگی و نبود پیوستگی ساختاری در سنگ را گسله نامند. گسلش به شکستگی هایی در پوسته زمین گفته می‌شود که در یکی از جهت های مربوط به هندسه فضایی آن جابه‌جایی رخ داده باشد.

گسله ها ساختارهایی هستند که در نتیجه رفتار شکننده سنگهایی ایجاد می‌شوند که درآن سنگ‌های دو سوی گسله در پهنایی کم و بصورت ناپیوستگی‌های صفحه‌ای نسبت به یکدیگر جابه‌جا شده‌اند.

گسله ها براساس **هندسه** و **زایش** تقسیم‌بندی می‌شوند. در تقسیم‌بندی هندسی، ریک (Rake) لغزش کلی، موقعیت فضایی گسله ها نسبت به موقعیت فضایی سنگهای مجاور ، زاویه شیب گسله ها و حرکت ظاهری گسله ها مد نظر قرار دارند ولی در تقسیم‌بندی زایشی، اساس طبقه‌بندی به نوع حرکت نسبی در امتداد گسله ها بستگی دارد که خود ناشی از چگونگی تشکیل و ساز و کار توسعه گسله است. در این میان مهمترین طبقه‌بندی گسله ها به تقسیم‌بندی دینامیکی آنها مربوط می‌شود که برپایه روابط هندسی بین سطوح گسیختگی و جهت تنش های اصلی استوار است **($\sigma1 > \sigma2 > \sigma3$)**.

بطور کلی گسله ها در تقسیم‌بندی دینامیکی به سه دسته عمده تقسیم می‌شوند (شکل ۱):



تقسیم بندی دینامیکی گسله ها: الـف) گـسله نرمـال؛ ب) گـسله امتـدادلغز؛ ج) گسله رورانده (اقتباس از آندرسن، ۱۹۵۱، ص ۱۵)

در ادامه واژه های به کار رفته در این گزارش توضیح داده شده است.

گسله نرمال

گسله کششی (Extensional) است که در آن قطعه بالایی (Hanging wall) نسبت به قطعه پایینی (Foot wall) در امتداد شیب صفحه گسله به پایین حرکت کرده است. تنش اصلی مطـابق شـکل (الف) است. یعنی جهت **σ1** عمودی است. در این حالت معمـولا شـیب صـفحه گـسله حـدود ۶۰ درجـه است.

گسله امتداد لغز (Strike-slip Fault)

گسله ایست که صفحه گسلی آن معمولا دارای شیب قائم بوده و جهت لغزش قطعـات دو طـرف سطح گسله نیز تقریبا افقی است. در این حالت مؤلفه‌های تنش اصلی مطابق شکل (ب) است. یعنی جهت **σ2** عمودی است.

گسله های راندگی و معکوس

گسله فشارشی (Compressional) است که در آن قطعه بالایی نسبت به قطعه پایینی در امتداد شیب صفحه گسله به طرف بالا حرکت کرده است. مؤلفه‌های تنش اصـلی نیـز مطـابق شـکل (ج) اسـت. یعنی جهت مولفه **σ3** عمودی است.

۲-۳-۳- خطواره ها (Lineaments)

واژه خطواره (O'leary Friedman & Phon; 1976،)به معنی شبیه خط و یا وابسته به خط است که می‌تواند معرف یک پدیده خطی ساده و یا مرکب و قابل برداشت از سطح زمین باشد بطوری‌که قسمتهای مختلف آن در راستای تقریبا خطی و یا با انحنای کم، کاملا از ریخت های پیرامون خود قابل تشخیص بوده و احتمالا منعکس کننده یک پدیده موجود در زیرزمین باشد. پدیده‌های سطحی ممکن است فیزیوگرافیک (مربوط به ناهمواریها) و یا رنگ مایه‌ای (Tonal) مربوط به تغییرات رنگ پوشش سطح زمین باشد.

پدیده‌های فیزیوگرافیک در سطح زمین باید بطور مشخص خطی بوده تا اطلاق واژه خطواره در مورد آنها درست باشد. خطواره‌ها ممکن است ساده (یک پدیده منفرد و یا یکسری پدیده‌های منفرد) و یا ممکن است مرکب (مجموعه‌ای از پدیده‌های مجزا و یا مجاور هم) باشند. اندازه واقعی خطواره‌ها بستگی مستقیم به مقیاس مطالعه دارد.

۲-۳-۴- فازهای زمین ساختی مؤثر در گستره البرز مرکزی

فازهای زمین ساختی مؤثر در البرز مرکزی عبارتند از:

- فاز چین‌خوردگی (کوهزایی) پرکامبرین- کامبرین که باعث فرایش کوه کهار شده است.
- تکاپوی خشکی‌زایی در کرتاسه پسین
- فاز چین‌خوردگی اولیه در اولیگوسن
- فاز چین‌خوردگی میو- پلیوسن
- جوانترین کوهزایی در پلئیستوسن باعث ایجاد روراندگیهای اصلی در منطقه شده است (نظیر گسله کندوان)

بلندای امروزی کوه البرز خیلی جوان است و از حرکت های قائم میوسن و بطور عمده پلیو- پلیئستوسن نتیجه شده است.

گانسر و هوبر (۱۹۶۲) رشته کوه البرز را در برش چالوس- کرج (از شمال به جنوب) به هفت بخش ساختاری و چینه نگاشتی تقسیم می‌کنند که محدوده مورد مطالعه از شمال به جنوب در بخش‌های زیر قرار گرفته است.

- زون مزوزوئیک شمالی
- رشته پالئوزوئیک مرکزی رانده شده به روی زون ترشیر مرکزی
- زون ترشیر مرکزی

نگاه کلی به ساختار البرز نشان می‌دهد که در البرز جنوبی روراندگیها با شیب تند به سوی جنوب و در البرز شمالی، شیب روراندگیها به سوی شمال است و میل گسله ها بطرف شمال، نشانگر حرکت کلی به سوی شمال است (اشتوکلین؛ ۱۹۶۹).

در منطقه مورد مطالعه، مجموعه‌ای از سیستم راندگی و گسله های معکوس اغلب بزرگ زاویه دیده می‌شود (وحدتی؛ ۱۳۷۹).

مهمترین گسله های مورد مطالعه عبارتند از :

- گسله معکوس بزرگ زاویه مرزن‌آباد

درازای این گسله بیش از ۲۰ کیلومتر است و تنها بخش کوچکی از آن در نقشه دیده می‌شود. این گسله در جنوب آبادی سیدکلام‌سر با جهت‌گیری منحنی‌وار خود، واحد آهکی مارنی کرتاسه را به جنبش واداشته است. جهت شیب صفحه گسله به سوی جنوب است.

- گسله رانده ـ معکوس بزرگ زاویه مجلار

اثر سطحی این گسله که به حالت منحنی و بطور عمده راستای NE-SW را نشان می دهد، ادامه گسله رانده ـ معکوس بزرگ زاویه دشت نظیر- ناتر با درازای بیش از ۵۰ کیلومتر است که باعث جابه‌جایی رو به شمال شده است. شیب کلی صفحه گسله آن عمدتا بسوی جنوب قرار دارد و از جنوب روستای گلجار گذر می‌کند. امتداد این گسله رانده- معکوس در شمال خاوری روستای مجلار توسط گسله سماء- مجلار حدود ۲ کیلومتر جابجا شده است.

- گسله رورانده ـ معکوس بزرگ زاویه سما ـ مجلار

این گسله که در نقشه زمین‌شناسی بطور عرضی قرار دارد، دارای راستای آزیموتی ۲۸۲ درجه است. سازوکار این گسله در بخش خاوری بصورت راندگی و در بخش باختری بصورت گسله معکوس بزرگ زاویه است ولی در محدوده مورد بررسی، سازوکار دقیق آن با توجه به پیچیدگی‌های ساختمانی با گسله معکوس بزرگ زاویه هماهنگی بیشتری دارد. در هر صورت سازوکار این گسله و جابه جایی گسله رورانده دشت نظیر ـ ناتر در محدوده مورد بررسی شرایط پیچیده‌ای را ایجاد کرده است که احتیاج به مطالعات دقیق‌تر زمین ساختی دارد.

- گسله راستالغز چپگرد مجلار

این گسله چپگرد با راستای ۳۱۰ درجه باعث جابجایی سازندهایی همچون کهر ، میلا ، آهکهای مبارک، درود ، روته ، نسن و الیکا شده است. ضمن اینکه در امتداد آن دره‌ای عمیق نیز ایجاد شده است.

- گسله معکوس بزرگ زاویه مکارود- دلیر

این گسله تقریبا به موازات گسله رانده- معکوس دشت نظیر- ناتر از راستای ۲۴۶درجه به راستای ۲۷۷ درجه تغییر جهت داده و شیلهای سازند کهر را بر روی نهشته‌های جوان‌تر بالا آورده است. جهت شیب صفحه گسله رو به جنوب است.

- گسله معکوس بزرگ زاویه شمال دزدبن

گسله معکوس شمال دزدبن بصورت خمیده از راستای ۲۳۳ به راستای ۲۷۰ درجه تغییر جهت داده و جهت شیب آن نیز به سمت شمال باختری است. این گسله بخش فوقانی سازند سلطانیه را بر روی سازندهای جوانتر لشگرک و مبارک قرار داده است. درازای این گسله بیش از ۱۲ کیلومتر است.

- گسله رورانده دزدبن

راستای آزیموتی این گسله°۲۴۹ است و در امتداد آن دره ژرف دزدبن و متعاقب آن رودخانه دزدبن شکل گرفته است. جهت شیب این گسله رو به جنوب است و تغییرات مهمی را در راستای طبقات و ساختار زمین ساختی محدوده مورد مطالعه ایجاد کرده است.

- گسله رورانده جنوب دزدبن

این گسله که به گسله راندگی چیتن ـ دزبن نیز معروف است با شیب رو به جنوب خود، شیلهای سازند کهر را بر روی آهکهای درود و روته قرار داده است. ویژگیهای این راندگی با درازای بیش از ۳۰ کیلومتر به صورت خمیده از راستای۲۴۵ درجه به راستای۳۰۵ درجه تغییر جهت داده و سپس به مسیر خود در راستای قبلی ادامه می‌دهد.

- گسله راستالغز راستگرد دزبن

این گسله با قطع کردن گسله رورانده دزبن در رودخانه دزبن باعث جابجایی سازندهای درود و مبارک شده است. راستای این گسله ابتدا ۲۷۰ درجه بوده و در رودخانه دزدبن به ۳۰۵ درجه رسیده است.

- گسله راستالغز راستگرد- معکوس بزرگ زاویه ولی‌آباد

درازای این گسله با راستای عمومی جنوب خاوری- شمال باختری بیش از ۱۹ کیلومتر است. سازوکار این گسله در بخش جنوب خاوری، تلفیقی از حرکت های معکوس بزرگ زاویه و مایل‌لغز (net slip) بوده و در بخش شمال‌باختری از نوع راستالغز راستگرد می‌باشد. در امتداد این گسله، عضو

شیل چپقلو در دره ژرف قابل مشاهده است. عملکرد این گسله در محدوده مورد مطالعه بصورت راستالغز راستگرد، باعث جابه‌جایی بخش فوقانی سازند سلطانیه، سازندهای باروت و زاگون، سازند لالون و سازند مبارک شده است.

- راندگی سیاه‌بیشه

درازای این گسله که به بیش از ۱۳ کیلومتر می‌رسد، با اثر سطحی انحنادار خود، دارای راستای تقریبی شمال خاوری- جنوب باختری است. شیب صفحه گسله به سوی جنوب خاوری قرار دارد. راندگی سیاه‌بیشه در جنوب باختری با گذر از روستای سیاه بیشه، گسله دونا ـ سیاه‌بیشه را قطع کرده است.

- گسله معکوس بزرگ زاویه دونا ـ سیاه‌بیشه

این گسله که درازای آن بیش از ۱۳ کیلومتر است دارای سازوکار معکوس بزرگ زاویه و راستای جنوب خاوری- شمال باختری است. به موازات این گسله، گسله نرمالی در بخش شمالی آن امتداد دارد که دقیقا از روستای سیاه‌بیشه گذشته است.

- مجموعه گسله های هزارچم ـ هفت برادران (تونلهای I، II، III)

مجموعه گسله هایی که در محدوده تونلهای I، II و III باعث خردشدگی سنگهای محدوده طرح شده، ریخت پویایی را برای این محدوده به وجود آورده است. وجود دره‌های ژرف با دیواره عمودی با درازای چشمگیر علاوه بر ایجاد چشم انداز های بسیار زیبا، ناپایداری‌های متفاوتی را از نظر سنگ‌افت ها ایجاد کرده است.

خطواره‌هایی که در محدوده مورد مطالعه بر روی نقشه ارائه شده اند عبارتند از :

۱) هزار چم- هفت برادران
۲) رودخانه چالوس از محدوده دزبن- لوارک‌نو
۳) گلجار- لواردره
۴) سالار- شمال مرزن‌آباد

۲-۳-۵- چین‌خوردگی

به‌نظر می‌رسد که چین‌خوردگی اولیه رشته کوه های البرز مرکزی به دلیل عملکرد شدید فازهای زمین ساختی با رژیم فشارشی متفاوت، تاقدیس گون بسیار بزرگی با راستای محوری خاوری- باختری ایجاد کرده است. در نتیجه چین‌خوردگیها از شدت و ضعف متفاوتی برخوردار هستند.

شیب طبقات در بخش خاوری- جنوب خاوری روستای مجلار، بصورت نرمال و در بخش خاوری- جنوب خاوری گسله رانده- معکوس بزرگ زاویه مجلار (گسله رورانده دشت ناز- ناتر)، طبقات برگشتگی شدید نشان می‌دهند.

شیب طبقات از جنوب گسله معکوس بزرگ زاویه شمال دزدبن تا محدوده گسله معکوس بزرگ زاویه دونا- سیاه‌بیشه عمدتا به سوی جنوب قرار دارد. در محدوده پل زنگوله، شیب طبقات از سمت خاوری به سمت جنوب‌خاوری چرخشی را نشان می‌دهد و سر انجام در باختر دره بیتوم در انتهای جنوب‌باختری نقشه، شیب طبقات به سمت شمال‌خاوری قابل مشاهده است.

۲-۴- مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئومکانیکی

۲-۴-۱- مقدمه:

انجام مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئومکانیکی برای هر پروژه عمرانی، مستلزم به کارگیری روشهای مطالعاتی و انجام آزمایشهای برجای صحرایی لازم و مناسب می‌باشد. روند بررسی‌هایی که برای پروژه مطالعاتی مورد گفتگو انجام شده است با تأکید بر ویژگیهای زمین شناسی مهندسی درزه‌ها و تحلیل سازوکار عمل آنها می‌باشد.

از آنجایی‌که وضعیت شکستگی‌ها و سیستم‌های درزه و ویژگیهای مهندسی آنها، تا حدود زیادی رفتار توده‌سنگ(ها) را کنترل می‌نماید، انجام درزه‌نگاری صحیح و قضاوت مهندسی جهت تحلیل‌های پایداری از اهمیت ویژه برخوردار است.

در این بخش به دو موضوع پرداخته خواهد شد، ابتدا ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها برای توده سنگ در برگیرنده شیب‌های سنگی و سپس نتایج بدست آمده از آزمون برجای واگشت چکش اشمیت ارائه خواهد شد.

۲-۴-۲- ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها

بر اساس جدول استاندارد آنون (Anon, 1977) و توصیه انجمن جهانی زمین‌شناسی مهندسی (International Association Engineering Geology, IAEG) در بررسی‌های صحرایی باید پارامترهایی مانند موقعیت فضایی درزه‌ها (Dip and Dip Direction)، پایایی یا امتداد یافتگی (Length)، فاصله داری (Spacing)، بازشدگی (Aperture)، زبری یا ناهمواری (Roughness)، هوازدگی (Weathering)، پرشدگی (Infilling) و رطوبت (Wetness) سطح درزه‌ها مشخص گردند. این داده‌ها به تفکیک برای توده سنگ دربرگیرنده شیب‌های سنگی مورد مطالعه در زیر توصیف گشته‌اند.

۲-۴-۲-۱- شیب‌های سنگی در ماسه‌سنگ کهر

تعداد شیب‌های سنگی مورد بررسی قرار گرفته که لیتولوژی دربرگیرنده آنها، ماسه سنگ کهر می‌باشد، ۱۰ دامنه سنگی بوده است. توده سنگ دربرگیرنده این شیب‌های سنگی به طور عمده دارای دو سیستم اصلی درزه می‌باشد ولی در بعضی از آنها تا سه سیستم اصلی درزه هم مشاهده می‌شود.

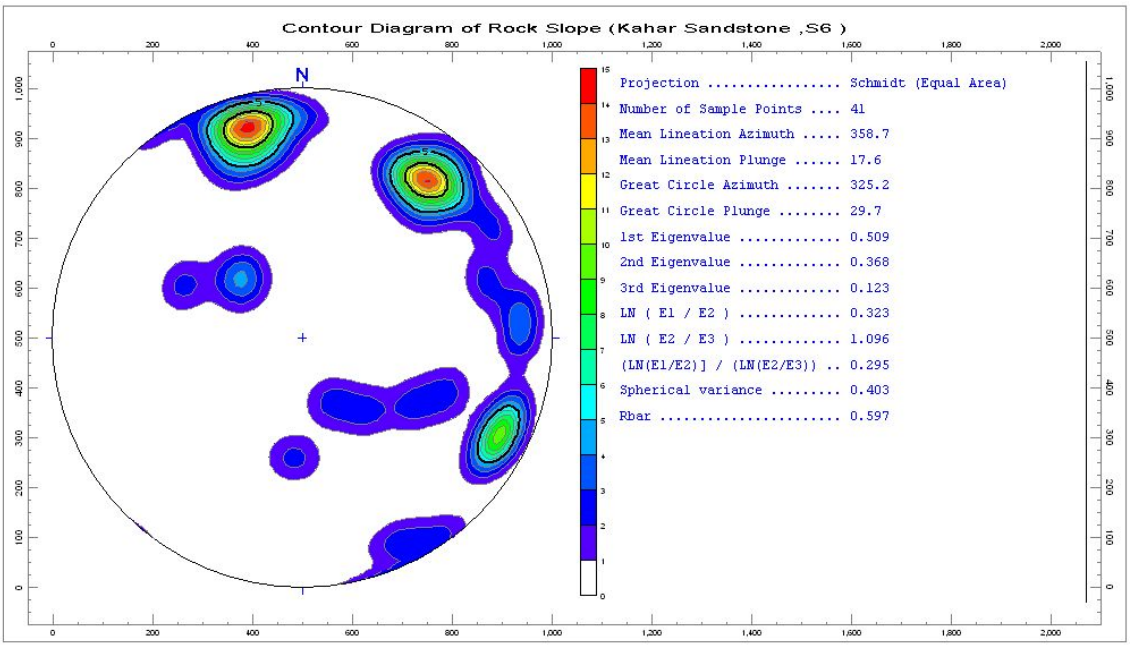
دسته‌بندی دامنه تغییرات ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها در توده سنگ مورد گفتگو برای ده ایستگاه مورد بررسی قرار گرفته به صورت زیر می‌باشد:

- پایایی: بین ۳ تا ۱۰ متر و در بعضی موارد بیشتر از ۱۰ متر نیز می‌باشد. میانگین آن به طور غالب بین ۶ تا ۸ متر است.
- فاصله‌داری: بین ۰/۱۵ تا ۲/۷ متر دامنه آن می‌باشد. به طور چیره بین ۰/۵ تا ۰/۸ متر است.

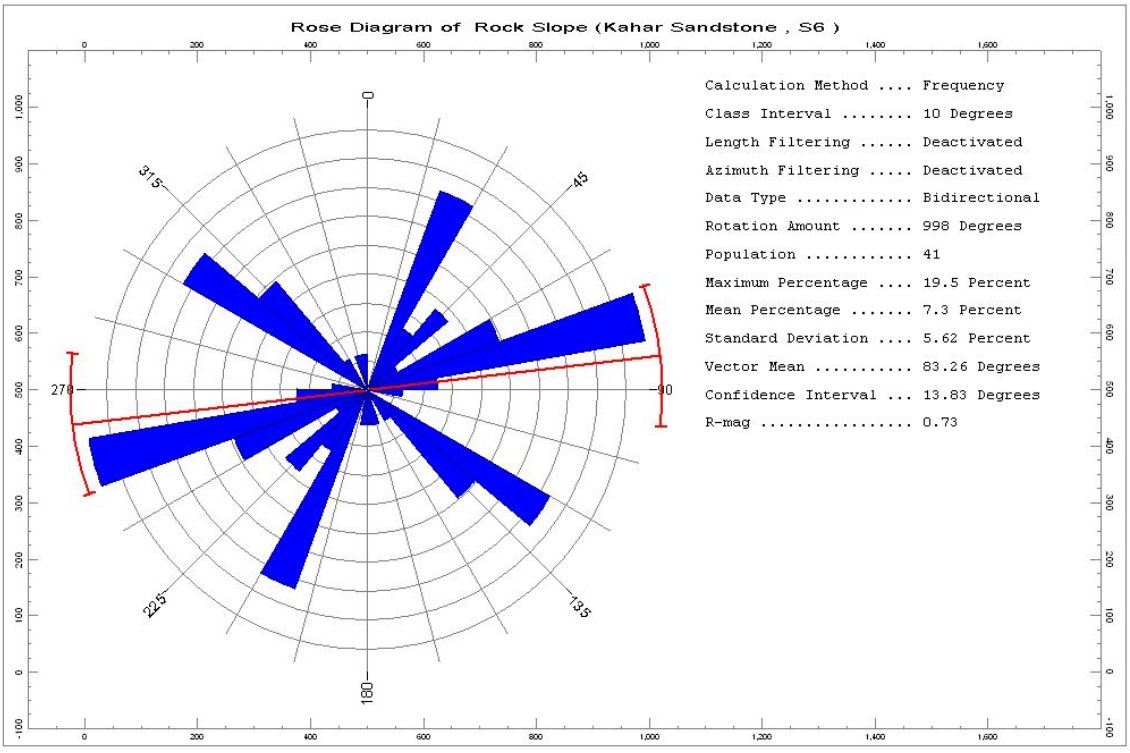
- بازشدگی: بین یک تا ۷ میلی متر متغیر بوده و به طور غالب بین ۲ تا ۴ میلی متر می‌باشد.
- زبری: به طور چیره بین ۸ تا ۱۰ بوده و در رده توصیفی" زبری کم" (Slightly Rough) قرار می گیرد.
- هوازدگی: دامنه W_1 تا W_3 دارد که به طور چیره در محدوده هوازدگی W_2 تعریف می گردد.
- پرشدگی: به طور عمده پرشدگی‌ها کم و از نوع مصالح ناشی از هوازدگی برجا می‌باشند که حدود ۵ تا ۱۰ درصد فضای بازشدگی را پر می‌نمایند.
- رطوبت و نموری: به طور غالب، سطح درزه‌ها خشک (Dry) و فاقد نشت آب می‌باشند.

برای مثال ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها برای دامنه‌های سنگی ایستگاه های برداشت ۱۵و۱۶(S15, S16)، در توده سنگ ماسه‌سنگ کهر در جدولهای (۲-۱)و(۲-۲)ارائه گردیده‌اند.

تصاویر استریوگرافیکی درزه های برداشت شده، در برگیرنده منحنی های هم ارزی قطب آنها (Contour Diagram) و نمودار گلسرخی (Rose Diagram) امتداد (Strike) درزه ها در شکلهای(۲-۱) و (۲-۲) ملاحظه می گردند.



شکل ۲-۱- نمودار منحنی هم ارزی قطب درزه های برداشت شده در ماسه سنگ کهر (دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه برداشت S6)



شکل ۲-۲- نمودار گلسرخی درزه های برداشت شده در ماسه سنگ کهر (دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه برداشت S6)

۲-۴-۲-۲- شیب‌های سنگی در ماسه سنگ لالون

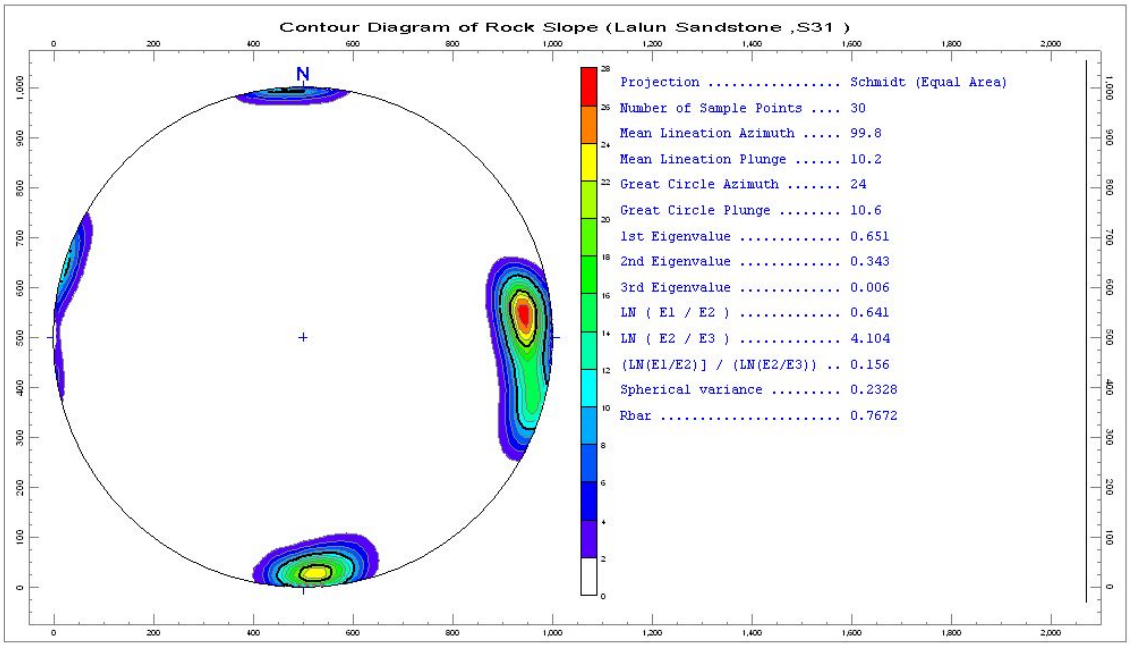
تعداد دامنه‌های سنگی که لیتولوژی دربرگیرنده آنها، ماسه‌سنگ لالون می‌باشد و مورد بررسی قرار گرفته‌اند، چهار شیب سنگی بوده است. ماسه سنگ های دربرگیرنده شیب‌های سنگی مورد مطالعه، دارای دو سیستم اصلی درزه می‌باشند.

ویژگی های زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها در توده سنگ مورد گفتگو برای چهار ایستگاه مورد بررسی قرار گرفته به صورت زیر است:

- پایایی: بین ۴ تا ۱۰ متر متغیر می‌باشد. میانگین آن به طور غالب بین ۵ تا ۸ متر است.
- فاصله‌داری: بین ۰/۳۵ تا ۱/۳۰ متر دامنه تغییرات آن می‌باشد. به طور چیره بین ۰/۵ تا ۰/۷ متر است.
- بازشدگی: بین یک تا ۴ میلی متر متغیر بوده و به طور غالب بین ۲ تا ۳ می‌باشد.
- زبری: به طور چیره بین ۸ تا ۱۰ بوده و در رده توصیفی" زبری کم" قرار می گیرد.
- هوازدگی: دامنه تغییرات آن بین W_1 تا W_2 می‌باشد.
- پرشدگی: به طور عمده پرشدگی‌ها کم و از نوع مصالح ناشی از هوازدگی برجا می‌باشند که حدود ۵ درصد فضای بازشدگی را پر می‌نماید.
- رطوبت و نموری: سطح درزه‌ها خشک و فاقد نشت آب می‌باشد.

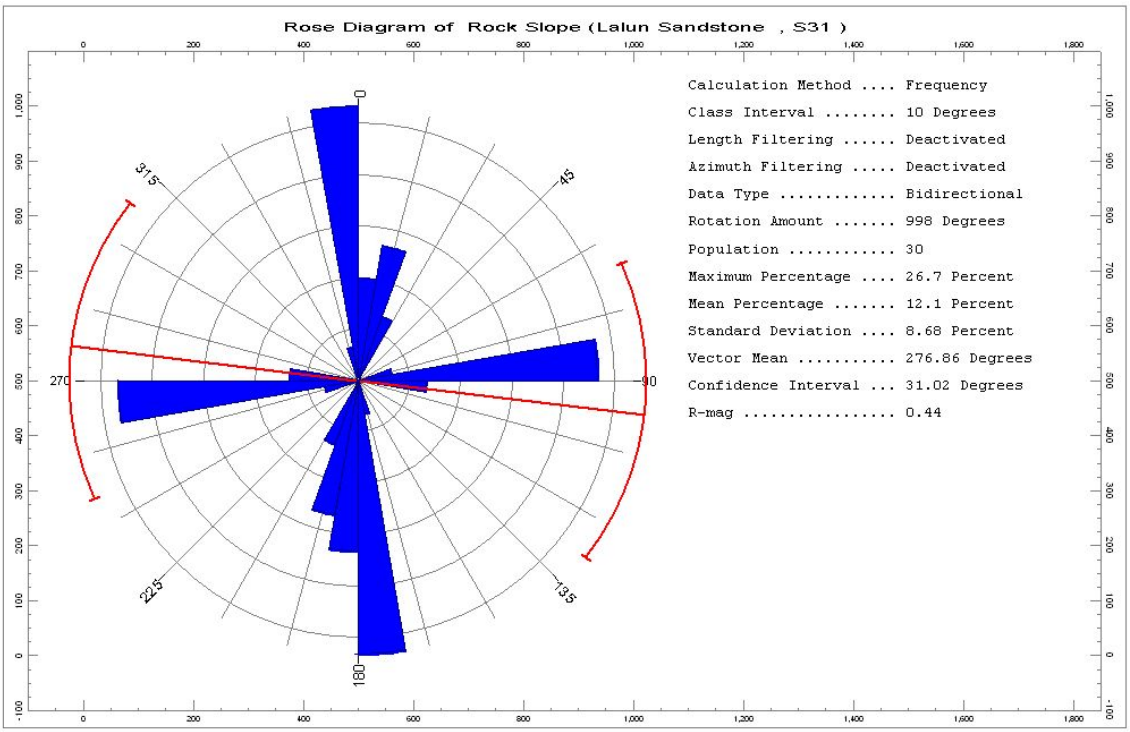
برای مثال ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها برای دامنه‌های سنگی ایستگاه های برداشت ۲۷ و ۲۹ (S27, S29)، در توده سنگ ماسه‌سنگ لالون در جدولهای (۲-۳) و (۲-۴) ارائه گردیده اند.

تصاویر استریوگرافیکی درزه های برداشت شده، در برگیرنده منحنی های هم ارزی قطب آنها (Contour Diagram) و نمودار گلسرخی (Rose Diagram) امتداد (Strike) درزه ها در شکلهای(۲-۳) و (۲-۴) ملاحظه می گردند.



شکل ۲-۳- نمودار منحنی هم ارزی قطب درزه های برداشت شده در ماسه سنگ لالون

(دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه برداشت S31)



شکل ۲-۴- نمودارگلسرخی درزه های برداشت شده در ماسه سنگ لالون(دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه برداشت S31)

۲-۴-۲-۳- شیب‌های سنگی در ماسه‌سنگ درود

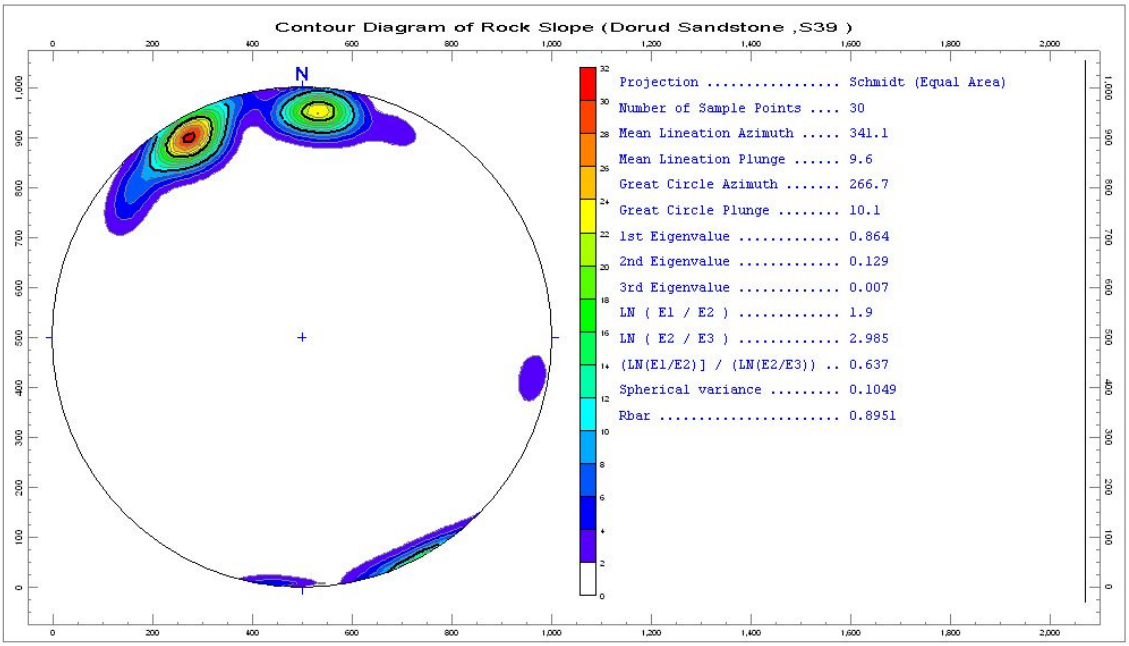
تعداد دامنه‌های سنگی مورد مطالعه قرار گرفته که لیتولوژی آنها ماسه‌سنگ درود می‌باشد، سه شیب سنگی بوده است. ماسه سنگ های دربرگیرنده شیب‌های سنگی مورد مطالعه، دارای دو سیستم اصلی درزه می‌باشند.

ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها در توده سنگ مورد گفتگو برای سه ایستگاه مورد بررسی قرار گرفته، به صورت زیر می‌باشد:

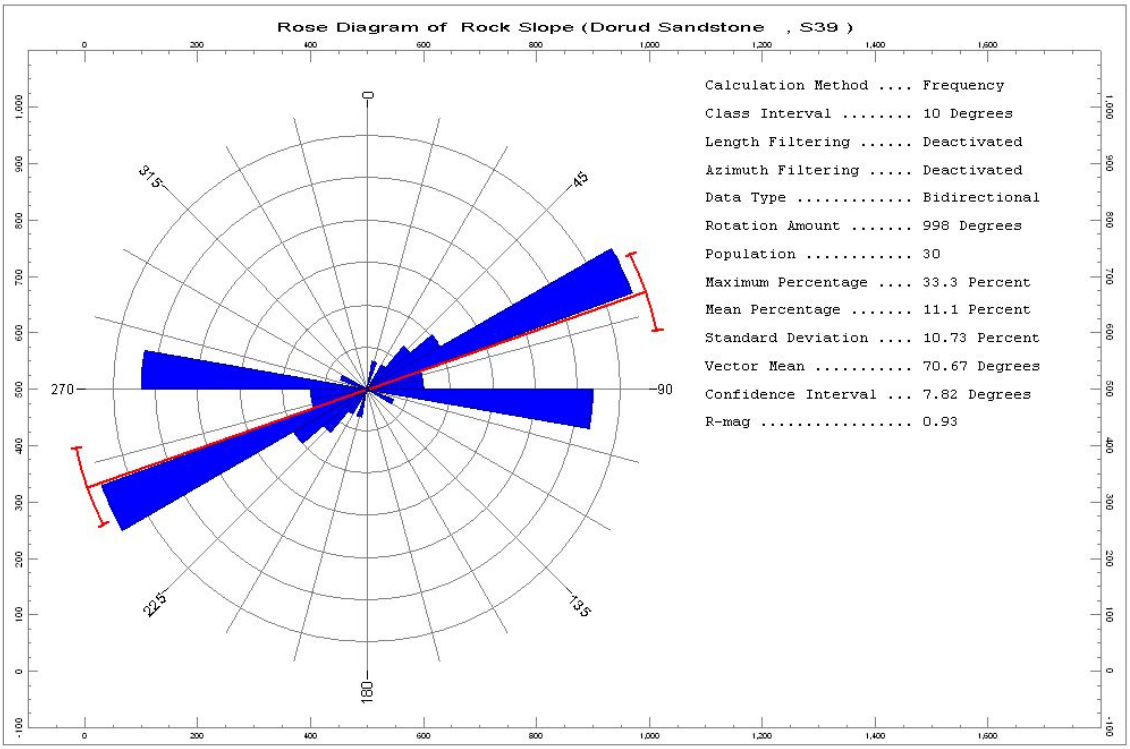
- پایایی: بین ۵ تا ۸ متر متغیر بوده و به طور متوسط حدود ۷ متر می‌باشد.
- فاصله‌داری: بین ۰/۱۵ تا ۰/۶ متر دامنه تغییرات آن است. به طور چیره بین ۰/۳۵ تا ۰/۴۰ متر است.
- بازشدگی: بین یک تا ۵ میلی متر است و به طور غالب بین ۲ تا ۴ میلی متر می‌باشد.
- زبری: دامنه تغییرات آن بین ۷ تا ۱۲ است و به طور چیره ارزش عددی آن ۸ تا ۱۰ می‌باشد و در رده توصیفی «زبری کم» قرار می‌گیرد.
- هوازدگی: دامنه تغییرات آن بین W_1 تا W_2 است.
- پرشدگی: به طور عمده پرشدگی‌ها کم است و از نوع مصالح ناشی از هوازدگی برجاست که حدود ۵ درصد فضای بازشدگی را پر می‌نماید.
- رطوبت و نموری: به طور چیره، سطح درزه‌ها خشک و فاقد نشت آب است.

برای مثال ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها برای دامنه‌های سنگی ایستگاه های برداشت ۳۹ و ۴۰ (S39 S40)، در توده سنگ ماسه‌سنگ درود در جدولهای (۲-۵) و (۲-۶) ارائه گردیده است.

تصاویر استریوگرافیکی درزه های برداشت شده، در برگیرنده منحنی های هم ارزی قطب آنها (Contour Diagram) و نمودار گلسرخی (Rose Diagram) امتداد (Strike) درزه ها در شکلهای(۲-۵) و (۲-۶) ملاحظه می گردند.



(دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه برداشت S39)



شکل ۲-۶- نمودار گلسرخی درزه های برداشت شده در ماسه سنگ درود(دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه برداشتS39)

۲-۴-۲-۴- شیب‌های سنگی در سنگ‌آهک

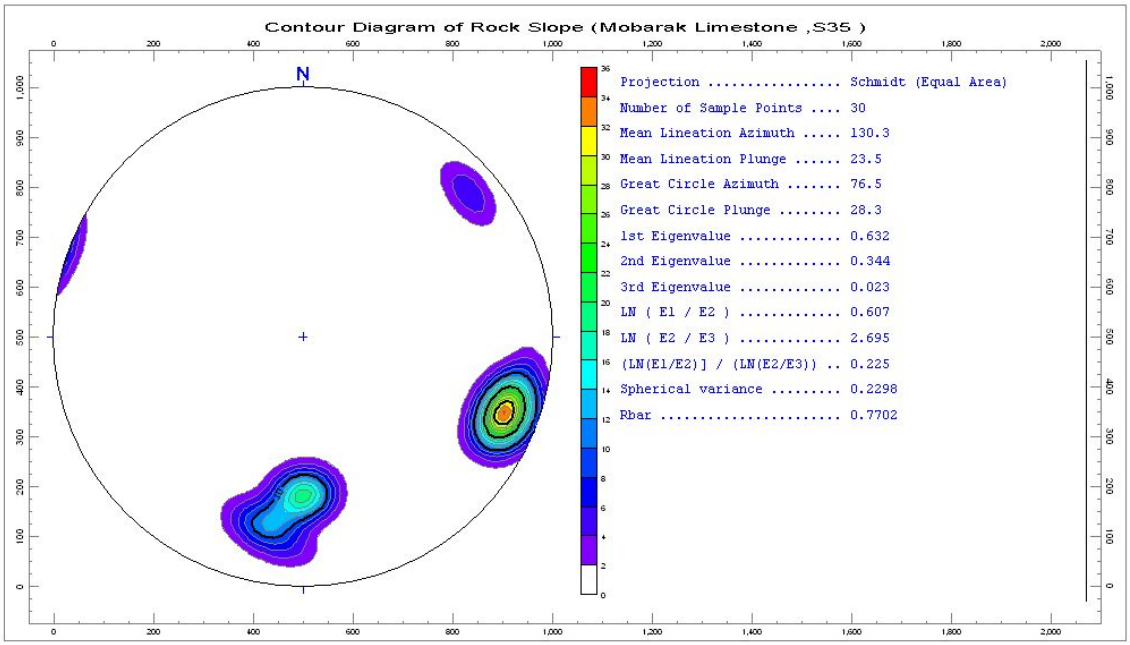
تعداد دامنه‌های سنگی که لیتولوژی آنها، سنگ‌آهک می‌باشد، ۸ شیب سنگی بوده است. چهار شیب سنگی در سنگ‌آهک سازند مبارک، دو شیب سنگی در سنگ‌آهک سازند الیکا و در سنگ آهک های درود و روته، هر کدام یک شیب سنگی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. سنگ‌آهک های دربرگیرنده دامنه‌های سنگی مورد گفتگو دارای ۲ تا ۴ سیستم اصلی درزه می‌باشند که به طور چیره، سه سیستم اصلی درزه در آنها مشاهده می گردد.

ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها در توده سنگ مورد گفتگو برای ۸ ایستگاه مورد مطالعه، به صورت زیر است :

- پایایی: بین یک تا ۱۰ متر متغیر می‌باشد و به طور چیره حدود ۴/۵ تا ۷ متر است.
- فاصله‌داری: بین ۰/۲ تا ۰/۸۵ متر دامنه تغییرات آن می‌باشد که بطور چیره بین ۰/۳ تا ۰/۶ متر است.
- بازشدگی: از یک تا ۶ میلی متر متغیر می باشد و به طور غالب حدود ۲ تا ۴ میلی متر است.
- زبری: دامنه تغییرات ارزش عددی آن از ۶ تا ۱۲ است که به طور چیره ۸ تا ۱۰ و در رده توصیفی «زبری کم» قرار می گیرد.
- هوازدگی: به طور غالب از W_1 تا W_2 می‌باشد.
- پرشدگی: بین ۵ تا ۱۰ درصد فضای خالی بین درزه‌ها را مصالح ناشی از هوازدگی برجا پر نموده است.
- رطوبت و نموری: به طور چیره، سطح درزه‌ها خشک و فاقد نشت آب است.

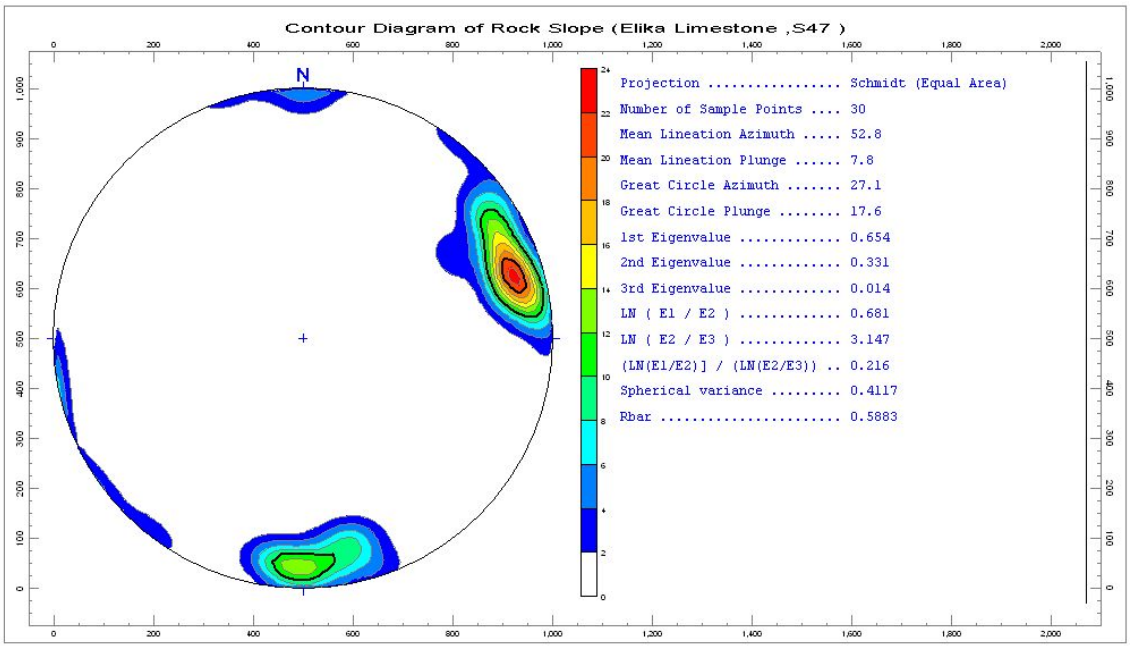
برای مثال، ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها برای دامنه‌های سنگی ایستگاه های برداشت ۳۶ و ۴۵ (S36 S45)، در سنگ‌آهکهای مبارک و الیکا در جدولهای (۲-۷) و (۲-۸) ارائه گردیده است.

تصاویر استریوگرافیکی درزه های برداشت شده، در برگیرنده منحنی های هم ارزی قطب آنها (Contour Diagram) شکلهای(۲-۷ و ۲-۸) و نمودار گلسرخی (Rose Diagram) امتداد (Strike) درزه ها در شکلهای (۲-۹ و ۲-۱۰) ملاحظه می گردند.



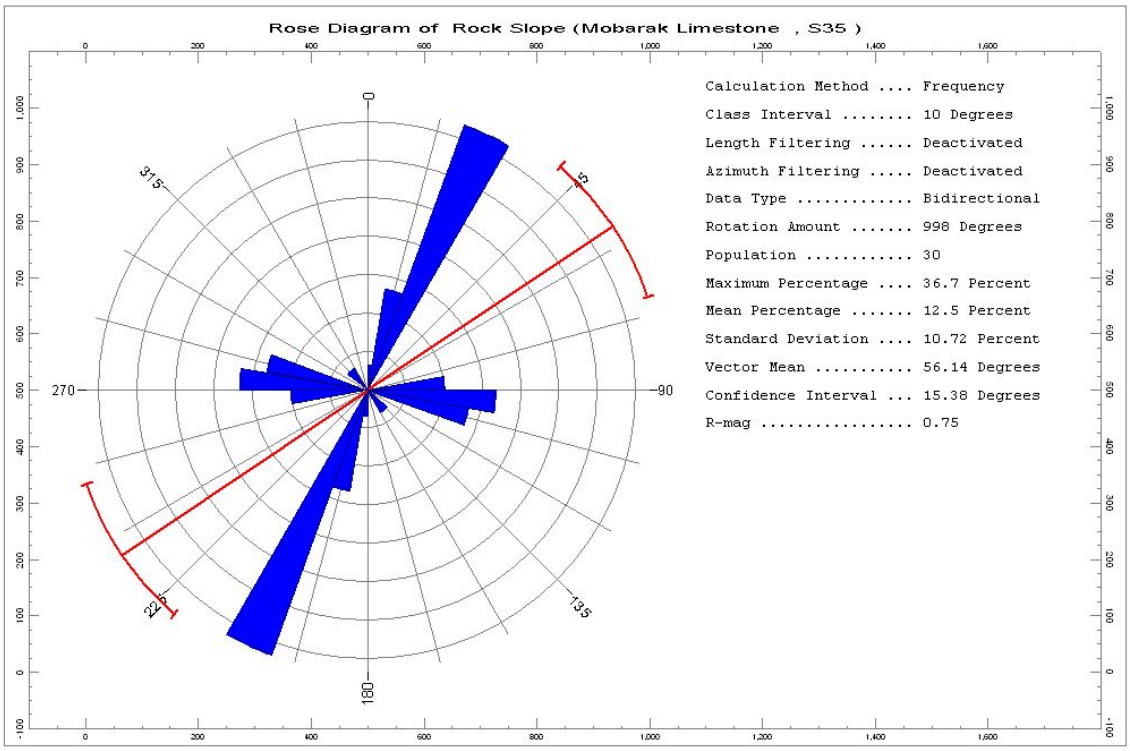
شکل ۲-۷- نمودار منحنی هم ارزی قطب درزه های برداشت شده در سنگ آهک مبارک

(دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه برداشت S35)

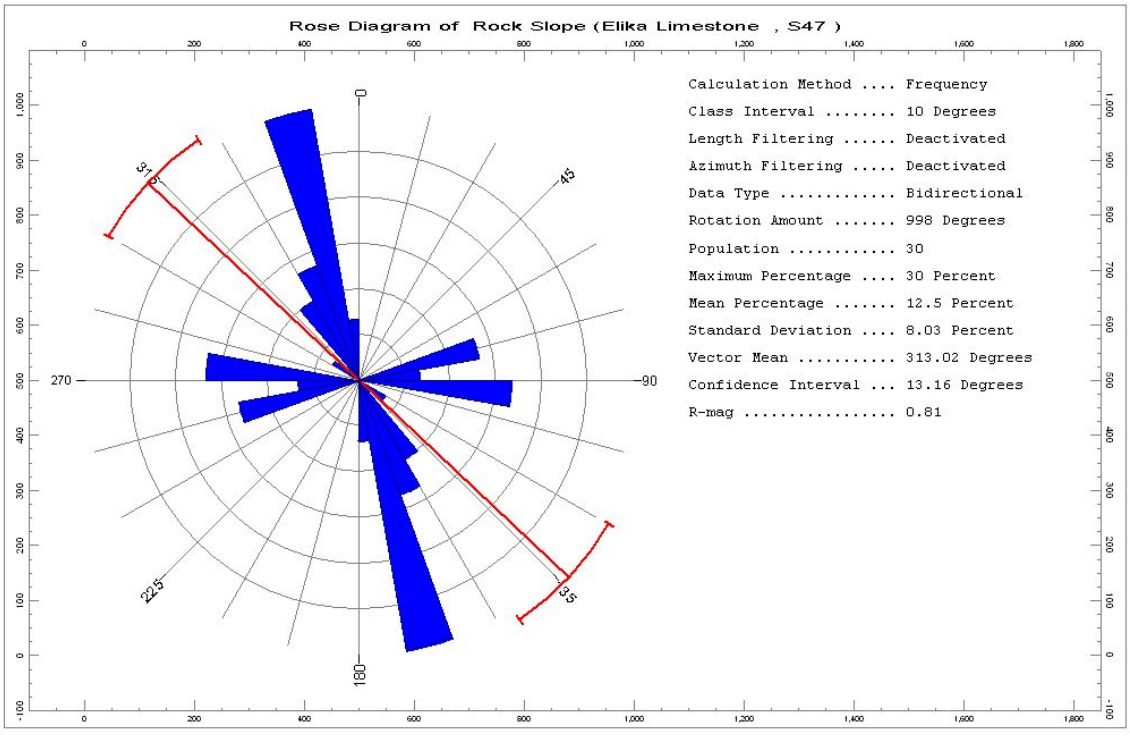


شکل ۲-۷- نمودار منحنی هم ارزی قطب درزه های برداشت شده در سنگ آهک الیکا

(دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه برداشت S47)



شکل ۲-۹- نمودار گلسرخی درزه های برداشت شده در سنگ آهک مبارک(دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S35)



شکل ۲-۱۰- نمودار گلسرخی درزه های برداشت شده در سنگ آهک الیکا (دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S47)

۲-۴-۲-۵- شیب‌های سنگی در دولومیت سلطانیه

تعداد دامنه‌های سنگی که لیتولوژی آنها سنگ دولومیتی است، ۵ شیب سنگی بوده‌اند. به طور چیره، دولومیت های دربرگیرنده دامنه‌های مورد مطالعه، دارای دو سیستم اصلی درزه می‌باشند.

ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها در توده سنگ دولومیتی برای ۵ ایستگاه مورد مطالعه به صورت زیر است:

- پایایی: به طور غالب مابین ۸ تا ۱۰ متر می‌باشد.
- فاصله‌داری: از ۰/۲ تا ۱/۳ متر متغیر است که به طور متوسط مابین ۰/۵۵ تا ۰/۷ متر می‌باشد.
- بازشدگی: از یک تا ۵ میلی متر در تغییر است و به طور چیره بین ۲ تا ۳ میلی متر است.
- زبری: ارزش عددی آن از ۶ تا ۱۲ است که به طور چیره ۸ تا ۱۰ بوده و در رده توصیفی «زبری کم» قرار می گیرد.
- هوازدگی: از W_1 تا W_3 در تغییر است و به طور چیره W_1 تا W_2 می‌باشد.
- پرشدگی: به طور متوسط ۱۰ درصد فضای بازشدگی بین درزه ها توسط مصالح ناشی از هوازدگی برجا و گاهی باکلسیت پرشده است.
- رطوبت و نموری: به طور غالب، سطح درزه‌ها خشک و فاقد نشت آب است.

برای مثال ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها برای دامنه‌های سنگی ایستگاه های ۲۲ و ۲۳ (S23, S22)، در جدولهای (۲-۹) و(۲-۱۰) ارائه گردیده اند.

۲-۴-۲-۶- شیب‌های سنگی در آهکهای دولومیتی و مارنی

تعداد دامنه‌های سنگی که سنگ آهکهای دولومیتی و مارنی تشکیل دهنده آنها می‌باشند، ۴ شیب سنگی بوده‌اند. آهک دولومیتی سازند مبارک دربرگیرنده ۲ شیب سنگی و آهک دولومیتی سازند جیرود و آهک مارنی سازند میلا هر کدام دربرگیرنده یک دامنه سنگی بوده‌اند. شیب‌های سنگی در آهک دولومیتی سازند مبارک دارای دو سیستم اصلی درزه و شیب‌های سنگی که آهک دولومیتی جیرود و آهک مارنی میلا دربرگیرنده آنها بوده اند دارای سه سیستم اصلی درزه می‌باشند.

ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها در توده سنگهای آهک دولومیتی و مارنی برای ۴ ایستگاه مورد مطالعه، به قرار زیر است:

- پایایی: بین ۳ تا ۱۰ متر می‌باشد و به طور میانگین ۵ تا ۷ متر است.
- فاصله‌داری: بین ۰/۱ تا ۱/۶ متر متغیر است که به طور چیره ۰/۴۵ تا ۰/۷ متر است.

- بازشدگی: از یک تا ۵ میلی متر در تغییر است که به طور عمده بین ۲ تا ۳ میلی متر می‌باشد.
- زبری: ارزش عددی آن از ۶ تا ۱۲ متغیر است که به طور عمده بین ۶ تا ۱۰ است و در رده توصیفی «زبری کم» دسته‌بندی می‌شود.
- هوازدگی: از W_1 تا W_4 متغیر است و به طور چیره بین W_2 تا W_3 قرار می‌گیرد.
- پرشدگی: حدود ۵ تا ۱۰ درصد فضای بین درزه‌ای را مصالح برجای ناشی از هوازدگی که گاهی با اندکی کلسیت پرشدگی دارد در بر می‌گیرد.
- رطوبت و نموری: به طور عمده خشک و فاقد نشت آب است.

برای نمونه ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها برای دامنه‌های سنگی ایستگاه های ۳ و ۸ (S03, S08)، در جدولهای (۲-۱۱) و(۲-۱۲) درج گردیده اند.

۲-۴-۲-۷- شیب سنگی در فورش سنگ دگرگون شده

یکی از دامنه‌های سنگی در فورش سنگ(Silt stone) قرار گرفته است که اندکی دگرگونی از خود نشان می‌دهد. توده سنگ مورد گفتگو دارای سه سیستم اصلی درزه می‌باشد.

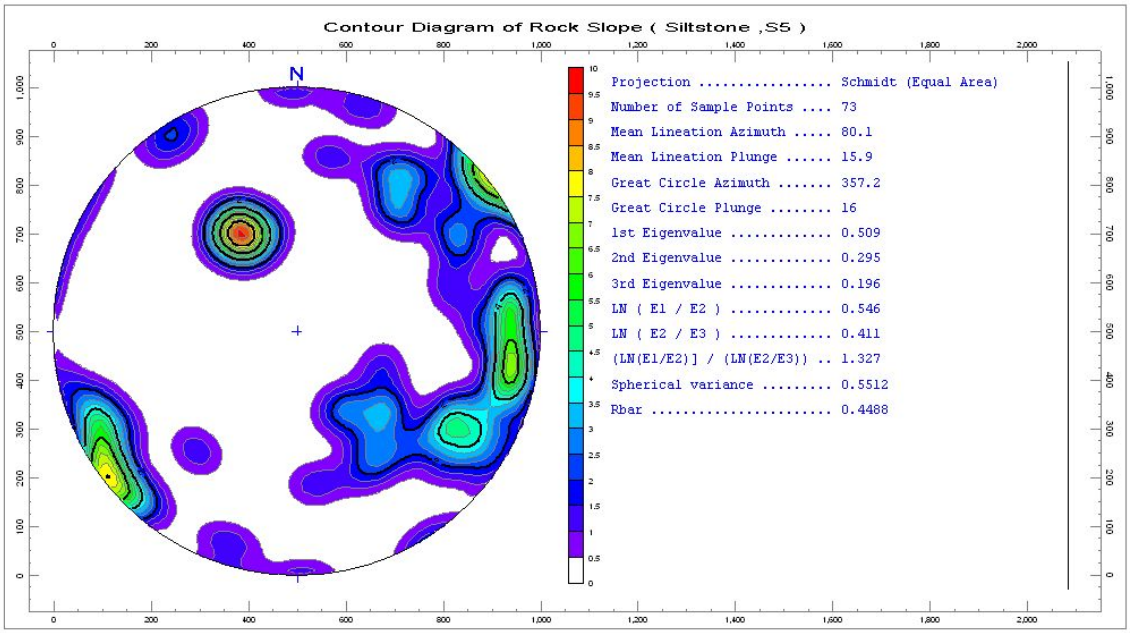
ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها برای آن به صورت زیر می‌باشد:

- پایایی:بیشتر از ۱۰ متر می‌باشد.
- فاصله‌داری: به طور چیره حدود ۰/۵ متر است.
- بازشدگی: از یک تا ۵ میلی متر متغیر بوده و به طور عمده از ۲ تا ۴ میلی متر است.
- زبری: ارزش عددی آن از ۸ تا ۱۰ است و در رده توصیفی «زبری کم» دسته بندی می‌گردد.
- هوازدگی: از W_2 تا W_4 متغیر است که به طور عمده W_2 تا W_3 می‌باشد.
- پرشدگی: به طور عمده پرشدگی‌ها کم و از نوع مصالح ناشی از هوازدگی برجا می‌باشد که

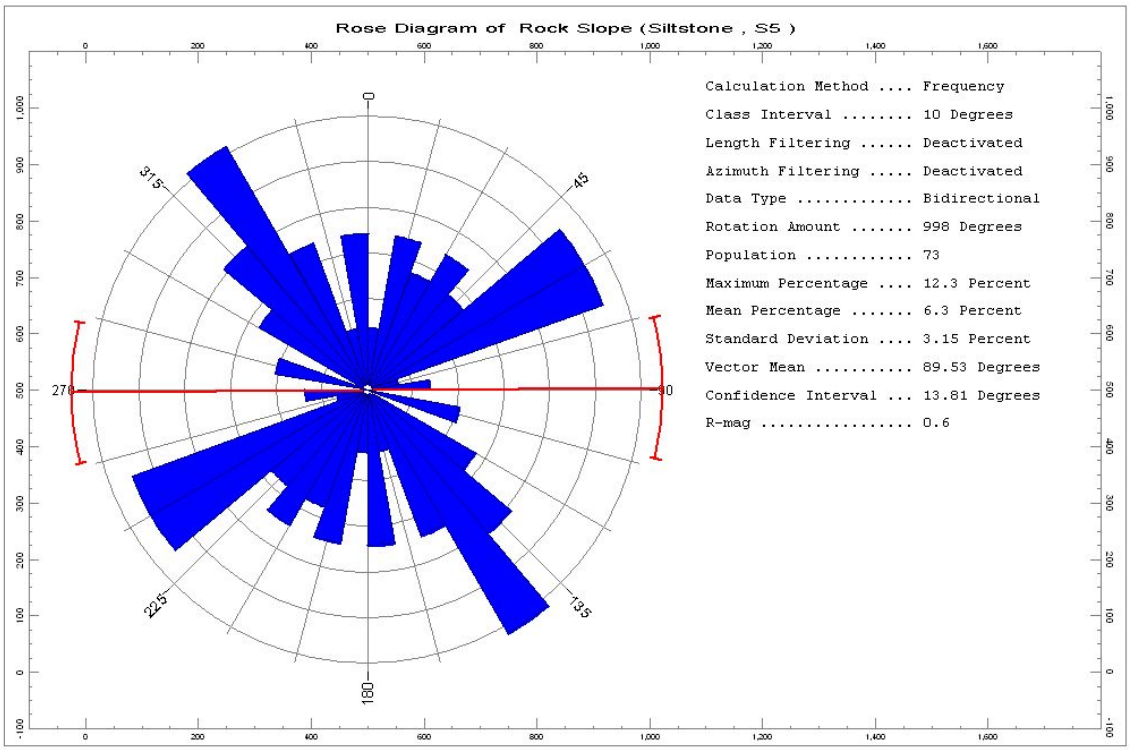
حدود حداکثر ۱۰ درصد فضاهای بازشدگی را پر می‌نماید.

- رطوبت و نموری: به طورغالب، سطح درزه‌ها خشک و فاقد نشت آب می‌باشند.

تصاویر استریوگرافیکی درزه های برداشت شده، در برگیرنده منحنی های هم ارزی قطب آنها (Contour Diagram) و نمودار گلسرخی (Rose Diagram) امتداد (Strike) درزه ها در شکلهای(۲-۱۱) و (۲-۱۲) ارائه می گردند.



شکل ۲-۱۱- نمودار منحنی هم ارزی قطب درزه های برداشت شده در فورش سنگ
(دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه برداشت S5)



شکل ۲-۱۲- نمودار گلسرخی درزه های برداشت شده در سیلتستون (دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه برداشت
S5)

۲-۴-۲-۸- شیب‌های سنگی در سنگهای آذرین

تعداد دامنه‌های سنگی که لیتولوژی دربرگیرنده آنها، توده سنگهای آذرین می‌باشند و مورد بررسی قرار گرفته‌اند، ۵ شیب سنگی بوده است. توده سنگهای مورد نظر شامل بازالت و دیاباز و سنگ‌های ولکانیکی تفکیک نشده می‌باشند. سه سیستم اصلی درزه در آنها توسعه یافته است که ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های درزه مورد گفتگو به صورت زیر است:

- پایایی: امتداد یافتگی درزه‌ها از یک تا ۸ متر در تغییر است، که به طور میانگین بین ۳ تا ۷ متر می‌باشد.
- فاصله‌داری:از ۰/۲ تا ۰/۹۵ متر می‌باشد که به طور چیره مابین ۰/۴ تا ۰/۶ متر است.
- بازشدگی: از یک تا ۵ میلی متر می‌باشد که به صورت غالب ۲ تا ۴ میلی متر است.
- زبری: ارزش عددی آن از ۶ تا ۱۲ است که به طور عمده بین ۸ تا ۱۰ بوده و در رده توصیفی «زبری کم» دسته بندی می‌شود.
- هوازدگی: از W_1 تا W_4 در نوسان است که به طور عمده W_2 تا W_3 می‌باشد.
- پرشدگی: حدود ۵ تا ۱۰ درصد فضای خالی سطوح درزه‌ها را مصالح برجای ناشی از هوازدگی که گاهی با اندکی کلسیت پرشدگی دارند دربرگرفته است.
- رطوبت و نموری: به طور چیره خشک و فاقد نشت آب است.

ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی سیستم‌های اصلی درزه‌ها برای دامنه‌های سنگی ایستگاه های ۴۳ و ۴۴ (S43, S44)، در جدولهای (۲-۱۳) و(۲-۱۴) ملاحظه می‌گردند.

جدول۲-۱- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای ماسه سنگ کهر (ایستگاه S15) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	85/204	4	0.5	2-4	10-12	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	14
2	63/324	6	0.6	2-4	8 - 10	W1-W2	90 Empty 10 Soil+Calcite	Dry	
ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	
Bed.	30/105	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	

جدول۲-۲- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای ماسه سنگ کهر (ایستگاه S16) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	47/312	6	0.25	2-5	8 - 10	W2-W3	95 Empty 5 Soil	Dry	11
2	80/068	3.5	1.35	1-2	8 - 10	W2-W3	95 Empty 5 Soil	Dry	
3	62/342	6-8	0.55	1-2	6 - 8	W2-W3	90 Empty 10 Soil	Dry	
Bed.	40/128	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	ـــ	

جدول۲-۳- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای ماسه سنگ لالون (ایستگاه S27) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	82/160	5	0.82	2-3	8-10	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	10
2	82/065	8-10	0.40	1-2	8-10	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Bed.	30/195	—	—	—	—	—	—	—	

جدول۲-۴- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای ماسه سنگ لالون (ایستگاه S29) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	86/022	5	1.30	2-3	6-8	W2-W3	95 Empty 5 Soil	Dry	11
2	70/086	5-6	1.05	1-2	4-6	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Bed.	21/185	—	—	—	—	—	—	—	

جدول۲-۵- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای ماسه سنگ درود (ایستگاه S39) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	86/150	8	0.28	1-3	6-8	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	16
2	88/184	8	0.15	2-4	8-10	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Bed.	07/064	—	—	—	—	—	—	—	

جدول۲-۶- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای ماسه سنگ درود (ایستگاه S40) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	86/340	8	0.2-0.5	2-3	8-10	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	14
2	87/266	5	0.4-0.6	3-5	10-12	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Wet	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Bed.	12/070	—	—	—	—	—	—	—	

جدول۲-۷- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای سنگ آهک مبارک (ایستگاه S36) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	82/327	9	0.50	1-2	8-10	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Wet	12
2	84/234	5	0.50	2-3	6-8	W1-W2	85 Empty 15 Soil	Dry	
3	86/018	9	0.30	1-2	6-8	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	
Bed.	26/145	—	—	—	—	—	—	—	

جدول۲-۸- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای سنگ آهک الیکا (ایستگاه S45) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	85/302	6	0.33-0.48	1-2	8-10	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	13
2	85/031	4-5	0.25-0.75	2-3	4-6	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	
3	65/240	1-1.5	0.35-0.6	3-5	6-8	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	
Bed.	29/093	—	—	—	—	—	—	—	

جدول۲- ۹- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای دولومیت سلطانیه (ایستگاه S22) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	75/066	>10	0.4	1-2	4-6	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	13
2	78/322	>10	0.4	3-4	8-10	W2-W3	90 Empty 10 Soil	Dry	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Bed.	05/192	—	—	—	—	—	—	—	

جدول۲-۱۰- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای دولومیت سلطانیه (ایستگاه S23) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	69/349	>10	1	1-2	10-12	W2-W3	95 Empty 5 Soil	Dry	9
2	73/252	8-9	0.95	2-3	8-10	W2-W3	90 Empty 10 Soil	Dry	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Bed.	20/129	—	—	—	—	—	—	—	

جدول۲-۱۱- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای آهک دولومیتی جیرود (ایستگاه S03) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	60/357	3	0.15-0.35	1-2	6 - 8	W2-W3	95 Empty 5 Soil	Dry	16
2	42/166	7	0.10-0.24	1-2	8 - 10	W2-W3	95 Empty 5 Soil	Dry	
3	87/072	>10	0.10-0.40	1	4 - 6	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	
Bed.	**Massive**	—	—	—	—	—	—	—	

جدول۲-۱۲- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای آهک دولومیتی مبارک (ایستگاه S08) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	62/323	6	010-0.32	2-5	8-10	W2-W3	90 Empty 10 Soil	Dry	17
2	75/058	5	0.15-0.35	1-2	6-8	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Wet	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Bed.	30/170	—	—	—	—	—	—	—	

جدول۲-۱۳- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای بازالت (ایستگاه S43) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	85/355	8	0.45	2-3	8-10	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	10
2	15/100	7	0.5	2-4	10-12	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	
3	77/212	8	0.95	1-3	10-12	W1-W2	90 Empty 10 Soil+ Calcite	Dry	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	

جدول۲-۱۴- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی سیستم‌های درزه برای دیاباز (ایستگاه S44) [بر اساس استاندارد IAEG]

Joint Set	Dip/Dip Dir. (Degree)	Length (m)	Spacing (m)	Aperture (mm)	Roughness (JRC)	Weathering ISRM	Infilling %	Wetness	Jv
1	86/284	5	0.13-0.23	1-2	6-8	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	18
2	87/237	4	0.1-0.17	3-5	6-8	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Wet	
3	84/154	5	0.23-0.40	1-2	8-10	W1-W2	95 Empty 5 Soil	Dry	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	

۲-۴-۳- تعیین شاخص کیفی سنگ (RQD)

جهت تعیین شاخص کیفی سنگها (RQD) بر اساس بررسی‌های صحرایی از رابطه پالمستروم (Palmström, 1982)، (رابطه زیر) استفاده شده است. برای رسیدن به این مقصود لازم است تا تعداد درزه‌ها در یک متر مکعب از برونزدهای سنگی (J_v) تعیین گردد. ارزش عددی بدست آمده برای پارامتر (J_v)، به صورت میانگین می‌باشد تا شاخص کیفی سنگ بدست آمده به مقدار واقعی آن نزدیکتر باشد.

$$RQD = 115 - 3.3\ J_v$$

در جدول زیر نتایج حاصل از بررسی‌های صحرایی و شاخص کیفی بدست آمده برای سنگهای دربرگیرنده دامنه‌های سنگی مطالعه شده ارائه گردیده‌اند.

جدول ۲-۱۵- RQD ٪ تعیین شده برای توده سنگهای دربرگیرنده دامنه‌های سنگی

پارامتر / لیتولوژی	J_v	% RQD	$\overline{J_v}$	$\%\overline{RQD}$	واژه توصیفی
ماسه سنگ کهر	۱۱ -۱۸	۵۶ -۷۹	۱۳	۷۲	خوب/مناسب (Good/Fair)
ماسه سنگ لالون	۱۰-۱۶	۶۲ -۸۲	۱۲	۷۵/۵	خوب/مناسب (Good/Fair)
ماسه سنگ درود	۱۴ -۱۶	۶۲ -۶۹	۱۵	۶۵/۵	مناسب (Fair)
سنگ آهک (مبارک، درود، روته و الیکا)	۱۲ -۱۶	۶۲ -۷۵/۵	۱۴	۶۹	مناسب (Fair)
سنگ دولومیت سلطانیه	۹ -۱۵	۶۵/۵ -۸۵	۱۲	۷۵/۵	خوب/مناسب (Good/Fair)
سنگ آهک دولومیتی- مارنی (مبارک، جیرود و میلا)	۱۲ -۱۹	۵۲ -۷۵/۵	۱۵	۶۵/۵	مناسب (Fair)
فورش سنگ با اندکی دگرگونی	۱۷	۵۹	-	-	مناسب (Fair)
توده سنگهای آذرین (بازالت، دیاباز و ولکانیک تفکیک نشده)	۱۰ -۱۸	۵۵/۵ -۸۲	۱۴	۶۹	خوب/مناسب (Good/Fair)

۲-۴-۴- تعیین مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر

تعیین این پارامتر به عنوان یکی از پارامترهای اساسی جهت ارزشیابی مقدار عددی RMR (در سیستم امتیازدهی طبقه‌بندی ژئومکانیکی) کاربرد اساسی خواهد داشت. برای دستیابی به این هدف، نیاز به انجام آزمون برجای واگشت چکش اشمیت بر روی برونزدهای سنگی می‌باشد که به طور متوسط بین ۱۵ تا ۲۵ آزمایش بر روی هر توده سنگ انجام می‌گیرد. تلاش گردیده تا آزمون مورد گفتگو بر روی برونزدهای سنگی که از کمترین دست خوردگی و هوازدگی برخوردار بوده‌اند و در جهت های مختلف انجام پذیرد (صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه) . سپس حدود ۱۰ عدد اشمیت بالاتر انتخاب و بر پایه جدول تصحیحات آزمون چکش اشمیت (Barton and Choubey, 1977) و محاسبه میانگین آنها، با به کارگیری رابطه میلر (Miller, 1966) می‌توان مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر برای هر نوع سنگ دربرگیرنده شیبهای سنگی مورد مطالعه را بدست آورد که نتایج حاصل از آن در جدول (۲-۱۶) ملاحظه می‌گردد.

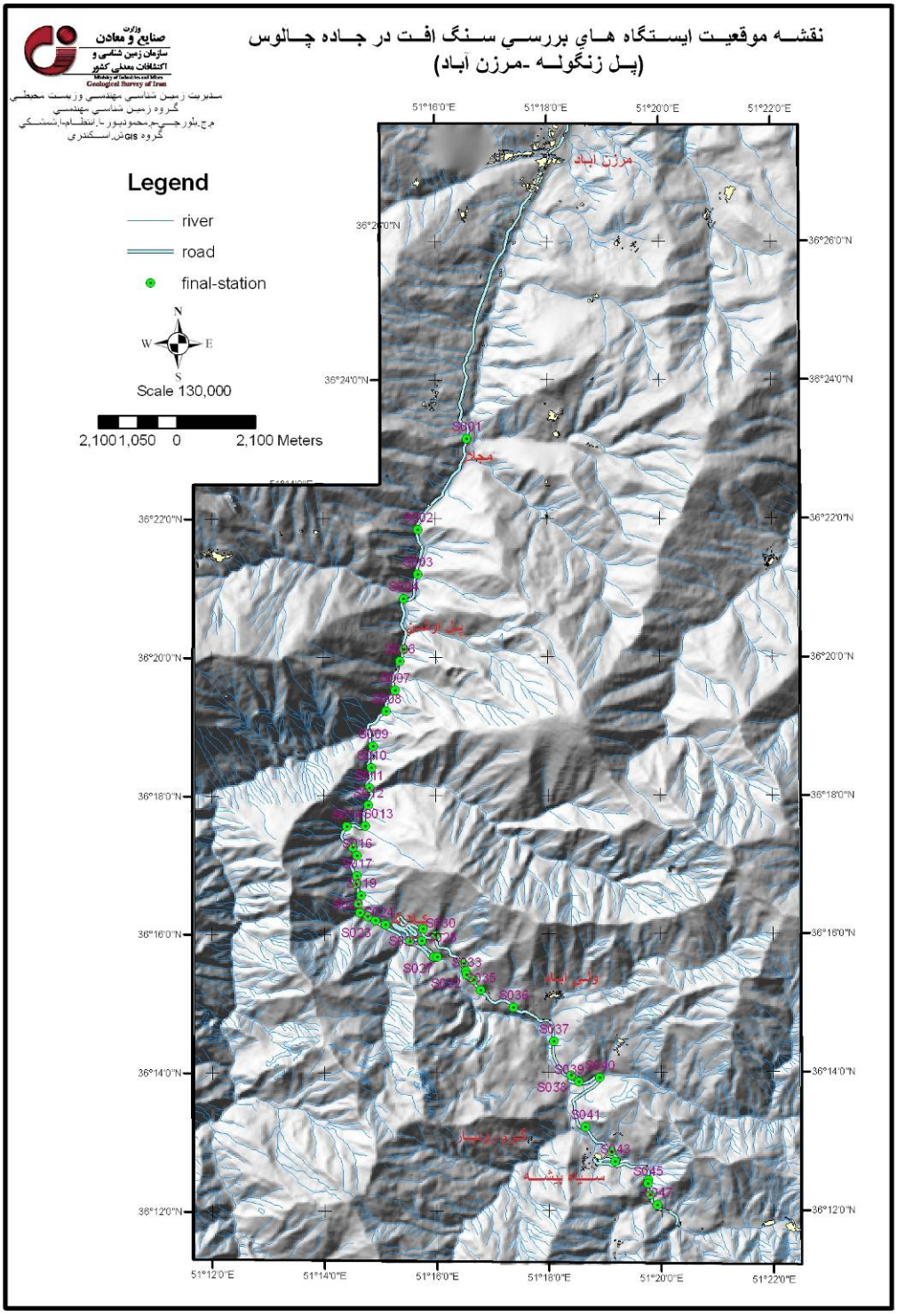
بر اساس نتایج بدست آمده، تمامی سنگهای مورد مطالعه در دامنه سنگهای محکم (Strong) تا بسیار محکم (Very Strong) رده‌بندی می‌شوند. در بین ماسه‌سنگها، ماسه‌سنگهای کهر و لالون دارای مقاومت بالاتری نسبت به ماسه‌سنگ درود می‌باشند. سنگ آهکها در رده محکم تا بسیار محکم قرار می‌گیرند.توده سنگهای آذرین (دیاباز و بازالت) در رده بسیار محکم ارزشیابی گردیده‌اند.

جدول ۲-۱۶- مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر برای توده سنگهای دربرگیرنده دامنه‌های سنگی

پارامتر / لیتولوژی	دامنه میانگین اعداد اشمیت قرائت شده	دامنه میانگین اعداد اشمیت تصحیح شده	دامنه مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر (Mpa)	واژه توصیفی
ماسه سنگ کهر	۵۷-۴۵	۵۵-۴۲	۱۸۷/۵-۸۳	(R4- R5) محکم- بسیار محکم
ماسه سنگ لالون	۵۲-۴۵	۵۰-۴۴	۱۳۶-۹۶	(R4- R5) محکم- بسیار محکم
ماسه سنگ درود	۴۶-۴۲	۴۳-۴۰	۹۰-۷۳	(R4) مستحکم
سنگ آهک مبارک	۴۸-۳۹	۴۶-۳۷	۱۰۲-۶۷	(R4- R5) محکم- بسیار محکم
سنگ آهک درود	۴۸	۴۷	۱۲۱	(R5) بسیار محکم
سنگ آهک روته	۵۲	۵۰	۱۲۷	(R5) بسیار محکم
سنگ آهک الیکا	۴۷/۶۰-۴۷/۵۰	۴۶-۴۴	۱۰۳-۹۳	(R4- R5) محکم- بسیار محکم
سنگ دولومیت سلطانیه	۵۰-۴۰	۴۸-۳۷	۱۵۰-۸۰	(R4- R5) محکم- بسیار محکم
سنگ آهک دولومیتی- مارنی	۴۶-۴۰	۴۵-۳۹	۱۰۶-۷۸	(R4- R5) محکم- بسیار محکم
فورش سنگ (با اندکی دگرگونی)	۴۰	۳۹	۸۶	(R4) محکم
بازالت	۵۰-۴۳	۴۹-۴۲	۱۳۸-۱۰۷	(R5) بسیار محکم
دیاباز	۴۷	۴۶	۱۴۲	(R5) بسیار محکم

جدول ۲-۱۷- مختصات جغرافیایی ایستگاه های برداشت در محدوده جاده چالوس (UTM, WGS 84)

Station	X	Y	Elevation (m)
S001	524753	4026778	609
S002	523458	4024343	711
S003	523453	4023164	742
S004	523073	4022514	783
S005	523099	4021155	815
S006	522989	4020839	825
S007	522857	4020061	846
S008	522615	4019507	867
S009	522267	4018568	912
S010	522220	4017996	941
S011	522181	4017456	981
S012	522149	4016997	1020
S013	522059	4016445	1055
S014	521565	4016433	1089
S015	521732	4015880	1140
S016	521833	4015647	1194
S017	521844	4015119	1185
S018	521828	4014891	-
S019	521952	4014583	1215
S020	521874	4014368	1194
S021	521919	4014123	-
S022	522121	4014033	1275
S023	522338	4013920	1323
S024	522597	4013810	1337
S025	523254	4013370	1345
S026	523904	4012958	1349
S027	523986	4012954	1368
S028	523564	4013374	-
S029	523603	4013694	1599
S030	523937	4013531	1626
S031	524687	4012772	1702
S032	524742	4012569	1705
S033	524762	4012470	1712
S034	524951	4012338	1723
S035	525149	4012061	1755
S036	526021	4011602	1811
S037	527101	4010698	1792
S038	527554	4009795	1850
S039	527766	4009615	1867
S040	528313	4009732	1936
S041	527933	4008414	1992
S042	528636	4007766	2046
S043	528723	4007492	2069
S044	529622	4007007	2188
S045	529604	4006911	2218
S046	529670	4006600	2255
S047	529853	4006332	2212



شکل ۲-۱۳- نقشه موقعیت ایستگاه های برداشت در محدوده جاده چالوس

فصل سوم

سیستم امتیاز دهی خطر سنگ افت

۳- سیستم امتیاز دهی خطر سنگ افت

۳-۱- مقدمه

سیستم امتیاز دهی خطر سنگ افت **Rock-fall hazard rating system** (RHRS) که در اینجا مورد گفتگو قرار می گیرد بعنوان ابزاری سودمند برای برآورد ناپایداری‌های حاصل از سنگ افتها (Rockfall) شناخته شده است. این سیستم در ابتدا بوسیله سازمان های حمل و نقل در ایالات متحده برای لیست کردن و امتیاز دهی ترانشه های سنگی که نیاز به پایدار سازی داشتند،گسترش یافت و امروزه بعنوان روشی متداول در دنیا بکار میرود. مباحث این قسمت بیشتر بر اساس کارهای پیرسون و همکاران (۱۹۹۰)، پیرسون و ون ویکل(۱۹۹۳) و همچنین بوس و همکاران (۱۹۹۵) جمع آوری شده است. این سیستم به مرور زمان بوسیله بسیاری از اشخاص و سازمانها تغییر داده و تکمیل گردید. از جمله بوسیله بودتا (۲۰۰۴) که استفاده از طبقه بندی SMR را برای ارزیابی زمین شناسی و ژئومکانیکی شیب های سنگی پیشنهاد نموده است. روش استفاده شده در این بررسی اگرچه بر راهکارهای پیشنهادی پیرسون استوار است ولی ازبعضی از جدول ها وپیشنهادات تکمیلی نیز سود برده است. مشخصات کلی این سیستم را میتوان به صورت زیر برشمرد:

۱. روشی یکنواخت برای لیست کردن شیبها ارائه می دهد، که توانائی ایجاد یک بانک داده های زمین مرجع (GIS) در مورد شیبها را فراهم می نماید.

۲. سیستم درجه‌بندی اولیه برای تمام شیبها منطقه بصورت کلی ارائه می کند، و آنان را در سه دسته اصلی (بر اساس ریسک سنگ افت) جای می‌دهد.(A ، B and C)

۳. سیستم تفضیلی درجه‌بندی و امتیاز دهی به شیب‌های خطرناک بر اساس شناخت درجه خطر آنان در رابطه با پدیده سنگ افت.

۴. طراحی اولیه و تخمین هزینه را برای شیبهای مسئله دار ممکن می سازد و قابلیت افزودن روشهای اصلاحی به بانک داده ها رافراهم می نماید.

۵. قابلیت تعریف و گسترش پروژه را برای حالت های پیشرفته‌تر اصلاح و تثبیت دامنه، دارا می‌باشد.

۶. امکان تجدید نظر و بروز کردن سالانه را دارا است.

این روش امتیاز دهی از دو فاز مطا لعاتی تشکیل شده است:

۱. مرحله ارزیابی اولیه (امتیاز دهی اولیه شیبها بر اساس خطر سنگ افت)

۲. مرحله امتیاز دهی تفضیلی

۳-۲- بررسی شیبها و امتیاز دهی اولیه:

هدف بررسی شیبها در این مرحله گردآوری اطلاعات مشخص در مورد محل وقوع سنگ افت ها می باشد. در این مرحله، شناسایی مقاطع سنگ افتی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. بر طبق تعریف پیرسون، یک مقطع سنگ افتی عبارتست از: " هر شیب دست نخورده ای در مجاورت یک جاده که از سطح فعالیت و سازو کار تشکیل سنگ افت یکسانی برخوردار است " می‌باشد . بعلت تفاوتی که در نحوه شکل گیری و سطح فعالیت سنگ افتها موجود است شاید بهتر باشد که از تعریف مقاطع طولی بزرگتر پرهیز گردد و مقاطع بصورت جزئی تر تقسیم‌بندی گردند.

اطلاعات زیر باید تا حد امکان در این مرحله از مطالعه جمع آوری گردند:

۱. محل وقوع سنگ افت ها
۲. تخمین تناوب این فعالیت
۳. زمان حداکثر این سقوط های سنگی
۴. تخمین اندازه/ مقدار سقوط سنگها در هر ریزش
۵. توصیف فیزیکی مواد درگیر سقوط
۶. مکان توقف سنگهای حاصل از ریزش
۷. تاریخچه حوادث گذشته
۸. نظرات درباره علل شکل گیری سنگ افت
۹. تناوب پاک سازی جویهای زهکشی و بازرسی جاده وهزینه پاکسازی و مرمت

۳-۳- رده بندی اولیه:

هدف امتیاز دهی اولیه، تقسیم بندی شیبهای مورد بررسی به سه دسته کاری می باشد . بدون این مرحله ممکن است زمانی طولانی برای شیبهایی با قابلیت پایین ایجاد خطر، صرف گردد. این رده‌بندی بر اساس ارزیابی نظری پتانسیل ایجاد سنگ افت و یا تاریخچه رویداد سنگ افت ها در گذشته انجام می گیرد. در این مورد تخمین پتانسیل ایجاد سنگ افت بر فعالیت تاریخی آن اولویت دارد.

گروه **(A)** ، بدین معنا می باشد که یا سقوط سنگی در این جایگاه غیر محتمل بوده و یا اینکه احتمال رسیدن آن به جاده منتفی می باشد و ریسک ایجاد یک موقعیت خطرناک غیر محتمل یا صفر است. در گروه **(B)** این ریسک از پائین تا متوسط و در **(C)** از متوسط به بالا می باشد.

تمام شیب های سنگی درجه C باید عکس برداری شده و امتیاز دهی تفضیلی بر روی آنان انجام شود. بخش B باید تا آنجا که زمان و بودجه اجازه میدهد مورد مطالعه قرار گیرد و دسته A مورد بررسی بیشتر قرار نمی گیرند(در نوشتار پیرسون A به عنوان شیب های با خطر بالا معرفی شده).

مشخصات	کلاس ها		
	C	B	A
تخمین پتانسیل سنگ افت در جاده	زیاد	متوسط	کم
تاریخچه فعالیت سنگ افتی	زیاد	متوسط	کم

جدول۳-۱- رده بندی اولیه در سیستم امتیاز دهی خطر سنگ افت

۳-۴- امتیاز دهی تفضیلی:

امتیاز دهی تفضیلی، دومین بخش ارزیابی سیستم امتیاز دهی خطر افت سنگی می باشد. . این روش در برگیرنده ارزیابی فاکتورهایی مجزا و گاهی کاملا متفاوت میباشد که وقتی مورد ارزیابی و امتیاز دهی قرار گیرند این امکان را فراهم می‌آورند که یک شیب از حداقل خطر تا خطر بالای سنگ افت طبقه بندی شود. این فاکتورها در واقع سیستمی ترکیبی از امتیاز دهی در رابطه با ارتفاع سقوط سنگ، وضعیت مکانیکی سنگ، ترافیک در روی شیب، وضعیت دید، اندازه بلوکهای آزاد، وضعیت آب و هوایی شیب را در اختیار قرار می‌دهند. مجموعه این امتیازات می تواند برآوردی مناسب از ریسک سنگ افت در ایجاد خسارت های جانی و مالی باشد. شیب‌های با امتیاز بالاتر نشان دهنده خطر بیشتر نیز می باشند.

در این مرحله یک سیستم توانی بر پایه ۳ (در محدوده ۱ تا ۱۰۰) برای امتیاز دهی در نظر گرفته شده که امکان امتیاز دهی به شرایطی کاملا متغیر را امکان پذیر می سازد. برای بعضی از موارد مقدار دقیق امتیاز می تواند از رابطه $y=3^x$ بدست آید (به جدول۳-۲ مراجعه شود).این فاکتورها وچگونگی امتیاز دهی به آنها در زیر بصورت خلاصه توصیف شده است.

پارامترها	مقادیرX
طول شیب(فوت)	(۲۵) / طول شیب
متوسط ریسک برای وسایل نقلیه	۲۵ / ٪ متوسط خطر وسیله نقلیه
فاصله دید تصمیم گیری	۲۰/ (٪ فاصله دید تصمیم گیری-۱۲۰)
عرض جاده(فوت)	۸ / (عرض جاده-۵۲)
اندازه بلوک(فوت)	اندازه بلوک
حجم بلوک(فوت)	۳/ حجم

جدول۳-۲- مقادیر X برای امتیاز دهی دقیق فاکتورها از رابطه $y=3^x$

بزرگراه/ منطقه:	تاریخ:
کلاس(A)،(B and C):	بوسیله:
محدوده سرعت:	اولیه/تکمیلی:

موارد امتیاز دهی	توضیحات	امتیاز
ارتفاع شیب		
وجود و سودمندی جوی(Ditch)		
میانگین ریسک وسیله نقلیه		
فاصله دید ٪ فاصله تصمیم‌گیری		
عرض جاده(شامل کناره ها)		
مشخصات زمین شناسی		
مورد ۱: شرایط ساختاری اصطکاک سطح درزه سنگ		
مورد۲: اختلاف در اشکال فرسایش اختلاف در نرخ فرسایش		
اندازه بلوک/ حجم		
وضعیت اقلیمی و وجود اب در شیب		
تاریخچه افت سنگ		
کل امتیازات		

جدول۳-۳- جدول برداشت و امتیاز دهی به فاکتورها در سیستم امتیاز دهی خطر سنگ افت

۳-۴-۱- ارتفاع شیب:

سنگ های در ارتفاع بالاتر از سطح جاده، انرژی پتانسیل بیشتری را دارا هستند ، بنابراین موجب خطر بالاتری شده و امتیاز بیشتری دریافت مینمایند (جدول۳-۴). اندازه گیری ارتفاع شیب در این مطالعه بوسیله فاصله یاب لیزری انجام شد که ملاک اندازه‌گیری بالاترین بخش قابل دید با پتانسیل سنگ افت های قبلی(یا زخمه قابل رویت) برای اندازه گیری بود.

۳-۴-۲-تاثیر جوی سنگ‌گیر پای شیب (Ditch):

تاثیر جوی سنگ گیر با توانائی آن در محدود سازی رسیدن سنگها به جاده اندازه گیری می‌شود. عواملی مانند ارتفاع، زاویه شیب، عرض و عمق جوی، اندازه بلوک ، مقادیر سنگ افت و تاثیر ناهمواری‌های روی شیب میتوانند روی این توانائی موثر باشد. نحوه امتیاز دهی به این فاکتورها در جدول ۳-۴ آمده است.

موارد امتیاز دهی	معیار امتیاز دهی و گروه بندی			
	۳ درجه	۹درجه	۲۷ درجه	۸۱ درجه
ارتفاع شیب	۷,۵متر	۱۵متر	۲۲,۵متر	۳۰متر
وجود و سود مندی جوی(Ditch)	عدم وجود	جوی محدود	جوی متوسط	جوی خوب
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۲۵	٪۵۰	٪۷۵	٪۱۰۰
٪ فاصله دید تصمیم گیری	٪۱۰۰کافی	٪۸۰متوسط	٪۶۰محدود	٪۴۰خیلی محدود
عرض جاده شامل کناره ها	۱۳,۴۰متر	۱۱متر	۸,۵۰متر	۶متر
مشخصات زمین شناسی:				
مورد ۱: شرایط ساختاری	درزه‌های نا پیوسته، جهت‌گیری نامناسب	درزه‌های ناپیوسته، جهت‌گیری تصادفی	درزه‌های ناپیوسته، جهت گیری نامناسب	درزه‌های پیوسته، جهتگیری نامناسب
مورد۲: اختلاف در اشکال فرسایش	مقداری تفاوت در اشکال فرسایش	مشاهده گاه بگاه اشکال فرسایشی	مشاهده اشکال فرسایشی به فراوانی	مشاهده اشکال عمده فرسایشی
اختلاف در نرخ فرسایش	کمی تفاوت	تا حدی تفاوت	تفاوت زیاد	تفاوت بسیار زیاد
اصطکاک سنگ	زبر،نامنظم	موجی	صفحه‌ای	پرشدگی رسی، وسطح خراشیده
اندازه بلوک/ حجم	۰,۳متر ۲,۳مترمربع	۰,۶متر ۴,۶مترمربع	۰,۹متر ۶,۹مترمربع	۱,۲متر ۹,۲مترمربع
وضعیت اقلیمی و وجود آب در شیب	بارندگی کم تا متوسط،بدون یخزدگی،بدون آب روی شیب	بارندگی متوسط یا دوره کوتاه مدت یخزدگی یا وجود آب بصورت دائمی	بارندگی زیاد یا دوره های بلند یخزدگی یا آب بصورت پیوسته روی شیب	بارندگی زیاد یا دوره های بلند یخزدگی یا آب بصورت پیوسته روی شیب و دوره های طولانی یخزدگی
تاریخچه سنگ افت	بندرت سقوط سنگی مشاهده شده	گاهی سقوط سنگی مشاهده شده	سقوط سنگی زیاد مشاهده شده	سقوط سنگی دائم مشاهده شده
کل امتیازها	شیب‌های با امتیاز کمتر از۳۰۰ اولویت پائینی برای پایدار سازی برخوردارند، در حالی که شیب‌های با امتیاز بالای ۵۰۰ در اولویت فوری برای اجرا روش‌های پایدار سازی قرار دارند			

جدول۳-۴- جدول امتیاز دهی به فاکتورها در سیستم امتیاز دهی خطر سنگ افت (روش پیرسون)

۳-۴-۳- میانگین خطر پذیری وسایل نقلیه:

این فاکتور نشان دهنده احتمال مکانی وجود وسیله نقلیه در هنگام وقوع سنگ افت در زون سقوط سنگی است و ازرابطه زیر محاسبه میگردد.

$$AVR= (ADT. SL. 100\%)/ PSP$$

ADT متوسط تعداد وسایل نقلیه در یک ساعت (۲۴/ وسایل نقلیه در روز)، SL طول زون خطر به کیلومتر و PSP محدودیت سرعت اعمال شده بر حسب کیلومتردر ساعت می باشد. یک متوسط ۱۰۰٪ بدین معنی است که بطور متوسط می توان انتظار یک وسیله نقلیه در زمان وقوع سنگ افت در محدوده خطر را داشت. امتیازهای بالاتر بدین معنی است که در هر حادثه وقوع سنگ افت بیش از یک وسیله نقلیه می تواند در معرض خطر قرار گیرد(جدول۳-۴). نتایج این فاکتور همچنین بازتابی از اهمیت مسیر در ایجاد پتانسیل خطر سنگ افت می‌باشد. ترافیک جاده بر اساس داده های موجود ترافیکی ۷۰۰۰ خودرو در ۲۴ ساعت برای این مطالعه در نظر گرفته شد(بر اساس گزارش تحلیل آمار ترددشماری گذشته جاده چالوس).

۳-۴-۴- درصد فاصله زمان دید و تصمیم گیری(DSD):

این فاکتور نمایانگر طول جاده طی شده پیش از مشاهده خطر و تصمیم گیری در مورد آن است. در مسیر یک زون خطر عوامل مختلفی می‌توانند دید را کاهش دهند که پیچ جاده، بیرون زدگی سنگی و پوشش گیاهی کناره جاده از این عوامل می باشند.این فاکتور (DSD) ازرابطه زیر محاسبه می گردد.

$$DSD\%= \text{Actual sight distance/Decision sight distance}*100\%$$

که در آن (ASD) فاصله واقعی دید تصمیم گیری ، کمترین فاصله‌ای است که از آن یک جسم ۶ اینچی (۱۵/۲۴ سانتیمتر) برای چشم ناظری در فاصله۳/۵ فوتی (۱/۱متری) از سطح زمین قابل مشاهده است و فاصله زمان تصمیم گیری(DSD)، بر اساس حد سرعت بر اساس استاندارد کشور آمریکا (American Association of State Highway Transportation Officials -AASHTO) تعریف شده است.

Posted Speed Limit (mph)	Decision Sight Distance (ft)
25	375
30	450
35	525
40	600
45	675
50	750
55	875
60	1,000
65	1,050

جدول۳-۵- ارتباط بین فاصله دید(فوت) و حداقل سرعت(مایل بر ساعت) با تغییرات از جدول سوم AASHTO

این فاکتور در واقع نمایشی از امکان دید راننده از یک مانع مانند سنگ افت سقوط کرده بر روی جاده و اجتناب ازآن می باشد(جدول۳-۴).

۳-۴-۵- عرض جاده :

عرض جاده عمود بر خط مرکزی جاده ازیک طرف شانه خاکی تا سمت مقابل آن می باشد.در این مطالعه عرضی از این قسمت که در آن امکان مانور خودرو بوده در نظر گرفته شده است.در حالت سقوط سنگ هر چقدر که امکان مانور راننده بیشتر باشد شانس فرار خودرو از تصادف با سنگ فروافتاده و یا با وسایل نقلیه روبروافزایش می‌یابد. نوع امتیاز دهی در جدول۳-۴ آمده است.

۳-۴-۶- ویژگی‌های زمین‌شناسی :

بخشی از سیستم امتیاز دهی در این روش به طور مستقیم به ویژگی‌های زمین شناسی باز میگردد. در این مورد دو حالت تعریف شده است. حالت اول شامل سنگ افتهایی است که نتیجه ناپیوستگی موجود در سنگها بوده و حالت دوم شامل تفاوت در نرخ فرسایش سنگها می باشد.

حالت اول(شرایط اصطکاک سنگ): در این حالت اصطکاک، جهت‌گیری و نوع ناپیوستگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اصطلاح درزه‌های پیوسته در اینجا به ناپیوستگی‌های با امتدادیافتگی بیش از ۳ متر اطلاق میگردد. انواع ناپیوستگی‌ها ممکن است درزه، گسله، لایه بندی و ساختارهای برشی باشند. وجود مواد پرکننده و فشار آب نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

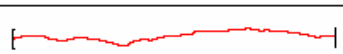
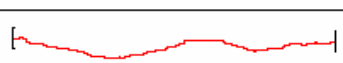
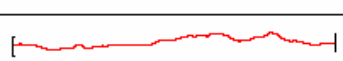
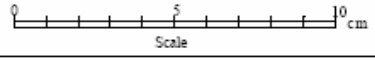
حالت دوم (شرایط ساختاری) : در این حالت علت اصلی سنگ افت تفاوت درنرخ فرسایش و شیب‌های معکوس میباشد. این حالت میتواند شامل یک لایه زود فرسا که بوسیله لایه‌ای مقاوم تر پوشیده شده است، شیب های تالوسی (واریزه‌ای)، لایه‌های با ویژگی های متغیر مانند کنگلومرا و واحدهای سنگی و خاکی که هوازدگی در آنها زمینه سقوط سنگی را فراهم آورده، باشند.

در مورد اهمیت این فاکتور می توان گفت کـه سـنگهای درزه دار بیـشتر از سـنگهای تـوده ای پتانسیل گسیختگی و ایجاد سنگ افت را دارا میباشند. در این حالت حرکت در درزه ها صورت گرفتـه که مقاومتی کمتر از خود سنگ را دارا می باشند. وقتی که از جهت گیری نامناسب درزه هـا نـسبت بـه شیب مجاور جاده صحبت می شود بدین معنی است که یـک درزه بـصورت منفـرد و یـا بـا ترکیـب بـا دیگر درزه‌ها گسیختگی‌های صفحه‌ای، چرخشی ، بلوکی ، گوه‌ای و واژگونی را موجب می شوند.

ویژگی‌های درزه ها بعلت ماهیت این مطالعه بصورت تفضلی‌تر از آنچه که برای امتیـاز دهـی در این روش لازم است مورد بررسی قرار گرفته و برای هر شیب نمای استریونتی و جهـت گیـری درزه ها نسبت به شیب مجاور جاده آورده شده تا تخمینی دقیق تر از امکان شکل گیری هـر یـک از حـالات گسیختگی سنگ را ارائه دهیم.

۳-۴-۷- اصطکاک سطح درزه سنگ:

پتانسیل سقوط سنگی بر اساس امکان حرکـت آنـان در امتـداد درزه‌هـا (کـه براسـاس وضـعیت سطح درزه ها کنترل می شود) بوجود می‌آیدکه شرایط زبری آن در مقیاس میکرو و ماکرو تعریف می گردد(د رمقیاس ۱۰ سانتی متر و بیش از ۲ متر). در این مـورد معمـولا از جـداولی بـر اسـاس کارهـای بارتون سود برده می شود که نمونـه‌ای از آن در جـدول۳-۶ ارائـه شـده اسـت. بعنـوان مثـال در مطالعـه حاضر به JRC (۶-۸) در مقیـاس کوچـک امتیـاز ۲۷ ، JRC (۶-۴) امتیـاز ۳۵,۵ وبـه JRC (۱۰-۸) امتیاز ۲۰,۵ داده شده است . این فاکتوربه طور مستقیم بر روی پتانسیل حرکت یک بلـوک نـسبت بـه بلوک دیگر تاثیر می‌گذارد.

Description of joint	Standard joint profiles	JRC range
Smooth, planar: cleavage joints		0 - 2
Smooth, planar: tectonic joints		2 - 4
Undulating, planar: foliation joints		4 - 6
Rough, planar: tectonic joints		6 - 8
Rough, planar: tectonic joints		8 - 10
Rough, undulating: bedding joints		10 - 12
Rough, undulating: tectonic joints		12 - 14
Rough, undulating: releif joints		14 - 16
Rough, irregular: bedding joints		16 - 18
Rough, irregular: artificial tension		18 - 20
		

جدول ۳-۶- برش الگوی زبری سطح درزه برگرفته از Barton ، Choubey کامل شده توسط Indaratna و Ranjiith .

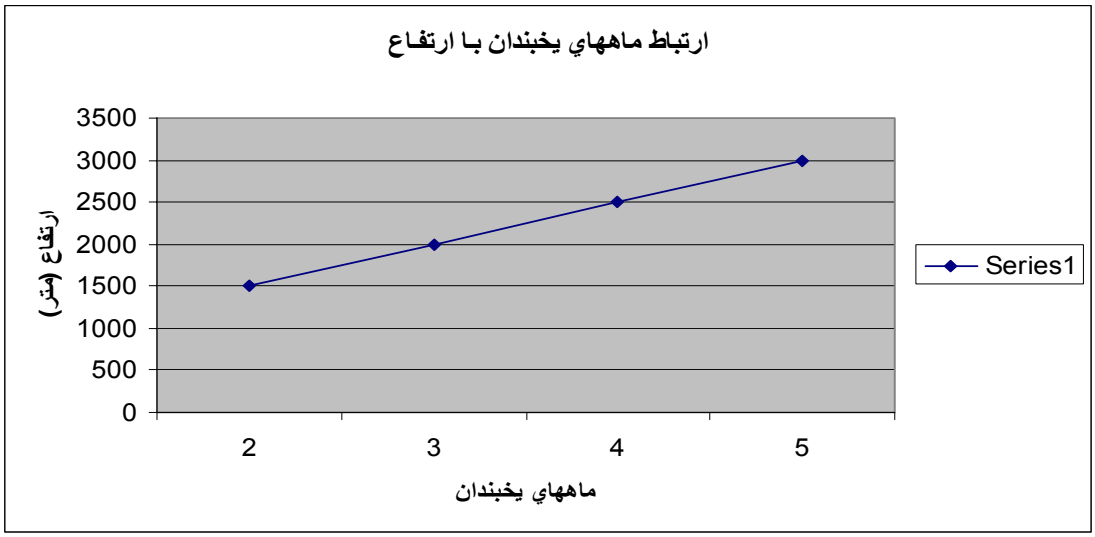
۳-۴-۸- اندازه بلوکها و مقادیر سنگ‌افت در هر رخداد:

بلوکها و حجم های بیشتر سنگ افت، انرژی جنبشی بیشتری تولید کرده و طول بیشتری از جاده را مسدود کرده و در نتیجه شانس اجتناب از تصادف با سنگ افت را کاهش می دهد. این امتیاز دهی باید براین اساس باشد که کدام نوع از سنگ افت ها امکان رویداد بیشتری دارند و اگر سقوط بصورت بلوکهای منفرد اتفاق افتد امتیاز دهی باید بر آن اساس باشد. اما اگر سقوط بصورت توده‌ای صورت گیرد مقدار حجم در هر رخداد باید ملاک قرار گیرد. این امر میتواند از روی تاریخچه تعمیرات یا مشاهده وضعیت شیب استنباط گردد. . اندازه بلوکها اکثرآ در روی زمین اندازه گیری شده است در این روش برای حالتی که بلوکهای فروافتاده برای اندازه گیری در دست نبوده و یا تاریخچه ای موجود نباشد روشی ارائه نشده، در مواردی اینچنین نگارندگان از پیشنهادات پالمستروم با توجه به رابطه بین درزه‌ها و بلوک آزاد شده، استفاده نموده‌اند (Palmstrom, 1995).

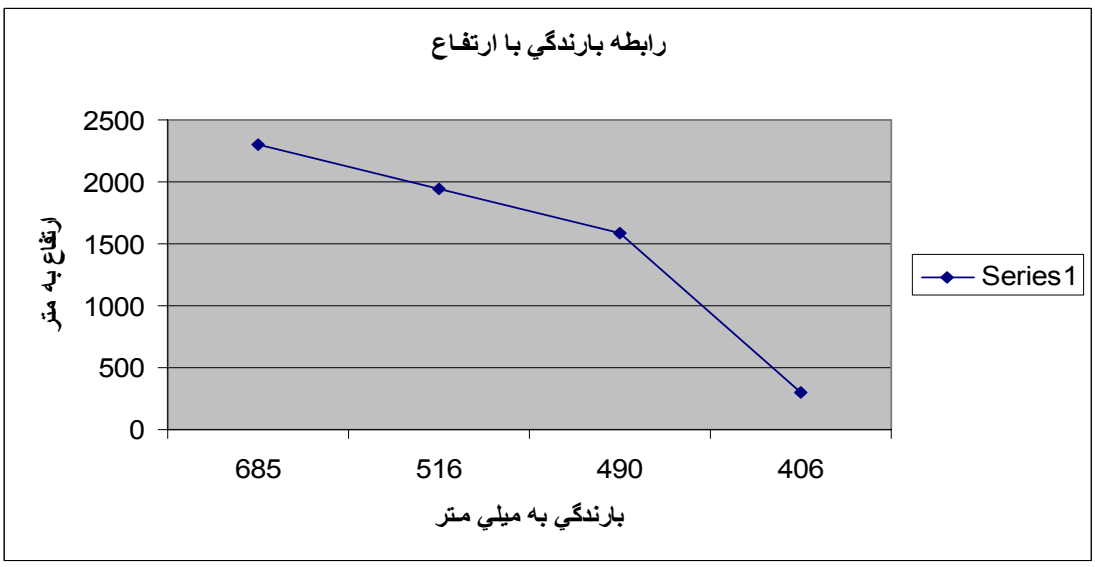
۳-۴-۹- آب و هوا و وجود آب در شیب:

آب و چرخه یخ بستن و آب شدن در هوازدگی و فرسایش فیزیکی و مکانیکی سنگها به شدت موثراست. اگر آب بر روی شیب بصورت مستمر یا متناوب جاری باشد شیب باید بر اساس آن امتیاز دهی گردد. در این حالت طبق امتیاز دهی پیشنهادی بودتا(Bodeta) مناطقی که کمتر از ۳۰۰میلی متر در سال باران دریافت می نمایند و یا بدون زمان یخبندان می باشند امتیاز ۳ ، مناطق با بارندگی حدود ۶۰۰ میلی متر و دوران یخبندان کوتاه امتیاز ۹ و مناطق با بارندگی حدود ۹۰۰ میلی‌متر

و دوران یخبندان طولانی امتیاز ۲۷ داده شده است. وجود آب دائم موجب اعمال عدد X با یک واحد بالاتر گردیده است. میزان بارندگی و چرخه یخ بست و آب شدن هر دو در امتیاز دهی مهم می باشند اما بین حالت های پیش گفته در این فاکتور و فاکتورهای دیگر اعمال امتیاز، معمولا بر اساس بدترین وضعیت موجود تصمیم گیری می شود. بخاطر داشته باشید که اعمال امتیاز بیش از ۲۷ مربوط به دوره‌های یخبندان طولانی و یا حالتهای پیوسته جریان آب بر روی شیب می باشد. بارندگی و یخ بندان از روی داده های موجود بارندگی و برازش های ساده با توجه به ارتفاع و داده‌های بارندگی موجود امتیاز دهی شده‌اند (جدول۳-۴و نمودار های ۳-۱و ۳-۲).



نمودار ۳-۱- رابطه ماه های یخبندان با ارتفاع در جاده چالوس(شمشکی،۱۳۸۵)



نمودار ۳-۲- رابطه بارندگی با ارتفاع در جاده چالوس(شمشکی،۱۳۸۵)

۳-۴-۱۰- تاریخچه سنگ افت ها :

تاریخچه سنگ افتها عامل دیگری است که به آن امتیاز دهی می گردد. این تاریخچه می‌تواند بوسیله پرس و جوی محلی، استفاده از داده های مربوط به تعمیر جاده و مشاهده مستقیم مشخص گردد. بر این اساس یک شیب می تواند دارای تعداد محدودی سنگ افت در یک سال یا در توالی‌های بیشتر سنگ افت های مستمر در طول سال باشد (جدول ۳-۴). بعلت عدم وجود تاریخچه ای مکتوب از سنگ افت ها، تاریخچه سنگ افت های هر شیب با توجه به بازدیدهای دوره ای و برداشت آثار سنگ افت های روی آسفالت در بازه‌های زمانی مختلف و بویژه پس ازترمیم آسفالت جاده، مشاهده ها و اظهارنظر اهالی و کارکنان راهداری تهیه گردید.

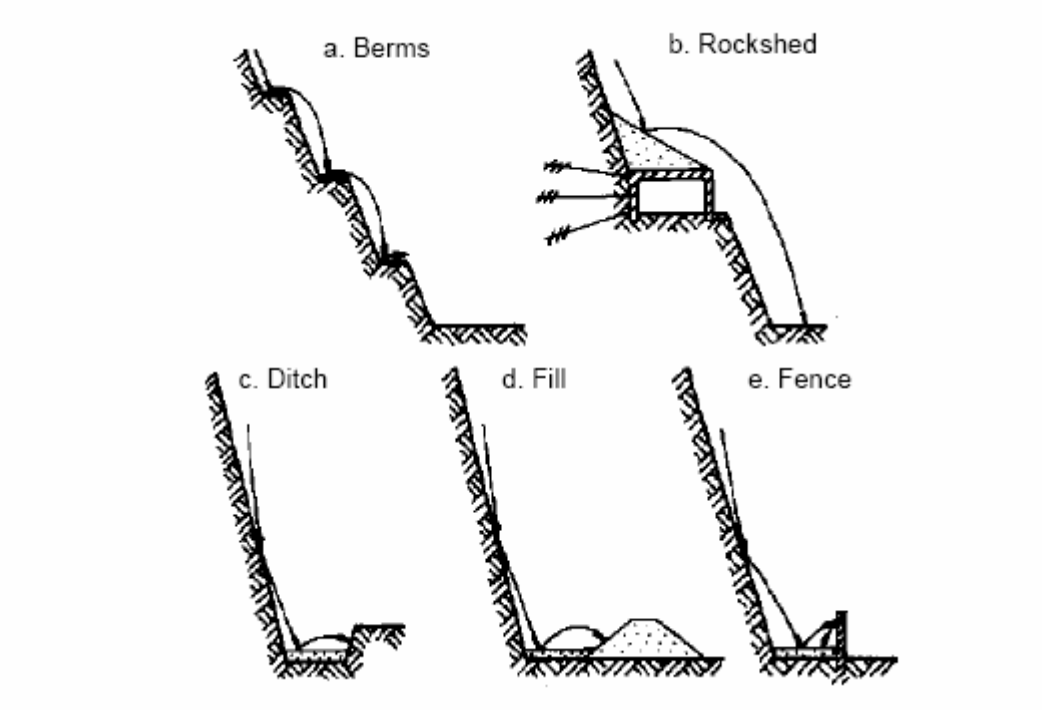
۳-۴-۱۱-پیشنهادات اولیه در مورد کنترل خطر سنگ‌افت:

برای امتیاز دهی تفضیلی ، امتیاز دهنده باید اطلاعات کافی جهت پیشنهاد روش های کنترل و کاهش خطر سنگ افت ها را گرد آوری نموده و پیشنهادهای مقدماتی را در مورد روشهای قابل قبول ارائه دهد. در رده های مدیریتی احتیاج به درک صحیح هزینه‌ها و فواید همراه هر یک از این روشها می باشد تا تصمیمی مناسب در مورد راهبرد تصحیح کلی اتخاذ و یا تنها راهکارهائی در مورد تقلیل خطر در نظر گرفته شود.

در بیشتر موارد ترکیبی از چندین روش، مناسب ترین راه‌حل می‌باشد. در این مرحله هدف رسیدن به برآوردی اولیه از روشهای مناسب بوده تا تخمین های مربوط به هزینه و تصمیم گیری اولیه انجام گیرد .بدیهی است که بکار گیری هرکدام از این تکنیک‌ها نیاز به کارهای تکمیلی و آزمون های جداگانه برای بدست آوردن پارامترهای مهندسی مربوط به هر روش دارد که باید بر روی شیب ها بطور جداگانه انجام گیرد.

چند روش بطور معمول در رابطه با سنگ افت ها مورد استفاده قرار می گیرند که انتخاب این روش ها به چند فاکتور شامل اندازه و حجم سنگ افت مورد انتظار در روی شیب، دسترسی به مخزن (source) سنگ افت ، محدودیت نگهداری ، بودجه در دسترس و نتایجی که بدنبال آن هستیم بستگی دارند. جدول زیر تکنیکهای معمول در مقابله با خطر سنگ‌افتها را ارائه می‌دهند.

جدول ۳-۷- تکنیکهای معمول در مقابله با خطر سنگ افت	
لق گیری (Scaling)	برداشت و رها ساختن سنگهای سست از روی شیب بوسیله ابزار دستی و مکانیکی که معمولا به همراه روش‌های دیگر پایدار سازی به کار میرود.
پرده حفاظ (slope screening)	بکارگیری تورسیمی و شبکه کابلی روی شیب برای کنترل سنگ افت به شکلی که سنگ ها در پای شیب، بمنظور برداشت جمع گردند.
خندق ضربه گیر (Ditch)	حفر یک خندق (جوی) و ترانشه در پائین دامنه قسمت اعظم انرژی قطعات ریزشی و پرتابی را می گیرد. طراحی مناسب و استفاده از توری در فاصله‌ی بین خندق و جاده میتواند از ترکش قطعات به داخل جاده جلوگیری نماید.
تور و کابل ضربه گیر (catch fences)	نصب شبکه توری و یا کابلی بصورت ضربه گیر که انرژی سنگ‌افت را مستهلک کرده و اجازه می‌دهند سنگ در فاصله‌ای قابل قبول از جاده متوقف گردد.
دستکاری و تغییر هندسی شیب	برداشت مواد از روی شیب و یا تغییر هندسی شکل شیب بمنظور بوجود آوردن مخزنی بمنظور جمع آوری بلوکهای رها شده و یا استهلاک انرژی سنگ ها پیش از رسیدن به جاده صورت می‌گیرد.
تقویت مکانیکی شیب (Artificial reinforcement)	به سازی پایداری شیب بوسیله بکار گیری نگه‌دارنده های مکانیکی مانند میل مهار ، پیچ سنگ و مهار کابلی که بلوک ها را در مکان خود بر روی شیب ثابت نگه میدارند.
بتن پاشی (shotcrete)	بتن پاشی با سرعت بالا روی شیب که موجب تقلیل اثر فرسایش روی شیب و تا حدی ثابت نمودن قطعات سنگی روی شیب می گردد.
دیواره و حفاظ (Barrier system)	نصب دیواره و حفاظ های سخت یا قابل انعطاف، گاردهای محافظ، دیوار سبدی، دیوارهای خاک مسلح و غیره. این سیستم ها معمولا در کنار جاده بخاطر دسترسی و نگهداری آسانتر نصب میگردند.
زهکش (Drainage)	کاهش سطح آب در روی شیب با نصب زهکش‌های افقی و عمقی انجام گرفته که معمولا بکارگیری آن همراه دیگر روشها صورت می گیرد.



شکل ۳-۱- **بعضی از روشهای تقلیل خسارات سنگ افت (Spang1987)**

۳-۴-۱۲- نتیجه‌گیری و پیشنهادها :

روش امتیاز دهی خطر سنگ افت فرآیندی است که برای سازمانهای مرتبط، امکان مدیریت خطر سنگ افت را در سیستم بزرگراهها فراهم میسازد. در واقع یک روش منطقی را برای یک تصمیم گیری آگاهانه برای اینکه کجا و چگونه بودجه در دسترس را برای بازسازی جاده هزینه نمایند ارائه می دهد. این سیستم در واقع شش پایه اساسی را برای چنین تصمیم گیری هایی فراهم می سازد. این موارد بشرح زیر می باشند:

۱. شناسایی شیب ها که در ضمن آن یک بانک اطلاعاتی برای مکان و قوع سنگ افت ها فراهم می‌شود.

۲. یک رده بندی اولیه که شیب ها را در سه تقسیم بندی فراگیر قرار داده و در نگاهی کلی قسمت‌های خطر خیز جاده را متمایز می‌سازد (شکل۳-۲)

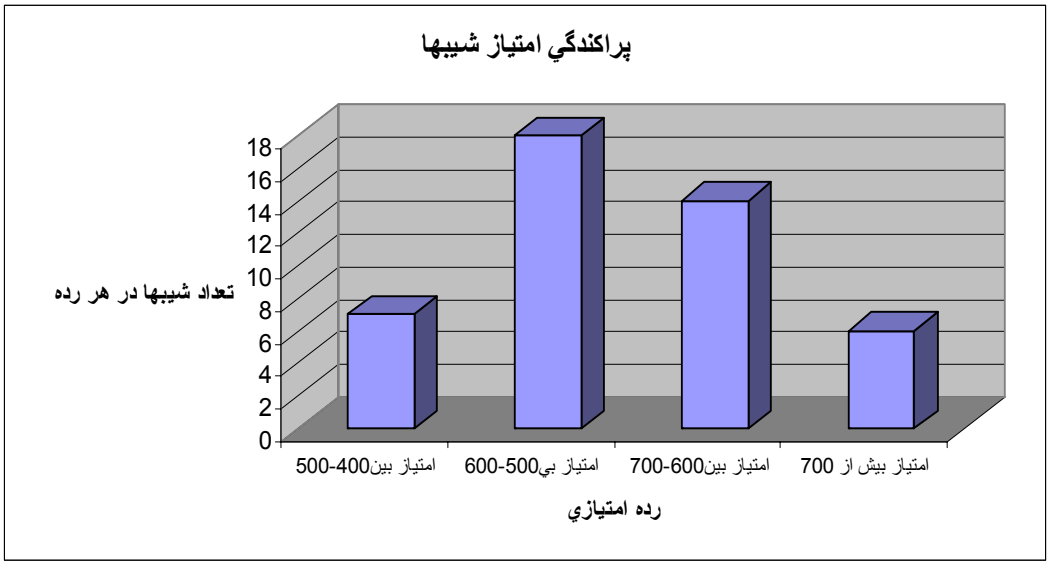
۳. رده تفضیلی، که ایستگاه های با احتمال خطر را، بترتیب از خطربالا تا شیبهای با خطر کمتر را مجزا می سازد.

۴. طراحی و تخمین اولیه هزینه‌ها - بر طبق اطلاعات اولیه جمع آوری شده می توان به ارزیابی و تخمین اولیه‌ای از این مسئله رسید

۵. شناسائی پروژه ها و توسعه آنان ، توسعه و پیشبرد پروژه ها بطرف اجرائی شدن به کمک اطلاعات پایه جمع آوری شده و تکمیل آنها

۶. مرور و به روزرسانی سالانه بانک داده‌های این روش

در مرحله اول مطالعه از حدود ۴۹,۵ کیلومتر طول جاده کوهستانی جاده چالوس ۱۰ کیلومتر آن در منطقه A، ۱۹,۵ کیلومتر در منطقه B و ۲۰ کیلومتر در منطقه Cطبقه بندی گردید. در تعداد ی از کارهای پیشین شیب های منفرد در کلاسه بندی C،B،A قرار داده می‌شدند اما در مطالعه حاضر ترجیح داده شد که بصورت پهنه های جاده‌ای در نظر گرفته شده و بر روی جاده با ترکیبی از وضعیت توپوگرافی نمایش داده شوند. بدین معنا که بطور مثال شیبهائی که در مجاورت آن قسمت از جاده که برنگ قرمز مشخص شده در کلاس C مربوط به این طبقه بندی قرار میگیرند. حدود ۴۵ دامنه بصورت مجزا در منطقه پر خطر (C) مورد بررسی تفضیلی قرار گرفتند. که از این تعداد۷ شیب امتیازی بین ۴۰۰ تا ۵۰۰، ۱۸ شیب امتیازی بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ ، ۱۴ شیب بین ۶۰۰ تا ۷۰۰ و ۶ شیب امتیازی بیش از ۷۰۰ دریافت نمودند.



نمودار ۳-۳- پراکندگی شیب ها در هر رده امتیازی به روش RHRS

همانگونه که ذکر شد روش امتیاز دهی خطر سنگ افت جدول جداگانه ای برای روشهای اصلاحی پیشنهاد ننموده است و چون در این روش هدف اصلی مقایسه شیبها نسبت به یکدیگر از نظر امتیاز دهی ریسک حاصل از سنگ افت است رده بندی و اولویت بندی با توجه به شرایط خاص هر بزرگراه باید انجام گیرد، ولی آنگونه که هوک بنقل از پیرسون ذکر کرده است در ایالت ارگون ایالات متحده شیبهای با امتیاز زیر ۳۰۰ دارای اولویت خیلی پائین و شیبهای بیش از ۵۰۰ دارای اولویت بالا برای شروع کارهای اصلاحی می باشند. با توجه به وضعیت شیبهای این جاده شاید بتوان شیبهای با

امتیاز کمتر از ۵۰۰ را در اولویت نسبتا پائین برای شروع کارهای اصلاحی بشمار آورد، در حالی که شیب های بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ را در اولویت متوسط تا بالا و شیب های بالای ۶۰۰ را در اولویت بالا تا خیلی بالا و در بین آنان شیب های با امتیاز بالاتر از ۷۰۰ را در اولویت خیلی بالا قرار داد. البته باید به خاطر داشت که در تمامی این شیبها وضعیت سنگ ها و درزه ها حاکی از پتانسیل شکل گیری خطر سنگ افت بوده و در صورت وقوع این پدیده ریسک آن بهرحال بالا می باشد و این طبقه بندی فقط برآوردی نسبی و نه مطلق از ریسک حاصل از وقوع سنگ افت در هر شیب را نسبت به شیبهای دیگر ارائه میدهد. بزرگترین بلوک رها شده در این مطالعه به سنگ های سازند سلطانیه و مبارک تعلق دارد و در واحد های سنگی لالون، کهر و تاپ کوارتزیت نیز بلوک های بزرگ با قطر بیش از ۱/۵ متر در پاره ای از موارد دیده شده است. وضعیت مهندسی جاده در بسیاری از شیب ها با تاثیر بر روی تراکم ترافیک و کاهش دید در جاده موجب بالا رفتن ریسک خطر سنگ افت و امتیاز RHRS آن گردیده است. اصلاح مهندسی جاده اگرچه خطر ایجاد سنگ افت را کاهش نمی دهد ولی ریسک حاصل از ایجاد سنگ افت را کم می کند.

وجود نداشتن تاریخچه تدوین شده رخداد سنگ افت ها در این جاده تاثیر منفی فراوان بر روی این بررسی داشته و نبود چنین داده هایی در مورد راه های کوهستانی کشور می تواند تعیین ریسک و یافتن رابطه این مخاطره ها با پدیده هایی مانند زمین لرزه، بارش های شدید، طوفان ها و تغییرات چشمگیر درجه حرارت را دچار آسیب جدی نماید و باعث دلسردی مدیران در توجه به نتایج چنین بررسی های شود. جمع آوری و ایجاد بانک داده های خطر های زمین شناختی در مسیر جاده های کوهستانی کشور با ارایه داده های در مورد مکان، زمان، ابعاد پدیده، خسارت ها و هزینه بازسازی و تلفات این رویدادها اطلاعات ارزشمندی را در اختیار قرار می دهد که بر پایه آن می توان روش درست کاهش و یا از بین بردن خطر را مشخص نمود.

در ادامه، جدول های مربوط به امتیازدهی و بانک داده های مربوط به هر شیب که شامل امتیازدهی ، موقعیت جغرافیائی ، ارتفاع و خلاصه‌ای از نتیجه گیری ها و روشهای اصلاحی مناسب برای آن شیب بهمراه وضعیت استریونتی درزه‌ها، لایه‌بندی و شیب مجاور جاده، که نشانگر احتمال تئوریک بوجود آمدن هر یک از حالتهای گسیختگی سنگی است، ارائه می گردد.

در مورد این جداول نکات زیر قابل تذکر است:

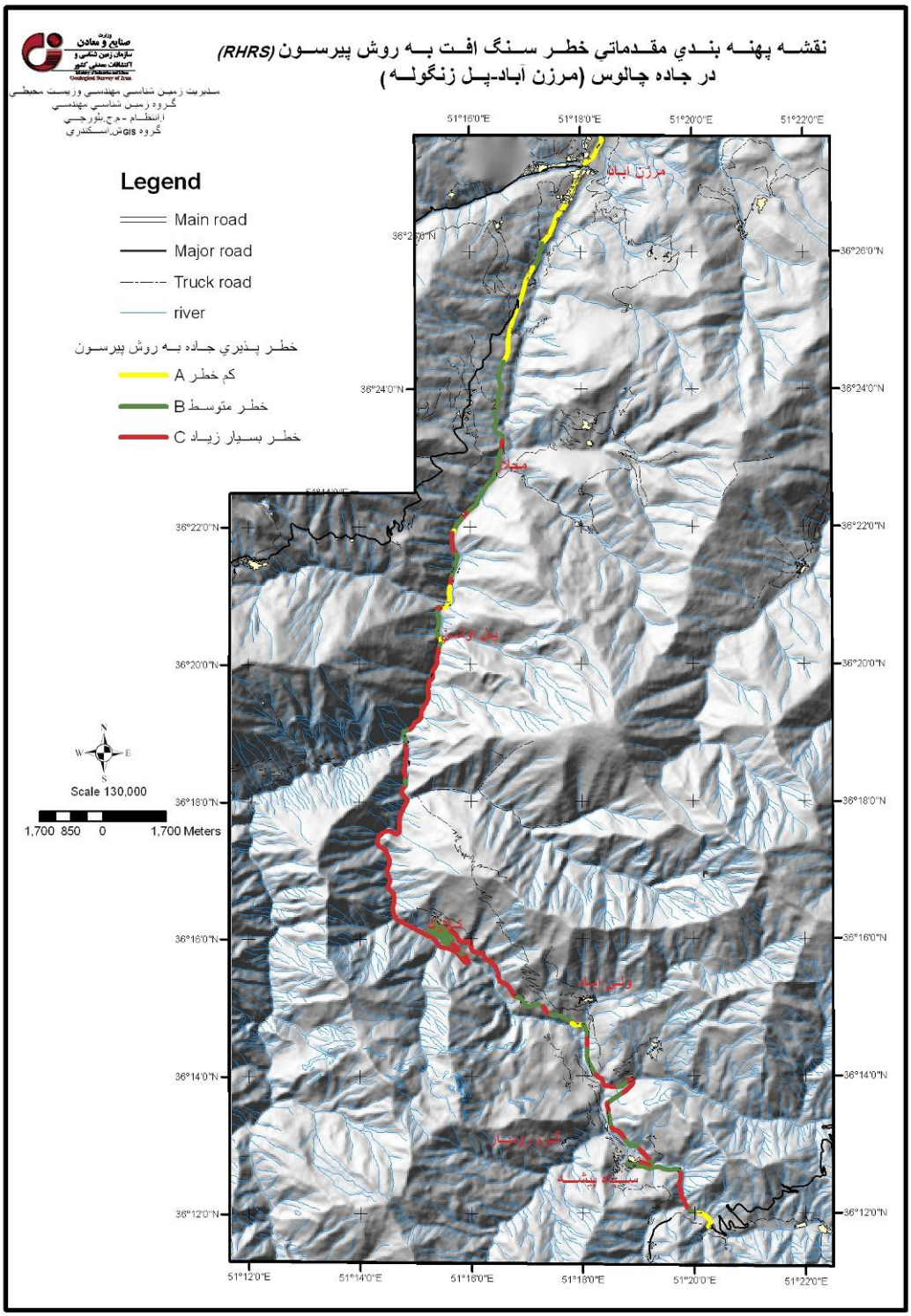
۱. منظور از وضعیت ترافیکی میزان وسایل نقلیه در جاده مجاور شیب است که با مقدار امتیاز "میانگین ریسک وسیله نقلیه" سنجیده شده است

۲. منظور از دید جاده مسافتی است که وسیله نقلیه پیش از رسیدن به بلوک رها شده طی میکند که در اینجا بوسیله امتیاز داده شده به ″ درصد تصمیم گیری در مورد فاصله دید ″ سنجیده شده است.

۳. عدد شماره شیب داخل پرانتز مربوط به شماره شیب در ابتدا مطالعه بوده که در جاده روی هر شیب نوشته شده است.

۴. اولویت بر حسب امتیاز تنها مفهومی مقایسه‌ای است تمامی این شیب ها بخاطر اینکه پتانسیل سنگ افت را دارند انتخاب شده و پتانسیل ریسک و خطر سنگ افت را بالقوه دارا هستند. امتیازات، پیش بینی وقوع سنگ افت در روی یک شیب نسبت به شیب دیگر را ارائه نمی دهد و تنها ریسک را مقایسه نموده که می‌تواند مبنا مدیریت خطر سنگ افت و برنامه ریزی برای کاهش ریسک آن باشد.

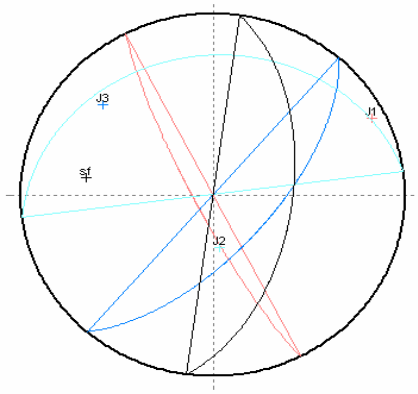
۵. پیشنهادها بسیار کلی است و پیشنهاد روش های کاهش ریسک یا پایدار سازی به مطالعات دقیق تر نیاز دارد . هدف از ارائه این روشها در اینجا این است که با توجه به آنان و روش‌های پیشنهادی در قسمت های دیگر مطالعه به برآوردی از هزینه‌ها و در اختیار گذاردن دیدگاهی مدیریتی در این رابطه کمک شود.



شکل ۳-۲- نقشه پهنه بندی مقدماتی خطر سنگ افت.

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۴۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	موجود نمی‌باشد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۳۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۵۴,۱۶	۱۰
فاصله دید	۵۰متر	
محدودیت سرعت	۷۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۴,۲۷	۱۰۰
عرض جاده	۱۰متر	۱۳
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته‌درزه، پیوسته،جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۸-۱۰)	۲۰,۵
اندازه بلوک	۳۰سانتی‌متر	۳
شرایط اب و هوائی	بارندگی کمتر از ۱۲۰۰	۳
تاریخچه سنگ افتها	آثار کم	۵
نوع سنگ		ولکانیک
جمع امتیاز ها		۵۴۵,۵
شماره شیب:۱ (۷)	طول جغرافیائی : E51° 16′ 33.6″ عرض جغرافیائی: N36° 23′ 8.9″	ارتفاع : ۶۰۹ متر
پیشنهادات و نتیجه گیری: امتیاز بدست امده نشان دهنده اولویت نسبتا پائین در شروع کارهای اصلاحی در مقایسه با شیبهای دیگر مورد بررسی درجاده می باشد. دید جاده در صورت وقوع سنگ افت پائین می‌باشد. ناپایداری ها از نوع صفحه‌ای روی زمین دیده شده وامکان شکل گیری ناپایداری گوه ای نیز در تحلیل استریونتی دیده میشود . با توجه به اندازه بلوکهای جدا شده (۳۰سانتی متر) و ارتفاع پائین مخزن میتوان ترکیبی از تور،جوی سنگ گیر و را برای تقلیل خطر در این شیب توصیه نمود.		

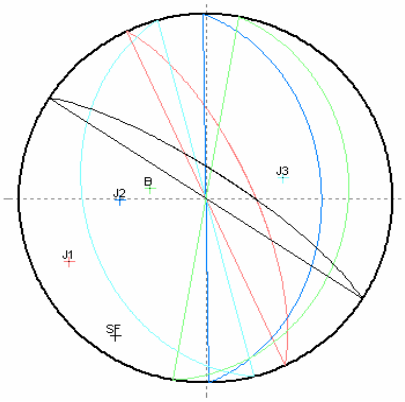
جدول ۳-۸- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۱ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت



شکل ۳-۳- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در روی شیب یک

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۵۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	موجود نمی‌باشد.	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۰۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۷۳	۲۴
فاصله دید	۱۲۰ متر	
محدودیت سرعت	۸۰ کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۵۲,۶۳	۴۰,۵
عرض جاده	۱۱	۹
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه، پیوسته، جهت گیری غیر مناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۶-۸)	۲۷
اندازه بلوک	۱۰۰سانتی متر	۱۰۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۰۰، دوران یخ بندان کوتاه	۳
تاریخچه سنگ افتها	ضربات تا ۴۰ ضربه دیده شده	۲۷
نوع سنگ	آهک دولومیت روته	
جمع امتیاز ها		۵۳۰,۴
شماره شیب:۲ (۸)	طول جغرافیائی : E51° 15′ 41.3″	
ارتفاع : ۷۱۱ متر	عرض جغرافیائی: N36° 21′50 ″	
پیشنهادات و نتیجه گیری: این شیب با توجه به وضعیت شیبهای دیگر منطقه در اولویت نسبتامتوسط از نظر اغاز کارهای پایدارسازی قرار داشته با اینکه و ضعیت این شیب از نظر فعالیت سنگ افتی خطرناک می باشد، وضعیت نسبتا مطلوب جاده(از نظر ترافیک و دید بر اساس امتیازات میانگین ریسک وسیله نقلیه و درصد تصمیم گیری در مورد فاصله دید) مقدار ریسک را در این شیب کاهش داده است . ناپایداری‌ها در روی زمین از نوع واژگونی بوده‌اند(از نظر تحلیل استریونتی ناپایداری صفحه‌ای نیز امکان پذیر است). با توجه به اندازه بلوکها(که متوسطی حدود ۱ متر دارد) و ارتفاع مخزن سنگ افتها روش های ساده نظیر تور سنگ گیر و مانند آن جوابگو نبود ه و باید از روشهای سد کننده (دیواره‌ها) و تصحیح هندسی (بویژه ایجاد افتگاه پیش از رسیدن بلوک به جاده) سود برد.		

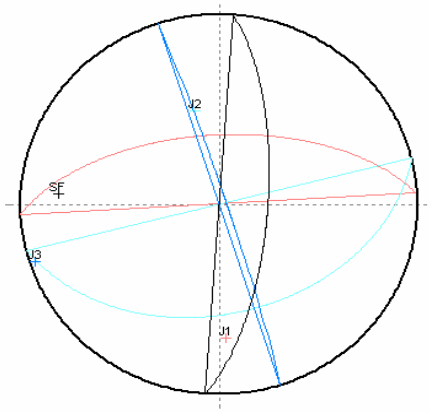
جدول۳-۹- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۲ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۴- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب دو

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۱۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۹۴متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۱۳	۱۰۰
فاصله دید	۶۵متر	
محدودیت سرعت	۵۰کیلومتر	
درصد تصمیم گیری در مورد فاصله دید	٪۴۷,۵	۵۵
عرض جاده	۷,۵متر	۴۳
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	کاملا صفحه‌ای (۴-۱۰)	۳۵,۵
اندازه بلوک	۱۳۰ سانتی متر	۱۰۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۳۵۰، دوره یخبندان کوتاه	۳
تاریخچه سنگ افتها	بسیار (۳۰ ضربه)	۲۷
نوع سنگ	سازند جیرود	
جمع امتیاز ها		۶۴۴,۵
شماره شیب: ۳ (۳۴) طول جغرافیائی : E51° 15′ 41″ عرض جغرافیائی: N36° 21′ 11.8″ ارتفاع : ۷۴۵متر		
پیشنهادات و نتیجه گیری: این شیب با توجه به امتیاز آن، از اولویت بالا برای شروع کارهای پایدارسازی برخوردار بوده ازنظر فعالیت سنگ افتی از پتانسیل بالائی برخوردار است و وضعیت دید و ترافیکی جاده در این قسمت نیز نامطلوب است.ناپایداری‌ها ی سنگی از نوع صفحه‌ای و گوه می‌باشد. با توجه به اندازه بالا بلوکهای ازاد شده(۱۳۰سانتی متر) و ارتفاع بالا مخزن سنگ افت می توان از ترکیبی از تصحیح هندسی شیب تقویت مصنوعی (پیچ‌سنگ و ...) استفاده نمود		

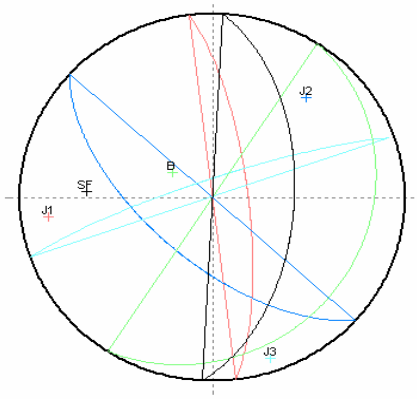
جدول ۳-۱۰ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۳ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۵- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب سه

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۷۵متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۱۴متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۷۳,۸	۲۷
فاصله دید	۴۵متر	
محدودیت سرعت	۴۵کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۲,۸	۱۰۰
عرض جاده	۱۴متر	۲,۳
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه بعلاوه لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۶-۸)	۲۷
اندازه بلوک	۶۰ سانتی متر	۹
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۳۵۰، دوره یخبندان کوتاه	۳
تاریخچه سنگ افتها	اثراتی از ضربات جدید	۹
نوع سنگ	آندزیت- بازالت	
جمع امتیاز ها		۴۷۷,۳
شماره شیب:۴ (۹)	طول جغرافیائی : E51° 15′ 25.7″	
ارتفاع : ۷۸۳متر	عرض جغرافیائی: N36° 20′ 50.7″	
پیشنهادات و نتیجه گیری: از نظر امتیاز بدست امده این شیب از اولویت پائینی برای شروع کارهای اصلاحی نسبت به دیگر شیبهای مطالعه شده برخوردار است. از نظر دید ماشینهای عبوری نسبت به بلوکهای فروافتاده احتمالی بر روی جاده از وضعیت‌مناسبی‌برخوردار نمی باشد.ناپایداری‌های سنگی مشاهده شده در روی زمین از نوع صفحه‌ای بوده ولی امکان ایجاد ناپایداری گوه‌ای نیز وجود دارد. با توجه به اندازه قطعات جدا شده ترکیبی از بتن پاشی، تور و جوی سنگ گیر می تواند در کاهش خطر سنگ افت موثر باشد.		

جدول ۳-۱۱- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۴ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۶- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب ۴

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۹۵متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۲۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۵۸,۳	۱۳
فاصله دید	۴۰متر	
محدودیت سرعت	۶۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۳,۳۹	۸۱
عرض جاده	۱۰متر	۱۴
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	کاملا صفحه‌ای(۴-۱۰)	۳۵,۵
اندازه بلوک	۷۰ سانتی متر	۱۳
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰، دوره یخبندان کوتاه	۳,۵
تاریخچه سنگ افتها	اثراتی از ضربات	۹
نوع سنگ	دگرگونی(فیلیت) سازند کهر	
جمع امتیاز ها		۴۶۹

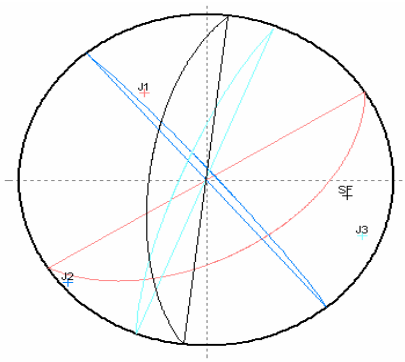
شماره شیب:۵ (۱۰) طول جغرافیائی : E51° 15′ 26.6

عرض جغرافیائی: N36° 20′ 6.6

ارتفاع : ۸۱۵متر

پیشنهادات و نتیجه گیری: از نظر امتیاز بدست امده این شیب از اولویت بالا شروع کارهای اصلاحی برخوردار نمیباشد. دید ماشین ها نسبت به سنگهای فروافتاده بر روی جاده نیز مناسب نیست.ناپایداری‌های سنگی بیشتر از نوع گوه‌ای بوده ولی امکان ناپایداری صفحه‌ای نیز وجود دارد . با توجه به متوسط بلوکهای ازاد شده (۷۰ سانتی‌متر) و ارتفاع سقوط ترکیبی از جوی سنگ گیر با تورهای ضربه گیر به همراه تصحیح هندسی شیب می‌تواند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشند.

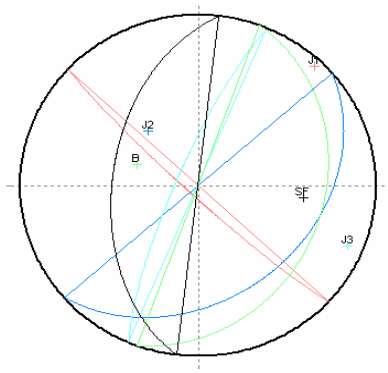
جدول ۳-۱۲- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۵ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۷- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده)در شیب پنج

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۵۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۱۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۶۴,۱۶	۱۷
فاصله دید	۵۹متر	
محدودیت سرعت	۵۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۴۲,۷۵	۶۸
عرض جاده	۱۵متر	۱,۴۷
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه بعلاوه لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۶-۱۰)	۲۷
اندازه بلوک	۶۰ سانتی متر	۹
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۳۵۰، دوره یخبندان کوتاه	۳,۵
تاریخچه سنگ افتها	اثرات زیاد ضربات	۳۵,۵
نوع سنگ	ماسه سنگ کهر	
جمع امتیاز ها		۴۵۱
شماره شیب:۶ (۱۱) طول جغرافیائی : E51° 15′ 22.1 عرض جغرافیائی: N36° 19′ 56.4 ارتفاع : ۸۲۵		
پیشنهادات و نتیجه گیری: امتیاز بدست امده نشان دهنده اولویت بالا شروع کارهای اصلاحی بر روی شیب در مقایسه با شیبهای خطرناک دیگر نمی‌باشد. وضعیت جاده از نظر دید و ترافیک نسبتا مناسب می‌باشد. ناپایداری سنگی بیشتر از نوع صفحه‌ای و بندرت گوه ای میباشند. با توجه به ارتفاع نسبتا بالا و بلوکهای ازاد شده(۶۰ سانتی متر) ترکیبی از تورهای ضربه‌گیر و جوی سنگ گیر (خندق) می‌تواند برای تقلیل خطر سنگ افت مورد استفاده قرار گیرند.		

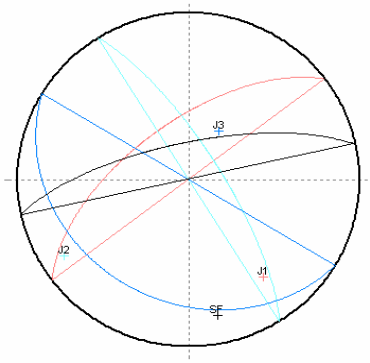
جدول ۳-۱۳- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۶ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۸- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب شش

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۳۲۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۲۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۴۲	۱۰۰
فاصله دید	۵۹متر	
محدودیت سرعت	۴۵کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۴۱,۶	۱۰۰
عرض جاده	۷,۵متر	۴۳
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۶-۱۰)	۲۷
اندازه بلوک	۱۱۵سانتی متر	۶۵
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۳۵۰، دوره یخبندان کوتاه	۳,۵
تاریخچه سنگ افتها	اثرات زیاد ضربات	۲۷
نوع سنگ	آهک	
جمع امتیاز ها		۶۳۹,۵
شماره شیب:۷ (۳۵)	طول جغرافیائی : E51° 15′ 16.8″	
ارتفاع : ۸۵۰	عرض جغرافیائی: N36° 19′ 56.4″	
پیشنهادات و نتیجه گیری : شیب از نظر امتیاز گرفته شده از اولویت بالا شروع کارهای اصلاحی برخوردار میباشد. وضعیت جاده از نظر ترافیکی و دید جاده نامناسب است. با توجه به ارتفاع سقوط بالا و اندازه بلوکها رها شده ریسک سقوط سنگی بسیار بالاست و انرژی ضربه‌ای زیادی خواهد داشت. ناپایداری سنگی از نوع گوه‌ای و صفحه‌ای است. در صورت امکان تصحیح هندسی و ایجاد پله به همراه تقویت مکانیکی شیب(میل مهار، پیچ‌سنگ...) و ایجاد دیواره حافظ می‌توانند تا حدی در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشد.		

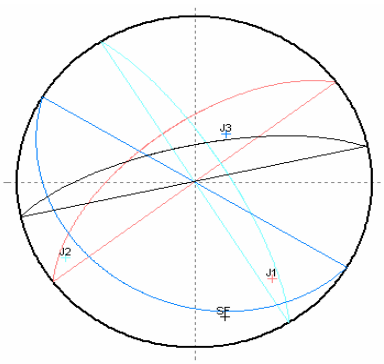
جدول ۳-۱۳- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۷ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۹- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب هفت

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۰۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۸۴متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۱۹	۱۰۰
فاصله دید	۴۲متر	
محدودیت سرعت	۴۵کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۳,۶	۱۰۰
عرض جاده	۸متر	۳۴
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۶-۱۰)	۲۷
اندازه بلوک	۹۰سانتی متر	۲۷
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۳۵۰، دوره یخبندان کوتاه ، اب بر روی شیب دیده میشود	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات زیاد ضربات	۲۷
نوع سنگ	اهک دولومیتی	
جمع امتیاز ها		۶۰۶
شماره شیب:۸ (۳۶) طول جغرافیائی : E51° 15′ 7.0″ عرض جغرافیائی: N36° 19′ 13.2″ ارتفاع : ۸۵۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: بر اساس امتیاز گرفته شده از اولویت نسبتا بالائی برای شروع کارهای اصلاحی برخوردار است. وضعیت ترافیکی (تجمع احتمالی ماشینها در هنگام خطر سنگ افت) و دید جاده ای نامطلوب می باشد. ناپایداری مشاهده شده از نوع صفحه ای بوده امکان شکل گیری ناپایداری گوه ای نیز وجود دارد. با توجه به ارتفاع و اندازه بلوکهای ازاد شده تصحیح هندسی ، فنس‌های ضربه گیر بهمراه جوی سنگ گیربرای تقلیل خطر سنگ افت توصیه میشود.		

جدول ۳-۱۴- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۸ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۱۰- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب هشت

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۱۵متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۸۴متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۳۴	۱۰۰
فاصله دید	۲۰متر	
محدودیت سرعت	۴۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۱۷,۴۹	۱۰۰
عرض جاده	۸متر	۳۴
شرایط ساختاری سنگ	دو دسته درزه و لایه بندی ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای	۲۷
اندازه بلوک	۱۶۰سانتی متر	۱۰۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۳۵۰، دوره یخبندان کوتاه ،	۳,۵
تاریخچه سنگ افتها	اثرات زیاد ضربات	۲۷
نوع سنگ	اهک دولومیتی (سلطانیه)	
جمع امتیاز ها		۶۹۱,۵

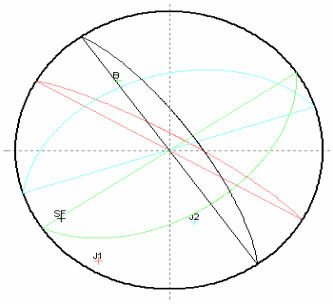
شماره شیب:۹ (۳۹) طول جغرافیائی : E51° 14′ 52.9″

عرض جغرافیائی: N36° 18′ 42.7″

ارتفاع : ۹۱۲

پیشنهادات و نتیجه گیری: بر اساس امتیاز دریافت شده شیب از الویت بالای بهسازی و اصلاح برخوردار می باشد. وضعیت جاده در مجاورت شیب از نظر ترافیکی و دید نامطلوب است. ناپایداری های ایجاد شده عمدتا از نوع صفحه‌ای بوده تحلیل استریونتی امکان شکل گیری ناپایداری گوه‌ای را نیز نشان می‌دهد. با توجه به ارتفاع مخزن و اندازه بلوکها ، قطعات ازاد شده از انرزی ضربه‌ای بالائی برخوردار بوده و ریسک زیادی را به جاده تحمیل می نمایند. ترکیبی از تصحیح هندسی ، تقویت مکانیکی شیب (میل مهار ، پیچ سنگ و..) و دیواره حفاظ میتوانند موثر باشند.

جدول۳-۱۵ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۹ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۱۱- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب نهم

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۱۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۲۹متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۹۴	۶۲
فاصله دید	۳۲متر	
محدودیت سرعت	۴۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۸	۱۰۰
عرض جاده	۷متر	۵۴
شرایط ساختاری سنگ	دو دسته درزه ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای	۲۰,۵
اندازه بلوک	۱۰۵سانتی متر	۴۷
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰، دوره یخبندان کوتاه ،	۳,۵
تاریخچه سنگ افتها	اثرات زیاد ضربات	۲۷
نوع سنگ	اهک دولومیتی (درود)	
جمع امتیاز ها		۵۸۳

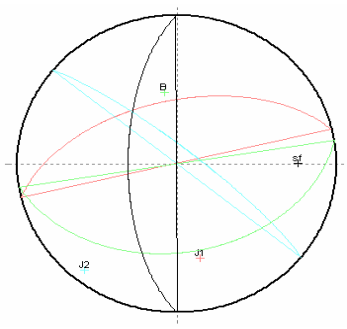
شماره شیب:۱۰ (۴۱) طول جغرافیائی : E51° 14′ 51″

عرض جغرافیائی: N36° 18′ 24.1″

ارتفاع : ۹۴۱

پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز داده شده به شیب این شیب از اولویت متوسط تا بالائی برای شروع کارهای اصلاحی برخوردار میباشد. وضعیت دید جاده نامطلوب بوده و ناپایداری های شکل گرفته بر روی ان از نوع گوه ای می‌باشد. با توجه به اندازه و ارتفاع بلوکهای ازاد شده انرژی ضربه‌ای زیادی را دارا می‌باشند. تقویت مکانیکی شیب (میل مهار ، پیچ سنگ و..)، تصحیح هندسی همراه با استفاده از دیوار حا ئل می‌تواند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشند.

جدول۳-۱۶ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۱۰ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۱۲- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب ده

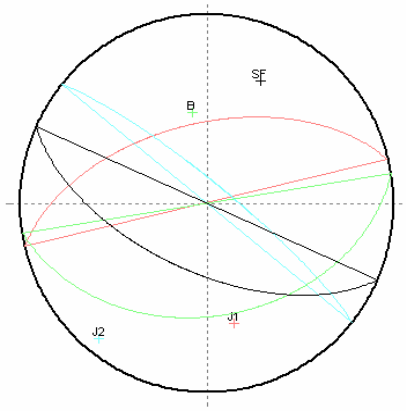
فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۶۵متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۸۵متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۳۴	۱۰۰
فاصله دید	۴۰متر	
محدودیت سرعت	۴۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۵	۱۰۰
عرض جاده	۷٫۵متر	۴۳
شرایط ساختاری سنگ	دو دسته درزه و لایه بندی ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۶-۱۰)	۲۷
اندازه بلوک	۸۰ سانتی متر	۱۷
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۳۵۰، دوره یخبندان کوتاه ، آب دروی شیب	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات(۱۹ض)	۹
نوع سنگ	ماسه سنگ کهر (تا حالتها شیلی)	
جمع امتیاز ها		۶۰۵

شماره شیب:۱۱ (۴۰) طول جغرافیائی : E51° 14′ 49.4″

عرض جغرافیائی: N36° 18′ 6.6″ ارتفاع : ۹۸۱

پیشنهادات و نتیجه گیری: از نظر امتیاز گرفته شده این شیب در رده شیبهای با الویت متوسط تا بالا از نظر کارهای اصلاحی قرار می‌گیرد. از نظر ترافیکی و دید جاده مجاور این شیب وضعیت نامطلوبی دارد. ناپایداری‌های مشاهده شده این شیب در روی زمین از نوع صفحه‌ای و گوه‌ای بوده تحلیل استریونتی امکان شکل‌گیری ناپایداری واژگونی را نیز نشان میدهد.با توجه به اندازه بلوکها و ارتفاع مخزن سنگ افتها تصحیح هندسی همراه با استفاده ازدیواره حائل برای تقلیل خطر مورد توجه قرار گیرد.

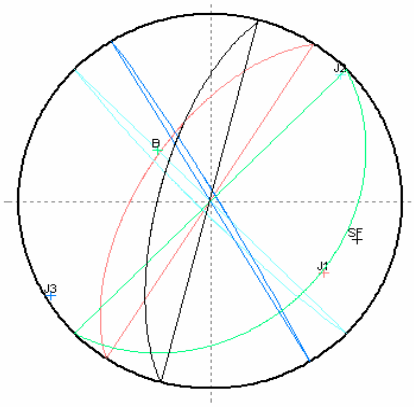
جدول۳-۱۷ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۱۱ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۱۳- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب یازده

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۴۸متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۳۹متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۳۵	۱۰۰
فاصله دید	۲۲متر	
محدودیت سرعت	۳۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۴	۱۰۰
عرض جاده	۷٫۵متر	۴۳
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۴-۱۰)	۳۵٫۵
اندازه بلوک	۸۰ سانتی متر	۱۷
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۳۵۰، دوره یخبندان تقریبا کوتاه ، آب دائمی درروی شیب	۲۷
تاریخچه سنگ افتها	اثرات زیاد ضربات(۴۰ ضربه)،گارد را هم زده	۴۶
نوع سنگ	ماسه سنگ کهر	
جمع امتیاز ها		۶۶۸٫۵
شماره شیب:۱۲ (۴۲) طول جغرافیائی : E51° 14′ 48.1″ عرض جغرافیائی: N36° 17′ 51.7″ ارتفاع :۱۰۲۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: شیب از نظر شروع کارهای اصلاحی در اولویت بالا قرار دارد. وضعیت شیب از نظر ترافیکی و دید مناسب نمی‌باشد. ناپایداری مشاهده شده روی زمین از نوع صفحه‌ای میباشد اما از نظر تئوری امکان ایجاد ناپایداری گوه‌ای و واژگونی وجود دارد. تصحیح هندسی و استفاده از دیواره و حفاظ ، همراه با تقویت مکانیکی موضعی شیب و ایجاد زهکش مناسب، میتواند در کاهش خطر سنگ افت موثر باشد.		

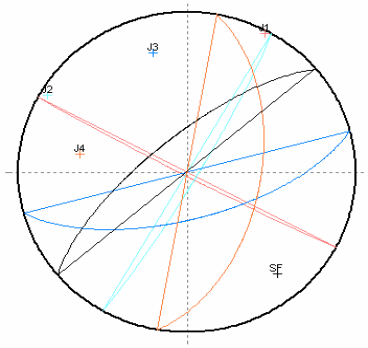
جدول ۳-۱۸- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۱۲ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۱۴- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب ۱۲

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۰۹متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۹۵متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۹۰	۱۰۰
فاصله دید	۳۵متر	
محدودیت سرعت	۳۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۸,۵	۱۰۰
عرض جاده	۷متر	۵۳,۹۴
شرایط ساختاری سنگ	چهار دسته درزه(یک درزه بزرگ اصلی) و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای	۳۰
اندازه بلوک	۱۱۰ سانتی متر	۵۶
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود۵۰۰، دوره یخبندان تقریبا کوتاه ، آب دائمی درروی شیب	۲۷
تاریخچه سنگ افتها	اثرات بسیار زیاد ضربات(۷۰ ضربه و اثر روی گارد)	۴۶
نوع سنگ	ماسه سنگ کهر	
جمع امتیاز ها		۷۱۲,۹۴
شماره شیب:۱۳ (۳۸) طول جغرافیائی : E51° 14′ 44.4″		
عرض جغرافیائی:″N36° 17′ 33.8 ارتفاع :۱۰۵۵		
پیشنهادات و نتیجه گیری: شیب از نظر اولویت شروع کارهای اصلاحی در اولویت بالائی قرار دارد. وضعیت ترافیکی و دید در روی این شیب مناسب نمی‌باشد. با توجه به اندازه بلوکها ، ارتفاع سنگ افتها و تعداد زیاد اثرات سنگ افتها، ریسک سنگ افت در این شیب برای جاده بالا میباشد. ناپایداری عمده دیده شده بر روی این شیب صفحه‌ای بوده ولی امکان ناپایداری از نوع گوه‌ای و واژگونی نیز وجود دارد . وجود یک درزه اصلی (Master joint) خطر ایجاد سنگ افت را افزایش داده است. تصحیح هندسی و پلکانی نمودن همراه با ایجاد حفاظ و فنس قوی در قسمتهای بالای شیب، تقویت مکانیکی شیب بهمراه طراحی یک سیستم زهکشی مناسب در تقلیل خطر سنگ افت می‌تواند موثر باشد.		

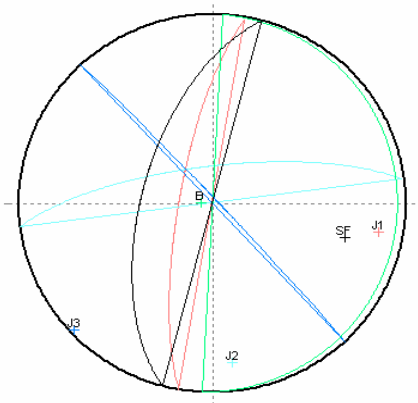
جدول۳-۱۹ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۱۳ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard) Rating System



شکل ۳-۱۵- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب سیزده

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۹۸متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۰۶متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۵۰	۱۰۰
فاصله دید	۲۶متر	
محدودیت سرعت	۴۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۲,۸	۱۰۰
عرض جاده	۸متر	۳۵
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزهو لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای تا موجی(۸-۱۰)	۲۰,۵
اندازه بلوک	۱ متر	۳۷
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۰۰، دوره یخبندان تقریبا کوتاه ، آب دائمی درروی شیب	۲۷
تاریخچه سنگ افتها	اثرات زیاد ضربات(۳۰ ضربه)	۲۷
نوع سنگ	ماسه سنگ کهر	
جمع امتیاز ها		۶۲۷,۵
شماره شیب: ۱۴ (۳۳) طول جغرافیائی : E51° 14′ 24.6″ عرض جغرافیائی: N36° 17′ 33.5″ ارتفاع :۱۰۸۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: شیب از اولویت نسبتا بالائی برای کارهای اصلاحی برخوردار است و از نظر ترافیکی و دید از وضعیت مناسبی برخوردار نمیباشد (با توجه به امتیازات میانگین ریسک وسیله و فاصله دید). ناپایداری مشاهده شده بر روی شیب از نوع صفحه‌ای میباشد. با توجه به ارتفاع مخزن سنگ افت و اندازه بلوکهای ازاد شده ترکیبی از تصحیح هندسی، ایجاد دیواه و حفاظ ، تقویت مکانیکی در صورت امکان و طراحی یک سیستم زهکشی مناسب می‌تواند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشد.		

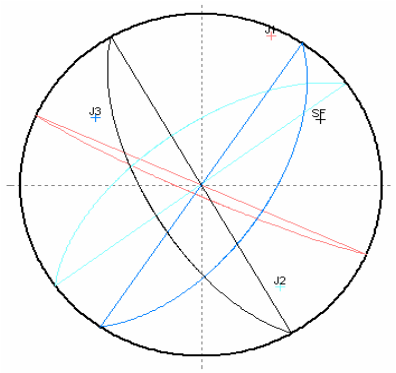
جدول۳-۲۰ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۱۴ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت (Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۱۶- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب چهارده

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۷۵متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۶۳متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۱۸,۹	۱۰۰
فاصله دید	۴۰متر	
محدودیت سرعت	۴۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۵	۱۰۰
عرض جاده	۷,۵متر	۴۳
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای تا موجی(۶-۱۲)	۲۷
اندازه بلوک	۱,۲۰ متر	۸۱
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود۵۰۰، دوره یخبندان تقریبا کوتاه	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات زیاد ضربات(۱۰۰ضربه)	۴۶
نوع سنگ	ماسه سنگ کهر	
جمع امتیاز ها		۷۰۶
شماره شیب:۱۵ (۳۲) طول جغرافیائی : E51° 14′ 31.2″ عرض جغرافیائی: N36° 17′ 15.5″ ارتفاع :۱۱۵۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: شیب از اولویت بالا تا خیلی بالائی برای شروع کارهای اصلاحی برخوردار است. وضعیت ترافیکی و دید جاده مجاور شیب مناسب نمی‌باشد. ناپایداری‌های دیده شده بر روی شیب از نوع صفحه‌ای و گوه ای می‌باشند. با توجه به ارتفاع سنگ مخزن، اندازه بلوکهای رها شده و تعداد زیاد اثرات سقوط سنگی، ریسک سنگ افت بر روی جاده بالا میباشد. تصحیح هندسی ، تقویت مکانیکی شیب(میل مهار ، پیچ سنگ و..) ، ایجاد حفاظ ، فنس و خندق سنگ گیر میتواند در تقلیل اثر سنگ افت موثر باشد.		

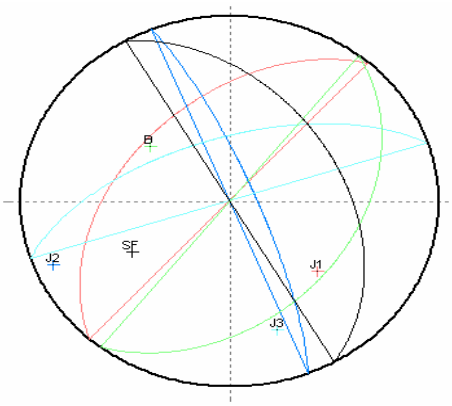
جدول۳-۲۱ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۱۵ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall) Hazard Rating System



شکل ۳-۱۷- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب پائین‌ده

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۰۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۰۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۱۶,۶	۱۰۰
فاصله دید	۳۵متر	
محدودیت سرعت	۵۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۵,۳۶	۱۰۰
عرض جاده	۸متر	۳۴,۳۸
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای، بعضا پرشدگی رسی	۴۶
اندازه بلوک	۴۵ سانتی‌متر	۵
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود۴۰۰، دوره یخبندان تقریبا کوتاه	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات قابل توجه(۱۸ض)	۲۷
نوع سنگ	ماسه سنگ کهر	
جمع امتیاز ها		۶۲۱,۳۸
شماره شیب:۱۶ (۶) طول جغرافیائی : E51° 14′ 35.2″ عرض جغرافیائی: N36° 17′ 07.9″ ارتفاع :۱۱۴۹		
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به جمع امتیازات، شیب از اولویت بالائی برای شروع کارهای اصلاحی برخورداراست . وضعیت ترافیک و دید جاده نامطلوب میباشد. بنظر میرسد که ناپایداری سنگی غالب از نوع واژگونی باشد ولی انواع صفحه‌ای و گوه‌ای نیز محتمل است . استفاده از تور و تورهای ضربه‌گیر ، جوی سنگ گیر مناسب و بتن پاشی برای تقلیل خطر سنگ افت بر روی این شیب توصیه میشود.		

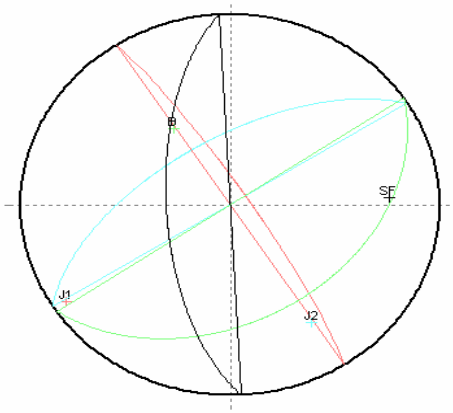
جدول ۳-۲۲ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۱۶ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت (Rock Fall Hazard) Rating System



شکل ۳-۱۸- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب شانزده

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۴۴متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۳۲متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۹۶,۲۵	۶۳
فاصله دید	۲۵متر	
محدودیت سرعت	۴۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۱,۹۲	۱۰۰
عرض جاده	۶,۵متر	۶۷,۵۷
شرایط ساختاری سنگ	دو دسته درزه و لایه بندی، پیوسته،	۸۱
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۶-۸)	۲۷
اندازه بلوک	۰,۸۵متر	۲۲
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰، دوره یخبندان تقریبا کوتاه	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات زیاد(۳۵ض)	۲۷
نوع سنگ	ماسه سنگ کهر	
جمع امتیاز ها		۵۹۶,۵۷
شماره شیب:۱۷ (۴۳) طول جغرافیائی : E51° 14′ 35.6″ عرض جغرافیائی: N36° 16′ 50.8″ ارتفاع :۱۱۸۵		
پیشنهادات و نتیجه گیری: امتیازات این شیب حاکی از اولویت متوسط ان برای کارهای اصلاحی می‌باشد. جاده مجاور شیب از دید نامطلوبی در صورت فرو افتادن بلوکهای رها شده بر سطح جاده برخوردار است. ناپایداری سنگی مشاهده شده در سر زمین از نوع صفحه‌ای می‌باشد. تصحیح هندسی، بتن پاشی همراه با جوی سنگ گیر با طراحی اصولی می‌تواند در تقلیل خطر سنگ افت بر روی این شیب موثر باشد.		

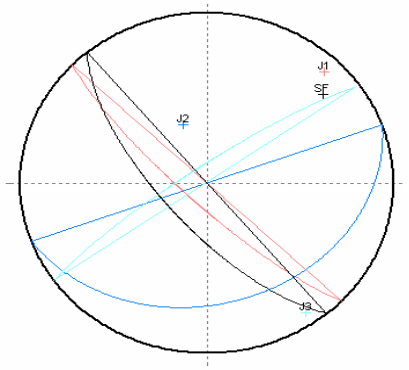
جدول ۳-۲۳ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۱۷ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۱۹- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب هفده

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۴۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۵۶متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۵۱,۶۶	۱۰۰
فاصله دید	۴۵متر	
محدودیت سرعت	۳۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۴۹,۵	۴۶
عرض جاده	۵,۵متر	۱۰۰
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۲-۶)	۳۶
اندازه بلوک	۰,۴۵متر	۵
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان کوتاه	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات زیاد و عمیق(۱۵)	۲۷
نوع سنگ	ماسه سنگ کهر دگرگون شده	
جمع امتیاز ها		۶۱۴
شماره شیب:۱۸ (۳۱) طول جغرافیائی : E51° 14′ 35.0″ عرض جغرافیائی: N36° 16′ 43.4″ ارتفاع :۱۲۰۴		
پیشنهادات و نتیجه گیری: امتیاز داده شده نشانگر اولویت بالا در شروع عملیات اصلاحی بر روی شیب میباشد.و ضعیت ترافیکی شیب نامناسب بوده و تجمع وسایل نقلیه در هنگام وقوع سنگ افت میتواند زیاد باشد. ناپایداری سنگی بر روی شیب از نوع صفحه‌ای می‌باشد. ترکیبی از تور، جوی سنگ‌گیر و بتن‌پاشی میتواند بر تقلیل خطر سنگ افت موثر باشد.		

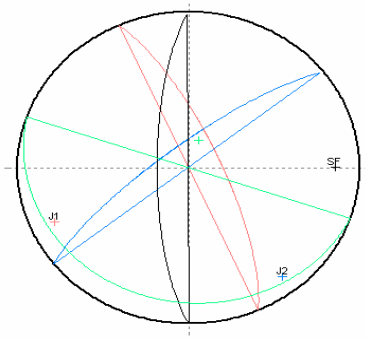
جدول۳-۲۴ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۱۸ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۲۰- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) هجده

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۳۰۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۴۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۲۳۳	۱۰۰
فاصله دید	۲۵متر	
محدودیت سرعت	۳۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۷,۴۷	۱۰۰
عرض جاده	۸متر	۳۴,۳۸
شرایط ساختاری سنگ	دو دسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب، درزه القائی و درزه اصلی	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۸-۱۰)	۲۰,۵
اندازه بلوک	۱ تا ۲متر	۱۰۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان کوتاه، اب دائمی در روی شیب	۲۷
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات زیاد(۶۰ض)	۴۶
نوع سنگ	مخزن دولومیت سلطانیه	
جمع امتیاز ها		۷۲۷,۸۸
شماره شیب:و ۲۰و۱۹ (۳۰،۱۳) طول جغرافیائی : E51° 14′ 39.9″ عرض جغرافیائی: N36° 16′ 33.4″ ارتفاع :۱۲۰۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: امتیاز این شیب نشانگر اولویت خیلی بالا شیب برای شروع عملیات اصلاحی است. وضعیت ترافیکی و دید نیز در جاده مجاور شیب غیر مناسب می باشد. ناپایداری سنگی روی این شیب از نوع گوه ای بوده تحلیل استریونتی امکان شکل گیری ناپایداری از نوع واژگونی را هم نشان میدهد (برای تحلیل دقیقتر برداشت درزه‌ها در قسمت مخزن سنگ افت نیز باید صورت گیرد). با توجه به اندازه بلوکهای رها شده ارتفاع مخزن سنگ‌افت و اثار بجا مانده از برخورد بلوکهای رها شده بر سطح جاده ریسک سنگ افت در این قسمت بسیار بالاست. تصحیح هندسی و پلکانی نمودن همراه باتقویت مکانیکی شیب(در صورت امکان نصب میل مهار ، پیچ سنگ) و کار گذاری فنس‌های ضربه گیر بهمراه طراحی زهکش های مناسب می‌تواند در تقلیل خطر سنگ افت مناسب باشند.		

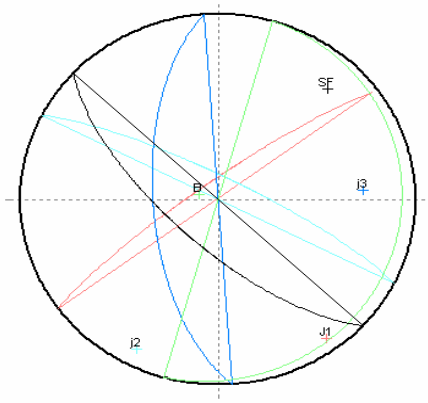
جدول۳-۲۵ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۱۹و ۲۰ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۲۱- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) نوزده

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۰۴ متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۲۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۱۶	۱۰۰
فاصله دید	۶۵متر	
محدودیت سرعت	۳۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۷۱,۴۳	۱۴
عرض جاده	۶متر	۸۴,۶
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۶-۱۰)	۲۷
اندازه بلوک	۱۱۰ سانتی متر	۵۲
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان کوتاه	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات زیاد(۴۰ض)	۳۵,۵
نوع سنگ	اهک دولومیتی سلطانیه	
جمع امتیاز ها		۶۱۳,۶
شماره شیب: ۲۱ (۳۷) طول جغرافیائی : E51° 14′ 38.6″ عرض جغرافیائی:N36° 16′ 18.5″ ارتفاع :۱۲۳۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: امتیاز شیب حاکی از اولویت نسبتا بالا برای شروع کارهای اصلاحی می‌باشد. در حالی که وضعیت ترافیکی مناسب نبوده دید جاده قابل قبول است. ناپایداری اصلی مشاهده شده بر روی زمین از نوع صفحه‌ای بوده ولی امکان شکل گیری ناپیوستگی‌های گوه ای و واژگونی نیز وجود دارد. با توجه به اندازه بلوکهای ازاد شده و ارتفاع مخزن ریسک حاصل از سنگ افتها بر روی جاده و وسایل نقلیه بالا می‌باشد.لق‌گیری،ایجاد نیم تونل یا تونل در صورت امکان و تقویت مکانیکی شیب (میل مهار ، پیچ سنگ و..) میتواند در تقلیل خطر موثر باشد.		

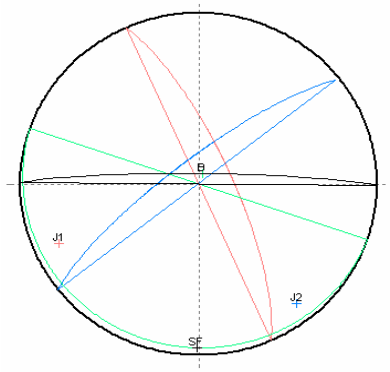
جدول ۳-۲۶- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۲۱ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۲۲- نمایش وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب بیست و یک

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۹۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۴۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۴۰	۱۰۰
فاصله دید	۲۵ متر	
محدودیت سرعت	۵۰ کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۱۸,۲۵	۱۰۰
عرض جاده	۶متر	۸۴,۶
شرایط ساختاری سنگ	دودسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای (۱۰-۴)	۳۵,۵
اندازه بلوک	۱۵۰سانتی متر	۱۰۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا کوتاه،	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات زیاد(۱۰۰ض)	۴۶
نوع سنگ	اهک دولومیتی سلطانیه	
جمع امتیاز ها		۷۷۵,۱
شماره شیب: ۲۲ (۲۹) طول جغرافیائی : E51° 14′ 46.6″ عرض جغرافیائی: N36° 16′ 15.5″ ارتفاع :۱۲۷۵		
پیشنهادات و نتیجه گیری: براساس امتیاز گرفته شده این شیب از اولویت بسیار بالا اصلاح برخوردار است. وضعیت ترافیک و دید در جاده مجاور شیب نامطلوب میباشد. با توجه به ارتفاع سقوط و اندازه بلوکهای رها شده و اثار سنگ افتهای اخیر بر روی جاده ریسک سنگ افت برای جاده و وسایل نقلیه زیاد می‌باشد. ناپایداری‌ها روی این شیب بیشتر از نوع گوه‌ای بوده ولی امکان شکل گیری ناپیوستگی واژگونی نیز میرود .در درجه اول ایجاد تونل در صورت امکان و در غیر این صورت تقویت مکانیکی شیب (میل مهار ، پیچ سنگ و..) میتوانند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشند.		

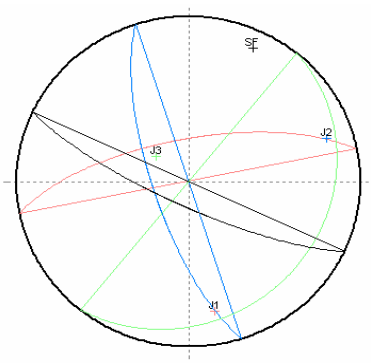
جدول۳-۲۷ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۲۲ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۲۳- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب بیست و دو

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۶۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۱۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۷۱,۳۰	۲۷
فاصله دید	۴۰متر	
محدودیت سرعت	۴۵ کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۹,۰۷	۱۰۰
عرض جاده	۱۲متر	۵,۷
شرایط ساختاری سنگ	دودسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	موجی تا صفحه‌ای(۸-۱۲)	۲۰,۵
اندازه بلوک	۱۶۰سانتی متر	۱۰۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا کوتاه،	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات قابل توجه (۲۰ض با گارد)	۲۷
نوع سنگ	اهک دولومیتی سلطانیه	
جمع امتیاز ها		۵۶۸,۷
شماره شیب:۲۳ (۰۵) طول جغرافیائی : E51° 14′ 55.3″ عرض جغرافیائی: N36° 16′ 11.8″ ارتفاع :۱۳۲۳		
پیشنهادات و نتیجه گیری: این شیب با توجه به امتیاز داده شده در اولویت متوسط برای شروع کارهای اصلاحی قرار دارد. دید جاده در این قسمت مناسب نیست . ناپایداری ها از نوع واژگونی بوده که امکان شکل گیری ناپایداری صفحه‌ای نیز وجود دارد . با توجه به اینکه بیشتر اثار ضربه بر روی گارد دیده میشود تغییر هندسه شیب در قسمت بالا شیب به همراه تقویت مکانیکی شیب(میل مهار ، پیچ سنگ و..) و ایجاد خندق سنگ‌گیر میتوانند موثر باشند.		

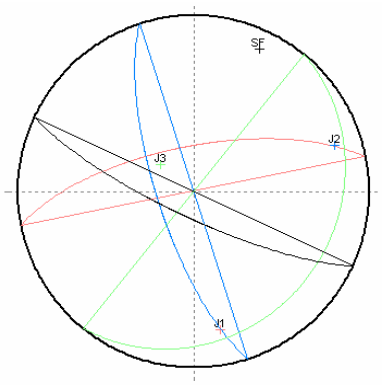
جدول۳-۲۸ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۲۳ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۲۴- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب بیست و سه

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۶۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۵۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۸۷,۵	۴۶
فاصله دید	۳۵متر	
محدودیت سرعت	۵۰ کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪ ۲۱,۸۸	۱۰۰
عرض جاده	۷متر	۵۳
شرایط ساختاری سنگ	دودسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	موجی تا صفحه‌ای(۸-۱۲)	۲۰,۵
اندازه بلوک	بیش از ۱۶۰ سانتی متر	۱۰۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۰۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان کوتاه،	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات قابل دیدن است	۹
نوع سنگ	اهک دولومیتی سلطانیه	
جمع امتیاز ها		۶۳۷,۵
شماره شیب:۲۴ (۰۴) طول جغرافیائی : E51° 15′ 05.7″ عرض جغرافیائی: N36° 16′ 08.3″ ارتفاع :۱۳۳۷		
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز شیب این شیب از اولویت بالا در شروع کارهای اصلاحی قرار دارد. فاصله دید بر روی جاده محدود می‌باشد. ناپایداری اصلی به حالت واژگونی است ولی ناپایداری‌های صفحه‌ای نیز دیده می شود. اصلاح هندسی، نصب دیواه حائل یا جوی سنگ‌گیر مناسب و تقویت مکانیکی قسمتهای قابل دسترسی و ضعیف‌تر شیب میتواند در کاهش ریسک موثر باشد.		

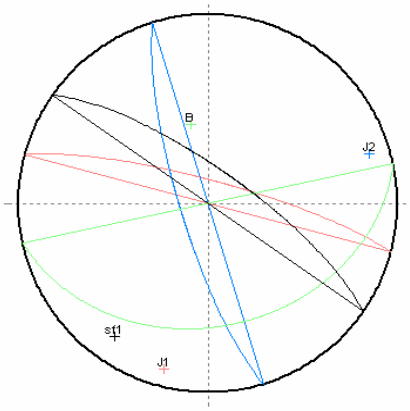
جدول۳-۲۹ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۲۴ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۲۵- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب بیست و چهار

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۷۲متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۰۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۹۷,۲۲	۷۱,۶۸
فاصله دید	۴۰متر	
محدودیت سرعت	۶۰ کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۴۳,۹۵	۶۵,۱۸
عرض جاده	۱۴متر	۲,۳
شرایط ساختاری سنگ	دودسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	موجی تا صفحه‌ای	۲۱,۵
اندازه بلوک	۰,۹۵متر	۳۲
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا کوتاه،	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات قابل دیدن است به گفته راهداران در فصول بارندگی معمول است و گارد را زده است	۱۶
نوع سنگ	ماسه سنگ لالون	
جمع امتیاز ها		۵۲۵
شماره شیب:۲۶ (۰۱) طول جغرافیائی : E51° 15′ 58.0″ عرض جغرافیائی: N36° 15′ 40.5″ ارتفاع :۱۳۳۷		
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز گرفته شده شیب از اولویت نسبتا متوسطی برای شروع کارهای اصلاحی برخوردار می‌باشد. ناپایداری بر روی این شیب از نوع واژگونی و گاهی صفحه‌ای است. در صورت امکان تغییر هندسی برای بوجود اوردن افتگاهی بمنظور جمع اوری سنگ افتها یا پرش ان از روی جاده و ایجاد فنسهای ضربه گیر با ظرفیت بالا در روی شیب می تواند در کاهش خطر سنگ افت مفید باشد.		

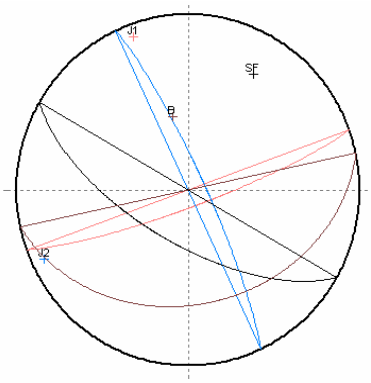
جدول ۳-۳۰- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۲۶ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۲۶- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب بیست و شش

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۸۵متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۰۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۹۷,۲۲	۷۱,۶۸
فاصله دید	۳۵متر	
محدودیت سرعت	۳۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۸,۴۶	۸۸,۱۴
عرض جاده	۱۳متر	۳,۶۱
شرایط ساختاری سنگ	دودسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	موجی تا صفحه‌ای	۲۰,۵
اندازه بلوک	۰,۹۵ متر	۳۲
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا کوتاه،	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات محدودی قابل دیدن است، به گفته راهداران در فصول بارندگی معمول است	۱۶
نوع سنگ	ماسه سنگ لالون	
جمع امتیاز ها		۵۲۱,۹۳
شماره شیب:۲۷ (۰۲) طول جغرافیائی : E51° 16′ 01.3″ عرض جغرافیائی: N36° 15′ 40.4″ ارتفاع :۱۳۶۸		
پیشنهادات و نتیجه گیری: امتیاز این شیب نشاندهنده اولویتی متوسط برای شروع کارهای اصلاحی می‌باشد. ناپایداری دیده شده روی این شیب از نوع صفحه‌ای است. تصحیح هندسی بهمراه جوی سنگ گیر ، ایجاد فنس‌های ضربه گیر در میانه شیب میتواند در تقلیل خطر مفید باشد		

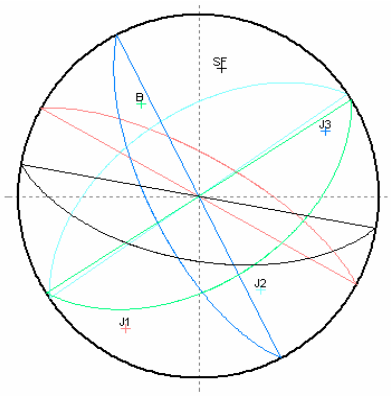
جدول۳-۳۱ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۲۷ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall) Hazard Rating System



شکل ۳-۲۷- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب بیست و هفت

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۳۸ متر	۳۸
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۱۱متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۸۰,۹۴	۳۵
فاصله دید	۲۲ متر	
محدودیت سرعت	۴۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۱۹,۳۰	۱۰۰
عرض جاده	۶متر	۸۴,۶۴
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۸-۱۲)	۲۰,۵
اندازه بلوک	۰,۷۵ متر	۱۶
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا کوتاه،	۹
تاریخچه سنگ افتها	اثرات محدودی قابل دیدن است(۱۰ ض)	۹
نوع سنگ	باروت زاگون تفکیک نشده	
جمع امتیاز ها		۵۷۴,۱۴
شماره شیب:۲۸ (۴۶) طول جغرافیائی : E51° 15′ 44.4″ عرض جغرافیائی: N36° 15′ 54.0″ ارتفاع :۱۳۸۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: این شیب از نظر امتیاز گرفته شده در اولویت متوسط کارهای اصلاحی میباشد. فاصله دید نسبتا محدود میباشد. نوع ناپایداری سنگی از نوع صفحه‌ای و گوه ای میباشد.استفاده از جوی سنگ‌گیر، بتن پاشی و تور میتواند در تقلیل خطر سنگ افت مفید باشد.		

جدول۳-۳۲ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۲۸ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۲۸- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب بیست و هشت

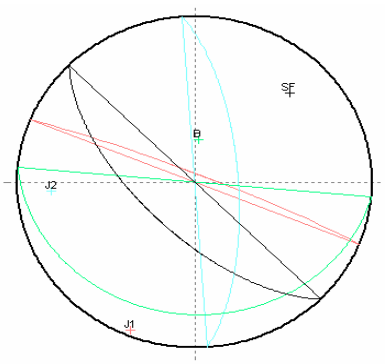
فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۳۸ متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۵۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۴۵,۸۳	۱۰۰
فاصله دید	۴۰متر	
محدودیت سرعت	۳۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۴۳,۹۶	۶۹
عرض جاده	۶,۵ متر	۶۷,۵۷
شرایط ساختاری سنگ	دودسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۶-۸)	۳۵,۵
اندازه بلوک	۱,۵۰متر	۱۰۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۰۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا کوتاه،	۱۲
تاریخچه سنگ افتها	اثرات زیاد ضربه و زدگی گارد	۲۰,۵
نوع سنگ	ماسه سنگ لالون	
جمع امتیاز ها		۶۸۵,۵۷

شماره شیب:۲۹ (۲۸) طول جغرافیائی : E51° 15′ 46.0″

عرض جغرافیائی: N36° 16′ 04.4″ ارتفاع :۱۶۰۰

پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز گرفته شده این شیب از اولویت بالای شروع کارهای اصلاحی برخوردار میباشد. امکان وجود وسیله نقلیه در این شیب در هنگام سنگ افت بالا است. نوع ناپایداری سنگی در این شیب از نوع صفحه ای بوده امکان وواژگونی نیز وجود دارد. با توجه به ابعاد بلوکهای رها شده، ریسک اثابت بلوکها با وسایل نقلیه بالا میباشد. استفاده از دیواره وتقویت مکانیکی شیب (میل مهار ، پیچ سنگ و..) میتواند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشد.

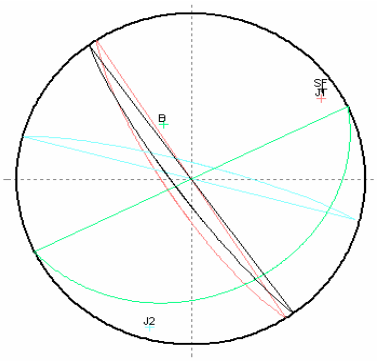
جدول۳-۳۳ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۲۹ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۲۹- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) بیست و نه

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۰۵متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۰۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۴۵,۸۳	۱۰۰
فاصله دید	۵۵متر	
محدودیت سرعت	۴۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۴۸,۲۵	۵۲
عرض جاده	۱۰ متر	۱۴
شرایط ساختاری سنگ	دودسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۶-۸)	۲۷
اندازه بلوک	۰,۶۵متر	۱۱
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۰۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا کوتاه،	۵,۲
تاریخچه سنگ افتها	اثرات بصورت زدگی گارد	۱۸
نوع سنگ	ماسه سنگ لالون	
جمع امتیاز ها		۵۰۸,۲
شماره شیب:۳۰ (۲۷) طول جغرافیائی : E51° 15′ 59.4″ عرض جغرافیائی: N36° 15′ 59.1″ ارتفاع :۱۶۵۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز دریافت شده این شیب از اولویت پائین تا متوسطی برای شروع کارهای اصلاحی برخوردار است. امکان وجود وسیله نقلیه در هنگام سنگ افت در این شیب بالا می‌باشد. ناپایداری سنگی در این شیب از نوع صفحه‌ای است. استفاده از تور و جوی سنگ گیر میتواند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشد.		

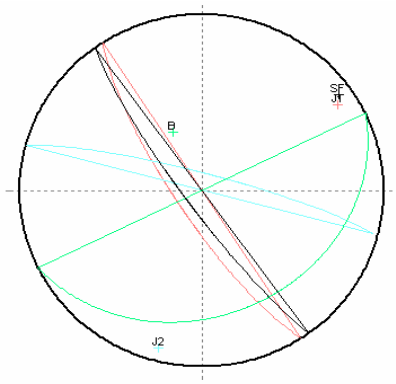
جدول۳-۳۴ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۳۰ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۳۰- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب ۳۰

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۳۰متر	۸۱
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۵۶متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۳۲,۷	۴
فاصله دید	۳۵متر	
محدودیت سرعت	۵۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۵,۳۶	۱۰۰
عرض جاده	۱۲ متر	۵,۷
شرایط ساختاری سنگ	دودسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۱۰-۸)	۲۷
اندازه بلوک	۰,۹۰متر	۱۶
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۰۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا کوتاه، آب روی شیب	۳۵,۵
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربه زیاد	۲۷
نوع سنگ	ماسه سنگ لالون(مخزن تاپ کوارتز)	
جمع امتیاز ها		۴۸۸,۲
شماره شیب:۳۱ (۱۷)	طول جغرافیائی : E51° 16′ 29.3″	
ارتفاع :۱۷۰۲	عرض جغرافیائی: N36° 15′ 34.4″	
پیشنهادات و نتیجه گیری: امتیاز این شیب نشان دهنده این است که این شیب از اولویت پائین تا متوسطی برای کارهای اصلاحی برخوردار میباشد. فاصله دید در جاده مجاور این شیب مطلوب نمیباشد. ناپیوستگی سنگی در روی این شیب از نوع صفحه‌ای میباشد. لق‌گیری ، تقویت مکانیکی شیب(میل مهار ، پیچ سنگ و..) و طراحی زهکش مناسب می تواند در تقلیل خطر سنگ افت مفید باشد.		

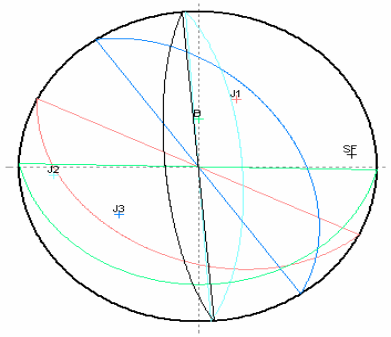
جدول ۳-۳۵- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۳۱ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۳۱- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب سی و یک

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۳۰متر	۸۱
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۰۷متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۳۴,۱۷	۱۰۰
فاصله دید	۴۴متر	
محدودیت سرعت	۴۵کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۵,۲	۱۰۰
عرض جاده	۵,۵ متر	۱۰۰
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۱۰-۶)	۲۷
اندازه بلوک	۲,۵متر	۱۰۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا کوتاه، اثرات اب روی شیب دیده میشود.	۱۲
تاریخچه سنگ افتها	اثرات زیاد ضربه و افتادن یک بلوک بزرگ مشاهده شد.	۲۷
نوع سنگ	تاپ کوارتزیت	
جمع امتیاز ها		۷۴۷
شماره شیب:۳۲ (۲۵) طول جغرافیائی : E51° 16′ 31.5″ عرض جغرافیائی: N36° 15′ 27.8″ ارتفاع :۱۷۰۲		
پیشنهادات و نتیجه گیری: بر اساس امتیاز گرفته شده این شیب در اولویت بسیار بالا کارهای اصلاحی قرار دارد. جاده مجاور شیب از نظر امکان وجود وسیله نقلیه در هنگام سنگ افت و دید جاده وضعیت نامطلوبی را داراست. با توجه به ابعاد بلوکهای ازاد شده در حدود ۲,۵ متر بر روی جاده ریسک ان برای وسائل نقلیه بسیار بالا می باشد. ناپایداری دیده شده روی شیب از نوع صفحه ای است امکان ناپایداری واژگونی نیز وجود دارد. تصحیح هندسی بر روی شیب و تقویت مکانیکی شیب (میل مهار ، پیچ سنگ و..) و زهکش مناسب میتوانند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشند.		

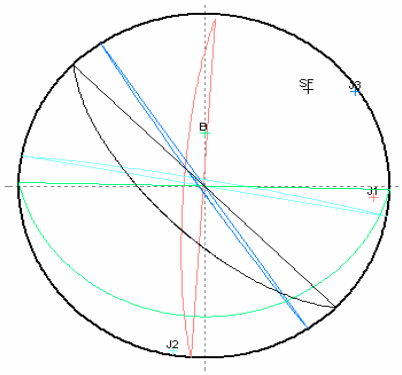
جدول ۳-۳۶- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ..... جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۳۲- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب سی و دو

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۰متر	۴
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۰۰متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۶۴,۸۱	۲۵
فاصله دید	۴۲متر	
محدودیت سرعت	۴۵کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۳,۶	۱۰۰
عرض جاده	۶,۵ متر	۶۷,۵۷
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۱۰-۸)	۲۰,۵
اندازه بلوک	۱,۱۶متر	۷۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان کوتاه تا متوسط،	۱۲
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربه عمیق (۵ ض)	۱۵,۶
نوع سنگ	تاپ کوارتزیت	
جمع امتیاز ها		۵۱۴,۶۷
شماره شیب:۳۳ (۲۴) طول جغرافیائی : E51° 16′ 32.3″		
عرض جغرافیائی: N36° 15′ 24.6″ ارتفاع :۱۷۰۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز اختصاص یافته این شیب از اولویت پائین تا متوسطی برای شروع کارهای اصلاحی برخوردار می‌باشد. به علت اندازه بلوکهای ازاد شده و دید محدود ریسک برای وسایل نقلیه بالا میباشد. ناپایداری‌ها از دو نوع صفحه ای و گوه‌ای است. ایجاد دیواره حفاظ در کناره جاده ، تقویت مکانیکی شیب(میل مهار ، پیچ سنگ و..) و بتن پاشی می تواند در تقلیل خطر سنگ افتها مفید باشد.		

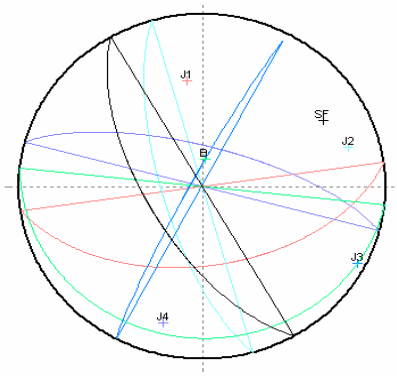
جدول۳-۳۷ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۳۳ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۳۳- نمایش وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب سی و سه

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۲۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۰۷متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۳۴,۱۷	۱۰۰
فاصله دید	۴۴متر	
محدودیت سرعت	۴۵کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۵,۲	۱۰۰
عرض جاده	۵,۵ متر	۱۰۰
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۱۲-۴)	۳۵,۵
اندازه بلوک	۱,۲۵ متر	۹۷
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان کوتاه تا متوسط،	۱۲
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربه زیاد بر روی گارد هم دیده میشود	۲۷
نوع سنگ	آهک و مارن (مبارک)	
جمع امتیاز ها		۷۷۱,۲
شماره شیب:۳۴ (۲۶) طول جغرافیائی : E51° 16′ 39.9″ عرض جغرافیائی: N36° 15′ 20.3″ ارتفاع :۱۷۲۳		
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز گرفته شده این شیب از اولویت بالائی برای شروع کارهای اصلاحی برخوردار است. و ضعیت جاده مجاور شیب از نظر وجودماشین در هنگام سنگ افت و دید جاده نامطلوب می‌باشد. ناپایداری های موجود صفحه‌ای بوده تحلیل استریونتی امکان ناپایداری گوه‌ای را نیز نشان می دهد. تصحیح هندسی بصورت محوطه ای برای جمع اوری بلوکهای رها شده در روی شیب، تقویت مکانیکی شیب(میل مهار ، پیچ سنگ و..) در نقاطی که امکان دسترسی دارد ، همراه دیواره مناسب می توانند در تقلیل خطر مناسب باشند.		

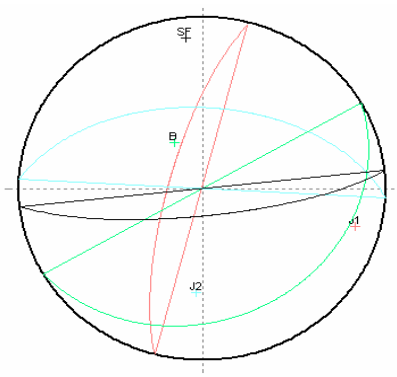
جدول ۳-۳۸- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۳۴ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۳۴- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب ۳۴

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۳۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	متر ۱۹۰	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۳۸,۵۴	۱۰۰
فاصله دید	۶۰متر	
محدودیت سرعت	۴۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۵۲,۴۹	۱۰
عرض جاده	۱۰ متر	۱۳,۹۶
شرایط ساختاری سنگ	دو دسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب و وجود درزه اصلی	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۶-۸)	۲۷
اندازه بلوک	۱,۵۰ متر	۱۰۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان کوتاه تا متوسط،	۱۲
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربه زیاد(۱۶ض)	۲۷
نوع سنگ	آهک و دولومیت مبارک	
جمع امتیاز ها		۵۸۹,۹۶
شماره شیب:۳۵ (۱۶) طول جغرافیائی : E51° 16′ 47.8″ عرض جغرافیائی: N36° 15′ 11.3″ ارتفاع :۱۷۵۵		
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز گرفته شده این شیب از اولویت متوسط تا بالائی برای شروع کارهای اصلاحی برخوردار است. با توجه به ابعاد و ارتفاع سقوط بلوکهای رها شده ریسک برای جاده و وسائل نقلیه بسیار بالا میباشد. ناپایداری سنگی اصلی از نوع صفحه‌ای است امکان شکل گیری ناپایداری واژگونی و تا حدی گوه‌ای نیز وجود دارد.ترکیبی از تقویت مکانیکی(میل مهار ، پیچ سنگ و..)، اصلاح هندسی و ایجاد دیواره مناسب میتواند خطر سنگ افت را تقلیل دهد.		

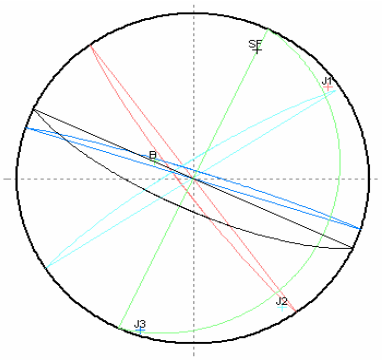
جدول ۳-۳۹- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۳۵ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۳۵- نمایش وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب سی و پنج

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۳۰۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۰۰ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۵۸,۳۳	۱۲
فاصله دید	۶۸متر	
محدودیت سرعت	۵۰کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۴۸,۵۷	۵۲,۵
عرض جاده	۶,۵متر	۶۷,۵۷
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۶-۸)	۲۷
اندازه بلوک	۰,۷۰متر	۱۲,۵
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان کوتاه تا متوسط،	۱۲
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات محدود تابلو خطر	۱۲
نوع سنگ	آهک و دولومیت مبارک	
جمع امتیاز ها		۴۹۵,۵۷
شماره شیب:۳۶ (۲۳) طول جغرافیائی : E51° 17′ 22.7″ عرض جغرافیائی: N36° 14′ 56.3″ ارتفاع :۱۸۱۱		
پیشنهادات و نتیجه گیری: شیب از اولویت پائین تا متوسطی برای کارهای اصلاحی برخوردار است. جاده مجاور شیب از نظر دید و ترافیک وضعیت مناسبی را داراست. ناپایداری‌های سنگی در این شیب عمدتا از نوع گوه ای بوده امکان شکل گیری صفحه‌ای نیز وجود دارد. اصلاح هندسی شیب، ایجاد تور و فنسهای ضربه گیر در روی شیب و تقویت پوشش گیاهی می تواند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشند.		

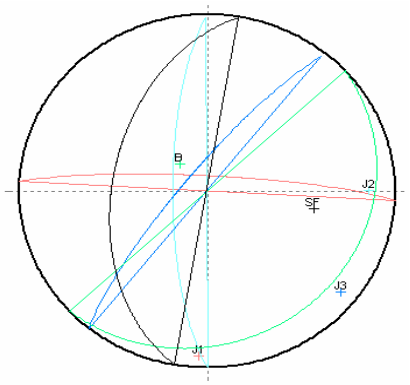
جدول۳-۴۰ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۳۶ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۳۶- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب ۳۶

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۲۵متر	۳۷,۵
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۱۶ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۷۵,۱۹	۲۷
فاصله دید	۳۵متر	
محدودیت سرعت	۴۵کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۸	۱۰۰
عرض جاده	۸متر	۱۵
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه ، پیوسته، جهت گیری نامناسب (صفحه‌ای)	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۱۲-۸)	۲۰,۵
اندازه بلوک	۱,۳۰متر	۱۰۰
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان کوتاه تا متوسط،	۱۲
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات زیاد گارد را زده	۲۷
نوع سنگ	آهک وشیل مبارک	
جمع امتیاز ها		۵۵۸,۴
شماره شیب:۳۷ (۴۵) طول جغرافیائی : E51° 18′05.8″ عرض جغرافیائی: N36° 14′ 26.8″ ارتفاع :۱۷۹۲		
پیشنهادات و نتیجه گیری: شیب از امتیاز متوسطی در رابطه با شروع کارهای اصلاحی برخوردار میباشد. جاده مجاور شیب از دید مناسبی برخوردار نیست. ناپایداری‌های سنگی عمدتا از نوع صفحه‌ای میباشد. ترکیبی از تقویت مکانیکی(میل مهار ، پیچ سنگ و..)، ایجاد خندق یا حفاظ بر اساس مطالعات تکمیلی، می‌تواند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشد.		

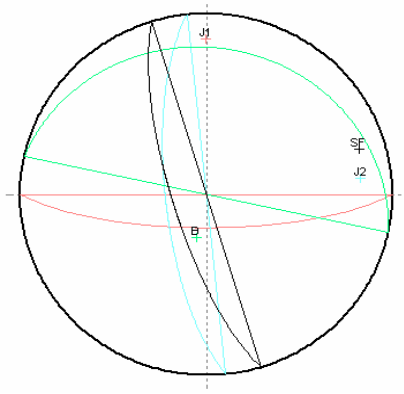
جدول۳-۴۱ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۳۷ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۳۷- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب ۳۷

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۵۰ متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۱۸ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۷۶,۴۸	۲۷
فاصله دید	۴۸متر	
محدودیت سرعت	۴۵کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۸,۴	۱۰۰
عرض جاده	۷,۵متر	۴۳,۰۶
شرایط ساختاری سنگ	دودسته درزه ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۶-۱۰)	۲۷
اندازه بلوک	۰,۸۵ متر	۲۲
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان کوتاه تا متوسط،	۱۲
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات زیاد(۳۰ض)	۴۶
نوع سنگ	ماسه سنگ درود	
جمع امتیاز ها		۵۵۸,۰۶
شماره شیب:۳۸ (۴۴) طول جغرافیائی : E51° 18′ 23.8″		
عرض جغرافیائی: N36° 13′ 57.5″ ارتفاع :۱۸۵۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز گرفته شده این شیب از اولویت متوسطی برای شروع کارهای اصلاحی برخوردار است. دید جاده از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست. ناپایداری از نوع صفحه‌ای میباشد. اصلاح هندسی شیب، نصب فنس ضربه گیر و احداث جوی سنگ‌گیر می توانند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشند.		

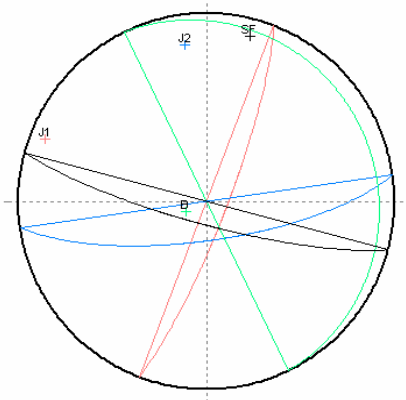
جدول۳-۴۲ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۳۸ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۳۸- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده)در شیب سی و هشت

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۱۰۲ متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۳۰ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۸۴,۲۶	۴۰
فاصله دید	۴۲متر	
محدودیت سرعت	۴۵کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۰,۶۵	۱۰۰
عرض جاده	۸,۵ متر	۲۷,۴۵
شرایط ساختاری سنگ	دودسته درزه ، پیوسته، جهت گیری نامناسب (گسله دارد)	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۶-۸)، پرشدگی رسی	۴۶
اندازه بلوک	۰,۶۵متر	۱۱
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان کوتاه تا متوسط،	۱۲
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات (۱۰ ضربه)	۲۷
نوع سنگ	ماسه سنگ و شیل	
جمع امتیاز ها		۵۶۳,۴۵
شماره شیب:۳۹ (۱۵) طول جغرافیائی : E51° 18′ 32.3″ عرض جغرافیائی: N36° 13′ 51.6″ ارتفاع :۱۸۳۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به کل امتیاز این شیب از نظر شروع کارهای اصلاحی شیب در اولویت متوسطی قرار می‌گیرد. فاصله دید بر روی جاده نامطلوب بوده و ناپایداری سنگی بر روی شیب از نوع صفحه‌ای می باشد. استفاده از تورهای مقاوم ، جوی سنگ گیر و یا دیواره حفاظ میتواند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشد.		

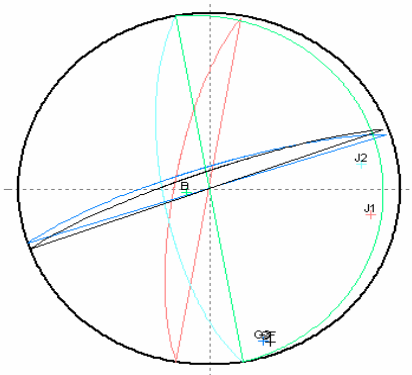
جدول۳-۴۳ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۳۹ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۳۹- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب سی و نه

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۳۵متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۱۰ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۸۰,۲۰	۳۳
فاصله دید	۶۸ متر	
محدودیت سرعت	۴۰ کیلومتر	
درصد تصمیم گیری در مورد فاصله دید	٪۵۹,۶۵	۲۸
عرض جاده	۱۰,۵ متر	۱۱,۱۵
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	صفحه‌ای(۸-۱۰)، پرشدگی رسی	۴۶
اندازه بلوک	۰,۹۰ متر	۲۷
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان متوسط، اب دائمی روی شیب	۴۷
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات زیاد(۱۴ض.ب) اسفالت بتازگی بازسازی شده بود، افتادن سنگ ها مشاهده شد.	۶۲
نوع سنگ	ماسه سنگ و شیل	
جمع امتیاز ها		۵۵۴,۱۵
شماره شیب:۴۰ (۱۴) طول جغرافیائی : E51° 18′ 54.2″ عرض جغرافیائی: N36° 13′ 55.4″ ارتفاع : ۱۹۳۶		
پیشنهادات و نتیجه گیری: امتیاز این شیب نشان دهنده اولویت متوسط تا نسبتا بالائی برای شروع کارهای اصلاحی می باشد. وضعیت جاده از نظر وجود وسیله نقلیه و دید در هنگام سقوط سنگی از وضعیت نسبتا مناسبی برخوردار میباشد. ناپایداری سنگی بر روی این شیب عمدتا از نوع صفحه ای می باشد. لق‌گیری متناوب ، تصحیح هندسی، احداث جوی سنگ گیر و ایجاد زهکش مناسب می‌توانند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشند.		

جدول۳-۴۴ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۴۰ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۴۰- نمایش استریوگرافیک استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده)

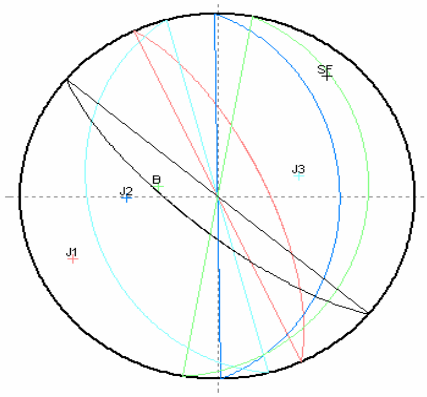
فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۲۸۳متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۴۰ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۰۰	۸۱
فاصله دید	۱۲۰متر	
محدودیت سرعت	۷۰ کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۶۰	۲۷
عرض جاده	۸متر	۳۴,۳۸
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	عمدتا صفحه‌ای(۶-۱۰)،	۲۷
اندازه بلوک	۰,۶۰ متر	۹
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۵۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان متوسط،	۱۵
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات زیاد روی گارد	۳۵
نوع سنگ	اهک روته	
جمع امتیاز ها		۵۲۸,۳۸

شماره شیب:۴۱ (۲۲) طول جغرافیائی : E51° 18′ 38.9″

عرض جغرافیائی: N36° 13′ 12.6″ ارتفاع : ۱۹۹۲

پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز اختصاص داده شده این شیب از اولویت متوسطی تا بالائی برای کارهای اصلاحی برخوردار می‌باشد. اندازه گیری‌های روی این شیب بعلت عدم دسترسی به لیتولوژی اصلی بصورت تعمیمی از لیتولوژی مشابه اورده شده، بنظر می‌رسد ناپایداری سنگی از نوع صفحه‌ای و واژگونی باشد. نصب تور و فنس ضربه گیر و احداث جوی سنگ گیر می تواند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشد ولی در هر صورت مطالعه دقیق تر مخزن و مطالعه توپوگرافی دقیق‌تر شیب قبل از هر تصمیم گیری الزامی است.

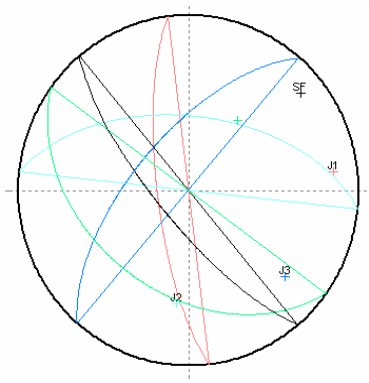
جدول۳-۴۵ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۴۱ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۴۱- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب چهل و یک

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۴۷,۵متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۴۰ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۱۶,۶۶	۱۰۰
فاصله دید	۶۰متر	
محدودیت سرعت	۶۰ کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۴	۱۰۰
عرض جاده	۷متر	۵۳,۹۴
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	عمدتا صفحه‌ای(۸-۱۰)،	۲۰,۵
اندازه بلوک	۰,۴۵ متر	۵,۲
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۸۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا متوسط،	۱۶
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات زیاد (۴۰ض)	۴۶
نوع سنگ	سنگ اهک درود؟	
جمع امتیاز ها		۶۴۱,۶۴
شماره شیب:۴۲ (۲۱) طول جغرافیائی : E51° 19′ 06.9″ عرض جغرافیائی: N36° 12′ 51.5″ ارتفاع : ۲۰۶۰		
پیشنهادات و نتیجه گیری: امتیاز این شیب حاکی از اولویت بالا ان برای شروع کارهای اصلاحی می‌باشد.وضعیت ترافیکی و دید در جاده مجاور شیب نامطلوبست. نوع ناپایداری سنگی در این شیب از نوع صفحه‌ای و گوه ای میباشد. نصب تور و جوی سنگ گیر میتواند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشند.		

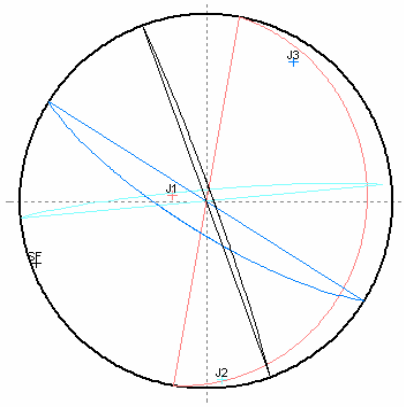
جدول ۳-۴۶- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۴۲ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۴۲- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب چهل و دو

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۳۵متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۰۰ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۶۶,۶۶	۱۰۰
فاصله دید	۲۵متر	
محدودیت سرعت	۳۵ کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۲۵,۲۵	۱۰۰
عرض جاده	۶متر	۸۴,۶۳
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	عمدتا صفحه‌ای(۸-۴)،	۳۵,۵
اندازه بلوک	۰,۶۰ متر	۹
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۸۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبامتوسط،	۱۶
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات زیاد (۲۰ض)، گارد را خرد کرده	۳۵
نوع سنگ	سنگ اذرین(درود)	
جمع امتیاز ها		۶۸۰,۱۳
شماره شیب:۴۳ (۲۰) طول جغرافیائی : E51° 19′ 10.4″ عرض جغرافیائی: N36° 12′ 42.6″ ارتفاع : ۲۰۶۹		
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز، این شیب از اولویت بالا برای کارهای مربوط به اصلاح شیب برخوردار است. وضعیت ترافیکی و فاصله دید بر روی جاده مجاور شیب غیر مطلوبست. ناپایداری های سنگی روی شیب عمدتا صفحه ای بوده در تحلیل استریونتی امکان شکل گیری ناپایداری گوه ای نیز میرود. تلفیقی از تور و جوی سنگ گیر(یا دیواره حائل) و بتن پاشی میتواند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشند.		

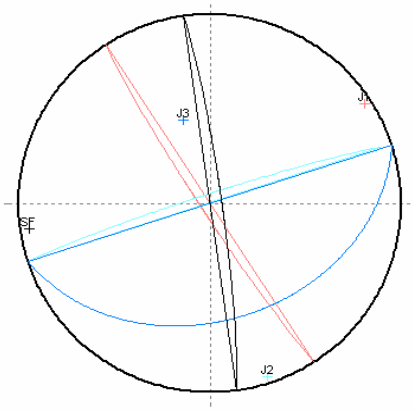
جدول۳-۴۷ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۴۳ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۴۳- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب چهل و سه

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۲۸متر	۵۸
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۲۰۰ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۹۷,۲	۷۱
فاصله دید	۱۲۵متر	
محدودیت سرعت	۶۰ کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۷۳,۱۰	۱۵
عرض جاده	۷متر	۵۴
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	عمدتا صفحه‌ای(۶-۱۰)،	۲۷
اندازه بلوک	۰,۶۰ متر	
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۸۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا متوسط،	۱۶
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات قابل توجه (۱۰ض)	۲۷
نوع سنگ	سنگ اذرین(ولکانیک روته)	
جمع امتیاز ها		۴۵۸
شماره شیب:۴۴ (۱۹) طول جغرافیائی : E51° 19′ 46.3″ عرض جغرافیائی: N36° 12′ 26.8″ ارتفاع : ۲۱۸۸		
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز اختصاص داده شده به این شیب، شیب مذکور از اولویت پائینی برای شروع کارهای اصلاحی برخوردار می‌باشد. ناپایداری سنگی بصورت فروغلتیدن بلوکهای رهاحاصل از لغزش قدیمی تا ناپایداری صفحه‌ای در قسمت سنگی می‌باشد. استفاده از تور و جوی سنگ‌گیر و بتن‌پاشی می‌تواند در تقلیل خطر سنگ افت مفید باشند.		

جدول۳-۴۸ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۴۴ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۴۴- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب چهل و چهار

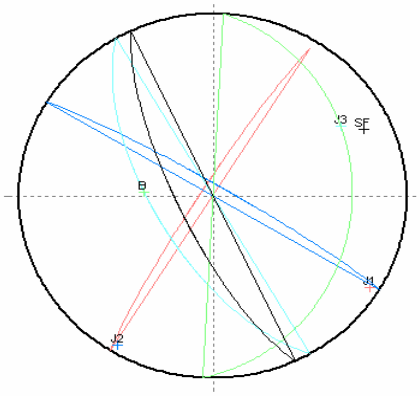
فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۹۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۲۰ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۷۷,۸	۳۰,۵
فاصله دید	۵۳ متر	
محدودیت سرعت	۴۵ کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۴۲,۴	۷۱
عرض جاده	۷متر	۵۴
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۱۰۰
اصطکاک درزه ها	عمدتا صفحه ای(۴-۱۰)	۳۵,۵
اندازه بلوک	۰,۸۰ متر	۱۹
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۴۸۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان متوسط،	۱۶
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات قابل توجه (۱۵ض)	۲۷
نوع سنگ	اهک	
جمع امتیاز ها		۵۵۳

شماره شیب:۴۵ (u1) طول جغرافیائی : E51° 19′ 45.6″

عرض جغرافیائی: N36° 12′ 23.7″ ارتفاع : ۱۸۲۰

پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز کسب شده این شیب در اولویت متوسط تا بالا از نظر کارهای اصلاحی قرار دارد. ناپایداری سنگی روی شیب عمدتا از نوع صفحه‌ای میباشد. ترکیبی از تصحیح هندسی و جوی سنگ گیر می‌تواند در تقلیل خطر سنگ افت مفید باشد.

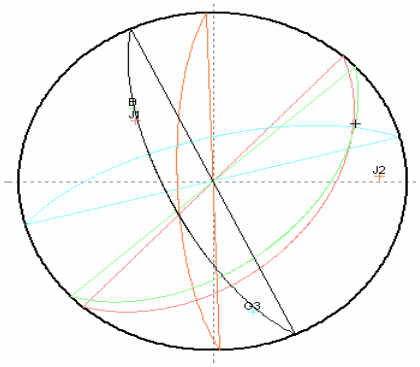
جدول۳-۴۹ - امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۴۵ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۴۵- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب و چهل و پنج

فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۵۰متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۳۰ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۸۴,۲۶	۴۰
فاصله دید	۶۵متر	
محدودیت سرعت	۴۵ کیلومتر	
درصد تصمیم گیری در مورد فاصله دید	٪۴۷,۵	۵۵
عرض جاده	۱۰متر	۱۴
شرایط ساختاری سنگ	سه دسته درزه و لایه بندی ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	صفحهای- موجی(۸-۱۲)	۲۰,۵
اندازه بلوک	۰,۹۰ متر	۲۷
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۵۰۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا متوسط،	۱۶
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات قابل توجه (۱۰ ضربه)	۲۷
نوع سنگ	آلکالی بازالت	
جمع امتیاز ها		۴۸۰,۵
شماره شیب:۴۶ (۱۲)	طول جغرافیائی : E51° 19′ 48.2″	
ارتفاع : ۲۲۵۵	عرض جغرافیائی: N36° 12′ 13.6″	
پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز این شیب، شیب مذکور از اولویت متوسطی برای کارهای اصلاحی برخوردار است. ناپایداری سنگی در این شیب از نوع وازگونی و صفحه ای میباشد. با توجه به ارتفاع و اندازه بلوک ها، لق گیری متناوب، بتن‌پاشی، نصب تور و احداث جوی سنگ گیر در تقلیل خطر سنگ افت می تواند موثر باشد.		

جدول ۳-۵۰- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۴۶ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۴۶- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب چهل و شش

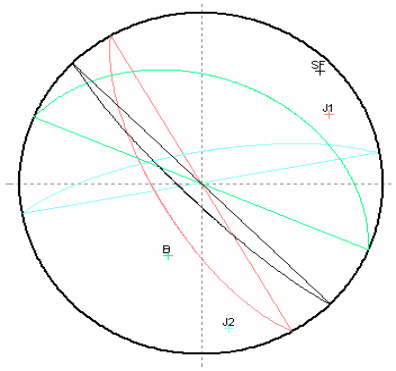
فاکتورها	توضیحات	امتیازات
ارتفاع شیب	۴۸ متر	۱۰۰
وجود و اثربخشی جوی سنگ‌گیر	وجود ندارد	۱۰۰
طول شیب درگیر لغزش	۱۱۰ متر	
میانگین ریسک وسیله نقلیه	٪۱۰۶,۹۴	۱۰۰
فاصله دید	۳۲متر	
محدودیت سرعت	۳۰ کیلومتر	
درصد تصمیم‌گیری در مورد فاصله دید	٪۳۵,۱۶	۱۰۰
عرض جاده	۸متر	۳۴
شرایط ساختاری سنگ	دو دسته درزه و لایه بندی ، پیوسته، جهت گیری نامناسب	۸۱
اصطکاک درزه ها	صفحه ای- موجی(۸-۱۲)	۲۰,۵
اندازه بلوک	۰,۵۰ متر	۶,۲
شرایط اب و هوائی	بارندگی حدود ۵۰۰ میلی‌متر ، دوره یخبندان تقریبا متوسط،	۱۶
تاریخچه سنگ افتها	اثرات ضربات قابل توجه (۱۲ض)	۲۷
نوع سنگ	اهک و مارن الیکا	
جمع امتیاز ها		۵۸۵,۰۸

شماره شیب:۴۷ (۱۸) طول جغرافیائی : E51° 19′ 55.5″

عرض جغرافیائی: N36° 12′ 04.8″ ارتفاع : ۲۲۱۲

پیشنهادات و نتیجه گیری: با توجه به امتیاز بدست امده در این شیب ، شیب مذکور از اولویت متوسط تا بالائی برای کارهای اصلاحی برخوردار است. ناپایداری سنگی روی شیب عمدتا از نوع صفحه‌ای میباشد امکان شکل گیری ناپایداری واژگونی نیز وجود دارد. وضعیت ترافیکی و دید در جاده مجاور شیب نامطلوب می‌باشد. نصب تور و ایجاد جوی سنگ گیر و یا دیواره در مجاورت جاده و نصب تورهای ضربه گیر در قسمت اولیه بالا شیب می توانند در تقلیل خطر سنگ افت موثر باشند.

جدول۳-۵۱- امتیاز دهی و تحلیل شیب شماره ۴۷ جاده چالوس به روش امتیاز دهی خطر سنگ افت(Rock Fall Hazard Rating System)



شکل ۳-۴۷- نمایش استریوگرافیک وضعیت ناپیوستگی‌ها و جهت شیب توپوگرافیک مجاور جاده (jn =قطب دسته درزه ، B =قطب لایه بندی ، Sf =قطب توپوگرافی شیب مجاور جاده) در شیب چهل و هفت

عکس ۳-۱ - نمونه‌ای از گسیختگی‌های صفحه ای درشیب‌های سنگی جاده چالوس

عکس ۳-۲ نمونه‌ای از گسیختگی گوه ای درشیب های سنگی جاده چالوس

عکس ۳-۳- نمائی ار مخزن (source) سنگ افت، تخمین ارتفاع بلوکهای ازاد شده و حجم انان در تحلیل روشهای کاهش خطر سنگ افت ضروری می‌باشد.

عکس ۳-۴- بلوک رها شده از شیب ۳۲، در مطالعه حاضر امتیاز این شیب بروش RHRS ۷۴۷ بوده است.
اندازه گیری پارامترهای این شیب ساعتی پیش از وقوع این سنگ افت تکمیل گردیده بود!!!

عکس ۳-۵- مخزن سنگ افت (Source of rockfall) بر روی شیب شماره ۳۲ ارتفاع این مخزن حدود ۳۰ متر بوده است.

عکس ۳-۶- تصویری از گاردبلوک خرد شده در کنار جاده و مصالح تشکیل دهنده آن که در تصویر قابل مشاهده است.

عکس ۳-۷- تصویری از یک بلوک رها شده بعد از زمین لرزه کجور در یکی از کنارگذرهای تونل در جاده چالوس، ابعاد بلوک رها شده قابل توجه است.

عکس ۳-۸ اندازه گیری و مشخصات اثر ضربات بر روی آسفالت خصوصا در بازه زمانی کوتاه پس از آسفالت در تخمین فعالیت سنگ افتی بعلت در دست نبودن تاریخچه‌ای مدون در مورد سنگ افت های پیشین در مطالعه حاضر کاربرد وسیعی داشت.

عکس ۳-۹ - وسایل نقلیه سنگین به علت ابعاد بزرگشان از ریسک بالاتری در هنگام وقوع سنگ افت برخوردار بوده و بعلت سرعت کمتر، ترافیک و در نتیجه ریسک را در یک مقطع سنگ افتی یکسان به شدت افزایش می دهند.

عکس ۳-۱۰ - نقش پوشش گیاهی در توقف حرکت سنگ افت ، این تله ها خود می توانند بصورت مخازن جدید سنگ‌افتی عمل نمایند.

عکس ۳-۱۱- بازرسی و لق گیری مستمر میتواند در تقلیل ریسک سنگ افت موثر باشد

عکس ۳-۱۲- در مطالعه حاضر محل زهکش‌ها و سنگ افتها همخوانی قابل انتظاری با یکدیگر نشان می‌دادند که از این عامل می توان در پهنه بندی مخازن سنگ افتی سود برد.

فصل چهارم

طبقه بندی SMR

۴- طبقه‌بندی SMR و تحلیلهای پایداری انجام شده برای دامنه‌های سنگی

۴-۱- مقدمه:

امروزه طبقه‌بندی های مهندسی سنگ بر پایه نوع و هدف پروژه عمرانی به کار گرفته می‌شوند. پژوهشگران در طی سه دهه گذشته با تلاش و مطالعه موردی پروژه‌های متنوع توانسته‌اندتا طبقه‌بندی های بنیادین مهندسی سنگ را در جهت مطالعه ویژه هر پروژه عمرانی تخصصی‌تر و کاربردی‌تر نمایند.

در این راستا، طبقه‌بندی ژئومکانیکی "RMR" که توسط بنیاوسکی (Bieniawski,1979, 1989) ارائه گردیده است جهت تعیین امتیازدهی توده سنگ و تخمین پارامترهای ژئومکانیکی سنگ و مدت زمان پایداری بدون نگهدارنده فضای زیرزمینی، کاربرد دارد. این طبقه‌بندی تا به امروز یکی از طبقه‌بندی های مهم می‌باشد که در پروژه‌های عمرانی همچون احداث فضای زیرزمینی و پی‌ها و شیب‌های سنگی به کار برده می‌شود.

رومانا (Romana) در سال ۱۹۸۵ برای اولین‌بار طبقه‌بندی مهندسی سنگ نوینی را با هدف نگرش تخصصی و ویژه به پایداری شیب‌های سنگی بر پایه طبقه‌بندی ژئومکانیکی (RMR) ارائه نمود که به نام طبقه‌بندی امتیازدهی توده شیب (Slope Mass Rating, SMR) موسوم است. این طبقه بندی در چند مرحله تصحیح شده است که در آخرین مقاله ارائه شده توسط او و همکارانش (Romana et al., 2003) آخرین تصحیحات لازم برای این روش ارائه شده است.

در این فصل ضمن توصیف طبقه‌بندی مورد گفتگو و پارامترهای مؤثر بر آن ، برای دامنه‌های سنگی مورد مطالعه، مقدار عددی "SMR" تعیین و رده آن نیز مشخص گردیده است.

۴-۲- توصیف طبقه‌بندی SMR :

طبقه‌بندی امتیازدهی توده شیب "SMR" که بر پایه طبقه‌بندی اصلاح شده ژئومکانیکی (RMR, 1989) می‌باشد، دارای چهار پارامتر اساسی (F_1, F_2, F_3, F_4) است که از آنها به نام پارامترهای خطرپذیری (Risk Parameters) نامبرده می‌شود.

رابطه این طبقه‌بندی به شرح زیر است:

$$\mathbf{SMR = RMR_B + (F_1 \,.\, F_2 \,.\, F_3) + F_4}$$

که :

RMR_B : RMR پایه توده سنگ

F_1 : پارامتری است که به اختلاف سوی شیب درزه (Dip Direction of joint α_j) و سوی شیب دامنه سنگی (Dip Direction of rock slope α_s) وابسته است. امتیاز آن بین ۰/۱۵ تا یک می باشد. امتیاز ۰/۱۵ برای حالتی است که اختلاف بین سوی شیب درزه تأثیرگذار بر ناپایداری و سوی شیب دامنه سنگی بیشتر از ۳۰ درجه باشد و احتمال گسیختگی خیلی کم باشد، درصورتی که امتیاز یک برای حالتی است که سوی شیب آنها بسیار به هم نزدیک است و اختلاف آن به کمتر از ۵ درجه می‌رسد.

F_2 : پارامتری است که به مقدار زاویه شیب درزه (β_j) وابسته است.امتیاز این پارامتر هم بین ۰/۱۵ تا یک می‌باشد.

F_3 : پارامتری است که به اختلاف یا مجموع شیب‌های درزه (β_j) و دامنه سنگی (β_s) وابسته است (با درنظر گرفتن نوع گسیختگی و میزان اختلاف و یا مجموع شیب‌ها، امتیاز آن از صفر تا «۶۰-» در تغییر می‌باشد).

F_4 : پارامتری است که با در نظر گرفتن روش حفاری به کار گرفته شده برای دامنه سنگی، تعیین می‌گردد. امتیاز آن از (۱۵+) تا (۸-) در تغییر است که بیشترین امتیاز برای حالتی است که دامنه سنگی، دارای پایداری طبیعی باشد (Natural Slope) و کمترین امتیاز (۸-) برای حالتی است که آتشباری از نوع ضعیف (Poor Blasting) باشد.

$$F_1 = (1- \sin | \alpha_j - \alpha_s|)$$
$$F_2 = tg^2 \ \beta_j$$
$$F_3 = \beta_j \pm \beta_s$$

- فرضیات طبقه‌بندی SMR

۱- شیبهای سنگی با SMR کمتر از بیست به سرعت زیاد گسیخته خواهند شد.

۲- شیب سنگی با SMR کمتر از یازده بی‌معنی است و چنین شیبی گسیخته شده و در طبیعت وجود نخواهد داشت.

۳- چنانچه مصالح دربرگیرنده دامنه سنگی از نوع سنگهای نرم (Soft Rocks) باشند، تحلیل رفتار گسیختگی درآنها از نوع تحلیل گسیختگی دایره‌ای (Circular failure) خواهد بود.

۴- به طور عمومی، برای شیبهای سنگی که $75< SMR<100$ باشد این روش هیچ نگهدارنده‌ای (Support) را در نظر نمی‌گیرد و شیب سنگی مذکور را پایدار می‌داند.

۴-۳- روند مراحل امتیازدهی طبقه‌بندی SMR برای دامنه های سنگی مطالعه شده :

برای ۴۰ مورد دامنه سنگی در مسیر جاده چالوس از محدوده پل زنگوله تا مرزن‌آباد (نقشه پیوست)، بررسیهای زمین شناسی مهندسی و ژئومکانیکی لازم جهت اعمال طبقه‌بندی امتیازدهی توده شیب (SMR) انجام گردیده است. به طور آماری از این ۴۰ ایستگاه برداشت و مطالعه شده در طول

مسیر مذکور، ۱۰ ایستگاه برداشت در ماسه سنگ سازند کهر، ۴ ایستگاه برداشت در ماسه سنگ سازند لالون، ۳ ایستگاه برداشت در ماسه سنگ سازند درود، ۸ ایستگاه برداشت در سنگ آهک (۴ ایستگاه برداشت در سازند مبارک، ۲ ایستگاه برداشت در سازند الیکا و در سازندهای درود و روته هر کدام یک ایستگاه) ، ۵ ایستگاه برداشت در دولومیت سازند سلطانیه، ۲ ایستگاه برداشت در سنگ‌آهک دولومیتی سازند مبارک و در سنگ آهک دولومیتی سازند جیرود، سنگ آهک مارنی سازند میلا و درسیلتستون دگرگون شده هر کدام یک ایستگاه و ۵ ایستگاه برداشت در سنگهای آذرین (بازالت و دیاباز) بوده است.

برای اعمال طبقه‌بندی SMR ، جهت هر شیب سنگی که مورد مطالعه قرار گرفته است علاوه بر شناسایی سیستم‌های اصلی درزه و برداشت ویژگیهای زمین شناسی مهندسی آنها و انجام آزمون برجای واگشت چکش اشمیت برای هر توده سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی جهت تعیین مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر به گونه‌ای که در فصل (۲) آمده است، بررسی و برداشت لازم انجام گرفته است. همچنین نوع پایداری یا گسیختگی چیره (صفحه‌ای، گوه‌ای و یا واژگونی) برای دامنه سنگی مورد مطالعه و دسته درزه اصلی مؤثر و کنترل کننده ناپایداری و موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی مورد نظر شناسایی و تعیین شده‌اند. همچنین لازم است تا در ابتدا طبقه‌بندی ژئومکانیکی یا امتیازدهی توده سنگ (RMR) برای سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی انجام گیرد. پنج پارامتر لازم و اساسی این طبقه‌بندی شامل مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر (σ_{ci}) ، شاخص کیفی سنگ (%RQD) ، فاصله‌داری درزه‌ها(Spacing) و شرایط درزه‌ها (درازا، بازشدگی، زبری سطح درزه‌ها، مصالح پرکننده و هوازدگی سطح درزه‌ها) و جریان آب زیرزمینی و نموری سطح درزه‌ها می‌باشند که در برداشت‌های صحرایی تعیین و شناسایی گردیده‌اند.

پس از تعیین RMR پایه و در نظر گرفتن پارامترهای لازم دیگر، امتیازدهی پارامترهای خطرپذیری مورد نیاز در طبقه‌بندی (SMR) و به کارگیری رابطه آن، مقدار عددی (SMR) و رده آن برای دامنه سنگی بدست آمده است.

برای دستیابی به ارزیابی دقیق و جامعی از رده سنگ در طبقه‌بندی مورد گفتگو، توده‌سنگهای دربرگیرنده دامنه‌های سنگی مطالعه شده به تفکیک توصیف گردیده‌اند.

۴-۳-۱- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه سنگ کهر)

ماسه سنگ‌های کهر با داشتن دامنه SMR ، ۶۲ تا ۷۶ ($SMR = 62 - 76$) و رده II_b- II_a (جدول ۴-۱) ، سنگی خوب (Good) و از دیدگاه پایداری، پایدار (Stable) می‌باشند. درزه‌های کنترل‌کننده در ناپایداری به طور عمومی دارای شیب بالایی می‌باشند ($\geq 70°$) و گسیختگی چیره از نوع صفحه‌ای (Planar) می باشد. در رده‌های بعدی می‌توان از گسیختگی نوع گوه‌ای (Wedge)

نام برد. همچنین فقط در یک ایستگاه برداشت (S16)، امکان گسیختگی واژگونی (Toppling) وجود خواهد داشت. گسیختگی‌های صفحه‌ای از نوع آزاد شدن لوحه‌های سنگی که به صورت اتفاقی (Random) در اثر برخورد و تلاقی سطوح درزه‌ها می‌باشند امکان رخداد خواهند داشت (جدول ۴-۱).

دامنه میزان فاصله‌داری درزه‌ها در حدود ۰/۸-۰/۳ متر است که این خود موجب تشکیل بلوکهای به نسبت مسطح را می‌نماید و یکی از عوامل مؤثر در کاهش رویداد گسیختگی واژگونی هم همین نکته می‌باشد. اما در ایستگاه برداشت (S16) به علت آن که حداکثر فاصله‌داری درزه‌ها تا حدود ۲ متر است، تشکیل بلوکهای سنگی به شکل مکعب مستطیل را می‌دهد که ارتفاع آنها از بعد سطح مقطع بسیار بزرگتر می‌گردد و در نتیجه گسیختگی واژگونی را در پی خواهد داشت.

شیب دامنه‌های سنگی در این توده سنگ‌ها به طور عمده ۷۰-۶۰ درجه است که شیب‌های بالایی محسوب می‌گردند. بالا بودن شیب درزه‌های تأثیرگذار بر ناپایداری موجب گردیده است تا امتیاز فاکتور F_2 به طور عمده به بالاترین حد خود یعنی یک برسد.

اختلاف شیبهای دامنه‌های سنگی و درزه تأثیرگذار بر ناپایداری (۱۵ تا ۲۰ درجه) موجب گردیده است تا به طور عمده امتیاز صفر برای پارامتر F_3 لحاظ گردد.

برای مثال از مراحل امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه‌بندی RMR و SMR، جدولهای (۴-۲) تا (۴-۵) ارائه گردیده‌اند.

جدول ۴-۱- نتایج تحلیلی بدست آمده از طبقه بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه سنگ کهر)

ایستگاه برداشت (Station)	RMR پایه (RMR_B)	SMR	رده سنگ (Class)	واژه توصیفی	نوع گسیختگی احتمالی (Failure probability)
S6	۶۴	۶۴	II_b	خوب	صفحه‌ای
S11	۶۷	۶۶	II_b	خوب	صفحه‌ای- گوه‌ای
S12	۶۵	۶۵	II_b	خوب	صفحه‌ای
S13	۶۸	۶۸	II_b	خوب	صفحه‌ای
S14	۷۶	۷۶	II_a	خوب	صفحه‌ای- گوه‌ای
S15	۶۹	۶۲-۶۹	II_b	خوب	صفحه‌ای- گوه‌ای
S16	۷۶	۷۳	II_a	خوب	واژگونی
S17	۷۴	۷۴	II_a	خوب	صفحه‌ای
S18	۶۵	۶۵	II_b	خوب	صفحه‌ای
S32	۷۰	۶۲	II_b	خوب	صفحه‌ای

جدول ۴-۲- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S12 در ماسه سنگ کهر

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای ماسه‌سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S12		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۰۹/۲۶ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۶۸ /۸	۱۳
فاصله داری درزه ها	۰/۶- ۰/۱ متر	۱۰
شرایط سطح درزه‌ها	به نسبت زبر با اندکی هوازدگی و پرشدگی	۱۶
جریان آب زیرزمینی	خشک تا کمی مرطوب	۱۴
RMR_B = ۶۵		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۶۸/۲۸۵	صفحه ای	۶۰/۳۰۳

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S12		
F_1	A = ۶۰	۰/۱۵
F_2	۸۸	۱
F_3	۲۰	۰
F_4	Blasting	۰
SMR = ۶۵ / II_b		

جدول ۴-۳- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S14 در ماسه سنگ کهر

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای ماسه‌سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S14		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۱۱/۳۵ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۷۵ /۴	۱۷
فاصله داری درزه ها	۰/۶ – ۰/۹ متر	۱۵
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی پرشدگی و هوازدگی	۱۷
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۷۶		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۶۰/۲۸۵	صفحه ای- گوه‌ای	۷۶/۲۸۰

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S14		
F_1	A = ۵	۰/۹۲
F_2	۷۶	۱
F_3	۱۶	۰
F_4	Blasting	۰
$SMR = ۷۶ / II_a$		

جدول ۴-۴- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S16 در ماسه سنگ کهر

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی **RMR** برای ماسه‌سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه **S16**		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۱۰/۷۰ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۷۸ /۷	۱۷
فاصله داری درزه ها	۱/۵۰- ۰/۲ متر	۱۵
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با کمی پرشدگی و هوازدگی	۱۷
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۷۶		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۷۵/۲۴۵	واژگونی	۴۷/۳۱۲

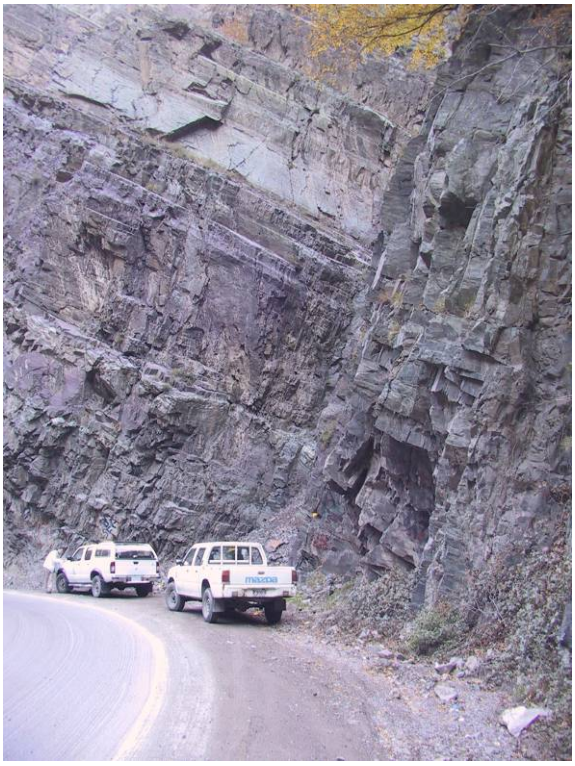
ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی **SMR** برای دامنه سنگی ایستگاه **S16**		
F_1	A = ۷۲	۰/۱۵
F_2	۴۷	۱
F_3	۱۲۲	-۲۵
F_4	Blasting	۰
SMR = ۷۳ / II_a		

جدول ۴-۵- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S32 در ماسه سنگ کهر

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای ماسه‌سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S32		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۱۰ مگاپاسکال	۱۰
%RQD	۶۲	۱۳
فاصله داری درزه ها	۰/۵ -۲/۷ متر	۱۵
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها کمی هوازده و با اندکی پرشدگی و دارای زبری به نسبت زیاد	۱۷
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۷۰		

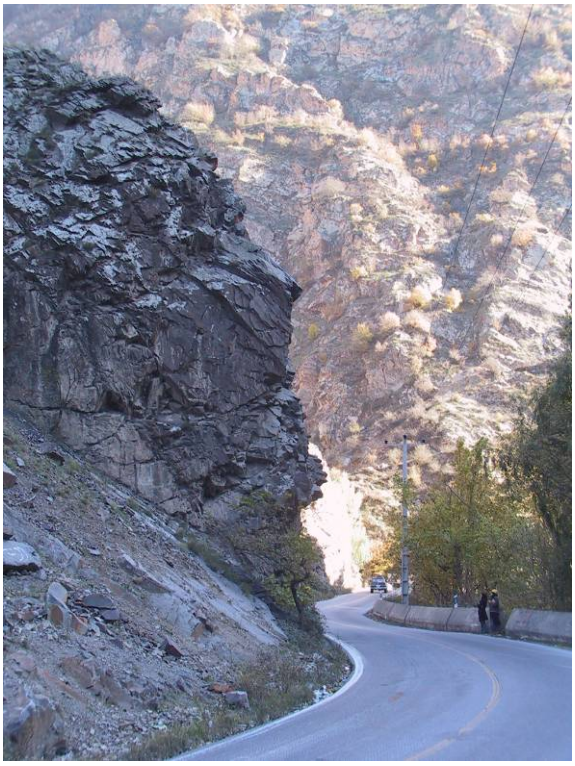
موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی	موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری
۷۵/۲۶۵	صفحه ای	۴۰/۲۰۶

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S32		
F_1	A = ۵۹	۰/۱۵
F_2	۴۰	۰/۸۵
F_3	-۳۵	-۶۰
F_4	Blasting	۰
$SMR = ۶۲ / II_b$		



عکس شماره۳-۱- نمای عمومی دامنه ماسه‌سنگی کهر (S17) که با دارا بودن SMR برابر با ۷۴ به حداقل میزان نگهدارنده نیازمند می‌باشد.

عکس شماره۳-۲- نمای عمومی دامنه ماسه‌سنگی کهر (S18) که تلاقی سطوح لایه‌بندی و درزه‌ها می‌تواند موجب لغزش بلوکهای سنگی ناپایدار بر روی سطح لایه‌بندی گردد.



عکس شماره۳-۳- نمای عمومی دامنه ماسه‌سنگی کهر (S11) که احتمال رخداد ناپایداری صفحه‌ای در آن بیش‌تر از ناپایداری گوه‌ای می‌باشد. موقعیت فضایی سطوح ضعف به گونه‌ای است که در کاهش ضریب اطمینان این دامنه مؤثر است.

عکس شماره۳-۴- نمای عمومی دامنه ماسه سنگی کهر (S13) که ارتفاع و شیب زیاد دامنه و نفوذ آبهای سطحی موجب کاهش ضریب اطمینان و آزادشدن بلوکهای سنگی ناپایدار شده و خطر جدی برای ایمنی جاده محسوب می گردد.

۴-۳-۲- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی ماسه سنگ لالون

ماسه‌سنگ‌های لالون با داشتن دامنه SMR ، ۶۳ تا ۷۴ (SMR = 63-74) و رده II_b-II_a (جدول ۴-۶) سنگی خوب (Good) و از دیدگاه پایداری، پایدار (Stable) می‌باشند. درزه‌های کنترل کننده در ناپایداری به طور عمومی دارای شیب بالای ۸۰ درجه و تقریباً عمود می‌باشند و گسیختگی چیره از نوع صفحه‌ای (Planar) است و تنها در یک ایستگاه برداشت (S26) ، امکان گسیختگی از نوع واژگونی (Toppling) وجود دارد.

دامنه میزان فاصله داری درزه‌ها در حدود ۰/۸- ۰/۴ متر می‌باشد. شیب دامنه‌های سنگی در این توده سنگها به طور عمده ۸۰- ۶۵ درجه است که شیب‌های بالایی محسوب می گردند. بالابودن شیب درزه‌های تأثیر گذار بر ناپایداری موجب گردیده است تا امتیاز فاکتور F_2 به طور عمده به بالاترین حد خود یعنی یک برسد. اختلاف شیبهای دامنه‌های سنگی و درزه تأثیرگذار بر ناپایداری بین ۵ تا ۲۰ درجه است که امتیاز پارامتر F_3 را برای تحلیلهای گسیختگی‌های صفحه‌ای، صفر می‌نماید ولی برای تحلیل واژگونی جهت ایستگاه برداشت (S26) امتیاز این پارامتر را به (۲۵-) می‌رساند که از میزان امتیاز کلی SMR می کاهد. امکان گسیختگی برای ایستگاه برداشت مورد گفتگو در حد کم می‌باشد و امکان رخداد گسیختگی‌های توده‌ای (Mass failure) و صفحه‌ای برای این دامنه سنگی نخواهد بود.

در بین ایستگاه های برداشت دیگر که احتمال رخداد گسیختگی صفحه‌ای وجود دارد، این احتمال برای ایستگاه (S29) از همه کمتر است (با داشتن میزان عددی SMR بیشتر) و احتمال آن به صورت آزادسازی بعضی از بلوکهای صفحه‌ای در جهت سوی شیب سطح درزه تأثیرگذار در ناپایداری می باشد.

ارتفاع دامنه سنگی یکی از عواملی است که در میزان مخاطره‌آمیز بودن آن نقش مهمی دارد. در منطقه مطالعاتی، دامنه‌های سنگی (S27, S26) دارای ارتفاع بالایی می‌باشند که می‌توان آنها را از مخاطره آمیزترین دامنه‌های سنگی مطالعه شده محسوب نمود. به هنگام رویداد زمین لرزه و یا بارندگی، آزاد شدن بلوکهای سنگی ناپایدار از این دامنه‌ها افزایش می‌یابد که در این حالت، ضریب ایمنی جاده را بسیار کاهش خواهد داد.

در ایستگاه برداشت (S26) به دلیل بالا بودن شیب عمومی دامنه سنگی (۷۵ درجه) ، بعضی از بلوکهای سنگی می‌توانند به صورت سقوط آزاد تحت نیروی وزن خود رها شوند. بر پایه مطالعات روی زمین و با در نظر گرفتن فاصله‌داری درزه‌ها مشخص می گردد که بلوک ریزی در این دامنه‌ها از نوع بلوکهای بزرگ (LBS) می‌باشد.

جدولهای (۴-۷) تا (۴-۹) نمونه‌هایی از مراحل امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه‌بندی RMR و SMR را برای ایستگاه های برداشت در ماسه سنگ لالون را نشان می‌دهند.

جدول۴-۶- نتایج تحلیلی بدست آمده از طبقه بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه سنگ لالون)

ایستگاه برداشت (Station)	RMR پایه (RMR_B)	SMR	رده سنگ (Class)	واژه توصیفی	نوع گسیختگی احتمالی (Failure probability)
S26	۶۷	۶۳	II_b	خوب	واژگونی
S27	۶۸	۶۸	II_b	خوب	صفحه‌ای
S29	۷۴	۷۴	II_a	خوب	صفحه‌ای
S31	۶۴	۶۳	II_b	خوب	صفحه‌ای

جدول ۴-۷- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S26 در ماسه سنگ لالون

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای ماسه‌سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S26		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۹۸/۱۴ مگاپاسکال	۷
%RQD	۸۲	۱۷
فاصله داری درزه ها	۰/۶۵- ۰/۳۵ متر	۱۰
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها زبر با اندکی پرشدگی و هوازدگی	۱۸
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۶۷		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۷۵/۰۳۰	واژگونی	۸۰/۰۱۵

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S26		
F_1	A = ۱۹۵	۰/۱۵
F_2	۸۰	۱
F_3	۱۵۵	-۲۵
F_4	Blasting	۰
$SMR = ۶۳ / II_b$		

جدول ۴-۸- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S27 در ماسه سنگ لالون

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای ماسه‌سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S27		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۹۶/۶۲ مگاپاسکال	۷
%RQD	۸۲	۱۷
فاصله داری درزه ها	۰/۹۰- ۰/۳۵ متر	۱۲
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی پرشدگی و هوازدگی	۱۷
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۶۸		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۶۵/۲۱۰	صفحه ای	۸۲/۱۶۰

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S27		
F_1	A = ۵۰	۰/۱۵
F_2	۸۲	۱
F_3	۱۷	۰
F_4	Blasting	۰
$SMR = ۶۸ / II_b$		

جدول ۴-۹ - امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S29 در ماسه سنگ لالون

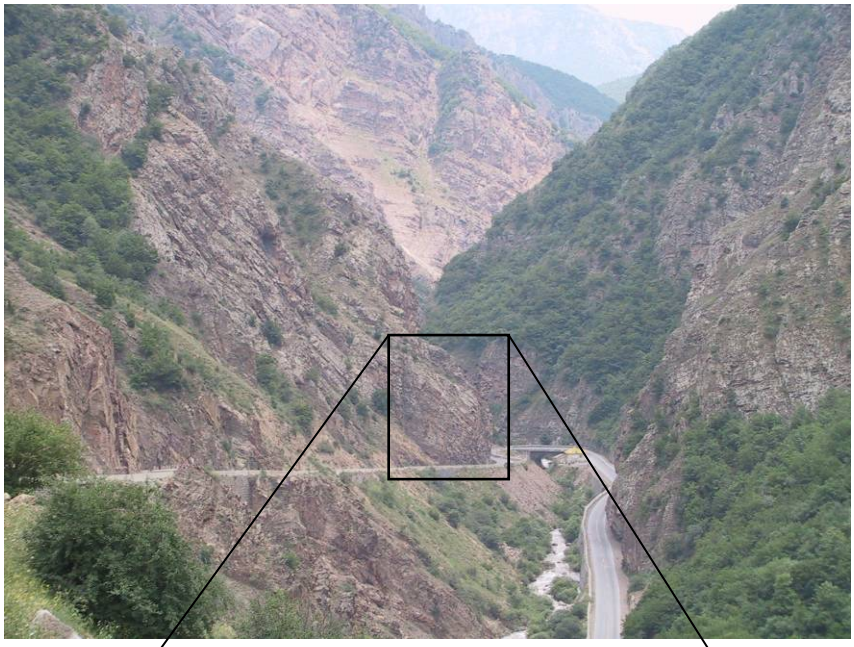
الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای ماسه‌سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S29		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۳۵/۷ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۷۸ /۷	۱۷
فاصله داری درزه ها	۱/۳۰- ۱/۰۵ متر	۱۵
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها کمی زبر با اندکی پرشدگی و هوازدگی	۱۵
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۷۴		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۶۵/۲۲۵	صفحه ای	۸۶/۰۲۲

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S29		
F_1	۲۰۳	۰/۱۵
F_2	۸۶	۱
F_3	۲۱	۰
F_4	Blasting	۰
$SMR = ۷۴ / II_a$		

عکس شماره۳-۵- نمای عمومی دامنه ماسه‌سنگی لالون (S29) بعد از هفت برادران ، توالی لایه‌های ماسه‌سنگ و ماسه سنگ شیلی که تاپ کوارتزیت در بالای آن، تشکیل بلوکهای سنگی به نسبت بزرگی را داده است.

عکس شماره۳-۶- نمای نزدیک از بلوکهای ماسه‌سنگی لالون در دامنه (S29) که در بالاترین نقطه آن واقع شده‌اند.



عکس شماره۳-۷- نمای عمومی دامنه‌های ماسه‌سنگی لالون S26)،(S27 در دو طرف راهدارخانه هزار چم

عکس شماره۳-۸- نمای عمومی دامنه ماسه‌سنگی لالون (S26) در بالادست راهدارخانه هزارچم که احتمال رخداد ناپایداری واژگونی و میزان خردشدگی توده‌سنگها در آن بیشتر از دامنه (S27) می‌باشد.

۴-۳-۳- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی ماسه سنگ درود

در سه ایستگاه برداشت با لیتولوژی ماسه سنگ سازند درود تنوع دامنه SMR تعیین شده به نسبت زیاد است به طوری که دامنه ارزش عددی آن از ۳۵ تا ۵۸ می‌باشد (SMR = 35-58) .رده آن نیز III_a -IV_a است. بدین ترتیب توصیف کیفی آن از رده سنگ مناسب (Fair) برای ایستگاه‌های S39 و S40 تا سنگ بد (Bad) برای ایستگاه S38 می‌باشد.وضعیت پایداری از حدودی پایدار (Partially stable) برای ایستگاه های (S40, S39) تا ناپایدار (Unstable) برای ایستگاه (S38) تعریف می گردد. درزه‌های کنترل کننده ناپایداری به طور عمومی دارای شیب بالایی (°75<) هستند . گسیختگی چیره از نوع صفحه‌ای است (جدول ۴-۱۰).

دامنه میزان فاصله‌داری درزه‌ها در حدود ۰/۶ – ۰/۱ متر است که متوسط ۰/۳۵ متر برای این توده سنگ در نظر گرفته می‌شود. شیب عمومی دامنه‌های سنگی در این توده سنگها ۸۰ درجه است که شیب بالایی محسوب می گردد. بالا بودن شیب درزه‌های تأثیرگذار بر ناپایداریهای احتمالی موجب گردیده است تا امتیاز درنظر گرفته شده برای پارامتر«F_2» به بالاترین حد خود یعنی یک برسد. اختلاف شیبهای دامنه‌های سنگی و درزه‌های تأثیرگذار بر ناپایداری بین ۴ تا ۸ درجه است که این اختلاف کم موجب منفی شدن امتیاز پارامتر «F_3» که از (۶-) تا (۵۰-) درنظر گرفته می‌شود شده است. بیشترین تأثیر این پارامتر در ایستگاه برداشت (S38) است که این عامل در کاهش میزان عددی SMR نیز تأثیرگذار بوده است.

لذا از عوامل اصلی که بر کاهش ارزش عددی SMR برای ایستگاه برداشت S38 تأثیرگذار بوده‌اند می‌توان از عوامل زیر نام برد:

الف- قرار گرفتن در یک زون خرد شده و دارای شکستگی‌های فراوان (به احتمال زیاد یک زون گسلی) که موجب کاهش میزان RMR پایه برای این ایستگاه به میزان ۲۰ امتیاز نسبت به RMR پایه تعیین شده برای دو ایستگاه دیگر گردیده است.

ب- کمتر بودن شیب درزه کنترل کننده ناپایداری نسبت به شیب عمومی دامنه سنگی (۵ درجه) که خود این مسأله همانطور که گفته شد موجب بالا رفتن تأثیر منفی پارامتر (F_3) در برآیند مقدار کلی SMR محاسبه شده گردیده است.

بدین ترتیب وضعیت دامنه‌های سنگی در دو ایستگاه برداشت S39 و S40 با گسیختگی‌های صفحه‌ای که گاهی به فرم گوه‌ای (Wedge) تغییر شکل خواهند داد، همراه است. در ایستگاه S38 نیز گسیختگی‌های صفحه‌ای که می‌تواند به فرم گوه‌ای (گوه‌های بزرگ ناپایدار) همراه باشند، نمود خواهد یافت. حتی احتمال گسیختگی‌های توده‌ای به علت شکستگی‌های فراوان و خرد بودن توده سنگی درگیر در ناپایداری نیز دور از انتظار نخواهد بود. بدیهی است که نقش نگهدارنده‌های

(Support) مورد نیاز و کافی برای این دامنه سنگی با ناپایداری بالا بسیار مهم خواهد بود که در بخش بعدی به آن پرداخته خواهد شد.

جدول (۴-۱۱) نمونه‌ای از مراحل امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه‌بندیهای RMR و SMR برای ایستگاه برداشت شده در ماسه سنگ درود را نشان می‌دهد.

جدول۴-۱۰- نتایج تحلیلی بدست آمده از طبقه بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه سنگ درود)

ایستگاه برداشت (Station)	RMR پایه (RMR_B)	SMR	رده سنگ (Class)	واژه توصیفی	نوع گسیختگی احتمالی (Failure probability)
S38	۴۲	۳۵	IV_a	بد	صفحه‌ای
S39	۶۲	۵۸	III_a	مناسب	صفحه‌ای
S40	۶۰	۵۴	III_a	مناسب	صفحه‌ای

جدول ۴-۱۱- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S40 در ماسه سنگ درود

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای ماسه‌سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S40		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۷۳ مگاپاسکال	۷
%RQD	۶۹	۱۳
فاصله داری درزه ها	۰/۶- ۰/۲ متر	۱۰
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی هوازدگی و با مقدار کمی بازشدگی	۱۷
جریان آب زیرزمینی	کمی مرطوب تا خشک	۱۳
RMR_B = ۶۰		

موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی**
۸۶/۳۴۰	صفحه ای	۸۲/۳۴۰

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S40		
F_1	A = ۵	۱
F_2	۸۶	۱
F_3	۴	-۶
F_4	Blasting	۰
$SMR = ۵۴ / III_a$		

عکس شماره۴-۹- نمای عمومی دامنه ماسه‌سنگی درود (S40) که با دارا بودن SMR برابر با ۵۴ و پتانسیل رخداد احتمالی ناپایداریهای گوه‌ای و صفحه‌ای به نگهدارنده‌های کاملی جهت افزایش پایداری نیاز دارد.

عکس شماره۴-۱۰- نمایی از پتانسیل بالقوه ناپایداریهای صفحه‌ای و گوه‌ای در دامنه ماسه‌سنگی درود (S40) که با آزادشدن بلوکهای سنگی همراه می‌باشد.

۴-۳-۴- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگ آهکی

همانطور که در فصل قبل گفته شد، از مجموع ۸ ایستگاه برداشت در برونزدهای سنگ آهکی، ۴ ایستگاه برداشت در سنگ آهک سازند مبارک (S34, S35, S3, S37) ۲ ایستگاه برداشت در سازند الیکا(S45, S47) و در سازندهای سنگ آهک درود(S42) و روته(S2)، هر کدام یک ایستگاه برداشت بوده است، که به ترتیب و جداگانه به شرح هر کدام در زیر پرداخته شده است:

۴-۳-۴-۱- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک مبارک)

دامنه‌های سنگی در سنگ‌آهک مبارک باداشتن SMR ، ۵۹ تا ۷۰ (SMR = 59-70) و رده III_a-II_b (جدول ۴-۱۲) ، سنگی مناسب تا خوب (Fair- Good) و از دیدگاه پایداری به صورت عمده، پایدار می‌باشد.

به طورکلی توده سنگ مورد گفتگو در بین چهار ایستگاه برداشت مورد نظر، سنگی خوب و در رده II_b ارزیابی می گردد،زیرا فقط در یک ایستگاه (S34) ،سنگی با ارزش عددیSMR کمتر از۶۱ (SMR=59) و در رده III_a قرار می گیرد.در این ایستگاه برداشت نیز به علت پایین‌تر بودن شیب درزه کنترل کننده ناپایداری نسبت به شیب دامنه سنگی، تأثیر منفی پارامتر (F_3) نسبت به دیگر ایستگاهها بیشتر می‌باشد و موجب کاهش در ارزش عددی SMR دامنه سنگی مورد نظر گردیده است.

درزه‌های کنترل‌کننده در ناپایداری به طور عمومی دارای شیب بالایی می‌باشند (بیشتر از ۷۵ درجه، به‌استثناء ایستگاه S34). گسیختگی چیره از نوع صفحه‌ای می‌باشد و فقط در یک ایستگاه برداشت (S36) ، امکان گسیختگی گوه‌ای وجود خواهد داشت. دامنه میزان فاصله‌داری درزه‌ها در حدود ۱/۲-۰/۱ متر می‌باشد. فاصله‌داری متوسط حدود ۰/۷ متر است و بلوکهای سنگی که در روی زمین برونزد دارند حدود ۰/۳۵ مترمکعب حجم دارند و از دیدگاه طبقه بندی انجمن جهانی زمین شناسی مهندسی (IAEG) بلوک ریزی این توده‌های سنگی، از نوع بلوک ریزی بزرگ (LBS) تعریف می گردد. بالا بودن شیب درزه‌های تأثیرگذار بر ناپایداری موجب بالا بودن امتیاز پارامتر (F_2) گردیده است.

دامنه‌های سنگی مورد نظر از دیدگاه پایداری به دلایل زیر وضعیت خوبی دارند:

الف- مقاومت تراکمی تک محوری سنگ بکر و RQD% به نسبت بالا

ب- خشک بودن سطوح درزه‌ها و شرایط خوب سطح درزه‌ها (امتداد یافتگی به نسبت بالا و ...)

ج- فاصله‌داری به نسبت بالا که ایجاد بلوکهای بزرگی را می‌نماید.

د- شرایط آتشباری برای توده سنگهای آهکی، خوب و نیمه کنترل شده درنظر گرفته شده است که در نتیجه امتیاز پارامتر F_4 ، ۳+ در نظر گرفته می‌شود.

برای نمونه جدولهای (۴-۱۳) و (۴-۱۴) مراحل امتیازدهی دو دامنه سنگی را در سنگ آهک مبارک نشان می‌دهند.

۴-۳-۴-۲- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک سازند الیکا)

دامنه‌های سنگی که توده سنگ آهکی سازند الیکا دربرگیرنده آنها می‌باشد دارای SMR ، ۶۵- ۵۵ (SMR = 55- 65) و رده آنها II_b- III_b (جدول ۴-۱۲) و سنگی مناسب تا خوب می‌باشند. از دیدگاه پایداری به صورت محدود پایدار تا پایدار هستند.

اختلاف ۱۰ امتیازی SMR محاسبه شده برای دو ایستگاه برداشت به دلیل کمتر بودن شیب درزه کنترل‌کننده ناپایداری به شیب دامنه سنگی است.ناپایداری از نوع صفحه ای می‌باشد.جدول (۴-۱۵) برای نمونه پیوست شده است.

۴-۳-۴-۳- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک درود)

دامنه مذکور با داشتن SMR ، ۶۶ (تحلیل شده برای حالت گسیختگی صفحه‌ای) و ۶۳ (تحلیل شده برای حالت گسیختگی گوه‌ای) در رده II_b قرار گرفته (جدول۴-۱۲) و سنگی خوب می‌باشد. از دیدگاه پایداری وضعیت پایدار دارد که براساس مشاهدات صحرایی و تحلیلهای انجام شده گسیختگی نوع گوه‌ای محتمل‌تر است. از نظر بلوک‌ریزی، آزادسازی بلوکهای سنگی، از نوع بلوک‌های بزرگ (LBS) می‌باشد.

برای تحلیل خطر و پایداری باید میزان SMR کمتر را در نظر داشت که مربوط به نوع گوه‌ای است. اختلاف دو مقدارSMR بدست آمده به‌علت اختلاف میزان پارامترF_3 در تحلیلهای نوع صفحه‌ای و گوه‌ای می‌باشد.

جدول (۴-۱۶) روند امتیازدهی دو طبقه‌بندی مورد گفتگو را برای دامنه سنگی مذکور نشان می‌دهد.

۴-۳-۴-۴- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک روته)

دامنه سنگی مورد نظر با SMR ، ۷۰ (SMR = 70) در رده II_b قرار خواهد گرفت و سنگی خوب است که از دیدگاه پایداری، پایدار محسوب می‌گردد (جدول ۴-۱۲).

دامنه فاصله‌داری درزه‌ها در این سنگ از ۰/۸ تا ۳ متر متغیر بوده و فاصله‌داری میانگین آن ۲ متر است که به همین دلیل میزان بلوک ریزی برای این توده سنگ از نوع بلوک‌ریزی بزرگ (LBS)

می‌باشد.کمتر بودن میزان شیب درزه تأثیرگذار بر ناپایداری به شیب دامنه (۸ درجه) موجب تأثیر زیاد پارامتر F_3 در کاهش میزان SMR تعیین شده گردیده است.

ناپایداری این شیب سنگی از نوع واژگونی می‌باشد که به دلیل حجم به نسبت زیاد بلوکهای آهکی و ارتفاع زیاد آنها ، احتمال رخداد چنین گسیختگی وجود خواهد داشت. همچنین برای این شیب سنگی، بخاطر نزدیک بودن سوی شیب درزه مؤثر بر ناپایداری و سوی شیب دامنه، ارزش پارامتر F_1 بیشتر از ایستگاه های برداشت دیگر گردیده است (۰/۲۲). فراوانی بلوکهای ناپایدار از نوع محدود می‌باشد که نیاز به تثبیت آنها به طور محلی خواهد بود.

جدول (۴-۱۷) مراحل محاسباتی تعیین SMR برای دامنه مورد گفتگو را نشان می‌دهد.

۴-۳-۴-۵- مقایسه وضعیت دامنه‌های سنگی آهکی:

۱- توده‌سنگهای آهکی به دلیل داشتن مقاومت زیاد و نوع فاصله‌داری درزه به نسبت متوسط تا بالا از دامنهٔ RMR پایه بالایی برخوردار می‌باشند که این خود در میزان ارزش عددی SMR بدست آمده تأثیر مستقیم دارد.

۲- به دلیل نزدیک بودن سوی شیب و شیب درزه‌ها و دامنه سنگی، بلوکهایی که احتمال گسیختگی برای آنها می‌رود به فرم بلوکهای صفحه‌ای ($L > B > H$) می‌باشد که بر روی سطح درزه مؤثر در رخداد ناپایداری، لغزش خواهد یافت. بدین ترتیب احتمال گسیختگی نوع صفحه‌ای (و یا گوه‌ای) به نسبت احتمال گسیختگی واژگونی بسیار بیشتر خواهد بود.

۳- در توده سنگهای آهکی سازندهای الیکا و روته به خاطر بیشتر بودن شیب درزه مؤثر بر ناپایداری به شیب دامنه سنگی، میزان تأثیر منفی پارامتر (F_3) به بیشترین حد خود (۲۵- و ۵۰-) می‌رسد که این حالت در توده سنگ آهکی سازند مبارک فقط در یک ایستگاه برداشت ملاحظه می‌گردد. در نتیجه دامنه‌های سنگی که توده سنگهای آهکی سازند الیکا آن را در بر می‌گیرد دارای SMR بدست آمده حد متوسط می‌باشند که انتظار می‌رود برای ایستگاه برداشت سنگ‌آهک روته نیز این حالت دیده شود که با در نظر داشتن SMR بدست آمده برای آن (۷۰) ، نمی‌توان عامل شرح داده شده در بالا را برای آن تعمیم داد. توده سنگ آهکی روته به دلیل داشتن مقاومت تراکمی، RQD% و فاصله داری بالا، دارای ارزش عددی RMR پایه بالایی می‌باشد که تأثیر منفی پارامتر F_3 نتوانسته آن را به حد پائینی برساند. به طور عمومی توده سنگهای آهکی سازندهای یاد شده از کیفیتی خوب تا مناسب برخوردار می‌باشند و رده II_b را به خود اختصاص می‌دهند.

۴- به دلیل داشتن پایایی بالا (متوسط ۷- ۴/۵ متر) و فاصله‌داری به نسبت زیاد، بلوکهایی که در حالت ناپایداری می‌توانند آزاد شوند از حجم بالایی برخوردارند و در رده بلوکهای بزرگ (LBS) قرار خواهند گرفت.

صخره ساز بودن آهکها و ارتفاع به نسبت زیاد دامنه‌های سنگی مورد گفتگو می‌تواند مخاطره‌آمیز بودن ناپایداری در این دامنه‌ها را به حد بالایی برساند.

۵- برای دامنه سنگی (S2) بر پایه مشاهدات صحرایی، احتمال ناپایداری به صورت سقوط آزاد بلوکهای سنگی تحت تأثیر نیروی وزن نیز وجود خواهد داشت و شیب زیاد دامنه (۷۸ درجه) نیز بر احتمال این رخداد خواهد افزود.

جدول ۴-۱۲- نتایج تحلیلی بدست آمده از طبقه بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک)

ایستگاه برداشت (Station)	RMR پایه (RMR_B)	SMR	رده سنگ (Class)	واژه توصیفی	نوع گسیختگی احتمالی (Failure probability)
S34	۶۳	۵۹	III_a	مناسب	صفحه‌ای
S35	۶۲	۶۱	II_b	خوب	صفحه‌ای
S36	۶۸	۷۰	II_b	خوب	گوه‌ای
S37	۶۲	۶۵	II_b	خوب	صفحه‌ای
S45	۶۳	۶۵	II_b	خوب	صفحه‌ای
S47	۶۷	۵۵	III_a	مناسب	صفحه‌ای
S02	۷۲	۷۰	II_b	خوب	واژگونی
S42	۶۷	۶۶(۶۳)	II_b	خوب	صفحه‌ای(گوه‌ای)

جدول ۴-۱۳- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S35 در سنگ‌آهک مبارک

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای سنگ‌آهک دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S35		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۸۸/۳۳ مگاپاسکال	۷
%RQD	۶۵ /۵	۱۳
فاصله داری درزه ها	۰/۶- ۰/۱ متر	۱۰
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی هوازدگی و پرشدگی	۱۷
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۶۲		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی	موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری
۷۷/۱۷۴	صفحه ای	۸۰/۲۹۱

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S35		
F_1	A = ۱۱۷	۰/۱۵
F_2	۸۰	۱
F_3	۳	-۶
F_4	Blasting- Smooth Blasting	۳
SMR = ۶۴ / II_b		

جدول ۴-۱۴- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S37 در سنگ‌آهک مبارک

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای سنگ‌آهک دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S37		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۶۷/۱۱ مگاپاسکال	۷
%RQD	۶۲ /۲	۱۳
فاصله داری درزه ها	۰/۶- ۰/۱۳ متر	۱۰
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی هوازدگی و پرشدگی	۱۷
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۶۲		

موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری	فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی	موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی
۷۵/۲۷۰	صفحه ای	۵۴/۳۱۵

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S37		
F_1	A = ۴۵	۰/۱۵
F_2	۷۵	۱
F_3	۲۱	۰
F_4	Blasting- Smooth Blasting	۳
$SMR = ۶۵ / II_b$		

جدول ۴-۱۵- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S47 در سنگ آهک الیکا

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای سنگ‌آهک دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S47		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۰۳ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۶۵ /۵	۱۳
فاصله داری درزه ها	۰/۷- ۰/۳ متر	۱۰
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر و با اندکی هوازدگی و پرشدگی	۱۷
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۶۷		

موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی**
۸۱/۲۵۴	صفحه ای	۸۲/۲۲۵

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S47		
F_1	A = ۲۹	۰/۳۰
F_2	۸۱	۱
F_3	-۱	-۵۰
F_4	Blasting- Smooth blasting	۳
SMR =۵۵ / III_a		

جدول ۴-۱۶- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S42 در سنگ‌آهک درود

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای سنگ‌آهک دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S42		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۲۶/۵۷ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۶۲/۲	۱۳
فاصله داری درزه ها	۰/۸۵- ۰/۴ متر	۱۱
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی پرشدگی و هوازدگی	۱۶
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۶۷		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۷۵/۲۳۰	صفحه ای (گوه‌ای)	۷۸/۲۴۴

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S42		
F_1	A = ۱۴ (۳۱)	۰/۷ (۰/۱۵)
F_2	۷۸ (۴۷)	۱
F_3	۳ (-۲۸)	-۶ (-۶۰)
F_4	Blasting – Smooth Blasting	۳
SMR = ۶۶ (۶۳) / II_b		

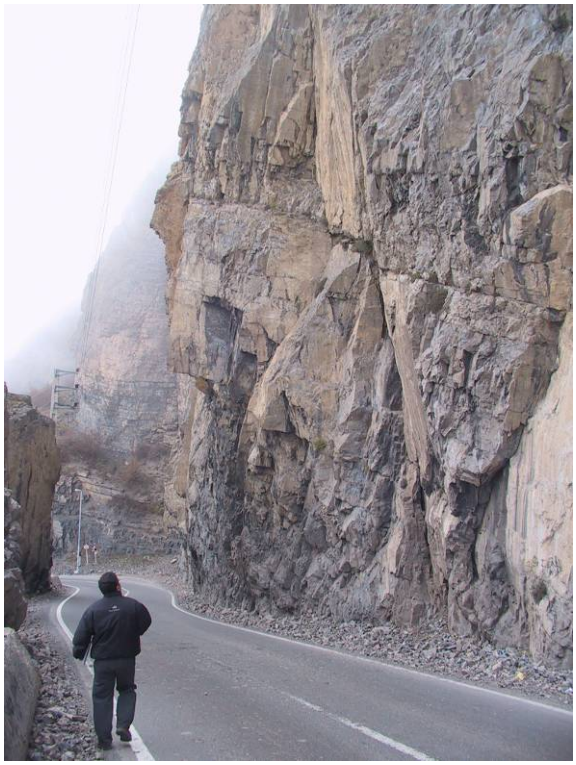
جدول ۴-۱۷- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S2 در سنگ آهک روته

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای سنگ‌آهک دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S2		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۲۱ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۷۲ /۱	۱۳
فاصله داری درزه ها	۳- ۰/۸ متر	۱۷
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر- دیواره درزه کمی هوازده و با اندکی بازشدگی	۱۵
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۷۲		

موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری	فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی	موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی
۷۰/۰۶۵	واژگونی	۷۸/۰۳۳

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S2		
F_1	A = ۱۴۸	۰/۲۲
F_2	۷۰	۱
F_3	۱۴۸	-۲۵
F_4	Blasting- Smooth blasting	۳
SMR = ۷۰ / II_b		

عکس شماره۴-۱۱- نمای عمومی دامنه سنگ آهک مبارک (S37) که توالی لایه‌های سنگ‌آهک و شیل-مارن تیره‌رنگ و موقعیت فضایی شیب دامنه سنگی و ناپیوستگی‌های دربرگیرنده آن موجب ناپایداری‌های صفحه‌ای در آن گردیده است.



عکس شماره۴-۱۲- نمای عمومی دامنه سنگ‌آهک مبارک (S34) که احتمال رخداد ناپایداری صفحه‌ای و آزادسازی بلوکهای سنگی بزرگ به دلیل وجود ستبرای به نسبت زیاد لایه‌بندی و تقاطع آن با سیستم‌های درزه وجود خواهد داشت.

عکس شماره۴-۱۳- نمای عمومی دامنه سنگ‌آهک روته (S2) که به دلیل مقاومت و ستبرای به نسبت زیاد لایه‌بندی سنگ‌آهک دربرگیرنده دامنه سنگی مورد بحث، ایجاد دیواره‌ای با ارتفاع زیاد و با پتانسیل ناپایداری واژگونی را نموده است که رها شدن بلوکهای سنگی بزرگ از آن، خطر زیادی را در پی خواهد داشت.

عکس شماره۴-۱۴- نمای عمومی دامنه سنگ‌آهک درود (S42) که با در نظر داشتن شیب و سوی شیب لایه‌بندی دارای پتانسیل بالقوه ناپایداریهای صفحه‌ای/ گوه‌ای می‌باشد.

۴-۳-۵- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی دولومیت سلطانیه

شیب‌های سنگی در دولومیت سلطانیه با دارا بودن دامنه SMR ، ۵۵ تا ۷۳ (SMR = 55-73) و رده III_a- II_a ، سنگی خوب تا مناسب بوده و از دیدگاه پایداری از حالت محدود پایدار تا پایدار می‌باشند (جدول ۴- ۱۸).

دامنه میزان فاصله‌داری درزه‌ها در حدود ۱/۳- ۰/۱ متر می‌باشد. فاصله‌داری متوسط حدود ۰/۷ متر است و بلوکهای سنگی مورد گفتگو در روی زمین حدود ۰/۳۵ متر مکعب حجم دارند که با درنظر گرفتن استاندارد انجمن جهانی زمین شناسی مهندسی(IAEG) بلوک‌ریزی آن از نوع بزرگ (LBS) می‌باشد.

در ۴ ایستگاه برداشت در توده سنگ دولومیتی به دلیل پائین‌تر بودن اندازه شیب درزه کنترل کننده ناپایداری به شیب دامنه سنگی، تأثیر منفی پارامتر (F_3) به بالاترین مقدار خود می‌رسد و کاهش چشمگیری در مقدار عددی SMR تعیین شده در این ایستگاه های برداشت داده است. اما در ایستگاه S22 بدلیل آنکه شیب دامنه منفی است این پارامتر تأثیری در SMR بدست آمده نخواهد داشت.

احتمال هر ۳ نوع گسیختگی صفحه‌ای، گوه‌ای و واژگونی در دولومیت‌ها وجود دارد. احتمال رخداد گسیختگی‌های نوع صفحه‌ای و واژگونی دو برابر نوع گوه‌ای است. ارزش عددی SMR تعیین شده برای دامنه‌های سنگی که احتمال گسیختگی واژگونی در آنها وجود دارد بیشتر از دامنه‌هایی است که نوع گسیختگی‌های دیگر را نشان می‌دهند، که دلیل آن بالابودن متوسط فاصله‌داری درزه‌ها و RQD ٪ سنگ و نیز خشک بودن سطوح درزه‌ها می‌باشد.

همانطور که برای دامنه‌های سنگی با لیتولوژی سنگ آهک عنوان گردید، برای دامنه‌های سنگی با لیتولوژی سنگ دولومیت نیز احتمال رخداد سقوط بلوکهای سنگی ناپایدار به صورت سقوط ناشی از وزن آنها وجود خواهد داشت. برای مثال در دامنه سنگی ایستگاه برداشت (S24) احتمال این رخداد بیشتر است زیرا شیب عمومی دامنه نیز بسیار بالا می‌باشد (۸۵ درجه) و تقریباً قائم است.بلوکهای سنگی دولومیتی ناپایدار در حجمی برابر با بلوکهای مشابه در سنگ آهک، دارای وزنی بسیار زیادتر خواهند بود (به دلیل بیشتر بودن وزن مخصوص دولومیت نسبت به سنگ آهک) و بر مخاطره آمیزتر بودن دامنه سنگی مورد نظر خواهد افزود.

همچنین پدیده‌ای که در سنگهای آهکی و دولومیتی بسیار زیاد دیده می‌شود، پدیده انحلال می‌باشد. از آنجایی که تعداد ماههای بارندگی و میزان آن در منطقه مورد مطالعه بالا است، می‌تواند به ایجاد بلوکهای سنگی ناپایدار و افزایش احتمال ناپایداری در دامنه مورد گفتگو بیفزاید.

روند امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه‌بندی RMR و SMR برای ایستگاه های S20 و S24 در جدولهای (۴-۱۹) و (۴-۲۰) ملاحظه می گردند.

جدول ۴-۱۸- نتایج تحلیلی بدست آمده از طبقه بندی SMR برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی دولومیت سلطانیه)

ایستگاه برداشت (Station)	RMR پایه (RMR_B)	SMR	رده سنگ (Class)	واژه توصیفی	نوع گسیختگی احتمالی (Failure probability)
S20	۶۶	۵۹	III_a	مناسب	صفحه‌ای
S21	۶۲	۵۵	III_a	مناسب	صفحه‌ای
S22	۶۵	۶۵	II_b	خوب	گوه‌ای
S23	۷۲	۶۹	II_b	خوب	واژگونی
S24	۷۶	۷۳	II_a	خوب	واژگونی

جدول ۴-۱۹- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S20 در دولومیت سلطانیه

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای دولومیت دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S20		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۴۴/۴۱ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۷۲ /۱	۱۳
فاصله داری درزه ها	۱/۳- ۰/۳ متر	۱۲
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی هوازدگی و پرشدگی	۱۶
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک تا کمی مرطوب	۱۳
RMR_B = ۶۶		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۷۵/۲۷۰	صفحه ای	۷۲/۰۰۲

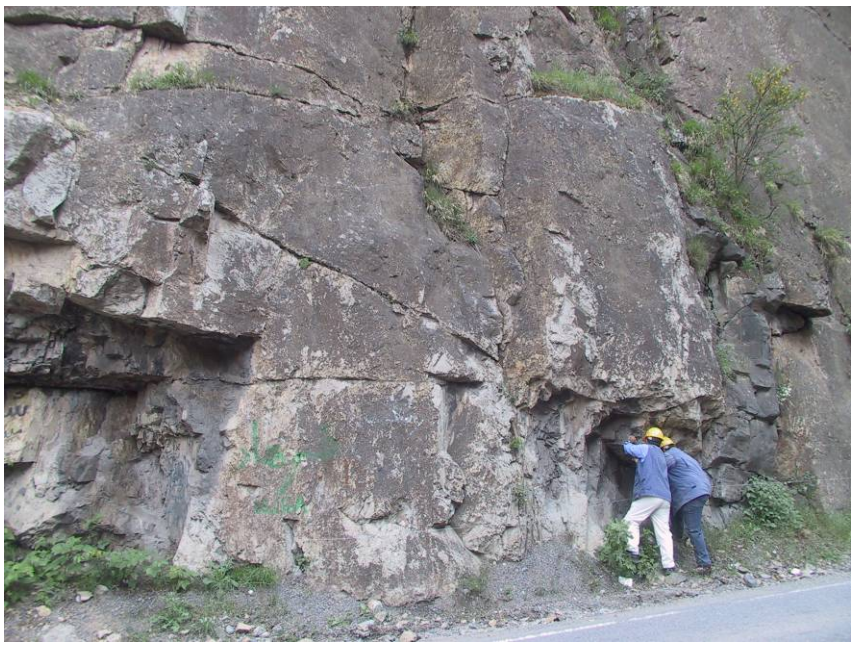
ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S20		
F_1	A = ۲۶۸	۰/۱۵
F_2	۷۲	۱
F_3	-۳	-۵۰
F_4	Blasting	۰
SMR = ۵۹ / III_a		

جدول ۴-۲۰- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S24 در دولومیت سلطانیه

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی **RMR** برای دولومیت دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه **S24**		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۱۳/۸۰ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۷۵ /۴	۱۷
فاصله داری درزه ها	۱/۲- ۰/۸ متر	۱۵
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر- دیواره‌ها کمی هوازده و با اندکی پرشدگی	۱۷
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۷۶		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۸۵/۰۲۵	واژگونی	۶۹/۳۴۹

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی **SMR** برای دامنه سنگی ایستگاه **S24**		
F_1	A = ۱۴۴	۰/۱۵
F_2	۶۹	۱
F_3	۱۵۴	-۲۵
F_4	Blasting	۰
$SMR = ۷۳ / II_a$		



عکس شماره۴-۱۵- نمای عمومی دامنه سنگ دولومیتی (S20)

عکس شماره۴-۱۶- نمای عمومی دامنه سنگ دولومیتی (S22). دامنه مذکور دارای پتانسیل احتمال رخداد ناپایداری‌های صفحه‌ای و سقوط وزنی می‌باشد که آزاد شدن بلوکهای سنگی بزرگ و سقوط آنها در مسیر جاده می‌تواند بسیار خطر آفرین باشد.

۴-۳-۶- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگ آهک دولومیتی و مارنی:

توده سنگهای آهک دولومیتی و مارنی سازندهای مبارک، جیرود و میلا دارای ارزش عددی SMR ، ۴۹ -۶۴ (SMR = 49- 64) می‌باشند. رده آنها II_b -III_b است و سنگهایی مناسب تا خوب هستند. از دیدگاه پایداری، دامنه‌هایی به طور محدود پایدار تا پایدار می‌باشند (جدول ۴-۲۱).

از سنگهای یاد شده، توده سنگهای آهک دولومیتی در سه ایستگاه برداشت (سازندهای مبارک و جیرود) و سنگ آهک مارنی در یک ایستگاه برداشت برونزد داشته است. احتمال گسیختگی‌های صفحه‌ای و گوه‌ای در دامنه‌های سنگی مطالعه شده وجود دارد که در دو ایستگاه برداشت، احتمال ناپایداری از نوع صفحه‌ای و در دو ایستگاه برداشت، احتمال ناپایداری از نوع صفحه‌ای/ گوه‌ای می‌باشد. برای دو ایستگاه S3 (سنگ آهک دولومیتی) و S33 (سنگ‌آهک مارنی) تحلیل ناپایداری نوع صفحه‌ای و گوه‌ای انجام گرفته است که در ایستگاه S33 ، ارزش عددی SMR بدست آمده یکی می‌باشد (۶۰).

میزان فاصله‌داری حدود ۱/۶- ۰/۱ متر است که به طور میانگین ۰/۹ متر می‌باشد. تأثیر منفی پارامتر F_3 برای دامنه‌های مورد گفتگو همچنان پابرجاست و این حالت در توده سنگ دولومیتی سازند مبارک در ایستگاه برداشت (S9) کاملاً مشهود است. همچنین به علت متوسط بودن ارزش عددی RMR پایه که بطور میانگین حدود ۶۰ می‌باشد، موجب تعیین SMR پائین‌تری شده است. باید در نظر داشت که توده سنگهای آهک دولومیتی یا مارنی به خاطر داشتن مصالح غیر یکدست از میزان پارامترهای مقاومتی و ژئومکانیکی پائین‌تری نسبت به سنگ آهک برخوردار خواهند بود.

ارتفاع دامنه‌های سنگی مورد گفتگو نسبت به ارتفاع دامنه‌های سنگی با لیتولوژی سنگ آهک یا دولومیت کمتر است. همچنین وضعیت مقاومتی و RQD٪ این سنگ‌ها نیز در حد پایین‌تری نسبت به سنگهای مستحکم آهکی یا دولومیتی است که همین نکات موجب گردیده است تا ارتفاع دامنه‌های سنگی با لیتولوژی سنگ آهک دولومیتی یا مارنی (که بهر صورت از یک دستی خاص سنگ‌های آهکی یا دولومیتی بهره‌مند نیستند) کمتر گردد.

همچنین توسعه سیستم‌های درزه و شکستگی‌ها و پدیده انحلال در سنگهای آهکی دولومیتی و مارنی را نباید از نظر دور داشت که بر ضریب ناپایداریها در این دامنه‌ها خواهد افزود.

جدولهای (۴-۲۲) و (۴-۲۳) برای نمونه از روند امتیازدهی پارامترهای طبقه بندی RMR و SMR ذکر گردیده‌اند.

جدول ۴-۲۱- نتایج تحلیلی بدست آمده از طبقه بندی SMR برای دامنه‌های سنگی

(با لیتولوژی سنگ آهک دولومیتی و مارنی)

ایستگاه برداشت (Station)	RMR پایه (RMR_B)	SMR	رده سنگ (Class)	واژه توصیفی	نوع گسیختگی احتمالی (Failure probability)
S3	۶۰	۵۴-۶۰	III_a	مناسب	صفحه‌ای/ گوه‌ای
S8	۵۶	۴۹	III_b	مناسب	صفحه‌ای
S9	۷۳	۶۴	II_b	خوب	صفحه‌ای
S33	۶۰	۶۰	III_a	مناسب	صفحه‌ای/ گوه‌ای

جدول ۴-۲۲- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S3 در سنگ‌آهک دولومیتی جیرود

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای سنگ‌آهک دولومیتی دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S3		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۸۶/۱۲ مگاپاسکال	۷
%RQD	۶۲ /۲	۱۳
فاصله داری درزه ها	۰/۴- ۰/۱ متر	۹
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی هوازدگی و پرشدگی	۱۶
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۶۰		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۷۰/۰۹۴	صفحه ای- (گوه‌ای)	۸۷/۰۷۲

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S3		
F_1	A = (۱۱) ۲۲	(۰/۷۰) ۰/۴۰
F_2	(۷) ۸۷	(۰/۱۵) ۱
F_3	(-۶۳) ۱۷	(-۶۰) ۰
F_4	Blasting	۰
$SMR = ۶۰ (۵۴) / III_a$		

جدول ۴-۲۳- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S8 در سنگ‌آهک دولومیتی مبارک

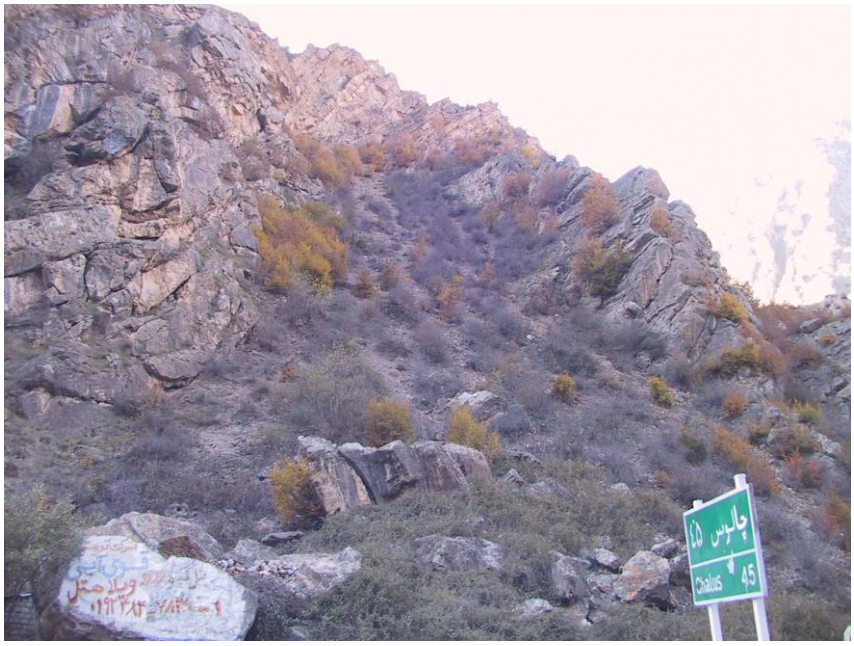
الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای سنگ‌آهک دولومیتی دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S8		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۷۸/۰۲ مگاپاسکال	۷
%RQD	۵۸ /۹	۱۳
فاصله داری درزه ها	۰/۳۵- ۰/۱۰ متر	۹
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی‌هوازدگی و پرشدگی	۱۶
جریان آب زیرزمینی	خشک تا مرطوب	۱۱
RMR_B = ۵۶		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۷۲/۳۵۴	صفحه ای	۶۲/۳۲۳

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S8		
F_1	A = ۳۱	۰/۱۵
F_2	۶۲	۱
F_3	-۱۰	-۵۰
F_4	Blasting	۰
SMR = ۴۹ / III_b		

عکس شماره۴-۱۷- نمای عمومی دامنه سنگ آهک مارنی (S33) که توده سنگ دربرگیرنده آن رده مناسب III_a/ را به خود اختصاص داده است و احتمال رخداد ناپایداری‌های صفحه‌ای/گوه‌ای به صورت آزاد شدن بلوکهای سنگی کوچک تا متوسط برای آن وجود دارد.

عکس شماره۴-۱۸- نمای عمومی دامنه سنگ‌آهک دولومیتی (S3) که با احتمال رخداد ناپایداریهای صفحه‌ای/گوه‌ای و رهاسازی بلوکهای سنگی بزرگ همراه است.



عکس شماره۴-۱۹- نمای عمومی دامنه سنگ‌آهک دولومیتی (S9). حجم بلوکهای سنگی آزاد شده در این دامنه (به دلایل گفته شده در متن گزارش) به نسبت بزرگ هستند و باید ملاحظات پایداری برای آن در نظر گرفته شود.

عکس شماره۴-۲۰- نمای عمومی دامنه سنگ آهک دولومیتی (S8) که احتمال رخداد ناپایداری صفحه‌ای (با در نظر گرفتن ارتفاع و شیب زیاد دامنه مورد نظر) می‌تواند خطرات جدی را در پی داشته باشد.

۴-۳-۷- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه سنگی (S5) [با لیتولوژی فورش سنگ دگرگون شده]

دامنه سنگی ایستگاه برداشت (S5) دربرگیرنده فورش سنگ های (Siltstones) دگرگون شده‌ای می‌باشد که در مرز تغییر به باندهای اسلیتی و فیلیت قرار دارند. ارزش عددی SMR تعیین شده برای این دامنه، ۵۵ می‌باشد که رده آن (III_a) و نوع سنگ مناسب است.

کاهش در میزان فاصله‌داری درزه‌ها، زبری سطوح آنها، RQD ٪ سنگ، مرطوب بودن سطوح درزه‌ها و سایر عوامل، موجب پایین بودن میزان RMR پایه سنگ (۵۶) شده است که سنگی مناسب است. مصالح پرکننده درزه‌ها از نوع کلسیت و یا لیمونیت می‌باشد که بر میزان ناپایداری در سطوح لغزش خواهند افزود و هوازدگی عمل کرده بر روی سطوح درزه‌ها از نوع متوسط است (W2-W3) که در کنار دیگر پارامترهای تأثیرگذار در ناپایداری، بر میزان آن خواهد افزود.

گسیختگی سنگی که در این دامنه احتمال آن وجود خواهد داشت از نوع گوه‌ای می‌باشد و موقعیت فضایی درزه مؤثر در ناپایداری ۷۵/۳۳۳ می‌باشد (جدول ۴-۲۴). بلوک ریزی این واحد سنگی به دلیل فاصله‌داری کم درزه‌ها، وجود سه سیستم اصلی درزه به همراه لایه بندی از نوع بلوک ریزی کوچک مقیاس (SBS) است. احتمال رخداد گسیختگی واژگونی در این دامنه بسیار محدود است زیرا ارتفاع بلوکها به نسبت طول و عرض آنها بسیار کم است و حجم بلوکها نیز محدود است.

به دلیل مقاومت به نسبت پائین و استحکام کم توده سنگ، نوع حفاری که برای سنگ مورد گفتگو در نظر گرفته می‌شود، روش حفاری مکانیکی می‌باشد.

دامنه سنگی مورد گفتگو دارای ارتفاع به نسبت کمی است که به همین دلیل خطر جدی محسوب نمی‌گردد. اما در بالا دست آن می‌توان، توده‌های ماسه سنگ کهر را دید که ارتفاع به نسبت بالایی دارند و مانند دامنه‌های سنگی در ماسه سنگ مذکور از پایداری خوبی برخوردار می‌باشند. آنچه که باید درنظر گرفت این نکته است که به دلیل بالابودن فاصله‌داری درزه‌ها در ماسه‌سنگهای مورد گفتگو، وضعیت بلوک‌ریزی در آنها به صورت بلوکهای بزرگ (LBS) است و چنانچه با آزادسازی بلوکهای سنگی از بالادست مواجه باشیم، می‌توان آن را خطر جدی محسوب نمود. لذا در فصل بعدی که به ارائه روشهای پایدار سازی دامنه‌های سنگی پرداخته خواهد شد، این نکته مدنظر قرار خواهد گرفت.

جدول ۴-۲۴- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S5 در فورش سنگ (با اندکی دگرگونی)

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای فورش سنگ دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S5		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۸۵/۵۰ مگاپاسکال	۷
%RQD	۵۹	۱۳
فاصله داری درزه ها	۰/۵- ۰/۰۴ متر	۸
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر و با اندکی پرشدگی و هوازدگی متوسط	۱۵
جریان آب زیرزمینی	خشک تا نیمه مرطوب	۱۳
RMR_B = ۵۶		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۶۵/۲۷۷	گوه‌ای	۷۵/۳۳۳

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S5		
F_1	A = ۵۶	۰/۱۵
F_2	۷۵	۱
F_3	۱۰	-۶
F_4	Mechanical	۰
SMR = ۵۵ / III_a		

عکس شماره۴-۲۱- نمای عمومی دامنه فورش سنگی (S5) که با در نظر گرفتن وضعیت لایه‌بندی و ارتفاع به نسبت کم آن ، با آزاد شدن گوه‌های سنگی به نسبت کوچک می‌تواند همراه باشد.

عکس شماره۴-۲۲- نمای عمومی توده‌های ماسه‌سنگ کهر که در بالادست دامنه فورش سنگی واقع گردیده‌اند. از آنجا که بلوک‌ریزی در آنها بزرگ مقیاس است می‌تواند موارد ناپایداری را ایجاد نماید.

۴-۳-۸- تحلیل طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی در توده‌های آذرین

توده سنگهای آذرین دربرگیرنده دامنه‌های سنگی در ۵ ایستگاه برداشت از نوع بازالت (سه ایستگاه برداشت) ،ولکانیکها و دیاباز (هر کدام یک ایستگاه) می‌باشند که ارزش عددی SMR بدست آمده برای آنها، ۷۱- ۵۴ می‌باشد. رده آنها III_a- II_a است و سنگهایی مناسب تا خوب هستند.وضعیت پایداری در آنها از نوع پایدار تا به طور محدود پایدار می‌باشد (جدول ۴-۲۵).دامنه‌های سنگی بازالتی (S4, S43, S46) دارای رده II_a- II_b و سنگهایی خوب هستند. احتمال ناپایداری در آنها بیشتر از نوع صفحه‌ای می‌باشد و فقط یک دامنه دارای احتمال گسیختگی واژگونی است. سنگهای مورد گفتگو به دلیل داشتن RQD ٪ و مقاومت بالا و فاصله داری به نسبت زیاد، دارای ارزش عددی RMR پایه بالایی هستند (۷۲- ۷۰) (جدولهای ۴-۲۶ تا ۴-۲۹).

دامنه میزان فاصله‌داری درزه‌ها ۰/۹۵- ۰/۱۷ متر است که به طور میانگین ۰/۶ متر می‌باشد. بلوک ریزی از نوع بزرگ (LBS) می‌باشد که بدین ترتیب باید احتمال آزاد شدن بلوکهای مورد نظر را که می‌تواند خسارات مهمی را دربرداشته باشد در نظر گرفت.

دامنه سنگی که سنگ شناسی آن دیاباز می‌باشد (ایستگاه برداشت S44) ، دارای SMR ، ۵۵ بوده و نوع سنگ مناسب و رده آن (III_a) است. پایداری آن محدود بوده و احتمال گسیختگی از نوع صفحه‌ای برای آن وجود دارد. میزان زبری کم سطوح درزه‌ها در احتمال رویداد ناپایداری و آزادسازی بلوکهای ناپایدار برای این دامنه مؤثر است. کمتر بودن شیب درزه تأثیرگذار بر ناپایداری به شیب دامنه به میزان یک درجه، موجب گردیده است تا امتیاز پارامتر F_3 برابر با (۵۰-) گردد و بالاترین تأثیر منفی را بر ارزش عددی RMR بگذارد. ایستگاه برداشت (S1) را توده سنگهای ولکانیکی دربرمی‌گیرند که به علت هوازدگی متوسط سطح درزه‌ها و مقاومت کم سنگ و فاصله‌داری کم درزه‌ها، RMR پایه و SMR تعیین شده برای سنگهای مورد گفتگو رده مناسب را نشان می‌دهند. SMR تعیین شده برابر با ۵۴ و رده سنگ مناسب است. این دامنه سنگی از دیدگاه پایداری دارای پایداری محدود است که برای آن احتمال گسیختگی‌های صفحه‌ای در بعضی از نقاط دامنه آن به صورت محلی می رود. گسیختگی احتمالی از نوع صفحه‌ای بوده و بلوک‌ریزی از دامنه مورد گفتگو از نوع بلوک‌ریزی کم (SBS) می‌باشد.

در میان دامنه‌های سنگی توصیف شده، دامنه‌هایی که توده سنگ دربرگیرنده آنها بازالت می‌باشد از پایداری بیشتری برخوردارند و رده توصیفی آنها نسبت به دامنه سنگی دیابازی و ولکانیکی مذکور بالاتر است که این نکته در کاهش نگهدارنده‌های پیشنهادی برای آنها تأثیرگذار خواهد بود.

دامنه سنگی بازالتی (S43) دارای ارتفاع به نسبت زیادی می‌باشد که شیب عمومی دامنه آن بالا و نزدیک به قائم است (۸۷ درجه). بر پایه مشاهدات صحرایی، بلوک ریزی در این دامنه زیادتر از دیگر دامنه‌های سنگی بازالتی است و به دلیل آنکه میزان متوسط فاصله‌داری درزه‌ها در دامنه مورد

گفتگو از میزان متوسط همین پارامتر در دیگر دامنه‌های مذکور بالاتر است، بلوکهایی که آزاد شده‌اند و یا احتمال رها شدن برای آن‌ها می‌رود بزرگ می‌باشند که باید آن را مد نظر قرار داد.

جدولهای (۴-۲۶) تا (۴-۲۹) بیانگر رده‌بندی SMR تعیین شده برای دامنه‌های سنگی آذرین می‌باشند.

جدول ۴-۲۵- نتایج تحلیلی بدست آمده از طبقه بندی SMR برای دامنه‌های سنگی(با لیتولوژی ولکانیکی، دیابازی و بازالتی)

ایستگاه برداشت (Station)	RMR پایه (RMR_B)	SMR	رده سنگ (Class)	واژه توصیفی	نوع گسیختگی احتمالی (Failure probability)
S1	۵۵	۵۴	III_a	مناسب	صفحه‌ای
S4	۷۲	۷۱	II_a	خوب	صفحه‌ای
S43	۷۲	۶۵	II_b	خوب	صفحه‌ای
S44	۶۲	۵۵	III_a	مناسب	صفحه‌ای
S46	۷۰	۶۲	II_b	خوب	واژگونی

جدول ۴-۲۶- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S1 در توده سنگهای ولکانیکی کرتاسه

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای توده سنگهای ولکانیکی دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S1		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۳۸ مگاپاسکال	۵
%RQD	۵۵ /۵	۱۱
فاصله داری درزه ها	۰/۴ – ۰/۱ متر	۹
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی پرشدگی و هوازدگی متوسط	۱۵
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۵۵		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۵۶/۰۹۸	صفحه ای	۶۵/۱۳۱

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S1		
F_1	A = ۳۳	۰/۱۵
F_2	۶۵	۱
F_3	۹	-۶
F_4	Blasting	۰
SMR = ۵۴ / III_a		

جدول ۴-۲۷- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S4 در بازالت

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای بازالت دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S4		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۳۸/۲۶ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۸۲	۱۷
فاصله داری درزه ها	۰/۷- ۰/۱۷ متر	۱۱
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر- دیواره آنها با اندکی هوازدگی و پرشدگی	۱۷
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۷۲		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۵۵/۰۹۳	صفحه ای	۶۲/۲۲۲

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S4		
F_1	A = ۱۲۹	۰/۱۵
F_2	۶۲	۱
F_3	۷	-۶
F_4	Blasting	۰
SMR = ۷۱ / II_a		

جدول ۴-۲۸- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S43 در بازالت

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای بازالت دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S43		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۳۴ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۸۲	۱۷
فاصله داری درزه ها	۰/۹۵- ۰/۳ متر	۱۱
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی پرشدگی و هوازدگی	۱۷
جریان آب زیرزمینی	کاملاً خشک	۱۵
RMR_B = ۷۲		

موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری**
۸۷/۰۷۰	صفحه ای	۸۵/۳۵۵

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S43		
F_1	A = ۲۵۸	۰/۱۵
F_2	۸۵	۱
F_3	-۲	-۵۰
F_4	Blasting	۰
SMR = ۶۵ / II_b		

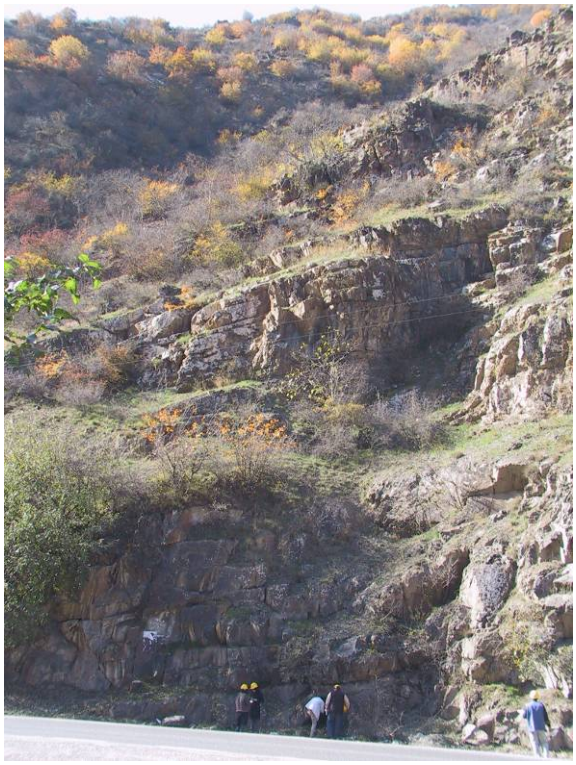
جدول ۴-۲۹- امتیاز دهی طبقه‌بندیهای مهندسی RMR و SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S44 در دیاباز

الف- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی RMR برای دیاباز دربرگیرنده دامنه سنگی ایستگاه S44		
پارامتر	**ارزش تعیین شده**	**امتیاز**
مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر	۱۴۱/۵۳ مگاپاسکال	۱۲
%RQD	۵۵/۶	۱۳
فاصله داری درزه ها	۰/۴۰- ۰/۱ متر	۹
شرایط سطح درزه‌ها	سطوح درزه‌ها به نسبت زبر با اندکی هوازدگی و پرشدگی	۱۷
جریان آب زیرزمینی	خشک تا مرطوب	۱۱
RMR_B = ۶۲		

موقعیت فضایی درزه کنترل کننده ناپایداری	**فراوانی نوع ناپایداری دامنه سنگی**	**موقعیت فضایی شیب عمومی دامنه سنگی**
۸۴/۱۵۴	صفحه ای	۸۵/۰۸۲

ب- امتیازدهی پارامترهای اساسی طبقه بندی SMR برای دامنه سنگی ایستگاه S44		
F_1	A = ۷۲	۰/۱۵
F_2	۸۴	۱
F_3	-۱	-۵۰
F_4	Blasting- Mechanical	۰
$SMR = ۵۵ / III_a$		

عکس شماره۴-۲۳- نمای عمومی دامنه سنگ بازالتی (S43) که به دلیل بلوک‌ریزی و خرد شدگی به نسبت زیاد و قرارگیری آن در سر پیچ جاده و شیب دامنه، باید ملاحظات حفاظتی لازم را برای آن در نظر داشت.



عکس شماره۴-۲۴- نمای عمومی دامنه سنگ بازالتی (S4) که با ارتفاع به نسبت زیاد و احتمال رخداد ناپایداری صفحه‌ای، از پتانسیل خطر به نسبت بالایی برخوردار است.

۴-۴-نگرش کلی به وضعیت دامنه‌های سنگی(بر پایه نتایج بدست آمده ازطبقه‌بندی SMR)

توده سنگهای دربرگیرنده دامنه‌های سنگی بررسی شده متنوع بوده و طیف وسیعی از سنگهای رسوبی تا آذرین را در بر می‌گیرند. دامنه تنوع در توده سنگهای رسوبی بیشتر است، به طوری که، ماسه‌سنگها و سنگهای آهکی از نظر جایگاه چینه‌شناسی و بافت و ساخت دارای تفاوتهایی هستند.

همچنین از نظر ویژگیهای زمین شناسی مهندسی و ژئومکانیکی، دارای تنوع در وضعیت مقاومتی، توسعه سیستم‌های درزه و ویژگیهای مهندسی آنها و لایه‌بندی و ... می‌باشند. این تفاوتها موجب گردید تا با دقت بیشتری به مطالعه پارامترهای اساسی تأثیرگذار بر طبقه‌بندی مهندسی RMR و SMR پرداخته شود.

با در نظر گرفتن تحلیلهای انجام شده در این فصل، می‌توان جمع‌بندی کلی را برای دامنه‌های سنگی به شرح زیر ارائه نمود:

۱- دامنه‌های سنگی با لیتولوژی ماسه‌سنگ کهر به طور میانگین دارای ارزش عددی SMR بالاتری نسبت به دامنه‌های سنگی در ماسه‌سنگهای لالون و درود می‌باشند. در این بین، دامنه‌های سنگی که ماسه‌سنگ درود دربرگیرنده آنها می‌باشد با دارابودن SMR کمتر، وضعیت پایداری ضعیف‌تری را از خود نشان می‌دهند.همچنین ماسه‌سنگهای کهر و لالون در رده توصیفی‌خوب (Good Rock) قرار می‌گیرند، ولی ماسه‌سنگهای درود، رده توصیفی مناسب(Fair Rock) و در یک مورد هم رده بد (Bad Rock) را به خود اختصاص می‌دهند. احتمال رخداد هر سه نوع گسیختگی صفحه‌ای، گوه‌ای و واژگونی در این توده‌سنگها وجود دارد که درصد احتمال گسیختگی صفحه‌ای از همه بیشتر است (۷۵٪).

۲- دامنه‌های سنگی که در توده سنگهای آهکی قرار گرفته‌اند دارای ارزش عددی SMR بالایی هستند (به طور متوسط ۶۴) و از دیدگاه توصیفی سنگهایی خوب بوده و رده آنها II_b است. احتمال هر سه نوع ناپایداری عمده در آنها وجود دارد ولی فراوانی احتمال ناپایداری صفحه‌ای در آنها بیشتر است. از سوی دیگر به دلیل اینکه فاصله‌داری و پایایی درزه‌ها در آنها به نسبت بالا می‌باشد، پتانسیل ایجاد بلوکهای سنگی بزرگ را دارند که سقوط آزاد آنها (تحت تأثیر وزن) بسیار مخاطره آمیز خواهد بود.

۳- از دیدگاه پایداری، شیب‌های سنگی که توده سنگ دولومیتی دربرگیرنده آنها می‌باشد، رده پایدار و تا حدی پایدار را به خود اختصاص داده‌اند. احتمال هر سه نوع ناپایداری در آنها وجود دارد که فراوانی ناپایداریهای صفحه‌ای و واژگونی با هم برابر است. به همان دلیلی که در بالا برای توده سنگهای آهکی گفته شد، حجم بلوکهای دولومیتی نیز بزرگ مقیاس (LBS) می‌باشد که به دلیل بیشتر بودن وزن مخصوص دولومیت نسبت به سنگ آهک، سقوط آزاد این بلوکها، با خطر زیادی همراه است.

دامنه‌های سنگی با لیتولوژی سنگهای آهکی دولومیتی- مارنی دارای رفتاری حد واسط می‌باشند، با این تفاوت که احتمال رخداد ناپایداری واژگونی برای آنها داده نمی شود.

۴- توده سنگهای آذرینی که دربرگیرنده ۵ دامنه سنگی مطالعه شده می‌باشند، در رده توصیفی خوب تا مناسب قرار می‌گیرند که در این بین توده سنگهای بازالتی وضعیت خوب را به خود اختصاص داده‌اند. نکته مهم برای این دامنه‌ها، حجم بلوک ریزی آنها می‌باشد که به دلیل بالا بودن میانگین فاصله‌داری درزه‌ها و پایایی در آنها با آزادسازی بلوکهای بزرگ همراه خواهند بود.

۵- احتمال هر سه نوع ناپایداری صفحه‌ای، گوه‌ای و واژگونی برای دامنه‌های سنگی مطالعه شده وجود دارد که درصد احتمال آنها به ترتیب ۷۰، ۱۷ و ۱۳ درصد می باشد.

۴-۵- پیشنهاد نگهدارنده

۴-۵-۱- مقدمه

هر طبقه بندی مهندسی سنگ در راستای هدف و نوع پروژه مطالعاتی، ارائه دهنده طرح نگهدارنده (Support) لازم می‌باشد. طبقه بندی SMR ، سه نوع نگهدارنده کلی را معرفی می‌نماید:

الف- نگهدارنده‌های حفاظتی (Protection Supports)

ب- نگهدارنده‌های مقاومتی (Reinforcement Supports)

ج- نگهدارنده‌های بتنی (Concrete Supports)

نگهدارنده‌های حفاظتی شامل جوی پای شیب (Toe ditch) و شبکه‌های تور سیمی (Nets) می‌باشد و نگهدارنده‌های مقاومتی دربرگیرنده پیچ سنگها (Rock bolts) و میل مهارها (Anchor) است. بتن پاشی (Shotcrete) و دیواره‌های پای دامنه (Toe wall) از جمله نگهدارنده‌های بتنی محسوب می گردند.

بر اساس ارزش عددی SMR و نوع رده سنگ و وضعیت پایداری تعیین شده برای توده سنگ دربرگیرنده دامنه شیب، می‌توان روش و نوع نگهدارنده لازم برای آنرا پیش‌بینی نمود.

طبقه‌بندی مورد گفتگو بر پایه ارزش عددی بدست آمده، روش‌های حفاظتی کلی و نگهدارنده‌های لازم را به شرح جدول زیر پیشنهاد می‌نماید.

جدول ۵-۱- پیشنهاد روشهای کلی نگهدارنده (طبقه بندی SMR)

SMR	نوع نگهدارنده
۱۰۰- ۶۵	بدون نگهدارنده تا تغییر هندسی شیب
۷۰- ۴۵	نگهدارنده‌های حفاظتی
۷۵- ۳۰	نگهدارنده‌های مقاومتی
۶۰- ۲۰	نگهدارنده‌های بتنی
۴۰- ۱۰	روشهای زهکشی
۳۰- ۱۰	نگهدارنده‌های بتنی- حفاری مجدد

۴-۵-۱-۱- نگهدارنده‌های حفاظتی

هنگامی که پدیده سنگ افت همراه با آزادسازی بلوکهای صفحه‌ای، گوه‌ای و تا حدودی بلوکهای کوچک (در اثر ناپایداری واژگونی) همراه است، به کارگیری جوی پای دامنه کاربرد خوبی خواهد داشت. ریچی (Ritchie, 1963) با مطالعه سنگ افت‌ها در مسیر جاده‌های کوهستانی، سه نوع جوی پای دامنه را پیشنهاد نموده است که عبارتند از:

برای شیب‌هایی که بلوک سنگی تحت نیروی وزن سقوط آزاد خواهد کرد، دیواره‌های جوی مورد گفتگو شیب ۴ به یک (۴ قائم- یک افقی) خواهند داشت. چنانچه شیب دامنه کمی ملایم‌تر باشد

به طوری که بلوک سنگی با چندین بار ضربه به سمت پایین رها گردد، دیواره‌های جوی دارای شیب ۲ به یک (۲ قائم- یک افقی) می‌باشند. درحالتی که دامنه سنگی دارای شیب بسیار ملایم باشد، شیب دیواره‌های جوی، یک به یک خواهد بود.

شبکه‌های تور سیمی نیز در این طبقه قرار می‌گیرند و تأثیر زیادی در جلوگیری از آزادشدن بلوکهای سنگی از دیواره دامنه‌های سنگی خواهند داشت.

۴-۵-۱-۲- نگهدارنده‌های مقاومتی

یکی‌از روشهای مهم پایدارسازی در این تقسیم‌بندی، بهره‌گیری از پیچ‌سنگها می‌باشد.نصب پیچ سنگها می‌تواند به‌صورت موردی و محلی(Spot bolting)و یا به صورت منظم (Systematic bolting) باشد.

طراحی هندسی پیچ‌سنگها با در نظر گرفتن وضعیت توده سنگ از دیدگاه زمین شناسی مهندسی(فاصله‌داری درزه‌ها، ارزش عددی J_V ، میزان توسعه شکستگی‌ها و خردشدگی در سنگ، نوع مصالح پرکننده درزه‌ها و مقاومت کلی توده سنگ و ...) و ارزش عددی SMR و رده سنگ امکان پذیر خواهد بود.

۴-۵-۱-۳- نگهدارنده‌های بتنی

بتن پاشی (Shotcrete) از رایج‌ترین انواع نگهدارنده‌های بتنی می‌باشد. ممکن است در یک نگاه کلی، بهره‌گیری از این روش، کاری سریع و آسان به نظر برسد ولی باید این نکته را در نظر داشت که طراحی نوع بتن پاشی (تقویت شده یا تقویت نشده با تور سیمی) و تک لایه یا چند لایه بودن آن نیاز به بررسی‌های دقیق خواهد داشت. به کارگیری زهکشهای موقتی یا دائمی از جمله مواردی است که در پایدارسازی در حین اجرا و بعد از آن تأثیرگذار خواهد بود.

۴-۵-۲- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی

همانطور که در بخش های پیش گفته شد، طبقه‌بندی SMR برای دامنه‌های سنگی که ارزش عددی آنها بیشتر از ۷۵ باشد، هیچ نوع نگهدارنده‌ای را در نظر نمی‌گیرد و در عمل شیب‌های سنگی مورد نظر را به طور کامل پایدار محسوب می‌نماید. بدیهی است هر چه از میزان SMR محاسبه شده برای دامنه سنگی کاسته شود ، نوع و تعداد نگهدارنده‌ها افزایش خواهد یافت.

با در نظر گرفتن جدول‌های پیشنهادی طبقه‌بندی SMR و مشاهدات صحرایی، برای دامنه‌های سنگی مورد گفتگو (به تفکیک توده سنگهای دربرگیرنده آنها) نوع نگهدارنده‌های لازم پیشنهاد گردیده است.

۴-۵-۲-۱- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه‌سنگ کهر)

دامنه‌های سنگی که لیتولوژی دربرگیرنده آنها، ماسه‌سنگ کهر می‌باشد به طور عمومی دارای SMR بالایی هستند که از دیدگاه پایداری در وضعیت پایدار قرار می‌گیرند. پیشنهاد نگهدارنده برای ده دامنه سنگی مورد گفتگو در جدول (۵-۲) ارائه گردیده است. دامنه سنگی (S14) با دارا بودن (SMR =76) بر اساس توصیه طبقه‌بندی مورد نظر نیازی به نگهدارنده ندارد و پایداری کامل را دارا می‌باشد.

برای دامنه‌های دیگر، نیاز به احداث نگهدارنده‌هایی مانند جوی پای شیب و نصب پیچ سنگ می‌باشد که در اکثر آنها نیاز به بهره‌گیری از پیچ سنگ به صورت موردی (Spot rockbolt) می‌باشد. فقط در دامنه‌های سنگی (S32, S15) به دلیل پایین‌تر بودن میزان SMR آنها نسبت به دیگر دامنه‌ها، نصب پیچ‌سنگ به صورت شبکه منظم (Systematic rockbolt) پیشنهاد می‌گردد.

از ویژگیهای هندسی پیچ‌سنگها، می‌توان به قطر و طول آنها اشاره نمود که بهتر است از پیچ‌سنگهای کششی (Tensioned rockbolt) با قطر ۲۰ میلی متر و طول ۳ متر بهره گرفت. برای دامنه‌های سنگی ایستگاه های برداشت (S32, S15) که در بعضی نقاط آن نیاز به نصب پیچ‌سنگهای منظم است لازم است تا از شبکه پیچ‌سنگ به فواصل ۲/۵ × ۲/۵ متر استفاده نمود. در نگاهی کلی باید گفت که دامنه‌های سنگی که ماسه‌سنگ کهر دربرگیرنده آنها می‌باشد، دامنه‌هایی با پایداری خوب تعریف می‌گردند که به حداقل میزان نگهدارنده نیاز خواهند داشت.

جدول ۵-۲- نگهدارنده‌های پیشنهادی برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه سنگ کهر)

ایستگاه برداشت (station)	نگهدارنده پیشنهادی
S6	جوی پای شیب + نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی
S11	جوی پای شیب + نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی
S12	جوی پای شیب + نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی
S13	جوی پای شیب + نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی
S14	نیازی به نگهدارنده ندارد
S15	جوی پای شیب + نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی (گاهی به فرم شبکه منظم)
S16	جوی پای شیب
S17	جوی پای شیب
S18	جوی پای شیب + نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی
S32	جوی پای شیب + نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی (گاهی به فرم شبکه منظم)

۴-۵-۲-۲- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه‌سنگ لالون)

دامنه‌های سنگی که ماسه‌سنگ لالون دربرگیرنده آنها می‌باشد دارای SMR بالایی هستند و از لحاظ پایداری، پایدار محسوب می‌گردند. در جدول (۵-۳)، نگهدارنده‌های پیشنهادی برای ۴ دامنه سنگی مورد گفتگو ارائه گردیده است.

دامنه سنگی (S29) دارای بالاترین مقدار SMR می‌باشد و برای آن حداقل نگهدارنده لازم پیشنهاد گردیده است. دامنه‌های سنگی (S31, S26) دارای مقادیر SMR به نسبت پائینی می‌باشند که علاوه بر جوی پای شیب از پیچ سنگ هم باید بهره گرفت. آنچه که باید بر پایه مشاهدات و بررسی‌های محلی درنظر گرفت این نکته است که دامنه‌های سنگی (S27, S26) دارای ارتفاع زیادی می‌باشند و برای بیشتر نمودن ضریب ایمنی آنها بهتر است از شبکه تور سیمی (به طور موردی) برای آنها استفاده نمود.

طول و قطر پیچ‌سنگهای کششی به ترتیب ۳ متر و ۲۰ میلی‌متر توصیه می‌شود. برای مناطقی که از شبکه منظم پیچ‌سنگ باید استفاده نمود، فواصل آنها ۲/۵ متر پیشنهاد می‌گردد.

جدول ۵-۳- نگهدارنده‌های پیشنهادی برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه سنگ لالون)

ایستگاه برداشت (station)	نگهدارنده پیشنهادی
S26	جوی پای شیب + نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی (گاهی به فرم شبکه منظم) و به کار گیری شبکه تور سیمی
S27	جوی پای شیب + نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی + به کارگیری شبکه تور سیمی
S29	جوی پای شیب
S31	جوی پای شیب + نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی (گاهی به فرم شبکه منظم)

۴-۵-۲-۳- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه‌سنگ درود)

از سه دامنه سنگی که ماسه‌سنگ سازند درود تشکیل دهنده آنها می‌باشد، دو دامنه دارای وضعیت پایداری مشابهی می‌باشند (S40, S39) . این دو دامنه سنگی تا حدودی پایدار هستند و احتمال ناپایداری‌های صفحه‌ای برای آنها وجود دارد. بر پایه مشاهدات و بررسی‌های صحرایی، ایجاد گوه‌های ناپایدار هم محتمل است.

دامنه سنگی S38 دارای کمترین مقدار SMR می‌باشد (۳۵) که از دیدگاه پایداری در وضعیتی ناپایدار قرار گرفته است. احتمال ناپایداری‌های صفحه‌ای به صورت آزاد شدن بلوکهای سنگی بزرگ وجود دارد. برای دو دامنه سنگی (S40, S39) ترکیب سیستم نگهدارنده پیشنهادی

یکسان می‌باشد ولی برای دامنه سنگی (S38) سیستم نگهدارنده مجزایی در نظر گرفته شده است (جدول ۵-۴).

برای دامنه سنگی (S38) می‌توان از میل‌مهار یا پیچ‌سنگهای کششی منظم استفاده نمود. طول پیچ‌سنگها حدود ۴ متر و به قطر ۲۰ میلی‌متر و در شبکه ۱×۱ متری پیشنهاد می‌گردد. از بتن پاشی با ستبرای ۱۵ سانتی‌متر برای این دامنه سنگی نیز باید بهره گرفت. همچنین با درنظر داشتن مشاهدات صحرایی بهتر است تا با احداث دیواره بتنی در پای دامنه سنگی مورد گفتگو، از ورود بلوکهای سنگی صفحه‌ای بزرگ به داخل مسیر جاده ممانعت به عمل آورد.

همچنین برای دامنه‌های سنگی (S40, S39) پیشنهاد می‌گردد تا با نصب شبکه تور سیمی از ریزش بلوکهای سنگی صفحه‌ای و گوه‌ای از ارتفاعهای زیاد به داخل مسیر جاده جلوگیری نمود. نصب پیچ‌سنگهای منظم‌کششی به طول ۳ متر و به قطر ۲۰ میلی‌متر و در فواصل ۲ متری توصیه می‌گردد.از بتن‌پاشی به صورت موردی برای نقاطی که با ریزش‌های محلی همراه است به ستبرای ۱۰ سانتی‌متر باید بهره گرفت.

جدول ۵-۴- نگهدارنده‌های پیشنهادی برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی ماسه سنگ درود)

ایستگاه برداشت (station)	نگهدارنده پیشنهادی
S38	احداث دیواره بتنی پای دامنه، نصب میل‌مهار یا پیچ‌سنگهای کششی منظم، بهره‌گیری‌از بتن پاشی منظم
S39	نصب شبکه تور سیمی، نصب پیچ‌سنگهای منظم به همراه بهره‌گیری از بتن‌پاشی به صورت موردی
S40	نصب شبکه تور سیمی، نصب پیچ‌سنگهای منظم به همراه بهره‌گیری از بتن‌پاشی به صورت موردی

۴-۵-۲-۴- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک)

دامنه‌های سنگی که سنگ‌آهک دربرگیرنده آنها می‌باشد، سنگهایی خوب تا مناسب می‌باشند که احتمال هر سه نوع ناپایداری عمده برای آنها وجود دارد. از دیدگاه پایداری دارای وضعیت پایدار و تا حدی پایدار می‌باشند. بیشترین نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (S47, S34) و کمترین نگهدارنده برای دامنه‌های (S2, S36) پیشنهاد گردیده‌اند (جدول ۵-۵).

فقط برای دامنه‌های سنگی (S47, S34) نصب پیچ‌سنگهای کششی منظم پیشنهاد می‌گردد و برای دیگر دامنه‌ها نصب پیچ‌سنگها به صورت موردی برای نقاط بحرانی و ناپایدار توصیه می‌گردد. پیچ‌سنگهای کششی منظم به طول ۲/۵ متر و به قطر ۲۰ میلی‌متر و در فواصل ۲ متری باید نصب گردند. پیچ‌سنگهای موردی به طول ۳ متر و به قطر ۲۰ میلی‌متر در نظر گرفته شوند.

همانطور که در فصل ۴ گفته شد، بلوک‌ریزی در توده سنگهای آهکی از نوع بلوک‌ریزی بزرگ (LBS) می‌باشد لذا باید برای دامنه‌های سنگی که نصب شبکه تور سیمی (Net) پیشنهاد گردیده است، مقاومت مصالح سازنده تور سیمی و ضریب ارتجاعی آن متناسب با ویژگیهای ژئومکانیکی توده سنگها انتخاب و به کار گرفته شوند.

برای دامنه سنگی (S2) که لیتولوژی دربرگیرنده آن سنگ آهک سازند روته است، نگهدارنده‌های پیشنهادی در جدول (۵-۵) بر پایه نتایج حاصل از طبقه‌بندی SMR عنوان گردیده‌اند اما بررسی‌های صحرایی نشان دهنده این نکته است که ناپایداری‌ها علاوه بر حالت واژگونی به صورت سقوط آزاد هم امکان‌پذیر خواهد بود. لذا پیشنهاد می‌گردد که با بررسی و برداشت‌های مجدد و تکمیلی نسبت به شناسایی دقیق این مناطق مبادرت ورزید تا ضریب اطمینان را با نصب نگهدارنده مناسب افزایش داد.

جدول ۵-۵- نگهدارنده‌های پیشنهادی برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک)

ایستگاه برداشت (station)	نگهدارنده پیشنهادی
S34	نصب شبکه تور سیمی، نصب پیچ‌سنگهای کششی منظم و بهره‌گیری از بتن‌پاشی به صورت موردی
S35	نصب شبکه تور سیمی و احداث جوی پای شیب و نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی
S36	احداث جوی پای شیب و نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی
S37	احداث جوی پای شیب، نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی و بهره‌گیری از بتن‌پاشی به صورت موردی
S45	نصب شبکه تور سیمی، احداث جوی پای شیب، نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی و بهره‌گیری از بتن‌پاشی به صورت موردی
S47	نصب شبکه تور سیمی، نصب پیچ‌سنگ‌های کششی منظم و بهره‌گیری از بتن‌پاشی به صورت موردی
S02	احداث جوی پای شیب و نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی
S42	نصب شبکه تور سیمی، احداث جوی پای شیب و نصب پیچ سنگ به صورت موردی

۴-۵-۲-۵- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ دولومیت)

دامنه‌هایی که توده سنگ دولومیتی دربرگیرنده آنها می‌باشد دارای ارزش عددی متنوع از ۵۵ تا ۷۳ می‌باشند. وضعیت آنها پایدار و تا حدودی پایدار می‌باشد. نگهدارنده‌های پیشنهادی برای ۵ دامنه سنگی مورد نظر در جدول (۵-۶) ملاحظه می‌گردند.

ترکیب سیستم نگهدارنده پیشنهادی برای دامنه‌های سنگی (S21, S20) مشابه می‌باشد که به دلیل پایین بودن ارزش عددی SMR آنها نسبت به دیگر دامنه‌های دولومیتی، به بیشترین مقدار نگهدارنده نیاز دارند. دامنه سنگی (S24) با داشتن (SMR = 73) دارای بیشترین مقدار SMR در بین ۵ دامنه سنگی مورد گفتگو می‌باشد و لذا به کمترین میزان نگهدارنده نیازمند است. برای این دامنه جوی پای شیب و نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی پیشنهاد شده است که به کارگیری پیچ‌سنگ

درصورت لزوم است. اما بررسیها و مشاهدات صحرایی حاکی از این است که دامنه سنگی مورد گفتگو به جز پتانسیل ناپایداری واژگونی، دارای ناپایداریهای موردی به صورت سقوط آزاد بلوکهای سنگی می‌باشد. به دلایلی که در فصل گذشته برای این حالت ذکر شد، توصیه می‌گردد تا با به کارگیری شبکه تور سیمی در مناطقی از شیب که احتمال این رخداد می‌رود نسبت به ایمن سازی بیشتر و تثبیت هرچه بیشتر آن تلاش گردد.

جدول ۵-۶- نگهدارنده‌های پیشنهادی برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی دولومیت سلطانیه)

ایستگاه برداشت (station)	نگهدارنده پیشنهادی
S20	احداث جوی پای شیب، نصب پیچ‌سنگهای منظم کششی به همراه بتن‌پاشی (به صورت موردی)
S21	احداث جوی پای شیب، نصب پیچ‌سنگهای منظم کششی به همراه بتن‌پاشی (به صورت موردی)
S22	نصب شبکه تورسیمی و پیچ‌سنگ (به صورت موردی)
S23	احداث جوی پای شیب و نصب پیچ‌سنگ (به صورت موردی)
S24	احداث جوی پای شیب و نصب پیچ‌سنگ به صورت موردی (درصورت لزوم)

۴-۵-۲-۶- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی سنگ آهک دولومیتی- مارنی)

ارزش عددی SMR ارزیابی شده برای چهار دامنه سنگی که توده سنگهای آهک دولومیتی و مارنی دربرگیرنده آنها می‌باشد، دارای کمترین و بیشترین مقدار SMR ، از ۴۹ (دامنه سنگی S8) تا ۶۴ (دامنه سنگی S9) می‌باشد. به همین دلیل سیستم نگهدارنده‌ای که برای آنها درنظر گرفته شده است متنوع می‌باشد (جدول ۵-۷).

احتمال رخداد ناپایداریهای صفحه‌ای و گوه‌ای برای دامنه‌های سنگی مورد گفتگو وجود دارد. دامنه سنگی (S9) با داشتن SMR بالا (۶۴) و رده سنگ خوب، دارای وضعیت پایدار است و احتمال رخداد پایداری صفحه‌ای برای آن کمتر از دیگر دامنه‌های سنگی می‌باشد. لذا بر پایه جدول نگهدارنده پیشنهادی طبقه‌بندی مورد گفتگو، احداث جوی پای شیب برای آن لازم بنظر می‌رسد ولی نصب پیچ‌سنگ (به صورت موردی) در بعضی نقاط آن کاربرد خواهد داشت.

، نصب پیچ‌سنگهای کششی منظم و بتن‌پاشی الزامی است. به (S3، S8)برای دامنه‌های سنگی دلیل آنکه میزان فاصله‌داری درزه‌ها در این توده سنگها حدود یک متر می‌باشد، با آزاد شدن بلوکهای سنگی در ابعاد و حجم به نسبت بزرگ مواجه خواهیم بود.لذا آزاد سازی بلوکهای ناپایدار از نوع بیشترین مقدار (S3، S33) است و بنابراین برای دامنه‌های سنگی (LBS)بلوک‌ریزی بزرگ نگهدارنده لازم پیشنهاد گردیده است.

از آنجایی که ارتفاع بعضی از دامنه‌های سنگی مورد گفتگو زیاد می‌باشد (و با در نظر گرفتن حجم و اندازه بلوکهایی که می‌توانند آزاد شوند) لازم است تا در طراحی و به کارگیری جوی پای شیب دامنه، شبکه تور سیمی و ستبرای بتن‌پاشی دقت نظر کافی به عمل آید.

جدول ۵-۷- نگهدارنده‌های پیشنهادی برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی آهک دولومیتی- مارنی)

ایستگاه برداشت (station)	نگهدارنده پیشنهادی
S3	احداث جوی پای دامنه ، نصب پیچ‌سنگهای منظم کششی و به کارگیری بتن‌پاشی (به صورت موردی)
S8	نصب شبکه تورسیمی ، نصب پیچ‌سنگهای کششی و بتن‌پاشی (به صورت منظم)
S9	احداث جوی پای شیب، نصب پیچ‌سنگ (به صورت موردی)
S33	نصب شبکه تورسیمی، نصب پیچ‌سنگ منظم کششی و به کارگیری بتن پاشی (به صورت موردی)

۴-۵-۲-۷- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی فورش سنگ)

ارزش عددی SMR تعیین شده برای دامنه سنگی (S5) که توده فورش سنگ (با اندکی دگرگونی) آن را دربرگرفته است، برابر با ۵۵ می‌باشد. رده سنگ (III_a) بوده و سنگی مناسب است. با در نظر گرفتن مشاهدات و بررسی‌های صحرایی انجام شده، نیاز به نصب شبکه تور سیمی و بهره‌گیری از بتن‌پاشی (به صورت موردی) در جهت پایدارسازی بلوکهای سنگی گوه‌ای می‌باشد. به دلیل کم ارتفاع بودن دامنه سنگی مورد نظر و بلوک‌ریزی کوچک مقیاس (SBS) از آن و خاستگاه توده سنگ دربرگیرنده آن، نیاز به نصب پیچ‌سنگ در آن ضروری بنظر نمی‌رسد.

با در نظر گرفتن شکستگی‌های موجود در این دامنه و سرشت توده سنگ دربرگیرنده آن، پیشنهاد می‌گردد تا از دو لایه بتن پاشی به ستبرای ۱۰۰ میلی‌متر استفاده شود.

همانطور که در فصل گذشته عنوان گردید، بالادست دامنه سنگی (S5) را توده سنگهای ماسه‌سنگ کهر دربرگرفته‌اند که از پایداری خوبی برخوردار می‌باشند اما بلوک‌ریزی آنها به دلیل بالا بودن فاصله‌داری درزه‌ها از نوع بلوک‌ریزی بزرگ (LBS) می‌باشد. با در نظر داشتن نکات مذکور و مشاهدات روی زمین پیشنهاد می‌گردد تا از شبکه تور سیمی و نصب پیچ‌سنگ (به صورت موردی) جهت افزایش پایداری بهره برد. نقش شبکه تور سیمی در این بین اساسی‌تر بنظر می‌رسد.

۴-۵-۲-۸- پیشنهاد نگهدارنده برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی توده سنگهای آذرین)

دامنه سنگی (S1) که توده سنگهای ولکانیکی آن را در برگرفته است، دارای (SMR= 54) می‌باشد و رده آن (III_a) است. جهت افزایش پایداری آن نصب پیچ‌سنگ و بهره‌گیری از بتن‌پاشی (به صورت موردی) پیشنهاد گردیده است. با در نظر گرفتن این نکته که میزان هوازدگی برونزدهای سنگی در این دامنه به نسبت زیاد می‌باشد نقش بتن‌پاشی برای آن اساسی‌تر بنظر می‌رسد.

چهار دامنه سنگی دیگر را، توده سنگهای بازالتی و دیابازی دربرگرفته‌اند و به طور عمده در رده سنگهای خوب قرار دارند. نصب پیچ‌سنگ و بتن‌پاشی (پیشنهاد شده برای آنها) به صورت موردی و در نقاط بحرانی لازم است. برای دامنه سنگی (S43) ، به دلیل احتمال آزاد شدن بلوکهای سنگی بزرگتر لازم است تا از شبکه تور سیمی مناسب استفاده گردد. نوع ناپایداری در این دامنه صفحه‌ای بوده و سوی رهایی صفحات و بلوکهای سنگی به سمت جاده است. بنابراین لازم است تا شبکه تور سیمی تمامی دامنه مورد گفتگو را در برگرفته و در بعضی از نقاط که توده سنگ بازالتی با خردشدگی و شکستگی های بیشتر همراه است از بتن‌پاشی (به صورت موردی) استفاده گردد.

نقش سیستم نگهدارنده برای توده‌سنگ دیابازی دربرگیرنده دامنه (S44) با دارا بودن (SMR =55) نسبت به دیگر دامنه‌های مورد گفتگو مهم‌تر می‌باشد. بر پایه مطالعات انجام شده در این مرحله به کارگیری بتن‌پاشی با ستبرای ۵۰ تا ۷۰ میلی‌متر پیشنهاد می‌گردد. طراحی دقیق ویژگیهای هندسی پیچ‌سنگها و بازنگری در میزان ستبرای بتن‌پاشی برای دامنه‌های مذکور نیازمند مطالعات دقیق‌تر و جامع‌تر است.

جدول ۵-۸- نگهدارنده‌های پیشنهادی برای دامنه‌های سنگی (با لیتولوژی توده سنگهای آذرین)

ایستگاه برداشت (station)	نگهدارنده پیشنهادی
S1	نصب پیچ‌سنگ و بهره‌گیری از بتن‌پاشی (به صورت موردی)
S4	احداث جوی پای شیب، نصب پیچ‌سنگ (به صورت موردی)
S43	احداث شبکه تورسیمی، نصب پیچ‌سنگ و بتن پاشی (به صورت موردی)
S44	احداث جوی پای شیب ، نصب پیچ‌سنگ و بتن‌پاشی(به صورت موردی)
S46	احداث شبکه تور سیمی، نصب پیچ‌سنگ (به صورت موردی)

۴-۵-۳- نگرش کلی به وضعیت پایداری و نگهدارنده‌های پیشنهادی برای دامنه‌های سنگی

به دلیل تنوع توده سنگهای دربرگیرنده دامنه‌های سنگی مطالعه شده، تفاوت در SMR تعیین شده برای آنها و ویژگیهای ژئومکانیکی درزه‌ها (به‌ویژه فاصله‌داری و پایایی) و مشاهدات و بررسی‌های روی زمین، سیستم نگهدارنده برای دامنه‌های مذکور به تفکیک پیشنهاد گردید.

نتایج کلی بدست آمده در این فصل را می‌توان برای دامنه‌های سنگی بررسی شده به شرح زیر ارائه نمود:

۱- دامنه‌های سنگی که ماسه‌سنگ کهر دربرگیرنده آنها می‌باشد از پایداری خوبی برخوردار بوده و به کمترین نگهدارنده نیازمند می‌باشند. برای مثال دامنه‌سنگی (S14) به دلیل دارا بودن (SMR=76) نیازی به نگهدارنده ندارد و به صورت طبیعی پایدار می‌باشد. احداث جوی‌پای شیب و نصب پیچ‌سنگ (به صورت موردی در اکثر دامنه‌ها) برای آنها در نظر گرفته شده است. در بیشتر آنها، شیب لایه‌بندی در خلاف جهت شیب دامنه بوده و به دلیل مقاومت بالا و خردشدگی کمتر نیازی به بهره‌گیری از بتن‌پاشی نبوده است.

۲- ماسه سنگ لالون (که دربرگیرنده ۴ دامنه سنگی می‌باشد) به دلیل کمتر بودن ارزش عددی SMR تعیین شده و کاهش در مقاومت سنگ و فاصله‌داری درزه‌ها (نسبت به ماسه‌سنگ کهر) ، نیازمند سیستم نگهدارنده خاص خود است. به‌طوری‌که نیاز به نصب پیچ‌سنگ به فرم شبکه منظم برای بعضی از دامنه‌ها (S31, S26) تا حدودی ضروری به نظر می‌رسد.

۳- دامنه‌های ماسه‌سنگی درود در مقایسه با دامنه‌های ماسه‌سنگی کهر و لالون دارای SMR پایین‌تری می‌باشند و به همین خاطر سیستم نگهدارنده کاملتری برای آنها پیشنهاد گردیده است. نصب پیچ‌سنگهای منظم و بتن‌پاشی برای آنها ضروری است. دامنه سنگی (S38) به دلیل واقع شدن در یک زون گسلهی دارای خردشدگی و شکستگی‌های فراوان است که به همین دلیل ارزش عددی SMR تعیین شده برای آن پایین است و حتی در بعضی از نقاط آن بجای نصب شبکه منظم پیچ‌سنگ می‌توان از میل‌مهار استفاده نمود.

۴- توده سنگهای آهکی در دامنه‌هایی که برونزد دارند در رده سنگهای خوب تا مناسب قرار می‌گیرند. نصب شبکه تورسیمی، احداث جوی پای شیب، نصب پیچ‌سنگهای کششی منظم، نصب پیچ‌سنگهای موردی (برای اکثر دامنه‌های سنگی مورد نظر) و بهره‌گیری از بتن‌پاشی (به صورت موردی) مجموعه اجزاء سیستم نگهدارنده پیشنهادی برای ۸ دامنه سنگی مطالعه شده در این توده‌سنگها است که به تفکیک برای هر دامنه در جدول (۵-۵) ملاحظه می‌شوند. به دلیل آنکه برای بعضی از دامنه‌ها احتمال سقوط آزاد بلوکهای سنگی بزرگ می‌رود لازم است تا از شبکه تورسیمی ویژه برای آنها استفاده نمود.

نگهدارنده‌های پیشنهادی برای دامنه‌هایی که سنگ دولومیت دربرگیرنده آنها می‌باشد مشابه موارد ذکر شده برای دامنه‌های سنگ‌آهکی است.

۵- برای دامنه‌های سنگ‌آهک دولومیتی و مارنی، نصب پیچ‌سنگها به صورت شبکه منظم بیشتر پیشنهاد گردیده است (به دلیل کاهش ارزش عددی SMR آنها نسبت به دامنه‌های سنگ‌آهک و دولومیت). ارتفاع بعضی از این دامنه‌ها زیاد بوده و می‌تواند همراه با احتمال آزادسازی و سقوط بلوکهای سنگی بزرگ باشد. به همین دلیل در طراحی و به کارگیری جوی پای شیب دامنه، نصب شبکه تورسیمی و ستبرای بتن‌پاشی برای آنها باید این نکته را در نظر گرفت.

۶- نقش بتن‌پاشی برای دامنه‌هایی که توده‌سنگهای آذرین آنها را دربر می‌گیرند اساسی‌تر از اجزاء دیگر سیستم نگهدارنده پیشنهاد شده است (به دلیل درصد هوازدگی بیشتر آنها). نصب پیچ‌سنگ و بهره‌گیری از بتن‌پاشی برای همه دامنه‌های مورد نظر به صورت موردی و در نقاط بحرانی توصیه گردیده است.

۷- برای تنها دامنه سنگی (S5) که توده سنگ سیلتستونی آن را دربر می‌گیرد، نصب شبکه تور سیمی و بهره‌گیری از بتن پاشی (به‌صورت موردی) پیشنهاد گردیده است. آنچه که در این ایستگاه برداشت مهم است، برونزدهای ماسه‌سنگ کهر در بالادست دامنه مورد گفتگو می‌باشد که به دلیل احتمال رها شدن بلوکهای سنگی بزرگ از بالادست لازم است تا نسبت به پایدارسازی آنها (توسط نگهدارنده‌های پیچ‌سنگ و شبکه تور سیمی) اقدام لازم به‌عمل آید.

۴-۶- نتیجه‌گیری

بر پایه نتایج تحلیلی حاصل از انجام طبقه‌بندی امتیازدهی توده شیب (Slope Mass Rating, SMR) برای ۴۰ مورد دامنه سنگی در مسیر جاده چالوس (جدول۶-۱)، جمع‌بندی زیر ارائه گردیده است:

۱- دامنه‌های سنگی مورد گفتگو دارای تنوع در وضعیت سنگ‌شناسی می‌باشند به طوری‌که از سنگهای آذرین (ولکانیکی تا بازالتی- دیابازی) و سنگهای رسوبی (ماسه‌سنگ، سنگ‌آهک و دولومیت، سیلتستون و سنگ‌آهکهای دولومیتی- مارنی) می‌توان نام برد. همچنین تعداد سیستم‌های اصلی درزه و ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی آنها در دامنه‌های سنگی مورد نظر متفاوت است. دو یا سه سیستم اصلی درزه در توده سنگهای دربرگیرنده دامنه‌های سنگی توسعه یافته است که ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی آنها گاهی حتی در یک توده سنگ از یک دامنه سنگی به دامنه سنگی دیگر متفاوت می‌باشد. به همین دلیل نتایج تحلیلی بدست آمده را برای همه دامنه‌های سنگی (در طول مسیر مورد گفتگو) نمی‌توان تعمیم داد و هر دامنه سنگی به طور جداگانه مورد مطالعه قرار گرفته است و

ارزش عددی SMR آن تعیین گردیده و پایداری آن تحلیل شده و سپس سیستم نگهدارنده مورد نیاز برای آن پیشنهاد گردیده است.

۲- از نظر فراوانی، دامنه‌های سنگی که ماسه‌سنگ کهر آنها را دربرگرفته است با تعداد ۱۰ دامنه سنگی و دامنه‌هایی که سنگ‌آهک دربرگیرنده آنها می‌باشد با تعداد ۸ دامنه سنگی درصدر می‌باشند و دامنه سیلتستونی با یک دامنه سنگی از همه کمتر می‌باشد (نمودارهای شماره ۱ و ۲).

۳- بالاترین ارزش عددی SMR تعیین شده برای یک دامنه ماسه‌سنگی در سازند کهر می‌باشد (SMR= 76) .دامنه‌ای که کمترین ارزش عددی SMR تعیین شده را به خود اختصاص می‌دهد در ماسه‌سنگ درود قرار گرفته است که به احتمال زیاد یک زون گسلی آن را در بر می‌گیرد (SMR= 35).

۴- به طور کلی رده سنگهای دربرگیرنده دامنه‌های سنگی از رده "III_b" تا رده "II_a" را در بر می‌گیرند که رده‌های «مناسب» تا «خوب» می‌باشند (به جز یک دامنه سنگی در ماسه سنگ درود که رده "IV_a" را به خود اختصاص داده است)[نمودار شماره (۳)] .بدین ترتیب، دامنه‌های سنگی مورد گفتگو به طور طبیعی نیز دارای پایداری و تا حدودی پایدار می‌باشند. اما می‌توانند در اثر شرایط مختلف، ناپایداریهایی را به صورت‌کلی یا موردی از خود نشان دهند.لذا لازم است تا پایداری طبیعی آنها را افزایش داده تا در شرایط بحرانی با ناپایداریهایی‌که می‌توانند با خسارات مالی و جانی همراه باشد روبرو نشویم.هیچ دامنه‌سنگی در رده خیلی بد (Very bad) و یا خیلی‌خوب (Very good) وجود ندارد.

۵- ماسه‌سنگهای کهر، لالون و سنگ دولومیت سلطانیه دارای بیشترین مقادیر RQD ٪ و مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر می‌باشند (RQD٪ به طور متوسط بالاتر از ۷۰٪ مقاومت تراکم تک‌محوری به طور متوسط بالاتر از ۱۰۰ مگاپاسکال است) و در رده سنگهای خوب و بسیار مستحکم قرار می‌گیرند.

۶- احتمال هر سه نوع ناپایداری عمده (صفحه‌ای، گوه‌ای و واژگونی) برای دامنه‌های سنگی مورد گفتگو وجود دارد که فراوانی و احتمال رخداد ناپایداری صفحه‌ای نسبت به دیگر ناپایداری‌ها بیشتر است (نمودار شماره ۴).

۷- پتانسیل احتمال رها شدن بلوکهای سنگی که تحت نیروی وزن خود ممکن است آزاد شوند در توده سنگهای آهکی و دولومیتی بیشتر از توده سنگهای دیگر می‌باشد. دلیل آن بالا بودن متوسط فاصله‌داری درزه‌ها، وجود ستبرای لایه‌بندی به نسبت زیاد و مقاومت خوب سنگ در برابر نیروهای زمین ساختی می‌باشدکه از خردشدگی و شکستگی‌های فراوان در آنها جلوگیری به عمل آورده‌است.

۸- حجم آزادسازی بلوکهای سنگی بزرگ برای دامنه‌هایی که توده سنگهای آهکی- دولومیتی و سنگهای آذرین آنها را در برمی‌گیرند از دامنه‌های سنگی دیگر بیشتر است و به طور عمده با آزادسازی بلوکهای سنگی بزرگ (LBS) می‌توانند همراه باشند.

۹- می‌توان نتیجه گرفت که در میان پارامترهای F_1، F_2، F_3 و F_4، پارامتر (F_3) که از اختلاف شیب درزه تأثیرگذار بر ناپایداری احتمالی نسبت به شیب دامنه سنگی بدست می‌آید از همه پارامترهای دیگر تأثیر بسیار بیشتری در کاهش ارزش عددی SMR دارد.

۱۰- بر پایه راهنمای سیستم نگهدارنده پیشنهادی طبقه‌بندی SMR، تنها یک دامنه سنگی در ماسه‌سنگهای کهر به کلی پایدار است و نیازی به نگهدارنده ندارد و یک دامنه سنگی در ماسه‌سنگ درود به بیشترین میزان نگهدارنده پیشنهادی نیازمند می‌باشد. در یک نگاه کلی، دامنه‌های سنگی که ماسه‌سنگ کهر دربرگیرنده آنها می‌باشد از دیدگاه پایداری دارای بهترین پایداری طبیعی می‌باشند و به حداقل سیستم نگهدارنده پیشنهادی (جهت افزایش پایداری طبیعی در برابر احتمال رخداد ناپایداریها) نیازمند می‌باشند.

۱۱- جوی‌پای شیب، شبکه تور سیمی، پیچ‌سنگ و بتن‌پاشی (به صورت شبکه منظم و یا موردی) سیستم ترکیبی نگهدارنده پیشنهادی را برای دامنه‌های سنگی مورد گفتگو تشکیل می‌دهند که با درنظر گرفتن ارزش عددی SMR تعیین شده برای آنها و ویژگیهای زمین‌شناسی مهندسی درزه‌ها و مشاهدات و بررسی‌های صحرایی انجام شده، یک یا چند نوع نگهدارنده پیشنهاد گردیده است. جوی پای شیب و شبکه تور سیمی کاربردی گسترده داشته و تقریباً پیچ‌سنگ و بتن‌پاشی به صورت موردی کاربرد بیشتری خواهند داشت.

۱۲- نقش شبکه تور سیمی و جوی پای شیب برای دامنه‌های سنگی که سنگ‌آهک و دولومیت آنها را در برمی‌گیرد بیشتر و اساسی‌تر است زیرا با احتمال آزادسازی بلوکهای سنگی بزرگ ناپایدار که به‌صورت سقوط وزنی ممکن است رها شوند همراه می‌باشند. در این مورد در طراحی ابعاد و شکل جوی پای شیب (با در نظر گرفتن شیب دامنه سنگی و ابعاد بلوکهای سنگی ناپایدار) و طراحی شبکه تور سیمی (قدرت و استحکام و ضریب ارتجاعی مصالح سازنده آن مهم است) باید دقت نظر داشت.

۱۳- سیستم نگهدارنده پیشنهادی برای دامنه‌های سنگی که سنگ‌آهک دولومیتی یا مارنی آنها را دربرگرفته است مشابه دامنه‌های سنگ‌آهکی یا دولومیتی است، با این تفاوت که نصب پیچ‌سنگها در یک شبکه منظم توصیه می‌گردند.برای دامنه‌های سنگی مورد گفتگو نیز طراحی جوی پای شیب و شبکه تور سیمی و ستبرای بهینه بتن‌پاشی با درنظر گرفتن مواردی که در بند (۱۲) گفته شد ضروری می‌باشد.

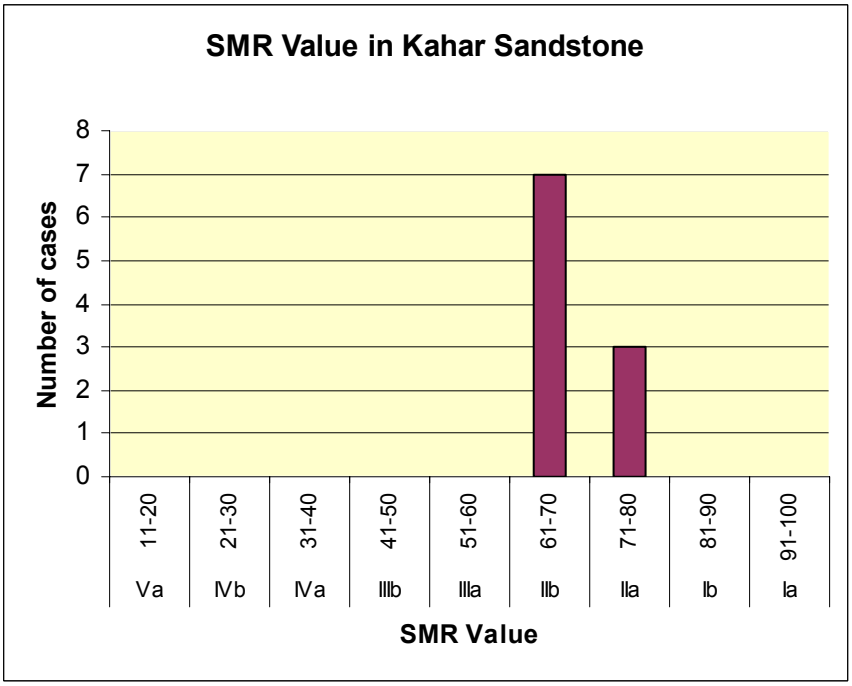
۱۴- کمترین میزان نگهدارنده پیشنهادی برای سه دامنه سنگی (ماسه‌سنگ کهر، ماسه‌سنگ لالون و سیلتستون) می‌باشد. البته برای دامنه سنگی که سیلتستون دربرگیرنده آن است با در نظرگرفتن ارتفاع

زیاد ماسه‌سنگهای کهر در بالای دامنه مورد گفتگو، لازم است تا شبکه تور سیمی و پیچ‌سنگ (به صورت موردی) به کار گرفته شوند.

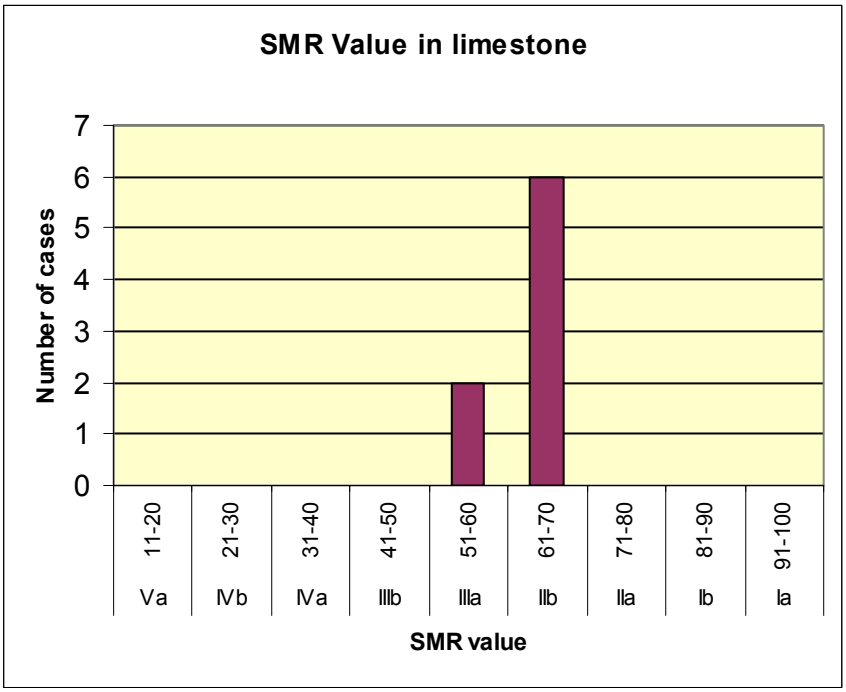
۱۵- از آنجا که طبقه‌بندی مهندسی SMR بر پایه ویژگیهای ژئومکانیکی توده سنگ (پارامترهای اساسی در طبقه‌بندی RMR) بنیان نهاده شده است، اساس و منطق کافی را برای اظهارنظر و پیش‌بینی وضعیت گسیختگی دامنه‌های سنگی و ارائه طرح نگهدارنده پیشنهادی اولیه را دارا می‌باشد. امید است تا در آینده‌ای نه چندان دور با همت جامعه پژوهشگران جهانی و انجام مطالعات دقیقتر و بیشتر، رابطه هم‌ارزی این طبقه‌بندی با دیگر طبقه‌بندیهای مهندسی سنگ بدست آید.

جدول۶-۱- نتایج حاصل از طبقه‌بندی SMR و سیستم نگهدارنده پیشنهادی (برای ۴۰ دامنه‌سنگی) در مسیر جاده چالوس

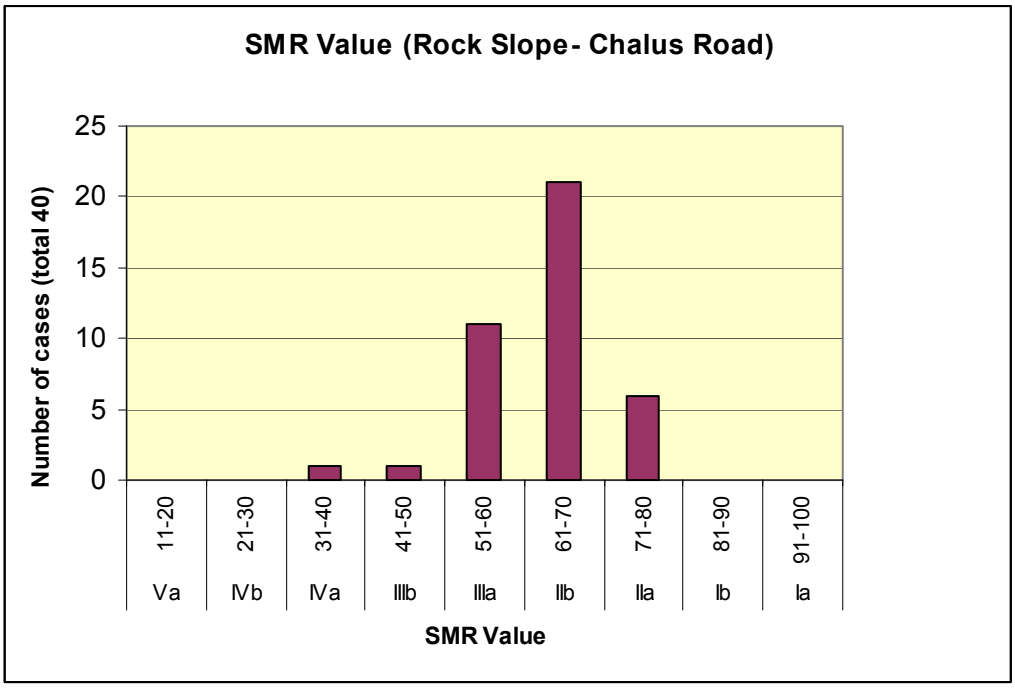
توده سنگ	تعداد دامنه‌های سنگی	SMR	رده سنگ (Class)	واژه توصیفی	نوع ناپایداری احتمالی	نگهدارنده پیشنهادی
ماسه سنگ (سازند کهر)	۱	۷۶	II_a	خوب	صفحه‌ای/گوه‌ای	ــــــــ
	۲	۷۴-۷۳	II_a	خوب	صفحه‌ای/واژگونی	جوی پای شیب
	۷	۶۹-۶۲	II_b	خوب	صفحه‌ای/گوه‌ای	جوی پای شیب، پیچ‌سنگ (به صورت موردی)
ماسه سنگ (سازند لالون)	۱	۷۴	II_a	خوب	صفحه‌ای	جوی پای شیب
	۳	۶۸-۶۳	II_b	خوب	صفحه‌ای/واژگونی	جوی پای شیب، شبکه تور سیمی، پیچ‌سنگ (به صورت موردی)
ماسه سنگ (سازند درود)	۲	۵۸-۵۴	III_a	مناسب	صفحه‌ای	شبکه تورسیمی،پیچ‌سنگ(شبکه منظم)، بتن‌پاشی (به صورت موردی)
	۱	۳۵	IV_a	بد	صفحه‌ای	دیواره بتنی پای دامنه، پیچ‌سنگ (شبکه منظم)/میل‌مهار، بتن‌پاشی (شبکه منظم)
سنگ‌آهک (سازندهای مبارک، الیکا، درود و روته)	۲	۷۰	II_b	خوب	گوه‌ای/واژگونی	جوی پای شیب، پیچ‌سنگ (به صورت موردی)
	۴	۶۶-۶۱	II_b	خوب	صفحه‌ای/گوه‌ای	جوی پای شیب، شبکه تورسیمی، پیچ‌سنگ و بتن‌پاشی(به‌صورت‌موردی)
	۲	۵۹-۵۵	III_b-III_a	مناسب	صفحه‌ای	شبکه تورسیمی،پیچ‌سنگ(شبکه منظم) و بتن‌پاشی (به صورت موردی)
سنگ دولومیت (سازند سلطانیه)	۱	۷۳	II_a	خوب	واژگونی	جوی پای شیب، پیچ‌سنگ در صورت لزوم (به صورت موردی)
	۲	۶۹-۶۵	II_b	خوب	گوه‌ای/ واژگونی	جوی پای شیب، شبکه تور سیمی و پیچ‌سنگ (به صورت موردی)
	۲	۵۹-۵۵	III_a	مناسب	صفحه‌ای	جوی پای شیب، پیچ‌سنگ (شبکه منظم) و بتن‌پاشی (به صورت موردی)
سنگ‌آهک دولومیتی- مارنی (سازندهای مبارک، میلا و جیرود)	۱	۶۴	II_b	خوب	صفحه‌ای	جوی پای شیب، پیچ‌سنگ (به صورت موردی)
	۲	۶۰-۵۴	III_a	مناسب	صفحه‌ای/گوه‌ای	جوی‌پای‌دامنه،شبکه‌تورسیمی،پیچ‌سنگ (شبکه‌منظم)وبتن‌پاشی(به‌صورت‌موردی)
	۱	۴۹	III_b	مناسب	صفحه‌ای	شبکه تور سیمی، پیچ‌سنگ (شبکه منظم) و بتن‌پاشی (شبکه منظم)
سیلتستون(با اندکی دگرگونی)	۱	۵۵	III_a	مناسب	گوه‌ای	شبکه‌تورسیمی و بتن‌پاشی(به صورت موردی)
سنگهای آذرین	۳	۷۱-۶۲	II_b- II_a	خوب	صفحه‌ای/واژگونی	جوی‌پای‌شیب، شبکه تورسیمی، پیچ‌سنگ و بتن‌پاشی (به‌صورت موردی)
	۲	۵۵-۵۴	III_a	مناسب	صفحه‌ای	جوی پای شیب، پیچ‌سنگ و بتن‌پاشی(به صورت موردی)



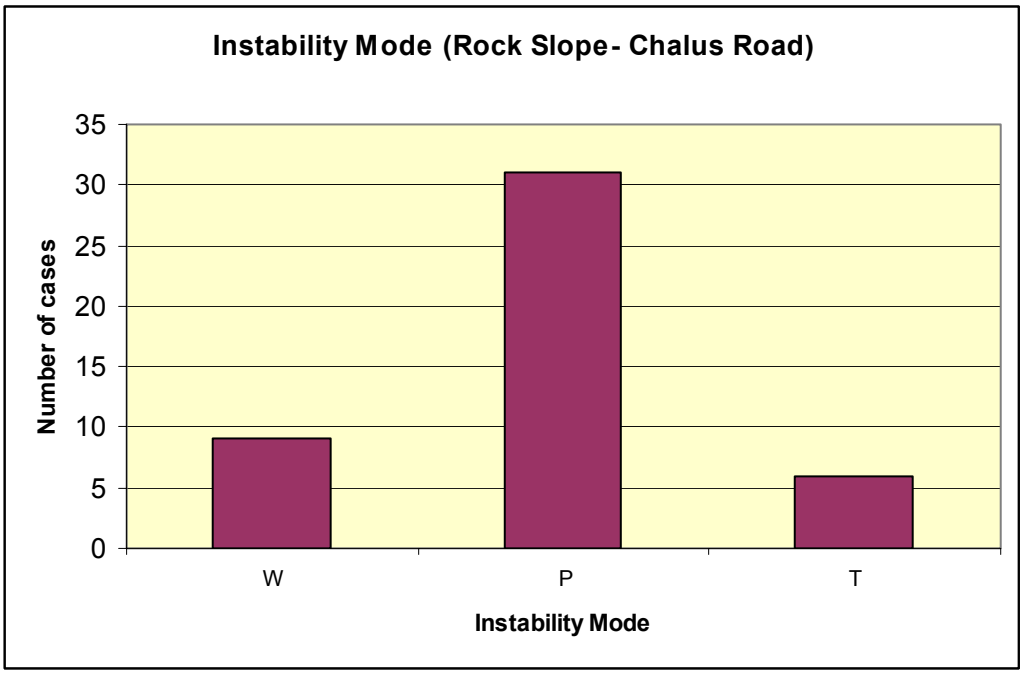
نمودار (۱)- فراوانی میزان ارزش عددی SMR و رده سنگ در دامنه های ماسه سنگی کهر



نمودار (۲)- فراوانی میزان ارزش عددی SMR و رده سنگ در دامنه های سنگ آهکی



نمودار (۳)- فراوانی میزان ارزش عددی SMR و رده سنگ برای دامنه های سنگی در مسیر جاده چالوس



نمودار (۴)- فراوانی ناپایداریهای سنگی (W= ناپایداری گوه ای، P= ناپایداری صفحه ای، T= ناپایداری واژگونی) در مسیر جاده چالوس

۴-۷- پیشنهادها

با در نظر گرفتن تنوع زیاد در دامنه‌های سنگی از دیدگاه سنگ‌شناسی، ارتفاع دامنه، میزان خردشدگی و شکستگی‌ها و توسعه آنها در توده سنگ و جایگاه دامنه‌های سنگی در طول مسیر جاده، باید گفت که نوع نگهدارنده پیشنهادی می‌تواند حتی برای دو دامنه سنگی با یک ترکیب سنگ‌شناسی متفاوت باشد. لذا با درنظر گرفتن موارد یاد شده، پیشنهاد می‌شود تا چنانچه هر زمان تصمیم به آغاز مراحل اجرایی کار برای نصب نگهدارنده‌ها گرفته شد، در ابتدا نسبت به انجام مطالعات و بررسی‌های مجدد و تکمیلی برای هر دامنه سنگی اقدام گردد تا با مشاوره تیم کارشناسان گروه زمین‌شناسی مهندسی سازمان زمین‌شناسی کشور، وزارت راه و ترابری و اداره کل راه و ترابری استان مازندران نسبت به اتخاذ تصمیم نهایی برای نصب نگهدارنده‌های لازم با مد نظر قرار دادن همه جوانب و موارد اقدام لازم به عمل آید.

با توجه به این نکته که مسیر جاده چالوس در تمام روزهای سال (بخصوص در روزهای آخر هر هفته) پرتردد می‌باشد، لازم است تا چنانچه هر زمان نیاز به مطالعات و بررسیهای تکمیلی یاد شده احساس گردید، نسبت به هماهنگی‌های لازم با پلیس‌راه و اداره کل راه و ترابری استان مازندران اقدام گردد.

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادها

نتیجه گیری و پیشنهادها

۱- با استفاده از نتایج ارزیابی مقدماتی خطر سنگ افت به روش RHRS برای حدود ۵۰ کیلومتر از طول جاده چالوس، ۲۰ کیلو متر از این مسیر نشانگر خطر بالا (زیاد) سنگ افت و تنها ۱۰ کیلو متر آن دارای خطر پایین شناخته شده است.

۲- در طول ۲۰ کیلومتر از مسیر پرخطر جاده، حدود ۴۵ شیب با پتانسیل خطر سنگ افت مورد ارزیابی تفضیلی خطر سنگ افت قرارگرفته اند که از دو روش مرسوم RHRS و SMR در تحلیل آنها سود برده شده است. در هر دو روش نگهدارنده اولیه پیشنهاد گردیده که در روش نخست قضاوت مهندسی، ارتفاع قابل مشاهده مخزن سنگ افت و بیشینه بزرگی تخته سنگ های فرو افتاده مورد تاکید بوده و در روش دوم از جدول های پیشنهادی سیستم با تاکید بر ویژگی های ژئومکانیکی توده سنگ سود برده شده است.

۳- تلفیق نتایج این دو دیدگاه می تواند افق مناسبی را برای آغاز یک بررسی سیستماتیک در هر یک از شیب های دامنه جهت انتخاب نگهدارنده بهینه و تخمین هزینه ها ی مربوطه برای کاهش ریسک در اختیار نهد.

۴- انتخاب، طراحی و اجرای یک سیستم نگدارنده مناسب نیازمند تهیه مدل ریاضی مناسب برای هر شیب می باشد که چنین مدل ریاضی به پارامترهای زیرنیازمند است:

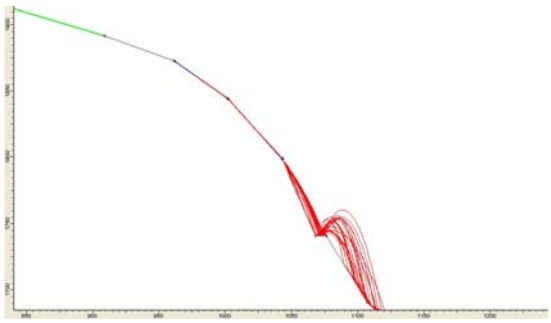
الف- شناسایی دقیق مخزن ها ی سنگ افت که به عکس های هوایی در مقیاس مناسب نیاز دارد.

ب- تعیین ارتفاع و ویژگی های توپوگرافی دامنه شیب از مخزن تا جاده که نیازمند نقشه های دقیق بزرگ مقیاس است.

پ- تخمین دقیق تری از بیشینه بزرگی تخته سنگ های رها شده.

ت- محاسبه بیشینه شتاب زمین لرزه محتمل و سرعت اولیه ناشی از آن.

ث- تعیین شدیدترین تغییرات جوی محتمل موثر در رخداد سنگ افت ها



شکل ۵-۱- نمونه خروجی نرم افزار Rocfall برای یکی از شیب های چالوس که در صورت وجود داده های ورودی مناسب می‌تواند مسیر حرکت وسایر پارامتر های لازم را جهت کنترل سنگ افت ها در اختیار قرار دهد.

چنین مدل هایی را می توان توسط نرم افزار هایی چون Rocfall یا Conefall تهیه نمود(شکل ۵-۱). پس از آن اجرای روش های نگهداری بر اساس مدل ریاضی پیش گفته با توجه به بودجه، توانایی تکنیکی پیمانکاران و تجهیزات فنی در دسترس امکان سنجی گردیده و بهترین روش انتخاب و اجرا می گردد. اجرای مدل سازی یاد شده برای شیب های خطرناک، در تناسب با بودجه موجود، زمان اجرای پروژه و امکانات فراهم آمده براساس نتایج این بررسی ها قابل اولویت بندی می باشند .

۵- ویژگی های خاص جاده چالوس در محدوده مورد مطالعه مانند عرض کم، ارتفاع زیاد دامنه کنار جاده، دید کم خودرو های عبوری و ترافیک بالای جاده به ویژه در روزهای تعطیل موجب بالا رفتن ریسک خطر سنگ افت در این مسیر می شوند.

۶-در بسیاری از نقاط تغییر و اصلاح مسیر، ساخت تونل و جان پناه، گسترش عرض جاده، روش های اصلاح هندسی شیب مجاور جاده، ایجاد افت گاه های مصنوعی برای جمع آوری و کنترل سنگ افت ها در بالا دست جاده و ساخت مسیر های موازی مانند آزادراه تهران-شمال در صورتیکه زیرساخت های زمین شناسی مهندسی در آنها رعایت شده باشد می توانند به همراه کنترل ترافیکی مناسب باعث کاهش ریسک سنگ افت در این جاده شوند.

.

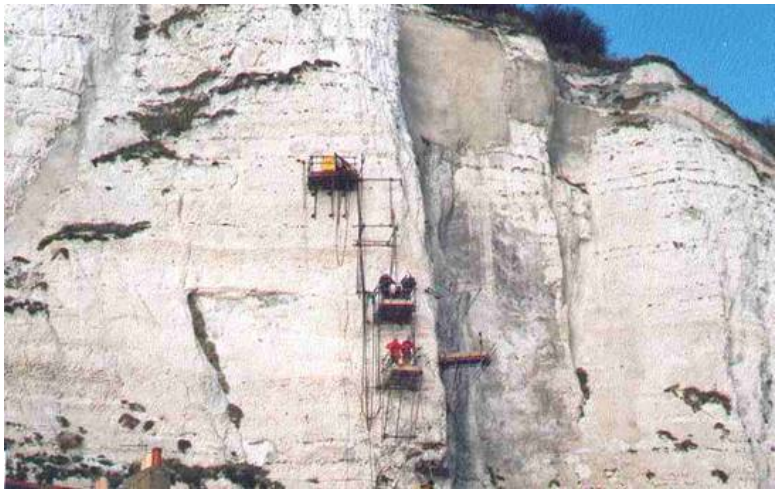
۷-بررسی حاضر با تمرکز بر روی شیب های پر خطر جاده انجام گرفته و بسیارند شیب هایی که با روش های ساده پایدار سازی و پوشش با تور سیمی و لق گیری بلوک های آزاد امکان بهسازی در آنها وجود دارد.

۸-روش های بهسازی بسیار متنوعی بر اساس اهمیت پروژه و بودجه در جهان به کار می‌روند که تلاش می شود انتخاب بهترین روش با بودجه موجود صورت گیرد. در شکل های زیر نمونه هایی از روش های متداول در مهار سازی شیب های خطرناک آمده است.

شکل ۵-۲- نمونه ای از توری های فنری سنگ گیر که به صورت افقی برروی جاده کشیده می شوند و قابلیت نگهداری بلوک هایی تا وزن ۹۶۴۰ کیلوگرم را به صورت سقوط آزاد دارا می باشند.

شکل ۵-۳- نمونه دیگری از توری های فنری سنگ گیر که به صورت قائم در بالا دست جاده بر روی شیب نصب می شوند.

شکل ۵-۴- نمونه توری نصب شده بر روی شیب جهت جلوگیری از جدا شدن وسقوط سنگ ها در جاده.



شکل ۵-۵- شکل استقرار تجهیزات نصب سیستم نگهدارنده در شیب قائم برای پایدار سازی.

شکل ۵-۶- روش های متفاوت پایدار سازی در جهان

آیا زمان آن نرسیده که جاده های کشور این تجهیزات مجهز شوند.

شکل ۵-۷- وضعیت جاده چالوس در کف هزارچم در روزهای بعد از زمین لرزه

شکل ۵-۸- کف هزار چم در سال ۸۴ در هنگام یک بارندگی شدید. زنجیر ترافیک برای خط کشی جاده ایجاد شده است. آیا تضمینی وجود دارد که در اثر این بارش و یا رخداد زمین لرزه ای محتمل فاجعه‌ای دیگر شکل نگیرد؟

۹- نتایج بررسی حاضر برای حالت استاتیک اعتبار دارد وانجام بررسی های کاملتری در مورد هر شیب و در حالت های دینامیک(هنگام رویداد زمین لرزه هاو بارش های شدید) ضروری می باشد. چنین بررسی هایی به آمار مناسب و بانک داده های ویژه، نقشه های توپوگرافی دقیق از جاده و شیب مجاور آن و داده های لرزه زمین ساختی کافی نیاز دارد. امید است گزارش حاضر سرآغازی برای **استاندارد سازی و انجام بررسی های ویژه پایدار سازی ترانشه ها در جاده های کوهستانی و تشکیل بانک داده های مخاطرات زمین شناختی جاده های کشور** باشد

منابع:

۱.آمار و اطلاعات موجود در آرشیو دفتر مطالعات پایه منابع آب ایران، از سال ۱۳۴۵ به بعد

۲.مهدوی ، محمد ،۱۳۸۱، هیدرولوژی کاربردی –جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم

۳.علیزاده، امین، ۱۳۷۶، اصول هیدرولوژی کاربردی، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ هشتم

۴.معماریان، حسین (۱۳۷۴) ، زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک ، انتشارات دانشگاه تهران ۹۵۴ ص

۵. مهندسین مشاور مترا(۱۳۸۳) ، تحلیل آمار تردد شماری گذشته محور کرج- چالوس، وزارت راه و ترابری

۶.هوک ، اورت (۱۳۸۱) ، مهندسی سنگ کاربردی (ترجمه عبدالرضا طاهریان) ، انشارات دهخدا

1. AASHTO (American association of State Highway and Transport Officials), A policy on geometric design of highways and streets, 4th edition

2. Buddhima Indraratna, Jeff Price, W. Gale, 2002, "Fourier Description of Fracture Roughness", NARMS-TAC 2002 Mining and Tunnelling Innovation and Opportunity, University of Toronto Press, Toronto, pp.35-43.

3. Budetta, P. (2004); "Assessment of rockfall risk along road", Natural Hazard and Earth System Science; (2004) 4: 71-81

4. Bunce, C. M., Cruden, D. M., and Morgenstern, N.R. : "Assessment of the hazard from Rockfall on a highway", Can. Geotech J., 34

5.Hoek, E., (2000); "Practical Rock Engineering" ; http:www.rocsience.com

6. Maerz, H. N., "Highway Rock Cut Stability in Rock Masses not conducive to stability Calculation" , Proceedings of the 51st Annual Highway Geology Symposium, Seattle, Washington, Aug. 29-sep.1 ,2000, pp.249-259

7. Palmstrom , A., (1995); "RMi- rock mass characterization system for rock engineering purposes"; PhD Thesis Oslo University , Norway, 1995, 400p

8. Pierson A. L., Van Vickle R. (1993) "Rockfall Hazard Rating System" (participant's Manual), Publication No. SA-93-057, Federal Highway Administration

9. Bieniawski ، Z. T. ; 1989 ; "Engineering Rock Mass Classifications." John Wiley and Sons ، New York ، 251 PP.

10.Priest ، S. D.; 1993 ; "Discontinuity Analysis for Rock Engineering." Chapman and Hall ، 473 PP.

11.Romana ، M. R. ، Serón ، J. B. and Montalar، E. ; 2003 "SMR، Geomechanics Classification : Application ، Experience and Validation." ، ISRM، Technology roadmap for Rock Mechanics ، South African Institute of Mining and Metallurgy.

12.Romana، M.R. ; 1993 ; "A Geomechanical Classification for Slopes : Slope Mass Rating." (in "Comprehensive rock engineering ، principles ، practice، and projects." Pergamon press. Vol.3- PP. 575- 600

13.Romana، M. R.; 1985 ; "New adjustment ratings for application of Bieniawski Classification to Slope : International Symposium on the Role of Rock Mechanics، Zacatecas، PP. 49- 53.

14.Singh ، B. and Geol ، R. K. ; 1999; "Rock Mass Classification ، A Practical Approach in Civil Engineering." : Elsevier ، 267 PP.

Abstract

Chalus road is one of the most beautiful country roads and a major lifeline between North and Central part of Iran. Due to active tectonic of the area and lack of modern engineering design in constructing of this old road it is susceptible to stability problems especially rock-fall.

The event of 28th May 2004 earthquake triggered a lot of rock-fall along the road and caused human casualties and heavy damage to the road. Following this event engineering geology department of GSI started a project to investigation rock-fall hazard along the Chalus road from pole-zangole to Marzan-Abad (almost 50 km of road). This study used two different methods: Rock-fall Hazard Rating System RHRS (Pierson et al., 1993) and Slope Mass Rating SMR (Romana, 1985, 2003) to evaluate rock-fall hazards.

The preliminary rating of the road according to RHRS, shows that nearly 20 km of road come under C category (High estimated potential for rock-fall in this study) and 20 km under B category (Moderate estimated potential for rock-fall). Detailed rating on 47 slopes in C section of the road shows following results, 7 slope receive score between 400-500, 18 slopes 500-600, 14 slopes 600-700 and 6 slopes receive score more than 700.

The SMR classification of 40 slopes shows that highest value (SMR= 76) belong to Kahar formation (almost stable) and lowest value (SMR= 35) belong to sandstones of Doroud Formation (need the complete support system).

This study is intended to assess the rock slopes conditions adjacent to road, to identify where rock-fall remediation is needed and prioritize the work using these approaches, and also may be able authorities to make informed decision on whether to take a total correction approach or only reduce the rock-fall hazard according to each slope condition and give a coast estimation and understanding of benefits associated with each of their choices. It should be mention that this result is valid for normal and static condition, more detailed work is necessary in case of probable earthquake occurrence and other extreme conditions.

Contents:

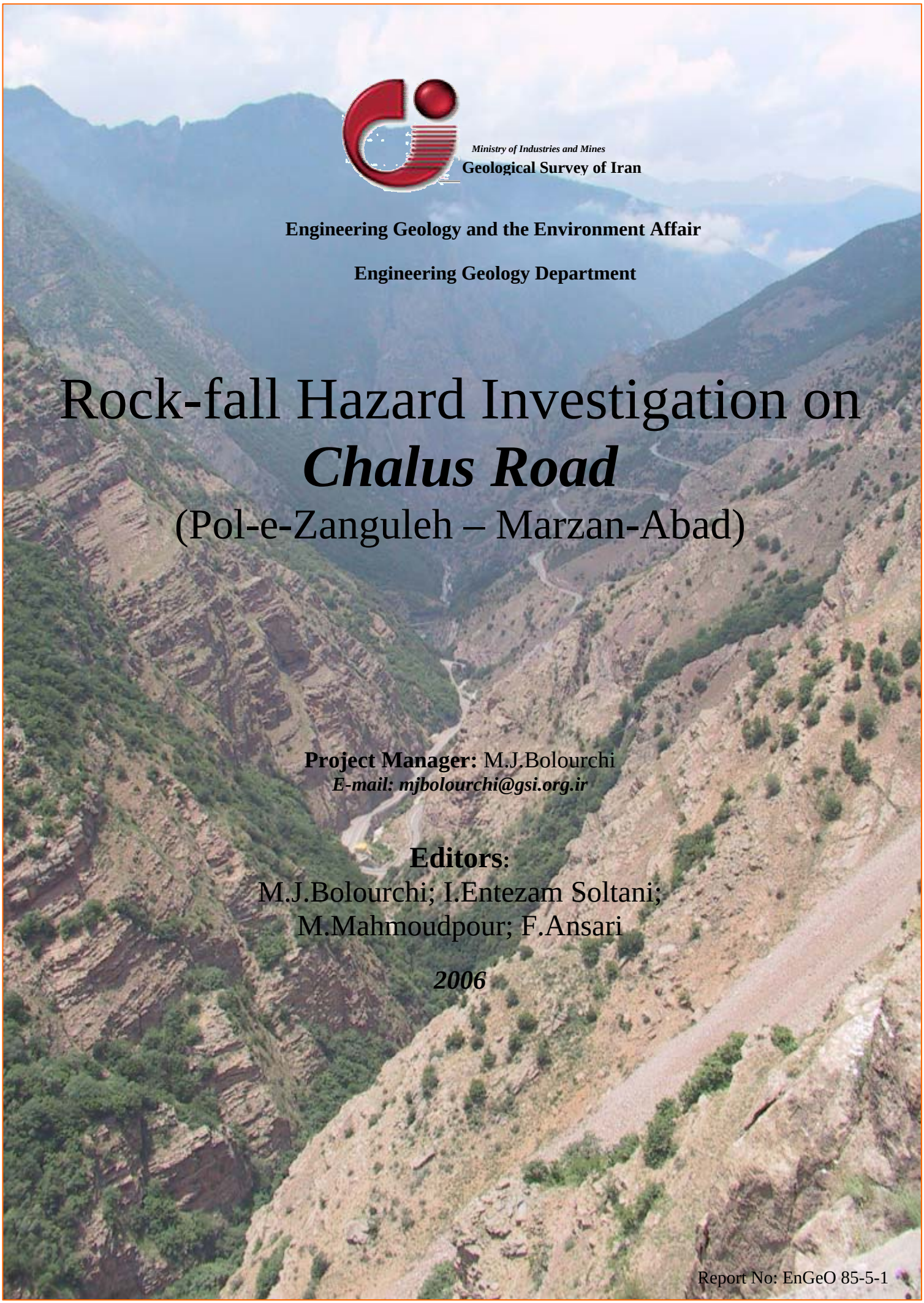
Chapter one: "climate and hydrology"
A.Shemshaki

Chapter two: "Geomorphology, Geology, Engineering geology and Structural geology"
A.Sadeghi; A.R.Sayareh; M.Mahmoud Pour; S.Karim Nejad Tari; A.Dadsetan

Chapter three: "Rock-Fall Hazard Rating System (RHRS)"
I.Entezam Soltani

Chapter four: "Slope Mass Rating (SMR)"
M. Mahmoud Pour; S. Karim Nejad Tari

Chapter five: "Conclusion"
I.Entezam Soltani; M. Mahmoud Pour; M.J.Bolourchi



Ministry of Industries and Mines
Geological Survey of Iran

Engineering Geology and the Environment Affair

Engineering Geology Department

Rock-fall Hazard Investigation on ***Chalus Road***
(Pol-e-Zanguleh – Marzan-Abad)

Project Manager: M.J.Bolourchi
E-mail: mjbolourchi@gsi.org.ir

Editors:
M.J.Bolourchi; I.Entezam Soltani;
M.Mahmoudpour; F.Ansari

2006

Report No: EnGeO 85-5-1