

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



تعیین شیب پایدار دیواره‌های معدن سنگ آهن چادرملو

سعید بداغ‌آبادی^۱، محمد عطایی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک سنگ، دانشکده فنی دانشگاه تهران

۲- عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود

E.mail: s_bodagh@yahoo.com

چکیده

تعیین شیب پایدار یکی از مراحل اولیه و مهم در طراحی معادن روباز می‌باشد. معدن چادرملو با ذخیره‌ای بالغ بر ۴۰۰ میلیون تن سنگ آهن در شمال‌شرق یزد واقع شده و تحلیلهای انجام شده نشان از ناپایداری دیواره‌های آن در آینده دارد، لذا شیب پایدار برای دیواره‌های این معدن با استفاده از نرم‌افزار CLARA تعیین شده است. بدین منظور در ابتدا با توجه به مقاطع زمین‌شناسی تهیه شده توسط کارشناسان روسی، نقشه لیتولوژی معدن تهیه و زونهای مختلف بر روی دیواره‌های پیت معدن مشخص شده است. سپس سنگهای منطقه با توجه به خواص ژئوتکنیکی مشابه به ۶ زون تقسیم و با استفاده از رده‌بندی MRMR و معیار شکست هوک و براون، چسبندگی (C) و زاویه اصطکاک (ϕ) برای زونهای مختلف محاسبه شده است. مقادیر مقاومت فشاری تک‌محوره و چگالی سنگهای مختلف از آزمایشهای انجام شده در معدن بدست آمده است. شیب پایدار با دو منظور طراحی و پایداری در هر مقطع با روش قطعات و با استفاده از نرم‌افزار CLARA تعیین شده است. در روش اول ضریب اطمینان در هر زون برای ارتفاعهای مختلف از ۱۵ تا ۲۲۵ متر در شیبهای مختلف و با هدف طراحی محاسبه و بصورت گرافیکی که برای طراحی مجدد معدن استفاده می‌شود، ارائه شده است. در روش دوم شیب پایدار برای ۱۴ مقطعی که تحلیل پایداری بر روی آنها انجام شده بود، محاسبه شده است. در نهایت شیب پایدار در هر زون و شیب پایدار سراسری در هر مقطع ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: پایداری شیب، پارامترهای مقاومتی توده‌سنگ، رده‌بندی توده‌سنگ



۱- مقدمه

معدن سنگ آهن چادرملو واقع در ۱۲۰ کیلومتری شمال شرق شهر یزد و ۶۵ کیلومتری معدن سنگ آهن چغارت و با موقعیت جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض شمالی ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه (شکل ۱) در دامنه رشته کوه‌هایی که در امتداد شمال غربی- جنوب شرقی فروافتادگی بافق را همراهی می‌کنند، واقع شده است [۱]. پیت ابتدایی معدن به شکل قلب با پهنای حدود ۹۶۰ متر و عمق ماکزیمم ۲۲۵ متر برای مدت ۳۰ سال طراحی شده است. بر اساس این طرح عرض پله ایمنی ۱۰ متر، ارتفاع پله‌ها ۱۵ متر (که در دیواره نهایی با یکی کردن دو پله، ارتفاع آنها به ۳۰ متر می‌رسد)، زاویه شیب پله‌ها ۶۹/۵ درجه و زاویه شیب معدن برای کلیه دیواره‌ها ۵۴/۷۳ درجه می‌باشد [۵]. با شروع استخراج از آنومالی شمالی در شهریور ۱۳۷۴ و با افزایش تعداد پله‌ها، ناپایداری‌هایی در معدن مشاهده شده است. نکته دیگر اینکه در طراحی‌های اولیه شیب ثابتی برای کلیه زونها در نظر گرفته شده بود، اما تحلیلهای انجام شده نشان دادند (جدول ۱) که برای جلوگیری از وقوع ریزشهای احتمالی که منجر به خسارتهای سنگین در آینده خواهند شد، شیب پایدار می‌بایست برای زونهای مختلف تعیین گردد [۲].



شکل ۱- موقعیت معدن سنگ آهن چادرملو



۲- زمین‌شناسی معدن چادرملو

کانسار سنگ آهن چادرملو در جهت جنوب غرب به شمال شرق به طول ۲ کیلومتر و عرض بین ۷۵۰-۱۵۰ متر کشیده شده و حداکثر عمق آن از سطح دشت موجود ۳۱۰ متر می‌باشد. این کانسار که شامل دو آنومالی شمالی (که خود شامل سه آنومالی بوده و ۸۰٪ ذخیره را در بر می‌گیرد) و جنوبی می‌باشد، در سال ۱۳۱۹ توسط یک زمین‌شناس آلمانی به نام کومل (V.Kumel) کشف شده است. سازند سنگ آهن چادرملو در اثر وجود شرایط ماگمایی و متاسوماتیکی و فعالیت زیاد تکتونیکی دارای وضعیت پیچیده‌ای از نظر زمین‌شناسی است و در این ناحیه بطور مکرر، نتایج فرایند ماگمایی در طول تاریخ زمین‌شناسی آن قابل مشاهده بوده و وجود رگه‌های هماتیت در مناطق اطراف و حتی در داخل قسمت‌های اصلی کانسنگ گواه آن است که حداقل در یک فاز تاخیری ماگما دوباره جریان یافته است. ذخیره آهن بطور کلی بصورت مگنتیت و هماتیت بوده و متوسط عیار کل آهن بیش از ۵۴/۹۶ درصد می‌باشد. عنصر فسفر همانند دیگر ذخایر منطقه نظیر چغارت، سه‌چاهون، زرد و چاه‌گز بصورت کانی آپاتیت همراه کانسار می‌باشد. ذخیره زمین‌شناسی کانسار با توجه به کارهای انجام شده توسط بالغ بر ۴۰۰ میلیون تن می‌باشد [۱].

۳- طبقه‌بندی توده‌سنگ معدن چادرملو

سیستم‌های طبقه‌بندی توده‌های سنگی همواره به عنوان ابزاری کارآمد در پروژه‌ها مورد استفاده بوده‌اند. با توجه به تنوع سنگها و همچنین تغییرات شدید میزان هوازگی آنها در محدوده معدن چادرملو، کلیه زونهای موجود در معدن اعم از ماده معدنی و باطله به ۶ زون با خواص ژئوتکنیکی مشابه تقسیم شده است (جدول ۲). در این تقسیم‌بندی میزان خردشدگی و هوازگی توده‌سنگ و وضعیت ناپیوستگی‌ها مدنظر قرار گرفته است [۲]. سپس با توجه به برتری‌های سیستم MRMR، ارزش زونها در این سیستم تعیین شده است (جدول ۳) [۴]. در این رده‌بندی زون خاکی تالوس که از تجمع واریزه‌های فروافتاده از تپه‌ها بوجود آمده و عموماً دیواره شرقی معدن را شکل می‌دهد، در رده‌بندی سنگها قرار نگرفته است [۳].



جدول ۱- نتایج تحلیلیهای انجام شده بر روی دیواره‌های معدن سنگ آهن چادرملو [۲]

شماره مقطع	فاکتور ایمنی	دیواره	وضعیت
۱	۱/۰۰	غربی	ریزش کلی
۲	۱/۷۶	شرقی	پایدار
۳	۱/۵۱	شرقی	پایدار
	۰/۴۲	شرقی	ریزش جزئی زون تالوس در بالای دیواره
۴	۰/۳۹	شرقی	ریزش کلی
۵	۲/۰۶	شرقی	پایدار
	۰/۴۰	شرقی	ریزش جزئی زون تالوس در بالای دیواره
۶	۰/۳۶	شرقی	ریزش چند پله‌ای در زون تالوس
۷	۰/۴۴	شرقی	ریزش جزئی زون تالوس در بالای دیواره
	۱/۲۵	شرقی	پایدار
۸	۰/۳۶	شرقی	ریزش چند پله‌ای زون تالوس در بالای دیواره
۹	۱/۴۴	شمالی	پایدار
۱۰	۰/۸۵	شمالی	ریزش کلی
۱۱	۱/۳۸	شمالی	پایدار
۱۲	۲/۳۸	غربی	پایدار
۱۳	۱/۳۶	غربی	پایدار
۱۴	۱/۱۶	غربی	احتمال ریزش کلی



جدول ۲- دسته‌بندی توده‌سنگ معدن چادرمولو و مقادیر MRMR برای هر زون [۴]

M R M R	توصیف توده‌سنگ	زون
۴۸	سنگ آهن (مگنتیت و هماتیت) بلوکی، درزه‌دار تا توده‌ای، خیلی تا فوق‌العاده مقاوم، توده‌سنگ خوب، گاهی اوقات برش خورده تا گسل‌زده با بلوکهای برش‌زده و گسل‌زده در منطقه بزرگی از سنگ، ناپیوستگیهای زبر، موجدار و غیر آتره، گسلها معمولاً خیلی برش خورده با سطوح صیقلی و گانگ ضعیف به علاوه برش	زون ۱
۴۰	دیوریت / فلسیت / متاسوماتیت / دایک بلوکی، درزه‌دار، خیلی مقاوم، توده‌سنگ خوب، گاه اوقات برش خورده و گسل‌زده، ناپیوستگیها زبر، نسبتاً موجدار و غیرآتره، گسلها معمولاً خیلی برش خورده با سطوح صیقلی و گانگ ضعیف به‌علاوه برش	زون ۲
۲۲	سنگ مخلوط شده: دیوریت / متاسوماتیت بلوکی معمولاً بکر، مقاوم و سنگهای مناطق اطراف به شدت برش خورده و تخریب‌شده، خیلی ضعیف تا ضعیف، ناپیوستگیها معمولاً غیرآتره تا برش خورده، با مواد نرم برش خورده، گانگ ضعیف یا برش پر شده	زون ۳
۱۶	سنگ تخریب شده و به شدت آتره، معمولاً متاسوماتیت / دیوریت آتره / آلبیتی شده / سنگ گسل خورده، ضعیف تا خیلی ضعیف، معمولاً تماماً برش خورده و تخریب شده، گاهی اوقات بلوکهای از مواد بکر، بدون ساختار درزه‌ای اما تعداد زیادی گسل و زون برشی با سطوح خیلی صاف و گانگ رسی، برش شکسته شده	زون ۴
۵۰	سفید مایل به قهوه ای روشن، کنگلومرا / برش، خیلی ضعیف تا ضعیف، در محل‌هایی خوب سیمانه شده، ماتریکس سیمانه با رس کلسیم‌دار با شن، مواد تخریب شده نرم تا زاویه‌ای، زبر تا گراول نزدیک به گرد، اغلب گرانیت و به ندرت سنگ آهک، گاهی اوقات کلیست و ژئپس، خاک یا سنگ ضعیف توده‌ای، همگن، بدون ساختار	زون ۵
-	تالوس، شل شده تا نسبتاً متراکم، مقدار سیمانه شدن ضعیف تا خیلی ضعیف، دارای قطعات زاویه‌دار و زبر شن که همراه آن قلوه‌سنگ و بعضاً تخته‌سنگ نیز وجود دارد	زون ۶



۴- تعیین پارامترهای مورد نیاز

پارامترهای مورد نیاز برای تعیین شیب پایدار شامل پارامترهای مقاومتی توده سنگ، وضعیت آب زیرزمینی، میزان شتاب زلزله می‌باشند. میزان شتاب زلزله برای عمر مورد نظر (۳۰ سال) برابر $0.22g$ محاسبه شده است [۶]. سطح آب زیرزمینی در محدوده معدن نیز با توجه به مطالعات انجام شده در تراز $+1360$ از سطح دریا قرار دارد [۷].

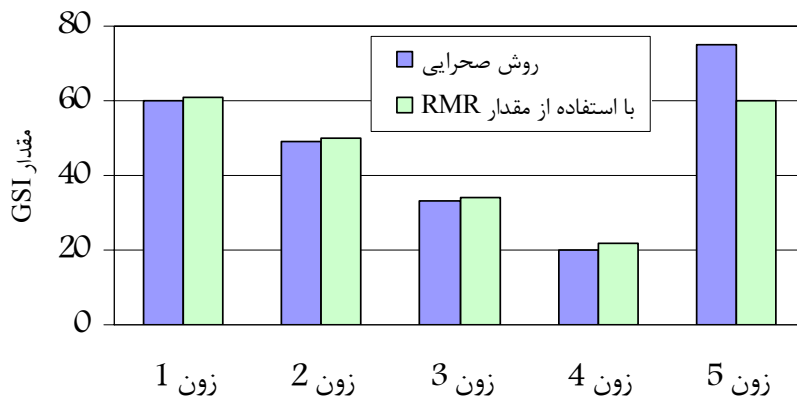
پارامترهای مورد نیاز برای تحلیل‌های پایداری شیب در این پروژه شامل چسبندگی (c) و زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) می‌باشد. با توجه به خردشدگی شدید توده سنگ در معدن چادرملو، فرض ایزوتروپ بودن را در مورد آن می‌توان بکار برد. لذا برای تعیین پارامترهای مقاومتی از معیار شکست هوک و براون (۲۰۰۲) استفاده شده است [۳]. پارامترهای ورودی این معیار مقاومت زمین‌شناسی (GSI)، اندیس m_i ، مقاومت فشاری تک‌محوره (UCS)، چگالی و ضریب تخریب (D) می‌باشند [۸].

پارامتر GSI از دو روش مشاهده صحرائی و روابط ارائه شده (بصورت تابعی از RMR) [۹] محاسبه شده است که تطابق بسیار خوبی با یکدیگر داشتند (شکل ۲) [۲]. مقاومت فشاری تک‌محوره از روی آزمایش‌های بارتقظه‌ای انجام شده بر روی مغزه‌ها و نمونه‌های دستی منطقه [۴] و مقدار اندیس m_i از روی جداول ارائه شده توسط هوک و براون محاسبه شده است [۲] و در نهایت مقدار ضریب تخریب برای زونهای مختلف با توجه به وضعیت آتشکاری غیرکنترل شده در معدن و بر اساس جدول ارائه شده توسط هوک و براون [۸] برابر ۱ فرض شده است [۱]. بر این اساس با توجه به محدوده تغییرات پارامترهای ورودی معیار هوک و براون (GSI، m_i ، مقاومت فشاری تک محوره، چگالی و ضریب تخریب) مقادیر ماکزیمم، متوسط و مینیمم c و ϕ برای زونهای مختلف محاسبه شده است. مقادیر میانگین c و ϕ برای زونهای مختلف در جدول ۴ درج شده است [۳].



جدول ۳- تعیین MRMR برای گروههای مختلف ژئوتکنیکی [۴]

نوع ژئوتکنیکی						مقدار (MPa)	
نوع ۵	نوع ۴	نوع ۳	نوع ۲	نوع ۱			
۱۵	۱۰	۶۵	۱۲۰	۱۸۵		مقاومت سنگ	
۳	۲	۸	۱۵	۱۸		امتیاز	
۱	۳	۳	۳	۳		دسته درزه ها	
۰/۲۵	۳/۳	۲/۴	۱/۴	۱		چگالی ناپیوستگیها	
۴۰	۱۸	۲۰	۲۴	۲۶		امتیاز	
خشک	خشک	خشک	خشک	خشک		آب	
۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵		JA	
۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۸۰	۰/۸۰		JB	
۱	۱	۱	۱	۱		JC	
۰/۹۰	۰/۳۰	۰/۴۵	۰/۷۰	۰/۸۰		JD	
۲۷	۷	۱۱	۱۹	۲۲		امتیاز	
۷۰	۲۷	۳۹	۵۵	۶۶		امتیاز	
۲B	۴B	۴A	۳A	۲B		کلاس	
خوب	ضعیف	ضعیف	متوسط	خوب		شرح	
۱	۰/۸	۰/۸	۱	۱		هوازدگی	
۱	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸		جهت داری	
۱	۱	۱	۱	۱		تنش	
۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹		آتشکاری	
۵۰	۱۶	۲۲	۴۰	۴۸		امتیاز	
۲B	۵A	۴B	۴A	۲B		کلاس	
متوسط	خیلی ضعیف	ضعیف	ضعیف	متوسط		شرح	



شکل ۲- مقایسه مقدار GSI بدست آمده از روش صحرایی و بدست آمده از مقدار RMR

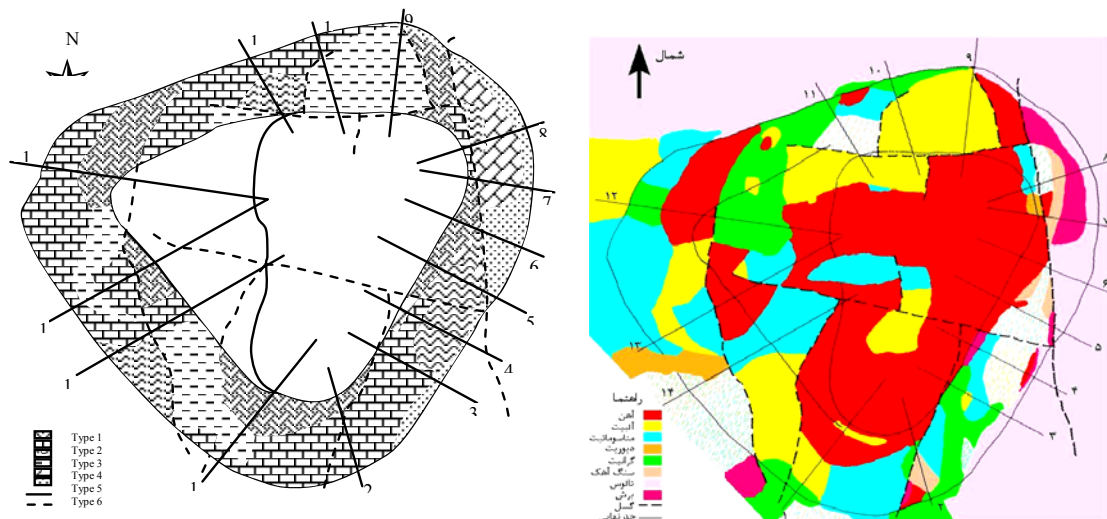
جدول ۴- پارامترهای معیار هوک و براون و مقادیر میانگین c و ϕ برای زونهای مختلف در چادرملو [۸]

ϕ	(KPa) C	D	چگالی	(MPa) UCS	m_i	GSI		زون
						با استفاده از RMR	مشاهدات صحرایی	
۴۹/۵۸	۱۹۵۷	۱	۴/۵-۵/۳	-۲۰۰ ۱۵۰	۲۵-۳۰	۶۱	۵۰-۷۰	۱
۴۳/۲۳	۷۳۲	۱	۲/۳-۲/۸	-۱۲۰ ۱۰۰	۲۰-۲۵	۵۰	۳۷-۶۲	۲
۳۰/۳۵	۳۶۹	۱	۲/۳-۲/۸	۵۰-۱۰۰	۲۰-۲۵	۳۴	۲۱-۴۵	۳
۱۰/۰۲	۶۸	۱	۲/۳-۲/۶	۵-۲۰	۱۰-۱۵	۲۲	۹-۳۱	۴
۲۴/۴۷	۳۱۴	۱	۲/۳-۲/۶	۲-۱۰	۵	۶۵	۶۲-۸۸	۵
۳۳	۴	۱	۱/۸-۲	-	-	-	-	۶



۵- تهیه نقشه ژئوتکنیکی زونها در محدوده پیت ۳۰ ساله

برای تعیین شیب پایدار هر زون می‌بایست محدوده هر زون در معدن تعیین شود، لذا با توجه به مقاطع تهیه شده توسط کارشناسان روسی، ابتدا نقشه زمین‌شناسی مطابق شکل ۳- الف تهیه و سپس محدوده هر زون بر روی پیت فعلی معدن مطابق شکل ۳- ب مشخص شده است. ۱۴ مقطع عمود بر پیت نیز برای تحلیل پایداری و تعیین شیب پایدار در آنها انتخاب شده است [۲].



ب- نقشه ژئوتکنیکی معدن

الف - نقشه زمین‌شناسی معدن

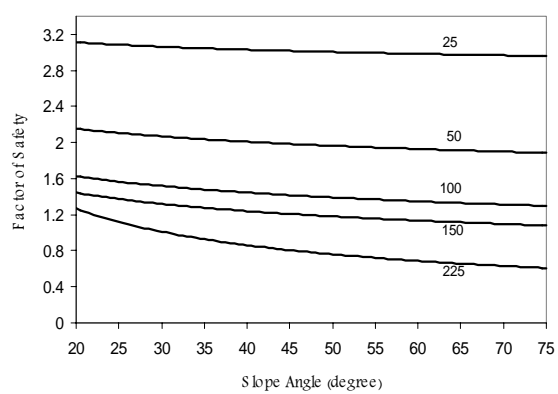
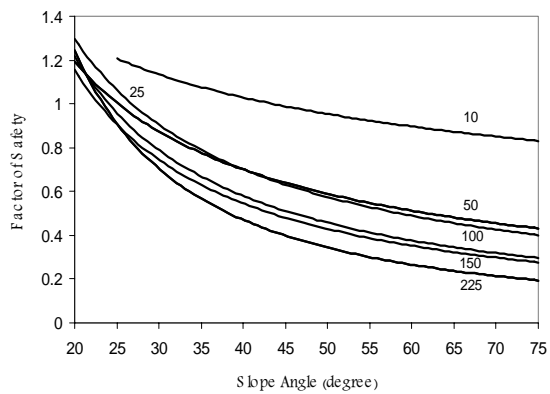
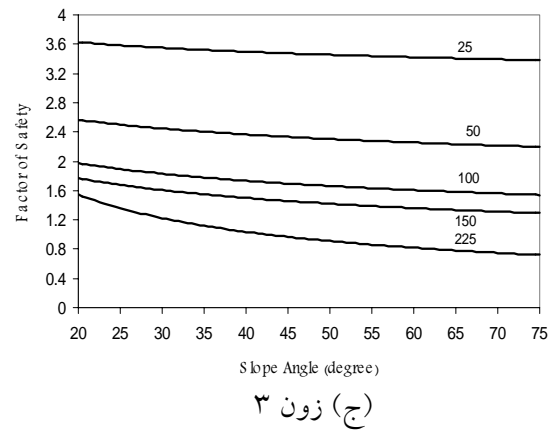
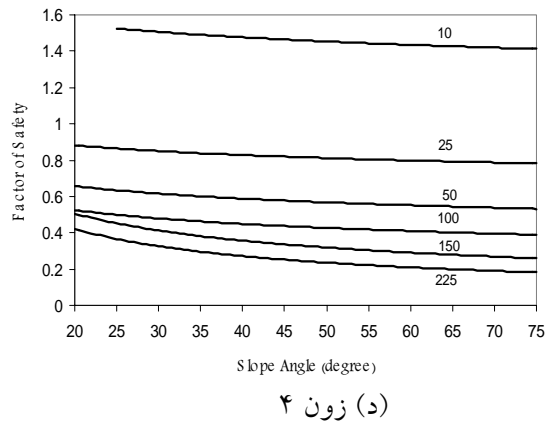
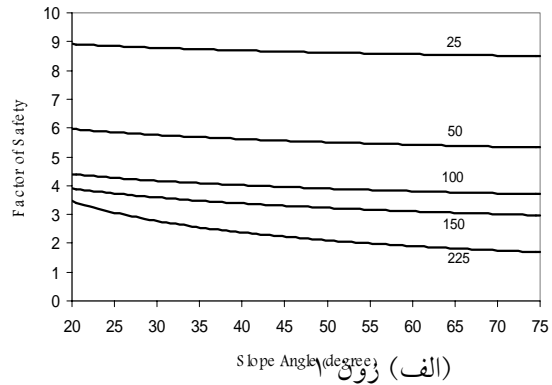
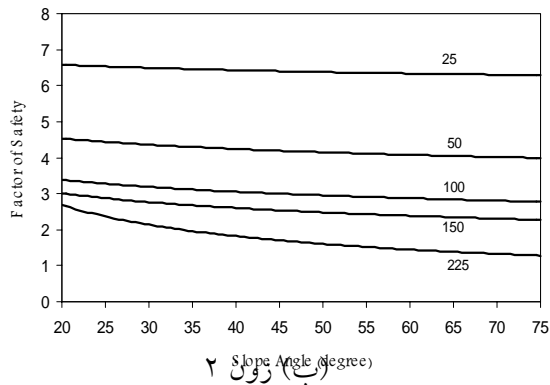
شکل ۳: نقشه زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی معدن سنگ آهن چادرملو

۶- تعیین شیب پایدار

برای تعیین شیب پایدار در معدن سنگ آهن چادرملو دو روش مورد استفاده قرار گرفته و سپس تحلیلهایی با نرم افزار *CLARA 2.31* انجام شده است.

۶-۱- روش اول

در این روش شیبهایی فرضی ولی از جنس مصالح زونهای شش‌گانه با زوایای مختلف ۲۰ تا ۷۵ درجه و با تغییرات ارتفاع شیب از ۱۵ تا ۲۲۵ متر مورد تحلیل قرار گرفته و ضریب اطمینان در برابر پایداری برای هر زون محاسبه شده است که نتایج بصورت گراف در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴- شیب پایدار در ارتفاعهای مختلف برای زونهای مختلف

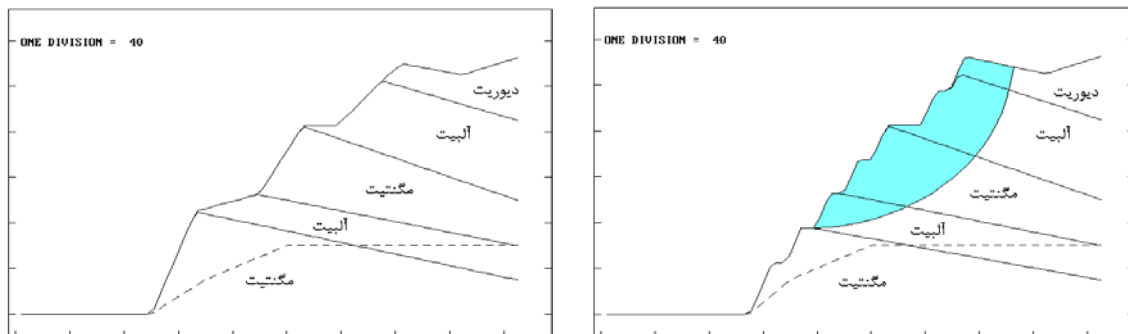


در مورد انتخاب حداقل و حداکثر زاویه و ارتفاع شیب باید به این نکته اشاره شود که اصولاً سازندها بجز در شرایط روانگرایی در اثر زلزله‌های شدید، در زوایای کمتر از ۲۰ درجه پایدارند و هرگونه ناپایداری در این زمینه در مباحث معدنکاری قابل چشم پوشی می‌باشد و از طرف دیگر حداکثر زاویه اجرایی با توجه به شرایط کار در معدن در حدود ۷۰ درجه می‌باشد. ارتفاعهای مورد نظر نیز با توجه به ارتفاع پله‌ها (۱۵ متر) و ارتفاع نهایی دیواره غربی (۲۲۵ متر) که بزرگترین دیواره خواهد بود، انتخاب شدند. نکته حائز اهمیت در این روش، کاربرد آن در مرحله طراحی پیت بهینه می‌باشد. زیرا با داشتن زاویه پایدار برای هر زون در ارتفاع مشخص، طراحی پیت بهینه انجام می‌شود.

۶-۲- روش دوم

در این روش شیب پایدار برای ۱۴ مقطعی که در مرحله تحلیل پایداری تهیه شده بودند، با روش سعی و خطا تعیین شده است. در مرحله تحلیل پایداری دیواره‌های معدن سنگ آهن چادرملو، ۱۴ مقطع بر روی پیت ۳۰ ساله تهیه و تحلیل پایداری بر روی آنها انجام شد است [۲]. نتایج تحلیل پایداری نشان می‌دهد که در مقاطع ۱، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۰ و ۱۴ ناپایدار بوده و شیب پایدار در این مقاطع تعیین شده است.

مقطع ۱: این مقطع به واسطه وجود زون ۴، با داشتن فاکتور ایمنی $1/0.07$ از احتمال کمی برای پایداری برخوردار است. در ابتدا شیب بالایی مقطع یعنی آلبیت و دیوریت به ۴۵ درجه کاهش داده شد. در نتیجه بالای شیب با فاکتور ایمنی $1/228$ پایدار شد. با افزایش زاویه شیب دیوریت در تاج به $69/5$ درجه (شیب طراحی شده برای پله‌ها) شیب همچنان با فاکتور ایمنی $1/212$ پایدار خواهد ماند. در قسمت پایین شیب با فاکتور ایمنی $1/137$ احتمال ناپایداری وجود دارد، با کاهش شیب زون ۴ در پایین به ۳۵ درجه، همچنان احتمال ناپایداری وجود دارد. کاهش شیب زون آهن هم به علت وزن زیاد زون آهن بالایی که باعث چرخش بر روی زون ضعیف ۴ می‌شود باعث پایدار شدن شیب نمی‌شود و بناچار با افزایش شیب آهن در پایین به حدود ۶۵-۷۰ درجه و کاهش شیب زون ۴ بالای سر آن تا ۲۵ درجه و شیب ۴۵ درجه برای قسمت بالایی، در کل پایداری $1/331$ و برای بالای شیب پایداری $1/257$ حاصل شد. بدین وسیله پایداری مقطع اول با زاویه کلی $49/5$ درجه حاصل خواهد شد (شکل ۵).

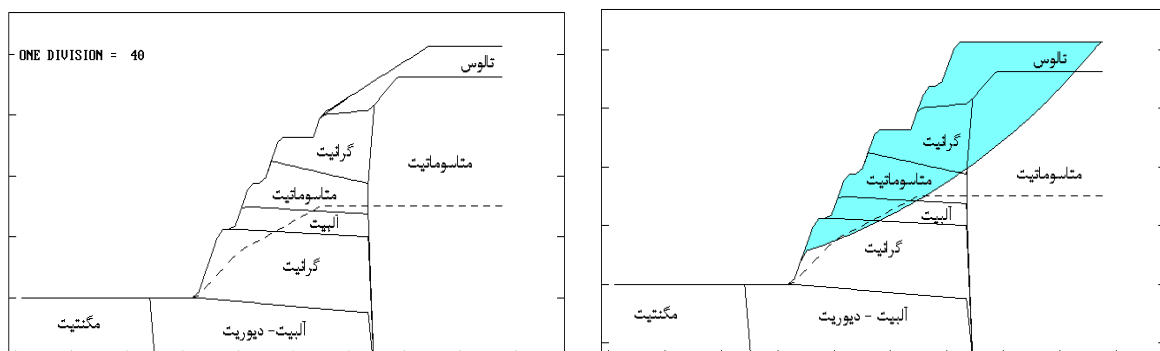


ب- حالت پایدار

الف- حالت ناپایدار

شکل ۵- تحلیل پایداری و تعیین شیب پایدار در مقطع ۱

- **مقطع ۳:** در این مقطع ناپایداری ناشی از وجود زون تالوس بود که با کاهش شیب آن به ۳۰ درجه از ریزش آن جلوگیری خواهد شد و شیب کلی برای این مقطع برابر ۴۲/۹ درجه خواهد بود (شکل ۶).

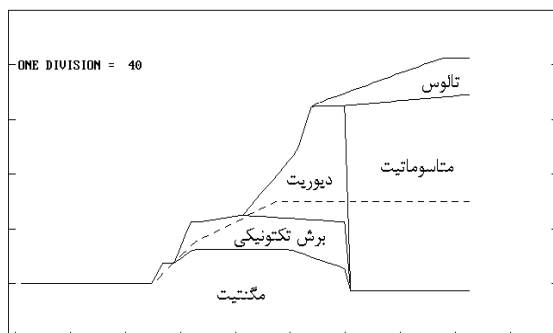


ب- حالت پایدار

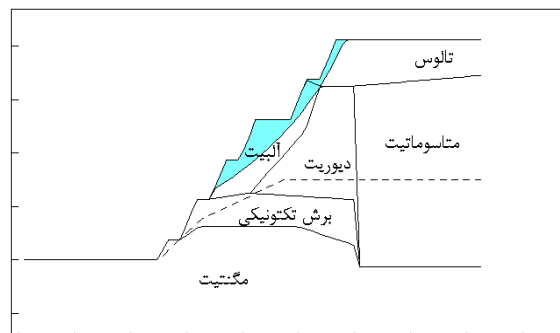
الف- حالت ناپایدار

شکل ۶- تحلیل پایداری و تعیین شیب پایدار در مقطع ۳

- **مقطع ۴:** در این مقطع دو مشکل زون ضعیف ۴ در کمر شیب و تالوس در بالای مقطع وجود داشت. ابتدا شیب زون آلبیتی جلو به ۳۲ درجه کاهش داده شد ولی به علت ارتفاع زیاد، با فاکتور ایمنی ۱/۰۹۳ احتمال ناپایداری زیاد است. با حذف زون ۴، شیب در کمر با فاکتور ایمنی ۱/۹۱۳ پایدار خواهد شد. پایداری زون تالوس در بالای شیب با زاویه ۲۰ درجه حاصل می شود و بدین ترتیب مقطع با شیب کلی ۳۸ درجه پایدار خواهد بود (شکل ۷).



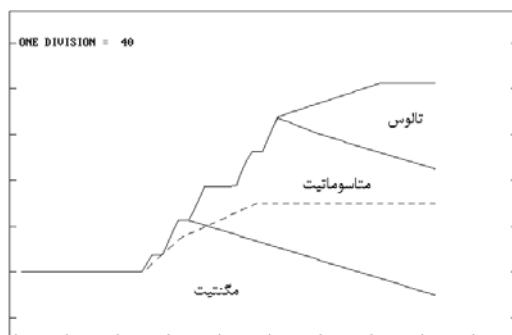
ب- حالت پایدار



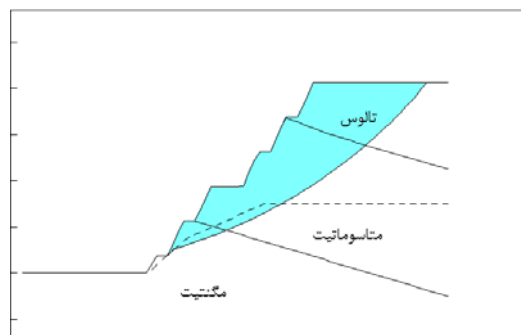
الف- حالت ناپایدار

شکل ۷- تحلیل پایداری و تعیین شیب پایدار در مقطع ۴

- **مقطع ۵:** ناپایداری در زون تالوس است که با کاهش شیب آن به ۲۰ درجه، شیب کلی به $41/3$ کاهش یافته و شیب پایدار خواهد شد (شکل ۸).



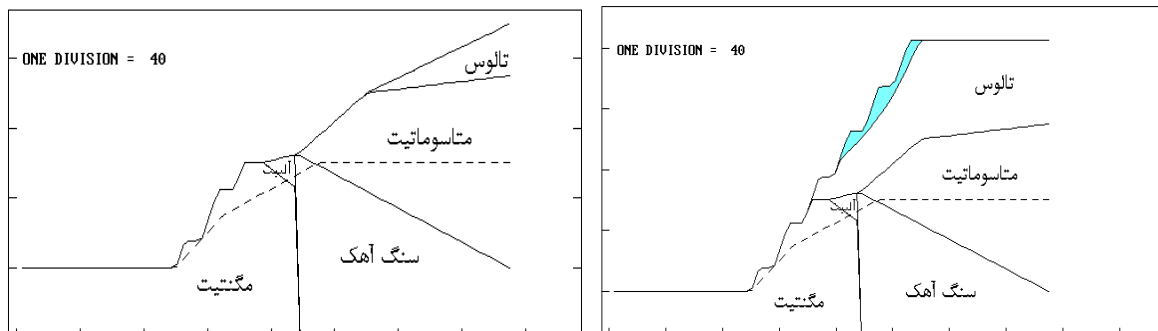
ب- حالت پایدار



الف- حالت ناپایدار

شکل ۸- تحلیل پایداری و تعیین شیب پایدار در مقطع ۵

- **مقطع ۶:** در این مقطع که زون تالوس عمقی در حدود ۱۰۰ متر را دارد با کاهش شیب عملاً بستر تا ارتفاع ۱۰۰ متری بر روی آهن (مگنتیت) و متاسوماتیت قرار می‌گیرد و در ادامه با کاهش شیب در تالوس تا ۲۵ درجه، شیب مطابق شکل ۹ پایدار می‌شود و زاویه شیب کلی مقطع برابر ۳۸ درجه خواهد بود.

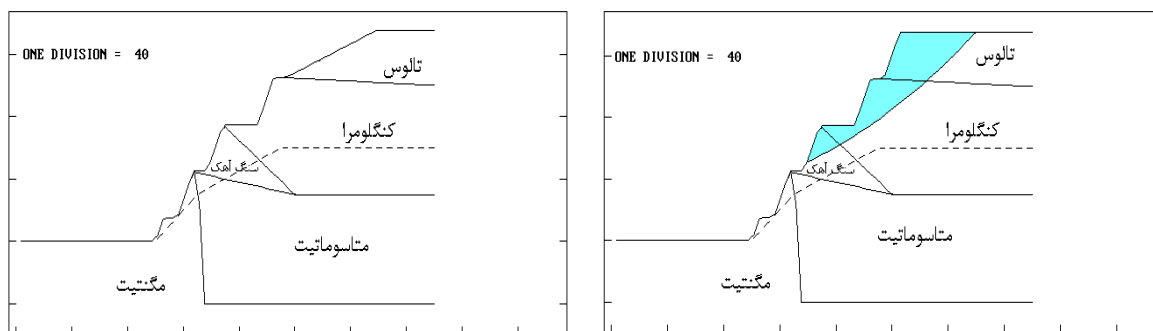


ب- حالت پایدار

الف- حالت ناپایدار

شکل ۹- تحلیل پایداری و تعیین شیب پایدار در مقطع ۶

- **مقطع ۷:** در این مقطع نیز با کاهش شیب تالوس به ۲۵ درجه به پایداری رسیده و شیب کلی مقطع برابر ۳۴ درجه خواهد شد (شکل ۱۰).

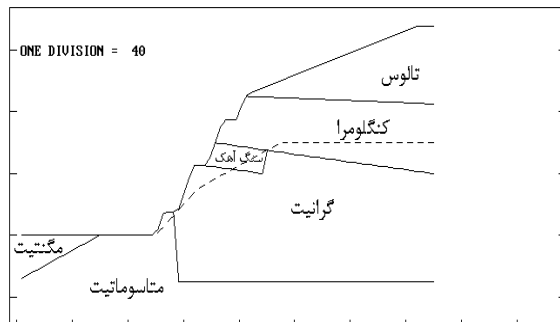


ب- حالت پایدار

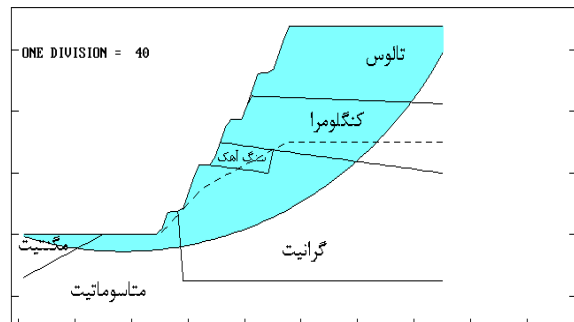
الف- حالت ناپایدار

شکل ۱۰- تحلیل پایداری و تعیین شیب پایدار در مقطع ۷

- **مقطع ۸:** این مقطع نیز با کاهش شیب تالوس به ۲۰ درجه پایداری شده و شیب کلی مقطع برابر ۳۵/۸ درجه خواهد شد (شکل ۱۱).



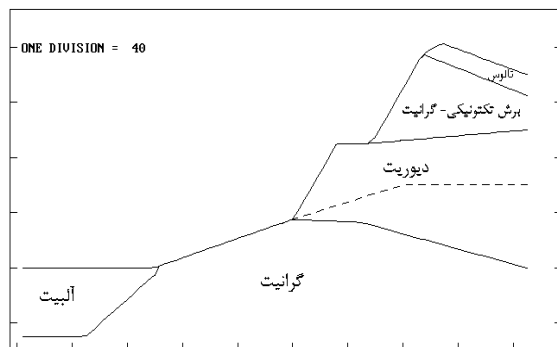
ب- حالت پایدار



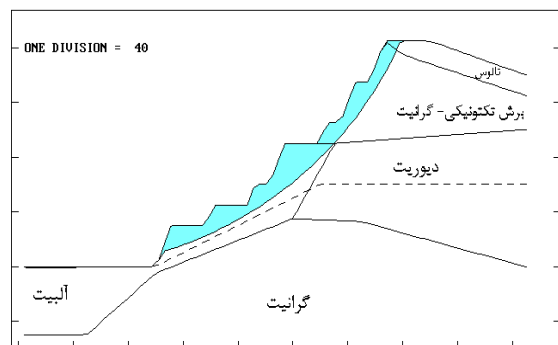
الف- حالت ناپایدار

شکل ۱۱- تحلیل پایداری و تعیین شیب پایدار در مقطع ۸

- **مقطع ۱۰:** ناپایداری این مقطع ناشی از زون ۴ در جلوی شیب بوده که همانند مقطع ۴ تنها راه عقب‌روی این زون تا قرارگیری بر روی دیوریت خواهد بود. بستر دیوریتی و گرانیت- برش تکتونیکی با زاویه ۶۰ درجه پایدار بوده و شیب تالوس بالای مقطع را به ۳۰ درجه کاهش داده و مقطع با حداقل فاکتور ایمنی $1/402$ برای بالای شیب و $1/835$ برای کمر شیب و شیب سراسری $38/4$ پایدار خواهد شد (شکل ۱۲).



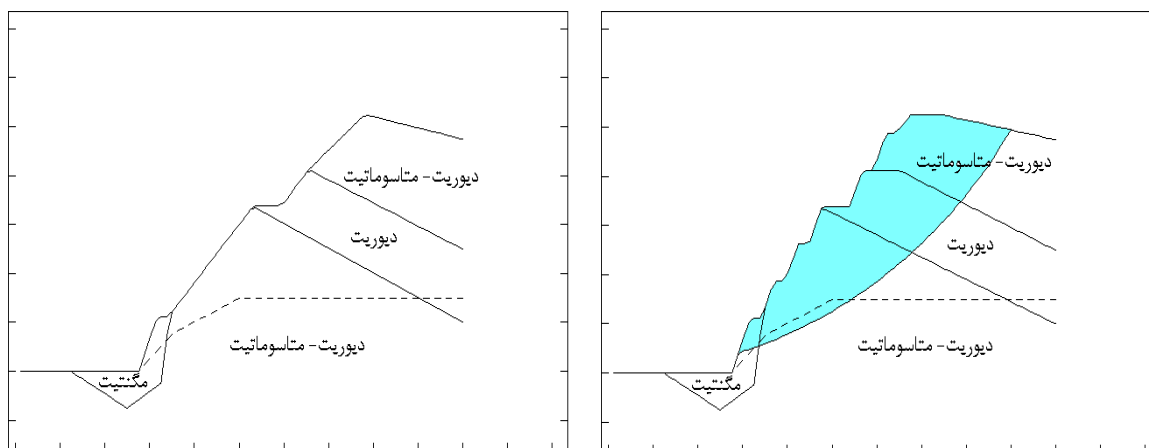
ب- حالت پایدار



الف- حالت ناپایدار

شکل ۱۲- تحلیل پایداری و تعیین شیب پایدار در مقطع ۱۰

- **مقطع ۱۴:** در این مقطع حداقل فاکتور ایمنی بدست آمده برابر $1/162$ بود که با کاهش شیب دیواره‌ها (بغیر از آهن) به ۵۰ درجه، پایداری با فاکتور ایمنی $1/256$ حاصل شده و شیب کلی برابر $46/6$ درجه خواهد شد (شکل ۱۳).



ب- حالت پایدار

الف- حالت ناپایدار

شکل ۱۳- تحلیل پایداری و تعیین شیب پایدار در مقطع ۱۲

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

روش اول برای طراحی مجدد پیت معدن کارآیی بسیاری دارد. به این صورت که در طراحی پیت معدن، زاویه پایدار برای هر زون با توجه به ارتفاع آن از روی گرافهای بدست آمده انتخاب می‌شود در روش دوم شیب پایدار برای هر مقطع بدست می‌آید که این کار می‌بایست در نهایت بعد از هر مرحله طراحی انجام گیرد. همانطور که مشاهده می‌شود، در بعضی موارد در روش دوم برای ایجاد پایداری در شیب می‌بایست که زون ناپایدار کاملاً برداشته شود و این امر باید با ملاحظات طراحی همراه باشد و همواره به این نکته توجه شود که طراحی معدن و پایداری دیواره‌های آن بصورت دو فرآیند مهم، لازم و ملزوم یکدیگر می‌باشند.

برای تعیین دقیق‌تر شیب پایدار و پایداری شیب، انجام آزمایشهای مربوطه مانند مقاومت فشاری تک محوره ضروری می‌باشد. جهت بررسی وضعیت گسلها و ناپیوستگیهای مهم در محدوده معدن، حفاریهای ژئوتکنیکی با برداشت دقیق از مغزه‌ها در پیرامون معدن باید انجام شود. در این راستا تعیین دقیق وضعیت آب زیرزمینی از اهمیت بالایی برخوردار است. نکته دیگر که باید به آن اشاره شود تعیین دقیق‌تر مشخصات زون تالوس با آزمایشات مکانیک خاکی است که با توجه به ارتفاع زیاد این زون در بعضی مقاطع، بر اهمیت آن افزوده می‌شود. در مورد مناطق بشدت گسله نیز ضرورت انجام مطالعات دقیق‌تر احساس می‌شود. در نهایت برای انجام تحلیلهای کاملتر، تهیه مدل سه بعدی زمین‌شناسی معدن امری اجتناب ناپذیر و ضروری خواهد بود..



منابع و مراجع

- [۱] - ابریشمی، ۱۳۷۲، "بررسی زمین‌شناسی و توجیه فنی-اقتصادی سنگ آهن چادرملو"، مجتمع معدنی و صنعتی چادرملو
- [۲] - بداغ‌آبادی سعید، ۱۳۸۲، "تحلیل پایداری دیواره‌های معدن چادرملو و تعیین شیبهای پایدار"، پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه صنعتی شاهرود
- [۳] - بداغ‌آبادی سعید، عطائی محمد، ۱۳۸۳، "تعیین پارامترهای مقاومتی توده‌سنگ معدن سنگ آهن چادرملو با استفاده از معیار شکست هوک و براون"، هشتمین کنفرانس ملی زمین‌شناسی، دانشگاه صنعتی شاهرود ۱۶-۱۴ شهریور ۱۳۸۳
- [۴] - مهندسین مشاور کانی‌کاوان شرق، ۱۳۸۲، "تعیین شیبهای اولیه در معدن سنگ‌آهن چادرملو"

- [5] - EBE, "Detail Engineering Services"; Section II; Volume 1,2,3, Ministry of Mines & Metals (Chador-Malu Iron ore Project M.C.M.P
- [6] - Berberian, M., "A Preliminary Note on the Seismo tectonic & Earthquake Fault Hazard Study of the Chador-Malu Site", Central IRAN
- [7] - Gold, O., 1990, "Drainage system year 20 & 30", EBE Engineering services, 1990, Dwg. No. 1413-1045 & 1413-1046
- [8] - Hock, E. and Carranza-Torres, C. and Corkum, B., 2003, "Hock – Brown Failure Criterion-2002 Edition", Manual of RocLab Software
- [9] – Sheory P.R., 1997, "Emprical Rock Failure Criteria", A. A. Balkema

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله