

کاربرد تئوری فازی در تحلیل پایداری شیروانی‌ها (با نگرشی به زمین لغزش محمدآباد جیرفت)

مهدی محمدی^۱، حسین توکلی^۲، حمید شجاعی^۳

۱- دانشجوی دکتری مکانیک سنگ، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- استادیار دانشگاه پیام نور کرمان

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۶/۱۶ تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۶/۲۱

چکیده

در این مقاله، کاربرد تئوری فازی در تحلیل زمین لغزش‌ها مورد بحث قرار گرفته است، با استفاده از این روش پایداری شیروانی محمدآباد، مسیر ارتباطی جیرفت و کرمان بررسی شد. پارامترهای مقاومت برشی، وزن مخصوص و تراز پیرومتریک که دارای عدم قطعیت هستند به عنوان متغیر تعیین و توزیع آماری پارامترهای مذکور با استفاده از نرم افزار Best fit تعیین گردید، همچنین تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای مقاومت برشی نسبت به فاکتور اطمینان به روش تعادل حدی انجام شد و تحلیل پایداری نیز به روش تعادل حدی انجام گردید. از آنجایی که، در تئوری فازی دامنه ای از مقادیر فاکتور اطمینان در نظر گرفته می شود ارزیابی پایداری با قطعیت بیشتری تعیین می گردد، همچنین بررسی ها نشان می دهد شیروانی مورد نظر با این رهیافت ناپایدار می باشد.

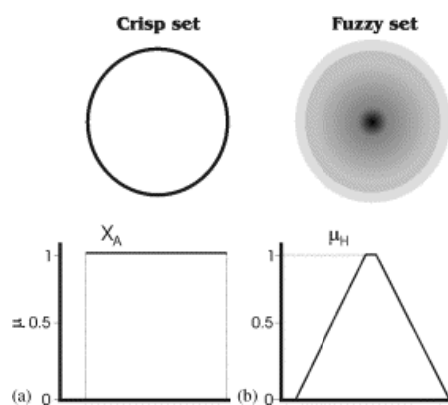
واژگان کلیدی: زمین لغزش، تحلیل پایداری، نرم افزار Geo slope، مجموعه فازی

مقدمه

یکی از این تکنیک‌ها استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی است. برای اعمال عدم قطعیت در تحلیل پایداری، ابتدا پارامترهای ورودی که دارای عدم قطعیت هستند، مشخص شده و پس از انجام مدل سازی ضریب اطمینان که تابعی از چندین متغیر است محاسبه می شود [۳].

داده‌های ناکافی از چینه شناسی محل، زمین شناسی منطقه، خصوصیات ژئومکانیکی مواد تشکیل دهنده سازه، بارهای وارده و عوامل تکنونیک سبب می شود که همواره محقق در ارزیابی پایداری سازه با عدم قطعیت مواجهه باشد. به منظور محاسبه عدم قطعیت در تحلیل پایداری و طراحی شیروانی از تکنیک‌های خاصی استفاده می شود.

همچنین سطح آب پیزومتریک به صورت اعداد فازی در نظر گرفته می شود و پس از تبدیل اعداد فازی به مجموعه فازی به تحلیل پایداری شیروانی به روش تعادل حدی پرداخته می شود.



شکل ۱- تفاوت مجموعه کلاسیک و مجموعه فازی

مفاهیم تئوری مجموعه های فازی

پردازش داده های کمی بدست آمده از زمین شامل پارامترهای مقاومت برشی، وزن مخصوص و سطح آب داخل شیروانی، همواره با عدم قطعیت همراه است، زیرا مواد و مصالح تشکیل دهنده زمین یکنواخت نیستند. این پارامترها را می توان بصورت مجموعه های فازی بیان نمود تا رفتار خاک و یا سنگ را در دامنه وسیعتری از تغییرات پارامترهای ژئوتکنیکی بیان کرد [10].

مجموعه های فازی و درجه عضویت

اگر X مجموعه مرجع باشد، هر مجموعه فازی A در X بصورت زوج مرتب های $(x, \alpha_A(x))$ نشان داده می شود [۱۴]

$$A = \{(x, \alpha_A(x) \mid x \in X)\} \quad (1)$$

که $\alpha_A(x)$ تابع عضویت برای یک مجموعه فازی A بصورت زیر تعریف می شود:

تفاوت مجموعه های قطعی با مجموعه های فازی در توابع عضویت است. یک مجموعه کلاسیک دارای یک تابع مشخصه است که نشان دهنده عضویت یا عدم عضویت اعضای آن به مجموعه است. در حالی که در مجموعه فازی، دامنه تغییرات برای پارامترهای ورودی موجود است شکل (۱).

در دو دهه اخیر، مطالعات ویژه ای در زمینه ژئوتکنیک بخصوص کاربرد مجموعه های فازی در پروژه های مکانیک سنگ انجام گرفته است. منجزی و همکارانش مدلی جهت پیش بینی اندازه خردایش سنگ ها در هنگام انفجار سنگ ارائه دادند [4]. مدلی جهت پیش بینی انتخاب نوع TBM بر اساس شرایط محیط توسط اکاراگلو و همکارانش ارائه شد [5]. مطالعاتی جهت پیش بینی پرتاب سنگ در هنگام آتشکاری توسط منجزی و همکارانش ارائه شد [6]. ون کسی و همکارانش جهت بررسی جابجایی توده سنگ تحت تاثیر تنش در سازه های زیرزمینی از آن استفاده کرد [7]. مدلی جهت پیش بینی مقاومت فشاری تک محوره و مدول الاستیسیته سنگ توسط گوک شگلو [8] و همچنین آلوارز [10] جهت پیش بینی مقاومت فشاری تک محوره ارائه دادند. سیستم GSI در مهندسی سنگ بر اساس منطق فازی توسط اسنومز مدلسازی شد [9]. ساکورایی [3] و دوداگودر [11] پایداری شیروانی ها را بر اساس منطق فازی بررسی کردند [13]. نئون منطق فازی و کاربردهای آن را بررسی کرد [12,13]. در این مقاله کاربرد تئوری فازی در تحلیل زمین لغزش ها مورد بحث قرار گرفته است. در ادامه پایداری شیروانی محمدآباد، واقع در مسیر ارتباطی جیرفت و کرمان، با این رهیافت بررسی شده است. پارامترهای مقاومت برشی، وزن مخصوص و

مفهوم (α) برش برای مجموعه های فازی

مفهوم برش برای یک مجموعه فازی A بصورت زیر تعریف می‌شود [7]:

$$A_\alpha = \{x \in X \mid \alpha_A(x) \geq \alpha\}, \forall \alpha \in [0,1] \quad (4)$$

برش یک مجموعه فازی A بصورت یک مجموعه قطعی A_α که شامل همه عناصر مجموعه مرجع X که درجه عضویت شان در A بزرگتر یا مساوی (α) فقط بزرگتر از) یک مقدار ویژه α باشد، تعریف می‌شود. هدف اصلی مفهوم برش تقسیم کردن یک عدد فازی به مجموعه‌ای از فواصل برش می‌باشد. برای هر پارامتر نامطمئن، برش یک مجموعه فازی یک فاصله با دو نقطه مثلا کران بالا و پایین متعلق به آن برش را بدست می‌دهد، که مفهوم برآورد نقطه‌ای فازی است. هر مجموعه فازی A می‌تواند به تعداد بینهایت برش تبدیل شود چون بینهایت عدد α در بازه $[0,1]$ وجود دارد [15].

مطالعه موردی: تحلیل زمین لغزش محمدآباد

جیرفت زمین شناسی منطقه: زمین لغزش منطقه محمدآباد واقع در کیلومتر ۱۲۰ جاده کرمان- جیرفت، در سال ۱۳۷۸ بوقوع پیوست. در اثر وقوع این رانش قسمتی از محور ارتباطی تخریب گردید و خساراتی بر جای گذاشت. زمین لغزش مورد بررسی متعلق به بخش جبالبارز شهرستان جیرفت می‌باشد. بخش جبالبارز، با طولی حدود ۲۵۰ کیلومتر به باتلاق جازموریان منتهی می‌گردد. این منطقه از نقطه نظر زمین شناسی در ناحیه ساختاری کمر بند آتش فشانی سهند، بزمان قرار داشته و از نقطه نظر سنگ شناسی شامل سنگ‌های آذرین بیرونی از نوع آندزیت، بازالت ریولیت، ریوداسیت، داسیت و سنگ های آذر آواری

$$\alpha_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

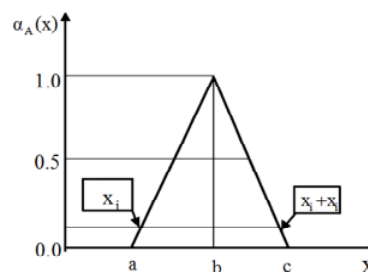
تابع عضویت نشان دهنده درجه سازگاری x در A یا درجه تعلق x به A می‌باشد. برای مدلسازی عدم قطعیت در مسائل ژئومکانیک و ژئوتکنیک استفاده از یک زیرمجموعه که عدد فازی نامیده می‌شود، کافی است [13].

اعداد فازی

شکل تابع عضویت عدد فازی، محدب و حداقل دارای یک مقدار با درجه عضویت ۱ می‌باشد [14]. یکی از انواع اعداد فازی، عدد فازی مثلثی است. اگر شکل تابع عضویت مثلثی باشد، عدد فازی مثلثی نامیده می‌شود. این تابع عضویت توسط سه پارامتر مینیمم، مد و ماکزیمم بیان می‌شود که a, c کران بالا و پایین (مقادیر x در $\alpha = 0$) و مقدار x متناظر با $\alpha = 1$ را نشان می‌دهد (شکل (۲) مرجع [۱]):

$$A = (a, b, c) \quad (3)$$

$$A(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{x-c}{b-c} & b \leq x \leq c \\ 0 & c < x \end{cases}$$



شکل ۲- نمایش عدد فازی مثلثی برای پارامتر X

شده هندسه بعد از لغزش و شکل (۵) توپوگرافی منطقه لغزش یافته را نشان می دهد.



شکل ۳- نمای کلی زمین لغزش

در مقیاس بزرگتر و در محدوده ای که زمین لغزش صورت گرفته است سنگ های متنوعی از نوع آذرین و رسوبی مشاهده می شود شکل (۴) در پایین دره تپه ای از جنس سنگ رسوبی (نقطه A) و در سمت راست توده لغزیده شده سنگ های سیاه رنگ از نوع آذرین دیده می شود (نقطه B) در ناحیه C سنگ رسوبی لایه ای با امتداد شمالی، جنوبی و شیب ۱۰ درجه به سمت شرق از نوع سنگ رسوبی دیده می شود که کاملاً هوازده است. در امتداد نواحی D, E نیز زمین های کشاورزی وجود دارد که باعث اشباع شدن منطقه می شود. سطح لغزش در قسمت پرتگاه نیز به صورت لایه هایی از خاک رس هوازده می باشد. شدت هوازدگی لایه ها در مقیاس بزرگتر و در محدوده ای که زمین لغزش صورت گرفته است سنگ های متنوعی از نوع آذرین و رسوبی مشاهده می شود شکل (۴) در پایین دره تپه ای از جنس سنگ رسوبی (نقطه A) و در سمت راست توده لغزیده شده سنگ های سیاه رنگ از نوع آذرین دیده می شود (نقطه B)، در ناحیه C سنگ رسوبی لایه ای با امتداد شمالی، جنوبی و شیب ۱۰ درجه به سمت

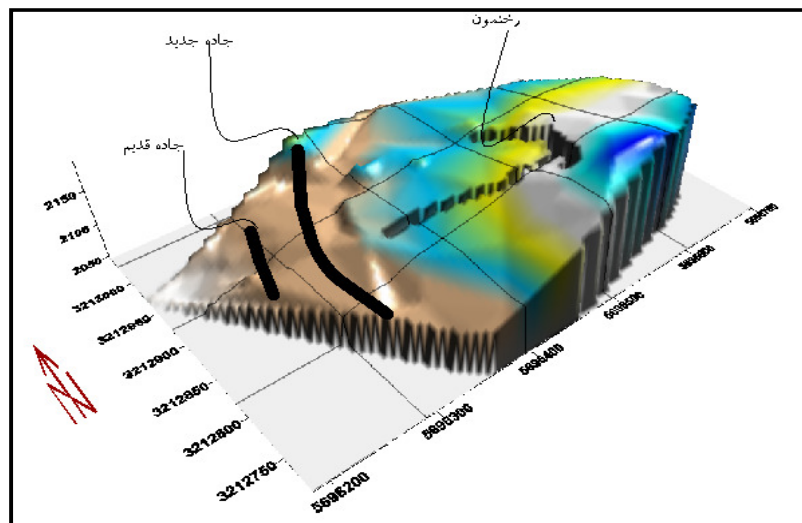
از نوع آگلومرا تشکیل شده است. همچنین لایه های متعدد رسوبی نیز در این محدوده دیده می شود که اکثراً از خانواده رس ها تشکیل شده اند.

منطقه مورد نظر از لحاظ سنی مربوط به دوره اتوسن بوده، وجود گسل هایی با طول زیاد چشمه های آب گرم و یک گل فشان در اطراف محدوده دلیلی بر فعال بودن منطقه به لحاظ تکتونیکی است. از لحاظ لرزه خیزی با توجه به تراکم بالای گسل ها و تاریخچه زلزله های بوقوع پیوسته، نشان می دهد که منطقه فعال می باشد. اکثر گسل های منطقه روند شمالی - جنوبی یا شمال غربی - جنوب شرقی دارند. از گسل های فعال منطقه می توان گسل جیرفت بم و ساردویییه اشاره نمود. از لحاظ آب و هوا و پوشش گیاهی، منطقه محمدآباد در تابستان دارای آب و هوای معتدل نسبتاً گرم می باشد. زمستان های منطقه معمولاً سرد بوده و همراه با بارش نزولات جوی خصوصاً برف همراه می باشد. اما با توجه به خشکسالی های چند سال اخیر استان کرمان، نزولات جوی کاهش یافته است. در سراسر کوهستان های منطقه درختچه-هایی با ارتفاع کم تا متوسط به صورت خودرو یا درخت های کاشته شده توسط اهالی منطقه به چشم می خورد. همچنین طول و عرض جغرافیایی منطقه مورد نظر به ترتیب $29^{\circ}53'57''$ و $46^{\circ}56'28''$ می باشد [۲]. وسعت لغزش منطقه محمدآباد بیش از ۲۵۰۰۰ متر مربع است.

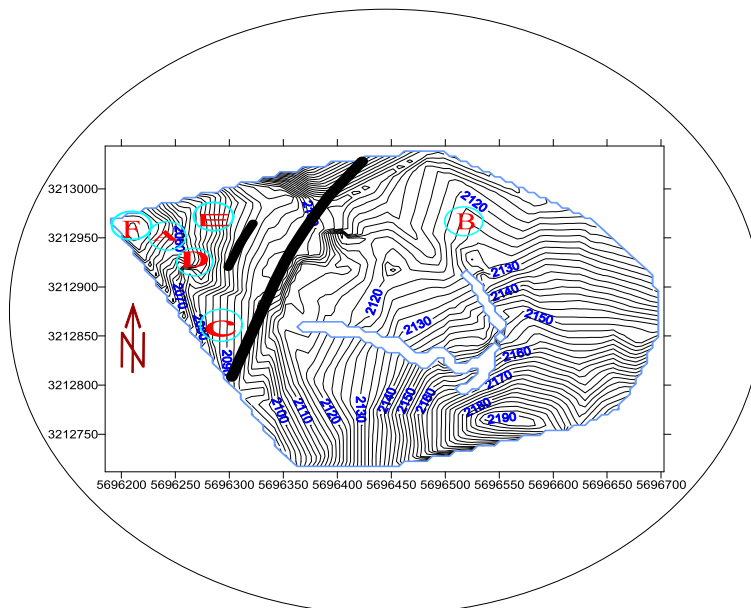
از نظر ابعاد طول توده لغزش یافته ۲۲۰ متر و عرض آن در تاج ۵۰ متر و در قسمت میانی حدود ۱۱۴ متر و در پائین حدود ۶۰ متر می باشد. امتداد دیواره پرتگاه تقریباً شمال شرقی - جنوب غربی می باشد. شکل (۳) نمای کلی زمین لغزش، شکل (۴) مدل شبیه سازی

هوازدهگی لایه‌ها به حدی است که به محض تماس با آب شکل خود را از دست داده و کاملاً به صورت گل در می‌آید. در محل خروج آب، خاک رس مشاهده می‌شود، که به نظر می‌رسد از جنس لایه‌هایی که لغزش بر روی آن رخ داده، باشد.

شرق از نوع سنگ رسوبی دیده می‌شود که کاملاً هوازده است. در امتداد نواحی D, E نیز زمین‌های کشاورزی وجود دارد که باعث اشباع شدن منطقه می‌شود. سطح لغزش در قسمت پرتگاه نیز به صورت لایه‌هایی از خاک رس هوازده می‌باشد. شدت



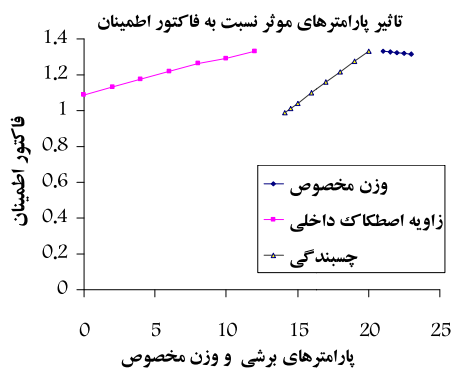
شکل ۴- مدل شبیه سازی شده هندسه بعد از لغزش



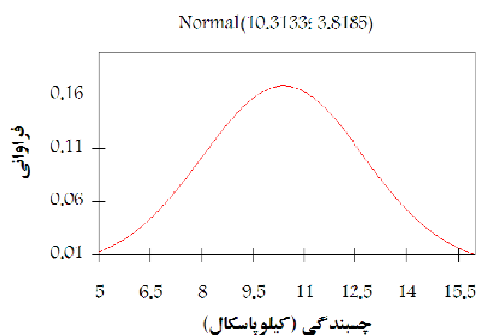
شکل ۵- توپوگرافی منطقه لغزش یافته

تحلیل پایداری بر اساس منطق فازی

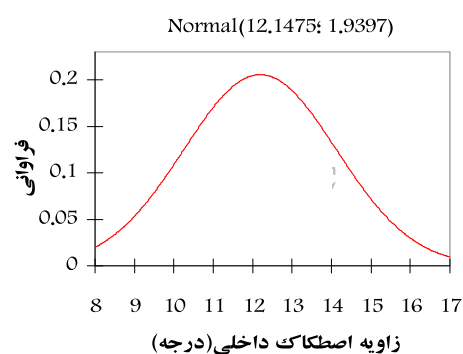
در این تحلیل چهار پارامتر چسبندگی با مقدار ۱۰/۳ کیلو پاسکال، زاویه اصطکاک داخلی ۱۲ درجه، وزن مخصوص ۲۲ کیلو نیوتن بر متر مکعب و تراز پیزومتریک ۲۱۱۵ متر به عنوان متغیر در نظر گرفته شد [۱].



شکل ۶- آنالیز حساسیت پارامتر چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی



شکل ۷- توزیع آماری پارامتر چسبندگی



شکل ۸- توزیع آماری پارامتر زاویه اصطکاک داخلی

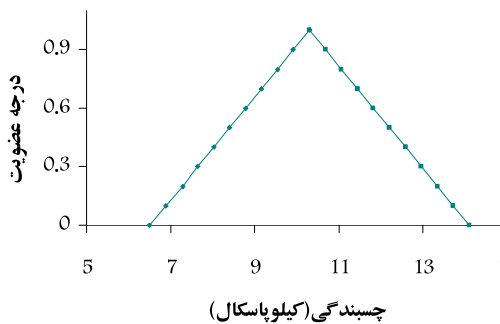
نتایج حاصله در شکل (۹) آورده شده است. همانطور که مشخص است پارامتر چسبندگی از تراز ۲۰۹۰ به بالا تغییرات بیشتری دارد. بنابراین

نکته مهم در تعریف اعداد فازی مقادیر ماکزیمم، مینیمم متغیرها است که می توان با استفاده از توزیع آماری، این مقادیر را تعیین کرد. برای تعیین توزیع آماری پارامترها از نرم افزار Best fit استفاده شد. برای تعیین انحراف معیار، پارامترهای چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی و وزن مخصوص، آنالیز حساسیت به صورت تعادل حدی و به روش اسپنسر و با استفاده از نرم افزار Geo Slope انجام شده است. فرآیند بدین صورت است که ابتدا تمام پارامترها بجز یکی را ثابت در نظر گرفته می شود، با تغییر پارامتر متغیر را تغییر داده و فاکتور اطمینان محاسبه می شود (تغییرات صورت گرفته در ابعاد نمونه آزمایشگاهی خشک و مرطوب انجام شد). نتایج در شکل (۶) نشان داده شده است. همانطور که از شکل مشخص است حساسیت فاکتور اطمینان به چسبندگی بیشتر است. با توجه به حساسیت فاکتور اطمینان به چسبندگی انحراف معیار این پارامتر بزرگتر در نظر گرفته شد. توزیع آماری چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی به ترتیب در شکل (۷) و (۸) نشان داده شده است. برای تعیین تغییرات تراز پیزومتریک آب و حساسیت فاکتور اطمینان نسبت به آن، سطح آب در هر مرحله ده متر تغییر داده شده است و پارامتر چسبندگی (که بیشترین تاثیر بر روی فاکتور اطمینان دارد) تغییر داده می شود تا فاکتور اطمینان در آستانه لغزش تعیین گردد.

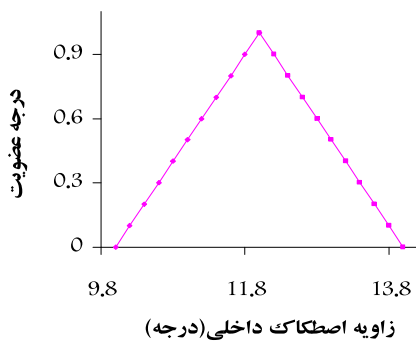
جدول ۱- نتایج بدست آمده برای پارامترهای متغیر

پارامتر	میانگین	انحراف معیار
$C(kPa)$	۱۰/۳	۳/۸
φ°	۱۲	۲
$h_w(m)$	۲۱۱۵	۲۰
$\gamma(kn/m^3)$	۲۲	۱/۱

با توجه به توزیع آماری نشان داده شده در شکل های ۱۱، ۱۰، ۹، ۸ به ترتیب اعداد فازی بیان کننده پارامترهای متغیر چسبندگی در شکل (۱۲)، زاویه اصطکاک داخلی در شکل (۱۳)، وزن مخصوص در شکل (۱۴) و ارتفاع سطح پیزومتریک در شکل (۱۵) نشان داده شده است .

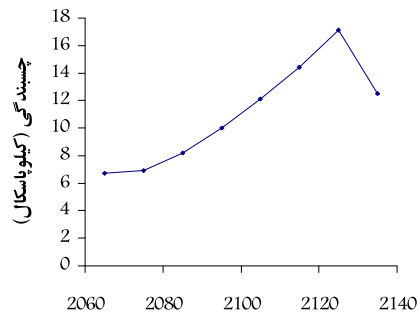


شکل ۱۲- عدد فازی بیان کننده پارامتر چسبندگی



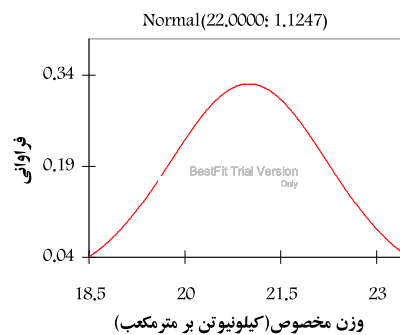
شکل ۱۳- عدد فازی بیان کننده پارامتر زاویه اصطکاک داخلی

بررسی های انجام شده از این تراز به بالا صورت گرفته است. وزن مخصوص نیز به گونه ای در نظر گرفته شده است که حالت خشک و مرطوب را در نظر گیرد. توزیع آماری پارامتر وزن مخصوص و سطح پیزومتریک به ترتیب در شکل های (۱۰) و (۱۱) نشان داده شده است.



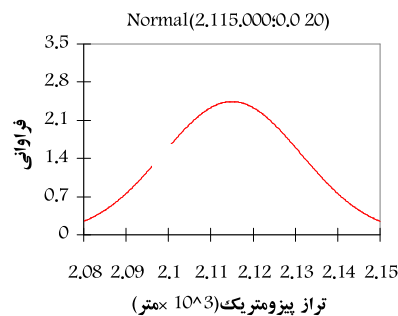
ارتفاع سطح پیزومتریک (متر)

شکل ۹- فاکتور اطمینان بحرانی در سطوح مختلف



شکل ۱۰- توزیع آماری وزن مخصوص

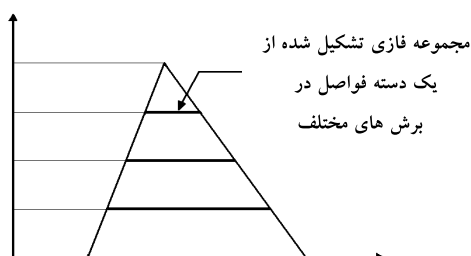
مقادیر میانگین و انحراف معیار پارامترها، در جدول (۱) به صورت خلاصه نشان داده شده است.



شکل ۱۱- توزیع آماری تراز پیزومتریک

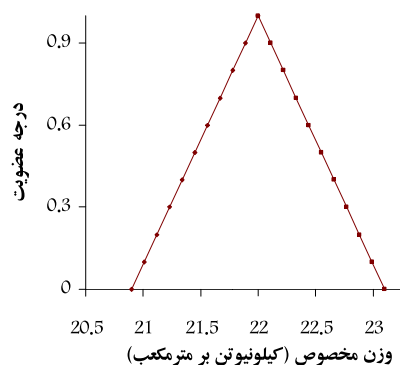
جدول ۲- مقادیر متناظر با هر برش جهت چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی (**کران بالا** **کران پایین)

ϕ°		$C(kpa)$		برش
**	*	**	*	
10/0	۱۴/۰	۶/۵۰	۱۴/۱	۰/۰
10/2	۱۳/۸	۶/۹۰	۱۳/۷	۰/۱
۱۰/۴	۱۳/۶	۷/۳۰	۱۳/۳	۰/۲
۱۰/۶	۱۳/۴	۷/۶۰	۱۳/۰	۰/۳
۱۰/۸	۱۳/۲	۸/۰۰	۱۲/۶	۰/۴
۱۱/۰	۱۳/۰	۸/۴۰	۱۲/۲	۰/۵
۱۱/۲	۱۲/۸	۸/۸۰	۱۱/۸	۰/۶
۱۱/۴	۱۲/۶	۹/۲۰	۱۱/۴	۰/۷
۱۱/۶	۱۲/۴	۹/۵۰	۱۱/۰	۰/۸
۱۱/۸	۱۲/۲	۹/۹۰	۱۰/۷	۰/۹
۱۲/۰	۱۲/۰	۱۰/۳	۱۰/۳	۱/۰

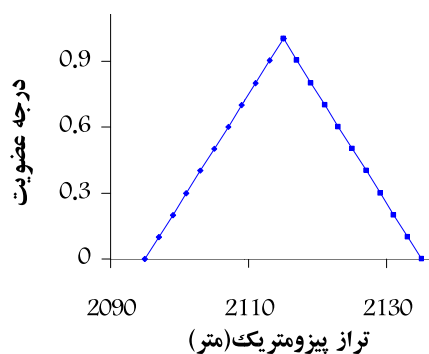


شکل ۱۶- مجموعه فازی بیان کننده پارامتر متغیر

برای تعیین فاصله هر برش برای فاکتور اطمینان بایستی ترکیب کران های بالا و پایین پارامترهای ورودی را بکار برد و با تعیین حداکثر و حداقل مقادیر بدست آمده، فاکتور اطمینان را بصورت فواصلی از کران بالا و پایین هر برش بیان کرد. فاکتور اطمینان بر مبنای تعادل حدی محاسبه می شود. برای چهار پارامتر، ۱۶ ترکیب از پارامترها بایستی با هم در نظر گرفته شود، جدول (۴) فاکتور اطمینان برای برش ۰/۵ را نشان می دهد. با تعیین کران بالا و پایین فاکتور اطمینان برای هر برش، می توان فاکتور اطمینان را به صورت یک مجموعه فازی نشان داد جدول (۵).



شکل ۱۴- عدد فازی بیان کننده پارامتر وزن مخصوص



شکل ۱۵- عدد فازی بیان کننده پارامتر تراز پیژومتریک

بعد از تعیین اعداد فازی برای پارامترهای ورودی، با استفاده از مفهوم برش اعداد فازی به یک دسته فواصل تقسیم شده، بطوریکه برای هر برش، یک فاصله $[X_U, X_L]$ شامل کران بالا و پایین از پارامتر مورد نظر بدست می آید (شکل ۱۶).
جدول (۲) مقادیر متناظر با هر برش را برای اعداد فازی چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی و جدول (۳) مقادیر متناظر با هر برش را برای اعداد فازی وزن مخصوص و سطح پیژومتریک نمایش می دهد.
با تعیین حد بالا و پایین هر برش برای همه پارامترهای ورودی، می توان مقدار تابع عملکرد فاکتور اطمینان برای هر برش را بدست آورد.

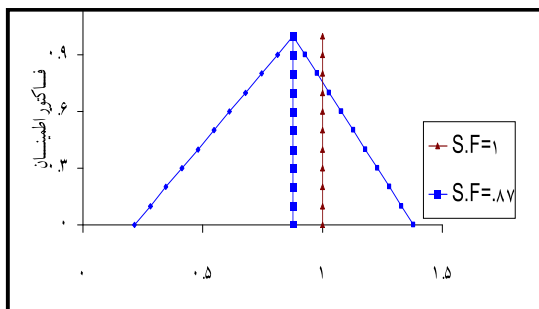
کاربرد تئوری فازی در تحلیل پایداری شیروانی‌ها (با نگرشی به زمین لغزش محمدآباد جیرفت)

جدول ۳- مقادیر متناظر با وزن مخصوص و تراز سطح
پیزومتریک (**کران بالا **کران پایین)

جدول ۵- محاسبه فاکتور اطمینان برای برش های در
نظر گرفته شده

S.F.		برش
کران پایین	کران بالا	
۰/۲۱۵۹	۱/۳۸۰۰	۰/۰
۰/۲۸۱۳	۱/۳۲۹۷	۰/۱
۰/۳۴۷۷	۱/۲۷۹۵	۰/۲
۰/۴۱۳۸	۱/۲۲۹۴	۰/۳
۰/۴۸۰۳	۱/۱۷۹۳	۰/۴
۰/۵۴۶۵	۱/۱۲۸۸	۰/۵
۰/۶۱۲۹	۱/۰۷۸۸	۰/۶
۰/۶۷۹۳	۱/۰۲۸۵	۰/۷
۰/۷۴۵۴	۰/۹۷۸۴	۰/۸
۰/۸۱۱۸	۰/۹۲۸۳	۰/۹
۰/۸۷۸۰	۰/۸۷۸۱	۱/۰

h(m)		$\gamma(kN/m^3)$		برش
**	*	**	*	
۲۰۹۵	۲۱۳۵	۲۰/۹۰	۲۳/۱۰	۰/۰
۲۰۹۷	۲۱۳۳	۲۱/۰۱	۲۲/۹۹	۰/۱
۲۰۹۹	۲۱۳۱	۱۲/۱۲	۲۲/۸۸	۰/۲
۲۱۰۱	۲۱۲۹	۲۱/۲۳	۲۲/۷۷	۰/۳
۲۱۰۳	۲۱۲۷	۲۱/۳۴	۲۲/۶۶	۰/۴
۲۱۰۵	۲۱۲۵	۲۱/۴۵	۲۲/۵۵	۰/۵
۲۱۰۷	۲۱۲۳	۲۱/۵۶	۲۲/۴۴	۰/۶
۲۱۰۹	۲۱۲۱	۲۱/۶۷	۲۲/۳۳	۰/۷
۲۱۱۱	۲۱۱۹	۲۱/۷۸	۲۲/۲۲	۰/۸
۲۱۱۳	۲۱۱۷	۲۱/۸۹	۲۲/۱۱	۰/۹
۲۱۱۵	۲۱۱۵	۲۲/۰۰	۲۲/۰۰	۱/۰



جدول ۴- محاسبه فاکتور اطمینان برای برش ۰/۵

S.F.	h(m)	$\gamma(kN/m^3)$	ϕ°	C(kpa)
۰/۷۹۷	کران بالا	کران بالا	کران بالا	کران بالا
۰/۳۰۴	کران بالا	کران بالا	کران بالا	کران پایین
۰/۴۳۸	کران بالا	کران بالا	کران پایین	کران پایین
۰/۸۳۳	کران بالا	کران بالا	کران پایین	کران بالا
۰/۸۰۲	کران بالا	کران پایین	کران بالا	کران بالا
۱/۱۱۶	کران پایین	کران بالا	کران بالا	کران بالا
۰/۲۷۴	کران بالا	کران پایین	کران بالا	کران پایین
۰/۹۱۴	کران پایین	کران بالا	کران بالا	کران پایین
۰/۸۳۰	کران بالا	کران پایین	کران پایین	کران بالا
۱/۰۵۷	کران پایین	کران بالا	کران پایین	کران بالا
۱/۱۱۵	کران پایین	کران پایین	کران بالا	کران بالا
۰/۴۲۹	کران بالا	کران پایین	کران پایین	کران پایین
۰/۹۰۸	کران پایین	کران پایین	کران بالا	کران پایین
۱/۰۵۹	کران پایین	کران پایین	کران پایین	کران بالا
۰/۸۵۶	کران پایین	کران بالا	کران پایین	کران پایین
۰/۸۵۳	کران پایین	کران پایین	کران پایین	کران پایین

شکل ۱۷- مجموعه فازی نتیجه شده برای فاکتور اطمینان

شکل ۱۷- عدد فازی حاصل شده برای فاکتور اطمینان را نشان می دهد. نتیجه بدست آمده وضعیت مقطع مورد نظر را ناپایدار توصیف می کند.

همچنین از تحلیلی که بر روی شیروانی به صورت کلاسیک انجام شد، فاکتور اطمینان ۰/۸۸ بدست آمد.

بحث و نتیجه گیری

مجموعه های فازی با در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در پارامترهای ورودی مفهوم بیشتری نسبت به نتایج مشابه حاصله از روش های دیگر (نظیر روش تعادل حدی) از رفتار شیروانی ارائه می کند، و تعیین فاکتور اطمینان نشان داد که ناپایدار می باشد.

International Society for Rock Mechanics, Rotterdam. pp 503-506.

12- Nguyen, H.T.(2000). A First Course in Fuzzy Logic. 2nd edition, Chapman & Hall/CRC, USA. pp.54-68.

13- Dodagoudar, G.R.(2000). Reliability Analysis of Slopes Using Fuzzy Sets Theory. Computers and Geotechnics. V.27, pp 101-115.

14- Nguyen, V.U.(1985). Some Fuzzy set application in mining geomechanics. Int J Rock Mech Min Sci. V.22, pp 369-379.

15- Wieczorek,G.F&Co works (2000). Debris Flow and Flooding-6Hazards associated with the December 1999 storm in coastal Venezuela and strategies for mitigation .u.s. Geological Survey ,open file report 27.

16- Bishop A.W. (1955). The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Earth Slopes. Geotechnique.V.5.pp.212-230.

17- Giani, G.P.(1992). Rock Slope Stability Analysis. University of Turin, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.342p.

منابع

۱- محمدی، م.(۱۳۸۵). تحلیل پایداری شیبه‌های خاکی مطالعه موردی زمین لغزش محمدآباد جیرفت. پایان نامه کارشناسی ارشد. کرمان، دانشگاه شهید باهنر. دانشکده مهندسی معدن. ص ۱۹۱-۱.

۲- محمدی، م. توکلی، ح. (۱۳۸۸). تعیین هندسه قبل از لغزش در زمین لغزش ها با نگرشی به زمین لغزش محمدآباد جیرفت. فصلنامه علمی و پژوهشی شریف، شماره ۴۴. ص ۶۲-۵۹.

3- Juang, C.H. (1998). Stability Analysis of Existing Slopes Considering Uncertainty. Engineering Geology.V.49, pp 111-122.

4- Monjezi, m. Rezaei, M. Yazdian Varjani, A. (2009). Prediction of rock fragmentation due to blasting in Gol-E-Gohar iron mine using fuzzy logic. Int J Rock Mech Min Sci. 46, pp 1273-1280.

5- Acaroglu, O. Ozdemir, L. Asbury, B. (2008). A fuzzy logic model to predict specific energy requirement for TBM performance prediction. Tunneling and underground space technology. V.23, pp 600-608.

6- Monjezi, M. Dehghani, H. Samimi namin, F. (2007). Application of TOPSIS method in controlling fly rock in blasting operations. proceeding of the seventh international muldis capillary scientific geo conference & expo (SGEM). Sofia, Bulgaria. pp 41-50.

7- Wenxiu, L.Songhua, M. Shuhua, Z. Shengtao, Z. Xull, L.(2006) Fuzzy models for analysis of rock mass displacements due to underground mining in mountainous areas. Int J Rock Mech Min Sci.43, pp 503-511.

8- Gokceoglu, C. Zorlu, K.(2004). A fuzzy model to predict the uniaxial compressive strength and the modulus of elasticity of a problematic rock. Engineering Applications of Artificial Intelligence.V.17, pp 61-72.

9- Snomez, H. (2003) An application of fuzzy sets to the Geological Strength Index system used in rock engineering. Engineering Applications of Artificial Intelligence , V.16, pp 251-269.

10- Alvarez Grima M.(1999). Fuzzy model for prediction of unconfined compressive strength of rock samples. Int J Rock Mech Min Sci. V.36, pp 339-349.

11- Sakurai, S. Shimizu, N.(1987). Assessment of rock slope stability by fuzzy set theory. Proceedings of the sixth Congress of the