



پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

مطالعه موردی حوضه آبریز سد شیرین دره

رضا احمدیان مقدم^{۱*}، محمد غفوری^۲، غلامرضا لشکری پور^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، reza.ahmadian.m@gmail.com

Tell: 09154144964

۲- عضو هیئت علمی گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، ghafoori@ferdowsi.um.ac.ir

۲- عضو هیئت علمی گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، lashkaripour@ferdowsi.um.ac.ir

چکیده

زمین لغزش از جمله بلاهای طبیعی است که همه ساله زیانهای جانی و مالی هنگفتی را در کشورهای مختلف به بار می آورد. شناسایی و طبقه بندی نواحی مستعد لغزش و پهنه بندی خطر آن گامی مهم در ارزیابی خطرات محیطی به شمار رفته و نقش غیر قابل انکاری را در مدیریت حوضه های آبخیز ایفا می نماید. حوضه آبریز سد شیرین دره با وسعت ۱۹۷۹/۵ کیلومتر مربع در استان خراسان شمالی و در ۶۵ کیلومتری شمال شهر بجنورد واقع شده است. شرایط خاص زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی، اقلیمی و نوع استفاده از زمین سبب شده که این حوضه از مناطق مستعد زمین لغزش به شمار آید و نیازمند بررسی باشد. به منظور بررسی پایداری دامنه ها در این حوضه بعد از تهیه نقشه نقاط لغزشی؛ با تلفیق نقشه عوامل موثر بر لغزش با این نقاط، تاثیر هر یک از این عوامل از جمله شیب، زمین شناسی، آبراهه، کاربری اراضی، گسل، جهت شیب، ارتفاع و فاصله از جاده در محیط نرم افزار Arc GIS سنجیده شده است. سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اقدام به تهیه نقشه خطر لغزش در این حوضه گردید. براساس نتایج پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه به ترتیب ۱۱/۲۲، ۳۸/۲۷، ۳۱/۳۶، ۱۵/۲۵، ۳/۶ درصد از مساحت منطقه در کلاس های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: زمین لغزش، پهنه بندی، حوضه آبریز سد شیرین دره، AHP

همایش ملی

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری:
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



مؤسسه ملی علوم کشاورزی و محیط زیست
اسفند



مؤسسه ملی علوم کشاورزی و محیط زیست
اسفند



مؤسسه ملی علوم کشاورزی و محیط زیست
اسفند



مؤسسه ملی علوم کشاورزی و محیط زیست
اسفند



مؤسسه ملی علوم کشاورزی و محیط زیست
اسفند

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری:
همدان دانشکده شهید مفتاح

۲۲ اسفند ۱۳۹۲



مقدمه

بلایای طبیعی به عنوان بزرگترین دشمن انسان باعث کشته شدن و مجروح شدن سالانه صدها هزار نفر و بی خانمان شدن میلیون ها نفر در سراسر جهان می شود. از این رهگذر زمین لغزش یکی از معضلات جهانی پیش روی انسان دارای اهمیت خاص می باشد، با توجه به اینکه زمین لغزش ها نسبت به سایر بلایای طبیعی مدیریت پذیرتر می باشند لذا شناخت این پدیده در جهت جلوگیری از خسارات ناشی از آن از اهمیت زیادی برخوردار است (گرایی، ۱۳۸۵).

سرزمین ایران با توپوگرافی نسبتاً کوهستانی، فعالیت زمین ساختی و لرزه خیزی زیاد، شرایط متنوع زمین شناسی و اقلیمی عمده، شرایط طبیعی را برای ایجاد طیف وسیعی از زمین لغزشها فراهم نموده است، با استفاده از نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش، می توان مناطق حساس به زمین لغزش را شناسایی و در مورد برنامه های مورد نظر تصمیم گیری نمود (احمدی و همکاران ۱۳۸۴). مدل های مختلفی برای پهنه بندی خطر زمین لغزش ارائه شده است که کارآیی هر کدام از آنها در مناطق مختلف متفاوت می باشد. در این تحقیق به منظور تهیه نقشه پهنه های خطر زمین لغزش در حوضه سد شیرین دره از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. AHP یک روش نیمه کیفی در مطالعه زمین لغزش است که شامل یک ماتریس وزن دهی بر مبنای مقایسات زوجی بین عوامل بوده و میزان مشارکت هر یک از عوامل را در وقوع زمین لغزش مشخص می کند (Ayalew et al., 2005). در سال های اخیر این روش کاربرد زیادی در پهنه بندی خطر زمین لغزش داشته که در این زمینه می توان به مطالعات بهنیاfer و همکاران (۱۳۸۹) پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه فریزی واقع در دامنه شمالی کوه های بینالود، (Gharahi et al. 2011) تهیه نقشه حساسیت لغزش در مخزن سد البرز، در ایران و به مطالعات (Komac 2006) پهنه بندی زمین لغزش در مرکز اسلوانی (Mezughi et al. 2012) تهیه نقشه خطر لغزش در مالزی، در سایر نقاط جهان اشاره کرد.

۱- زمین شناسی و موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه

حوضه آبخیز شیرین دره به شکل مستطیلی با وسعت ۱۶۱۷۱۳/۶ هکتار در فاصله حدود ۶۰ کیلومتری شمال شهرستان بجنورد در استان خراسان شمالی و در مجاورت مرز ایران با ترکمنستان قرار گرفته است (شکل ۱). این حوضه از شمال به جمهوری ترکمنستان از شرق به کوه الخاص و از جنوب به آبخیز رودخانه قوروچای و از غرب به کوه های دوبرار و بابابلند و همچنین سد شیرین دره محدود می شود. از نظر تقسیمات سیاسی حدود ۵۰ درصد حوضه جز شهرستان بجنورد، ۴۰ درصد جز شهرستان شیروان و ۱۰ درصد نیز جز شهرستان مانه و سلمقان می باشد. این حوضه آبخیز به یازده آبخیز اصلی (۲۸ زیر حوضه مستقل و ۷۰ زیر حوضه غیرمستقل) تقسیم بندی شده است.

۱-۱ زمین شناسی

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری:
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



مؤسسه ملی آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی
اسفند

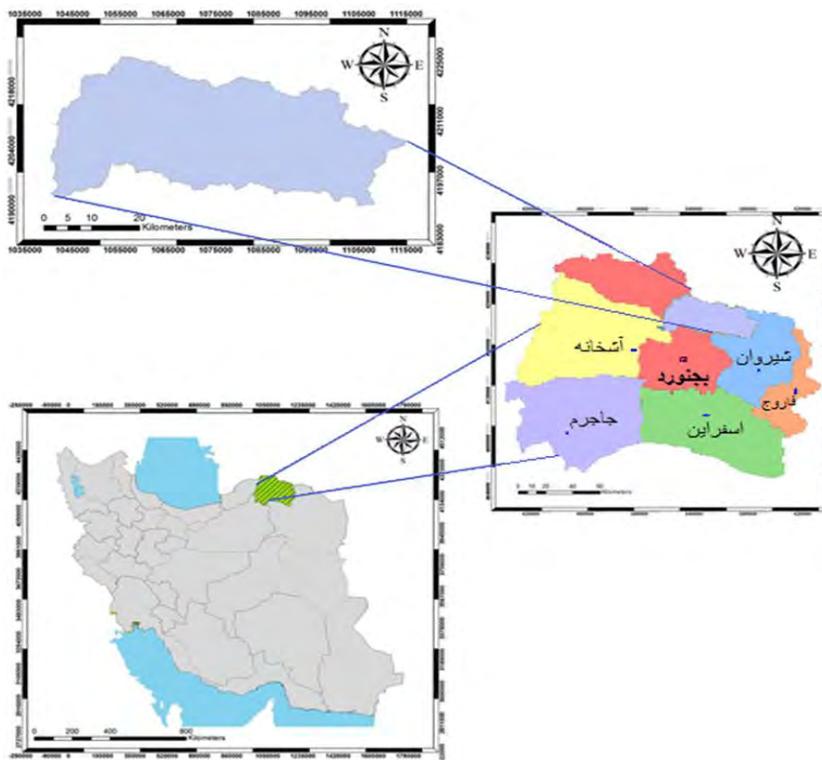
اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان همدان

اداره کل حفاظت محیط زیست استان همدان

سازمان جهاد کشاورزی استان همدان

انستیتو ملی آموزش و تحقیقات کشاورزی

حوضه آبریز رودخانه شیرین دره، جزئی از زون هزارمسجد-کپه داغ که شمالی ترین واحد زمین شناسی ایران می باشد، محسوب می شود. براساس مطالعات چینه شناسی در این حوضه آبریز سنگ های رسوبی متعلق به کرتاسه زیرین تا کواترنری بر روی ساختمان های چین خورده با راستای تقریباً شرقی - غربی گسترش یافته اند. سازندهای موجود در منطقه از قدیم به جدید عبارتند از: سازند تیرگان (TG)، سازند سرچشمه (SC)، سازند سنگانه (SG)، سازند آتامیر (AT) و آبرفت های عهد حاضر (QT).



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سد شیرین دره

۲- بررسی عوامل موثر بر زمین لغزش های حوضه آبریز سد شیرین دره

در این تحقیق برای پهنه بندی خطر زمین لغزش علاوه بر تهیه نقشه پراکنش لغزش های حوضه که اولین گام در تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش می باشد، ۸ عامل مورد بررسی قرار گرفته است. این عوامل شامل نقشه های شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، زمین شناسی (لیتولوژی)، کاربری اراضی، جاده، گسل و آبراهه می باشد. برای بررسی ارتباط عوامل تاثیر گذار بر وقوع

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری :
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



زمین لغزش در حوضه شیرین دره بعد از تهیه نقشه این عوامل، با قطع دادن نقشه هر یک از آنها با نقشه نقاط لغزشی منطقه، پراکندگی نقاط لغزشی نسبت به عوامل موثر بر خطر زمین لغزش در محیط نرم افزار Arc GIS مورد بررسی قرار گرفته است.

۳- روش کار

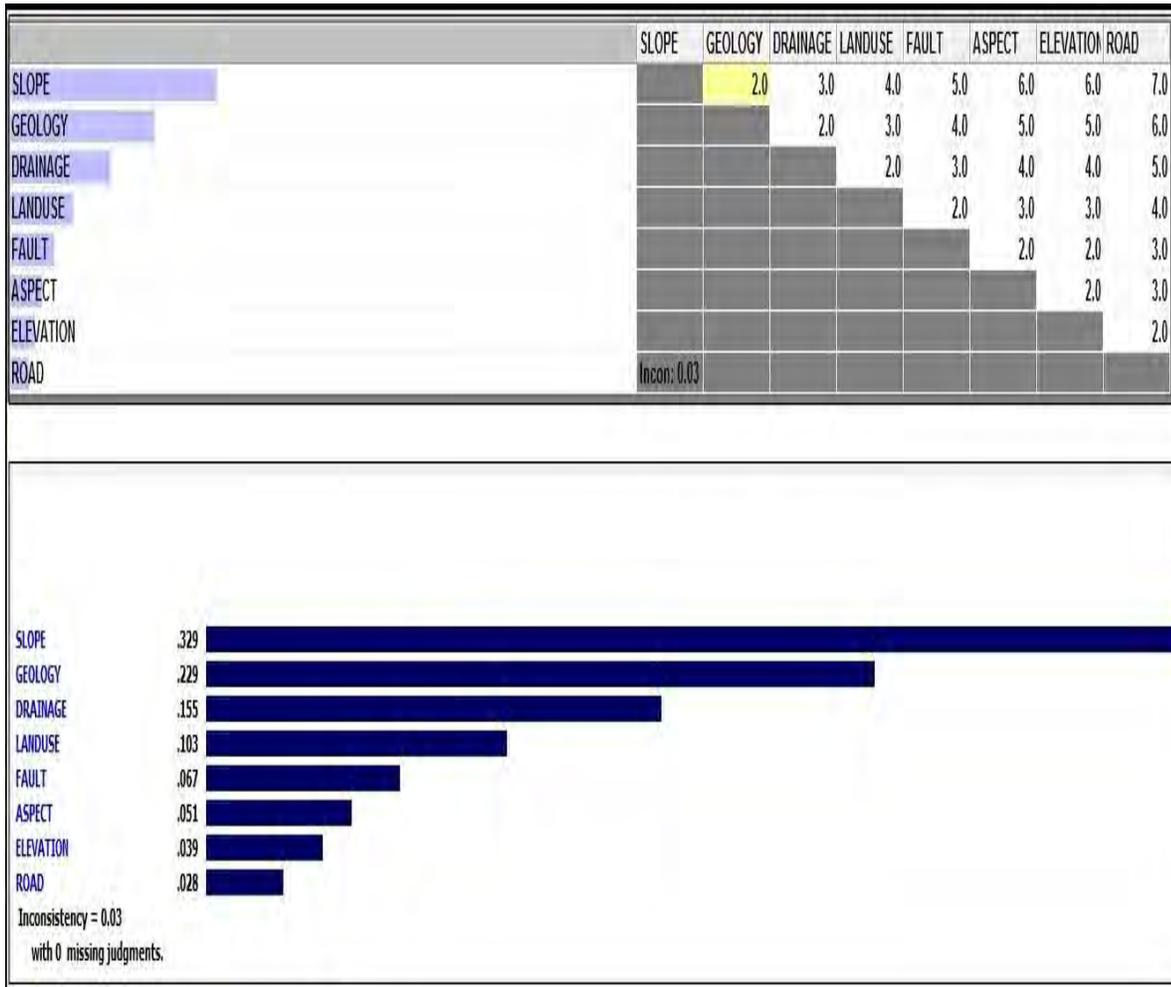
اولین قدم در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی از موضوع مورد نظر می باشد که در آن اهداف، معیارها، زیر معیارها، گزینه ها و ارتباط بین آنها نشان داده می شود. در این تحقیق، هدف تهیه نقشه پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش است و ۸ معیار شیب، زمین شناسی، آبراهه، کاربری اراضی، گسل، جهت شیب، ارتفاع و فاصله از جاده به منظور تحقق هدف در نظر گرفته شده است. و زیر معیارها نیز شامل طبقات و کلاس های هر یک از عوامل ذکر شده می باشد. در مرحله بعد ماتریس های مقایسه ای به منظور انجام مقایسات زوجی برای معیارها و زیر معیارها بر اساس جدول ۱ تشکیل گردید. بر این اساس ابتدا معیارها با استفاده از ماتریس شکل به صورت دو به دو مقایسه شده و اولویت ها و وزن نسبی هر یک از عوامل بدست آمد.

جدول ۱ طبقه بندی ارجحیت مقادیر وزن ها بر اساس قضاوت کارشناسی

مقدار عددی وزن ها	توصیف زبانی ارجحیت طبقات
۹	کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب تر
۷	اهمیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مطلوب تر یا کمی مهم تر
۱	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸، ۴، ۲ و ۶	اولویت بین فواصل

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری:
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



شکل ۲ اولویت‌بندی عوامل موثر بر خطر زمین‌لغزش در حوضه شیرین دره

در تحلیل وزن معیارها بر اساس ماتریس AHP هرچه وزن معیاری بیشتر باشد نشان دهنده اثرگذاری بیشتر آن معیار بر وقوع زمین‌لغزش می‌باشد. نتایج بیانگر این موضوع بود که شیب و سنگ‌شناسی با کسب بیشترین وزن‌ها از مهمترین عوامل موثر در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش بوده و عوامل دیگر با توجه به وزن‌های بدست آمده به ترتیب آبراهه، کاربری اراضی، گسل، جهت شیب، ارتفاع و فاصله از جاده می‌باشند.

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری:
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



معاونت ملی برنامه‌ریزی و منابع طبیعی استان همدان

اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان همدان

اداره کل حفاظت محیط زیست استان همدان

سازمان جهاد کشاورزی استان همدان

انستیتو ملی محیط زیست علم و صنعت

مقایسات زوجی بین زیر معیارها و یا به عبارتی کلاس‌های هر یک از معیارها نیز با توجه به جداول ۲ تا ۹ انجام گرفته است.

به منظور تعیین ارجحیت‌ها از اطلاعات داده‌ای و کارشناسی استفاده شده است.

جدول ۲ مقایسات زوجی کلاس‌های مختلف شیب دامنه

۴۵>	۴۵-۳۰	۳۰-۱۵	۱۵-۵	۵-۰	
۱/۵	۱/۷	۱/۷	۱/۵	۱	۵-۰
۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱		۱۵-۵
۲	۱	۱			۳۰-۱۵
۳	۱				۴۵-۳۰
۱					۴۵>

جدول ۳ مقایسات زوجی کلاس‌های مختلف جهت شیب دامنه

N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	N	
۱/۲	۲	۳	۴	۵	۷	۴	۱	۱	N
۱/۲	۲	۳	۴	۴	۵	۳	۱		NE
۱/۵	۱/۳	۱	۱	۲	۳	۱			E
۱/۸	۱/۶	۱/۴	۱/۴	۱/۲	۱				SE
۱/۷	۱/۴	۱/۲	۱/۲	۱					S
۱/۵	۱/۳	۱	۱						SW
۱/۴	۱/۲	۱							W
۱/۳	۱								NW
۱									N

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری:
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



جدول ۴ مقایسات زوجی کلاس‌های مختلف زمین‌شناسی (لیتولوژی)

رسوبات کواترنری	تیرگان	سرچشمه	سنگانه	آتامیر	
۵	۱	۱/۷	۱	۱	آتامیر
۴	۲	۱/۵	۱		سنگانه
۷	۵	۱			سرچشمه
۱	۱				تیرگان
۱					رسوبات کواترنری

جدول ۵ مقایسات زوجی کلاس‌های مختلف فاصله از آبراهه

۱۲۰۰>	۱۲۰۰-۹۰۰	۹۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	
۷	۳	۲	۱	۱	۳۰۰-۰
۷	۳	۲	۱		۶۰۰-۳۰۰
۵	۲	۱			۹۰۰-۶۰۰
۵	۱				۱۲۰۰-۹۰۰
۱					۱۲۰۰>

جدول ۶ مقایسات زوجی کلاس‌های مختلف کاربری اراضی

RL	R	F	G	DF	DE	
۱/۳	۸	۶	۱/۳	۲	۱	DE
۱/۴	۶	۳	۱/۴	۱		DF
۱/۲	۷	۵	۱			G
۱/۵	۵	۱				F
۱/۷	۱					R

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری:
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



۱						RL
---	--	--	--	--	--	----

جدول ۷ مقایسات زوجی کلاس‌های مختلف فاصله از غسل

۱۲۰۰>	۱۲۰۰-۹۰۰	۹۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	
۶	۵	۳	۲	۱	۳۰۰-۰
۴	۳	۲	۱		۶۰۰-۳۰۰
۳	۲	۱			۹۰۰-۶۰۰
۲	۱				۱۲۰۰-۹۰۰
۱					۱۲۰۰>

جدول ۸ مقایسات زوجی کلاس‌های مختلف طبقات ارتفاعی

۲۳۰۰>	۲۳۰۰-۱۹۰۰	۱۹۰۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰-۱۱۰۰	۱۱۰۰-۷۰۰	
۴	۱/۵	۱/۲	۱/۳	۱	۱۱۰۰-۷۰۰
۶	۱/۲	۳	۱		۱۵۰۰-۱۱۰۰
۵	۱/۴	۱			۱۹۰۰-۱۵۰۰
۷	۱				۲۳۰۰-۱۹۰۰
۱					۲۳۰۰>

جدول ۹ مقایسات زوجی کلاس‌های مختلف فاصله از جاده

۱۲۰۰>	۱۲۰۰-۹۰۰	۹۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	
-------	----------	---------	---------	-------	--

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری :
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



۷	۵	۳	۲	۱	۳۰۰-۰
۶	۴	۲	۱		۶۰۰-۳۰۰
۶	۳	۱			۹۰۰-۶۰۰
۳	۱				۱۲۰۰-۹۰۰
۱					۱۲۰۰>

در مرحله بعد تمام ماتریس های مقایسات زوجی به نرم افزار اکسپرت چویس انتقال داده شده و این نرم افزار با انجام مقایسات زوجی، با استفاده از روش بردار ویژه اقدام به تعیین وزن هر یک از زیر معیارها نموده، همچنین سازگاری مقایسات و ماتریس را محاسبه و مقدار آن را مشخص می نماید. باتوجه به شکل ۳ که وزن محاسبه شده توسط نرم افزار برای هر یک از زیر معیارها را نشان می دهد، ملاحظه می شود که ضریب ناسازگاری مقدار ۰/۰۴ بوده که این مقدار از ۰/۱ کمتر بوده و کاملاً قابل قبول می باشد.

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری:
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



مؤسسه ملی علوم کشاورزی و منابع طبیعی
اسفند

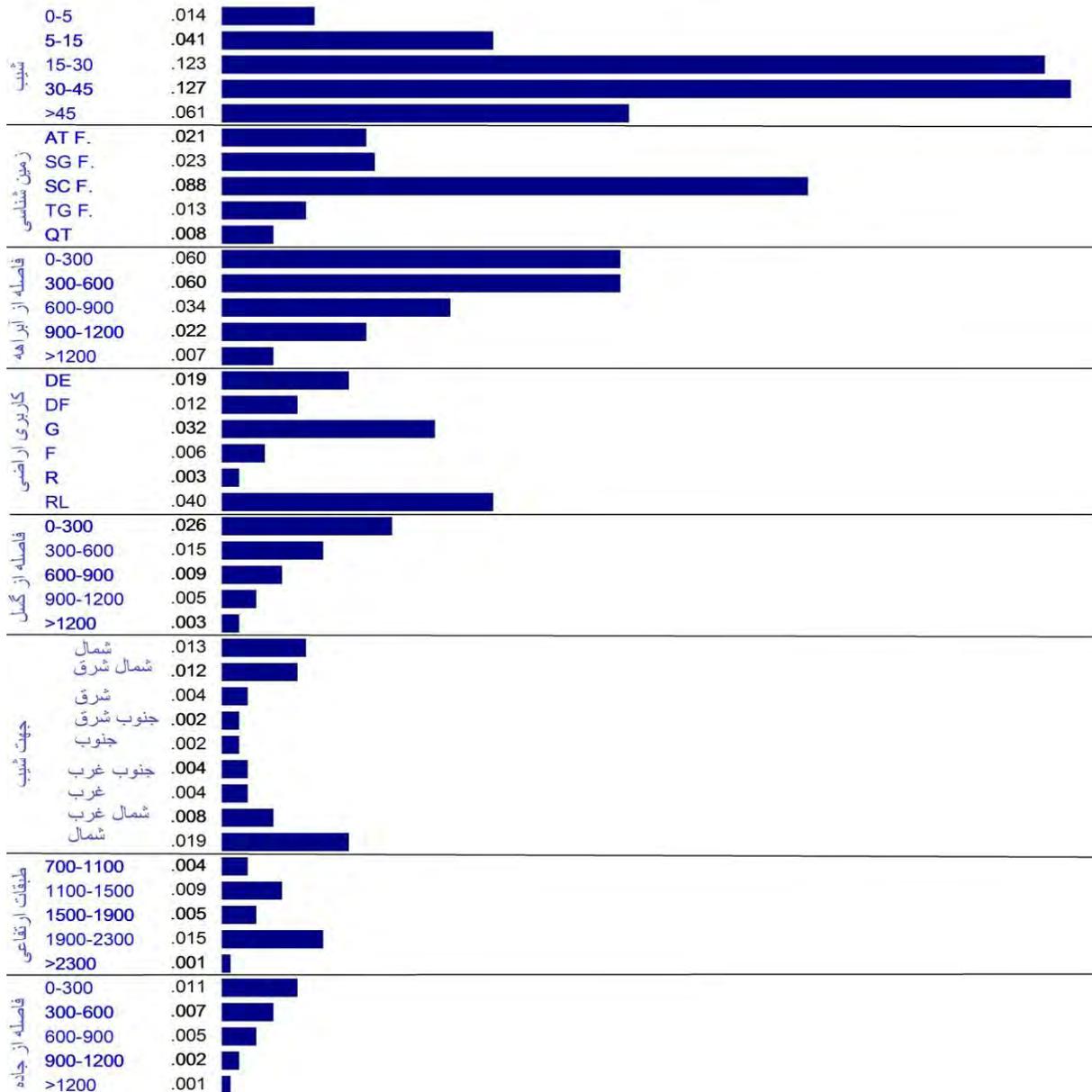
مؤسسه ملی گسترش کشاورزی و منابع طبیعی
اسفند

مؤسسه ملی اقتصاد کشاورزی و منابع طبیعی
اسفند

مؤسسه ملی گسترش کشاورزی و منابع طبیعی
اسفند

مؤسسه ملی گسترش کشاورزی و منابع طبیعی
اسفند

Overall Inconsistency = .04



مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری:
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



شکل ۳ اوزان بدست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی برای کلاس های مختلف معیارها

با اعمال وزن های هر یک از معیارها و زیر معیارها در نقشه عوامل، تمامی نقشه ها در نرم افزار GIS فراخوانی شد. در انتها برای تهیه نقشه نهایی خطر زمین لغزش حوضه در محیط نرم افزار Arc GIS Desktop، از دستور Raster calculator استفاده کرده و همه نقشه ها را با یکدیگر جمع می نماییم.

در نهایت خروجی ما نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه می باشد که به ۵ کلاس خطر خیلی کم، خطر کم، خطر متوسط، خطر زیاد و کلاس با خطر خیلی زیاد طبقه بندی شده است (شکل ۴). نتایج نشان می دهد به ترتیب ۱۱/۲۲، ۳۸/۲۷، ۳۱/۳۶، ۱۵/۲۵، ۳/۶ درصد از مساحت منطقه در کلاس های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است.

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری:
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



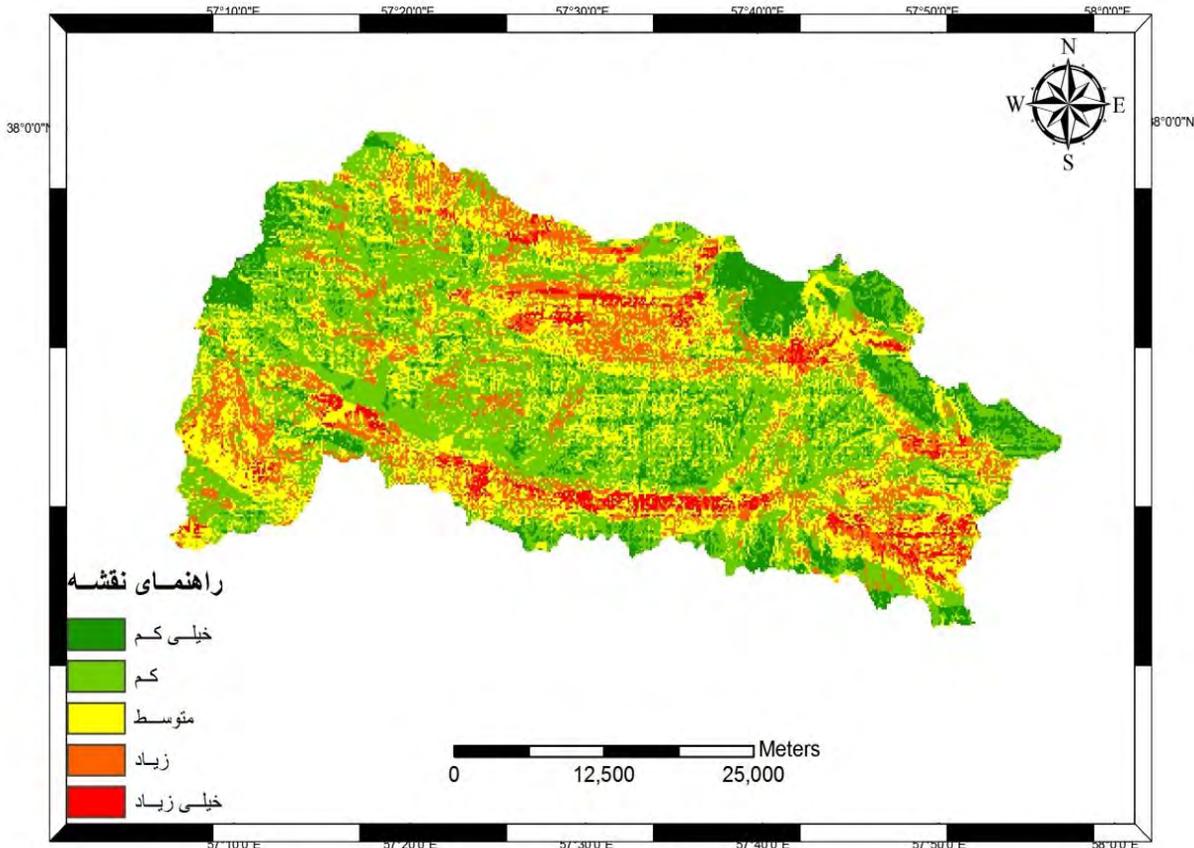
مؤسسه ملی آموزش کشاورزی و منابع طبیعی
اسفند

اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان همدان

اداره کل حفاظت محیط زیست استان همدان

سازمان جهاد کشاورزی استان همدان

انستیتو ملی آموزش کشاورزی



شکل ۴ نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی

۴- نتیجه گیری

عوامل متعددی می توانند در وقوع زمین لغزش نقش داشته باشند. در این تحقیق برای پهنه بندی خطر زمین لغزش منطقه ۸ عامل مورد بررسی قرار گرفته است. بعد از تهیه نقشه عوامل موثر بر زمین لغزش، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی این عوامل اولویت بندی شدند. نتایج به دست آمده از اولویت بندی این عوامل نشان می دهد به ترتیب اولویت شیب، زمین شناسی، آبراهه، کاربری اراضی، گسل، جهت شیب، ارتفاع و فاصله از جاده بیشترین تاثیر را بر لغزش های حوضه دارند.

مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار

محل برگزاری:
همدان دانشکده شهید مفتاح
۲۲ اسفند ۱۳۹۲



مؤسسه عالی آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان

اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان همدان

اداره کل حفاظت محیط زیست استان همدان

سازمان جهاد کشاورزی استان همدان

انستیتو ملی محیط زیست علم و فناوری

بر اساس نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش بدست آمده، مناطق مختلف حوضه آبریز شیرین دره از لحاظ میزان ریسک خطرپذیری به پنج پهنه خطر خیلی کم، خطر کم، خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد استخراج و شناسایی گردیدند. نتایج به دست آمده از این پهنه بندی نشان می دهد که ۱۱/۲۲، ۳۸/۲۷، ۳۱/۳۶، ۱۵/۲۵، ۳/۶ درصد از مساحت منطقه به ترتیب در کلاس های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است. لذا با توجه به وسعت زیاد مناطق با خطر لغزش بالا پیشنهاد می شود هرگونه فعالیت عمرانی در این حوضه با بررسی های لازم صورت گیرد.

در نهایت می توان گفت که روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به دلیل چند معیاره بودن از دقت نسبی بالایی برای پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه آبریز شیرین دره برخوردار می باشد.

منابع

احمدی، ح.، ۱۳۷۸، ژئومورفولوژی کاربردی جلد اول (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.
بهنیافر ا.، منصوری دانشور م.، کهربائیان پ.، ۱۳۸۹، کاربرد مدل AHP و منطق فازی در منطقه بندی خطرات زمین لغزش (مطالعه موردی: حوضه آبریز فریزی). جغرافیای طبیعی، ۳(۹): ۱۰۰-۸۹.
گرایی. پ.، ۱۳۸۵، بررسی حرکت های توده ای زمین (زمین لغزش) به منظور ارائه مدل منطقه ای پهنه بندی خطر در حوضه آبخیز لاجیم رود، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران، ۱۲۱ص.

Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., Kanno, T. (2005) Landslide in Sado Island of Japan part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from to methods and verifications. *Engineering Geology*, V. 81, pp 432-445.

Mezughli T.H., Akhir J.M., Rafek A.G., Abdullah I. (2012) Analytical Hierarchy Process Method for Mapping Landslide Susceptibility to an Area along the E-W Highway (Gerik-Jeli), Malaysia. *Asian Journal of Earth Sciences*, 5: 13-24.

Gharahi H., Bohlooli B., Sayyar A., Shariat jafari M. (2011) Landslide Susceptibility Mapping in the Reservoir of Alborz Dam Using Analytical Hierarchy Process and Bivariate Statistics. *Geosciences Scientific Quarterly Journal*, 81: 93-100.

Komac M. (2006) A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in Perialpine Slovenia. *Geomorphology*, 74: 17-28.