Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
مجله علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال نهم، شماره‌ی ۲۷
پاییز ۱۳۸۸، صفحات ۷۸-۵۵

ابوالفضل بهنیافر [۱]
هادی قنبرزاده [۲]
محمدرضا منصوری دانشور [۳]

پهنه بندی خطر زمین لغزش و ناپایداری دامنه‌ای به روش‌های AHP و احتمال

«مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کنگ، دامنه‌های شمالی بینالود»

تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۰۹/۰۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۰۳/۰۳

چکیده

زمین لغزش‌ها[۴] و دیگر انواع حرکات توده‌ای[۵] دامنه یکی از مخاطرات محیطی عمده محسوب می گردند که غالبا در عرصه‌های کوهستانی کشور، سکونتگاه‌های شهری و روستایی و دیگر سازه‌های عمرانی را مورد تهدید قرار داده‌اند. سازوکارهای وقوع لغزش‌ها و مکانیزم‌های اصلی آنها علاوه بر اثر فعالیت‌های درونی و بیرونی (اقلیم) متاثر از فعالیت‌های انسانی (عوامل

۱- استادیار ژئومورفولوژی گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد.
E-mail: a.behniafar@yahoo.com
۲- استادیار جغرافیای طبیعی گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد.
E-mail: h.ganbarzadeh@yahoo.com
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد. E-mail: m.mansori@yahoo.com

4- Landslides
5- Mass Movement

www.SID.ir

Archive of SID

آنتروپوژنیک[1]) نیز می باشد. این عامل اخیر همراه با دیگر متغیرهای محیطی از جمله سازند زمین شناسی، توپوگرافی و شیب در تحریک دامنه‌های شمالی زون بینالود نقش مهمی داشته و سالانه خسارات مالی و جانی قابل توجهی را در این منطقه کوهستانی به بار می آورد. در این مقاله سعی گردیده که پهنه بندی خطر وقوع لغزش و دیگر حرکات توده ای مشابه آن در حوضه آبریز کنگ به عنوان یکی از حوضه‌های کوهستانی متراکم به روش های تحلیل سلسله مراتب زوجی (AHP)[2] و احتمال[3]، مورد سنجش و مقایسه تطبیقی قرار گیرد. نتایج این پژوهش به صورت نقشه‌های نواحی مستعد لغزش ارایه گردیده است که می تواند برای برنامه ریزان محلی و منطقه‌ای قابل استفاده باشد. نتیجه نهایی آشکار نمود که روش AHP در مقایسه با روش احتمال انطباق پذیری مطلوب‌تری در تطابق با یافته‌های میدانی و برداشت‌های زمین لغزش‌ها با GPS از حوضه دارد. در بین معیارهای تاثیرگذار بر وقوع زمین لغزش‌ها و دیگر حرکات توده‌ای دامنه‌ای مشابه، متغیرهای سازند زمین شناسی، کاربری زمین، توپوگرافی و شیب و تراکم زهکشی، بیش‌ترین وزن را دارا بوده‌اند. در مجموع از مساحت کل حوضه ۲۱/۹ درصد آن در پهنه خطر لغزش بسیار زیاد (شدید) و ۳۱/۳ درصد آن در پهنه خطر زمین لغزش زیاد واقع شده که با توجه به واقع شدن در قطب گردشگری منطقه غرب مشهد، خطراتی جدی را برای ساکنان به دنبال دارد.

کلید واژه‌ها: خطر زمین لغزش، ناپایداری دامنه‌ای، سلسله مراتب زوجی AHP، مدل احتمال، کنگ، بینالود شمالی.

مقدمه

پهنه بندی خطر زمین لغزش و دیگر حرکات توده‌ای دامنه‌ای که خود جزو مخاطرات ژئومورفیک محسوب می گردند، از طریق ابزارهایی چون AHP و احتمال یا آنبالاگان[4]

1- Anthropogenic Factors
2- Analytic Hierarchy Process (AHP)
3- Probability
4- Anbalagan

www.SID.ir

Archive of SID

می تواند در شناسایی و تعیین حدود مناطق پرخطر و یا نواحی با پتانسیل حرکات توده‌ای برای برنامه ریزان محلی مفید باشد. دامنه‌های شمالی زون بینالود به دلیل شرایط مساعد لیتولوژیکی و بسترهای مستعد ژئومورفولوژیکی از لحاظ وقوع حرکات توده‌ای دامنه‌ای دارای پتانسیل نسبتا بالایی هستند. معمولا میزان ریزش‌های جوی بویژه بارش‌های ٢٤ ساعته و ٤٨ ساعته این منطقه کوهستانی به دو برابر مقدار ریزش‌های جوی در مقایسه با دشت مشهد می رسد. (بهنیافر و قنبرزاده، ١٣٨٦، ص ٤٩) پهنه بندی ناپایداری دامنه‌ها معمولا بر اساس خطر وقوع قطعی آن یا میزان خطر آفرینی (بالفعل) و یا احتمال وقوع خطر (بالقوه) و نحوه آسیب پذیری صورت می گیرد (رجایی، ١٣٨٢، ص ٢٤٩). با استفاده از مدل‌ها و تکنیک‌های جدید از جمله AHP، احتمال، مدل GUEST[1] و یا مدل PSIAC[2] می توان ارزیابی بسیار دقیق تری از خطر وقوع لغزش انجام داد، بویژه در روش سلسله مراتب زوجی یا AHP معیارهای ژئومورفولوژیکی موثر در ناپایداری دامنه‌ها توسط یک ماتریس زوجی امتیازبندی و وزن گذاری می شوند. هرچند شناخت و تشخیص انواع حرکات توده‌ای به سال‌های ١٨٦ میلادی در چین بازمی گردد (مقیمی و همکاران، ١٣٨٧، ص ٥٣) ولی درباره فرایندها و نحوه حرکات توده‌ای مواد در دامنه‌ها، طبقه بندی‌های متعددی صورت گرفته است. شاید کارسون و کرکبای[3] (١٩٧٢) بهترین طبقه بندی را از حرکات توده‌ای مواد روی دامنه‌ها ارائه کرده باشند که حداقل در مورد دامنه‌های شمالی بینالود نیز این طبقه بندی صادق می باشد. بر اساس این طبقه بندی حرکات توده‌ای روی دامنه در سه طبقه لغزشی، جریانی و خزشی صورت می گیرد (چورلی و همکاران، ١٣٧٩، ص ٦٤). در لغزش کامل سرعت حرکت مواد واریزه‌ای در تمام پهنه لغزشی از بالا به پایین یکسان و از نوع انتقالی است. در جریان‌ها، سرعت حرکت مواد در بخش بالایی توده جریانی بیش تر از بخش زیرین و از نوع انتقالی است ولی در خزش، حرکت به صورت آرام و رو به پایین انجام می گیرد. در طبقه بندی وارنس[4] (١٩٨٧) مبنای تقسیم بندی انواع

1- Griffith University Erosion System Template
2- Pacific Southwest Inter - Agency Committee
3- Carson and Kirkby
4- Varnes

www.SID.ir

Archive of SID

گوناگون حرکت دامنه بر اساس نوع حرکت مانند ریزش‌ها، واژگونی‌ها، لغزش‌ها، انبساط‌های جانبی، جریان‌ها و لغزش‌های مرکب شناسایی شده‌اند (کوک و دورکمپ، ۱۳۷۷، ص۲۰۵). در واقع در همه طبقه بندی‌ها یکی از انواع حرکات توده‌ای مواد روی دامنه لغزش‌ها یا زمین لغزش‌ها می باشند. زمین لغزش‌ها معمولا در دامنه‌های شمالی بینالود بر اثر تلفیقی از فرایندهای مختلف (مانند توپوگرافی، سازند زمین شناسی، شیب، کاربری زمین، بارش ۲٤ ساعته و غیره) به وقوع می پیوندند. بدین ترتیب بررسی هر یک از این معیارها در متد AHP مورد بررسی قرار گرفته و به عنوان متغیرهای تاثیرگذار در ناپایداری دامنه و یا حرکات توده ای دامنه قلمداد می شوند. در این تحقیق، حوضه آبریز کنگ به عنوان یک ناحیه کوهستانی بسیار متراکم که دارای دیرینه لغزش‌های زیادی نیز می باشد، از طریق مدل AHP پهنه بندی شده قرار گرفته است تا پهنه‌های پرخطر و شدیدا پرخطر آن تعیین گردیده و در برنامه ریزی‌های محلی و آمایش ناحیه‌ای مورد نظر قرار گیرند. تاکنون چندین پژوهش معدود به روش آنبالاگان جهت پهنه بندی خطر لغزش در برخی از حوضه‌های بینالود جنوبی و شمالی صورت گرفته است (از جمله حوضه‌های کوهستانی بوژان، خروین و درود نیشابور) ولی روش آنبالاگان یک مدل تجربی بوده و در مورد لغزش‌های ناحیه کوهستانی هیمالیا در کشور هند صورت گرفته و در این روش متغیرهای لیتولوژی، ساختار زمین شناسی و شیب و کاربری زمین مهم ترند و با ۲ امتیاز بالاترین نقش را دارا می باشند. بنابراین در مناطق کوهستانی کشور ما از خطاهایی برخوردار است ولی در مدل های AHP و احتمال هر یک از متغیرهای اثرگذار در حرکات توده‌ای دامنه، امتیازبندی و با مدل‌های ریاضی و آماری اولویت بندی می شوند. پژوهشگران در موضوع شناسایی و پهنه بندی لغزش از فیلترهای خطی، میانگین و واریانس، هندسی، فازی و ژئومورفولوژیک استفاده کرده‌اند (شیرانی و همکاران، ۱۳۸٤). ناگاراجان[1] و همکاران (۲۰۰۰) برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در نواحی حاره‌ای هند با در نظر گرفتن فراوانی لغزش در کلاس عوامل، از روش وزن دهی کارشناسانه برای

1 -Nagarajan

www.SID.ir

Archive of SID

پهنه بندی خطر زمین لغزش استفاده کرد. تیه ری[1] و همکاران (۲۰۰۷) نیز برای فعالیتی که در زمینه ارزیابی لغزش در محیط‌های کوهستانی جنوب شرقی فرانسه انجام داده، از تلفیق الگوهای احتمال و GIS برای ارزیابی استفاده کرد. در کارهای لی[2] و همکاران (۲۰۰۰)، آیالیو[3] و همکاران (۲۰۰٤) و گوئینائو[4] و همکارن (۲۰۰۵) شاهد استفاده گسترده از روش‌های آماری رگرسیونی می باشیم (کرمی و همکاران، ۱۳۸۵). در ایران تحقیقات نیک اندیش (۱۳۸۰، ص۱۵۲) در وقوع حرکات توده‌ای حوضه کارون میانی، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و بر اساس تحلیل‌های آماری از سایر پژوهش‌های دیگر از لحاظ وسعت قلمرو و نیز توزیع مکانی مناسب تر بوده است. استفاده از روش‌های AHP و احتمال که در حوضه کوهستانی کنگ در زون بینالود به کار گرفته شد، نیز آشکار ساخت که ضمن تطبیق سازی با برداشت‌های میدانی حرکات توده‌ای دامنه توسط GPS از حوضه، از دقت بالاتری برخوردار می باشند.

موقعیت و قلمرو تحقیق

حوضه آبریز کنگ با مساحت ٤۰۷۰ هکتار در دامنه‌های شمالی بینالود و در مختصات جغرافیایی ′۱۳ °۳٦ تا ′۳۰ °۳٦ عرض شمالی و ′۰۹ °۵۹ تا ′۱۹ °۵۹ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). از لحاظ تقسیمات سیاسی این حوضه در غرب بخش طرقبه از شهرستان مشهد قرار دارد و دارای دو نقطه سکونتگاهی روستایی (نغندر و کنگ) و شبکه‌ای از سکونتگاه‌های ویلایی در مسیر دره اصلی است. بلند ترین نقطه ارتفاعی حوضه ۳۰۹۰ متر و پایین ترین نقطه ارتفاعی آن در خروجی حوضه ۱٤۹۰ متر می باشد که به این ترتیب ارتفاع متوسط این حوضه کوهستانی ۱٦۰۰ متر از سطح دریا است. جمعیت حوضه اعم از نقاط

1 -Thiery
2 -Lee
3 -Ayalew
4 -Guinau

www.SID.ir

Archive of SID

روستایی و مناطق ویلایی مستقر در محل ۳۲۷۱ نفر در سال ۱۳۸۷ بوده است (بخشداری طرقبه، ۱۳۸۷). اگرچه به دلیل کوهستانی بودن و عرض کم دره کنگ و محدودیت زمین هموار (مطیعی لنگرودی و همکاران، ۱۳۸۵، ص ۳۵) احداث سکونتگاه‌های جدید و ویلایی با مشکلات عدیده‌ای روبه روست، ولی به دلیل جاذبه‌های گردشگری حوضه و واقع شدن منطقه در قطب گردشگری کشور طی دو دهه اخیر، اقدامات وسیعی در زمینه احداث سازه‌های عمرانی و ویلاسازی و رستوران سازی، این منطقه را مستعد حرکات توده‌ای ساخته است.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر برای پهنه بندی لغزش از دو تکنیک AHP و احتمال در انطباق با یافته‌های میدانی استفاده شده است. به منظور برداشت زمین لغزش‌های دیرینه و فعال از GPS دستی مدل ماژلان استفاده گردیده است. روش کار طبق شکل «۲» به حالت زیر صورت گرفته است:

الف: ابتدا به منظور شناسایی و اولویت بندی معیارهای موثر در وقوع ناپایداری دامنه‌ای، نقشه های پایه و نقشه‌های عامل در محیط ArcView-GIS تهیه شدند و تشکیل بانک نقشه‌های محیطی صورت گرفت. با استفاده از این لایه‌های اطلاعاتی در مقیاس‌های ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰ می توان به سهولیت معیارهای موثر در وقوع لغزش (مانند سازند زمین شناسی، توپوگرافی، شیب، کاربری ارضی و...) را سطح بندی و از لحاظ وسعت اولویت گذاری کرد.

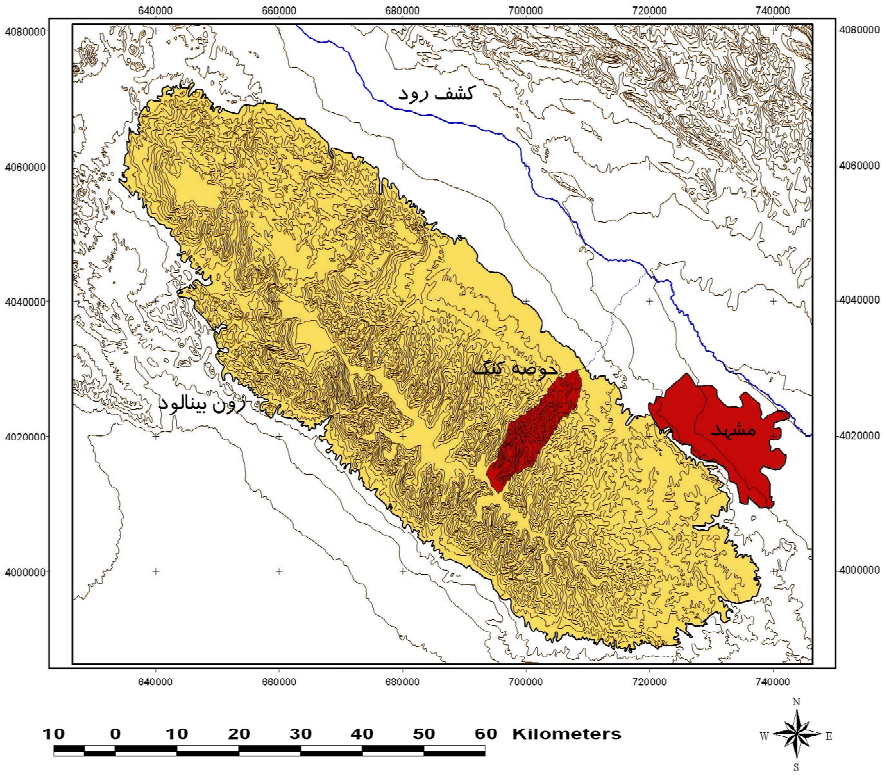
ب: در این مرحله معیارهای موثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای کلاسه بندی گردیده و طبق مدل AHP به صورت یک ماتریس زوجی برای اولویت بندی تفکیک شدند. معیارهای موثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای بویژه لغزش در جدول «۱» آورده شده‌اند. انتخاب این معیارها بر مبنای تاثیر مستقیم یا غیرمستقیم آنها در ایجاد لغزش‌ها و نیز آزمودن آنها در طی عملیات صحرایی در حوضه صورت گرفته است.

ج : تشکیل واحدهای کاری در حوضه کنگ بر مبنای زیرحوضه‌های هیدرولوژیک و بر طبق نقشه پایه ۱/۲۵۰۰۰ توپوگرافی که در نتیجه دقت مطالعات را در سطح مطلوبی حفظ نمود. با بررسی مرزهای واحدهای کاری در انطباق با نقشه‌های محیطی در محیط Autocad و

www.SID.ir

Archive of SID

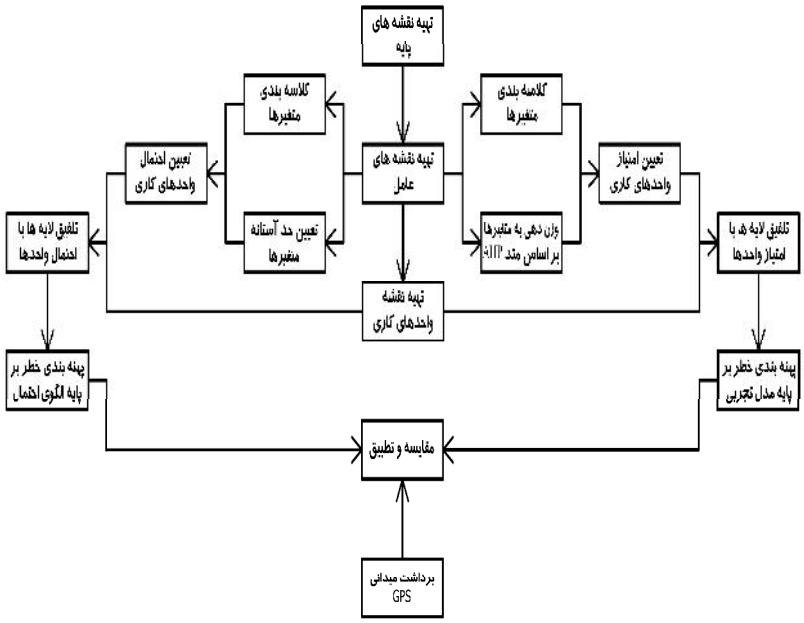
ArcView، اولویت بندی و وزن گذاری معیارها با دقت بالایی صورت می گیرد. در مجموع ۴۷ واحد کاری در حوضه مشخص و تفکیک شد (شکل ۳).



شکل ۱: موقعیت حوضه آبریز کنگ در دامنه‌های شمالی زون بینالود

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲: مراحل کار در پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه آبریز کنگ با مدل‌های AHP و احتمال

د: معیارهای تاثیرگذار در وقوع لغزش و ناپایداری‌ها دامنه‌ای در هر یک از واحدهای کاری وزن گذاری شدند. این وزن بر اساس روابط ریاضی در مدل AHP از مجموع نسبت های دو به دوی معیارها به دست آمد و سپس نسبت استاندارد شده وزن هر معیار و نسبت پایندگی[1] آن محاسبه شد. نسبت پایندگی ماتریس معیارهای موثر در وقوع حرکات توده‌ای و ناپایداری دامنه از رابطه CR=CI/RI به دست آمد که در آن CI معرف شاخص پایندگی[2] و مشخص کننده اندازه انحراف معیار از پایندگی است، RI شاخص تصادفی است که از جداول استاندارد استخراج می شود، CR نسبت پایندگی است (مالچفسکی، ۱۳۸۵، ص ۳۱۹–۳۱۸) که مقدار آن

1 -Consistency Ratio
2 -Consistency Index

www.SID.ir

Archive of SID

در ماتریس تحقیق در سطح قابل قبولی بوده است (CR=۰/۰۹). پس از وزن گذاری متغیرها، طبقه بندی واحدهای کاری از لحاظ خطر وقوع لغزش صورت گرفت و نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزه تهیه شد.

هـ- برای تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش احتمال، از همان متغیرهای جدول «۱» استفاده شد، ولی بر اساس مدل احتمال، ابتدا تعیین حد آستانه عمل[1] برای کلاسه بندی معیارهای موثر در وقوع زمین لغزش‌ها تعیین و سپس بر اساس الگوی برنولی جدول تعداد حالات پیروزی و احتمال نهایی برای ٤٧ واحد کاری محاسبه و تعیین شد. در نهایت با طبقه بندی تعداد حالاتی که معیارها در هر واحد کاری از حد آستانه گذر کرده‌اند یا به عبارتی تعداد حالاتی که [$x=۱$ و $F_x(x)=p^x.q^{1-x}$] می باشند با انجام تغییر متغیر زیر، توزیع حاصل جمع‌های به دست آمده (x) برای هر واحد کاری در فرم استاندارد زیر تعریف شد تا احتمال تصادفی (P) (ساداتی، ۱۳۸۲، ص ٦٧) محاسبه شود.

$$z=(x-\mu)/\delta$$

در رابطه فوق (μ) میانگین ارقام حاصل جمع (x) می باشد و (δ) انحراف معیار ارقام مذکور است. (z) تغییر متغیر (x) در هر واحد کاری و $P(z)$ معرف احتمال وقوع خطر لغزش در هر واحد کاری است که از جدول اعداد تصادفی برای توزیع نرمال (ساداتی، ۱۳۸۲، ص ۱۸۰) به صورت امتیازاتی برای هر لایه اطلاعاتی استخراج شده و پس از طبقه بندی و تلفیق لایه‌ها با این امتیازات در واحدهای کاری، نقشه پهنه بندی خطر لغزش تهیه گردید.

1- Threshold Saturation: یکی از تکنیک‌های بررسی و مطالعه شرایط تعادل و یا گذر از سیستم‌های ژیومورفیکی، بررسی حداکثر عملکرد یا گذر از حد استانه است (بهنیافر، ۱۳۸۱، ص ۳۸۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: متغیرها و معیارهای تاثیرگذار در لغزش و ناپایداری دامنه‌ای برای روش‌هایAHP و احتمال در حوضه آبریز کنگ (بینالود شمالی)

ردیف	نام متغیر	علامت	نوع سنجش
۱	تراکم زهکشی	ΣL	تراکم (کیلومتر در کیلومتر مربع از مساحت حوضه)
۲	پوشش گیاهی	VD	تراکم پوشش گیاهی در واحد سطح
۳	میزان شیب	S	به درصد
٤	سازند زمین شناسی	Fr	مقاومت در برابر فرسایش و نوع لیتولوژی
٥	خاک و فرم زمین	SG	ژئومورفولوژی و بافت خاک
٦	گسل	F	نزدیکی و دوری از گسل فعال
۷	توپوگرافی	T	اختلاف ارتفاع
۸	کاربری ارضی	Lu	نوع کاربری
۹	جهت شیب	Gs	جهات جغرافیایی شیب دامنه

تشکیل واحدهای کاری و وزن دهی متغیرها براساس روش AHP

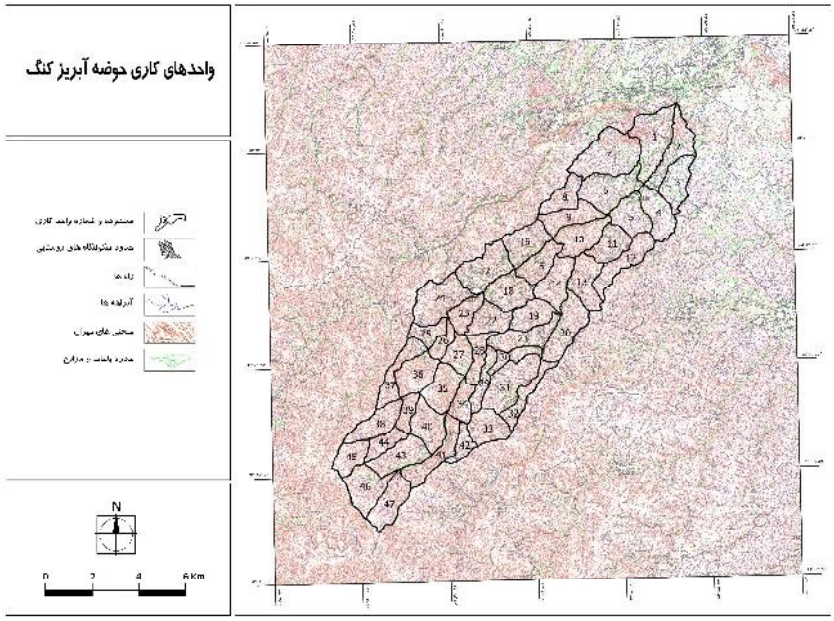
تفکیک واحدهای کاری یا واحدهای ارضی[1] در سطح حوضه کنگ بر اساس دو معیار اصلی زیرواحدهای هیدرولوژیک و توپوگرافی صورت گرفته است. ابتدا بر اساس نقشه ۱/۲۵۰۰۰ توپوگرافی حوضه که جزییات شبکه‌های زهکشی در آن مشخص بود، واحدهای هیدرولوژیک مشخص و با پهنه‌های بین خط الراس‌ها و خط القعرها مطابقت داده شدند. به علاوه با تصاویر هوایی حوضه نیز همپوشانی داده شدند تا خطاهای احتمالی حذف گردند. نتیجه آنکه از

[1]– واحدهای ارضی (Land units) جزو کوچک تری از سیستم‌های ارضی (Land systems) می باشند که بر اساس تیپ‌های فیزیوگرافیک هر منطقه انتخاب می شوند و از نظر ژیومورفولوژی همسان تلقی می شوند (مخدوم، ۱۳۸۵، ص ۵۹). در تعریفی دیگر واحد ارضی شامل بخشی از اراضی است که دارای خصوصیات و ویژگی‌های نسبتا یکسانی بوده و به عنوان واحدهای مدیریتی و تصمیم‌گیری شناخته شوند (ایوبی و جلالیان, ۱۳۸۵،ص ۱۱).

www.SID.ir

Archive of SID

خروجی حوضه در محل روستای نغندر تا بالادست آن ٤٧ واحد کاری برای پهنه بندی لغزش تفکیک و مشخص شد (شکل ۳).



شکل ۳: نقشه واحدهای کاری حوضه کنگ بر مبنای معیار زیرواحدهای هیدرولوژیک و توپوگرافی

بررسی متغیرهای لغزش‌های حوضه و نیز اولویت بندی آنها بر اساس مدل آنالیز سلسله مراتب زوجی AHP و اطلاعات جدول «۲» بر مبنای استخراج اطلاعات محیطی از نقشه‌های مبنا و عامل و عملیات صحرایی، حاصل گردیده است. در این روش مقایسه‌های دو به دوی متغیرها به عنوان ورودی و وزن‌های نسبی به عنوان خروجی تولید می شوند. هر عامل یا متغیر موثر در وقوع ناپایداری دامنه‌ها پس از مقایسه دو به دو در ماتریس و نیز مطابقت با یافته‌های صحرایی در هر واحد کاری در قالب مدل AHP بررسی گردید. مثلا از نظر سازندهای زمین شناسی مشخص است دامنه‌هایی که مواد تشکیل دهنده آنها از سنگ و مواد سست یا از خاک

www.SID.ir

Archive of SID

ضخیم لایه تشکیل شده باشد، پتانسیل لغزش دارند (دریو، ۱۳۸۲، ص ۲۵). همچنین اگر سازندها از طبقات سخت و سست تشکیل شده باشند، نفوذ آب در لایه سست حجم عظیمی از سنگ‌های سخت و یکپارچه فوقانی را جابه جا می کند (محمودی، ۱۳۸٦، ص ۳۸).

جدول ۲: کلاسه بندی متغیرها بر مبنای نقشه‌های پایه و عامل و امتیازات و وزن گذاری نهایی آنها در AHP

امتیاز	پارامتر	وزن	لایه اطلاعاتی
۱	بیشتر از ۱۵ کیلومتر در کیلومترمربع	۲،۱۹	تراکم زهکشی
۰،٦	بین ۵ تا ۱۵ کیلومتر در کیلومترمربع		
۰	کمتر از ۵ کیلومتر در کیلومترمربع		
۰،۵	زراعی- مرتعی	۱،۸۲	پوشش گیاهی
۰،۸	باغی		
۰	بدون پوشش خاص		
۰،۲۵	کمتر از ۵ درصد	۱،۵۳	میزان شیب
۰،۵	بین ۵ تا ۳۰ درصد		
۱	بیشتر از ۳۰ درصد		
۰،۸	شیل و فیلیت خاکستری	۱،٤۷	زمین شناسی
۰،۵	ماسه سنگ، شیل و کنگلومرا و سنگ‌های رسوبی آهکی و کوارتزیت		
۰،٦	مخروط افکنه‌های دره‌ای و آبرفت‌های بادبزنی با فرسایش آبی زیاد	۰،۹۱	خاک شناسی
۰،۸	فلات‌ها و تراس‌های فوقانی با فرسایش آبی کم		
۰،۵	تپه‌ها و کوه‌های با قلل مدور متشکل از سنگ‌های آهکی دگرگونی و کنگلومرایی		
۰،۲۵	تپه‌های با قلل تیز متشکل از سنگ‌های سخت آهکی و دولومیتی		
۰،۸	متأثر از گسل	۱،۱۲	گسل
۰	بدون گسل		
۰،۲۵	تا ۲۰۰ متر	۰،۳۷	اختلاف ارتفاع
۰،۵	از ۲۰۰ تا ٤۰۰ متر		
۰،۸	بیشتر از ٤۰۰ متر		
۰،٦	متأثر از جاده و سکونتگاه	۰،۳۹	کاربری ارضی
۰	بدون کاربری خاص		
۰،۲۵	دامنه‌های جنوبی تا شرقی	۰،۲	جهت شیب
۰،٦	دامنه‌های شمالی تا غربی		

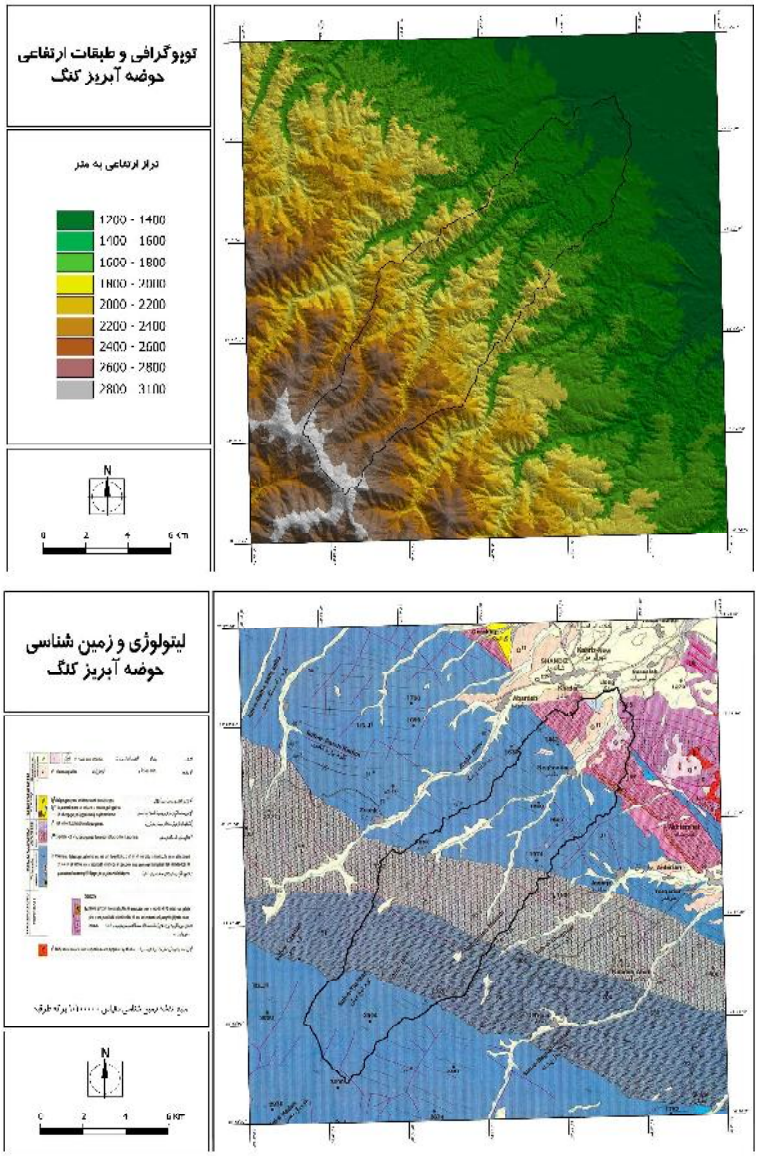
www.SID.ir

Archive of SID

حال بر اساس لایه زمین شناسی منطقه (شکل ٤) مشخص گردید که حوضه کنگ دارای چهار نوع سازند زمین شناسی متفاوت می باشد الف) سری مایان شامل لیتولوژی شیل و فیلیت همراه با ماسه سنگ که با واحدهای کاری ٤٣ تا ٤٧ مطابقت دارد. ب) کنگلومرای کنگ که شامل لیتولوژی شیل، کنگلومرا و ماسه سنگ درشت دانه می باشد و در قسمت‌های پایین دست حوضه (واحدهای کاری ٥ تا ١١) واقع است. ج) سازند فیلیت مشهد که شامل ماسه سنگ اسلیتی و نیز فیلیت شیلی می باشد و در قسمت‌های میانی حوضه واقع شده است. د) آبرفت‌های کواترنری شامل تراس‌ها و پادگانه‌های آبرفتی در بخش پایین دست حوضه و در حاشیه رودخانه اصلی واقع شده‌اند. بیشتر زمین لغزش‌های قدیمی و فعال عمدتا در سازندهای مایان (فیلیت و شیل)، فیلیت مشهد و کنگلومرای کنگ رخ داده‌اند. این زمین لغزش‌ها توسط GPS برداشت گردید و با واحدهای کاری روی نقشه زمین شناسی مطابقت داده شدند و مشخص گردید در قسمت‌های پایین دست حوضه (واحدهای کاری ١ تا ٣٤) فراوانی وقوع انواع ناپایداری‌های دامنه بیشتر بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤: لایه‌های محیطی زمین شناسی و توپوگرافی حوضه آبریز کنگ

www.SID.ir

Archive of SID

سایر متغیرهای گذار در وقوع لغزش مانند شیب، گسل، توپوگرافی، کاربری ارضی و... به همین روش بررسی و امتیازدهی و وزن گذاری گردیدند. در جدول «۳» امتیازات نهایی هر واحد کاری از حوضه کنگ بر اساس مدل سلسله مراتب زوجی آورده شده است.

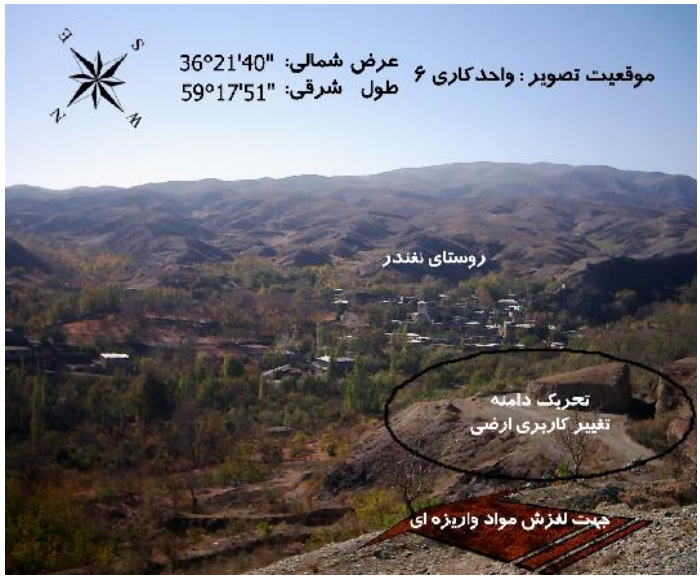
جدول ۳: نتایج امتیازات نهایی متغیرهای موثر در ناپایداری دامنه در واحدهای کاری حوضه کنگ بر اساس AHP

واحد	امتیاز	واحد	امتیاز	واحد	امتیاز	واحد	امتیاز	واحد	امتیاز
۱	۵,۷۱	۱۱	۵,۳۵	۲۱	۳,۵۵	۳۱	٦,۲٦	٤۱	۵,۲۷
۲	٤,۲۵	۱۲	۵,۰۵	۲۲	۳,٦۲	۳۲	۳,۷۸	٤۲	٤,٦۷
۳	۵,۳٤	۱۳	٤,۹۳	۲۳	٤,۱۳	۳۳	٦,۲۸	٤۳	٤,۰۹
٤	٤,۲۱	۱٤	۵,٤۱	۲٤	۳,٦۵	۳٤	۲,۸۲	٤٤	۲,۷۰
۵	۵,۲۳	۱۵	٤,۱٦	۲۵	۵,۲۲	۳۵	٤,۹٦	٤۵	۲,٦۳
٦	٤,٦۵	۱٦	٦,۱۷	۲٦	۵,۸۲	۳٦	۳,۵۸	٤٦	۲,۸۱
۷	۵,۹۸	۱۷	٤,۸٦	۲۷	۵,۰۷	۳۷	٤,۰٦	٤۷	٦,۳۵
۸	۵,۱۲	۱۸	٤,۲۵	۲۸	۵,۹٦	۳۸	۲,۷٤		
۹	۳,٦۳	۱۹	٤,٦۳	۲۹	۵,٦۰	۳۹	۳,۵۸		
۱۰	۳,۸٤	۲۰	۳,۲۸	۳۰	۳,۸۰	٤۰	٤,۲۰		

در مجموع، متغیرهای سازند زمین شناسی، شیب، کاربری اراضی و توپوگرافی از ارزش بالاتری در ایجاد ناپایداری دامنه‌های حوضه برخوردار بوده‌اند. شواهد میدانی موجود حاکی از نقش موثر دخالت مردم مانند آبیاری غرقابی باغات در جهت عمود بر شیب توپوگرافی و تخریب دامنه ها توسط عملیات عمرانی و توسعه ساخت و سازها بوده است (شکل ۵).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: تحریک دامنه‌ها در حوضه کنگ به واسطه تغییر کاربری ارضی

www.SID.ir

Archive of SID

تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش بر پایه مدل AHP

پس از طبقه بندی امتیازات در هر یک از واحدهای کاری و نیز با استفاده از تلفیق لایه‌های محیطی و بررسی تصاویر ۱/٤۰۰۰۰ حوضه مورد مطالعه، پهنه‌های خطر لغزش بر اساس AHP در چهار کلاس طبقاتی صورت گرفت. الف- پهنه‌های با خطر زمین لغزش بسیار بالا که دامنه امتیاز آنها بین ۵/۵ تا ٦/۵ بود. ب- پهنه‌های با خطر زمین لغزش بالا که دامنه امتیاز آنها بین ٤/۵ تا ۵/۵ بود. ج- پهنه‌های با خطر لغزش متوسط که دامنه امتیاز آنها بین ۳/۵ تا ٤/۵ بود. د- پهنه‌های با خطر زمین لغزش پایین که دامنه امتیاز آنها بین ۲/۵ تا ۳/۵ بود. فراوانی وقوع لغزش و برخی ناپایداری‌ها در واحدهای کاری حوضه بررسی و در نهایت نقشه پهنه بندی در محیط ArcView تهیه شد (شکل ٦).

ناپایداری دامنه‌ای و خطر زمین لغزش بر پایه مدل احتمال

به منظور خودداری از طولانی شدن مطالب در اینجا فقط به نتایج حاصل از الگوی احتمال در پهنه بندی خطر لغزش حوضه بر اساس تعیین حد آستانه متغیرها می پردازیم. با توجه به نقشه واحدهای کاری حوضه (شکل ۳) دو حالت عبور از مرز خطر یا عدم عبور از مرز خطر برای هر یک از متغیرهای موثر در وقوع لغزش وجود دارد. بررسی‌های میدانی آشکار نمود که اگر میزان شیب از ۳۰-۲۵٪ عبور نماید، با جذب آب احتمال وقوع لغزش و دیگر ناپایداری‌ها بیشتر می شود. بنابراین مجموع تعداد حالاتی از متغیرها که به گذر از حد آستانه در هر واحد کاری از حوضه انجامیده‌اند، محاسبه شد تا از طریق محاسبات آماری و بر اساس الگوی برنولی، احتمال کلیه متغیرها در واحدهای کاری تعیین شود (جدول ٤). در این مدل دو مرحله اساسی وجود داشت اول آنکه حالات گذر از حد آستانه متغیرها (مانند شیب، توپوگرافی، تراکم زهکشی و...) در هر واحد کاری تعیین گردید و از طریق محیط نرم افزاری احتمال (P) تلفیق ۹ متغیر در هر واحد کاری طبق جدول «٤» محاسبه و سپس نقشه پهنه بندی لغزش بر پایه مدل احتمال به دست آمد (شکل ۷).

www.SID.ir

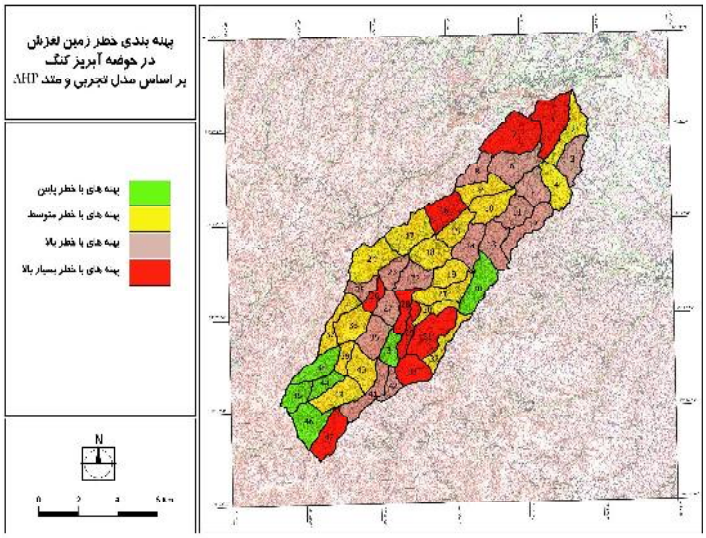
Archive of SID

جدول ٤: مقادیر احتمالات نهایی متغیرهای موثر در ناپایداری دامنه در واحدهای کاری حوضه کنگ بر اساس احتمال

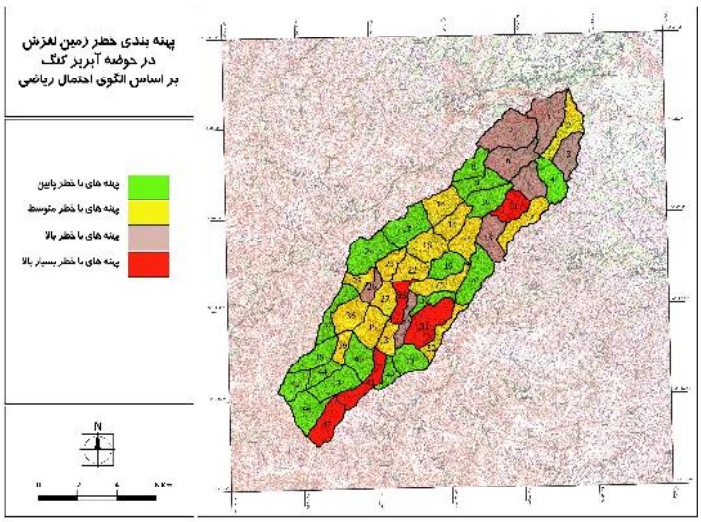
واحد کاری	جمع (x)	z	احتمال (p)	واحد کاری	جمع (x)	z	احتمال (p)
۱	٥,۰۰	۰,۹٦	۰,۸۳	۲٦	٥,۰۰	۰,۹٦	۰,۸۳
۲	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥	۲۷	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥
۳	٥,۰۰	۰,۹٦	۰,۸۳	۲۸	٦,۰۰	۱,۷۹	۰,۹٦
٤	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳	۲۹	٥,۰۰	۰,۹٦	۰,۸۳
٥	٥,۰۰	۰,۹٦	۰,۸۳	۳۰	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳
٦	٥,۰۰	۰,۹٦	۰,۸۳	۳۱	٦,۰۰	۱,۷۹	۰,۹٦
۷	٥,۰۰	۰,۹٦	۰,۸۳	۳۲	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥
۸	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳	۳۳	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳
۹	۲,۰۰	-۱,٥٤	۰,۰٦	۳٤	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥
۱۰	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳	۳٥	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥
۱۱	٦,۰۰	۱,۷۹	۰,۹٦	۳٦	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥
۱۲	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥	۳۷	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳
۱۳	٥,۰۰	۰,۹٦	۰,۸۳	۳۸	۲,۰۰	-۱,٥٤	۰,۰٦
۱٤	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥	۳۹	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥
۱٥	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥	٤۰	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳
۱٦	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥	٤۱	٦,۰۰	۱,۷۹	۰,۹٦
۱۷	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳	٤۲	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳
۱۸	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥	٤۳	۲,۰۰	-۱,٥٤	۰,۰٦
۱۹	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳	٤٤	۲,۰۰	-۱,٥٤	۰,۰٦
۲۰	۲,۰۰	-۱,٥٤	۰,۰٦	٤٥	۱,۰۰	-۲,۳۸	۰,۰۰
۲۱	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥	٤٦	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳
۲۲	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥	٤۷	٦,۰۰	۱,۷۹	۰,۹٦
۲۳	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥	"	"	"	"
۲٤	۳,۰۰	-۰,۷۱	۰,۲۳	"	"	"	"
۲٥	٤,۰۰	۰,۱۳	۰,٥٥	"	"	"	"

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦: نقشه پهنه بندی خطر لغزش بر اساس مدل AHP در حوضه آبریز کنگ



شکل ٦: نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش بر اساس مدل احتمال در حوضه آبریز کنگ

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌های تحقیق و نتیجه گیری

با تهیه نقشه‌های پهنه بندی خطر لغزش به روش‌های AHP و احتمال در حوضه مورد مطالعه و نیز تطبیق نتایج عملیات میدانی با دو نقشه مذکور آشکار کرد که مدل AHP قابلیت بیشتری با پهنه بندی لغزش در نواحی کوهستانی دارد. اگرچه در مدل احتمال نیز بیش از ۷۰ درصد حوضه به لحاظ واقعیت‌های موجود (لغزش‌های فعال) با نقشه آن مطابقت دارد ولی در مجموع پهنه‌های تفکیک شده خطر وقوع لغزش بر اساس مدل AHP در واحدهای کاری حوضه از دقت بالاتری برخوردار می باشند.

همچنان که در جدول «۵» ملاحظه می گردد، پهنه خطر بسیار زیاد بر پایه مدل AHP با ۲۱/۹٪ از حوضه (۲۲۰۲/۰ هکتار) است، در حالی که بر پایه مدل احتمال این پهنه ۱۱/۵٪ از حوضه (۱۱۶۳/۲ هکتار) را شامل می شود که البته اختلاف در حدود دو برابر است. پهنه پر خطر از لحاظ لغزش در مدل AHP ۳۱/۳٪ از حوضه را شامل می گردد در حالی که بر پایه مدل احتمال ۲۰/۰٪ بوده که کاهش نسبی را نشان می دهد. نکته قابل اهمیت در تطبیق این دو مدل با واقعیت‌های برداشت شده از حوضه کنگ است که واحدهای کاری واقع شدن در پهنه‌های خطر وقوع زمین لغزش‌ها در مدل AHP دقیق تر می باشند. برای این منظور لغزش‌های برداشت شده در هر یک از واحدهای کاری با دو نقشه تطبیق داده شد و نتایج آشکار نمود که مدل سلسله مراتب زوجی با لغزش‌های فعال فعلی مطابقت بهتری دارد. این نکته به معنای آن نیست که مدل احتمال هیچ کاربردی نداشته یا با واقعیت‌ها همخوانی نداشته باشد، بلکه در مقایسه با مدل سلسله مراتب زوجی در درجه دوم اهمیت قرار دارد. افزایش شیب در سازندهای زمین شناسی فیلیت و سری مایان و کنگلومرای کنگ بویژه در قسمت‌های پایین دست و میانی حوضه و نیز تغییر و تشدید کاربری از مهم ترین متغیرهای موثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای محسوب گردیده و در نهایت بخش پایین دست حوضه بین روستای نغندر تا بخش میانی آن دارای مخاطرات بالایی از لحاظ وقوع ناپایداری هستند. از این نظر

www.SID.ir

Archive of SID

ضرورت دارد که برنامه ریزان محلی و منطقه‌ای در جهت سیاست‌های مدیریتی مرتبط با کنترل ناپایداری دامنه‌ها در این حوضه کوهستانی اقدامات اساسی انجام دهند.

جدول ۵: نتایج مربوط به وسعت و نسبت پهنه‌های خطر لغزش حوضه آبریز کنگ به روش‌های AHP و احتمال

درجه خطر	مدل AHP		مدل احتمال	
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
خطر بسیار زیاد	۲۲۰۲/۰	۲۱/۹	۱۱۶۳/۲	۱۱/۵
خطر زیاد	۳۱٤۹/۹	۳۱/۳	۲۰۰٦/۹	۲۰/۰
متوسط خطر	۳۵۳۰/۳	۳۵/۱	۳۰٦۹/۸	۳۰/۵
کم خطر	۱۱۷۸/۲	۱۱/۷	۳۸۲۰/۵	۳۸/۰
مجموع	۱۰۰٦۰/٤	۱۰۰	۱۰۰٦۰/٤	۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱- ایوبی، ش و جلالیان، الف. (۱۳۸۵)، «***ارزیابی اراضی؛ کاربری‌های کشاورزی و منابع طبیعی***»، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ اول.

۲- بهنیافر، الف. (۱۳۸۱)، «آنالیز سیستمی به عنوان یک الگوی پایه در روش تحقیق ژئومورفولوژی»، ***مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی***، شماره ۱و۲، سال ۳۵، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- بهنیافر، الف. قنبرزاده، ه. (۱۳۸٦)، «اثرات اقتصادی- اجتماعی خشکسالی‌های دوره ۸۵-۱۳۷۵ بر دهستان شاندیز مشهد»، طرح پژوهشی، حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد.

٤- چورلی، ر و همکاران، ترجمه معنمد، الف. (۱۳۷۹)، «ژئومورفولوژی فرایندهای دامنه‌ای»، جلد (۳)، انتشارات سمت، تهران، چاپ اول.

۵- دریو، م، ترجمه مقصود، خ. (۱۳۸۲)، «***مبانی ژئومورفولوژی؛ اشکال ناهمواریهای زمین***»، انتشارات مبنا، چاپ ششم.

٦- رجایی، ع. (۱۳۸۲)، «***کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی شهری و روستایی***»، انتشارات سمت ، تهران، چاپ اول.

۷- ساداتی، س. (۱۳۸۲)، «***آمار و احتمال کاربردی***»، انتشارات توسعه علوم، چاپ دوم.

۸- شیرانی، ک و همکاران (۱۳۸٤)، «بررسی و ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در پادنای علیای سمیرم»، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.

۹- کرمی، ف و همکاران (۱۳۸۵)، «شناسایی و پهنه بندی نواحی مستعد زمین لغزش در حوضه آبریز اوجان چای، با استفاده از روش‌های آماری و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی»، مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت جامع بحران.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۰- کوک، آ، دورکمپ، ج. ترجمه گودرزی نژاد، ش. (۱۳۷۷)، «***ژئومورفولوژی و مدیریت محیط***»، جلد (۱)، انتشارات سمت، تهران، چاپ اول.

۱۱- مالچفسکی، ی. ترجمه پرهیزگار، الف و همکاران (۱۳۸۵)، «***سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری***»، انتشارات سمت، تهران، چاپ اول.

۱۲- محمودی، ف. (۱۳۸٦)، «***ژئومورفولوژی دینامیک***»، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، چاپ اول.

۱۳- مخدوم، م. (۱۳۸۵)، «***شالوده آمایش سرزمین***»، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هفتم.

۱٤- مطیعی لنگرودی، س و همکاران. (۱۳۸۵)، «تنگناهای توسعه فیزیکی- سکونتی در روستاهای دره ای غرب شهرستان مشهد»، ***مجله پژوهش های جغرافیایی***، شماره ٥٦.

۱۵- مقیمی، الف و همکاران (۱۳۸۷)، «ارزیابی و پهنه بندی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش دامنه‌های شمالی آلاداغ (مطالعه موردی: حوضه زهکشی چناران در استان خراسان شمالی)»، ***مجله پژوهش های جغرافیایی***، شماره٦٤.

۱٦- نیک اندیش، ن. (۱۳۸۰)، «بررسی نقش زمین ساخت جنبا در ایجاد زمین لغزش‌های منطقه بهاباد»، مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۱۷- سازمان زمین شناسی کشور، نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ برگه طرقبه.

۱۸- سازمان نقشه برداری کشور، عکس‌های هوایی ۱/٤۰۰۰۰ بلوک مشهد.

۱۹- سازمان نقشه برداری کشور، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ برگه‌های شماره ۷۸٦۲۱، ۷۸٦۲۲، ۷۸٦۲۳ و ۷۸٦۲٤.

20- Nagarajan, R., A. Roy,et al (2000), «Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climate factors for troical monsoon regions», ***Bull. Eng. Geol.*** Env.

www.SID.ir

Archive of SID

21- Thiery, Y. et al (2007), «Landslide susceptibility assessment by bivariate methods at large scales: Application to a complex mountainous environment», ***Geomorphology.***

22- Burdurlu. E. and Eyder. E. (2003) «Location choice for furniture industry firms by using (AHP) Method», ***G. U. Journal of Science***. 16(2), London.

www.SID.ir