Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال ششم، شماره ۲، پاییز ۱۳۹٦
صص. ٦۳-٤٥

تحلیل شبکه ای عوامل موثر در ناپایداری های دامنه ای رشته کوه بینالود با رویکرد مدیریت محیطی (مطالعه موردی : دامنه های شمالی و جنوبی)

محمدرضا نیکجو *– دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.
ریحانه برومند– دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه ژئومورفولوژی ، دانشگاه تبریز.
شهرام روستایی – استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.
ابوالقاسم امیراحمدی – دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۰۵ تائید نهایی: ۱۳۹۶/۰۶/۲۴

چکیده

رشته کوه بینالود یک سیستم چین خورده ی تراستی است که در شمال شرق ایران واقع شده و جزو کوهستان های خشک و نیمه خشک کشورمحسوب میشود.دامنه های این رشته کوه به دلیل شرایط متفاوت لیتولوژیکی و مقاومت سنگها دربرابرهوازدگی و فرسایش ،ویژگیهای اقلیمی و تغییرات شدید آنتروپوژنیک ازجمله کاربری اراضی،از موقعیت مناسبی جهت وقوع مخاطرات ژئومورفولوژیکی از نوع ناپایداریهای دامنه ای می باشد بطوریکه این ناپایداری ها ازرخدادهای مکرری هستندکه تهدید بلقو ه ای در زندگی، تجهیزات ،امکانات و راه های مواصلاتی و شبکه حمل و نقل در محدوده مورد نظر به شمار می آیند.روش مورداستفاده دراین پژوهش،تحلیلی و سیستمی است و به امکان سنجی خطر وقوع ناپایداریهای دامنه ای می پردازد. در این راستا به منظور شناخت عوامل موثر در بروز ناپایداریهای محدوده مورد مطالعه،۱۱متغیراصلی نظیر،میزان شیب،جهت شیب لایه های زمین شناسی، واحدهای لیتولوژی، فاصله از گسل ، کاربری و پوشش زمین ، خطوط همبارش وسایر عوامل... برمبنای نقشه های پایه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰و نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و نقشه پوشش و کاربری زمین ۱:۵۰۰۰۰ منطقه در سطوح مختلف مورد پژوهش قرارگرفت.در ادامه حوضه های هیدرولوژیک درقلمرو مطالعه مشخص شدکه مجموعاً۳۳ حوضه آبریز شامل ۲۳ حوضه در دامنه شمالی و ۱۰ حوضه آبریز در دامنه های جنوبی شناسایی شد.سپس بررسی متغیرها در منطقه بینالود به شکل زمین مرجع انجام گرفت ومدلسازی های جانبی تحلیل فضایی، در نرم افزار GIS تنظیم شدند لذانقشه های عامل تولید شده،با روش ANPارزیابی و با زیر نرم افزارجانبی expeart choice به شکل معیار های اصلی و زیر معیارها مورد وزن دهی قرار گرفته وسرانجام این نقشه هادر نرم افزار GIS بامنطق فازی و عملگرجمع فازی،با چهار درجه خطر کم ، خطر متوسط ، خطر زیاد ، و خطر بسیارزیاد مورد همپوشانی و پهنه بندی قرارگرفتند.طبق نتایج حاصل ازاین پژوهش شیب موثرترین عامل در بروز ناپایداری های دامنه ای در هردوسوی دامنه های بینالودشناخته شد و با توجه به جنس سازند زمین شناسی بیشترین تکرار فراوانی لغزش ها در دامنه های فیلیتی و سیلتی دامنه ی شمالی بینالود،وریزش ها در مارن های آتشفشانی دامنه های جنوبی رخ میدهدو بهترین راهکار مدیریت محیطی در جلوگیری و کاهش اثرات سوء خطر ناپایداری های دامنه ای رشته کوه بینالود ، تعیین پهنه های آسیب پذیرازخطر،آمایش سرزمین و استخراج قابلیت اراضی وجلوگیری از تغییرکاربری زمین بر مبنای نتایج مستخرجه می باشد.

واژگان کلیدی: ناپایداری دامنه ای، مدل ANP، بینالود، رویکرد مدیریتی.

* نویسنده مسئول: E-mail: Nikjoo1347@gmail.com

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

مقدمه

مخاطرات محیطی مجموعه وقایع ناشی ازطبیعت زمین یازمین شناسی، فرآیندهای بیولوژیکی و حوادث تکنولوژیکی را شامل می شود که منجر به رهایی توده ای از انرژی یا مواد می شود که به طور غیر قابل انتظار، حیات انسان را تهدید می کند. این مخاطرات در مقیاس کلان در دو سطح مخاطرات طبیعی و مخاطرات ناشی از فعالیت های انسانی و تکنولوژی تقسیم بندی می شود. در این بین مخاطرات طبیعی هم به طور عمده دو سطح از مخاطرات با منشأ درونی (همچون زلزله، آتشفشان و...) و مخاطرات با منشأ بیرونی (همچون طوفان، سیلاب و...) را شامل می شود.اما مخاطرات ژئومورفیک از قبیل حرکات توده ای دامنه، فرونشست، فرسایش و... از زیرمجموعه های مخاطرات طبیعی به شمار می روند و شامل هر رویداد زمین شناسی و زمین ریخت شناسی است که اثر نامطلوب اجتماعی و اقتصادی بر سیستم زیستی بشر بر جای گذارد در بین مخاطرات ژئومورفیک هم، خطر حرکات توده ای مواد دامنه و به طور مشخص زمین لغزش، و ریزش ها در وحله بعداز عمده ترین آنها به شمار می رود که غالباً در عرصه های کوهستانی کشور، سکونتگاه های شهری و روستایی را تهدید می کند. سازوکارهای وقوع این ناپایداریها علاوه بر اینکه ناشی از فعالیت های درونی زمین و تغییرات بیرونی اقلیم می باشد، می تواند متأثر از فعالیت های انسانی نیز باشد. یکی از وظایف مهم علم ژئومورفولوژی، پیش بینی و کنترل این مخاطره ژئومورفیک، در مناطقی است که منابع و مجموعه های انسانی را در معرض تهدید خود قرار می دهد.در این راستا تهیه‌ی نقشه وقوع خطر زمین‌لغزش ابزاری اساسی برای فعالیت‌های مدیریت بحران در نواحی کوهستانی است(کومار داهال[1]، ۲۰۰۸، ۴۹۶).از آنجایی که رشته کوه بینالود جزو کوهستان های خشک و نیمه خشک کشور می باشد ،لذاازلحاظ مخاطرات ژئومورفیک که خاص مناطق کوهستانی ست بسیار مستعدو نیازمند بررسی و پژوهش می باشد بطوری که خساراتی که فرآیندهای ژئومورفیک و حرکات توده ای دامنه ای در سطح حوضه های آبریز دامنه های شمالی و جنوبی بینالود به وجود می آورند هر ساله در حال گسترش ست. در این راستا اغلب این حوضه ها ازجمله مناطق ییلاقی و توریستی منطقه به شمار می آیند که از طرفی به لحاظ احداث مناطق تفرجگاهی و خانه های دوم و ییلاقی بسیار مورد توجه وبهره برداری واقعند.بدین ترتیب هرگونه مطالعات ژئومورفولوژیک و هیدروژئومورفولوژیکی در حوضه های دامنه های شمالی و دامنه های جنوبی بینالود صورت پذیرد می تواند برای برنامه ریزان محیطی در سطح محلی و منطقه ای کاربرد بسیاری داشته باشد. در حال حاضر شواهد ایجاد مخاطرات ژئومورفولوژیک از نظر علمی در تمام حوضه های رودخانه های دامنه های بینالود وجود دارد.مضاف بر آن از آنجا که زون بینالود به وسیله تراست گسلی بزرگ از دشت نیشابور مجزا گردیده است و فعالیت های لرزه خیزی این گسل در مخاطرات ژئومورفولوژیک تاثیر مستقیم دارد، ضروری است که برنامه ریزان محلی و منطقه ای در زمینه کنترل مخاطرات محیطی به ویژه و لغزشهای زمین تدابیر ویژه ای را به کارگیرند .بدین ترتیب لازمه به کارگیری این تدابیر شناخت دقیق ازویژگیهایژئومورفولوژیکی وهیدروژئوموفولوژیکی منطقه است.از اینرو ارزیابی تاثیر هر یک از این عوامل می تواند نقش بسزایی در پیش بینی مخاطرات محیطی داشته باشد بطوری که از طریق شناسایی انواع ناپایداری ها و رفتار رودخانه های کوهستانی می توان پهنه بندی مخاطرات را در یک منطقه کوهستانی تعیین کرد.هدفاز این پژوهش نیز پهنه‌بندی خطرناپایداری های دامنه ای با استفاده از مدل تحلیل شبکه (ANP) دردامنه های شمالی و جنوبی بینالود می‌باشد. با توجه به جنس سازند در دامنه شمالی و جنوبی رشته‌کوه چین‌خورده بینالود فرایندهای جریانی و رودخانه‌ای از مهم‌ترین فرایندهای این منطقه کوهستانی می‌باشد که این امر خود زمینه وقوع حرکات دامنه‌ای را در این منطقه تسهیل می‌کند در این راستا پهنه بندی خطر به عنوان یک ابزار راهبردی در برخورد با برنامه ریزی های محیطی، مطرح می باشد. بنابراین اغلب برنامه ریزی ها با استفاده از ابزار پهنه بندی خطر اولاً به دنبال تعیین مناطق

7- Kumar Dahal

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

پرمخاطره و ثانیاً به دنبال تعیین پتانسیل ها و قابلیت های توسعه اراضی می باشند. فرآیند مدلسازی این پژوهش متکی بر منطق فازی است که قابل قبول ترین آلترناتیوها را در تصمیم سازی های محیطی در اختیار می گذارد.

پیشینه تحقیق

کشورایران با توجه به شرایط آب‌وهوایی و توپوگرافی جزو کشورهایی است که وقوع ناپایداری های دامنه ای در مناطق مختلف آن باعث به‌وجود آمدن خسارات انسانی و مالی زیادی می‌شود.به‌دلیل تعدد، تنوع، تکرار و شدت رخداد خطرات طبیعی و ناآرامی محیط، ایران درردیف ده کشور بلاخیز جهان قرارگرفته است(محمدی و همکاران، ۲۰۰۴، ۱۳، مقیمی و همکاران، ۱۳۹۱، ۷۸). به‌طوری‌که بر اساس گزارش کمیته ملی کاهش بلایای طبیعی وزارت کشور سهم خسارات ناشی از حرکت‌های توده‌ای در ایران ۵۰۰ میلیارد ریال برآورد گردیده است(رمضانی و ابراهیمی، ۱۳۸۸، ۱۲۸).تاکنون تلاشهای بسیاری در جهت ارائه نقشه های پهنه بندی حساسیت زمین لغزش صورت گرفته است. در واقع تمامی این تلاش ها به دنبال کشف بهترین رابطه بین وقوع پدیده زمین لغزه، پراکندگی آن و متغیرهای محیطی می باشند. با بررسی نمونه های موردی انجام شده در ارتباط با مبحث پهنه بندی خطر زمین لغزش می توان به این نتیجه رسید که پژوهشگران تاکنون پراکنش زمین لغزش ها را با استفاده از فیلترهای خطی، میانگین و واریانس، هندسی، فازی و ژئومورفولوژیک نشان داده اند.(شیرانی و همکاران ، ۱۳۸۴) اما در کل می توان ۲ سری از فعالیت های پهنه بندی خطر را مشاهده کرد. یک سری فعالیت ها به مدل های کیفی و تجربی در زمینه پهنه بندی خطر زمین لغزش شهرت دارند که مهمترین آنها عبارتند از مدل آنبالاگان[۱]، مدل نیلسن[۲] و مدل مورا- وارسون[۳].البته بسته به موقعیت و شرایط محیطی مختلف حاکم بر نواحی، مدل های تجربی قابلیت توسعه واصلاح دارند. بر همین اساس است که در ایران مدل تجربی حائری- سمیعی مطرح گردیده است. واما در یک سری دیگر از فعالیت های پهنه بندی تأکید بر روش های آماری و تبدیل کیفیات به کمّیات وجود دارد. اولین نمونه این اقدامات را می توان در فعالیت ون وستن و همکاران[۴] (۱۹۹۷) و گازتی و همکاران[۵] (۱۹۹۹) مشاهده کرد. همچنین در کارهای کسانی چون لی و همکاران[۶] (۲۰۰۲)، آیالیو و همکاران[۷] (۲۰۰۴) و گوئینائو و همکاران[۸] (۲۰۰۵)، می توان شاهد استفاده گسترده از روشهای آماری رگرسیون دو متغیره و چندمتغیره بود.این روشها که امکان تحلیل همزمان تعدادی از متغیرها را فراهم می کنند برای ارزیابی خطر زمین لغزش که ذاتاً پدیده ای چندمتغیره است حائز اهمیت می باشند. (کرمی و بیاتی خطیبی ، ۱۳۸۵).ارزیابی ناپایداری دامنه‌ای مانند بسیاری از موضوعات زمین‌شناسی محیطی، از پیچیده‌ترین مسائل است که به‌دلیل تنوع عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری دامنه‌هاست(پور هاشمی و همکاران، ۱۳۹۳، ۷۲) که سالهاست در نظر پژوهشگران دارای اهمیت ویژه می باشد. در این راستا ارزیابی و پهنه بندی احتمال خطر زمین لغزش در حوضه آبریز یایجیلو با استفاده از مدل AHP توسط (مختاری اصل و همکاران۱۳۸۹) صورت گرفت ، که در نتیجه این پژوهش پهنه بندی حوضه نشان میدهد که ۳۶ درصد از حوضه احتمال وقوع زمین لغزش بسیار زیاد ۳۹ احتمال وقوع

۱- Anbalagan

۲- Nilsen

۳- Mora - Varson

۴- Van wasten & et al

۵- Guzetti & et al

۶- Lee & et al

۷- Ayalew & et al

۸- Guinau & et al

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

زمین لغزش زیاد و ۱۴ درصد احتمال وقوع متوسط و ۲۱ درصد ا حتمال وقوع زمین لغزش بسیارکم می باشد. ژئومورفولوژی جاده سنندج – مریوان و پهنه بندی ناپایداری های دامنه ای کاری از(یمانی و همکاران ۱۳۹۰)که در آن نتایج بدست آمده از مدل ها و تطبیق نتایج آن ها با لغزشهای روی داده در مسیر جاده ، ضمن معرفی برتری روش تحلیل سلسله مراتبی بیان داشته است که احداث جاده ، وقوع لغزش ها را تشدید نموده است و در میان عوامل مشترک موثر بر لغزش ها فاصله از مسیر راه و سپس مقاومت سنگ های زیربنا پیرامون بیشترین تاثیر را در بروز زمین لغزش های منطقه را داراست.بررسی عوامل موثر بر حرکات توده ای بر پایه تهیه نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش مطالعه موردی ارتفاعات دنای زاگرس (شیرائی،سیف و همکاران ۱۳۹۱) نتایج این پژوهش نیز نشان می دهد مناسب ترین نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش حاصل از روش آماری ارزش اطلاعاتی و عوامل موثر در رخداد زمین لغزش شامل سنگ شناسی ، فاصله از آبراهه – کاربری زمین ، شیب ، جهت شیب، و بارندگی است.ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در شهر رودبار با استفاده از تحلیل شبکه ای ANP (مقیمی و همکاران ۱۳۹۲)که در این پژوهش با استفاده از تحلیل شبکه و تعیین معیارهای پیشنهادی مبنی بر بازدید میدانی و مطالعات کتابخانه ای در وقوع زمین لغزش شهری در دو خوشه اصلی مخاطرات طبیعی و زیست محیطی شامل میزان شیب ،جهت شیب ، کاربری اراضی .... طبقه بندی شده و نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش در محیط نرم افزاری ARC GIS تهیه شده ست و نتیجه آن بیانگر این ست که عامل شیب و حساسیت لیتولوژیک مهمترین سهم را در بروز خطر زمین لغزش دارد. تهیه نقشه حساسیت پذیری زمین لغزش دامنه ای شمالی بینالود برپایه الگوریتم بهینه سازی توافقی ویکور(سپهر و همکاران۹۲) در این مطالعه ابتدا پس از تهیه نقشه پایه محدوده مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره ای و بازدید میدانی نقشه عوامل موثر در بروز زمین لغزش های منطقه تهیه شد سپس ضریب هر یک از عوامل مذکور با استفاده از الگوریتم سلسله مراتبی AHP تعیین شد که بر اساس آن معیار شیب طبقات ارتفاعی و لیتولوژی بیشترین ضرایب را بدست آورد و سپس برپایه الگوریتم بهینه سازی ویکور درجه سودمندی و پشیمانی از انتخاب برتر (زیر حوضه ها) مشخص و در پایان با محاسبه میزان شاخص ویکور زیر حوضه ها برحسب درجه حساسیت پذیری به زمین لغزش در سه کلاس کیفی زیاد متوسط و کم طبقه و پهنه بندی شده و بیشترین و کم ترین حساسیت پذیری به لغزش در حوضه های نمونه بیان گردید. (روستایی و همکاران،۱۳۹۳) به ارزیابی روش‌های تحلیل شبکه (ANP) و تحلیل چندمعیاره مکانی در بررسی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در محدوده محور مخزن سدها (سد قلعه چای) پرداخت و با تفسیر ضرایب نشان داد که کاربری اراضی، طبقات ارتفاعی و جهت دامنه‌ها نقش مهمی در وقوع زمین‌لغزش دارد. تعیین مرز پهنه های خطر زمین لغزش در مسیر آزادراه خرم آباد – پل زال با روش تحلیل سلسله مراتبی – فازی به دست آمده از مدل تطبیقی آن با لغزش های روی داده در مسیر راه ضمن کارایی مدل در شناسایی پهنه هایی با خطر بسیار زیاد ، زیاد و متوسط ، و کم بیانگر آن ست که در کنار عوامل شیب و سنگ شناسی به عنوان عوامل اصلی رخداد زمین لغزش احداث جاده ، وقوع لغزش ها را تشدید کرده ست.پهنه بندی خطرو خسارت زمین لغزش مطالعه موردی حوضه آبخیز زیارت دراستان گلستان (کرنژادی و همکاران ۱۳۹۳) برای پهنه بندی خطر زمین لغزش از دو روش آماری چند متغیره رگرسیون لجستیکو مدل LNRF استفاده کرده اند و نتیجه حاصل از این پژوهش نشان می دهد که مدل رگرسیون برای پهنه بندی در منطقه کاربرد بیشتری دارد.پهنه بندی خطر زمین لغزش در استان تهران با استفاده از روش های داده محور و تحلیل سلسله مراتبی (کامران زاده و همکاران۱۳۹۳) برای بررسی خطر زمین لغزش در استان تهران از دو روش برپایه آماری و زمین لغزش استفاده شده و در نتیجه این پژوهش نشان داد محاسبه نسبت درصد زمین لغزش در پهنه خطرناک به درصد مساحت این پهنه در کل مساحت تهران نشان داد که روش داده های محور با نسبت عدد ۴,۵ پاسخ مطلوبتری نسبت به روش AHP با نسبت عدد ۱,۷۵ داراست.پهنه بندی خطر رخداد زمین لغزش به روش رگرسیون چند متغییره یا استفاده از داده های گسسته در حوضه رودخانه ماربر(صفاری و همکاران۹۳) درروش بکار برده شده در این پژوهش رابطه متقابل بین متغیر های مستقل نسبت به هم و نسبت به متغیر وابسته(زمین لغزش) بطور یکجا در نظر گرفته

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

شده ست.ارزیابی مدل بااستفاده از نسبت تراکمی و شاخص زمین لغزش صورت گرفته است . روند صعودی نسبت تراکمی و شاخص زمین لغزش برای گستره های مواجه با خطر بسیار کم و خطر بسیار زیاد در وقوع زمین لغزش ، حاکی از صحت تهیه نقشه از طریق این روش را دارد.با توجه به نتایج بدست آمده از ضرایب رگرسیونی فاصله از گسل تا ۰-۱۵۰۰ متر بیشترین احتمال خطر وقوع لغزش های محدوده مورد را مطالعه دارد.و در نهایت به پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در سه کلاسه زیاد متوسط و کم در حوضه مورد مطالعه می پردازد.تحلیل و پهنه بندی خطر جریانات واریزه ای و مخروط های آن در منطقه کوهستانی پاوه (خضری وهمکاران۱۳۹۴) دراین مقاله با استفاده از مدل لجستیک نقشه پهنه بندی خطر جریان واریزه ای صورت گرفته که نتایج آن بیانگر این ست که جریانات واریزه ای در منطقه نیازمند انجام مطالعات جامع و تفضیلی تر است و با توجه به حساسیت و ناپایداریهای دامنه ای لازم ست مکان یابی دقیق برای پروژه های عمرانی و کشاورزی صورت بگیرد. پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده ازمدل ANP- مطالعه موردی حوضه آبریز پیوه ژن دامنه جنوبی بینالود کار دیگریست که(امیراحمدی و همکاران ،۹۴)به آن پرداخته اند نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که عوامل فاصله از رودخانه و فاصله از جاده به ترتیب بیشترین امتیاز وزنی(۰,۲۲۸ و ۰,۲۰۴) و شیب و جهت شیب کمترین وزن(۰,۰۱۲، ۰,۰۲۱) را در حوضه موردمطالعه به خود اختصاص دادند. از تعداد ۳۱ زمین‌لغزش رخداده در حوضه مطالعاتی، ۱۷ زمین‌لغزش در فاصله ۵۰-۰ متری و ۱۴ زمین‌لغزش دیگر در فاصله ۱۵۰-۵۰ متری از رودخانه به وقوع پیوسته است که نشان از تأثیر مستقیم و مهم فرسایش و زیر شویی رودخانه می‌باشد. همچنین فعالیت‌های انسانی نظیر جاده‌سازی در حوضه موردنظر خطر وقوع زمین‌لغزش را چندین برابر نموده است به‌طوری‌که ۲۲ زمین‌لغزش در فاصله ۰ تا ۵۰۰ متری از راه‌های ارتباطی، رخ افتاده و راه‌ها را مورد هجوم خود قرارداده‌اند.ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از روش های آماری در حوضه آبریز باراندوز چای (محمدنژاد – اصغری ۱۳۹۵) در این پژوهش شیب عامل اصلی برای وقوع زمین لغزش ها قلمداد میشود و در نهایت نشان داده می شود که علی رغم محدودیت های عملی و مفهومی و داده های دقیق تهیه نقشه خطر زمین لغزش و ارزیابی آن می تواند در برنامه ریزی آمایش سرزمین و کاهش خطرات طبیعی و هزینه ها موثر واقع شود. و اما در موارد خارجی میتوان به فعالیت هایی نظیر : نیلسن و همکارانش[1] (۱۹۷۹) برای ارزیابی سریع پایداری شیب ها در منطقه خلیج سانفرانسیسکو ، با انطباق سه نقشه شیب، نهشته‌های زمین لغزش و واحدهای زمین‌شناسی حساس به گسیختگی نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش را تهیه نمودند. بر اساس روش وی در هر عرصه مورد بررسی، ابتدا نقشه جامع در گستره های شیب با سه رده کمتر از ۵٪ ، بین ۱۵٪-۵٪ و بیش از ۱۵٪ تهیه می گردد. سپس با استفاده از تفسیر عکسهای هوایی وبازدیدهای صحرائی نقشه نهشته های زمین لغزش ترسیم می شود. همچنین بر اساس بررسیهای صحرایی نقشه واحدهای زمین شناسی حساس به گسیختگی ترسیم و با انطباق سه نقشه مذکور در نهایت نقشه پایداری نسبی شیبها تهیه می گردد مورا و وارسون (۱۹۹۳) مجموعه مطالعات موردی انجام شده در رابطه با گسیختگی‌های به وقوع پیوسته و در نتیجه وقوع زلزله‌های تاریخی و بارندگی های سنگین در آمریکای مرکزی را ساماندهی کرده و بر اساس نتایج بدست آمده روشی را برای پیشگویی پهنه‌های مستعد گسیختگی شیب پیشنهاد دادند. در این روش سه عامل پستی و بلندی نسبی، شرایط لیتولوژیک و رطوبت خاک به عنوان فاکتورهای مؤثر در استعداد گسیختگی شیب مورد توجه واقع شده و دو عامل شدت لرزه و شدت بارندگی نیز به عنوان عوامل ماشه‌ای در نظر گرفته شد. ناگاراجان و همکارانش[2] (۲۰۰۰) برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در نواحی حاره ای هند از روش وزن دهی به پارامترهای منطقه ای و اقلیمی استفاده کردند و با در نظر گرفتن فراوانی زمین لغزش ها در کلاس های مختلف عوامل ایجاد زمین لغزش ها، کلاس های نهایی

۱- Nilsen & et al

۲- Nagarajan & et al

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

را پس از وزن دهی کارشناسانه برای پهنه بندی خطر زمین لغزش انتخاب کردند .سارولی[۳](۲۰۰۱) با استفاده از روش رگرسیون خطی در کشور کره، سوزن و دویوران[۴] (۲۰۰۴) برای ارزیابی نواحی مستعد خطر زمین لغزش در منطقه اَسرسویو در ترکیه، به تلفیق نقشه های عامل با نقشه پراکنش زمین لغزش ها به منظور تحلیل آماری دو متغیره[۵] اقدام کردند. در نهایت پس از استخراج تراکم زمین لغزش در سطح کلاسه های هر کدام از متغیرهای مورد بررسی، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی پهنه بندی خطر زمین لغزش را تهیه کردند همچنین گورسوسکی و همکاران(۲۰۰۶) در جنگل ملی ویکی در مرکز آیداهو، ایالات متحده، نیز به پهنه بندی خطر زمین لغزش میپردازند. نئوپان و پینتاناکولچای[۶] (۲۰۰۶) در فعالیتی تحت عنوان فرآیند تحلیل شبکه مدلی برای پهنه بندی خطر زمین لغزش برای حوضه ای از ارتفاعات هیمالایا در نپال انجام داده اند، به معرفی فرآیند تحلیل شبکه[۷] (ANP) برای استفاده در مطالعات پهنه بندی خطر زمین لغزش می پردازند. تیه ری و همکاران[۸] (۲۰۰۷) نیز برای فعالیتی که در زمینه ارزیابی نواحی مستعد زمین لغزش در محیط های پیچیده کوهستانی جنوب شرقی فرانسه انجام داده اند از تلفیق الگوهای احتمال[۹] با روش آماری دومتغیره (BSA) و تکنیک (GIS) برای ارزیابی خطر زمین لغزش استفاده کرده اند. وو[۱۰]و همکاران(۲۰۱۴) خطر زمین‌لغزش در تایوان را با استفاده از مدل WSN[۱۱] و ANP موردبررسی قرارداد و مهم‌ترین عوامل خطر با استفاده از مدل K میانگین برای ساختن مدل پیش بینی موردبررسی قرارداد. فتحی و همکاران(۲۰۱۵) به پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در سانگورچی[۱۲] پرداخت. نامبرده در این تحقیق از روش‌های دورسنجی و روش ANP استفاده نمود و نشان داد که ۷۶ درصد از رانش‌هایی که در این منطقه رخداده در کلاس خطرناک و بسیار خطرناک قرار می‌گیرد و مدل (ANP) را مدلی مناسب برای پیش بینی پدیده لغزش معرفی کرد.

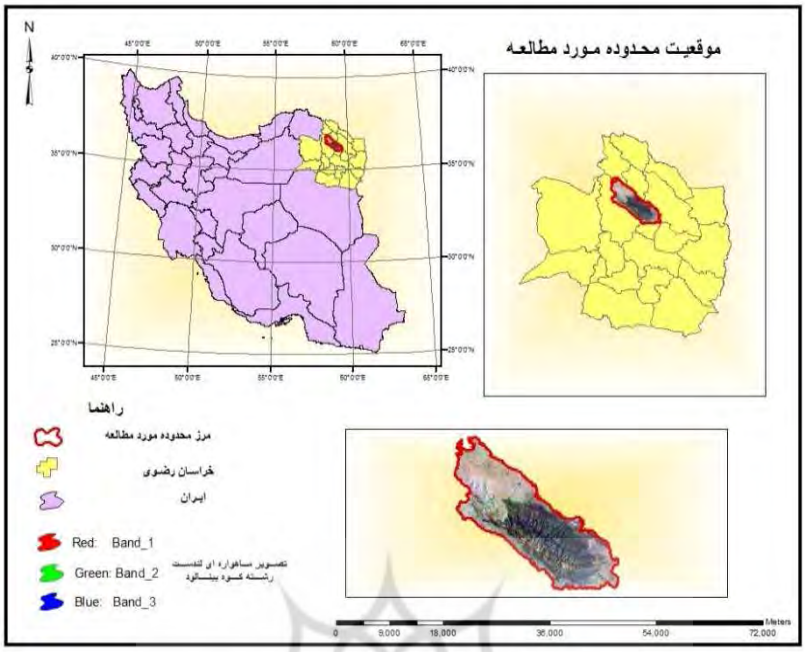
موقعیت حوضه موردمطالعه

رشته کوه بینالود در شمال شرق ایران (شمال خراسان رضوی) و در میان دو مدار جغرافیایی' ۵۷ و °۳۵ شمالی تا ' ۵۲ و° ۳۶شمالی و دو نصف النهار '۲۹ و° ۵۸ شرقی تا '۴۴ و °۵۹ شرقی واقع شده است . این کوهستان به بام خراسان معروف است , زیرا بلندترین قله خراسان به نام گودزردوباارتفاع ۳۲۴۹ متردراین ارتفاعات قرار دارد. طول آن ۱۴۳,۷۵ کیلومتربوده واز جنوب شرق شهر قوچان تا شرق– شمال شرق نیشابورامتداد یافته است.

پرتال جامع علوم انسانی

57- Sarolee–
4- Suzen & Doyuran
5- Bivariated Statistical Analysis (BSA)
6- Neaupane & Piantanakulchai
7- Analytic Network Process (ANP)
8- Thiery & et al
9- Probabilities Patterns
10- Wu
11- Wireless Sensor Networks
12- Sangorchay

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018



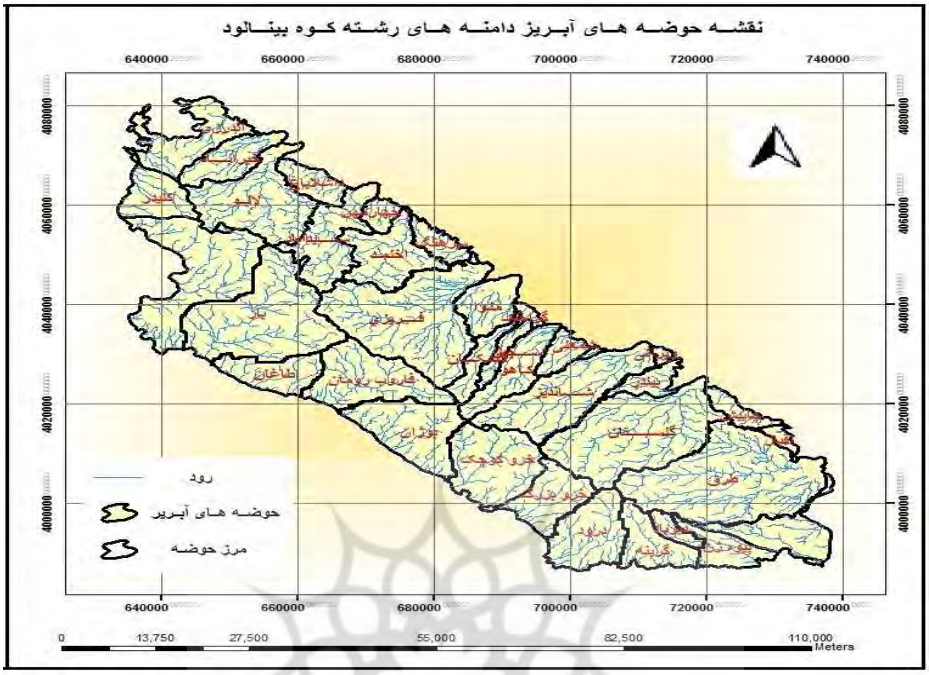
شکل شماره۱: موقعیت جغرافیایی رشته کوه بینالود- ترسیم :نگارنده

داده‌ها و روش‌ها

شروع کار باانجام مطالعات پایه و بررسی اسناد کتابخانه ای ومقالات و پایان نامه های مربوطه صورت گرفت و با توجه به هدف از پژوهش وبکارگیری مدل ANP برای رسیدن به اهداف مورد نظر و کامل نمودن منابع اطلاعاتی در راستای پژوهش ،ابتدا محدوده مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Google Earth استخراج شد.سپس بااستفاده ازنقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، مربوط به سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح برای استخراج دقیق محدوده مورد مطالعه، اطلاعات توپوگرافی مانند سطوح ارتفاعی، شیب توپوگرافی و جهت شیب و لایه‌های فاصله از جاده و فاصله از رودخانه استفاده گردید. در مرحله بعد برای استخراج اطلاعات زمین‌شناسی، شامل جنس زمین‌شناسی و فاصله از گسل از نقشه زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰ :۱ منطقه مربوط به سازمان مذکور بهره گرفته شد. در ادامه روند کار، نیزاز نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و آمار بارندگی ایستگاه‌های باران‌سنجی برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی استفاده شد.در این مرحله به منظور بررسی هریک از عوامل موثر در بروز ناپایداری های دامنه ای در محدوده مورد مطالعه و مقایسه ی شدت و فراوانی تکرار هر یک از انواع ناپایداری ها در قالب (لغزش ، ریزش ،حرکات جریانی و مرکب)به تفکیک حوضه های آبریز هر دو دامنه شمالی و جنوبی رشته کوه بینالود به طور مجزا پرداخته شد که مجموعا ۳۳ حوضه آبریز که ۲۳ تای آن در دامنه شمالی به نام های(اخلمد- اسجیل- اندرزی- اقبال – بیلدر- چاییش – چهارمهن – خیرآباد- داشبلاغ ها – سرهنگ – سیدآباد- شاندیز- شمعلی – طرق- فریزی- کاهو – گراخک – گلستان – گلمکان – لالو – ماوا- ویرانی)و ۱۰ تای دیگر آن به نام های (پیوه ژن – دیزباد – گرینه – دررود- خرو بزرگ و خرو کوچک – بوژان- فاروب رومان- طاغان- بار)در دامنه های جنوبی شناخته شدند. بخش حائز اهمیت در این مطالعه، تهیه پایگاه اطلاعات مرتبط با ناپایداری های دامنه ای بلاخص زمین لغزش ها یا نقشه پراکندگی ناپایداری دامنه ای موجود در منطقه می‌باشد که برای تهیه اطلاعات مربوط به این ناپایداری ها از بانک اطلاعاتی زمین لغزش های کشور،استفاده گردید.در مرحله بعد به تعین معیارهای موثر در وقوع ناپایداریهای دامنه ای پرداخته شد که در این راستا به بررسی ۱۱ شاخص از مهم‌ترین عوامل مؤثر در فرآیند ناپایداری های دامنه ای با توجه به بکارگرفتن از تجربیات کارشناسان و پژوهشگران در بررسی‌های صورت گرفته در مناطق مشابه

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

پرداخته‌شده است.فرایند مدل سازی در این تحقیق براساس مطالعات صورت گرفته براساس فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) صورت گرفته ست.



شکل شماره ۲: نقشه تفکیک حوضه های آبریز در محدوده مورد مطالعه

فرایند تحلیل شبکه ای

در واقع فرآیند تحلیل شبکه (ANP) ، شامل بررسی روابط ساختاری بین متغیرها اولاً با وقوع یک پدیده خاص در محیط و ثانیاً با همدیگر می باشد. این موضوع با یک تحلیل منطقی می تواند ضریب تشدید متغیرها و نیز رفتار دینامیک آنها را در ارتباط با خود و با محیط آشکار سازد.تحلیل سلسله مراتبی نظریه‌ای ریاضیاتی از ارزش، دلیل و قضاوت است که بر اساس مقیاس‌های نسبی جهت تجزیه وتحلیل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده می‌شود(ولفسلنر[1] و همکاران، ۲۰۰۵، ۲۰۰۵، ۱۵۹).در واقع ANP پیوند دو بخش می باشد: بخش اول شامل مجموعه ای از معیارها و زیرمعیارهای کنترلی شبکه ای و یا سلسله مراتبی می باشد که برهمکنش ها و ارتباطات متقابل را کنترل می کند و دومی شبکه ای از برتریها و تاثیرگذاریها میان عناصر و خوشه ها می باشد.اگر چه هم فرآیند تحلیل شبکه ای و هم فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اولویتها را با انجام مقایسات زوجی اتخاذ میکنند، تفاوتهایی میان آنها وجود دارد .به طور کلی مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی چارچوب تصمیم گیری است که رابطه ای یک سویه و سلسله مراتبی را میان سطوح تصمیم در نظر میگیرد .در عوض، فرآیند تحلیل شبکه ای نیازی به این ساختار اکیداً سلسله مراتبی و عمودی ندارد. در واقع مدل تحلیل شبکه (ANP) از سلسله‌مراتب کنترل، خوشه‌ها، عناصر و روابط متقابل بین خوشه‌ها و عناصر تشکیل می‌شود(فرجی سبک‌بار و همکاران، ۱۳۸۹، ۱۳۲).فرآیند تحلیل شبکه‌ای، همه ویژگی‌های مثبت AHP، ازجمله سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی به‌طور هم‌زمان و قابلیت بررسی سازگاری و قضاوت‌ها را دارد و علاوه بر آن، می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل و بازخورد) بین عناصر تصمیم را به‌کارگیری ساختار شبکه‌ای به‌جای ساختار سلسله‌مراتبی در نظر بگیرد(جوادیان کوتنایی و همکاران، ۱۳۹۳، ۱۵۹؛ زبردست، ۱۳۸۹: ۸۰). به طور کلی ANP از چهار مرحله اصلی

۱- Wolfslehner

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

تشکیل شده است: مرحله اول، ساختن مدل،مرحله دوم،ماتریسهای مقایسه زوجی وبردارهای اولویت،مرحله سوم:تشکیل ابرماتریس،گام چهارم: محاسبه بردارووزن نهایی.

روش شناسی منطق فازی و تحلیل شبکه ای در تلفیق با GIS

منطق فازی یک منطق چند ارزشی است که بر پایه استدلال تقریبی۱ پی ریزی شده است.از روش های فازی که می توان در مطالعات محیطی و در تلفیق با GIS استفاده کرد مربوط به فرآیند تحلیل شبکه ای۲ ANP می باشد . این متد به عنوان یکی از معروف ترین فنون تصمیم گیری چندمنظوره برای وضعیت های پیچیده ای که سنجه های چندگانه اقتصادی دارند، ابزار تصمیم گیری نرمش پذیر و در عین حال قوی به شمار می رود. متد ANP در تلفیق با GIS دارای مراحل مختلف است. (آذر و فرجی ، ۱۳۸۶ ، ۲۵۷-۲۵۳).در قسمت پهنه بندی خطر وقوع ناپایداری ها با توجه به هدف تحقیق نیز، می توان از عملگرهای مختلف فازی مثل جمع فازی، ضرب فازی، And فازی، Or فازی و Not فازی استفاده کرد. که ما در این پژوهش از اپراتور جمع فازی استفاده می کنیم . به طور خلاصه اساس کاربرد منطق فازی در GIS مبتنی بر شبکه ای سازی لایه های اطلاعاتی و تولید لایه های شبکه مرجع (Grid File) می باشد. تولید لایه های شبکه مرجع Grid از داده های مبتنی بر پهنه و پلی گون نظیر نقشه های زمین شناسی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و... به سهولت انجام می پذیرد. اما برای تهیه لایه های مبتنی بر روابط توپولوژیک از داده های نقطه ای (نظیر چشمه ها) و داده های خطی (نظیر آبراهه ها) از عملیات مبتنی بر پیوند مجاورتی۳ و عملیات مبتنی بر انتشار۴ (مالچفسکی ، ۱۳۸۵ ، ص۹۶) از سری تحلیل های فضایی موجود در محیط نرم افزاری GIS استفاده می کنیم تا لایه های پلی گونی و بافری قابل تبدیل به شبکه مرجع Grid را فراهم آوریم.در نهایت پس از تولید نقشه های شبکه ای از لایه های اطلاعاتی عملیات طبقه بندی۵ انجام می پذیرد. در طی این فرآیند، کلاسه های لایه های اطلاعاتی بر مبنای ارزش های جدید تخصیص یافته در پایگاه داده ها (ماتریس ارزش گذاری) که بر اساس ارزش های توصیفی مکانی و غیرمکانی شکل می گیرد، طبقه بندی می شوند، (مالچفسکی ، ۱۳۸۵ ، ۷۵) تا به منظور انجام عملیات همپوشانی فازی مهیا شوند.

یافته‌ها و بحث:

اجرای مدل *ANP* در امکانسنجی و پهنه بندی وقوع ناپایداری های دامنه ای بینالود

فرآیندروش انجامANP برای وزن دهی لایه های اطلاعاتی در مبانی نظری تحقیق حاضر از نظر گذشت. در اینجا به طور خلاصه با مروری بر این روند، جداول تولید شده را از نظر می گذرانیم. بعد از طی مراحل مرتبط با مدل تحلیل شبکه‌ای و به‌دست آوردن وزن هر معیار و عناصر آن، نوبت به آماده‌سازی لایه‌ها می‌رسد. همان‌طور که گفته شد در این تحقیق از ۱۱ معیار مؤثر در وقوع ناپایداری ها استفاده‌شده است. لذا برای هر یک از آن‌ها در محیط GIS لایه‌ای تعریف گردید. در رابطه با لایه‌های فاصله‌ای، از تابع Distance به‌منظور تعیین میزان فاصله استفاده گردید.در گام بعد، بر اساس وزن کلاس‌های هر لایه که درنتیجه انجام مقایسه‌های زوجی حاصل شد، تمام داده‌ها در محیط GIS به لایه‌هایی با فرمت رستر تبدیل شدند. مجموع این لایه‌ها در اشکال زیر آمده است. درنهایت، نقشه پهنه‌بندی ناپایداری ها به‌صورت فرمت

۱- Approximate Reasoning

۲- Analytic Hierarchy Process

۳- Proximity Operation

۴- Spread Operation

۵ Classification

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

رستری و از طریق عملیات تلفیق لایه‌ها تهیه گردید و به‌منظور ارائه نتایج بهتر، کل منطقه با استفاده از روش شکست‌های طبیعی (Natural Breaks) به ۴ کلاس از کم تا خیلی زیاد تقسیم‌بندی شد.همانطور که میدانیم در ANP اندازه‌گیری مقادیر اهمیت نسبی مانند AHP، با مقایسات زوجی و به کمک طیف ۱ تا ۹ انجام می‌گیرد.(قنبری و روستایی، ۱۳۹۲، ۳۴۶). در این فرآیند، بالاترین ارجحیت به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که حداکثر تأثیر را در تعیین هدف دارد. در ارجحیت‌بندی معیارها از قضاوت‌های شفاهی که به‌صورت مقایسه‌ای بین فاکتورها صورت می‌گیرد، استفاده می‌شود(رحیمی و موسوی، ۱۳۹۲، ۱۴۸). در جدول زیر(۱) میزان اهمیت فاکتورها با توجه اعداد در مقایسه زوجی بیان‌شده است که این امر در موارد کلاسه بندی معیار ها در این پژوهش نیز به کار گرفته شده ست.به طوریکه با توجه به نظر کارشناسی حاصل از بررسی های میدانی و مطالعات اسنادی به معیار شیب رتبه ۹ به واحد لیتولوژی رتبه ۸ گسل ها،ارتفاع و فاصله از رودخانه رتبه ۷ و کاربری اراضی و خطوط همدمارتبه ۶ و خطوط همبارش و جهت شیب رتبه ۵ و مراکز جمعیتی و فاصله از جاده رتبه ۴ داده شده ست.

جدول۱: مقایسه زوجی در تحلیل شبکه‌ای

مقدار عددی	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
درجه اهمیت	اهمیت برابر	اهمیت برابر تا اهمیت متوسط	اهمیت متوسط	اهمیت متوسط تا اهمیت قوی	اهمیت قوی	از اهمیت قوی تا اهمیت خیلی قوی	اهمیت خیلی قوی	از اهمیت خیلی قوی تا اهمیت فوق‌العاده قوی	اهمیت فوق‌العاده قوی

منبع (محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۷۴)

در این قسمت جدول مربوط به کلاسه بندی مرتبط با هر یک از پارامترهای موثر در بروز ناپایداری ها با قضاوت کارشناسانه آورده شده ست.

جدول۲:کلاسه بندی و امتیازگذاری کلاسه لایه های اطلاعاتی

پارامترها	کلاسه بندی	امتیاز
طبقات ارتفاعی	کمتر از ۱۲۰۰ متر	۱
	بین ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ متر	۵
	بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ متر	۹
	بیشتر از ۲۲۰۰ متر	۷
میزان شیب	کمتر از ۵ درجه	۱
	بین ۵ تا ۱۵ درجه	۵
	بین ۱۵ تا ۳۰ درجه	۹
	بیشتر از ۳۰ درجه	۷
جهت شیب	دامنه های رو به آفتاب	۵
	دامنه های پشت به آفتاب	۷
	سایر	۱
فاصله از رودخانه	فاصله ۱۰۰ متری از رودخانه	۹
	فاصله ۳۰۰ متری از رودخانه	۷
	فاصله ۵۰۰ متری از رودخانه	۵
	سایر محدوده ها	۱
واحدهای لیتولوژی	گرانیت، آپیلیت، اسلیت، اسلیت رادیولیتی، سنگهای اولترابازیک، دیاباز، گابرو، سنگ آهک بلورین	۱

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

	شیل، کنگلومرا و ماسه سنگ (لایه های قرمز رنگ گاردو)	۲
	ماسه سنگ	۳
	پادگانه های آبرفتی کواترنری، پهنه های رسی	۴
	سنگ آهک میکریتی (چمن بید)، ماسه دار، مارنی، آهک مارن دار خاکستری، توف سبز	۵
	سنگ آهک اولیتیک خاکستری تا قهوه ای (تیرگان)	۶
	مارن و تبخیری های عمدتاً ژیپسی(بهرام)	۷
	سنگ آهک و دولومیت (مزدوران)	۸
	آهک توده ای زرد	۹
	شیل، فیلیت خاکستری تیره (فیلیت مشهد)	۱۰
گسل ها	فاصله ۳۰۰ متری ازگسل	۹
	فاصله ۱۰۰۰ متری از ماکروگسل	۷
	سایر محدوده ها	۵
کاربری و پوشش زمین	مراتع کم تراکم	۹
	مراتع نیمه متراکم	۸
	زراعت آبی و باغات	7
	کاربری سکونتگاهی	۶
	زراعت دیم	۵
	مراتع متراکم	۴
	جنگل و بیشه زار	۳
	بیرون زدگی سنگی، بستر رودخانه و پهنه های آبی	۲
	سایر	۱
همبارش	محدوده همبارش ۲۲۵ تا ۲۷۵ میلیمتر	۱
	محدوده همبارش ۲۷۵ تا ۳۰۰ میلیمتر	۲
	محدوده همبارش ۳۰۰ تا ۳۲۵ میلیمتر	۴
	محدوده همبارش ۳۲۵ تا ۳۵۰ میلیمتر	۵
	محدوده همبارش ۳۵۰ تا ۳۷۵ میلیمتر	۷
	محدوده همبارش ۳۷۵ تا ۴۰۰ میلیمتر	۸
	محدوده همبارش ۴۰۰ تا ۴۵۰ میلیمتر	۹
همدما	محدوده همدمای ۱۱ تا ۱۳ درجه سانتیگراد	۳
	محدوده همدمای ۹ تا ۱۱ درجه سانتیگراد	۵
	محدوده همدمای ۷ تا ۹ درجه سانتیگراد	۷
مراکز جمعیتی	فاصله ۵۰۰ متری از مراکز مسکونی	۹
	فاصله ۳۰۰ متری از مراکز سکونتگاهی	۷
	فاصله ۱۰۰ متری از مراکز مسکونی	۵
	سایر محدوده ها	۱

منبع محاسبه: نگارنده ، ۱۳۹۶

در روش ANP به نحو دقیقی پارامترها را به طور جفتی مورد آنالیز قرار دادیم و نسبت به 11 متغیر پژ وهش حاضر نتایج نشان داد که پارامترهای میزان شیب، طبقات ارتفاعی ،واحدهای لیتولوژی، گسل ها، کاربری اراضی و پوشش زمین و .... به ترتیب بیشترین وزن های به دست آمده را به خود اختصاص داده اند.

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

جدول (۳): وزن استاندارد پارامترهای مؤثر در بروز ناپایداری های دامنه ای به روش ANP

ردیف	پارامترها	وزن های استاندارد
۱	طبقات ارتفاعی	۰,۱۱۲
۲	میزان شیب	0.۲۷۹
۳	جهت شیب	0.۰۴۱
۴	مراکزجمعیتی	۰,۰۲۸
۵	فاصله از رودخانه	0.۱۱۲
۶	واحدهای لیتولوژی	0.۱۸۵
۷	جاده	۰,۰۲۸
۸	گسل ها	0.1۱۲
۹	کاربری و پوشش زمین	0.۰۶۵
۱۰	همبارش	0.0۶۵
۱۱	همدما	0.0۶۵

منبع محاسبه: نگارنده ، ۱۳۹۶

در مرحله بعد باتوجه به کلاسه بندی های مرتبط با هر معیار به زیرمعیارهایی مشخص و رتبه بندی شده مجددا به وزن دهی زیرمعیارها پرداخته شد که جهت جلوگیری از اطاله مطلب امتیازهای زیر معیار های عامل شیب و گسل در جدول های شماره (۴) و (۵) بعنوان نمونه آورده شده ست.

جدول (٤): وزن استاندارد زیرمعیارهای ،معیار شیب به روش ANP

امتیاز	کلاسه بندی معیار شیب با وزن ۰,۲۷۹	وزن های زیرمعیاراستاندارد
۱	شیب کمتر از ۵ درجه	۰,۰۴۰
۵	شیب بین ۵ تا ۱۵ درجه	0.۱۲۷
۹	شیب بین ۱۵ تا ۳۰ درجه	0.۵۶۶
۷	شیب بیش از ۳۰ درجه	۰,۲۶۷

منبع محاسبه: نگارنده ، ۱۳۹۶

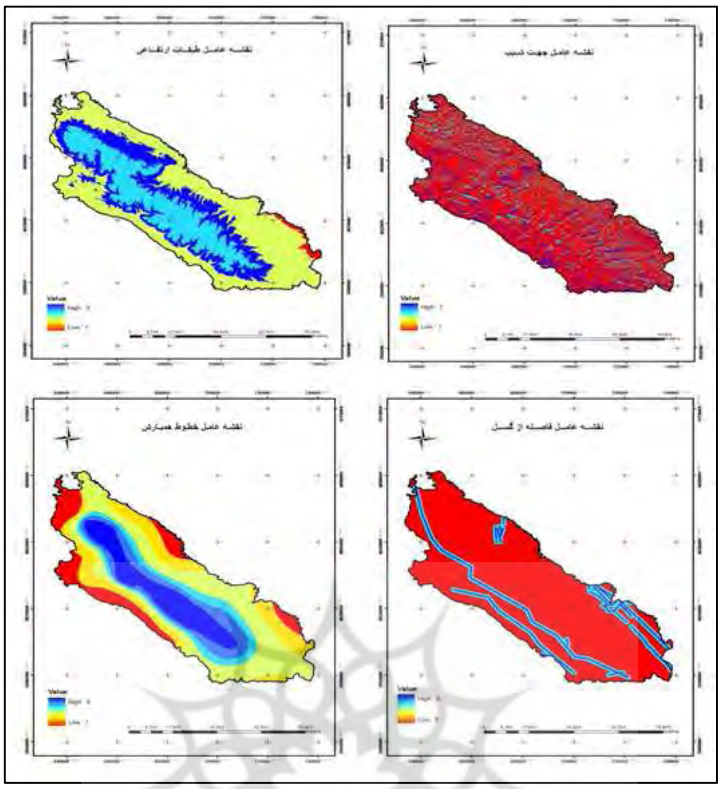
جدول (۵): وزن استاندارد زیرمعیارهای ،معیار گسل ها به روش ANP

امتیاز	کلاسه بندی معیار گسل با وزن ۰,۱۱۲	وزن های زیرمعیاراستاندارد
۹	فاصله ۳۰۰ متری از گسل	۰,۶۳۷
۷	بین ۱۰۰۰ متری از گسل	0.۲۵۸
۵	سایر محدوده ها	0.۱۰۵

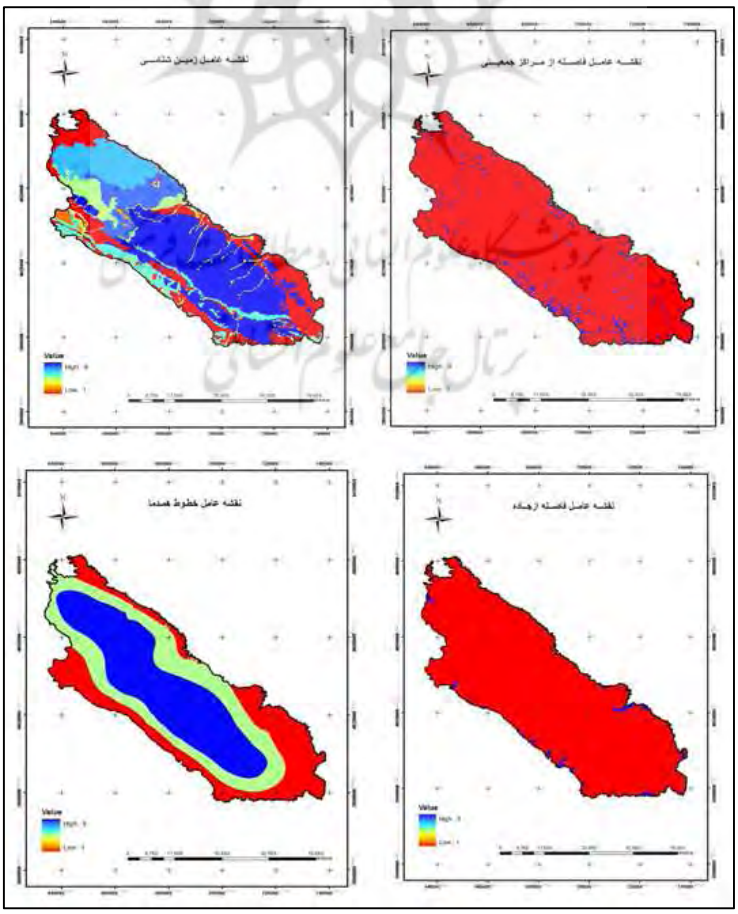
منبع محاسبه: نگارنده ، ۱۳۹۶

در ادامه نقشه های عامل مرتبط با کلاسه بندی معیارها و زیرمعیارها و پهنه بندی خطر وقوع ناپایداری های دامنه ای در دامنه های دو سوی رشته کوه بینالود آورده میشود.

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

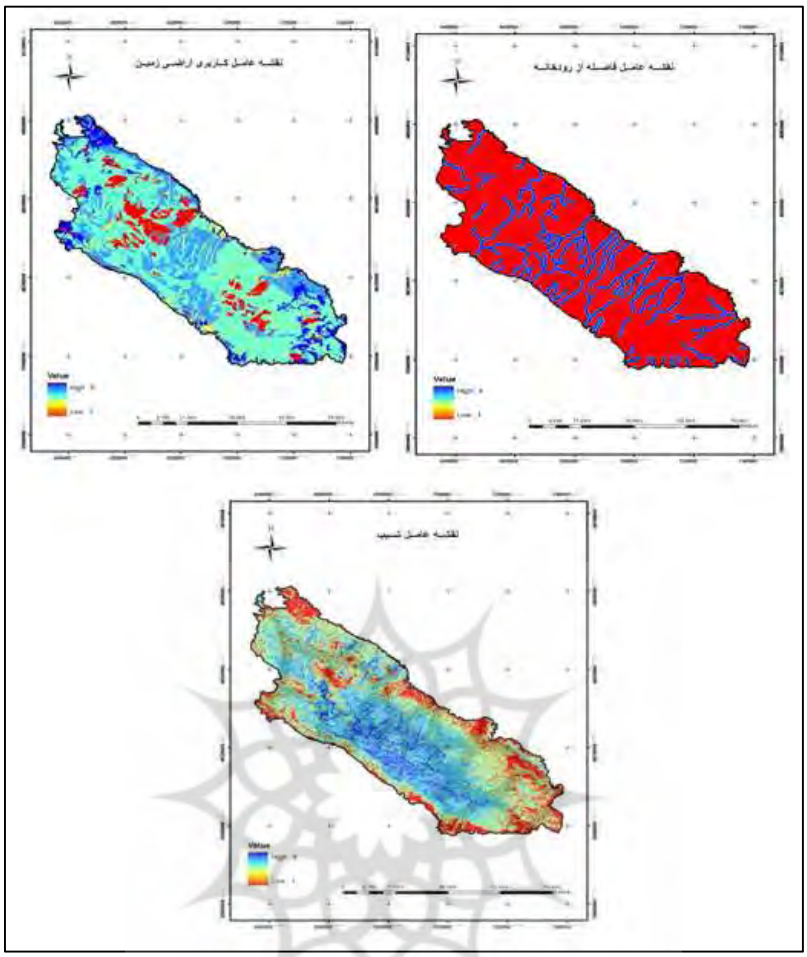


نقشه شماره۵،٤،۳،۲: عوامل کلاسه بندی شده موثر در بروز ناپایداری های دامنه ای



نقشه های شماره ۹، ۸، ۷، ٦: کلاسه بندی شده عوامل موثر در بروزناپایدارهای دامنه ای بینالود

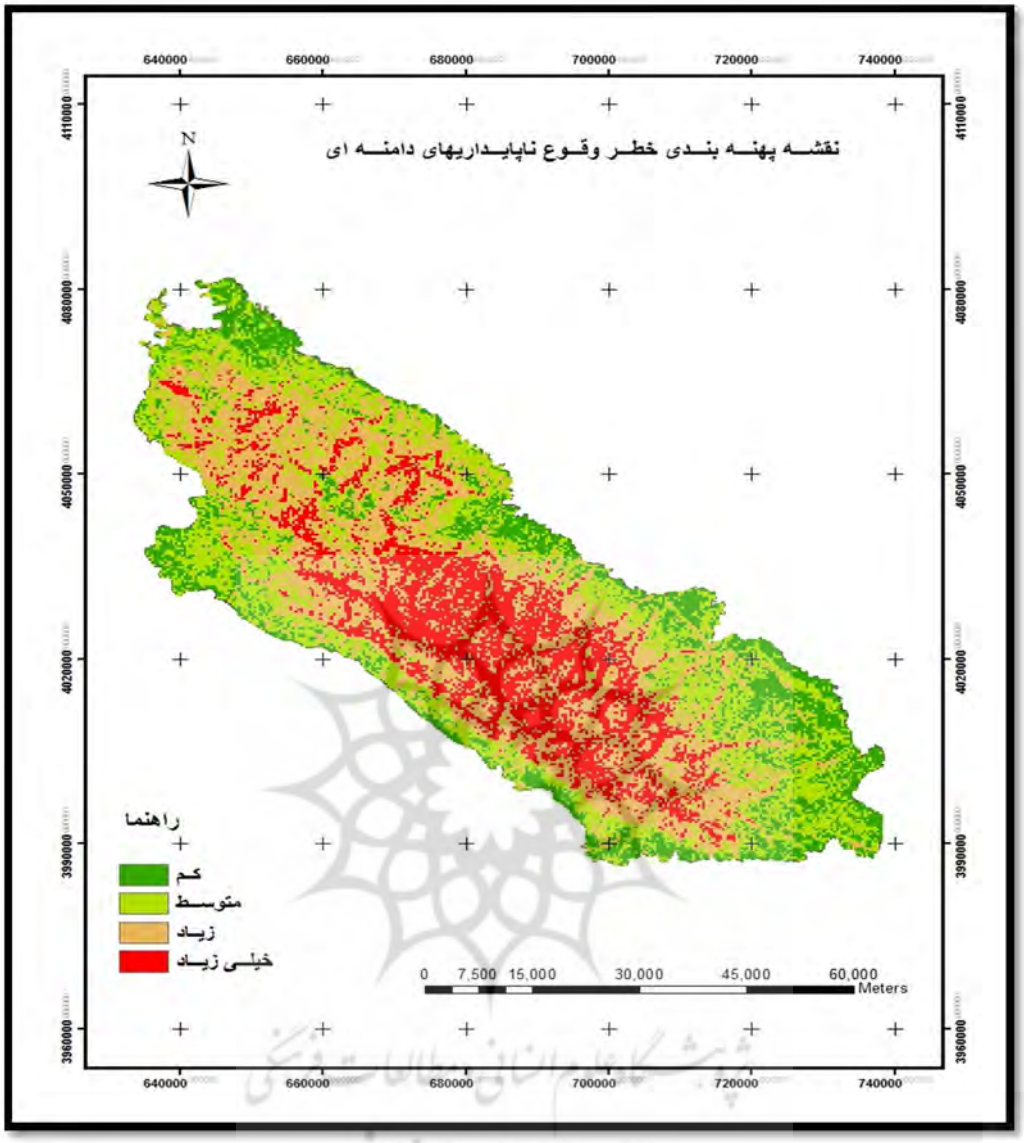
Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018



نقشه های شماره۱۲، ۱۱، ۱۰: کلاسه بندی شده عوامل موثر در بروزناپایدارهای دامنه ای بینالود

در گام آخر بعد از تهیه نقشه های عامل کلاسه بندی شده براساس زیرمعیار ها و لحاظ کردن امتیاز وزنی آنها در نهایت نقشه پهنه بندی خطر ناپایداری های دامنه ای در ۴کلاسه کم- متوسط – زیاد- خیلی زیاد تهیه شده ست که در ادامه آورده میشود.

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018



نقشه شماره ۱۳: نقشه پهنه بندی خطر وقوع ناپایداری های دامنه ای در بینالود

بحث و نتیجه گیری

سرانجام با استدلال بر تمامی نتایج بدست آمده حاصل از بررسی های متعدد میدانی وشیوه و روش پژوهش و مطالبی که در قسمت های پیشین آورده شد می توان اینگونه اذعان داشت که در دامنه های شمالی بینالود زمین لغزش های متعدد کوچک و بزرگی رخ داده که برخی از آنها نیز خسارات قابل توجهی را به بار آورده اند که به طرف شرق و جنوب شرق بینالود وقوع زمین لغزش ها کم اهمیت تر می گردد. چرا که در حوضه های غربی و جنوب غربی ناحیه مورد مطالعه ، ماسه سنگ و مارن مربوط به کرتاسه (معادل سازند شوریجه) و در برخی از آنها سنگ آهک و مارن (معادل سازند مزدوران) رخنمون یافته و از سویی میزان بارندگی آنها بیشتر است. لذا بیشترین ، بزرگترین و مخربترین زمین لغزش ها در این بخش رخ داده اند. در حالیکه در حوضه های آهکی مثل اخلمد، احتمال وقوع این فرآیند بسیار ضعیف و تقریباً به صفر می رسد ، حوضه های فیلیتی که عمدتاً دامنه های اسکری و شیستی دارند ، بیشتر مستعد حرکات ریزشی هستند تا حرکات لغزشی البته در بخشهایی از این حوضه ها که شیلهای هوا زده دامنه ها را فرا گرفته و یا در محل آبرفتهای پادگانه ای و مخروط افکنه ای آنها، نمونه هایی از لغزش و رانش زمین مشاهده می گردد(این به مطلب استناد به بررسی های میدانی متعدد صورت گرفته در دامنه های جنوبی بینالود بوضوح قابل شناسایی ست). در برخی از حوضه های پایکوهی منطقه نیز ، که

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

متشکل از ماسه سنگ شیل و کنگلومرا هستند ، آثاری از ریزش کاملا مشهود است. بطور کلی از نظر استعداد بروز ناپایدار های دامنه ای می توان حوضه های محدوده مورد مطالعه را به چهار گروه تقسیم نموده و درجه هر یک از آنها را به شرح زیر تعیین کرد.

- حوضه های درجه یک یا دارای پتانسیل بالای ناپایداری و لغزندگی ، که عمدتاً درغرب و جنوب غرب بینالود واقع شده اند. مثل چهارسوق، کلاته زمان، خیرآباد، گودزرد و نظایر آنها.
- حوضه های درجه دو ، که بیشتر در مرکز و شرق ناحیه قرار گرفته و غالباً فیلیتی هستند مثل حوضه آبریز زشک ، طرق ، و پیوه ژن ، گرینه، خرو ، فاروب رومان...
- حوضه های درجه سه ، شامل مواردی است که عمدتاً در بخش پایکوههای شمالی رشته کوه بینالود واقع اند، و زمین لغزش‌های کوچک مقیاسی را بوجود آورده اند مثل حوضه های آبریز شمعلی ، گراخک ،ویرانی و چاییش ....
- حوضه های درجه چهار، که کمترین احتمال وقوع ناپایداری و زمین لغزش را دارند و خطر لغزندگی در آنها نزدیک به صفر و یا کاملاً هیچ است . مثل حوضه آبریز اخلمد که دامنه های آن یکپارچه سنگی و بسیار پر شیب اند .

گرچه عوامل متعددی از جمله شرایط اقلیمی و آب ، جنس زمین، تکتونیک و سیسم شکستگیها ، وضعیت لایه بندی و شیب توپوگرافی ، ویژگی ژئومورفولوژیک ، ویژگیهای پوشش گیاهی ، انسان و فعالیتهای مربوطه و امثال آن در وقوع ناپایداری های دامنه ای دخالت دارند اما بطور کلی بیشترین ناپایداری ها بویژه لغزشهای رخداده در دامنه های شمالی رشته کوه بینالود بر اثر عملکرد آب به صورت نفوذ در دامنه، با حفر زیرین در سواحل رود بوده است. یکسری دیگر از حرکات دامنه‌ای متعلق به محدوده مورد مطالعه مربوط دینامیک‌های خشک می‌باشد. هر چند در این موارد نیز ممکن است آب به طور غیرمستقیم و یا به عنوان عامل محرک و تشدیده کننده، تحرک و جابجایی تخته سنگ‌ها و سازنده‌های مشابه، فرایند کرایوکلاسیتم (یخ شکافتگی) را به دنبال داشته و یک چنین فرآیندی در ارتفاعات و لبه پرتگاه‌ها قطعه سنگ‌های در آستانه سقوط را تحرک نموده و موجبات ریزش آن‌ها را فراهم می‌آورد. و یا فرآیند پایپ کراک در سازنده‌های نرم و به ویژه دامنه‌های ماسه‌ای ، جابه جایی دانه‌های ماسه و حرکت خزشی آن ها را به همراه دارد . به این ترتیب ملاحظه می گردد که در هر دو مورد فوق آب به صورت یک عامل جنبی آن هم نه به شکل مایع بلکه به حالت جامد وارد عمل می شود وبه همین خاطر می توان حرکات و جابجایی های ناشی از آن را نیز از نوع خشک قلمداد نمود . به هر حال میتوان گفت در سطح دامنه‌های شمالی رشته کوه بینالود حرکات خزشی(کریپینگ) نسبت به سایر حرکت دامنه‌ای ناچیز بوده و به برخی سطوح، به ویژه دامنه‌های متشکل از گوروآرن(ماسه گرانیتی) واقع در جنوب مشهد محدود می‌گردد. از اینرو در حوضه‌های مورد مطالعه در دامنه شمالی این پژوهش ، عمل خزش بسیار نادر و غیر محسوس است. مضافاً به اینکه ماهیت حرکت مذکور نیز کند و غیرمحسوس و غیر قابل رویت بوده و بررسی آن به زمان طولانی و کارهای میدانی گسترده نیاز خواهد داشت . واما اعمال ریزشی در سطح حوضه‌های مورد مطالعه در دامنه های شمالی بینالود تا حدی بیشتر قابل توجه بوده و ویژگی‌های آن در حوضه‌های فیلیتی و آهکی منطقه تا حدودی متفاوت و متمایز از یکدیگر است. بدین نحو که در حوضه‌های کارستی و آهکی نظیر حوضه‌ی آبریز اخلمد، واختصاصا به سمت دامنه های جنوبی حرکات ریزشی عمدتاً از نوع سقوط تخته سنگی بوده و قطعات سقوطی غالباً به صورت بلوک‌ها و تخته سنگ‌هایی به ابعاد متریک (حتی به حجم چندین ده متر مکعب) خودنمایی می‌کنند.از طرفی ابعاد برزگ بلوک‌ها و تخته سنگ‌ها، شیب زیاد و فرازی بسیار دیواره ها ، شتاب ریزش و قدرت تخریبی و انهدامی آنها را زیاد می نماید. در دره‌ها و حوضه‌های متشکل از فیلیت، اعمال ریزش

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

محدود به قطعه سنگ‌ها و سنگریزه‌های حاصل از تخریب شیست و گاهاً شیل می گردد. سطوح متورق و درز و شکاف های ناشی از شیستوزیته ی سنگ های شیستی، درز وترک های ناشی از فرآیند ترموکلاستیسم ، زمینه تخریب و انفصال قطعات شیست را فراهم نموده و عامل شیب نیز موجب حرکت و سقوط آن ها می گردد . به گونه ای که حرکت قطعات سنگ گاهی به صورت سرخوردگی و لغزیدن و غلطیدن بر روی یکدیگر صورت گرفته است.انباشت برف و فشار ناشی از سنگینی آن ، بر روی دامنه های هوازده یکی از عوامل این سرخوردگی می باشد.در برخی موارد نیز ، فرسایش دیفرانسیل در لایه های مختلف الجنس ، موجب حرکات ریزشی ناحیه مورد مطالعه گردیده است . و اما بررسی ناپایداری های دامنه ای در دامنه های جنوبی بینالود به شکل اختصاصی بیانگر این موضوع میباشد که احتمال وقوع انواع این حرکات با درصد بالاتری به سمت ریزش هاست . بطوری که در دامنه های جنوبی بینالود بر اثر هوازدگی مکانیکی و بیولوژیکی سنگهای آهکی و یا گرانیتی شکسته شده و پس از تخریب با زوایای تیز وگوشه دار روی دامنه ها تجمع می یابند و واریزه های برش را بوجود می آورند.این در حالی ست که شکل قرارگیری آنها روی دامنه ها متفاوت است. برای مثال در حوضه های گرینه، خروین و بوژان و بار به دلیل تخریب مکانیکی و شیب زیاد کوهستان در مسیر آبراهه های کوچک تجمع می یابند. ولی در دامنه های مسیر جاده مشهد – نیشابور به شکل سفره ای روی دامنه ها پخش گردیده اند. و اما واریزه های تخته سنگی یا همان راک فالزها در قطعات ریزشی به صورت بزرگ و در وزن چندین تن باشد روی دامنه ها در اثر نیروی ثقل انتقال یافته و حتی تا پایان دامنه پیش می رود. تخته سنگهای بزرگ در اثر درز و ترک مقاومت خود را از دست داده و به صورت بلوکی بر روی دامنه سرازیر می شوند.همچنین در قسمت هایی از بینالود جنوبی که لیتولوژی از شیست، اسلیت و سنگ آهک شیلی تشکیل شده است به دلیل هوازدگی مکانیکی و ساختمان سنگ قطعات به صورت مدادی شکل و تیز خرد شده و روی دامنه ها و حتی پای دامنه ها به صورت مخروط های واریزه ای تجمع یافته اند. این اشکال مدادی شکل در مسیر ارتفاعات بوژان به سمت شرق گسترش بیشتری دارد.با توجه به مشاهدات میدانی نگارنده انباشت این واریزه ها در حواشی جاده کاملا مشهود و خطرساز میباشد. و اما مخروط های تالوس که در سنگهای خرد شده ناشی از تخریب مکانیکی روی دامنه های پرشیب و در محل آبراهه ها تجمع یافته و اشکال مخروطی شکل به وجود می آورد. بیشتر واریزه های مخروطی در داخل یک گذرگاه یا آبراهه قرار دارد که راس آنها به طرف بالای دامنه و قاعده به طرف پایین دامنه است. شیب متوسط مخروط های واریزه بین ۳۰ تا ۳۵ درجه می باشد. در حوضه های گرینه، طاغان، خروین، بوژان و درود در دامنه های جنوبی وسعت مخروط های واریزه زیاد است. و اما انواع متعددی از لغزشهای سنگی و سنگ لغزه ها و لغزشها در رسوبات سست که در بینالود جنوبی گسترش یافته،قابل مشاهده هستند. در سنگهای رسی و مارنی که چسبیده بهم هستند لغزشها عمدتاً به صورت پهنه های لغزشی یا جریان های گلی رخ می دهند و از جمله مخاطرات ژئومورفولوژیک در شیبهای تند دامنه های جنوبی بینالود قلمداد میشوند. لغزشهای حواشی رودخانه ها که بر اثر عمل زیربری توسط جریان آب صورت می گیرد در تمام حوضه های آبریز بینالود جنوبی گسترش یافته است و موجب ناپایداری و ایجاد سوانح محیطی در منطقه مورد مطالعه گردیده است. درمناطق مرتفع کوهستانی مانند خط الراس بینالود در بالا دست حوضه های آبریز جایی که تعداد درزه ها و جونیت ها زیاد می باشد پدیده سنگ لغزه رخ می دهد. این پدیده به ویژه در سازند آهکی و دولومیتی بهرام گسترش بیشتری دارد.

منابع

- آذر ، عادل – فرجی ، حجت (۱۳۸۶) علم مدیریت فازی ، انتشارات مؤسسه کتاب مهربان نشر با همکاری مرکز مطالعات مدیریت و بهره وری ایران ، چ۱ ناشر
- امیراحمدی ، الوالقاسم و همکاران (۹۴)پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده ازمدل ANP(مطالعه موردی حوضه آبریز پیوه ژن دامنه جنوبی بینالود)– پژوهش های ژئومورفولوژی کمی

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

- پورهاشمی، سیما، امیراحمدی، ابواقاسم، اکبری، الهه، ۱۳۹۳، انتخاب مدل مناسب از بین روش‌های آماری دومتغیره جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در محیط GIS مطالعه موردی:حوضه آبخیز بقیع، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال چهارم، شماره پانزدهم، بهار ۱۳۹۳ صص۸۹-۷۱
- خضری ، سعید- احمدی ، محمد- محمدی، احمد (۱۳۹۴)تحلیل و پهنه بندی خطر جریانات واریزه ای و مخروط های آن در منطقه کوهستانی پاوه پژوهش های ژئومورفولوژی کمی – سال سوم
- رمضانی، بهمن، ابراهیمی، هدی، ۱۳۸۸، شناخت عوامل مؤثر زمین‌لغزش درحوضه آبخیز سد برنجستانک قائم‌شهر، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیای انسانی ، سال اول، شماره چهارم، صص ۱۳۶-۱۲۷
- روستایی شهرام، خدائی قشلاق، لیلا، خدائی قشلاق، فاطمه، ۱۳۹۳، ارزیابی روش‌های تحلیل شبکه (ANP) و تحلیل چندمعیاره‌ی مکانی در بررسی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در محدوده‌ی محور و مخزن سدها (مطالعهٔ موردی: سد قلعه چای) ، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ۴۶ ، شماره ۴، صص ۴۹۵-۵۰۸
- زارع، محمد ، احمدی، حسن ، غلامی، شعبانعلی، ۱۳۸۹، ارزیابی خطر زمین‌لغزش با استفاده از فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیای (GIS) (مطالعه موردی، حوزه آبخیز واز)، فصلنامه علمی تخصصی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال اول ، شماره دوم ، زمستان ۱۳۸۹صص ۱۶۸-۱۷۹
- سپهر، عادل و همکاران(۱۳۹۲) تهیه نقشه حساسیت پذیری زمین لغزش دامنه ای شمالی بینالود برپایه الگوریتم بهینه سازی توافقی ویکور- پژوهش های ژئومورفولوژی کمی
- شیرائی ،کورش- عرب عامری ، علی رضا (۱۳۹۴)پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از روش رگرسیون لجستیک(مطالعه موردی حوضه دره علیا) -مجله علوم و فنون کشاورزی منابع طبیعی علوم *آب و خاک سال ۱۹ شماره ۷۲* .
- شیرائی،کورش - سیف، عبدالله و همکاران(۱۳۹۱) بررسی عوامل موثر بر حرکات توده ای بر پایه تهیه نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش مطالعه موردی ارتفاعات دنای زاگرس علوم زمین سال ۲۳
- صفاری، امیر – علیمرادی ، مسعود – حاتمی فرد ، رامین (۱۳۹۳). پهنه بندی خطر رخداد زمین لغزش به روش رگرسیون چند متغییره یا استفاده از داده های گسسته در حوضه رودخانه ماربر
- فتحی ، مریم و همکاران(۱۳۹۴) پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی- حوضه آبریز گرم چای میانه – اولین همایش علوم زمین و توسعه شهری
- فرجی سبکبار، حسن علی، سلمانی، محمد، فریدونی، فاطمه، کریم‌زاده، حسین، رحیمی، حسن، ۱۳۸۹، مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله روستایی با استفاده از مدل فرایند شبکه‌ای تحلیل(ANP): مطالعه موردی نواحی روستایی شهرستان قوچان ، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۴، شماره ۱، صص ۱۴۹-۱۲۷.
- فرجی سبکبار، حسنعلی، نصیری، حسین، حمزه، محمد، طالبی، سمیه، رفیعی، یوسف،۱۳۹۰، تعیین عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی بر پایه‌ی تلفیق روش‌های ANP و مقایسه زوجی در محیط GIS، مطالعه موردی دشت گربایگان فسا ، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۴، شماره ۴، صص ۱۶۶-۱۴۳.
- فیض نیا، سادات، کلارستاقی، عطاالله، احمدی، حسن ، صفایی، مهرداد،۱۳۸۳، بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شیرینرود سد تجن)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۱ ، صص ۲۲-۳
- قنبری، حکیمه، روستایی، شهریور، ۱۳۹۲، بررسی اولویت‌های برنامه‌ریزی و آمایش مناطق مرزی در استان آذربایجان شرقی با به‌کارگیری مدل تجلیل شبکه (ANP)، آمایش سرزمین، دوره ۵، شماره ۲، صص ۳۶۰-۳۳۵.
- کامران زاده، فرناز و همکاران (۱۳۹۳) پهنه بندی خطر زمین لغزش در استان تهران با استفاده از روش های داده محور و تحلیل سلسله مراتبی
- کرمی ، فریبا - بیاتی خطیبی ، مریم (۱۳۸۵) شناسایی و پهنه بندی نواحی مستعد زمین لغزش در حوضه آبریز اوجان چای (با استفاده از روش های آماری و سامانه های اطلاعات جغرافیایی) ، مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت جامع بحران
- کرنژادی ، آیدینگ – اونق ، مجید – سعدالدین ، امیر (۱۳۹۳) پهنه بندی خطرو خسارت زمین لغزش مطالعه موردی حوضه آبخیز زیارت در استان گلستان دو فصل نامه مدیریت بحران- شماره هفتم
- مالچفسکی ، یاچک (۱۳۸۵) سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری ، ترجمه اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده ، انتشارات سمت ، تهران ، چ۱

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 16:48 +0330 on Sunday February 18th 2018

- محمودزاده، حسن، امامی‌کیا، وحید، رسولی، علی‌اکبر، ۱۳۹۴، ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز با استفاده از روش *AHP* ، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۱، شماره پیاپی، صص ۱۸۰-۱۶۷.
- مقیمی، ابراهیم، باقری سید شکری ، سجاد، صفر راد، طاهر، ۱۳۹۱، پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل آنتروپی مطالعه موردی تاقدیس نسار زاگرس شمال غربی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۹ بهار ۱۳۹۱ صص ۹۰-۷۷
- مقیمی، ابراهیم، یمانی، مجتبی، رحیمی هرآبادی ، سعید، ۱۳۹۲، ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین‌لغزش در شهر رودبار با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه ، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره۴، صص ۱۱۸-۱۰۳
- یمانی، مجتبی و همکاران (۱۳۹۰)ژئومورفولوژی جاده سنندج – مریوان و پهنه بندی ناپایداری های دامنه ای فصل نامه جغرافیا و آمایش سرزمین – سال اول شماره اول

- *Bharat Prashad Bhatt1, Keshab Datt Awasthi1, Binod Prasad Heyojoo1, Thakur Silwal1, Gandhiv Kafle1,(2013), Using Geographic Information System and Analytical Hierarchy Process in Landslide Hazard Zonation Applied Ecology and Environmental Sciences. 1 (2). doi: 10.12691/aees-1-2-1*
- *Fathi Mohmmad Hoessin, Khohdel Kazem, Amir, Kandi Shoreh, Ashrafifeini Zahra, Khaliji, Mohammad Ali (2015) The combination of spectral and spatial data in zoning oflandslide susceptibility (Case study: Sangorchay reservoir) Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES) ISSN: 2220-6663 (Print) 2222-3045 (Online) Vol. 6, No. 2, p. 515-527,*
- *Kumar Dahal, R., (2008), Predictive Modeling of Rainfall-induced Landslide Hazard in the Lesser Himalaya of Nepal Based on Weights-of-evidence, Geomorphology, Vol. 102, PP.496-510*
- *Mohammadi, A., Heshmatpoor, A., Mosaedi, A., (2004), Study on Efficiency of an Iranian Method for Landslide Hazard Zonation in Golestan Province (Iran), Geophysical Research Abstracts, Vol. 6, PP. 10-22.*
- *Neaupane K.M., Piantanakulchai M.(2006) Analytic network process model for landslide hazard zonation Engineering Geology, Volume 85, Issues 3–4, 21 June 2006, Pages 281-294*
- *Pourghasemi,hamid Reza ,Biswajeet Pradhan Candan Gokceoglu(2012) Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran Natural Hazards September 2012, Volume 63, Issue 2, pp 965-996*
- *. Rosenfeld, C. L., (2004), Geomorphological Hazard, Encyclopedia of Geomorphology, Vol. 1, P.423-426*
- *Tuzkaya, Gulfem, Onut, Semih, Tuzkaya, Umut R., Gulsun, Bahadır (2008), An analytic network process approach for locating undesirable facilities: An example from Istanbul, Turkey, Environmental Management, Volume 88, Issue 4, pp 970–983.*
- *Wolfslehner, Bernhard, Vacik, Harald, Lexer, Manfred J. (2005), Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management, Volume 207, Issues 1–2, pp 157–170.*
- *Wu Che-I, Yang Kung Hsu-, Hua Chen Chi-, Chia Kuo Li-(2014) An intelligent slope disaster prediction and monitoring system based on WSN and ANP Expert Systems with Applications, Volume 41, Issue 10, August 2014, Pages 4554-4562*
- *Yalcin., A., (2008), GIS-based landslidesusceptibility mapping usinganalytical hierarchy Process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations. Journal of Catena, No: 72; Pp. 1 – 12.*