

بررسی زمین لغزش‌ها با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک

علیرضا حبیبی^{۱*}

^۱ کارشناس ارشد، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۰

چکیده

زمین لغزش به عنوان یکی از اشکال حرکات توده‌ای زمین اغلب با شاخص‌های ژئومورفیک قابل بررسی می‌باشد. این شاخص‌ها از ابزارهای کارآمد برای شناسایی وضعیت تکتونیک، ارزیابی احتمالی و پهنه‌بندی مناطق به شمار می‌آیند. هدف از این تحقیق استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک برای بررسی لغزش‌های رخ داده می‌باشد. برای انجام این کار، در هفت حوضه مورد بررسی، از شاخص‌هایی چون شیب طولی رودخانه (SL)، شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (AF)، شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (TP)، شاخص هیپسومتریک (HI)، شاخص نسبت شکل حوضه (BS) استفاده شده است. سپس نتایج شاخص‌ها، تبدیل به شاخص فعالیت تکتونیک (IRAT) شده و نقشه پهنه‌بندی مخاطرات تکتونیک در سه طبقه ترسیم شده است. نقشه طبقه‌بندی شاخص مورفوتکتونیک حاصل با نقشه حاصل از پراکنش سطحی زمین لغزش تهیه شده از بازدید میدانی با تفسیر عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار ArcGIS روی هم اندازی شده است. با استفاده از تکنیک جداول متقاطع و شمارش نقاط لغزشی در هر طبقه مشخص شد که ۸۸/۸ درصد از موارد لغزش در طبقه مناطق شدید و بسیار شدید تکتونیک واقع شده و فقط ۱۱/۲ درصد از زمین لغزش‌ها در طبقه متوسط قرار گرفته‌اند. روش شاخص‌های ژئومورفیک همراه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، رویه و ابزار توانمندی برای برآورد، نمایش و پهنه‌بندی میزان زمین لغزش است، مع الوصف در این رابطه می‌توان از روش‌های جدیدتری همچون روش فازی و سامانه عصبی به منظور طبقه‌بندی تکتونیک شاخص‌ها نیز بهره گرفت.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، شاخص‌های ژئومورفیک، میزان همبستگی

مقدمه

می‌توان، تکتونیک فعال یک منطقه را بررسی نمود (Guarnieri و Pirrotta، ۲۰۰۸). در این زمینه شاخص‌های ژئومورفیک ابزار سودمندی برای مطالعه فعالیت‌های تکتونیک در نواحی مختلف محسوب شده و به وسیله آن‌ها می‌توان اطلاعاتی در مورد نواحی خاصی از یک منطقه که در معرض فعالیت تکتونیک نسبتاً سریع یا حتی کند قرار دارند، به دست آورد (Keller و Pinter، ۲۰۰۲). مطالعات زیادی در مورد ارزیابی فعالیت تکتونیک توسط

یکی از پدیده‌هایی که همزمان با زلزله اتفاق می‌افتد، رانش زمین می‌باشد و موجب بالا رفتن خسارات زلزله می‌شود. با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک می‌توان با ارائه نقشه‌ها در پیش‌بینی مکان‌هایی که در اثر زلزله‌های آتی دچار ناپایداری می‌شوند، برنامه‌ریزان را یاری داد. با استفاده از تحلیل‌های مورفومتری و بهره‌گیری از شاخص‌های ژئومورفیک و پارامترهای رتبه‌ای شبکه‌های زهکشی

شواهد مورفوتکتونیک موجود در لندفرم‌های آن را از دیدگاه تکتونیکی تفسیر نماید. بر اساس شواهد نوزمین ساخت استخراج شده از SRTM ناحیه پیرامون گسل دهشیر از قبیل پرتگاه و اثر گسل، شبکه زهکشی منحرف و جابه‌جا شده، الگوی مئاندری شبکه آب، سطوح فرسایشی ارتفاع یافته و فرسایش قهقرایی شبکه زهکشی، به دلیل موقعیت استقرار آن‌ها (در لندفرم‌های کواترنری) همگی از جمله شواهد نوزمین ساخت گسل دهشیر هستند که دلالت بر فعالیت این گسل در طی کواترنری دارد.

در تحقیقی Almasian و همکاران (۲۰۱۱)، با بررسی مقادیر شاخص‌های مورفوتکتونیک Vf، Smf و SL همراه با مقطع طولی رودخانه و تغییرات سنگ‌شناسی آن و تلفیق آن‌ها با سایر اطلاعات، میزان فعالیت تکتونیک در حوضه‌های انتخابی بارونق، جزه، قمصر و قهرود را محاسبه نموده است. در این بررسی‌ها نشان داده شده است که این سامانه گسلی از یک سازوکار راستالغز راست‌گرد همراه با یک مولفه معکوس برخوردار است. نرخ لغزش افقی در بخش مطالعه شده از گسل قم-زفره، به‌طور میانگین ۲/۶ میلی‌متر در سال برآورد شده است. درجه فعالیت تکتونیک در حوضه نسبت به دیگر حوضه‌ها کمتر و در دو حوضه قمصر و قهرود نیز تقریباً در یک رده و نسبت به دو حوضه دیگر بیشتر است. ایشان همچنین، بیان داشتند که بررسی‌های مورفوتکتونیک و نئوتکتونیک ابزار بسیار مناسبی برای بررسی و مقایسه وضعیت تکتونیک منطقه به-صورت کمی و کیفی بوده و نتایج حاصل از آن‌ها به-صورت کاربردی قابل استفاده خواهد بود.

Sharifi و همکاران (۲۰۱۳)، با بررسی ارتباط تکتونیک فعال و پهنه‌های لغزشی در قالب شاخص‌های Vf و Smf نقشه پهنه‌بندی تکتونیک را در سه طبقه: (I) پهنه فعال تکتونیک، (II) پهنه با فعالیت متوسط و (III) پهنه غیرفعال تکتونیک تهیه نموده‌اند. آن‌ها همچنین، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را در پنج طبقه تهیه نمودند. مقایسه و انطباق نقشه پهنه‌بندی تکتونیک فعال حاصل از شاخص‌های Vf و Smf به‌ترتیب نشان می‌دهند که

دانشمندان صورت گرفته (Azor و همکاران، ۲۰۰۲؛ Bull و McFadden، ۱۹۷۷؛ Della Seta و همکاران، ۲۰۰۸؛ Keller و Pinter، ۲۰۰۲؛ Maroukian و همکاران، ۲۰۰۸؛ Molin و همکاران، ۲۰۰۴؛ Silva و همکاران، ۲۰۰۳) که از جمله می‌توان به مباحث ژئومورفولوژی تکتونیک اشاره نمود. El-Hamdouni و همکاران (۲۰۰۸) از این شاخص‌ها در بررسی وضعیت تکتونیک حوضه سریانورا در جنوب اسپانیا استفاده نموده‌اند.

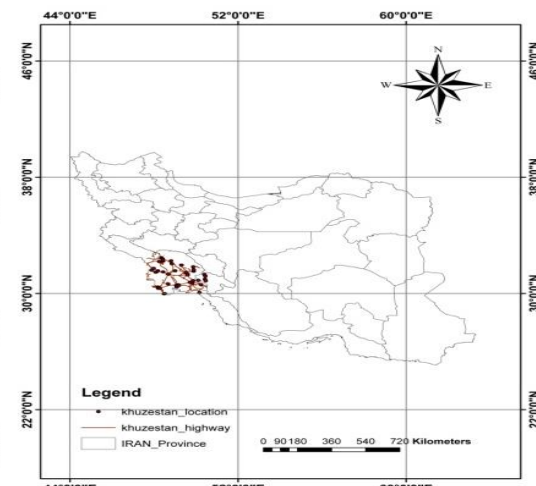
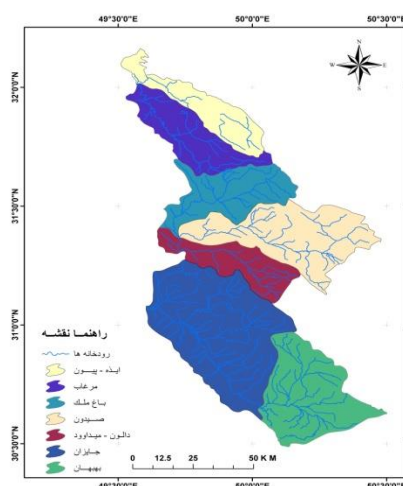
در ایران بررسی شاخص‌های مورفوتکتونیک مناطق مختلف به‌وسیله افرادی زیادی (Goorabi، ۲۰۰۷؛ Karami، ۲۰۰۹؛ Khatib، ۲۰۰۸؛ Madadi و همکاران، ۲۰۰۵؛ Negaresh، ۲۰۰۳؛ Yamani و Jafari Aghdam، ۲۰۱۱؛ Zare-Mehrjerdi، ۲۰۱۲) مورد استفاده قرار گرفته است.

شناسایی و طبقه‌بندی نواحی مستعد لغزش و پهنه‌بندی خطر آن گامی مهم در ارزیابی خطرات محیطی به شمار رفته و نقش غیر قابل انکاری را در مدیریت حوزه‌های آبخیز ایفا می‌نماید (Sakar و همکاران، ۱۹۹۵). در زمینه زمین‌لغزش کارهای مختلفی در ایران و جهان صورت گرفته که می‌توان به تحقیقات انجام شده توسط دانشمندان مختلفی (Aleotti و Chowdhury، ۱۹۹۹؛ Caniani و همکاران، ۲۰۰۸؛ Shariyat Jafari، ۱۹۹۶؛ Komac، ۲۰۰۶؛ Ownegh، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴) اشاره کرد. همچنین، به کارهای انجام شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) توسط Yalcin (۲۰۰۸) و ترکیب خطی وزین (WLC) (Shadfar، ۲۰۰۷؛ Sardashti و Safari، ۲۰۰۷؛ Ayalew و همکاران، ۲۰۰۴؛ Saberi و همکاران، ۲۰۱۱) نیز اشاره نمود.

Yamani و Jafari Aghdam (۲۰۱۱) با بهره-گیری از داده SRTM^۱ مورفوتکتونیک ناحیه دهشیر را تفسیر و تبیین نموده‌اند. نتایج این بررسی نشان می‌دهند که روش‌های تجزیه و تحلیل عوارض به-صورت رقومی بر روی SRTM که روش پیشنهادی و کاربردی در این مطالعه می‌باشند، توانسته ساختار مورفوتکتونیک پیرامون گسل دهشیر را شناسایی و

¹ Shuttle Radar Topography Mission

هایی به خصوص در نیمه شرقی استان می‌باشیم. در حال حاضر به‌طور متناوب فعالیت مجدد این گسل‌ها موجب بروز زلزله‌هایی در استان می‌شود. گسل خوردگی که در استان مشاهده می‌شود در طی فازهای کوه‌زایی آلپین و کواترنری رخ داده است که عمق اثر آن‌ها تا پی سنگ پرکامبرین توسعه یافته است. عمق کانون زلزله‌های استان بین ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری پوسته زمین است. گسل‌های اصلی استان با جهت شمال غربی-جنوب شرقی در قسمت کوهستانی استان قرار دارند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد پژوهش

حدود ۶۸ و ۵۳ درصد از پهنه‌های خطر بالای تکتونیک فعال حاصل از ارزیابی دو شاخص مذکور با پهنه‌های حساسیت بالا (IV) و خیلی بالا (V) حاصل از نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش منطقه انطباق دارند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش شامل حوضه‌های زهکشی ایذه، مرغاب، باغ ملک، صیدون، دالون-میداوود، جازان، بهبهان در استان خوزستان است. هم‌زمان با چین‌خوردگی‌های لایه‌های زمین، شاهد شکستگی-

۲۳/۰۲/۲۰۱۰ میلادی در حوالی شهر حسینیّه خوزستان به وقوع پیوسته است. شدیدترین زمین-لرزه در این منطقه در طی ۳۵ سال اخیر با بزرگی ۶/۳ در سال ۱۹۷۹ در شهر ایذه مسجد سلیمان به وقوع پیوسته است. در جریان این زلزله شدید، ۷۶ نفر کشته و تعدادی زخمی شده‌اند (<http://ahsc.blogfa.com/post/>).

شاخص‌های ژئومورفیک: برای مشخص کردن میزان فعالیت تکتونیکی حوضه باید بر اساس روابط زیر اقدام به محاسبه شاخص مورفوتکتونیک در سطح حوضه شود. ابتدا باید پنج شاخص AF, SL, Hi, Tp و Bs در سطح حوضه مشخص و طبقه‌بندی شود و در نهایت با استفاده از رابطه (۶) نسبت به ارزیابی نهایی تکتونیکی حوضه اقدام نمود.

بررسی وضعیت لرزه‌خیزی استان خوزستان و شواهد تاریخی، حاکی از لرزه‌خیز بودن استان است. رویداد زمین‌لرزه‌های ویرانگر (تاریخی سده بیستم) در پهنه گسل جبهه کوهستان (گسل لرزه‌زای بهبهان، باغ‌ملک، اندیکا و روند لرزه‌زای ایذه) توان بالای لرزه‌خیزی این بخش از استان را نشان می‌دهد. بنابراین، شهرها و بخش‌های بهبهان، ایذه، باغ‌ملک، حسینیّه علیا و روستاهای پیرامون آن‌ها در خطر بالای زمین‌لرزه قرار دارند. آمار زلزله‌های کشور نشان می‌دهد که از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۰، مجموعاً ۱۶۵۷ زمین‌لرزه با بزرگی بیش از ۲/۵ در استان خوزستان ثبت شده است که شدیدترین آن‌ها با بزرگی ۵/۲ در تاریخ ۲۵/۰۹/۲۰۰۲ حوالی مسجد سلیمان و نیز با همین بزرگی در تاریخ

است (Mayer, ۱۹۹۰؛ Pike و Wilson, ۱۹۷۱؛ Strahler, ۱۹۵۲).

$$Hi = (H_{Ave} - H_{min}) / (H_{max} - H_{min}) \quad (3)$$

طبقه (۱) دارای شاخص هیپسومتریک $Hi > 0.5$ و طبقه (۲) در طبقه $0.4 < Hi < 0.5$ و طبقه (۳) m و کوچک‌تر از 0.4 می‌باشد.

- شاخص تقارن توپوگرافی عرضی^۴ (Tp): این شاخص عدم تقارن توپوگرافی در شبکه زهکشی حوضه‌هایی با لیتولوژی تقریباً همسان، عملکرد تکتونیک فعال را نشان می‌دهد و با رابطه (۴) تعریف می‌شود (Alipoor و همکاران, ۲۰۱۱).

$$Tp = Da / Dd \quad (4)$$

که در آن، Da فاصله نواری رودخانه از خط میانی حوضه، Dd فاصله خط میانی حوضه تا مرز حوضه است. اگر Tp برابر صفر باشد، حوضه متقارن و آرام است و اگر Tp به سمت یک میل کند، حوضه نامتقارن و از لحاظ تکتونیک فعال است.

- شاخص نسبت شکل حوضه^۵ (Bs): حوضه‌های فعال تکتونیک، از لحاظ شاخص شکل حوضه (Bs) دارای شکل کشیده‌ای می‌باشند. به‌طور کلی شکل حوضه با توقف فعالیت تکتونیک در طول زمان با کاهش میزان بالآمدگی مواجه بوده، به تدریج دایره‌ای شکل می‌شود. این شاخص با رابطه (۵) بیان می‌شود (Bull و McFadden, ۱۹۷۷؛ Cannon, ۱۹۷۶؛ Ramírez-Herrera, ۱۹۹۸).

$$Bs = Bl / Bw \quad (5)$$

که در آن، Bl بیشترین طول حوضه و Bw بیشترین عرض حوضه می‌باشد. اگر Bs بزرگ‌تر از چهار باشد، طبقه (۱) و بین سه تا چهار طبقه (۲) و کمتر از سه طبقه (۳) می‌باشد.

- ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیک^۶ (IRAT): این شاخص از رابطه زیر به‌دست می‌آید (Alipoor و همکاران, ۲۰۱۱؛ El-Hamdouni و همکاران, ۲۰۰۸).

$$IRAT = S / N \quad (6)$$

- شاخص شیب طولی رودخانه^۱ (SL): این شاخص به تغییرات شیب آبراهه حساس است و می‌تواند هرگونه بی‌نظمی را که در اثر فعالیت‌های تکتونیک یا مقاومت سنگ در شیب طولی آبراهه ایجاد شده است، نشان دهد این شاخص به‌وسیله رابطه (۱) بیان می‌شود.

$$SL = \left(\frac{\Delta H}{\Delta L} \right) \times L \quad (1)$$

که در آن، ΔH اختلاف ارتفاع مقطع اندازه‌گیری شده، ΔL فاصله افقی اندازه‌گیری شده و L طول رودخانه از نقطه مرکزی مقطع تا سرچشمه می‌باشد (Hack, ۱۹۷۳؛ Troiani و Della-Seta, ۲۰۰۸).

El-Hamdouni و همکاران (۲۰۰۸) سه طبقه تکتونیک را برای ارزیابی این شاخص تعیین نموده‌اند که شامل: طبقه (۱) با فعالیت تکتونیک بالا $SL > 5.0$ ، طبقه (۲) با فعالیت تکتونیک متوسط $3.0 \leq SL < 5.0$ و طبقه (۳) با فعالیت تکتونیک کم $SL < 3.0$ است.

- شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی^۲ (AF): این شاخص کج‌شدگی جانبی حوضه را نسبت به مسیر اصلی رودخانه‌اش در اثر نیروهای تکتونیک، نشان می‌دهد و با رابطه (۲) تعریف می‌شود (Gardner, ۱۹۸۵؛ Keller و Pinter, ۲۰۰۲).

$$AF = 100 \times \left(\frac{Ar}{At} \right) \quad (2)$$

که در آن، Ar مساحت حوضه در سمت راست آبراهه اصلی و At مساحت کل حوضه است.

بر طبق نظر El-Hamdouni و همکاران (۲۰۰۸)، اگر AF برابر ۵۰ باشد، حوضه متقارن است و اگر کوچک‌تر از هفت باشد، در طبقه (۳) قرار دارد. اگر اعداد به‌دست آمده بین هفت تا ۱۵ باشد، از لحاظ تکتونیک در طبقه (۲) واقع است و بیشتر از ۱۵ در طبقه (۱) قرار می‌گیرد.

- شاخص هیپسومتریک^۳ (Hi): این شاخص توزیع ارتفاعات را در راستای عمود بر یک ناحیه از زمین مثلاً در یک حوضه زهکش توصیف می‌کند. این شاخص بیانگر توزیع مساحت ارتفاعات متفاوت

⁴ Transverse Topographic Symmetry Factor

⁵ Drainage Basin Shape Index

⁶ Relative Active Tectonics Index

¹ Stream Length Gradient Index

² Asymmetric Factor

³ Hypsometric Integral

اقدام به پهنه‌بندی پتانسیل لغزش با استفاده از مدل AHP نموده است. عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ بلوک ۷۷ و ۷۸ سال ۱۳۷۲ سازمان نقشه‌برداری کشور و داده‌های ماهواره‌ای چند طیفی سنجنده ETM⁺ مربوط به مسیرهای ۱۶۴ و ۱۶۵، ردیف ۳۸ و ۳۹ در سال ۲۰۰۷ به همراه بازدیدهای میدانی مورد شناسایی قرار گرفتند. سپس داده‌های حاصل شده، برای ترسیم محدوده، پردازش و تحلیل وارد نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی شد (شکل ۸). بر این اساس میزان انطباق شاخص مورفوتکتونیک با رخداد زمین‌لغزش‌ها مشخص شده است. نتایج حاصل از انطباق نقشه‌های فوق در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج و بحث

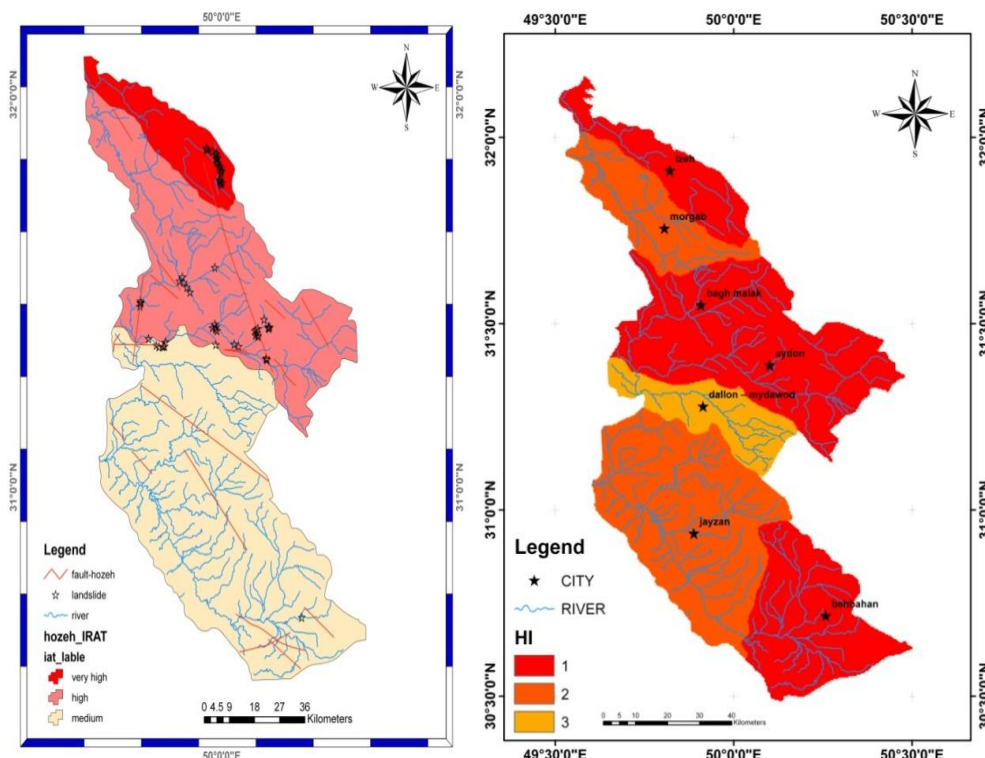
برای ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی در هفت حوضه ایذه، مرغاب، باغ ملک، صیدون، دالون-میداوود، جایزان و بهبهان، از پنج شاخص ژئومورفیک به‌دست آمده، استفاده شد که نقشه‌های آن در ادامه آورده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص SL بین ۲۹۰/۵۳ تا ۵۹۰/۱۲ در حوضه ایذه و مرغاب فعالیت تکتونیکی بالایی را نشان می‌دهد، در حالی که شاخص Bs اختلاف بین ۰/۷۳ تا ۴/۶۷ را نشان می‌دهد و در طبقه (۱) ($Bs > 4$) قرار می‌گیرد. چون باغ ملک و ایذه دارای Bs مابین ۴/۵۳ و ۴/۶۷ می‌باشد، اما شاخص Tp دارای ۰/۶۶ که جایزان، مرغاب و ایذه دارای اعداد بالایی است که حکایت از فعالیت تکتونیکی بالا است. نتایج به‌دست آمده از شاخص AF اعدادی مابین ۴۷/۱۳ تا ۵۵/۰۲ را نشان می‌دهد که نشان-دهنده زیرحوضه‌های ایذه و مرغاب بالاترین فعالیت تکتونیکی را دارا می‌باشند. شاخص Hi به‌ترتیب برابر ۰/۵۴، ۰/۵۷ و ۰/۵۲ برای زیرحوضه‌های ایذه، باغملک و بهبهان می‌باشد و در طبقه (۱) تکتونیکی قرار گرفته است (جدول ۱).

که در آن، S مجموع طبقات شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده و N تعداد شاخص‌های محاسبه شده می‌باشد. $1/5 < IRAT < 1$ فعالیت‌های زمین ساختی شدید، $2 < IRAT < 1/5$ فعالیت‌های تکتونیکی زیاد، $2/5 < IRAT < 2$ فعالیت‌های زمین ساختی متوسط و $IRAT < 2/5$ فعالیت‌های کم و ناچیز است.

روش پژوهش: در ابتدا زیرحوضه‌های رده هفت تماب تهیه شده، سپس با استفاده از گزارش‌های موجود، مرز تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی، شبکه آبراهه‌ها و DEM (۵۰ متر) حوزه‌های آبخیز استخراج و تفکیک شده است. در داخل هر حوضه شاخص‌های مختلف مورفوتکتونیک با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزارهای ArcGIS9.3 و ILWIS با استفاده از فرمول‌های هر شاخص تعیین، محاسبه و طبقه‌بندی شد. در نهایت حوضه‌ها بر اساس روش El-Hamdouni و همکاران (۲۰۰۸)، که همان فرمول محاسبه شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی (IRAT) می‌باشد، مورد ارزیابی و طبقه‌بندی به سه طبقه خیلی شدید، شدید و متوسط قرار گرفتند (جدول ۱).

فرمول روش شاخص ارزیابی تکتونیکی بر اساس اطلاعات هر یک از شاخص‌های مورد مطالعه به‌طور جداگانه محاسبه و طبقه‌بندی می‌شود. پس لازم است، طبقه‌بندی هر یک از شاخص‌ها مشخص و با هم جمع شده و بر تعداد کل شاخص تقسیم شود و بر اساس نظر El-Hamdouni و همکاران (۲۰۰۸)، اگر این شاخص بین یک تا ۱/۵ باشد، در طبقه شدید تکتونیکی قرار می‌گیرد. به‌منظور سنجش موازنه میان شاخص‌های مورفوتکتونیک (شاخص ارزیابی نسبی فعالیت تکتونیکی) حوضه و نقشه پراکنش سطحی زمین‌لغزش، دو نقشه بر همدیگر در محیط GIS انطباق داده شد (شکل ۷).

برای تهیه نقشه پراکنش لغزش، محدوده مناطقی که دارای مورفولوژی لغزش بودند، با استفاده از تحقیقات گذشته Habibi (۲۰۱۴) که



شکل ۶- شاخص هیپسومتریک

شکل ۷- ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی و نقاط زمین لغزش

جدول ۱- نتیجه محاسبه شاخص‌های تکتونیک و محاسبه ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی (IRAT)

نام حوضه	شاخص هیپسو متریک (HI)	شاخص شکل حوضه (BS)	شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (TP)	شاخص عدم تقارن (AF)	شاخص گرادیان رودخانه (SL)	شاخص فعالیت تکتونیکی (IAT)	طبقه‌بندی
ایذه - پیون	۰/۵۷	۴/۵۲	۰/۴۸	۵۵/۰۲	۵۱۶/۲۴	۱/۲	خیلی شدید
مرغاب	۰/۴۸	۲/۹۳	۰/۴۱	۵۴/۲۷	۵۹۰/۱۲	۱/۸	شدید
باغ ملک	۰/۵۲	۴/۶۷	۰/۱۵	۵۲/۱۲	۵۵۹/۵۸	۱/۸	شدید
صیدون	۰/۵۱	۳/۵۹	۰/۳۸	۵۰/۷۴	۵۶۳/۳۵	۱/۸	شدید
دالون - میداوود	۰/۲۹	۳/۹۸	۰/۳۶	۵۱/۷۶	۴۷۰/۲۵	۲/۴	متوسط
جایزان	۰/۴۷	۰/۷۳	۰/۶۲	۵۲/۴۵	۲۹۰/۵۳	۲/۴	متوسط
بهبهان	۰/۵۴	۱/۶۸	۰/۳۳	۴۷/۱۳	۳۴۷/۶۹	۲/۲	متوسط

تعداد شاخص‌ها، اقدام به طبقه‌بندی ارزیابی نسبی فعالیت تکتونیکی در سه طبقه شد.

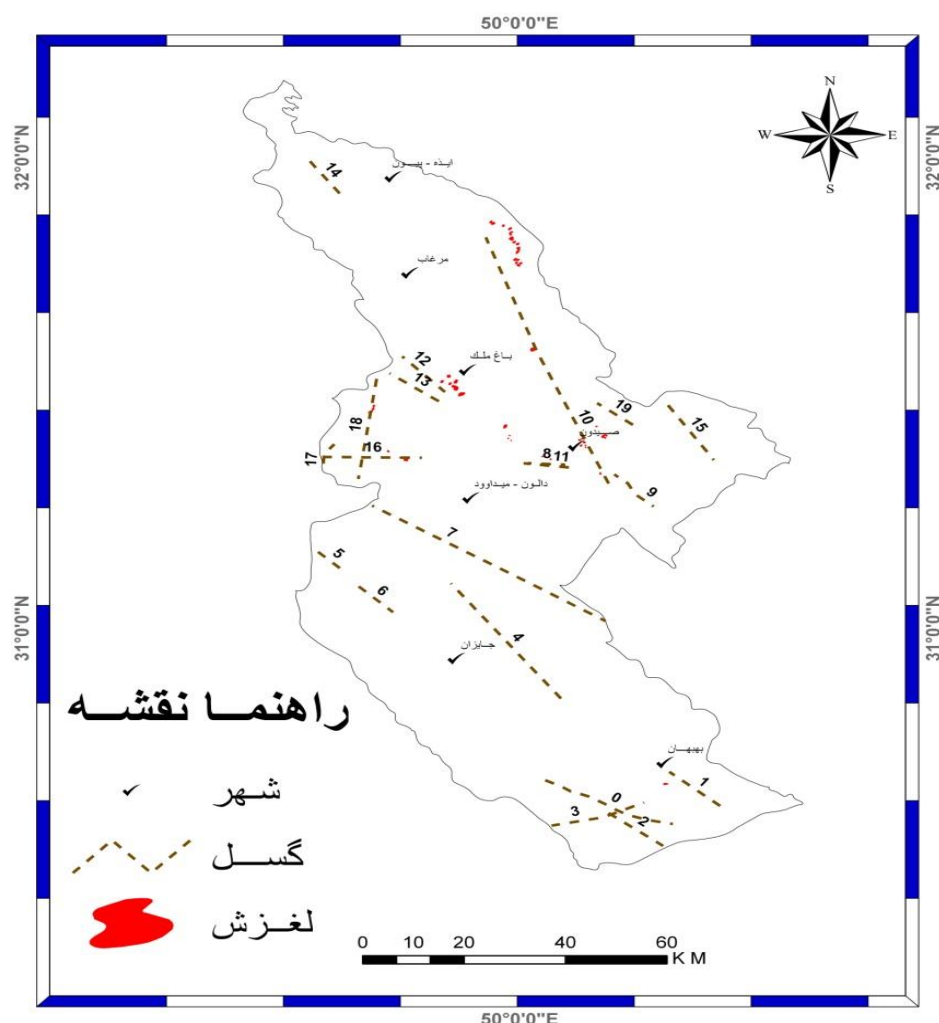
بر اساس نتایج به دست آمده گستره رده‌های بسیار فعال تکتونیکی، شامل مناطق با خطر بسیار بالا با شاخص $(1 < IRAT < 1/5)$ برابر با ۶۳۰ کیلومتر مربع برابر با ۸/۰۴ درصد از کل حوضه و مناطق با خطر زیاد $(2 < IRAT < 1/5)$ با مساحتی

بر اساس اطلاعات موجود بیش از ۵۷/۱ درصد از لغزش‌های منطقه برابر با ۳۶ مورد لغزشی از نوع انتقالی می‌باشند. لغزش‌ها به صورت دیگر در سطح حوضه مشهود است و بیشتر لغزش در مناطق با فعالیت تکتونیکی شدید قرار گرفته است. پس از طبقه‌بندی هر یک از شاخص‌ها و محاسبه مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده بر

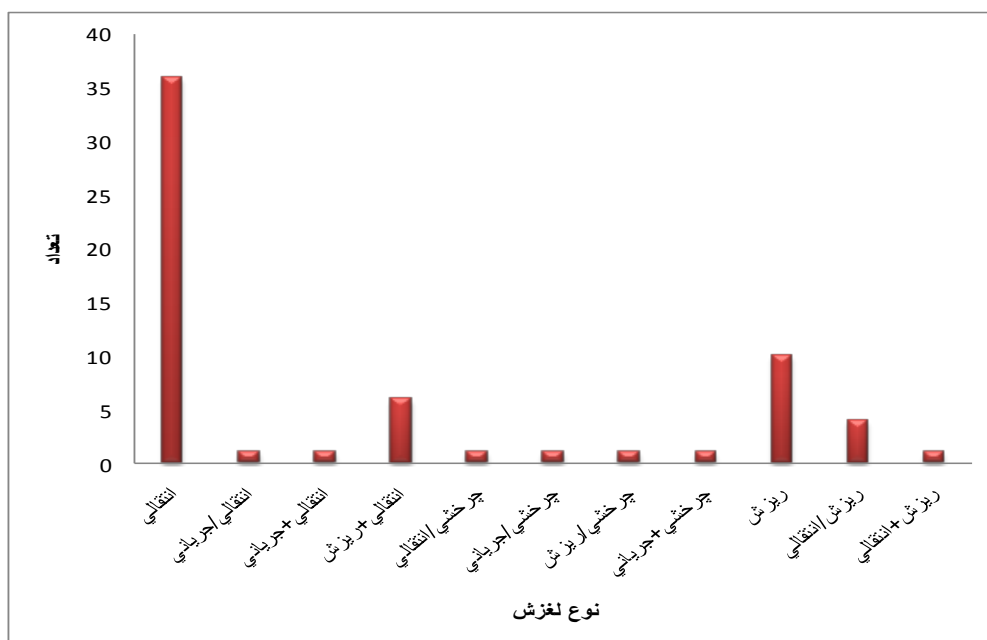
شهرستان‌هایی مانند اندیمشک، دزفول، شوشتر، مسجد سلیمان و باغ ملک در منطقه با سطح خطر بالا قرار دارند. در اینجا بیان می‌شود که تحقیق حاضر از لحاظ روش تحقیق و استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک با کارهای انجام شده توسط Alipoor و همکاران (۲۰۱۱) و El-Hamdouni و همکاران (۲۰۰۸) هماهنگی خوبی نشان می‌دهد. در زمینه استفاده از این شاخص‌ها در لغزش با کارهای Almasian و همکاران (۲۰۱۱)، Sharifi و همکاران (۲۰۱۳) و Yamani و همکاران (۲۰۱۱) هماهنگی خوبی را نشان می‌دهد، با این تفاوت که در این تحقیق از شاخص‌های بیشتر (پنج شاخص) و مطالعه همزمان گسل و لغزش نیز بهره برده شده است.

برابر با ۲۹۰۰ کیلومتر مربع $37/03$ درصد از سطح حوضه را شامل می‌شود. پس به‌طور کل می‌توان گفت مناطق با خطر بالا و بسیار بالا ۳۵۳۰ کیلومتر مربع و بیش از ۴۵ درصد از سطح حوضه را شامل می‌شود. در حالی که مناطق با فعالیت تکتونیکی متوسط ($2/5 < IRAT < 2$) برابر با ۴۳۰۰ کیلومتر مربع و برابر با $54/9$ درصد از سطح حوضه را شامل شده است. پس به‌طور کلی حوضه از لحاظ فعالیت‌های تکتونیکی جزء مناطق فعال است.

در تحقیقی که توسط Eskandari و همکاران در سال ۲۰۰۸ اقدام به پهنه‌بندی منطقه از نظر خطر نسبی زمین‌لرزه بر اساس روش احتمالاتی نموده است. نتایج نشان داد که نیمه بالایی استان از نظر خطر زمین‌لرزه در سطح بالاتری قرار دارد و



شکل ۸- نقشه لغزش‌ها و گسل‌های منطقه تحقیق



شکل ۹- فراوانی و نوع لغزش‌های منطقه مورد پژوهش

جدول ۲- مساحت مناطق مختلف از لحاظ حساسیت به فعالیت تکتونیکی (IRAT) و تعداد زمین لغزش مشاهده شده

طبقه‌بندی	مساحت (کیلومتر مربع)	تعداد زمین لغزش مشاهده شده	درصد وقوع زمین لغزش
خیلی شدید	۶۳۰	۲۲	۳۴/۹
شدید	۲۹۰۰	۳۴	۵۳/۹
متوسط	۴۳۰۰	۷	۱۱/۱

حوزه بین ۰/۲ تا ۰/۵ کیلومتر بر کیلومتر مربع و به-
طور متوسط ۰/۴۵ است.

معادله همبستگی در نرم‌افزار SPSS بین فاصله
اقلیدسی محاسبه شده گسل و لغزش به‌طور متوسط
و مثبت معنی‌دار است (معادله ۷).

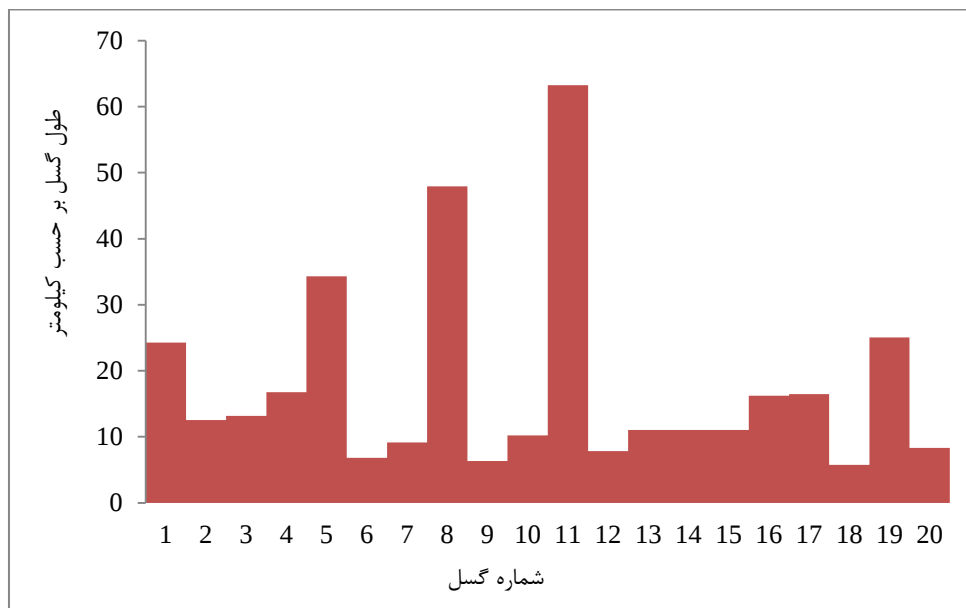
0.451 Pearson Correlation, sig 0.000 is
significant at the 0.01 level (2-tailed) (۷)

در ادامه نتایج این تحقیق نشان داد که ۸۸/۸
درصد از لغزش‌ها در طبقه‌های شدید و بسیار شدید
تکتونیکی واقع شده، زیرا بخش قابل توجهی از
نواحی دارای پتانسیل لغزش شدید و بسیار شدید در
نقشه حاصل از این روش دقیقاً منطبق بر نواحی
موجود دارای فراوانی لغزش زیاد هستند. همبستگی
شدید این نقشه با لغزش‌های رخ داده نیز می‌تواند
دلیل خوبی در استفاده از این روش در برآورد
فعالیت حرکات دامنه‌ای (لغزش) می‌باشد. پیشنهاد
می‌شود از روش‌های دیگری چون مدل تحلیل

در ادامه تحقیق نشان داد که اکثریت زمین-
لغزش‌ها در طبقه خیلی شدید و شدید از لحاظ
شاخص‌های تکتونیکی واقع شده است. تنها ۱۱/۲
درصد از زمین لغزش‌ها در طبقه متوسط قرار گرفته
است. همچنین، روی هم‌اندازی نقشه زمین لغزش
مشاهده شده بر روی نقشه فعالیت‌های تکتونیکی
(IRAT) ۵۶ مورد لغزشی از مجموع کل لغزش‌های
اتفاق افتاده (۶۳ مورد لغزشی) در طبقه شدید و
خیلی شدید قرار دارد و نشان از دقت قابل قبول
مدل دارد. در تحقیق حاضر پس از ترسیم گسل‌ها
در محیط نرم‌افزار ArcGIS9.3 با استفاده از ابزار
اندازه‌گیری نرم‌افزار تعداد ۲۰ گسل شناسایی شد که
دارای روند شمال غرب-جنوب شرقی می‌باشند.
مجموع طول گسل‌ها در سطح حوزه ۳۵۷/۵
کیلومتر می‌باشد و برای محاسبه تراکم گسل‌ها لازم
است، طول گسل‌ها را بر مساحت آن تقسیم می‌شود.
نتایج این تحقیق نشان داد که تراکم گسل در سطح

مطالعات آتی استفاده شود.

سلسله مراتبی، منطق فازی و شبکه عصبی در نقشه نهایی فعالیت‌های تکتونیکی (IRAT) نیز در



شکل ۱۰- نمودار طول گسل‌های منطقه مورد پژوهش

تهران آقایان دکتر قنوازی و دکتر کرم و به ویژه استاد فرزانه آقای دکتر صفاری به‌خاطر راهنمایی‌های ارزشمندشان و از دوست خوبم جناب آقای نوری به‌خاطر در اختیار قرار دادن بخشی از اطلاعات و راهنمایی در زمینه نرم‌افزار اعلام می‌دارم.

تشکر و قدردانی

مراتب تشکر و سپاس خود را از همکاران و مسئولین پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و همکاران خوبم در گروه مهندسی رودخانه و سواحل اعلام نموده و اساتید گرانقدر در دانشگاه خوارزمی

منابع مورد استفاده

- Alipoor, R., M. Poorkermani, M. Zare, and R. El-Hamdouni. 2011. Active tectonic assessment around Rudbar Lorestan dam site, High Zagros Belt (SW of Iran). *Geomorphology*, 128: 1–14.
- Aleotti, P. and R. Chowdhury. 1999. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 58: 21–44.
- Azor, A., E.A. Keller and R.S. Yeats. 2002. Geomorphic indicators of active fold growth: South Mountain–Oak Ridge Ventura basin, southern California. *America Bulletin*, 114: 745–753.
- Almasian, M., K. Roshanbakht, M. Tavakolizadeh. 2011. Young and active tectonics in the area of Kashan, Qom fault system Zefreh. *Journal of Sciences, Islamic Azad University*, Year 21, No. 81, Autumn 90.
- Ayalew, L., H. Yamagishi and N. Ugawa. 2004. Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan. *Landslides*, 1: 73–81.
- Bull, W.B. and L.D. McFadden. 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault. *Proceedings of the 8th Annual Geomorphology Symposium*, Binghamton, State University of New York.
- Cannon, P.J. 1976. Generation of explicit parameters for a quantitative geomorphic study of Mill Creek drainage basin. *Geology Notes*, 36 (1): 3–16.
- Caniani, D., S. Pascale, F. Sdao and A. Sole. 2008. Neural networks and landslide susceptibility: a case study of the urban area of Potenza. *Nat Hazards*, 45: 55–72.

9. Della Seta, M., M. Del-Monte, P. Fredi, E. Miccadei, O. Nesci, G. Pambianchi, T. Piacentini and F. Troiani. 2008. Morphotectonic evolution of the Adriatic piedmont of the Apennines: advancement in the knowledge of the Marche–Abruzzo border area. *Geomorphology*, 102: 119–129.
10. El-Hamdouni, R., C. Irigaray, T. Fernández, J. Chacón and E.A. Keller. 2008. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). *Geomorphology*, 96: 150–173.
11. Goorabi, A. 2007. Evidences of Active Geomorphology of Darake Basin. *Geography Research*, 60: 177-196.
12. Guarnieri, P. and C. Pirrotta. 2008. The response of drainage basins to the late quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily). *Geomorphology*, 95: 260-273.
13. Habibi, A., 2014. Landslide hazard zonation for determination appropriate regions with AHP model in dry areas of Iran Khuzestan. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 4(1): 16-20.
14. Hack, J.T. 1973. Stream-profiles analysis and stream-gradient index. *Journal of Research of the U.S.*, 1(4): 421–429.
15. Hare, P.H., and T.W. Gardner. 1985. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins. *Tectonic Geomorphology. Proceedings of the 15th Annual Binghamton Geomorphology Symposium*. Boston, Allen and Unwin.
16. Karami, F. 2009. Geomorphic assessment of the tectonic activity in the drainage basin saydabad chay. *Physical Geography research*, 69: 67-82.
17. Komac, M. 2006. A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. *Geomorphology*, 74(1–4): 17–28.
18. Keller, E.A., and N. Pinter. 2002. *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape* 2002. Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape. Newjersey, Prentice Hall.
19. Khatib, M. 2008. Influence of Nehbandan Fault System on Nehbandan City Morphology. *Geography and Development*, 12: 5-24.
20. Madadi, A., M. Rezaiee and H. Rajaiee. 2005. Analysis activity Neo-technique using geomorphological. *Geographical Research*, 2(48): 123-138.
21. Maroukian, H., K. Gaki-Papana, E. Karymbalis, K. Vouvalidis and K. Papanastassiou. 2008. Morphotectonic control on drainage network evolution in the Perachora Peninsula, Greece. *Geomorphology*, 102: 81–92.
22. Mayer, L. 1990. *Introduction to Quantitative Geomorphology*. Newjersey, Prentice Hall, Englewood, Cliff.
23. Molin, P., F.J. Pazzaglia and F. Dramis. 2004. Geomorphic expression of active tectonics in a rapidly-deforming forearc, sila massif, Calabria, southern Italy. *American Journal of Science*, 304: 559–589.
24. Negaresh, H. 2003. Earthquake, Cites, and Faults. *Geography Researches*, 1: 1-18.
25. Pike, R.J. and S.E. Wilson. 1971. Elevation–relief ratio, hypsometric integral and geomorphic area-altitude analysis. *Geological Society of America Bulletin*, 82: 1079–1084.
26. Ownegh, M. 2002. Landslide hazard, and risk assessment in the southern Suburbs of Newcastle, Sabbatical research report No.2, University of Newcastle, Australia, 85 pages.
27. Ownegh, M. 2004. Assessing the applicability of the Australian landslide databases in hazard management. *Proceedings of ISCO*, Brisbane, 4 to 8 July, Australia, 1001-1006.
28. Ramírez-Herrera, M. 1998. Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt. *EarthSurface Processes and Landforms*, 23: 317–332.
29. Silva, P.G., J.L. Goy, C. Zazo and T. Bardajm. 2003. Fault generated mountain fronts in Southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and earthquake activity. *Geomorphology*, 250: 203–226.
30. Strahler, A.N. 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63: 1117–1142.

31. Sardashti, M. and A. Safari. 2007. Natural hazard assessment and zonation in the Ahar-Tabriz model hierarchy (AHP). Third International Conference on Comprehensive Disaster Management in disaster.
32. Sharifi, R., M. Poorkermineh, A. Salgi, N. Jamaliyan. 2013. Evaluating the trend of active tectonic zonation of landslide affected smf index. National Conference of Iranian Tectonics. Tehran.
33. Shariyat jafari, H. 1996. Landslide (the fundamentals of the stability of natural slopes). Sazeh-Publication, Theran, 148 pages.
34. Sakar, S., D.P. Kanungo and G.S. Mehrotra. 1995. Landslide zonation: A case study Garhwal Hymalia, India. Mountain Research and Development, 15(4): 301-30.
35. Shadfar, S. 2007. Zoning of the danger of land sliding using analytic hierarchy process (chalkeood basin, tonekabon). Research and Development in Natural Resources, 75: 118-126.
36. Saberi, A., A. Ghanbari. And M. Hosseinzadeh. 2011. Location of parks and green space in urban areas using GIS multi-criteria evaluation (AHP) Case City Branch. National Geomatics Conference, May 2011, Tehran-Iran.
37. Troiani, F. and M. Della-Seta. 2008. The use of the stream length-gradient index in morphotectonic analysis of small catchments: a case study from Central Italy. Geomorphology, 102: 159-168.
38. Yamani, M.B.S. and M. Jafari Aghdam. 2011. Impact Neo tectonic in the morphology Drainage basin Western Zagros. Geographical environment, 1: 68-82.
39. Yalcin, A. 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): comparisons of results and confirmations. Catena, 72: 1-12.
40. Zare-Mehrjerdi, A.A. 2012. Zonation of west Alborz zone based on geomorphic indices. Geography and Environmental Planning, 45: 49-51.

Land slide survey by using indicators of morphotectonic

Alireza Habibi^{*1}

¹ Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Received: 08 December 2013

Accepted: 10 May 2014

Abstract

Landslide with Morphotectonic indices is related. Morphotectonic indices applicable tools for probability estimation and seismic planning of area. Landslides events are the most common natural threats that have been recorded in the Iran. Landslide hazard zonation planning is required for the sustainable management plan. Therefore, application of morphotectonic indices to estimate landslide risk in the selected area was the aim of this research. The selected area comprises seven sub catchments at the south west of Iran which historically has experienced several earthquakes ranging between 2.5 to 6.5 magnitudes in the Richter scale. Morphological indices such as river length–gradient index (SL), the catchment, drainage basin asymmetry (AF), transverse topographic symmetry (TP), factor hypsometric integral (HI) and index of drainage basin shape (BS) were applied for seismic planning of study area. As a result, different indices were converted to the tectonic activity index (IAT) in the three categories. Besides, the resultant morphotectonic zoning map was compared with landslide risk event, and calculated showed that a good correlation between morphotectonic indices and landslide risk event map was demonstrated in this study.

Key words: Correlation, GIS, Morphotectonic Indices, Zoning

^{*} Corresponding author: habibi1354@yahoo.com