

مقایسه‌ی روش هم‌پوشانی و AHP در بررسی زمین‌ساخت جنبا با استفاده از شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی (مطالعه‌ی موردی؛ تاکدیس اناران)

مصطفی جلیوند*، لطف‌الله آقاجری، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت • میرمسعود خیرخواه، دانشگاه علوم تحقیقات تهران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۵/۰۲/۲۸

تاریخ ارسال به داور: ۹۵/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش داور: ۹۵/۰۵/۰۴

واژگان کلیدی:

زمین‌ساخت جنبا، شاخص‌های زمین ریخت‌شناسی، سیستم اطلاعات مکانی، ارزیابی چندمعیاره‌ی مکانی

بررسی عوارض و شواهد زمین ریخت‌شناسی ساختمانی و شاخص‌های ریخت‌سنجی رودخانه‌ها و پیشانی کوهستان‌ها از بهترین روش‌های ارزیابی زمین‌ساخت جنباست. شاخص‌های زمین ریخت‌سنجی مانند پیچ و خم پیشانی کوهستان، شاخص طول-شیب رود و ... از ابزارهای پایه و کارآمد شناخت میزان فعالیت زمین‌ساختی هستند که در این پژوهش بررسی شده‌اند. با توجه به ویژگی‌های مکانی و اهمیت متفاوت این شاخص‌ها در نقشه‌ی پهنه‌بندی فعالیت زمین‌ساختی، در این مطالعه از روش‌های نوین GIS و ارزیابی چندمعیاره‌ی مکانی (SMCE) استفاده شد. بدین منظور از دو روش هم‌پوشانی و AHP استفاده گردید و پهنه‌ی مورد مطالعه به سه دسته‌ی کم جنبا، نیمه‌جنبا و جنبا تقسیم‌بندی شد. برای سنجش درستی یافته‌های پژوهش از نقشه‌ی درون‌یابی شده‌ی زمین‌لرزه‌های دستگاهی منطقه‌ی مورد مطالعه و تطابق پیکسل به پیکسل استفاده شد. مقایسه‌ی نتایج حاصل با زلزله‌های ثبت شده، نشان از تطابق ۴۸ درصدی روش AHP در برابر انطباق ۲۳ درصدی روش هم‌پوشانی با میزان فعالیت زمین‌ساختی حاصل از کانون زلزله‌های ثبت شده‌ی آن محدوده دارد.

مقدمه

به‌طور کلی شاخص‌های ریخت‌سنجی به‌دلیل آنکه می‌توانند برای ارزیابی سریع پهنه‌های گسترده به کار گرفته شوند و بیشتر داده‌های ضروری آنها به‌سرعت از نقشه‌های رقومی و تصاویر ماهواره‌ای به‌دست می‌آید در بررسی‌های زمین‌ساختی مفید هستند [۳].

برخی از کاربردی‌ترین شاخص‌های ریخت‌سنجی در مطالعات زمین‌ساخت جنبا، مانند انتگرال ارتفاع‌سنجی (Hypsometric integral)، عدم تقارن حوضه‌ی زه‌کشی (Asymmetry Factor)، شاخص طول-گرادیان رود (Stream Length-gradient index)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Ratio of valley floor width to valley height)، پیچ و خم پیشانی کوهستان (Mountain front sinuosity) و ... از جمله شاخص‌هایی هستند که به‌همراه روش‌های نوین دورسنجی و سیستم اطلاعات مکانی (GIS-RS) (که برای آنالیز پیشرفته‌ی این داده‌ها استفاده می‌شوند)، قابلیت استفاده توسط کارشناسان جهت تحلیل و نمایش نتایج بررسی‌ها را دارند [۳].

ارزیابی چندمعیاره‌ی مکانی (SMCE)، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره با داده‌های مکانی است. این روش، نوع فضایی مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است و سیستم اطلاعات مکانی را قادر به تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌سازد [۴]. داده‌های ورودی برای این مدل، تعدادی از نقشه‌های رستری از منطقه‌ای معین، جداول اطلاعات توصیفی و درخت معیارهاست که مورد آخر شامل راه تجمیع،

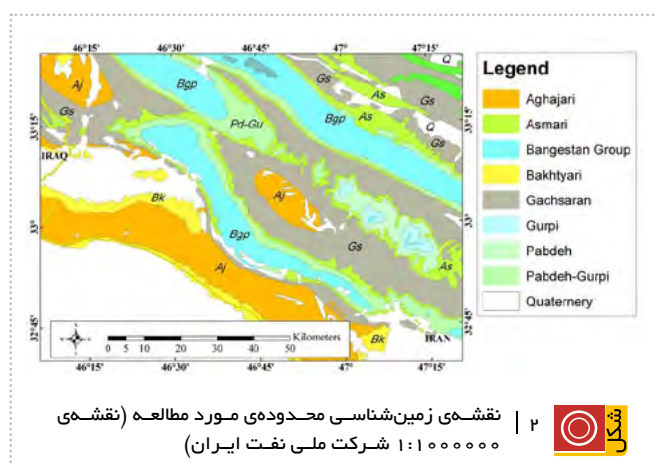
سرزمین ایران به‌عنوان بخشی از پهنه‌ی فعال زمین‌ساختی آلپ-همالیا، طرح پیچیده‌ای از مجموعه‌ی پوسته‌ها، قطعات زمین‌ساخت و پهنه‌های متفاوت زمین‌ساختی است که از نگاه نوزمین‌ساختی و لرزه‌زمین‌ساختی، ویژگی‌های خاصی دارد [۱]. رشته کوه زاگرس جزء جوان‌ترین رشته کوه‌هایی است که در بخش میانی کمربند کوه‌زایی آلپ-همالیا قرار گرفته و از شمال‌باختر تا جنوب‌خاور ایران امتداد یافته است. این کمربند چین‌خورده-رانده شده نتیجه‌ی شروع برخورد قاره به قاره‌ی ورق عربستان و ایران مرکزی در اواخر کرتاسه است [۱]. در ناحیه‌هایی که لرزه‌خیزی با گسل‌های فعال سطحی در ارتباط است (مانند ایران مرکزی و البرز) در بررسی‌های صحرائی، گسل‌هایی با توان لرزه‌زایی روی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای قابل تشخیص هستند؛ اما در مناطقی مانند ناحیه‌ی زاگرس، جایی که لرزه‌خیزی طرح پراکنده‌ای دارد و گسل‌های پی‌سنگی فعال توسط رسوبات فانروزوئیک (پیدا زیستی) پوشیده شده‌اند، تشخیص گسل‌های لرزه‌ای دشوار است [۲]. بنابراین برای شناخت بخش‌هایی از کمربند کوه‌زایی که در آنها گسل‌های فعال وجود دارد و از دیدگاه زمین‌ساختی فعال‌ترند باید از روش‌های دیگری کمک گرفت. بررسی عوارض و شواهد زمین ریخت‌شناسی ساختمانی، شاخص‌های ریخت‌سنجی رودخانه‌ها و پیشانی کوهستان‌ها از بهترین روش‌های ارزیابی زمین‌ساخت جنبا و نوزمین‌ساخت هستند.

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (jalylvand@gmail.com)

۲- تهیه مدل رقومی ارتفاع

در بخشی از منطقه مورد مطالعه، مدل رقومی ارتفاع تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری با دقت ۱۰ متر در دسترس بود که از آن استفاده شد. اما برای بخش شمال باختر منطقه، مدل رقومی ارتفاع توسط سازمان نقشه برداری تهیه نشده بود که با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی موجود منطقه و اتصال آنها به یکدیگر توسط نرم افزار ArcGIS، یک مدل رقومی ارتفاع با دقت مناسب تهیه گردید و به مدل‌های ارتفاعی تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری موزاییک شد. در آخر، جهت استخراج شاخص‌ها، مدل رقومی منطقه به صورت یکپارچه به دست آمد. ارتفاع منطقه بین ۳ تا ۲۷۸۳ متر متغیر است.

حوضه‌های آبریز منطقه توسط افزونه ArcSWAT که روی ArcGIS قابل نصب است استخراج شد. از ویژگی‌های این افزونه محاسبه‌ی تمامی متغیرهای مربوط به حوضه مثل ارتفاع میانگین، محیط و مساحت و ... است. بدین ترتیب نرم افزار تعداد دوازده زیر حوضه را برای محدوده مورد نظر استخراج کرد (شکل-۳).



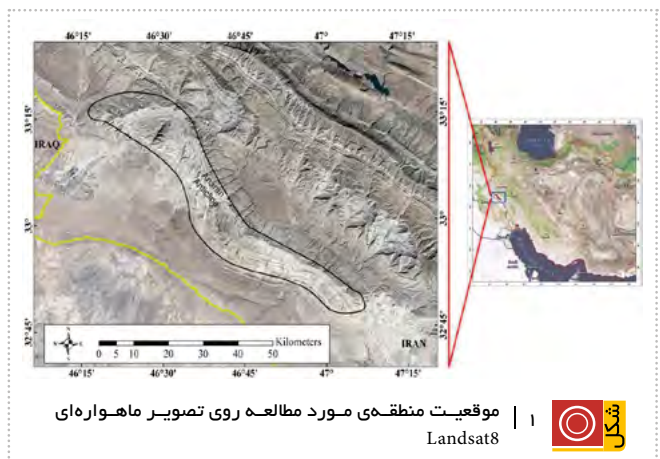
استاندارد کردن داده‌ها و وزن دهی معیارهاست.

از پژوهش‌های پیشین درباره‌ی استخراج شاخص‌های ریخت زمین ساختی با استفاده از روش‌های GIS\RS، می‌توان به مطالعات سیلوا (۲۰۰۳)، استوک و همکاران (۲۰۰۸)، گروت (۲۰۰۸)، مقاله‌های زرگرزاده و همکاران (۱۳۸۶) در تقسیم‌بندی منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی خود به پنج رده‌ی خیلی فعال، فعال، نسبتاً فعال، متوسط و فعالیت کم و همچنین مطالعه‌ی ده‌بزرگی و همکاران (۱۳۸۸) در منطقه‌ی سروستان و تقسیم این منطقه به چهار پهنه‌ی خیلی فعال، فعال، نسبتاً فعال و فعالیت کم با استفاده از شاخص‌های ریخت زمین ساختی و روش‌های GIS\RS اشاره کرد.

۱- ناحیه‌ی مورد مطالعه

ناحیه‌ی مورد مطالعه (تقدیس اناران) بین طول‌های جغرافیایی ۴۶°۱۵' تا ۴۷°۱۵' خاوری و عرض‌های جغرافیایی ۳۳°۳۰'۱۵" تا ۳۳°۳۰'۱۵" شمالی و در جنوب باختر استان ایلام، بین شهرهای ایلام و دهلران جای دارد (شکل-۱). از دیدگاه تقسیمات کشوری این تقدیس در استان ایلام قرار می‌گیرد.

تقدیس اناران ساختمانی است با راستای عمومی شمال باختر-جنوب خاور که در جبهه‌ی کوهستان زاگرس شکل گرفته و نهشته‌های سروک تا گچساران در آن به نقشه در آمده است. همچنین در دره‌ی عمیق واقع در شمال باختر تقدیس نیز رخنمون نهشته‌های گروه خامی گزارش شده که قابل نقشه برداری نیست. ویژگی این ساختمان در طول راستای آن به طوری متغیر است که در شمال باختر به شکل ساختمانی گنبدی شکل دیده می‌شود و با حرکت به سوی جنوب خاور، ساختمان به شدت تحت تأثیر دسته‌ای از گسل‌های نرمال با راستای شمالی-جنوبی قرار می‌گیرد. افزون بر این، دسته‌ای از گسل‌های نرمال نیز به موازات محور ساختمان عمل کرده‌اند (شکل-۲) [۵].

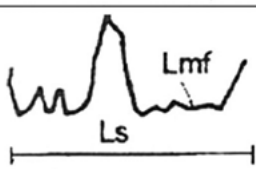
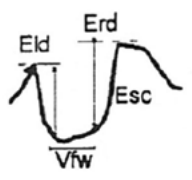
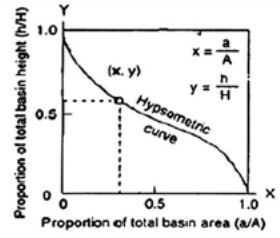
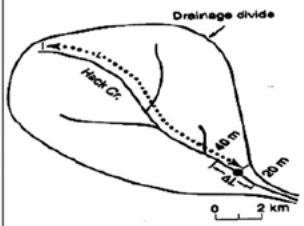
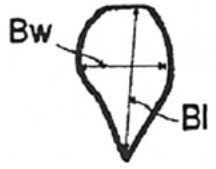



۳- شاخص های ریخت سنجی

۳-۱- انتگرال هیپسومتری (ارتفاع سنجی)

جدول ۱- خلاصه ی نحوه ی محاسبه ی شاخص های ریخت زمین ساختی مورد استفاده در این پژوهش را نشان می دهد [۶].
 انتگرال هیپسومتری به صورت غیرمستقیم فعالیت های زمین ساختی را منعکس می کند. منحنی های هیپسومتری، مقادیر شاخص Hi را

جدول ۱ | نحوه ی محاسبه ی شاخص های ریخت زمین ساختی

شاخص ها	معادله	اجزا معادله	روش اندازه گیری	آستانه ها
شاخص سینوسی جبهه کوهستان (Smf)	$Smf = Lmf / Ls$	Lmf = طول جبهه کوهستان در مرز بین کوه و دشت Ls = طول خطی مماس در امتداد جبهه کوهستان		۱) $Smf < 1.1$ ۲) $Smf: 1.1-1.5$ ۳) $Smf > 1.5$
نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)	$Vf = 2 Vfw / [(Eld - Esc) + (Erd - Esc)]$	Vfw = پهنای کف دره Erd, Eld = ارتفاع متوسط خط تقسیم آب در سمت چپ و راست دره Esc = ارتفاع متوسط کف دره از سطح آب های آزاد		۱) $Vf < 0.5$ ۲) $Vf: 0.5-1$ ۳) $Vf > 1$
انتگرال هیپسومتری (Hi)	$Hi = (\bar{A} - \min) / (\max - \min)$	\bar{A} = ارتفاع متوسط \min = حداقل ارتفاع \max = حداکثر ارتفاع		۱) $Hi > 0.5$ ۲) $Hi: 0.4-0.5$ ۳) $Hi < 0.4$
شاخص شیب طولی رودخانه (SI)	$SI = (\Delta H / \Delta L) L$	ΔH = اختلاف ارتفاع قطعه مورد نظر ΔL = طول شاخه مورد نظر L = مجموع طول آبراهه از نقطه ای که شاخص محاسبه می شود		۱) $SI > 500$ ۲) $SI: 500-300$ ۳) $SI < 300$
نسبت شکل حوضه زهکشی (Bs)	$Bs = Bl / Bw$	Bl = اندازه طول حوضه از انتهایی ترین مقسم آب تا خروجی حوضه Bw = پهنای حوضه در پهن ترین قسمت		۱) $Bs > 4$ ۲) $Bs: 3-4$ ۳) $Bs < 3$
شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (AF)	$AF = 100(Ar / At)$	Ar = مساحت حوضه در سمت راست آبراهه اصلی (به طرف پایین دست حوضه) At = مساحت کل حوضه		۱) $[AF-50] > 15$ ۲) $[AF-50]: 7-15$ ۳) $[AF-50] < 7$

موازات جبهه‌ی مورد نظر است. با استفاده از تصویر ماهواره‌ای منطقه و مدل ارتفاعی، شاخص پیشانی کوهستان برای محدوده‌ی تاق‌دیس اناران برای تعداد ۳۴ جبهه‌ی متفاوت اندازه‌گیری شد.

۳-۵- پهنای کف دره به ارتفاع آن

در ۱۹۹۶ کل و پیتتر شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن را با رابطه‌ی ۳- بیان کردند:

$$v_f = 2v_{fw} / ((E_{rd} - E_{sc}) + (E_{td} - E_{sc})) \quad (3)$$

که در آن v_f نسبت پهنای دره به ارتفاع آن، v_{fw} پهنای کف دره، E_{rd} و E_{td} ارتفاع دیواره‌های سمت راست و چپ دره و E_{sc} ارتفاع کف دره است [۸].

روی حوضه‌های مختلف منطقه‌ی مطالعه شده، تعداد ۲۶ برش عرضی رسم شد و برای هر یک از برش‌ها مقدار شاخص به‌طور جداگانه برآورد گردید.

۳-۶- شاخص شیب طولی رودخانه

شاخص شیب طولی رودخانه (S_L) از رابطه‌ی ۴- محاسبه می‌شود [۸]:

$$S_L = (\Delta H / \Delta L) \times L \quad (4)$$

که در آن S_L شاخص شیب طولی رودخانه، $\Delta H / \Delta L$ بیانگر شیب محلی رودخانه، ΔH اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی اندازه‌گیری شده، ΔL طول بازه و L طول کل کانال (از خط تقسیم آب تا مرکز بخشی که شیب آن محاسبه شده) است.

برای محاسبه‌ی این شاخص تعداد ۲۶ قسمت از آبراهه‌های اصلی منطقه در حوضه‌های مختلف انتخاب شد و با استفاده از مدل ارتفاعی، مقدار شاخص برای هر یک از قطعات به‌دست آمد. تعمیم مقدار حاصل به کل منطقه بدین ترتیب انجام شد که با توجه به اندازه‌گیری سه شاخص (پیچ و خم پیشانی کوهستان، پهنای کف دره به ارتفاع آن و شیب طولی رودخانه) در جبهه‌های مختلف و به‌صورت ناپیوسته، برای استفاده از شاخص‌های مذکور در تحلیل‌های مربوط به GIS، باید این مقادیر به‌گونه‌ای گسسته شده و به سطح پیوسته‌ای تبدیل شوند که برای این منظور از روش میانگین شاخص حوضه استفاده گردید؛ بدین ترتیب که برای هر حوضه‌ی اصلی، شاخص، به‌طور جداگانه محاسبه شد و میانگین مقادیر حاصل از محاسبه‌ی شاخص در آن حوضه به تمامی آن حوضه اختصاص یافت.

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای هر شاخص، لایه‌ای رستری داریم که ارقام هر پیکسل بر

در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهند. مقادیر زیاد شاخص H_i چشم‌اندازهای جوانی را نشان می‌دهد که ممکن است در اثر حرکات زمین‌ساختی به‌وجود آمده باشند. همچنین می‌تواند بیانگر کنده شدن تازگی یک سطح جوان نهشته‌گذاری باشد.

منحنی ارتفاع‌سنجی از پیاده کردن نسبت کل ارتفاع حوضه (ارتفاع نسبی) در برابر نسبت کل مساحت حوضه (مساحت نسبی) به‌دست می‌آید [۳].

۳-۲- عدم تقارن حوضه‌ی زه‌کشی

طول آبراهه و زه‌کش‌های فرعی در دو سوی آبراهه‌ی اصلی، از دیگر شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی است که برای ارزیابی زمین‌ساختی جنبا استفاده می‌شود. شاخص عدم تقارن برای نمایش کج‌شدگی زمین‌ساختی حوضه‌ها به‌کار می‌رود. برای رودخانه‌ای با جریان ثابت، مقدار AF برابر ۵۰ است و مقادیر بیشتر یا کمتر از ۵۰، کج‌شدگی یا انحراف را نشان می‌دهند. این شاخص از رابطه‌ی ۱- محاسبه می‌شود:

$$A = 100(Ar/At) \quad (1)$$

که در آن Ar مساحت حوضه‌ی دربرگیرنده‌ی زه‌کش‌های فرعی در سمت راست آبراهه‌ی اصلی و At مساحت کل حوضه‌ی زه‌کشی برحسب کیلومتر مربع است [۷].

۳-۳- شکل حوضه‌ی زه‌کشی

شکل پلاتیمتری حوضه‌ها توسط نسبت شکل حوضه توصیف می‌شود. حوضه‌های کشیده‌ای که با مقادیر زیاد BS (بیشتر از ۴) مشخص می‌شوند از دیدگاه زمین‌ساختی فعال هستند (رنگ قرمز در شکل ۴-). مقادیر بین ۳ و ۴ بر حوضه‌های نیمه‌فعال دلالت دارد (رنگ زرد در شکل ۴-) و مقادیر کم آن (کمتر از ۲) حوضه‌های دایره‌ای شکل را نشان می‌دهند که از نظر زمین‌ساختی غیرفعال هستند (رنگ سبز در شکل ۴-) [۶].

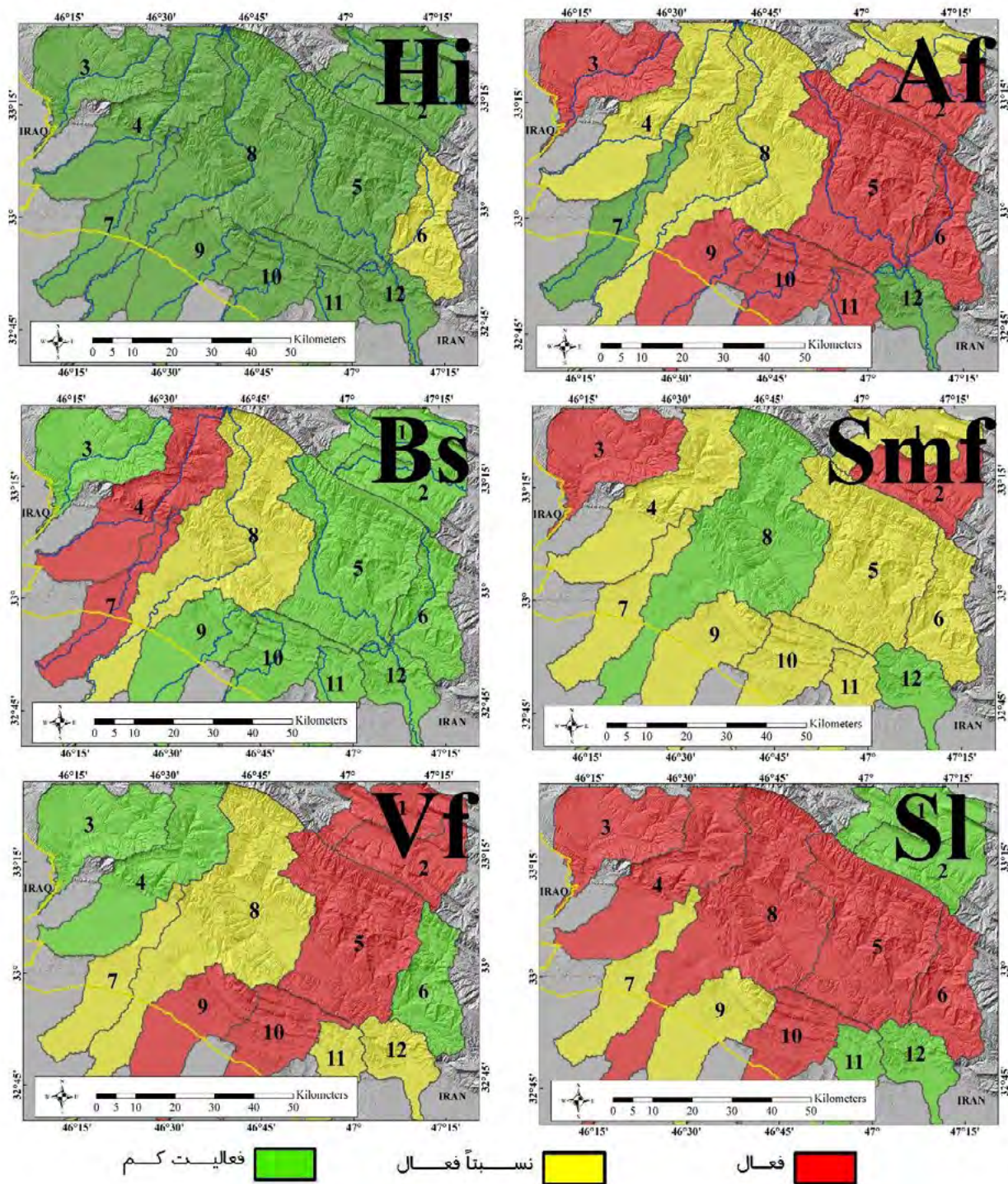
۳-۴- پیچ و خم پیشانی کوهستان (S_{mf})

جبهه‌ی کوهستان در حال بالآمدگی، نسبتاً خطی است و با مقادیر پیچ و خم پیشانی کوهستانی کمتر مشخص می‌شود. با کاهش نرخ بالآمدگی و عمل فرسایش، جبهه‌ی کوهستان خطی بودن خود را از دست می‌دهد و پیچ و خم پیشانی کوهستان با مقادیر بیشتر مشخص می‌گردد [۷]. این شاخص با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل رقومی ارتفاع زمین و رابطه‌ی ۲- به‌دست می‌آید:

$$S_{mf} = L_{mf} / L_s \quad (2)$$

که L_{mf} طول جبهه‌ی کوهستان در امتداد کوهپایه و در محل شکستگی واضحی در شیب و L_s طول خط راست رسم شده به

۴-۱- نتایج روی هم گذاری لایه های با وزن های یکسان (روش هم پوشانی) | ۲ (نیمه فعال) یا ۳ (فعالیت کم). با این کار لایه ها برای ورود به مرحله ی تحلیل، هم خوان و هم مقیاس شده اند.



۴ | نقشه ی پهنه بندی فعالیت زمین ساختی بر حسب هر شاخص به صورت مجزا (Hi): شاخص انتگرال هیپوسومتري، Bs: شاخص شکل حوضه، Af: شاخص عدم تقارن حوضه ی زهکشی، Smf: شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستان، Vf: شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن و Sl: شاخص شیب طولی رودخانه



جدول ۲ | ماتریس زوجی استفاده شده برای روش تحلیل سلسله‌مراتبی

شاخص‌ها	پیچ و خم پیشانی کوهستان	نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن	انتگرال هیپسومتري	نسبت شکل حوزه	حوزه‌ی زه‌کشی عدم تقارن	شیب طولی رودخانه
پیچ و خم پیشانی کوهستان	۱	۵	۳	۷	۹	۲
نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن	۱/۵	۱	۱/۲	۲	۲	۱/۲
انتگرال هیپسومتري	۱/۳	۲	۱	۲	۳	۱/۳
نسبت شکل حوزه	۱/۷	۱/۲	۱/۲	۱	۱	۱/۳
عدم تقارن حوزه‌ی زه‌کشی	۱/۹	۱/۲	۱/۲	۱	۱	۱/۵
شیب طولی رودخانه	۱/۲	۲	۳	۳	۵	۱

را دارند (شکل-۵).

۵- سنجش درستی نتایج

برای مقایسه‌ی نتایج حاصل، از زلزله‌های رخ داده در منطقه استفاده شد. داده‌های مربوط به زلزله‌های منطقه که از سایت بین‌المللی زلزله‌شناسی (earthquake.usgs.gov) استخراج گردید شامل زلزله‌های بزرگ‌تر از ۳/۵ ریشتر است که در خلال سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۵۶ رخ داده‌اند. با استفاده از روش درون‌یابی IDW نقشه‌ی پهنه‌بندی شدت وقوع زلزله‌ها رسم و منطقه به سه پهنه‌ی کم‌فعال، نیمه‌فعال و فعال تقسیم شد تا قابل مقایسه با نقشه‌های پهنه‌بندی حاصل از روش‌های هم‌پوشانی و AHP باشد.

مسائل مکانی چندمعیاره است. خروجی تابع هم‌پوشانی در واقع میانگین مقدار عددی هر پیکسل در هر یک از شاخص‌هاست. در این تابع همچنین می‌توان بر اساس اهمیت هر یک از شاخص‌ها، وزنی به لایه‌ی مورد نظر اعمال کرد تا نتیجه‌ی بهتری در محاسبات حاصل شود [۹].

۴-۲- تحلیل داده‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

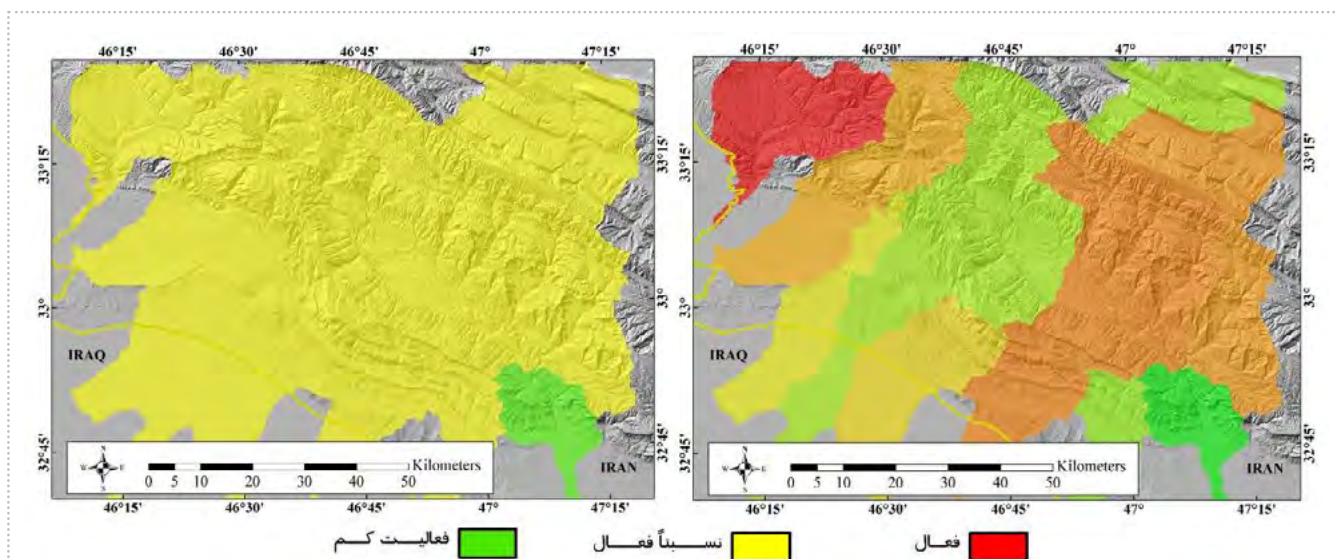
استفاده از روش AHP نیازمند یک جدول مقایسه‌ی زوجی بین شاخص‌هاست. برای به‌دست آوردن هر یک از قضاوت‌ها، از نظر کارشناسان زمین‌شناسی استفاده شده است. جدول ۲- حاوی اطلاعات به‌دست آمده از کارشناسان برای مقایسه‌ی شاخص‌ها با یکدیگر است [۹].

برای محاسبه وزن نهایی هر یک از شاخص‌ها از افزونه‌ی AHP در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. بدین ترتیب که لایه‌های آماده شده به‌صورت رستر برای هر شاخص وارد نرم‌افزار شد تا نرم‌افزار جدول مقایسه زوجی را به‌صورت یک ماتریس نشان دهد. سپس طبق اعداد به‌دست آمده از نظر کارشناسان، جدول تکمیل می‌شوند. جدول ۳- وزن نهایی هر شاخص را نشان می‌دهد که نشانگر درجه‌ی اهمیت هر یک از شاخص‌های زمین‌ریختی برای محاسبه‌ی مقدار فعالیت زمین‌ساختی است.

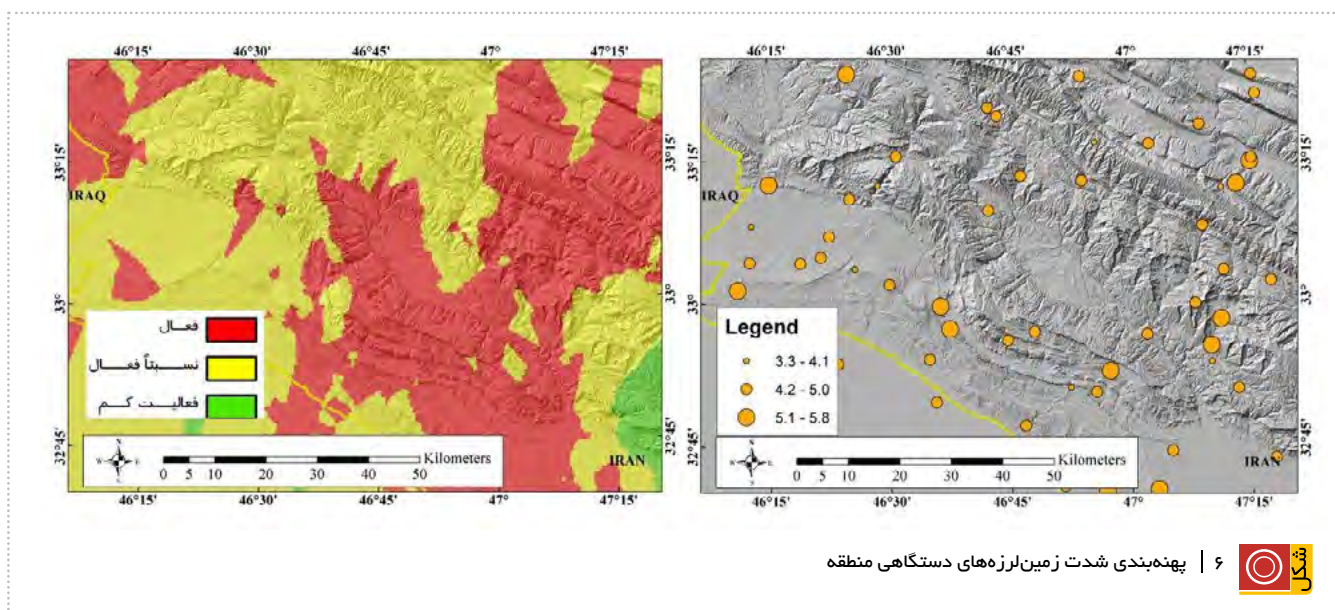
خروجی‌های طیف رنگی قرمز بیشترین فعالیت زمین‌ساختی و خروجی‌های طیف رنگی سبز کمترین فعالیت زمین‌ساختی

جدول ۳ | محاسبه‌ی وزن نهایی هر شاخص با استفاده از روش AHP

شاخص مورفوتکتونیک	اهمیت نسبی
پیچ و خم پیشانی کوهستان	۰/۴۲۸۵
نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن	۰/۰۹۴۸
انتگرال هیپسومتري	۰/۱۳۱۸
نسبت شکل حوزه	۰/۰۵۹
عدم تقارن حوزه‌ی زه‌کشی	۰/۰۴۸
شیب طولی رودخانه	۰/۲۳۷۹



۵ | نقشه‌ی پهنه‌بندی نهایی با استفاده از روش هم‌پوشانی با وزن یکسان (شکل سمت چپ) و AHP (شکل سمت راست)



۶ | پهنه‌بندی شدت زمین‌لرزه‌های دستگاهی منطقه



نتیجه‌گیری و پیشنهادها

- فعالیت زمین‌ساختی بیشترین وزن و تأثیر را دارند.
 - با توجه به پوشیده شدن بخش‌هایی از منطقه با سازند سست و شکل‌پذیر گچساران، این سازند در برابر نیروهای زمین‌ساختی، حالت جریان‌پذیری پیدا می‌کند. در حالی که سازندهای مقاوم‌تر در برابر این نیروها ارتفاع بیشتری ایجاد می‌کنند.
 - افزون بر این، سازند گچساران در برابر نیروهای فرسایشی نیز سست است و فرسایش‌پذیری زیادی دارد که تمامی این عوامل سبب بروز خطا در ارزیابی شاخص‌ها در بخش‌هایی از منطقه می‌شوند.
 - از دید زمین‌شناسی پیش‌بینی می‌شد که در بخش‌های جنوبی تاقدیس اناران و در راستای گسل پیشانی کوهستان
- با استفاده از تابع Equal در نرم‌افزار ArcGIS با نقشه‌ی درون‌یابی شده‌ی زلزله‌های منطقه، خروجی‌های دو روش هم‌پوشانی و SMCE، پیکسل به پیکسل بررسی و نتایج زیر حاصل شد:
- نتایج حاصل از روی هم‌گذاری لایه‌ها به روش هم‌پوشانی و روش SMCE با وزن یکسان نشان داد که در روش هم‌پوشانی ۲۳/۳۷ درصد از پیکسل‌ها و در روش SMCE ۴۷/۶ درصد از پیکسل‌ها با لایه‌ی زلزله‌های منطقه انطباق دارند که نشان از دقت بیشتر روش SMCE دارد.
 - مقایسه‌ی زوجی شاخص‌ها نشان داد که دو شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستان و شیب طولی رودخانه در محاسبه‌ی مقدار

■ پیشنهاد می‌شود محاسبه‌ی زمین‌ساخت جنب‌با با استفاده از شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی و روش SMCE برای مناطق دیگری مانند ناحیه‌ی فارس که از دیدگاه زمین‌ساختی امکان دقت بهتر نتایج در محاسبه‌ی شاخص‌ها را دارد نیز استفاده شود.

■ همچنین پیشنهاد می‌شود از روش‌هایی مانند OWA و Fuzzy نیز برای محاسبه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی نواحی جنب‌با استفاده و نتایج آن با روش‌های SMCE و Overlay مقایسه شود. ■

فعالیت زمین‌ساختی، بیشتر باشد. اما داده‌های حاصل برای این بخش‌ها پهنه‌ی نسبتاً فعال یا پهنه‌ی با فعالیت کم را نشان می‌دهد که شاید یکی از دلایل آن جدا شدن فعالیت از پهنه‌ی گسلی و انتقال آن به بخش‌های دیگر باشد.

■ مقایسه‌ی تفسیر کیفی نتایج حاصل با زلزله‌های ثبت شده، نشان از تطابق نسبتاً خوب مقدار فعالیت زمین‌ساختی حاصل در شمال‌باختری تاقدیس با کانون زلزله‌های ثبت شده در آن محدوده دارد.

۴ | مقایسه‌ی نتایج پهنه‌بندی با روش‌های هم‌پوشانی و AHP

نتایج روش SMCE	نتایج روش هم‌پوشانی (Overlay)	
۲۸۱۳۴	۲۷۹۸۵	تعداد کل پیکسل‌ها
۱۳۳۸۹	۶۲۳۵	تعداد پیکسل‌های منطبق
۱۴۷۴۵	۲۱۴۲۳	تعداد پیکسل‌های غیرمنطبق
۴۷/۶	۲۳/۳۷	درصد پیکسل‌های منطبق
۵۲/۴	۷۶/۶۳	درصد پیکسل‌های غیرمنطبق

پانویس‌ها

1. kheirkhah@itc.n

منابع

E.A., 2007. Assessment of relative active tectonics, southwest border of Sierra Nevada (southern Spain). *Geomorphology* 96, 150-173.

[7] Dehbozorgi M., Pourkermani M., Arian M., Matkan AA., Motamedi H., Hosseiniasl A., 2010, Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran. *Geomorphology*, 121, pp. 329-341.

[۸] جباری، ن.، ثروتی، م. و حسین‌زاده، م. ۱۳۹۱. مطالعه‌ی مورفوزمین ساخت فعال حوضه‌ی آب‌خیز حصارک (شمال‌باختر تهران) با استفاده از شاخص‌های مورفومتریک. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. شماره‌ی دوم

[9] Malczewski, J., 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley and sons. Inc. New York, NY.

[۱] آقائباتی، ع.، ۱۳۸۹. زمین‌شناسی ایران، تهران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

[2] Berberian, M., 1995, Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics.

[3] Keller EA. and Pinter N., 2002, Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape. Prentice Hall, New Jersey, pp.362.

[۴] اسدالهی، ز.، ۱۳۸۸. طرح‌ریزی محیط‌زیستی تالاب چغاخور برای حفاظت و گردش‌گری با ارزیابی چندمعیاره‌ی مکانی (SMCE). پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه تهران

[۵] گزارش نقشه‌ی زمین‌شناسی چنگوله با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، شرکت ملی نفت ایران

[6] El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacón, J., Keller,