

## تحلیل ریخت‌زمین‌ساختی منطقه کوه‌کبود و کوه‌سیاه (شمال گرماب، باختر ایران)

سارابیات

دانشجوی کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

[Bayatsara151996@gmail.com](mailto:Bayatsara151996@gmail.com)

همدان، دانشگاه بوعلی سینا - ۰۹۱۸۵۰۳۷۷۵۶

امیرحسین صدر

استادیار گروه تکتونیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

[Sadr\\_struct@yahoo.com](mailto:Sadr_struct@yahoo.com)

رضاعلی پور

استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان

[rezaalipoor116@gmail.com](mailto:rezaalipoor116@gmail.com)

### چکیده

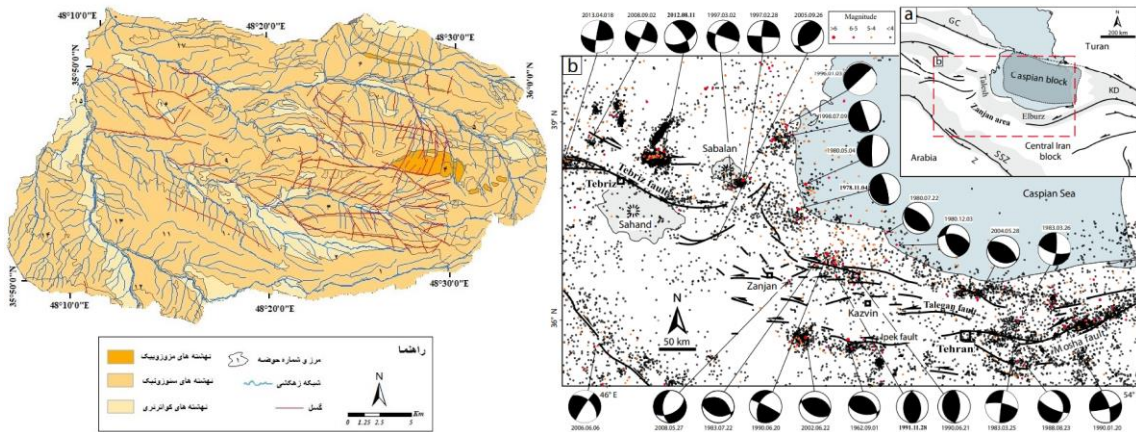
هدف از این پژوهش تحلیل ریخت‌زمین‌ساختی منطقه کوه‌کبود و کوه‌سیاه با استفاده از شاخص‌های مورفومتری می‌باشد. رودخانه‌ها و شبکه زهکشی از جمله مهمترین عوارضی هستند که نسبت به تغییرات زمین‌ساختی بسیار حساس می‌باشند. ابتدا منطقه مورد مطالعه (کوه‌سیاه و کوه‌کبود) به ۱۷ حوضه تقسیم گردید. سپس با توجه به ویژگی‌های ساختاری، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه، شاخص فاکتور عدم تقارن حوضه زهکشی AF، شاخص تقارن توپوگرافی عرضی T، شاخص طول جریان شیب رود SL، شاخص انتگرال ارتفاع-سنجی HI، شاخص شکل حوضه BS و شاخص میانگین شکل حوضه BMS برای گستره مورد مطالعه محاسبه و نتایج هر یک از شاخص‌ها و توضیحات مربوط به آن‌ها آورده شده است. با همپوشانی لایه‌های ساختاری، مقاومت منطقه مورد مطالعه و نتایج و نقشه شاخص‌های ریخت‌سنجی، نقشه پهنه‌بندی فعالیت نسبی زمین‌ساختی این منطقه که اساس ارزیابی میزان فعالیت نسبی در یک ناحیه بشمار می‌رود، تهیه گردیده است.

واژگان کلیدی: زمین‌ساخت، شاخص‌های مورفومتری، کوه‌کبود، کوه‌سیاه.

### مقدمه

مطالعه ریخت‌زمین‌ساختی به منظور تعیین میزان فعالیت‌های زمین‌ساختی اهمیت دارد که معمولاً از طریق مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی حاصل نمی‌گردد. در این مطالعات از شاخص‌های ریخت‌سنجی برای دستیابی به اهداف مورد نظر استفاده می‌گردد (Keller, 1986). شاخص‌های ریخت‌سنجی ابزاری مفید در تعیین درجه فعالیت نسبی یک

منطقه حاصل از بررسی چند شاخص می‌توان نرخ فعالیت زمین‌ساختی یک منطقه را به خوبی ارزیابی نمود. بر اساس محاسبه شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی و استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، مدل ارتفاع رقومی (DEM)، تصاویر ماهواره‌ای، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و برداشت‌های صحرایی می‌توان چشم‌اندازهای زمین را به صورت کمی اندازه‌گیری کرد (Bull and Mcfadden, 1977; Keller and Pinter, 2002). زمین‌ریخت‌شناسی با سایر رشته‌های علوم زمین چون هیدرولوژی، آب و هوا، مهندسی رودخانه‌ها و سنگ‌شناسی ارتباط دارد و در توجیه مسائل از این علوم بهره می‌برند. زمین‌شناسان با داشتن اطلاعات کافی از اصول زمین‌ریخت‌شناسی و داده‌های حاصل از مطالعات ناهمواری‌ها، میزان فعالیت منطقه از لحاظ زمین‌ساختی را مشخص می‌کنند. شکل (۱).

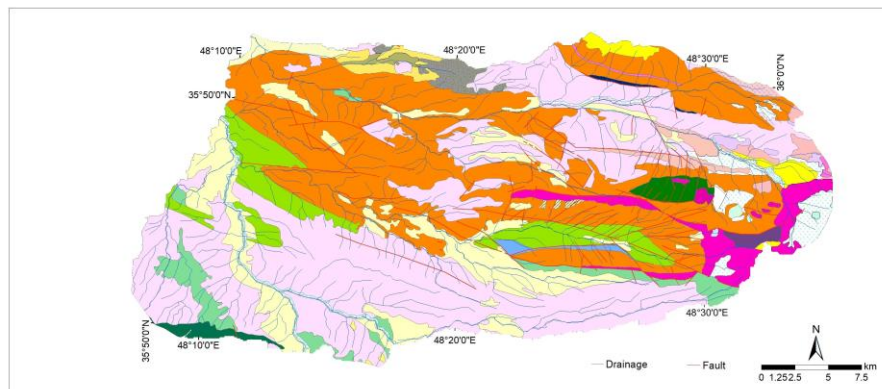


شکل ۱: تصویر سمت راست (a) پیکربندی زمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه. (b) گسل‌های فعال زنجان و نواحی اطراف با مکانیسم کانونی راه حل‌های زمین‌لرزه در حاشیه جنوب غربی بلوک خزر در اطراف منطقه تبریز - زنجان - تهران (جکسون و همکاران، ۲۰۰۲، نوروزی (۱۳۵۱)، علوی (۱۳۷۰)، پرستلی و همکاران (۱۹۹۴) و بارکا و ریلینگر (۱۹۹۷). (c) نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه مورد مطالعه.

### جایگاه ساختاری و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل ارتفاعات کوه کبود و کوه سیاه بوده که در شمال‌باختری شهرستان گرماب در استان زنجان واقع شده است. از نظر جایگاه ساختاری منطقه مورد مطالعه در پهنه ایران مرکزی واقع شده و کوهزایی لارامید یکی از مهم‌ترین فازهای منطقه است، که باعث چین‌خوردگی و گسل‌خوردگی و دگرگونی (شیستوزیته و

لیناسیون) دگرریختی گسترده در منطقه شده است. در این پهنه، مجموعه‌ای از سنگ‌های رسوبی مزوزوئیک و سنوزوئیک بر روی پی‌سنگ ایران مرکزی نمایان هستند. به همراه این مجموعه‌ها، سنگ‌های ولکانیک ترسیب و یک توده نفوذی نیز در این محدوده رخمون دارند. جهت چین‌خوردگی‌های منطقه، NW-SE، به طور عمده با روند کمربند چین خورده زاگرس (N140E) هم‌سو است. حرکات الیگو-میوسن و پلیو-پلیستوسن نه تنها باعث چین‌خوردگی و گسل‌خوردگی شده است، بلکه باعث پیدایش مورفولوژی کنونی آن نیز شده است. (بلورچی و حاجیان، ۱۳۵۸). با توجه موقعیت ساختاری منطقه مورد مطالعه در این پژوهش و عملکرد نیروهای فعال زمین‌ساختی، مطالعه زمین‌ساخت فعال در این منطقه امری ضروری است. به همین دلیل، بررسی و تحلیل ریخت‌زمین‌ساختی منطقه کوه‌کبود و کوه سیاه با استفاده از شاخص‌های ریخت‌سنجی جهت پهنه‌بندی زمین‌ساخت فعال در بخش‌های پیشانی شمالی و جنوبی ارتفاعات این منطقه هدف این پایان‌نامه قرار گرفته است. شکل (۲).



Legend

QUATERNARY		MESOZOIC	
Qa1	Alluvium	Drak	Drak green, thinly to medium-bedded, schist, phyllit.
		Gs-Gd	Dark green-red dioritic to gabbroic rocks.
		Ksh.I,2	Green shale with intercalation grey medium bedded limestone
		gb	Monzogabbro(Post Miocene)
Pic.x	Alternation light grey sandstone and grey conglomerate.	Q2	Medium level, unconsolidated, texturally variable recent clastic deposits
Nmes	Alternation of green and red marl with salt in lower part.	Q1	Old high level terraces
Mm.x2	Alternation of grey, medium to thick bedded sandstone-red marl.	Qa1	Recent alluvium, fluvial channel deposit
Mm.x1	Alternation red to grey thin bedded sandstone.	M.Pm	Red, marl, silt and salt diapirs
MTU	Colored beds, marl, sandstone, conglomerate, tuff.	Mm	Red beds, siltstone, marl, shale, sandstone and conglomerate
Mm.xu	Colored beds, marl, sandstone, conglomerate, tuff with interlayers of gypsum.	M2u	Red beds, siltstone, marl, shale, sandstone and conglomerate
Pc	Conglomerate	Mm.st1	Red to green marl with intercalation greyish green, medium bedded sandstone
Drak	Grey to light grey, medium bedded to massive limestone with coral.	Q1	Rock sliding
G	Gypsum	Q1	Terraces, gravel fans
Q1	High level, old gravel fan	Qr	Traverin
Q1	High level, unconsolidated, texturally variable, recent clastic	Q1vb	Tuff and tuff brecci
Q1	light green acidic tuff	Mt	Tuff breccia, andesite and trachyandesite.
Pm	Loosely cemented, unconsolidated, polygenetic conglomerate	Pic.a	white, conglomerate, sandstone
Q1	Low level alluvium deposit	Pic.s	White, fresh water, limestone.
Q1	Low level, unconsolidated, texturally variable, recent clastic deposits	Mm.l	Yellow & white limestone
		Q12	Young terraces

شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰، گرماب (بلورچی و حاجیان، ۱۳۵۸)

روش پژوهش

### شاخص‌های ریخت‌سنجی

شاخص‌های ریخت‌سنجی یکی از ابزارهای مهم و اساسی برای ارزیابی درجه فعالیت‌های زمین‌ساختی در یک ناحیه هستند و با تحلیل آن‌ها می‌توان در مورد وقوع تغییرات ایجاد شده در منطقه اظهار نظر کرد. رودخانه‌ها و حوضه‌های آبریز از مهم‌ترین اشکالی هستند که نسبت به فعالیت‌های زمین‌ساختی واکنش نشان می‌دهند. با توجه به وجود گسل فعال در یک منطقه آثاری چون انحراف در مسیر رود و تغییر الگو، تشکیل رودهای متروک و تغییر اشکال ریخت‌زمین‌ساختی در بخش‌های داخلی و حاشیه‌ی رودخانه ایجاد می‌شود (Wells et al., 1988).

### – شاخص عدم تقارن حوضه آبریز (AF)

حوضه زهکشی و هندسه شبکه آبراهه‌ها می‌تواند به چند صورت کمی و کیفی مورد بررسی قرار داد. هنگامی که زهکشی در حضور دگرشکلی زمین‌ساخت فعال قرار می‌گیرد، اغلب دارای هندسه و الگوی متفاوتی می‌باشد. شاخص عدم تقارن میزان کج‌شدگی زمی‌ساختی حوضه زهکشی را در مقیاس‌های مختلف نشان می‌دهد. کارایی این شاخص زمانی است که جهت کج‌شدگی بر مسیر جریان رود اصلی عمود باشد. (Grander and Hare, 1985).

مقدار این شاخص از رابطه بدست می‌آید:  $AF = 100 (Ar/At)$

AF: شاخص عدم تقارن حوضه آبریز، Ar: مساحت حوضه دربرگیرنده زهکش‌های فرعی در سمت راست آبراهه اصلی (دید به سمت پایین‌دست آبراهه اصلی)، At: مساحت کل حوضه آبریز (دربرگیرنده زهکش‌های فرعی سمت چپ و راست آبراهه اصلی).

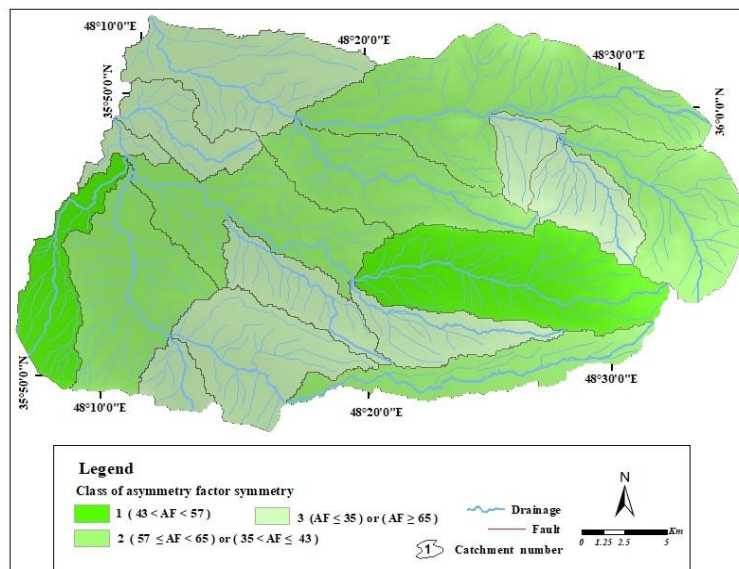
در حوضه‌هایی که زهکش‌های فرعی نسبت به آبراهه اصلی متقارن بوده و در نتیجه کج‌شدگی بر اثر برخاستگی در این حوضه‌ها دیده نمی‌شود مقادیر عددی شاخص AF در حدود ۵۰ می‌باشد، در مقابل مقادیر AF بزرگتر یا کوچکتر از ۵۰ به ترتیب بیانگر برخاستگی در سمت راست و چپ آبراهه اصلی است که می‌تواند نتیجه فعالیت زمین‌ساختی و یا ساختارهای موجود در سنگ‌های منطقه باشد (Keller and Pinter, 2002; El Hamdouni et al., 2007) شاخص AF را به سه رده تقسیم‌بندی کرده‌اند:

- رده اول: حوضه‌های متقارن با مقدار شاخص  $43 < AF < 57$ .

• رده دوم: حوضه‌های نیمه متقارن با مقدار شاخص  $35 < AF \leq 43$  یا  $57 \leq AF < 65$ .

• رده سوم: حوضه‌های نامتقارن  $AF \geq 65$  یا  $AF \leq 35$ .

با توجه به نقشه نهایی شاخص Af (شکل ۳) در ۲ حوضه مقادیر بدست آمده از این شاخص در رده ۱ و در ۶ حوضه مقادیر این شاخص در رده ۲ و در ۹ حوضه باقیمانده مقادیر این شاخص در رده ۳ قرار گرفته است. ۲ حوضه ی ۳ و ۱۴ با بیشترین اختلاف نسبت به میانگین به‌عنوان حوضه‌های فعال‌تر و با بیشترین کج‌شدگی شناخته میشوند. (شکل ۴).



شکل ۳: ارزیابی شاخص عدم تقارن حوضه زهکش (Af) در منطقه مورد مطالعه.



شکل ۴: عملکرد ساختارها و نیروهای زمین‌ساختی موجب کج‌شدگی در منطقه مورد مطالعه شده است.

جدول ۱: مقادیر و رده شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (Af) در ۱۷ حوضه زهکشی منطقه مورد مطالعه.

حوضه	Ar	At	AF=(Ar/At)*100	CLAS- AF
۱	۲۵/۶۶	۴۰/۴۹	۶۲/۳۷	۲
۲	۷/۶۶	۲۸/۳۶	۲۷/۰۱	۳
۳	۴۸/۵۲	۸۵/۷۹	۵۶/۵۶	۱
۴	۷/۲۸	۲۷/۵۸	۲۶/۴۰	۳
۵	۳۷/۲۹	۵۹/۷۵	۶۲/۴۲	۲
۶	۶۹/۳۰	۱۱۱/۰۴	۶۲/۴۲	۲
۷	۱/۷۱	۱۴/۶۰	۱۱/۷۴	۳
۸	۲۴/۳۷	۵۸/۳۲	۴۱/۷۸	۲
۹	۳۸/۸۳	۶۲/۲۰	۶۱/۴۵	۲
۱۰	۱۰/۱۲	۲۹/۶۳	۳۴/۱۷	۳
۱۱	۳۷/۵۶	۵۲/۹۳	۷۰/۹۶	۳
۱۲	۴/۱۸	۱۲/۵۷	۳۳/۲۳	۳
۱۳	۲۵/۴۹	۶۶/۹۶	۳۸/۰۷	۲
۱۴	۱۹/۱۵	۳۴/۰۳	۵۶/۲۶	۱
۱۵	۷/۱۵	۷/۱۵	۱۰۰/۰۰	۳
۱۶	۲۵/۵۵	۲۵/۵۵	۱۰۰/۰۰	۳
۱۷	۴۰/۴۳	۶۱/۷۶	۶۵/۴۵	۲

### – شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T)

محاسبه این شاخص روشی برای ارزیابی یک رودخانه درون حوضه و تغییرات میزان نامتقارنی در بخش‌های مختلف دره است. مقادیر T برای قلع‌های مختلف دره محاسبه می‌شود و مهاجرت ترجیحی آبراه‌ها عمود بر محور زهکشی

مشخص می‌شود و به صورت زیر تعریف شده است. (رابطه ۲)  $T = Da / Dd$

T: شاخص تقارن توپوگرافی عرضی، Da: فاصله نوار مئاندر فعال از خط میانی حوضه زهکشی و Dd: فاصله خط میانی

حوضه زهکشی از خط مرز حوضه (خط تقسیم حوضه)

برای محاسبه شاخص T، در ابتدا برای هر حوضه خط تقارن تقریبی رسم کرده و در چندین قسمت خلوط عمود بر آبراه اصلی ترسیم و سپس با محاسبه فاصله آبراه اصلی از دیواره حوضه و همچنین فاصله از خط تقارن فرضی، شاخص عدم تقارن حوضه محاسبه شده است. در حوضه‌های کامل متقارن  $T=0$  و با کاهش تقارن حوضه مقدار T افزایش یافته و به عدد یک نزدیک می‌شود. با فرض اینکه شیب سنگ بستر تاثیر ناچیزی بر مهاجرت کانال‌های

رودخانه داشته باشد، آنگاه جهت مهاجرت ناحیه‌ای به عنوان نشانه‌ای از کج‌شدگی زمین در جهت خاص می‌باشد. بنابراین شاخص  $T$  یک بردار جهت‌دار است که بزرگی آن از ۱-۰ تغییر می‌کند. بررسی تغییرات میزان کج‌شدگی در بخش‌های مختلف یک ناحیه نشان از اختلاف در میزان بالا آمدگی را آشکار می‌نماید، در نتیجه مقادیر عددی نزدیک به یک بیانگر فعالیت بالا آمدگی (برخاستگی فعال) در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. این گونه بررسی‌ها را برای حوضه‌های زهکشی با الگوی درختی (دندریتیک) بیشتر توصیه می‌شود (یوسفی، ۱۳۹۲).

این شاخص را میتوان در سه رده تقسیم‌بندی نمود (El Hamdouni et al., 2008):

رده ۱ ( $T \geq 0.4$ ) حوضه با فعالیت زمین‌ساختی بالا، رده ۲ ( $0.2 \leq T < 0.4$ ) حوضه با فعالیت زمین‌ساختی متوسط و رده ۳ ( $T < 0.2$ ) حوضه با فعالیت کم زمین‌ساختی.

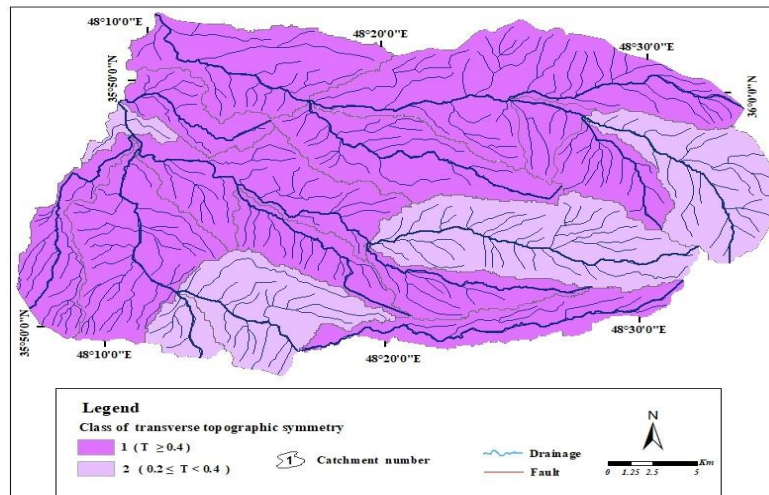
برای محاسبه این شاخص در هر حوضه مقطعی در نظر گرفته شده و مقادیر هریک از آنها محاسبه و برای هر حوضه میانگین‌گیری انجام گرفت. همانطور که در شکل (۵)، مشاهده می‌شود ارقام حاصله از شاخص  $T$  بیشتر در رده ۱ قرار گرفته‌اند که این نتایج حاکی از نامتقارن و فعال بودن حوضه‌ها دارد. حضور ساختارهای فعال از جمله گسل مسگر در منطقه مورد مطالعه عامل برخاستگی منطقه و افزایش میزان این شاخص می‌باشد. در ۱۲ حوضه مقادیر بدست آمده از این شاخص در رده ۱ و در ۵ حوضه مقادیر این شاخص در رده ۲ قرار گرفته است. (جدول ۲) این نتایج حاکی از فعالیت‌های نوزمین‌ساختی در منطقه مورد مطالعه است و همچنین میتوان بیان نمود که رودهای جاری در این منقله در مرحله حفر بستر خود می‌باشند.

جدول ۲: مقادیر و رده شاخص تقارن توپوگرافی عرضی ( $T$ ) در ۱۷ حوضه زهکشی منطقه مورد مطالعه.

basin	code	Da	Dd	T	Class
1	1/1	536.9701	890.4602	0.53	1
	1/2	647.6662	1263.974		
	1/3	495.3394	1027.419		
2	2/1	185.1597	416.3843	0.44	1
	2/2	437.0455	1372.356		
	2/3	1342.42	1788.473		
	2/4	100.2682	408.6079		
3	3/1	1642.119	3208.445	0.28	2
	3/2	426.703	2723.573		
	3/3	237.6167	1444.895		
4	4/1	847.457	2776.2	0.82	1
	4/2	1932.88	2601.47		
	4/3	1621.697	1156.904		
5	5/1	839.6513	3025.211	0.35	2
	5/2	807.2369	2957.754		
	5/3	405.8746	1011.943		
	5/4	243.9396	522.9996		
6	6/1	798.1875	1359.814	0.48	1
	6/2	939.6957	3905.178		
	6/3	1347.841	2170.663		
7	7/1	631.2324	2106.917	0.88	1
	7/2	1291.266	3606.988		
	7/3	308.7478	156.848		
	7/4	558.5523	890.3198		
8	8/1	282.6906	2627.354	0.59	1
	8/2	1284.637	1245.083		
	8/3	1761.606	1533.869		
9	9/1	1597.548	2073.156	0.86	1
	9/2	558.7693	828.1254		
	9/3	871.0651	929.7613		
10	10/1	936.1529	1890.899	0.76	1
	10/2	1261.252	1491.238		
	10/3	927.57	3807.248		
11	11/1	599.4841	3814.902	0.20	2
	11/2	261.399	1228.879		
	11/3	699.6121	1572.371		
12	12/1	29.23224	141.736	0.29	2
	12/2				

basin	code	Da	Dd	T	Class
13	13/1	846.9899	4228.938	0.53	1
	13/2	592.461	1393.335		
	3/13	148.7618	152.1285		
14	14/1	1335.581	1543.76	0.69	1
	2/14	292.3087	1239.341		
	14/3	871.9543	1002.598		
15	14/4	317.5498	405.569	0.23	2
	15/1	170.2762	798.0661		
	15/2	423.3377	1797.502		
16	15/3	470.3831	1967.366	0.70	1
	16/1	447.2652	910.2616		
	16/2	914.5312	852.667		
17	16/3	427.3106	800.2318	0.47	1
	17/1	869.7324	4237.229		
	17/2	1577.045	2650.437		
	17/3	1020.092	1668.743		



شکل ۵: ارزیابی شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) در منطقه مورد مطالعه.

#### – شاخص شکل حوضه (Bs)

شاخص BI برای بررسی میزان کشیدگی یک حوضه آبریز استفاده می‌شود که این پارامتر از طول به عرض یک حوضه آبریز، بدست می‌آید. شاخص شکل حوضه، تفاوت میان حوضه‌هایی با کشیدگی زیاد و حوضه‌های نسبتاً مدور را مشخص می‌کند (Ramirez and Herrera, 1998). شاخص شکل حوضه از رابطه  $Bs = BI / Bw$  بدست می‌آید.

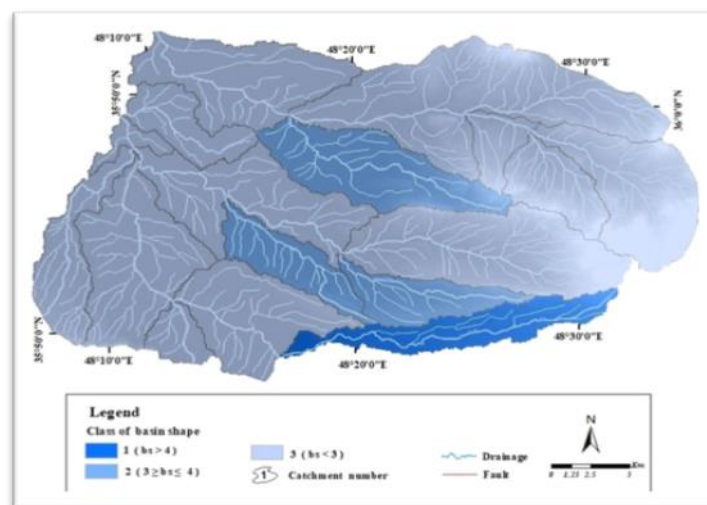


در این رابطه BI: طول حوضه و BW: بیشترین عرض حوضه آبریز می‌باشد. در مناطق فعال زمین‌ساختی شکل حوضه‌های جوان کشیده و طویل است در حالیکه در طول زمان با توقف میزان برخاستگی و بالا رفتن نرخ فرسایش، به تدریج حوضه‌ها حالت مدور و دایره‌ای به خود می‌گیرد (Bull and McFadden, 1977 El Hamdouni et a, ) (2007). مقادیر این شاخص برای حوضه‌های مورد مطالعه محاسبه و در جدول ۳ آورده شده است. حمدونی و همکاران شاخص Bs را به سه رده تقسیم‌بندی کرده اند:

- رده اول حوضه‌های فعال: در این حوضه‌ها مقدار شاخص Bs بیشتر از ۴ می‌باشد.
- رده دوم حوضه‌های نیمه فعال: مقدار شاخص Bs بین عدد ۳ و ۴ متغیر است.
- رده سوم حوضه‌های غیرفعال: مقدار شاخص Bs کمتر از ۳ می‌باشد. (شکل ۶).

جدول ۳: مقادیر شاخص‌های Bs و رده‌بندی حوضه‌های منطقه مورد مطالعه.

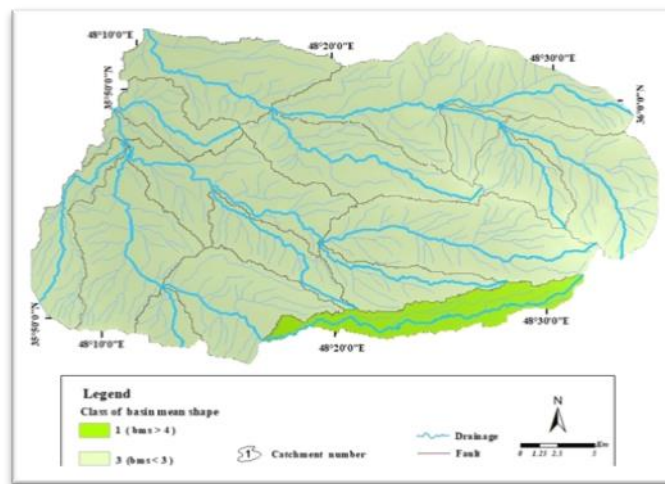
Basin	Bs	Class Bs	Basin	Bs	Class bs
1	7.37	1	10	3.17	2
2	3.21	2	11	1.50	3
3	2.83	3	12	1.23	3
4	1.45	3	13	1.65	3
5	1.48	3	14	2.61	3
6	2.61	3	15	1.07	3
7	1.75	3	16	1.75	3
8	3.18	2	17	2.19	3
9	2.16	3			



شکل ۷: نقشه کلاس‌بندی شاخص شکل حوضه در حوضه‌های منطقه مورد مطالعه.

برای دست آوردن نتیجه بهتر، شاخص  $Bms$  را از رابطه  $Bms = BI / Bmw$  در منطقه مورد مطالعه محاسبه شده است.

در این رابطه  $BI$  مقدار طول حوضه آبریز و برای بدست آوردن مقدار  $Bmw$  پنج خط عمود بر خط طولی حوضه آبریز را در قسمت‌های مختلف ترسیم کرده و میانگین مقادیر بدست آمده از این خطوط را به عنوان پارامتر  $Bmw$  در نظر می‌گیریم. در مبحث رده‌بندی حوضه‌های آبریز با توجه به شاخص  $Bs$ ، بیشتر حوضه‌های شکل گرفته در منطقه مورد مطالعه در رده ۳ (حوضه‌های غیرفعال) قرار می‌گیرند. تنها در حوضه ۱ مقدار این شاخص افزایش یافته و در رده ۱ قرار می‌گیرد. شکل (۷).



شکل ۷: نقشه کلاس‌بندی شاخص میانگین شکل حوضه در حوضه‌های منطقه مورد مطالعه.

### نتیجه‌گیری

با مطالعه تصاویر ماهواره‌ای، مدل ارتفاع رقومی (DEM)، نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی، تهیه لایه‌های مختلف اطلاعاتی و برداشت‌های صحرائی در منطقه مورد پژوهش (ارتفاعات کوه‌سیاه و کوه‌کبود) واقع در پهنه ایران مرکزی نتایج زیر بدست آمده است:

منطقه مورد مطالعه به ۱۷ حوضه تقسیم گردید و ۳ شاخص زمین‌شناختی شامل، شاخص عدم تقارن حوضه آبریز (AF)، شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T)، شاخص شکل حوضه (Bs) و میانگین شکل حوضه (Bms) برای هر حوضه به صورت جداگانه محاسب شده است.

شاخص Af که بیانگر میزان کج‌شدگی زمین‌ساختی است در ۳ رده تقسیم بندی شده است. که بر اساس این شاخص، ۲ حوضه از این شاخص در رده ۱ و ۶ حوضه مقادیر این شاخص در رده ۲ و ۹ حوضه باقیمانده مقادیر این شاخص در رده ۳ قرار گرفته است. ۲ حوضه ی ۳ و ۱۴ با بیشترین اختلاف نسبت به میانگین به‌عنوان حوضه‌های فعال‌تر و با بیشترین کج‌شدگی شناخته میشوند. در نتایج بدست آمده از شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T)، از ۱۷ حوضه مورد به طور کلی رخنمون‌های سنگی در محدوده مورد مطالعه شامل شیل‌ها، آهک‌ها، کنگلومرا، ولکانیک‌های کرتاسه، ماسه‌سنگ‌های ائوسن، مارن و کنگلومرای سازند قرمز زیرین، مارن و آهک‌های سازند قم، ماسه‌سنگ و مارن‌های میوسن، مارن و کنگلومرای پلیوسن، سنگ آهک آب‌های شیرین، نهشته‌های جوان کوتاه‌تر و پادگانه‌های آبرفتی است. از نظر ساختاری روندهای اصلی منطقه، NW-SE، است. روند عمومی گسله‌های منطقه شمال باختری-جنوب خاوری و باختری-خاوری است. شکل (۸).



شکل ۸: گسل عرضی امتداد لغز-چپگرد موجود در منطقه مورد مطالعه.

با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش، جهت بهره‌وری بیشتر و دقیق از مطالعات در منطقه پیشنهاد می‌گردد: داده‌های حاصل از ریخت‌زمین‌ساخت و نو زمین‌ساخت منطقه نشان از فعالیت و برخاستگی منطقه مورد مطالعه دارد که مستلزم تحلیل هندسی و جنبشی در این منطقه می‌باشد.

#### • منابع

- آقانباتی، ع.، ۱۳۹۸. زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- بلورچی، م.ح.، حاجیان، ج.، ۱۳۵۸، ۱۹۷۹، تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ چهارگوش کبودراهنگ به شماره D5 و نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ زرین رود (گرماب).
- پورکرمانی، م.، سلگی، ع.، ۱۳۸۸. مورفوتکتونیک، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
- رنگزن، کاظم؛ زرگرزاده، مرضیه؛ چرچی، عباس؛ آبشیرینی، احسان، ۱۳۸۶، کاربرد علوم سنجش از دور و GIS در پهنه‌بندی نفوتکتونیک کوه‌های زاگرس با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، یازدهمین انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- روستایی، شهرام؛ نیری، هادی، ۱۳۹۱، ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی با استفاده از نیمرخ طولی در حوضه آبریز رودخانه‌ی مهاباد، جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۱۶، شماره ۳۶، صص. ۱۶۴-۱۴۵.
- گورابی، ابوالقاسم؛ نوحهگر، احمد، ۱۳۸۶، شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰، صص. ۱۹۶-۱۷۷.
- مقصودی، مهران؛ جعفری‌آقدم، مریم؛ باقری سیدلشکری، سجاد؛ مینایی، مسعود، ۱۳۹۰، بررسی تکتونیک فعال حوضه آبخیز کفرآور با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی، جغرافیا و توسعه، سال نهم، شماره ۲۵، صص. ۱۳۶-۱۱۱.
- یوسفی، م.، خطیب، م.، غلامی، الف.، موسومی، س. م.، ۱۳۹۲. ارزیابی گسل شکرآب (شمال بیرجند) برمبنای شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی، مجله پژوهش‌های دانش زمین، شماره ۱۴، دانشگاه شهید بهشتی.
- Alavi M (1991). Tectonic Map of the Middle East, Scale 1:5000000. Tehran: Geological Survey of Iran.
- Barka A, Reilinger R (1997). Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data. Ann Geofis 40: 587-610.

- Bull, W.B. and McFadden, L.D., 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California, In: Doehring, D.O. (Ed.), Geomorphology in Arid Regions, Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium, State University of New York, and Binghamton, pp.115-138.
- Jackson J, Priestley K, Allen M, Berberian M (2002). Active tectonics of the South Caspian Basin. Geophys J Int 148: 214–245.
- Hare, P.W. and Gardner, T.W., 1985. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica. In: Morisawa, M., Hack, J.T. (Eds.), Tectonic Geomorphology. Proceedings of the 15th Annual Binghamton Geomorphology Symposium. Allen and Unwin, Boston, MA, pp.123–134.
- El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacan, J., Keller, E.A., 2008. Assessment of relative active tectonics, southwest border of Sierra Nevada (southern Spain). Geomorphology, 96, pp.150-173.
- Keller, E.A., 1986. Investigation of active tectonics: use of surficial Earth processes. In Wallace, R.E.(Ed.), Active Tectonic, Studies in Geophysics. National Academy.
- Keller, E.A. and Pinter, N., 2002a. Active Tectonics. Earthquakes, Uplift and Landscape, New Jersey: Prentice Hall.
- Keller, E.A. and Pinter, N., 2002b. Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape. Prentice Hall, New Jersey.
- Nowroozi NN (1972). Focal mechanism of earthquakes in Persia, Turkey, West Pakistan and Afghanistan and plate tectonics of the Middle East. B Seismol Soc Am 62: 823–850.
- Priestley K, Baker C, Jackson J (1994). Implications of earthquake focal mechanism data for the active tectonics of the south Caspian basin and surrounding regions. Geophys J Int 118: 111–141.