

کاربرد GIS و شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی در پهنه‌بندی زمین -

ساخت جنبه منطقه شمال نیشابور، شمال شرق ایران

هادی علی نیا^{۱*}، علی اصغر مریدی فریمانی^۲، نصیر نادری میقان^۳

1- دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش تکتونیک، دانشگاه سیستان و بلوچستان

2- عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

3- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شرق کشور

پذیرش مقاله: 1391/6/15

تأیید نهایی مقاله: 1391/11/23

چکیده

با توجه به اینکه کشور ایران بر روی کمربند زلزله خیز آلپ-همالیای قرار دارد و هر چند یک بار شاهد زلزله‌های مخرب و ویرانگری در آن می‌باشیم، بررسی وضعیت زمین‌ساخت جنبه و ارزیابی تهدیدات، خسارات و بروز این فعالیت‌ها در شهرها از اهمیت بالایی برخوردار است. گستره مورد مطالعه در شمال شهر نیشابور و ارتفاعات جنوبی بینالود (1117 Km^2) قرار دارد. در این پژوهش با استفاده از هفت شاخص ریخت‌سنجی کمی از قبیل شاخص نسبت شکل حوضه (BS)، انتگرال فراز سنجی (Hi)، نامتقارن بودن حوضه آبریز (AF)، شاخص سینوسیته پیشانی کوهستان (Smf)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، شاخص سینوسیته رودخانه (S)، شاخص طول به گرادیان رود (SL) در زیر حوضه‌های این منطقه، مطالعات دقیقی انجام گرفته است. نتایج این مطالعات بصورت لایه‌های اطلاعاتی مختلف با یکدیگر تلفیق گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS، Spss، Minitab و بررسی‌های صحرایی نقشه پهنه‌بندی زمین‌ساخت جنبه منطقه بصورت کمی ترسیم و به 4 رده (بسیارفعال، فعال، نیمه فعال و غیرفعال) تفکیک گردید. براساس نقشه مذکور بخش جنوبی گستره مورد مطالعه با وسعت 538/441 کیلومتر مربع معادل 36/32 درصد از گستره مورد مطالعه دارای زمین‌ساخت بسیار فعال می‌باشد. نقشه پهنه‌بندی ترسیم شده، افزایش میزان فعالیت زمین‌ساختی را از شمال به سمت جنوب تا جنوب باختر، دامنه جنوبی بینالود نشان می‌دهد. نکته حائز اهمیت انطباق این مناطق با گسل‌های فشاری شمال نیشابور، نیشابور و زلزله‌های متعدد تاریخی و دستگامی ناشی از فعالیت این گسل‌های فعال و جنبه است و این دلیل بر صحت مطالعات این پژوهش می‌باشد. امید که این قبیل مطالعات پژوهشی بنیادی در مناطق مختلف انجام و مورد استفاده مسئولین در امر برنامه‌ریزی شهری و ساخت سازه‌های سنگین قرار گیرد.

کاربرد GIS و شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی در پهنه‌بندی زمین‌ساخت جنبا ...

واژه های کلیدی: شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی، پهنه‌بندی، زمین‌ساخت جنبا، نیشابور

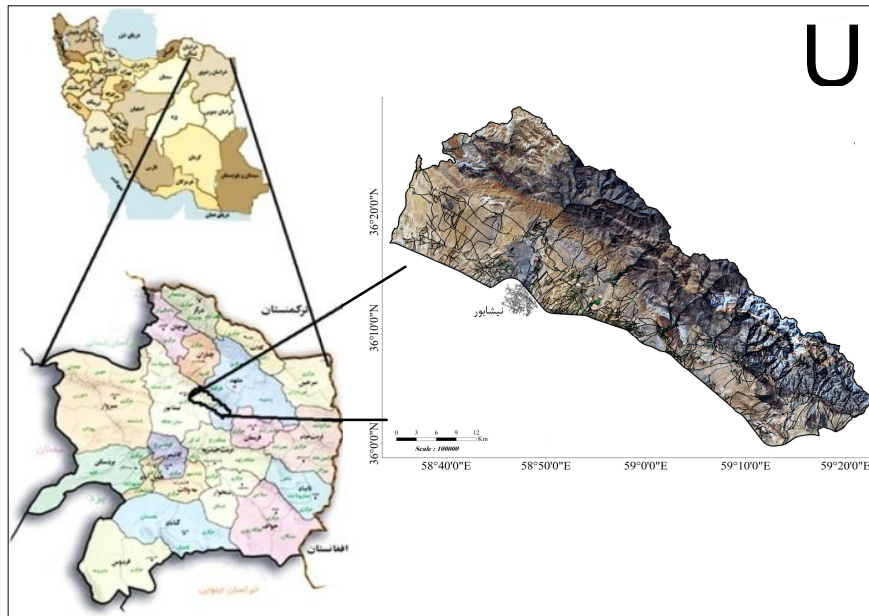
مقدمه

است، چرا که گاهی در نبود پیشینه لرزه‌ای دستگاهی و تاریخی، آن ناحیه می‌تواند دارای پتانسیل بروز زمین‌لرزه باشد. در این پژوهش به منظور ارزیابی درجه نسبی فعالیت زمین‌ساختی گستره مورد مطالعه، نتایج حاصل از بررسی چند شاخص ریخت‌شناسی را با یکدیگر تلفیق نموده تا نقشه پهنه‌بندی از نظر فعالیت زمین‌ساختی، ترسیم گردد. از جمله شاخص‌هایی که در مطالعات زمین‌ساخت جنبا مفید بوده و در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است عبارتند از:

شاخص نسبت شکل حوضه (BS)، انتگرال فراز-سنجی (Hi)، نامتقارن بودن حوضه آبریز (AF)، شاخص سینوسیته پیشانی کوهستان (Smf)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، شاخص سینوسیته رودخانه (S)، شاخص طول به گردایان رود (SL).

منطقه مورد مطالعه، در شمال شهر نیشابور واقع در شمال‌خاوری ایران دارد. این منطقه حاشیه جنوبی ارتفاعات بینالود را در بر می‌گیرد که در طول شرقی $58^{\circ}34'37''$ تا $59^{\circ}22'30''$ و عرض جغرافیایی $35^{\circ}58'51''$ تا $36^{\circ}29'17''$ واقع شده است. شکل 1 موقعیت گستره مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این واحد از باختر به ارتفاعات البرز و از خاور به ارتفاعات شمال افغانستان منتهی می‌شود (نبوی، 1355).

مطالعه اشکال و چشم اندازه‌های قابل اندازه‌گیری که توسط حرکات تکتونیکی ایجاد شده، موضوع علم ریخت زمین‌ساختی است (یوربنک و آندرسون، 2001). از آنجا که قضاوت راجع به ویژگی‌های دیرینه لرزه‌ای در هر ناحیه به تنهایی نمی‌تواند براساس پیشینه لرزه‌نگاری دستگاهی و یا شواهد تاریخی باشد، بنابراین مطالعه چشم اندازه‌ها و لندفرم‌های سطحی دارای اهمیت خاصی

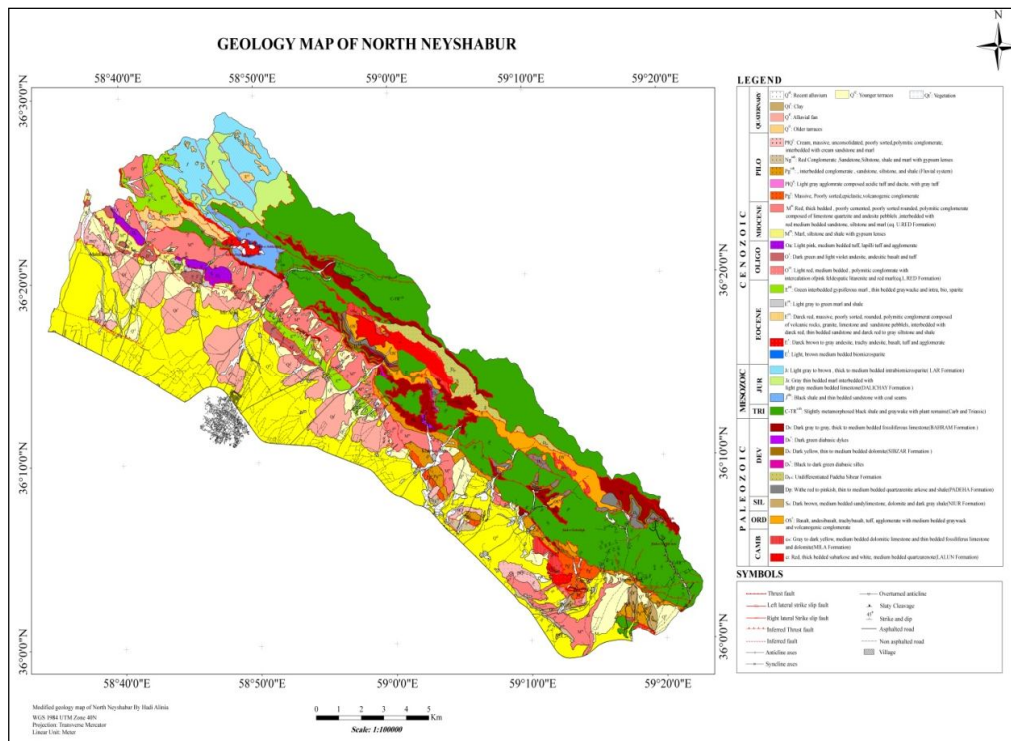


شکل 1: موقعیت گستره مورد مطالعه در ایران و استان خراسان رضوی

گستره مورد مطالعه از نظر چینه‌شناسی، نهشته‌های هر سه مقطع زمانی پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک را در بر می‌گیرد. عمده‌ترین گسل‌های منطقه شامل گسل‌های رورانده و گسل‌های راستا-لغز می‌باشند. گسل‌های رورانده دارای روند عمومی شمال باختری- جنوب خاوری و موازی محور اصلی چین خوردگی‌های منطقه می‌باشد که سن آنها از شمال به سمت جنوب جوانتر می‌شود. بردار فشارش در تمامی آن‌ها از شمال- شمال‌خاور تا جنوب- جنوب باختر می‌باشد. انواع گسل‌های راستالغز در منطقه احتمالاً ابتدا بصورت یک درزه عمود بر جبهه تراست‌ها (روراندگی‌ها) و در رابطه با حرکت آن‌ها تشکیل شده‌اند. ادامه حرکت ورقه‌های رورانده سبب جابجائی مورب‌لغز در طول آن‌ها شده است (قائمی و حسینی، 1378) (شکل 2).

از این شاخص‌ها در بررسی وضعیت تکتونیکی حوضه سیرانودا در جنوب اسپانیا استفاده شده است (همدونی و همکاران، 2008). در ایران بررسی ریخت زمین‌ساختی مناطق مختلف به وسیله خیام و مختاری (1382)، فرهودی (1388) و نیز بررسی شاخص‌های تکتونیک فعال توسط گورابی (1386) و سیف و خسروی (1389) انجام گرفته است. همچنین می‌توان به مطالعه تکتونیک فعال در رشته‌کوه بینالود با تکیه بر بررسی‌های مورفوتکتونیکی (شفیعی و همکاران، 1388) که قسمت‌های از گستره مورد مطالعه را پوشش می‌دهد اشاره نمود.

زمین‌شناسی عمومی منطقه



شکل 2: نقشه زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه برگرفته از نقشه‌های 1:100000 نیشابور (قائمی و حسینی، 1378) و طبقه (پورلطیفی، 1380)

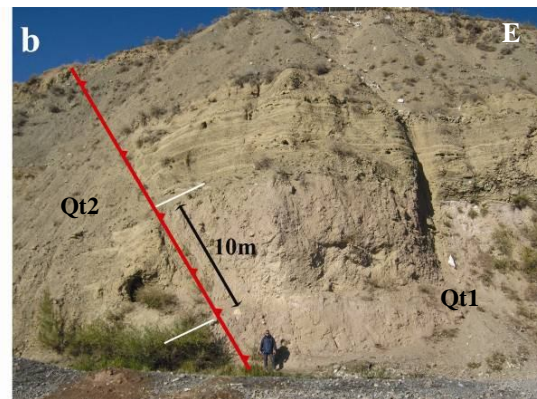
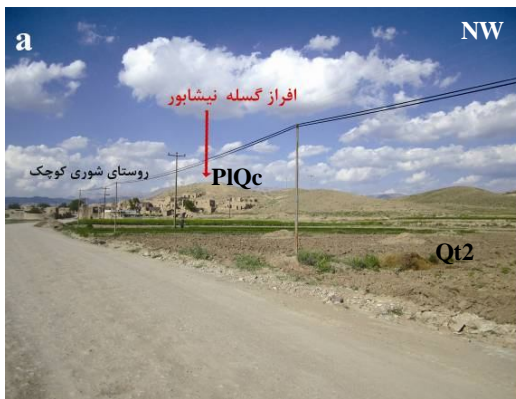
سوی شمال‌خاور بوده. اثر و موقعیت این گسل را می‌توان از روی افراز گسل که به خوبی در روی زمین، نزدیک آبادی‌های سیدآباد، شوری (خاور کارخانه قند نیشابور) و تقی‌آباد (شمال و شمال-غربی کارخانه قند) دیده می‌شود مشاهده نمود (علی‌نیا، 1391) (شکل 3a).

گسل راندگی شمال نیشابور: گسل فشاری شمال نیشابور، گسلی است با راستای شمال-باختری- جنوب‌خاوری و درازای حدود 82 کیلومتر که از 8 کیلومتری شمال شرقی شهر-نیشابور می‌گذرد. شیب گسل فشاری شمال-نیشابور به سوی شمال‌خاوری است. بهترین-نشانه‌های تکاپوی این گسل بر دیواره غربی-رودخانه میرآباد دیده می‌شود (هالینگورس و همکاران، 2010) (شکل 3b).

براساس اطلاعات ارائه شده بروی نقشه زمین-شناسی اصلی‌ترین گسل‌های موجود درگستره مورد مطالعه عبارتند از:

گسل راندگی بینالود: گسل بنیادی و فشاری بینالود با راستای خمدار شمال‌باختری- جنوب-خاوری و درازای حدود 100 کیلومتر در پای دامنه جنوب‌غربی رشته‌کوه بینالود قرار دارد و از 15 کیلومتری شرق شهر نیشابور می‌گذرد. ساز-وکار این گسل، راندگی و شیب سطح گسل بین 40 تا 60 درجه متغیر و به سوی شمال‌خاوری است (قائمی، 1371).

گسل راندگی نیشابور: گسل فشاری نیشابور با راستای شمال‌باختری- جنوب‌خاوری و درازای 50 کیلومتر از 3 کیلومتری شمال باختری شهر نیشابور می‌گذرد. این گسل دارای شیبی کم به



شکل 3a: نمایی دور از افراز گسل نیشابور در نزدیکی روستای شوری کوچک. دید به سمت شمال-باختر.

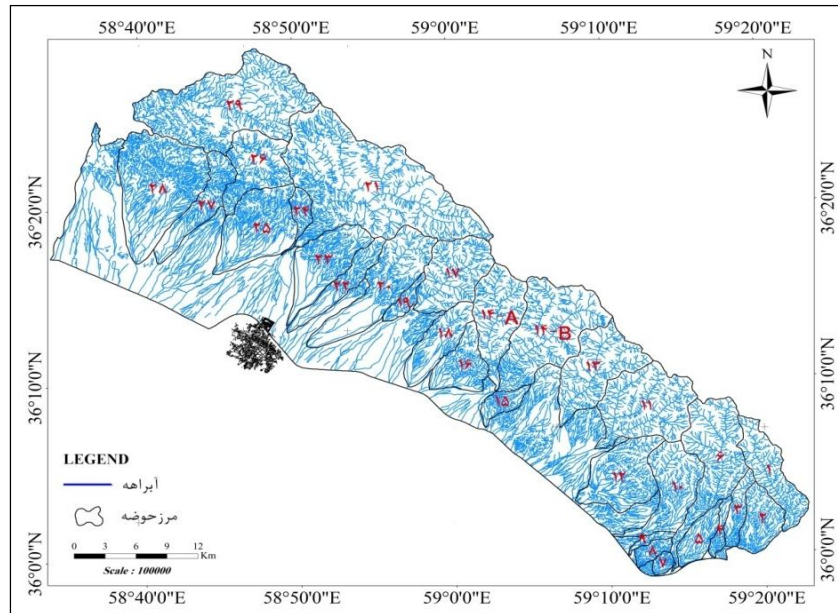
شکل 3b: نمایی نزدیک از جابجایی گسل شمال نیشابور در رسوبات آبرفتی دیواره غربی رودخانه میرآباد.

استفاده شده است. کلیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز از نقشه‌های ذکر شده در نرم‌افزار Arc GIS ساخته شده، سپس با توجه به رودخانه‌ها و آبراهه‌های اصلی، 30 حوضه قابل تفکیک در گستره مورد مطالعه استخراج و شاخص‌های ریخت‌سنجی برای هر یک از حوضه‌های تفکیک

مواد و روش‌ها

برای محاسبه شاخص‌های ریخت‌سنجی در این پژوهش از 19 نقشه توپوگرافی بامقیاس 1:25000 و همچنین دو نقشه زمین‌شناسی 1:100000 و ورقه‌های نیشابور (قائمی و حسینی، 1378) و طبقه (پورلطیفی، 1380) و تصاویر ماهواره‌ای

شده بطور دقیق محاسبه گردید (شکل 4). در - نهایت با استفاده از نرم افزارهای ArcGIS، Spss، بندی زمین ساخت جنبا ترسیم گردید. Minitab و بررسی های صحرائی، نقشه پهنه



شکل 4: نقشه آبراهه های منطقه مورد مطالعه همراه با حوضه های تفکیک شده بروی آن

بحث

بررسی شاخص های ریخت زمین ساختی 1- شاخص نسبت شکل حوضه (BS)

این شاخص به صورت $BS=B/L$ محاسبه می شود که در آن B طول حوضه و L بزرگ ترین عرض حوضه است (بول و مک فادن، 1977). مقادیر بالای این شاخص بیانگر حوضه های کشیده است و معمولاً زمین ساخت فعال تری را در قیاس با حوضه های گرد نشان می دهد. این شاخص براساس حوضه های تفکیک شده در گستره مورد مطالعه بررسی گردیده است (جدول 1).

این شاخص به 3 رده از لحاظ زمین ساختی رده بندی گردید. رده 1، حوضه هایی که با مقادیر زیاد

BS یعنی بیشتر از 4 مشخص می شوند، از نظر زمین ساختی فعال هستند. رده 2، زمانی که BS بین 3 تا 4 باشد، حوضه ها از نظر فعالیت زمین ساختی نیمه فعال می باشند و رده 3، مقادیر کمتر از 3، حوضه های غیرفعال را نشان می دهند (همدونی و همکاران، 2008).

بر اساس مقادیر محاسبه شده شاخص نسبت شکل حوضه، 7/61 درصد حوضه ها دارای زمین ساخت فعال بوده و کشیدگی را نشان می دهند. 16/07 درصد از حوضه ها زمین ساخت نیمه فعال و 76/32 درصد زمین ساخت غیر فعال را از خود نشان می دهند.

جدول 1: نتایج حاصل از شاخص نسبت شکل حوضه‌ها (بر حسب کیلومتر)

حوضه	طول حوضه	بزرگترین عرض حوضه	شاخص نسبت شکل حوضه	رده	حوضه	طول حوضه	بزرگترین عرض حوضه	شاخص نسبت شکل حوضه	رده	
1	14/59	3/901	3/739	2	2	15	6/804	2/546	2/672	3
2	7/6	3/79	2/005	3	3	16	5/784	7/151	0/808	3
3	8/672	1/823	4/755	1	1	17	10/90	5/958	1/830	3
4	7/069	1/51	4/679	1	1	18	11/00	3/334	3/299	2
5	8/235	3/086	2/668	3	3	19	6/766	1/78	3/800	2
6	20/51	5/97	3/436	2	2	20	18/04	4/868	3/705	2
7	2/856	2/006	1/423	3	3	21	16/60	22/76	0/729	3
8	5/220	1/843	2/832	3	3	22	13/13	5/069	2/589	3
9	5/424	1/053	5/149	1	1	23	14/00	2/143	6/534	1
10	14/21	5/329	2/667	3	3	24	8/099	2/244	3/608	2
11	13/26	9/014	1/471	3	3	25	12/46	6/851	1/819	3
12	10/69	6/36	1/680	3	3	26	10/35	6/857	1/510	3
13	14/31	7/167	1/996	3	3	27	13/56	3/014	4/498	1
14A	13/79	5/151	2/678	3	3	28	13/74	9/085	1/512	3
14B	14/75	8/921	1/654	3	3	29	20/03	9/153	2/189	3

2-انتگرال ارتفاع سنجی (Hi)

منحنی ارتفاع‌سنجی از پیاده کردن نسبت کل ارتفاع حوضه (ارتفاع نسبی) در مقابل نسبت کل مساحت حوضه (مساحت نسبی) به وجود می‌آید. یک روش ساده برای مشخص کردن شکل منحنی ارتفاع سنجی برای یک حوضه زهکشی خاص، محاسبه انتگرال ارتفاع‌سنجی است. انتگرال به صورت مساحت زیر منحنی یاد شده می‌باشد و یک روش محاسبه آن به صورت رابطه 1 است (کلر و پینتر، 2002).

رابطه 1 ارتفاع حداقل - ارتفاع حداکثر / ارتفاع حداقل - ارتفاع میانگین = انتگرال ارتفاع‌سنجی این شاخص به 3 رده از لحاظ زمین‌ساختی رده‌بندی گردید. رده 1، حوضه‌هایی که با مقادیر زیاد Hi یعنی بیشتر از 0/57 مشخص می‌شوند، از نظر زمین‌ساختی فعال هستند. رده 2، زمانی که Hi بین 0/57 تا 0/47 باشد، حوضه‌ها از نظر فعالیت زمین‌ساختی نیمه فعال می‌باشند و رده 3، مقادیر کمتر از 0/47، حوضه‌های غیرفعال را نشان می‌دهند (همدونی و همکاران، 2008). این شاخص

براساس حوضه‌های تفکیک شده در گستره مورد مطالعه بررسی گردید که نتایج آن در جدول 2 آورده شده است.

براساس مقادیر محاسبه شده شاخص انتگرال ارتفاع‌سنجی، 0/3 درصد حوضه‌ها دارای مناطق مرتفع با زمین‌ساخت فعال می‌باشند. 53/90 درصد از حوضه‌ها زمین‌ساخت نیمه فعال بوده و 45/8 درصد زمین‌ساخت غیر فعال را از خود نشان می‌دهند.

3-عدم تقارن حوضه زهکشی (AF)

هندسه شبکه‌های زهکشی می‌تواند هم بصورت کمی و هم بصورت کیفی توصیف گردد. شبکه زهکشی در مناطق فعال زمین‌ساختی غالباً دارای الگو و هندسه‌ی واضحی است. عامل عدم تقارن¹ برای نمایان ساختن کج‌شدگی تکتونیکی در مقیاس حوضه زهکشی با مساحت‌های بزرگتر، به صورت رابطه 2 تعریف شده است (کلر و پینتر، 2002).

1 - Asymmetry Factor

جدول 2: نتایج حاصل از شاخص انتگرال ارتفاع سنجی (Hi) در گستره مورد مطالعه (بر حسب متر)

حوضه	ارتفاع حداقل	ارتفاع میانگین	ارتفاع حداکثر	انتگرال ارتفاع سنجی	رده	حوضه	ارتفاع حداقل	ارتفاع میانگین	ارتفاع حداکثر	انتگرال ارتفاع سنجی	رده
1	1613/36	2056/733	2639/939	0/4318	3	3	15	1474/114	1736/099	0/3758	3
2	1507/55	1706/841	2184/809	0/2942	3	3	16	1594/406	2556/403	0/2406	3
3	1504/83	1758/647	2376/047	0/2913	3	3	17	2462/632	3278/884	0/5279	2
4	1454/01	1584/132	1875/404	0/3087	3	3	18	1260/68	2939/446	0/2643	3
5	1384/35	1542/136	1725/732	0/4621	3	3	19	1397/73	2566/527	0/2041	3
6	1379/23	2093/042	2860/005	0/4820	2	3	20	1825/254	3076/523	0/3232	3
7	1334/64	1385/490	1477/205	0/3566	3	3	21	1399/38	3258/459	0/5167	2
8	1319/18	1414/630	1522/282	0/4699	3	3	22	1230/35	2635/135	0/2314	3
9	1360/08	1472/165	1539/845	0/6235	1	3	23	1223/87	2761/543	0/2138	3
10	1348/49	1859/858	2584/216	0/4138	3	3	24	1357/69	2284/591	0/3740	3
11	1464/28	2225/201	2928/487	0/5196	2	3	25	1225/96	2424/366	0/2090	3
12	1309/08	1605/019	2480/652	0/2526	3	3	26	1404/84	2810/302	0/4751	2
13	1481/48	2310/015	3057/999	0/5255	2	3	27	1192/15	2137/856	0/3086	3
14A	1476/70	2365/776	3268/757	0/4961	2	3	28	1176/70	2138/070	0/2433	3
14B	1476/35	2327/140	3170/490	0/5021	2	3	29	1457/43	3182/249	0/4769	2

فاصله بگیرد، بیانگر کج‌شدگی بیشتر حوضه است. اعداد منفی کج‌شدگی به سمت چپ را نشان می‌دهند. در هنگام محاسبه این شاخص، توجه به شیب‌توزیته رخساره‌ها و لایه‌بندی طبقات رسوبی اهمیت می‌یابد. این شاخص براساس حوضه‌های تفکیک شده در گستره مورد مطالعه بررسی گردیده است (جدول 3).

$$\text{رابطه 2)} \quad AF=100(Ar/At)$$

که در این رابطه Ar مساحت حوضه سمت راست رود (دید به سمت پایین دست) و At مساحت کل حوضه زهکشی است. برای شبکه زهکشی که تشکیل شده و جریان آن در یک وضعیت پایدار است، AF باید حدود 50 باشد. AF به کج‌شدگی عمود بر روند رودخانه حساس است. هر چقدر مقدار بدست آمده از عدد 50

جدول 3: نتایج حاصل از شاخص تقارن حوضه زهکشی (بر حسب کیلومتر مربع)

حوضه	At	Ar	AF	AF-50	AF-50	رده	حوضه	At	Ar	AF	AF-50	AF-50	رده
1	31/190	11/840	37/962	-12/03	12/037	2	3	15	9/2866	4/2658	45/935	-4/064	4/0648
2	21/387	13/207	61/755	11/755	11/755	2	2	16	23/710	13/955	58/858	-8/099	8/0995
3	11/454	4/0597	35/441	-14/55	14/558	2	3	17	41/359	19/361	46/812	-3/187	3/1872
4	5/5484	3/0333	54/669	4/6693	4/6693	3	2	18	26/034	14/911	57/277	7/2771	7/2771
5	14/494	10/022	69/145	19/145	19/145	1	3	19	6/7558	3/7173	55/024	5/0243	5/0243
6	54/727	26/499	48/420	-1/579	1/5795	3	3	20	53/038	24/171	45/573	-4/426	4/4264
7	3/6335	1/6893	46/493	-3/506	3/5063	3	1	21	152/73	104/05	68/129	18/129	18/129
8	6/1262	4/1434	67/635	17/635	17/635	1	1	23	37/812	13/061	34/542	-15/45	15/457
9	3/3476	1/9133	57/153	7/1538	7/1538	2	2	22	20/449	7/5356	36/850	-13/14	13/149
10	37/575	9/5298	25/362	-24/63	24/637	1	1	24	7/7982	5/0834	65/187	15/187	15/187
11	58/622	37/416	63/826	13/826	13/826	2	3	25	48/362	23/508	48/608	-1/391	1/3916
12	41/145	35/465	86/195	36/195	36/195	1	1	26	34/176	10/155	29/713	-20/28	20/286
13	47/116	21/619	45/884	-4/115	4/1153	3	1	27	26/852	7/4827	27/865	-22/13	22/134
14A	39/580	16/856	42/588	-7/411	7/4119	2	3	28	78/996	33/732	42/701	6/1037	6/1037
14B	68/950	41/165	59/702	9/7025	9/7025	2	2	29	104/93	36/773	35/043	-14/95	14/956

سینوسیتی در یک جبهه کوهستانی مستقیم و صاف با یک گسل مرزی فعال دیده می‌شود. اگر نرخ بالآمدگی کم یا متوقف شود فرایندهای فرسایشی جبهه کوهستان را با بی‌نظمی بیشتر خواهد تراشید و مقدار این سینوسیتی افزایش خواهد یافت. هرگاه مقدار این پارامتر نزدیک به یک باشد، بیانگر حاشیه فعال از نظر تکتونیکی است. افزایش مقدار آن بیانگر کاهش در فعالیت زمین‌ساختی منطقه است.

مقادیر Smf به سادگی از روی نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی محاسبه می‌گردد از این رو هر چه مقیاس نقشه‌ها و عکس‌های هوایی بزرگتر باشد این محاسبات از دقت بیشتری برخوردار خواهد بود. در گستره مورد مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی 1:25000 استفاده شده است (شکل 5).

این شاخص به 3 رده از لحاظ فعالیت زمین‌ساختی رده‌بندی گردید. رده 1، جبهه‌هایی که با مقادیر کم Smf یعنی کمتر از 1/1 مشخص می‌شوند، از نظر فعالیت زمین‌ساختی فعال هستند. رده 2، زمانی که Smf بین 1/1 تا 1/5 باشد، این جبهه‌ها از نظر فعالیت زمین‌ساختی نیمه فعال می‌باشند و رده 3، مقادیر بیش از 1/5، جبهه‌های غیرفعال را نشان می‌دهند (همدونی و همکاران، 2008).

بدین منظور خط توپوگرافی، که مبین حد کوهستان و دشت می‌باشد به عنوان خط پیشانی کوه در نظر گرفته می‌شود. منطقه مورد مطالعه بر اساس اصول ولز (1988) به 4 قطعه (A,B,C,D) تقسیم و هر قطعه به جبهه‌هایی تفکیک شده است. در نهایت با استفاده از رابطه‌ی فوق، برای هر قطعه شاخص سینوسیتی جبهه کوهستان محاسبه گردید (جدول 4).

شاخص به 3 رده از لحاظ زمین‌ساختی رده‌بندی گردید. رده 1، حوضه‌هایی که با مقادیر زیاد | AF-50 | یعنی بیشتر از 15 مشخص می‌شوند، از نظر زمین‌ساختی فعال هستند. رده 2، زمانی که | AF-50 | بین 7 تا 15 باشد، حوضه‌ها از نظر فعالیت زمین‌ساختی نیمه فعال می‌باشند و رده 3، مقادیر کمتر از 7، حوضه‌های غیرفعال را نشان می‌دهند (همدونی و همکاران، 2008).

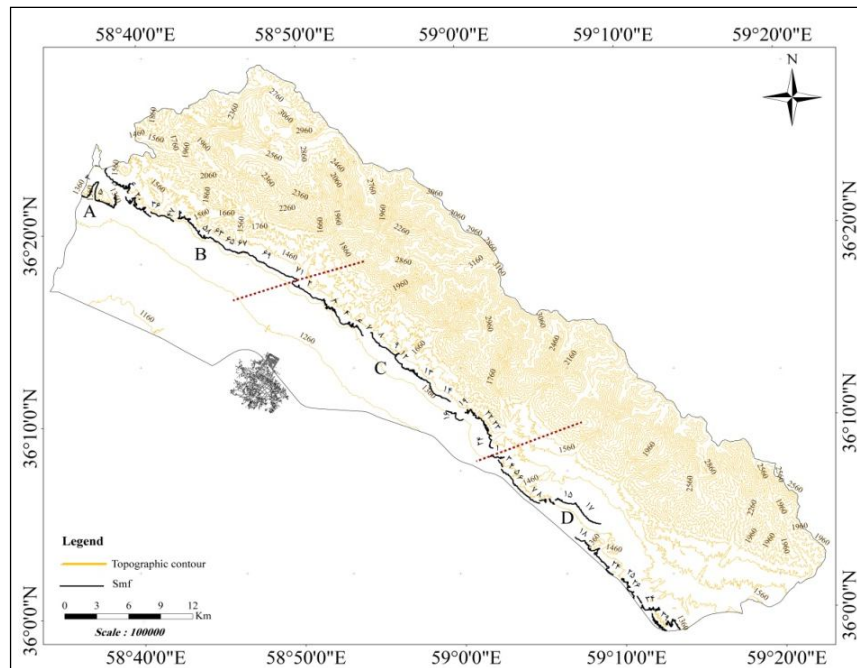
با توجه به مقادیر محاسبه شده شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی، 30/55 درصد حوضه‌ها دارای زمین‌ساخت فعال بوده و کج شدگی را نشان می‌دهند. کج شدگی در این ناحیه عمدتاً به سمت چپ حوضه است. 38/22 درصد از حوضه‌ها زمین‌ساخت نیمه فعال و 31/22 درصد زمین‌ساخت غیرفعال را از خود نشان می‌دهند.

4- شاخص سینوسیتیه جبهه کوهستان (Smf)

این شاخص را بال و مک‌فادن (1977) و بال- (1978) به صورت رابطه 3 معرفی کرده‌اند:

$$\text{Smf} = \text{Lmf} / \text{Ls} \quad (\text{رابطه 3})$$

که در آن Lmf طول جبهه کوهستان در جلو و پای کوهستان یا جایی است که شیب تغییر می‌کند و از کوهستان به آبرفت‌ها تبدیل می‌شود و Ls فاصله مستقیم همان دو نقطه است. این شاخص توازن میان فرایندهای فرسایشی را که بر روی جبهه کوهستان باعث ایجاد سینوسی (چین و شکن بیشتر) و بالآمدگی عمودی جبهه کوهستان می‌شود، نشان می‌دهد (کلر و پینتر، 1996).



شکل 5: نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه که قطعات تفکیک شده و جبهه کوهستان در آن مشخص است

جدول 4: نتایج حاصل از شاخص سینوسیته کوهستان (برحسب متر)

قطعه	جبهه کوهستان تفکیک شده	میانگین شاخص سینوسیته جبهه کوهستان هر قطعه	رده
A	9	1/535	3
B	71	1/339	2
C	27	1/486	2
D	53	1/361	2

جبهه کوهستان تقسیم شده است و مقدار شاخص سینوسیته کوهستان آن بین $1/0176$ تا $2/945$ متغیر می‌باشد. میانگین این شاخص برای قطعه مذکور $1/486$ است که بیانگر آن است این قطعه از نظر فعالیت زمین ساختی نیمه فعال است. قطعه D به 54 جبهه کوهستان تفکیک گردیده است و مقدار شاخص سینوسیته کوهستان آن بین $1/0185$ تا $2/681$ متغیر می‌باشد. میانگین این شاخص $1/361$ ، که بیانگر فعالیت زمین ساختی نیمه فعال آن است.

قطعه A به 9 جبهه کوهستان تفکیک گردیده است، که مقدار شاخص سینوسیته جبهه کوهستان هر قطعه آن بین $1/083$ تا $1/992$ متغیر می‌باشد. میانگین این شاخص برای قطعه مذکور $1/535$ می‌باشد که بیانگر فعالیت زمین ساختی غیرفعال آن است. قطعه B به 71 جبهه کوهستان تفکیک گردیده و مقدار شاخص سینوسیته کوهستان بین $1/0139$ تا $2/417$ متغیر است. میانگین این شاخص برای قطعه مورد نظر $1/339$ که نشان می‌دهد از نظر فعالیت زمین ساختی نیمه فعال می‌باشد قطعه C به 24

زمین‌ساخت جنبا و مقاومت سنگ‌ها مشکل می‌باشد. بالا بودن مقدار این شاخص نشان‌دهنده مناطق با فعالیت زمین‌ساختی بالا و قدرت فرسایشی شدید آبراهه‌ها و مقدار پایین آن، مناطق با فعالیت کم را نشان می‌دهد. جهت محاسبه این شاخص ابتدا نیمرخ طولی آبراهه‌های اصلی هر یک از حوضه‌های تفکیک شده گستره مورد مطالعه از روی نقشه توپوگرافی 1:25000 و DEM تهیه شده از منطقه با کمک نرم‌افزار Arc-GIS ترسیم می‌گردد. بسته به نیاز در این پژوهش، براساس و مبنای خط تغییر شیب، نیمرخ طولی آبراهه تعیین شده است. در منطقه مورد مطالعه این شاخص برای 31 آبراهه اصلی در 1415 نقطه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل از این شاخص به صورت نیمرخ طولی برای رودخانه‌ها ترسیم شده است. که برخی از این نیمرخ‌ها در شکل 6 آورده شده است. در نهایت از SL‌های برداشت شده از هر رودخانه میانگین‌گیری شد (جدول 5).

5- شاخص طول - گرادیان رود (SL)

شاخص شیب طولی رودخانه به تغییرات شیب آبراهه حساس است و می‌تواند هر گونه بی‌نظمی را که در اثر فعالیت‌های تکتونیکی یا مقاومت سنگ در شیب طولی آبراهه ایجاد شده است، نشان دهد (رامیرز و هررا، 1998) این شاخص به وسیله رابطه 4 بیان می‌شود.

$$SL = (\Delta H / \Delta L) L \quad \text{رابطه 4}$$

در این رابطه SL، شاخص شیب طولی رودخانه؛ $\Delta H / \Delta L$ ، شیب آبراهه یا گرادیان یک قطعه؛ ΔH ، اختلاف ارتفاع قطعه مورد نظر؛ L، مجموع طول آبراهه از نقطه‌ای که شاخص محاسبه می‌شود تا مرتفع‌ترین نقطه آبراهه در بالادست (گارسیا-ترتوسا و همکاران، 2008). این پارامتر با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی یا مدل رقومی ارتفاع (DEM) اندازه‌گیری می‌شوند.

مقدار عددی شاخص SL به قدرت رودخانه بستگی دارد. این شاخص نسبت به میزان مقاومت سنگ‌ها حساس بوده و تفکیک اثرات ناشی از

جدول 5: میانگین شاخص طول - گرادیان رود (SL) در گستره مورد مطالعه

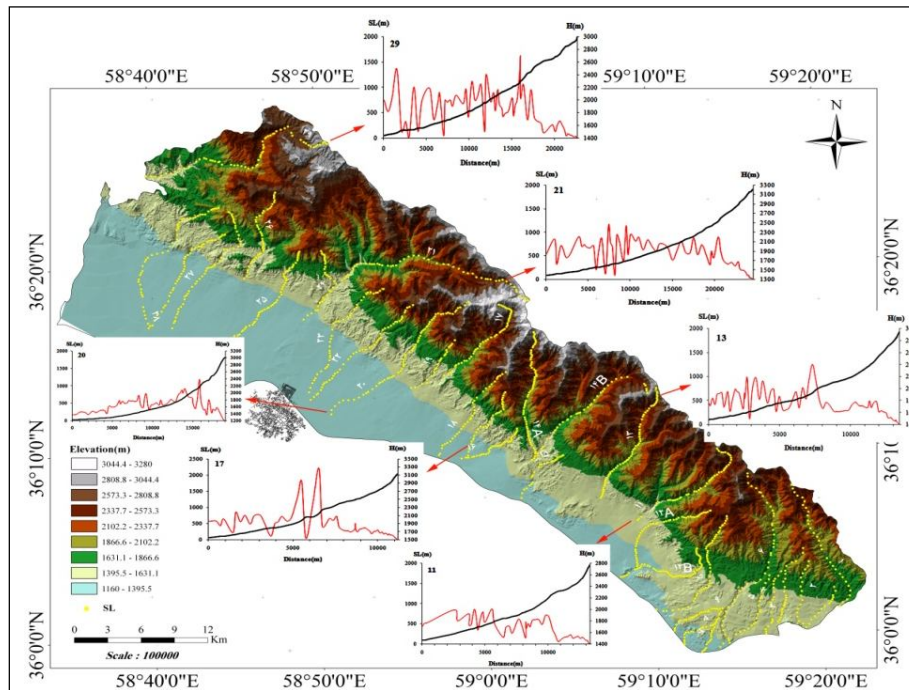
حوضه	میانگین SL	رده	حوضه	میانگین SL	رده	حوضه	میانگین SL	رده
1	353/43	2	11	393/42	1	20	450/80	1
2	133/15	3	12	208/76	2	21	530/24	1
3	261/44	2	13	437/31	1	22	288/57	2
4	95/142	3	14A	481/96	1	23	251/07	2
5	162/63	3	14B	459/42	1	24	173/86	3
6	399/63	1	15	112/80	2	25	212/78	2
7	32/167	3	16	151/19	3	26	349/97	2
8	80/622	3	17	452/65	1	27	211/31	3
9	71/553	3	18	379/69	2	28	185/35	3
10	290/55	2	19	221/91	2	29	556/89	1

این شاخص به 3 رده از لحاظ زمین‌ساختی رده - بندی گردید که در آن رده 1، حوضه‌های فعال،

ناهنجاری زیادی را در شاخص SL رودخانه نشان می‌دهد. رده 2، حوضه‌های نیمه‌فعال، ناهنجاری

گستره مورد مطالعه، 55/59 درصد حوضه‌ها دارای زمین‌ساخت فعال می‌باشد. 27/23 درصد از حوضه‌ها زمین‌ساخت نیمه فعال و 17/18 درصد زمین‌ساخت غیرفعال را از خود نشان می‌دهند.

کمی را در شاخص SL رودخانه نمایان می‌سازد و رده 3، حوضه‌های غیرفعال، بدون ناهنجاری در شاخص SL رودخانه در نظر گرفته شده است (همدونی و همکاران، 2008). بر اساس مقادیر محاسبه شده شاخص SL برای 30 حوضه در



شکل 6: موقعیت نقاط برداشت شده شاخص SL در گستره مورد مطالعه همراه با برخی نیمرخ‌های طولی

آن را مورد بررسی قرار داد و چنین نتیجه گرفت که با افزایش مقدار کج‌شدگی برای رسیدن به یک مقدار ثابت شیب، سینوسیتی رود کاهش و با کاهش کج‌شدگی این مقدار نیز افزایش می‌یابد (آدامز و همکاران، 1999).

به نظر می‌رسد هرچه مقدار پیچ و خم آبراهه یا رودخانه‌ای بیشتر باشد به حالت تعادل نزدیکتر بوده در حالیکه مستقیم بودن مسیر رودخانه بیشتر حاکی از جوان بودن منطقه و فعالیت‌های عصر حاضر زمین‌ساختی و یا نو زمین‌ساختی است (آدامز و همکاران، 1999). از اینرو موقعیت رودخانه‌ها یا آبراهه‌های اصلی در هر یک از

6- شاخص سینوسیتی رودخانه (S)

از دیگر شاخص‌های مورد نظر در جهت بررسی فعالیت زمین‌ساختی حوضه‌های گستره مورد مطالعه، شاخص سینوسیتی آبراهه اصلی یا رودخانه است. شاخص سینوسیتی رودخانه از طریق رابطه 5 بدست می‌آید.

$$S=C/V \quad \text{رابطه 5}$$

در این رابطه S میزان سینوسیت رودخانه، C طول رودخانه، V طول دره (کلر و پینتر، 2002). الگو و طرح رودها نسبت به تغییرات شیب بسیار حساس است. از اینرو می‌توان ارتباط میان مقدار کج‌شدگی بستر رودخانه و تغییر در سینوسیتی

حوضه‌های گستره مورد مطالعه شناسایی و مقادیر
نهایی بدست آمده این شاخص در هر یک از آن‌ها

جدول 6: نتایج حاصل از شاخص سینوسیته رودخانه (بر حسب متر)

رده	پیچ و خم رودخانه (S)	طول دره (V)	طول رودخانه (C)	حوضه	رده	پیچ و خم رودخانه (S)	طول دره (V)	طول رودخانه (C)	حوضه
2	1/179	5786/564	6826/452	15	2	1/195	12737/79	15222/75	1
2	1/416	5968/792	8457/772	16	2	1/175	6257/411	7357/707	2
2	1/164	9682/410	11276/72	17	2	1/163	8216/981	9563/633	3
1	1/088	10338/53	11253/40	18	2	1/169	6546/872	7657/826	4
2	1/233	6236/502	7693/100	19	2	1/238	8084/996	10010/61	5
2	1/135	16788/73	19070/19	20	2	1/216	18219/58	22164/13	6
2	1/295	18936/42	24536/82	21	2	1/197	2702/898	3238/051	7
1	1/098	13299/77	14616/15	22	2	1/251	4634/825	5798/305	8
2	1/187	12405/58	14735/30	23	2	1/254	4879/663	6123/772	9
2	1/315	7106/259	9347/847	24	2	1/235	11410/45	14092/27	10
2	1/178	10918/28	12869/14	25	2	1/312	10161/51	13334/09	11
2	1/204	9175/414	11054/80	26	2	1/456	8848/399	12885/78	12
2	1/275	12801/41	16325/41	27	2	1/100	12209/63	13438/97	13
2	1/361	13263/49	18055/06	28	2	1/107	13068/97	14478/33	14A
2	1/362	16651/09	22685/70	29	2	1/280	12364/55	15833/16	14B

سمت راست و چپ دره است. مقادیر نسبتاً زیاد V_f با نرخ بالا آمدگی کم که در آن آبراهه‌ها کف دره پهن را قطع می‌کنند در ارتباط است. دره‌های با کف پهن با مقادیر بالای V_f مشخص شده‌اند و حالتی U شکل دارند. مقادیر پایین این شاخص منعکس کننده دره‌های عمیق با جریان‌هایی هستند که معمولاً قدرت برش آنها بسیار زیاد است و بالا آمدگی در طول مدت کم را نشان می‌دهد. دره‌های V شکل (باریک پرشیب) مقادیر پایین V_f را نشان می‌دهند. این شاخص برای دره‌های اصلی که جبهه کوهستان را قطع می‌کنند محاسبه می‌شود (سیلوا و همکاران، 2003). مقدار عددی آن نیز به اندازه حوضه، دبی جریان و همچنین نوع سنگ بستر بستگی دارد. در گستره مورد مطالعه 40 پروفیل عرضی برای محاسبه این شاخص ترسیم شده است که موقعیت این پروفیل‌ها در نقشه درج شده است (شکل 7). نتایج این بررسی در جدول 7 آورده شده است. در نهایت این شاخص به 3 رده از لحاظ زمین‌ساختی رده-بندی گردید که در آن رده 1، دره‌های فعال، پارامتر V_f کمتر از 0/5، دره‌های نیمه فعال بین

این شاخص به 3 رده از لحاظ زمین‌ساختی رده-بندی گردید. رده 1، رودخانه‌های با مقادیر کم S یعنی کمتر از 1/1 مشخص می‌شوند، که از نظر زمین‌ساختی فعال هستند. رده 2، زمانی که S بین 1/1 تا 1/5 باشد، این رودخانه‌ها از نظر فعالیت زمین‌ساختی نیمه‌فعال می‌باشند و رده 3، مقادیر بیش از 1/5، رودخانه‌های غیرفعال را نشان می‌دهند. که البته در گستره مورد مطالعه مقدار S بین 1/08 تا 1/456 می‌باشد که نشان از رودخانه‌های فعال تا نیمه فعال است و رودخانه‌های غیر فعال در گستره مورد مطالعه مشاهده نگردید.

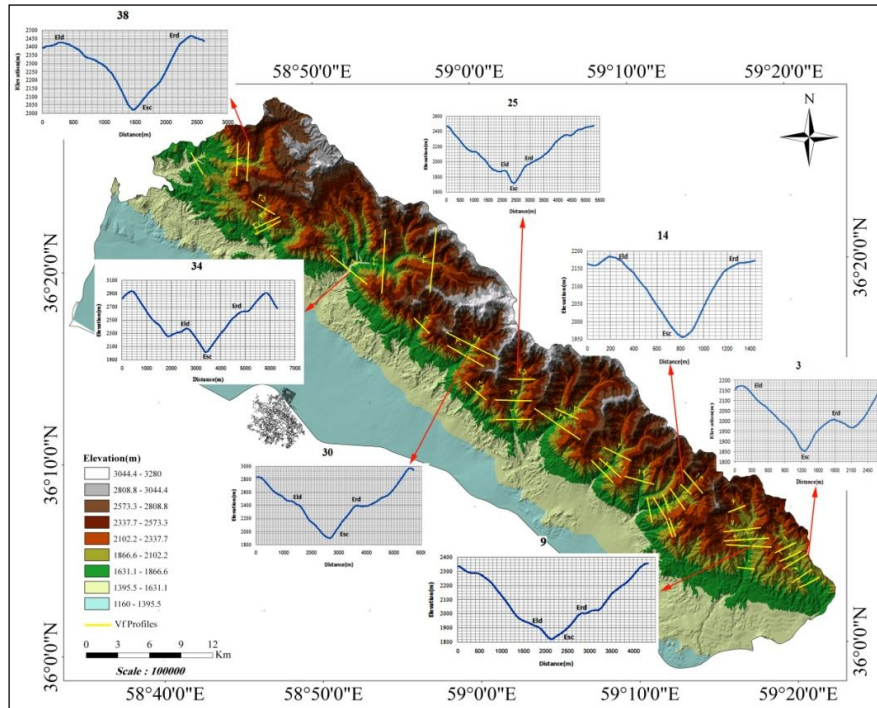
7- شاخص نسبت پهنای به عمق دره‌ها (V_f)

این شاخص، نسبت پهنای به عمق دره را به میانگین ارتفاعات حاشیه دره نشان می‌دهد (بول و مک‌فادن، 1977 و بول، 1978) و به صورت رابطه - 6 معرفی می‌شود.

$$\text{رابطه 6} \quad V_f = 2V_{fw} / [(Eld - Esc) + (Erd - Esc)]$$

که در این رابطه، V_{fw} پهنای کف دره، Esc ارتفاع مطلق کف دره، Erd، Eld ارتفاع مطلق

0/5 تا 1 و دره‌های غیر فعال بیشتر از 1 در نظر گرفته شد (همدونی و همکاران، 2008).



شکل 7: موقعیت پروفیل‌های عرضی دره‌های برداشت شده همراه با برخی از پروفیل دره‌ها

جدول 7: نتایج حاصل از شاخص نسبت پهنا به عمق دره‌ها (برحسب متر)

شماره	نام دره	Vfw	Esc	Eld	Erd	Vf	رده	Av(Vf)	شماره	نام دره	Vfw	Esc	Eld	Erd	Vf	رده	Av(Vf)	شماره
1	پیوه زن	58	1910	2360	2060	0/193	1	0/3512	21									
2		102	1875	1950	2115	0/648	2		22									
3		48	1850	2175	2010	0/197	1		23	خروسغلی	62	1825	2050	2140	0/229	1	0/394	
4		80	1780	2030	1905	0/426	1		24									
5		48	1750	1960	1870	0/290	1		25	خروعلیا	58	2025	2400	2240	0/196	1	0/236	
6	دیزباد بالا	42	2040	2430	2350	0/12	1		26									
7		244	1890	2000	2440	0/739	2		27									
8		70	1850	2080	2015	0/354	1		28	سوقند	75	1890	2300	2180	0/214	1	0/214	
9		103	1820	1905	2005	0/762	2		29	بوژان	145	1880	2480	2400	0/258	1	0/304	
10		33	1730	1900	1840	0/235	1		30									
11	چناران	105	1940	2250	2225	0/352	1	0/3866	31	بین میرآباد و بوژان	23	1870	2240	2200	0/065	1	0/065	
12		103	1885	2060	2200	0/420	1		32	میرآباد	71	1980	2380	2630	0/135	1	0/675	
13	گرینه	68	2070	2120	2560	0/251	1	0/2374	33									
14		41	1955	2185	2167	0/185	1		34									
15		88	1860	2215	2270	0/230	1		35	فیض آباد	64	2020	2440	2470	0/147	1	0/156	
16		64	1775	2050	1960	0/278	1		36									
17		98	1720	2120	2200	0/222	1		37									
18		84	1645	1955	1990	0/256	1		38	طاقان	92	1850	2100	2580	0/188	1	0/370	
19	بین گرینه و دررود	74	1820	2340	2225	0/16	1	0/16	39									
20	دررود	76	1840	2180	2175	0/225	1	0/1572	40									

مربوط به دره‌های بین میرآباد و بوژان، فیض‌آباد، درود و دره‌های بین گرینه و درود می‌باشد. که

در این بررسی کمترین مقادیر این شاخص با توجه به میانگین‌گیری از نقاط هر دره برداشت شده،

بسیاری از تاسیسات شهری ساخته شده است. امتداد این گسل‌ها دقیقا به بخش بسیار فعال گستره مورد مطالعه منتهی می‌شود و بیانگر آن است که این گسل‌ها دارای فعالیت‌های زمین-ساختی عهد حاضر بوده و پتانسیل بالایی برای ایجاد زمین‌لرزه دارند. بر اساس زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی، کانون سطحی 10 زمین‌لرزه در مناطقی با فعالیت زمین‌ساختی بسیار فعال تا فعال گستره مورد مطالعه رخ داده است که از آن-ها می‌توان به زمین‌لرزه 29 دی ماه سال 1390 که با بزرگای $M_b=5/6$ در 12 کیلومتری شمال شرق شهر نیشابور رخ داده اشاره نمود. رو مرکز این رویداد براساس لرزه‌نگاشت‌های ثبت شده در شبکه ملی لرزه‌نگاری باند پهن پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله در مختصات $36/28$ شمالی و $58/83$ شرقی قرار دارد. سازوکار کانونی این زمین‌لرزه طبق گزارش مراکز زلزله‌شناسی جهانی از نوع راندگی می‌باشد. با توجه به مجاورت این زمین‌لرزه با گسل شمال نیشابور با سازوکار راندگی قابل توجیه است. شدت این زمین‌لرزه بین VI-VII درجه مرکالی در مرکز مهلرزه ای آن تعیین شده است.

نتیجه‌گیری

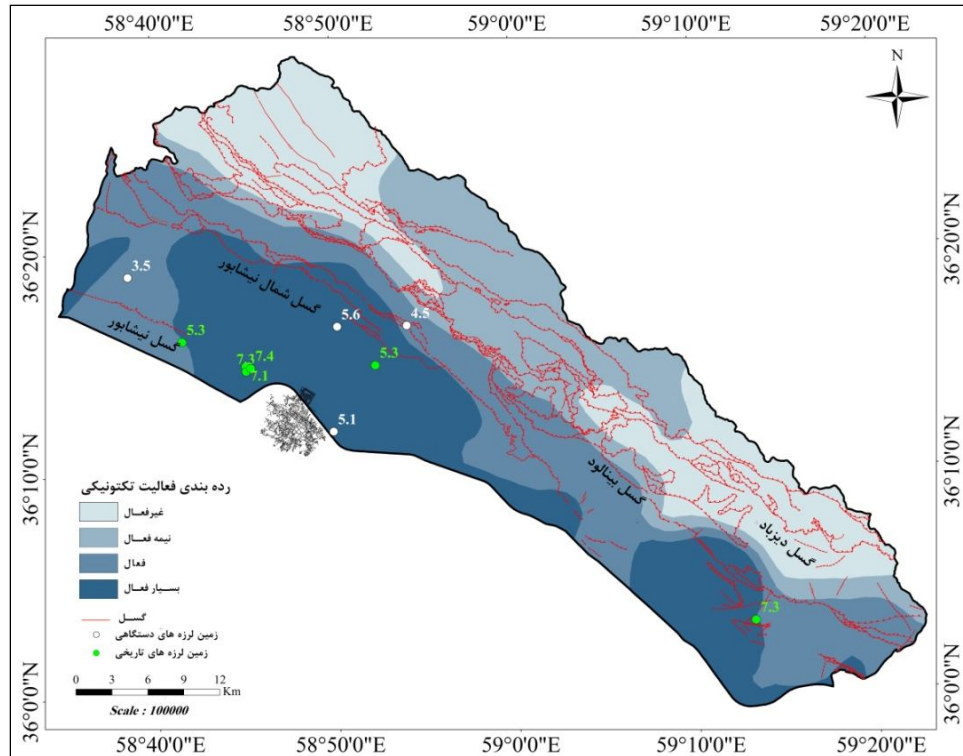
در این پژوهش از هفت شاخص ریخت‌زمین-ساختی (BS, Hi, AF, Smf, SL, S, Vf) جهت طبقه‌بندی فعالیت‌های زمین‌ساختی شمال نیشابور استفاده شده است. تلفیق جداول و اطلاعات حاصل از بررسی‌های صحرایی و مطالعات نرم‌افزاری، شاخص‌های مذکور در قالب جدول شماره 8 ارائه شده است.

نشان‌دهنده دره‌های V شکل منطقه می‌باشند و بیشترین مقادیر آن برای دره‌های میرآباد، دیزباد بالا و خروسفلی است، که بیانگر U شکل بودن دره‌های منطقه است. باتوجه به میانگین‌گیری از نقاط برداشت شده در هر دره، در شاخص Vf دره‌های منطقه فعال تا نیمه‌فعال می‌باشند.

پهنه‌بندی گستره مورد مطالعه

پس از بررسی شاخص‌های ریخت‌سنجی زیر حوضه‌های گستره مورد مطالعه، پهنه‌بندی ریخت زمین‌ساختی با کمک نرم‌افزارهای ArcGIS, Spss, Minitab و Exel انجام شد. ابتدا داده‌ها در محیط Exel مرتب شده و به نرم‌افزار Spss انتقال داده می‌شود، با استفاده از روش همبستگی و نوع چرخش واریماکس (این چرخش پس از بررسی نتایج سه چرخش واریماکس، اکواماکس و کوارتیماکس به عنوان بهترین چرخش انتخاب گردید) تحلیل مربوطه صورت گرفته است. پس از برآورد بار عاملی حوضه‌ها، با استفاده از روش میانبایی در محیط ArcGIS پهنه‌بندی بر روی این گستره صورت گرفته است. سرانجام با استفاده از بار عاملی روی حوضه‌ها تحلیل خوشه‌ای در نرم‌افزار Minitab انجام گرفت، نتایج حاصله مجدداً به نرم‌افزار ArcGIS منتقل یافته و از روش کریجینگ که از جمله دقیق‌ترین روش‌های میانبایی در ArcGIS است، استفاده شد. شکل 8 نقشه پهنه‌بندی ریخت زمین‌ساختی گستره شمال نیشابور را نشان می‌دهد.

در نقشه مذکور گسل‌های نیشابور و شمال نیشابور که از نزدیکی شهر نیشابور می‌گذرند از اهمیت خاصی برخوردارند. در نزدیکی این گسل‌ها



شکل 8: نقشه کانون‌های زلزله همراه با نقشه رده‌بندی فعالیت زمین‌ساختی با شاخص‌های ریخت زمین-ساختی

بسیارفعال، فعال، نیمه فعال و غیرفعال تفکیک گردید. بر اساس نقشه پهنه‌بندی مذکور فعالیت-های زمین‌ساختی از شمال به سمت جنوب تا جنوب باختر، دامنه جنوبی بینالود افزایش می‌یابد. طبق نقشه پهنه‌بندی فعالیت زمین‌ساختی منطقه، وسعت پهنه‌های بسیار فعال معادل 538/441 کیلومترمربع معادل 36/32 درصد از کل منطقه را شامل می‌شود. همچنین وسعت پهنه‌های فعال معادل 329/6 کیلومترمربع معادل 22/23 درصد منطقه است. وسعت پهنه‌های زمین‌ساختی نیمه فعال 356/1 کیلومترمربع معادل 24/02 درصد از کل منطقه می‌باشد و در نهایت وسعت پهنه‌های غیرفعال 258/2 کیلومترمربع معادل 17/4 درصد منطقه است. همانگونه که از این نقشه و محدوده گسترش پهنه‌ها نتیجه می‌شود، بیشترین درصد

همانطور که از جدول فوق مشاهده می‌گردد. بررسی میانگین نتایج شاخص نسبت شکل حوضه (BS) نشان از فعالیت کم و ناچیز کل منطقه مطالعاتی است. میانگین نتایج شاخص‌های انتگرال ارتفاع سنجی (Hi)، عدم تقارن حوضه زهکشی (|AF-50|)، سینوسیته رودخانه (S) و طول گرادیان رود (SL) نشان از فعالیت متوسط کل منطقه دارند و میانگین نتایج شاخص‌های به عمق دره‌ها (Vf) نشان از زمین‌ساخت فعال در گستره مطالعاتی می‌باشد که بنظر می‌رسد بیشترین تاثیر را بر منطقه گذاشته است.

نتایج این مطالعات بصورت لایه‌های اطلاعاتی مختلف با یکدیگر تلفیق گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS، Spss، Minitab و بررسی‌های صحرائی نقشه پهنه‌بندی زمین‌ساخت جنبا منطقه بصورت کمی ترسیم و به 4 رده

دستگاهی ثبت شده بر روی آن‌ها، حاکی از پتانسیل بالای زمین‌لرزه است. لذا بایستی توجه بسیار به ساخت سازه‌های سنگین و سبک در این مناطق داشته باشیم.

مساحت متعلق به فعالیت‌های زمین‌ساختی بسیار فعال و فعال است. پهنه‌های بسیار فعال و فعال گستره مورد مطالعه، منطبق بر گسل‌های کواترنر و جوان شمال‌نیشابور و نیشابور است. که رویداد زمین‌لرزه‌های تاریخی و

جدول 8: نتایج بررسی شاخص‌های هفتگانه ریخت‌زمین‌ساختی در حوضه‌های گستره مورد مطالعه

حوضه	BS	Hi	AF-50	Smf	S	Vf	SL
1	3/739	0/431	12/037	-	1/195	0/289	353/430
2	2/005	0/294	11/755	-	1/175	-	133/152
3	4/755	0/291	14/558	-	1/163	-	261/447
4	4/679	0/308	4/6693	-	1/169	-	95/1425
5	2/668	0/462	19/145	-	1/238	-	162/637
6	3/436	0/482	1/5795	-	1/216	0/442	399/638
7	1/423	0/356	3/5063	1/342	1/197	-	32/1679
8	2/832	0/469	17/635	1/291	1/251	-	80/6228
9	5/149	0/623	7/1538	1/897	1/254	-	71/5535
10	2/667	0/413	24/637	-	1/235	-	290/555
11	1/471	0/519	13/826	-	1/312	0/329	393/424
12	1/680	0/252	36/195	-	1/456	0/386	208/766
13	1/996	0/525	4/1153	-	1/100	0/157	437/312
14A	2/678	0/496	7/4119	-	1/108	0/236	481/963
14B	1/654	0/502	9/7025	-	1/281	0/394	459/427
15	2/672	0/375	4/0648	1/199	1/179	-	112/803
16	0/808	0/240	8/0995	1/574	1/416	-	151/199
17	1/830	0/527	3/1872	-	1/164	0/452	452/657
18	3/299	0/264	7/2771	1/236	1/088	0/214	379/690
19	3/800	0/204	5/0243	1/093	1/233	-	221/915
20	3/705	0/323	4/4264	1/161	1/135	0/065	450/809
21	0/729	0/516	18/129	-	1/295	0/892	530/245
22	2/589	0/231	15/457	1/750	1/098	-	288/576
23	6/534	0/213	13/149	1/83	1/187	-	251/078
24	3/608	0/374	15/187	1/136	1/315	-	173/869
25	1/819	0/209	1/3916	1/22	1/178	-	212/788
26	1/510	0/475	20/286	-	1/204	0/156	349/972
27	4/498	0/308	22/134	1/211	1/275	-	211/313
28	1/512	0/243	6/1037	1/387	1/361	-	185/353
29	2/189	0/476	14/956	-	1/362	0/363	556/894
میانگین	2/798	0/380	11/560	0/644	1/228	0/1460	279/680

مخروط افکنه‌ها (مورد مطالعه: مخروط افکنه‌های دامنه شمالی میشو داغ)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره 44، ص 1-10.

-سیف، ع. و خسروی، ق.، 1389. بررسی تکتونیک فعال در قلمرو تراست زاگرس منطقه

منابع

-پورلطیفی، ع.، 1380. نقشه زمین‌شناسی طبقه مقیاس 1:100000، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران.

-خیام، م. و مختاری، د.، 1382. ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی بر اساس مورفولوژی

- قائمی، ف.، و حسینی، ک.، 1378. نقشه زمین-شناسی نیشابور مقیاس 1:100000. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
- قائمی، ف.، 1371. بررسی زمین شناسی ساختاری ارتفاعات شمال خاور نیشابور - بینالود (چهارگوش باغشن گچ)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- گورابی، ا.، 1386. شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه، پژوهش های جغرافیایی، شماره 60، ص 177-196.
- نبوی، م.، 1355. دیباچه ای بر زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، 109 صفحه
- فارس، پژوهش های جغرافیایی طبیعی، شماره 74، ص 125-146.
- شفیعی، ا.، علوی، ا.، و نادری، م.، 1388. تکتونیک فعال در رشته کوه بینالود با تکیه بر بررسی های مورفوتکتونیک، پژوهش های جغرافیایی طبیعی، شماره 70، ص 79-91.
- علی نیا، هادی.، 1391. بررسی ساختار، ریخت زمین ساخت و سائزمو تکتونیک شمال نیشابور به کمک نرم افزارهای RS, GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- فرویدی، ق.، 1388. بررسی مورفوتکتونیک بابا کوهی واقع در شمال شیراز، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، شماره 2، ص 126-134.
- Adams, K.D., Wesnousky, S.G., and Bills, B., 1999. Active faulting, and potential geomorphic effects in the Lake Lahontan basin, Nevada and California, Geological Society of America Bulletin, v. 111, p. 1739-1756.
- Bull, W.B., and Mc fadden, L.D., 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlok fault, California, 8th Annual geomorphology sym., New York.
- Bull, W.B., 1978. Geomorphic Tectonic Classes of the South Front of the San Gabriel Mountain California U.S, Geological Survey Contract report 14-08-001-G-394. Office of Earthquakes Volcanoes and Engineering: Menlo park CA.
- Burbank, D.W., and Anderson, R.S., 2001. Tectonic Geomorphology, Black well Science Ince, 268 p.
- Garcia-tortosa, F.J., Alfaro, P., Galindo-Zaldivar, J., Gibert., Lopez-Garrido A.C., Sanz deGaldeano, C., and Ureña, M., 2008. Geomorphologic Evidemce of the Active Baza Fault (Betic Cordillera, South Spain), Geomorphology, v.97, p. 374-391.
- Hamdouni, R.E., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., and Keller, E.A., 2008. Assessment of relative active tectonic, South west border of the Sierra Nevada (Southern Spain), Geomorphology, v.96, p.150-173.
- Hollingsworth, J., Fattahi, M., Walker, R., Talebian, M., Bahroudi, A., Bolourchi, M.J., Jackson, J., and Copley, A., 2010. Oroclinal beding, distributed thrust and strike-slip faulting, and the accommodation of Arabia-Eurasia convergence in NE Iran since the Oligocene, Geophysical Journal International.
- Keller, E.A., and Pinter, N., 2002. Active Tectonics, Earthquakes, Uplift and Land Scape, Printce Hall, Inc, 338 p.
- Ramirrez-Herrera, M.T., 1998. Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay graban, Mexican Volcanin belt, Earth Surface Process and Land Froms, v. 23, p. 317-322.
- Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C., and Bardajm, T., 2003. Fault generated -mountain fronts in Southeast Spain:

segmental convergent plate boundary
pacific coast of Costa Rica,
Geomorphology, v.1, p. 239-265.

geomorphology assessment of tectonic -
and earthquake activity, Geomorphol,
v.50, p.203-225.

-Wells, S.G., 1988. Regional variation
in tectonic geomorphology along a