

تحلیل کمی ناهنجاری سلسله مراتبی شبکه زهکشی و ارتباط آن با تکتونیک، مطالعه موردی: ۱۰ حوضه آبخیز زاگرس

شهرام بهرامی: استادیار جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزواری، ایران*

وصول: ۱۳۹۱/۹/۲۸ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۱۸، صص ۳۴-۱۵

چکیده

در این تحقیق، شاخص‌های ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa)، و تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی (ga) ۱۰ حوضه آبخیز محاسبه گردید و رابطه آنها با پارامترهای PAF (درصد عدم تقارن حوضه)، Bs (نسبت کشیدگی حوضه)، CR (ضریب گردواری حوضه)، R (شاخص انشعابات آبراهه‌ها)، Rb (نسبت انشعابات)، Dd (تراکم زهکشی) و Df (فرکانس زهکشی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بیشترین مقدار شاخص Δa مربوط به حوضه ۷ (۳.۴) و کمترین مقدار مربوط به حوضه ۱ (۰/۶۴) است. بالاترین مقدار شاخص ga نیز مربوط به حوضه ۶ (۱۲.۱) و کمترین مقدار آن مربوط به حوضه ۱۰ (۱.۵۴) است. بررسی رابطه بین پارامترها نشان می‌دهد که پارامترهای ga و Δa بعنوان شاخصهای معرف ناهنجاری شبکه زهکشی، بیشتر تحت تاثیر پارامترهای PAF، Bs و CR قرار دارند. این موضوع نشان می‌دهد که ناهنجاری شبکه زهکشی حوضه‌های مطالعاتی کاملا تحت تاثیر درصد کج شدگی حوضه‌ها و کشیدگی حوضه‌ها قرار دارند به گونه ای که حوضه‌هایی که بیشتر کج شده اند و همچنین دارای شکلی کشیده هستند، دارای بیشترین مقدار ga و Δa هستند. داده‌ها نشان می‌دهند که تراکم زهکشی و فرکانس زهکشی تاثیر زیادی بر مقدار ga و Δa ندارند. نتایج نشان می‌دهد که میزان فشردگی، بالآمدگی و روند طاقدیسها کنترل کننده شکل حوضه‌های آبخیز، کج شدگی حوضه‌ها و ناهنجاری شبکه زهکشی هستند. با توجه به اینکه کج شدگی حوضه‌ها و شکل آنها تحت تاثیر خصوصیات چینهای زاگرس قرار دارد، می‌توان نتیجه گرفت که تکتونیک عامل تعیین کننده ای در مقدار شاخصهای ga و Δa محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه، درصد عدم تقارن حوضه، فرکانس زهکشی، تکتونیک، زاگرس

مقدمه

(۱۹۶۷) شاخصهای نسبت مستقیم انشعابات (Rbd)،

اندکس ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa) و تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی (ga) را ارائه کردند (به نقل از سیکاسی و همکاران، ۱۹۸۶: ۲۳۴). آونا و همکاران (۱۹۶۷) جهت محاسبه شاخصهای فوق، ابتدا شاخصی مهم به نام تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی (Ha) را محاسبه نمودند. شاخص Ha ، حداقل

شبکه‌های زهکشی و خصوصیات مربوط به آنها از مهمترین شاخص‌های ژئومورفولوژیک جهت شناسایی تکتونیک‌های فعال محسوب می‌شوند. وضعیت سلسله مراتبی شبکه‌های زهکشی ابتدا توسط پارامتر نسبت انشعابات مورد بررسی قرار گرفت (هورتون، ۱۹۴۵). سپس آونا و همکاران

و مقدار بالا آمدگی در بخشهای مختلف آن متفاوت است (ورنانت^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۴: ۳۸۱؛ حسامی و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۴۷). تفاوت در درجه فعالیت‌های تکتونیکی و فشردگی چین‌ها به تفاوت در مورفومتری حوضه‌های زهکشی و نظم و ترتیب شبکه‌های زهکشی آنها منجر می‌گردد. بعنوان مثال در حوضه‌های واقع در چینهای فشرده، حوضه‌های کشیده تر و الگوی زهکشی موازی و داریستی وجود دارد در حالی که در چینهای ملایم و باز، الگوی شبکه درختی و تکامل یافته دیده می‌شود. همچنین در حوضه‌های کشیده و نامتقارن، ناهنجاری زهکشی بیشتر است، به طوریکه ورود آبراهه‌های درجات پائین (۱ و ۲) به درجات بالاتر (۵ و ۶) وجود دارد که این موضوع ناهنجاری سلسله مراتبی شبکه زهکشی محسوب می‌شود.

آونا و همکاران (۱۹۶۷) در محاسبه تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی، (بعنوان مثال اتصال یا مسیر آبراهه‌های درجه ۱ به ۳ و ۱ به ۴ یا ۲ به ۴ و ۲ به ۵) به صورت دستی تعدادی آبراهه درجه ۱ به صورت فرضی به اتصالات زهکشی ناهنجار اضافه نمودند تا اتصالات ناهنجار دارای نظم سلسله مراتبی شوند. با توجه به اینکه آونا و همکاران این کار را به صورت دستی انجام دادند، محاسبه تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی (Ha) برای اتصالات بالاتر (مثلا اتصال ۱ به ۸ یا ۱ به ۹ و بالاتر) بسیار مشکل است. هدف این تحقیق ارائه روشی کمی و قابل انجام (برای حوضه‌هایی با هر رده آبراهه ممکن) جهت محاسبه Ha، Δa و ga در حوضه‌های آبخیز است. تحقیق

آبراهه‌های درجه ۱ است که باید به طور فرضی به آبراهه‌های حوضه اضافه شوند تا مسیرها (اتصالات) دارای نظم سلسله مراتبی شود (گارنیری و پیروتا^۱، ۲۰۰۸: ۲۶۷). بعد از آونا و همکاران (۱۹۶۷)، محققین مختلفی از شاخص Ha جهت بررسی نقش تکتونیک در حوضه‌ها (گارنیری و پیروتا، ۲۰۰۸: ۲۶۷) و برآورد تولید رسوب (دلاستا و همکاران^۲، ۲۰۰۷: ۲۶؛ گروسو^۳ و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۸۰؛ جویا^۴ و همکاران، ۲۰۱۱: ۳۲) استفاده نموده‌اند. با اینکه تحقیقات زیادی در زمینه بررسی الگوی زهکشی، تراکم زهکشی، زاویه اتصال شبکه‌ها و ارتباط آنها تکتونیک‌های فعال در دنیا انجام شده است (دفونتینز^۵ و همکاران، ۱۹۹۲: ۲۰۴؛ جکسون^۶ و همکاران، ۱۹۹۸: ۳۸۱؛ سیمونی^۷ و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۵۸؛ دلکایلو^۸ و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۴۷؛ دوی^۹ و همکاران، ۲۰۱۱: ۲۰)، تحقیقات کمتری روی شاخصهای Δa، Ha و ga انجام شده است. در زاگرس ایران نیز محققینی مانند رامسی^{۱۰} و همکاران (۲۰۰۸: ۳۲)، پیراسته و همکاران (۲۰۱۱: ۱۷۱) و بهرامی (۲۰۱۲: ۴۲) الگوی زهکشی و خصوصیات مورفومتری شبکه‌های زهکشی را در ارتباط با بالا آمدگی طاق‌دیسها بررسی کرده‌اند. با وجود اینکه زاگرس از جمله مناطق فعال تکتونیکی محسوب می‌شود (بربریان^{۱۱}، ۱۹۹۵: ۲۰۱)، فعالیت‌های تکتونیکی

¹ - Guarnieri and Pirrotta

² - Della Seta

³ - Grauso

⁴ - Gioia

⁵ - Deffontaines

⁶ - Jackson

⁷ - Simoni

⁸ - Delcaillau

⁹ - Devi

¹⁰ - Ramsy

¹¹ - Berberian

¹² - Vernant

مجموعه ای از طاقدیسها و ناودیسهای در حال رشد را تشکیل می‌دهد که در اغلب موارد، توپوگرافی آن با ساختمان زمین شناسی تطابق دارد. حوضه‌های شماره ۱ و ۲ بخشی از طاقدیس فرسایش یافته امام حسن را تشکیل می‌دهند در حالی که سایر حوضه‌ها، حوضه‌های ناودیسی هستند. بخشی از حوضه شماره ۴ ناودیسی و بخشی از آن در طاقدیس فرسایش یافته مانشت قرار دارد. لیتولوژی حوضه شماره ۱ شامل سازندهای گورپی (شیل، مارن و آهک مارنی)، امیران (سیلت استون، ماسه سنگ و گنگلومرا)، تله زنگ (آهک رسی)، آسماری (آهک) و گچساران (انیدریت، نمک، لایه‌های نازک آهک و مارن) است که به ترتیب ۲۷.۸، ۵۲.۲، ۹.۴، ۱۰.۳ و ۰.۲ درصد را از مساحت کل حوضه در بر می‌گیرند. سازندهای گورپی، امیران، تله زنگ و آسماری نیز به ترتیب ۲۱.۱، ۶۵.۳، ۱۲.۶ و ۱ درصد مساحت حوضه شماره ۲ را شامل می‌شوند. حوضه شماره ۳ شامل سازندهای تله زنگ، آسماری، میشان (آهک و مارن)، آغاجاری (ماسه سنگهای آهکی - گچی، مارن و سیلت استون) و آبرفتهای کواترنری است که به ترتیب ۹.۶، ۴۴.۳، ۰.۴، ۰.۷ و ۴۱ درصد مساحت حوضه را شامل می‌شوند. سازندهای پابده (شیل، آهک و مارن)، گورپی، آسماری، گچساران، آغاجاری، بختیاری (کنگلومرا) و آبرفتهای کواترنری به ترتیب ۷.۳، ۲.۷، ۵۸.۸، ۱۴.۳، ۰.۸، ۰.۲ و ۱۵.۹ درصد مساحت حوضه شماره ۴ را تشکیل می‌دهند. حوضه شماره ۵ شامل سازندهای آسماری، گچساران و آبرفتهای کواترنری است که به ترتیب ۶۲، ۲۸.۲ و ۹.۸ درصد مساحت حوضه را در بر می‌گیرند. سازندهای کشکان (سیلت استون، ماسه سنگ و

حاضر با ارائه رابطه ای جدید برای محاسبه $Ha_{i \rightarrow j}$ ، شاخصهای Δa و ga در ۱۰ حوضه آبخیز در زاگرس را مورد ارزیابی قرار داده و رابطه شاخصهای مذکور را با دیگر پارامترهای کمی مربوط به حوضه‌های آبخیز بررسی نموده و در نهایت نقش تکتونیک را در مقدار شاخصهای مذکور مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است.

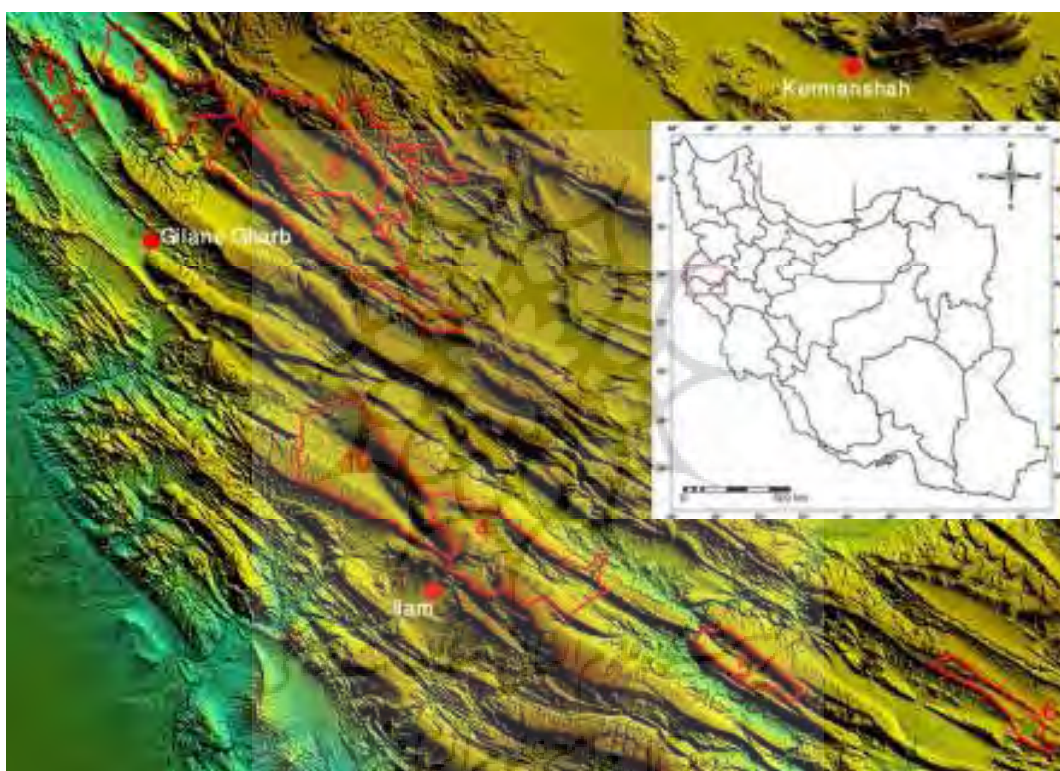
منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق ۱۰ حوضه آبخیز از استانهای کرمانشاه، ایلام و لرستان انتخاب شدند. موقعیت حوضه‌های مطالعاتی در شکل شماره ۱ مشخص شده است. حوضه شماره ۱ (حوضه امام حسن) در استان کرمانشاه و در ۱۲ کیلومتری جنوب غرب شهر سرپل ذهاب قرار دارد. حوضه شماره ۲ نیز در جنوب شرق حوضه شماره ۱ قرار دارد. حوضه شماره ۳ (قلعه شاهین) در جنوب شرق سرپل ذهاب واقع شده است. حوضه شماره ۴ در استان ایلام، در جنوب سرابله و غرب روستای نور آباد واقع شده است. حوضه شماره ۵ در منتهی الیه غربی استان لرستان و جنوب شرق روستای چمچرود قرار گرفته است. حوضه شماره ۶ نیز در استان لرستان، شهرستان کوهدشت و در شرق روستای پای آستان قرار دارد. حوضه‌های ۷ (پی کلا)، ۸ (کزند غرب)، ۹ (خسرو آباد) در استان کرمانشاه و حوضه شماره ۱۰ (کنگیر) در استان ایلام قرار دارند. ویژگیهای فیزیوگرافی حوضه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

حوضه شماره ۷ بیشترین مساحت و حوضه شماره ۲ کمترین مساحت را دارا هستند. از نظر زمین شناسی تمامی حوضه‌ها در زون ساختمانی زاگرس چین خورده قرار دارند. زاگرس چین خورده

۰.۱ و ۱.۴ درصد مساحت حوضه شماره ۸ را تشکیل می‌دهند. حوضه شماره ۹ تنها از دو سازند آسماری (۹۱.۹ درصد) و آبرفت‌های کواترنری (۸.۱ درصد) تشکیل شده است. سازندهای آسماری، گچساران و آبرفت‌های کواترنری به ترتیب ۶۸.۲، ۷.۹ و ۲۳.۹ درصد مساحت حوضه شماره ۱۰ را تشکیل می‌دهند.

کنگلومرال)، آسماری، گچساران و آبرفت‌های کواترنری به ترتیب ۰.۲، ۳۷.۷، ۲۱ و ۴۱.۲ درصد مساحت حوضه شماره ۶ را شامل می‌شوند. حوضه شماره ۷ از سازندهای آبرفت‌های کواترنری (۳۰ درصد)، بختیاری (۰.۳ درصد)، گچساران (۰.۶ درصد) و آسماری (۶۹.۲ درصد) تشکیل شده است. سازندهای بختیاری، آبرفت‌های کواترنری، آغاچاری، آسماری، کشکان و تله زنگ به ترتیب ۰.۱، ۴۳.۱، ۱.۱، ۵۳.۳



شکل ۱- موقعیت حوضه‌های مطالعاتی در غرب کشور: خطوط قرمز رنگ مرز حوضه‌ها و اعداد قرمز رنگ، شماره حوضه‌ها را نشان می‌دهند

جدول ۱- مساحت (A)، محیط (P)، طول حوضه (BL)، حداکثر عرض حوضه (BW) و مساحت سمت بزرگتر رودخانه اصلی (ALS) حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه

شماره حوضه	(km ²) A	(km) P	(km) BL	(km) BW	(km ²) ALS
1	40.76	28.74	7.85	5.22	20.64
2	27.05	21.48	5.81	5.16	14.46
3	147.08	65.25	22.2	11.27	79.75
4	249.75	93.13	31.5	11.84	178.38
5	69.78	47.26	17.94	4.9	40.93
6	56.8	56.49	23.1	4.12	43.21
7	285	121.8	47.16	9.91	200.9
8	237.77	81.96	27.58	12.82	150.98
9	124	77.15	22.72	10.9	82.65
10	273.5	85.09	32.53	15.79	155.94

مواد و روش‌ها

ابتدا مرز حوضه‌های مطالعاتی بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ تعیین گردید و منحنی‌های میزان ۲۰ متر حوضه‌ها در محیط نرم افزار ILWIS رقومی شد و بر اساس آن نقشه مدل ارتفاعی رقومی حوضه‌ها و شبکه‌های زهکشی با درجات مختلف به روش استراهلر (1952:1120) در نرم افزار الویس تهیه شد. لیتولوژی حوضه‌ها از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰ شرکت ملی نفت استخراج و مساحت سازندهای زمین شناسی در هر حوضه محاسبه شد. مورفومتری حوضه‌ها از جمله مساحت، محیط، طول و عرض حوضه‌ها، طول آبراهه اصلی و مساحت سمت بزرگتر آبراهه اصلی و طول و تعداد آبراهه‌ها در درجات مختلف در محیط الویس محاسبه شد.

در روش رده بندی استراهلر، بخشی از آبراهه که هیچ سرشاخه ای ندارد بعنوان آبراهه درجه ۱ در نظر گرفته می‌شود. با اتصال دو آبراهه درجه ۱، آبراهه درجه ۲، و با اتصال دو آبراهه درجه ۲، آبراهه درجه

۳ تشکیل می‌شود. به طور کلی در این سیستم رده بندی، با اتصال دو آبراهه با درجه مشابه، آبراهه ای با یک درجه بالاتر تشکیل می‌شود. در هر حوضه، تعدادی اتصالات یا مسیرهای آبراهه ای وجود دارد (بعنوان مثال اتصال ۱ به ۲، ۱ به ۳، ۲ به ۳، ۲ به ۴ و غیره). تعدادی از اتصالات آبراهه ای در هر حوضه ممکن است هنجار و تعدادی ناهنجار باشند. در حوضه‌هایی که تحت تاثیر عوامل خارجی مانند تکتونیک قرار نداشته باشند، الگوی زهکشی بیشتر به صورت شبکه درختی تکامل می‌یابد (پیتتر و کلر^۱، ۲۰۰۲: ۱۶۰). در الگوی شبکه درختی، اتصالات آبراهه‌ای دارای نظم سلسله مراتبی هستند. بعنوان مثال آبراهه‌ها به یک درجه بالاتر از خود وارد می‌شوند (۲→۱، ۳→۲، ۴→۳، ۵→۴، ۶→۵ و غیره). در حوضه‌های با الگوی شبکه درختی، ورود آبراهه رده ۱ به رده‌های ۳ یا بالاتر کمتر دیده می‌شود. بنابراین در حوضه‌های معمولی، اتصالات (i_j) از یک رده خاص

¹ - Keller and Pinter

مقصد را ز بنامیم، تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی هر اتصال آبراهه ($Ha_{i \rightarrow j}$) از رابطه ۱ بدست می‌آید:

$$Ha_{i \rightarrow j} = 2^{(j-2)} - 2^{(i-1)} \quad (\text{رابطه ۱})$$

بعنوان مثال تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه برای اتصال ۱ به ۶ ($1 \rightarrow 6$) عدد ۱۵ بدست می‌آید:

$$Ha_{1 \rightarrow 6} = 2^{(6-2)} - 2^{(1-1)} = 16 - 1 = 15$$

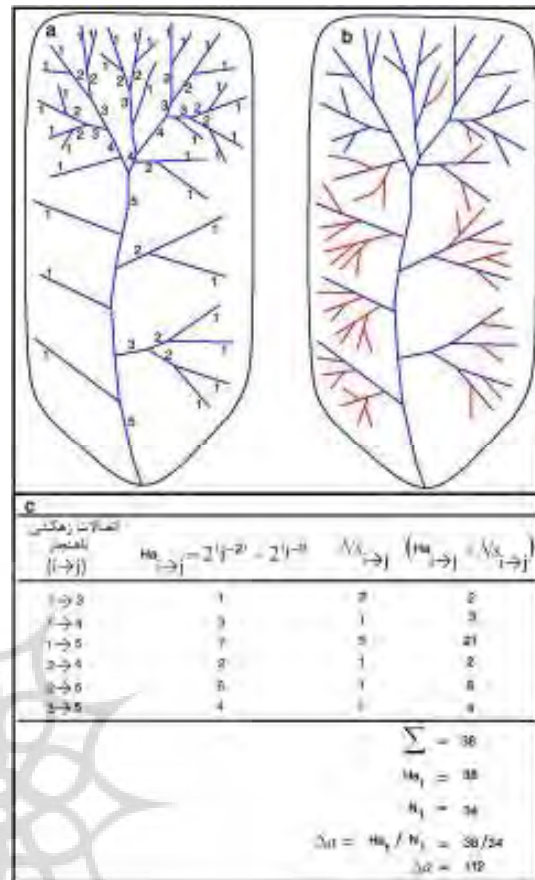
بعد از محاسبه $Ha_{i \rightarrow j}$ (جدول ۲، ستون دوم از سمت چپ)، تعداد آبراهه‌ها در هر اتصال ($Ns_{i \rightarrow j}$) بدست می‌آید (جدول ۲). سپس از مجموع حاصلضرب $Ha_{i \rightarrow j}$ و $Ns_{i \rightarrow j}$ ، تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه برای کل حوضه (Ha_t) بدست می‌آید:

$$Ha_t = \sum (Ha_{i \rightarrow j} \times Ns_{i \rightarrow j}) \quad (\text{رابطه ۲})$$

بعد از محاسبه Ha_t ، شاخص Δa (شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی) از تقسیم Ha_t بر تعداد واقعی آبراهه‌های درجه یک حوضه بدست می‌آید. شکل ۲ روش محاسبه $Ha_{i \rightarrow j}$ ، Ha_t و Δa را در یک حوضه فرضی به طور شماتیک نشان می‌دهد. شاخص ga (تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی) نیز از تقسیم Ha_t بر مساحت حوضه بدست می‌آید.

به یک رده بالاتر ($1 \rightarrow 2$)، $2 \rightarrow 3$ ، $3 \rightarrow 4$ ، $4 \rightarrow 5$ و غیره) دارای نظم سلسله مراتبی است اما اگر آبراهه ای به آبراهه با درجه بعلاه ۲ و بالاتر وارد شود ($1 \rightarrow 3$)، $1 \rightarrow 4$ ، $1 \rightarrow 5$ ، $2 \rightarrow 5$ ، $3 \rightarrow 6$ و غیره)، اتصال مذکور دارای ناهنجاری سلسله مراتبی است. اگر به اتصالات ناهنجار در یک حوضه زهکشی، به صورت فرضی آبراهه‌هایی اضافه شود، شبکه زهکشی دارای نظم سلسله مراتبی می‌شود. بعنوان مثال اگر به اتصال ناهنجار ۱ به ۳ ($1 \rightarrow 3$) فقط یک آبراهه درجه ۱ اضافه کنیم، نظم سلسله مراتبی شبکه زهکشی در اتصال مذکور ایجاد می‌شود. یا اگر به اتصال ناهنجار ۱ به ۵ تعداد ۷ آبراهه درجه ۱ به طور فرضی اضافه شود، اتصال فوق دارای نظم سلسله مراتبی می‌شود. آونا و همکاران (۱۹۶۷) شاخصی بنام Ha (تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه) را تعریف کردند. بنظر آونا و همکاران، Ha عبارت است از حداقل تعداد آبراهه‌های درجه یک، که باید به طور فرضی به شبکه زهکشی اضافه شوند تا اتصالات دارای نظم سلسله مراتبی شوند (به نقل از گارنیری و پیروتا، ۲۰۰۸: ۲۶۷). با توجه به اینکه محاسبه دستی Ha کار مشکلی است، در این تحقیق ابتدا رابطه ای جهت محاسبه تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی هر اتصال آبراهه ($Ha_{i \rightarrow j}$) تعریف می‌شود و بر اساس آن تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه در کل حوضه (Ha_t) بدست می‌آید. در حالتی که یک آبراهه مبدا (بعنوان مثال درجه ۱) به آبراهه بالاتر یا مقصد (بعنوان مثال درجه ۳) متصل شود، اگر آبراهه مبدا را i و آبراهه

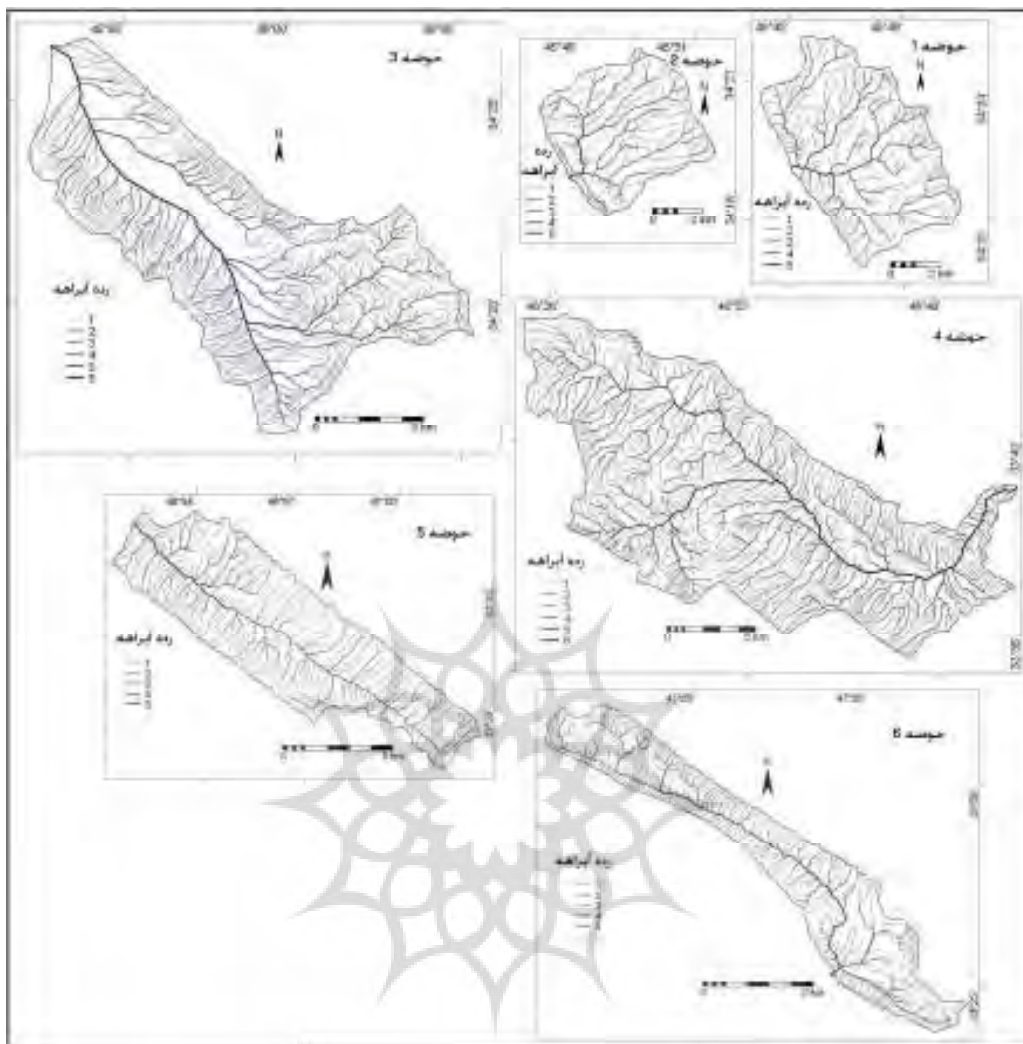
بندی آبراهه‌ها به روش استراهلر انجام گردید. اتصالات زهکشی ($i \rightarrow j$) برای هر حوضه تعیین و پارامتر $Ha_{i \rightarrow j}$ از رابطه ۱ بدست آمد (جدول ۲). در مرحله بعد تعداد آبراهه‌ها در هر اتصال زهکشی ($Ns_{i \rightarrow j}$) محاسبه شد (جدول ۲). پارامتر ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه در کل حوضه (Ha_i) از مجموع حاصلضرب $Ha_{i \rightarrow j}$ و $Ns_{i \rightarrow j}$ بدست آمد. شاخص Δa (شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی) از تقسیم Ha_i بر تعداد واقعی آبراهه‌های درجه یک حوضه، و شاخص ga (تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی) نیز از تقسیم Ha_i بر مساحت حوضه بدست آمدند. جدول ۲، اتصالات زهکشی ($i \rightarrow j$)، تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی زهکشی در هر اتصال ($Ha_{i \rightarrow j}$)، تعداد آبراهه در هر اتصال زهکشی ($Ns_{i \rightarrow j}$) و حاصلضرب $Ha_{i \rightarrow j}$ و $Ns_{i \rightarrow j}$ را برای حوضه‌های مطالعاتی نشان می‌دهد. بیشترین مقدار پارامتر Ha_i مربوط به حوضه شماره ۷ (۳۰۵۷) و کمترین مقدار آن مربوط به حوضه ۱ (۱۱۳) است. بیشترین مقدار شاخص Δa مربوط به حوضه ۷ (۳.۴) و کمترین مقدار مربوط به حوضه ۱ (۰.۶۴) است. مقدار شاخص ga نیز در حوضه‌های مطالعاتی دارای تغییرات زیادی است. بالاترین مقدار این شاخص مربوط به حوضه ۶ (۱۲.۱) و کمترین مقدار آن مربوط به حوضه‌های ۱۰ (۱.۵۴) است. به طور کلی بررسی جدول ۲ نشان می‌دهد که شبکه زهکشی در حوضه‌های ۳ تا ۹ نسبت به حوضه ۱، ۲ و ۱۰ دارای ناهنجاری بیشتری است.



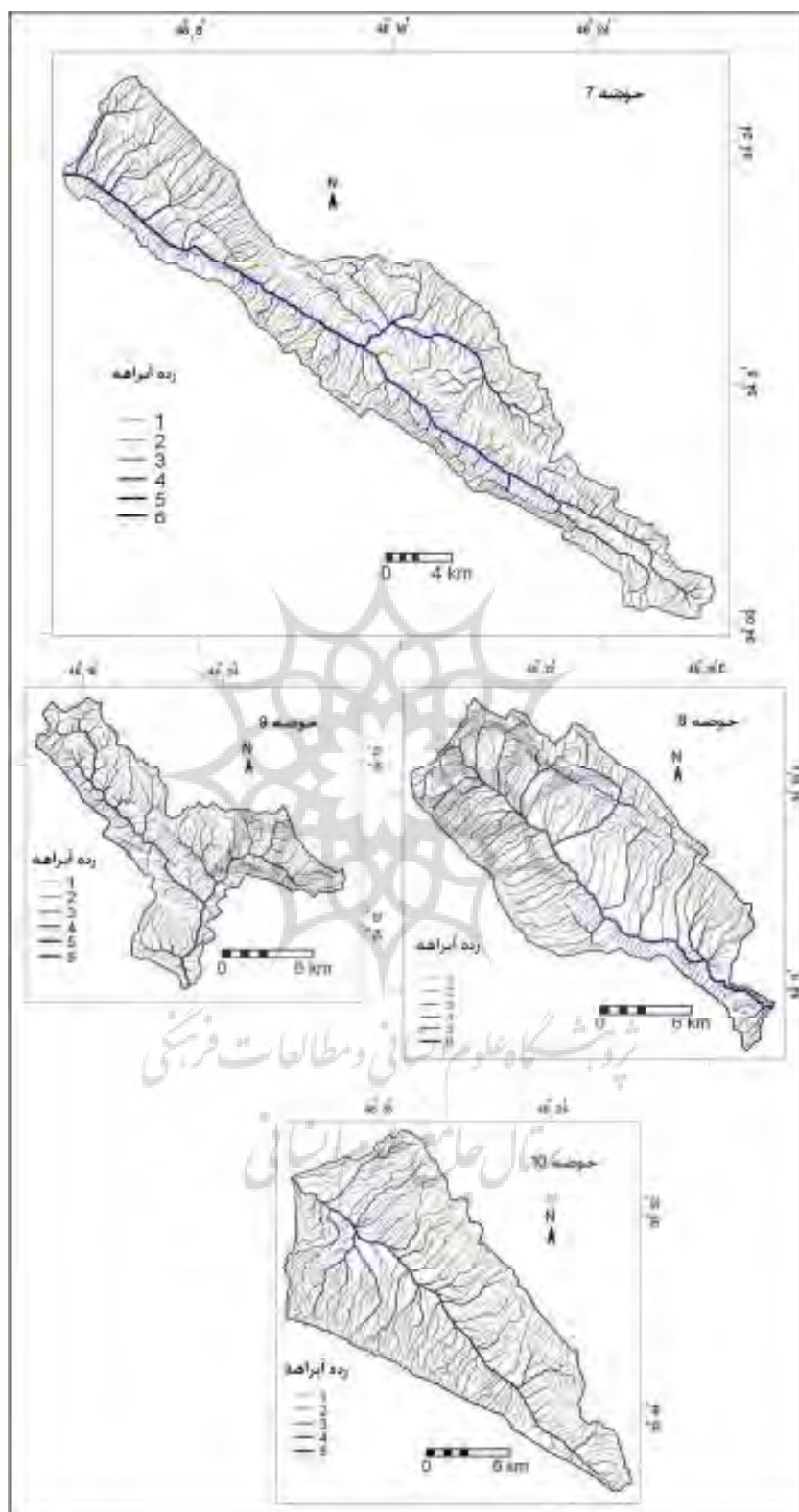
شکل ۲- روش محاسبه $Ha_{i \rightarrow j}$ ، Ha_i و Δa در یک حوضه فرضی به طور شماتیک، a: یک حوضه زهکشی فرضی با بالاترین رده آبراهه ۵ که دارای چند مسیر یا اتصال زهکشی ناهنجار ($i \rightarrow j$) است، b: منظم کردن دستی شبکه زهکشی حوضه بر اساس روش آونا و همکاران (۱۹۶۷): خطوط قرمز آبراهه‌های درجه ۱ فرضی هستند که به شبکه اضافه شده اند تا شبکه زهکشی، نظم سلسله مراتبی پیدا کند، c: روش محاسبه $Ha_{i \rightarrow j}$ ، Ha_i و Δa در مطالعه حاضر

نتایج

شاخص‌های مربوط به ناهنجاری سلسله مراتبی شبکه زهکشی پارامتر $Ha_{i \rightarrow j}$ عبارتست از حداقل آبراهه‌های درجه ۱ در هر اتصال که باید به طور فرضی به شبکه زهکشی اضافه شوند تا اتصال دارای نظم سلسله مراتبی شود. جهت محاسبه این شاخص ابتدا سیستم زهکشی حوضه‌ها ترسیم شد (شکل‌های ۳ و ۴) و رده



شکل ۳- سیستم زهکشی و درجه بندی آبراهه‌ها در حوضه‌های شماره ۱ تا ۶



شکل ۴- سیستم زهکشی و درجه بندی آبراهه‌های حوضه‌های ۷ تا ۱۰

شاخص درصد عدم تقارن حوضه (PAF)

از جمله شاخصهایی که جهت بررسی کج شدگی تکتونیکی حوضه‌های زهکشی مطرح شده است، شاخص عدم تقارن حوضه (AF) است که از تقسیم Ar (مساحت سمت راست رودخانه اصلی حوضه با نگاه از بالا دست به سمت پائین دست) بر At (مساحت کل حوضه) ضربدر ۱۰۰ بدست می‌آید (کلمنت و بروک^۱ ۲۰۰۸: ۱۷۹۸). هر چه مقدار AF به عدد ۱۰۰ نزدیک شود نشان دهنده کج شدگی حوضه به سمت چپ و هر چه به صفر نزدیک شود نشان دهنده کج شدگی حوضه به سمت راست است. مقدار ۵۰ نیز حوضه‌های بدون کج شدگی را نشان می‌دهد.

در این تحقیق، با اصلاح شاخص مذکور، شاخصی بنام PAF یا درصد عدم تقارن حوضه تعریف شده است که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$PAF = ALS/At \times 100$$

که در آن، ALS مساحت سمت بزرگتر رودخانه اصلی حوضه و At مساحت کل حوضه به کیلومتر مربع است. مقدار این شاخص از ۵۰ تا ۱۰۰ متغیر است. صرف نظر از کج شدگی تکتونیکی به سمت راست یا چپ حوضه‌ها، هر چه مقدار شاخص PAF به ۱۰۰ نزدیکتر باشد، کج شدگی تکتونیکی حوضه بیشتر است. مقدار شاخص مذکور برای حوضه‌های مطالعاتی در جدول ۳ ارائه شده است. مقدار PAF از ۵۰.۶ (حوضه ۱) تا ۷۶.۱ (حوضه ۶) متغیر است. به طور کلی بر اساس شاخص مذکور، درصد کج شدگی تکتونیکی حوضه‌های شماره ۶، ۷ و ۸ بیشتر از سایر حوضه‌ها می‌باشد.

شاخصهای مربوط به شکل حوضه

از جمله شاخصهای کمی مربوط به شکل حوضه‌ها نسبت کشیدگی^۲ و ضریب گردواری^۳ است. نسبت کشیدگی حوضه (Bs) از تقسیم طول حوضه (BL) بر حداکثر عرض حوضه (BW) بدست می‌آید (رامیرز هررا^۴، ۱۹۹۸: ۳۲۵ و ده بزرگی و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۳۵). هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد حوضه کشیده تر است. ضریب گردواری حوضه (CR) از رابطه زیر بدست می‌آید (سریدوی^۵ و همکاران ۲۰۰۵: ۴۱۷):

$$CR = \left(\frac{4 \times \pi \times A}{P^2} \right)$$

که در آن A مساحت حوضه به کیلومتر، P محیط حوضه به کیلومتر و π عدد ۳.۱۴ است. مقدار این شاخص بین ۰ و ۱ متغیر است. هر چه عدد به ۱ نزدیکتر باشد حوضه دایره ای و هر چه به صفر نزدیکتر باشد حوضه کشیده تر است. مقدار نسبت کشیدگی حوضه‌های مورد مطالعه از ۱.۱۲۶ (حوضه ۲) تا ۵.۶۰۷ (حوضه ۶) متغیر است (جدول ۳). به طور کلی شاخص فوق نشان می‌دهد که حوضه‌های شماره ۶ و ۷ کشیده تر از سایر حوضه می‌باشند. مقدار ضریب گردواری حوضه‌ها از ۰/۲۲ (حوضه ۶) تا ۰/۷۴ (حوضه ۲) متغیر است (جدول ۳). مقدار شاخص فوق نشان می‌دهد که حوضه‌های ۱ و ۲ دارای شکلی تقریباً دایره ای هستند.

2 - elongation ratio
3 - circulatory ratio
4 - Ramírez-Herrera
5 - Sreedevi

¹ - Clement and Brook

جدول ۲- اتصالات زهکشی ($i \rightarrow j$)، تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی هر اتصال آبراهه ($Ha_{i \rightarrow j}$)، تعداد آبراهه‌ها در هر اتصال ($Ns_{i \rightarrow j}$)، تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه در کل حوضه (Ha_t)، شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa) و تراکم ناهنجاری سلسله مراتبی (ga) در حوضه‌های مورد مطالعه

$i \rightarrow j$	$Ha_{i \rightarrow j}$	حوضه ۱		حوضه ۲		حوضه ۳		حوضه ۴		حوضه ۵		حوضه ۶	
		$Ns_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j} \times Ha_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j} \times Ha_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j} \times Ha_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j} \times Ha_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j} \times Ha_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j} \times Ha_{i \rightarrow j}$
1→2	0	141	0	71	0	391	0	637	0	144	0	174	0
1→3	1	19	19	20	20	96	96	108	108	24	24	44	44
1→4	3	13	39	4	12	26	78	43	129	36	108	31	93
1→5	7	3	21	10	70	17	119	29	203	23	161	56	392
1→6	15	0	0	0	0	10	150	68	1020	0	0	0	0
2→3	0	36	0	21	0	83	0	124	0	30	0	42	0
2→4	2	6	12	0	0	18	36	13	26	16	32	5	10
2→5	6	3	18	4	24	5	30	13	78	7	42	24	144
2→6	14	0	0	0	0	17	238	22	308	0	0	0	0
3→4	0	12	0	8	0	18	0	24	0	8	0	10	0
3→5	4	1	4	0	0	1	4	6	24	2	8	1	4
3→6	12	0	0	0	0	9	108	8	96	0	0	0	0
4→5	0	4	0	3	0	4	0	4	0	2	0	4	0
4→6	8	0	0	0	0	4	32	4	32	0	0	0	0
5→6	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0
			Ha_t 113= Δa = 0.64 ga= 2.77		Ha_t 126= Δa = 1.2 ga= 4.66		Ha_t 891= Δa = 1.65 ga= 6.06		Ha_t 2024= Δa = 2.29 ga= 8.1		Ha_t 375= Δa = 1.652 ga= 5.4		Ha_t 687= Δa = 2.25 ga= 12.1

ادامه جدول ۴

$i \rightarrow j$	$Ha_{i \rightarrow j}$	حوضه ۷		حوضه ۸		حوضه ۹		حوضه ۱۰	
		$Ns_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j} \times Ha_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j} \times Ha_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j} \times Ha_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j}$	$Ns_{i \rightarrow j} \times Ha_{i \rightarrow j}$
1→2	0	555	0	405	0	376	0	363	0
1→3	1	94	94	103	103	51	51	47	47
1→4	3	63	189	30	90	60	180	15	45
1→5	7	89	623	9	63	52	364	19	133
1→6	15	99	1485	50	750	17	255	0	0
2→3	0	106	0	91	0	63	0	68	0
2→4	2	21	42	4	8	17	34	7	14
2→5	6	24	144	8	48	13	78	21	126
2→6	14	22	308	13	182	4	56	0	0
3→4	0	23	0	21	0	16	0	11	0
3→5	4	10	40	1	4	5	20	14	56
3→6	12	9	108	7	84	1	12	0	0

4→5	0	6	0	5	0	5	0	5	0
4→6	8	3	24	2	16	1	8	0	0
5→6	0	2	0	2	0	2	0	0	0
			$= Ha_t$		$= Ha_t$		$= Ha_t$		$= Ha_t$
			۳۰۵۷		۱۳۴۸		۱۰۵۸		۴۲۱
			$\Delta a =$		$\Delta a =$		$\Delta a =$		$\Delta a =$
			۳.۴		۲.۲۷		۹۱.		۰.۹۵
			$ga =$		$ga =$		$ga =$		$ga =$
			۱۰.۷۳		۵.۶۷		۸.۵۳		۱.۵۴

شاخص‌های مربوط به مورفومتری شبکه زهکشی

از مهمترین شاخص‌های کمی سیستم زهکشی حوضه‌ها، می‌توان به تراکم زهکشی (Dd)، فرکانس زهکشی (Df) و شاخص انشعابات (R) اشاره کرد. شاخص انشعابات از عدد نسبت انشعابات حوضه (Rb) منهای نسبت مستقیم انشعابات (Rbd) حوضه بدست می‌آید (بارونی^۱ و همکاران ۲۰۰۵: ۲۲۳). با افزایش درجه تاثیر عوامل تکتونیکی در حوضه‌ها، مقدار شاخص مذکور افزایش می‌یابد. جهت محاسبه شاخص انشعابات ابتدا نسبت انشعابات (Rb) و سپس نسبت مستقیم انشعابات (Rbd) محاسبه شد. نسبت انشعابات برای هر رده از آبراهه از تقسیم تعداد کل آبراهه‌های آن درجه بر تعداد کل آبراهه‌های یک درجه بالاتر بدست می‌آید. نسبت انشعابات کل حوضه از میانگین Rb کل درجات محاسبه می‌شود (گارنیر و پیروتا ۲۰۰۸: ۲۶۷). نسبت مستقیم انشعابات (Rbd) برای هر رده آبراهه، از تقسیم تعداد آبراهه‌های آن درجه (که مستقیماً به یک درجه بالاتر وارد می‌شوند) بر تعداد کل آبراهه‌های یک درجه بالاتر بدست می‌آید. نسبت مستقیم انشعابات کل حوضه از میانگین Rbd کل درجات بدست می‌آید (بارونی و همکاران ۲۰۰۵: ۲۲۳). بعنوان مثال برای

حوضه شماره ۱ تعداد آبراهه‌های درجه ۱ که وارد ۲ می‌شوند ۱۴۱ عدد (جدول ۲) و تعداد کل آبراهه‌های درجه ۲، عدد ۴۵ است. بنابراین Rbd برای آبراهه درجه ۱ حوضه شماره یک عدد ۳.۱ است. تراکم زهکشی حوضه‌ها نیز از تقسیم طول تمامی آبراهه‌ها (کیلومتر) بر مساحت حوضه (کیلومتر مربع) بدست می‌آید (آلتین^۲، ۲۰۱۱: ۴۸۸). فرکانس زهکشی از تقسیم تعداد آبراهه‌ها (تمام درجات) بر مساحت حوضه بدست می‌آید (دوی، ۲۰۱۱: ۲۰).

مقادیر R، Rb و Rbd، Dd و Df حوضه‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. شاخص Rb از ۳.۲۵ (حوضه ۲) تا ۴.۶۲ (حوضه ۱۰) متغیر است. به طور کلی مقدار نسبت انشعابات دارای تفاوت زیادی در حوضه‌های مطالعاتی نیست. مقدار پارامتر R نیز از ۰/۳۷ (حوضه ۱) تا ۲/۱۹ (حوضه ۶) متغیر است. جدول ۳ نشان می‌دهد که مقدار تراکم زهکشی حوضه دارای تفاوت زیادی نیست، با این وجود حوضه ۶ دارای تراکم زهکشی بیشتری (۴.۰۵) نسبت به سایر حوضه است. مقدار پارامتر فرکانس زهکشی حوضه‌ها از ۲.۰۹ (حوضه ۱۰) تا ۶.۹ (حوضه ۶) در تغییر است.

2 - Altin

1 - Baroni

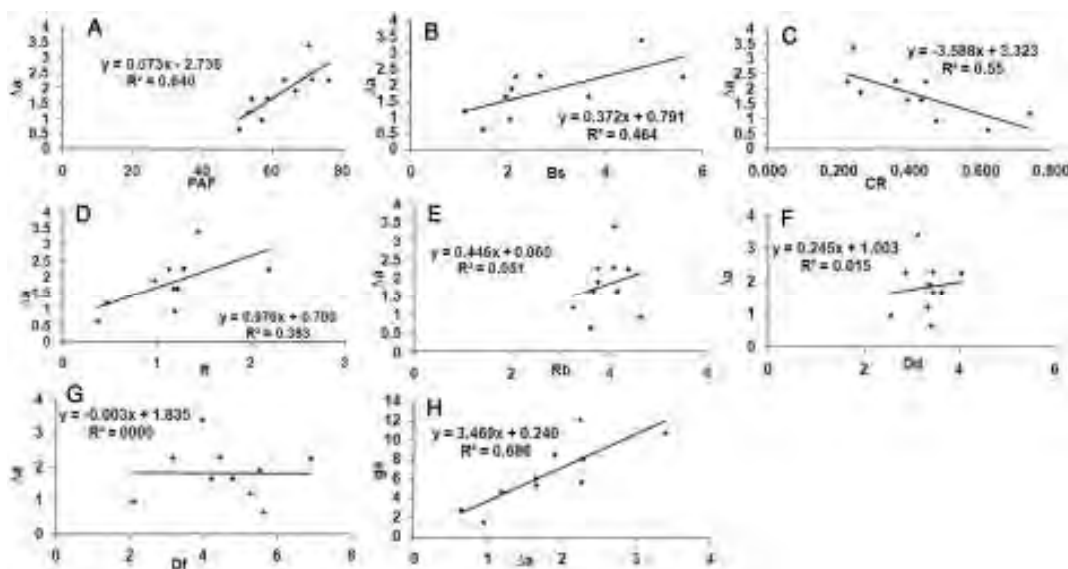
جدول ۳- پارامترهای کمی مربوط به کج شدگی تکتونیکی حوضه‌ها و مورفومتری شبکه زهکشی

شماره حوضه	PAF	Bs	CR	Rb	Rbd	R	Dd	Df
1	50.6	1.504	0.62	3.6	3.23	0.37	3.41	5.62
2	53.5	1.126	0.74	3.25	2.78	0.47	3.343	5.25
3	54.2	1.97	0.43	3.66	2.48	1.18	3.63	4.77
4	71.4	2.66	0.36	4.08	2.79	1.29	3.45	4.43
5	58.7	3.661	0.39	4.15	2.929	1.221	3.45	4.20
6	76.1	5.607	0.22	4.38	2.19	2.19	4.05	6.9
7	70.49	4.76	0.241	4.1	2.66	1.44	3.14	3.95
8	63.49	2.17	0.444	3.76	2.63	1.13	2.88	3.16
9	66.65	2.08	0.262	3.76	2.78	0.98	3.38	5.51
10	57.02	2.06	0.474	4.62	3.43	1.19	2.57	2.09

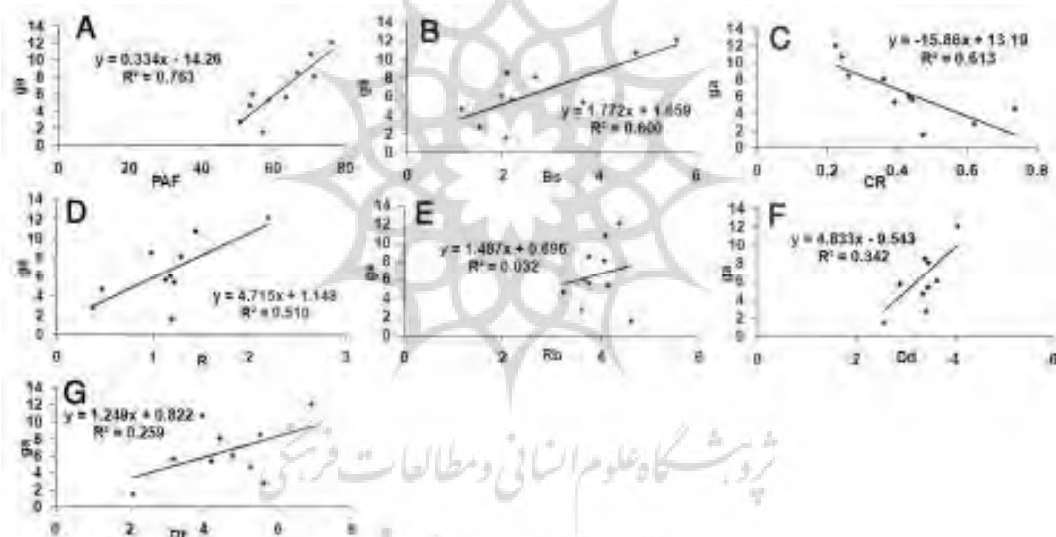
بحث

و شاخص‌های Δa و ga وجود ندارد. رابطه معکوسی بین دو پارامتر Δa و CR با ضریب همبستگی مناسب (۵۵ درصد) وجود دارد (شکل ۵، C). شکل ۶ رابطه خطی بین ga و پارامترهای PAF ، Bs ، CR ، R ، Rb ، Dd و Df را نشان می‌دهد. بین تمامی پارامترها، بجز ga و CR ، رابطه مستقیم برقرار است. با این وجود ضریب همبستگی بین ga و PAF (۷۶ درصد)، ga و Bs (۶۰ درصد)، ga و CR (۶۱ درصد)، ga و R (۵۱ درصد)، نسبت به سایر پارامترها بیشتر است. وجود رابطه قوی معکوس بین پارامتر ga و CR و رابطه مستقیم بین ga و Bs با ضریب همبستگی مناسب نشان دهنده این موضوع است که با افزایش کشیدگی حوضه‌ها میزان ناهنجاری سلسله مراتبی شبکه زهکشی افزایش می‌یابد.

در این تحقیق رابطه خطی و ضریب همبستگی بین پارامترهای مختلف بدست آمد. شکل ۵ رابطه خطی و مقدار ضریب همبستگی بین Δa و پارامترهای PAF ، Bs ، CR ، Rb ، Dd ، R و Df را نشان می‌دهد. رابطه مستقیمی بین پارامتر Δa و PAF ، Bs ، R ، Rb و Dd وجود دارد. با این وجود، ضریب همبستگی بین Δa و ga (۶۹ درصد)، Δa و PAF (۶۴ درصد)، بیشتر از سایر پارامترها می‌باشد. بین پارامترهای Δa و Df و Dd رابطه معنی داری وجود ندارد. بنظر می‌رسد که پارامترهای تراکم و فرکانس زهکشی بیشتر متاثر از لیتولوژی حوضه‌ها هستند. با توجه به اینکه لیتولوژی حوضه‌های مطالعاتی دارای تفاوت‌های زیادی است، رابطه معنی داری بین تراکم و فرکانس زهکشی



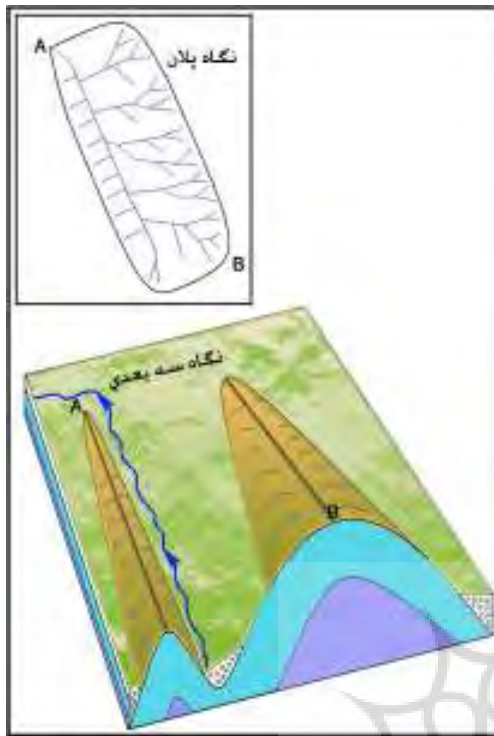
شکل ۵- رابطه خطی و ضریب همبستگی بین Δa و سایر پارامترهای کمی در حوضه‌های مورد مطالعه



شکل ۶- رابطه خطی و ضریب همبستگی بین ga و سایر پارامترهای کمی در حوضه‌های مورد مطالعه

آن متفاوت است (بربریان، ۱۹۹۵؛ حسامی و همکاران، ۲۰۰۶). تفاوت در شدت فعالیت‌های تکتونیکی باعث تفاوت در مورفومتری و روند چینهای زاگرس شده است (سپهر و همکاران، ۲۰۰۶). تفاوت‌های مذکور در ویژگی‌های هندسی چینها به تفاوت در مورفومتری حوضه‌های زهکشی و

همچنین رابطه مستقیم قوی بین Δa و PAF و همچنین بین ga و PAF نشان دهنده این موضوع است که در حوضه‌های با کج شدگی بیشتر، میزان ناهنجاری شبکه زهکشی بیشتر است. با وجود فعال بودن کمربند زاگرس از نظر تکتونیک، میزان بالآمدگی و فشردگی چینها در بخشهای مختلف



شکل ۷- نمایش شماتیک تاثیر مقدار بالآمدگی و سن چین‌ها در کج شدگی حوضه و ناهنجاری شبکه زهکشی: طاقدیس قدیمی تر و مرتفع تر شمال شرق (B) باعث جابجایی جانبی رودخانه اصلی حوضه به سمت طاقدیس جوان تر در جنوب غرب (A) شده و بنابراین اتصال آبراهه‌های درجه ۱ از سمت طاقدیس جوانتر (قسمت بالای تصویر با نگاه پلان) به آبراهه اصلی با درجه بالاتر باعث افزایش ناهنجاری سلسله مراتبی شده است.

شبکه‌های زهکشی واقع بین چین‌ها منجر شده است. مطالعات نشان می‌دهد که چین‌های زاگرس از شمال شرق به سمت جنوب غرب جواتر می‌شوند (بربریان، ۱۹۹۵؛ شرکتی و لتوزی^۱، ۲۰۰۴). این موضوع به معنی آن است که در بخش شمال شرق زاگرس، ساختارهایی مانند طاقدیس‌ها مرتفع تر و قدیمی تر بوده و منجر به کج شدگی آبراهه اصلی حوضه‌ها به سمت جنوب غرب (طاقدیس جوانتر) شده اند. شکل شماره ۷ این موضوع را به طور شماتیک نشان می‌دهد. بررسی این تحقیق نشان می‌دهد که در بیشتر موارد طاقدیس‌های واقع در سمت شمال شرق حوضه‌ها مرتفع تر بوده و این موضع در کج شدگی تکتونیک حوضه‌ها نقش اساسی داشته است. بعنوان مثال وجود طاقدیس قدیمی تر و مرتفع تر نواکوه (شکل ۸) در سمت شمال شرق حوضه‌های شماره ۳ و ۷ باعث جابجایی جانبی آبراهه اصلی حوضه‌های مذکور به سمت جنوب غرب (به سمت طاقدیس‌های جوانتر پی کلا و دنه خشک به ترتیب در جنوب غرب حوضه‌های شماره ۷ و ۳) شده است. بنابراین میزان کج شدگی حوضه (PAF) متأثر از تفاوت در میزان بالآمدگی و کاهش سن طاقدیسها از شمال شرق به سمت جنوب غرب زاگرس است.

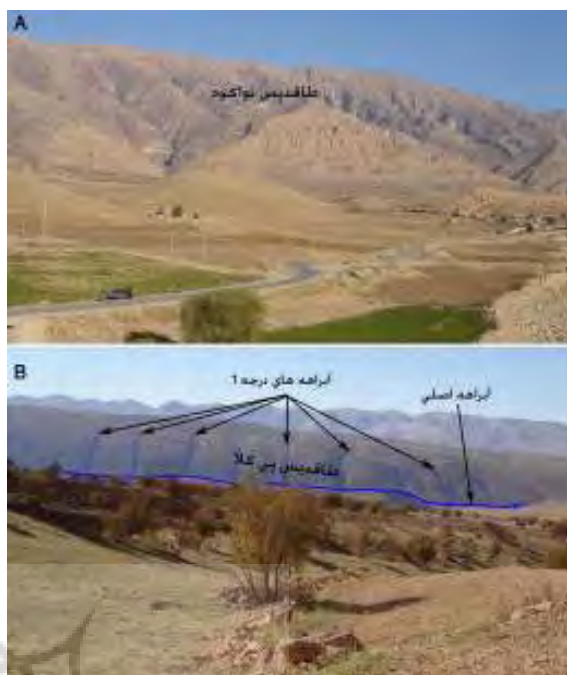
¹ - Sherhati and Letouzey

دست باریک هستند (حوضه‌های ۳، ۴، ۷ و ۸) ایجاد شده و به دلیل اتصال آبراهه‌های با درجات پائین (۱ و ۲) به آبراهه‌های با درجه بالا، امکان ناهنجاری شبکه زهکشی افزایش می‌یابد (شکل ۹).

طاقدیسهای زاگرس نقش مهمی در شکل حوضه‌ها ایفا نموده‌اند. در مواردی محور طاقدیسها به سمت پائین دست از هم دور شده و باعث ایجاد حوضه‌هایی کشیده با عرض بیشتر در پائین دست شده است (حوضه‌های ۱۰ و ۵). در چنین حوضه‌هایی، به علت اتصال کمتر آبراهه‌های با درجات پائین به درجات بالا، ناهنجاری زهکشی کمتر است (شکل ۹). مقدار پائین Δa و ga در حوضه‌های ۱۰ و ۵ و مقدار بالای پارامترهای مذکور در حوضه‌های ۳، ۴، ۷ و ۸ این موضوع را به خوبی نشان می‌دهد.



شکل ۹- نمایش شماتیک تاثیر محور طاقدیسها در شکل حوضه‌ها و ناهنجاری شبکه زهکشی: در مواردی که محور طاقدیسها در پائین دست حوضه از هم دور می‌شوند (حوضه A) حوضه‌هایی کشیده با پائین دست عریض ایجاد شده و این



شکل ۸- نمایی از طاقدیس مرتفع تر و قدیمی تر نواکوه (A) در شمال شرق حوضه ۷ که باعث جابجایی آبراهه اصلی حوضه به سمت طاقدیس جوان تر و کم ارتفاع تر پی کلا (B) شده است.

از دیگر شاخصهای تاثیر گذار در مقدار ga و Δa پارامترهای مربوط به شکل حوضه‌ها (CR و Bs) است. مقدار بالای پارامتر Bs بیانگر کشیدگی بیشتر حوضه‌ها می‌باشد. با افزایش مقدار پارامتر Bs مقدار Δa و ga افزایش می‌یابد (شکل‌های ۵، ۶ و B). طاقدیسهای زاگرس دارای تغییرات زیادی از نظر فشردگی، روند و محور می‌باشند (عبد الهی فرد و همکاران، ۲۰۰۶). بررسی این تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات در روند طاقدیسها نقش تعیین کننده ای در شکل حوضه‌ها و بنابراین در ناهنجاری شبکه‌های زهکشی دارند. در مواردی که محور طاقدیسها در بخش پائین دست حوضه‌ها به هم نزدیک می‌شوند، حوضه‌های کشیده که در بالادست عریض و در پائین

دارای شکلی کشیده هستند (مانند حوضه‌های ۴ و ۶) امکان اتصال آبراهه‌های با درجه پائین (۱ و ۲) به درجات بالا (۵ و ۶) بیشتر بوده و بنابراین مقدار شاخصهای ga و Δa بیشتر است. در حالی که حوضه‌های شماره ۱ و ۲ با فعالیت تکتونیکی کمتر و شکلی دایره ای، شبکه‌ها دارای الگوی شبکه درختی بوده و تعداد آبراهه‌های با مسیرهای ناهنجار یا اتصالات ناهنجار مانند $4 \rightarrow 1$ و $5 \rightarrow 1$ کمتر است.

- نتیجه گیری

بررسی نظم سلسله مراتبی شبکه‌های زهکشی یا به عبارتی دیگر، نظم در ورود هر رده از آبراهه به رده بالاتر، نقش مهمی در ارزیابی نقش عوامل خارجی بویژه تکتونیک در حوضه‌ها ایفا می‌کند. تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی شبکه زهکشی (Ha) که اولین بار توسط آونا و همکاران مطرح شد، نقش مهمی در بررسی نقش تکتونیک در تکامل حوضه‌های آبخیز و سیستم زهکشی ایفا می‌نماید. مهمترین اشکال شاخص Ha ، عدم وجود رابطه ای کمی جهت محاسبه آن بود. در این تحقیق روشی کمی (روابط ۱ و ۲) جهت محاسبه تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه‌ها ارائه گردید و بر اساس آن شاخص ga و Δa در ۱۰ حوضه آبخیز در زاگرس چین خورده محاسبه گردید. با توجه به اینکه فعالیت‌های تکتونیکی و مقدار بالآمدگی در بخشهای مختلف زاگرس متفاوت است، حوضه‌های مطالعاتی از بخشهای مختلف و با مساحتها و شکلهای متفاوت انتخاب شدند تا نقش تکتونیک در مقدار شاخصهای کمی مذکور مورد ارزیابی قرار گیرد.

موضوع امکان اتصال آبراهه‌های درجات پائین (۱ و ۲) به درجات بالاتر را کاهش داده و بنابراین ناهنجاری زهکشی کاهش می‌یابد. در حالتی که محور طاقدیسها به هم نزدیک می‌شوند (حوضه B) حوضه‌هایی کشیده با پائین دست باریک تشکیل شده و این موضوع امکان اتصال آبراهه‌های درجات پائین به درجات بالاتر را افزایش داده و بنابراین ناهنجاری زهکشی افزایش می‌یابد.

به طور کلی، در منطقه زاگرس چین خورده، تحت تاثیر فشردگی چینها و امتداد شمال غرب-جنوب شرق آنها، حوضه‌های زهکشی اغلب باریک و طولانی هستند. در مواردی که فشارهای تکتونیکی بیشتر شده است، طاقدیسها به هم نزدیکتر و بنابراین حوضه‌های بین آنها باریک و کشیده هستند. بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که حوضه‌های کشیده تر با منشا ساختمانی دارای ناهنجاری زهکشی بیشتری نسبت به حوضه‌های فرسایشی تشکیل شده در راس طاقدیسها (حوضه‌های ۱ و ۲) هستند.

بنابراین می‌توان گفت که هر چه مقدار نسبت کشیدگی (Bs) بیشتر باشد، فشردگی طاقدیسها بیشتر بوده و بنابراین تاثیر تکتونیک بیشتر است. مقدار ضریب گردواری (CR) نیز در حوضه‌های کشیده کمتر است. به عبارت دیگر مقدار کم شاخص مذکور بیانگر حوضه‌های کشیده است. وجود رابطه معکوس بین پارامتر CR و پارامترهای ga و Δa نشان می‌دهد که در حوضه‌های کشیده، مقدار پارامترهای ga و Δa و بنابراین مقدار ناهنجاری زهکشی افزایش می‌یابد.

به طور کلی نتیجه تحقیق حاضر نشان می‌دهد که حوضه‌هایی که تحت تاثیر تکتونیک، نامتقارن شده و

- Bahrami, S., 2012, Morphotectonic evolution of triangular facets and wine-glass valleys in the Noakoh anticline, Zagros, Iran: Implications for active tectonics. *Geomorphology*, Vol, 159, pp. 37-49.
- Baroni, C., Noti, V., Ciccacci, S., Righini, G., Salvatore, M.C., 2005, Fluvial origin of the valley system in northern Victoria Land (Antarctica) from quantitative geomorphic analysis. *GSA Bulletin*, Vol, 117, pp. 212-228.
- Berberian, M., 1995, Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics*, Vol, 241, pp. 193-224.
- Ciccacci, S., Fredi, P., Lupia Palmieri, E., Pugliese, F., 1986. Indirect evaluation of erosion entity in drainage basins through geomorphic, climatic and hydrological parameters. In: Gardiner, V. (Ed.), *International Geomorphology Part 2*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, pp. 33-48.
- Clement, A.J.H and Brook, M.S., 2008, Tilting of active folds and drainage asymmetry on the Manawatu Anticlines, New Zealand: a preliminary investigation. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol, 33, pp. 1787-1795.
- Deffontaines, B., Chotin, P., Air Brahim, L., and Rozanov, M., 1992, Investigation of active faults in Morocco using morphometric methods and drainage pattern analysis, *Geologische Rundschau*, Vol, 81, pp. 199-210.
- Della Seta M., Del Monte M., Fredi P. & Lupia Palmieri E., 2007, Direct and indirect evaluation of denudation rates in Central Italy. *Catena*, Vol, 71, pp. 21-30.
- Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A.A., Motamed, H., Hosseiniasl, A., 2010, Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, Central Zagros, Iran. *Geomorphology*, Vol, 121, pp. 329-341.
- در این تحقیق همچنین از اصلاح شاخص AF (شاخص عدم تقارن حوضه)، شاخص جدیدی بنام PAF (درصد عدم تقارن حوضه) تعریف گردید. از شاخصهای مربوط به شکل حوضه، نسبت کشیدگی و ضریب گردواری نیز محاسبه گردید. همچنین از شاخصهای مربوط به مورفومتری شبکه زهکشی، تراکم زهکشی، فرکانس زهکشی و شاخص انشعابات (R) برای حوضه‌ها محاسبه شد. نتیجه داده‌ها نشان می‌دهد که پارامترهای ga و Δa کاملاً تحت تاثیر درصد کج شدگی حوضه‌ها (PAF) و شکل حوضه‌ها (CR و BS) قرار دارند به گونه‌ای که حوضه‌هایی که به یک سمت کج شده‌اند و همچنین دارای شکلی کشیده هستند، دارای بیشترین مقدار ga و Δa هستند. از آنجا که تفاوت در کج شدگی حوضه‌ها و کشیدگی آنها تحت تاثیر تفاوت در میزان فشردگی چینها، مقدار بالآمدگی و محور چینها می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که تکتونیک عامل تعیین کننده‌ای در مقدار شاخصهای ga و Δa محسوب می‌شود.

منابع

- Abdollahie Fard, I., Braathen, A., Mokhtari, M., Alavi, S.A., 2006, Interaction of the Zagros Fold-Thrust Belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran. *Petroleum Geoscience* Vol.12, PP. 347-362.
- Altin, T.b and Altin, B.N., 2011, Development and morphometry of drainage network in volcanic terrain, Central Anatolia, Turkey. *Geomorphology*, Vol. 125, pp. 485-503.

- Jackson, J., Van Dissen, R., Berryman, K., 1998, Tilting of active folds and faults in the Manawatu region, New Zealand: evidence from surface drainage patterns. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, Vol, 41, pp. 377–385.
- Keller, E.A., Pinter, N., 2002, *Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape* (second edition): Englewood Cliffs. Prentice Hall, New Jersey. 362 pp.
- National Iranian Oil Company, 1963, 1/250000 geological map of Qasre shirin.
- National Iranian Oil Company, 1974, 1/250000 geological map of Ilam.
- Piraste, S., Pradhan, B., Rizvi, S.M., 2011, Tectonic process analysis in Zagros Mountain with the aid of drainage networks and topography maps dated 1950–2001 in GIS. *Arabian Journal of Geoscience*, Vol, 4, pp. 171-180.
- Ramírez-Herrera, M.T. , 1998, Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol, 23, pp. 317-332.
- Ramsey, L.A., Walker, R.T., Jackson, J. , 2008, Fold evolution and drainage development in the Zagros mountains of Fars province, SE Iran. *Basin Research*, Vol, 20, pp.23-48.
- Sherkati, S. & Letouzey, J. 2004, Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran. *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 21, pp. 535–554.
- Simoni, A., Elmi, C., Picotti, V., 2003, Late Quaternary uplift and valley evolution in the Northern Apennines, Lamone catchment, *Quaternary International*, Vol, 101, pp. 253–267.
- Sreedevi, P.D., Subrahmanyam, K and Ahmed, S., 2005, The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a
- Delcaillau, B., Carozza, J.M., Laville, E., 2006, Recent fold growth and drainage development: The Janauri and Chandigarh anticlines in the Siwalik foothills, northwest India. *Geomorphology*, Vol, 76, pp. 241–256.
- Devi, R.K.M., Bhakuni., Bora, P.B., 2011, Tectonic implication of drainage set-up in the Sub-Himalaya: A case study of Papumpare district, Arunachal Himalaya, India. *Geomorphology*, Vol, 127, pp.14-31.
- Gioia D., Martino, C & Schiattarella, M. , 2011, Long- to short-term denudation rates in the southern Apennines: geomorphological markers and chronological constraints. *Geologica Carpathica*, Vol, 62, pp. 27-41
- Grauso, S., Fattoruso, G., Crocetti, C., and Montanari, A., 2008, Estimating the suspended sediment yield in a river network by means of geomorphic parameters and regression relationships, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol, 12, pp. 177-191.
- Guarnieri, P., Pirrotta, C., 2008, The response of drainage basins to the late Quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily). *Geomorphology*, Vol, 95, pp. 260–273.
- Hessami, K., Nilforoushan, F., Talbot, C.J., 2006, Active deformation within the Zagros Mountains deduced from GPS measurements. *Journal of the Geological Society*, London Vol, 163, pp. 143-148.
- Horton, R.E., 1945, Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin* Vol, 56, pp. 275–370.
- Iranian National Geography Organization, 1972, 1/50000 Topographic Map, Sheets 5158-1, 5258-4, 5257-2, 5357-3, 5357-2, 5456-1.

Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., et al., 2004, Present-day crustal deformation and plate kinematics in Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. *Geophysical Journal International*, Vol. 157, pp. 381–398.

structurally controlled terrain. *Environmental Geology*, Vol, 47, pp. 412-420.

Strahler, A.N., 1952, Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, Vol, 63, pp. 1117–1142.

