

بررسی ریخت‌زمین‌ساختی گستره کپه‌داغ - بینالود بر پایه

شاخصهای گرادیان شیب رود و هیپسومتری

نوشته: نگار حقی پور*

*سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

Morphotectonic Investigation of Kopeh-Dagh-Binalud Region Based on Stream-Gradient Indices & Hypsometric Integral

By: N. Haghipour*

*Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۰۷/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۰۳/۳۰

چکیده

کمربند چین‌خورده - گسل خورده کپه داغ - بینالود در شمال خاور ایران، بخشی از ابرقاره اوراسیا و لبه جنوبی صفحه توران را تشکیل می‌دهد و آنچه امروز در کپه داغ می‌بینیم، نتیجه آخرین فازهای چین خوردگی آلپ - هیمالیاست. ریخت‌شناسی منطقه در مراحل جوانی بوده و چینهای بسیار جوان آن نشانگر رابطه مستقیم توپوگرافی ناحیه با ساختارهای زمین‌شناسی است. بررسی گرادیان شیب رود و هیپسومتری برای ۸۵ زیر حوضه و ۹۸ رودخانه حوضه آبریز اصلی منطقه (کشف رود، اترک رود، گرگان رود، جاجرم و رودخانه‌های دشت ترکمنستان) به منظور برآورد برپایی و توزیع نیروهای فشارشی در منطقه به کار گرفته شد. تلفیق نقشه‌های ریخت‌سنجی حاصل از این دو شاخص بی‌هنجاریهای زمین‌ساختی منطقه را به خوبی نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل از این شاخصها، می‌توان ۵ زون ریخت‌زمین‌ساختی با آهنگ برپایی بالا تشخیص داد:

- ۱) بخش میانی گسل اشک آباد (کپه داغ) در فاصله جغرافیایی 37 56N, 56 47 E, 38 35 N to 57 34 E, 37 56N
 - ۲) زیر حوضه‌های گرگان رود، بویژه حوضه‌هایی که بین گسل شاور (در جنوب) و بخش خاوری گسل خزر (در شمال) واقع شده‌اند.
 - ۳) حوضه‌های در ارتباط با گسلهای نوخندان، قره داغ، سرخ ده و آمرودک که برخی مربوط به زیر حوضه‌های دامنه شمالی کشف رود و برخی مربوط به حوضه‌های دشت ترکمنستان در این بخش است.
 - ۴) حوضه‌های در ارتباط با گسلهای شوقان و قلی که زیر حوضه‌های رودخانه جاجرم می‌باشند.
 - ۵) حوضه‌های دامنه جنوبی کوه بینالود که نسبت به حوضه‌های دامنه شمالی برپایی بالا و کوتاه‌شدگی بیشتری نشان می‌دهند و به نظر می‌رسد گسل بینالود و گسل شمال نیشابور در این اختلاف ریخت‌زمین‌ساختی بی‌تأثیر نباشند.
- علاوه بر زونهای ریخت‌زمین‌ساختی با آهنگ برپایی بالا، مناطق با آهنگ برپایی پایین - متوسط تشخیص داده شد که شامل بخش باختر و جنوب باختر سرخس، حوضه‌های دامنه جنوبی اترک رود که در ارتباط با زون گسل آشخانه و تکال کوه هستند و زیر حوضه‌های رودخانه جاجرم در بخش خاور رشته کوه آلاداغ می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: شاخص گرادیان شیب رود، انتگرال هیپسومتری، ریخت‌شناسی، حوضه آبریز، کپه داغ

Abstract

Folded and faulted Kopeh Dag-Binalud belt in the northeast of Iran is a part of Eurasia and southern margin of Touran plate. What is now observed is the result of the latest Phase of Alpine folding. The morphology of the area is in early stage and its young folds express direct relevance between topography and geological structures. In order to evaluate uplift and distribution of compressional forces, stream-gradient (SL) and hypsometric (HI) analyses were carried out for 85 subbasins and 98 rivers of the major basins of the area (Atrakrud, Kashafud, Jajarm, Gorganrud and Tourkamanestan plain rivers). Integration of the morphometric maps of SL and HI illustrates clearly the tectonic anomalies. Five highly uplifted morphotectonic zones were identified based on the morphotectonic indices as follows:

- 1) The middle part of Ashkabad Fault between geographical coordinates of: 56 47 E, 38 35 N to 57 34 E, 37 56N.

- 2) Gorganrud's sub-basins particularly located between Shavard fault (in the south) and eastern part of the Khazar fault (in the north).
 - 3) Basins associated with Nokhandan, Qareh -Dagh, Sorkhdeh and Amrudak Faults.
 - 4) Basins associated with Shogan and Gelli Faults are the Jajarm subbasins.
 - 5) The northern foothill basins of Binalud Mountain, compared with the southern foothill basins, show remarkable higher uplifting and shortening which seem to be related to the Binaloud and North Neyshabur fault.
- In addition to high uplifted zones, some intermediate - low uplifted zones such as west - southwest part of Sarakhs, southern foothill subbasins of Atrakrud (associated with Takalkuh Fault and Ashkhaneh fault zone), Jajarm's subbasin in the eastern part of Aladagh Mountain were recognized.

Keywords: Stream-gradient indices, Hypsometric integral, Morphotectonics, Drainage Basin, Kopeh Dagh

مقدمه

پهنه رسوبی - ساختاری کپه داغ در شمال خاور ایران واقع شده است که بخشی از دشت ترکمنستان و شمال افغانستان را نیز دربرمی‌گیرد. رشته کوه‌های کپه داغ و بینالود به موازات یکدیگر قرار گرفته‌اند که رشته شمالی را کوه‌های کپه داغ - هزار مسجد و رشته جنوبی را کوه‌های آلاداغ - بینالود تشکیل می‌دهد (شکل ۱).

از نگاه جغرافیایی، کپه داغ بخشی از ادامه خاوری کوه‌های البرز است ولی ویژگی‌های زمین‌شناختی و ساختاری آن نسبت به نواحی مجاور متفاوت است (نبوی، ۱۳۵۵). مرتفع‌ترین نقطه منطقه در خاور قله‌های بینالود و هزار مسجد به ترتیب با ارتفاع ۳۲۱۱ و ۳۰۴۰ متر و پست‌ترین بخش منطقه دشت گرگان با ارتفاع کمتر از سطح دریاهای آزاد است. دشتهای گرگان و سرخس وسیع‌ترین دشتهای منطقه را تشکیل می‌دهند و دشتهای مشهد، قوچان، شیروان، بجنورد، آشنخانه و دره گز دشتهای میانکوهی هستند.

تاریخچه لرزه‌خیزی کپه داغ حکایت از رخداد‌های لرزه‌ای متعدد همراه با گسلش سطحی دارد. در سده گذشته، منطقه کپه داغ - بینالود زمین‌لرزه‌های فراوانی را تجربه کرده است که باعث ویرانی چند باره شهرهایی چون نیشابور، دامغان، سبزوار، قوچان شده است. بزرگ‌ترین زمین‌لرزه‌هایی که در این منطقه رخ داده است مربوط به زمین‌لرزه‌های ۵ ژانویه ۱۹۲۹ و ۱۰ مه ۱۹۴۸، ۲۹ اکتبر ۱۹۸۵ است که به ترتیب در شمال خاور بجنورد، شمال باختر دره گز و گرگان روی داده‌اند.

گسل‌های کوآترنری متعدد در منطقه مانند کشف رود، توس، پادگانه‌های پلکانی در امتداد رودخانه‌ها، مخروط افکنه‌های جوان در امتداد گسل‌های جبهه کوه نشانگر تکاپویی منطقه بوده و با توجه به اینکه منطقه دارای تاریخچه پیچیده ساختاری و لرزه‌ای است باید به دگرشکلی‌های دراز مدت و بزرگ مقیاس که توسط اندازه‌گیری‌های ژئودتیکی کوتاه مدت قابل ثبت نیستند، توجه کرد.

معمولاً، دگرشکلی‌های زمین‌ساختی سطح زمین به آرامی و در بیش از هزاران سال اتفاق می‌افتد. بنابراین، با توجه به اینکه این تغییرات توسط چشم بشر قابل تشخیص نیستند، باید به دنبال عوارض ریخت‌شناسی باشیم که این تغییرات را در طی سالها در خود حفظ کرده‌اند. یکی از این عوارض رودخانه‌ها و در کل شبکه زهکش یک منطقه است که نسبت به تغییرات زمین‌ساختی حساس می‌باشد (Keller & Pinter, 1996).

در این مقاله از دو شاخص گرادیان شیب رود و هیپسومتری برای مطالعه رودخانه‌ها و حوضه‌های زهکش استفاده شده است. مطالعات پیشین که در دیگر نقاط جهان در این زمینه انجام شده، همگی حکایت از رابطه مستقیم انتگرال هیپسومتری با فرازش سریع دارد. مطالعه فرازش سریع در Siwalik Hills نپال نشان‌دهنده همبستگی خوب انتگرال هیپسومتری با آهنگ فرازش بوده است. (Chen et al. (2003 نیز با مطالعه حوضه‌های دامنه باختری تایوان به نتایج مشابه رسیدند.

البته به این نکته باید اشاره کرد که هیپسومتری علاوه بر زمین‌ساخت به عوامل دیگری چون سنگ‌شناسی و آب و هوا حساس است.

جایگاه زمین‌ساختی

در مورد جایگاه زمین‌ساختی کپه داغ دو نظریه اوراسیایی و گندوانایی وجود دارد که نظریه اوراسیایی طرفداران بیشتری دارد و بر اساس آن، کپه داغ لبه جنوبی صفحه توران و بخشی از ابر قاره اوراسیا است و سنگ‌های اولترامافیک ناحیه مشهد را بقایای اقیانوسی می‌دانند که دو صفحه توران (اوراسیا) و ایران (گندوانا) را از یکدیگر جدا و به سوی خاور در امتداد گسل هرات تا هندوکش ادامه داشته است. آنچه که امروز در کپه داغ می‌بینیم، نتیجه آخرین فازهای چین خوردگی آلپ - هیمالیاست. ریخت‌شناسی منطقه در مراحل جوانی بوده و چین‌های بسیار جوان آن بیانگر رابطه مستقیم توپوگرافی ناحیه با ساختارهای زمین‌شناسی است. شرایط رسوبگذاری و رخداد‌های زمین‌ساختی حاکم بر پهنه کپه داغ شباهت به

شاخص گرادیان شیب رود

Hack (1973) شاخص گرادیان رودخانه را معرفی کرد که از حاصلضرب شیب بخشی از رودخانه در فاصله از خط تقسیم بالا رود به دست می‌آید. این شاخص به عنوان شاخص اصلی برای نیروی مؤثر رودخانه به حساب می‌آید.

$$H = c - K' \cdot \log(L)$$

H: ارتفاع

L: طول افقی از خط تقسیم

C: یک مقدار ثابت و K شیب خط

مشتق این تساوی با توجه به L شیب حقیقی رود را می‌دهد.

$$S = dH/dL = d(kLn(L)) / dL = K/L$$

شیب نمودار نیمه لگاریتمی نیمرخ رود برابر است با S.L

شاخص گرادیان (K)، یا شیب نیمرخ ایده‌آل از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$K = (H_i - H_j) / (LnL_j - LnL_i)$$

که I و J دو نقطه در طول رود هستند، شاخص گرادیان می‌تواند برای توصیف کل رودخانه و یا هر فاصله‌ای از آن به کار رود.

مطالعات زیادی در گذشته بر روی رفتار رودخانه‌ها در ارتباط با ساختارها و ریخت‌شناسی مناطق مختلف دنیا صورت گرفته که می‌تواند اطلاعات کاربردی خوبی باشد. برای مثال Brook Field (1998) نشان داد که نیمرخهای محدب شاخص Hack به دست آمده برای رودخانه‌های بزرگ جنوب آسیا بر اثر عوامل زمین‌ساختی در طی همگرایی سنوزوئیک آسیا- هند است. مطالعات Marple & Talwani (1993) نشان داد که بی‌هنجاری رودخانه‌ها در ساحل کارولینای جنوبی در ارتباط با برپایی عمومی منطقه است. همچنین در پیوستگاه سه گانه مندوسینو در شمال کالیفرنیا، Merritts & Vincent (1989) به این نتیجه رسیدند که نیمرخهای Hack رودخانه‌ها در مناطقی که آهنگ برپایی بالایی دارند، محدب می‌باشند و هرچه به سمت مناطق با آهنگ برپایی پایین‌تر می‌آییم به صورت خطی تا مقعر می‌شود.

با توجه به اینکه نیمرخهای طولی یک رودخانه علاوه بر زمین‌ساخت فعال به سنگ‌شناسی سنگ بستر نیز بستگی دارد. در تحلیل نتایج به دست آمده از نیمرخهای طولی و مقادیر SL باید بتوان این اثر سنگ‌شناسی را به حداقل رساند.

مطالعات انجام شده توسط BrookField (1998) در جنوب آسیا نشان می‌دهد که عوامل سنگ‌شناسی هیچ کنترلی بر روی رودخانه‌های بزرگ ندارد و تغییرات ناگهانی شیب رودخانه‌های بزرگ تنها به دلیل زمین‌ساخت و تسخیر رودخانه است.

از سوی دیگر مطالعات Chen et al. (2003) در تایوان نشان داد که هر چقدر طول رودخانه و ضریب K (قدرت رود) بیشتر باشد کمتر تحت تأثیر

پهنه زاگرس دارد که از آن جمله می‌توان به زمان چین خوردگی نهایی، روند عمومی چینها و یکسان بودن رژیمهای فشارشی اشاره کرد (آقاباتی، ۱۳۸۳). ارتفاعات منطقه را بیشتر سازندهای مزدوران و تیرگان تشکیل داده‌اند و در مقابل، سازندهای سنگانه، آب تلخ، خانگی‌گران و آب دراز واحدهای سنگی نرم هستند که دره‌ها، دشتهای و نواحی پست را می‌پوشانند. با توجه به بالا بودن شدت چین خوردگی در جبهه جنوبی و همچنین نامتقارن بودن و پر شیب بودن پهلوی جنوب باختری چینها به نظری رسد حرکت صفحه ایران به سوی کپه داغ در چین خوردن رسوبها نقش اساسی تری داشته است. این حرکت سبب تغییر سازوکار گسلهای پی‌سنگ از عادی به رانندگی با شیب به سمت شمال و همچنین ایجاد گسلهای امتداد لغز شده که محور چینها را قطع می‌کنند (آقاباتی، ۱۳۸۱). بر اساس مطالعات اخیر انجام شده به روش وارونه‌سازی محور تنش دیرینه چهار فاز اصلی کشش پس از تریاس، واژگونی حرکت کششی به فشارشی در ماستریشین، آغاز حرکت چین خوردگی و رانندگی در پایان میوسن و پیدایش سامانه گسلش راستالغز در پایان پلیوسن در فرگشت رسوبی- ساختاری این گستره نقش اساسی داشته‌اند (نواب پور و همکاران، ۱۳۸۲).

روش کار

برای به دست آوردن شبکه زهکش و مرز حوضه‌های آبریز یک مدل رقومی ارتفاع (DEM: Digital Elevation Model) از داده‌های توپوگرافی SRTM با دقت ۹۰ متر تهیه شد که کل منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد. همچنین برای مقایسه و تأثیر دقت DEM ها با دقت تصویر مختلف در این چنین مطالعاتی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۲۵،۰۰۰ برای چهار گوشه‌های مشهد و سبزوار DEM با دقت ۱۰ متر تهیه شد. سپس در محیط نرم‌افزاری ARC/INFO , ARCMAP شبکه زهکش منطقه به روش STRAHLER با ۷ رده به دست آمد و برای مطالعه هیسومتری ۸۵ زیر حوضه با میانگین مساحت ۱۰۰۰ Km² برای حوضه‌های اصلی کشف رود، اترک رود، جاجرم، گرگان رود و حوضه‌های دشت ترکمنستان با استفاده از DEM (90m) رسم شد. برای مناطق مشهد و سبزوار نیز ۱۴۰ حوضه با مساحت نسبی ۱۰ Km² از روی dem (10 m) تفکیک گردید. برای مطالعه شاخص گرادیان شیب رود، ۹۸ رودخانه با طول بیش از ۳۰ کیلومتر که سرشاخه‌های جریانهای اصلی منطقه هستند مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت با به دست آوردن دو نقشه ریخت‌سنجی SL و انتگرال هیسومتری مناطقی که نشان‌دهنده بیشترین بی‌هنجاریهای زمین‌ساختی هستند، به دست آمد (شکلهای ۳ و ۴).

اندازه حوضه تا ۱۰۰ برابر کوچک‌تر شده، از لحاظ رده انتگرال هیسومتری تفاوت چندانی با حوضه‌های بزرگ مقیاس نداشته و نتایج آن مشابه با نتایج کارهای (Lifton & Chase(1992), Chen et al.(2003) می‌باشد و به نظر می‌رسد که هیسومتری با آهنگ برپایی یک منطقه رابطه مستقیم دارد (شکل ۶). از طرفی همبستگی خوب نقشه انتگرال هیسومتری و گرادیان شیب رود تأییدی بر این امر است.

با مرور بر مطالعات گذشته که بر روی هیسومتری در نقاط مختلف دنیا انجام گرفته، می‌توان نتیجه گرفت که هیسومتری به عوامل مختلفی چون مقیاس حوضه، زمین ساخت، سنگ‌شناسی و حتی آب و هوا بستگی دارد.

نتایج به دست آمده از انتگرال هیسومتری

با توجه به نقشه به دست آمده از محاسبه شاخص هیسومتری بیشترین برپایی در ارتباط با حوضه‌های منتهی به دشت ترکمنستان در قسمت میانی گسل کپه داغ (اشک آباد 37 56N, 38 35 E to 57 34 E, 56 47 E) است که با وجود مخروط افکنه‌های پویا در این بخش مطابقت دارد (شکل ۷).

در فاصله جغرافیایی 37 3 N, 55 38 E to 36 27 N, 54 36 E که زیر حوضه‌های گرگان رود را در برمی‌گیرد شاخص هیسومتری بیانگر برپایی بالاست. داده‌های لرزه‌ای مربوط به ۲۹ اکتبر ۱۹۸۵ و ۲۶ نوامبر ۱۹۹۹ این امر را به خوبی تأیید می‌کنند. همچنین مخروط افکنه‌های پر شیب تشکیل شده در راستای گسل شاورد بیانگر برپایی در این بخش است (شکل ۶).

در بخش باختر و جنوب باختر سرخس با وجود چین خوردگی‌های فراوان نژون این شاخص هیچ گونه برپایی در منطقه نشان نمی‌دهد و منحنی انتگرال هیسومتری برای تمام حوضه‌های این بخش مقرر است. بیشتر رودخانه‌ها عرض محور تاقدیسیها و ناودیسها را قطع کرده‌اند و رودخانه‌های طولی محدود به چند رودخانه می‌شود.

در بخش خاوری رشته کوه آلا‌داغ با وجود گسل راندگی ریوند، انتگرال هیسومتری هیچ‌گونه برپایی برای حوضه‌های این بخش نشان نمی‌دهد.

حوضه‌های در ارتباط با گسل‌های نوخندان، قره داغ، سرخ ده و آمرودک که برخی مربوط به زیر حوضه‌های دامنه شمالی کشف رود و برخی مربوط به حوضه‌های دشت ترکمنستان در این بخش است.

حوضه‌های دامنه شمالی اترک رود در مقایسه با حوضه‌های دامنه جنوبی آهنگ برپایی بالاتری نشان می‌دهند. این در حالی است که ساختار اصلی در دامنه شمالی گسل مراوه تپه و در دامنه جنوبی گسل تکال کوه و زون گسل آشخانه می‌باشد.

زیرحوضه‌های رودخانه جاجرم نیز در مختصات جغرافیایی 37 19 N, 57 21 E to 37 10 N, 56 15 E برپایی بالا نشان می‌دهد که وجود

سنگ‌شناسی بوده و هر چقدر طول رودخانه و ضریب K کمتر باشد، بیشتر تحت تأثیر سنگ‌شناسی خواهد بود.

با توجه به این نتایج در منطقه مورد مطالعه، سعی شده است که رودخانه‌های اصلی با طول بیش از ۳۰ کیلومتر و ضریب K بزرگ‌تر از ۱۰۰ مورد بررسی قرار گیرند تا از تأثیر سنگ‌شناسی بر روی نیمرخ آنها کاسته شود. همچنین ضریب K برای همه رودخانه‌ها محاسبه شده و به صورت نمودار برای رودخانه‌های هر حوضه آبریز مقایسه گردیده است (شکل ۵).

هیسومتری

منحنی هیسومتری، توزیع ارتفاعات را در راستایی عمود بر یک ناحیه از زمین مثلاً در یک حوضه زهکشی توصیف می‌کند. این منحنی با پیاده کردن "نسبت ارتفاع کل حوضه" (ارتفاع نسبی) در مقابل "نسبت مساحت کل حوضه" (مساحت نسبی) رسم می‌شود (Strahler, 1952).

در شکل ۲، "A" مساحت کل حوضه و بیانگر مجموع مساحت بین خطوط تراز است. "H" نیز ارتفاع بلندترین نقطه در حوضه و "a" مساحت بخشی از حوضه در بالای یک خط تراز فرضی با ارتفاع "h" است. مقدار عادی "مساحت نسبی" a/A همیشه از ۱ در پایین‌ترین نقطه حوضه (جایی که $h/H=0$) تا صفر در بالاترین نقطه در حوضه (جایی که $h/H=1$) متفاوت است.

کارهای قبلی انجام شده در ارتباط با تأثیر مقیاس حوضه و نقش سنگ‌شناسی در تفسیر انتگرال هیسومتری نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد. در یک مطالعه در کوه‌های سان‌گابریل کالیفرنیا (Lifton & Chase (1992) بر تأثیر فعالیت زمین‌ساختی بر روی حوضه‌های بزرگ مقیاس و کوچک مقیاس انجام دادند. نتایج نشان داد که انتگرال هیسومتری با آهنگ برپایی رابطه مستقیم داشته و اثر سنگ‌شناسی در رده دوم قرار می‌گیرد. در مطالعه دیگری در ماسیف سنترال فرانسه نتایج نشان داد که سنگ‌شناسی بر روی انتگرال هیسومتری تأثیر می‌گذارد.

Chen et al. (2003) بر روی حوضه‌های تایوان چنین مطالعاتی را انجام دادند نتایج کار آنها نیز بیانگر این مطلب است که ساختارهای منطقه و به طور کل حرکات پوسته بر روی انتگرال هیسومتری بیشترین تأثیر را نسبت به پارامترهای دیگر دارد. با توجه به این پیش زمینه، برای مطالعه انتگرال هیسومتری در این مقاله، از دو DEM با قدرت تفکیک متفاوت استفاده شده و برای نقش مقیاس حوضه و در نتیجه سنگ‌شناسی در تفسیر انتگرال هیسومتری ۱۰۰ حوضه برای کل منطقه در مقیاس نسبی 1000 Km^2 و برای چهار گوشه‌های سبزار و مشهد ۱۰۰ حوضه با مقیاس نسبی 10 Km^2 تفکیک شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که زیر حوضه‌های حوضه‌های اصلی که از مدل رقومی ارتفاع دقیق‌تری به دست آمده‌اند و

SL این بی‌هنجاری به خوبی قابل مشاهده است. این دو رودخانه در مسیر خود از عرض تاقدیسه‌های فراوانی می‌گذرند.

در محدوده حوضه آبریز رودخانه جاجرم دو رودخانه J1, J2 بی‌هنجاری نشان می‌دهند و رودخانه J2 در این بخش تغییر مسیر داده است که در ارتباط با بخش جنوب خاوری گسل شوقان می‌باشد. در دره اترک رود، در محدوده جغرافیایی $37^{\circ} 29' 43''$ درجه طول جغرافیایی و $59^{\circ} 29' 37''$ درجه عرض جغرافیایی جهت پیوستن سرشاخه‌های اترک رود تغییر می‌کند و در این قسمت منحنیهای SL خطوط تراز ۱۰۰۰-۶۰۰ متری را در برمی‌گیرد که نشان‌دهنده بی‌هنجاری در این بخش است.

با توجه به شکل ۵ نمودارهای به دست آمده برای شاخص K و همچنین مقدار میانگین محاسبه شده برای هر حوضه بیانگر وجود بیشترین بی‌هنجاری در حوضه گرگان رود و همچنین رودخانه‌های منتهی به دشت ترکمنستان می‌باشد که در مقایسه با دو نقشه ریخت‌سنجی هیسومتری و گرادیان شیب رود، همخوانی بسیار خوبی را نشان می‌دهد.

نتایج به دست آمده از تلفیق دو شاخص

با توجه به اینکه شاخص گرادیان شیب رود و هیسومتری نسبت به حرکات قائم پسته زمین حساس هستند، با تلفیق نتایج حاصل از دو شاخص از تأثیر پارامترهای دیگری (جز زمین ساخت) که بر روی این شاخصها تأثیر گذار هستند کاسته و با اطمینان بیشتری نسبت به برپایی یک منطقه می‌پردازیم. با مقایسه دو نقشه ریخت‌سنجی انتگرال هیسومتری و گرادیان شیب رود می‌توان پی برد که بیشترین همبستگی مربوط به بخشهای میانی گسل کپه داغ، حوضه آبریز گرگان که گسل شاور و بخشی از ادامه گسل خزر را شامل می‌شود، می‌باشد. در محدوده گسلهای نوخندان، قره داغ، آمرودک و سرخه نیز این دو شاخص یکدیگر را تأیید می‌کنند.

سیاسگزاری

این نوشته حاصل بخشی از پروژه بررسیهای زمین‌شناسی و زمین‌ساختی در پهنه کپه‌داغ- بینالود گروه زمین‌ساخت سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور می‌باشد. لذا بدینوسیله از همکاری ارزنده آن گروه قدردانی می‌گردد.

مخروطه‌افکنه‌های فعال در راستای گسل قلی و همچنین قسمت باختری این منطقه تأییدی بر این امر است (شکل ۷).

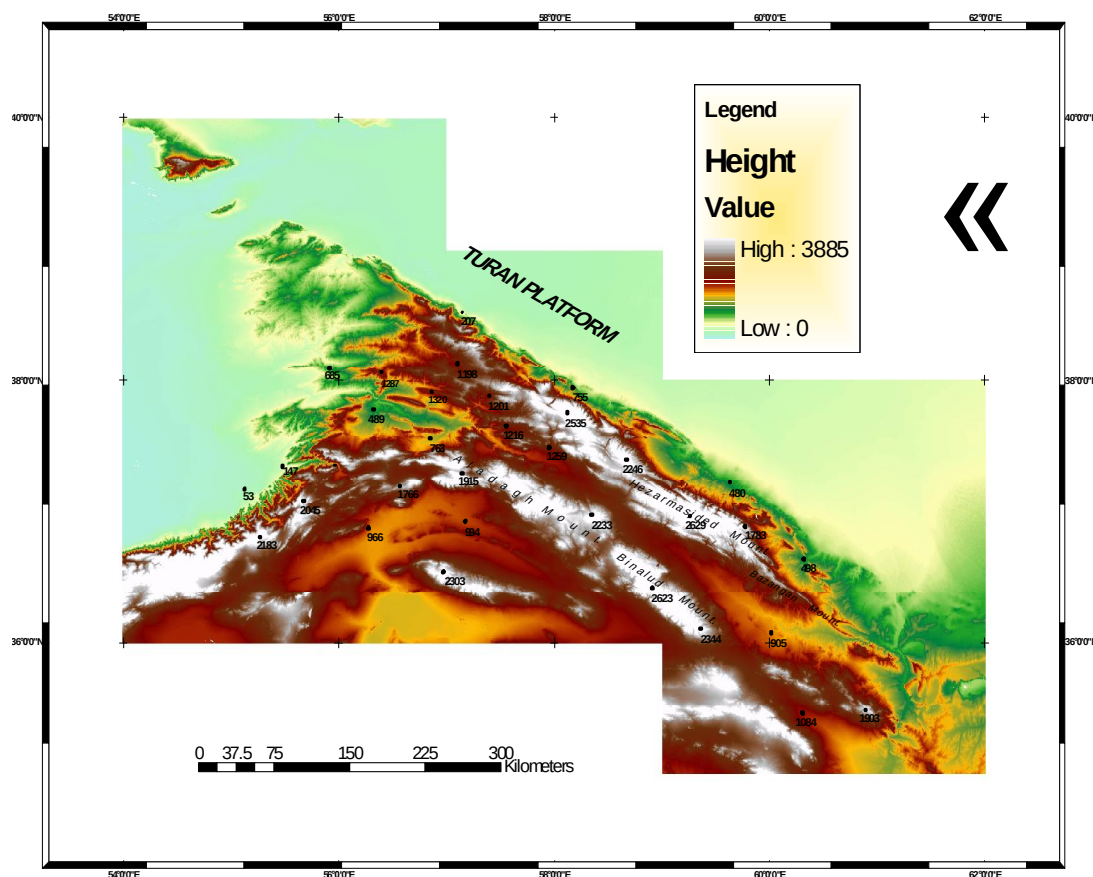
در محدوده کوههای بینالود در شمال نیشابور، حوضه‌های دامنه جنوبی که در ارتباط با گسل بینالود و همچنین گسل شمال نیشابور هستند، برپایی بالایی نشان می‌دهند و این در حالی است که حوضه‌های دامنه شمالی برپایی پایین نشان داده و حوضه‌های طویل تری در این بخش کوه شکل گرفته‌اند، در حالی که حوضه‌های دامنه جنوبی کوتاه‌شدگی بارزی نشان می‌دهند (شکل ۹).

تفسیر نقشه گرادیان شیب رود و شاخص قدرت رود (K)

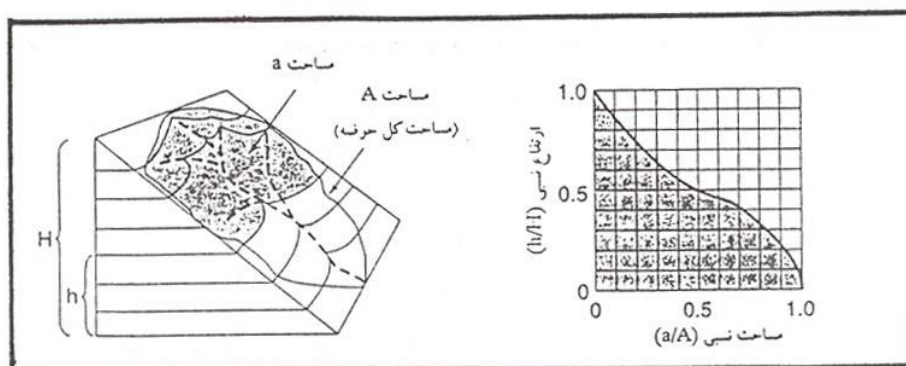
بیشترین بی‌هنجاریها در این نقشه، مربوط به رودخانه‌های منتهی به دشت ترکمنستان شامل رودخانه‌های T4, T5, T12, T6, T7, T9 است که داده‌های حاصل از انتگرال هیسومتری نیز به خوبی این مطلب را تأیید می‌کنند. ساختار اصلی در این منطقه گسل اشک آباد می‌باشد. زمین‌لرزه ۵ ژانویه ۱۹۲۹ در خط تقسیم این رودخانه‌ها روی داده است (شکل ۴). در محدوده حوضه آبریز گرگان رود منحنیهای SL خطوط ۱۰۰۰-۱۴۰۰ متر را در بر می‌گیرند که نشان‌دهنده بی‌هنجاری شدید در این بخش است. نیمرخهای طولی به دست آمده برای رودخانه‌های G2, G1, G5 کوژ می‌باشد (شکل ۸). ساختارهای اصلی در این منطقه گسل سقفا، کورخود، گسل شاور و بخشی از گسل خزر می‌باشد. زمین‌لرزه‌های ۲۹ اکتبر ۱۹۸۵ و ۱۹ نوامبر ۱۹۹۹ در این محدوده روی داده است.

در جنوب گسل پنهان Gyaurs نیز گرادیان بالای شیب رود ملاحظه می‌شود که نشان‌دهنده پریشانی رودخانه‌ها در این بخش است. بخشی از گسلهای قره داغ و نوخندان نیز در ارتباط با این زون است. رودخانه‌های T13, A2 رودخانه‌های طولی در این بخش هستند که به ترتیب در طول تاقدیس الله اکبر و زوباران جریان دارند و نیمرخهای طولی آنها کوژ است (شکل ۸). زمین‌لرزه ۱۰ مه ۱۹۴۸ نیز در این منطقه رخ داده است که تأییدی بر این امر است.

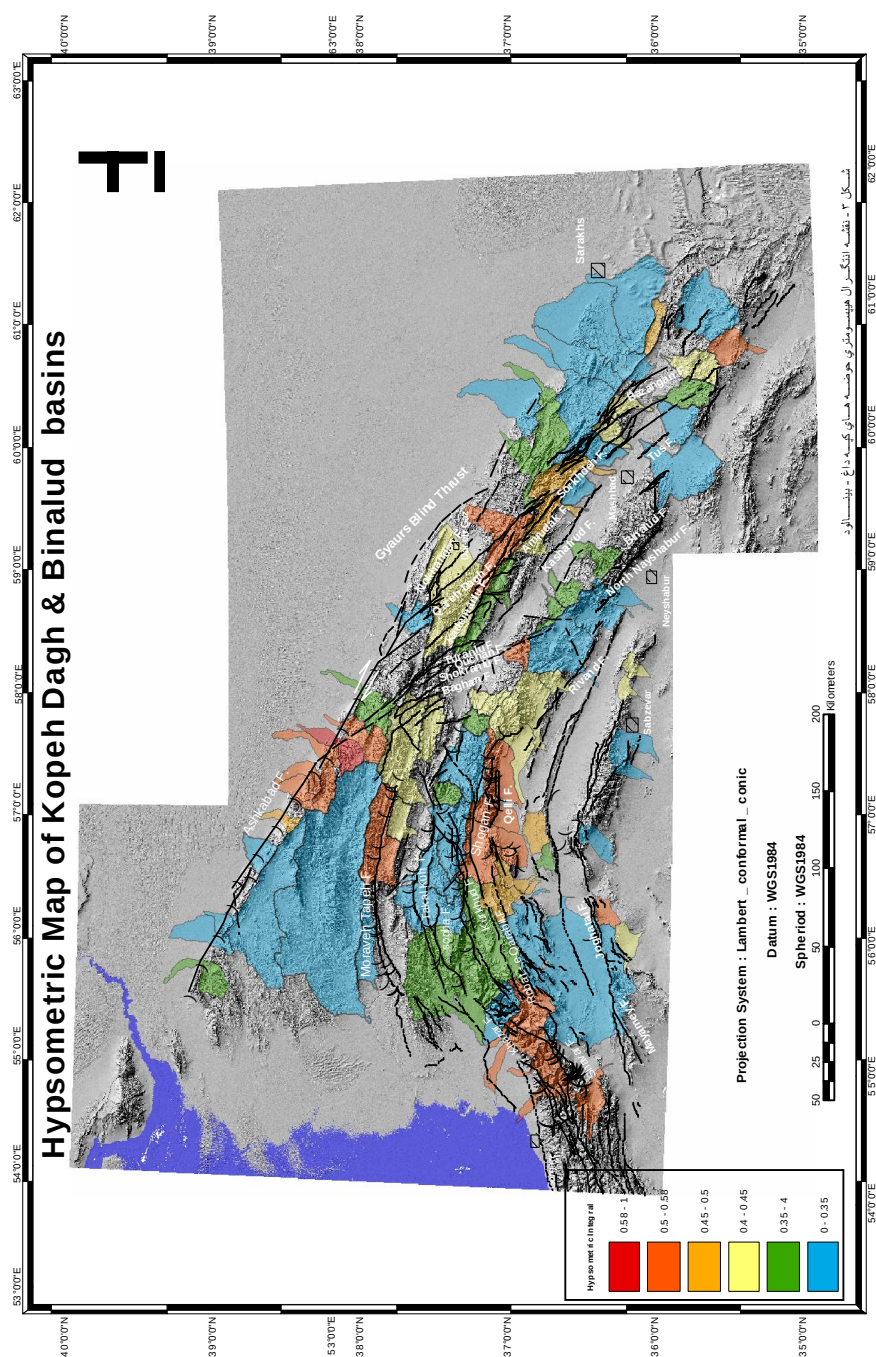
در محدوده $37^{\circ} 13' 46''$ تا $59^{\circ} 46' 40''$ درجه طول خاوری و $37^{\circ} 10' 83''$ درجه تا $36^{\circ} 52' 49''$ درجه عرض شمالی رودخانه‌های T16, T22 نیز دارای مقادیر بالای گرادیان شیب رود هستند که در نقشه



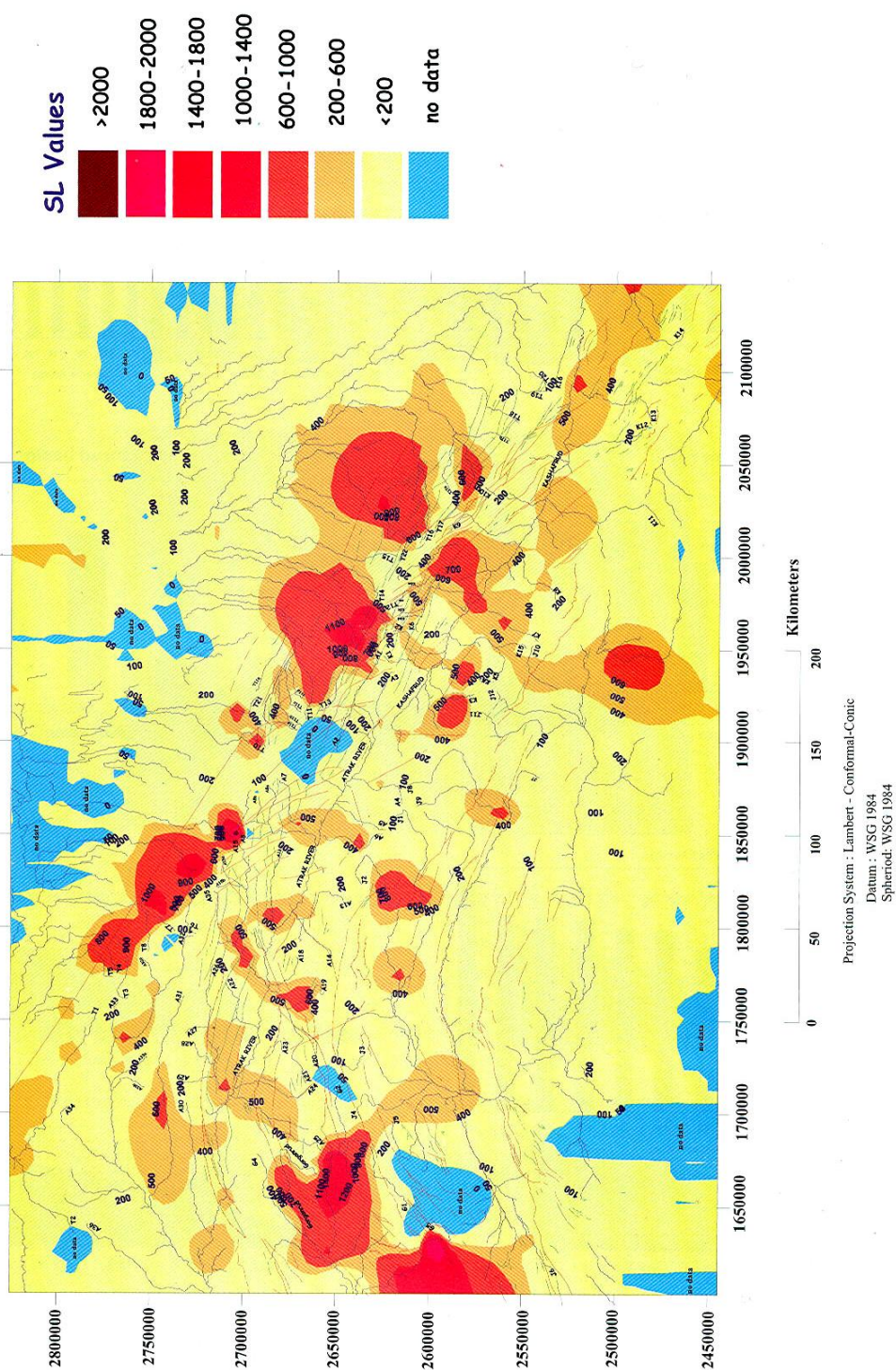
شکل ۱- مدل ارتفاعی رقومی گستره کپه‌داغ - بینالود بر اساس داده‌های SRTM(30m).



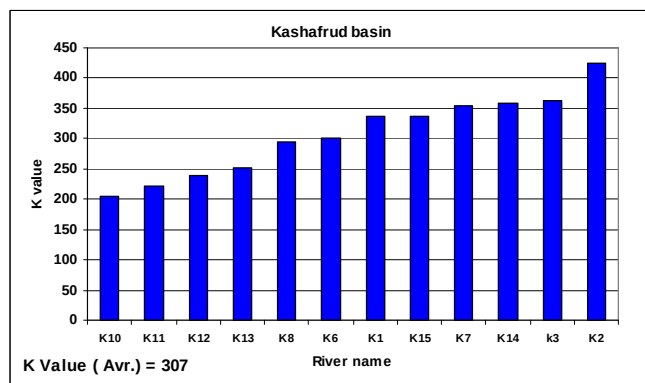
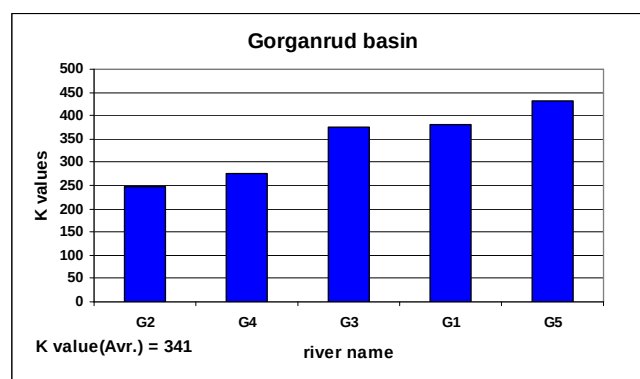
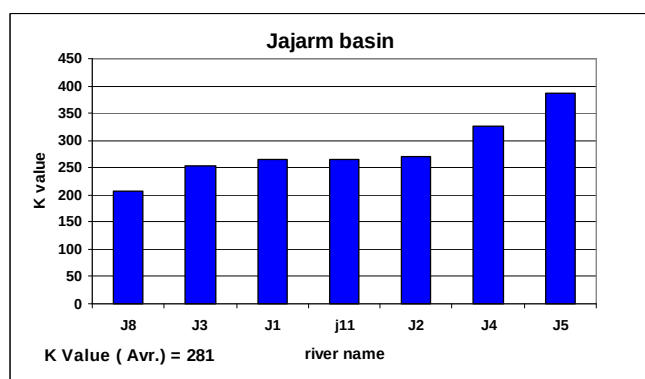
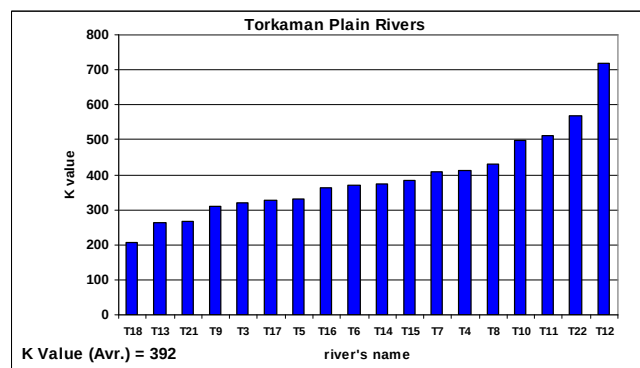
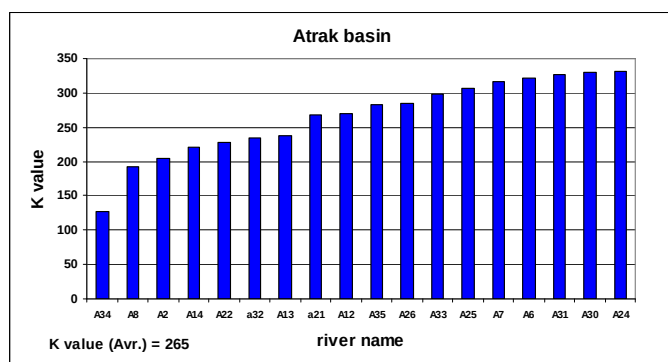
شکل ۲- یک حوضه آبریز فرضی و منحنی هیپسومتری مربوط به آن. در سمت چپ پارامترهای لازم برای رسم منحنی هیپسومتری نشان داده شده است (براساس Mayer, 1990).



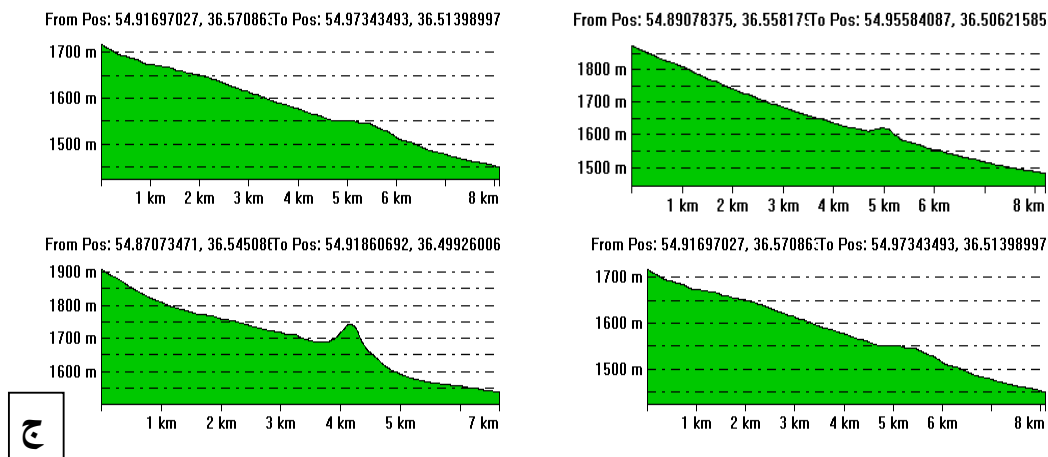
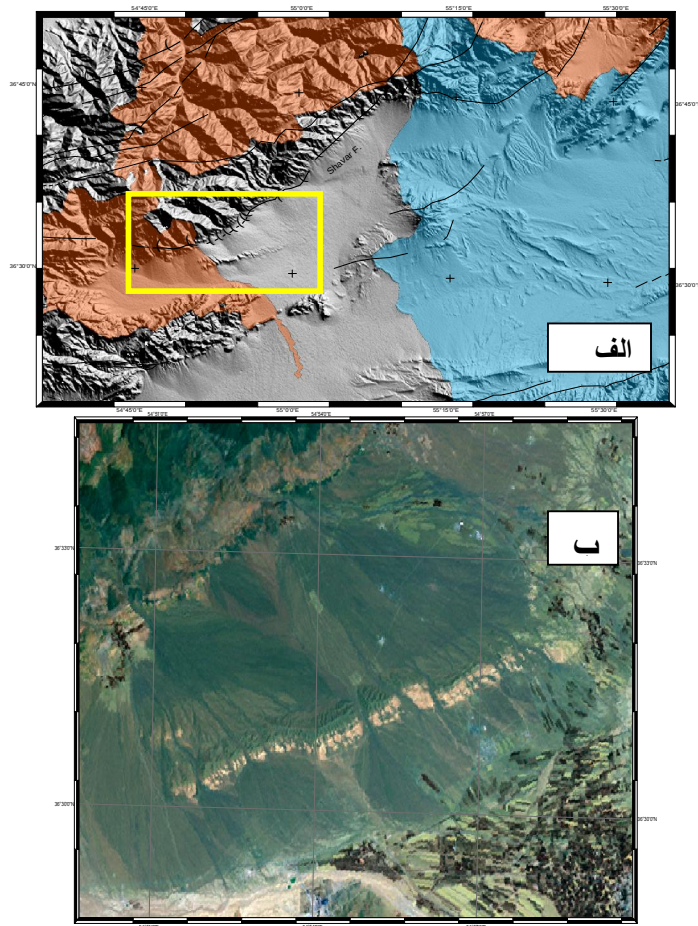
شکل ۳- نقشه انتگرال هیپسومتری حوضه‌های کپه‌داغ- بینالود



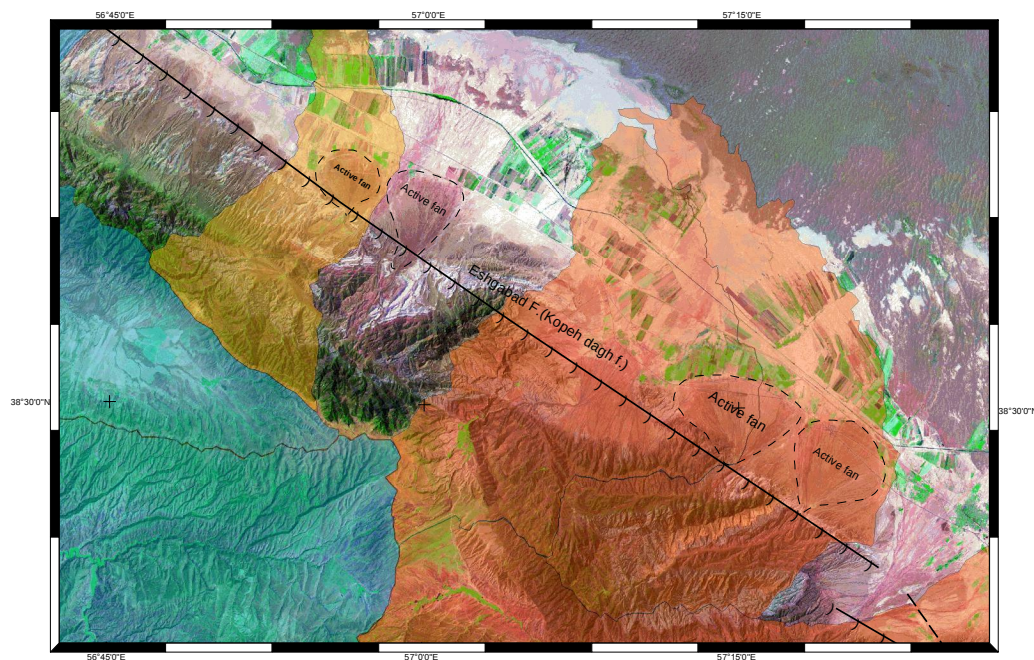
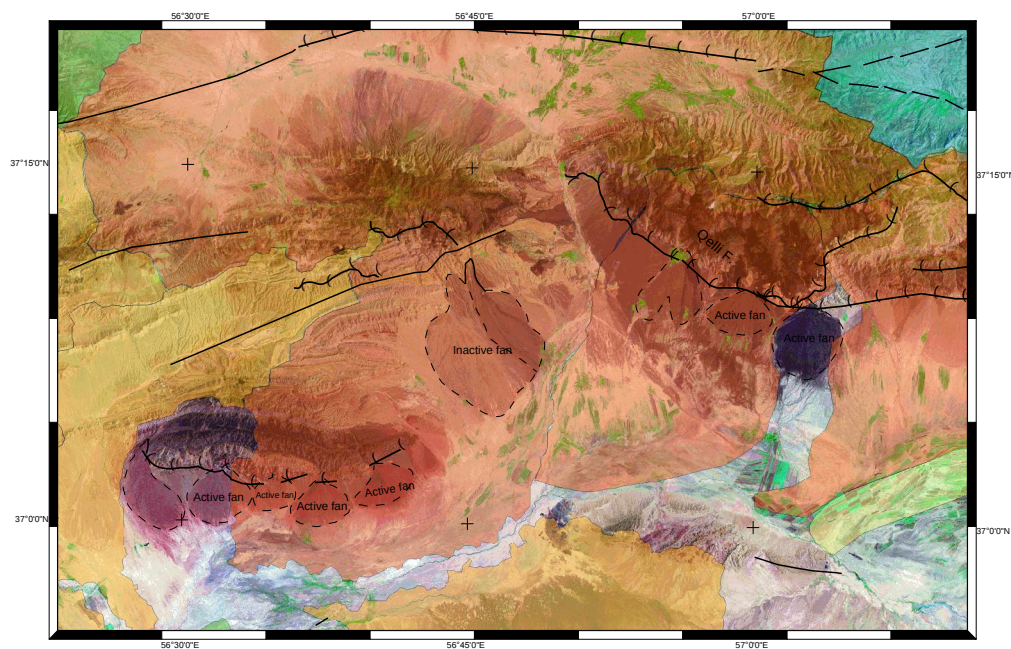
شکل ۴- نقشه گرادیان شیب رودخانه‌های (SL) گستره کپه‌داغ - بینالود



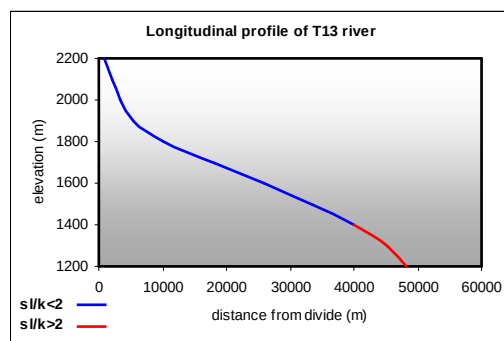
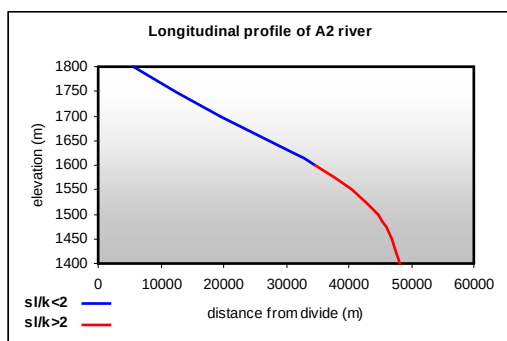
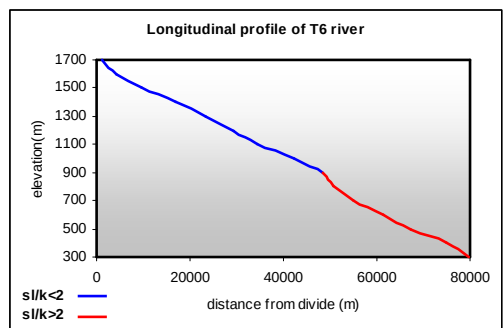
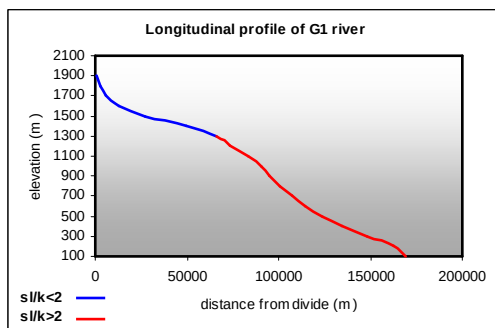
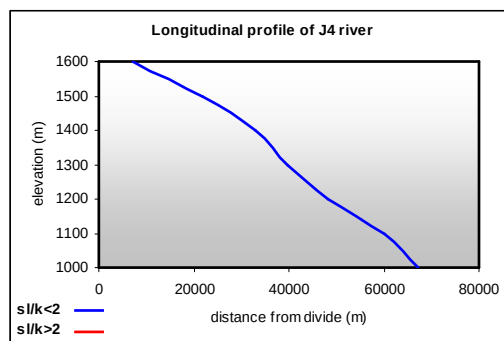
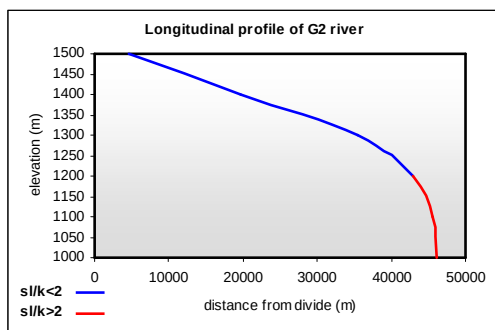
شکل ۵- ضریب K محاسبه شده برای حوضه‌های اصلی گستره کپه‌داغ - بینالود و مقایسه آشفتگی این حوضه‌ها بر اساس میانگین شاخص K.



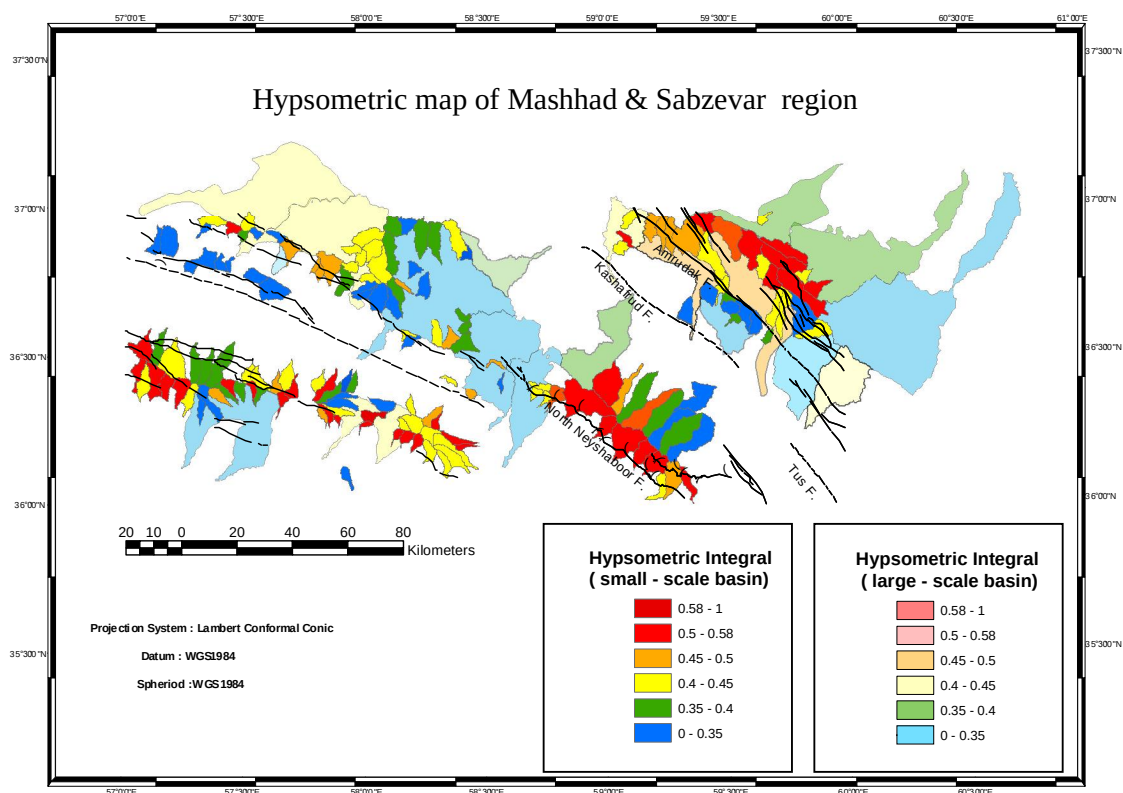
شکل ۶- الف) نقشه سایه پستی بلندی در محدوده گسل شاور. رابطه انتگرال هیسومتری و مخروط افکنه‌های برجسته و پرشیب ایجاد شده در دامنه کوه. مخروطه‌افکنه‌های این بخش توسط گسل قطع شده‌اند. ب) تصویر ماهواره ETM سنجه Landsat7. ساختار ایجاد شده بر روی مخروط افکنه‌های گسل شاور حکایت از پویایی منطقه دارد. ج) نیمرخهای ساختار ایجاد شده بر روی مخروط افکنه‌های گسل شاور.



شکل ۷- تصویر ماهواره‌ای TM سنجنده Landsat. رابطه انتگرال هیپسومتری و مخروطه افکنه‌های پویا. برای ایندکس انتگرال هیپسومتری به شکل ۳ رجوع شود.



شکل ۸- نیمرخ طولی برخی از رودخانه‌های گستره کپه‌داغ - بینالود که حالت کوژ نشان می‌دهند و در طول خود دربردارنده رودشکن (Kinckpoint) زمین‌ساختی هستند. رودخانه‌های T13, A2 به ترتیب در طول تاقدیسهای زوباران و الله اکبر جریان دارند.



شکل ۹- مقایسه انتگرال هیپسومتری حوضه‌های آبریز کوچک و بزرگ مقیاس گستره مشهد- سبزوار

کتابنگاری

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی صفحه ۷۵-۸۰.
- نبوی، م.ح.، ۱۳۵۵- دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، ۱۰۹ ص.
- نقشه‌های زمین‌شناسی گستره کپه‌داغ- بینالود، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور و شرکت ملی نفت ایران.
- نواب پور، پ.، حیدرزاده، ق.، مافی، آ.، حق‌پور، ن.، ۱۳۸۲- الگوی دگرریختی و پهنه‌بندی ساختاری ایالت زمین‌ساختی کپه‌داغ، بیست و دومین گردهمایی علوم زمین.

References

- Brookfield, M.E., 1998- The evolution of the great river systems of southern Asia during the Cenozoic India- Asia collision: rivers draining southwards. *Geomorphology* 22, 285-312.
- Burbank, D.W., Anderson, R.S., 2001- *Tectonic Geomorphology*. Blackwell, Oxford.
- Chen, Y.C. et al., 2003- Along – Strike variations of morphotectonic features in the Western Foothills of Taiwan : tectonic implications based on Stream-gradient and hypsometric analysis, *Geomorphology*, 56, 109-137.
- Hack, J.T., 1973- Stream-profile analysis and stream – gradient indices. *U.S. Geol. Surv. J. Res.* 1, 421-429
- Keller, E.A. & Pinter, N., *Active tectonic*, Prentice Hall.
- Hessami, Kh., Jamali, F., Tabassi, H., 2003- Major Active Fault of Iran, *IIEES*.
- Lifton, N.A., Chase, C.G., 1992- Tectonic, climatic and lithologic influences on landscape fractal dimension and hypsometry : implications for landscape evolution in the San Gabriel Mountains, California. *Geomorphology* 5, 77-114
- Marple, R.T., Talwani, P., 1993- Evidence of possible tectonic up-warping along the South Carolina coastal plain from an examination of river morphology and elevation data. *geology* 21, 651-654.
- Meritts, D. & Vincent, K.R., 1989- Geomorphic response of coastal stream to low, intermediate and high of uplift, Mendocino triple junction region, Northern California, *Geol. Soc. Am.* 101, 1373-1388.
- Seeber, L., Gornitz, V., 1983- River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. *Tectonophysics* 92, 335-367.
- Strahler, A.N., 1952- Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bull. Geol. Soc. Am.* 63, 1117-1142.