نقش مطالعات هیپسومتریک در تحلیل وضعیت و فرسایش حوضه‌های آبریزجنوب و جنوب شرق شهرستان سراب

معصومه رجبی*
استاد گروه ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
مریم انصاری
دانشجوی دکتری مخاطرات ژئومورفولوژیک دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۱۵ تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۶/۱۲

چکیده
یکی از روش‌های کلاسیک، اما معتبر در تحلیل نحوه تحول شبکه‌های زهکشی، به‌ویژه نحوه تحول رودخانه اصلی در بستر جریان، استفاده از روش هیپسومتری بی‌بعد است. نظر به اینکه تمامی تغییرات در رودخانه‌ها در بستر جریان آن‌ها، به‌ویژه در دره‌ها به‌صورت مختلف نمود پیدا می‌کند، لذا در اینجا از روش هیپسومتری بی‌بعد و انتگرال هیپسومتری، به‌منظور تحلیل درست مراحل تحول در بخش‌های مختلف دامنه شمالی بزقوش بهره گیری شده است. مقادیر بزرگ انتگرال بزرگ‌تر از (۰/۵) به معنی این است که مناطق مرتفع کمتر دستخوش فرسایش قرارگرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد مقادیر شاخص هیپسومتری در حوضه‌های منطقه متفاوت است ولی در حالت کلی نوع فرسایش و مرحله تحول تقریباً از نوع بلوغ به سمت پیری است که حکایت از کاهش شدت‌های فرسایش در این منطقه دارد. این موضوع از نظر برنامه‌های آبخیزداری دارای اهمیت قابل ملاحظه است. همچنین، حداقل مقادیر Hi محاسبه شده ۲۳۰/. مربوط به حوضه شماره ۹ (هریس) است و بیشترین مقدار معادل ۶۲۷/. مربوط به حوضه شماره ۳ (نرمیق) می‌باشد. بررسی مقادیر Hi و مرحله فعالیت فرسایش به تفکیک حوضه‌ها نشان می‌دهد که تنها یک حوضه یعنی حوضه نرمیق چای در مرحله جوانی از نظر فرسایش است و سه حوضه (عبدل‌آباد، اردها و گوشنق) دارای مرحله بلوغ و حالت متعادل از نظر فرسایش و رسوب‌گذاری و بقیه یعنی ۶ حوضه باقیمانده دارای شرایط تحول به سمت پیری است.

واژگان کلیدی: **هیپسومتری؛ فرسایش؛ تحول؛ جنوب شرق سراب.**

مقدمه

مطالعات هیپسومتری هم‌زمان با بررسی‌های کمی ژئومورفولوژی توسط استرالر شروع می‌شود و سپس توسط لانگبین، تجزیه‌وتحلیل هیپسومتری به‌صورت جدید و بدون بعد توسعه یافته است. استرالر، میلر وشوم این نوع تجزیه‌وتحلیل را در

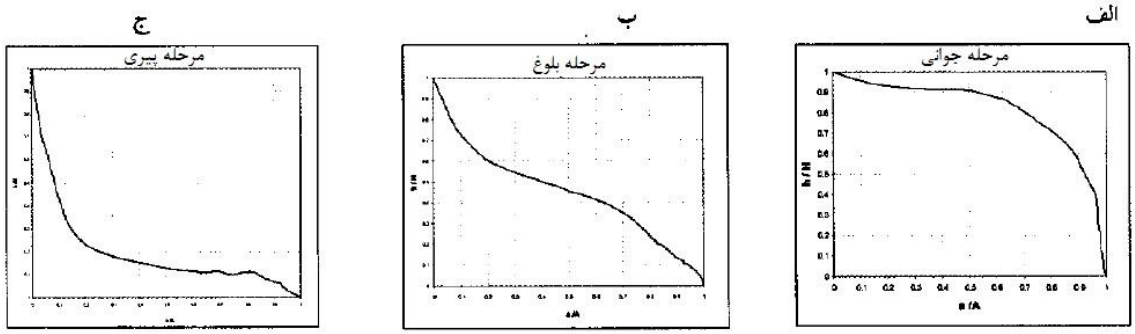
* نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۳۱۳۴۷۳۱ E-mail: mrajabi@tabrizu.ac.ir

مورد حوضه‌های کوچک زهکشی بکار برده‌اند که شبکه آب‌ها در آن‌ها رتبه پایینی دارند (دورنکامپ، ۱۳۷۰). در حالت کلی بررسی‌ها و منحنی‌های هیپسومتری، توزیع ارتفاعی سطح زمین را در یک منطقه مانند حوضه زهکشی نمایش می‌دهند و امکان تعیین مرحله تحول حوضه‌های زهکشی را فراهم می‌آورند (استرالر ۱۹۵۷ و گارنیر و پیروتا، ۲۰۰۸).

منحنی هیپسومتریک حوضه با ترسیم ارتفاع کل (ارتفاع نسبی) در مقابل مساحت کل (مساحت نسبی) حوضه ترسیم می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۰). در یک حوضه زهکشی که بین خط تقسیم آب و سطح اساس افقی منطبق بر دهانه آن محدود است، ارتفاع نسبی برابر نسبت ارتفاع یک منحنی میزان مشخص به‌کل ارتفاع حوضه می‌باشد. مساحت نسبی حوضه سطح مقطع افقی آن قسمت از مساحت حوضه در بالای منحنی میزان مشخص به مساحت کل حوضه است. منحنی هیپسومتری به‌صورت درصد و بر اساس تابع پیوسته‌ای در رابطه با ارتفاع نسبی به مساحت ناحیه ترسیم می‌شود. در مرحله اولیه تحول (جوانی) شکل منحنی هیپسومتری برای حوضه‌های زهکشی در حال توسعه متغیر است ولی در حالت کلی شکل محدب دارد. در مرحله بلوغ، علیرغم کاهش ناهمواری‌ها، منحنی هیپسومتری دارای تغییرات کمی است (دورنکامپ، ۱۳۷۰).

یک روش ساده برای شناخت کل منحنی هیپسومتری یک حوضه، محاسبه انتگرال هیپسومتری است (کلر و پینتر، ۲۰۰۲). انتگرال شاخصی است که به مساحت حوضه وابسته است و به‌صورت مساحت زیر منحنی تعریف می‌شود.

مقادیر انتگرال نیز، مراحل تحول چشم‌اندازها را در چرخه فرسایشی بیان می‌کند؛ به‌طوری که مقدار انتگرال بزرگ‌تر از ۰/۵ با منحنی محدب به توپوگرافی جوان چشم‌انداز (به‌صورت زمین‌های مرتفع با دره‌های عمیق) اشاره می‌کند و توپوگرافی جوان، حکایت از بالا آمدگی منطقه و فعالیت جدید تکتونیکی دارد. مقدار متوسط انتگرال ۰/۵ ـ ۰/۴ و شکل سیگموئید منحنی، مرحله بلوغ ناهمواری‌ها را نشان می‌دهد و در نهایت مقدار کم این شاخص (کوچک‌تر از ۰/۴) با منحنی مقعر مرحله پیری حوضه‌های زهکشی را نمایش می‌دهد که این مورد نیز می‌تواند دلیلی بر فعالیت کم منطقه، از نظر تکتونیکی باشد (گارنیر و پیروتا، ۲۰۰۸). ارتباط بین انتگرال هیپسومتری و درجه بریدگی باعث شده است تا انتگرال هیپسومتری؛ شاخص و معیاری جهت تشخیص چرخه مرحله فرسایش چشم‌انداز استفاده شود (گورابی و همکار، ۱۳۸۶). همان‌طوری که در فوق اشاره شد چرخه فرسایش به‌طور نظری یک چشم‌انداز را در خلال چندین مرحله به‌صورت شکل (۱) مشخص و توصیف می‌کند. از منحنی‌های هیپسومتریک علاوه بر تجزیه‌وتحلیل‌های فرسایشی؛ روشی در تفکیک مناطق فعال و غیرفعال تکتونیکی نیز استفاده می‌شود.



مأخذ: گورابی و نوحه‌گر،۱۳۸۶.

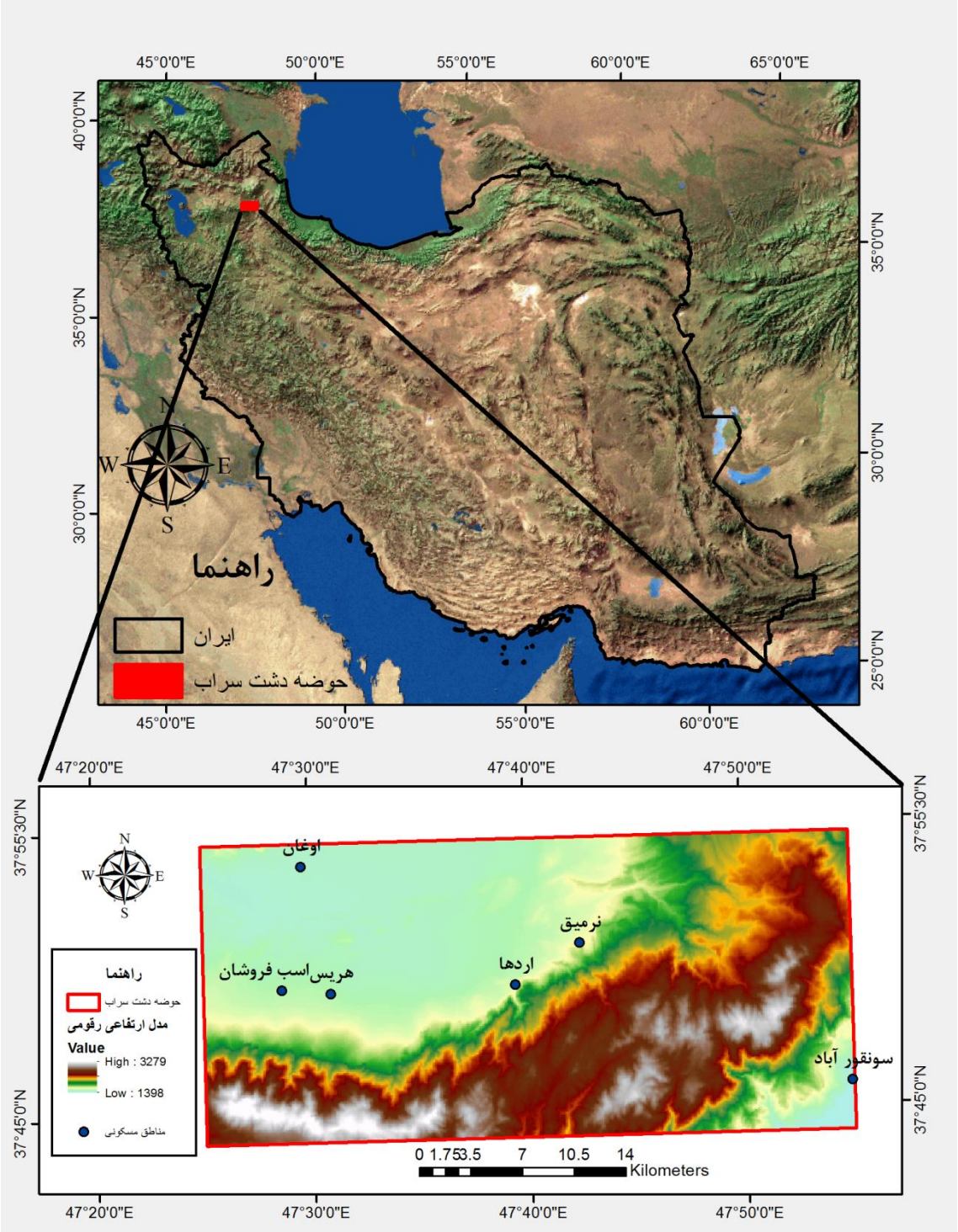
شکل ۱: منحنی‌های هیپسومتریک نظری که مراحل مختلف چرخه فرسایش را مشخص می‌سازد.

مطالعات هیپسومتری حوضه‌ها در هیدرولوژی و ژئومورفولوژی کاربرد قابل ملاحظه دارد. با مشخص کردن مرحله تحول و وضعیت فرسایش رودخانه‌های اصلی، شرایط عمومی فرسایش و رسوب زایی حوضه‌ها جهت بررسی‌های اولیه طرح‌های برنامه‌ریزی و کاربردی مشخص می‌شود. توضیح اینکه برش عرضی رودخانه در مرحله جوانی، به‌صورت دره‌های V شکل، ارتفاع‌های پرشیب و فرسایش شدید است و در نتیجه مقادیر رسوب زایی در این حوضه‌ها بالا خواهد بود؛ اما اگر برش عرضی رودخانه در مرحله بلوغ باشد کاهش شیب و ارتفاع در اثر فرسایش را نشان می‌دهد و دره‌ها هم تا حدودی باز شده‌اند و بسترشان پهن‌شده است و در نتیجه شدت فرسایش در این مرحله کمتر است (داداشی آرانی، ۱۳۸۴). مهم‌تر از آن با برآورد ارتفاع متوسط حوضه از روی منحنی‌های هیپسومتری می‌توان میزان رسوب سالانه حوضه را نیز به روش فورنیه محاسبه کرد (آزادی، ۱۳۸۵). این موضوع خصوصاً در حوضه‌هایی که داده‌های هیدرولوژیکی و مقادیر رسوب وجود ندارد اهمیت بیشتری پیدا می‌کند و حوضه‌های ده‌گانه منطقه انتخابی از این نوع است. از کاربردهای دیگر منحنی هیپسومتری می‌توان به برآورد ارتفاع نزولات جوی حوضه‌ها (البته با داشتن معادله گرادیان بارندگی منطقه) اشاره کرد. همچنین این منحنی‌ها امکان اندازه‌گیری مساحت سطح پوشیده از برف را فراهم می‌آورد (علیزاده،۱۳۸۰).

موقعیت جغرافیایی

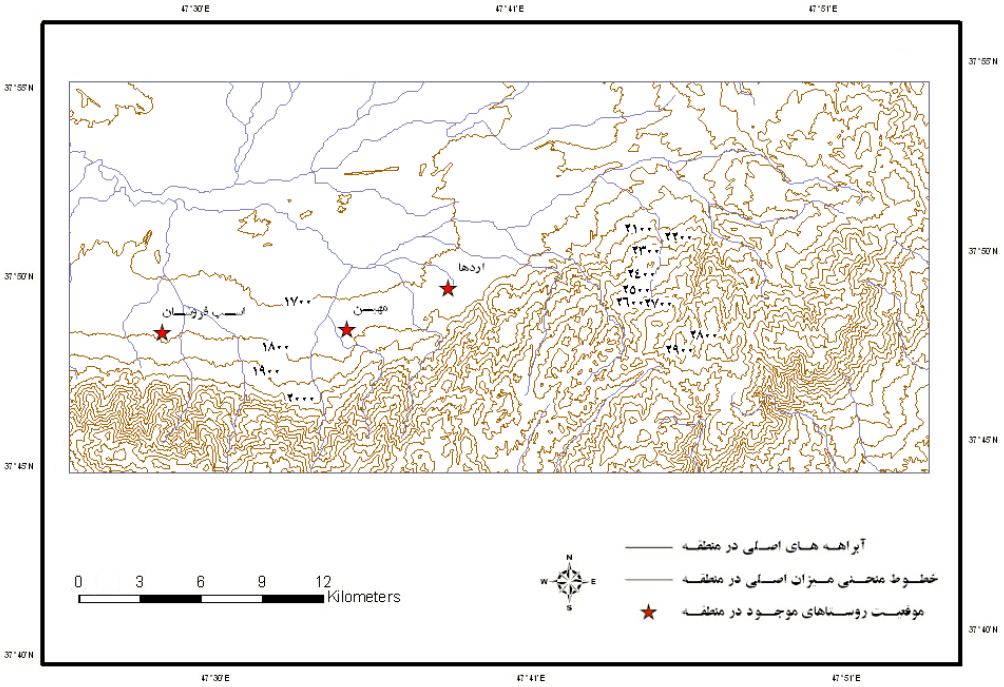
منطقه مورد مطالعه در جنوب و جنوب شرق شهرستان سراب و دامنه‌های شمالی رشته‌کوه بزقوش واقع است. عرض جغرافیایی آن بین ۴۴ درجه و ۳۷ درجه الی ۵۵ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و طول جغرافیایی ۲۵ درجه و ۴۷ دقیقه الی ۵۵ درجه و ۴۷ دقیقه می‌باشد (شکل ۲). منطقه مورد مطالعه شامل قسمتی از جنوب دشت سراب و بخشی از رشته‌کوه بزقوش است بیشترین ارتفاع منطقه، ۳۲۷۹ متر در گوشه جنوب غربی و حداقل ارتفاع محدوده، ۱۳۹۸ متر، در گوشه شمال غربی محدوده واقع شده است. مساحت محدوده در حدود ۸۳۵ کیلومترمربع بوده، دارای ۳۸ روستا و ۱۹۷۶۲ نفر جمعیت می‌باشد. رودخانه آجی چای به طول ۲۶۵ کیلومتر و مساحت ۹۲۰۰ کیلومترمربع، از رودهای مهم استان و منطقه محسوب می‌شود که از ارتفاع‌های بزقوش و سبلان سرچشمه گرفته و منطقه مورد مطالعه بخشی از زیر حوضه آن محسوب می‌شود. منطقه مورد نظر از دو بخش کاملاً متمایز کوهستان و دشت تشکیل شده است و حد جدا کننده این

دو بخش با پای کوه‌هایی مخروط افکنه است مشخص شده است. در کل می‌توان منطقه را به سه بخش، کوهستان، دشت و پای کوه تقسیم کرد (شکل ۳).



مأخذ: نویسندگان

شکل ۲: نقشه موقعیت کلی منطقه مورد مطالعه



مأخذ: نویسندگان

شکل ۳: نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه.

ویژگی اساسی و مهم بخش کوهستان، وجود دره‌های عمیق، قلل مرتفع، اختلاف ارتفاع زیاد میان قله‌ها و دره‌ها، تغییرات شیب دامنه‌ها و وجود دامنه‌ها با شیب تند است. تغییرات شیب این واحد از ۱۶ تا ۶۷ درصد متغیر است. بیشترین شیب در دو قسمت غربی و شرقی منطقه دیده می‌شود. در بخش‌هایی از این واحد مناطق مسطحی با شیب صفر تا ۲ درصد نیز به چشم می‌خورد.

مرتفع‌ترین نقطه آن ۳۲۷۹ متر در گوشه جنوب غربی منطقه واقع شده است. دره‌های تنگ و باریکی به‌صورت V شکل دیده می‌شوند که نشان‌دهنده فرسایش نسبتاً شدید رودخانه و فعالیت زیاد آن‌ها، همچنین نشان‌دهنده شیب زیاد منطقه می‌باشد.

پایکوه واحد توپوگرافی دیگری در منطقه مورد مطالعه است که بعد از واحد کوهستان شروع می‌شود؛ و حداکثر ارتفاع آن در قسمت غربی و شرقی متفاوت است به‌طوری‌که در قسمت غربی از ارتفاع ۲۰۰۰ متر شروع شده و تا ۱۸۰۰ متر ادامه دارد؛ و در بخش شرقی از ارتفاع ۱۹۰۰ متر شروع شده و تا ۱۸۰۰ متری ادامه دارد. در بخش غربی رشته‌کوه بزقوش و منطقه مورد مطالعه به علت ارتفاع زیاد کوهستان، بخش پایکوه که در واقع همان مخروط افکنه‌ها می‌باشند، به‌وضوح مشخص بوده و واحد توپوگرافی کاملاً مستقلی را از نظر ارتفاع ایجاد کرده‌اند، این مخروط افکنه‌ها از اشکال مهم ژئومورفولوژی منطقه محسوب شده و با منحنی‌های میزان قوسی شکل، از عوارض عمده‌ای می‌باشند که در نقشه توپوگرافی نیز خودنمایی می‌کنند.

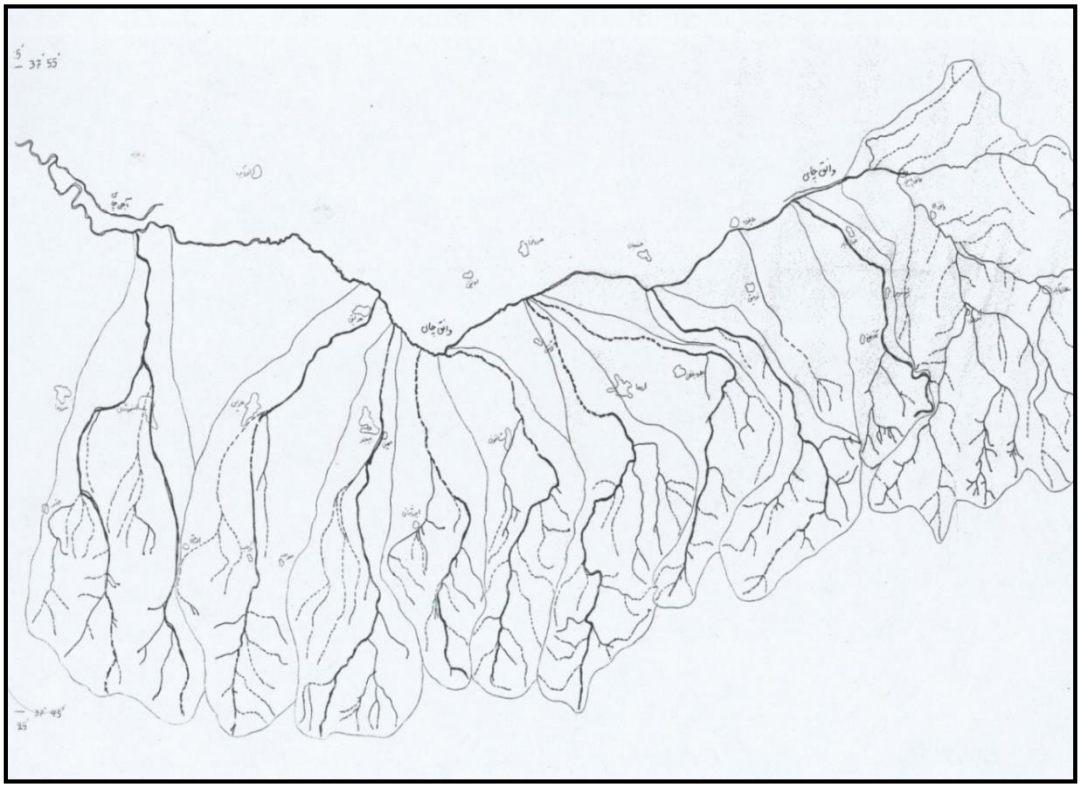
در بخش شرقی به علت ارتفاع نسبی کم رشته‌کوه، واحد پایکوه به‌سختی از واحد دشت و کوه متمایز می‌شود. همچنین در این بخش، برخلاف بخش غربی، مخروط افکنه‌های مشخصی دیده نمی‌شود و پایکوه‌ها با شیب ملایمی از یک‌طرف به کوه و از طرف دیگر به دشت منتهی می‌شوند. جدول (۱) مشخصات واحدهای توپوگرافی را به تفکیک نشان می‌دهد.

جدول ۱: مشخصات واحدهای توپوگرافی منطقه

ردیف	نام واحد	مساحت به (Km)	مساحت به درصد	موقعیت
۱	کوهستان	۳۵۴/۸۷۵	۴۲/۵	جنوب و جنوب شرق
۲	دشت	۳۲۵/۶۵	۳۹	شمال و شمال غرب
۳	پایکوه	۱۵۴/۴۷۵	۱۸/۵	مرکز و به‌صورت طولی

مأخذ: نویسندگان

منطقه مورد مطالعه دارای یک رودخانه بزرگ به اسم وانق چای می‌باشد که با زیر حوضه‌های بزرگ و کوچک خود، جزو حوضه آبریز آجی چای محسوب شده و در بخش غربی منطقه به این رودخانه می‌ریزد. ۱۰ زیر حوضه‌ی مجزا، در منطقه مورد مطالعه، شناسایی و محدوده آن‌ها مشخص‌شده است (شکل ۴). آبراهه‌ها، بیشتر از الگوی شاخه درختی (دندریتی) تبعیت می‌کنند. قسمتی از آبراهه‌ها دائمی و بعضی دیگر، فصلی می‌باشند بیشتر رودخانه‌ها در پایین‌دست فصلی می‌شوند و این نشان‌دهنده مصرف آب در بخش کشاورزی و کاهش دبی آب این رودخانه‌هاست.



مأخذ: نویسندگان

شکل ۴: نقشه حوضه‌های ده‌گانه منطقه

در منطقه مورد مطالعه، مطالعات جانبی و اجمالی، توسط افراد و سازمان‌های مختلف انجام‌گرفته است که نخستین بار، مطالعه آبیاری حوضه آبریز آجی چای و علل شوری آن برای پژوهش، توسط کوزه‌گر زینالی در سال (۱۳۴۵) انجام‌گرفته است. لطفی و افتخار نژاد در سال (۱۳۵۴) در خصوص وجود ذخایر نفلین سینیت در کوه‌های بزقوش گزارشی ارائه دادند. مهندسی مشاور یکم در سال (۱۳۷۲) به‌منظور تأمین آب کشاورزی دشت سراب مطالعاتی انجام شده است در این مطالعه برای جلوگیری از شور شدن آب رودخانه تاجیار و ایجاد بندهای انحرافی بر روی شاخه‌های فرعی رودخانه آجی چای طرح‌هایی پیشنهاد شده است. مطالعات پتانسیل آب‌های زیرزمینی و بهره‌برداری از آن توسط شرکت کاو آب در سال‌های (۱۳۷۶، ۱۳۷۷) انجام‌گرفته است. طرح توسعه و عمران (جامع) ناحیه سراب در سال (۱۳۷۹) توسط مهندسین مشاور معماری و شهرسازی و به سفارش سازمان مسکن و شهرسازی استان آذربایجان شرقی در دو جلد انجام‌شده است که مطالعه‌ای تفصیلی در مورد وضع موجود بوده و به بررسی ویژگی‌های طبیعی، جغرافیایی زیستی، زمین‌شناسی و اقلیم پرداخته است.

بررسی مسائل ژئومورفولوژی دامنه شمالی رشته‌کوه بزقوش و دشت انباشتی سراب از ابرغان تا سلطان‌آباد، در سال (۱۳۸۱) توسط کرمی انجام‌گرفته است که به بررسی توپوگرافی، شبکه آبراهه‌ای دامنه‌های شمالی رشته‌کوه بزقوش و نتایج موفولوژیکی آن‌ها در این دامنه‌ها پرداخته است. مطالعات طرح حفاظت خاک و کنترل رسوب حوضه وانق چای شهرستان سراب، همچنین مطالعه ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی همین حوضه، از نوع مطالعات (توجیهی ـ اجرایی) توسط سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی ـ مدیریت آبخیزداری در سال (۱۳۸۲) انجام‌گرفته است.

داده‌ها و روش‌ها

در فرآیند پژوهش، نخست نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری؛ نقشه‌های پایه در بررسی ویژگی‌های ارتفاعی و استخراج اطلاعات مورد نیاز مورد استفاده قرارگرفته است. نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نیز برای شناسایی ویژگی‌های لیتولوژیکی و زمین ساختی منطقه مورد استفاده قرارگرفته است. عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰،۱:۴۰۰۰۰،۱:۵۰۰۰۰ منطقه همچنین تصاویر ماهواره‌ای در تکمیل مطالعات مفید واقع شده‌اند.

روش به کار رفته در تجزیه‌وتحلیل حوضه‌های آبخیز روش منحنی هیپسومتری و شاخص انتگرال هیپسومتری (Hi) است.

منحنی هیپسومتری: در این رابطه متغیرهای اساسی موردنیاز در ترسیم منحنی‌های هیپسومتری عبارتند از:

h = اختلاف ارتفاع تجمعی در ارتفاع‌های مختلف (متر) ؛

H = اختلاف ارتفاع کلی حوضه (متر) ؛

a = مساحت تجمعی در ارتفاع‌های مختلف (کیلومترمربع) ؛

A = مساحت کلی حوضه.

برای بی‌بعد کردن پارامترهای اساسی x و y، مؤلفه‌های هرکدام نسبت به‌کل سنجیده می‌شوند، به‌طوری که ارقام بی‌بعد x، از نسبت مساحت جزئی به مساحت کل به دست می‌آید.

$$X = a / A$$

ارقام بی‌بعد y هم از نسبت اختلاف ارتفاع جزئی به اختلاف ارتفاع کل حاصل می‌شود:

$$Y = h / H$$

انتگرال هیپسومتری:

از طریق رابطه ساده زیر می‌توان میزان انتگرال هیپسومتری را در هر حوضه محاسبه نمود (کلر و پینتر، ۲۰۰۲؛ همدونی و همکاران، ۲۰۰۸).

Hi =(حداقل ارتفاع–حداکثر ارتفاع) / (حداقل ارتفاع– ارتفاع متوسط)

داده‌های موردنیاز برای محاسبه انتگرال به‌آسانی از نقشه‌های توپوگرافی استخراج می‌شود. حداقل و حداکثر ارتفاع به‌طور مستقیم از روی نقشه‌های توپوگرافی خوانده می‌شوند. ارتفاع متوسط نیز از طریق قرائت حداقل ۵۰ نقطه ارتفاعی از روی نقشه توپوگرافی یا با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) محاسبه می‌شود (کلر و پینتر، ۲۰۰۲).

جدول ۲: اطلاعات مربوط به حوضه‌های مورد مطالعه در منطقه

ردیف	نام حوضه‌ها	مجموع طول تمام آبراهه‌ها (km)	مساحت (km^2)	مساحت برحسب درصد	تراکم شبکه رودخانه $\mu = \frac{\sum L}{A}$
۱	وانق	۱۹۷	۱۰۸	۲۸/۴	۱/۸۲
۲	عبدل‌آباد	۲۰	۱۴/۸۵	۳/۸۹	۱/۳۳
۳	نرمیق	۳۵	۲۲/۷۵	۵/۹۸	۱/۵۳
۴	اردها	۳۱	۲۳	۶	۱/۳۴
۵	کوشنق	۵۰	۳۱	۸/۱۵	۱/۶۱
۶	شالقون	۳۱	۲۷	۷/۱۰	۱/۱۴
۷	ایدرشان	۳۲	۲۴	۶/۳۱	۱/۳۳
۸	بیجند	۴۵	۳۰/۲۵	۷/۹۶	۱/۴۵
۹	هریس	۴۳	۴۵	۱۱/۸۴	۰/۹۵
۱۰	اسب فروشان	۶۶	۵۱/۷۵	۱۳/۶۱	۱/۲۷
جمع		۵۵۰	۳۸۰	۱۰۰	۱/۴۴

مأخذ: نویسندگان

بحث

یکی از روش‌های کلاسیک، اما معتبر در تحلیل نحوه تحول شبکه‌های زهکشی، به‌ویژه نحوه تحول رودخانه اصلی در بستر جریان، استفاده از روش هیپسومتری بی‌بعد است. منحنی‌های هیپسومتری بی‌بعد که سابقه بررسی و ترسیم آن جهت تحلیل فرایندهای ژئومورفولوژی به استرالر برمی‌گردد، منحنی‌های هستند که از تغییرات توده زمین در رابطه با

ارتفاع (انرژی شیب) در داخل یک حوضه زهکشی حکایت می‌کنند. نظر به اینکه تمامی تغییرات در رودخانه‌ها در بستر جریان آن‌ها، به‌ویژه در دره‌ها به‌صورت مختلف نمود پیدا می‌کند، لذا در اینجا از روش هیپسومتری بی‌بعد و انتگرال هیپسومتری، به‌منظور تحلیل درست مراحل تحول در بخش‌های مختلف دامنه شمالی بزقوش بهره گیری شده است.

برای مشخص کردن شکل منحنی هیپسومتری حوضه‌های مورد مطالعه، انتگرال هیپسومتری تمامی حوضه‌ها محاسبه شدند. مقادیر بزرگ انتگرال بزرگ‌تر از (۰/۵) به معنی این است که سرزمین‌های مرتفع کمتر دستخوش فرسایش قرار گرفته‌اند و یا ممکن است بیانگر یک چشم‌انداز جوانی باشد که به‌وسیله فعالیت‌های تکتونیکی به وجود آمده‌اند (کرمی،۱۳۸۷)

انتگرال هیپسومتری با عدد بزرگ یا شکل محدب، توپوگرافی جوان را در منطقه نشان می‌دهد. مقدار متوسط انتگرال هیپسومتری و یا منحنی هیپسومتری با شکل تقریباً خطی نشان‌دهنده‌ی مرحله رسیده از تحول منطقه است و در مرحله پیری یا تحول بیشتر منطقه، مقدار Hi کمتر یا مساوی ۰/۴ است. مگر این‌که فرسایش، توپوگرافی جدیدی حفظ کند (کلرو پنیتر، ۲۰۰۲).

جدول ۳: کلاس شاخص Hi بر اساس فعالیت و شکل منحنی

مرحله تحول	شکل منحنی	آستانه Hi	کلاس
جوان	منحنی محدب	$>$ ۰/۵	۱
بلوغ	سیگموئید	۰/۴ – ۰/۵	۲
پیری	منحنی مقعر	$\leq$ ۰/۴	۳

مأخذ: نویسندگان

بررسی و تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های منحنی و انتگرال هیپسومتری در حوضه‌های منطقه

- منحنی و انتگرال هیپسومتری در حوضه وانق چای (حوضه ۱)

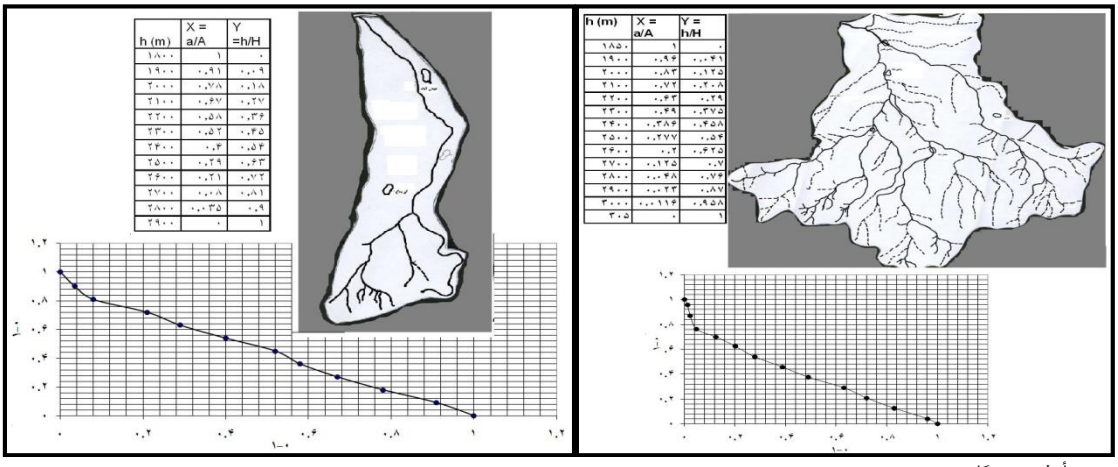
این حوضه شرقی‌ترین حوضه منطقه مورد مطالعه بوده و از نظر مساحت در بین ۱۰ حوضه، بزرگ‌ترین حوضه محسوب می‌شود. تعداد آبراهه‌ها زیاد و از تراکم بالایی برخوردار است. ارتفاع متوسط این حوضه بیشتر از ۲۰۰۰ متر و شیب عمومی آن نسبت به حوضه‌های دیگر، کم و یکنواخت است. تراکم شبکه آبراهه‌ای آن در حدود ۱/۸۲ می‌باشد که نسبت به میانگین مجموع حوضه‌ها، تراکم نسبتاً بالایی را نشان می‌دهد.

برای بررسی تحول این حوضه شکل (۵) ارائه‌شده است. آنچه از منحنی هیپسومتری این حوضه مشخص می‌شود این است که منحنی مذبور مقعر و مقدار شاخص هیپسومتری محاسبه شده برابر ۳۸۴/. = Hi بوده و مطابق جدول (۳) حوضه در مرحله بلوغ به سمت پیری می‌باشد. این امر به علت شیب کم منطقه و برش شبکه زهکشی در یک سطح هموارتر می‌باشد که این خود حاکی از توسعه فرسایش می‌باشد.

- منحنی و انتگرال هیپسومتری در حوضه عبدل‌آباد چای (حوضه ۲)

حوضه عبدل‌آباد کوچک‌ترین حوضه مورد مطالعه در منطقه است. آبراهه‌های فرعی کمی دارد. امتداد کل آبراهه‌ها به‌طور تقریبی جنوبی ـ شمالی است. شاخه اصلی این آبراهه در حدود ۱۰ کیلومتر است. حوضه، شکل طولی و کشیده دارد. شاخه اصلی از ارتفاع ۲۸۰۰ متری شروع شده و در ارتفاع ۱۸۰۰ متری به آبراهه اصلی می‌ریزد. تراکم شبکه آبراهه‌ای آن در حدود ۱/۳۳ بوده که از میانگین، کمتر است.

مشخصات هیپسومتری، جدول و شکل آن در شکل (۵) درج‌شده است. حوضه عبدل‌آباد با مقدار ۴۵۷/. = Hi و شکل سیگموئید که روند متعادلی را نشان می‌دهد، حکایت از مرحله بلوغ این حوضه دارد و توازن و تعادل فرایندهای ژئومورفیک را اثبات می‌کند.



مأخذ: نویسندگان

شکل ۵: جدول، شکل و منحنی هیپسومتری حوضه وانق چای، حوضه شماره ۱(سمت راست) و حوضه عبدل‌آباد چای، حوضه شماره ۲ (سمت چپ).

- منحنی و انتگرال هیپسومتری در حوضه نرمیق چای (حوضه ۳)

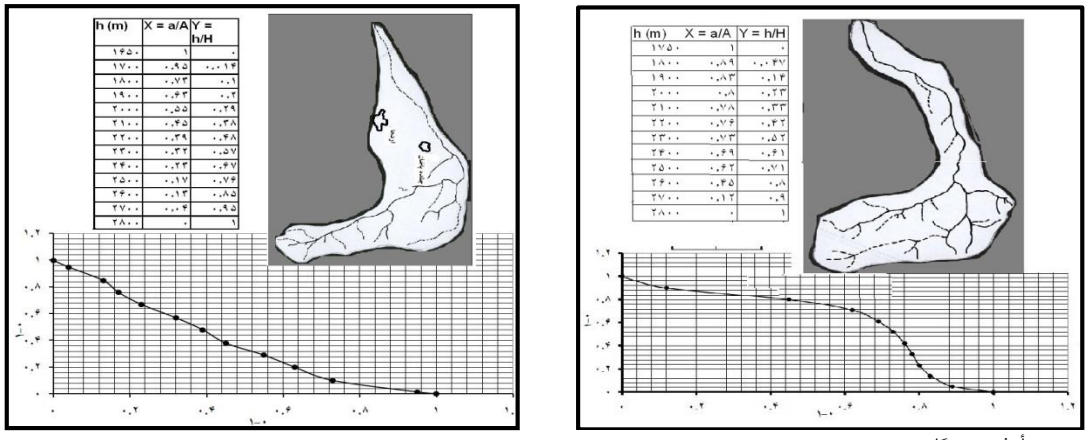
حوضه نرمیق از شرق به حوضه عبدل‌آباد و از غرب به حوضه اردها محدود می‌شود، آبراهه اصلی و همچنین تعدادی از آبراهه‌های فرعی این حوضه به سمت شرق انحراف دارد و در قسمت بالادست حوضه، جهت جریان از جنوب غرب به شمال شرق و از نیمه مسیر به بعد جهت جریان عوض شده از جنوب شرق به سمت شمال غرب حرکت کرده است. آبراهه اصلی از ارتفاع بیشتر از ۲۷۰۰ متر شروع شده و در ارتفاع کمتر از ۱۷۰۰ متر به آبراهه اصلی می‌ریزد. تراکم شبکه آبراهه‌ی آن در حدود ۱/۵۲ است.

این حوضه بر اساس جدول و منحنی هیپسومتری مندرج در شکل (۶) جوان‌ترین حوضه منطقه از نظر چرخه فرسایش است. شاخص هیپسومتری محاسبه شده برای آن مساوی با ۶۲۷/. می‌باشد که حالت جوانی حوضه را نشان می‌دهد. این موضوع، نشان‌دهنده برش‌های عمیق و برجستگی‌های ناهموار و ناصاف است و این حالت می‌تواند دلیلی بر

تکتونیک فعال در منطقه باشد. در پایین دست منطقه، شیب به‌طور چشمگیری زیاد شده و عملکرد رودخانه را برای فرسایش و رسیدن به سطح اساس نشان می‌دهد.

- منحنی و انتگرال هیپسومتری در حوضه اردها چای (حوضه ۴)

این حوضه چهارمین حوضه از سمت شرق منطقه مورد مطالعه بوده و از حوضه‌هایی است که آبراهه اصلی آن انحراف بسیار زیادی را به سمت شرق نشان می‌دهد. این انحراف از قسمت وسط مسیر آبراهه اصلی و درجایی که احتمال وجود گسل در منطقه زیاد است دیده می‌شود. آبراهه اصلی از ارتفاع ۲۷۰۰ متری شروع شده و جهت جنوب غرب ـ شمال شرقی را ادامه می‌دهد. درحالی‌که در ادامه مسیر جهت جریان عوض شده و از شرق به سمت شمال غرب حرکت کرده و در ارتفاع تقریبی ۱۶۸۰ متر به رودخانه اصلی منطقه (وانق چای) می‌ریزد. تراکم شبکه رودخانه در این حوضه کم بوده و عدد آن ۱/۳۴ می‌باشد. حوضه اردها جزو حوضه‌های میانی منطقه محسوب می‌شود. شکل تقریباً مستقیم با شیب نسبتاً تند آن و شاخص هیپسومتری ۴/. حالت جوانی رو به سمت بلوغ آن را نشان می‌دهد که از روند متعادل فرایندهای ژئومورفیک حکایت می‌کند (شکل ۶).



مأخذ: نویسندگان

شکل ۶: جدول، شکل و منحنی هیپسومتری حوضه نرمیق چای، حوضه شماره ۳(سمت راست) و حوضه اردها چای، حوضه شماره ۴ (سمت چپ).

- منحنی و انتگرال هیپسومتری در حوضه گوشنق چای (حوضه ۵)

این حوضه نسبت به دو حوضه قبلی، آبراهه‌های فرعی زیادتری دارد. بنابراین از تراکم آبراهه‌ای بالاتری برخوردار است. انحراف مسیر آبراهه‌های اصلی و فرعی زیاد است. این حوضه در مرکز محدوده‌ی مطالعاتی قرار گرفته و آبراهه‌های آن از بخش مرکزی دامنه جنوبی بزقوش سرچشمه می‌گیرد. شیب بالادست آن زیاد و قسمت پایین‌دست آن شیب کمی دارد. این دو بخش با شیب تند و جبهه کوهستانی مشخص از هم جدا می‌شود. آبراهه اصلی از ارتفاع حدود ۲۸۵۰ سرچشمه

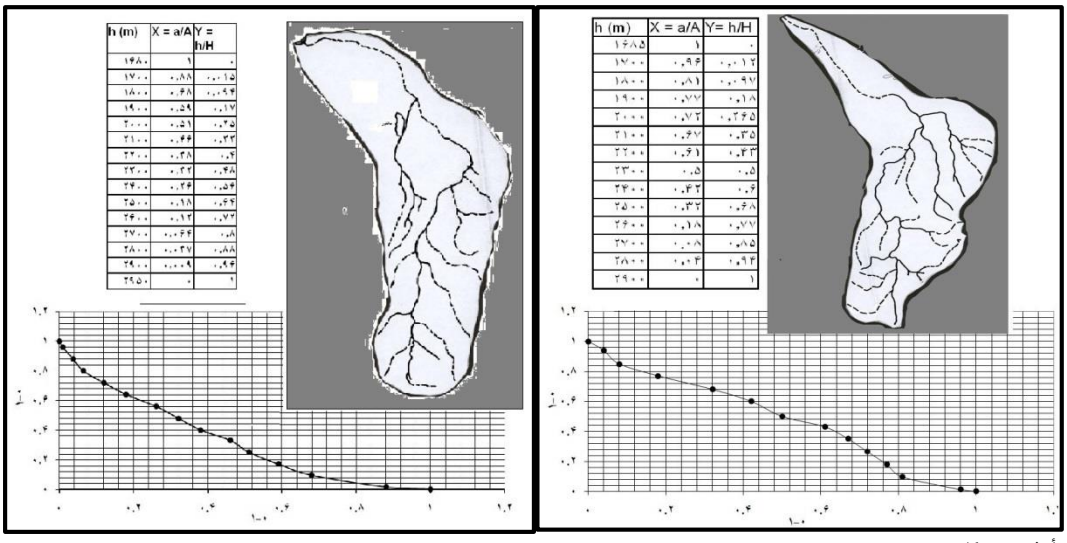
گرفته و در ارتفاع حدود ۱۶۸۰ در شمال روستای گوشنق به آبراهه اصلی می‌ریزد. جهت حرکت زهکش اصلی همانند دو حوضه قبلی از نیمه مسیر تغییر پیدا می‌کند. تراکم شبکه آبراهه آن ۱/۶۱ می‌باشد.

بر اساس شکل (۷)، شکل منحنی تقریباً مستقیم با تحدب نسبی در قسمت میانی منطقه و شکل سیگموئید، نشان‌دهنده نزدیک شدن آن به مرحله بلوغ می‌باشد، عدد مربوط به Hi برای این حوضه معادل ۴۷۵/. است که شدت عمل فرسایش را به‌خصوص در پایین‌دست آشکار می‌کند.

- منحنی و انتگرال هیپسومتری در حوضه شالقون چای (حوضه ۶)

حوضه ایدرشان از نظر مساحت از حوضه‌های نسبتاً کوچک و در قسمت میانی منطقه واقع شده است. روند عمومی حرکت آبراهه‌ها در این حوضه به‌طور تقریبی جنوبی ـ شمالی است. هرچند همانند حوضه‌های قبلی انحرافی به سمت شرق منطقه نشان می‌دهد. در این حوضه نیز همانند حوضه قبلی، آبراهه‌ی اصلی در پایین‌دست فصلی است. تراکم شبکه آبراهه آن در حدود ۱/۳۳ می‌باشد که جزو تراکم‌های متوسط است.

مقدار شاخص هیپسومتری برای آن معادل ۳۲۶/. است که مرحله بلوغ کامل و حالت تعادل را نشان دهد. مطابق شکل (۷)، میزان فرسایش بخصوص در پایین‌دست آن‌که تقعر بیشتری به چشم می‌خورد بیشتر نمایان است.



مأخذ: نویسندگان

شکل ۷: جدول، شکل و منحنی هیپسومتری حوضه گوشنق چای، حوضه شماره ۵ (سمت راست) و حوضه شالقون چای، حوضه شماره ۶ (سمت چپ).

- منحنی و انتگرال هیپسومتری در حوضه ایدرشان چای (حوضه ۷)

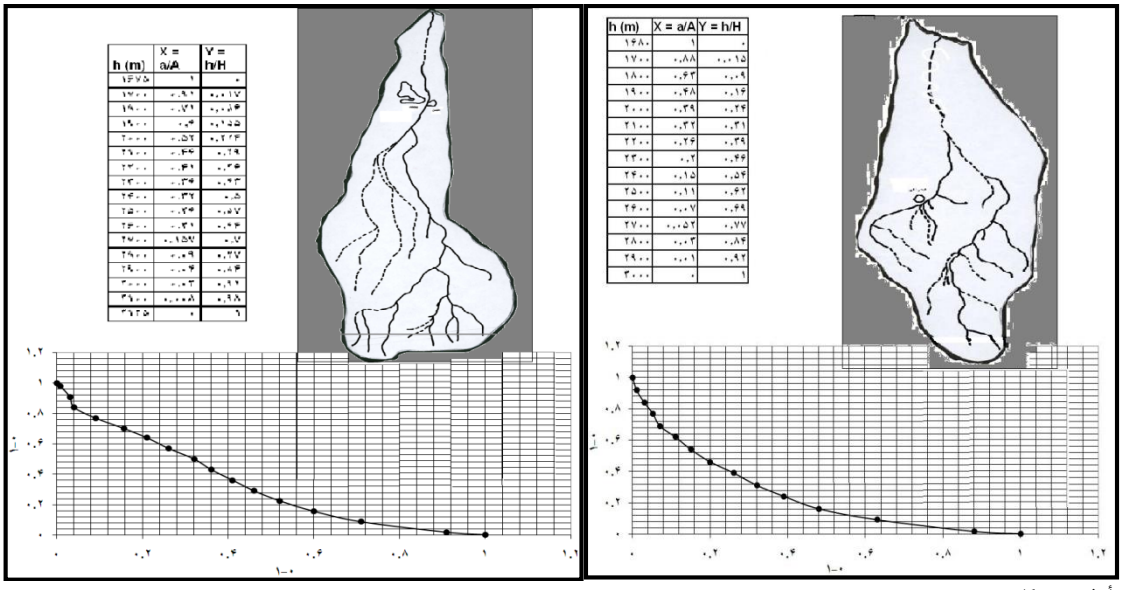
حوضه ایدرشان از نظر مساحت از حوضه‌های نسبتاً کوچک محسوب می‌شود. روند عمومی حرکت آبراهه‌ها در این حوضه به‌طور تقریبی جنوبی ـ شمالی است. هرچند همانند حوضه‌های قبلی انحرافی به سمت شرق منطقه نشان می‌دهد. در این

حوضه نیز همانند حوضه قبلی، آبراهه‌ی اصلی در پایین‌دست فصلی است. تراکم شبکه آبراهه آن در حدود ۱/۳۳ می‌باشد که جزو تراکم‌های متوسط است. این حوضه جزو حوضه‌های متمایل به غرب است. شکل کاملاً مقعر و میزان شاخص هیپسومتری برابر با ۳۲۳/. برای آن، مرحله نزدیک به پیری این حوضه را نشان می‌دهد و نشان‌دهنده چشم‌انداز کاملاً ملایم با توپوگرافی هموار شده است (شکل ۸).

- منحنی و انتگرال هیپسومتری در حوضه بیجند چای (حوضه ۸)

حوضه بیجند دقیقاً در امتداد جنوبی شهرستان سراب و در بخش غربی محدوده مورد مطالعه واقع شده است. روند عمومی جهت حرکت آب و مسیر آبراهه اصلی این حوضه جنوبی ـ شمالی است. شاخه اصلی از ارتفاع حدود ۳۲۰۰ متری شروع شده و در ارتفاع ۱۶۷۰ متری به وانق چای می‌ریزد در پایین‌دست مسیر اصلی، رودخانه حالت فصلی پیدا می‌کند. تراکم شبکه آبراهه آن ۱/۴۵ است.

بر اساس جدول و منحنی هیپسومتری شکل (۸)، شکل حوضه بیجند به سمت پیری نزدیک است، میزان شاخص Hi برای آن معادل ۳۲۶/. و همچنین شکل منحنی آن‌که در پایین‌دست حالت مقعر دارد، نشان‌دهنده رسیدن به مراحل آخر فرسایش و نزدیکی به سطح اساس است. به‌غیراز بخش کاملاً بالادست که شیب زیادی دارد در بقیه مسیر، توپوگرافی هموارتری نشان می‌دهد.



مأخذ: نویسندگان

شکل ۸: جدول، شکل و منحنی هیپسومتری حوضه ایدرشان چای، حوضه شماره ۷ (سمت راست) و حوضه بیجند چای، حوضه شماره ۸ (سمت چپ).

- منحنی و انتگرال هیپسومتری در حوضه هریس چای (حوضه ۹)

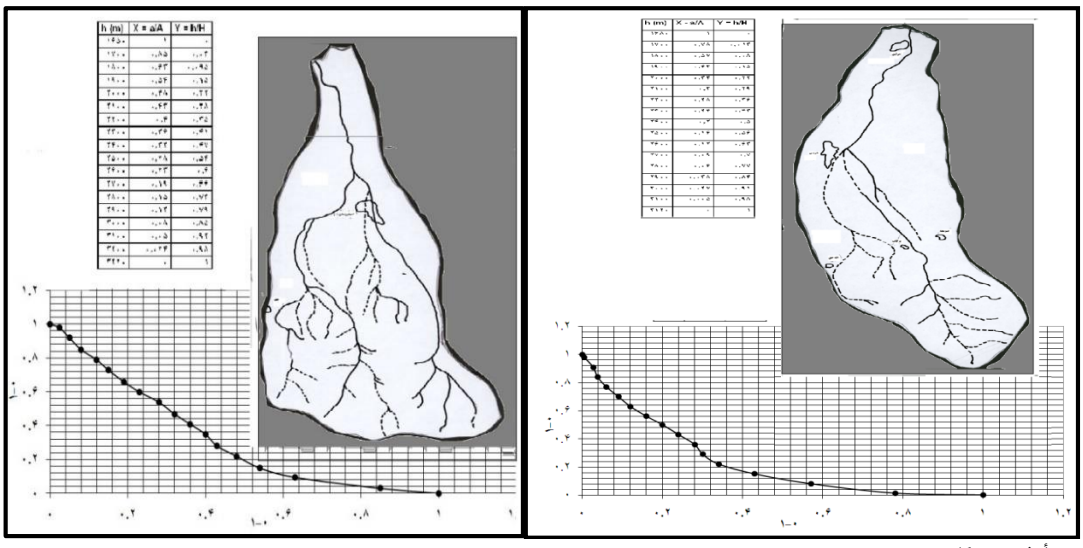
این حوضه جزو حوضه‌هایی با مساحت زیاد و شاخه اصلی طولانی است. آبراهه اصلی روند جنوبی ـ شمالی داشته و در پایین‌دست، یعنی از روستای هریس به بعد به سمت شمال شرق منحرف‌شده است. این حوضه کمترین تراکم را در بین حوضه‌های دیگر دارد و تراکم آن در حدود ۹۵/. است. شاخه اصلی که با خروج چشمه شکل‌گرفته از ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متری شروع شده و در کنار روستای هولیق در ارتفاع ۱۶۶۶ متری وارد وانق چای می‌شود. این حوضه کمترین تراکم را در بین حوضه‌های دیگر دارد.

منحنی هیپسومتری هریس چای که بر اساس جدول ترسیم شده است، مرحله نزدیک به پیری این حوضه را از نظر تحول نشان می‌دهد، در این حوضه چشم‌اندازهای قدیمی‌تر، بیشتر دچار فرسایش شده‌اند و کمتر به‌وسیله فعالیت‌های تکتونیکی متأثر شده‌اند. میزان انتگرال هیپسومتری در این حوضه ۲۳/. می‌باشد که وضعیت فوق را تأیید می‌کند.

- منحنی و انتگرال هیپسومتری در حوضه اسب فروشان چای (حوضه ۱۰)

حوضه اسب فروشان چای، بعد از حوضه ۱، دومین حوضه بزرگ از نظر مساحت می‌باشد. در بالادست آبراهه‌ها با شیب زیاد حرکت کرده و در پایین‌دست شیب ملایمی دارند. روند عمومی جریان جنوبی ـ شمالی است. دوشاخه اصلی دارد که از ارتفاع حدود ۳۱۰۰ متری جریان پیدا کرده و از چشمه‌های سرد و گرم متعدد سیراب می‌شوند و در پایین‌دست در ارتفاع ۱۶۵۰ متری به زهکش اصلی می‌ریزند این حوضه تنها حوضه‌ای است که آب آن به‌طور مستقیم به رودخانه آجی چای می‌ریزد. تراکم شبکه آبراهه‌ی آن در حدود ۱/۲۷ است که از تراکم نسبتاً پایین برخوردار است.

حوضه اسب فروشان با مقدار شاخص Hi برابر با ۳۲/. و پایین‌دست مقعر، همانند ۴ حوضه ماقبل خود حالت نزدیک به پیری و بلوغ کامل را نشان می‌دهد و نشان‌دهنده فرسایش یافتگی چشم‌اندازهای قدیمی است.



مأخذ: نویسندگان

شکل ۹: جدول، شکل و منحنی هیپسومتری حوضه هریس چای، حوضه شماره ۹(سمت راست) و حوضه اسب فروشان چای، حوضه شماره ۱۰ (سمت چپ).

جدول ۴: مقادیر شاخص هیپسومتری حوضه‌های مورد مطالعه

شماره حوضه	نام حوضه	مقدار Hi	کلاس	مرحله فعالیت
۱	وانق	۰/۳۸۴	۳	به سمت پیری
۲	عبدل‌آباد	۰/۴۵۷	۲	بلوغ
۳	نرمیق	۰/۶۲۷	۱	جوان
۴	اردها	۰/۴۱	۲	بلوغ
۵	گوشنق	۰/۴۷۵	۲	بلوغ
۶	شالقون	۰/۳۲۶	۳	به سمت پیری
۷	ایدرشان	۰/۳۲۳	۳	به سمت پیری
۸	بیجند	۰/۳۲۶	۳	به سمت پیری
۹	هریس	۰/۲۳	۳	به سمت پیری
۱۰	اسبفروشان	۰/۳۳	۳	به سمت پیری

مأخذ: نویسندگان

نتیجه‌گیری

منحنی‌های هیپسومتری بی‌بعد در حوضه‌های دەگانه دامنه شمالی بزقوش ترسیمی را می‌توان به‌صورت جداگانه و همچنین مقایسه‌ای بررسی و تجزیه‌وتحلیل کرد. لازم به توضیح است یکی از ویژگی‌های اساسی منحنی‌های هیپسومتری بی‌بعد، مطالعات مقایسه‌ای منحنی‌ها در حوضه‌های مختلف زهکشی است. این ویژگی شامل مساحت حوضه، مساحت نسبی ناحیه واقع در زیر منحنی، شیب منحنی در نقطه انحناء و میزان مواج بودن منحنی است.

مقایسه مقادیر شاخص انتگرال هیپسومتری (Hi) و منحنی‌های آن برای ۱۰ حوضه مطالعاتی موجود در منطقه، مطابق جدول ۴ نشان می‌دهد که حوضه ۳ (نرمیق)، با بیشترین مقدار Hi در بین تمامی حوضه‌ها، مرحله جوانی حوضه و پستی و بلندی حوضه را از نظر توپوگرافی نشان می‌دهد و همچنین نشان‌دهنده عملکرد زیاد فرسایش رود برای رسیدن به سطح اساس می‌باشد که می‌تواند دلیلی بر تکتونیک فعال منطقه باشد. حوضه‌های ۲، ۴ و ۵ با مقدار متوسط برای شاخص Hi مرحله جوانی نزدیک به بلوغ و توازن و تعادل را در این حوضه‌ها نشان می‌دهد و در بقیه حوضه‌ها، بخصوص حوضه‌های سمت غربی مقدار شاخص Hi کم بوده که این موضوع، تمایل حوضه‌ها به سمت پیری و چشم‌اندازهای نزدیک به سطح اساس و احتمالاً فقدان فعالیت تکتونیکی و کاهش شدت‌های فرسایش را نشان می‌دهند.

به‌طورکلی می‌توان با توجه به داده‌های جداول و اشکال ترسیمی در حوضه‌های بخش شمالی کوهستان بزقوش چنین نتیجه گرفت که کل مجموعه از نظر فرسایش و تحول دارای روند متعادلی است و این موضوع از نظر توسعه اقدامات عمرانی اهمیت دارد. خصوصاً این منطقه که از نظر کمیت و کیفیت منابع آبی سطحی و زیرزمینی دارای محدودیت‌هایی است.

منابع

۱- آزادی، مصطفی (۱۳۸۵): پژوهشی در ویژگی‌های ژئومورفولوژی کمی حوضه آبریز زرینه‌رود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

۲- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۳): بررسی و تحلیل همگونی تحول دره‌ها در توده کوهستانی سهند، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، دانشکده علوم انسانی دانشگاه تبریز.

۳- داداشی آرانی، حسن (۱۳۸۴): ژئومورفولوژی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۴- دورنکامپ، جی سی (۱۳۷۰): تحلیل‌های کمی در ژئومورفولوژی، ترجمه جمشید فریفته، انتشارات دانشگاه تهران؛ ۳۶۸ صفحه.

۵- سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی ـ مدیریت آبخیزداری (۱۳۸۲): مطالعات طرح حفاظت خاک و کنترل رسوب حوضه وانق چای شهرستان سراب،، از نوع مطالعات (توجیهی ـ اجرایی).

۶- علیزاده، امین (۱۳۸۰): اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس، چاپ سیزدهم.

۷- کرمی، فریبا (۱۳۸۷): ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در شهرستان بستان‌آباد، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، دانشگاه تبریز.

۸- کرمی، فریبا (۱۳۸۱): بررسی مسائل ژئوموفولوژی دامنه شمالی رشته‌کوه بزقوش و دشت انباشتی سراب از ابرغان تا سلطان‌آباد، رساله دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

۹- کوزه‌گر زینالی، رحیم (۱۳۴۵): گزارش طرح تحقیقاتی مطالعه آبیاری حوضه آبریز آجی چای و علل شوری آن، سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی.

۱۰- گورابی، ابوالقاسم؛ نوحه‌گر، احمد (۱۳۸۶): شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰.

۱۱- لطفی، افتخار نژاد، جمشید (۱۳۵۴): گزارشی در خصوص وجود ذخایر نفلین سینیت در کوه‌های بزقوش. سازمان زمین‌شناسی استان آذربایجان شرقی.

۱۲- وزارت مسکن و شهرسازی (۱۳۷۹): طرح توسعه و عمران ناحیه سراب، سازمان مسکن و شهرسازی استان آذربایجان شرقی.

13- Guarnieri, Pierpaolo; Pirrotta, Claudia (2008): The Response of Drainage Basins to The Late Quaternary Tectonics in The Sicilian Side of The Messina Strait (NE Sicily), Geomorphology, 3-4 (95), 260-273.

14- Goudie, Andrew; Anderson, Malcolm; Burt, Tim; Lewin, John; Richards, Keith; Whaley, Brian; Worsley, Peter (1990): Geomorphological Techniques, Second Edition, 692 Pages.

15- Hamdouni, R. E. Irigaray. C. Fernandez, T. Chacon, J. Keller E. A (2008). Assessment of Relative Active tectonic, South West Border of The Sierra (South Spain), Geomorphology, Vol. 96, Issues 1-2, 150-173

16- Horton, Robert. E. (1945) Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins, Hydro Physical Approach to Quantitative Morphology, Bulletin of the Geological Society of America 56 (3), 275-370

17- Kller, Edward A. Pinter, Nicholas (2002): Active Tectonics, Earthquakes Uplift and Landscape, Prentice Hall, Second Edition, 362 Pages.

18- Strahler, Arthur. N. (1964): Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks, Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York, pp. 439-476.

19- Strahler, Arthur. N. (1957): Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology, American Geophysical Union, Vol. 38, N. 6, 913-920.

20- Schumm, Stanley. A; Mosley, M. Paul; Wear, William. E (1978): Experimental Fluvial Geomorphology, New York and Chi Chester, First Published, 413 Pages.