

پهنه‌بندی پتانسیل تحول لندفرمی تحت تأثیر شبکه زهکشی مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه قشلاق

مجتبی یمانی* - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
فاطمه یوسفی - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان
انور مرادی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران
موسی عباسی - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی
محسن برزکار - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۰۷ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۹/۲۶

چکیده

حوضه رودخانه قشلاق در غرب کشور، در قسمت مرکزی استان کردستان، در یک منطقه کوهستانی دارای شیب زیاد، با اقلیم مدیترانه‌ای معتدل و گرم قرار گرفته است. هدف اصلی این پژوهش پهنه‌بندی پتانسیل تحولات لندفرمی تحت تأثیر شبکه زهکشی در این حوضه است. بدین منظور جمع‌آوری داده‌ها، مطالعات میدانی، تولید لایه‌های اطلاعاتی و انطباق آن‌ها با وضعیت موجود، تجزیه و تحلیل هر یک از لایه‌ها و پارامترهای هیدرومورفولوژی جهت یافتن عوامل مؤثر و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی جهت تعیین پتانسیل تحول لندفرمی مکان‌هایی که تحت تأثیر شبکه زهکشی قرار دارند انجام گرفته است. هم‌چنین با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، هیدروولوژی، اقلیمی، عوامل انسانی و زیست‌محیطی منطقه، مطالعات تطبیقی و نظر کارشناسان امر ۵ معیار و ۱۳ زیرمعیار جهت تدوین هدف طراحی گردید و از طریق کارهای میدانی و منابع اسنادی نیز کنترل شده است. قدم بعدی تهیه لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز برای پهنه‌بندی با نرم‌افزار Arc GIS 9.3 بود تا زمینه برای تحلیل‌های لازم فراهم گردد. در نهایت با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به تجزیه و تحلیل کمی معیارها، زیرمعیارها و تلفیق لایه‌ها در نرم‌افزار Arc GIS 9.3 نسبت به ارائه مدل و پهنه‌بندی منطقه مطالعاتی مبادرت گردید. نتایج در پنج طبقه خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم محاسبه شد و نشان داد که حدود ۲۷/۸ درصد از حوضه دارای پتانسیل زیاد و خیلی زیاد جهت تحول لندفرم‌ها تحت تأثیر شبکه زهکشی می‌باشد. بیشتر قسمت‌های شمالی حوضه و بخش‌هایی از شرق حوضه دارای پتانسیل کم و خیلی کم می‌باشند که ۴۵/۲۶ درصد از کل حوضه را در بر گرفته‌اند. سایر قسمت‌های حوضه نیز به صورت پراکنده دارای پتانسیل متوسط بوده که ۲۶/۹۴ درصد از مساحت حوضه را شامل می‌شود.

واژگان کلیدی: تحول لندفرمی، شبکه زهکشی، تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، قشلاق

مقدمه

جریان‌های آبی یکی از مهم‌ترین عوامل متحول کننده لندفرم‌ها در مقیاس‌های کوچک (مثل ساحل یک رودخانه) تا بزرگ (مثل کره‌ی زمین) می‌باشند. بنابراین در مدیریت حوضه‌های آبخیز باید با نگرشی جامع، مشکلات عمده حوضه آبخیز شناسایی و در جهت رفع آن‌ها برنامه‌ریزی مناسب صورت گیرد. این مشکلات از منطقه‌ای به منطقه‌ای دیگر متفاوت‌اند ولی فرسایش سطح آبخیز و تحول لندفرم‌ها تحت تأثیر شبکه زهکشی از مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد.

استان کردستان از آنجاکه جزء استان‌های پر آب کشور محسوب می‌شود حوضه آبخیز قشلاق نیز از این قاعده مستثنی نبوده و به دلیل موقعیت جغرافیایی خود از توان بارشی فراوانی برخوردار است. متوسط بارش در ایستگاه سنندج بالغ‌بر ۴۰۰ میلی‌متر در سال است اما از نوسان بالایی برخوردار است به طوری که سال ۱۳۷۳ با ۶۴۵/۱ بیش‌ترین بارش را از بین سال‌های آماری (۲۰۰۴-۱۹۶۴) به خود اختصاص داده و سال ۱۳۷۸ با ۲۳۵/۸ میلی‌متر بارش، کمترین میزان بارش را به خود اختصاص داده است (حیدریان، ۱۳۸۶، ۴۰). به وجود آمدن مسائلی چون تخریب اراضی کشاورزی، افزایش قدرت تخریب سیلاب‌ها و تخریب باغ‌های واقع در کرانه رودخانه‌ها از مخاطرات و مشکلاتی هستند که ضرورت و اهمیت بسیار زیاد مطالعات هیدروژئومورفولوژی و تحول لندفرم‌ها را در این حوضه نمایان می‌سازند. در منطقه مورد مطالعه در ۴۵ سال اخیر ۹۴۱ هکتار زمین کشاورزی و ۴۳ هکتار باغ از بین رفته است (حبیبی و دیگران، ۱۳۸۴، ۱۷۲). فعالیت انسان نیز با ایجاد تغییر در برجستگی‌ها، پوشش گیاهی، رژیم آب‌ها، میکروکلیم و ... باعث به هم خوردن شرایط و ویژگی‌های سطح زمین می‌گردد (Ershov, et al, 1998, 345). بنابراین بررسی‌های زمین‌شناسی، آب و هواشناسی، خاک و پوشش گیاهی، فیزیوگرافی و هیدرولوژی و بالاخص انجام بررسی‌های میدانی نقش بارز آب‌های جاری و اهمیت رودخانه‌های این محدوده را در شکل‌زایی و هم‌چنین مخاطرات حاصل از عمل آب بر روی انسان و فعالیت‌های او را نیز نمایان می‌سازد.

در منطقه مورد مطالعه رودخانه قشلاق از جهت شمال به جنوب در شیب دره قشلاق جریان دارد که از عوامل اصلی هیدروژئومورفولوژی و تحول لندفرم‌ها به شمار می‌آید. این رودخانه در طول سالیان به زمین‌های کشاورزی، باغ‌های کنار رودخانه‌ها و ساخت‌وسازهای انسانی در حریم رودخانه آسیب رسانده و همواره برای انسان و فعالیت‌های او مشکلاتی به وجود آورده است. شهر سنندج واقع در استان کردستان در دره قشلاق و در مسیر رودخانه قشلاق گسترش یافته است.

در زمینه مباحث تحول لندفرم‌ها در منطقه پژوهش تحقیقات علمی و آکادمیک صورت نگرفته است و یا در صورت وجود قابل دسترس برای نگارندگان نبوده است با این اوصاف به برخی از منابع در دسترس اشاره می‌شود: محمودی و اسماعیلی (۱۳۸۳) هیدروژئومورفولوژی کاشان را باهدف تأثیر آن در آمایش سرزمین بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با استفاده صحیح از آب‌های سطحی و ذخیره آن‌ها می‌توان از ایجاد پدیده شوره‌زار جلوگیری کرد. ثروتی و همکاران (۱۳۸۷) هیدروژئومورفولوژی حوضه آبریز رودخانه ليله جوانرود را بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که قدرت و سرعت جریان‌ات سطحی همراه با سازندهای سست و فعالیت‌های انسان باعث تکوین اشکال فرسایشی آب به میزان زیاد شده است. لطفی و جعفری (۱۳۹۰) فرآیند ایمن‌سازی شهر تهران را جهت مقابله با مخاطرات طبیعی (سیل) بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که حفاظت و ساماندهی رودخانه‌ها، بهسازی مسیل‌های شهری به توسعه پایدار تهران در مقابل سیلاب کمک خواهد کرد. احمدی و منوری (۱۳۹۰) با استفاده از رویکرد هیدروژئومورفیک کارکردهای اکولوژیک اکوسیستم میان کاله را ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که تالاب میانکاله دارای وضعیت قابل توجهی از نظر کارکرد اکولوژیک می‌باشد. یمانی و ناز آفرین (۱۳۹۱) توسعه فیزیکی بندر کیشهر را بر مبنای تأثیرگذاری عوامل هیدروژئومورفولوژیک بررسی کردند. نتایج نشان داد که بالا بودن آب زیرزمینی، سستی و ناپایداری خاک از عوامل محدودیت ساخت‌وساز در این محدوده می‌باشد. آفریده و اسدی (۱۳۹۲) به بررسی تأثیر تکتونیک بر لندفرم‌های

کواترنری دره طالقان پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که تفاوت‌های ساختمانی موجود در دره طالقان، از جمله تفاوت در نیمرخ عرضی دره، به سبب فعالیت‌های تکتونیکی ناشی از عملکرد گسل‌ها، به‌خصوص گسل طالقان است و از سویی دیگر نیمه جنوبی دره، به دلیل فعالیت‌های تکتونیکی دچار بالآمدگی شده و در نتیجه موجب افزایش شیب نسبت به نیمه شمالی آن شده است که این امر در ژئومورفولوژی دره، به‌خصوص در قسمت پایین‌دست آن به‌خوبی نمایان است.

هیالمارسون^۱ و همکاران (۱۹۹۸) با توجه به فرسایش کناری سواحل و بستر رودخانه‌ها و ته‌نشست رسوبات در هنگام وقوع و فروکش جریان سیل، ضوابط موردنظر در پهنه‌بندی و مدیریت منطقه مورد مطالعه و مناطق مشابه را ارائه نمودند. اسلام^۲ (۲۰۰۱) در تحقیقات خود در زمینه حل مشکل سیل، پایداری کناره‌های رودخانه را از نظر فرسایش مورد بررسی قرار داده است. آندام^۳ (۲۰۰۰) در پایان‌نامه خود تحت عنوان مقایسه رژیم رودخانه‌ها با استفاده از مدل HEC-Geo RAS تغییرات سرعت و عدد فروید در دو نوع رودخانه و تأثیر پوشش گیاهی بر رژیم و رفتار فیزیکی رودخانه را مورد بررسی قرار داد. گویتوم^۴ (۱۹۸۹) در یکی از حوضه‌های آریزونا به بررسی زمان تمرکز پرداخت و نشان داد که رابطه کریچ می‌تواند رابطه مناسبی برای حوضه مذکور باشد. رودریگوئز-اتیورب^۵ و همکاران در سال ۱۹۷۹ روشی تحت عنوان هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی (GIUH) را بر اساس ارتباط عوامل ژئومورفولوژی، اقلیم و هیدرولوژی ارائه نمودند. این روش بر اساس پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه‌ها مانند نسبت انشعابات، نسبت طول، نسبت مساحت، طول بالاترین درجه آبراهه، شدت بارش و سرعت در دبی اوج سیلاب، هیدروگراف واحد لحظه‌ای را استخراج کرد. کودنس^۶ و همکاران (۲۰۰۴) در یک تحقیق به بررسی رابطه بین پارامترهای ژئومورفولوژیک و هیدروگراف واحد از طریق توزیع پارامتری گاما نموده و به این نتیجه رسیدند که بین ژئومورفولوژی یک حوزه آبخیز و پاسخ هیدرولوژیک آن یک رابطه مستقیمی وجود دارد.

هدف اصلی این پژوهش شناسایی مکان‌هایی است که دارای پتانسیل تحول لندفرمی تحت تأثیر شبکه زهکشی می‌باشند. از اهداف دیگر این پژوهش مطالعه رفتار هیدرولوژیکی به‌عنوان یکی از عوامل متحول‌کننده ژئومورفولوژی منطقه و تهیه مدل‌های کامپیوتری رقومی ارتفاعی (DEM) و رقومی زمینی (DTM) با قابلیت دسترسی به شاخص‌های مهم هیدرومورفولوژیک و مؤثر در تحول لندفرم‌ها می‌باشد. در این رابطه از روش‌های پیشنهادی افرادی مانند استرالر (۱۹۵۲) در مورد تجزیه و تحلیل رودها استفاده شده است.

موقعیت محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه با مساحتی در حدود ۱۸۳۴ کیلومتر مربع در قسمت مرکزی استان کردستان واقع شده است. این حوضه بین مختصات جغرافیایی ۳۳° ۴۹' تا ۴۸° ۱۹' طول شرقی و ۳۴° ۵۸' تا ۳۵° ۴۰' عرض شمالی واقع شده است. حوضه مورد مطالعه از نظر تقسیم‌بندی هیدرولوژیکی بخشی از حوضه آبریز سیروان با مساحت ۲۶۷ هزار هکتار است و شهر سنندج تقریباً در بخش جنوبی حوضه واقع گردیده است. رودخانه خروجی این حوضه پس از پیوستن رودخانه گاوهرود تشکیل رودخانه سیروان را داده و به سمت مرز ایران و عراق جریان یافته و در کشور عراق به رودخانه دیاله متصل می‌شود. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است.

^۱ - Hyalmarson

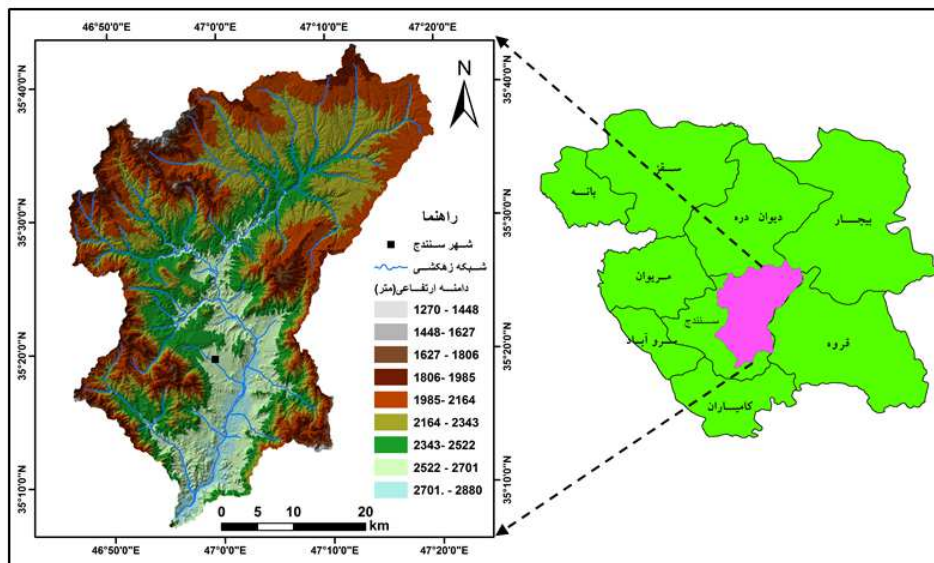
^۲ - Islam

^۳ - Andam

^۴ - Goitom

^۵ - Rodriguez-Iturbe

^۶ - Cudennec



شکل ۱: موقعیت حوضه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

در این تحقیق مجموع بررسی‌ها و مطالعات به‌منظور مدیریت مناسب و بهره‌وری از امکانات موجود، از اطلاعات و فونونی بهره گرفته شده است. فرآیند انجام پژوهش شامل مراحل زیر می‌باشد. جمع‌آوری داده‌ها، مطالعات میدانی، تولید لایه‌های اطلاعاتی و انطباق آن‌ها با وضعیت موجود، تجزیه و تحلیل هر یک از لایه‌ها و پارامترهای هیدرومورفولوژی جهت یافتن عوامل مؤثر و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی جهت تعیین پتانسیل تحول لندفرمی مکان‌هایی که تحت تأثیر شبکه زهکشی قرار دارند. روش‌های جمع‌آوری داده‌ها شامل روش‌های آماری، عکس‌های هوایی، بازدیدهای میدانی و منابع اسنادی می‌باشد. ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی^۱ ۱:۵۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی^۲ ۱:۲۵۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای محدوده منطقه مشخص شده و همچنین داده‌های مورد نیاز استخراج گردیده است. برای آگاهی از ویژگی‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه آمارهای هواشناسی دوره آماری^۳ ۴۶ ساله (۲۰۰۵-۱۹۶۰) ایستگاه‌های سنندج، قروه، دیواندره، مریوان و کامیاران مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

سپس با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، هیدروولوژی، اقلیمی، عوامل انسانی و زیست‌محیطی منطقه و استفاده از مطالعات تطبیقی، ۵ معیار و ۱۳ زیر معیار جهت تدوین هدف طراحی گردید و از طریق کارهای میدانی و منابع اسنادی کنترل شده است. تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای پهنه‌بندی در محیط نرم‌افزار Arc GIS ۹.۳ به شرح زیر انجام گرفت: نخست مدل ارتفاع رقومی منطقه از مدل ارتفاع رقومی ایران جدا و بر اساس شکست‌های طبیعی^۴ که در ارتفاعات منطقه وجود دارد، به ۹ کلاس ارتفاعی طبقه‌بندی گردید. لایه‌های شیب و جهت شیب از روی مدل ارتفاعی رقومی منطقه تهیه گردید. لایه‌های فاصله از شبکه زهکشی، فاصله از راه‌های ارتباطی، فاصله از گسل از طریق رقومی نمودن لایه آبراهه‌های اصلی و فرعی و راه‌های ارتباطی (با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی^۱ ۱:۵۰۰۰۰ رقومی نمودن گسل‌های اصلی و فرعی (با استفاده از نقشه زمین‌شناسی^۲ ۱:۲۵۰۰۰۰) تهیه شد.

۱- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

۲- سازمان زمین‌شناسی کشور

۳- سازمان هواشناسی چهارمحال بختیاری

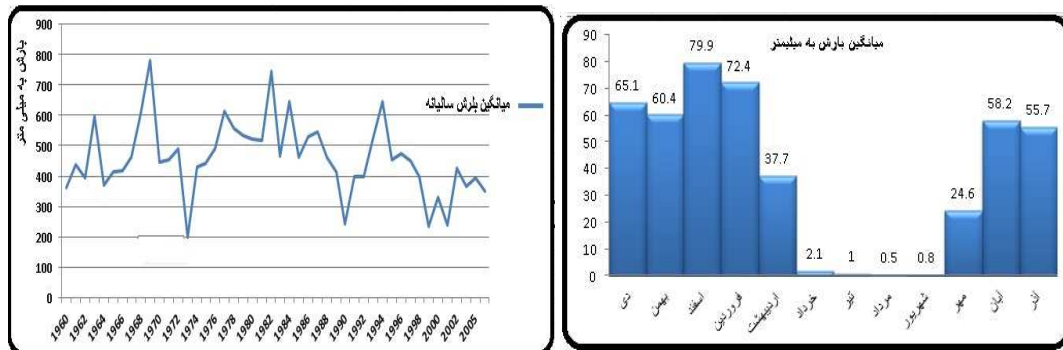
۴- Natural break

لایه‌های سنگ‌شناسی، کاربری ارضی و واحدهای ارضی به ترتیب از طریق رقومی نمودن جنس مواد در نقشه زمین-شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، نقشه کاربری اراضی و نقشه واحدهای ارضی تهیه گردید. لایه‌های دما و بارش از طریق رابطه دما-ارتفاع و بارش-ارتفاع و میان‌یابی به روش کریجینگ (به دلیل زمین‌آمار بودن و استفاده از مدل‌های آماری خودهمبستگی) صورت گرفت. نظر کارشناسان امر نیز از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه دخالت داده‌شده است. به این صورت که تعداد ۱۵ پرسش‌نامه بین متخصصین امر توزیع گردید تا هر کدام از معیارها و زیر معیارها را امتیازدهی کنند. نهایتاً با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی به تجزیه و تحلیل کمی معیارها، زیرمعیارها و تلفیق لایه‌ها در نرم‌افزار ARC GIS 9.3 و اکستشن AHP نسبت به ارائه مدل و پهنه‌بندی منطقه مطالعاتی به لحاظ پتانسیل تحول لندفرمی تحت تأثیر شبکه زهکشی مبادرت گردید.

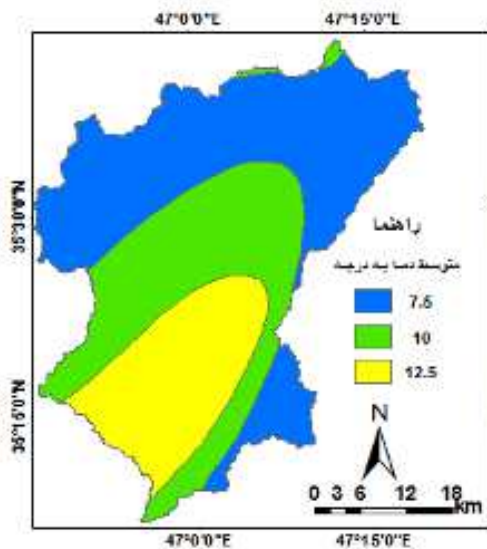
بحث و یافته‌ها

توپوگرافی و اقلیم

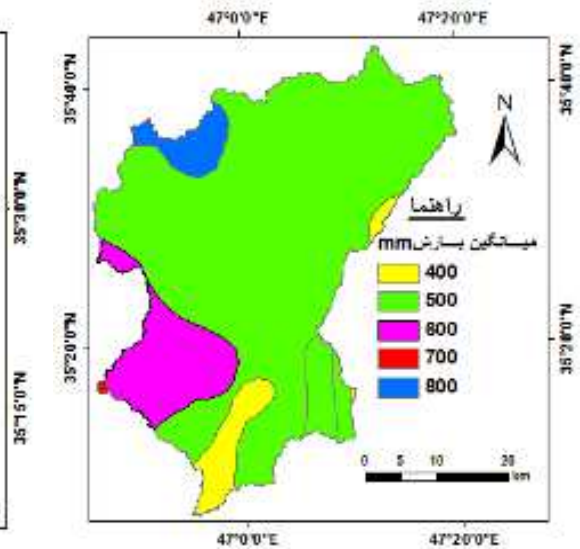
چشم‌انداز حوضه مورد مطالعه را واحد کوهستان در برگرفته است که در امتداد کوه‌های شرقی، غربی، شمالی و تپه‌های پراکنده گسترده شده‌اند. جهت عمومی رشته کوه‌های آن صرف‌نظر از کوه‌های شمالی که بی‌نظمی محلی ایجاد کرده‌اند دارای جهت شمال غربی-جنوب شرقی هستند. در محیط نرم‌افزار ARC GIS 9.3 حداکثر کشیدگی شرقی-غربی ۴۰ کیلومتر و حداکثر کشیدگی شمالی-جنوبی ۶۰ کیلومتر محاسبه شده است. اختلاف ارتفاع کوهستان‌های اطراف چشم‌گیر بوده و مرتفع‌ترین نقطه ۲۸۹۵ متر منطبق بر قله‌ی کوه شیخ معروف می‌باشد که اختلاف ارتفاع آن با بستر طغیانی رودخانه قشلاق در حدود ۱۴۹۵ متر می‌باشد (استخراج از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ محدوده مورد مطالعه). چنین ویژگی‌های توپوگرافی باعث گردیده مخاطرات هیدروژئومورفولوژیکی متفاوت در محدوده مورد مطالعه از قبیل سیلاب، زمین‌لغزش و... شکل گیرد و هم‌چنین در همه آن‌ها بتوان اثر توپوگرافی را در تحول لندفرم‌ها مورد مطالعه قرارداد. حوضه آبریز رودخانه قشلاق با توجه به موقعیت جغرافیایی خود جزء مناطق کوهستانی با خصوصیات اقلیمی تابستان‌های معتدل و زمستان‌های سرد به شمار می‌آید. به‌طور کلی این نواحی در فصول مختلف سال تحت تأثیر توده‌های مختلف نظیر قطبی-بری و قطبی-بحری و حاره‌ای-بحری قرار می‌گیرد (قربانی ۱۳۸۴). با توجه به دو عنصر اقلیمی یعنی میزان و رژیم بارندگی و دما از زمستان به تابستان حوضه‌های نفوذی این اقلیم را مشخص می‌کند در این نوع اقلیم رژیم بارندگی دارای اهمیت بوده و معرف این نوع اقلیم زمستان‌های بارانی و مرطوب و تابستان‌های خشک است. میزان بارندگی نه‌تنها در فصول مختلف بلکه طی سال‌های متمادی نیز افت و خیز شدیدی برخوردار است. نمودار بارشی سالیانه و ماهیانه این وضعیت را به‌خوبی نشان می‌دهد (شکل ۳ و ۲). در اینجا برای تهیه نقشه میانگین بارش سالیانه حوضه از بارش ایستگاه‌های سنندج، قروه، دیواندره، مریوان، و کامیاران استفاده شده و پس از درون‌یابی در محیط نرم‌افزار ARC GIS 9.3 به روش کریجینگ به صورت نقشه نمایش داده شده است (شکل ۴). برای تهیه نقشه میانگین دمای سالیانه حوضه از دمای ایستگاه‌های مذکور استفاده شده و پس از درون‌یابی در محیط نرم‌افزار ARC GIS 9.3 به روش کریجینگ به صورت نقشه نمایش داده شده است (شکل ۵). میانگین دمای سالانه حوضه آبریز قشلاق با توجه به آمار ایستگاه‌های سینوپتیک سنندج (۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵) در حدود ۱۳/۴۵ درجه سانتی‌گراد است. شکل ۶ نشان‌گر افت و خیز شدید درجه حرارت در این حوضه است.



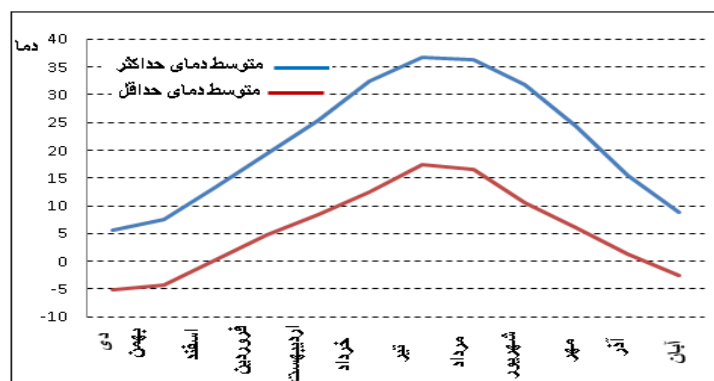
شکل ۲: میانگین بارش ماهیانه (میلی‌متر) ایستگاه سنندج (۱۹۶۰-۲۰۰۵) (شکل ۳: میانگین بارش سالانه (میلی‌متر) ایستگاه سنندج‌های (۱۹۶۰-۲۰۰۵))



شکل ۵: نقشه متوسط دمای سالانه حوضه



شکل ۴: نقشه متوسط بارندگی سالانه حوضه



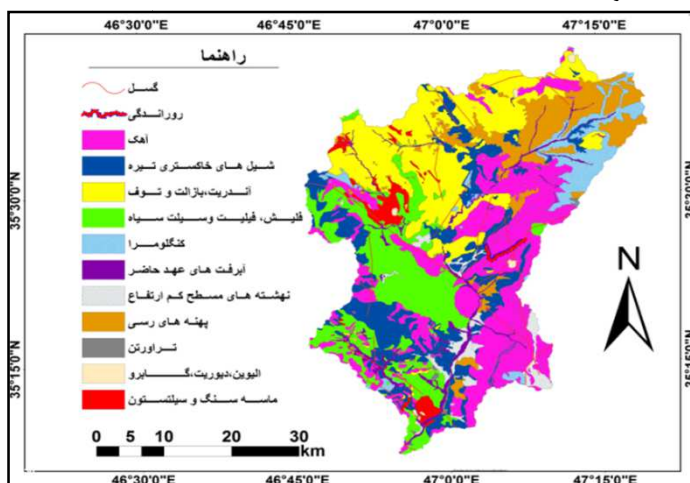
شکل ۶: متوسط دمای ماهیانه (درجه سانتی‌گراد) ایستگاه سنندج (۱۹۶۰-۲۰۰۵)

زمین‌شناسی

حوضه مورد مطالعه در زون اسفندقه-مربوان واقع گردیده که به صورت نوار طویل دگرگون‌شده‌ای در امتداد و به موازت روراندگی زاگرس از ارومیه و سنندج در شمال غربی تا سیرجان و اسفندقه در جنوب شرقی قرار دارد. این زون جزء نآرام-ترین و به عبارتی فعال‌ترین زون‌های ساختمانی ایران به شمار می‌آید (درویش زاده ۱۳۷۰). مهم‌ترین ویژگی این منطقه

وجود راندگی‌های طویل با راستای شمال غرب-جنوب شرق است. راندگی‌های فوق به‌ویژه در کنار زون زاگرس و امتداد آن گسترش یافته و با حرکات و جابه‌جایی‌های خود سبب وقوع زمین‌لرزه گردیده‌اند (محمدی ۱۳۸۰). از نظر تشکیلات زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه یکسان نیست و دارای تنوع است و در یک نگاه کلی آهک، سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت، بازالت و...)، شیل و فیلیت غلبه دارند (شکل ۷ و جدول ۱).

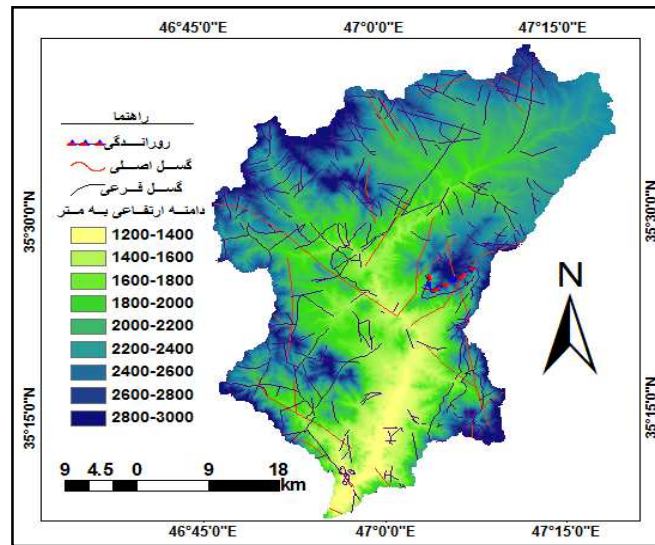
بیشتر گسل‌های اصلی حوضه به تبعیت از روند عمومی زاگرس امتداد شمال غرب-جنوب شرق دارند (شکل ۸). لازم به ذکر است که تعدادی از گسل‌های اصلی شرق حوضه از روند عمومی زاگرس خارج شده‌اند و روند شمال شرق-جنوب غرب پیدا کرده‌اند. گسل‌های فرعی و عملکرد متفاوت آن‌ها باعث متفاوت بودن شیب و امتداد طبقات در منطقه شده است و تند شیب‌ها را در منطقه ایجاد کرده است.



شکل ۷: نقشه زمین‌شناسی حوضه مورد مطالعه

جدول ۱: خصوصیات نوع لیتولوژی حوضه و مساحت آن‌ها

جنس سنگ	مساحت (مترمربع)	مساحت (درصد)
آهک توده‌ای اریثولین دار خاکستری	۴۴۷۷۴۰	۲۴/۴۲
شیل‌های خاکستری تیره و زرد رنگ	۲۶۳۴۰۲	۱۴/۳۶
سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت، بازالت و...)	۳۷۸۱۰۹	۲۰/۶۱
فلیش، فیلیت و سیلت سیاه	۲۹۱۵۰۰	۱۵/۹
کنگلومرا	۱۰۳۳۱۰	۵/۶۳
آبرفت‌های عهد حاضر	۵۵۸۸۰	۳/۰۴
نهشته‌های مسطح کم ارتفاع	۴۸۵۹۰	۲/۶۴
پهنه‌های رسی	۱۸۸۸۲۰	۱۰/۳۲
تراورتن	۴۹۷۷	۰/۲۷
البون، دیوریت و گابرو	۶۰۳۰	۰/۳۳
ماسه سنگ و سیلتستون	۴۵۶۶۰	۲/۴۸
جمع	۱۸۳۴۰۱	۱۰۰

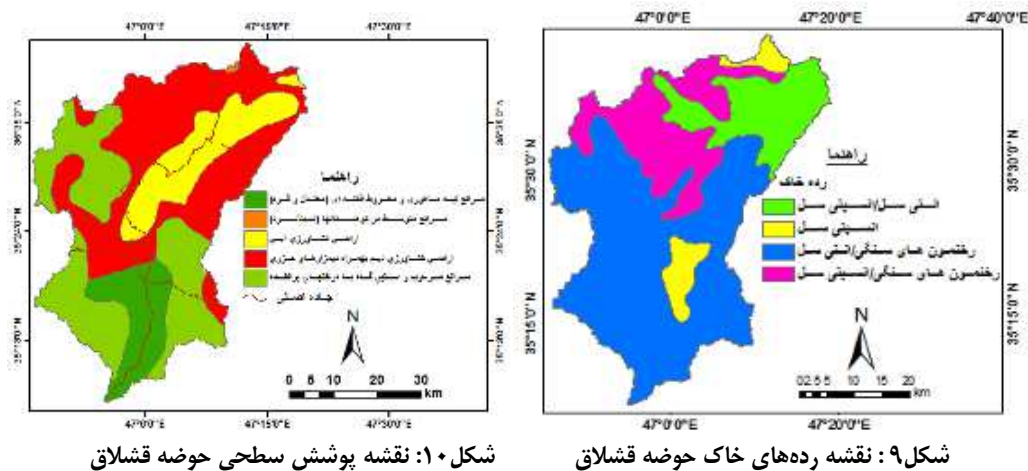


شکل ۸: نقشه پراکندگی گسل‌ها در منطقه

خاک و پوشش زمین

احمدی و همکاران (۱۳۸۱، ۹۳-۸۱) در مطالعه‌ای که در ویژگی‌های اکولوژیک جوامع گیاهی با توجه به واحدهای ژئومورفولوژی به انجام رساندند، مشاهده نمودند که در واحد کوهستان، استقرار جامعه‌های گیاهی عمدتاً تحت تأثیر عامل آب‌وهوا و در نقاط کم ارتفاع و تپه‌ماهوری تحت تأثیر عامل خاک است. با توجه به شکل ۹ خاک‌های منطقه مورد مطالعه در دو رده انتی‌سول‌ها (Entisols) و اینسیتی‌سول‌ها (Inceptisols) قرار گرفته‌اند (استخراج‌شده از سازمان جنگل‌ها و مراتع کل کشور). خاک در نتیجه تأثیرات متقابل، آب‌وهوا، موجودات زنده و پستی‌وبلندی بر روی مواد مادری در طول زمان تشکیل گردیده که ضمن تأمین آب و مواد غذایی برای گیاهان، نگاه‌دارنده و تکیه‌گاه مکانیکی آن‌ها نیز می‌باشد. خاک در کوه‌های بلند کم‌عمق و بافت آن سبک تا متوسط است خاک نواحی تپه‌ای کم‌عمق و در نواحی پرشیب بدون خاک، بافت خاک متوسط است.

از نظر نوع پوشش زمین نیز میزان اراضی کشاورزی دیم به همراه دیمزارهای خزری با ۳۸ درصد از کل حوضه در مقایسه با سایر پوشش‌ها چشم‌گیرتر است و بعد از آن‌ها اراضی مراتع مرغوب استپی در حدود ۳۱ درصد سهم قابل‌توجهی را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱۰). از نظر نباتات زراعی لازم به ذکر است که قلمرو اراضی مورد مطالعه اغلب کوهستانی و چراگاه فصلی دام است. مساحت اراضی و زراعتی و دشتهای قابل آبیاری در منطقه چندان وسیع نیست بخش نسبتاً وسیعی از منطقه در نواحی شمال شرقی به زراعت غلات (توام با نواحی تحت آیش) اختصاص داده شده‌اند. بیشترین محدوده اراضی قابل آبیاری در منطقه شامل اراضی حاشیه رودخانه قشلاق در شرق شهر سندرگ می‌باشد. خاک نفوذپذیر و پوشش گیاهی متراکم و نسبتاً متراکم که در اغلب قسمت‌های حوضه موجودند از موانع بزرگ در برابر فرسایش‌اند. اما در مناطقی که این دو عامل تضعیف و تخریب‌شده‌اند به‌ویژه در قسمت‌های جنوب و جنوب شرقی حوضه اشکال فرسایشی متعدد ظاهر و توسعه‌یافته‌اند. با توسعه این اشکال فرسایشی خسارت زیادی به محیط و انسان وارد می‌شود.



شکل ۱۰: نقشه پوشش سطحی حوضه قشلاق

شکل ۹: نقشه رده‌های خاک حوضه قشلاق

هیدرولوژی

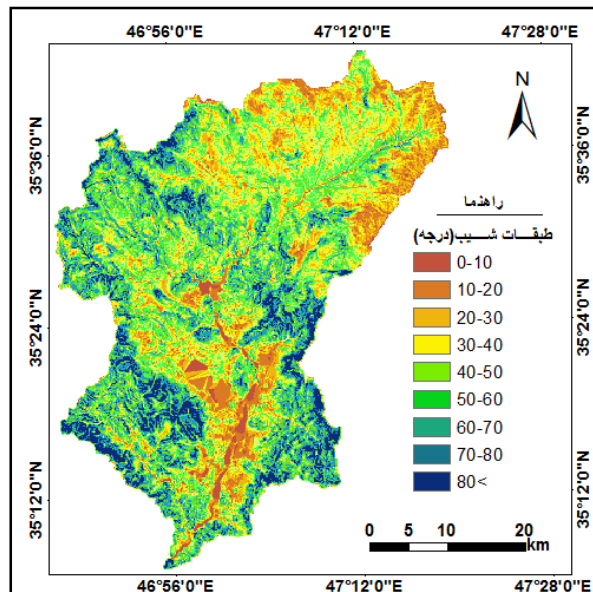
مساحت، شکل، شیب، جهت شیب، ارتفاع، پوشش زمین و... همگی در رفتار هیدرولوژیکی حوضه نقش اساسی دارند. مساحت حوضه رودخانه قشلاق با استفاده نرم‌افزار ARC GIS9.3 اندازه‌گیری شده که برابر ۱۸۳۴ کیلومتر مربع می‌باشد. محیط حوضه نیز با استفاده از نقشه توپوگرافی اسکن و دیجیتالی شده حوضه مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار ARC GIS9.3 محاسبه شده و برابر با ۲۶۰/۴۲ کیلومتر به دست آمده است. بیشینه ارتفاع حوضه ۲۸۹۵ متر منطبق بر قله کوه شیخ معروف واقع در شمال غربی حوضه می‌باشد. کمینه ارتفاع نیز ۱۲۲۴ متر از سطح دریا در محل خروجی حوضه می‌باشد و ارتفاع متوسط حوضه ۱۸۸۰ متر محاسبه شده است. زهکش اصلی حوضه، رودخانه قشلاق می‌باشد و طول آبراهه اصلی تا خروجی حوضه در محیط نرم‌افزار ARC GIS9.3 در حدود ۹۴/۱۹ کیلومتر محاسبه شده است. در حوضه آبریز قشلاق که یک منطقه کوهستانی است شیب زیاد باعث تمرکز سریع آب ناشی از رگبارها و در نتیجه سیلاب‌های خسارت‌بار می‌شود (شکل ۱۱). تشکیل خاک، پوشش گیاهی، نفوذپذیری، حرکات دامنه‌ای و... تحت تأثیر شیب قرار دارند. میانگین شیب حوضه در محیط نرم‌افزار ARC GIS9.3 برابر با ۴۳/۶۲ درجه محاسبه شده است. که این خود نشان‌دهنده تمرکز سریع روان آب و سرعت زیاد جریانات سطحی در این حوضه است.



شکل ۱۱: نمونه رخداد سیل در حوضه مورد مطالعه (جنوب سنندج، بهار ۱۳۹۰)

برای بررسی تأثیر شیب زمین در مسائل هیدرومورفولوژی و همچنین تحول لندفرم‌ها تحت تأثیر شبکه زهکشی نقشه شیب از طریق بهره‌گیری از GIS تهیه شده است (شکل ۱۲). بر اساس این نقشه ارتفاعات غربی و ارتفاعات شرقی منطقه

مورد مطالعه از بیشترین میزان شیب و قسمت‌های میانی و جنوب منطقه از کمترین میزان شیب برخوردارند. بنابراین سرزمین‌های هموار در اطراف رودخانه قشلاق و بخش جنوبی گسترش یافته‌اند. بر اساس نقشه شیب و بانک اطلاعات پشتیبان مقادیر مربوط به شیب و مساحت رده‌های شیب به تفکیک ارائه شده است (جدول ۲). بر اساس جدول کمترین مساحت شیب مربوط به رده ۲۰-۱۰ درجه است که ۷/۸۳ درصد کل منطقه را شامل می‌شود و بیشترین سطح شیب مربوط به رده شیب ۶۰-۷۰ درجه است که ۱۴/۳۳ درصد کل منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته است.



شکل ۱۲: نقشه شیب حوضه آبخیز قشلاق

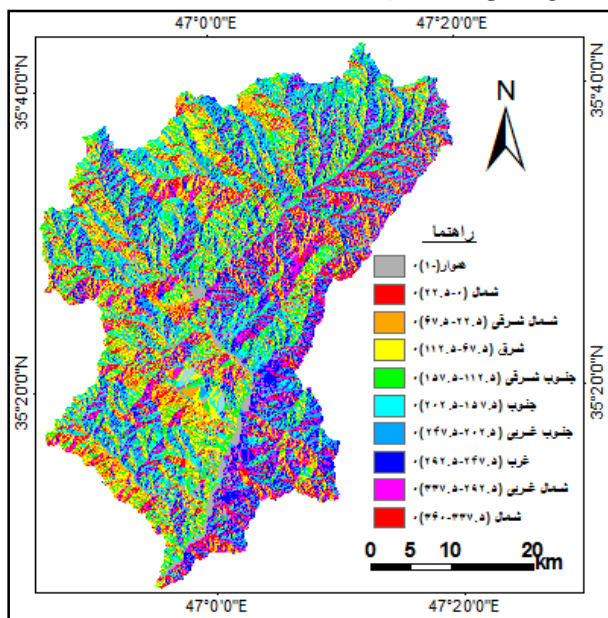
جدول ۲: توزیع سطوح شیب حوضه قشلاق

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کلاس شیب
۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	۶۰-۷۰	۷۰-۸۰	<۸۰	طبقه شیب (درجه)
۱۷۳/۰۳	۱۴۲/۵۸	۱۷۵/۰۹	۱۸۵/۷۹	۲۱۱/۹۲	۲۳۵/۶۵	۲۶۲/۹۸	۲۶۰/۵۶	۱۸۶/۳	مساحت (کیلومتر مربع)
۹/۴۳	۷/۸۳	۹/۵۴	۱۰/۱۳	۱۱/۵۵	۱۲/۸۴	۱۴/۳۳	۱۴/۲	۱۰/۱۵	مساحت (درصد)
۴۳۲۹۸۷	۳۵۷۷۱۴	۴۳۶۷۹۲	۴۶۴۴۸۸	۵۲۹۷۶۹	۵۹۰۵۰۸	۶۵۶۵۴۹	۶۴۹۰۸۷	۴۶۷۰۳۴	تعداد پیکسل

در مطالعه حوضه آبخیز رودخانه قشلاق که یک منطقه کوهستانی زاویه شیب دامنه به‌عنوان یک مؤلفه مهم در شناسایی نواحی مستعد سیلاب‌ها که یکی از عوامل متحول کننده ژئومورفولوژی است مدنظر قرار گرفته است. زاویه شیب بر روی کاربری‌های مختلف مؤثر است و نوع کاربری‌ها نیز در عملکرد هیدرومورفولوژی روان آب‌ها و فرآیندهای ژئومورفولوژیک منطقه مؤثر است. با توجه به اهمیت کیفیت تابشی خورشید در تأمین انرژی مورد نیاز زمین‌ها جهت گیری شیب‌ها نقش به‌سزایی در این رابطه دارند که با استفاده از مدل رقومی ارتفاع، نقشه مربوط تهیه شده است (شکل ۱۳).

در این حوضه مناطق مسطح و بعداز آن دامنه‌های رو به شمال کمترین مساحت را شامل می‌شوند و دامنه‌های رو به شرق و پس از آن دامنه‌های رو به جنوب غربی بیشترین مساحت را شامل می‌شوند (جدول ۳). در حوضه مورد مطالعه دامنه‌های رو

به شمال مرطوب‌تر و دارای پوشش گیاهی متراکم‌تر و در نتیجه در برابر فرسایش مقاوم‌تر است، در حالی که دامنه‌های رو به جنوب به نسبت لخت و فرسایش در آن‌ها شدیدتر است.



شکل ۱۳: نقشه جهت شیب حوزه قشلاق

جدول ۳: توزیع سطوح جهت شیب حوزه قشلاق

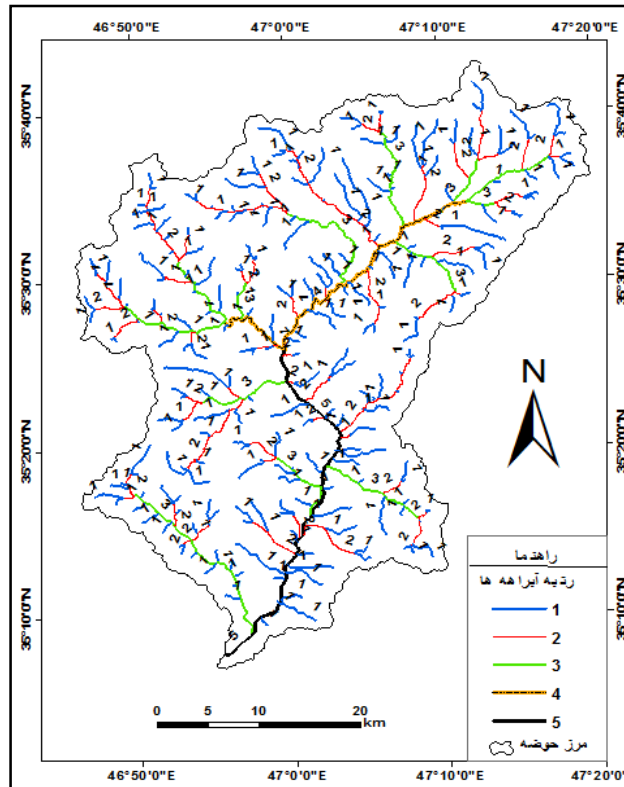
جمع	NW	W	SW	S	SE	E	NE	N	F	جهت شیب
۱۸۳۳/۹۵	۱۹۷/۴۸	۲۲۱/۵۶	۲۳۷/۷۸	۲۲۱/۳۹	۲۲۷/۵۳	۲۳۹/۷۵	۲۱۱/۸	۱۶۸/۲۸	۱۰۸/۲	مساحت (KM ²)
۱۰۰	۱۰/۷۶	۱۲/۱	۱۲/۹۶	۱۲/۰۷۱	۱۲/۴۰۳	۱۳/۰۷	۱۱/۵۵	۱۸/۹	۵/۹۰۶	مساحت نسبی (%)

شبکه جریان‌های سطحی از به هم پیوستن نخ آب‌ها، آبراهه‌ها و رودخانه‌های داخل یک حوزه آبریز تشکیل می‌شود. تراکم شبکه آرایش آبراهه‌ای و الگوهای کلی آن چنانچه ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی نباشد، از نظر ژئومورفولوژی به‌ویژه در تعیین فرآیندهای فرسایشی دارای اهمیت زیادی است. مطالعه این الگوها، اطلاعات با ارزشی در مورد میزان نفوذپذیری، جنس سنگ یا مقاومت آن‌ها و ساختمان زمین‌شناسی در اختیار ما قرار می‌دهد (رامشت ۱۳۸۹).

از روش‌های درجه‌بندی به‌عنوان اساسی در تحلیل‌های مورفومتریکی شبکه آب‌ها استفاده می‌شود و جهت انجام محاسبات و تحلیل‌های کمی بعدی از بین روش‌های رتبه‌بندی شیوه معمول استرالر (استرالر ۱۹۵۷) در درجه‌بندی آبراهه-های منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است با توجه به محاسبات انجام شده و نقشه‌های رقومی که بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه در محیط نرم‌افزار ARC GIS9.3 از شبکه آب‌های سطحی حوزه ساخته شده (شکل ۱۴) تعداد کل آبراهه‌ها ۵۳۹ و مجموع طول آن‌ها نیز ۹۴۳۲۱۲ کیلومتر محاسبه شده است (جدول ۴).

منطقه مورد مطالعه دارای الگوی زهکشی شاخه درختی است که در مجموع عمل تخلیه را انجام می‌دهند. الگوی زهکشی فوق در نتیجه تأثیر عوامل متعدد مانند لیتولوژی و تکتونیک و... حاصل می‌شود. با دقت در نقشه شبکه آب‌های سطحی منطقه مورد مطالعه می‌توان گسترش الگوی شاخه درختی را بیشتر در غرب و شمال غرب منطقه مشاهده کرد که از لحاظ لیتولوژی با فیلیت و سیلت سیاه مطابقت دارد. البته با توجه به گسل‌های اصلی که بیشتر جهت شمال غرب-جنوب شرق

دارند می‌توان جهت تمایل آبراهه‌ای را بیشتر متأثر از گسل‌های فرعی و لیتولوژی دانست. بنابراین لیتولوژی و تکتونیک را می‌توان مهم‌ترین عوامل در ایجاد و الگوی زهکشی فوق محسوب کرد.



شکل ۱۴: نقشه شبکه آب‌های سطحی حوضه و رتبه‌بندی آن‌ها

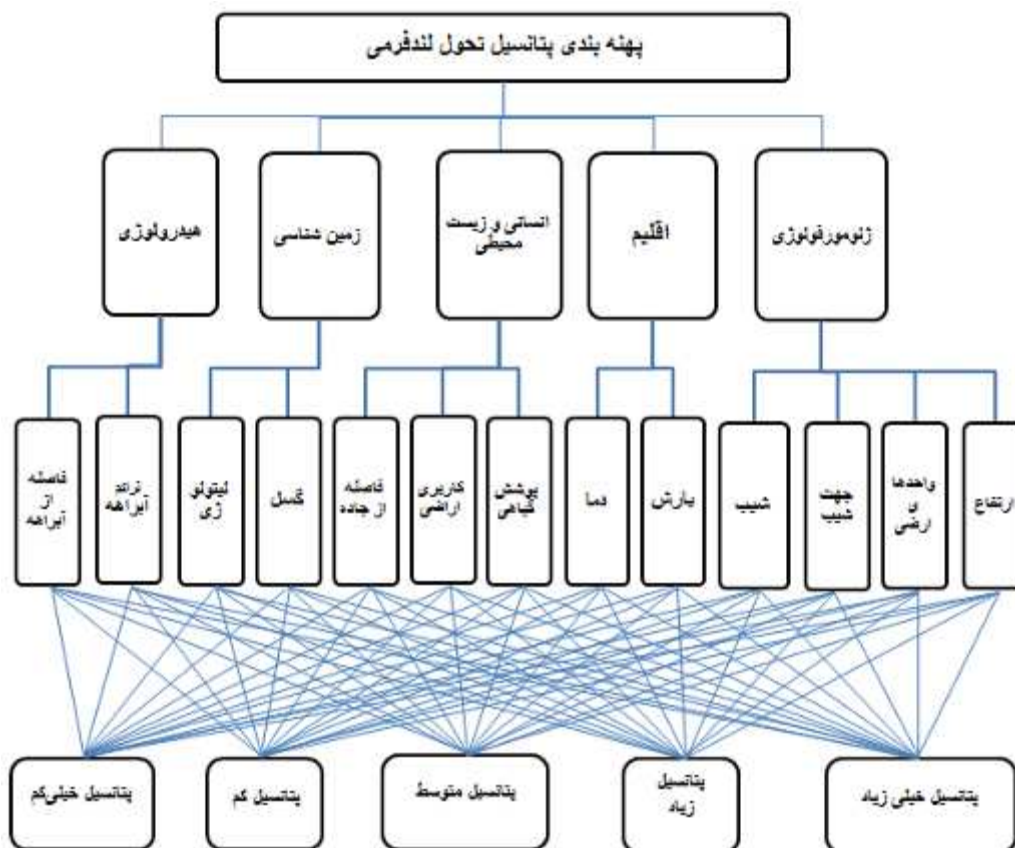
جدول ۴: ویژگی شبکه جریان‌ات سطحی حوضه قشلاق

رتبه	تعداد آبراهه‌های هر رتبه	طول آبراهه (متر)
۱	۴۷۲	۴۹۶۹۱۵
۲	۵۱	۲۱۹۳۲۴
۳	۱۳	۱۴۳۰۱۲
۴	۲	۴۰۱۷۲
۵	۱	۴۳۷۸۹
جمع	۵۳۹	۹۴۳۲۱۲

تهیه نقشه پایه و نقشه‌های عامل

ابتدا نقشه پایه منطقه مطالعاتی بر روی نقشه‌های مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ شناسایی گردید آنگاه برای این محدوده شبکه مرجعی با واحدهای اراضی به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ مترمربعی در محیط GIS تدارک دیده شد. واحد اراضی شامل بخشی از اراضی است که دارای خصوصیات و ویژگی‌های نسبتاً یکسانی بوده و به‌عنوان واحدهای مدیریتی و تصمیم‌گیری شناخته شوند (ایوبی و جلال‌الدین، ۱۱: ۱۳۸۵). سپس بر این مبنای نقشه‌های عامل تحقیق مبتنی بر ۱۳ زیر معیار طبقات ارتفاعی، درجه شیب، جهت شیب، لیتولوژی، پوشش زمین، راه‌ها، گسل‌ها، کاربری اراضی، خاک، دما، بارش، تراکم آبراهه و فاصله از آبراهه تهیه و تدوین شدند (شکل ۱۵) که با روی هم‌پوشانی این نقشه‌ها در محیط GIS، خروجی نهایی تحت عنوان

پهنه‌بندی پتانسیل تحول لندفرمی تحت تأثیر شبکه زهکشی در قالب پنج طبقه با پتانسیل خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم به دست آمد.



شکل ۱۵: ساختار سلسله مراتبی پهنه‌بندی پتانسیل تحول لندفرمی تحت تأثیر شبکه زهکشی

وزن دهی لایه‌های اطلاعاتی در AHP

بعد از این که نقشه‌های عامل مربوطه استخراج گردید مرحله بعد کلاسه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی مذکور و متناسب با نحوه اثرگذاری هر کدام از متغیرها بر روی الگوی تحول لندفرمی است که سپس با بهره‌گیری از روش AHP امتیازدهی شده‌اند. امتیازها (وزن‌ها) بر اساس روابط ریاضی از مجموع نسبت‌های دوجه‌دوی متغیرها حاصل شده‌اند پس از آن نسبت استاندارد شده وزن هر معیار محاسبه شده است (جدول ۵).

مقدار نسبت پایدگی (CR) در بررسی جفتی ۵ معیار (جدول ۵) معادل $0/2$ و در بررسی جفتی ۱۳ زیر معیار (جدول ۶) معادل $0/07$ به دست آمد که کمتر از $0/1$ هستند و نشان‌گر آن است که مقایسات جفتی انجام شده در ماتریس AHP پژوهش حاضر در سطح قابل قبولی است.

جدول ۵: بررسی جفتی معیارها و ضرایب اهمیت وزنی نرمال آن‌ها در AHP

معیارها	هیدرولوژی	زمین‌شناسی	انسانی و زیست‌محیطی	اقلیمی	ژئومورفولوژی	وزن نرمال
هیدرولوژی	۱	۳	۵	۷	۹	۰/۵۰۲۸
زمین‌شناسی	۰/۳۳۳	۱	۳	۵	۷	۰/۲۶۰۲
انسانی و زیست‌محیطی	۰/۲	۰/۳۳۳	۱	۳	۵	۰/۱۳۴۴
اقلیمی	۰/۱۴۲۹	۰/۲	۰/۳۳۳	۱	۳	۰/۰۶۷۸
ژئومورفولوژی	۰/۱۱۱۱	۰/۱۴۲۹	۰/۲	۳/۳۳۳ ۰	۱	۰/۰۳۴۸
جمع	۰/۷۸۷۳	۴/۶۷۶۲	۹/۵۳۳۳	۱۶/۳۳۳	۲۵	۱

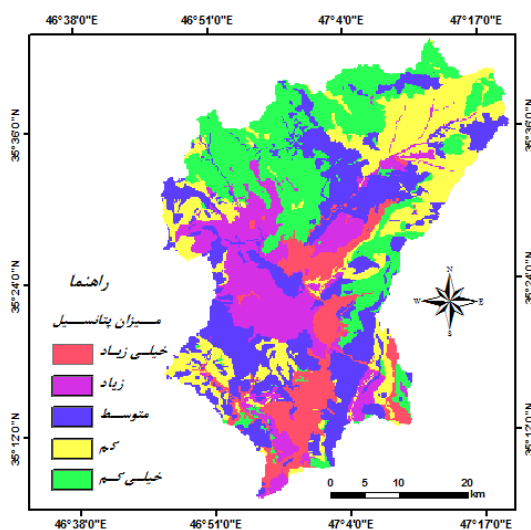
جدول ۶: بررسی جفتی زیرمعیارها و ضرایب اهمیت وزنی نرمال آن‌ها در AHP

زیر معیار	فاصله از جاده	فاصله از آبراهه	تراکم آبراهه	فاصله از گسل	لیتولوژی	کاربری اراضی	پوشش گیاهی	بارش	شیب	واحدهای راضی	جهت شیب	ارتفاع	دما	وزن نرمال
فاصله از جاده	۱	۲	۲	۳	۵	۶	۶	۷	۷	۸	۸	۹	۹	۰/۲۰۴۳
فاصله از آبراهه	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۷	۸	۸	۹	۹	۰/۱۷۱۷
تراکم آبراهه	۰/۵	۰/۵	۱	۴	۴	۵	۵	۶	۷	۸	۸	۹	۹	۰/۱۵۴۵
فاصله از گسل	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۲۵	۱	۳	۴	۵	۵	۶	۷	۷	۸	۹	۰/۱۰۷۶
لیتولوژی	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳۳	۱	۳	۴	۵	۵	۶	۶	۷	۸	۰/۰۸۰۲
کاربری اراضی	۰/۱۶۶۷	۰/۲	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳۳	۱	۴	۴	۵	۷	۷	۸	۹	۰/۰۷۰۸
پوشش گیاهی	۰/۱۶۶۷	۰/۱۶۶۷	۰/۲	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۱	۳	۵	۷	۷	۸	۹	۰/۰۵۸۲
بارش	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۱۶۶۷	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳۳۳	۱	۳	۵	۷	۸	۹	۰/۰۴۴۶
شیب	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۱۶۶۷	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳۳۳	۱	۲	۷	۹	۹	۰/۰۴۰۷

واحدهای اراضی	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۴۲۹	۰/۱۶۶۷	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۲	۰/۲	۱	۵	۶	۸	۰/۰۲۷۲
جهت شیب	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۴۲۹	۰/۱۶۶۷	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۲	۱	۵	۷	۰/۰۲
ارتفاع	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۲۵	۰/۱۴۲۹	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۱۱	۰/۱۶۶۷	۰/۲	۱	۳	۰/۰۱۱۴
دما	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۲۵	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۲۵	۰/۱۱۱	۰/۱۲۵	۰/۱۴۲۹	۰/۳۳۳	۱	۰/۰۰۸۹
جمع	۳/۶۲۴۶	۵/۲۰۷۹	۶/۶۸۱۷	۱۲/۶۷۱۸	۱۸/۵۸۴۵	۲۵/۲۲۱۸	۳۲/۰۵۵۲	۶۸/۹۲۶۲	۴۶/۵۶۵۱	۶۲/۴۹۱۷	۷۱/۳۴۲۹	۸۷/۳۳۳	۹۸	۱

کلاس‌بندی ارزش‌گذاری و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در GIS

پس از تأیید معنی‌داری ماتریس‌های عوامل مؤثر در تحول لندفرم‌های حوضه آبخیز رودخانه قشلاق، وزن نهایی معیارها جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی منطقه به لایه‌های متناظر اعمال گردید. جهت اعمال صحیح اوزان به‌دست‌آمده در محیط ARC GIS از روش Raster Calculator و جهت ارائه مدل نهایی از روش weighted sum به دلیل دقت بیشتر بهره گرفته شده است. نتیجه حاصله به‌صورت شکل ۱۶ بوده که نقشه پهنه‌بندی پتانسیل تحول لندفرمی حوضه آبخیز رودخانه قشلاق با آن نشان می‌دهد نتایج حاکی از آن است که بخش‌های مرکزی حوضه به‌طرف خروجی جهت تحول لندفرم‌ها تحت تأثیر شبکه زهکشی دارای پتانسیل زیاد و خیلی زیاد هستند که ۲۷/۸ درصد از کل حوضه را شامل می‌شوند. بیشتر قسمت‌های شمالی و شمال غربی حوضه و همچنین بخش‌هایی از شرق حوضه دارای پتانسیل کم و خیلی کم می‌باشند که ۴۵/۲۶ درصد از کل حوضه را در بر گرفته‌اند. سایر قسمت‌های حوضه نیز به‌صورت پراکنده جهت تحول لندفرم‌ها دارای پتانسیل متوسط بوده که ۲۶/۹۴ درصد از مساحت حوضه را شامل می‌شود (جدول ۷).



شکل ۱۶: نقشه پهنه‌بندی پتانسیل تحول لندفرمی تحت تأثیر شبکه زهکشی

جدول ۷: طبقه‌بندی میزان پتانسیل به‌دست‌آمده و مساحت آن‌ها

میزان پتانسیل	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد از کل حوضه
خیلی زیاد	۲۰۵/۶۰۴۴۵۲	۱۱/۲۲
زیاد	۳۰۴/۱۴۱۱۱۹	۱۶/۵۸
متوسط	۴۹۳/۹۱۵۱۷۴	۲۶/۹۴
کم	۳۶۸/۱۷۶۴۶۱	۲۰/۰۷
خیلی کم	۳۶۲/۱۵۸۲۸۳	۲۵/۱۹

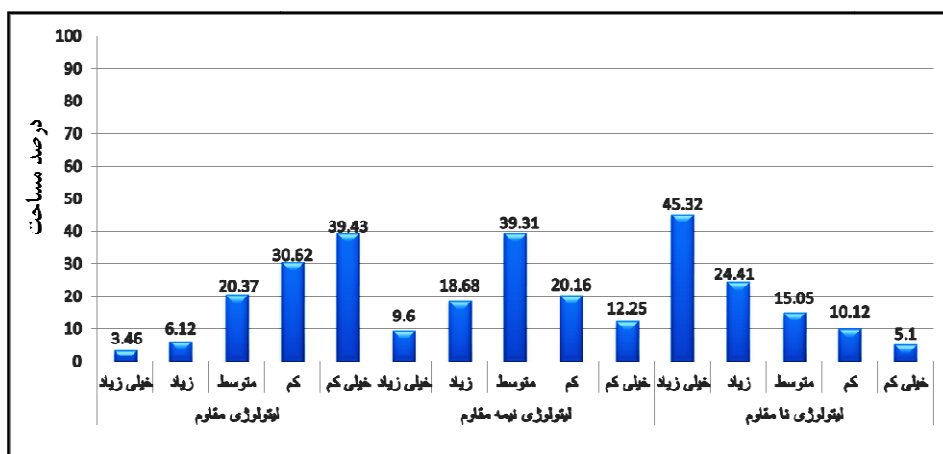
نتیجه‌گیری

حوضه رودخانه قشلاق در غرب کشور در استان کردستان، در یک منطقه کوهستانی دارای شیب زیاد، با اقلیم مدیترانه‌ای معتدل و گرم، در زون زمین‌شناسی اسفندقه-مریوان و در یک زون فعال تکتونیکی واقع شده است. بیشتر گسل‌های آن به تبعیت از روند عمومی زاگرس امتداد شمال غرب-جنوب شرق دارند که عملکرد آن‌ها باعث متفاوت بودن شیب و امتداد طبقات در منطقه شده و تند شیب‌ها را به وجود آورده است. در یک نگاه کلی آهک، سنگ‌های آتشفشانی، شیل و فیلیت غلبه دارند. شیل و فیلیت در قسمت‌های غرب و جنوب غرب حوضه از جمله سازندهای دارای حساسیت زیاد به فرسایش هستند. اقلیم مرطوب تا مدیترانه‌ای باعث تکوین پوشش گیاهی نسبتاً متراکم و مقاوم به فرسایش شده است. اما قدرت و سرعت جریان‌های سطحی همراه با سازندهای سست به‌ویژه در جنوب غربی حوضه و فعالیت‌های انسان، باعث تکوین اشکال فرسایشی آب به میزان زیاد شده است. باوجود این وقوع سیلاب‌های ناگهانی و فرسایش شدید خاک عمدتاً به‌واسطه عدم آگاهی از ظرفیت چرا و نحوه و نوع کشت تشدید شده است. میزان فرسایش خاک به دلیل عدم کاربری صحیح و وقوع بارش‌های ناگهانی به‌ویژه در فصل بهار و پاییز موجب سیلاب‌های مخرب می‌شود که به زمین‌های زراعی روستاهای پایین‌دست و احشام خسارت وارد می‌کند. پوشش گیاهی و مرتعی خوب نیز به‌صورت مانع در برابر فرسایش خاک عمل می‌کند، لیکن اقداماتی از قبیل: تخریب جنگل، چرای بی‌رویه، زراعت در اراضی شیب‌دار، تنگ کردن مجراها و اعمال مکانیکی نادرست از قبیل جاده‌سازی بدون توجه مسئله زمین‌شناسی و پایداری دامنه‌ها باعث ایجاد حرکات توده‌ای و لغزش، جریان‌های سیلابی و تخریب باغات و مزارع و مشکلات اقتصادی و اجتماعی ناشی از آن شده است. پیشگیری از فعالیت‌های انسانی نادرست که باعث تسریع فرسایش و تخریب منابع آب‌و خاک می‌شود امری ممکن و منطقی است.

کل منطقه پژوهش ۱۸۳۴ کیلومتر مربع وسعت دارد. فرم آبراهه‌ها و الگوی زهکشی در حوضه قشلاق شامل الگوهای شاخه درختی است. بر اساس روش رتبه‌بندی استرالر حوضه مذکور دارای رتبه ۱ تا ۵ می‌باشد.

اصولاً روش‌های پهنه‌بندی با تلفیق در محیط نرم‌افزار GIS نمایش بهتری از واقعیت‌های محیطی یک منطقه در اختیار می‌گذارد چراکه لایه‌های عامل مختلف و چندگانه را به سهولت مورد ترسیم، دسته‌بندی، وزن دهی و هم‌پوشانی قرار می‌دهد. در این پژوهش نیز با تلفیق نقشه‌های عامل در محیط GIS که با تابع خطی جمع انجام شد، پهنه‌بندی پتانسیل تحول لندفرمی تحت تأثیر شبکه زهکشی محدوده مورد مطالعه تهیه گردید. نتایج نشان می‌دهد که قسمت‌های مرکزی حوضه به‌طرف خروجی حوضه دارای پتانسیل بیشتری جهت تحول لندفرم‌ها نسبت به سایر قسمت‌های حوضه می‌باشد. نتایج نیز در پنج طبقه خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم محاسبه شده و نشان داد که حدود ۲۷/۸ درصد از حوضه دارای پتانسیل زیاد و خیلی زیاد جهت تحول لندفرم‌ها تحت تأثیر شبکه زهکشی می‌باشد. بیشتر قسمت‌های شمالی و شمال غربی حوضه و همچنین بخش‌هایی از شرق حوضه دارای پتانسیل کم و خیلی کم می‌باشند که ۴۵/۲۶ درصد از

کل حوضه را در بر گرفته‌اند. سایر قسمت‌های حوضه نیز به صورت پراکنده جهت تحول لندفرم‌ها دارای پتانسیل متوسط بوده که ۲۶/۹۴ درصد از مساحت حوضه را شامل می‌شود. نحوه پراکندگی این پهنه‌ها مشخص می‌کند که عامل لیتولوژی بیشترین تأثیر را در تحول لندفرم‌ها تحت تأثیر شبکه زهکشی دارد زیرا هر جا لیتولوژی مقاوم‌تر است میزان پتانسیل منطقه جهت تحول لندفرم‌ها تحت تأثیر شبکه زهکشی کمتر است و متقابلاً مکان‌هایی که دارای لیتولوژی نامقاوم هستند دارای پتانسیل بیشتری جهت تحول لندفرم‌ها تحت تأثیر شبکه زهکشی هستند، شکل ۱۷ این امر را تأیید می‌نماید.



شکل ۱۷: انطباق نتایج پهنه‌بندی پتانسیل تحول لندفرمی با مقاومت لیتولوژی

منابع

- آفریده، فائزه و اسدی، اکرم (۱۳۹۲)، تأثیر تکتونیک بر لندفرم‌های کواترنری دره طالقان، فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۲ (پیاپی ۶)، ۱۹-۴۲
- احمدی، ح. ک.، جوانشیر، غ. ع.، قنبریان و س. ح. حبیبیان (۱۳۸۱)، بررسی ویژگی‌های اکولوژیک جوامع گیاهی با توجه به واحدهای ژئومورفولوژی در منطقه چنار راهدار استان فارس؛ مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵، شماره ۱، ۸۱-۹۳
- اداره کل منابع طبیعی استان کردستان (۱۳۸۵)؛ گزارش وضعیت مراتع استان کردستان
- ثروتی، محمدرضا؛ لشکری، حسن؛ مؤمنی، اسدالله (۱۳۸۶)؛ هیدروژئومورفولوژی حوضه آبریز رودخانه لیلّه جوانرود.
- حبیبی، کیومرث و پوراحمد، احمد (۱۳۸۴)، توسعه فیزیکی شهر سنندج با استفاده از GIS، چاپ اول، انتشارات دانشگاه کردستان، سنندج
- حیدریان، لیلّا (۱۳۸۶)، هیدروژئومورفولوژی حوضه حسین‌آباد با تأکید بر فرسایش و رسوب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، استاد راهنما ابراهیم مقیمی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
- درویش زاده، علی (۱۳۷۰)؛ زمین‌شناسی ایران، چاپ اول؛ انتشارات نشر دانش‌آموز وابسته به انتشارات امیرکبیر، تهران
- رامشت، محمدحسین (۱۳۸۴)؛ نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها)؛ تهران؛ انتشارات سمت
- قربانی، احمد (۱۳۸۴)؛ بررسی میزان سازگاری بافت قدیم و جدید شهر سنندج با شرایط اقلیمی پایان‌نامه کارشناسی ارشد (جغرافیای طبیعی) - دانشگاه تربیت مدرس
- لطفی، حیدر؛ جعفری، مهتاب (۱۳۹۰)؛ فرآیند ایمن‌سازی شهری جهت مقابله با مخاطرات طبیعی (سیل) مطالعه موردی: شهر تهران

- محمدی، اکبر (۱۳۸۰)، اثرات توسعه شهری بر منابع زیست‌محیطی، مطالعه موردی شهرسندج، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما محمدتقی راهنمایی، دانشگاه تهران.
- محمودی، فرج‌الله؛ محمد اسماعیلی، زهرا؛ (۱۳۸۲) هیدروژئومورفولوژی کاشان و اثرات آن در آمایش سرزمین (با کاربرد تکنیک GIS).
- نصیر احمدی، کامران؛ منوری، سید مسعود (۱۳۹۰)؛ ارزیابی کارکردهای اکولوژیک اکوسیستم میانکاله با استفاده از رویکرد هیدروژئومورفولوژیک (HGM)
- یمانی، مجتبی؛ ناز آفرین، بهنود (۱۳۹۱)؛ امکان‌سنجی توسعه فیزیکی کیشهر بر مبنای تأثیرگذاری عوامل هیدروژئومورفیک.
 - Andam, K.S, (2003), *compar physical habitat conditions in forested and non-forested streams, thesis of partial fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science Specializing in Civil and Environmental Engineering.*
 - Cudenec, C., Y. Fouad., I. Sumarjo Gotot and J. Duchesne, (2004). 'A geomorphological explanation of the unit hydrograph concept', *Hydrol, Process. 18*, 603-621
 - Ershov, v.v & novikov, a, a and popava, G.B., 1988, *Fundamentals of Geology*, Mir publishers, Moscow.
 - Goitom T.G, (1389), *Evaluation of TC methods in a small rural watershed. Channel flow and catchment run off: Centennial of Manning's Formula and Kuichling's Rational Formula B.C. Yen (Ed.) University of Virginia, U.S. National Weather Service and University of Virginia.*
 - Hyalmarson, H. W. (1988). *Flood Hazard Zonation in Aridland*, Wesley Publishers.
 - Islam, N. (2001), *Open Approach to Flood Control: the Way to the Future in Bangladesh*, *Futures 33*, P.P 783-802. Department of Economics, Emory University, Atlanta, Ga 30332, USA
 - Rodriguez-Iturbe, I., Valdes, J., (1979), *geomorphological structure of hydrologic response. Water Resources Research 14*1509-1420(6).