

جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۴۰۳، دوره ۷، شماره ۲، صص ۷۱-۵۷

بررسی و تحلیل برخی خصوصیات فیزیوگرافی و پوشش اراضی حوضه آبخیز کوزه توپراقی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی

موسی عابدینی^{*}، نسرين حسن زاده بابلان^۲

۱. استاد گروه جغرافیای طبیعی، گرایش ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

Abedini@uma.ac.ir

۲. کارشناس ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، گرایش ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل،

ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم انتظامی امین

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۲

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی و تحلیل خصوصیات فیزیوگرافی و پوشش اراضی حوضه آبخیز کوزه توپراقی در استان اردبیل با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می باشد. در این راستا با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۹، نقشه توپوگرافی منطقه و استفاده از مدل رقومی ارتفاعی زمین نسبت به تهیه عوامل شیب، جهت شیب، DEM، کاربری اراضی و پوشش گیاهی گردید. نتایج عوامل نشان داد که بلندترین نقطه منطقه مورد مطالعه با ارتفاع ۲۵۴۰ متر در جنوب محدوده مورد مطالعه و پست ترین نقطه منطقه مورد مطالعه با ارتفاع حدودا ۱۴۰۰ متر در قسمت های شمالی حوضه واقع شده است. در منطقه مورد مطالعه، شیب های بیش از ۷۰ درصد در ارتفاعات شمال شرق، جنوب و جنوب شرقی مشاهده می شود و به دلیل کمبود پوشش گیاهی با پوشش کم به ویژه در قسمت های شرقی به شدت در معرض خطر فرسایش می باشند. مناطق کم شیب در حوضه مورد مطالعه بیش تر در نواحی مرکزی واقع شده اند. جهت کلی شیب در حوضه آبخیز کوزه توپراقی جنوب شرقی و شمال شرقی است. به طور کلی در منطقه مورد مطالعه شیب از شرق به غرب و از ارتفاعات به مرکز حوضه کاهش می یابد. از طرفی به منظور تهیه و طبقه بندی نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه از روش ماشین بردار پشتیبان استفاده شد. صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۹۹/۹۳ و ۹۹/۹۹ درصد به دست آمد که از دقت قابل قبولی برخوردار بود. همچنین به منظور تهیه نقشه پوشش گیاهی برای سال ۱۴۰۲ از داده های ماهواره لندست ۹ استفاده و نقشه عامل تهیه گردید. از این رو مقادیر عامل پوشش گیاهی در حوضه در دامنه بین ۰/۲۱- تا ۰/۸۵ که غالبا قسمت های جنوبی از تراکم بیش تری برخوردار بودند.

کلیدواژه ها: فیزیوگرافی، حوضه آبخیز، لندست ۹، کاربری اراضی، کوزه توپراقی.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین خصوصیات مورفومتری هر حوزه آبخیزی، شبکه زهکشی حوضه می‌باشد که نتیجه عمل آب‌های سطحی و برآیندی از خصوصیات سنگ‌شناسی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و اقلیم یک حوضه می‌باشد. از سویی اجرای هر گونه طرح مدیریتی و توسعه‌ای در حوضه، مانند کنترل و پیش‌بینی سیلاب، ساماندهی رودخانه‌ها و مسیرها و غیره مستلزم وجود آمار و اطلاعات کافی و دقیق از حوضه و شبکه زهکشی آن به ویژه رودخانه‌ها و مسیرهای کوچک می‌باشد (غفاری، ۱۳۸۶). از سوی دیگر فیزیوگرافی حوضه در واقع بررسی ویژگی‌های فیزیکی و ریخت‌شناسی یک حوضه است (احمدی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۰). تعیین مرز حوضه‌ها و زیر حوضه‌ها و به دنبال آن استخراج خصوصیات فیزیوگرافی آن‌ها، هسته مرکزی بسیاری از فعالیت‌های مدیریتی در راستای کاربری اراضی، نوع خاک، زمین‌شناسی، جریان رودخانه و سیلاب می‌باشد. فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب و کاهش باروری خاک می‌باشد که امروزه در حال افزایش است و منجر به ازدست رفتن خاک مرغوب کشاورزی می‌باشد (Bouaziz et al., 2020). به عبارتی دیگر فرسایش خاک یک تهدید عمده برای استفاده پایدار منابع آب و خاک است (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۳). با توجه به این که خصوصیات فیزیوگرافی و توپوگرافی حوضه‌ها از جمله ارتفاع و شیب می‌تواند به بسیاری از عوامل آب و هوایی همچون درجه حرارت و تغییرات آن، نوع و میزان ریزش جوی سالانه و میزان تبخیر و تعرق را تسهیل و یا تبدیل کنند و به‌طور کلی موجب پیدایش انواع آب و هوای موضعی یا منطقه‌ای شوند (Garcin et al., 2021). خصوصیات فیزیکی حوضه‌های آبریز نه فقط به‌طور مستقیم بر روی رژیم هیدرولیک و میزان تولید آبی سالیانه، حجم سیلاب‌ها، شدت فرسایش خاک و میزان رسوب تولیدی اثر می‌گذارد بلکه غیر مستقیم نیز با تاثیر بر آب و هوا و پوشش گیاهی به میزان زیادی رژیم آبی حوضه آبریز را تحت تاثیر قرار می‌دهد (ضیایی، ۱۳۸۶؛ مرکز تحقیقات آب وابسته به وزارت نیرو، ۱۳۸۶). با توجه به این که حوضه آبخیز کوزه توپراقی در استان اردبیل، به دلیل شرایط خاص منطقه‌ای، یک حوضه کوهستانی شیبدار است از طرفی به دلیل کاربری نادرست در اثر دخالت انسان‌ها به روش‌های مختلف نظیر چرای بی‌رویه مراتع، تبدیل اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی و همچنین توسعه مناطق شهری میزان فرسایش خاک در این حوضه تشدید می‌شود. و از طرفی یکی از مشکل‌دارترین حوضه‌های آبخیز کشور از نظر فرسایش و رسوب به ویژه فرسایش رودخانه‌ای به شمار می‌رود. یکی از مسائل و مشکلات منطقه مورد بررسی تغییر کاربری طبیعی اراضی و پوشش گیاهی تشدید فرسایش و شسته شدن و خروج مواد مغذی خاک و تبدیل شدن آن به اراضی کم‌بازده است که لزوم بررسی کاربری اراضی و پوشش گیاهی و اثرات آن در فرسایش جهت برنامه‌ریزی و بهبود توصیه‌های مدیریتی استفاده از اراضی را الزامی می‌کند. منطقه مورد مطالعه یکی از حوضه‌های آبخیز کوهستانی بالادست سد سبلان است که به دلیل تغییرات کاربری و پوشش گیاهی می‌تواند سبب تغییر در میزان فرسایش و رسوب حوضه شده و در نهایت با ورود به مخزن سد سبلان سبب انباشت رسوب در مخزن این سد گردد و هزینه‌های مالی برای برداشت این رسوبات از مخزن این سد را در پی داشته باشد. علاوه بر آن به دلیل این که در منطقه مورد نظر تحقیقی در خصوص ارتباط کاربری و پوشش گیاهی و بررسی خصوصیات فیزیوگرافی منطقه انجام نگرفته است بنابراین نیاز به انجام چنین مطالعه‌ای احساس می‌شود. پس با توجه به اهمیت مسئله، تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی و با تاکید بر خصوصیات

فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه، همچنین بررسی کارایی و دقت نتایج حاصل از داده‌های سیستم اطاعات جغرافیایی و سنجش از دور در حوضه آبخیز کوزه‌توپراقی مورد مطالعه قرار گرفته است. تاکنون مطالعات زیادی در خصوص ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه‌های آبخیز انجام شده است. برای مثال، Daniela و همکاران (۲۰۱۱)، به منظور طراحی ژئومورفولوژی و کاربری اراضی بهینه در حوضه داندبا استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی، خصوصیات ژئومورفولوژی کمی حوضه را مشخص و قابلیت اراضی موجود را با استفاده از رقوم ماهواره‌ای طبقه‌بندی و سپس با ارائه سناریوها و مدیریت‌های مناسب در بخش کشاورزی و آبخیزداری بهترین کاربری و مدیریت را جهت کاهش خطرات محیطی پیشنهاد نمود. Laaha و Blöschl (۲۰۱۳)، با هدف گروه‌بندی ۳۲۵ زیرحوضه در اتریش از ۴ روش گروه‌بندی استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که گروه‌بندی رودخانه‌ها در فصول مختلف براساس مقادیر دبی حداقل بهترین عملکرد را نشان داده و عملکرد مطلوب در فرایندهای فصلی جریان کم در حوضه مورد مطالعه داشتند. Melesse (۲۰۲۱)، در پژوهشی به بررسی خصوصیات شبکه زهکشی و هیدرولوژیکی با استفاده از GIS و RS پرداخته و نهایتاً پس از بررسی رابطه بین خصوصیات مورفومتری و هیدرولوژیکی اقدام به انتخاب مهم‌ترین خصوصیات مورفومتری حوضه نمود که بیش‌ترین تأثیر را بر روی هیدرولوژی حوضه دارد. Barenhard (۲۰۲۲)، در پژوهشی دیگر با استفاده از تکنیک سامانه اطلاعات جغرافیایی به استخراج عناصر شکل زمین براساس خصوصیات توپوگرافی استخراج شده از DEM پرداخت و در این طبقه‌بندی خصوصیات سطح زمین را به عوارضی مانند کوهستان، پلایا، دره‌ها تقسیم نمود. Singh و همکاران (۲۰۲۲)، با استفاده از ۱۳ پارامتر فیزیوگرافی ۱۶ حوضه آبخیز را در منطقه چامبال در کشور هند را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که آن‌ها آنالیز مولفه اصلی را به منظور استخراج مهم‌ترین پارامترهای فیزیوگرافی به کار بردند، و نتیجه گرفتند که فاکتورهای فیزیوگرافی مهم در داخل گروه‌های یکسانی دسته‌بندی شده‌اند. غفاری (۱۳۸۶)، مدیریت حوضه‌های آبخیز را با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطاعات جغرافیایی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که با توجه به قابلیت و دقت زیاد تکنیک‌های به کار رفته، امکان شبیه‌سازی و استخراج خصوصیات جدید ژئومتری حوضه‌ها و آبراه‌های حوضه با دقت فراوان فراهم گردیده است. عاشورلو و همکاران (۱۳۸۷)، برای تعیین اندازه پیکسل جهت محاسبه خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که اندازه پیکسل‌های بیش‌تر از ۳۰ متر دارای الگوی هندسی متفاوتی با رودخانه اصلی می‌باشند. همچنین خطای جابجایی آبراه‌های استخراج شده از اندازه پیکسل‌های ۵ و ۱۰ متر کم‌تر بوده و دارای دقت بیش‌تری هستند. احمدی‌فرد (۱۳۹۴)، خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز ماروسک را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که طبقات با شیب ۱۶-۲۰ در صد مساحتی برابر با ۳۲/۰۴ کیلومتر مربع در بر می‌گیرند دارای بیش‌ترین درصد فراوانی می‌باشند. همچنین در این حوضه بیش‌ترین جهت شیب لایه‌ها به سمت غرب است و تراکم زهکشی در این حوضه نیز ۴/۶۵ کیلومتر مربع است. قادری و همکاران (۱۳۹۹)، با هدف آنالیز سیستم حوزه آبخیز براساس خصوصیات هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی در حوضه آبخیز کن در تهران را مورد بررسی قرار داده و به این

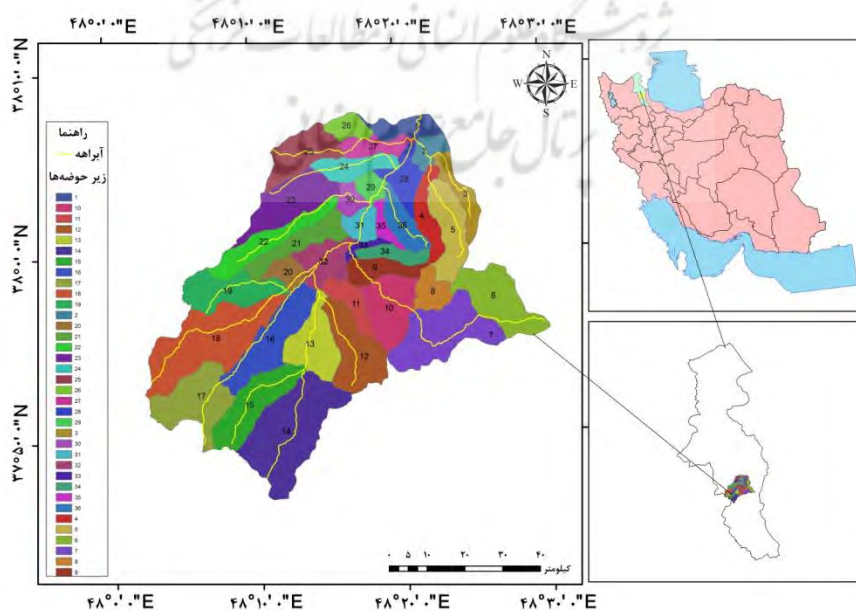
¹- Digital Elevation Model

نتیجه رسیدند که هر تغییری در ورودی‌های حوضه منجر به تغییر در خروجی سیستم می‌شود و بازخوردهای متفاوتی را ایجاد می‌کند. به عبارتی دیگر در صورت رعایت اصول و مدیریت جامع آبخیزداری و حفاظت از آب و خاک هر چند ممکن است بازخورد منفی از قبیل تولید محصول کمتر ایجاد کند اما این بازخورد منفی در درازمدت باعث پایداری و تعادل حوضه می‌شود. عابدینی و همکاران (۱۴۰۱)، پهنه‌بندی فرسایش خاک در حوضه آبریز رزن را با استفاده از مدل‌های منطق فازی، EPM و BLM انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که نتایج مدل EPM با داده‌های برداشت‌شده در مطالعه میدانی مطابقت بیشتری دارد که نشان‌دهنده دقت مدل مورد استفاده در بررسی فرسایش در منطقه مورد مطالعه است. در پژوهش‌های دیگر عابدینی و همکاران (۱۴۰۲)، تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر میزان فرسایش و رسوب حوضه رضی‌چای در یک دوره بیست سال را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که در طول بیست سال اخیر علی‌رغم افزایش سطح اراضی زراعی دیم در منطقه به دلیل کاهش سطح اراضی بایر و تقویت پوشش گیاهی در این منطقه میزان فرسایش به میزان اندکی کاهش یافته است که این امر نشان‌دهنده تقویت پوشش گیاهی در کنترل میزان فرسایش در منطقه مورد مطالعه است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی و تحلیل خصوصیات فیزیوگرافی و پوشش اراضی حوضه آبخیز کوزه توپراقی در استان اردبیل با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

روش تحقیق

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز کوزه توپراقی با مساحت ۸۰۳ کیلومتر مربع در قسمت جنوبی استان اردبیل در شمال غربی کشور ایران جای گرفته است. مختصات جغرافیایی حوضه آبخیز کوزه توپراقی در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه و اثنایه شرقی و در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۰ دقیقه و ۲۸ ثانیه شمالی واقع شده است. بلندترین قسمت حوضه با ارتفاع ۲۵۴۰ متر و پایین‌ترین قسمت با ارتفاع ۱۴۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. موقعیت جغرافیایی این حوضه در سطح کشور و استان اردبیل در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

تهیه نقشه کاربری اراضی و خصوصیات فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه

پیش‌پردازش و آماده‌سازی تصاویر رقومی ماهواره لندست: تصاویر مورد استفاده در این پژوهش تصاویر ماهواره‌ای لندست ۹ با گذر ۱۶۷ و ردیف ۳۴ برای سال ۱۴۰۲ ماه خرداد می‌باشد. این تصویر به فرمت GeoTiff از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS^۱) تهیه گردید.

تصحیحات اتمسفری تصویر ماهواره‌ای: از آنجا که داده‌های ماهواره لندست ۹ به صورت تصحیح شده عرضه می‌شود. با این حال برای کنترل تصاویر در این مرحله از میان تصحیحات رادیومتری متداول تصاویر ماهواره‌ای، تصحیحات اتمسفری انتخاب گردید (عبدالعلی‌زاده، ۱۳۸۹). از این رو تصحیحات اتمسفری با روش فلش بر روی تصویر لندست ۹ برای سال ۱۴۰۲ انجام شد. لذا برای انجام این مدل نیاز به فاکتورهایی شامل، تاریخ اخذ تصویر GMT، ارتفاع از سطح دریا، نوع سنجنده و تصویر مورد نیاز است که با استفاده از متادیتای تصویر این فاکتورها حاصل شد.

پردازش

ایجاد نمونه‌های تعلیمی: برای ایجاد فایل برداری (وکتوری) نمونه‌های تعلیمی سال ۱۴۰۲ از ترکیب رنگی هفت باند و هم‌چنین تصاویر آنلاین با قدرت تفکیک بالای Google Earth استفاده شد. هم‌چنین سعی شد تعداد پیکسل‌های تعلیمی هر طبقه به حد کافی باشند تا نمونه‌های تعلیمی معرف هر طبقه، دامنه طیفی مربوط به آن طبقه را شامل گردد. نمونه‌های تعلیمی مربوط به هر طبقه در داخل مناطق همگن و در اندازه‌های کوچک انتخاب شدند تا اثر پیکسل‌های مرکب و پیکسل‌هایی که به بیش از یک طبقه پوشش تعلق دارند حذف شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۵؛ عبدالعلی‌زاده، ۱۳۸۹).

در پژوهش حاضر ۵ طبقه کاربری اراضی به کار رفته است. تعریف کلاس‌ها بر اساس هدف، کاربری‌های موجود و تفکیک مکانی تصویر صورت می‌گیرد.

روش‌های مختلفی برای تهیه نقشه پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و محدودیت‌هایی هستند. انتخاب روش به هدف مطالعه و داده‌های در دسترس بستگی دارد. با توجه به این که استخراج اطلاعات پوشش و کاربری زمین از داده‌های سنجش از دور رو به فزونی می‌باشد به همین دلیل تحقیقات زیادی در مورد روش‌هایی برای افزایش صحت طبقه‌بندی صورت گرفته است که از جمله آن می‌توان به ماشین‌بردار پشتیبان (SVM^۲)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN^۳)، نام برد (Foody et al., 2004). هرچند روش‌های سنتی مانند روش حداکثر احتمال (MLC^۴)، در صورت نرمال بودن نقاط آموزشی دقت قابل قبولی را می‌دهد (علوی پناه، ۱۳۸۹). عموماً روش‌های طبقه‌بندی به دو روش پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شود که از روش‌های پارامتریک روش MLC که از واریانس و کوواریانس داده‌ها استفاده می‌کند و از روش‌های ناپارامتریک، روش‌های ANN و SVM می‌توان نام برد که این روش‌ها از ویژگی‌های آماری داده‌ها استفاده نمی‌کنند و اخیراً جزو تکنیک‌های طبقه‌بندی قرار گرفته‌اند (رضایی مقدم

¹- United States Geological Survey

¹- Support Vectors Machine (SVM)

³- Artificial Neural Networks (ANN)

⁴- Maximum Likelihood (MLC)

و همکاران، ۱۳۹۵). از این رو طبقات پوشش انتخاب شده برای طبقه‌بندی کاربری اراضی حوضه آبخیز کوزه توپراقی نیز بر اساس روش طبقه‌بندی ماشین‌بردار پشتیبان (SVM) انجام می‌شود.

طبقه‌بندی به روش ماشین‌بردار پشتیبان (SVM): تئوری SVM توسط واپتیک و همکاران در سال ۱۹۷۱ پیشنهاد شد و در سال ۲۰۰۰ جزئیات آن مورد بررسی قرار گرفت سپس در سال ۲۰۰۴ برای استفاده در سنجش‌ازدور مورد استفاده قرار گرفت (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). SVM ریشه در تئوری یادگیری آماری دارد و به شناختن متن و اعداد موجود و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای دیدگاه ماشینی دارد هم‌چنین این روش طبقه‌بندی را با ایجاد یک سطح جداکننده چندبعدی به صورت بهینه از هم جدا می‌کند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).

پس‌پردازش

ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی: به منظور بیان دقت یک نقشه طبقه‌بندی شده به صورت کمی می‌توان آن را به صورت پیکسل به پیکسل با واقعیت زمینی مقایسه و نتایج را در جدولی به نام جدول خطا درج نمود. بر پایه این جدول می‌توان معیارهای کمی نظیر دقت کاربر، صحت تولیدکننده، صحت کلی و ضریب کاپا را برای بیان دقت محاسبه نمود. صحت کلی از نسبت مجموع پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند (در محور اصلی ماتریس طبقه‌بندی قرار دارند) به کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده به دست آمد. همان‌طور که از اسم آن مشخص است صحت کلی فقط درصد صحت در کل طبقات را می‌دهد و نمی‌تواند درصد صحت هر کدام از طبقات را به طور مجزا محاسبه کند. صحت کلی با رابطه (۱)، قابل بیان می‌باشد.

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^N N_{kk}}{n} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه OA صحت کلی، $\sum_{k=1}^N N_{kk}$ مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده و n کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده می‌باشد. با توجه به این که برای نهایی نمودن نقشه کاربری اراضی، باید همه شاخص‌های دقت طبقه‌بندی با یک و یا چند شاخص آماری معتبر برازش داده شود. شاخص کاپا از جمله روش‌های آماری می‌باشد که با رابطه (۲) قابل بیان است (Conglton, 1999).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{io} \times X_{oi})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{io} \times X_{oi})} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه K شاخص کاپا، r تعداد ردیف ماتریس طبقه‌بندی، X_{ii} تعداد مشاهدات در ردیف و ستون (محور اصلی ماتریس)، X_{io} مجموع مشاهدات در ردیف (مجموع ردیف برای هر کاربری)، X_{oi} مجموع مشاهدات در ستون (مجموع ستون برای هر کاربری) و N مجموع کل مشاهدات ماتریس طبقه‌بندی می‌باشد.

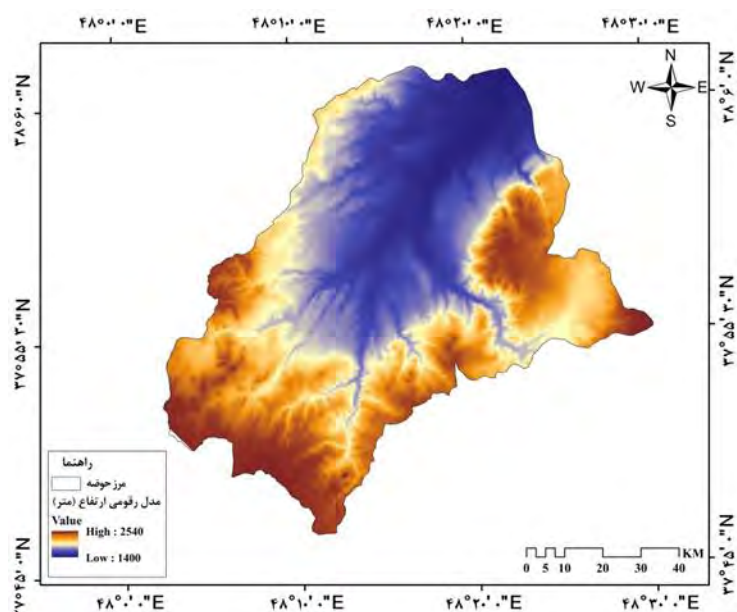
در محاسبه ضریب کاپا علاوه بر پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند پیکسل‌هایی که نادرست طبقه‌بندی شده‌اند

نیز دخالت داده می شوند، از این رو معیار مناسبی برای مقایسه نتایج طبقه‌بندی‌های مختلف می‌باشد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).

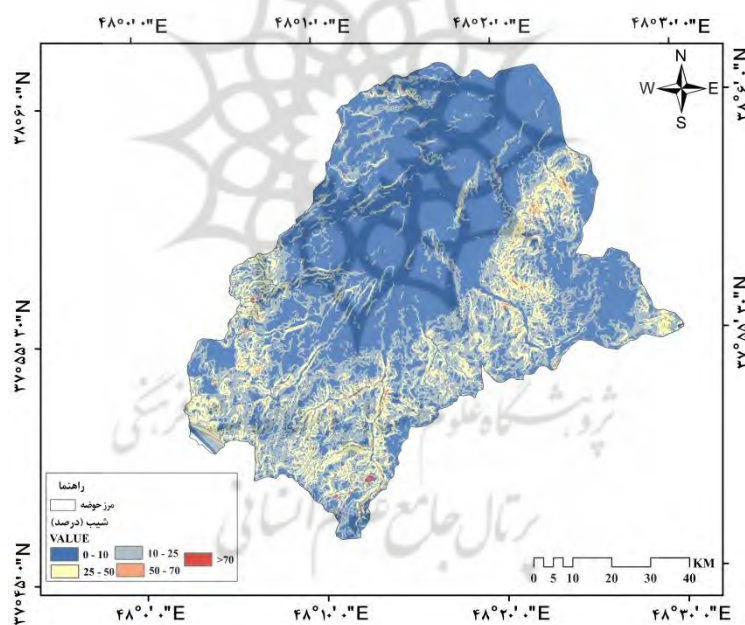
بحث و یافته‌ها

توپوگرافی حوضه مورد مطالعه

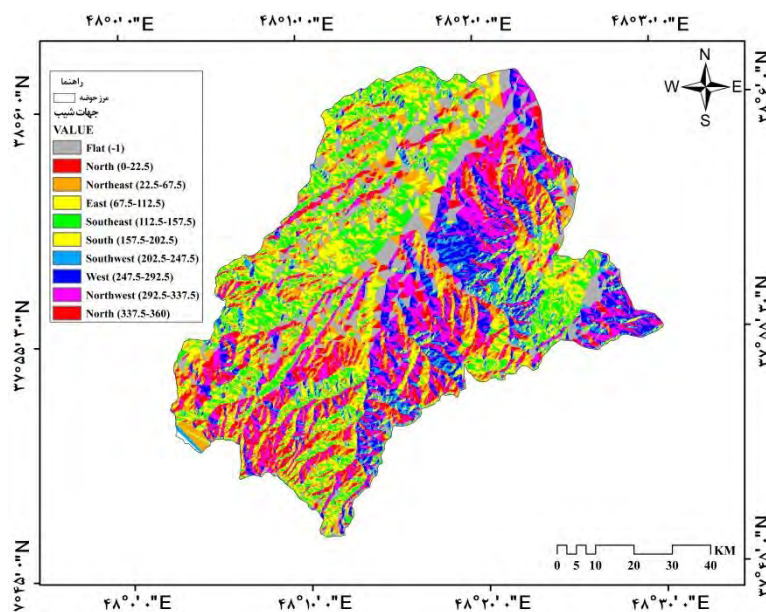
توپوگرافی حوضه بر پاسخ هیدرولوژیکی حوضه از طریق ویژگی‌های مورفولوژیکی ارتفاع (Elevation)، شیب (Slope)، و جهت شیب (Aspect) تأثیر می‌گذارد. ارتفاع حوضه بر عناصر اقلیمی تأثیر می‌گذارد. در حوضه‌های مرتفع نه تنها بارش بیش‌تر از حوضه‌های پایین است، بلکه در ارتفاعات بیش‌تر بارش به صورت برف است. بنابراین ارتفاع می‌تواند بر میزان و نوع بارش، تبخیر و وضعیت پوشش گیاهی تأثیر بگذارد و در نتیجه بر پارامتر رواناب تأثیر بگذارد (سلمان، ۱۳۹۴). بلندترین نقطه منطقه مورد مطالعه با ارتفاع ۲۵۴۰ متر در جنوب محدوده مورد مطالعه و پست‌ترین نقطه منطقه مورد مطالعه با ارتفاع حدوداً ۱۴۰۰ متر در قسمت‌های شمالی حوضه واقع شده است (شکل ۲). شیب دامنه بر میزان نفوذ، سرعت رواناب، سرعت آب، زمان غلظت و ظرفیت فرسایشی جریان تأثیر می‌گذارد. در ارتفاعات، ضخامت خاک در دامنه‌ها اغلب کم‌تر است، که منجر به واکنش هیدرولوژیکی بسیار سریع‌تر در سطح شیب می‌شود. جهت شیب نیز بر میزان و نوع بارش، تأخیر ذوب برف، رطوبت خاک، نوع هوازدگی و ضخامت خاک، نوع و تراکم پوشش گیاهی و در نتیجه بر نوع فرسایش تأثیر می‌گذارد (حسین‌زاده و اسماعیلی، ۱۳۹۴). شیب حوضه مماس زاویه‌ای است که سطح زمین را با یک صفحه افقی فرضی تشکیل می‌دهد یا در واقع شیب نسبت به اختلاف ارتفاع بین دو نقطه در طبیعت را فاصله افقی بین این دو نقطه می‌گویند. شیب حوضه تأثیر قابل توجهی بر پاسخ هیدرولوژیکی حوضه‌ها دارد. به عنوان مثال، سرعت جریان‌های مستقیم سطح به شیب بستگی دارد. افزایش سرعت آب باعث افزایش نیروی جنبشی و در نتیجه نیروی مخرب، انتقال رسوب و کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود. در منطقه مورد مطالعه، شیب‌های بیش از ۷۰ درصد در ارتفاعات شمال شرق، جنوب و جنوب شرقی مشاهده می‌شود و به دلیل کمبود پوشش گیاهی با پوشش کم به‌ویژه در قسمت‌های شرقی به شدت در معرض خطر فرسایش می‌باشند. مناطق کم شیب در حوضه مورد مطالعه بیش‌تر در نواحی مرکزی واقع شده‌اند. در شکل (۳) نقشه شیب منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. جهت کلی شیب در حوضه آبخیز کوزه‌توپراقی جنوب شرقی و شمال شرقی است. به طور کلی در منطقه مورد مطالعه شیب از شرق به غرب و از ارتفاعات به مرکز حوضه کاهش می‌یابد. در شکل (۴) نقشه جهت شیب منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.



شکل ۲: نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) حوضه آبخیز کوزه توپراقی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)



شکل ۳: نقشه شیب (برحسب درصد) حوضه آبخیز کوزه توپراقی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲)

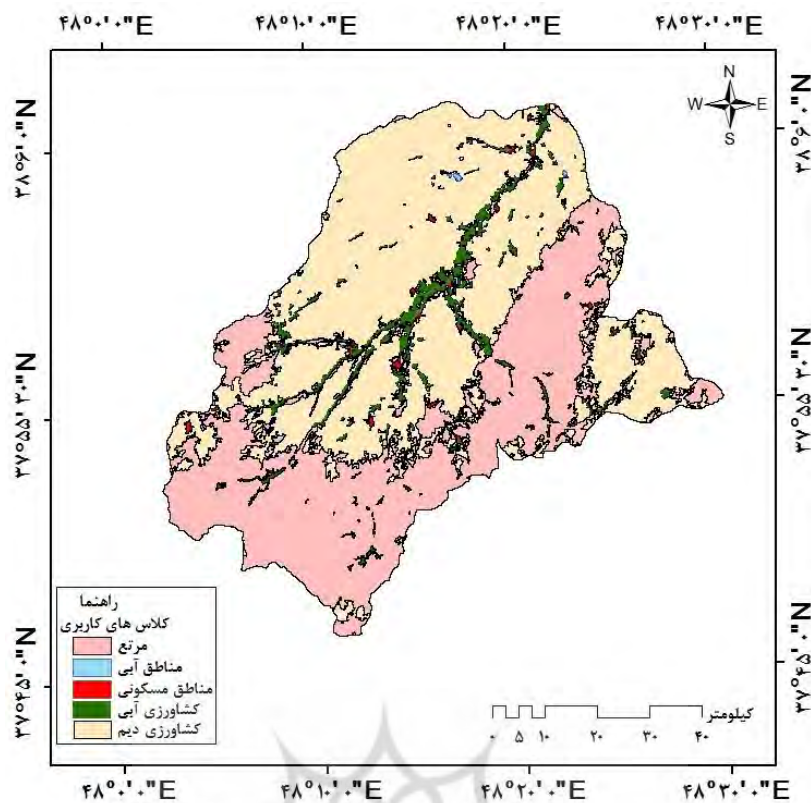


شکل ۴: نقشه جهت شیب حوضه آبخیز کوزه توپراقی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲)

استخراج نقشه کاربری اراضی بر اساس تصاویر ماهواره لندست

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به روش ماشین‌بردار پشتیبان (SVM)

به منظور طبقه‌بندی نقشه کاربری اراضی پس از دریافت تصاویر ماهواره‌ای سری لندست (۹) و انجام اصلاحات مربوط به پیش‌پردازش‌های اولیه تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از نقشه مرز حوضه آبخیز کوزه توپراقی انجام شد. در نهایت پنج کلاس کاربری شامل کاربری‌های مرتع، مناطق آبی، مناطق مسکونی، کشاورزی آبی و کشاورزی دیم تفکیک شد (شکل ۵). همچنین در جدول (۱) و (۲) به ترتیب مساحت و درصد هر یک از کلاس‌های کاربری و ماتریس خطای طبقه‌بندی، صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه ارائه شده است. با توجه به جدول (۱) بیش‌ترین مساحت کلاس کاربری مربوط به کاربری کشاورزی دیم با (۴۳۷/۷۵ کیلومتر مربع) که حدود ۵۴/۵۱ درصد از کل مساحت حوضه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. کاربری پهنه آبی نیز با ۰/۳۳ کیلومتر مربع (۰/۰۴ درصد) کم‌ترین مساحت را در بین سایر کاربری‌ها دارا می‌باشد. صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۹۹/۹۳ و ۰/۹۹ درصد به دست آمد.



شکل ۵: نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز کوزه توپراقی (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲)

جدول ۱: مساحت و درصد کلاس‌های کاربری اراضی حوضه آبخیز کوزه توپراقی، (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۲)

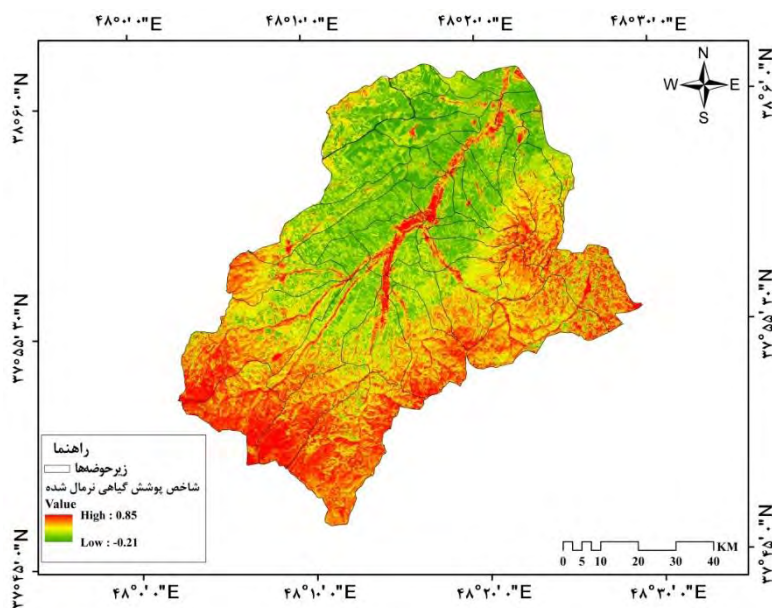
نوع کاربری	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد
مرتفع	۳۲۶/۶۷	۴۰/۶۸
مناطق آبی	۰/۳۳	۰/۰۴
مناطق مسکونی	۷/۵۰	۰/۹۳
کشاورزی آبی	۳۰/۶۹	۳/۸۲
کشاورزی دیم	۴۳۷/۷۵	۵۴/۵۱
مجموع	۸۰۲/۹۴	۱۰۰

جدول ۲: دقت تولید کننده، کاربر، صحت کلی و ضریب کاپای نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز کوزه توپراقی، (منبع:

نویسندگان، ۱۴۰۲)

طبقه‌بندی به روش ماشین‌بردار پشتیبان (SVM)		
کلاس‌ها	دقت تولیدکننده (درصد)	دقت کاربر
مرتع	۱۰۰	۱۰۰
مناطق آبی	۱۰۰	۱۰۰
مناطق مسکونی	۹۷/۲۵	۱۰۰
کشاورزی آبی	۱۰۰	۱۰۰
کشاورزی دیم	۱۰۰	۹۹/۸۸
صحت کلی	۹۹/۹۳	
ضریب کاپا	۰/۹۹	

با استفاده از عامل پوشش گیاهی عادی به‌عنوان پارامتری برای مدیریت زمین بر کاهش خاک است استفاده می‌شود. در این پژوهش شاخص پوشش گیاهی نرمال شده به‌عنوان اندازه‌گیری میزان و تراکم پوشش گیاهی در نظر گرفته شد. تصویر شاخص پوشش گیاهی عادی برای سال ۱۴۰۲ از داده‌های ماهواره لندست ۹ به‌دست آمد. از این رو مقادیر عامل پوشش گیاهی نرمال شده در حوضه آبخیز کوزه‌توپراقی در دامنه بین ۰/۲۱- تا ۰/۸۵ می‌باشد. طبق شکل (۶)، بیش‌ترین میزان تراکم پوشش گیاهی غالباً در قسمت‌هایی از جنوب و جنوب غربی، همچنین به صورت پراکنده در نواحی مرکزی نیز مشاهده می‌شود. در مقابل مناطق شمال و شمال شرقی دارای تراکم پایین‌تری از پوشش گیاهی برخوردار است. در شکل ۶ نقشه عامل پوشش گیاهی حوضه مورد مطالعه ارائه شده است.



شکل ۶: نقشه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) حوضه آبخیز کوزه توپراقی (منبع: نویسندگان: ۱۴۰۳)

نتیجه گیری

حوضه آبخیز کوزه توپراقی در استان اردبیل، یکی از مهم ترین منابع تامین آب شرب و کشاورزی منطقه است. شناخت دقیق خصوصیات فیزیوگرافی و پوشش اراضی این حوضه، برای مدیریت پایدار منابع آب و خاک، و جلوگیری از فرسایش و تخریب اراضی ضروری است. در این راستا، می توان از سامانه های اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری قدرتمند برای جمع آوری، پردازش و تجزیه و تحلیل داده های مربوط به این حوضه استفاده کرد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی و تحلیل برخی خصوصیات فیزیوگرافی و پوشش اراضی حوضه آبخیز کوزه توپراقی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می باشد. لذا جهت دستیابی به هدف تحقیق از نقشه توپوگرافی منطقه، تصاویر ماهواره ای لندست ۹ و نیز استفاده از مدل رقومی ارتفاعی زمین (DEM ۳۰ متر استر) استفاده شد. بدین منظور اقدام به تهیه نقشه عامل های مدل رقومی ارتفاعی زمین، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه گردید. از این رو طبق نتایج حاصله بلندترین نقطه منطقه مورد مطالعه با ارتفاع ۲۵۴۰ متر در جنوب محدوده مورد مطالعه و پست ترین نقطه منطقه مورد مطالعه با ارتفاع حدوداً ۱۴۰۰ متر در قسمت های شمالی حوضه واقع شده است که در رخداد عامل بارش های ناگهانی و رگباری با توجه به ارتفاع حوضه مورد مطالعه می تواند شناخت این عامل موثر واقع گردد. از طرفی در منطقه مورد مطالعه، شیب های بیش از ۷۰ درصد در ارتفاعات شمال شرق، جنوب و جنوب شرقی مشاهده می شود و به دلیل کمبود پوشش گیاهی با پوشش کم به ویژه در قسمت های شرقی به شدت در معرض خطر فرسایش می باشند. مناطق کم شیب در حوضه مورد مطالعه بیش تر در نواحی مرکزی

واقع شده‌اند. در مقابل عامل جهت کلی شیب در حوضه آبخیز کوزه‌توپراقی جنوب شرقی و شمال شرقی است. به‌طور کلی در منطقه مورد مطالعه شیب از شرق به غرب و از ارتفاعات به مرکز حوضه کاهش می‌یابد. به منظور طبقه‌بندی نقشه کاربری اراضی پس از دریافت تصاویر ماهواره‌ای سری لندست (۹) و انجام اصلاحات مربوط به پیش‌پردازش‌های اولیه تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از نقشه مرز حوضه آبخیز کوزه‌توپراقی انجام شد. در نهایت پنج کلاس کاربری شامل کاربری‌های مرتع، مناطق آبی، مناطق مسکونی، کشاورزی آبی و کشاورزی دیم تفکیک شد (شکل ۵). با توجه به جدول (۱) بیش‌ترین مساحت کلاس کاربری مربوط به کاربری کشاورزی دیم با $(۴۳۷/۷۵)$ کیلومتر مربع که حدود $۵۴/۵۱$ درصد از کل مساحت حوضه مورد مطالعه را به‌خود اختصاص داده است. کاربری پهنه آبی نیز با $۰/۳۳$ کیلومتر مربع ($۰/۰۴$ درصد) کم‌ترین مساحت را در بین سایر کاربری‌ها دارا می‌باشد. صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه به ترتیب برابر با $۹۹/۹۳$ و $۰/۹۹$ درصد به دست آمد. همچنین با استفاده از عامل پوشش گیاهی عادی که به‌عنوان پارامتری برای مدیریت زمین بر کاهش خاک است استفاده می‌شود. در این پژوهش شاخص پوشش گیاهی نرمال شده به‌عنوان اندازه‌گیری میزان و تراکم پوشش گیاهی در نظر گرفته شد. تصویر شاخص پوشش گیاهی عادی برای سال ۱۴۰۲ از داده‌های ماهواره لندست ۹ به‌دست آمد. از این رو مقادیر عامل پوشش گیاهی نرمال شده در حوضه آبخیز کوزه‌توپراقی در دامنه بین $۰/۲۱$ - تا $۰/۸۵$ می‌باشد. طبق شکل (۶)، بیش‌ترین میزان تراکم پوشش گیاهی غالباً در قسمت‌هایی از جنوب و جنوب غربی، همچنین به صورت پراکنده در نواحی مرکزی نیز مشاهده می‌شود. در مقابل مناطق شمال و شمال شرقی دارای تراکم پایین‌تری از پوشش گیاهی برخوردار است.

منابع

احمدی فرد، ف.، غضنفری، پ.، ملکی راد، ا. ۱۳۸۶ . ارتباط ویژگی‌های فیزیوگرافی و زمین ریخت شناسی با تولید رسوب در حوضه آبخیز باغکمش از زیر حوضه های رودخانه جاجرود، پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ص ۵.

حسین‌زاده، م.، م. اسماعیلی، ر. ۱۳۹۴ . ژئومورفولوژی رودخانه ای؛ مفاهیم، اشکال و فرایندها، تهران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

رضایی مقدم، م. ح.، ولی زاده، خ.، اندریانی، ص.، الماس پور، ف.، ۱۳۹۵. تعیین بهترین الگوریتم استخراج کاربری و پوشش اراضی و کشف تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای لندست، حوضه صوفه چای، مراغه، سال ۱۶، شماره ۵۵، ص ۸۵-۶۵.

سلمان، ف. ۱۴۰۱. ارزیابی فرسایش آبی با استفاده از مدل RUSLE و داده‌های سنجش از دور (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبخیز علامرودشت، جنوب استان فارس)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیای طبیعی (گرایش ژئومورفولوژی)، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، ص ۵۴.

ضیایی، ح. ا. ۱۳۷۰. اصول مهندسی آبخیزداری، چاپ اول، ص ۵۰۱، انتشارات دانشگاه امام رضا، مشهد.

عابدینی، م.، فتحی جوکندان، ر.، پاسبان، ا. ح. ۱۴۰۳. برآورد فرسایش و رسوب از طریق ارزیابی متغیرهای

تأثیرگذار در حوضه آبریز کرگانرود با استفاده از روش EPM، جغرافیا و روابط انسانی، DOI:

[10.22034/GAHR.2023.414683.1934](https://doi.org/10.22034/GAHR.2023.414683.1934)

عابدینی، موسی؛ ابوالفتحی، داریوش؛ مریم رئیسی (۱۴۰۱). پهنه‌بندی فرسایش حوضه آبریز رزن با استفاده از مدل‌های

منطق فازی، EPM و BLM در محیط GIS، جغرافیا و توسعه، دوره ۲۰، شماره ۶۸، صفحات ۸۶-۶۲.

عابدینی، موسی؛ بهرام‌نیا، فریده؛ مصطفی‌زاده، رثوف؛ امیرحسام پاسبان (۱۴۰۲). بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی در یک دوره بیست سال بر میزان فرسایش و رسوب حوضه رضی‌چای، جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره ۱۲، شماره ۴۵، صفحات ۱۳۳-۱۱۴.

عاشورلو، د.، متکان، ع. ا.، کاظمی، آ.، حسینی، ا.، آزاد بخت، م.، حاجب، م.، غلامپور، ع. ۱۳۸۷. تعیین اندازه پیکسل جهت محاسبه خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز برای نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ ایران، زمین‌شناسی ایران، ۸(۲): ۴۷-۵۴.

عبدالعلی‌زاده، ز.، ۱۳۸۹. بررسی تغییرات پوشش سطح زمین طی سه دهه گذشته (سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۵۴) و پیش‌بینی وضعیت آینده با استفاده از GIS و RS در منطقه سبزکوه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، ۸۵ ص.

علوی پناه، ک. ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

غفاری، گ. ۱۳۸۶. مدیریت حوزه‌های آبخیز با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سفیدرود)،

علوم و مهندسی آبخیزداری، ۴(۱۱): ۲۹-۴۱.

قادری، ک.، فاضلی ثانی، ا.، محمودی، پ.، معتمد وزیری، ب. ۱۳۹۹. آنالیز سیستم حوزه آبخیز براساس خصوصیات هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کن، تهران)، پنجمین کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، لندن-انگلستان.

مرکز تحقیقات آب وابسته به وزارت نیرو، ۱۳۸۰. ساماندهی رودخانه سفیدرود، جمع بندی مطالعات وارثه گزینه های ساماندهی.

مهری، س.، مصطفی زاده، ر.، اسمعیلی عوری، ا.، قربانی، ا. ۱۳۹۵. گرو هندی آبخیز ها براساس خصوصیات فیزیکی و دبی پایه جریان رودخانه با رو شهای مختلف خوشه بندی در استان اردبیل، انجمن آبخیزداری ایران، ۴(۱۵): ۳۱-۴۰.

Melesse, A. 2021. DEM –RS- GIS Based Strom Runoff Hydrology, journal of Environmental Hydrology, 12(10): 204-216.

Daniela, P. Fabio, R., Claudia, D. 2003. Use of Satellait Imagery for DEM Extraction, Lanscape Modeling and GIS Application. Institute of Geodesy and Photogrammetry, water Rsources Rsearch, 22(1), 15-24.

Barenhard, A. 2022. Geomorphometric landscape analysis using a semi-automated GIS-approach, Environmental Modelling & Software, 23(1): 125-134.

Bouaziz, M., Leidiy, M., Gloaguen, R. 2020. *Optimal parameter selection for qualitaive regional*

Bridge, J. S., 2003, "*Rivers and Floodplains*", Forms, Processes and Sedimentary Record, Blackwell Science, Malden, MA, USA, 491p.

Congalton, R. G., Green, K. 1999. Assessing the accuracy of remotely sensed data principles and practices, Boca Raton: Lewis Publications. *erosion risk monitoring: Aremotoe sensing study of sc Ethiopia*", Geosctence fron tiers, v, 2(2): 237-245.

Foody, M. G., Mathur, A. 2004, A relative evaluation of multiclass image classification by support vector machines, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 42:1335-1343.

Garcin, M., Poisson, B., Pouget, R. 2021. *High rates of geomorphological processes in a tropical area: the Remparts River case study (Réunion Island, Indian Ocean)*, Geomorphology, 67(3-4): 335-350.

Laaha, G., and Blöschl, G. 2013. A comparison of low flow regionalization methods catchment grouping. Journal of Hydrology, 323(1-4): 193-214.

Singh, P.K., Kumar, V., Purohit, R.C., Kothari, M., and Dashora, P.K. 2022. Application of principal component analysis in ogrouping geomorphic parameters for hydrologic modeling. Water Resources Management, 23: 325-339.