



بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز زرینه‌رود و تأثیر آن بر روی فرسایش خاک با استفاده از مدل WLC

فریبا اسفندیاری درآباد^{۱*}، هادی رفیعی محمودجق^۲، رویا فرزانه^۳

۱- فریبا اسفندیاری درآباد، استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- هادی رفیعی محمودجق، کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی و آمایش محیط، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- رویا فرزانه، کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی نظری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تأیید نهایی مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۱۹

وصول مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۰۴

چکیده

امروزه تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور به عنوان یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها جهت تولید نقشه‌های کاربری اراضی و همچنین ارزیابی کاربری با یکدیگر است. نبود زیر ساخت‌های مناسب، رعایت نکردن قوانین قابلیت توسعه‌ی زمین در انتخاب کردن کاربری‌ها و مدیریت غیر اصولی آن منجر به وقوع پدیده‌ی فرسایش خاک می‌شود هدف از تحقیق حاضر تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از روش شی‌گرا و همچنین تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی فرسایش خاک حوضه‌ی آبریز زرینه‌رود برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ ماهواره لندست با استفاده از روش WLC که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد صورت گرفت. نتایج بدست آمده از تغییرات کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شی‌گرا نشان داد که بیشترین مقدار روند افزایشی مساحت برای کاربری‌های کشاورزی دیم و کشاورزی آبی می‌باشد. این افزایش دو کاربری به ترتیب برابر با ۱۸/۲۸ و ۴ درصد افزایش از کل حوضه مورد نظر را در بر می‌گیرد. روند تغییرات کاربری‌های بایر، مرتع غنی و متوسط، به مرور زمان به نحوی کاهش یافته است که به طوری که به ترتیب مساحت ۱۴/۰۴، ۱۰/۶۶ و ۵/۷۳ درصد کاهش داشته است. کاربری انسان ساخت در طول زمان با روندی تقریباً یکنواخت در حال افزایش است که این نوع افزایش در طول ۱۸ سال برابر با ۲/۴۷ درصد رشد داشته است. نتایج بدست آمده از نقشه‌های تولید شده پهنه‌بندی فرسایش سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ نشان داد که دو طبقه بسیار پر خطر و پر خطر (منظور طبقاتی هستند که به ترتیب دارای بیشترین پتانسیل فرسایش خاک در حوضه‌ی آبریز زرینه‌رود را دارند) که هر کدام ۱۵/۲۹ و ۲۷/۵۱ درصد از منطقه را در بر گرفته‌اند. این طبقات بیشتر در کاربری‌های کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، بایر و مرتع متوسط واقع شده است.

کلمات کلیدی: روش WLC، طبقه‌بندی شی‌گرا، لندست، کاربری اراضی، حوضه‌ی آبریز زرینه‌رود.

۱- مقدمه

کاربری اراضی به تکنیک‌ها و اهداف انسان جهت استفاده از زمین و متعلقات آن گفته می‌شود (سنجری و برومند، ۱۳۹۲: ۴). یکی از خطرات محیطی و بحران‌هایی که دنیا با آن مواجه است، پدیده‌ی مربوط به تغییرات کاربری اراضی زمین است (موسوی و همکاران، ۲۰۱۴: ۲). رودخانه‌ی زرينه‌رود با وسعت آبریز ۱۱۰۰۰ کیلومتر مربع، یکی از مهم‌ترین و طولانی‌ترین رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. طول تقریبی رودخانه ۳۰۰ کیلومتر و از کوه‌های چهل چشمه واقع در استان کردستان سرچشمه گرفته و به موازات رودخانه‌ی سیمینه رود در جهت شمال جریان دارد و نهایتاً وارد دریاچه ارومیه می‌گردد. تغییرات کاربری اراضی منجر به بوجود آمدن تغییرات گسترده‌ای در چرخه‌ی سطح زمین خواهد شد، نمونه بارز این تغییرات به وجود آمدن تغییر در سیستم هیدرولوژیکی است (ریاحی و همکاران، ۱۳۹۶: ۸). اثرات بر میزان فرسایش (طالبی خیای و همکاران، ۱۳۹۶، ثقفی و رحمانی، ۱۳۹۶: ۷). و تغییرات بسیار وسیع در مورفولوژی سطح زمین می‌شود. بنابراین مطالعه تغییرات کاربری اراضی یکی از ضروری‌ترین مطالعه شناخت چهره‌ی زمین محسوب می‌شود. شناسایی تغییرات زمانی و دقیق کاربری اراضی پایه‌گذار درک بهتری از ارتباط‌ها و اثرهای متقابل انسان و منابع ارضی می‌باشد. شناخت این روابط موجب مدیریت و استفاده پایدار از این منابع می‌شود. در مطالعه تغییرات باید بررسی لازم در ارتباط با تغییرات سطح کاربری یا پوشش زمین، نرخ تغییرات و توزیع فضایی آن‌ها انجام گردد و همچنین روند تغییرات حاکم بر کاربری‌های مختلف بررسی و ارزیابی صحت انجام شود (تراپاتی و همکاران، ۲۰۱۲: ۲). بسیاری از مسائل مربوط به مباحث زیست محیطی همانند فرسایش خاک، بوجود آمدن بیابان‌ها، از بین بردن تدریجی منابع و ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی در محیط، همگی ریشه در تغییرات کاربری اراضی دارند (بای و همکاران، ۲۰۱۷: ۲). فرسایش خاک نیز همواره یکی از مهم‌ترین عوامل از بین بردن و کاهش باروری خاک بوده است، این پدیده امروزه با فعالیت‌های نادرست انسان در حال افزایش است و در نتیجه باعث از بین رفتن خاک باکیفیت و مرغوب کشاورزی می‌شود (بویازیز، ۲۰۱۱: ۹). همانطور که گفته شد امروزه پدیده‌ی فرسایش خاک با دخالت‌های نابجا و غیرتخصصی انسان از جریان و روند طبیعی خود خارج گشته است، که آثار زیان بار مهمی برای محیط طبیعی هم چون از بین رفتن خاک، آفت زمین‌های کشاورزی، کاهش بیش از حد سطح سدهای مخزنی موجود در کشور دارد (کرم و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۴). در بررسی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی و زیست محیطی، استفاده از ماهواره‌های سنجش از دور و تصاویر حاصل از آن منجر به بررسی جریان

تغییرات کاربری اراضی با مقایسه تصاویر چندزمانه فراهم می‌آورد (آسام و همکاران^۱، ۲۰۱۲: ۶). تاکنون مطالعات زیادی در مورد تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر فرسایش خاک در ایران و جهان صورت گرفته است. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهشی نیز به بررسی اثرات پوشش زمین بر میزان فرسایش در حوضه رود ورش پرداختند. نتایج نشان داد که زراعت دیم در بین تمامی کاربری زراعت دیم نیز از بیشترین و کاربری مراتع از کمترین میزان قابلیت برای بوجود آمدن پدیده فرسایش خاک برخوردار است. آذرخشی و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله ای به پایش تغییرات پوشش زمین در حوضه صنوبر پرداختند. نتایج بیانگر این است که بیشترین میزان تغییرات بوجود آمده در منطقه نیز برای کاربری‌هایی از جمله باغ به مرتع، زراعت به مرتع است، که این تبدیل کاربری‌ها باعث کاهش فرسایش خاک می‌شود. فیضی‌زاده، (۲۰۱۷) در مقاله‌ای به بررسی تغییرات کاربری اراضی و عملکرد آن در فرسایش حوضه علویان پرداخت. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده این مسئله است که مهم‌ترین عامل در زمینه فرسایش خاک در منطقه نیز تبدیل کاربری مرتع پرتراکم به مرتع کم تراکم و زمین‌های زراعی است. اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک با استفاده از روش WLC در حوضه آبخیز آق‌لکان جای پرداختند. نتایج بدست آمده نشان از آن است که پهنه‌بندی فرسایش برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ اغلب مناطق با طبقه‌ی بسیار پر خطر و مناطق پر خطر در محدوده کاربری‌های دیم زار و کشاورزی و باغات واقع شده است که مساحت طبقه‌ی بسیار پرخطر نیز در سال‌های مذکور به ترتیب ۱۱/۲۰، ۱۲/۲۰ و ۱۲/۲۲ درصد و طبقه پرخطر به ترتیب ۲۵/۵۹، ۲۶/۶۵ و ۲۸/۲۹ درصد است. اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی به بررسی تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر میزان فرسایش با استفاده از روش شیء‌ی گرا به کمک تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ سنجنده‌های ASTER و ماهواره TERRA در حوضه سیمینه رود بوکان پرداختند نتایج بدست آمده از تحقیق نشان می‌دهد که بیشترین میزان مساحت در سال ۲۰۰۰ متعلق به کاربری مرتع اما این کاربری در سال ۲۰۱۷ کاهش چشمگیری داشته است و به زمین‌های زراعی تبدیل شده است. نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش بدست آمده نیز برای سال ۲۰۰۰ به ترتیب ۸/۷۹ و ۲۸/۲ درصد اما برای سال ۲۰۱۷ به ترتیب ۱۱/۰۴ و ۳۴/۰۸ درصد از مساحت شهرستان در طبقه‌ی بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارد. اتا هنری و ایسائو^۲، (۲۰۲۰) در پژوهشی به بررسی تأثیر تغییرات پوشش زمینی کاربری زمین بر میزان فرسایش خاک در حوضه آبریز رودخانه Eyiohia علیا در منطقه‌ی شمال آفریقا در کشور نیجریه پرداختند نتایج نشان داد که در طی سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۱۶ با افزایش زمین‌های زیر کشت ۳۴۰۰ هکتار، سکونتگاه ۲۳۰۰ هکتار و

زمین لخت ۲۶۰۰ هکتار به جز زمین چرا با ۳۰۰ هکتار هزینه‌ی زمین جنگلی است که ۸۶۰۰ هکتار کاهش یافته است. مطابق با نمونه‌های زمینی از پوشش گیاهی بومی، میزان فرسایش خاک برای کل حوضه‌ی آبریز فوقانی از ۷۹ تن در هکتار در سال ۱۹۹۶ بود که برای سال ۲۰۱۶ به ۱۴۹ تن در هکتار افزایش یافت. (آبراهام برتا و همکاران^۱، ۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی اثر استفاده تغییر پوشش زمین بر فرسایش خاک و رسوب در حوضه‌ی آبخیز Winike و حوضه‌ی Omo Gibe، اتیوپی پرداختند نتایج نشان می‌دهد که کل تلفات خاک از ۷۷۴/۸۶ هزار تن در سال ۱۹۸۸ به ۹۵۱/۲۱ هزار تن در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته در حالی که صادرات رسوب مربوطه ۳/۸۵ هزار تن برای مدت مشابه افزایش یافته است. این موارد متعاقباً در هر نوع کاربری اراضی بررسی شد. مزارع کشت شده بالاترین میزان فرسایش خاک را ایجاد می‌کنند، از ۱۰,۰۲ تن در هکتار در سال در سال ۱۹۸۸ به ۴۳/۴۸ تن در هکتار در سال در سال ۲۰۱۸ در مقایسه با چرا، بوته، جنگل، زمین چوبی و نوع استفاده از زمین لخت افزایش می‌یابد.

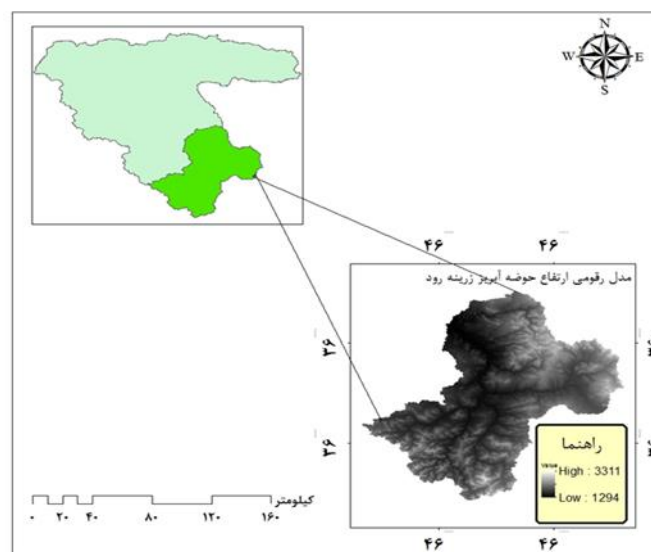
سانتوس و همکاران^۲ (۲۰۱۷) با استفاده از تغییرات کاربری اراضی به بررسی میزان فرسایش خاک در کشور برزیل پرداختند و نتایج نشان داد که به ترتیب کاربری‌های کشاورزی و مراتع به مرور زمان با کاهش مساحت مواجه شده‌اند و میزان بوجود آمده فرسایش در منطقه‌ی مورد مطالعه نیز بیش از ۱۰ برابر می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی و پایش تغییرات کاربری‌های مختلف بر میزان فرسایش خاک حوضه‌ی زرينه رود با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره با الگوریتم WLC است.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبریز زرينه‌رود نیز در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۷ دقیقه و ۲۳ طول شرقی از نصف النهار گرینویچ تا ۴۶ درجه و ۴۰ دقیقه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی از خط استوا می‌باشد. رودخانه زرينه رود از سمت جنوب شرقی در امتداد شمال غربی می‌باشد. بیشترین میزان ارتفاع این حوضه ۳۳۰۰ متر از سطح دریا است. این رودخانه از مهم‌ترین و طولانی‌ترین رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه‌ی ارومیه است. این رودخانه از کوه‌های پوشیده از برف چهل چشمه کردستان در اطراف شاخه‌های اولیه قزل اوزن است. تقریباً در راستای سیمینه رود جریان دارد و در آخر نیز به دریاچه‌ی ارومیه می‌ریزد. این رودخانه ۲۷۵ کیلومتر نیز طول و مساحت آن نیز ۱۲۹۲۲۷ کیلومتر مربع است.

1- Abraham berta et al.

2- Santos et al.



شکل (۱): منطقه‌ی مورد مطالعه

Figure (1): Study area

پژوهش حاضر از نوع کاربردی بوده و روش آن تحلیلی مبتنی بر تلفیق آنالیز داده‌ها و تکنیک‌های دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. بخش اعظم این مقاله براساس مطالعات میدانی است در بازدیدهای میدانی که از حوضه‌ی زربنه‌رود به عمل آمد هدف از این بازدیدها این بود که بیشتر از مناطقی که دچار فرسایش خاک شده‌اند استفاده شود. این مناطق به مرور زمان از بین رفته و یا اینکه کاربری‌های آن جایگزین شده‌اند.

و عواملی که باعث جلوگیری از فرسایش بودند در مطالعه میدانی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در ابتدا تصاویر مورد نیاز از سایت زمین‌شناسی (USGS) آمریکا تهیه گردید، پس از تهیه تصاویر در ابتدا می‌بایست تصحیحات رادیومتریکی بر روی تصاویر اعمال شوند، این نوع تصحیح بدون توجه به مکان و مشخصات هندسی اجزای تصویر فقط با مقادیر درجات خاکستری پیکسل‌ها کار کرده و سعی در تصحیح آن‌ها دارند، این تصحیح برای کاهش و یا حذف نوع خطایی عمده به کار می‌روند (حسنی‌تبار، ۱۳۹۵). پس از رفع تصحیح رادیومتریکی از تصحیح اتمسفری با روش FLAASH استفاده شد. این روش یکی از بهترین روش‌های تصحیح اتمسفری است. برای انجام تصحیح جزئی اتمسفری به روش FLAASH باید تصویر مورد نظر از نوع رادیانس با فرمت BIL باشد. جهت انجام این مرحله پس از وارد کردن داده نوع سنجنده مورد نظر را انتخاب شد پس از مشخص کردن نوع سنجنده ارتفاع آن را ثبت گردید. تاریخ اخذ تصویر از قسمت FILE DATE و همچنین ساعت اخذ تصویر از قسمت SCENCE CENTER TIME فایل متا دیتا تصویر درج گردید، فایل متا دیتا فایلی است که تمامی

مشخصات تصویر ماهواره‌ای از قبیل مقدار رادیانس، رفلکتانس، قدرت تفکیک زمانی، مکانی، طیفی و از این قبیل اطلاعات در آن قرار دارد. سپس مدل اتمسفری محدوده‌ی مورد مطالعه مدل Tropical می‌باشد علت استفاده از این روش را می‌توان به علت قرار داشتن منطقه در عرض ۳۰ درجه و ماه MAY اخذ شده است. در قسمت AOEROSOL MODEL روش URBAN انتخاب شد چراکه منطقه‌ی مورد مطالعه در یک محیط شهری واقع شده است. در قسمت MULTISPECTRAL SEETING زیر بخش KAUFMAN قسمت OVER-LANDRETRIEVAL STANJDARD (460:2100) انتخاب شده علت الگوریتم انتخاب شده این بود که محدوده‌ی حوضه‌ی آبریز زرینه رود هم در مناطق خشکی و هم در مناطق آبی می‌باشد، پس از انجام تصحیحات مورد نیاز بر روی تصاویر نوبت به آشکارسازی تغییرات می‌رسد، هدف از انجام این کار تشخیص درست کاربری‌های استخراج شده در محدوده آبریز زرینه رود است جهت پیاده سازی تغییرات از روش PCA در نرم‌افزار ENVI 5.3 استفاده شد. تحلیل مولفه‌ی اصلی یکی از روش‌های آشکارسازی تغییرات جهت سهولت انجام طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است. الگوریتم PCA یک تکنیک کاملاً ریاضی محور است که از مشخصات آماری داده‌ها برای تبدیل کردن داده‌ی همبسته به اطلاعات ناهمبسته است به طوری که بیشترین جزئیات باندها حفظ گردد. این مجموعه‌ی اطلاعات غیریکنواخت را تحلیل مولفه‌ی اصلی می‌نامند. مقادیر و تعداد مولفه‌های اصلی برابر با تعداد اطلاعات اولیه باندها است به همین خاطر از این روش تا حدودی می‌توان برای کاهش دادن مشخصات باندها استفاده کرد. در این روش هر چقدر واریانس طیفی در یک تصویر بیشتر باشد تصویر مورد نظر دامنه مقادیر جزئیات بیشتری را در بر می‌گیرد که این به خودی خود نشان‌دهنده‌ی وجود پدیده‌های بیشتر در تصویر است. این موارد تصاویر برای انجام مطالعات سنجش از دور مناسب است. از مهم‌ترین فواید این نوع روش تهیه‌ی اطلاعات و متراکم کردن جزئیات پدیده‌ها در بین باندهای مختلف است (نوری، ۲۰۰۴: ۱۹). جهت انجام فرایند طبقه‌بندی از روش شی‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه استفاده گردید، پردازش شی‌گرای تصاویر ماهواره‌ای به عنوان رویکردی نوین در سنجش از دور شناخته می‌شود استفاده تلفیقی از اطلاعات طیفی و مکانی را در پردازش تصاویر ماهواره‌ای مدنظر قرار می‌دهد. در این فرایند روش طبقه‌بندی اطلاعات فیزیکی، محیطی، شکل و الگو مورد استفاده می‌گیرد تا خطاهای ناشی از شباهت طیفی در پردازش پیکسل پایه به حداقل رسیده و موجبات افزایش دقت فراهم گردد (لیسند و همکاران^۱، ۲۰۰۱: ۱۷). سگمنت‌سازی اولین و مهم‌ترین مرحله در تبدیل تصویر به واحدهای مجزا است (هانگ و همکاران^۲، ۲۰۰۸). در طول فرایند سگمنت‌سازی تمام تصاویر سگمنت‌سازی شده و شی‌های تصویری براساس معیار همگنی در رنگ و شکل تولید می‌شوند (یان^۲، ۲۰۰۳: ۱۴). جهت تولید یا سگمنت‌سازی تصاویر ماهواره‌ای از

1- Lillesand et al.

2- Hung et al.

الگوریتم Multiresolution segmentation استفاده شده است. این نوع از الگوریتم سگمنت‌سازی یکی از پرکاربردترین الگوریتم‌های تولید سگمنت است که با به حداقل رساندن میانگین مکانی ناهمگنی‌ها در باندهای طیفی تصاویر اقدام به ایجاد شی (Object) می‌کند (موسوی و همکاران، ۱۳۹۷: ۷). در فرایند طبقه‌بندی با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه در روش طبقه‌بندی شی‌گرا، پیکسل‌ها براساس وزنشان به کلاس‌های مختلف نسبت داده می‌شود (طبقه‌بندی نرم) در این روش طبقه‌بندی، پیکسل آمیخته از یک درجه عضویت برای هر کلاس برخوردار است و براساس منطق فازی متناسب با درجه عضویت در یک کلاس خاص طبقه‌بندی می‌شوند (ماینت و همکاران^۱، ۲۰۱۱: ۱۲).

جدول (۱): کاربری‌های انتخاب شده حوضه‌ی آبریز زرینه‌رود

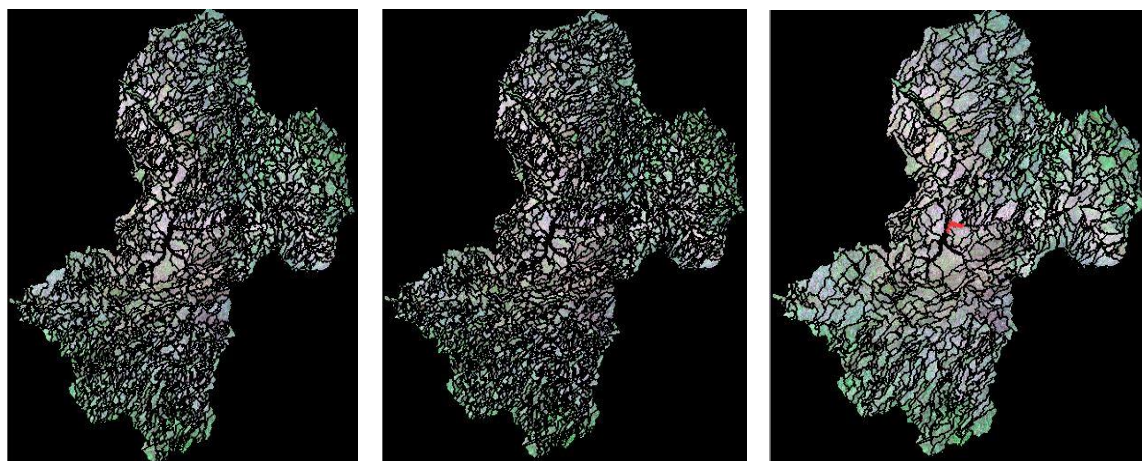
Table (1): Selected Uses of Zarrineh River Basin

کاربری	نوع پوشش
بایر	اراضی فاقد پوشش گیاهی
کشت آبی	شامل زمین‌های که آبیاری آنها به شکل کامل می‌باشد
کشت دیم	مناطق دیم‌زار
مرتع غنی	مناطق که پوشش گیاهی به نحو کامل آن را فرا گرفته باشد
کوهستان	مناطق که ارتفاع زیادی نسبت به مناطق اطراف داشته و تا حدود عبور و مرور مشکل می‌باشد. این مناطق با استفاده از مدل رقومی مشخص گردیدند
مرتع متوسط	مناطق که پوشش گیاهی متوسطی را شامل می‌شود و بین ۲۶ تا ۵۰ درصد می‌باشند و و سالیانه به صورت ۳۰۰ میلی‌متر در این مناطق باران می‌بارد
مرتع کم تراکم	مناطق که دارای پوشش گیاهی پراکنده و ناچیزی می‌باشد
انسان ساخت	مناطق مسکونی
پهنه آبی	رودخانه، سد، دریاچه

جدول (۲): معیارهای سگمنت‌سازی طبقه‌بندی شی‌گرا

Table (2): Segmentation criteria for object-oriented classification

درجه صافی	درجه فشردگی	فاکتور شکل	پارامتر مقیاس
۱ سطح	۰/۴	۰/۶	۱۰۰
۲ سطح	۰/۶	۰/۴	۱۳۵
۳ سطح	۰/۷	۰/۳	۱۸۰



شکل (۲): تصاویر سگمنت سازی طبقه بندی شیء گرا در مقیاس های مختلف

Figure (2): Object-oriented segmentation images at different scales

برای اطمینان از نتایج طبقه بندی، صحت طبقه بندی با استفاده از پارمترهای دقت کل و ضریب کاپا ارزیابی گردید. دقت کلی یکی از مهم ترین و ساده ترین معیارهای دقت است. این شاخص نیاز به فرایند پیچیده ای جهت انجام محاسبه ندارد، صحت کلی میانگینی از صحت طبقه بندی نسبت اشیاء درست طبقه بندی شده به جمع کل اشیاء معلوم را نشان می دهد. به شرح فرمول ۱ محاسبه می شود.

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^C n_{Eii}}{N} \quad (1)$$

که در این فرمول C: تعداد کلاس ها ، N: تعداد کل اشیاء معلوم، Eii: اعضای قطری ماتریس خطا، و OA: دقت کل طبقه بندی را نشان می دهد. شاخص کاپا یک روش گسسته می باشد که از نظر آماری برای مشخص کردن اختلاف ماتریس خطا در بررسی صحت استفاده شده را نشان می دهد. محدوده ی شاخص کاپا بین صفر و یک است. اگر مقدار K برابر با عدد یک باشد طبقه بندی بوجود آمده کاملاً صحیح می باشد، اگر مقدار K صفر باشد به معنای تصادفی بودن فرایند طبقه بندی می باشد و اگر مقدار K منفی باشد، نشان دهنده ی ضعف طبقه بندی می باشد. شاخص کاپا از فرمول ۲ محاسبه می شود.

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^n ini+n+i}{N^2 \sum_{i=1}^n ini+n+i} \quad (3)$$

I: تعداد ردیف‌ها در ماتریس، تعداد مشاهدات در ردیف II و ستون IIام روی قطر اصلی، $n+i$: کل مشاهدات
ردیف II و ستون IIام، و N: کل مشاهدات است.

اما برای تهیه نقشه‌های پهنه ندى فرسایش خاک در ابتدا نقشه‌ی معیارهای لازم تهیه گردید. تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی در این تحقیق نیز شامل تهیه‌ی طبقات ارتفاعی با استفاده از مدل رقومی نقشه‌ی توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ همچنین تهیه‌ی لایه‌های زمین‌شناسی و حوضه‌ی زربنه رود با استفاده از نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، از مدل رقومی ارتفاع جهت تولید نقشه‌ی شیب منطقه، تهیه‌ی لایه‌ی اطلاعاتی کاربری حوضه با استفاده از نقشه کاربری، تهیه‌ی نقشه‌ی بارش منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از داده‌های باران‌سنجی در داخل حوضه استفاده شده، برای نقشه‌ی راه‌های ارتباطی و نقشه‌ی آبراهه‌های حوضه‌ی آبریز گیوی‌چای از مطالعات آمایش سرزمین و سند راهبردی توسعه‌ی استان آذربایجان غربی (۱۳۹۵) تهیه شد.

در نهایت جهت وزن‌دهی از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) استفاده شد در این روش ابتدا هر لایه معیار را به صورت استاندارد در می‌آوریم؛ در این پژوهش، از روش فازی جهت استانداردسازی استفاده شده است. در مجموعه‌های فازی، بیشترین ارزش یعنی مقدار یک به حداکثر عضویت و کمترین ارزش یعنی صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلق می‌گیرد (سویی^۱، ۱۹۸۸). وزن‌های معیارها تعیین گردید، بدین صورت که به‌طور مستقیم، وزنی از اهمیت نسبی به هر نقشه معیار اختصاص می‌دهیم؛ در این مطالعه از روش وزن‌دهی کرتیک استفاده شد. در این روش، داده‌ها براساس میزان تداخل و تضاد موجود بین عوامل یا معیارها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در این روش کرتیک، برای هر معیار ارزیابی دامنه‌ای از تغییرات مقادیر اندازه‌گیری شده در میان پیکسل‌ها (گزینه) وجود دارد که در قالب یک تابع عضویت بیان می‌شوند. هرکدام از بردارهای تشکیل شده برای معیارهای مورد استفاده، دارای پارامترهای آماری از جمله انحراف معیار هستند. پس از محاسبه‌ی انحراف معیار عوامل و معیارهای مورد بررسی، ماتریس متفاوتی به ابعاد $m \times m$ ایجاد می‌گردد که شامل ضرایب همبستگی بین بردارهای تشکیل شده است (مالچویسکی^۲، ۲۰۰۶). با تعیین پارامترهای بالا، تضاد موجود بین معیارها با معیارهای دیگر از روی رابطه‌ی ۳ محاسبه گردید.

$$C_{jk} = \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad (3)$$

در این رابطه؛ c_{jk} معرف مجموع تضاد معیار j با معیارهای k است که از $k=1$ شروع شده و تا $k=m$ ادامه دارد و r_{jk} همبستگی بین دو معیار k و j را نشان می‌دهد. میزان اطلاعات عامل j از رابطه‌ی ۴ محاسبه شد (مالچویسکی، ۲۰۰۶).

$$c_j = 8j \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad (۴)$$

در این رابطه؛ c_j معرف میزان اطلاعات معیار j و انحراف معیار در مقادیر مربوط به عامل یا معیار j را نشان می‌دهد. با توجه به روابط یادشده، معیارهایی که دارای c_j بیشتری باشند وزن زیادی به خود اختصاص خواهند داد. وزن هر عامل مانند j از رابطه‌ی ۵ تعیین گردید (مالچویسکی، ۲۰۰۶).

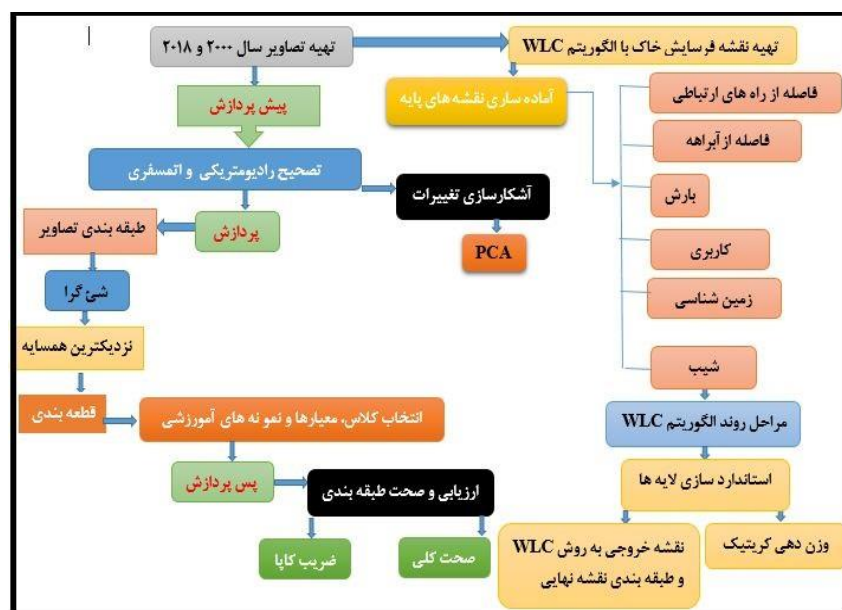
$$w_j = \frac{c_j}{\sum_{k=1}^m c_k} \quad (۵)$$

در این رابطه؛ w_j معرف وزن معیار j و c_k نشانگر میزان اطلاعات مجموع معیارهای k است که از $k=1$ شروع شده و تا $k=m$ ادامه دارد. استفاده از روش کرتیک، در وزن‌دهی معیارها در پژوهش حاضر می‌تواند گاهی در جهت حل معضل استقلال صفات از یکدیگر باشد که به هنگام مقایسه‌ی زوجی در چارچوب روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی در شرایط عدم تحقق همبستگی بین صفات، عینیت می‌یابد؛ زیرا در این روش، وجود همبستگی بالای یک معیار با معیارهای دیگر، می‌تواند در کاهش وزن آن معیار اثرگذار باشد (مالچویسکی، ۲۰۰۶).

لایه‌های نقشه‌ی استاندارد شده وزنی را ایجاد می‌کنیم (با ضرب لایه‌های نقشه استاندارد شده در وزن‌های متناظر بر آن‌ها)؛ با اعمال عملیات همپوشی جمعی بر روی لایه‌های نقشه‌ی استاندارد شده وزنی، نمره یا امتیاز کل را در رابطه با هر گزینه به دست می‌آوریم و گزینه‌ها را بر حسب امتیاز کارکردی کل، رتبه‌بندی می‌نماییم. گزینه‌ای که دارای بالاترین امتیاز (رتبه) باشد. به عنوان بهترین گزینه شناخته می‌شود. به‌طور رسمی در قاعده‌ی تصمیم‌گیری برای ارزیابی هر گزینه با A_i از رابطه‌ی ۶ استفاده گردید (مالچویسکی، ۲۰۰۶).

$$A_i = \sum_j w_j x_{ij} \quad (۶)$$

در این رابطه؛ x_{ij} معرف نمره گزینه i ام در ارتباط با صفت j ام و w_j مشتمل بر یک وزن استاندارد شده است که مجموع وزن‌ها برابر یک می‌باشد ($\sum w_j$). وزن‌ها اهمیت نسبی هر صفت را به نمایش می‌گذارند. با تعیین ارزش حداکثر $A_j = i$ اولویت‌دارترین گزینه انتخاب می‌گردد. در رابطه‌ی ۵ به مانند معادل رگرسیون تناسب به‌صورت خطی تعیین می‌شود (مالچویسکی، ۲۰۰۶ : ۱۸).

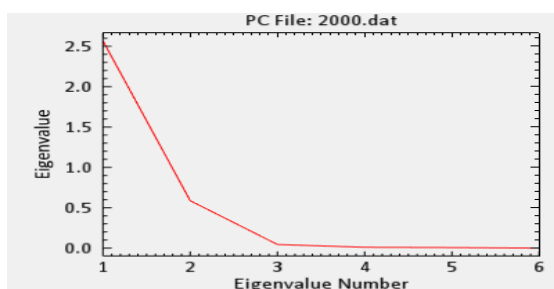


شکل (۳): فلوچارت و روند انجام پژوهش
 Figure (3): Flowchart and research process

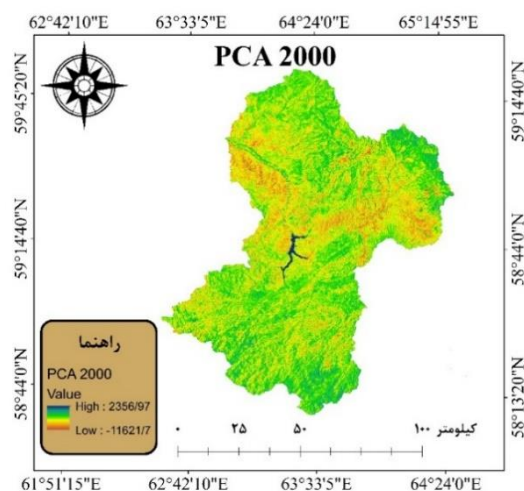
۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- بررسی و تحلیل آشکارسازی تغییرات با استفاده از الگوریتم PCA

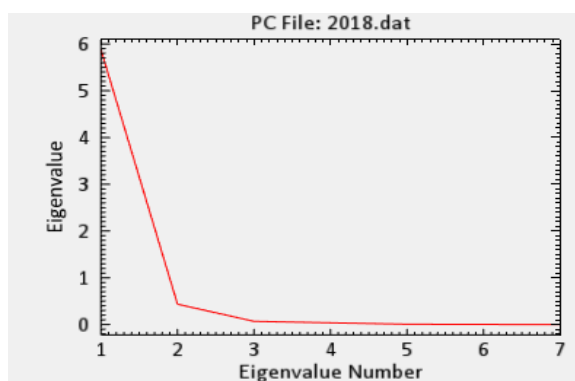
هدف از بکارگیری روش PCA در این پژوهش آشکارساز کردن مناطق و شناسایی بعضی از کاربری‌هایی بوده که به صورت بصری قابل تشخیص نبوده چرا که در علم سنجش از دور یکی از روش‌های آشکارسازی تغییرات روش PCA می‌باشد این روش یکی از قدرتمندترین روش‌ها جهت شناسایی کاربری‌های بوده است. استفاده از تحلیل، مؤلفه‌ی اصلی یک روش ریاضی است که از ویژگی‌های آماری داده‌ها برای تبدیل داده‌های همبسته به مجموعه داده‌های ناهمبسته استفاده می‌کند؛ با توجه به این که برای سال ۲۰۱۸ (شکل ۴) در ۷ باند و برای سال ۲۰۰۰ شکل ۶ در ۶ باند اطلاعات توزیع شده است. خروجی این الگوریتم (نمودار ۵ و ۷) در حقیقت رابطه‌ی هریک از مؤلفه‌ها و میزان اطلاعاتی که دارند را نمایش می‌دهند. باندهای ۳ و ۱،۲ بیشترین میزان اطلاعات را به خود اختصاص داده‌اند به عبارتی دیگر این الگوریتم ۹۰ درصد اطلاعات بین باندی را در ۳ باند اول قرار می‌دهد و ۱۰ درصد مابقی اطلاعات را در سایر باندها پخش می‌کند. در این الگوریتم هر چه واریانس طیفی در یک تصویر بیشتر باشد، تصویر دامنه‌ی اطلاعات وسیع‌تری خواهد داشت که خود نشان‌دهنده‌ی وجود پدیده‌های بیشتر در تصویر است، چنین تصاویری برای مطالعه مناسب به‌شمار می‌روند.



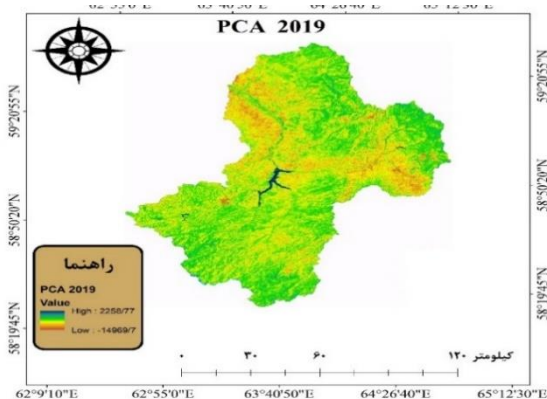
شکل (۵): نمودار الگوریتم PCA سال ۲۰۰۰
Figure (5): Graph of PCA algorithm 2000



شکل (۴): تصویر الگوریتم PCA سال ۲۰۰۰
Figure (4): Image of 2000 PCA algorithm



شکل (۷): نمودار الگوریتم PCA سال ۲۰۱۸
Figure (7): Graph of PCA algorithm for 2018



شکل (۶): تصویر الگوریتم PCA سال ۲۰۱۸
Figure (6): Image of the 2018 PCA algorithm

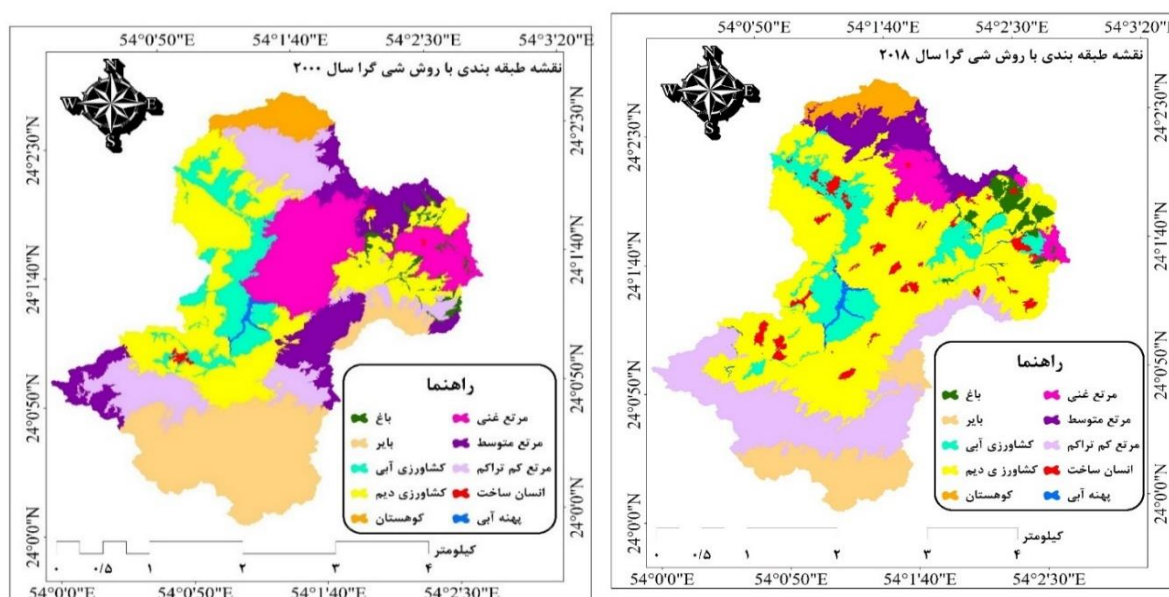
براساس نتایج بدست آمده از طبقه‌بندی گرا شکل ۸ و جدول ۳ با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه روند تغییرات کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز زرينه‌رود طی ۱۸ سال مورد ارزیابی نشان می‌دهد می‌توان بیان کرد طبقات کاربری کشاورزی دیم و کشاورزی آبی با بیشترین میزان افزایش مساحت در منطقه روبه‌رو بوده‌اند این افزایش دو کاربری به ترتیب برابر با ۱۸/۲۸ و ۴ درصد افزایش از کل حوضه‌ی مورد نظر را در بر می‌گیرد. روند تغییرات کاربری‌های بایر، مرتع غنی و متوسط، به مرور زمان به نحوی کاهش یافته است که به طوری که به ترتیب مساحت ۱۴/۰۴، ۱۰/۶۶ و ۵/۷۳ درصد کاهش داشته است. کاربری انسان ساخت در طول زمان با روندی

تقریباً یکنواخت در حال افزایش است که این نوع افزایش در طول ۱۸ سال برابر با ۲/۴۷ درصد رشد داشته است. کاربری پهنه‌ی آبی (بستر رودخانه‌ی زربنه‌رود) در طی ۱۸ سال مورد ارزیابی و بررسی به میزان ۰/۱۸ درصد رشد داشته است.

جدول (۳): مساحت طبقه‌بندی به روش شی‌گرا (نزدیک‌ترین همسایه) سال ۲۰۱۹ و ۲۰۰۰

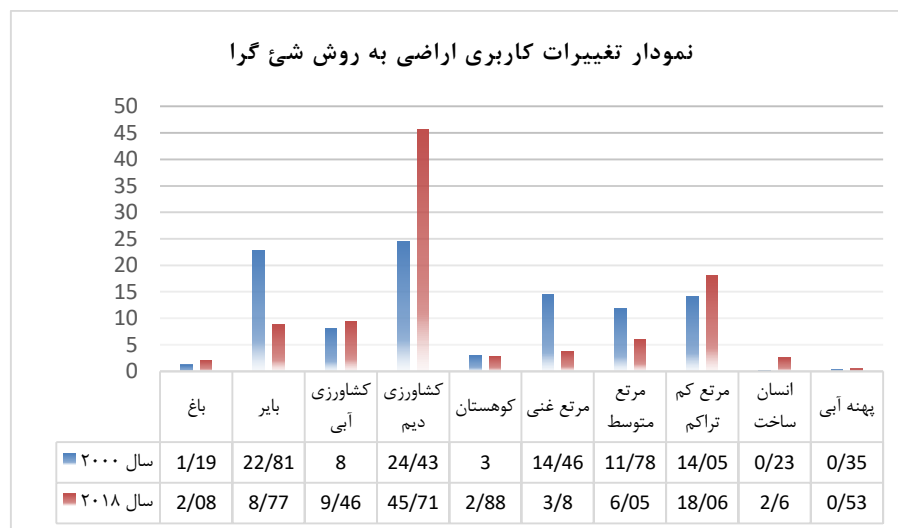
Table (3): Classification area by object-oriented method (nearest neighbor) in 2000 and 2019

کاربری	۲۰۰۰	۲۰۱۹
باغ	۱/۱۹	۲/۰۸
بایر	۲۲/۸۱	۸/۷۷
کشاورزی آبی	۸	۱۲/۴۶
کشاورزی دیم	۲۴/۴۳	۴۲/۷۱
کوهستان	۳	۲/۸۸
مرتع غنی	۱۴/۴۶	۳/۸
مرتع متوسط	۱۱/۷۸	۶/۰۵
مرتع کم تراکم	۱۴/۰۵	۱۸/۰۴
انسان ساخت	۰/۲۳	۲/۶
پهنه آبی	۰/۳۵	۰/۵۳



شکل (۸): نقشه‌های طبقه‌بندی شی‌گرا با استفاده از روش شی‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه

Figure (8): Object-oriented classification maps using object-oriented method and nearest neighbor algorithm



شکل (۹): نمودار تغییرات مساحت به روش پیکسل پایه سال ۲۰۱۸ و ۲۰۰۰
Figure (9): Graph of area changes by base pixel method in 2000 and 2018

۳-۲- ارزیابی نقشه‌های پوشش سرزمین

برای ارزیابی و مقایسه‌ی نتایج حاصل از طبقه‌بندی شی‌گرا در قالب طبقات معین شده و با نمونه‌های تعلیمی یکنواخت و یکسان مورد مقایسه قرار گرفت. برای بررسی و مقایسه‌ی نتایج از روش صحت کلی و ضریب کاپا استفاده شد. نتایج بدست آمده از جدول ۴ نشان داد که طبقه‌بندی شی‌گرا برای سال ۲۰۱۸ نتیجه بهتر و مناسب‌تری داشته است از مهم‌ترین عوامل می‌توان به قدرت تفکیک مکانی سنجنده OLI نسبت به ماهواره سنجنده ETM+ اشاره کرد.

جدول (۴): دقت کلی و ضریب کاپا طبقه‌بندی شی‌گرا

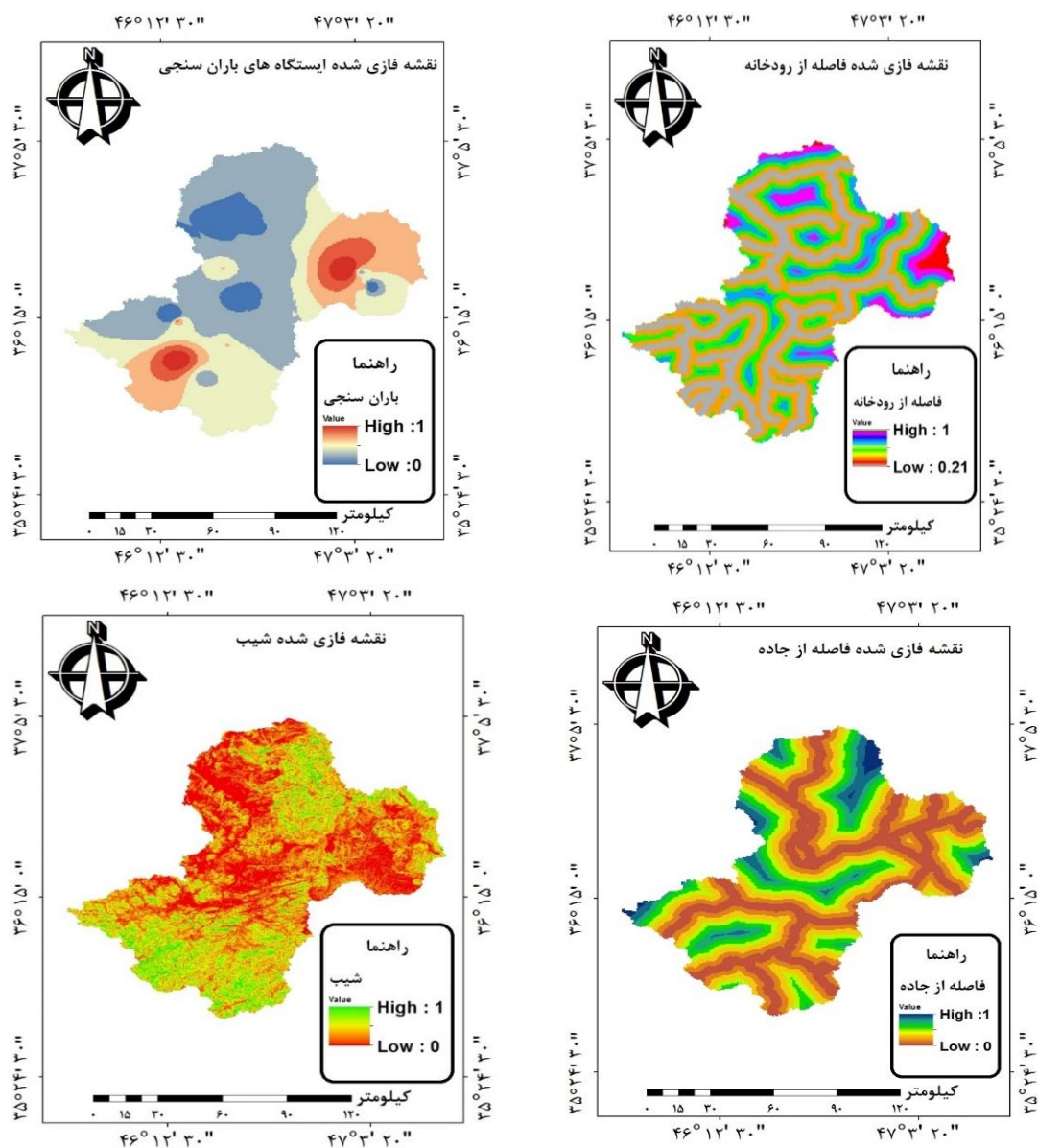
Table (4): Overall accuracy and kappa coefficient of object-oriented classification

دقت کلی	شاخص کاپا	تصویر سال	طبقه‌بندی شی گرا (نزدیک‌ترین همسایه)
۰/۹۳	۹۳/۶۸	۲۰۰۰	
۰/۹۶	۹۸/۴۶	۲۰۱۸	

۳-۳- پهنه‌بندی فرسایش خاک

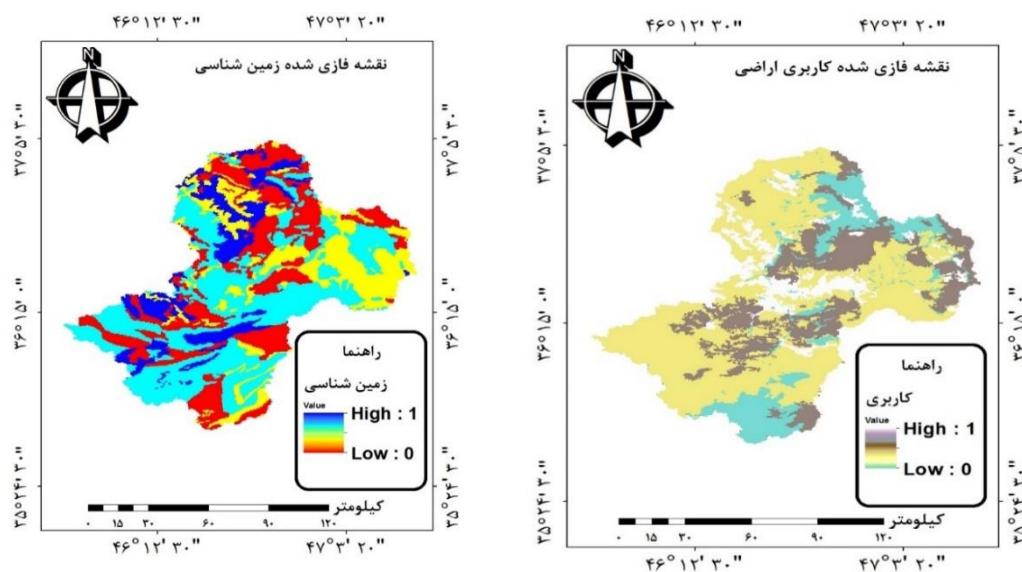
به منظور پهنه‌بندی فرسایش با توجه به نقشه‌ی کاربری برای دو مقطع زمانی ۲۰۰۰ - ۲۰۱۸ و سایر نقشه‌های معیار (شکل ۱۰) استفاده شده در ابتدا وزن‌دهی هر یک از معیارها اعمال شده، سپس مفروضات پایه‌ای و وزن نهایی که حاصل وزن‌دهی کریتیک است در بین معیارها انتخاب شده و مؤثر در جریان پهنه‌بندی فرسایش حوضه‌ی آبریز زرینه‌رود آورده شده است. در نهایت با اجرای مراحل دیگر مدل WLC نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش

(شکل ۱۱ و ۱۲) برای حوضه‌ی آبریز زربنه‌رود چای در ۵ طبقه بسیار کم‌خطر تا بسیار پرخطر برای هر دو بازه‌ی زمانی بدست آمد شکل ۱۱ و مساحت هر یک از طبقات نیز در جدول ۵ ذکر شده است.



شکل (۱۰): متغیرهای مورد استفاده جهت تولید نقشه‌ی فرسایش خاک

Figure (10): Variables used to generate soil erosion map



ادامه‌ی شکل (۱۰): متغیرهای مورد استفاده جهت تولید نقشه‌ی فرسایش خاک

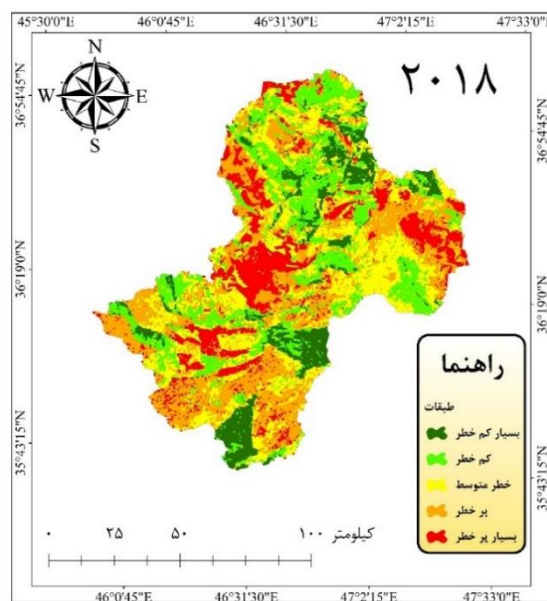
Continue Figure (10): Variables used to generate soil erosion map

جدول (۵): مجموع تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات و وزن نهایی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی فرسایش

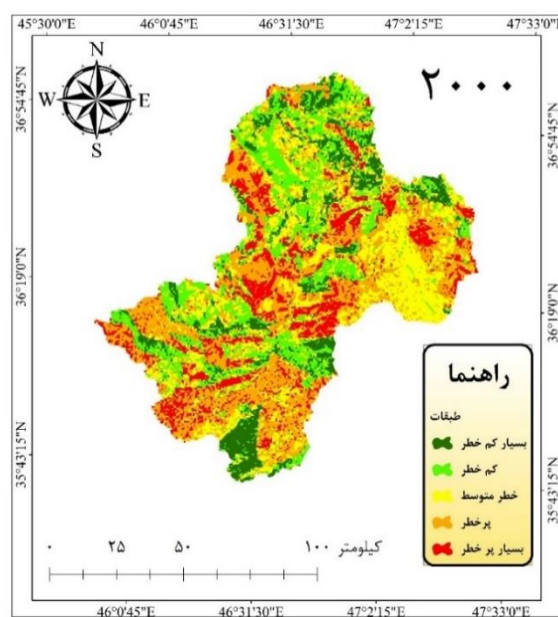
Table (5): Total contradiction, standard deviation, information amount and final weight of criteria in erosion zoning

وزن نهایی	میزان اطلاعات	انحراف معیار	مجموع تضاد	معیار
نقشه‌ی کاربری سال ۲۰۰۰				
۰/۲۵	۴۲۶۳/۲۱	۶۰/۹۵	۳/۳۳	شیب
۰/۱۸	۲۵۹/۹۸	۵۸/۰۲	۵/۵۴	زمین‌شناسی
۰/۱۷	۲۶۹/۵۰	۸۱/۵۵	۷/۵۸	کاربری
۰/۱۹	۲۸۹/۴۸	۴۶/۵۱	۶/۴۹	بارش
۰/۱۲	۲۵۲/۱۸	۶۹/۴۰	۵/۳۳	فاصله از جاده
۰/۰۷	۳۴۵/۱۶	۵۴/۱۳	۴/۴۱	فاصله از رودخانه
نقشه‌ی کاربری سال ۲۰۱۸				
۰/۲۰	۳۱۰/۱۴	۶۶/۱۸	۷/۲۳	شیب
۰/۲۰	۵۰/۸۷	۹۳/۶۳	۳/۲۷	زمین‌شناسی
۰/۱۹	۱۶۷/۲۹	۳۶/۴۲	۴/۰۲	کاربری
۰/۱۵	۲۷۱/۱۸	۶۴/۱۳	۲/۲۴	بارش
۰/۰۹	۳۰۴/۴۱	۲۹/۵۲	۳/۹۰	فاصله از جاده
۰/۱۰	۲۰۰/۱۲	۴۱/۳۴	۷/۶۴	فاصله از رودخانه

با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی بدست آمده شکل ۱۱ و جدول ۶ در محدوده‌ی مطالعاتی می‌توان گفت در سال ۲۰۰۰ مساحت طبقه‌ی بسیار پر خطر ۱۴/۵۷ درصد است که مساحت این طبقه در سال ۲۰۱۸ نیز به ۱۵/۲۹ درصد افزایش یافته است. اما مساحت طبقه پرخطر از ۲۸/۵۹ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۲۷/۵۱ درصد کاهش یافته است. در نقشه‌ی فرسایش بدست آمده برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ به طور عمده مناطق با طبقه‌ی بسیار پرخطر و پر خطر به ترتیب در کاربری‌های کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، مرتع متوسط و زمین‌های بایر قرار دارند. بنابراین تغییرات حادث شده در منطقه باعث تغییرات در روند مورفولوژیک منطقه شده است. برای مثال تبدیل کاربری مرتع متوسط و زمین‌های بایر به مرور زمان به کاربری‌های کشت دیم و کشت آبی باعث ایجاد یک سری تغییرات در سیستم فرسایش حوضه‌ی آبریز گیوی چای شده، با توجه به این که مراتع نقش حفاظتی در مقابل فرسایش منطقه دارند هر گونه تغییر در میزان پوشش گیاهی و افزایش دخالت‌های انسانی از جمله ساخت و ساز یا ایجاد تغییر در وضعیت طبیعی زمین از جمله شخم زدن باعث افزایش میزان فرسایش منطقه مورد مطالعه خواهد شد. از سوی دیگر باید توجه داشت که تغییر کاربری اراضی مرتعی به ویژه در مناطق پرشیب کوهستانی علاوه بر ایجاد پدیده فرسایش خاک، باعث جاری شدن سیل نیز خواهد شد که این امر کیفیت مناسب خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین با مطالعات میدانی و بررسی نقشه‌های موجود دریافت شد که افزایش مساحت کاربری مسکونی در طول زمان همراه با کاهش مساحت کاربری‌های از جمله کاربری بایر و مرتع متوسط بوده است. که این امر حاکی از ساخت و سازهای مسکونی بر روی کاربری‌های بایر و مرتع متوسط است. که منجر به انهدام و نابودی کاربری مرتع متوسط شده است و از سوی دیگر وجود فعالیت‌های انسانی در منطقه مانند ایجاد ترانژه برای جاده سازی و عدم رعایت اصول مکانیک خاک در احداث مناطق مسکونی و ابنیه فنی منجر به افزایش پتانسیل فرسایش خاک در منطقه می‌شود. این تغییرات بوجود آمده می‌توانند باعث ایجاد تغییرات زیادی در جریان‌های هیدرولوژیک منطقه ایجاد بکنند تا باعث افزایش میزان تمرکز جریان، افزایش میزان فرسایش ناشی از تجمع جریان، کاهش نفوذ و بالاخره باعث کاهش میزان تغذیه‌ی سفره‌های زیرزمینی می‌شود.



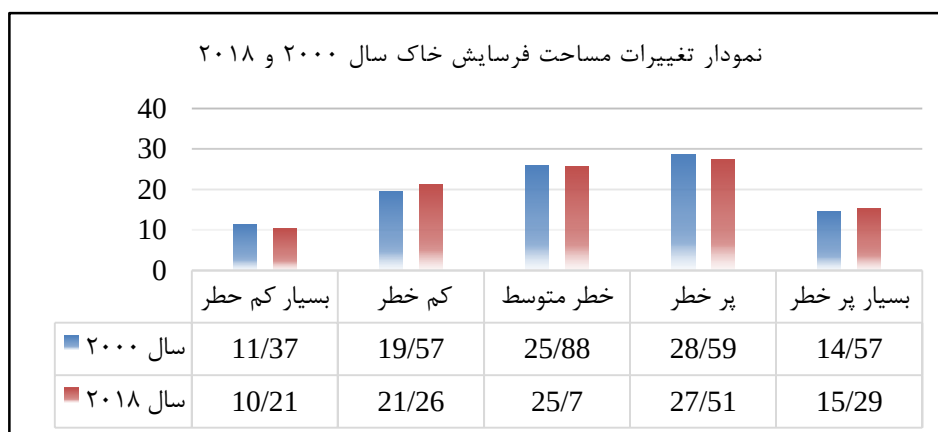
شکل (۱۱): نقشه‌ی فرسایش خاک سال ۲۰۱۸ با روش WLC
Figure (11): Soil erosion map for 2018 by WLC method



شکل (۱۲): نقشه‌ی فرسایش خاک سال ۲۰۰۰ با روش WLC
Figure (12): Soil erosion map of 2000 by WLC method

جدول (۶): مساحت طبقات خطر فرسایش سال های (۲۰۱۸ و ۲۰۰۰) حوضه آبریز زرینه رود با استفاده از الگوریتم WLC
 Table (6): Area of erosion risk classes in (2000 and 2018) Zarrinehroud catchment using WLC algorithm

طبقه خطر					
بسیار کم خطر	کم خطر	خطر متوسط	پر خطر	بسیار پر خطر	
۱۴۸۵۵	۲۹۱۲۶۴/۱۳	۲۶۳۸۰۶/۴۰	۱۹۹۴۸۴/۵۰	۱۱۵۹۸۱/۱۷	مساحت (هکتار)
۱۴/۵۷	۲۸/۵۹	۲۵/۸۸	۲۵/۸۸	۱۱/۳۷	درصد
۱۵/۰۵	۲۸۰۴۶/۵۰	۲۶۲۰۳۵/۹۰	۲۱۶۷۶۴/۵۰	۱۰۴۱۷۱/۱۰	مساحت (هکتار)
۱۵/۳۹	۲۷/۵۱	۲۵/۷۰	۲۱/۲۶	۱۰/۲۱	درصد



شکل (۱۳): نمودار مساحت پهنه‌بندی خطر فرسایش سال ۲۰۱۸ و ۲۰۰۰ (به درصد)
 Figure (13): Chart of erosion risk zoning area in 2000 and 2018 (in percent)



(ب)



(الف)

شکل (۱۴): مناطق مختلف حوضه آبریز زرینه رود الف و ب) نمونه بارز از فرسایش به وسیله تخریب مرتع و تبدیل آن به زمین‌های زراعی
 Figure (14): Different areas of Zarrineh River catchment area A and B) Prominent example of erosion by pasture degradation and its conversion into arable land



(ج)

ادامه‌ی شکل (۱۴): (ج) نمونه فرسایش آشکار از زیر بری رودخانه
Continue Figure (14): C) Sample of obvious erosion from the river

۴- نتیجه‌گیری

اطلاع از نسبت کاربری و نحوه‌ی تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری است. خاک نیز یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور است. امروزه تخریب خاک، رفاه انسان حتی حیات او را تهدید می‌کند. نوع بهره‌برداری از اراضی عامل بسیار مهمی در فرسایش و تولید رسوب حوضه‌های آبریز به شماره می‌رود. پدیده‌ی فرسایش خاک در هر محیطی تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی به وجود می‌آید. در پژوهش حاضر از تصاویر ماهواره‌ی لندست مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ سنجنده ETM+ و سال ۲۰۱۸ سنجنده OLI مربوط به ماه آگوست استفاده شد. بعد از تهیه‌ی تصاویر مورد نیاز از سایت زمین‌شناسی آمریکا در ابتدا تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری در محیط نرم‌افزار ENVI صورت گرفت. جهت تولید نقشه‌های کاربری اراضی از روش شی‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه استفاده گردید. سپس برای ارزیابی و مقایسه‌ی نقشه‌های تولید شده به روش شی‌گرا از صحت کلی و ضریب کاپا استفاده شد. نتایج نشان داد که طبقه‌بندی شی‌گرا برای سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۰ به مراتب عملکرد بهتر و منسجم‌تری داشته است. به منظور تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی فرسایش خاک از حوضه‌ی آبریز زرينه‌رود از الگوریتم WLC در محیط نرم‌افزار IDRISI SELVA استفاده شد. بدین ترتیب جهت تولید نقشه به این روش ابتدا تمامی معیارهای مورد نظر از جمله لایه‌ی شیب، بارندگی، فاصله‌ی آبراهه، فاصله از جاده، کاربری و زمین‌شناسی در ابتدا می‌بایست استانداردسازی بشوند پس از استاندارد کردن تمامی لایه‌ها نوبت به وزن‌دهی لایه‌ها براساس تأثیری که دارند می‌رسد. با توجه به نتایج بدست در دوره‌ی ۱۸ ساله، در سال ۲۰۰۰ مساحت کاربری مرتع متوسط ۳۷/۰۶ درصد بوده که در سال ۲۰۱۸ مساحت این نوع کاربری به نحو چشمگیری کاهش پیدا می‌کند به طوری که نسبت به سال ۲۰۰۰ میزان ۳۰/۹۳ درصد با کاهش مساحت مواجه بوده و منجر به تخریب این نوع کاربری و جایگزین شدن آن با کاربری کشاورزی دیم است. از دلایل دیگر این کاهش مساحت می‌توان به افزایش تقاضای مردم به مواد غذایی

به علت افزایش جمعیت روستایی، افزایش فناوری و تکنولوژی در زمینه‌ی کشاورزی. در این بازه‌ی زمانی کشت آبی افزایش مناسب داشته است که بیشتر این افزایش مساحت در نواحی نزدیک به رودخانه زربینه رود بوده که نقش هیدرولوژی منطقه منجر به افزایش این نوع کاربری شده است. در این بین کاربری مسکونی نیز رشد مناسبی در بازه‌ی زمانی ۱۸ ساله داشته به طوری که ۲/۹۶ درصد نسبت به سال ۲۰۰۰ افزایش مساحت داشته است. این افزایش مساحت را می‌توان به نرخ رشد جمعیت و مهاجرت اکثر مردمان از نقاط روستایی به سمت شهرها به دلایل اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی، بهداشتی دانست. اما با توجه به نتایج بدست آمده از نقشه‌های پهنه‌بندی فرسایش خاک با استفاده از الگوریتم WLC برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ منطقه‌ی مورد مطالعه می‌توان بیان کرد مناطق بسیار پرخطر و پرخطر در کاربری‌های کشت دیم، کشت آبی مرتع متوسط و مناطق مسکونی است از مهم‌ترین عوامل فرسایش خاک در حوضه‌ی آبریز زربینه رود کاهش میزان مراتع (مرتع غنی، متوسط و کم تراکم) است چرا که با از بین رفتن پوشش گیاهی طبیعی منجر به کاهش مقاومت خاک از یک سو و از سو دیگر افزایش میزان فرسایش خاک و به تبع آن رسوب خواهد شد. می‌توان گفت نتایج بسیاری از تحقیقات نشان دهنده این امر می‌باشد که بر اثر تبدیل کاربری مرتع به کاربری کشت دیم و کشت آبی باعث هدر رفتن خاک بر اثر شستشو و تولید رواناب در اراضی شیب دار که این امر باعث بوجود آمدن فرسایش خاک بسیار گسترده‌ای در سطح منطقه شده است. (اصغری سراسکانرود و همکاران، ۱۳۹۷: ۳) در تحقیقی به بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا با استفاده از تصاویر ماهواره استر به بررسی تأثیر تغییرات کاربری بر فرسایش خاک پرداختند نتایج بدست آمده حاکی از آن است که پهنه‌بندی خطر فرسایش برای سال ۲۰۰۰ به ترتیب ۹/۰۸ و ۱۵/۸۸ درصد و با توجه به پهنه‌بندی فرسایش در سال ۲۰۱۷ که به ترتیب ۱۳/۶۶ و ۲۹/۷۶ درصد از منطقه‌ی مورد مطالعه در دو طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند. (مارتینز و همکاران^۱، ۲۰۱۱: ۱۸) به مدل‌سازی اثرات تغییرات کاربری زمین بر روی رواناب و فرسایش خاک در جنوب اسپانیا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که افزایش کشت دیم و تبدیل پوشش گیاهی به مناطق مسکونی و راه‌های ارتباطی به طور محسوسی باعث فرسایش خاک شده است. بنابراین می‌توان گفت همانطوری که نتایج تحقیقات مذکور نشان می‌دهد که بهینه‌سازی تغییرات کاربری اراضی علاوه بر کاهش آسیب‌پذیر بودن حوضه‌های آبریز از مخاطرات طبیعی منجر به افزایش پایداری زیست محیطی مناطق می‌شود که در توسعه پایدار سودمند است چرا که در این امر بررسی تغییرات کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین و اولین تحقیقات بر شرایط نرمال و پایداری مناطق است.

۵- منابع

- Abreham Berta, A., Eyasu, E., Teshome, S., Gudina. L. (2019). Land use/land cover change effect on soil erosion and sediment delivery in the Winike watershed. Omo Gibe Basin. Ethiopia. *Science of the Total Environment*, Vol. 728, Issue1-7, 412-421.
- Asghari Saraskanrood, S., Activist Naziri, M., Ardeshir Pi. A.A. (1398). Investigation of the effects of land use on soil erosion with WLC algorithm (Case study: Aghlaghan Chay watershed). *Environmental erosion research*. 9: 2 (34). Summer 1398, 71-53.
- Asghari Saraskanrood, S., Palizban, D., Victory, E. (1397). A Comparative Study of Land Use Changes and Its Impact on Erosion Rate Using Object Oriented Classification Method in Simbaneh River Buchan Basin, *Environmental Erosion Research*, 1: 8 (29) Spring 1397, 94-109.
- Azarakhshi, M.A., Masaedi, M., Bashiri, R., Ojaghlou, Sh. (1396). The effect of rainfall and land use changes on sediment production. Case area: Poplar-Torbat Heydariyeh watershed (*Journal of Watershed Management Science and Engineering*). 11 (37): 33-25.
- Bai, X., Sharma, R.C., Tateishi, T.R.A. (2017). Detailed and HighResolution Land Use and Land Cover Change Analysis over the Past 16 Years in the Horqin Sandy Land, Inner Mongolia, *Mathematical Problems in Engineering*, pages doi.org/10.1155/2017/1316505.
- Bouaziz, M., Leidiy, M., Gloaguen, R. (2011). Optimal parameter selection for qualitative regional erosion risk monitoring Aremotoe sensing study of sc Ethiopia: Geoscience frontiers, 2(2): 237-245.
- Cream, A.A. Safarian, SH., Foroshnia, H. (2010). Estimation and zoning of soil erosion in Mamlu Basin (East of Tehran) using modified global equation - - methods of soil erosion and hierarchical analysis process, *Journal of Earth Knowledge Research*.
- Esam, I.F., Abdalla and N. Erich (2012). Land Use and Land Cover Changes of West Tahta Region. Sohag Governorate, Upper Egypt. *Journal of Geographic Information System*. 4: PP. 483-493.
- Esfandiari, M.A., Moeini, and R. Holy (2014). Investigating the Impact of Land Use and Vegetation Due to Erosion Forms and Sediment Production Rate (Case Study: Waters River Basin, Qazvin Province), *Geographical Quarterly of Land* 1 (42) 51-62.
- Feizizadeh. B. (2017). Modeling the Trends of the Land Use Cover Change and Its Impacts on the Erosion System of the Allavian Dam Based on the Remote Sensing and GIS Techniques, *Hydrogeomorphology*. 3 (11), 21-38. (In Persian).
- Hassani Tabar. S. M and Jafarzadeh. J. (2016). a new step in the processing of satellite images (basics and application) ENVI 5.3. Tehran; Bells.
- Huang, C., Davis, L.S. & Townshend, J.R.G. (2008). An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of remote sensing*, 23(4), 725-749.

- Joyzadeh, S., Qamarzadeh, M., Ebrahimi, M. and Shamsabadi, M. (2017). ENVI (Basic and Advanced) Applied Training. Tehran; Kian University Press.
- Lillesand, T. Kiefer, R.W., Chipman, J. (2001). Remote sensing and image interpretation, 6th Edition, Wiley Publication, Washington.
- Malchevsky, I. (2006). Translated by A. Pizhizkar et al. Ghaffari Gilandeh. Geographic Information System and Multi-criteria Decision Analysis. First Edition. Publications Side. 597-622.
- Martínez-Murillo M J.F. Lopez Vicente M Poesen J. Ruiz Sinoga J.D. (2011). Modelling the effects of land use changes on runoff and soil Eerosion in two Mediterranean catchments with active gullies (South of Spain). *Landform Analysis*.17 (1): 99–104.
- Mousavi. H. Ranjbar. A. & M. Haseli. (2014). Monitoring and Trending of Landuse Changes in Abarkooh Basin using Satellite Images (1976-2014). *The Journal of Geographical Data* (SEPEHR). 25(97). 129-146. (In Persian).
- Mousavi, M.N., Sarley, R., Khodadad, M. (1397). Detection of land use changes and vegetation in Poldakhtar city using Landsat satellite images. No. 26 Rials. year 7, pp. 103-115.
- Myint, S.W., Gober, P., Brazel, A., GrossmanClarke, S. & Weng, Q. (2011). Per-pixel vs. objectbased classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote sensing ofenvironment*. 115(5). 1145-1161.
- Noori, S. (2004). Determination of the best vegetation indexes for assessing Mazandaran rangeland. Master thesis. *Tarbiat Modarres University*. 128 pp. (in Persian)
- Ota Henry O. Eyasu E. (2020). Effect of land use land cover changes on the rate of soil erosion in the Upper Eyiohia river catchment of Afikpo North Area. Nigeria. *Environmental Challenges*, 1(10) 1-9.
- Riahi, M.R., Soleimani, K., Mousavi, S.R. and Masoumeh, B.H. (1396). Study of the effect of land use change on river discharge using HEC-HMS model Case study: Laksha Neka River watershed, *Iranian Journal of Water Research*, Vol. 11, Pp. 33-43.
- Saghafi, M., and Abolfazl, R. (2017). Estimation of Estimation of Changes in Wind Erosion Zones Using IRIFR Model and Land Use Extraction and Land Cover Model from Satellite Images Case Study: Majan County, South Khorasan. *Geographical Space*. No. 59, pp. 165-185.
- Santos, J.C.N, Andrade, E.M., Medeiros, P.H.A., Joao, M. (2017). Land use impact on soil erosion at different scales in the Brazilian semi-arid. *Revista Ciencia Agronomica*48 (2): pp. 251-260.
- Sanjari, S., Boromand, N. (1392). Monitoring land use changes in the last three decades using remote sensing techniques (Case study: Zarand region of Kerman province). *Journal of Remote Sensing and GIS in Natural Resources Sciences*, 4 (1): 67-57.

- Sui, D.Z. (1999). A Fuzzy GIS Modeling Approach for Urban Land Evaluation. *Computer. Environment and Urban Systems*. 16(1), 101-11.
- Tripathi, DK and Kumar, M. (2012). Remote Sensing based analysis of land Use/land cover dynamics in Takula Block. Almora district (Uttarakhand). *Journal of Human Ecology*. 38(3): 207-21.
- Talebi Khiavi, H., Zabihi, M. and Mostafazadeh, R. (1396). The effect of different land use management scenarios on soil erosion using USLE and GIS models in the watershed of Ardabil Yamchi Dam, *Journal of Soil and Water*, No. 80, pp. 221-234 .
- Yan, GAO. (2003). *Pixel Based and Object Oriented Image for Coal Fire Research*. <http://www.ITC.com> (accessed in July 2008). pp. 3-99.