

استخراج عوارض سطح زمین از تصاویر سنجنده OLI

محمد ملکی^{۱*}، سید محمد توکلی صبور^۲

کارشناس ارشد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی
استادیار گروه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی دانشگاه خوارزمی

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۷/۱۷

چکیده

اشکال ژئومورفولوژی و فرآیندهای حاکم بر آن منشاء بسیاری از مخاطرات و منابع محیطی هستند، همچنین با توجه به شکل‌گیری صنعت و علم ژئومورفوتوریسم و در نهایت پایه‌ای بودن مطالعه این اشکال برای طرح‌های عمرانی، ضرورت تهیه چنین نقشه‌ها بیشتر می‌شود. با گسترش استفاده از علوم مکانی همانند سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، و کاربرد آن در مطالعات علوم زمین در این تحقیق از تصاویر سنجنده OLI برای تهیه نقشه دره، تیغه، مخروط‌افکنه و واریزه استفاده شد. با استفاده از روش تفسیر بصری اشکال موردنظر استخراج شدند. نتایج با تصاویر لایه World Imagery از Arc GIS Online مقایسه شد و چهار پارامتر صحت، دقت، کیفیت و کاپا برای آن محاسبه شد. نتایج بدین صورت بدست آمد، صحت کل ۸۰ درصد، دقت کل ۶۲/۰۱ درصد، کیفیت کل ۵۳/۸۷ درصد و ضریب کاپا ۴۹/۷۴ درصد بود. از نتایج بدست آمده مشخص گردید که موفقیت تشخیص تمامی عواض بجز واریزه در حد قابل قبولی بوده است. با توجه به ضریب کاپا مشخص می‌شود که قطعه‌بندی انجام شده برای استخراج عوارض در حد متناسبی است.

کلید واژه‌ها: ژئومورفولوژی، سنجنده OLI، دره، تفسیر بصری، کاپا

مقدمه

ژئومورفولوژی علمی است که چگونگی شکل‌گیری اشکال زمین (لندفرم) را بررسی می‌کند (سینگ و کاشال^۱ ۲۰۰۶: ۲۹۹). نقشه‌ها، در مطالعات جغرافیایی طبیعی نقش کلیدی را بازی می‌کنند، چراکه بسیاری از اطلاعات جغرافیایی بر روی نقشه ذخیره و نمایش داده می‌شود (رائو^۲، ۲۰۰۲: ۵۲). تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی، برای برنامه‌ریزی و مدیریت مکانی ضروری است (اسلمی و همکاران، ۱۳۹۴: ۴). این رشته شاخه‌ای از جغرافیایی طبیعی است که خود به دو بخش ژئومورفولوژی دینامیک و ژئومورفولوژی ساختمانی (تکتونیک) قابل تقسیم است. امروزه

^۱ Kaushal, & Singh

^۲ Rao

با توجه به گسترش فن‌آوری سنجش از دور تهیه نقشه‌های ژئومورفولوژی بسیار آسانتر شده است. دانش ژئومورفولوژی به عنوان یکی از شاخه‌های علم جغرافیای طبیعی همواره سعی در حل مشکلات زیست محیطی بشر دارد (دلیر و رضانی لیبویی، ۱۳۸۸: ۱۲۴). نقشه‌های ژئومورفولوژی در مقایسه با نقشه‌های توپوگرافی به طور اساسی مفصل‌ترند و نیاز به یک درک پیچیده از طبیعت اشکال زمین و فرآیندهای تشکیل دهنده آنها هستند (قربانیان و شمسایی ۱۳۸۷: ۱۲۹). تهیه نقشه‌های ژئومورفولوژیک و آشکارسازی تغییرات یکی از ارکان اصلی جهت اجرای طرح‌های مربوط به قابلیت اراضی است (محمدی و سیف، ۱۳۹۳: ۵۰). یک نقشه ژئومورفولوژی پدیده‌های سطحی یا اشکال زمین را به تصویر می‌کشد که فرآیندهای زمین‌شناسی بر روی زمین ثبت می‌کنند (شایان و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۹). البته فقط عوامل زمین‌شناسی در تشکیل اشکال زمین موثر نیستند، بلکه دینامیک بیرون مانند باد، رودخانه‌ها، سیلاب‌ها و... در شکل‌گیری اشکال زمین موثرند. این نقشه‌ها به عنوان روش تحقیق اصلی در ژئومورفولوژی هستند که نشان دهنده منشأ و سن اشکال زمین و توزیع فضایی اشکال زمین می‌باشند (هوبار و گلاسر^۱، ۲۰۰۵: ۳۵). اخیراً پیشرفت در فن‌آوری سنجش از دور به اینک ابعاد جدیدی از مطالعات ژئومورفولوژیک انجام شود کمک می‌کند (سینگ و کاشال ۲۰۰۶: ۳۰۰). امروزه در حدود ۸۰ درصد تصمیماتی که هر فرد می‌گیرد به‌نحوی با مکان در ارتباط است، از این‌رو توجه به نقشه‌کشی ژئومورفولوژی بعنوان یکی از شاخه‌های مربوط به علوم مکانی یکی از ضرورت‌ها می‌باشد.

فرآیند تهیه نقشه‌ها برای ژئومورفولوژیست‌ها روش بی‌نظیری است تا از طریق آن با زمین‌شکل‌های یک ناحیه بیشتر آشنا شوند، و محرک بزرگی برای تفکر درباره‌ی درک روابط بین اشکال، مواد و فرآیندها و نحوه تحول زمین‌شکل‌هاست (کوک و کمب، ۱۳۷۷: ۵۶). علم و آگاهی مدیران و کارشناسان از کم و کیف پوشش اراضی به جهت سیاست‌گذاری و چاره‌اندیشی برای رفع مشکلات موجود ضروری است (میرزایی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۳).

اولین نقشه ژئومورفولوژی در سال ۱۹۱۴ توسط پاسارگ تهیه شد (رائو، ۲۰۰۲: ۵۶). برای نخستین بار نقشه ژئومورفولوژی در ایران در مقایسه ۱:۲۵۰۰۰۰ در زمره مجموعه‌ای از نقشه‌های خاور نزدیک در دانشگاه توبینگن آلمان در سال ۱۹۹۰ توسط ثروتی و با همکاری بورشه و گرونت تهیه و منتشر گردید (شایان و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۴). از برخی کارها در این راستا می‌توان اشاره کرده به^۲ ویاس^۲ و همکاران، (۲۰۱۳) از داده‌های IRS، cartosat 1، ETM+، TM و STRM برای استخراج عوارض هیدروژئومورفولوژیک در منطقه ماندساور هند استفاده کردند و توپوگرافی، خطوط زهکشی، اشکال زمین، دره‌ها و خاک‌ها را از داده‌های مورد استفاده استخراج کردند. لی و مون^۳ (۲۰۰۲) خطواره‌ها از تصاویر TM لندست و JERS-1 SAR و DEM برای کاربردهای زمین‌شناسی را استخراج کردند. در این تحقیق از چندین داده فضایی شامل تصاویر TM لندست و JERS-1 SAR و DEM برای استخراج خودکار خطواره‌های زمین‌شناسی در جنوب شبه جزیره کره استفاده شد. تکنیک تغییر شکل هوگ^۴ در اینجا برای

¹ Hubbard and Glasser

² vyas

³ Lee and Moon

⁴ Hough transform technique

استخراج خطواره از داده‌های فضایی باینری پیش پردازش شده استفاده شد. احسانی (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های SRTM با قدرت تفکیک ۹۰ متر، پس از بدست آوردن پارامترهای مختلف، با کمک معادلات درجه دوم دومتغیری که بر روی مدل رقومی ارتفاع مستخرج از داده‌های راداری صورت گرفت، آنها را به عنوان ورودی شبکه عصبی - الگوریتم شبه خودسازنده مورد استفاده قرار داد. نتایج حاصله نشان داد که با بهره‌گیری از این الگوریتم یاردانگ لوت به صورت نیمه اتوماتیک و با سرعت و دقت بالا پهنه بندی می‌گردد. میرعابدینی و همکاران (۱۳۹۲) گسل‌های البرز مرکزی را با استفاده از داده‌های ASTER به روش خودکار و بصری استخراج کردند. در پایان نتایج با نقشه زمین شناسی مقایسه شد و نشان داد در روش خودکار همخوانی کمتری نسبت به روش بصری در استخراج گسل‌ها وجود دارد. ملکی و همکاران (۱۳۹۲) در کلات نادری برای استخراج خطواره‌ها و شکستگی‌ها از تصاویر SAR و ETM+ استفاده کردند که نتایج نشان دهنده عملکرد خوب الگوریتم کشف لبه‌ی کنی در شناخت شکستگی‌های موجود، اصلی، تراست‌ها و... بود. فیسای^۱ و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از یک روش خودکار از تصاویر لندست ۵ برای استخراج آب‌ها در دانمارک استفاده کردند، نتایج تحقیق نشان دهنده بهبود ۲۵ تا ۵۰ درصد در شاخص‌های مختلف صحت‌سنجی نسبت به دیگر روش‌های استخراج آب بود.

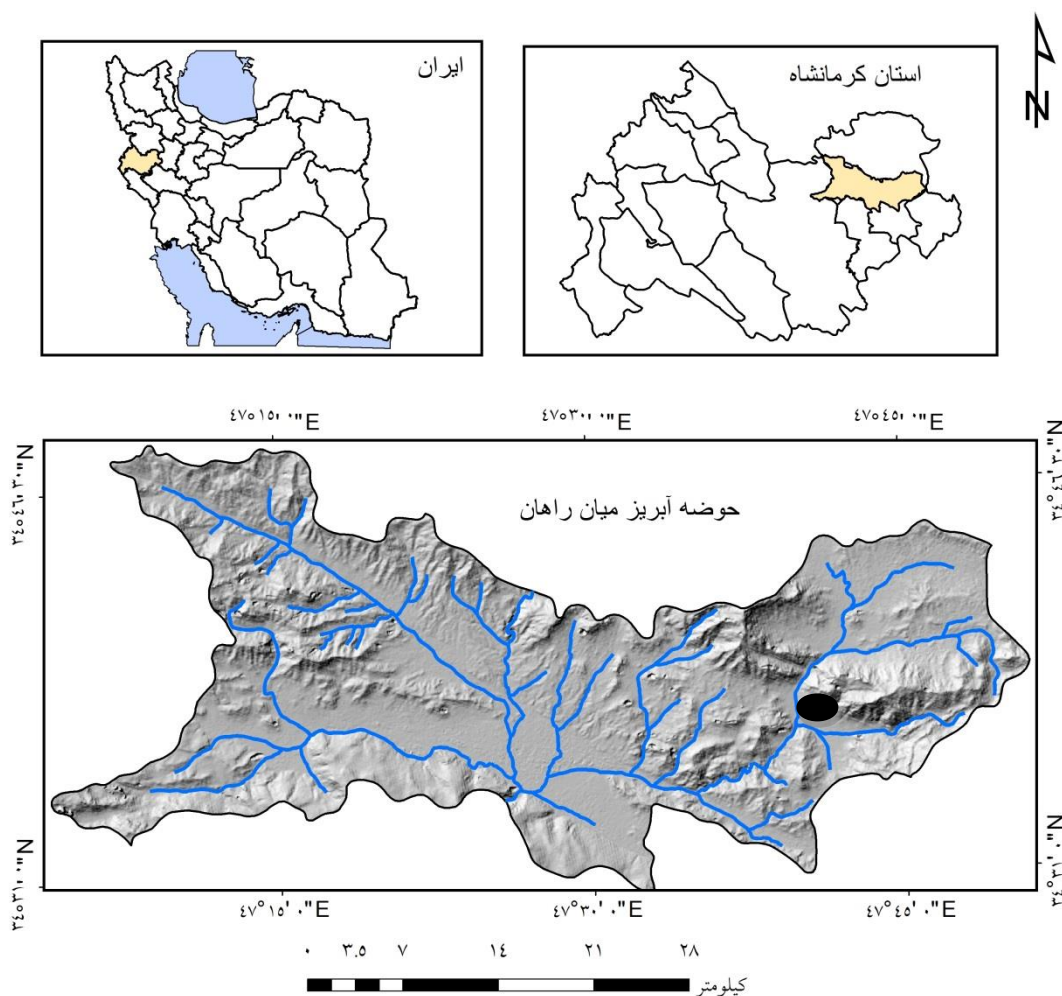
هدف از این مطالعه ارزیابی توانایی باند پن کروماتیک سنجنده OLI برای استخراج عوارض و پدیده‌های سطح زمین است.

مواد و روش‌ها:

منطقه مورد مطالعه:

حوضه میانراهان در غرب ایران و استان کرمانشاه قرار دارد. بطورکلی این حوضه در حدود ۷۵ درصد از شهرستان صحنه را دربر گرفته است و بطور جزئی در شهرستانهای کرمانشاه و سنقر نیز امتداد یافته است. مساحت حوضه بیش از ۱۱۷۲ کیلومتر مربع می‌باشد. طول جغرافیایی مرکز هندسی حوضه در حدود ۴۷ درجه و ۲۷ دقیقه و عرض جغرافیایی آن ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه می‌باشد. این حوضه از نظر ژئومورفولوژی محل تلاقی دو واحد ژئومورفولوژی زاگرس شکسته (زاگرس مرتفع) و واحد سنندج سیرجان می‌باشد. واحد سنندج - سیرجان با کوه‌های اطراف مریوان شروع شده و مستقیماً در جهت جنوبشرق تا کوه‌های پراکنده بین چاله‌های سیرجان تا جازموریان امتداد می‌یابد. کوه‌های این واحد از سمت جنوبغرب به زاگرس مرتفع چسپیده است. بنحوی که تنها از نقطه نظر ژئوفیزیکی به وسیله خط شکستگی اصلی زاگرس (تراست زاگرس) از آن قابل تفکیک است. در طبیعت تنها در بعضی مسیرها، دشت‌ها و دره‌های وسیع مانند دشت میانراهان - کامیاران، کنگاور، دره نهاوند و دشت بروجرد که امتداد گسل زاگرس را مشخص کرده‌اند، واحد سنندج - سیرجان را از واحد زاگرس جدا کرده‌اند (علایی، ۱۳۹۰: ۱۳۶).

^۱ Feyisa



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه (منطقه مشخص شده در نقشه شهر صحنه است)

داده‌های مورد استفاده:

سنجنده OLI، سری هشتم از ماهواره مشاهده زمینی آمریکایی لندست است و هفتمین تجربه موفق لندست می‌باشد (چرا که پرتاب لندست ۶ موفقیت آمیز نبود). لندست ۸ در تاریخ ۱۱ فوریه ۲۰۱۳ به فضا پرتاب شد. مدارگردش ماهواره خورشید آهنگ است و تمایل مداری ۹۸/۱ درجه است و زمان گردش آن ۹۸/۸۳ دقیقه است. این ماهواره دارای ۱۱ باند است، که باندهای ۱ تا ۷ و باند ۹، باندهای چندطیفی هستند. باند ۸ پن‌کروماتیک، باندهای ۱۰ و ۱۱ نیز باندهای حرارتی این سنجنده می‌باشند. فرمت داده‌های این سنجنده Geotiff می‌باشد. و بازنمونه‌گیری تصحیح هندسی آن با روش پیچش مکعبی انجام گرفته است. خطای مدور برای باندهای غیر حرارتی ۱۲ متر است که در ۹۰ درصد مواقع دارای صحت جهانی و قابل اعتماد است. این میزان خطا برای داده‌های باندهای حرارتی ۴۱ متر و در ۹۰ درصد مواقع دارای صحت جهانی و قابل اعتماد است. همچنین این سنجنده

دارای توان تفکیک رادیومتریکی ۱۶ بیتی است و دامنه بین ۰ تا ۶۵۵۳۵ را دربر می‌گیرد. توان تفکیک زمانی نیز ۱۶ روز است (دانشگاه یاله^۱ ۲۰۱۳ و سازمان زمین شناسی آمریکا^۲ ۲۰۱۳).

جدول-۱: طول موج‌های تصاویر سنجنده OLI

شماره باند	محدوده طیفی / کارکرد	توان تفکیک مکانی	طول موج
باند ۱	هواویز / ساحل	۳۰ متر	۰/۴۳۳-۰/۴۵۳ میکرومتر
باند ۲	آبی	۳۰ متر	۰/۴۵۰-۰/۵۱۵ میکرومتر
باند ۳	سبز	۳۰ متر	۰/۵۲۵-۰/۶۰۰ میکرومتر
باند ۴	قرمز	۳۰ متر	۰/۶۳۰-۰/۶۸۰ میکرومتر
باند ۵	مادون قرمز نزدیک	۳۰ متر	۰/۸۴۵-۰/۸۸۵ میکرومتر
باند ۶	مادون قرمز کوتاه-۱	۳۰ متر	۱/۵۶۰-۱/۶۶۰ میکرومتر
باند ۷	مادون قرمز کوتاه-۲	۳۰ متر	۲/۱۰۰-۲/۳۰۰ میکرومتر
باند ۸	باند پانکروماتیک	۱۵ متر	۰/۵۰۰-۰/۶۸۰ میکرومتر
باند ۹	باند ابر (ضمیمه چندطیفی)	۳۰ متر	۱/۳۶۰-۱/۳۹۰ میکرومتر
باند ۱۰	مادون قرمز بلند (حرارتی-۱)	۱۰۰ متر	۱۰/۳۰-۱۱/۳۰ میکرومتر
باند ۱۱	مادون قرمز بلند (حرارتی-۲)	۱۰۰ متر	۱۱/۵-۱۲/۵ میکرومتر

در این مطالعه از تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست استفاده شده است. تاریخ تصویربرداری ۲۰۱۵ / ۰۵ / ۲۲ می‌باشد و همچنین ساعت گذر ماهواره، ساعت ۲۶:۰۷ به وقت گرینویچ است. زاویه آزیموت خورشید ۱۲۲/۷۷۰۶۱۵۱۷ و زاویه ارتفاع خورشید ۶۶/۸۸۶۰۷۸۵۰ می‌باشد. عرض جغرافیایی چهارگوشه تصویر به ترتیب چپ پایین ۳۹/۹۳۶، راست پایین ۳۳/۵۴۵، چپ بالا ۳۵/۶۶۳ و راست بالا ۳۵/۲۷۲ می‌باشند. طول‌های جغرافیایی نیز به ترتیب چپ پایین ۴۵/۷۷۷، راست پایین ۴۵/۷۷۶، چپ بالا ۴۶/۲۶۴ و راست بالا ۴۸/۲۸۵ می‌باشند (لازم به ذکر است تمام مختصات‌های جغرافیایی به درجه است). برای تشخیص عوارض از باند پنکروماتیک با توان تفکیک ۱۵ متر استفاده شد.

روش استخراج عوارض:

همانطور که بیان شد برای استخراج عوارض از برای این مطالعه از باند پنکروماتیک سنجنده OLI که توان تفکیک ۱۵ متر دارد استفاده شد. برای تصحیح هندسی، ۱۵ نقطه کنترل زمینی از Arc GIS Online و لایه World Imagery انتخاب شد و از روش باز نمونه‌گیری پیچش مکعبی (به دلیل اینکه این روش برای تفسیر چشمی مناسب است) استفاده شد. برای تصحیح رادیومتریکی از روش FLAASH استفاده شد. برای استخراج عوارض از روش

¹ Yale University

² USGS

تفسیر بصری استفاده شد که این روش متکی بر دانش مفسر از تصاویر ماهواره‌ای و عملی که راجع به آن استخراج اطلاعات می‌نماید است. این روش متکی بر هشت کلید اصلی تفسیر، یعنی شکل، اندازه، تن، مکان، الگو، تجمع، بافت و سایه است (درویش صفت و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۸۶). ابتدا چهار عارضه تیغه، دره، مخروط افکنه و واریزه از تصویر لندست ۸ استخراج گردید. در نهایت برای داده‌ها مرجع زمینی از کل منطقه بازدید شده بود و شناخت خوبی وجود داشت، سپس از تصاویر لایه World Imagery که توان تفکیک مکانی در حدود یک متر دارند به روش تفسیر بصری داده‌های صحت سنجی مرجع زمینی آماده شدند.

ارزیابی صحت عوارض ژئومورفولوژیک:

مطالعات بسیاری در خصوص قطعه‌بندی تصاویر انجام گرفته است. با نگاهی به این مطالعات متوجه خواهیم شد که برای ارزیابی صحت قطعه‌بندی بیشتر بر نسبت مساحت قطعه‌های صحیح تشخیص داده شده بر مساحت کل قطعات مورد نظر متکی است. تعدادی از این مطالعات برای مطالعه بیشتر عبارتند از (بنز^۱ و همکاران؛ ۲۰۱۴، کلیتون^۲ و همکاران؛ ۲۰۱۰، مولر^۳ و همکاران؛ ۲۰۰۷، ویندر^۴؛ ۲۰۰۸ و ژان^۵ و همکاران؛ ۲۰۰۵). همانطور که گفته شد ارزیابی صحت آنها متکی بر تقسیم مساحت قطعات صحیح تشخیص داده شده بر مساحت کل قطعات مورد نظر است. اما بنا به دلایلی از جمله اینکه در ارزیابی صحت قطعه‌بندی عوارض ژئومورفولوژی تشخیص واحد عارضه مهمتر از مساحت آن است (البته میزان مساحت عوارض نیز مهم است، اما در درجه اهمیت پایتیر از تشخیص واحد آن دارد، چراکه ابتدا باید عارضه تشخیص داده شود سپس مساحت آن اهمیت پیدا خواهد کرد). دلیل دوم این است که تفاوت توان تفکیک تصاویر با داده‌های مرجع زیاد می‌باشد و برای این مورد باید از طبقه‌بندی یا قطعه‌بندی از نوع فازی استفاده کرد (بدین دلیل در پیکسل‌های مرزی، اختصاص دادن یا ندادن پیکسل به عارضه مورد نظر می‌تواند تفاوت زیادی در نتیجه بوجود آورد). دلیل سوم نیز می‌تواند اینگونه بیان کرد که، ارزیابی صحت فاکتور مساحت برخی از عوارض استخراج شده در این مطالعه از جمله تیغه و تا حدودی نیز دره ضروری نمی‌باشد. برای این منظور و بنا به دلایلی که گفته شد از روش دیگری برای این مطالعه استفاده که مبنای آن صرفاً بر تشخیص یا عدم تشخیص عوارض و تشخیص اشتباه عوارض بنا شده است.

شاخص‌های ارزیابی:

جهت ارزیابی کمی نتایج این تحقیق از شاخص‌های عارضه مبنای استفاده شد. شاخص‌های مورد استفاده در این کامل بودن یا کاملیت (دقت)، صحیح بودن یا صحت، کیفیت و ضریب کاپا هستند. برای استفاده از این شاخص‌ها باید فاکتورهای مورد استفاده در هر شاخص معرفی گردند.

¹ BENZ
² CLINTON
³ MÖLLER
⁴ Weidner
⁵ ZHAN

۱. درست - مثبت: تعداد واحد عوارضی که هم در داده‌های مرجع وجود دارد و هم در نتایج کار وجود دارد. به- بیان دیگر یعنی تعداد واحد عارضه‌ای که موفق به تشخیص درست آن به عنوان عارضه ژئومورفولوژیک شده- ایم. در این در این تحقیق فاکتور با علامت اختصاری TP نشان داده می‌شود.
۲. غلط - مثبت: تعداد واحد عوارضی که در داده‌های مرجع وجود ندارد ولی در نتیجه کار به عنوان عارضه ژئومورفولوژیک موردنظر تشخیص داده شده است. در این تحقیق این فاکتور با علامت اختصاری FP نشان داده می‌شود.
۳. غلط - منفی: تعداد واحد عوارضی که در داده‌های مرجع وجود دارد ولی در نتایج کار تشخیص داده نشده است. در این تحقیق این فاکتور با علامت اختصاری FN نشان داده می‌شود.

کامل بودن یا کاملیت (دقت): این شاخص به این مفهوم است که چند درصد از عوارض که در داده‌های مرجع بعنوان عوارض ژئومورفولوژیک وجود داشته و در نتیجه کار بعنوان عوارض ژئومورفولوژیک موردنظر تشخیص داده شد است. در این شاخص واحد عوارضی که مربوط به عوارض دیگر هستند و به اشتباه تشخیص داده شده‌اند، تاثیری در مقدار این شاخص ندارند؛ بنابراین این شاخص بصورت رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$\text{Completeness} = (TP/TP + FN) * 100 \quad [1]$$

صحیح بودن یا صحت: این شاخص به منظور درستی و صحت قطعه‌بندی و طبقه‌بندی بکار گرفته می‌شود. این شاخص بدین مفهوم است که چند درصد عوارض که در نتایج بعنوان عوارض ژئومورفولوژیک تشخیص داده شده‌اند و در داده‌های مرجع هم همان عوارض هستند. در این شاخص واحد عوارضی که در داده‌های مرجع بودند اما در نتیجه کار تشخیص داده نشده‌اند، تاثیری بر مقدار این شاخص ندارند؛ این شاخص بصورت رابطه زیر قابل تعریف است.

$$\text{Correctness} = (TP/TP + FP) * 100 \quad [2]$$

کیفیت: این شاخص معیاری است برای ارزیابی نتایج که هم شاخص صحیح بودن و هم شاخص کامل بودن را در نظر می‌گیرد (طالبی، ۱۳۹۳: ۶۷).

$$\text{Quality} = (TP/TP + FP + FN) * 100 \quad [3]$$

ضریب کاپا: دقت کلی فقط نشان دهنده سازگاری بین داده‌های طبقه‌بندی شده با داده‌های مرجع است. و هیچ اطلاعاتی از سطح اطمینان بدست نمی‌دهد که نشان دهنده اندازه سازگاری بین مقیاس‌های مکرر باشد. همچنین با استفاده از دقت کل نمی‌توان دو ماتریس اختلاط متفاوت را باهم مقایسه کرد که آمار کاپا این مشکلات را حل می‌کنند. اگر یکی از ماتریس‌های اختلاط بطور معناداری با سایرین اختلاف داشته باشد، در اینصورت می‌توان از ضریب کاپا که یک تکنیک چند متغیره مجرا برای تصمیم‌گیری‌های آماری است استفاده کرد. کاپا براساس دقت کلی

و سازگاری تصادفی شکل می‌گیرد. و نشان دهنده این است که یک طبقه‌بندی تا چه اندازه می‌تواند بهتر از یک طبقه‌بندی تصادفی باشد (کونگلاتون و گرین؛ ۱۹۹۹: ۶۵ و توکلی‌صوبه؛ ۲۰۱۱: ۶۷). برای بدست آوردن ضریب کاپا باید محاسبات براساس روابط زیر انجام گیرد.

$$P_{ij} = n_{ij} / n \quad [4]$$

نحوه محاسبه این رابطه بدین گونه است که تک تک سلول‌های ماتریس اختلاط بر مجموع کل تقسیم گردد.

$$P_{i+} = \sum_{j=1}^k P_{ij} \quad [5]$$

P_{i+} نشان دهنده مجموعه نمونه‌هایی است که برای یک کلاس طبقه بندی شده است. P_{i+} برابر با مجموع P_{ij} های هر سطر است.

$$P_{+j} = \sum_{i=1}^k P_{ij} \quad [6]$$

P_{+j} نشان دهنده مجموعه نمونه‌هایی است که به یک کلاس تعلق دارد. P_{+j} برابر با مجموع P_{ij} های هر ستون است.

$$P_0 = \sum_{i=1}^k P_{ii} \quad [7]$$

P_0 بیان کننده میانگین کاملیت‌ها یا همان دقت کلی است.

$$P_c = \sum_{i=1}^k P_{i+} * P_{+j} \quad [8]$$

P_c همان چیزی است که به بعنوان نماینده یک طبقه‌بندی تصادفی است. و از حاصل جمع ضرب متناظر P_{+j} در P_{i+} بدست می‌آید.

$$K = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \quad [9]$$

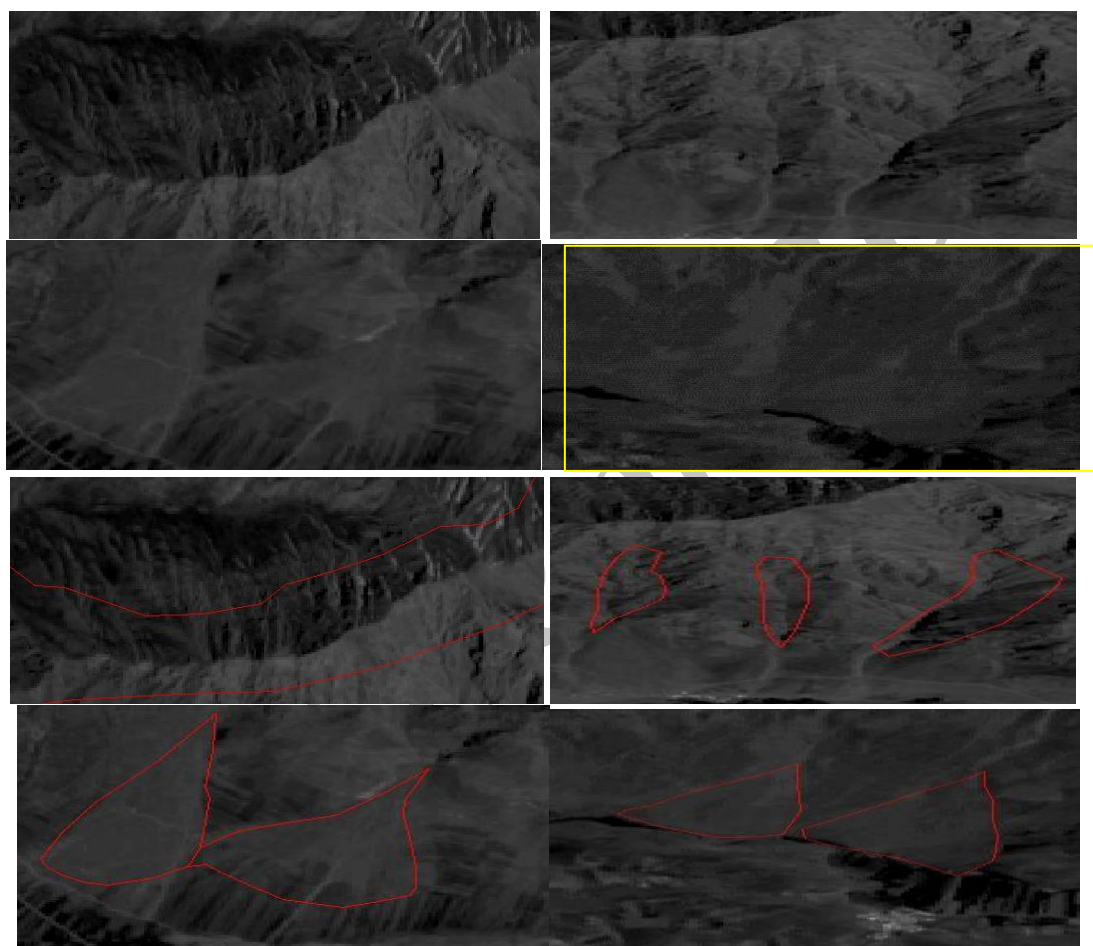
K نشان دهنده ضریب کاپا است که تمام فاکتورهای آن قبلا معرفی گشته‌اند.

نتایج:

برای صحت سنجی کار انجام شده، به دلیل اینکه هم داده‌های مرجع زمینی و داده‌های حاصل از استخراج عوارض از باندهای پن کروماتیک تصویر به صورت برداری بودند از روش روهام قرارداد لایه‌ها استفاده شد. در جدول ۲ تعداد واحدهای تشخیص داده شده از لایه World Imagery آورده شده است. که براساس آن میزان موفقیت لندست ۸ در استخراج عوارض سطح زمین سنجیده خواهد شد.

جدول ۲- تعداد واحدهای عارضه تشخیص داده شده مبنا از World Imagery

تعداد	عارضه
۱۵۰	دره
۱۲۹	تیغه
۶۴	مخروط افکنه
۵۴	واریزه



شکل (۲): نمایش دهنده استخراج عوارض از تصویر لندست (قسمت الف عوارض روی تصویر و قسمت ب مشخص شدن پهنه عارضه بر روی تصویر) که به ترتیب دره، تیغه، مخروط افکنه و واریزه است.

شکل ۲ نمایش دهنده نمونه‌ای از استخراج عارضه‌های مورد بررسی در این تحقیق است. در قسمت الف نشان دهنده عوارض بر روی تصویر است و در قسمت ب همان عوارض استخراج شده و پهنه آن‌ها مشخص است که به ترتیب از راست به چپ و از بالا به پایین دره، تیغه، مخروط افکنه و واریزه است.

ارزیابی کمی استخراج عوارض از تصویر لندست

با توجه به مواردی که گفت شد، در این قسمت نسبت به میزان موفقیت تشخیص عوارض از تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست را ارائه خواهیم داد. در جدول ۳ نتایج اولیه تشخیص عوارض از تصویر لندست آورده شده است.

جدول-۳: ماتریس اختلاط استخراج عوارض از تصویر سنجنده OLI لندست

	دره	تیغه	مخروطافکنه	واریزه	غیره	مجموع
دره	۹۹	۰	۰	۰	۱۹	۱۱۸
تیغه	۰	۸۷	۰	۰	۱۲	۹۹
مخروطافکنه	۰	۰	۳۸	۰	۳	۴۱
واریزه	۰	۰	۰	۳۰	۲۴	۵۴
غیره	۵۱	۴۲	۲۶	۲۴	۰	-
مجموع	۱۵۰	۱۲۹	۶۴	۵۴	۰	۳۸۷

در جدول ۴ نتایج بصورت شاخص‌های ارزیابی موفقیت تصاویر سنجنده OLI، که عبارتند از صحت، دقت و کیفیت، کاپا آورده شده است.

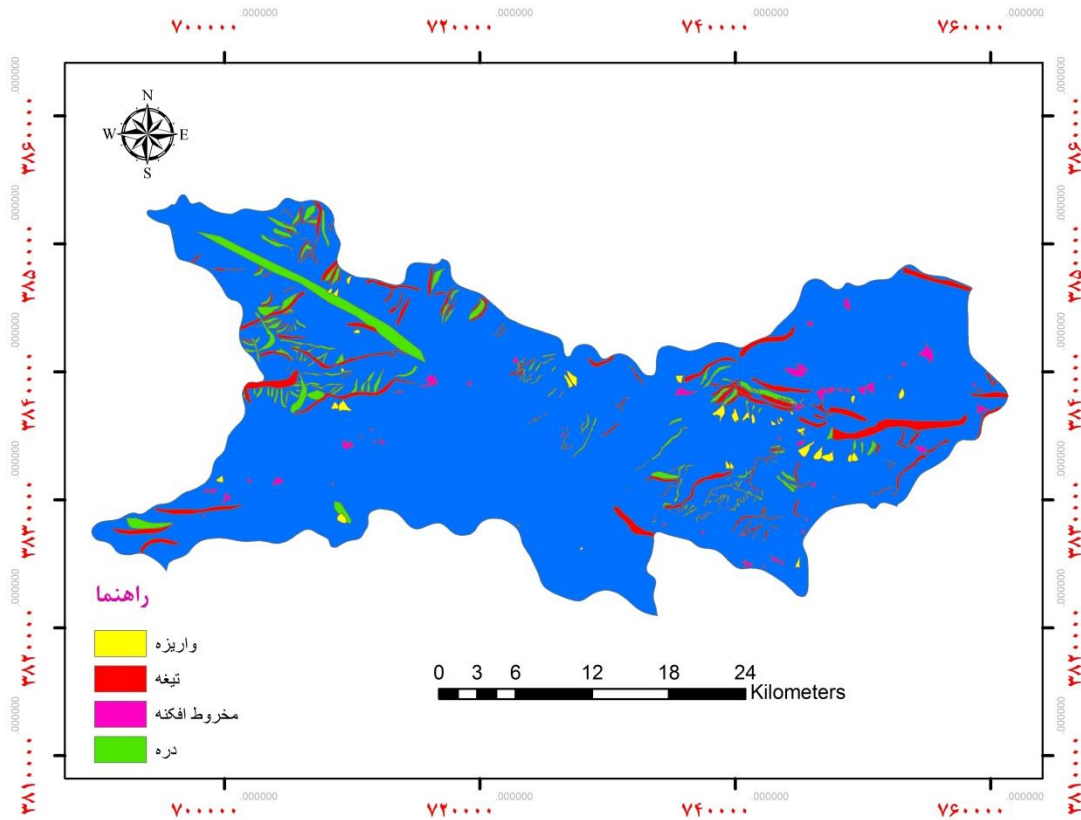
جدول-۴: ارائه صحت، دقت و کیفیت و کاپا استخراج عوارض ژئومورفولوژیک از تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست

کاپا	کیفیت	کاملیت (دقت)	صحت	عارضه
	۵۸/۵۸٪	۶۶٪	۸۳/۹۰٪	دره
۴۹/۷۴٪	۶۱/۷٪	۶۷/۴۴٪	۸۷/۸۸٪	تیغه
	۵۶/۷۲٪	۵۹/۳۸٪	۹۲/۶۸٪	مخروطافکنه
	۳۸/۴۶٪	۵۵/۵۵٪	۵۵/۵۵٪	واریزه

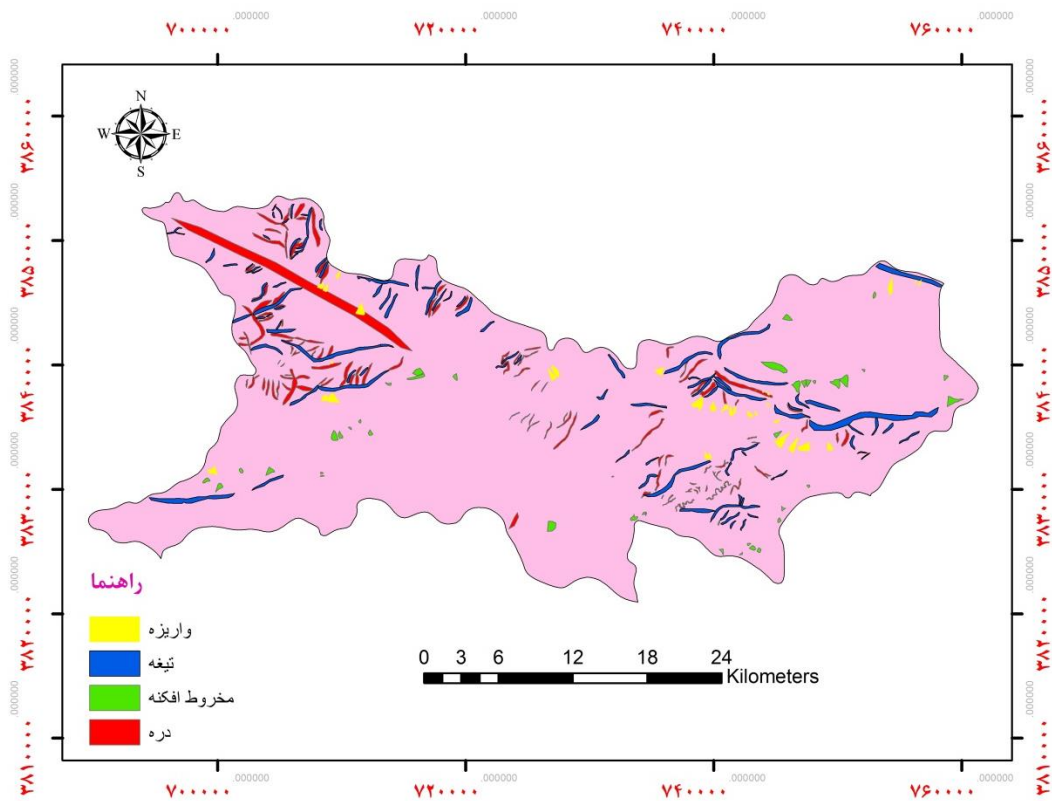
جدول-۵: ارائه شاخص‌های کلی استخراج عوارض ژئومورفولوژیک از تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست

کیفیت کلی	دقت کلی	صحت کلی
۵۳/۸۷٪	۶۲/۰۱٪	۸۰٪

در شکل ۳ عوارض استخراج شده از لایه World Imagery آورده شده است که از این داده‌ها برای آوردن میزان صحت استخراج عوارض از تصاویر لندست ۸ استفاده شده است. شکل ۴ هم نشان دهنده نقشه حاصل از استخراج چهار عارضه تیغه، دره، مخروطافکنه و واریزه از باند پن‌کروماتیک سنجنده OLI است.



شکل (۳): تشخیص عوارض ژئومورفولوژی از تصاویر لایه World Imagery



شکل (۴): تشخیص عوارض ژئومورفولوژی از تصاویر لندست ۸

نتیجه‌گیری و بحث:

در این مقاله کوشش شد که پتانسیل باند پن‌کروماتیک تصاویر لندست ۸ برای تهیه نقشه اشکال زمین مورد بررسی قرارگیرد. از آنجا که تصاویر لندست در محدوده اپتیک با دید تقریباً قائم برداشت می‌شوند، انتخاب ۴ عارضه به‌گونه‌ای شکل گرفت که فقط نماینده عوارض نباشد که با دید قائم بهتر دیده می‌شوند، یا بلعکس با دید قائم خوب دیده نمی‌شوند. از این رو دو عارضه تیغه و دره با این پیش فرض انتخاب شدند که با دید قائم بهتر دیده می‌شوند. و دو عارضه مخروط‌افکنه و واریزه بدلیل قرارگیری در پای ارتفاعات با دید قائم به خوبی دیده نمی‌شوند و مستلزم دیدی مایل یا پهلونگر همانند سیستم تصویربرداری رادار هستند.

نتایج حاصل از استخراج عوارض از تصویر لندست با عوارض استخراج شده از لایه World Imagery مورد مقایسه قرارگرفت. با مشاهده قسمت مربوط به صحت‌ها در می‌یابیم که مخروط‌افکنه بیشترین صحت و واریزه کمترین صحت را داشته‌اند. شاخص صحت کل نشان دهنده صحت ۸۰ درصدی است. با توجه قسمت مربوط به دقت مشخص می‌شود که بیشترین دقت را تیغه داشته و کمترین دقت را واریزه، همچنین دقت کل برابر ۶۲/۰۱ درصد است. همچنین تیغه‌ها بهترین کیفیت و واریزه‌ها بدترین کیفیت را داشته‌اند و کیفیت کل نیز برابر ۵۳/۸۷ است. ضریب کاپا برای این مطالعه برابر ۴۹/۷۴ درصد می‌باشد.

با توجه به نتایج بدست آمده از شاخص‌های صحت، دقت و کیفیت در می‌یابیم که استخراج همه عوارض بجز واریزه، با توجه به قدرت تفکیک تصویر مورد استفاده در حد قابل قبولی است. ضریب کاپا نشان دهنده این است که قطعه‌بندی انجام شده از تصاویر در حد زیادی قابل قبول و صحیح است. از دلایل پایین بودن شاخص‌ها برای استخراج واریزه می‌توان به این نکته اشاره کرد که واریزه‌ها غالباً پهنه کوچکی را دربر می‌گیرند و دلیل دوم اینکه چون واریزه‌ها غالباً در پای ارتفاعات با شیب زیاد هستند، معمولاً از دید قائم تصویر لندست تا حد زیادی پنهان می‌مانند.

نتایج این مقاله مشخص می‌سازد که نقشه‌های استفاده از تصاویر لندست ۸ (OLI) روشی کاملاً رایگان و سریع در مقایسه با روش نقشه‌برداری زمینی برای استخراج عوارض و پدیده‌های سطح زمین است. همچنین با استفاده از این روش و این داده‌ها می‌توان به نسبت به زمان و هزینه صرف شده به دقت بالایی از استخراج عوارض دست یافت.

اگر این مطالعه را در مقایسه با سایر مطالعات قرار دهیم، شینگ و کاشال (۲۰۰۶) منطقه مورد مطالعه خود را به پنج ناحیه تقسیم کردند، بدون اینکه برای صحت و اعتبار آن معیار مشخصی نشان دهند. میرعابدینی و همکاران (۱۳۹۲) نیز دریافتند که روشهای تفسیر بصری (همانند این مطالعه) کارایی بیشتری نسبت به روشهای خودکار دارند. این مطالعه در مقابل نتایج تحقیق فیسا و همکاران (۲۰۱۴)، ملکی و همکاران (۱۳۹۲)، میرعابدینی و همکاران (۱۳۹۲)، لی و مون (۲۰۰۲) که هر کدام از داده‌های مختلفی برای تشخیص عوارض و پدیده‌های سطح زمینی از داده‌های مختلف استفاده کردند. این مطالعه مشخص کرد که باند پن‌کروماتیک لندست ۸ توانایی خوبی در عوارض انتخاب شده در این تحقیق، بجز واریزه داشته است. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی از تصاویر سایر سنجنده‌های

اپتیک و تصاویر سنجنده‌های راداری در استخراج دیگر عوارض ژئومورفولوژیک استفاده گردد، همچنین بعنوان پیشنهاد دیگر می‌توان همین عوارض را با روش‌های خودکار استخراج نمود و با نتایج این تحقیق مقایسه گردد.

منابع:

- ۱- احسانی، امیرهوشنگ، (۱۳۸۹). ژئومورفومتری مگایاردانگ‌های لوت. پژوهش‌های جغرافیایی کمی، شماره ۳ (پیاپی ۷۴) ۶۳-۷۸.
- ۲- اسلمی، فرنوش. قربانی، اردوان. سبحانی، بهروز. پناهنده، محسن. (۱۳۹۴). مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و شی‌گرا در استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر لندست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ششم، شماره ۳. ۱-۱۴.
- ۳- درویش صفت، علی اصغر، پیر باوقار، ممتاب. رحمتی‌پور، منیژه. (۱۳۹۰). سنجش از دور برای مدیران GIS. استن آرنف. انتشارات دانشگاه تهران. تهران، ۷۲۰.
- ۴- دلیر، حمید و رمضان‌زاده لسبویی. مهدی. (۱۳۸۸). اهمیت مطالعات ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی در راستای دستیابی به توسعه پایدار (مطالعه موردی استان گیلان). مجله آمایش سرزمین، ۱ (۱). ۱۲۱-۱۳۹.
- ۵- شایان، سیاوش، زارع، غلامرضا، امیری، شهرام (۱۳۹۰) نقشه‌های ژئومورفولوژی، تاریخچه، ضرورت و کاربرد. سپهر ۲۰ (۷۹) ۳۷-۴۵.
- ۶- کوک. آر. یو، جی. سی. کمب (۱۳۷۷). ژئومورفولوژی و مدیریت محیط، ترجمه: شاپور گودرزی نژاد، جلد اول، انتشار سمت. تهران، ۳۸۴.
- ۷- علایی طالقانی، محمود. (۱۳۹۰). ژئومورفولوژی ایران. انتشارات قومس. تهران، ۳۶۰.
- ۸- طالبی، محمد (۱۳۹۳) استخراج اتوماتیک جاده از تصاویر لیدار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه خوارزمی؛ گروه سنجش از دور - استاد راهنما پرویز ضیاییان.
- ۹- قربانیان، جبرائیل. شمسایی، مازیار (۱۳۸۷). تهیه و تفسیر نقشه ژئومورفولوژی اهواز به کمک GIS کاربرد آن در برنامه ریزی محیطی. علوم جغرافیایی ش ۹، ۱۰. ۱۲۵-۱۳۹.
- ۱۰- محمدی، ملیحه. سیف، عبدالله. (۱۳۹۳). بررسی روند تغییرات رخساره‌های ژئومورفولوژی مخروطه دلتای زاینده‌رود با استفاده از سنجش از دور. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال پنجم، شماره ۱. ۴۵-۵۹.
- ۱۱- ملکی، رضا، مختارزاده، مهدی. آبکار، علی اکبر، ولدان زوج، محمدجواد، غفوری، علی، ملکی، مهرداد (۱۳۹۲). تهیه نقشه زمین‌شناسی شکستگی‌ها و خطواره‌ها از تصاویر چند طیفی و تصاویر رادار روزانه SAR (مطالعه مورد تصویر منطقه کلات نادری). اکتشافات و تولید نفت و گاز. ۱۰۸، ۹۲-۱۰۰.
- ۱۲- میرزایی‌زاده، وحید. نیک‌نژاد، مریم. اولادی قادی‌کلایی، جعفر. (۱۳۹۴). ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده غیرپارامتریک در تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ششم، شماره ۳. ۲۹-۴۴.

- ۱۳- میرعابدینی، مریم سادات، شتایی، شعبان و مریم آق آتابای. (۱۳۹۲). استخراج گسل های البرز مرکزی با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER به روش بصری و رقومی خودکار. جغرافیا و مخاطرات محیطی ۴۹-۶۴.
- 14- BENZ, U.C., H OFMANN, P., WILLHAUCK, G., LINGENFELDER, I. and H EYNEN, M., 2004, Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 58, pp. 239–258.
- 15- Chaouch, N., Temimi, M., Hagen, S., Weishampel, J., Medeiros, S., & Khanbilvardi, R. (2012). A synergetic use of satellite imagery from SAR and optical sensors to improve coastal flood mapping in the Gulf of Mexico. *Hydrological Processes*, 26(11), 1617-1628.
- 16- Congalton, R. and K. Green. 1999. "Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices". CRC/Lewis Press, Boca Raton, FL. 137 p.
- 17- Cía, J. C., & Andrés, A. J. (2008). Geomorphological map of the Alta Ribagorza (Central Pyrenees, Spain). *Journal of Maps*, 4(1), 235-247.
- 18- CLINTON, N., HOLT, A., SCARBOROUGH, J., YAN, L. and GONG, P. 2010, Accuracy assessment measures for object-based image segmentation goodness. *Photogrammetric & Remote Sensing*, 76, pp. 289–299. Engineering.
- 19- Hubbard, B., & Glasser, N. F. (2005). *Field techniques in glaciology and glacial geomorphology*. John Wiley & Sons. p 287
- 20- Kaushal, A., & Singh, Y. (2006). Extraction of geomorphological features using radarsat data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 34(3), 299-307.
- 21- Lee, T. H., & Moon, W. M. (2002). Lineament extraction from Landsat TM, JERS-1 SAR, and DEM for geological applications. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS'02. 2002 IEEE International (Vol. 6, pp. 3276-3278)*. IEEE.
- 22- MÖLLER, M., LYMBURNER, L. and VOLK, M., 2007, the comparison index: a tool for assessing the accuracy of image segmentation. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9, pp. 311–321.
- 23- Rao, D. P. (2002). Remote sensing application in geomorphology. *Tropical Ecology*, 43(1), 49-59.
- 24- Strahler, A.H & A. Strahler, 2005. *Physical Geography Science and systems of the human environment*, Boston university, by john Wiley sons, 794p
- 25- Tavakkoli Sabour, S. M. (2011). *Multi-Temporal Classification of Crops Using ENVISAT ASAR Data*. PhD thesis. Hannover University, Germany.
- 26- USGS. (2013). *Landsat Data Continuity Mission*.
- 27- Vyas, R., & Pandey, T. K. (2013). Extraction of Hydro-Geomorphologic Features Using Satellite Data for Mandsaur District, Madhya Pradesh. *International Journal of Remote Sensing and Geoscience*, 2(3), 65-69.
- 28- Weidner, U. (2008). Contribution to the assessment of segmentation quality for remote sensing applications. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B7), 479-484.
- 29- Yale University (2013). *Yale Guide to Landsat 8 Image Processing*.
- 30- ZHAN, Q., MOLENAAR, M., TEMPFLI, K. and SHI, W., 2005, Quality assessment for geo-spatial objects derived from remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 26, pp. 2953–2974.
- 31- Feyisa, G. L., Meilby, H., Fensholt, R., & Proud, S. R. (2014). Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23-35.