



سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال پنجم / شماره ۱) بهار ۱۳۹۳

نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز

آدرس وب سایت: <http://girs.iaubushehr.ac.ir>



بررسی روند تغییرات رخساره‌های ژئومرفولوژی مخروطه دلتایی زاینده‌رود با استفاده از سنجش از دور

ملیحه محمدی^{۱*}، عبدالله سیف^۲

۱. دانشجوی دکتری ژئومرفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان

۲. استادیار دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲ اردیبهشت ۱۳۹۲

پذیرش: ۲۵ آذر ۱۳۹۲

دسترسی اینترنتی: ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۳

واژه‌های کلیدی:

آشکارسازی تغییرات

مقایسه بعد از طبقه‌بندی

رخساره ژئومرفولوژی

دلتایی زاینده‌رود

چکیده

فناوری سنجش از ابزاری برای شناسایی و بررسی تغییرات رخساره‌های ژئومرفیک است. تهیه نقشه‌های ژئومرفیک و آشکارسازی تغییرات یکی از ارکان اصلی جهت اجرای طرح‌های مربوط به ارزیابی قابلیت اراضی است. در این تحقیق تغییرات رخساره‌های ژئومرفیک مخروطه دلتایی زاینده‌رود در بازه زمانی ۲۷ ساله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MSS (۱۹۷۵) و ETM⁺ (۲۰۰۲)، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و مطالعات میدانی، مورد بررسی قرار گرفت. تصویر ماهواره‌ای ETM⁺ به روش نزدیک‌ترین همسایه با درصد خطای ۰/۱۵ و تصویر ماهواره‌ای MSS با درصد خطای ۰/۱۸ تصحیح هندسی گردید. برای هر تصویر با استفاده از پروفیل طیفی و شاخص PCA بهترین ترکیبات رنگی کاذب تهیه گردید. پس از استرجح خطی با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده نقشه رخساره‌های هر دو تصویر با دقت کلی ۶۲٪ (MSS ۱۹۷۵) و دقت کلی ۷۴٪ (ETM⁺ ۲۰۰۲) تهیه گردید. نقشه‌های حاصله با استفاده از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که رخساره زمین‌های پف‌کرده از ۱۳ کیلومتر مربع (MSS ۱۹۷۵) به ۲۶ کیلومتر مربع (ETM⁺ ۲۰۰۲)، و رخساره پهنه ماسه‌ای-رسی نیز از ۴۵ به ۵۲ کیلومتر مربع افزایش وسعت داشته است. در حالی که بقیه واحدها به دلیل حاکم بودن شرایط خشکسالی و در پاره‌ای از موارد تغییر کاربری اراضی با کاهش مساحت مواجه بوده‌اند.

* mohamadim395@gmail.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

مخروطه‌های دلتایی از جمله ژئومرفرم‌های حاصل از جریانات متمرکز آبی هستند که از به جای ماندن رسوبات در دهانه رودخانه‌ها به شکل مخروطی ایجاد می‌گردند. دلتای زاینده‌رود انتهای‌ترین فرم تراکمی رودخانه زاینده‌رود واقع در شمال تالاب گاوخونی در جنوب شرق استان اصفهان می‌باشد. از آنجا که دریاچه قدیمی گاوخونی توسط شعبات متمرکزی در پیرامون تغذیه می‌شده، لذا به دنبال پسروری و پیشروی این دریاچه در دوره‌های سرد و گرم پیشین موقعیت دلتاهای به وجود آمده نیز تغییر می‌کند. دلتاهای بزرگ در این منطقه با قدیمی‌ترین قلمروها مطابقت دارند. با رسیدن به قلمرو کنونی گاوخونی وسعت دلتاها کاهش پیدا می‌کند. چنانچه دلتای زاینده‌رود که آخرین و جدیدترین واحد فرمی ایجاد شده به وسیله جریان زاینده‌رود در مجاورت منطقه شاخ‌کنار واقع شده، دارای وسعت کمی نسبت به دلتاهای بالادست خود در مسیر رودخانه زاینده‌رود است (۴). در مطالعات ژئومورفولوژی، واحد ژئومورفولوژی به زمینی اطلاق می‌گردد که از نظر سنگ‌شناسی از یک نوع سنگ رسوبی، متبلور، دگرگونی یا آتشفشانی تشکیل شده باشد. این واحدها خود نیز دارای تقسیمات کوچک‌تری هستند که بر اساس معیارهایی به تیپ‌ها و رخساره‌ها تقسیم می‌شوند (۱).

واحدها و رخساره‌های ژئومورفولوژی با گذشت زمان تحت تأثیر عوامل طبیعی مانند تکتونیک، نوسانات اقلیم، وقوع سیل، تغییر در سطح آب رودخانه‌ها و تغییرات اکوسیستمی و عوامل انسانی نظیر تغییر در کاربری اراضی و رشد شهرها تغییر می‌یابند (۲۰).

میزان تغییرات رخساره‌های ژئومرفیک در بازه‌های زمانی مختلف از متغیرهای مهم تأثیرگذار بر روی محیط و توان‌های آن می‌باشند. ردیابی این تغییرات از موضوعات کارآمد در تعیین میزان تغییرات ژئومرفیک واحدها در قلمروهای ژئومرفیک بوده و در تعیین پتانسیل‌های معدنی و چشم‌اندازهای ژئومرفیک از نظر اقتصادی مؤثر می‌باشد (۱۴).

آشکارسازی تغییرات فرآیندی است که امکان مشاهده و تشخیص تفاوت‌ها و اختلافات سری زمانی پدیده‌ها، عارضه‌ها و الگوهای سطح زمین را فراهم می‌کند (۱۲). این روش یکی از بیشترین و مهم‌ترین کاربردهای تصاویر ماهواره‌ای در مدیریت و ارزیابی منابع طبیعی است، بنابراین نقشه تغییرات کاربری حاصل از فرآیند آشکارسازی تغییرات را می‌توان بر اساس تصاویر چندزمانه سنجش از دور تهیه نمود (۵). با توجه به اهمیت نقشه‌های ژئومورفولوژی در تهیه و اجرای طرح‌های مربوط به تعیین قابلیت ارضی می‌توان از این فرآیند در شناسایی واحدهای ژئومورفولوژی و بررسی روند تغییرات آن‌ها در بازه‌های زمانی مختلف استفاده نمود (۲۰ و ۲۱).

مقایسه بعد از طبقه‌بندی معمول‌ترین روش بکار رفته برای آشکارسازی تغییرات است که فاقد مشکلات مربوط به تصحیح رادیومتریک و اتمسفریک می‌باشد. اما از آنجا که در این روش نقشه‌های تولیدی پیکسل به پیکسل با هم مورد مقایسه قرار می‌گیرند انجام تصحیح هندسی دقیق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱۹).

توجه به فاکتورهایی که موجب تغییر در تصویر می‌شوند شامل تفاوت در سنجنده، زمان برداشت داده‌های مورد نیاز، دقت در تصحیح هندسی، شرایط جوی در هنگام تصویربرداری و باندهایی که جمع‌آوری‌کننده قسمت‌های مشابهی از طیف هستند، دارای اهمیت است. چون این عوامل می‌تواند موجب بروز تغییرات غیرواقعی بر روی تصویر شود. به عنوان مثال تغییرات فصلی می‌تواند نقش زیادی در ایجاد تغییر در فرم‌هایی داشته باشد که شامل پوشش گیاهی می‌شود. این امر منجر به پیری گیاهان و توسعه و ایجاد سایبان بر روی تصویر می‌شود. تفاوت در روز و فصل در تصویربرداری موجب آزیموت خورشیدی و ارتفاع می‌شود (۱۰ و ۱۱).

با توجه به اهمیت مطالعات آشکارسازی تغییرات تحقیقات مشابهی در سایر نقاط جهان انجام گرفته است. کاظمی و همکاران (۶) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای LandSat و IRS به تغییرات درصد پوشش و کاربری اراضی در فاصله زمانی ۱۹۹۸-۲۰۰۵ در حوضه آبخیز تنگ بستانک استان فارس

تغییرات در قسمت‌های غرب و شمال غرب آن اتفاق افتاده است.

کیم و دایگل (۱۶) اثرات استراتژی‌های مدیریتی جهت بازسازی پوشش گیاهی در منطقه ارتفاعات کادیلاک با تصاویر چندزمانه متعلق به سال‌های ۱۹۷۹، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۷ را مورد مطالعه قرار داده و به آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی در دوره زمانی مذکور پرداختند. فوکان و همکاران (۲۲) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه IRS-LISS-III و LandSat ETM⁺، تغییرات پوشش اراضی در ناحیه آسان هند را بررسی کردند. محمدی و سیف (۲۱) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست از سنجنده‌های MSS TM و ETM⁺ به بررسی روند تغییرات واحدهای ژئومرفیک حوضه بیابانی میغان واقع در استان مرکزی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد مساحت واحدها با گذشت زمان به دلیل تغییر در شرایط آب و هوایی و تغییر در کاربری اراضی تغییر یافته است.

کلیسنلی (۱۷) وضعیت پوشش گیاهی، گونه جانوری، توپوگرافی، زمین‌شناسی و منابع آب پلایای گاوخونی را مورد مطالعه قرار داده است. سیف و محمدی (۴) به شناسایی و تفکیک واحدهای ژئومرفیک در بخشی از پلایای گاوخونی پرداختند. پلایای گاوخونی به عنوان یک واحد ژئومورفولوژی در جنوب شرق استان اصفهان شناخته می‌شود. مخروطه دلتایی زاینده‌رود در شمال پلایای گاوخونی به عنوان یک تیپ ژئومرفیک بر سطح این پلایا واقع شده است. تفاوت در جنس و پوشش سطحی زمین، واحدهای کوچک‌تری به نام رخساره ژئومورفولوژی را در سطح دلتای زاینده‌رود به وجود آورده است. پیدایش این رخساره‌ها متأثر از موقعیت دلتا نسبت به واحدهای اطرافش است، به طوری که تپه‌های ماسه‌ای در غرب، تشکیلات آذرین کوه‌سیاه در شرق و املاح دریاچه کویر در جنوب بر سطح دلتا مشاهده می‌شود. این رخساره‌ها در طول زمان در اثر عوامل طبیعی و انسانی شامل تغییرات در کاربری اراضی، رشد فزاینده شهرنشینی و عوامل آب و هوایی دچار تغییر و تحول شده‌اند.

پرداختند. در این تحقیق نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش حداکثر احتمال تهیه گردید و با تهیه نقشه درصد پوشش گیاهی میزان تغییرات آن بررسی گردید. شالابی و تاتیشی (۲۵) بارزسازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی در مناطق ساحلی شمال غربی مصر را با استفاده از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی و تلفیق مقایسه‌ای جدولی مورد بررسی قرار دادند. مهربابی و همکاران (۸) به منظور مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM و IRS به تهیه نقشه کاربری سرزمین روستاهای تنکابن پرداختند. نتیجه این مطالعه نشان داد که عوامل انسانی (توریستی بودن منطقه، افزایش قیمت زمین و بیکاری) جزء عواملی هستند که سبب تشدید تغییرات کاربری سرزمین، تخریب جنگل‌ها و تبدیل آن‌ها به زمین‌های کشاورزی شده است.

قربانعلی و نوری (۱۵) در تحقیقی با عنوان آشکارسازی تغییرات خط ساحلی با استفاده از روش نسبت‌گیری طیفی باندها در محیط سنجش از دور به بررسی تغییرات خط ساحلی دریاچه ارومیه در فاصله سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ پرداختند. رضایی‌مقدم و سقفی (۲۰) تغییرات کفه‌های گچی و نمکی در سطح پلایای کهک در جنوب خراسان را با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال و طبقه‌بندی فازی، تغییرات سطح نمک را بررسی کردند. یوسفی و همکاران (۹) در مطالعه‌ای با استفاده از تکنیک آشکارسازی به روش طبقه‌بندی مجدد به پایش تغییرات واحدهای اراضی در مریوان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین تغییرات مربوط به اراضی کشاورزی و جنگلی است که ناشی از رها شدن اراضی تحت کشت دیم می‌باشد. رفیعی و همکاران (۲) با روش مقایسه پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای IRS و LandSat تغییرات کاربری اراضی در شهر مشهد را در بازه زمانی ۱۳۶۶-۱۳۸۵ مورد بررسی قرار دادند. نتیجه این مطالعه نشان داد که با توجه به رشد شهرنشینی و افزایش تقاضا برای ساخت و ساز، مساحت شهر مشهد رشد چشم‌گیری در طی ۲۰ سال اخیر داشته است و بیشترین

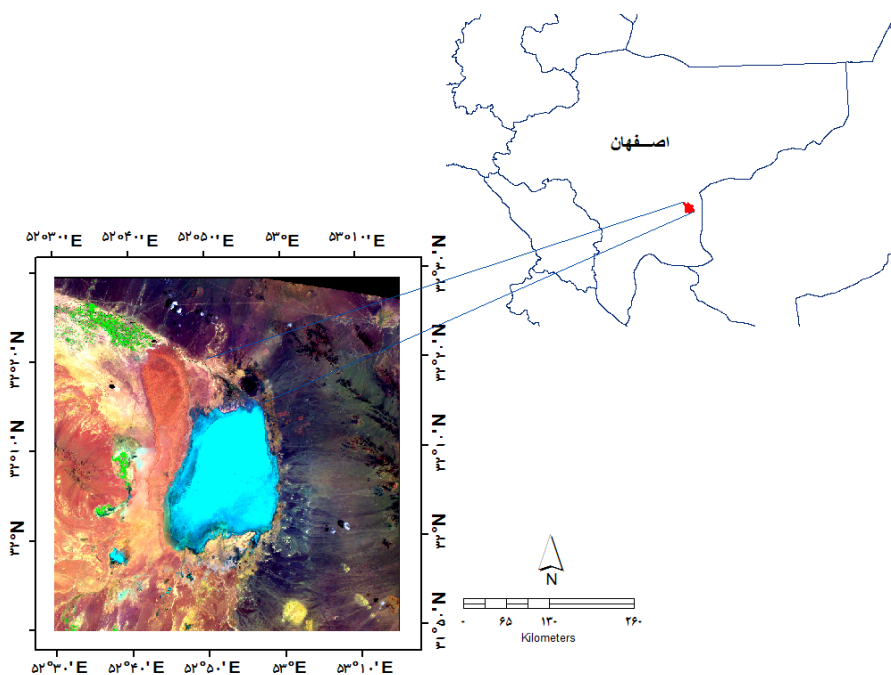
تهیه شده، سپس با استفاده از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی تغییر رخساره‌ها، فاصله زمانی مورد نظر ارزیابی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پلايای گاوخونی به عنوان یک چشم‌انداز بیابانی در جنوب شرق استان اصفهان شناخته می‌شود. مخروطه دلتایی زاینده‌رود با مختصات جغرافیایی $31^{\circ} 37'$ تا $31^{\circ} 47'$ عرض شمالی و $52^{\circ} 12'$ تا $53^{\circ} 35'$ طول شرقی در شمال پلايای گاوخونی واقع شده است (شکل ۱).

اکثر مطالعات مربوط به آشکارسازی تغییرات در حیطه بررسی تغییرات کاربری اراضی در مناطق مختلف صورت گرفته است. هدف از این تحقیق، استفاده از روش‌های آشکارسازی در بررسی روند تغییرات رخساره‌های ژئومرفیک در بخشی از پلايای گاوخونی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور است. روش مورد استفاده در این تحقیق جهت آشکارسازی تغییرات رخساره‌های ژئومرفیک منطقه مورد مطالعه، روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی است. برای بکارگیری این روش ابتدا نقشه ژئومرفیک منطقه مطالعاتی با انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای دو زمان مختلف



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه (ترکیب رنگی تصویر سنجنده ETM^+)

توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و داده‌های ماهواره‌ای ماهواره‌ای Landsat استفاده شد (جدول ۱).

داده‌های مورد استفاده

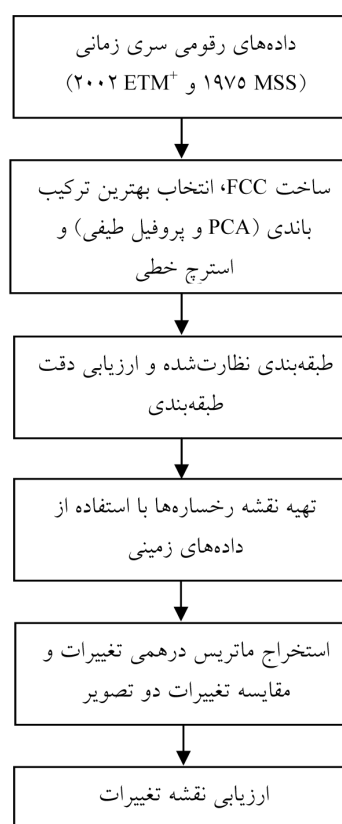
در این تحقیق از عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه

جدول ۱. مشخصات داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

نوع ماهواره و سنجنده	دقت پیکسل / مقیاس	تاریخ برداشت	باند‌های مورد استفاده
Lansat7 ETM^+	۲۸/۵	آوریل ۲۰۰۲	۱،۲،۳،۴،۵،۷
MSS Landsat5	۳۰	جولای ۱۹۷۵	۱،۲،۳،۴

روش تحقیق

هدف این تحقیق آشکارسازی تغییرات رخساره‌های ژئومرفولوژی منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MSS (۱۹۷۵) و ETM⁺ (۲۰۰۲) است. برای دستیابی به این هدف از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی، که یکی از روش‌های مرسوم در بررسی روند تغییرات پوشش‌های سطحی زمین در علوم محیطی است، استفاده گردید. مراحل انجام تحقیق عبارت است از:



شکل ۲. مراحل انجام تحقیق

آماده‌سازی داده‌ها

از مهم‌ترین مراحل انجام فرآیند آشکارسازی تغییرات، انتخاب مناسب داده‌های مورد استفاده در بازه زمانی مورد نظر

است. انتخاب داده‌ها از جنبه‌های مختلف مانند زمان برداشت تصویر، کیفیت، مقیاس و شرایط مشابه دارای اهمیت است (۷ و ۹).

تفاوت در فصل به دلیل تفاوت در زاویه تابش خورشید، موجب تغییر در ایجاد سایه‌ها و برداشت اطلاعات متفاوت از تصاویر ماهواره‌ای می‌گردد. لذا در این تحقیق سعی شده است از تصاویر به دست آمده در یک فصل مشترک (بهار) استفاده گردد.

تشابه در سنجنده و تعداد باندهای اطلاعاتی یکی از عوامل مؤثر در تعیین کیفیت کار جهت بارزسازی تغییرات است. عدم تشابه تعداد باندهای تصویر سنجنده MSS (۱۹۷۵) با تصویر حاصله از سنجنده ETM⁺ (۲۰۰۲) موجب کاهش کیفیت این تصویر در مقایسه با تصویر ETM⁺ (۲۰۰۲) می‌گردد، که این مسئله می‌تواند در بارزسازی تغییرات نقش مهمی داشته باشد. با توجه به تفاوت باندهای دو تصویر مورد استفاده سعی شده است تطابق باندهای اطلاعاتی دو تصویر بررسی گردد.

در جدول ۲ محدوده‌های طیفی باندهای سنجنده‌های ماهواره لندست نشان داده شده است. مطابق با این اطلاعات جهت مقایسه برای آشکارسازی تغییرات، باندهایی که در سنجنده‌های مختلف دارای هم‌پوشانی طیفی هستند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

واردسازی داده‌ها

در این مرحله ۶ باند انعکاسی، تصویر ماهواره‌ای ETM⁺ و ۴ باند انعکاسی تصویر ماهواره‌ای MSS وارد محیط نرم‌افزار ENVI[®] 4.5 شد. سپس کلیه باندهای هر تصویر از طریق عمل Layer Stacking در یک لایه جمع‌آوری شد و با فرمت ENVI ذخیره گردید.

جدول ۲. باندهای قابل انطباق سنجنده‌های مورد استفاده جهت بررسی هم‌زمان تصاویر چندزمانه (۳)

	MSS	TM	ETM ⁺
		TM2 با MMS1	TM2 با MMS1
MSS	همه باندها	TM3 با MMS2	TM3 با MMS2
		TM4 با MMS4	TM4 با MMS4
TM	-	همه باندها	-
ETM ⁺	-	-	همه باندها

استفاده گردید (۲۳). بر این اساس بهترین ترکیب کاذب رنگی جهت نمایش رخساره‌ها ترکیب ۷۴۲ و ۷۴۱ از تصاویر ETM⁺ و ترکیب ۳۴۱ از تصویر MSS است. قبل از ساخت ترکیبات رنگی از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی (Principle Component Analysis) جهت تهیه تصاویر با کیفیت بهتر استفاده گردید. سپس باندهای اطلاعاتی با بررسی پروفیل طیفی جهت بهترین ترکیب باندهای انتخاب گردید (۲۴، ۲۶ و ۲۷).

جهت انتخاب بهترین باندها برای ساخت ترکیبات رنگی، روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی بر روی تصویر MSS منطقه مطالعاتی که شامل ۴ باند انعکاسی است، انجام گردید. با مشاهده شکل ۳ و جدول‌های ۳ و ۴ می‌توان تفاوت اطلاعات جمع‌آوری شده در هر کدام از باندهای تصویر قبل و بعد از ساخت فایل PCA را مشاهده نمود.

جدول‌های ۳ و ۴ به ترتیب میزان هم‌پراکنش (Covariance) پیکسل‌های باندهای تصویر MSS قبل و بعد از اعمال روش PCA را نشان می‌دهد. با مقایسه این جداول می‌توان به این نتیجه رسید که با اعمال این روش، اطلاعات مشترک ۴ باند اطلاعاتی تصویر MSS کاهش یافته و بیشترین اطلاعات در باندهای اول از جمله باند ۱ و ۲ قرار می‌گیرد. بنابراین شرکت این باندها در ساخت ترکیبات رنگی موجب سرعت عمل بیشتر در فراخوانی باندها و ساخت تصاویری با بهترین کیفیت و بیشترین اطلاعات می‌گردد.

تصحیح هندسی و رادیومتریک

فرمت داده‌های تصویر ماهواره‌ای ETM⁺ مورد استفاده level-1G است. از این رو نیازی به تصحیحات رادیومتریک نداشته، اما لازم است تصحیح هندسی بر روی تصویر ماهواره‌ای انجام گردد. جهت انجام این عمل ابتدا فریم تصویر ماهواره‌ای ETM⁺ منطقه با استفاده از معادله چندجمله‌ای درجه یک (1st Degree Polynomial) به روش نزدیک‌ترین همسایه (Nearest Neighbor) با ۲۶ نقطه کنترلی به نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه با درصد خطای (RMSE) ۰/۱۵۰۹ تصحیح هندسی گردید. سپس تصویر ماهواره‌ای MSS منطقه با ۲۳ نقطه کنترلی با درصد خطای ۰/۱۸۰۲ به تصویر ETM⁺ زمین مرجع شد. پس از تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای، محدوده منطقه مورد مطالعه مطابق با مرز تعیین شده بر روی نقشه توپوگرافی از دو فریم تصویر ماهواره‌ای جدا گردید. ریس و همکاران (۲۳) خطای حاصله در تصحیح هندسی تصاویر TM و ETM⁺ که به نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰۰ زمین مرجع شده بودند را کمتر از یک پیکسل گزارش کردند.

بارسازی تصاویر

در این تحقیق جهت بارسازی تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه از روش بسط تباین خطی استفاده شد (۱۳ و ۱۸). برای ساخت بهترین ترکیب کاذب رنگی از شاخص OIF و روش ساخت پروفیل طیفی و مقایسه همبستگی طیفی باندها

جدول ۳. هم‌پراکنش باندهای اطلاعاتی تصویر MSS قبل از اعمال PCA

هم‌پراکنش	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴
باند ۱	۹۶۱/۰۱۰۲۴۹	۱۳۷۲/۲۷۹۴۷	۱۳۸۶/۰۵۸۰۷	۵۴۱/۸۶۷۵۹۵
باند ۲	۱۳۷۲/۲۷۹۴۷	۱۹۷۸/۶۹۰۱۶	۱۹۹۷/۳۷۶۶۸	۷۷۹/۱۶۲۹۶۴
باند ۳	۱۳۸۶/۰۵۸۰۷	۱۹۹۷/۳۷۶۶۸	۲۰۲۶/۸۱۷۰۹	۷۹۱/۲۶۵۲۶۵
باند ۴	۵۴۱/۸۶۷۵۹۵	۷۷۹/۱۶۲۹۶۴	۷۹۱/۲۶۵۲۶۵	۳۱۰/۳۷۳۵۰۵

جدول ۴. هم‌پراکنش باندهای اطلاعاتی تصویر MSS پس از اعمال PCA

هم‌پراکنش	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴
باند ۱	۵۲۶۱/۵۸۱۱	۰	۰	۰
باند ۲	۰	۹/۲۴۸۳۵۵	۰	۰
باند ۳	۰	۰	۵/۰۴۵۰۲۲	۰
باند ۴	۰	۰	۰	۱/۰۱۶۳۰۹

پوشش گیاهی است. از این رو در پروفیل طیفی منحنی مربوط به این باند (باند ۳) در محدوده پوشش گیاهی بالاتر از باند ۴ قرار گرفته است. نتایج حاصله از شاخص OIF نیز نشان داد در تصاویر ETM⁺ ترکیب باندهای ۷۴۱ و ۷۴۲ بهترین ترکیب باندی در منطقه مورد مطالعه است. شکل ۳ رفتار طیفی هر رخساره را در ترکیبات رنگی ساخته شده نشان می‌دهد.

آنالیز داده‌ها

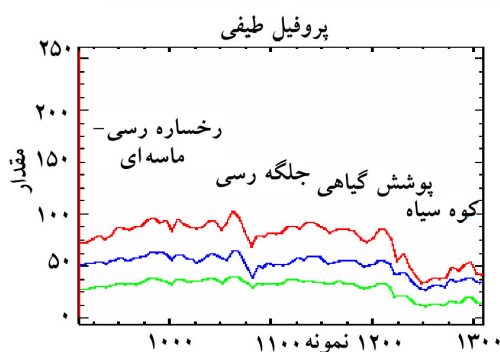
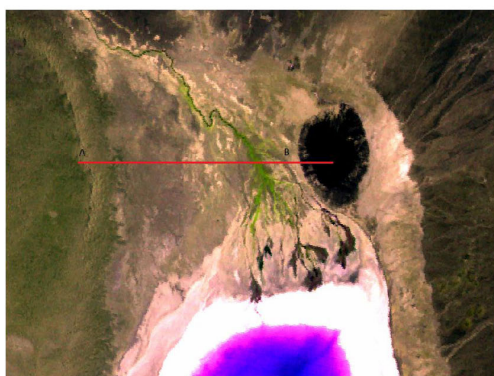
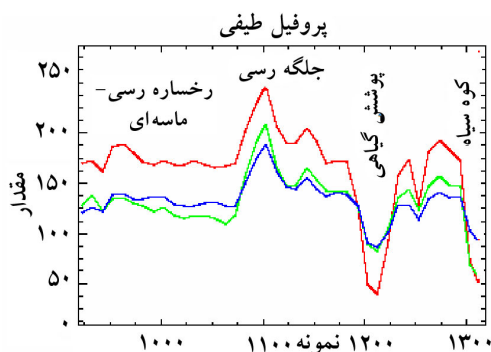
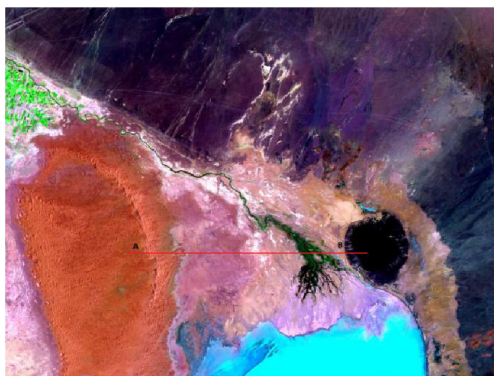
آنالیز داده‌ها در این تحقیق شامل تعیین میزان تغییرات تصاویر با استفاده از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی است. روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی ساده‌ترین تکنیک آنالیز تغییرات بر پایه طبقه‌بندی است. در این روش هر تصویر از تصاویر چندطیفی به طور مجزا طبقه‌بندی شده و سپس تصاویر تولید شده مقایسه می‌شوند.

اگر پیکسل‌های برابر در دو تصویر قدیم و جدید در یک طبقه قرار گرفته باشند در تصویر تغییری ایجاد نشده است، اما با وارد شدن پیکسل‌های یک طبقه در طبقه دیگر در کلاس‌های تصویر جدید، تغییر ایجاد شده است (۲۲). جهت استفاده از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی ابتدا لازم است یک طبقه‌بندی (نظارت‌نشده یا نظارت‌شده) انجام شده و به مقایسه آن دو با هم بپردازیم.

بعد از اعمال روش PCA، بیشترین مقادیر که نشان‌دهنده وجود اطلاعات بیشتر در هر باند است متعلق به باندهای اولیه (۱ و ۲) است. پراکنش اطلاعات قبل از اعمال روش در همه باندها دیده می‌شود، در صورتی که بعد از اعمال این روش بیشترین اطلاعات در باندهای اولیه متراکم می‌گردد. PCA موجب تولید تصاویر با ترکیب رنگی بهتر و با حجم کمتر می‌شود. با به دست آوردن این فایل با حذف اطلاعات اضافی و داشتن باندهای کمتر می‌توان تصویر واضح‌تری از ترکیب باندها به دست آورد (۶).

پس از ساخت فایل PCA از تصویر قدیم و جدید، به ساخت پروفیل عرضی از مقطعی از منطقه مورد مطالعه به منظور مقایسه رفتار طیفی رخساره‌ها در هر کدام از باندها جهت انتخاب بهترین باندها پرداخته شد. طبق نتایج به دست آمده در بین باندهای اطلاعاتی تصویر ETM⁺، باند ۷ در نمایش رخساره جلگه رسی و پهنه رسی-ماسه‌ای و باند ۴ در نمایش رخساره منظم دارای بیشترین اطلاعات هستند. با مقایسه پروفیل‌های طیفی به دست آمده از باندهای MSS باند ۳، ۱ و ۴ دارای هم‌پوشانی اندک است.

بدین ترتیب این باندها بیشترین اطلاعات جهت نمایش رخساره‌های منطقه مطالعاتی را دارند. در تصاویر MSS باند ۳ برخلاف باند ۴ در ETM⁺، دارای بیشترین اطلاعات در مورد



RGB: 341

شکل ۳. رفتار طیفی رخساره‌های منطقه مورد مطالعه در باندهای اطلاعاتی مختلف

برای نقشه حاصل از تصاویر ETM برابر با ۷۴/۰۵٪ و این مقدار برای نقشه حاصله از تصویر MSS برابر با ۶۲/۴۳٪ است. ضریب کاپا و دقت کلی، خطای اضافی و خطای حذف برای نقشه‌های تولید شده محاسبه گردید.

نتایج

نظر به اینکه از بین الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت-شده، الگوریتم حداکثر احتمال بهترین نتیجه را در طبقه‌بندی کاربری مورد نظر در منطقه مورد مطالعه داشته است، لذا از آن جهت طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد.

این طبقه‌بندی، الگوریتم مناسبی جهت طبقه‌بندی رقومی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. حسن این الگوریتم در طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای مخصوصاً در تهیه نقشه کاربری اراضی توسط محققان دیگر تأیید شده که بر مزیت این الگوریتم به سایر الگوریتم‌ها تأکید نموده‌اند (۳). در شکل ۴ نقشه

تهیه نقشه رخساره‌ها

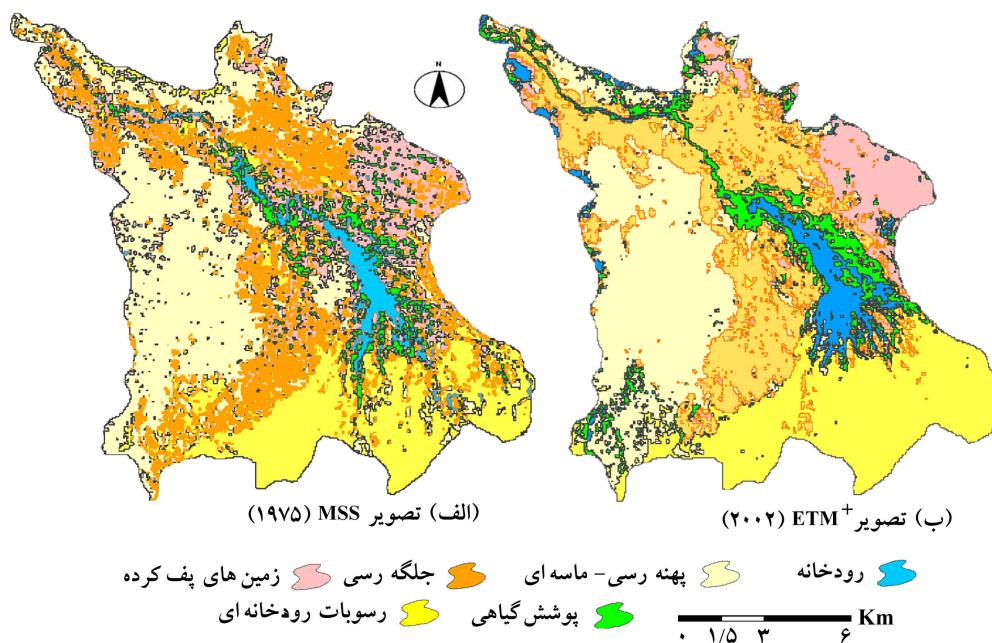
جهت تهیه نقشه رخساره‌ها، از طبقه‌بندی نظارت‌شده با روش حداکثر احتمال استفاده گردید. در این مرحله با استفاده از مشاهدات میدانی، نقشه توپوگرافی، زمین‌شناسی و عکس‌های هوایی بر روی تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ (۲۰۰۲) و MSS (۱۹۷۵)، نواحی تعلیمی (ROI) انتخاب گردید. سپس ۶ کلاس طیفی شامل ۵ رخساره ژئومرفولوژی (جلگه رسی، زمین‌های پف‌کرده نمکی، سطوح رسی- ماسه‌ای، رسوبات رودخانه‌ای و رخساره منظم) و یک کلاس طیفی مربوط به رودخانه زاینده‌رود تفکیک گردید.

تعیین دقت نقشه‌ها

پس از تولید نقشه رخساره‌ها، میزان دقت نقشه‌های تولید شده بر اساس نواحی انتخابی (ROI) به دست آمده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ به دست آمد. میزان دقت کلی

نقشه رخساره‌ها، ضریب کاپا و دقت کلی در تفکیک واحدها نشان داده شده است.

رخساره‌های منطقه مورد مطالعه که از دو تصویر استخراج شده، ارائه شده است. در جدول‌های ۵ و ۶ نیز میزان خطای



شکل ۴. نقشه رخساره‌های ژئومرفولوژی با استفاده از تصاویر MSS و ETM⁺

جدول ۵. خطای نقشه رخساره‌های حاصله از تصویر MSS (۱۹۷۵)

خطای اضافی	جمع	پوشش گیاهی	رودخانه	جلگه رسی	رسوبات رودخانه‌ای	پهنه رسی - ماسه‌ای	زمین‌های پف کرده	کلاس‌های طبیعی
۵۸/۰۶	۱۰/۶۶	۳۳/۶۷	۱۴/۵۸	۱۵/۱۳	۱۰/۶	۶۷/۷۱	۶۷/۷۱	زمین‌های پف کرده
۲۲/۱۵	۳۵/۹۹	۶/۷۲	۴/۸۴	۲۵/۳۵	۱۲/۹۶	۹/۰۲	۹/۰۲	پهنه رسی - ماسه‌ای
۱۲/۴۹	۲۲/۱۴	۳/۶۱	۴/۰۸	۶/۶۳	۵۰/۷	۲/۰۱	۲/۰۱	رسوبات رودخانه‌ای
۷۲/۴۷	۲۳/۲۷	۷/۹۵	۲/۶۶	۵۲/۱۱	۲۰/۹۶	۱۲/۵۳	۱۲/۵۳	جلگه رسی
۱۸/۸۳	۴/۱	۱۲/۴۳	۵۵/۲۹	۰/۰۷	۱/۱۷	۰/۵۹	۰/۵۹	رودخانه
۸۸/۲۴	۳/۸۴	۳۵/۶۲	۱۸/۵۵	۰/۷۱	۳/۶۱	۸/۱۵	۸/۱۵	پوشش گیاهی
	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع
		۶۴/۳۸	۴۴/۷۱	۴۷/۸۹	۴۹/۳	۲۳/۵۱	۳۲/۲۹	خطای حذف

دقت کلی = ۶۲/۴۳ ضریب کاپا = ۴۹/۶۴

جدول ۶. خطای نقشه رخساره‌های حاصله از تصویر ETM⁺ (۲۰۰۲)

خطای اضافی	جمع	پوشش گیاهی	رودخانه	جلگه رسی	رسوبات رودخانه‌ای	پهنه رسی - ماسه‌ای	زمین‌های پف‌کرده	کلاس‌های طیفی
۲۲/۷۹	۱۰/۶۶	۰/۸۷	۰/۳۶	۱۳/۵۱	۱/۷۳	۱/۱۶	۸۴/۵۹	زمین‌های پف‌کرده
۱۰/۰۵	۳۵/۹۹	۰/۷۹	۳/۱۵	۶/۱۵	۶/۹۶	۸۴/۴۴	۳/۶۴	پهنه رسی - ماسه‌ای
۳/۹	۲۲/۱۴	۰/۲۹	۱/۹۳	۲/۳۳	۵۹/۷۳	۱/۳۷	۰/۰۶	رسوبات رودخانه‌ای
۶۷/۶	۲۳/۲۷	۱/۸۸	۴/۹۵	۷۶/۰۵	۳۰/۳۶	۱۰/۰۴	۸/۰۶	جلگه رسی
۱۴/۶۵	۴/۱	۲/۸۲	۶۷/۵۸	۰/۰۷	۰/۲۴	۰/۹۳	۱/۲	رودخانه
۷۰/۳۶	۳/۸۴	۹۳/۳۵	۲۲/۰۳	۱/۸۹	۰/۹۸	۲/۰۶	۲/۴۵	پوشش گیاهی
	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع
		۶/۶۵	۳۲/۴۲	۲۳/۹۵	۴۰/۲۷	۱۵/۵۶	۱۵/۴۱	خطای حذف

دقت کلی = ۷۴/۰۵ ضریب کاپا = ۶۵/۲۸

احتمال به عنوان بهترین و پراستفاده‌ترین روش برای تفکیک کلاس‌های طیفی است. میزان دقت در تفکیک کلاس‌های طیفی در نقشه‌های تولید شده دو تصویر در جدول ۷ آورده شده است.

بعد از حصول اطمینان از دقت نقشه‌های تولیدی، تغییرات ایجاد شده در دو بازه زمانی با استفاده از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی آشکار گردید. لیلساند و همکاران (۱۸) بیان کردند که از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده روش حداکثر

جدول ۷. دقت تفکیک کلاس‌های طیفی در نقشه‌های تولیدی

دقت تفکیک رخساره‌های MSS (۱۹۷۵)		دقت تفکیک رخساره‌های ETM ⁺ (۲۰۰۲)		کلاس‌های طیفی
دقت تولیدکننده	دقت کاربر	دقت تولیدکننده	دقت کاربر	
۶۷/۷۱	۴۱/۹۴	۸۴/۵۹	۷۷/۲۱	زمین‌های پف‌کرده نمکی
۷۶/۴۹	۷۷/۸۵	۸۴/۴۴	۸۹/۹۵	پهنه رسی - ماسه‌ای
۵۰/۷	۸۷/۵۱	۵۹/۷۳	۹۶/۱	رسوبات رودخانه‌ای
۵۲/۱۱	۲۷/۵۳	۷۶/۰۵	۳۲/۴	جلگه رسی
۵۵/۲۹	۸۱/۱۷	۶۷/۵۸	۸۵/۳۵	رودخانه
۳۵/۶۲	۱۱/۷۶	۹۳/۳۵	۲۹/۶۵	پوشش گیاهی

داده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که بخش زیادی از رخساره پهنه رسی - ماسه‌ای در تصویر MSS (۱۹۷۵) به رخساره جلگه رسی تبدیل شده است. بیشترین محدوده کلاس طیفی رودخانه در تصویر ETM⁺ (۲۰۰۲) به پهنه رسی، ماسه‌ای و زمین‌های پف‌کرده نمکی تبدیل شده است. همچنین تعداد پیکسل‌های محدوده رخساره پهنه رسی - ماسه‌ای،

پس از طبقه‌بندی، نقشه ژئومرفیک سال ۱۹۷۵ با نقشه سال ۲۰۰۲ مقایسه شد. نتایج این طبقه‌بندی که در آن‌ها میزان تغییرات ایجاد شده در پیکسل‌ها و مساحت رخساره‌های کلاس‌های طیفی تصویر ETM⁺ (۲۰۰۲) مشخص شده، در جداول ۸ و ۹ آورده شده است. کلاس‌های طیفی به دست آمده از تصویر MSS در ستون و تصویر ETM⁺ در سطر نشان

زمین‌های پف‌کرده نمکی و جلگه رسی نسبت به تصویر MSS افزایش و بقیه واحدها کاهش داشته‌اند.

جدول ۸. روند تغییر پیکسل‌های کلاس‌های طیفی

(۱۹۷۵) MSS									
	کلاس‌های طیفی	زمین پف‌کرده	پهنه رسی - ماسه	رسوبات رودخانه‌ای	جلگه رسی	رودخانه	پوشش گیاهی	کل ردیف	کل کلاس
ETM ⁺ (۲۰۰۲)	زمین‌های پف‌کرده	۹۹۹۹	۳۶۰۵	۱۶۲۹	۱۱۶۰۰	۱۸۰۷	۳۸۸۸	۳۲۵۲۸	۶۵۰۵۶
	پهنه رسی - ماسه‌ای	۲۴۷۳	۴۲۶۱۴	۴۱۲۸	۹۳۰۹	۲۳۴۷	۴۰۶۳	۶۴۹۳۴	۶۵۱۰۲
	رسوبات رودخانه‌ای	۳۵۹	۳۶۰۷	۳۰۷۹۷	۴۴۱۵	۵۶۶	۷۶۷	۴۰۵۱۱	۴۰۵۲۷
	جلگه رسی	۳۸۶۰	۵۶۴۲	۴۳۵۰	۱۸۴۵۳	۴۰۳	۱۷۰۰	۳۳۳۵۳	۳۳۳۷۰
	رودخانه	۱۱۰	۳۵۳	۴۷۲	۳۳۹	۴۱۵۲	۱۴۶۶	۶۸۹۲	۶۸۹۴
	پوشش گیاهی	۱۳۱۷	۶۲۷	۹۹۵	۲۵۹۵	۱۵۰۱	۲۶۴۷	۹۶۸۲	۹۶۸۲
	کل کلاس	۱۷۱۱۸	۵۶۴۴۸	۴۲۳۸۱	۴۶۷۱۱	۱۰۷۷۶	۱۴۵۳۱	۰	۰

جدول ۹. روند تغییرات مساحت رخساره‌های کلاس‌های طیفی

(۱۹۷۵) MSS									
مساحت (کیلومتر مربع)									
	کلاس‌های طیفی	زمین پف‌کرده	پهنه رسی - ماسه	رسوبات رودخانه‌ای	جلگه رسی	رودخانه	پوشش گیاهی	کل ردیف	کل کلاس
ETM ⁺ (۲۰۰۲)	زمین‌های پف‌کرده	۸/۱۲۱۶۸۸	۲/۹۲۸۱۶۱	۱/۳۲۳۱۵۵	۹/۴۲۲۱	۱/۴۶۷۷۳۶	۳/۱۵۸۰۲۸	۲۶/۴۲۰۸۷	۲۶/۴۶۳۹۲
	پهنه رسی - ماسه‌ای	۲/۰۰۸۶۹۴	۳۴/۶۱۳۲۲	۳/۳۵۲۹۶۸	۷/۵۶۱۲۳۵	۱/۹۰۶۳۵۱	۳/۳۰۰۱۷۲	۵۲/۷۴۲۶۴	۵۲/۸۷۹۱
	رسوبات رودخانه‌ای	۰/۲۹۱۵۹۸	۲/۹۲۹۷۸۶	۲۵/۲۵۰۱۴۸۶	۳/۵۸۶۰۸۴	۰/۴۵۹۷۳۴	۰/۶۲۲۹۹۶	۳۲/۹۰۵۰۶	۳۲/۹۱۸۰۶
	جلگه رسی	۲/۳۰۰۲۹۲	۳۷/۵۴۳۰۱	۲۸/۳۶۷۸۳	۱۱/۱۴۷۳۲	۲/۳۶۶۰۸۴	۳/۹۲۳۱۶۸	۸۵/۶۴۷۷	۸۵/۷۹۷۱۶
	رودخانه	۰/۰۸۹۳۴۸	۰/۲۸۶۷۲۴	۰/۳۸۳۳۸۲	۰/۲۷۵۳۵۳	۳/۳۷۲۴۶۲	۱/۱۹۰۷۵۹	۵/۵۹۸۰۲۷	۵/۴۹۹۶۵۲
	پوشش گیاهی	۱/۰۶۹۷۳۳	۰/۵۰۹۲۸۱	۰/۸۰۸۱۸۹	۲/۱۰۷۷۸۹	۱/۲۱۹۱۸۷	۲/۱۵۰۰۲۶	۷/۸۶۴۲۰۵	۷/۸۶۴۲۰۵
	کل کلاس	۱۳/۹۰۴۱	۴۵/۸۴۹۸۹	۳۴/۴۲۳۹۷	۳۷/۹۴۱۰۱	۸/۷۵۲۸۰۶	۱۱/۸۰۲۸	۰	۰

مربع و کمترین مساحت مربوط به رودخانه با ۵/۵۹ کیلومتر مربع است. در مجموع مساحت رخساره‌های تفکیک‌شده از MSS، ۱۵۲/۶۷ کیلومتر مربع و ETM⁺، ۲۱۱/۵۲ کیلومتر مربع می‌باشد (جدول ۱۰).

مساحت رخساره‌های تفکیک‌شده نشان می‌دهد که در تصویر MSS (۱۹۷۵) بیشترین مساحت مربوط به پهنه رسی - ماسه‌ای با ۴۵/۸۴ کیلومتر مربع و کمترین مساحت مربوط به رودخانه با ۸/۷۵ کیلومتر مربع و در تصویر ETM⁺ (۲۰۰۲) بیشترین مساحت مربوط به پهنه جلگه رسی با ۸۵/۷۹ کیلومتر

جدول ۱۰. تغییرات مساحت رخساره‌های منطقه (۱۹۷۵-۲۰۰۲)

کیلومتر مربع		رخساره‌ها
ETM ⁺	MSS	
۲۶/۴۶	۱۳/۹	زمین‌های پف‌کرده
۵۲/۸۷	۴۵/۸۴	پهنه رسی - ماسه‌ای
۸۵/۷۹	۳۷/۹۴	جلگه رسی
۳۲/۹۱	۳۴/۴۲	رسوبات رودخانه‌ای
۵/۵۹	۸/۷۵	رودخانه
۷/۸۶	۱۱/۸	پوشش گیاهی
۲۱۱/۵۲	۱۵۲/۶۷	جمع

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که فناوری سنجش از دور تکنیک ارزشمند جهت تفکیک رخساره‌های ژئومرفیک و آشکارسازی تغییرات آن‌ها در بازه‌های زمانی مختلف است. بهترین ترکیب کاذب رنگی جهت نمایش رخساره‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از شاخص OIF و روش ساخت پروفیل طیفی ترکیب ۷۴۱ و ۷۴۲ از باندهای سنجنده ETM⁺ (۲۰۰۲) و ترکیب ۳۴۱ از سنجنده MSS (۱۹۷۵) منطقه مورد مطالعه است. تصاویر حاصل از ترکیب باندهای ۷۴۱ و ۷۵۱، بیشترین اطلاعات از قلمروهای مناطق خشک را نشان می‌دهد (۵ و ۷). قبل از ساخت ترکیبات رنگی با ساخت فایل PCA از باندهای مورد استفاده، با صرف زمان کمتر تصاویر رنگی با کیفیت بالا حاصل از ترکیب باندهای اطلاعاتی به دست آمد. لیلساند و همکاران (۱۸) به این نتیجه رسیدند که از PCAهایی که بیشترین رابطه را با باند مادون قرمز نزدیک دارند می‌توان برای تخمین و آشکارسازی اطلاعات پوشش گیاهی استفاده کرد. علوی‌پناه (۷) نیز با بررسی اطلاعات PCA در مناطق بیابانی ایران بر این نکته تأکید کرد که PCAهای پایین‌تر حاوی کمترین و PCA بالاتر دارای بیشترین اطلاعات منطقه می‌باشند. بررسی نتایج حاصل از تفکیک رخساره‌های ژئومرفولوژی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد تصاویر دو سنجنده ETM⁺ و MSS قابلیت نمایش و تفکیک رخساره‌های ژئومرفیک را دارد. کلاس‌های طیفی تصاویر منطقه با اعمال طبقه‌بندی نظارت‌شده

با روش حداکثر احتمال از هم تفکیک گردید. لیلساند و همکاران (۱۸) اشاره می‌کنند که از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده روش حداکثر احتمال تاکنون به عنوان بهترین و پراستفاده‌ترین روش برای تفکیک کلاس‌های طیفی است. دقت این طبقه‌بندی برای تصویر ETM⁺ برابر با ۷۴٪ و برای تصویر MSS برابر با ۶۲٪ است. میزان دقت پایین‌تر نقشه حاصل از تصویر MSS نسبت به نقشه تولید شده بر اساس تصویر ETM⁺، به دلیل محدود بودن باندهای اطلاعاتی (۴ باند) سنجنده MSS در مقایسه با ۷ باند اطلاعاتی سنجنده ETM⁺ است. این عامل موجب پایین آمدن کیفیت تصویر در نمایش رخساره‌های منطقه مورد مطالعه و تأثیر در نتیجه طبقه‌بندی می‌شود. افزایش میزان خطا و پایین آمدن دقت در تفکیک برخی از رخساره‌ها به دلیل تشابه انعکاس طیفی رخساره‌ها و هم‌پوشانی اطلاعات مربوط به آن‌ها در هر کدام از باندهای اطلاعاتی است. پس از تهیه نقشه رخساره‌ها برای آشکارسازی تغییرات از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی استفاده شد. شالابی و تاتیشی (۲۵) نیز برای آشکارسازی تغییرات از این روش استفاده کردند. بیشترین تبدیل و تغییرات تبدیل طبقه رخساره پهنه رسی - ماسه‌ای به طبقه جلگه رسی است که ۷/۵ کیلومتر مربع از این طبقه به رخساره جلگه رسی تبدیل شده است.

رودخانه و اراضی اطراف آن (رخساره رسوبات رودخانه‌ای) مورد تخریب قرار داشته است. مساحت طبقه رودخانه نسبت به مساحت آن در تصویر سال ۱۹۷۵ کاهش

آشکارسازی تغییرات پوشش‌های سطح زمین با استفاده از سنجش از دور توسط دانشمندان مختلف در حیطه علوم مختلف انجام شده و جهت ارزیابی کاربری اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰، ۱۲، ۱۳، ۲۴ و ۲۷). اما در مطالعات مربوط به قلمروهای ژئومرفیک استفاده از این روش‌ها به ندرت به چشم می‌خورد. از آنجایی که آشکارسازی تغییرات یکی از نیازهای اساسی در مدیریت و ارزیابی منابع طبیعی چشم‌اندازهای ژئومرفیک است، لزوم بررسی تغییرات واحدها و رخساره‌ها در قلمروهای ژئومرفیک احساس می‌شود. در کنار اهمیتی که روش‌های رقومی و نرم‌افزاری در تفکیک و شناسایی واحدهای ژئومرفیک و بررسی روند تغییرات آن‌ها دارند، استفاده از روش‌های بصری به دلیل بروز خطاهایی ناشی از ماهیت نرم‌افزاری این روش‌ها توصیه می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ح. ۱۳۹۰. ژئومورفولوژی کاربردی. دانشگاه تهران، جلد دوم. ۵۹۲ صفحه.
۲. رفیعی، ر.، ع. ر. سلمان ماهینی و ن. خراسانی. ۱۳۹۰. تعیین تغییرات کاربری اراضی به روش مقایسه پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌های LandSat و IRS. کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۳): ۵۳-۶۳.
۳. سنجر، ص. و ن. برومند. ۱۳۹۲. پایش تغییرات کاربری/پوشش اراضی در سه دهه گذشته با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه زرنده استان کرمان). کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۴(۱): ۵۷-۶۷.
۴. سیف، ع. و م. محمدی. ۱۳۸۹. شناسایی و جداسازی رخساره‌های ژئومورفولوژی بخشی از پلائیای گاوخونی با استفاده از قابلیت‌های RS و GIS. مرتع و آبخیزداری، ۶۳(۴): ۴۷۱-۴۸۸.
۵. قزلسفلی، م. و س. ک. علوی‌پناه. ۱۳۸۹. کاربرد تفسیر بصری داده‌های ماهواره‌ای در آشکارسازی تغییرات خط ساحلی. مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.
۶. کاظمی، م.، ی. مهدوی، ا. نوحه‌گر و پ. رضایی. ۱۳۹۰. برآورد تغییرات پوشش و کاربری اراضی با استفاده از

یافته است (از ۸ کیلومتر به ۵ کیلومتر رسیده است) و بیش از ۲/۳ کیلومتر از مساحت آن به جلگه رسی و ۲۸ کیلومتر از مساحت رسوبات رودخانه‌ای به جلگه رسی تبدیل شده است. تفاوت زیادی که در تعداد پیکسل‌های کلاس طیفی این طبقه دیده می‌شود، می‌تواند به خاطر وارد شدن پیکسل‌های کلاس‌های طیفی مشابه در کلاس مربوطه باشد و ممکن است به شکل واقعی افزایش مساحت این کلاس را نشان ندهد. از طرفی دیگر تعداد اندک باندهای اطلاعاتی تصویر MSS نسبت به تصویر ETM⁺ موجب اختلاف پیکسل‌های مربوط به برخی کلاس‌های طیفی در تصویر ETM⁺ در مقایسه با تصویر MSS می‌شود. یعنی ممکن است وارد شدن پیکسل‌های جدید به معنای تبدیل یک کلاس به کلاس دیگری نباشد، بلکه تشابه موجب تداخل آن‌ها شده است. این مسئله قابلیت کمتر تصویر MSS در جداسازی واحدها را نشان می‌دهد.

طی این دوره ۲۷ ساله مساحت طبقه پوشش گیاهی از ۱۱/۸ به ۷/۸ کیلومتر کاهش یافته است. از دلایل آن خشکسالی‌های اخیر و کاهش میزان آبدهی رودخانه زاینده‌رود در محل پیوستن به مصب است. همسان نبودن محدوده طیفی باند ۳ سنجنده ETM⁺ و باند ۴ سنجنده MSS که حاوی اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی است نیز در ایجاد تغییر مساحت این کلاس بدون تأثیر نمی‌باشد.

از تغییرات دیگر در منطقه مورد مطالعه تغییرات مربوط به رخساره زمین‌های پف‌کرده نمکی است. بخش زیادی از این رخساره به پهنه رسی-ماسه‌ای و جلگه رسی تبدیل شده است. خاک جلگه‌های رسی سنگین و اغلب همراه مقدار زیادی املاح به ویژه کلرور سدیم می‌باشد. چنانچه در جلگه رسی سفره آب زیرزمینی در سطح زمین قرار گرفته باشد، نمک در اثر نیروی شعریه به طرف بالا حرکت کرده و آب تبخیر می‌شود. در این حالت جلگه رسی به زمین پف‌کرده تبدیل می‌شود. تبدیل اراضی پف‌کرده به جلگه رسی بیشتر، به دلیل عدم توانایی تصویر سنجنده MSS در جداسازی رخساره پف‌کرده از رخساره‌های مجاور است.

- Environmental Monitoring and Assessment, 180(1-4): 63-75.
17. Krinsley DB. 1970. A geomorphological and paleoclimatological study of the playas of Iran. Part II. DTIC Document, Geological survey, Washington D.C. 482 pp.
 18. Lillesand TM, Kiefer RW, Chipman JW. 2004. Remote sensing and image interpretation. Vol Ed. 5. John Wiley & Sons Ltd, 763 pp.
 19. Liu J, Liu M, Tian H, Zhuang D, Zhang Z, Zhang W, Tang X, Deng X. 2005. Spatial and temporal patterns of China's cropland during 1990–2000: an analysis based on Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, 98(4): 442-456.
 20. Moghaddam MHR, Saghafi M. 2006. A change-detection application on the evolution of Kahak playa (South Khorasan province, Iran). *Environmental Geology*, 51(4): 565-579.
 21. Mohammadi M, Seif A. 2014. Change Detection of Geomorphic Units of Mighan Basin Using Multi-Temporal Satellite Data. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 4(2): 89-97.
 22. Phukan P, Thakuria G, Saikia R. 2013. Land use land cover change detection using remote sensing and GIS techniques—a case study of Golaghat district of Assam, India. *International Research Journal of Earth Sciences*, 1(1): 11-15.
 23. Rees W, Williams M, Vitebsky P. 2003. Mapping land cover change in a reindeer herding area of the Russian Arctic using Landsat TM and ETM⁺ imagery and indigenous knowledge. *Remote Sensing of Environment*, 85(4): 441-452.
 24. Röder A, Udelhoven T, Hill J, Del Barrio G, Tsiourlis G. 2008. Trend analysis of Landsat TM and ETM⁺ imagery to monitor grazing impact in a rangeland ecosystem in Northern Greece. *Remote Sensing of Environment*, 112(6): 2863-2875.
 25. Shalaby A, Tateishi R. 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Applied Geography*, 27(1): 28-41.
 26. Shaoqing Z, Lu X. 2008. The comparative study of three methods of remote sensing image change detection. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37: 1595-1598.
 27. Xiao J, Shen Y, Ge J, Tateishi R, Tang C, Liang Y, Huang Z. 2006. Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, 75(1): 69-80.
- تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز تنگ بستانک شیراز). کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۱): ۱۰۱-۱۱۱.
۷. علوی‌پناه، س. ک. ۱۳۹۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین. دانشگاه تهران. ۴۳۸ صفحه.
 ۸. مهربانی، ع. ا.، م. محمدی، م. محسنی ساروی، م. جعفری و م. قربانی. ۱۳۹۲. بررسی نیروهای محرک انسانی مؤثر بر تغییرات کاربری سرزمین (مطالعه موردی: روستاهای سیدمحل و دراسرا- تنکابن). مرتع و آبخیزداری، ۲(۲): ۳۰۷-۳۲۰.
 ۹. یوسفی، ص.، ح. ر. مرادی، س. ح. حسینی و س. میرزایی. ۱۳۹۰. پایش تغییرات کاربری اراضی مریوان با استفاده از سنجنده‌های ETM⁺ و TM ماهواره لندست. کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۳): ۹۷-۱۰۵.
 10. Chen XL, Zhao HM, Li PX, Yin ZY. 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 104(2): 133-146.
 11. Coppin P, Jonckheere I, Nackaerts K, Muys B, Lambin E. 2004. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *International Journal of Remote Sensing*, 25(9): 1565-1596.
 12. Ding H, Wang RC, Wu JP, Zhou B, Shi Z, Ding LX. 2007. Quantifying land use change in Zhejiang coastal region, China using multi-temporal Landsat TM/ETM⁺ images. *Pedosphere*, 17(6): 712-720.
 13. Fan F, Weng Q, Wang Y. 2007. Land use and land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM⁺ imagery. *Sensors*, 7(7): 1323-1342.
 14. Fan F, Wang Y, Wang Z. 2008. Temporal and spatial change detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM⁺ images. *Environmental Monitoring and Assessment*, 137(1-3): 127-147.
 15. Ghorbanali A, Nouri N. 2007. Coastline change detection using remote sensing. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 4(1): 61-66.
 16. Kim MK, Daigle JJ. 2011. Detecting vegetation cover change on the summit of Cadillac Mountain using multi-temporal remote sensing datasets: 1979, 2001, and 2007.



Detecting changes trend of geomorphic faces of Zayandeh Rood deltaic cones using remote sensing

M. Mohamadi ^{1*}, A. Seif ²

1. PhD. Student of Geomorphology, College of Geographic and Planning Science, University of Isfahan

2. Assis. Prof. College of Geographic and Planning Science, University of Isfahan

ARTICLE INFO

Article history:

Received 22 April 2013

Accepted 16 December 2013

Available online 15 May 2014

Keywords:

Change detection

Post-classification comparison (PCC)

Geomorphic faces

Zayande Rood delta

ABSTRACT

Remote sensing technology is a tool to identify and evaluate changes of geomorphic faces. Preparing the geomorphic maps and detecting of changes is one of the main elements in projects related to land capability assessment. In this study, geomorphic faces changes of the Zayandeh Rood Delta were detected in the 27 years period using MSS (1975) and ETM⁺ (2002) satellite images, topography and geology maps, and field visit. The ETM⁺ and MSS satellite images were corrected using the nearest neighbor method with a 0.15 and 0.18 percentage error respectively. For each image the best false colure composite (FCC) was prepared using spectral profiles and PCA index. After a linear stretch the maps of each image were prepared using supervised classification geomorphic with an overall accuracy of 62% (MSS 1975) and 74% (ETM⁺ 2002). The prepared maps were evaluated by the post-classification comparison (PCC) method. The results show that bloat lands has expanded from 13 km² to 26 km² and clay-sandy faces have increased from 45 to 52 km². However the area of other units has been reduced due to the prevailing drought conditions and in some cases due to land use.

* Corresponding author e-mail address: mohamadim395@gmail.com

