سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

سال سوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۰
Vol.3, No.2, Summer 2011

۵۹-۷۰

پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی پناهگاه حیات‌وحش هامون، طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۸ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی

وحید راهداری*[۱]، سعیده ملکی نجف‌آبادی[۱]، خسرو افسری[۲]، الهام آبتین[۲]، حلیمه پیری[۳]، اکبر فخیره[۴]

۱. مربی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل
۲. کارشناس ارشد محیط زیست، اداره کل حفاظت از محیط زیست استان سیستان و بلوچستان
۳. مربی دانشگاه زابل، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون
۴. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۱۱

چکیده

تغییرات کاربری و پوشش اراضی از عوامل مهم در تغییر جریان هیدرولوژیک، فرسایش و تنوع زیستی مناطق تحت حفاظت قلمداد می‌شود. با درک این تغییرات می‌توان اکوسیستم را در مسیر اهداف حفاظتی، مدیریت کرد. این مطالعه به‌منظور بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی پناهگاه حیات‌وحش هامون در سه دهه گذشته با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۹ و ۱۳۸۸ صورت گرفت. پس از انجام تصحیحات لازم بر روی تصاویر، با استفاده از روش طبقه‌بندی ترکیبی، نقشه کاربری و پوشش اراضی تهیه شد. نقشه پوشش گیاهی با استفاده از شاخص سبزینگی تسلدکپ و نمونه‌برداری میدانی و نقشه آب، شوره‌زار و خاک لخت با استفاده از شاخص نرمال‌شده آب و پردازش PCA بر روی تصویر تهیه گردید. در انتها تمامی لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده با یکدیگر ترکیب شدند و نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه برای هر سال تهیه شد. به منظور بررسی تغییرات به وجود آمده در منطقه، روش مقایسهٔ پس از طبقه‌بندی به کار رفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در این دوره مطالعه در سال ۱۳۷۹ تالاب هامون کاملاً خشک شده و به همین دلیل بین سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۷۹ مقدار پوشش گیاهی آن به شدت کاهش پیدا کرده و بر سطح اراضی شور افزوده شده است. با آبگیری مجدد تالاب در سال ۱۳۸۸ پوشش گیاهی آن احیا گردید، و این پوشش از ۶ درصد کل منطقه در سال ۱۳۷۹ به ۲۰ درصد افزایش پیدا کرد، و اراضی شور نیز از ۳۹ درصد کل منطقه به ۱۳ درصد کاهش یافت.

کلیدواژه‌ها: پناهگاه حیات‌وحش هامون، پرندگان مهاجر، پوشش گیاهی، خشکسالی، تغییرات کاربری.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: زابل، میدان جهاد، دانشگاه زابل، دانشکده منابع طبیعی، تلفن ۰۹۱۵۳۴۱۰۱۶۸

Email: Vahid_rahdary@yahoo.com

۱- مقدمه

چگونگی استقرار کاربری اراضی و پوشش آنها در کنار یکدیگر، الگوهای منظر[1] ناحیه را شکل می‌دهند (سفیانیان و همکاران، ۲۰۰۹). برای درک بهتر الگوهای منظر با هدف مدیریت سرزمین و دستیابی به اهداف حفاظتی، مشخص کردن الگوهای مکانی کاربری و پوشش اراضی بسیار ضروری است (تورنر، ۱۹۸۸ و سفیانیان و همکاران، ۲۰۰۹). امروزه با پیشرفت فناوری، استفاده از داده‌های ماهواره به دلیل ویژگی‌های آن ـ از قبیل دید وسیع، یکپارچگی، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف انرژی مغناطیسی برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها، امکان به‌کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارها و کم‌هزینه و سریع‌تر بودن تجزیه و تحلیل ـ با استقبال خاصی روبه‌رو شده است. رقومی بودن تصاویر ماهواره از دیگر مزایای آن است که امکان بسیاری از تجزیه و تحلیل‌ها و پردازش‌های کامپیوتری را بر روی تصاویر ماهواره‌ای فراهم می‌کند. از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های موضوعی به دست می‌آیند که نشان‌دهندهٔ توزیع جغرافیایی کاربری و پوشش‌های اراضی سطح زمین‌اند (راهداری و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به اینکه در روش طبقه‌بندی رقومی، جداسازی کلاس‌ها براساس وضعیت و الگوی طیفی پدیده‌های مورد مطالعه صورت می‌گیرد، میزان موفقیت طبقه‌بندی رقومی بستگی به میزان تمایز بازتاب‌های طیفی پدیده‌ها از یکدیگر دارد (یانگ و همکاران، ۲۰۰۲). به منظور تفکیک بهتر کاربری‌های مختلف می‌توان از قابلیت‌های سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده کرد (راهداری و همکاران، ۲۰۱۰). روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای وجود دارند، که عبارت‌اند از: نظارت نشده، نظارت شده و ترکیبی. هر کدام از این روش‌های طبقه‌بندی تصاویر، کاربردهایی خاص دارند. یکی از روش‌های طبقه‌بندی تصویر با دقت مناسب، به‌ویژه در مناطق دارای تنوع بازتابشی پدیده‌ها، روش طبقه‌بندی ترکیبی است (کامیوسوکو و آنیا، ۲۰۰۶ و راهداری، ۲۰۰۸).

طرح طبقه‌بندی اندرسون از جمله روش‌های طبقه‌بندی ترکیبی است که با شناسایی و بیان خصوصیات هر کاربری و یا پوشش اراضی، امکان استفاده از روش‌های مختلف به‌منظور تهیه آنها را برای کاربران فراهم می‌سازد (اندرسون و همکاران، ۱۹۷۶، کامیوسوکو، ۲۰۰۶، لینگ چنگ، ۲۰۰۶). براساس طرح طبقه‌بندی اندرسون با توجه به خصوصیات هر کاربری و پوشش اراضی سطح زمین، شاخص و روش ویژه‌ای برای تهیه نقشه تعیین می‌گردد.

ال ـ اسمار و هرهر (۲۰۱۰) در مطالعه‌شان به منظور بررسی تغییرات منطقه ساحلی شرق دلتای رودخانه نیل، از شاخص نرمال‌شده آب یا NDWI[2] استفاده کردند.

رابطه (۱)

$$\text{NDWI}: \left(\frac{Green - NIR}{Green + NIR} \right)$$

آنها توانستند با استفاده از این شاخص نقشهٔ منطقه ساحلی و قسمت‌های آبدار موجود در منطقه مورد مطالعه را مشخص می‌سازند.

راهداری و همکاران در مطالعه‌شان به‌منظور مقایسه روش‌های مختلف طبقه‌بندی در پناهگاه حیات‌وحش موته، به طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای به روش نظارت شده و نظارت نشده، پرداختند. آنها با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت نشده خوشه‌ای نقشه‌ای در ۱۶ طبقه و بدون برچسب تهیه کردند. نتایج نشان داد که در این روش، کاربری و پوشش‌های اراضی به اشتباه به یکدیگر نسبت داده شده‌اند و لذا در این منطقه با وسعت ۲۰۴۰۰۰ هکتار، روش مذکور فاقد دقت مطلوب و مناسب است. آنها به منظور تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه هر لایه را با استفاده از پردازش جداگانه و همچنین انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده تهیه کردند و با به‌کارگیری روش

1. Landscape pattern
2. Normalize Difference Walter Index

طبقه‌بندی ترکیبی، به تولید نقشه کاربری و پوشش اراضی پناهگاه حیات وحش موته پرداختند.

مسعود و کوئیک (۲۰۰۶) برای بررسی شور شدن خاک با استفاده از داده‌های ETM^+ و TM در منطقه‌ای بیابانی در نزدیکی دریای مدیترانه با استفاده از روش بررسی تغییرات پوشش زمین، به تهیه نقشه کاربری اراضی دست زدند. آنها برای تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه و با توجه به بیابانی بودن آن، از شاخص SAVI به‌منظور کاهش تأثیر پس‌زمینه خاک استفاده کردند و نتوانستند نقشه تاج پوشش گیاهی منطقه را تهیه کنند. یوآن و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌شان برای طبقه‌بندی پوشش اراضی و آشکارسازی تغییرات منطقه‌ای شهری در ایالت مینه‌سوتا[1]ی امریکا به مساحت ۷۷۰۰ کیلومتر مربع از داده‌های ماهواره لندست استفاده کردند. آنان برای طبقه‌بندی تصاویر، روش طبقه‌بندی ترکیبی را به کار گرفتند و برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی از روش‌های مختلفی استفاده کردند. آنها پس از طبقه‌بندی تصاویر، به بررسی و بیان تغییرات، رخ نموده پرداختند. این روش ضمن نشان دادن مناطق تغییر یافته، روند تغییرات را نیز نشان می‌دهد. کامیوسوکو و آنیا (۲۰۰۶) در مطالعه خود به منظور بارزسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی منطقه‌ای در زیمبابوه، از تصاویر MSS، TM و ETM^+ و روش طبقه‌بندی ترکیبی استفاده کردند. آنها برای بررسی وضعیت سطح زمین در تصاویر سال‌های گذشته، ابتدا با توجه به اندازه متفاوت پیکسل‌های سنجنده MSS با استفاده از روش نمونه‌برداری مجدد در هنگام ثبت هندسی آن، اندازه پیکسل‌های آن را به ۳۰ متر تغییر دادند. همچنین به دلیل در دسترس نبودن اطلاعات میدانی از منطقه، دست به مقایسه تصویر رنگی کاذب MSS با نمونه‌برداری‌های میدانی زدند و برای تهیه تصویر رنگی کاذب پردازش OIF^2 را بر روی باندها انجام دادند و بیان کردند که به دلیل حداکثر واریانس بین باندهای آبی و سبز و مادون قرمزرنگی، ترکیب رنگی ۴، ۲، ۱: RGB را به کار برده‌اند که بیشترین وضوح بصری را دربرداشته است.

کشور ایران دارای زیستگاه‌های متعددی برای حیات‌وحش است. از مهم‌ترین زیستگاه‌های پرندگان در شرق ایران، پناهگاه حیات وحش هامون، قسمتی از تالاب بین‌المللی هامون در شمال استان سیستان و بلوچستان، در منطقه سیستان و در مجاورت کشور افغانستان است. وقوع خشکسالی‌های متوالی در دهه‌های ۸۰ و ۹۰ حیات این زیستگاه باارزش را به خطر انداخته است. به منظور درک بهتر روند تغییرات کاربری و پوشش‌های اراضی این منطقه تحت حفاظت از داده‌های ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۹ و ۱۳۸۴ (قبل از خشکسالی و حالت طبیعی تالاب، به هنگام خشکسالی، و پس از خشکسالی) استفاده گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

پناهگاه حیات وحش هامون با مساحتی حدود ۲۹۳۰۳۱ هکتار در ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۷ دقیقه عرض جغرافیایی و ۶۰ درجه ۵۶ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۴۳ دقیقه طول جغرافیایی در غرب شهر زابل و در شمال استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. این منطقه را که در زمرهٔ تالاب‌های ثبت شده در کنوانسیون رامسر به شمار می‌آید، رودخانه هیرمند تغذیه می‌کند و در واقع تنها زیستگاه پرندگان در شرق کشور است. از گونه‌های مهم گیاهی می‌توان به اویار سلام، لویی، نی، بارهنگ آبی، گز و تاغ اشاره کرد؛ و از گونه‌های مهم جانوری می‌توان پلیکان، فلامینگو، باکلان، آنقوت، دال، افعی شاخدار ایرانی و جعفری و انواع ماهیان ـ مانند کپور و آمور ـ را نام برد (شامحمدی و ملکی، ۲۰۱۰). متوسط بارندگی منطقه کمتر از پنجاه میلی‌متر، و اقلیم منطقه به روش

1. Minnesota
2. Optimum Index Factor

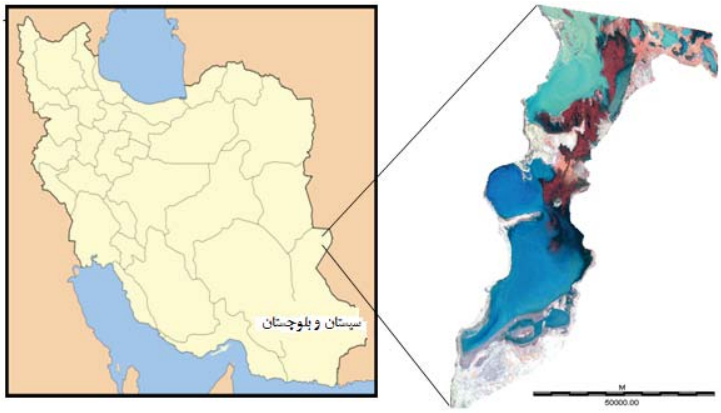
دومارتن فراخشک است. مهم‌ترین عامل تهدیدکنندهٔ این پناهگاه کاهش ورودی رودخانه هیرمند به تالاب هامون و خشکسالی هیدرولوژیکی است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را در کشور و منطقه نشان می‌دهد (شامحمدی و ملکی، ۲۰۱۰).

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MSS سال ۱۳۶۵ و سنجنده TM مربوط به سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۸ مربوط به منطقه مطالعه و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شد. به‌منظور ایجاد بیشترین همبستگی بین داده‌های ماهواره‌ای و پدیده‌های سطح زمین و نیز برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه با دقت مناسب طی سال‌های مورد مطالعه، بازدیدهای میدانی همزمان با برداشت تصویر از منطقه و در خرداد ماه سال ۱۳۸۸ انجام گردید. برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی دیگر تصاویر، با توجه به در دسترس نبودن اطلاعات میدانی از بررسی تصاویر رنگی کاذب آنها و مقایسه با تصویر رنگی کاذب سال ۱۳۸۸، منابع موجود و مطالعات میدانی انجام شده استفاده گردید.

۳- روش تحقیق

با انجام مطالعات میدانی و بررسی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ ابتدا کاربری و پوشش‌های اراضی منطقه مشخص گردید و برای هر کدام تعاریفی ارائه شد. به این ترتیب پنج طبقه کاربری و پوشش اراضی در منطقه مشخص گردید. در جدول ۱ خصوصیات هر طبقه بیان شده است.



شکل ۱. موقعیت تقریبی پناهگاه حیات وحش هامون در استان سیستان و بلوچستان

جدول ۱. مشخصات کاربری و پوشش‌های اراضی در منطقه

کد	نام کاربری	ویژگی
۱	آب	مناطق آبدار تالاب
۲	پوشش گیاهی و آب	اراضی‌ای که به‌وسیله رودخانه آبگیری شده‌اند و پوشش گیاهی بیش از ۲۰ درصد دارند.
۳	پوشش گیاهی	مناطقی با درصد تاج پوشش گیاهی بیشتر از ۲۰ درصد
۴	شوره‌زار	اراضی‌ای که در قشر سطحی آنها مقادیر معتنابهی از نمک‌های محلول جمع شده است. این اراضی عمدتاً مسطح‌اند و زهکشی طبیعی آنها بسیار ضعیف و سطح آب زیر زمینی در آنها بالاست، و نیز EC بیشتر از ۴ dSm دارند.
۵	خاک لخت	اراضی دارای تاج پوشش گیاهی کمتر از ۲۰ درصد

۳-۱- پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در این مرحله ابتدا تصویر ماهواره‌ای مورد نظر، زمین مرجع شدند. تصحیح هندسی بر روی تصویر با RMSe کمتر از یک پیکسل اعمال گردید؛ به این ترتیب که تصویر سال ۱۳۸۸ با استفاده از نقاط کنترل زمینی با میانگین خطای مربعات RSMe کمتر از ۰/۵ پیکسل زمین مرجع شد و سپس تصویر سال ۱۳۷۹ با استفاده از نقاط مشترک نسبت به تصویر سال ۱۳۸۸ تصحیح شد. تصحیح تصویر نخست یا همان تصویر MSS سال ۱۳۶۵ با استفاده از نقاط مشترک این تصویر و نیز تصویر سنجنده TM سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. در هنگام تصحیح هندسی، به منظور یکسان‌سازی قدرت تفکیک مکانی و مقیاس تصویر سال ۱۳۶۵ با دیگر تصاویر، و مقایسه دقیق نقشه کاربری و پوشش‌های اراضی تهیه شده با استفاده از روش نمونه‌برداری مجدد[1]، قدرت تفکیک مکانی آن به ۳۰ متر تغییر داده شد. با استفاده از اطلاعات همراه تصویر، تصحیح اتمسفریک نیز بر روی تصاویر انجام گرفت.

۳-۲- پردازش تصاویر ماهواره‌ای

به‌منظور بررسی بصری تصاویر، ابتدا پردازش OIF بر روی آنها انجام گرفت و با استفاده از نتایج این پردازش بهترین ترکیب باندی ـ شامل باندهای آبی، سبز و مادون قرمز نزدیک ـ به‌منظور تهیه تصاویر رنگی کاذب انتخاب شدند. برای تهیه نقشه پوشش گیاهی، با توجه میزان استفاده پرندگان از این پوشش، حداقل مقدار تاج پوشش مذکور ۲۰ درصد تعیین شد و موقعیت مناطق با تاج پوشش گیاهی ۲۰ درصد و به‌صورت همگن با استفاده از GPS مشخص و مقادیر متناظر آنها در شاخص‌های تهیه شده معلوم گردید. پوشش گیاهی در یک طبقه ۲۰ درصد و بیشتر از آن نشان داده شده است. به این منظور پردازش‌های مختلف، مانند پردازش تسلد کپ[2] انجام گرفت و شاخص‌های گیاهی SAVI و NDVI از تصاویر هر سال تهیه گردید. سپس با توجه به بازدیدهای میدانی مقدار عددی[3] تاج پوشش ۲۰ درصد در تصاویر پردازش‌های انجام شده به عنوان مرز بین اراضی دارای پوشش و اراضی بدون پوشش مشخص شد و با اعمال طبقه‌بندی مجدد[4] بر روی تصاویر لایه پوشش گیاهی از دیگر قسمت‌ها جدا گردید. در نهایت نیز دقیق‌ترین نقشه از مؤلفه سبزینگی[5] پردازش تسلدکپ تهیه شد و برای تهیه نقشه پوشش گیاهی تصاویر دیگر نیز همین شاخص به کار رفت. برای تفکیک پوشش گیاهی از تصویر سال ۱۳۶۵ و ۱۳۷۹، و همچنین به منظور مشخص کردن تاج پوشش ۲۰ درصد، سعی شد که نمونه‌برداری از پوشش گیاهی در مناطقی صورت گیرد که در هر ۳ تصویر فاقد آب باشند؛ و به‌منظور برآورد مقدار تاج پوشش نیز، تن رنگ تصویر رنگی کاذب سال ۱۳۸۸ با تصاویر رنگی کاذب سال‌های دیگر مقایسه شد. پس از تهیه نقشه پوشش گیاهی این لایه از تصاویر ماهواره حذف گردیدند.

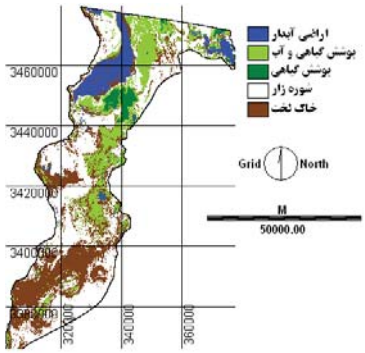
نقشه آب با استفاده از شاخص نرمال شده آب NDWI از تصاویر ماهواره تهیه شد. به این منظور ابتدا شاخص NDWI برای هر تصویر معلوم شد و سپس موقعیت ساحل هر یک از تصویرها با توجه به تصویر رنگی آن سال تعیین و مقدار عددی سواحل در این شاخص به عنوان آستانه بین خشکی و آب مشخص گردید. با اعمال طبقه‌بندی مجدد بر روی شاخص NDWI لایه آب تهیه شد و سپس از تصویر ماهواره‌ای حذف گردید. اراضی شور براساس طبقه‌بندی شوری خاک اراضی با شوری بیشتر از ۴dSm در نظر گرفته شدند (علوی‌پناه، ۲۰۰۴). لایه شوره‌زار با انجام پردازش PCA بر روی تصاویر ماهواره تهیه شد. مقایسه تصاویر رنگی کاذب به دست آمده، با مؤلفه‌های تهیه شده از پردازش PCA، نشان داد که خاک‌های شور در مؤلفه نخست PCA از خاک لخت متمایز شده‌اند و با اعمال طبقه‌بندی مجدد بر روی مؤلفه نخست این پردازش شوره‌زارها از اراضی جدا شدهٔ کشت‌ناشدنی (لم‌یزرع) تفکیک گردیدند. به این منظور پس از نمونه‌برداری از

1. Resampling
2. Tasseld Cap
3. Number Value
4. Reclass
5. Greenness

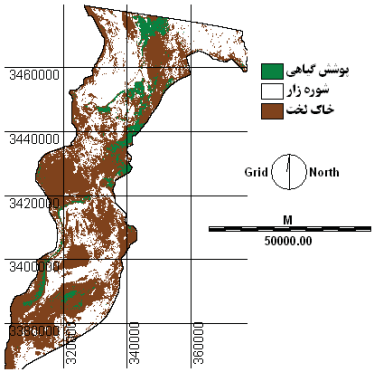
خاک‌های منطقه و اندازه‌گیری EC خاک، موقعیت خاک‌های دارای EC بیشتر از ۴dSm تحت عنوان خاک شور مشخص گردید. سپس مقدار عددی این خاک‌ها به عنوان حد پایینی خاک‌های شور در مؤلفه نخست پردازش مؤلفه‌های اصلی PCA مشخص شد و با اعمال طبقه‌بندی مجدد بر روی این مؤلفه لایه شوره‌زار تهیه گردید. در مورد دیگر تصاویر، میزان شوری آنها با مقایسه مقدار تن رنگ پیکسل‌های با شوری ۴dSm در تصویر رنگی کاذب سال ۱۳۸۸ ـ با تصاویر رنگی کاذب تهیه شده از تصاویر سال‌های قبل ـ تصمیم‌گیری شد، و این لایه با اعمال طبقه‌بندی مجدد بر روی مؤلفه نخست پردازش PCA برای سال‌های دیگر نیز تهیه گردید. به منظور تهیه لایه خاک، با توجه به اینکه پس از تهیه هر لایه اطلاعاتی لایه مذکور از تصویر منطقه جدا می‌شد و پس از جدا کردن لایه شوره‌زار تنها لایه خاک باقی ماند. به هر حال سرانجام با استفاده از قابلیت‌های GIS، تمامی لایه‌ها با یکدیگر ترکیب شدند و نقشه کاربری و پوشش اراضی به روش طبقه‌بندی ترکیبی تهیه گردید. به منظور بررسی دقت نقشه‌های تهیه شده، از بازدیدهای میدانی در خرداد سال ۱۳۸۸ و مقایسه تصاویر رنگی کاذب با شرایط میدانی استفاده شد و شاخص کاپا و صحت کلی محاسبه گردید. برای بررسی دقت نقشه‌های سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۹ شاخص کاپا و صحت کلی با مقایسه نقشه‌های تهیه شده و تصاویر رنگی کاذب هر سال با بازدیدهای میدانی و تصویر رنگی کاذب سال ۱۳۸۸ محاسبه گردید. برای بررسی تغییرات رخ داده در منطقه نیز روش مقایسه پس از طبقه‌بندی به کار رفت. به این منظور، نقشه‌ها در محیط GIS بر روی یکدیگر گذاشته شدند و روند تغییرات در منطقه مشخص گردید.

۴- نتایج

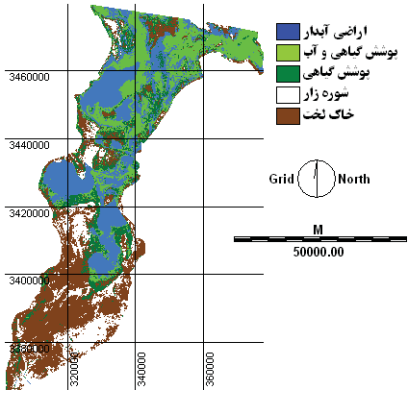
نتایج آنالیز OIF مشخص ساخت که باندهای آبی و سبز و قرمز دارای حداکثر واریانس با یکدیگرند. به همین خاطر تصویر رنگی کاذب با ترکیب باندی ۱ و ۲ و ۴ تهیه شد و برای انتخاب مناطق تعلیمی به‌منظور طبقه‌بندی تصویر و مقایسه نقشه‌های تهیه شده تصویر سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۹ مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه نقشه‌های تهیه شده در سال ۱۳۶۵ مربوط به سنجنده MSS، سال ۱۳۷۹ مربوط به سنجنده TM و سال ۱۳۸۸ مربوط به سنجنده TM با شرایط میدانی، نشان داد که نقشه پوشش گیاهی موجود در خشکی و آب تهیه شده از شاخص سبزینگی تسلدکپ، دارای دقت بیشتری در مقایسه با دیگر شاخص‌های گیاهی ـ مانند NDVI و SAVI ـ است. نتایج نشان دادند که مؤلفه نخست PCA اراضی شور را از خاک لخت متمایز کرده است. نقشه‌های مربوط به سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۹ و ۱۳۸۸ در ۵ طبقه تهیه شدند. به‌منظور بررسی دقت و صحت نقشه‌های تهیه شده ضریب کاپا بیشتر از ۸۵/۰، و صحت کلی بیشتر از ۹۰ درصد برای نقشه‌ها محاسبه گردید. شکل‌های ۲ تا ۴ نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۹ و ۱۳۸۸ را نشان می‌دهند؛ و در جدول ۲ نیز مساحت کاربری و پوشش‌های اراضی در این سال‌ها مشخص شده است.



شکل ۲. نقشه کاربری و پوشش اراضی سال ۱۳۶۵



شکل ۳. نقشه کاربری و پوشش اراضی سال ۱۳۷۹



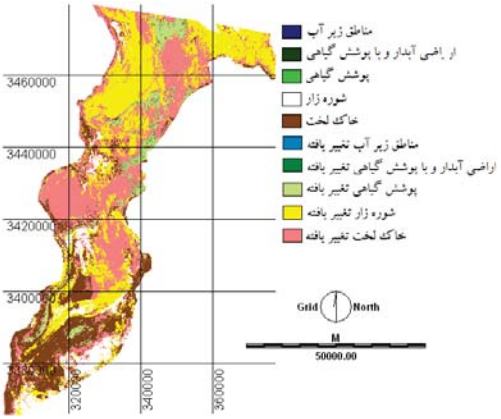
شکل ۴. نقشه کاربری و پوشش اراضی سال ۱۳۸۸

جدول ۲. مساحت کاربری و پوشش‌های اراضی در دوره مطالعه براساس هکتار

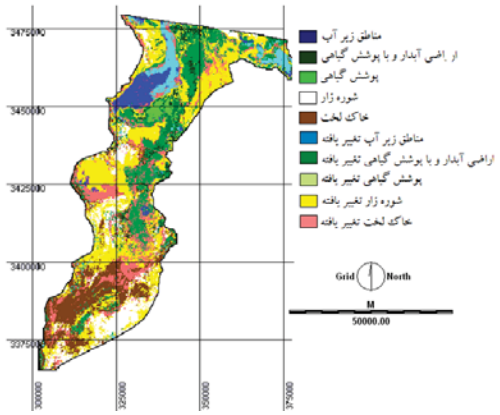
	سال ۱۳۶۵	سال ۱۳۷۹	سال ۱۳۸۸
اراضی آبدار	۲۷۴۸۷	۰	۶۸۵۹۱
پوشش گیاهی و آب	۵۸۰۳۲	۰	۳۵۳۵۶
پوشش گیاهی	۷۶۶۵	۱۸۴۰۲	۶۰۷۹۵
شوره زار	۱۲۰۳۸۶	۱۱۶۰۲۸	۴۰۸۷۳
خاک لخت	۷۹۴۶۲	۱۵۸۶۰۱	۸۷۴۱۴

از روی هم‌گذاری نقشه کاربری و پوشش اراضی، و به‌منظور بررسی روند تغییرات در دوره مطالعه، نقشه‌هایی در ۱۰ طبقه تهیه گردیدند. در این نقشه‌ها، ۵ طبقه نخست مناطق بدون تغییر هستند، و طبقات دیگر را مناطق تغییریافته از هر کاربری یا پوشش تشکیل می‌دهند. شکل‌های ۵ تا ۷، نقشه‌های تغییرات کاربری و پوشش اراضی را طی سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۸ نشان می‌دهند؛ و میزان تغییرات در هر دوره نیز در جدول ۳ نشان داده شده است.

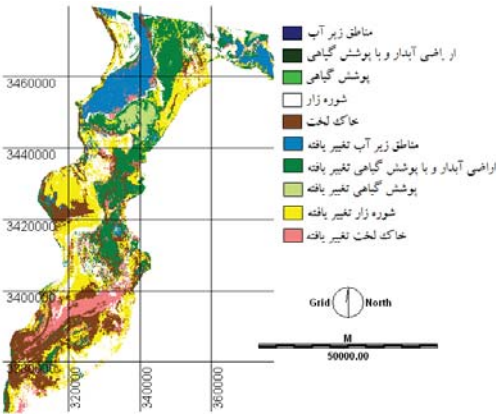
جدول‌های ۴ تا ۶ به ترتیب روند تغییرات را طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۹، و سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۸، و سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۸ نشان می‌دهند.



شکل ۵. نقشه تغییرات بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۹



شکل ۶. نقشه تغییرات بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۸



شکل ۷. نقشه تغییرات بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۸

جدول ۳. مساحت تغییر هر کاربری و پوشش اراضی در دوره مورد مطالعه براساس هکتار

	سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۷۹	سال‌های ۱۳۷۹ الی ۱۳۸۸	سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۸۸
مناطق زیر آب تغییریافته	۲۷۴۸۷	۰	۱۴۷۵۱
اراضی آبدار با پوشش گیاهی تغییریافته	۵۸۰۳۲	۰	۴۸۴۸۳
پوشش گیاهی تغییریافته	۶۷۸۶	۱۵۷۶۷	۴۰۰۲
شوره‌زار تغییریافته	۶۷۷۱۳	۹۲۲۵۱	۸۹۶۶۷
خاک لخت تغییریافته	۲۶۰۰۳	۱۰۱۴۴۱	۴۰۷۷۱

جدول ۴. روند تغییرات سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۷۹ براساس هکتار

تغییرات بین سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۶۵	اراضی زیر آب	آب به همراه پوشش گیاهی	پوشش گیاهی	شوره‌زار	خاک لخت	مجموع
اراضی زیر آب	۰	۰	۲۷۵	۱۹۹۶۵	۷۲۴۷	۲۷۴۸۷
آب به همراه پوشش گیاهی	۰	۰	۹۳۵۴	۱۶۲۰۸	۳۲۴۶۹	۵۸۰۳۱
پوشش گیاهی	۰	۰	۸۷۹	۳۸۹۵	۲۸۹۱	۶۷۸۶
شوره‌زار	۰	۰	۵۱۷۸	۵۲۶۷۳	۶۲۵۳۶	۶۷۷۱۴
خاک لخت	۰	۰	۲۷۱۶	۲۳۲۸۸	۵۳۴۵۸	۲۶۰۰۴

جدول ۵. روند تغییرات بین سال‌های ۱۳۷۹ الی ۱۳۸۸ براساس هکتار

تغییرات بین سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۸	اراضی زیر آب	آب به همراه پوشش گیاهی	پوشش گیاهی	شوره‌زار	خاک لخت	مجموع
اراضی زیر آب	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آب به همراه پوشش گیاهی	۰	۰	۰	۰	۰	۰
پوشش گیاهی	۲۶۴۳	۵۱۰۰	۲۶۳۵	۳۷۱	۷۶۵۴	۱۳۳۰۳
شوره‌زار	۲۸۶۸۰	۹۹۹۸	۳۰۹۷۰	۲۳۷۷۸	۲۲۶۰۲	۹۲۲۵۰
خاک لخت	۳۷۲۶۸	۲۰۲۵۹	۲۷۱۹۰	۱۶۷۲۴	۵۷۱۵۹	۱۰۱۴۱۱

جدول ۶. روند تغییرات بین سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۸۸ براساس هکتار

تغییرات بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۸	اراضی زیر آب	آب به همراه پوشش گیاهی	پوشش گیاهی	شوره‌زار	خاک لخت	مجموع
اراضی زیر آب	۱۲۷۳۷	۴۵۴	۱۲۵۷۴	۲۸۴	۱۴۳۹	۱۴۷۵۱
آب به همراه پوشش گیاهی	۱۹۶۶۷	۹۵۴۹	۱۸۱۶۱	۱۳۵۲	۹۳۰۳	۴۸۴۸۳
پوشش گیاهی	۳۶۷۴	۲۴۶	۳۶۶۳	۱۳	۷۱	۴۰۰۴
شوره‌زار	۲۲۲۶۵	۱۴۱۲۸	۱۵۳۶۲	۳۰۷۱۹	۳۷۹۱۲	۸۹۶۶۷
خاک لخت	۱۰۲۸۹	۱۰۹۸۰	۱۱۰۳۶	۸۵۰۵	۳۸۶۹۱	۴۰۸۱۰

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در بارزسازی تغییرات به روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره با هم مقایسه می‌شوند. بنابراین انجام طبقه‌بندی صحیح تصاویر، در ارائه نتایج آشکارسازی تغییرات بس اهمیت دارد. با توجه به اینکه در روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، خصوصیت هر پیکسل نقشه با پیکسل متناظر آن بررسی می‌شود، به منظور قرارگیری پیکسل‌ها بر روی یکدیگر باید از نظر ابعاد با یکدیگر برابر باشند (لینگ چن و همکاران، ۲۰۰۶). در این مطالعه با توجه به قدرت تفکیک مکانی متفاوت سنجنده MSS و TM و نیز تفاوت مقیاس آنها، به منظور ممکن شدن مقایسه صحیح تغییرات کاربری و پوشش اراضی و یکسان کردن مقیاس دو سنجنده و قدرت تفکیک مکانی، در هنگام ثبت تصویر، با استفاده از روش نمونه‌برداری مجدد، اندازه پیکسل سنجنده MSS به ۳۰ متر تغییر داده شد. تومیویک و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های TM و MSS با توجه به یکسان نبودن قدرت تفکیک مکانی این دو سنجنده و تفاوت مقیاس آنها برای فراهم شدن مقایسه تغییرات به‌وسیله دو سنجنده با قدرت تفکیک مکانی این دو سنجنده و تفاوت مقیاس آنها برای فراهم شدن مقایسه تغییرات به‌وسیله دو سنجنده با قدرت تفکیک مکانی متفاوت، با استفاده از روش نمونه‌برداری مجدد[1] اندازه پیکسل‌های سنجنده MSS را به ۳۰ متر تغییر دادند.

در مناطق دارای سطح وسیع، برخی از کاربری‌ها و پوشش‌های اراضی بازتابش نسبتاً مشابهی دارند که تفکیک آنها با استفاده از روش‌های معمول طبقه‌بندی امکان‌پذیر نیست (کامیوسوکو و آنیا، ۲۰۰۶). تهیه هر یک از لایه‌ها با به‌کارگیری مفهوم اندرسون و حذف آن لایه از تصاویر ماهواره باعث کاهش تداخل بازتابشی می‌گردد (لینگ چن و همکاران، ۲۰۰۶). افزون بر اینها، ملکی و همکاران (۱۳۸۹) به‌منظور بررسی تغییرات بوم‌شناختی منظر پناهگاه حیات وحش موته از داده‌های ماهواره Landsat سنجنده‌های MSS، TM و ماهواره IRS-1C سنجنده LISS III استفاده کردند. آنها برای تهیه نقشه‌های دارای مقیاس مشابه، با استفاده از روش نمونه‌برداری مجدد اندازه پیکسل‌های سنجنده‌ها را به ۳۰ متر تغییر دادند. به دلیل تشابه بازتابش برخی از کاربری و پوشش‌های اراضی، با روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده و نظارت نشده امکان تفکیک آنها وجود نداشت؛ و در نتیجه، آنان با استفاده از مفهوم اندرسون و روش طبقه‌بندی ترکیبی، نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه را تهیه کردند.

با توجه به اهمیت پوشش گیاهی در تأمین نیازهای زیستی وحوش، لایه آبداری که دارای پوشش گیاهی بود، به مثابه لایه‌ای مجزا مشخص گردید. بررسی‌ها حاکی از آن بودند که بیشترین تراکم وحوش ـ چه آنهایی که به آب وابسته‌اند و چه خشکی‌زی‌ها ـ در پوشش‌های بیش از ۲۰ درصد است. همچنین اراضی شور به عنوان بخشی از منطقه که شوری بیش از ۴dsm دارند، معرفی شدند (علوی‌پناه، ۱۳۸۲). نتایج مطالعه حاکی از آن‌اند که هر چند اراضی شور اهمیت اکولوژیکی چندانی برای وحوش ندارند، اما پس از آبگیری مجدد تالاب این لایه به زیر آب می‌رود و با کاهش میزان شوری خاک، پوشش گیاهی در این مناطق رشد می‌کند؛ که در جدول‌های ۴ و ۵ و ۶ نشان داده شده است.

ارزیابی دقت نتایج طبقه‌بندی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی دقت آشکارسازی تغییرات به کار رود (کامیوسوکو و آنیا، ۲۰۰۶؛ لونا، ۲۰۰۳؛ و راهداری و همکاران، ۲۰۰۸).

در این مطالعه به‌منظور تعیین دقت و صحت نقشه‌های تهیه شده، دست‌کم از ۴ درصد سطح منطقه نمونه‌برداری شد. درویش‌صفت (۱۳۷۷) در مطالعه خود برای تعیین دقت نقشه‌های تهیه شده، نمونه‌برداری از ۳ تا ۴ درصد منطقه را معقول و منطقی دانسته است. با

1. Resampling

توجه به در دسترس نبودن اطلاعات کافی از وضعیت گذشته منطقه، برای بررسی دقت نقشه‌های تولید شده، از تصاویر رنگی کاذب سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۹ و همچنین نقشه‌های توپوگرافی و اطلاعات افراد بومی منطقه استفاده شد. یانگ (۲۰۰۲) نیز در مطالعه‌اش گزارش کرد که با توجه به در اختیار نداشتن اطلاعات کامل از وضعیت گذشته منطقه، تنها به ارزیابی کلی از دقت نقشه اکتفا کرده است. ضریب کاپا و صحت کلی در این مطالعه ۰/۸۵ و ۹۰ درصد محاسبه گردید.

درویش‌صفت (۱۳۷۷) در مطالعه‌اش میزان معقول دقت نقشه را ۸۵ درصد گزارش کرده است. کامیوسوکو و آنیا (۱۳۶۶) این مقدار دقت را برای طرح طبقه‌بندی اندرسون، مناسب برشمرده‌اند.

با توجه به جدول‌های ۲ و ۳ مشخص می‌شود که طی سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۷۹ با خشک شدن تالاب هامون، تمامی سطح طبقات ۱ و ۲ نقشه کاربری و پوشش اراضی به طبقات دیگر بدل گردیده، که روند این تغییرات در جدول ۴ نشان داده شده است. به دلیل خشک شدن تالاب در سال ۱۳۷۹ مقدار تغییرات طبقه ۱ و ۲ طی سال‌های ۱۳۷۹ الی ۱۳۸۸ برابر با صفر است (جدول ۵).

با بررسی جدول ۲ و شکل ۳، می‌توان دریافت که در سال ۱۳۶۵ بیشترین قسمت پناهگاه حیات وحش هامون را اراضی شور در برگرفته‌اند؛ و اراضی آبدار (طبقه ۱) و آب به همراه پوشش گیاهی (طبقه ۲) که از مهم‌ترین زیستگاه‌های پرندگان به شمار می‌آیند ۲۹ درصد کل سطح منطقه را شامل می‌شوند. نتایج طبقه‌بندی تصویر سال ۱۳۶۵ حاکی است که در این زمان ۲/۶ درصد منطقه را پوشش گیاهی موجود در خشکی (طبقه ۳) دربرگرفته است؛ و در مجموع با احتساب پوشش گیاهی موجود در آب، ۲۲ درصد از سطح کل منطقه دارای پوشش گیاهی است. با خشک شدن تالاب در سال ۱۳۷۹ سطح پوشش گیاهی منطقه به ۶ درصد کاهش یافته است.

در سال ۱۳۷۹ به دلیل قطع جریان آب رودخانه هیرمند، آب تالاب کاملاً خشک شد و بدین ترتیب مساحت اراضی آبدار (طبقه ۱) یا اراضی آبدار و دارای پوشش گیاهی (طبقه ۲) به صفر رسید. همچنین در سال ۱۳۷۹ خاک لخت بیشترین مساحت را در برمی‌گرفت. با بررسی جدول ۴ می‌توان دید که این لایه در سال ۱۳۷۹ بر اثر تخریب پوشش گیاهی موجود در اراضی آبدار و نیز خشک شدن آب و کاهش سطح اراضی شور به وجود آمده است. نقشه تغییرات بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۹ نشان می‌دهد که اراضی دارای شوریِ بیش از 4dSm (طبقه ۴) در سال ۱۳۷۹ از تبدیل اراضی زیر آب (طبقه ۱) و آب همراه با پوشش گیاهی (طبقه ۲) و نیز تبدیل خاک لخت به شوره‌زار به وجود آمده‌اند. در دوره مذکور لایه‌های مرطوب، آب‌شان را از دست دادند و به شوره‌زار و خاک‌لخت ـ و در برخی از مناطق به پوشش گیاهی ـ تبدیل شدند.

با بررسی نقشه کاربری و پوشش اراضی در سال ۱۳۸۸ می‌توان دید که با آبگیری مجدد تالاب هامون، اگرچه بیشترین مساحت در آن سال مربوط به خاک‌های لخت بوده است اما ۲۳ درصد کل منطقه دارای آب (طبقه اول) بود و در مجموع به همراه اراضی آبدار با پوشش گیاهی، ۳۵ درصد منطقه را آب در بر می‌گرفت؛ و در واقع در قیاس با سال ۱۳۶۵، حدود ۶ درصد افزایش را نشان می‌داد.

در سال ۱۳۸۸ حدود ۱۲ درصد از مساحت تقریبی ۲۹۳۰۰۰ هکتاری منطقه مورد مطالعه را پوشش گیاهی موجود در خشکی دربر می‌گرفت. در واقع با محاسبه پوشش گیاهی موجود در آب (طبقه ۲)، حدود ۳۲ درصد منطقه دارای پوشش گیاهی بوده، که در قیاس با سال ۱۳۶۵ برابر ۱۰ درصد ـ و در مقایسه با سال ۱۳۷۹ برابر ۲۶ درصد ـ افزایش یافته است.

با بررسی جدول شماره ۵ مشخص می‌گردد که طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۸ بیشترین تغییرات مربوط به خاک‌های لخت و کشت‌ناشدنی (لم‌یزرع) است که این اراضی در سال ۱۳۸۸ از طریق رودخانه هیرمند آبگیری

شده‌اند. شکل ۷ و جدول ۶، تغییرات بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۸ را نشان می‌دهند. در این دوره بیشترین تغییرات در اراضی شور بوده است، به طوری‌که بیشترین تغییرات این طبقه، در تبدیل آن به اراضی آبدار و پوشش گیاهی خلاصه می‌شود. نتایج مطالعه مشخص می‌سازد که در دوره مطالعه، بیشترین سطح زیر آب (طبقات ۱ و ۲) و پوشش گیاهی (طبقه ۳) و همچنین کمترین مقدار شوری (طبقه ۴) مربوط به سال ۱۳۸۸ است. جدول‌های ۲ و ۶ نشان می‌دهند که در این دوره شوری خاک به دلیل آبگیری تالاب و افزایش پوشش گیاهی منطقه رو به کاهش نهاده است. جدول ۲ نشان می‌دهد که هر چند با وقوع خشکسالی از مقدار پوشش گیاهی در سال ۱۳۷۹ کاسته شده، اما با آبگیری تالاب هامون در سال ۱۳۸۸، پوشش گیاهی این مجموعه ـ که عموماً از نی تشکیل شده ـ به سرعت رشد کرده است؛ و این قدرت احیای زیاد تالاب را نشان می‌دهد.

با توجه به تغییرات کاربری و پوشش‌های اراضی در سطح زمین در طول زمان، به دلیل در دسترس نبودن اطلاعات دوره‌ای از وضعیت گذشته در بیشتر مناطق، امکان پایش و بررسی روند تغییرات آنها برای تصمیم‌گیری به‌منظور مدیریت مناسب سرزمین با استفاده از روش‌های سنتی وجود ندارد. با پرتاب نخستین ماهواره مربوط به مطالعات منابع طبیعی در سال ۱۹۷۲ و فراهم شدن داده‌های ماهواره‌ای، امکان بررسی تغییرات سرزمین فراهم آمد. امروزه داده‌های ماهواره‌ای به دلیل داشتن خصوصیاتی چون امکان برداشت دوره‌ای تصویر، برداشت اطلاعات در سطح وسیع از زمین، برداشت تصویر در طیف‌های مختلف امواج الکترومغناطیس و امکان تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی سطح زمین و بررسی تغییرات سرزمین به کار می‌روند.

۶- منابع

Alavipanah, S.K., 2004, **Application of Remote Sensing in the Earth Science (Soil)**, University of Tehran press.

Anderson, J. R., Ernest, E.H., John T. R., Richard, E.W., 1976, **A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data**, Geological Survey Professional.

Darvishsefat, A., 1999, **Thematic GIS Data based Maps Accuracy Assessment**, 5th Geographic Information System conference.

EL-Asmar, H.M., Hereher, M.E., 2010, **Change Detection of the Coastal Zone East of the Nile Delta Using Remote Sensing**, Environ Earth Scince journal, in press.

Kamusoko, C., Aniya, M., 2006, **Landuse/Cover Change and Landscape Fragmentation Analysis in the Bindura District Zimbabwe**, Land Degradation & Development, 221-233.

Luna, A.R., Cesar, A.R., 2003, **Land Use, Land Cover Changes and Costal Lagoon Surface Reduction Associated with Urban Growth in Northwest Mexico**, Landscape Ecology, Vol.18, 59-171.

Ling-Chen, X., Zhao, H.M., Li, P.X. & Yin, Z.Y., 2006**, Remote Sensing Image-based Analysis of the Relationship Between Urban Heat Island and Land Use/cover Changes**, Remote sensing of environment,Vol.104, 133-146.

Masoud, A.A., Koike, K., 2006, **Arid Land**

Salinization Detected by Remotely-sensed Land Cover Changes:A case study in the siwa region, NW Egypt, Arid Environment,Vol.66, 151-167.

Maleki Najafabadi, M., Soffianian, A., Rahdari, V., 2011, **Landscape Change Detection in Mouteh Wildlife Refuge Using Geographic Information Systems**, journal of natural environment, Vol.63, No.4, 373-387.

Rahdari, V., Soffianian,A., Khajeddin, S.J., Maleki, N., 2008**, Land Use and Land Cover Change Detection of Mouteh Wild Life Refuge During 1972-2006 Using Remote Sensing and Geographic Information System**, World Applied Science Journal 3 (Supple 1), 113-118.

Rahdari, V., Maleki, N.S., 2010, **Image Classification Method Comparison for Land Use Land Cover Mapping in Arid and Semi Arid Area**, Geomatic conference.

Rahdari, V., Maleki, N.S., Arazzadeh, Y., Rajabpor, M., 2010, **Simultaneous Using of GIS and Remote Sensing for Change Detection (Case study: Chah nimeh water reservoir in sistan)**, Geomatic conference.

Rahdari, V., Soffianian, A., Maleki, S., Kahjeddin, S.J., **Mouteh Wildlife Refuge Land Use and Land Cover Mapping Using Remote Sensing Data and Geographic Information System**, Journal of Environment Science And Technology, in press.

Sha Mohamadi, Z. and Maleki, S., 2011**, Life of Hamoun**, Jahad daneshgahi publisher, Tehran.

Soffianian, A., Maleki .N., S., Rahdari, V., 2009, **Reviewing of Tow Quantification Landscape Indices Using GIS**, Journal Of Science And Technology Of Agriculture And Natural Resource, Water And Soil Science, 180-189.

Tommeevik, H., Kjell Arild, H., Inger, S., 2003, **Monitoring Vegetation Changes in Pasvik Norway and Pechenga in Kola Peninsula Russia Using Multitemporal Landsat MSS-TM Data**, Remote sensing of environment, Vol.85, 370-388.

Turner, M,C.L,R, 1988, **Change in Landscape Patterns in Georgia,** USA, Landscape Ecology,Vol.1, No.4, 421-251.

Yang, X. & Lo, C.P., 2002, **Using a Time Series of Satelite Imagery to Detect Land Use and Land Cover Change in the Atlanta,** Georgia metropolitan area, Remote sensing,Vol.23, No.9, 1775-1798.

Yuan, F., K.E, Sawaya., B.C., Loeffelholz & M.E., Bauer, 2005, **Land Cover Classification and Change Analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by Multitemporal Landsat Remote Sensing**, Remote sensing of Environment, Vol. 98, 317-328.