

پایش تغییرات پوشش سرزمین تالاب شور گلپایگان با استفاده از مدل‌ساز تغییر سرزمین (۱۹۷۲-۲۰۱۸)

شریف جورابیان شوشتری^۱، جابر اعظمی*^۲، معصومه فروغی^۳

۱ - گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملائانی، ایران

۲* - گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳ - دانش آموخته دکتری تخصصی گروه آب و هواشناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

* ایمیل نویسنده مسئول: j.aazami@znu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۹

چکیده

به منظور پایش و ارزیابی پیامدهای اکولوژیک ناشی از مداخلات انسانی، کمی‌سازی تغییرات پوشش سرزمین ضروری است. شرایط اکولوژیک و کیفیت آب تالاب به ویژگی‌های سیمای سرزمین از جمله نوع و نسبت پوشش سرزمین در بالادست و پیرامون تالاب مرتبط است. در مطالعه حاضر، پوشش سرزمین تالاب گلپایگان برای سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۷۸، ۱۹۸۸، ۱۹۹۸، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست تهیه و تغییرات رخ داده در این بازه زمانی (۴۶ سال) آشکارسازی شد. از شاخص کاپا جهت تعیین دقت کلی طبقه‌بندی بهره گرفته شد و با استفاده از ابزار مدل‌ساز تغییر سرزمین تغییرات پوشش سرزمین طی دوره‌های مورد مطالعه، آنالیز شد. نتایج حاصل از ضریب کاپا در سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۷۸، ۱۹۸۸، ۱۹۹۸، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ به ترتیب ۰/۸۱، ۰/۸۴، ۰/۸۵، ۰/۹۰، ۰/۹۲ و ۰/۹۳٪ محاسبه شد. مساحت هر کدام از طبقات پوشش سرزمین به کیلومتر مربع نشان داد که مراتع با تراکم متوسط و متراکم پوشش غالب را در منطقه مورد مطالعه دربرگرفته‌اند. نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات پوشش سرزمین در بازه زمانی ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ نشان داد که بیشترین تغییرات افزایشی مربوط به اراضی کشاورزی با ۲۰۲۶۱ هکتار و کمترین تغییرات مربوط به منابع آبی با ۵۵۸ هکتار افزایش است. با توجه به اهمیت محیط زیستی تالاب شور گلپایگان و تغییرات پوشش سرزمین رخ داده طی دوره مورد مطالعه، نیاز به تدوین برنامه‌های مدون راهبردی توسط مدیران سرزمین در راستای دستیابی به توسعه پایدار اکولوژیکی حوزه آبخیز و جهت جلوگیری از تخریب بیشتر این نواحی و استمرار خدمات اکوسیستمی ارائه شده توسط تالاب بیش از پیش احساس می‌شود. از راهکارهای مدیریتی جهت احیای تالاب می‌توان به مدرن‌سازی و ارتقای بهره‌برداری سامانه‌های توزیع آب کشاورزی، بهینه‌سازی الگوی کشت، ساماندهی فعالیت‌های تفریحی و عقد تفاهم‌نامه با سازمان‌های متولی جهت تعیین حلقه مستمر محیط‌زیستی تالاب اشاره کرد.

کلمات کلیدی: آنالیز تغییرات، "سنجش از دور"، "ارزیابی صحت"، "ماهواره لندست".

شهری، جنگل زدایی، فعالیت‌های معدنی و تخریب زیستگاه مفید است. اطلاعات تاریخی، دقیق و متوالی در مورد تغییرات سطح زمین برای هر نوع برنامه توسعه پایدار که کاربری اراضی به عنوان یکی از معیارهای ورودی عمده عمل می‌کند بسیار مهم است. بنابراین آنالیز و نقشه‌سازی وضعیت حال حاضر و تغییرات کاربری اراضی طی زمان، جهت درک بهتر و ارائه راه حل موثر برای مشکلات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی مهم شناخته شده است (Abd El-Kawy و همکاران، ۲۰۱۱). سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور ابزارهای قدرتمند و مقرون به صرفه‌ای جهت ارزیابی پویایی زمانی و مکانی پوشش سرزمین هستند. داده‌های سنجش از دور دیتاهای چندزمانه ارزشمندی را در مورد فرآیندها و الگوهای تغییرات پوشش سرزمین فراهم و سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت نقشه‌سازی و آنالیز این الگوها مفید است. به علاوه، آرشیه‌های رقوم داده‌های سنجش از دور فرصتی را جهت مطالعه تغییرات تاریخی پوشش سرزمین فراهم می‌کنند و الگوی جغرافیایی این تغییرات را در ارتباط با سایر عوامل محیط زیستی و انسانی می‌توان ارزیابی کرد (Dewan و Yamaguchi، ۲۰۰۹). روش‌های مختلفی از الگوریتم‌های دیجیتالی برای آشکارسازی تغییرات پوشش سرزمین از داده‌های سنجش از دور ایجاد شده‌اند. با وجود این دامنه گسترده، روش‌ها به طور اساسی در دو طبقه و سبب خلاصه می‌شوند، آنهایی که آشکارسازی تغییرات را انجام می‌دهند و سپس طبقات را مشخص می‌کنند (Pre-classification) و آنهایی که اول طبقات را

۱- مقدمه

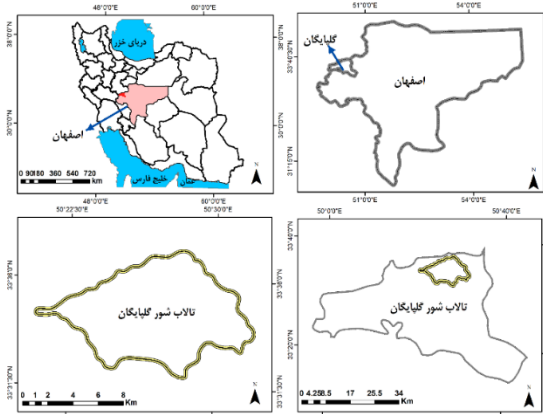
کاربری اراضی جهانی به طور معناداری طی دهه‌های اخیر تغییر کرده است، از طرفی تالاب‌ها حساس‌ترین اکوسیستم‌ها به تغییرات کاربری اراضی و اکوسیستم‌های منحصر به فرد با تنوع بالای گیاهی و جانوری می‌باشند (Mitsch و همکاران، ۲۰۱۶). از اینرو پایش تغییرات کاربری و پوشش سرزمین به منظور مدیریت، کنترل و انجام اقدامات به موقع در جهت کاهش تهدیدات و خسارات ناشی از این تغییرات در مقیاس سیمای سرزمین، ضروری است (اصغری پوده و همکاران، ۱۳۹۸). در مقیاس جهانی رشد جمعیت می‌تواند به عنوان دلیل تاریخی اصلی برای تغییرات کاربری اراضی در نظر گرفته شود، اگرچه واکنش‌ها و فرآیندهای مختلف را می‌توان در مقیاس‌های دقیق‌تری در نظر گرفت. در کشورهای توسعه‌یافته، تغییرات پوشش سرزمین به دلایلی مانند کشاورزی یا توسعه شهر و فرآیندهای مرتبط ایجاد می‌شود اما همچنین نیاز فزاینده به حفظ تنوع زیستی و کیفیت اقتصادی محیط زیست در چارچوب تغییرات جهانی دیده می‌شود (Muñoz-Rojas و همکاران، ۲۰۱۱). آشکارسازی تغییرات فرآیند تشخیص تفاوت‌ها در وضعیت یک پدیده با مشاهده آن در زمان‌های مختلف است. آشکارسازی تغییرات در بسیاری از کاربردهای مرتبط با تغییرات پوشش سرزمین نظیر تغییر کشت و تغییرات سرزمین، تخریب زمین و بیابان‌زایی، تغییرات ساحل و رشد شهر، تغییرات الگوی سیمای

علاوه بر این تالاب، معدن، فاضلاب و انسان ساخت در مقایسه با شرایط اولیه به ۷۲۴ هکتار، ۳۳۵ هکتار، ۳۷ هکتار و ۲۷۰ هکتار افزایش یافته است. همچنین، نتایج نشان داد که مراتع و دریاچه های نمکی در سال ۲۰۳۰ نسبت به سال ۲۰۱۵ کاهش می یابد، در حالی که تغییرات تالاب، معدن و انسان ساخت ممکن است افزایش یابد. Koko و همکاران (۲۰۲۰) تغییرات کاربری اراضی و پوشش سرزمین شهر زابای نیجریه را مورد مطالعه قرار دادند و بدین منظور از تصاویر ماهواره ای ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ استفاده کردند. نتایج نشان داد، مناطق ساخته شده و پوشش گیاهی به ترتیب ۶۵/۸۸ و ۲۸/۹۵ در صد و زمین های بایر نسبت به سه دهه گذشته ۶۳/۰۶ درصد کاهش یافته است. تاکنون تغییرات پوشش سرزمین تالاب شور گلیایگان بررسی نشده است لذا هدف اصلی مطالعه حاضر پایش تغییرات پوشش سرزمین این تالاب شور با استفاده از تصاویر ماهواره ای و مدل ساز تغییر سرزمین طی ۴۶ سال می باشد.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

تالاب شور گلیایگان بخشی از حوزه آبریز دریاچه نمک و تنها اکوسیستم تالابی شهر ستان گلیایگان است که در دشت شمال گلیایگان به عنوان وسیع ترین دشت کم ارتفاع شهر ستان واقع شده است. در گذشته آب های سطحی این شهرستان از نقاط مرتفع (مناطق بالای سد گلیایگان- کوچری) و همچنین رودخانه خوانسار تامین می شده است. اکثر تالاب ها، شکل هندسی خاصی ندارند و در تالاب شور گلیایگان نیز شکل هندسی خاصی وجود ندارد ولی شکل تالاب از آن جهت اهمیت دارد که هر چه مرزهای تالاب نسبت به مساحت تالاب بیشتر باشد، پتانسیل تبخیر نیز بیشتر است (شکل ۱). در این مطالعه، مرز تالاب براساس زیرحوزه های آبریز، خروجی مدل سوات، منحنی های میزان و آبراه ها تعیین شده است. وسعت منطقه مورد مطالعه ۱۸۹۶ کیلومتر مربع می باشد.



شکل ۱ - شکل مرز و محدود تالاب شور گلیایگان

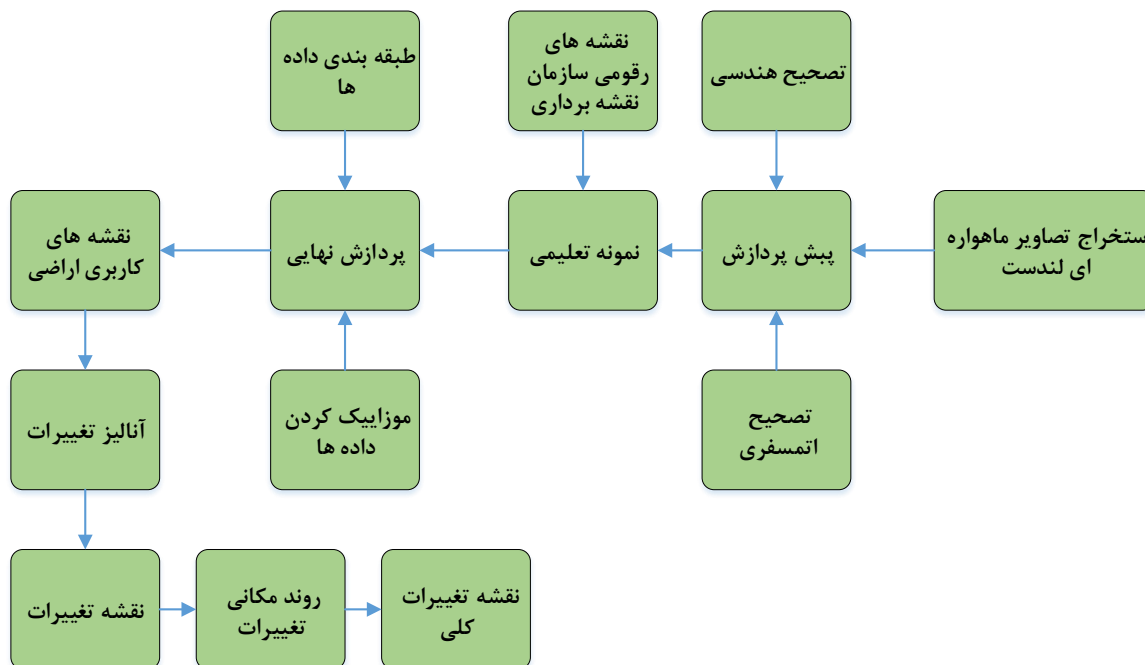
• بررسی تغییرات رخ داده در پوشش سرزمین حوزه آبخیز

در این تحقیق از داده های سنجنش از دور تصاویر سنجنده های TM و OLI ماهواره Landsat و نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استفاده شد. مراحل تهیه نقشه پوشش سرزمین: دیاگرام مراحل انجام این تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است. در این تحقیق جهت تهیه نقشه های کاربری اراضی منطقه از ۶ دوره تصویر ماهواره Landsat سنجنده های TM و OLI

مشخص می کنند و سپس آشکار سازی تغییرات را انجام می دهند مثل مقایسه پس از طبقه بندی (Post-classification) (Van Oort, ۲۰۰۷). در روشهای Pre-classification تصاویر ۲ تاریخ مختلف به یک تصویر جدید تبدیل می شوند که شامل تغییرات طیفی وسیع است. مزایای عمده روش Post-classification که در آن بررسی بیکسلی به بیکسلی تغییر کاربری انجام خواهد شد و طی آن نقشه آشکار سازی تغییرات با متد Post Classification Comparison تهیه خواهد شد این است که تصاویر ۲ تاریخ جداگانه طبقه بندی می شوند، در نتیجه کمترین مشکل تصحیح رادیومتریک بین دو تاریخ خواهد بود. در این روش ارزیابی مقایسه پس از طبقه بندی کلاً به دقت طبقه بندی اولیه وابسته است (Coppin و همکاران، ۲۰۰۴) و نتایج طبقه بندی ضعیف باعث عدم قطعیت در نقشه تغییر می شود. به علاوه، این روش به خوبی در مناطق همگن بزرگ با تغییرات عمده عمل می کند (Rafiee, ۲۰۰۹). به منظور آنالیز تغییرات پوشش سرزمین مطالعات مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است که از جمله این مطالعات می توان به تحقیقات Maimaitijiang و همکاران (۲۰۱۵) و جعفرنیا و همکاران (۲۰۱۵)، زاهداری و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد. مرادی و همکاران (۱۳۹۵)، تغییرات پوشش اراضی را در دو شهرستان رابر و ارزوئیه مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که کاربری اراضی مرتع بیشترین تبدیل و تغییر داشته است که دلیل اصلی این تغییر؛ گسترش اراضی زراعی بوده است. Huiping و Xiao (۲۰۱۱) با استفاده از مدل پوشش سرزمین تغییرات جنگل در پارک ملی تاو دام را مورد مطالعه قرار دادند و از تصاویر ماهواره ای سال های ۱۹۹۳، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۷ جهت آشکار سازی و پیش بینی تغییرات جنگل برای سال های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱ بهره گرفتند. نتایج نشان داد که سطح جنگل از ۱۸/۰۳ درصد در سال ۲۰۰۷ به ۱۵/۱۰ و ۱۲/۶۶ درصد در سال های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱ کاهش می یابد. روجاس و همکاران (۲۰۱۳) به تغییرات پوشش سرزمین در ارتباط با فاکتورهای جغرافیایی و برنامه ریزی در کشور شیلی و با هدف حفاظت از تنوع زیستی با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین پرداختند. روی و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین تغییرات پوشش سرزمین در بازه های زمانی متفاوت در حوزه آبخیز مدیترانه ای در جنوب شرق فرانسه را مورد مطالعه قرار دادند. رضوی (۲۰۱۴) روند تغییرات کاربری زمین را در شهر کرمانشاه با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست برای سال های ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۶ مورد پیش بینی قرار داد، نتایج مطالعه نشان داد، طی دو دوره ۱۹۸۷-۲۰۰۰ و ۲۰۰۶-۲۰۰۰ طبقات پوشش جنگلی، اراضی مرتعی، باغات و فضای سبز روند کاهشی اما مناطق انسان ساخت و اراضی کشاورزی روند افزایشی داشته است. Niedzwiecki و Koranteng (۲۰۱۵) در تحقیق خود در منطقه Ashanti کشور غنا نشان دادند، مناطق انسان ساخت و اراضی کشاورزی افزایش اما پوشش جنگلی از ۵۰ درصد به ۱۰ درصد کاهش یافته است. Waseem و همکاران (۲۰۱۵) پایش تغییرات پوشش اراضی در مصر را با استفاده از تصاویر لندست مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از این فرایند می تواند جهت برنامه ریزی برای حفظ اکوسیستم ها مفید باشد. Ansari و Golabi (۲۰۱۹) با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین به مطالعه تغییرات کاربری اراضی و پوشش سرزمین تالاب میقان پرداختند و از تصاویر لندست سال های ۲۰۰۰، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۵ استفاده کردند، نتایج نشان داد که ۱۶۶۳/۸۸ هکتار از سطح مراتع و ۷۱۵/۶۸ هکتار از پوشش دریاچه نمک در طول دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۵ تخریب شده است.

مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری کشور و Google Earth نمونه‌های تعلیمی برای هر طبقه تعریف گردیدند. شش طبقه کاربری اراضی در منطقه تشخیص داده شدند: ۱- اراضی مسکونی (شهری، صنعتی، جاده و ...)، ۲- اراضی کشاورزی، ۳- منابع آبی، ۴- مرتع تراکم، ۵- مرتع با تراکم متوسط ۶- مرتع کم تراکم- بایر. سپس نمونه‌های تعلیمی به شیوه رقومی کردن روی صفحه رقومی شدند. در مرحله دوم تفکیک‌پذیری نمونه‌های تعلیمی انجام شد. مرحله سوم طبقه بندی تصاویر ماهواره ای است که از روش طبقه بندی کننده حداکثر احتمال استفاده گردید.

استفاده شد، که قدیمی‌ترین تصویر به عنوان تصویر مرجع انتخاب شد. از آنجایی که تفکیک و شناسایی پدیده‌ها به لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می دهد، ولی نمایش داده‌های حاصل از اسکنرها در تک باندها با استفاده از گام‌های خاکستری می‌باشد، تصویر رنگی کاذب هر تاریخ با استفاده از ترکیب DNs باندهای ۲ (سبز)، ۳ (قرمز)، ۴ (مادون قرمز نزدیک) تولید گردید، از روش طبقه‌بندی نظارت شده برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی استفاده شد. اولین گام در انجام یک طبقه‌بندی نظارت‌شده تعریف مناطقی است که به‌عنوان نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس استفاده می شوند. این مرحله با تفسیر بصری تصویر ترکیب رنگی کاذب و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با



شکل ۲- دیاگرام مراحل انجام تحقیق

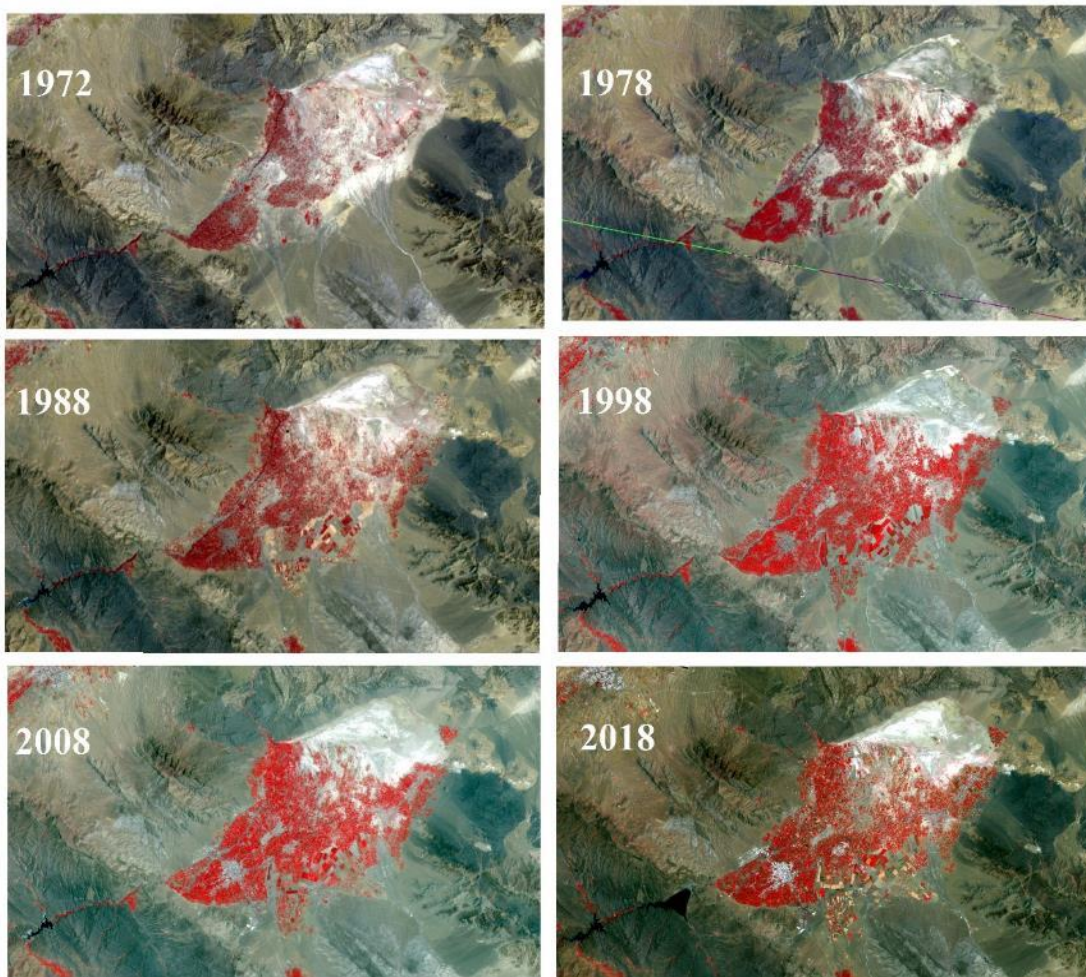
طبقه‌بندی تصاویر، طبقات کاربری به شش کلاس مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی، پهنه آبی، مراتع متراکم، مراتع با تراکم متوسط، مراتع کم تراکم- بایر گروه‌بندی شدند. این شش طبقه بر اساس تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای و پس از تایید در بازدید میدانی شناسایی شدند (Joorabian Shooshtari و Gholamalifard، ۲۰۱۵). نمونه‌های تعلیمی به عنوان الگوی مشخصات طیفی با استفاده از نقشه‌های رقومی سازمان نقشه برداری کشور، تفسیر تصاویر ترکیب رنگی حقیقی و کاذب، و بازدید میدانی از منطقه انتخاب شدند. برای ارزیابی کمی تفکیک‌پذیری طبقات از شاخص فاصله باتاچاریا استفاده شد. سپس تصاویر با استفاده از یکی از روش‌های طبقه بندی معروف به نام حداکثر احتمال مورد طبقه بندی قرار گرفتند. از فیلتر Mode جهت حذف پیکسل‌های جدا و منفرد استفاده گردید (Schulz و همکاران، ۲۰۱۰). به منظور ارزیابی صحت نقشه‌های پوشش سرزمین استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای از ماتریس خطا استفاده گردید. طرح تصادفی طبقه بندی شده در نرم افزار IDRISI جهت نمونه برداری به کار برده شد. برخی از نقاط کنترل زمینی با استفاده از GPS برداشت و سایر نقاط نیز به علت دسترسی دشوار و محدودیت

• طبقه بندی تصاویر ماهواره ای و ارزیابی صحت

شش دوره زمانی تصاویر ماهواره‌ای لندست متعلق به سال‌های (۱۹۷۳، ۱۹۷۸، ۱۹۸۸، ۱۹۹۸، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸) جهت آنالیز تغییرات پوشش سرزمین انتخاب شدند. به منظور تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه، از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و تعداد ۲۰ نقطه کنترل زمینی جهت اجرای معادله چند جمله‌ای درجه یک استفاده گردید. تصحیح اتمسفری نیز با استفاده از روش dark-object subtraction انجام شد (Rozenstein و Karnieli، ۲۰۱۱). بهبود تصویر عبارت از تغییر ارزش‌های تصویر جهت مشخص کردن اطلاعات درون تصویر و بهبود تصویر بصری یک تصویر جهت افزایش تمایز ظاهری بین پدیده‌ها است. این فرایند تلاش می‌کند توانایی‌های مکمل ذهن انسان و کامپیوتر را بهینه کند. به طور کلی، این تصاویر بهبود یافته فقط در تحلیل بصری استفاده می‌شوند در صورتی که تصاویر اصلی جهت تجزیه و تحلیل خودکار مورد استفاده قرار می‌گیرند (Abd El-Kawy و همکاران، ۲۰۱۱). در مطالعه حاضر بسط تباین روی شش دوره تصویر مورد مطالعه جهت بهبود بصری مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۳). قبل از

همکاران، ۲۰۲۰). در نهایت، شاخص کاپا جهت تعیین دقت کلی طبقه‌بندی مورد محاسبه قرار گرفت (Bakr و همکاران، ۲۰۱۰).

هزینه با تصاویر با وضوح بالای Google Earth مورد ارزیابی قرار گرفتند (در مجموع حدود ۲۹۰ نقطه برای هر سال) (Joorabian Shooshtari و



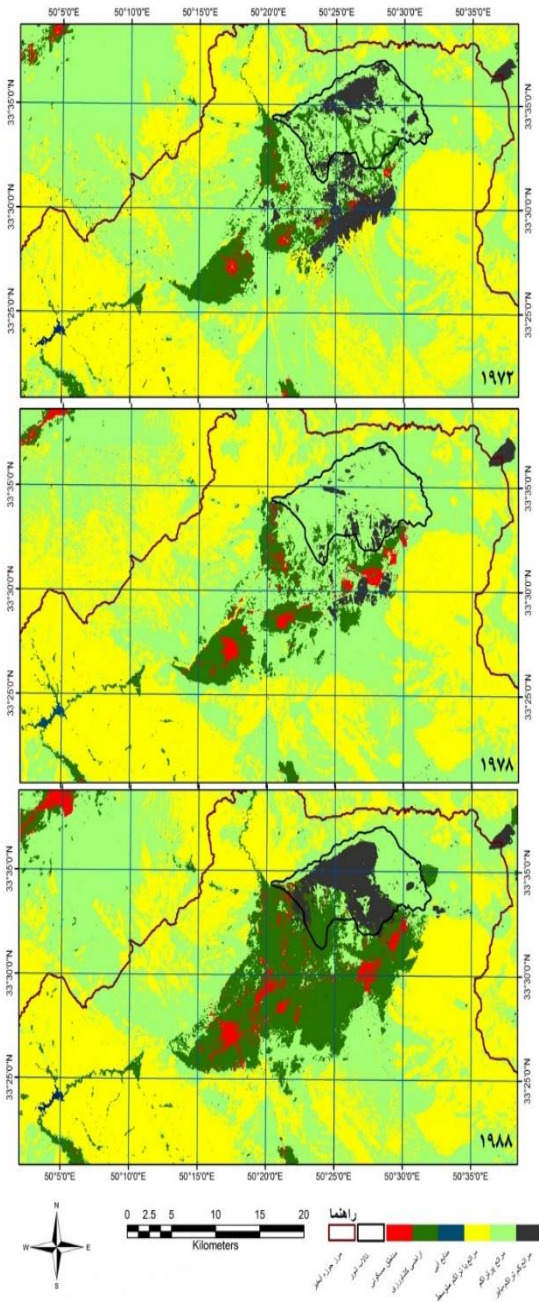
شکل ۳- تصاویر ترکیب رنگی کاذب ۶ دوره مورد مطالعه

• آشکارسازی تغییرات

۱۹۸۸، ۱۹۸۸ با ۱۹۹۸، ۱۹۹۸ با ۲۰۰۸ و ۲۰۰۸ با ۲۰۱۸ جهت آنالیز تغییرات وارد مدل شدند (Beygi Heidarlou و همکاران، ۲۰۲۰). کاهش‌ها و افزایش‌ها در هر کاربری، تغییر خالص (از تفریق مساحت کاهش یافته به مساحت افزایش یافته در یک طبقه کاربری محاسبه می‌گردد)، تغییرات ویژه بین دو کاربری مد نظر (به عنوان مثال چه میزان از مراتع به اراضی کشاورزی انتقال پیدا کرده‌اند و بالعکس)، نقشه تغییرات، نقشه مناطق تغییر نیافته و نقشه روند مکانی تغییرات برای سال‌های مورد مطالعه بدست آمدند (Rogan و Václavík، ۲۰۰۹). نرم‌افزار استفاده شده در تحقیق حاضر (TerrSet (Geospatial Monitoring and Modeling System) می‌باشد.

جهت آشکار سازی و آنالیز تغییرات طی دوره‌های مورد مطالعه، مدل‌سازی تغییر سرزمین در نرم افزار TerrSet مورد استفاده قرار گرفت. این مدل یک ابزار تجربی پیش بینی تغییر زمین می‌باشد که جهت پشتیبانی طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های برنامه ریزی توسعه یافته است. مدل‌سازی تغییر سرزمین ابزاری جهت ارزیابی، آنالیز و طراحی تغییرات پوشش سرزمین است. این مدل قادر است تغییرات پوشش سرزمین را در دوره‌های زمانی مختلف استخراج و سناریوها را با ترکیب فاکتورهای زیستی، فیزیکی و اقتصادی-اجتماعی موثر بر تغییرات پوشش سرزمین تولید کند. نقشه‌های پوشش سرزمین سال ۱۹۷۲ با ۱۹۷۸، ۱۹۷۸ با ۱۹۷۸

شکل ۵ آورده شده است. همان طور که نشان داده شده مراتع با تراکم متوسط و متراکم پوشش غالب را در منطقه مورد مطالعه دربرگرفته‌اند.

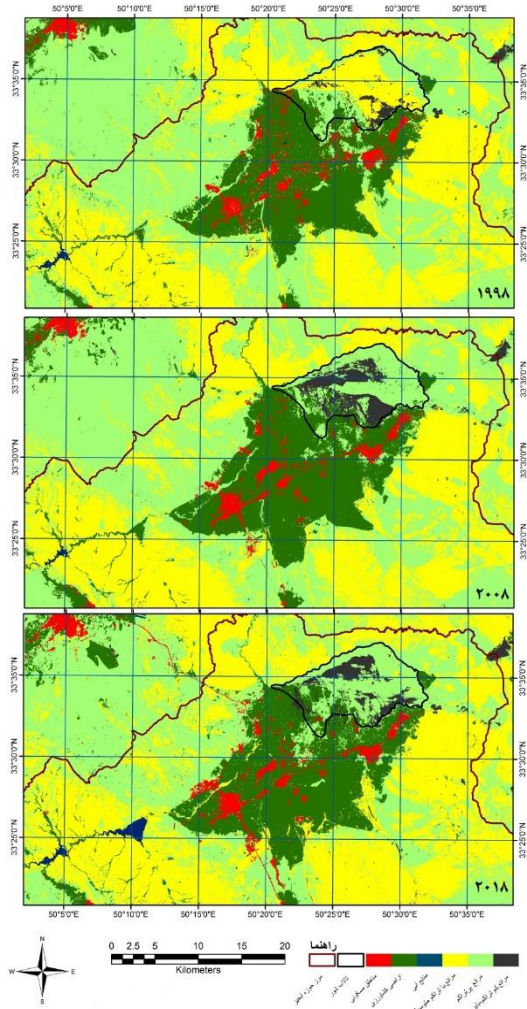


• نرخ سالانه تغییر

نرخ سالانه تغییرات در هر طبقه با استفاده از فرمول پیشنهاد شده توسط Puryavaud و همکاران (۲۰۰۳) محاسبه شد.

$$r = (1/(t_2-t_1)) \times \ln(A_2/A_1) \quad (1)$$

A1 و A2 به ترتیب، مساحت هر کلاس در ابتدا و انتهای دوره مورد ارزیابی هستند، t نیز تعداد سال‌های مورد مطالعه است.

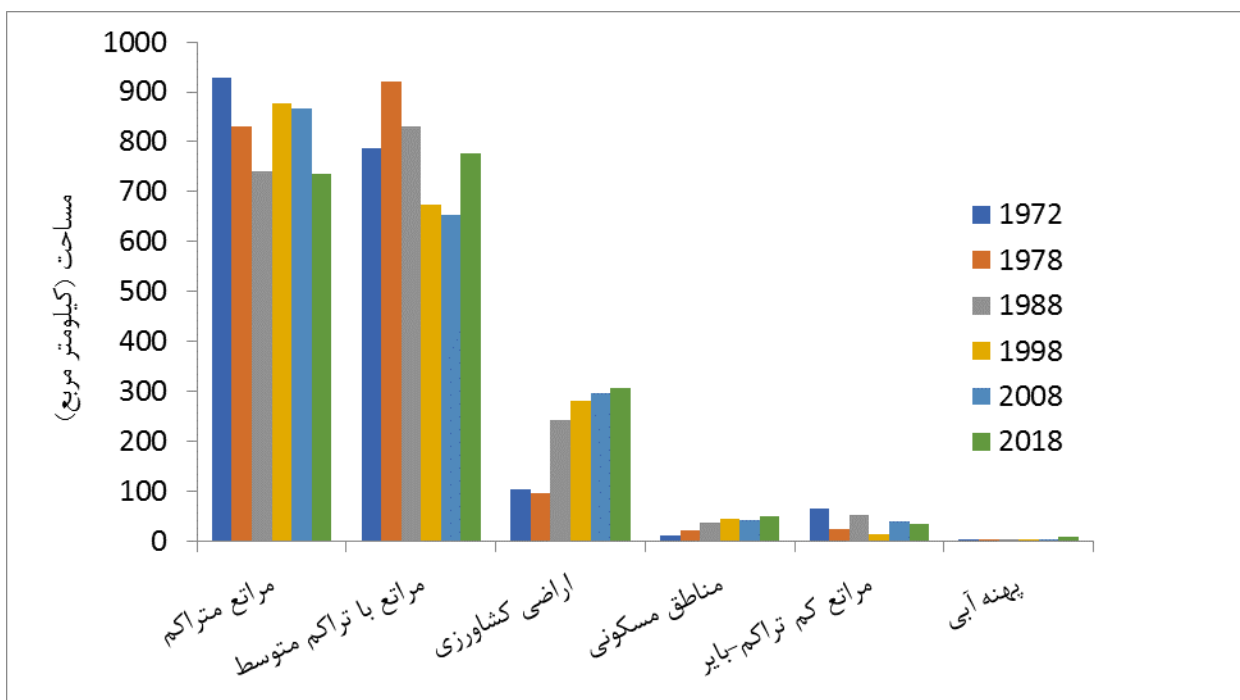


شکل ۴- نقشه‌های پوشش سرزمین تالاب شور گلپایگان در سال‌های مورد مطالعه

نتایج

نقشه‌های پوشش سرزمین

نقشه‌های پوشش سرزمین تالاب شور گلپایگان برای شش دوره مورد مطالعه با استفاده از روش حداکثر احتمال تولید و نتایج در شکل ۴ نشان داده شده است. ضریب کاپا در سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۷۸، ۱۹۸۸، ۱۹۹۸، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ به ترتیب ۸۱/۰۸٪، ۸۴/۴۵٪، ۸۵/۷۹٪، ۹۰/۱۲٪، ۹۲/۶۷٪ و ۹۳/۸۵٪ بدست آمد (جدول ۱). مساحت هر کدام از طبقات پوشش سرزمین به کیلومتر مربع نیز در



شکل ۵- مساحت طبقات پوشش سرزمین در سال‌های مورد مطالعه

جدول ۱- ضریب کاپا، خطای حذف و تداخل طبقات مختلف پوشش سرزمین در سال‌های مورد مطالعه

ضرایب	کاپا						خطای حذف						خطای تداخل					
	1972	1978	1988	1998	2008	2018	1972	1978	1988	1998	2008	2018	1972	1978	1988	1998	2008	2018
کلاس کاربری	1972	1978	1988	1998	2008	2018	1972	1978	1988	1998	2008	2018	1972	1978	1988	1998	2008	2018
مسکونی	0/861	0/803	0/860	0/814	0/880	0/943	0/111	0/170	0/115	0/166	0/105	0/048	1	0/105	0/061	0	0	0
کشاورزی	0/798	0/811	0/907	0/857	0/919	0/971	0/173	0/160	0/072	0/125	0/062	0/024	0	0/045	0/150	0/054	0/032	0/047
پهنه آبی	0/848	0/872	0/752	0/919	0/965	0/957	0/137	0/108	0/219	0/069	0/030	0/033	0	0/046	0	0	0/058	0
مرتع با تراکم متوسط	0/752	0/909	0/902	0/962	0/926	0/907	0/204	0/070	0/075	0/026	0/060	0/075	0	0/184	0/234	0/160	0/096	0/075
مرتع تراکم	0/820	0/847	0/823	0/901	0/943	0/926	0/133	0/120	0/148	0/075	0/046	0/060	0/204	0/278	0/090	0/115	0/145	0/129

جدول ۲- مساحت تغییرات کاربری‌های مختلف سرزمین در سال‌های مورد مطالعه (کیلومتر مربع)

1972-2018	2008-2018	1998-2008	1988-1998	1978-1988	1972-1978	طبقات پوشش سرزمین
+38/57	+7/43	-3/45	+9/52	+14/21	+10/85	مناطق مسکونی
+202/61	+10/08	+14/8	+40/66	+145/4	-8/34	اراضی کشاورزی
+5/57	+6/37	-0/66	+0/9	-2/45	+1/42	پهنه آبی
-8/77	+124/47	-22/35	-156/44	-89/05	+134/6	مرتع با تراکم متوسط
-192/77	-132/94	-9/12	+135/62	-88/37	-97/95	مرتع تراکم
-29/78	-3/86	+25/65	-39/66	+28/64	-40/55	مرتع کم تراکم-بایر

با تراکم متوسط و مناطق مسکونی نیز افزایش ۱۳۴۶۰ و ۱۰۸۰ هکتار را به ترتیب با نرخ سالانه ۲/۶۳ و ۱۱/۸۴ در صد طی سال‌های مورد مطالعه نشان دادند. نرخ سالانه رشد در پهنه‌های آبی ۶/۳۳ در صد و میزان افزایش در این کاربری ۱۴۲/۲ هکتار می‌باشد (جدول ۲). میزان کاهش در مرتع کم تراکم

آنالیز تغییرات طی سال‌های ۱۹۷۲-۱۹۷۸

در دوره مورد مطالعه، مرتع تراکم با نرخ سالانه ۱/۸۶- درصد (به میزان ۹۷۹۵ هکتار) طی سال‌های ۱۹۷۲-۱۹۷۸ کاهش نشان دادند (جدول ۲). مرتع

متوسط و ۹۳۲ هکتار از مراتع متراکم به این کاربری تغییر خالص یافتند. مراتع با تراکم متوسط با نرخ کاهش سالانه ۰/۳۳ درصد و به میزان ۲۲۳۰ هکتار کاهش یافتند که عمده‌ترین تغییر خالص از این کاربری به مراتع کم تراکم-بایر (۱۷۰۰ هکتار) مشاهده گردید. مراتع با تراکم متوسط به میزان ۲۲۳۵ هکتار و با نرخ سالانه ۰/۳۳-٪ کاهش یافتند. میزان تغییر خالص از مراتع با تراکم متوسط به مراتع کم تراکم ۱۶۸۷ هکتار بدست آمد (شکل ۶). میزان افزایش در مراتع کم تراکم-بایر ۲۵۶۵ هکتار و میزان تغییر خالص از مراتع متراکم به این کاربری ۶۹۳ هکتار می باشد. پهنه های آبی نیز به میزان ۶۷ هکتار از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۸ کاهش نشان دادند.

آنالیز تغییرات طی سال های ۲۰۱۸-۲۰۰۸

۷۴۳ هکتار افزایش در مناطق مسکونی با نرخ افزایش سالانه ۱/۶۴ درصد مشاهده شد که عمده‌ترین تغییر خالص از مراتع متراکم به این کاربری به میزان ۷۱۸ هکتار مشاهده گردید. افزایش زیادی در مراتع با تراکم متوسط از ۶۵۲۵۹ هکتار در سال ۲۰۰۸ به ۷۷۷۰۶ هکتار در سال ۲۰۱۸ با نرخ رشد سالانه ۱/۷۴ درصد مشاهده گردید که ۱۲۷۴۴ هکتار از مراتع متراکم به این کاربری تغییر خالص یافتند. میزان افزایش در پهنه های آبی ۶۳۷ هکتار بدست آمد که میزان تغییر خالص از اراضی کشاورزی، مراتع با تراکم متوسط و مراتع متراکم به پهنه های آبی به ترتیب ۳۳۱، ۲۱۷ و ۱۲۰ هکتار مشاهده گردید (شکل ۶). در این دوره، نرخ رشد سالانه در اراضی کشاورزی ۰/۳۳ درصد و به میزان ۱۰۰۸ هکتار می باشد.

آنالیز تغییرات طی سال های ۲۰۱۸-۱۹۷۲

طی کل دوره مورد مطالعه، مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی و پهنه های آبی به میزان ۳۸۵۷، ۲۰۲۶۱ و ۵۵۸ هکتار با نرخ سالانه ۳/۳۵٪، ۲/۳۴٪ و ۲/۲۴٪ افزایش نشان دادند. مراتع متراکم، با تراکم متوسط و کم تراکم نیز با نرخ سالانه ۰/۵-٪، ۰/۲-٪ و ۱/۳-٪ به میزان ۱۹۲۷۷، ۸۷۷ و ۲۹۷۸ هکتار کاهش یافتند. اراضی کشاورزی، مراتع متراکم، با تراکم متوسط و کم تراکم به میزان ۷۷۱، ۲۳۳۵، ۲۷۳ و ۴۸۱ هکتار به مناطق مسکونی تغییر خالص یافتند. به ترتیب ۲۲۴، ۷۰ و ۲۵۹ هکتار از اراضی کشاورزی، مراتع متراکم و با تراکم متوسط به پهنه های آبی تغییر خالص یافتند. ۲۹۳۱ و ۳۶ هکتار از مراتع متراکم به مراتع با تراکم متوسط و کم تراکم تغییر خالص یافتند. تغییر خالص از مراتع متراکم به اراضی کشاورزی از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸، ۱۵۴۰۵ هکتار بدست آمد. نتایج روند مکانی تغییرات از همه کلاس های پوشش سرزمین به مناطق مسکونی مشخص کرد که مناطق پرتراکم شهری و فعالیت های انسانی اطراف آن ها مرکز مهم ترین فعالیت های تغییر پوشش در منطقه مورد مطالعه می باشد (شکل ۷). همچنین نقشه های تغییرات به همراه مناطق تغییر یافته طی همه دوره های مورد مطالعه در شکل ۸ نشان داده شده است.

۴۰۵۰ هکتار با نرخ کاهش سالانه ۱۶/۳ درصد می باشد. بین سال های ۱۹۷۲ تا ۱۹۷۸، به ترتیب ۴۹۹، ۳۹۴ و ۱۹۴ هکتار تغییر خالص از کاربری های کشاورزی، مراتع متراکم و مراتع کم تراکم-بایر به مناطق مسکونی رخ داده است. میزان تغییر خالص از اراضی کشاورزی، مراتع با تراکم متوسط و مراتع کم تراکم-بایر به پهنه های آبی به ترتیب ۷۰، ۷۵ و ۹ هکتار می باشد. بیشترین میزان تغییر خالص از مراتع متراکم به مراتع با تراکم متوسط به میزان ۱۳۳۳۳ هکتار است.

آنالیز تغییرات طی سال های ۱۹۷۸-۱۹۸۸

مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی و مراتع کم تراکم-بایر نیز افزایش ۱۴۲۰، ۱۴۵۴۰ و ۲۸۶۰ هکتار را به ترتیب با نرخ سالانه ۵/۱، ۹/۲ و ۷/۷ درصد طی سال های مورد مطالعه نشان دادند. مراتع با تراکم متوسط نیز از ۹۲۰۰۰ هکتار در سال ۱۹۷۸ به ۸۳۱۰۰ هکتار در سال ۱۹۸۸ با نرخ سالانه ۱/۰۱- درصد کاهش یافتند (جدول ۲). پهنه های آبی و مراتع متراکم نیز طی این مدت با نرخ سالانه ۷/۸۷-٪ و ۱/۱۲-٪ کاهش یافتند. مراتع متراکم به ترتیب به میزان ۱۵۴۵، ۱۱۲۴۶ و ۳۷۵۲ هکتار به مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی و مراتع کم تراکم-بایر تغییر خالص یافتند. میزان تغییر خالص از پهنه های آبی، مراتع با تراکم متوسط، مراتع متراکم و مراتع کم تراکم-بایر به کشاورزی به ترتیب ۱۱۹، ۲۰۱۸، ۱۱۲۴۶ و ۷۵۱ هکتار می باشد. ۹۱، ۱۵۴۵ و ۱۸۲ هکتار از مراتع با تراکم متوسط، مراتع متراکم و مراتع کم تراکم-بایر به مناطق مسکونی تغییر خالص یافتند. طی این سال ها میزان تغییر خالص از مراتع با تراکم متوسط، متراکم و کم تراکم به پهنه های آبی به ترتیب ۱۰۷، ۱۰ و ۱ هکتار می باشد.

آنالیز تغییرات طی سال های ۱۹۹۸-۱۹۸۸

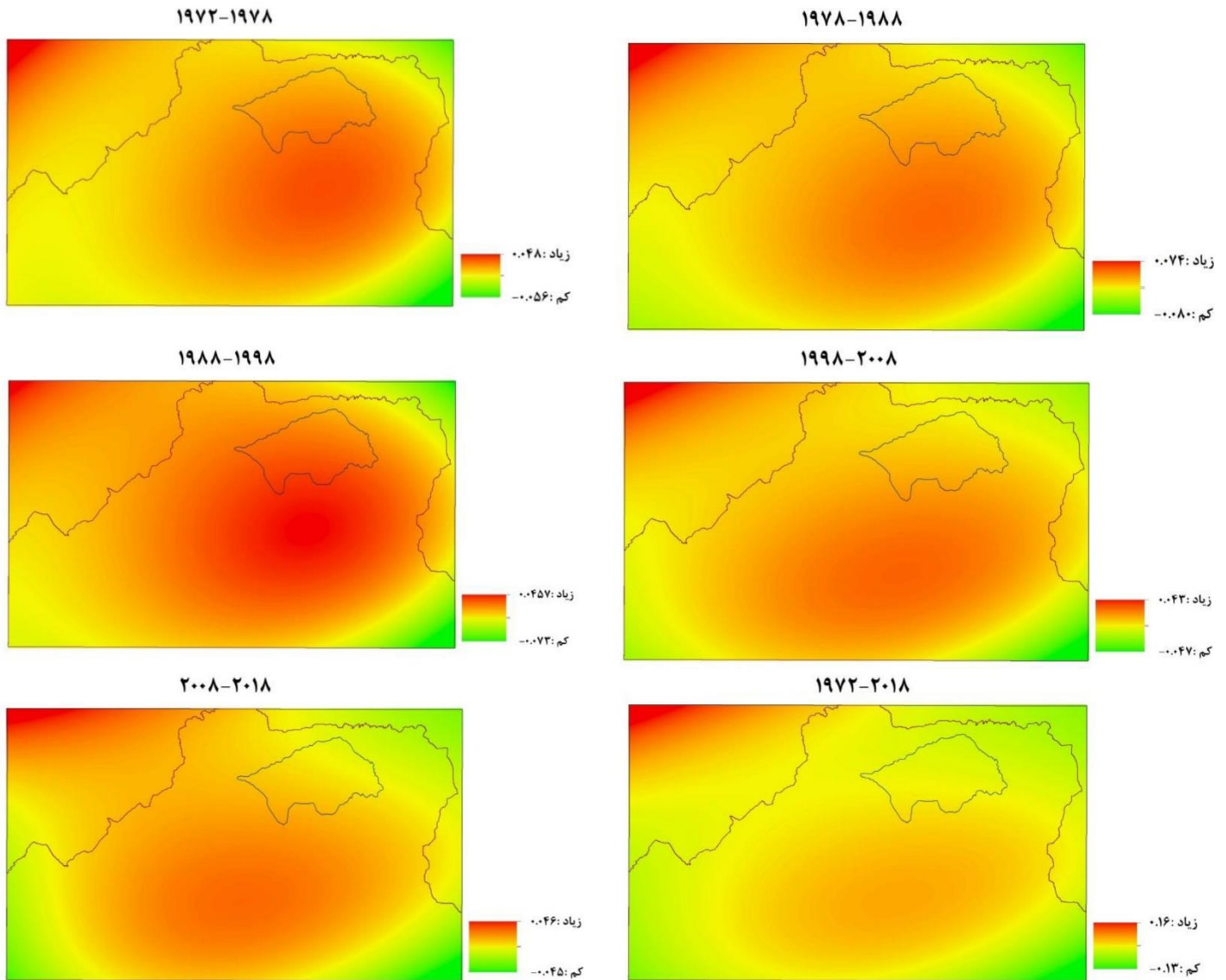
در این دوره مناطق مسکونی با نرخ سالانه ۲/۳۷ درصد افزایش نشان دادند. اراضی کشاورزی، پهنه های آبی و مراتع متراکم نیز افزایش ۴۰۶۶، ۹۰ و ۱۳۵۶۲ هکتار را به ترتیب با نرخ سالانه ۱/۵۵، ۳/۶۵ و ۱/۶۸ درصد طی سال های مورد مطالعه نشان دادند. نرخ سالانه کاهش در مراتع با تراکم متوسط و مراتع کم تراکم-بایر ۲/۰۸- و ۱۳/۷۷- درصد و میزان کاهش در این دو کاربری به ترتیب ۱۵۶/۴ و ۳۹/۶ کیلومتر مربع می باشد. بین سال های ۱۹۷۸ تا ۱۹۸۸، به ترتیب ۳۳۲، ۳۲، ۲۶۶ و ۲۹ هکتار تغییر خالص از کاربری های کشاورزی، پهنه های آبی، مراتع با تراکم متوسط، مراتع متراکم و مراتع کم تراکم-بایر به مناطق مسکونی رخ داده است. طی این سال ها، ۳۲۷۹ هکتار تغییر خالص از مراتع متراکم به اراضی کشاورزی مشاهده گردید و میزان تغییر خالص از مراتع کم تراکم به مراتع با تراکم متوسط نیز ۲۶۹۸ هکتار می باشد.

آنالیز تغییرات طی سال های ۲۰۰۸-۱۹۹۸

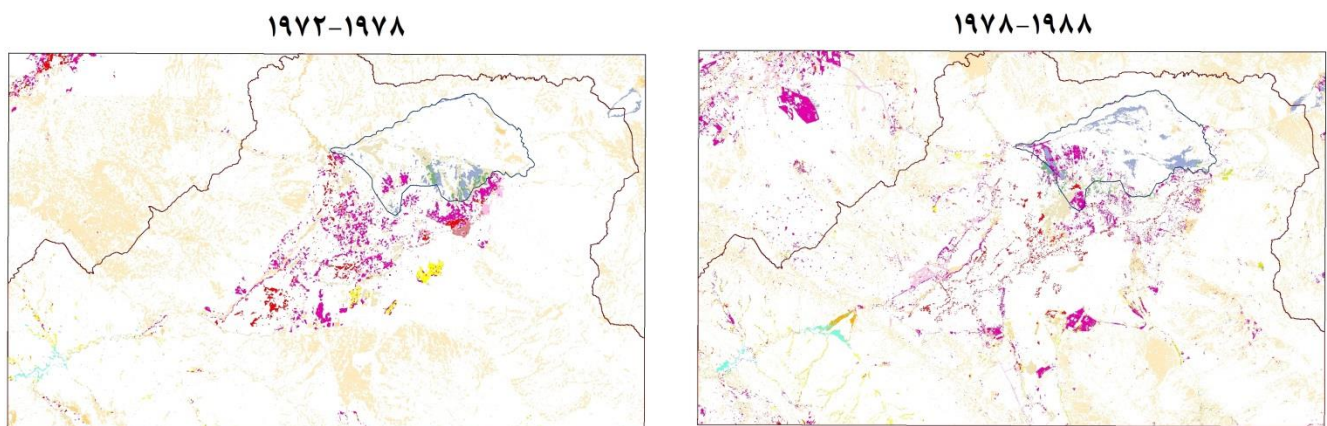
از اراضی کشاورزی از ۲۸۲۰۰ هکتار در سال ۱۹۹۸ به ۲۹۶۰۰ هکتار در سال ۲۰۰۸ با نرخ رشد سالانه ۰/۵۱ درصد افزایش که ۹۰ هکتار از مراتع با تراکم

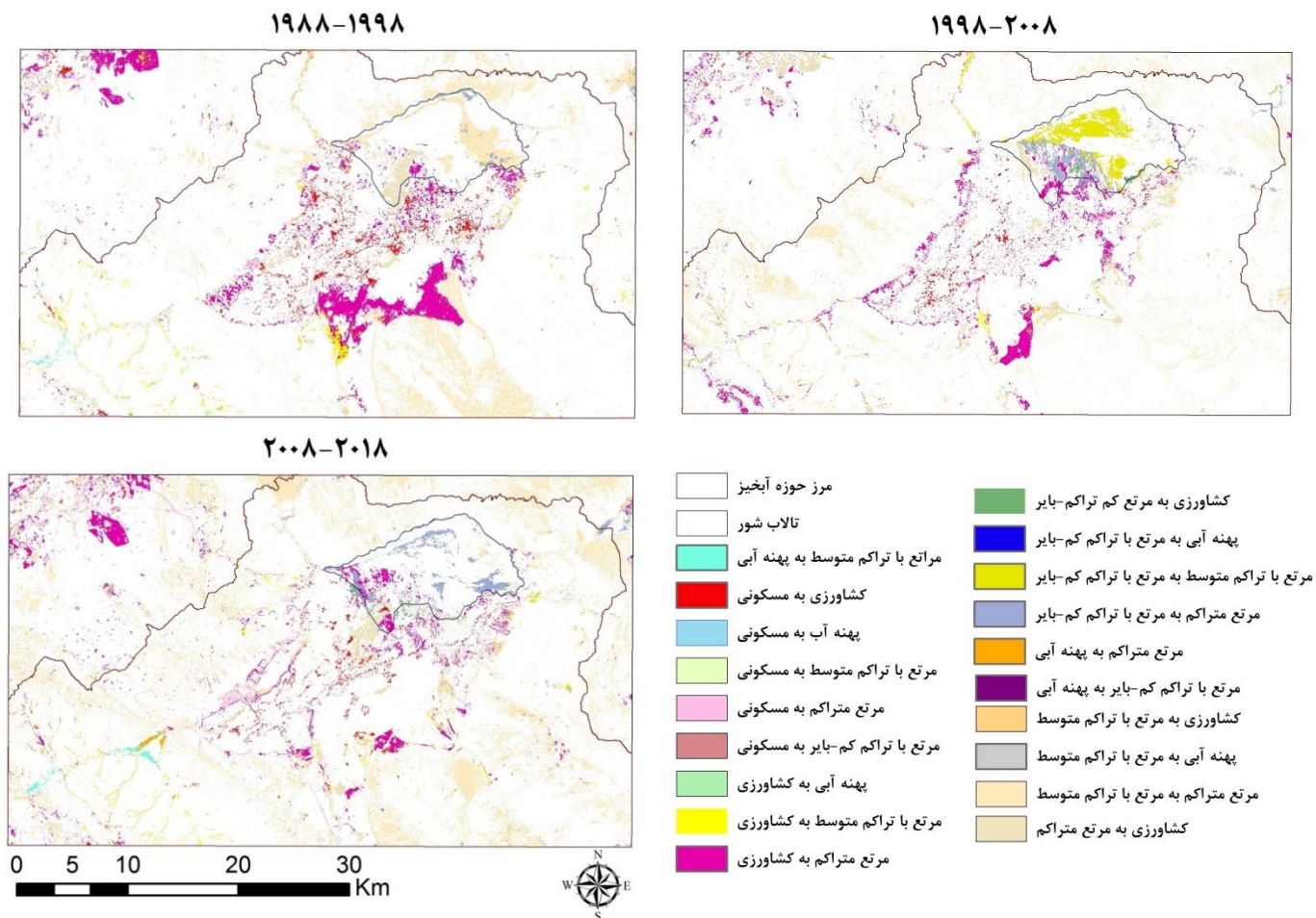


شکل ۶- کاهش و افزایش در طبقات مختلف پوشش سرزمین در دوره های مورد مطالعه



شکل ۷- نقشه روند مکانی تغییرات از همه کاربری ها به مناطق مسکونی طی دوره های مورد مطالعه





شکل ۸- نقشه تغییرات اصلی پوشش سرزمین تالاب شور گلپایگان طی دوره های مورد مطالعه

بحث و نتیجه گیری

همانطور که خسروی و همکاران بیان کردند، نوسانات زیادی در دما و بارش تالاب شور گلپایگان اتفاق افتاده است (خسروی و همکاران، ۱۳۹۷). نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات پوشش سرزمین در بازه زمانی ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ نشان داد، بیشترین تغییرات افزایشی مربوط به اراضی کشاورزی با نرخ سالانه ۲/۳۴٪ و کمترین تغییرات افزایشی مربوط به منابع آبی با نرخ سالانه ۲/۲۴٪ است (جدول ۲). همچنین کاربری‌های مرتع متراکم و مرتع با تراکم متوسط دارای تغییرات کاهشی با نرخ سالانه ۰/۵٪ و ۰/۰۲٪ هستند. با رشد جمعیت و توسعه مناطق صنعتی، کاربری مسکونی رشدی ۳/۳۵ درصدی را داشته است. افزایش اراضی مرتع کم تراکم- بایر شامل قسمت‌هایی از تالاب شور هم می‌شود که نمایانگر خشک شدن تالاب و از بین رفتن پوشش گیاهی است. براساس نتایج بدست آمده بیشترین تبدیل طی سال‌های

۲۰۱۸-۱۹۷۲ از مراتع متراکم به مراتع با تراکم متوسط و اراضی کشاورزی به میزان ۱۷۸۲۷ و ۱۶۷۷۲ هکتار می‌باشد. اراضی کشاورزی به میزان ۱۲۷۵ هکتار به کاربری مسکونی تغییر یافتند که این تغییرات نشان دهنده رشد جمعیت شهری و مهاجرت روستا به شهر بدلیل پتانسیل بالای شرایط زندگی و امکانات شهری است، همانطور که فروغی و همکاران (۲۰۲۱) یکی از عوامل مهم مهاجرت جمعیت در محدوده تالاب شور را نوسانات و تغییرات ناپایدار بیان کردند (فروغی و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین عدم دسترسی به منابع آبی مناسب برای کشاورزی و موقعیت مناسب اراضی کشاورزی، این اراضی گزینه بسیار مناسبی برای رشد اراضی شهری بوده است. همچنین از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ تغییر از مراتع متراکم و مراتع با تراکم متوسط به مناطق مسکونی نیز به ترتیب ۲۳۶۷ و ۲۸۷ هکتار می‌باشد.

جدول ۳- مساحت تغییرات پوشش سرزمین ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ (کیلومتر مربع)

تغییرات کاربری	مساحت
کشاورزی به مسکونی	۱۲/۷۵
کشاورزی به آب	۲/۷۰
کشاورزی به مرتع با تراکم متوسط	۱/۵۷
کشاورزی به مرتع متراکم	۱۳/۶۶
کشاورزی به مرتع کم تراکم- بایر	۴/۴۳
آب به کشاورزی	۰/۴۶
آب به مرتع با تراکم متوسط	۰/۴۹
آب به مرتع متراکم	۰/۲۲
مرتع با تراکم متوسط به مسکونی	۲/۸۷
مرتع با تراکم متوسط به کشاورزی	۳۴/۳۲
مرتع با تراکم متوسط به آب	۳/۰۸
مرتع با تراکم متوسط به مرتع کم تراکم- بایر	۱/۱۴
مرتع متراکم به مسکونی	۲۳/۶۷
مرتع متراکم به کشاورزی	۱۶۷/۷۱
مرتع متراکم به آب	۰/۹۲
مرتع متراکم به مرتع کم تراکم	۱۷۸/۲۷
مرتع متراکم به مرتع بسیار ضعیف- بایر	۱۳/۷۰
مرتع کم تراکم- بایر به کشاورزی	۲۹/۹۵
مرتع کم تراکم- بایر به مرتع با تراکم متوسط	۰/۹۴
مرتع کم تراکم- بایر به مرتع متراکم	۱۳/۳۴

نتایج حاصل از بررسی تغییرات رخ داده شامل: احداث شهرک صنعتی، توسعه شهری، ویلاسازی، توسعه صنایع مادر، دفع زباله و پساب و سایر موارد تأثیرگذار در کاهش کیفیت آب تالاب نشان داد که در

بالادست تالاب شور گلپایگان شهر گلپایگان، گوگرد و گل‌شهر قرار دارد و دو سد نیز در بالادست احداث شده که منبع اصلی تعیین آب یکی از آنها، سرشاخه‌های الیگودرز می‌باشد و سد قدیمی در بالادست

۵- باند پرواز هواپیماهای آموزشی سبک که دقیقاً در مرکز تالاب و نقاط بسیار آسب پذیر از نظر تولید ریزگرد واقع شده و یک کاربری غیر طبیعی است. این فرودگاه متعلق به نیروهای نظامی و آموزشی بوده و استفاده از آن نه تنها به سبب لزوم جاده و امکانات، بلکه بدلیل فرود و پرواز موجبات ایجاد گرد و غبار می شود. بدیهی است حضور چنین کاربری های نامطلوب در اکوسیستم تالابی به شدت در تنوع زیستی و آرامش جامعه زنده تاثیر گذار است.

۶- وجود کاربری های پر مصرف در حاشیه تالاب از جمله استخراج پرورش ماهی که از اب زیرزمینی برداشت می کنند و به طور غیر مستقیم بر کاهش سطح ایستابی آب زیرزمینی تالاب و تقاضایی آبی تاثیر گذار هستند.

۷- توسعه دامداری های حاشیه تالاب نیز از معضلات دیگری است که در منطقه وجود دارند و نکته مهمتر آن است که این دامداری ها به صورت متمرکز نیستند و چرای آنها از پوشش گیاهی ضعیف تالاب موجب عدم توانایی تالاب در استمرار خدمات اکولوژیکی خود است.

نتیجه گیری از مطالعه حاضر، این است که تغییرات رخ داده در دهه های گذشته برای اهداف مختلف توسعه کشاورزی و غیره بسیار زیاد بوده است بطوری که روند نوسانات آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی نیز به شدت کاهش یافته است (اعظمی و همکاران، ۲۰۲۱). لذا لازم است به توسعه مبتنی بر توان اکولوژیکی منطقه و همراستا با آن احیای پوشش گیاهی و توجه به نیاز آبی تالاب مذکور توجه جدی شود. بدیهی است بدون توجه به تغییرات مذکور، در آینده، تالاب مذکور نمی تواند خدمات اکولوژیکی خود را ارائه دهد و بزودی می تواند به عنوان یکی از مراکز گرد و غبار در محدوده مورد مطالعه است. قابل ذکر است در حال حاضر، گرد و غبار یکی از چالش های مهم محیط زیستی در تالاب شور است که بیش از ۸۰ هزار نفر به طور مستقیم یا غیرمستقیم از این پدیده تاثیر می پذیرند. پیشنهاد می شود با توجه به تغییرات پوشش سرزمین ایجاد شده، برنامه های مدیریتی به صورت مستمر از قبیل مدرن سازی و ارتقای بهره برداری سامانه های توزیع آب کشاورزی، بهینه سازی الگوی کشت، ساماندهی فعالیت های تفریحی، عقد تفاهم نامه با سازمان های متولی جهت تعیین حقا به مستمر محیط زیستی تالاب و تامین حداقل آب موجود و ر سوب گیری مداوم کانال های ورودی تالاب برای تغذیه مناسب از جریان های آبی موجود توسط مدیران سرزمین جهت احیا و باز یابی خدمات اکولوژیکی تالاب ارائه و به طور جدی اجرا گردد.

سد جدید، از سرشاخه های گلپایگان تغذیه می شود. خروجی نگهداشت آب در بالادست، موجب عدم جریان آب در رودخانه گلپایگان شده و تغذیه آب زیرزمینی تالاب را با مشکلاتی همراه می کند. ضمناً توسعه کشاورزی در بالادست و خصوصاً در بخش شهری خوانسار و روستاهای محل گذار آب در گذشته همچون دشت نیوانین، موجب عدم انتقال آب از بالادست گردیده است (اعظمی و همکاران، ۱۳۹۷). صنایع بزرگی همچون بخش های از خودرو سازی در منطقه گلپایگان وجود دارد اما به نظر می رسد بدلیل قطع رابطه آبی با تالاب در حال حاضر، تاثیر چندانی در کیفیت و کمیت تالاب مذکور ندارد گرچه در گذشته، بدلیل جریان آبی پیوسته، حائز اهمیت بوده است. در حال حاضر وجود یک معدن سنگ تزئینی در وسط تالاب، مکان دفن زباله شهری در نزدیکی معدن سنگ مذکور، تردهای بی مورد وسایل نقلیه شهرداری برای تخلیه زباله های شهری، توسعه کشاورزی و برداشت آب از چاه های غیرمجاز و همچنین توسعه برخی فعالیت های ناهماهنگ با توان اکولوژیکی اطراف از جمله توسعه آبروی پروری موجب ایجاد مشکلاتی در تالاب شده است. قابل ذکر است که به نظر می رسد بیشتر حجم آب تالاب از بارش های فصلی است. در حال حاضر بیشترین تعارضات اجتماعی بومیان با تالاب شور گلپایگان عبارتند از:

۱- وجود سنگ معدن تزئینی که دقیقاً در وسط تالاب قرار گرفته است و استحصال از آن موجب ایجاد گرد و غبار و مسایل محیط زیستی دیگر می شود.

۲- وجود مکان دفن زباله شهری شهرستان گلپایگان که در کنار معدن سنگ تزئینی در نواحی مرکزی تالاب قرار دارد. بدیهی است انتقال زباله ها به این نقطه نیازمند جاده های دسترسی زیادی است که این جاده ها عاملی جهت بروز ریزگرد می باشد. همچنین وجود زباله در مرکز تالاب هیچ توجه منطقی و علمی ندارد و از خدمات اکولوژیکی تالاب شدیداً می کاهد.

۳- توسعه بسیار زیاد اراضی کشاورزی خصوصاً در بخش جنوبی تالاب که نواحی کم ارتفاع تر را نیز شامل می شود و روستاهای پرجمعیتی از جمله دم آسمان، فایان در آن نواحی قرار دارند. همچنین اراضی کشاورزی که از جهت شمال از ناحیه تخت عباس به درون تالاب نفوذ کردند.

۴- وجود زهکش های فراوان و نامتوازن که در گذشته برای انتقال سیلاب و مدیریت آن به درون تالاب استفاده می شده و در طول زمان و همراستا با کاهش بارش ها، به عنوان گذرگاه انتقال آب تالاب درون مزارع استفاده شده است. در واقع براساس اطلاعات محلی، کاربرد این زهکش ها در طول زمان تغییر یافته است.

منابع:

- اعظمی، ج.، خسروی، ی.، رجایی، م.، متولی، ع.، ۱۳۹۷. مطالعات نیاز آبی تالاب شور گلپایگان، طرح پژوهشی، سازمان حفاظت محیط زیست ۵۸۳ ص.
- اصغری بوده، ز.، قدیریان، ا.، نعمت الهی، ش.، فاخران، س.، پورمنافی، س.، ۱۳۹۸، پایش و پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی تالاب بین المللی شادگان ایران، بوم‌شناسی کاربردی، سال ۸، شماره ۳، ص ۶۳-۷۶.
- خسروی، ی.، اعظمی، ج.، رجایی، م.، متولی، ع.، ۱۳۹۷. روند تغییرات و نوسانات بارش در تالاب شور گلپایگان، مطالعات علوم محیط زیست، سال ۳، شماره ۴، ص ۸۶۱-۸۵۱.
- Abd El-Kawy, O.R., Rød, J.K., Ismail, H.A., Suliman, A.S. 2011. Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data, *Applied Geography*, Vol. 31, P. 483–494, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.10.012>.
- Ansari A., Golabi M.H. 2019. Prediction of spatial land use changes based on LCM in a GIS environment for Desert Wetlands – A case study: Meighan Wetland, Iran, *International Soil and Water Conservation Research*, Vol. 7, P. 64–70.
- Bakr, N., Weindorf, D. C., Bahnassy, M. H., Marei, S. M., & ELBadawi, M. M. 2010. Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multi-temporal Landsat data, *Applied Geography*, Vol. 30, P. 592–605.
- Beygi Heidarlou, H., Banj Shafiei, A., Erfanian, M., Tayyebi, A., Alijanpour, A. 2020. Armed conflict and land-use changes: Insights from Iraq-Iran war in Zagros forests, *Forest Policy and Economics*, Vol. 18, 102246.
- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., & Lambin, E. 2004. Review Article Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 25, P. 1565–1596.
- Dewan, A.M., Yamaguchi, Y. 2009. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization, *Applied Geography*, Vol. 29, P. 390–401.
- Jafarnia, Sh., Oladi, J., Hoojati, S.M., Mirakhorloo, Kh. 2016. Status and change detection of Mangrove forest in Qeshm Island using satellite imagery from 1988 to 2008, *Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 18, P. 177–191.
- Joorabian Shoostari, S., Gholamalifard, M. 2015. Scenario based land cover change modeling and its implications for landscape pattern analysis in the Neka Watershed, Iran, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, Vol. 1, P. 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2015.05.001>.
- Joorabian Shoostari, S., Silva, T., Raheli-Namin, B., Shayesteh, K. 2020. Land use and cover change assessment and dynamic spatial modeling in the Ghara-su basin, Northeastern Iran, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 48, P. 81–95. <https://doi.org/10.1007/s12524-019-01054-x>.
- Koko A.F., Yue W., Abubakar G.A., Hamed M., Alabsi A.A.N. 2020. Monitoring and Predicting Spatio-Temporal Land Use/Land Cover Changes in Zaria City, Nigeria, through an Integrated Cellular Automata and Markov Chain Model (CA-Markov), *Sustainability*, Vol. 12, P. 1–21.
- Koranteng, A., Niedzwiecki, T. Z. 2015. Modelling forest Loss and other land use change dynamics in Ashanti Region of Ghana, *Folia Forestalia Polonica*, Vol. 57, P. 96–111.
- Maimaitijiang, m., Ghulam, a., Onésimo Sandoval, J.S. 2015. Drivers of land cover and land use changes in St. Louis metropolitan area over the past 40 years characterized by remote sensing and census population data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, Vol. 35, P. 161–174.
- Mitsch, W. and J. G. Gosselink. 2016. *Wetlands*, Van Nostrand Reinhold .6th edition, New York, 772 p.
- Moradi, A., Jafari, M., Arzani, H., Ebrahimi, M. 2016. Assessment of land use changes into dry land using satellite images and Geographical information system (GIS), *Journal of RS & GIS in natural resources*, Vol. 7, P. 89–100.
- Muñoz-Rojas, M., De la Rosa, D., Zavala, L.M., Jordán, A., Anaya-Romero, M. 2011. Changes in land cover and vegetation carbon stocks in Andalusia, Southern Spain (1956–2007), *Science of the Total Environment*, Vol. 409, P. 2796–2806, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.04.009>.

- Rafiee, R., Mahiny, A. S., & Khorasani, N. 2009. Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 11, P. 431-438.
- Razavi, B.S. 2014. Predicting the trend of land use change using Artificial Neural Network and Markov Chain Model (Case study: Kermanshah City), *Research Journal of Environmental and Earth Science*, Vol. 6, P. 215-226.
- Rozenstein, O., Karnieli, A. 2011. Comparison of methods for land-use classification incorporating remote sensing and GIS inputs, *Applied Geography*, Vol. 31, P. 533-544, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.11.006>.
- Schulz, J.J., Cayuela, L., Echeverria, C., Salas, J., Rey Benayas, J.M. 2010. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975-2008), *Applied Geography*, Vol. 30, P. 436-447.
- Václavík, T., Rogan, J. 2009. Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post-socialist transformation in Central Europe: A case study of the greater Olomouc region, Czech Republic, *GIScience & Remote Sensing*, Vol. 46, P. 54-76.
- Puyravaud, J.P. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation, *Forest Ecology and Management*, Vol. 177, P. 593-596.
- Van Oort, P.A.J. 2007. Interpreting the change detection error matrix, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 108, P. 1-8.
- Waseem, M., Paul, H., Jeffrey, G., Boshra, H., Salem, B. 2015. Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using Markov-CA, *Applied Geography*, Vol. 63, P. 101-112.
- Xiao, T.Y., Huiping, L.X. 2015. Land cover changed object detection in remote sensing data with medium spatial resolution, *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, Vol. 38, P. 129-137.

Monitoring of Land Cover Changes using Land Change Modeler in Golpayegan Shoor Wetland (1972-2018)

Sharif Joorabian Shoostari¹, Jaber Aazami^{*2}, Masoumeh Foroughi³

1- Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran. Email: Joorabian@asnrukh.ac.ir

*2- Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Email: j.aazami@znu.ac.ir

3- PhD in Department of Hydrometeorology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Iran.

*Email Address: j.aazami@znu.ac.ir

Abstract

Introduction

Global land use has significantly changed in recent decades. However, in order to monitor and survey of the ecological consequences of human interventions, quantification of land cover change is necessary. Wetlands are the most sensitive ecosystems to changes in land use and unique ecosystems with high diversity of flora and fauna. Ecological conditions and water quality of the wetlands are related to the characteristics of the land, including the type and ratio of land cover in the all watershed. Therefore, monitoring of land use and land cover changes is necessary in order to manage, control and take timely measures to reduce the threats and damage caused by the changes in the landscape. So far, land cover changes in Golpayegan Shoor Wetland have not been studied, so the main purpose of this study is to monitor land cover changes in this wetland in central of Iran. In fact, in the present study, the land cover of Golpayegan wetland for 1972, 1978, 1988, 1998, 2008 and 2018 was prepared using Landsat satellite images and the change was revealed during this period (46 years).

Methodology

Golpayegan Shoor Wetland, located in the northern plain of Golpayegan, is a part of the catchment area of Namak Lake and the only wetland ecosystem of Golpayegan city. Six land use classes were identified in the region: 1- Residential lands (urban, industrial, roads, etc.), 2- Agricultural lands, 3- Water bodies, 4- Dense rangeland, 5- Medium density rangeland 6- Low density rangeland-barren. Then the training samples were digitized on the screen by digitizing the polygons. In the second stage, the signature separation was done. The third step is to classify satellite images using the maximum likelihood classifier method. Six time periods of Landsat satellite imageries belonging to the mentioned years (1972, 1978, 1988, 1998, 2008 and 2018) were selected to analyze land cover changes. In order to geometrically correct the satellite images of the study area, topographic maps were used to perform the first-order polynomial equation with a scale of 1:25000 and 20 ground control points. Atmospheric correction was performed using dark-object subtraction method. In order to detect and analyze changes during the studied periods, Land Change Modeler was used in TerrSet software. **Conclusion:** Kappa coefficient in 1972, 1978, 1988, 1998, 2008 and 2018 were 81.08%, 84.45%, 85.79%, 90.12%, 92.67% and 93.85%, respectively. In the study period, dense rangelands decreased during the years 1972-1978 with an annual rate of -1.86% (9795 hectares). Medium density rangelands and residential areas also showed an increase of 13,460 and 1,080 hectares by annual rates of 2.63 and 11.84 percent, respectively. The annual growth rate is 6.33 percent in water bodies, and the rate of increase is 142.2 hectares in this class. The rate of reduction is 4050 hectares in low density rangelan with an annual reduction rate of 16.3%. Between 1972 and 1978, there were 499, 394, and 194 hectares of net conversion of agricultural land, dense rangeland, and low density rangeland-barren to residential areas, respectively. The rate of net change is 70, 75 and 9 hectares from agricultural lands, medium density rangeland and low-density rangeland-barren to agricultural land, respectively. The highest net change is 13333 hectares from dense rangelands to medium density rangelands. Residential areas, agricultural lands and low density rangeland-barren also showed an increase of 1420, 14540 and 2860 hectares with annual rates of 5.1, 9.2 and 7.7 percent, respectively, during the 1978-1988. Medium density rangelands also decreased from 92,000 hectares in 1978 to 83100 hectares. Dense water areas and pastures have also decreased during this period, with annual rates of -7.87% and -1.12%. Dense rangelands were converted into

residential areas, agricultural lands and low density rangeland-barren by 1545, 11246 and 3752 hectares, respectively. The rate of net change is 119, 2018, 11246 and 751 hectares from water bodies, medium density rangeland, dense rangeland and low density rangeland-barren to agricultural land, respectively. 91, 1545 and 182 hectares of medium-density rangelands, dense rangelands and low-density-barren rangelands were converted to residential areas. During the 1978-1988, the rate of net change from medium, dense and low-density rangeland to water bodies was 107, 10 and 1 hectare, respectively. From 1988 to 1998, residential areas increased at an annual rate of 2.37 percent. Agricultural lands, water bodies and dense rangeland also showed an increase of 4066, 90 and 13562 hectares with annual rates of 1.55, 3.65 and 1.68 percent, respectively. The annual reduction rate in medium density rangelands and low-density rangelands-barren was -2.08 and -13.77 percent, respectively. Between 1978 and 1988, there were 632, 6, 32, 266 and 29 hectares of net conversion of agricultural land, water bodies, medium-density rangelands, dense rangelands and low-density rangeland-barren to residential areas, respectively. During these years, 3279 hectares of net change was observed from dense rangelands to agricultural lands and the rate of net change from low density to medium density rangelands was 2698 hectares. Agricultural lands increased from 28,200 hectares in 1998 to 29,600 hectares in 2008 with an annual growth rate of 0.51 percent, with 90 hectares of medium-density rangelands and 932 hectares of dense rangelands converted. Medium density rangelands decreased by 2235 hectares and annual rate of -0.33%. The rate of net change was 1687 hectares from medium-density to low-density rangelands. The rate of increase in low-density rangeland-barren was 2565 hectares and the rate of net change from dense rangelands to this land use was 693 hectares. Water bodies also decreased by 67 hectares from 1998 to 2008. An increasing of 743 hectares was observed in residential areas with an annual growth rate of 1.64 percent, which was the main net change from dense rangeland to this class by 718 hectares. A large increasing was observed in medium density rangelands from 65,259 hectares in 2008 to 77,706 hectares in 2018 with an annual growth rate of 1.74%. The rate of increasing was in the water bodies with 637 hectares, that it showed a net change from agricultural lands, medium and dense rangeland to water bodies 331, 217 and 120 hectares, respectively. In this period, the annual growth rate is 0.33% in agricultural lands. During the 1972-2008 period, residential areas, agricultural lands and water areas increased by 3857, 20261 and 558 hectares with annual rates of 3.35%, 2.34% and 2.24%, respectively. Dense, medium and low-density rangelands decreased with annual rates of -0.5%, -0.02% and -3.3%, respectively. Agricultural lands, dense medium and low density rangelands were converted into residential areas by 771, 2335, 273 and 481 hectares. 224, 70 and 259 hectares of agricultural lands, dense and medium density rangeland were converted to water bodies, respectively. 2931 and 36 hectares were converted from dense rangeland to medium and low-density rangeland. The results of the spatial trend of changes from all land cover classes to residential areas revealed that the densely populated urban areas and human activities are main driving forced for land cover changes. Due to the environmental importance of Golpayegan wetland and the studied changes in land cover, we have strongly suggested the strategic plans in order to achieve sustainable ecological development of the watershed. Management strategies were included modernization and promotion of agricultural water distribution systems, optimization of cultivation pattern, organization of recreational activities and signing a memorandum of understanding with the responsible organizations to determine the continuous environmental status of the wetland.

Keywords

Change Analysis; Remote Sensing; Accuracy Assessment; Landsat Sattelite.