

پایش تغییرات زمانی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه آزاد اروند)

مریم سالمی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

سولماز دشتی^۱

استادیار گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

سیدیحیی میرزایی

دانشکده علوم زمین، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۰

چکیده

پایش تغییرات واحدهای اراضی، مستلزم استفاده از روش‌های سریع و مناسب جهت جمع‌آوری اطلاعات و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با یکدیگر است. داده‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای و تلفیق آن‌ها با داده‌های زمینی می‌تواند اطلاعات دقیق و بهتری را برای تصمیم‌گیری‌های چندجانبه فراهم نماید. منطقه آزاد اروند با مساحت ۳۷۲۱۹ هکتار در شمال‌غربی خلیج فارس شامل شهرهای آبادان، خرمشهر و مینو شهر (جزیره مینو) می‌باشد، که در محل تلاقی دو رودخانه اروندرود و کارون واقع است. در این تحقیق از تصاویر TM سال ۱۳۶۸، ETM سال ۱۳۸۰ و OLI ۱۳۹۳ استفاده گردید. برای تهیه نقشه کاربری اراضی/پوشش اراضی از الگوریتم حداکثر احتمال روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده گردید و در نهایت پنج نوع کاربری (کشاورزی و باغات، شوره‌زار، مرتع و اراضی بایر، مسکونی و تاسیسات و سطوح آبی) در منطقه شناسایی شد. نتایج بیانگر تغییرات گسترده‌ای در منطقه مورد مطالعه بوده است. مراتع و اراضی بایر روند کاهشی را در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه داشته است. اراضی کشاورزی و باغات نیز تا سال ۱۳۸۰ روند افزایشی و در بازه‌ی زمانی بعدی تا سال ۱۳۹۳ روند کاهشی داشته است. کاربری مسکونی و تاسیسات صنعتی از ۱۲ درصد کل منطقه در سال ۱۳۶۸ به ۱۴/۷ درصد در سال ۱۳۸۰ و ۲۹/۶ درصد در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است. با توجه به اینکه منطقه آزاد اروند در بازه زمانی مورد مطالعه تغییرات کاربری زیادی متناسب با وضعیت خاص اقتصادی، جغرافیایی و استراتژیک داشته است، در مدیریت کاربری اراضی منطقه برنامه ریزی برای تغییرات باید مدنظر قرار گیرد، که با اصل توسعه پایدار در یک راستا باشد و به منابع طبیعی منطقه کم‌ترین آسیب را وارد کند.

کلیدواژگان: پایش تغییرات، طبقه‌بندی نظارت شده، منطقه آزاد اروند

مقدمه

زمین یک سرمایه‌ی طبیعی است که بشر حیات اجتماعی خود را از طریق توسعه روی آن شکل می‌دهد. با استناد به بحث‌های مطرح شده و نگرانی‌های موجود در مورد تهدیدهای محیط‌زیستی در دهه‌های اخیر مورد توجه جدی کارشناسان محیط زیست قرار گرفته است (Fichera et al, 2012: 3). شهر به عنوان یکی از دستاوردهای بشری که در محیط‌های طبیعی احداث می‌شود، از دیرباز مورد توجه تمدن‌ها بوده‌اند (ابراهیم‌زاده‌آسمین و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۶). کاربری زمین شهری، جزو مفاهیم پایه و اصلی دانش شهرسازی و در واقع شالوده شکل‌گیری آن است و به اندازه‌ای اهمیت دارد که برخی از برنامه‌ریزان شهری در کشورهای پیشرفته آن را مساوی با برنامه‌ریزی کاربری اراضی می‌دانند (شمس و کرمی‌نژاد، ۱۳۹۳: ۴۸). برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری مدیریت خردمندانه فضا به منظور بهینه‌سازی الگوی توزیع فعالیت‌های انسان است (آمار، ۱۳۹۳: ۸۷)، که به چگونگی استفاده و توزیع و حفاظت اراضی، ساماندهی فضایی و مکانی فعالیت‌ها و عملکردها بر اساس خواست و نیازهای جامعه شهری می‌پردازد و انواع استفاده از زمین را مشخص می‌کند (شمس و کرمی‌نژاد، ۱۳۹۳: ۴۸). جهت ارتقاء کیفیت شهرنشینی، ساماندهی کاربری اراضی شهرها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۵: ۹).

از آنجایی که تغییرات زیست‌محیطی برای دادن دید کلی از محیط زیست منطقه و ساختن فرضیه‌های معتبر بر مبنای توسعه پایدار دارای اهمیت است، لذا آشکارسازی این تغییرات فرآیند مهمی در پایش و مدیریت منابع طبیعی و توسعه شهری محسوب می‌شود (Chen et al, 2014: 19). با توجه به این‌که تغییرات در کاربری اراضی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد، بنابراین فناوری سنجش از راه دور یک ابزار ضروری و با ارزش در ارزیابی این تغییرات است (Lu et al, 2013: 4012). از طریق این فن می‌توان با استفاده از مجموعه تصاویر چند زمانه و پردازش آنها نسبت به آشکارسازی تغییرات مورد نظر منطقه اقدام کرد (Gross et al., 2009: 1345).

با توجه به تحت تاثیر قرار گرفتن شدید منطقه‌ی مورد مطالعه در طی جنگ هشت ساله میان ایران و عراق و موقعیت استراتژیک، تجاری و در حال رشد حال حاضر آبادان و خرمشهر آگاهی از روند تغییرات این منطقه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست در جهت تصمیم‌گیری‌های سریع برای برنامه‌ریزان و مدیران بخش شهری و منابع طبیعی بسیار ضروری می‌باشد. براین اساس در این پژوهش پایش تغییرات زمانی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک سنجش از دور مورد بررسی قرار گرفت.

رویکرد نظری

امروزه مساله تغییر کاربری اراضی از مهم‌ترین چالش‌ها در نظام مدیریت منابع طبیعی و انسانی در محدوده‌ی شهر و روستا است. از این‌رو از مهم‌ترین برنامه‌های متولیان و برنامه‌ریزان شهری و منطقه‌ای، آگاهی از این تغییرات است (قهفرخی و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۵). از مهم‌ترین پیامدهای تغییر کاربری اراضی، رشد ناموزون و بی‌برنامه محدوده‌های شهری، افزایش یا کاهش سطح پوشش گیاهی، تغییرات ناشی از افت سطح پوشش گیاهی، فرسایش جریانی آبراهه‌ها و تغییر بستر رودخانه، حرکت ماسه‌های روان و در نهایت افزایش مخاطرات طبیعی و غیره است (Ioannis & Meliadis 2011: 16). تکنیک‌های سنجش از دور در کشف و شناسایی الگوی تغییرات کاربری منبع خوبی برای مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای است (Kenneth & Gunter, 2012: 75). طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای عمدتاً به دو صورت کلی نظارت نشده و نظارت شده می‌باشد. در این تحقیق با توجه به دقت بالای روش نظارت

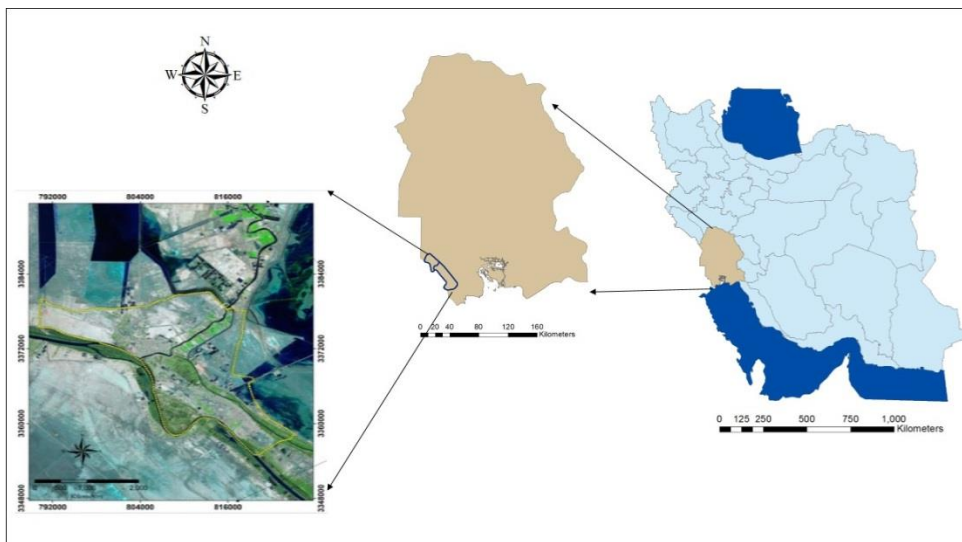
شده از این روش استفاده شد. این روش از نظر اکثر محققین مقدم است زیرا این روش معمولاً تعریف دقیق و صحیح‌تری از کلاس‌ها نسبت به روش غیر نظارت شده نشان می‌دهد.

یکی از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده که تا کنون به‌عنوان دقیق‌ترین و پر استفاده‌ترین روش ذکر شده است، روش حداکثر احتمال می‌باشد (زینالی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۲۹). در این الگوریتم، کلاسی به پیکسل نسبت داده می‌شود که بزرگ‌ترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس را دارا باشد و فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه براساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته‌اند (کریمی فقهی و همکاران، ۱۳۹۶: ۷۶).

مطالعات زیادی درخصوص استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری/ پوشش اراضی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به: بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه در شهر شان‌دیز توسط طاهری و همکاران (۱۳۹۷) اشاره کرد. که نتایج بیانگر گسترش نامناسب و بدون برنامه‌ی کاربری اراضی شهر بود. تحلیلی بر تغییرات کاربری اراضی در کلان‌شهرها با استفاده از آنالیز تصاویر ماهواره‌ای در محیط ENVI در کلان‌شهر اهواز امان‌پور و همکاران (۱۳۹۶) به انجام رسید. سبزیبایی و همکاران (۱۳۹۶) تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های سنجش از دور در شهرستان اندیمشک مورد بررسی قرار دادند. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در قائم‌شهر توسط سبزیبایی و همکاران (۱۳۹۶) به انجام رسید. Hamdy و همکاران (۲۰۱۶) پراکندروی شهری را در الجزیره با استفاده از سنجش از دور مورد بررسی قرار دادند. Gong و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی به تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی الگوی فضایی استفاده از زمین در شهر هاربین با استفاده از GIS، RS و مدل تلفیقی CA- Marcove پرداختند. نتایج نشان داد در شهر هاربین در دوره ۱۸ ساله مساحت قابل توجهی از گندم زارها به مناطق مسکونی تبدیل شده است. Hegazy and Kaloop (۲۰۱۵) مقاله‌ای با عنوان پایش رشد شهری و آشکار سازی تغییرات کاربری شهری با استفاده از سنجش از دور در دو منطقه منصوره و تلخانه در کشور مصر منتشر کردند.

محدوده مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه بین طول جغرافیایی ۲۱۴۰۹۵ (۰۱۵۴۸'۴۰") الی ۲۴۸۱۰۷ (۲۲۵۴۸'۲۹") شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳۵۳۳۲۵ (۱۶۳۰'۴۰") الی ۳۳۷۹۸۷۱ (۳۱۵۳۰'۲۹") شمالی در شمال‌غربی خلیج فارس محل تلاقی دو رودخانه‌ی کارون و اروندرود، واقع شده است (شکل ۱). این منطقه با مساحت ۳۷۲۱۹ هکتار، شهرستان‌های آبادان، خرمشهر و جزیره مینو را در بر گرفته است. از لحاظ توپوگرافی در یک دشت کاملاً مسطح واقع شده است. منطقه آزاد اروند به‌لحاظ مقیاس بعد از منطقه آزاد کیش، قشم و ارس، چهارمین منطقه آزاد کشور است. از نظر رشد و توسعه‌ی اقتصادی، سرمایه‌گذاری و افزایش درآمد عمومی، بسیار برای کشور حایز اهمیت است (www.arvandfree.com).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)

داده‌های مورد استفاده

برای بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی محدوده مطالعاتی، از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های TM، ETM+ و سنجنده OLI طی دوره ۲۵ ساله (۱۹۹۰، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ م) که پوشش گیاهی به حداکثر رشد خود رسیده بود و انواع پوشش اراضی (زراعی و مرتع) در منطقه حضور داشتند، تهیه گردید.

جدول ۱. مشخصات جامع تصاویر استفاده شده در تحقیق

سنجنده	ردیف	گذر	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	تعداد باند
TM	۳۹	۱۶۵	۱۹۹۰/۰۳/۰۳	۱۳۶۸/۱۲/۱۲	۷
ETM	۳۹	۱۶۵	۲۰۰۲/۰۳/۱۵	۱۳۸۰/۱۲/۲۴	۸
OLI	۳۹	۱۶۵	۲۰۱۵/۰۳/۰۶	۱۳۹۳/۱۲/۱۵	۱۱

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)

پیش پردازش

لازمه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای این است که کیفیت داده‌ها از لحاظ رادیومتری و هندسی قبل از استفاده مورد بررسی قرار گیرد و اطمینان حاصل شود که داده‌ها عاری از هرگونه خطای رادیومتری و هندسی هستند (مکرونی و همکاران، ۱۳۹۵: ۹۱). در تصحیح هندسی ابتدا تصویر ماهواره‌ای سال ۱۹۹۰ با استفاده از ۲۵ نقطه کنترل زمینی تصحیح گردید. با توجه به اهمیت بالای ارزش‌های DN تصاویر برای تحقیق مورد نظر از روش نمونه‌برداری نزدیکترین همسایه استفاده گردید. جهت زمین مرجع کردن تصاویر مربوط به سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ از تصویر زمین مرجع شده سال ۱۹۹۰ به‌عنوان مبنا استفاده شد، برای انجام این کار از روش ثبت تصویر به تصویر استفاده گردید. برای انتخاب نقاط کنترل در تصاویر باید دقت کافی اعمال نمود، خصوصاً اگر فاصله زمانی بین تصویربرداری زیاد باشد. جهت انجام این تصحیح بر روی تصویر منطقه مورد مطالعه نقاطی به‌عنوان نقاط کنترل انتخاب شد که در هر دو تصویر به وضوح قابل تشخیص باشد و همچنین بر اثر گذشت زمان تغییر نکرده باشد.

میزان RMS نهایی هر کدام از تصاویر در جدول ۲ ارائه شده است لازم به ذکر است که میزان RMS باید کمتر از ۰/۵ باشد.

جدول ۲. میزان RMS نهایی هر کدام از تصاویر

RMS	تصویر ماهواره‌ای
۰/۳۰	۱۹۹۰
۰/۲۲	۲۰۰۲
۰/۰۱	۲۰۱۵

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)

پردازش

یکی از نکات مهم و کلیدی در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای، دستیابی به تعریفی واضح و روشن از کاربری‌های موجود در منطقه می‌باشد (مکرونی، ۱۳۹۵: ۹۰). برای رسیدن به این تصویر در این پژوهش با توجه به شناختی که از منطقه بود و از طریق بررسی وضعیت کاربری‌های موجود در منطقه و استفاده از نظر کارشناسان و بازدیدهای میدانی و تهیه نقاط کنترل زمینی از طریق GPS در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. که کاربری‌های کشاورزی و باغات، مرتع و اراضی بایر، مسکونی و تاسیسات، اراضی شور و سطوح آبی شناسایی شدند. سپس برای استفاده مطلوب از داده‌های چند طیفی، لازم است تا بهترین ترکیب بانندی، با استفاده از فاکتور شاخص مطلوب (OIF) مشخص شود. در این پژوهش بهترین ترکیبات بانندی براساس آنالیز ماتریس همبستگی و فاکتور شاخص مطلوب (OIF) انتخاب شدند. که در تصویر ماهواره‌ای لندست TM مربوط به سال ۱۹۹۰ ترکیب بانندی ۱، ۴ و ۷ با مقدار شاخص $I=0/235$ بالاترین میزان تغییرات طیفی را در بین باندهای مختلف تصویر مذکور داشته و در تصویر ماهواره‌ای لندست ETM مربوط به سال ۲۰۰۲ ترکیب بانندی ۱، ۴ و ۷ با مقدار شاخص $I=0/380$ بالاترین میزان تغییرات طیفی را در بین باندهای مختلف دارد. همچنین در تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۵ ترکیب بانندی ۷، ۵ و ۳ با مقدار شاخص $I=0/520$ بالاترین میزان تغییرات طیفی را در بین باندهای مختلف تصویر مذکور دارد.

برای طبقه‌بندی تصاویر از روش Supervised استفاده گردید. در این روش تعدادی از پیکسل‌ها به‌عنوان معرف و نمونه انتخاب می‌شوند. سپس با توجه به تعداد کاربری‌ها، در هر نوع کاربری ۳۵ نمونه تعلیمی انتخاب گردید. محل نمونه‌های تعلیمی براساس اطلاعات حاصل از بازدید صحرائی (برداشت نقاط با استفاده از دستگاه GPS) و تصاویر عوارض زمینی ارائه شده در سایت گوگل که پراکنش مناسبی در منطقه داشتند تعیین گردید. در نهایت این نقاط تعلیمی وارد محیط نرم‌افزار ENVI®4.3 گردید و با استفاده از روش آشکارسازی (Enhancement) خطی تمایز بیشتری بین کلاس‌های مختلف ایجاد شد و با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال (Maximum Likelihood)، پیکسل‌ها طبقه‌بندی شدند.

پس پردازش

پس از طبقه‌بندی معمولاً پیکسل‌هایی به طور مجزا در سطح تصویر دیده می‌شوند برای رفع این مشکل و همگن کردن تصویر می‌توان از فیلتر اکثریت استفاده نمود. این فیلتر کلاسی را به پیکسل مرکزی نسبت می‌دهد که بیشترین

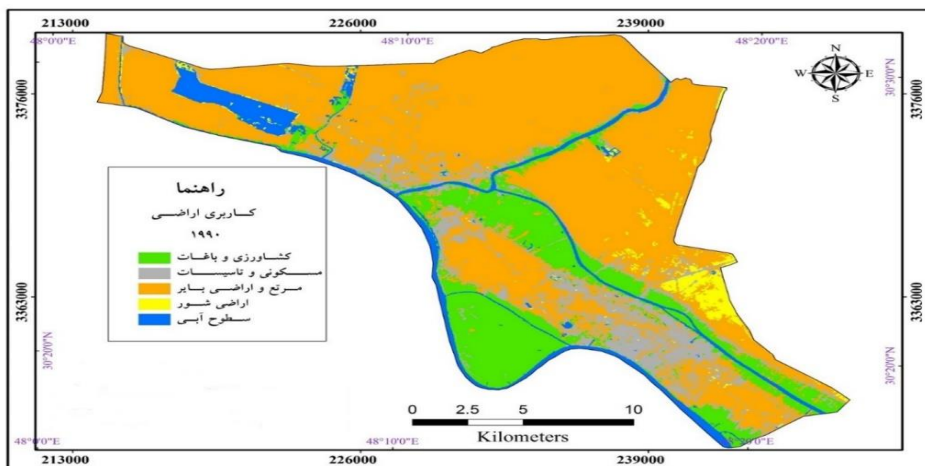
تعداد را در پنجره فیلتر داشته باشد. در این پژوهش برای رفع پیکسل‌های نویز تصاویر طبقه‌بندی شده از فیلتر اکثریت ۳×۳ استفاده شده است و سپس دقت نقشه‌های بدست آمده از الگوریتم حداکثر احتمال برآورد گردید. برآورد دقت برای درک نتایج بدست آمده و بکار بردن این نتایج برای تصمیم‌گیری‌ها خیلی مهم هستند. معمول‌ترین پارامترهای برآورد دقت شامل، دقت کلی، دقت تولید کننده، دقت کاربر و ضریب کاپا هستند (سبزقبایی و همکاران، ۱۳۹۶:۱۴۶). مقدار کاپا دقت طبقه‌بندی را نسبت به حالتی که یک تصویر به صورت کاملاً تصادفی طبقه‌بندی می‌شود محاسبه می‌کند که در رابطه ۳ نشان داده شده است. ضریب کاپا بین ۰ و ۱ است.

رابطه ۳: (مکرونی و همکاران، ۱۳۹۵: ۹۲)

$$K = \frac{\text{توافق تصادفی} - \text{دقت مشاهده شده}}{\text{توافق تصادفی} - 1}$$

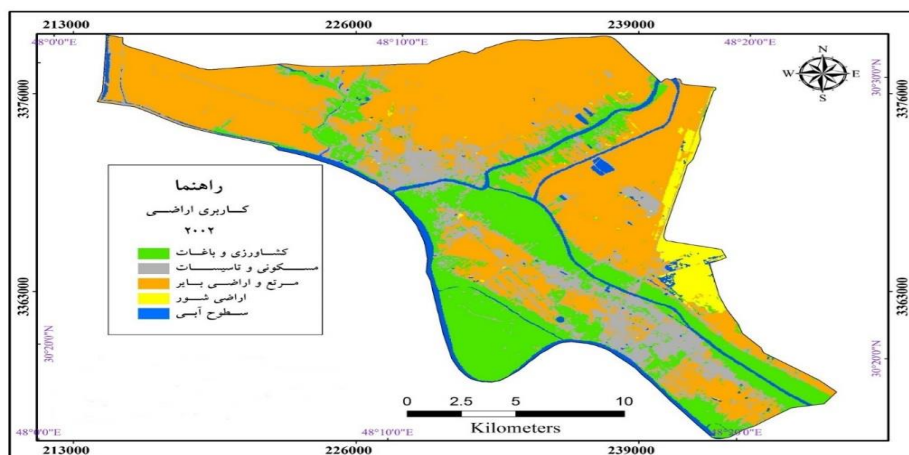
یافته‌ها

با استفاده از در تصاویر ماهواره‌ای سطح منطقه به ۵ واحد کاربری تقسیم گردید. این واحدها شامل کشاورزی و باغات، اراضی شور، مرتع و اراضی بایر، مسکونی و تاسیسات و سطوح آبی می‌باشد. با توجه به نتایج از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ کشاورزی و باغات ۲۶۱۸/۳۷ هکتار افزایش یافته است، که این افزایش در جهت‌های شمال غربی و شمالی و بر اثر تبدیل مرتع و اراضی بایر و سطوح آبی ایجاد شده است. قسمت دیگر از این افزایش نیز در قسمت غربی و جنوب شرقی منطقه و به علت تبدیل شدن مراکز مسکونی و تاسیسات به وجود آمده است. مرتع و اراضی بایر نیز روند کاهشی را طی کرده‌اند و به میزان ۳۳۹۴/۴۳ هکتار طی این ۱۲ سال از این کاربری کم شده و به کشاورزی و باغات، مسکونی و تاسیسات، اراضی شور و سطوح آبی تبدیل شده است. اراضی شور نیز به میزان ۳۵۷/۶۵ هکتار افزایش داشته که این افزایش در جهت شرق تا شمال شرقی منطقه می‌باشد. سطوح آبی به میزان ۶۴۳/۶۸ هکتار کاهش مساحت داشته که این کاهش به علت تبدیل مزارع میگو به کاربری مرتع در جهت شمال غربی منطقه می‌باشد. کاربری مسکونی و تاسیسات در جهت شمال غربی بیشترین افزایش را داشته‌اند. از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ نیز کاربری‌های باغات و کشاورزی به میزان ۲۲۸۷/۴۴ هکتار کاهش داشته، که به علت توسعه شهر می‌باشد و مراکز مسکونی و تاسیسات طی این ۱۳ سال به میزان ۵۵۲۰/۲۴ هکتار افزایش مساحت داشته است. همچنین با تبدیل اراضی مرتع میزان ۵۳۶۸/۳۳ کاهش داشته‌اند، که به میزان ۱۴۶۰/۱۶ هکتار به اراضی شور تبدیل شده است و سبب افزایش این کاربری در جهت‌های غرب تا شمال شده است. سطوح آبی به علت افزایش مزارع پرورش میگو بخصوص در جهت‌های شرقی به میزان ۶۶۱/۵۹ هکتار افزایش مساحت داشته است.



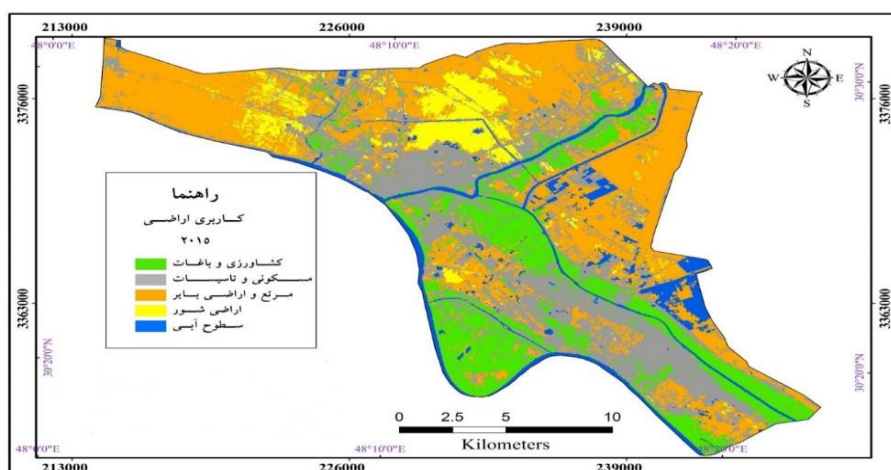
شکل ۲. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۹۹۰

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۲

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۵

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)

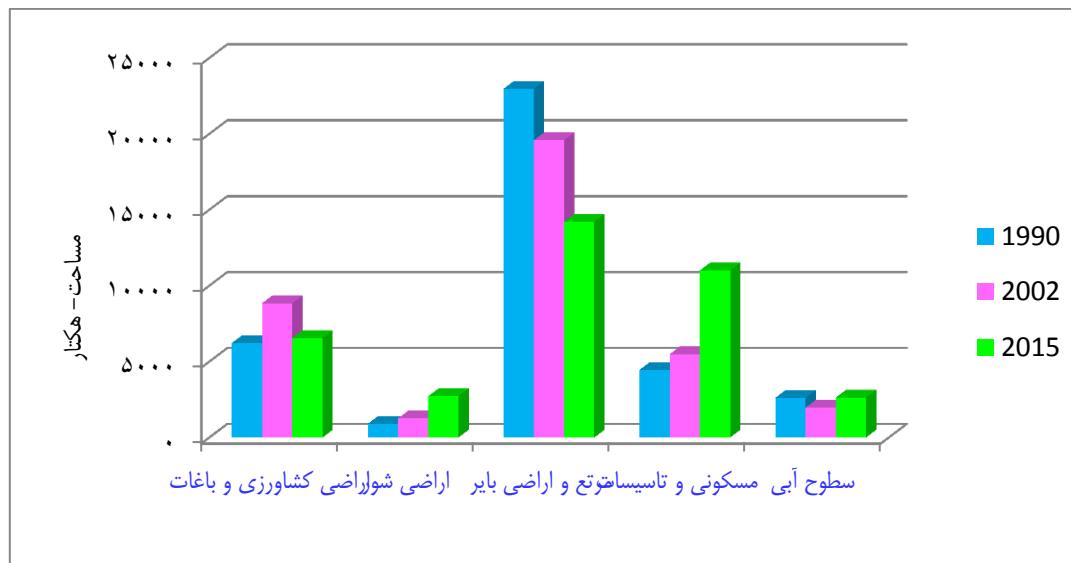
جدول ۳. مساحت کاربری‌ها طی سه دوره مورد مطالعه

کاربری اراضی	مساحت (هکتار)	مساحت (هکتار)	مساحت (هکتار)
--------------	---------------	---------------	---------------

سال ۲۰۱۵	سال ۲۰۰۲	سال ۱۹۹۰	
۶۵۵۹/۹۲	۸۸۴۷/۳۶	۶۲۲۸/۹۹	کشاورزی و باغات
۱۱۰۱۰/۶	۵۴۹۰/۳۶	۴۴۵۹/۵۹	مسکونی و تاسیسات
۱۴۲۱۴/۹۵	۱۹۵۸۳/۲۸	۲۲۹۷۸/۱۷	مرتع و اراضی بایر
۲۷۲۱/۲۴	۱۲۶۱/۰۸	۹۰۳/۴۳	اراضی شور
۲۶۳۶/۷۳	۱۹۷۵/۱۴	۲۶۱۸/۸۲	سطوح آبی

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)

به طور کلی و از بررسی دوره ۲۵ ساله می‌توان بیان داشت که کاربری‌های مسکونی و تاسیسات، کشاورزی و باغات و اراضی شور افزایش داشته‌اند. اما سطوح آبی ۱۷/۹۱ هکتار افزایش یافته که به علت افزایش استخراج پرورش میگو می‌باشد. مرتع و اراضی بایر به میزان ۸۷۶۳/۲۲ هکتار کاهش مساحت داشته‌اند.



شکل ۵. مساحت کاربری‌های اراضی در طی سه دوره مطالعاتی

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)

طبقه‌بندی تصاویر به منظور ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده جدول خطا برای محاسبه صحت کلی و ضریب کاپای نقشه، تولید و مقایسه نتایج صورت گرفت (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج صحت کلی و ضریب کاپا برای تصاویر TM، ETM⁺ و OLI

سال میلادی	صحت کلی طبقه‌بندی %	ضریب کاپا %
۱۹۹۰	۸۴	۰/۷۹
۲۰۰۲	۹۲	۰/۸۸
۲۰۱۵	۸۹	۰/۸۶

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)

بحث

تغییر در الگوهای کاربری سرزمین، که در سطوح مختلف فضایی و در دوره‌های زمانی مختلف رخ می‌دهد، بیانگر تعامل و تقابل نیازهای جوامع انسانی و محیطی با زمین است. این تغییرات گاه سودمند است و در پاره‌ای موارد زیان‌بار. تغییرات زیان‌بار تأثیرات نامطلوبی بر میزان رفاه و آسایش جوامع انسانی می‌گذارد (بی‌همتای‌طوسی و همکاران، ۱۳۹۲: ۷۸). از آن‌جا که تغییرات در کاربری اراضی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد فناوری

سنجش از راه دور یک ابزار ضروری و با ارزش در ارزیابی این تغییرات به دلیل پوشش مکرر و تکراری سطح زمین است. برای ارائه کارایی بیشتر در تشخیص تغییرات کاربری اراضی، سنجش از راه دور اغلب با سیستم اطلاعات جغرافیایی ترکیب می‌شود (Eşbah et al, 2011).

با توجه به برآوردهای صورت گرفته و تعیین سطح تغییرات در کاربری‌های مختلف در منطقه آزاد اروند در مدت ۲۵ سال مشاهده گردید که تغییرات قابل توجهی در سطح کاربری‌های منطقه مذکور صورت گرفته است. که براساس نتایج حاصل از صحت کلی و ضریب کاپا که برای تمام سال‌ها درصد قابل قبولی را ارائه کرده است می‌توان به این کارایی روش طبقه‌بندی نظارت شده پی برد که در تحقیقات El-Kawy و همکاران (۲۰۱۱)، Hegazy & Kaloop (۲۰۱۵) اشاره کرد.

توسعه شهر در ارتباط تنگاتنگی با میزان رشد جمعیت شهری است و در این ارتباط افزایش طبیعی شهری، میزان مهاجرت خالص به شهر، انتقال ساخت جمعیتی جوامع غیرشهری به شهر و ساخت جمعیت شهر از عوامل اساسی به شمار می‌روند (شمس و ملک حسینی، ۱۳۸۹: ص: ۹۰). با توجه به سالنامه آماری خوزستان در سال‌های ۷۵ و ۹۰ در هر دو شهر میزان رشد جمعیت مثبت بوده است. به همین علت نیز رشد کاربری مسکونی در طی این دوره ۶۵۵۱/۰۱ هکتار افزایش مساحت داشته است. علت این امر را می‌توان افزایش کاربری صنعتی دانست زیرا به علت وجود بندر و اسکله رونق تجاری خاصی در منطقه دارد و بازار کار مناسبی را برای افراد جویای کار فراهم می‌کند، پس برای رفع نیاز این جمعیت اراضی مسکونی بیشتری ساخته می‌شود. دلیل دیگر این افزایش بخصوص در شهر آبادان را می‌توان توسعه‌ی پالایشگاه و پتروشیمی آبادان دانست. که نتایج حاصل با نتایج تحقیقات سبزقبایی و همکاران (۱۳۹۶)، کرمی قهی (۱۳۹۶) و Ochege و همکاران (۲۰۱۷) مبنی بر افزایش مناطق مسکونی همسو است. که بیشتر افزایش این کاربری با تخریب بخش کشاورزی همراه بوده است به گونه‌ای که Peijun و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشت که با افزایش مناطق مسکونی میزان کاربری کشاورزی کاهش می‌یابد. کاربری کشاورزی و باغات از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ به میزان ۲۶۱۸/۳۷ هکتار افزایش مساحت داشته است، که این امر به علت شرایط مناسب اقلیمی و نبود ریزگردها و کم بودن جمعیت این منطقه می‌باشد. اما از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ رشد بخش کشاورزی منفی بوده و با کاهش ۲۲۸۷/۴۴ هکتار رو به رو بوده است. علت این کاهش در این دوره کمبود نقدینگی، اجرا نشدن قانون افزایش بهره‌وری و خرید تضمینی محصولات کشاورزی، کاهش کمیت و کیفیت آب، تغییرات اقلیمی و بروز پدیده‌های زیست‌محیطی (ریزگردها)، نبود الگوی کشت منطقه‌ای و ریسک بالای سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی از یک سو و زرق و برق سودآوری بالا در بخش خدمات بوده است، که سبب تبدیل شدن زمین‌های کشاورزی در کنار رودخانه به مناطق مسکونی یا صنعتی شده است. که نتایج پژوهش Hegazy & Kaloop (۲۰۱۵) Rawat & Kumar (۲۰۱۵) مبنی بر کاهش بخش کشاورزی این نتایج را تأکید می‌کند. به‌طور کلی می‌توان بیان داشت که کاربری کشاورزی طی سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ با افزایش ۳۳۰/۹۳ هکتار روندی افزایشی داشته، این افزایش نیز به علت احیای نخلستان خرما در چند سال اخیر می‌باشد که با نتایج رجب‌زاده (۱۳۹۵) هم سو است.

اراضی بایر در طول کل دوره‌ی مورد مطالعه روند کاهشی را داشته است که با نتایج پژوهش Rawat & Kumar (۲۰۱۵) و کرمی قهی و همکاران (۱۳۹۶) همسو می‌باشد. این کاربری با کاهشی معادل ۸۷۶۳/۲۲ هکتاری

در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه بیش‌ترین تغییرات و کاهش سطح را به‌خود اختصاص داده به‌طوری که در سال ۱۹۹۰ این کاربری با مساحت ۲۲۹۷۸/۱۷ هکتار بیش‌ترین مساحت را طی دوره‌ی ۲۵ ساله به خود اختصاص داده است. علت این امر نیز ۸ سال دفاع مقدس که نتیجه‌ی آن افزایش مهاجرت و رها کردن زمین‌های کشاورزی بوده است. اما از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ کاهش ادامه داشته است، که در سال ۲۰۰۲ بیشتر زمین‌های بایر سال ۱۹۹۰ به کشاورزی تبدیل شده است، اما در سال ۲۰۱۵ به علت افزایش جمعیت بخصوص افزایش مهاجرت برای کار، اراضی بایر سال ۱۹۹۰ و حتی ۲۰۰۲ به کاربری مسکونی و تجاری تبدیل شده‌اند.

اراضی شور به طورکلی طی دوره مورد مطالعه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵، ۱۸۱۷/۸۱ هکتار افزایش مساحت داشته است. که با نتایج خادمی و همکاران (۱۳۹۳) همسو می‌باشد. با بررسی‌های صورت گرفته افزایش سطح اراضی شور و نمکی در منطقه می‌تواند متاثر از نوسانات شدید آب زیرسطحی و رطوبت خاک باشد که در زمان تبخیر موجب بالا آمدن املاح خاک که غالباً نمکی هستند می‌گردد از سوی دیگر احداث دریاچه‌های مصنوعی ذخیره آب مازاد زهکش‌های شرکت‌های توسعه نیشکر در شمال منطقه آزاد اروند که با تبخیربخشی از آب ورودی موجب شور شدن بیشتر آب این مخازن شده است و نفوذ املاح نمکی به اراضی مجاور را نیز می‌توان از دلایل افزایش سطح این اراضی دانست. در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ مساحت ۳۵۷/۶۵ هکتار از این اراضی در قسمت شرقی آبادان بوده است، که در سال ۲۰۱۵ این مکان تغییر کاربری داده و به مزارع پرورش میگو تبدیل شده است. همچنین در سال ۲۰۱۵ اراضی شور در قسمت شمالی خرمشهر به وجود آمده است، که دلیل این امر خشک شدن تالاب‌ها و پدیده ریزگرد می‌باشد.

میزان تغییرات کاربری سطوح آبی در منطقه نشان داد که کاربری مذکور در ابتدای بازه زمانی مورد مطالعه دارای سطحی معادل ۲۶۱۸/۸ هکتار بوده که در انتهای بازه زمانی مورد مطالعه دارای سطحی معادل ۲۶۳۶/۷ هکتار می‌باشد که نشان‌دهنده کمترین میزان تغییرات سطح در بین کاربری‌های مختلف داشته است. به‌طوری‌که در سال ۲۰۰۲ بیشترین کاهش مساحت را داشته است، علت این کاهش نیز خشکسالی طی آن سال‌ها، تغییر اقلیم، سدسازی بالادست و کشورهای همسایه است، این کاهش مساحت به‌گونه‌ای بوده است که سطح آبی که در سال ۱۹۹۰ در قسمت غربی خرمشهری در ناحیه مرزی با کشور عراق وجود داشته است به‌طور کامل از بین رفته است، اما از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ با افزایش ۶۶۱/۵۹ هکتار مساحت سطوح آبی همراه بوده است، که این امر به علت افزایش مزارع پرورش میگو بخصوص در قسمت‌های شرقی آبادان است. اما نگاه واقع بینانه نشان می‌دهد که حجم آب رودخانه این منطقه به علت افزایش ساخت و ساز در حاشیه رودخانه، آلودگی، خشکسالی‌های اخیر، توسعه طرح‌های آبی پروری و شیلات در منطقه، خشکاندن دریاچه‌های حاشیه مرز بدلیل افزایش ضریب امنیت و همچنین افزایش سطح پهنه آبی تالاب شادگان مربوط می‌گردد کاهش داشته است که با نتایج سبزقبایی و همکاران (۱۳۹۶) منطبق است.

نتیجه‌گیری و دستاورد علمی پژوهشی

به‌طور کلی و از بررسی دوره ۲۵ ساله می‌توان بیان داشت که کاربری‌های مسکونی و تاسیسات به علت افزایش جمعیت روندی افزایشی را طی کرده‌اند، این امر به صنعتی بودن و تمرکز بازار کار و در نتیجه افزایش مهاجرت-پذیری و همچنین سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های نادرست در راستای جهت‌دهی به توسعه فضایی شهر بر می‌گردد، که به گونه‌ای شتاب‌آلود توسعه یافته و در ساختار و بافت داخلی آن تحولات اساسی صورت گرفته است. کاربری

کشاورزی و باغات نیز به علت احیای باغات نخل به خصوص طی دوره‌ی زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ افزایش چشمگیری داشته است. در طی چند سال گذشته به علت تغییر اقلیم منطقه و افزایش گرما تبخیر بیشتر شده و مساحت اراضی شور افزایش پیدا کرده است. علت افزایش سطوح آبی نیز افزایش استخر پرورش میگو می‌باشد. کاربری مرتع و اراضی بایر کاهش مساحت داشته‌اند، چرا که با گسترش توسعه انسانی درصد اراضی مرتع و اراضی بایر کاسته می‌شود. کاهش وسعت پوشش مرتعی منطقه و روند افزایشی کاربری شهری بیانگر جایگزینی و تبدیل پوشش طبیعی منطقه به کاربری انسان‌ساخت است. با توجه به تغییرات گسترده‌ی منطقه در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه و وضعیت خاص و رشد سریع و چشمگیر منطقه از لحاظ شرایط تجاری، اقتصادی، جغرافیایی و به‌طور کلی استراتژیک تدوین سیاست‌های مدیریتی برای برنامه‌ریزان و مدیران منطقه‌ای جهت پایداری و ارزیابی منابع طبیعی بسیار حائز اهمیت است.

همچنین نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات نیز نشان می‌دهد که روش آشکارسازی تغییرات پس از طبقه‌بندی روشی کاربردی محسوب شده، چرا که در این روش تغییرات رخ داده در هر کلاس کاربری اراضی نسبت به کلاس‌های دیگر مشخص گردیده است. پیشنهاد می‌شود که:

- ✓ توجه به رشد و توسعه موزون منطقه از طریق به کارگیری امکانات و قابلیت‌ها در کانون‌های رشد و توسعه، این امر از طریق شناسایی انواع قابلیت‌های محیطی در منطقه تعیین می‌شود و در قالب آن نقش هریک از حوزه‌های اقتصادی بر حسب فعالیت‌های اصلی و براساس امکانات بالقوه و بالفعل آن تعیین می‌گردد.
- ✓ به‌کارگیری افراد مرتبط و با تجربه در زمینه‌ی مدیریت شهری
- ✓ ایجاد طرح آمایشی در سطح منطقه برای برنامه‌ریزی‌های کلان
- ✓ به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی و تفکیک طیفی بالاتر جهت آشکارسازی تغییرات جزئی‌تر، همچون تصاویر ماهواره اسپات
- ✓ اجرایی دیگر روش‌های طبقه‌بندی تصاویر مانند طبقه‌بندی شی‌گرا و غیره و مقایسه با نتایج این پژوهش
- ✓ استفاده از مدل LCM در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

منابع

۱. ابراهیم‌زاده‌آسمین، حسین، ابراهیم‌زاده، عیسی، حبیبی، محمدعلی (۱۳۸۹). تحلیلی برعوامل گسترش فیزیکی و رشد اسپرال شهر طبس پس از زلزله با استفاده از مدل آنروپی هلدرن، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ش ۱۹: ۲۵-۴۶.
۲. امان‌پور، سعید، کاملی‌فر، محمدجواد، بهمئی، حجت (۱۳۹۶). تحلیلی بر تغییرات کاربری اراضی در کلانشهرها با استفاده از آنالیز تصاویر ماهواره‌ای در محیط ENVI (کلانشهر اهواز)، سپهر، ۲۶ (۱۰۲): ۱۳۹-۱۵۰.
۳. آمار، تیمور (۱۳۹۳). الزامات و ضرورت‌های برنامه‌ریزی کاربری زمین در سکونتگاه‌های روستایی شهرستان رودبار، مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ش ۲۸: ۸۵-۱۰۱.
۴. بی‌همتاوسی، ندا، سفیانیان، علیرضا، فاخران، سیما (۱۳۹۱). تجزیه و تحلیل تغییرات الگوی سیمای

- سرزمین شهرستان اصفهان در طول دو دهه‌ی گذشته، بوم‌شناسی کاربردی، ۲ (۶): ۷۷-۸۸.
۵. خادمی، فاطمه، پیرخراطی، حسین، شاه‌کرمی، سجاد (۱۳۹۳). مطالعه روند افزایش خاک‌های شور اطراف دریاچه ارومیه با استفاده از GIS و RS، علوم زمین، ۲۰ (۹۴): ۹۳-۹۹.
۶. زینالی، محمد، جعفرزاده، علی‌اصغر، شهبازی، فرزین، اوستان، شاهین، خلیل‌ولی‌زاده، کامران (۱۳۹۵). ارزیابی شوری خاک سطحی با روش پیکسل مبنا براساس داده‌های سنجنده TM (اراضی شرق شهرستان خوی- استان آذربایجان غربی)، سپهر، ۲۵ (۹۹): ۱۲۷-۱۳۹.
۷. سبزقبایی، غلامرضا، جعفرزاده، کاوه، دشتی، سیده‌سولماز، یوسفی‌خانقاه، شهرام، بزم‌آرابلشتی، مژگان (۱۳۹۶). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان قائم‌شهر)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیطزیست، ۱۹ (۳): ۱۵۷-۱۴۳.
۸. سبزقبائی، غلامرضا، راز، سپیده، دشتی، سیده‌سولماز، یوسفی‌خانقاه، شهرام (۱۳۹۶). مطالعه‌ی تغییرات کاربری اراضی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: شهرستان اندیمشک)، جغرافیا و توسعه، ۱۵ (۴۶): ۳۵-۴۲.
۹. شمس، مجید، کرمی‌نژاد، طیبه (۱۳۹۳). ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی در توسعه فضایی شهر کرمانشاه با استفاده از RS و GIS، مطالعه موردی: محله جعفرآباد کرمانشاه، مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌ها انسانی، ۹ (۲۸): ۴۵-۵۷.
۱۰. شمس، مجید، ملک‌حسینی، امید (۱۳۸۹). بررسی لزوم احداث شهر جدید در اطراف شهر کرمانشاه، جغرافیای انسانی، ۲ (۳): ۸۹-۹۹.
۱۱. ظاهری، فروزان، رهنما، محمدرحیم، خوارزمی، امیدعلی، خاکپور، براتعلی (۱۳۹۷). بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه شهر شان‌دیز (طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۷)، جغرافیا و توسعه، ۵۰ (۸): ۱۲۷-۱۴۲.
۱۲. قهفرخی، سوسن، سلطانی، سعید، خواجه‌الدین، سیدجمال، رایگانی، بهزاد (۱۳۸۸). بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیرحوضه قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش از دور، نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۷ (۱۳): ۳۶۵-۳۴۹.
۱۳. کرمی‌قهی، فاطمه، علی‌خواه‌اصل، مرضیه، رضوانی، محمد (۱۳۹۶). ارزیابی روند تغییرات پوشش اراضی شهرستان رودبار قصران با استفاده از طبقه‌بندی و پردازش تصاویر ماهواره‌ای، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیطزیست، ۱۸ (۲): ۱-۱۳.
۱۴. ملکی، سعید، نودری، عبدالرحمن، بدری، رضا (۱۳۹۵). بررسی و ارزیابی کاربری اراضی مناطق هشت‌گانه شهر اهواز با استفاده از روش مقایسه‌ای و مدل ضریب مکانی (LQi)، مطالعات محیطی هفت حصار، ۴ (۱۶): ۵-۱۴.
۱۵. مکرونی، سرور، سبزقبایی، غلامرضا، یوسفی‌خانقاه، شهرام، سلطانیان، ستار (۱۳۹۵). آشکارسازی روند تغییرات کاربری اراضی تالاب هورالعظیم با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات

جغرافیایی"، سنجش از دور و GIS در منابع طبیعی، ۷ (۳): ۸۸-۹۹.

16. Chen, L, Jin, Z, Michishita, R, Cai, J. Yue, T. Chen, B, Xu, B. (2014). Dynamic monitoring of wetland cover changes using time-series remote sensing imagery, *Ecological informatics*, 24:17-26.
17. El-Kawy, O. A, Rød, J, Ismail, H, Suliman, A. (2011). Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data, *Applied Geography*, 31(2): 483-494.
18. Eşbah, H, Erdoğan, M. A, Akın Tanrıöver, A. (2011). Cellular automata-Markov chain and landscape metrics for landscape planning, *ITU A/Z*, 8(2):63
19. Fichera, C.R, Modica, G, Pollino, M. (2012). Land Cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics, *European Journal of Remote Sensing*, 45(1):1-18.
20. Groos, J. E, Goetz, S.J, Cihlar, J. (2009). Application of remote sensing to parks and protected area monitoring: introduction to the special issue, *Remote sensing of environment*, 113: 1343-1345
21. Gong, W, Yuan, L, Fan, W, Stott, P. (2015). Analysis and simulation of land use spatial pattern in Harbin prefecture based on trajectories and cellular automata—Markov modelling, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 34:207-216.
22. Hamdy, O, Zhao, Sh, Osman, T, Salheen, M, Eid, Y. (2016). Applying a Hybrid Model of Markov Chain and Logistic Regression to Identify Future Urban Sprawl in Abouelreesh, Aswan: A Case Study, *Geosciences*, 6:43,1 -17.
23. Hegazy, I.R, Kaloop, M. R. (2015). Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt, *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4(1): 117-124
24. Ioannis, M & Meliadis, M. (2011). Multi-temporal Landsat image Classification and Change Analysis of Landcover/Use in the Prefecture of Greece, *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 25:15-26.
25. Kenneth, M & Gunter, M. (2012). Monitoring Land-Use Change in Nakuru Kenya Using Multi-Sensor Satellite Data, *advance remote sensing*, 22 (5):74-78 .
26. Lu, X, Wang, Y, Yuan, Y. (2013). Graph-regularized low-rank representation for destriping of hyperspectral images, *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 51(7)" 4009-4018
27. Ochege, F. U, & Okpala-Okaka, C. (2017). Remote sensing of vegetation cover changes in the humid tropical rainforests of Southeastern Nigeria (1984–2014), *Cogent Geoscience*, 3(1):1307566.
28. Peijun, D, Xingli, L, Wen, C, Yan, L, Zhang, H. (2010). Monitoring urban land cover and vegetation change by multi-temporal remote sensing information, *Mining Science and Technology (China)*, 20(6): 922-932.
29. Rawat, J, & Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18 (1): 77-84.
30. www. arvandfree.com