

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۱۹، تابستان ۱۳۹۵

وصول مقاله: ۱۳۹۴/۶/۱۳

تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۱/۱۹

صفحات: ۴۳ - ۵۴

بررسی روند تغییرات پوشش اراضی شهر اراک دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۷۳

حمیدرضا تلخابی^۱، دکتر پرویز ضیائیان فیروزآبادی^۲، دکتر محمد سلیمانی مهرنجانی^۳، دکتر احمد زنگانه^۴

چکیده

در دهه‌های اخیر، مسائل گسترش شهری و تغییرات پوشش اراضی، از موضوعات مهم در مقیاس ملی و جهانی بوده است که برای شناخت ماهیت، ابعاد و کارکردهای عوامل و فرایندهای پیش گفته، تکنیک‌های مختلفی به کار گرفته شده است که در این میان تکنولوژی سنجش از دور به دلیل تولید تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالا، به‌عنوان وسیله‌ای کارآمد برای آشکارسازی و ارزیابی تغییرات شناخته شده است. تحقیق حاضر از نوع توصیفی و اکتشافی است و با استفاده از داده‌ها و تصاویر ETM+, TM, MSS سال‌های ۱۹۷۳، ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱ ماهواره لندست؛ روند تغییرات پوشش اراضی را مورد بررسی قرار داده است. تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم افزاری ARC GIS 10.1 به روش طبقه‌بندی نظارت شده از نوع حداکثر مشابهت (MLC) با انتخاب نمونه‌های آموزشی، طبقه‌بندی شدند و برای به دست آوردن شدت تغییرات، از روش تفریق باندهای مشابه طیفی و منطق فازی استفاده شد. نتایج بررسی نشان داد که به تبع افزایش جمعیت و گسترش مساحت شهر، شدت تغییرات فازی برای دوره زمانی ۱۹۷۳-۱۹۸۵ معادل ۰/۸۴۸۴۳، برای دوره ۲۰۰۰-۱۹۸۵ معادل ۰/۹۲۹۸۳ و برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۰ معادل ۰/۹۲۷۹۵ بوده است. همچنین مساحت اراضی شهری در طول سه دوره فوق، به ترتیب ۷/۶، ۱۵/۲ و ۱۱/۹ کیلومتر مربع افزایش یافته و در طول دوره ۳۸ ساله، از ۱۴/۹ به ۴۹/۸ کیلومتر مربع رسیده که روند گسترش متوسط سالانه شهر به میزان ۰/۹۱۸ کیلومتر مربع و میزان همبستگی بین افزایش جمعیت و افزایش مساحت شهر ۰/۹۷۶ بوده است.

کلید واژگان: تغییرات پوشش اراضی، تصاویر ماهواره‌ای، آشکارسازی تغییرات فازی، گسترش شهری، شهر اراک.

std_Talkhabi@khu.ac.ir

Rsgis1000@Yahoo.com

m_soleimani_mehr@yahoo.com

Zanganeh45@Yahoo.com

۱- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران

۲- دانشیار دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران (نویسنده مسؤول)

۳- دانشیار دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران

۴- استادیار دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران

مقدمه

در چند دهه اخیر، چشم‌اندازهای طبیعی همواره بر اثر تشدید فعالیت‌های انسانی، پدیده‌های طبیعی و مسائل اجتماعی-اقتصادی دستخوش تغییر شده است، به طوری که سرعت و تنوع این تغییر و تحول در محیط‌های شهری بیش از سایر مناطق بوده است. شهرنشینی با ایجاد گسترده‌ترین دست‌کاری‌های بشری در سیمای طبیعی زمین، شرایط زندگی ساکنان شهری را در معرض تهدید و نابودی قرار داده است. در هر حال، توسعه شهری و تغییرات الگوهای پوشش اراضی باعث ایجاد تأثیرات گسترده اجتماعی و زیست محیطی می‌شود. این تأثیرات شامل کاهش فضاها، طبیعی، افزایش تجمع وسایل نقلیه، کاهش زمین‌های کشاورزی با تولید بالا، تأثیر بر زهکش‌های طبیعی و کاهش کیفیت آب است (Pauchard et al, 2006: 274). پوشش اراضی و تغییرات آن، متغیرهای مهمی هستند که اثرات قابل توجه‌ای بر محیط زیست و فرایندهای آن می‌گذارند (Foody, 2000). در چند دهه اخیر، افزایش جمعیت و توسعه فعالیت‌های انسانی و تمایل به زندگی شهری، بیشترین تغییرات پوشش اراضی در نواحی شهری را موجب شده است (Opeyemi, 2006). این شکل خاص از گسترش شهری، نوعی رشد لجام گسیخته در حواشی آن و افزایش مفرط زمین شهری است که باعث کاهش تراکم جمعیت، افزایش سهم فضاها، باز و بدون استفاده و در نتیجه گسیختگی بخش‌های مختلف یک شهر، جدایی‌گزینی فضایی - اکولوژیکی، افزایش هم‌زمان قیمت زمین و هزینه تأمین تجهیزات و تأسیسات و... شهری می‌شود (عباس‌زادگان و همکار، ۱۳۸۷: ۳۴). با توجه به مسائل طرح شده، استفاده از تکنولوژی سنجش از دور به دلیل تولید تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالا و چند زمانه، به عنوان وسیله‌ای کارآمد برای آشکارسازی و ارزیابی تغییرات شناخته شده است؛ از این رو، شناخت نسبت و شدت تغییرات کاربری اراضی، از ضروریات اصلی مدیریت بهینه مناطق شهری

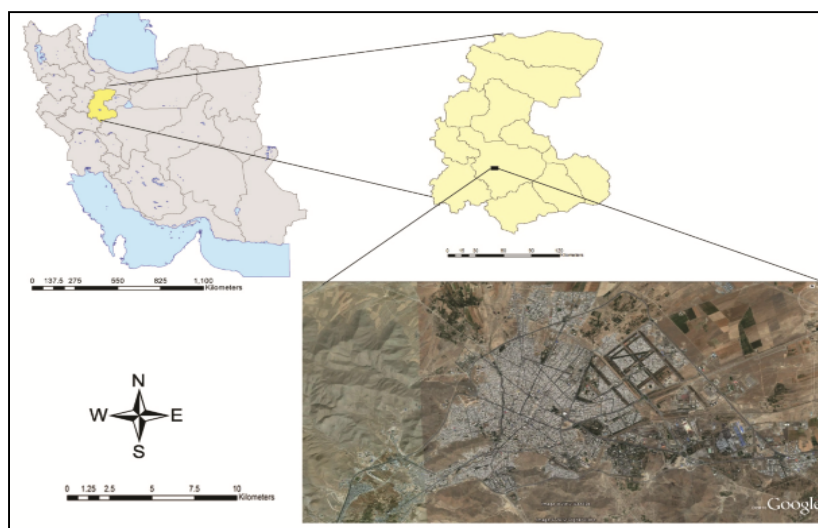
شمرده می‌شود. آشکارسازی تغییرات، شامل کاربرد مجموعه داده‌های چند زمانه به منظور مشخص کردن مناطقی است که کاربری و پوشش زمینی آنها در تاریخ‌های مختلف تصویربرداری تغییراتی داشته‌اند. این تغییرات ممکن است ناشی از تغییرات پوشش در کوتاه مدت مانند برف، سیلاب، تغییرات کاربری چون توسعه شهری و تبدیل اراضی کشاورزی به کاربری‌های مسکونی و صنعتی باشد (Ross, 1999: 45). از جمله کاربرد داده‌های ماهواره‌ای و تصاویر، تهیه نقشه کاربری اراضی و بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دوره‌های مختلف است. با توجه به اینکه زمین اصلی‌ترین عنصر در توسعه شهری قلمداد می‌شود، تنظیم و کنترل نحوه استفاده از آن و همچنین محاسبه نیاز واقعی شهر به زمین به منظور تأمین کاربری‌های مختلف در زمان حال و تعمیم و تطبیق ارقام و کمیت‌های به دست آمده به آینده در حل مشکل زمین و مسکن و رشد مناسب شهرها، مؤثر واقع می‌شود (صابری‌فر، ۱۳۷۸: ۳۲). در سه دهه اخیر، مطالعات زیادی برای آشکارسازی تغییرات شهری با استفاده از تصاویر سنجش از دور صورت گرفته و در ادبیات تحقیقی جهان مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است:

ابد ایل کاوی و همکاران (Abd El-Kawy et al 2011) پس از طبقه‌بندی برای آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی در غرب رود نیل از مقایسه استفاده کردند و برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی جدید و قدیمی از روش طبقه‌بندی نظارت شده و ۴ تصویر ماهواره Landsat استفاده کردند. لوپز و همکاران (Lopez et al, 2006)؛ در پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به بررسی تغییرات اراضی حوضه‌ی مکزیکی پرداخته و نتیجه‌گیری می‌کنند که با تشدید مهاجرت‌های مردم به شهرهای اطراف، درصد اراضی رها شده و بی استفاده در طول یک دهه افزایش یافته است. گوماراسکا و همکاران (Gomasasca et al, 1993) در پژوهشی تغییرات پوشش اراضی را از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰ در منطقه میلان ایتالیا با استفاده از نقشه‌های

داده‌ها و روش انجام تحقیق بستر و قلمرو مکانی - فضایی

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق، شهر اراک است که در طول‌های جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۴۹ درجه ۵۴ دقیقه و در عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه ۵۹ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و در فاصله ۲۸۰ کیلومتری جنوب غرب پایتخت کشور واقع شده است. به لحاظ موقعیت نسبی، اراک در جوار سلسله جبال زاگرس در محل تلاقی این رشته کوه با انتهای جنوب شرقی فلات مرکزی ایران و در چهار راه ارتباطی کشور واقع شده است. شهر اراک در پی سیاست‌های دولت مبنی بر تمرکززدایی از پایتخت و ایجاد قطب‌های جدید صنعتی، در دهه ۴۰ شمسی مورد توجه قرار گرفت و با تأسیس صنایع پایه‌ای و کارخانه‌هایی چون ماشین‌سازی، ذوب آلومینیوم، تراکتور سازی و ...؛ به عنوان یکی از قطب‌های صنعتی کشور تجهیز شد. به تبع این اقدام اقتصادی، مهاجرت‌های وسیعی از روستاها و شهرها و اکثر نقاط کشور به شهر اراک صورت گرفت که منجر به گسترش شتابان و بی‌ضابطه شهر شد. همچنین از تبعات این رشد سریع می‌توان به تغییرات بی‌برنامه بخش وسیعی از اراضی بایر و پیرامونی به کاربری شهری (مسکونی، صنعتی، خدماتی و ...) اشاره نمود.

توپوگرافی، عکس‌های هوایی و داده‌های رقومی بررسی کرده و در این مطالعه نتایج حاکی از افزایش اراضی مسکونی از ۲/۶ به ۳۲ درصد و کاهش سطح چمنزارها و مراتع در طول یک قرن درصد است. زائری و سفیانیان (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای در اصفهان، به بررسی تغییرات پوشش اراضی پرداخته‌اند. تحقیق آنها نشان داد که رشد جمعیت عامل اصلی کاهش سطح پوشش گیاهی و افزایش پوشش اراضی مسکونی است. همچنین ضیایان و قنواتی (۲۰۰۰)؛ تغییرات ۱۰ ساله پوشش اراضی منطقه شهری تهران را با استفاده از تصاویر TM ماهواره‌ای لندست مورد بررسی قرار داده و بیشترین تغییر را در رابطه با میزان وسعت پوشش گیاهی در اثر تغییر کاربری اراضی مطرح نموده‌اند. در این راستا، هدف تحقیق حاضر نشان دادن تغییرات پوشش اراضی شهر اراک طی دوره بعد از صنعتی شدن است. در راستای دستیابی به هدف فوق، تصاویر ماهواره‌ای، نرم افزارهای مکانی-فضایی و تحلیل داده‌های آماری و جمعیتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.



شکل ۱: موقعیت مکانی شهر اراک در استان و کشور

منبع: نگارندگان

۲۰۰۰ - ۲۰۱۱ از ماهواره لندست.

۳- مدل رقوم یا ارتفاعی (DEM)^۱ و نقشه توپوگرافی

1:50000 سازمان نقشه‌برداری کشور.

۴- نرم افزار Arc GIS10.1

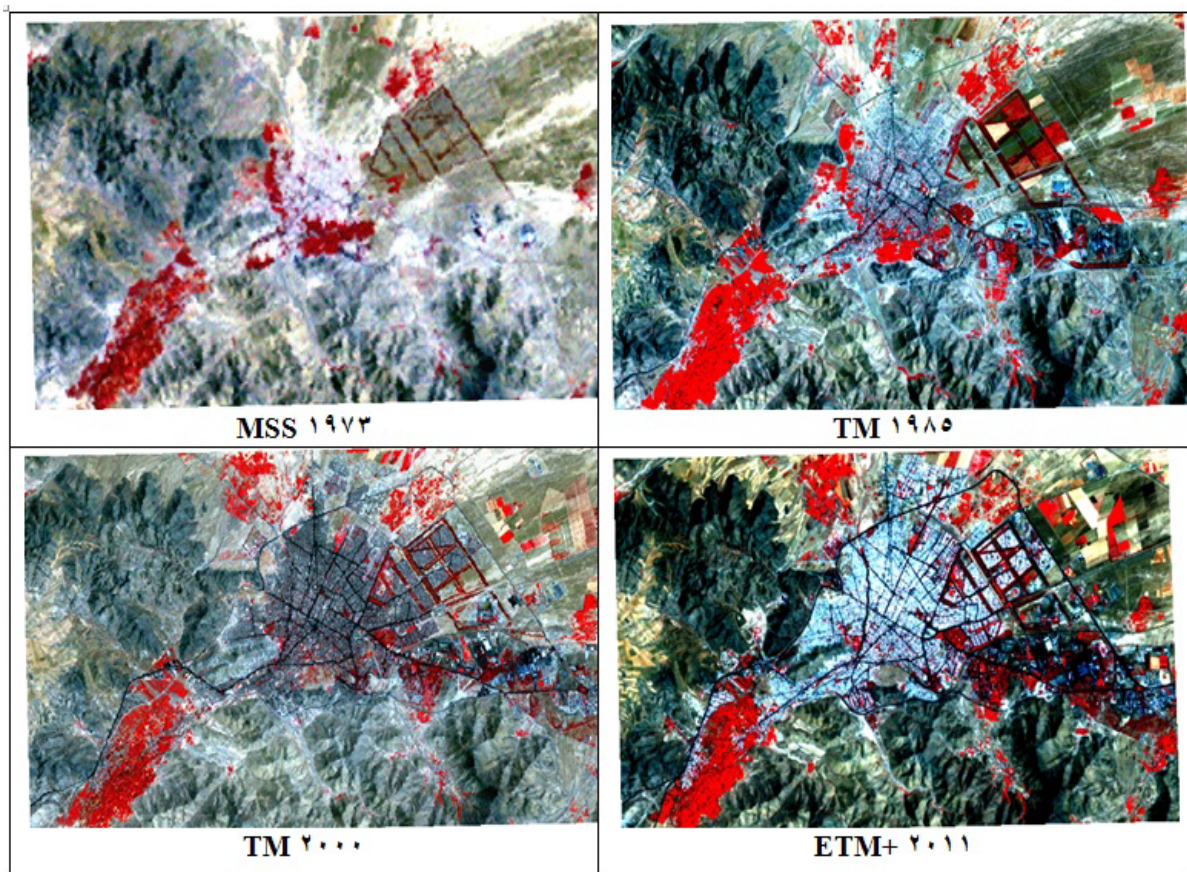
۵- سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS).

تحقیق حاضر از نوع اکتشافی- توصیفی و به لحاظ هدف، در گروه تحقیقات شناختی قرار دارد.

منابع داده‌ای و ابزارهای مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از:

۱- تصاویر ماهواره‌های MSS1973 ماهواره لندست.

۲- تصاویر ماهواره‌های TM و ETM+ ۱۹۸۵ سال‌های

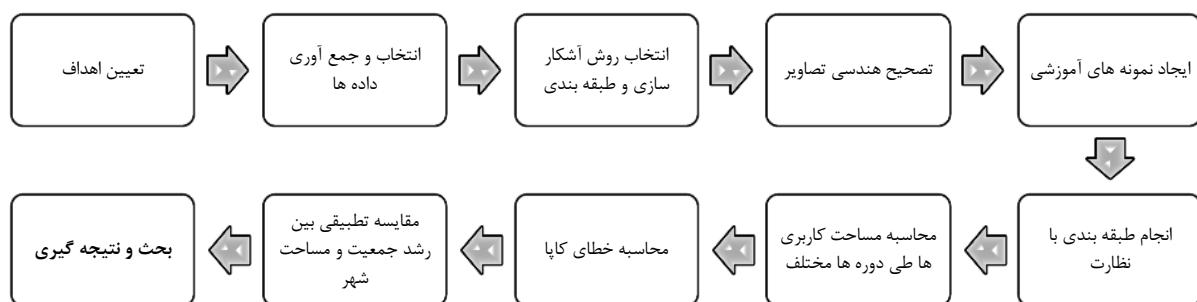


شکل ۲: تصاویر ماهواره لندست طی دوره‌های زمانی مختلف

منبع : نگارندگان

موجود در باندهای تفاوتی، این باندها با حالت‌های مختلف گاما به وسیله ابزار Fuzzy Overlay تلفیق شده و گامای ۰/۸ بهترین گزینه برای نشان دادن شدت تغییرات، تشخیص داده شد. تمامی مناطقی که از لحاظ میزان تغییرات فازی کم ارزیابی شده بودند، قبل از طبقه بندی حذف شدند (ماسک مناطق بدون تغییر). همچنین به منظور طبقه بندی پوشش اراضی محدوده مورد مطالعه به چهار طبقه (اراضی شهری- مسکونی، اراضی بایر، پوشش گیاهی و کوه) به روش طبقه بندی نظارت شده^۱ از نوع حداکثر مشابهت (MLC)^۲، ابزار Image Classification مورد استفاده قرار گرفت و نمونه‌های آموزشی با انحراف معیار کمتر از سه (به جهت اطمینان از نرمال بودن توزیع کلاس‌ها) و با تفسیر بصری برداشت شدند. در نهایت تصاویر دوره‌های مختلف ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۱ طبقه‌بندی شده و تعداد پیکسل مربوط به هر طبقه (به تبع آن مساحت هریک از پوشش‌ها) به دست آمد و برای بررسی دقت طبقه‌بندی، از ماتریس خطای طبقه‌بندی^۳ و شاخص کاپا استفاده شد.

مطالب زیر به تشریح چگونگی دستیابی به اهداف تحقیق بر مبنای شکل شماره (۳) می‌پردازد: در ابتدا، تصاویر چند زمانه در باندهای طیفی مختلف به همراه لایه ارتفاعی (DEM) ترکیب شده و در ادامه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه و همچنین با استفاده از نقاط متعدد کنترل زمینی، مدل چند جمله‌ای درجه یک، با خطای کمتر از یک عنصر تصویری (پیکسل) تصحیح هندسی شده و اندازه تصاویر MSS، TM و ETM+ از طریق انطباق تصاویر (بروز رسانی مختصاتی) یکسان شد. برای وضوح بصری و تهیه تصویر رنگی کاذب، در تصاویر MSS از ترکیب باندهای 1-2-3 RGB و برای تصاویر TM و ETM+ از ترکیب باندهای 2-3-4 RGB استفاده شد. برای به دست آوردن شدت تغییرات ایجاد شده در هر دوره زمانی و حذف مناطقی که از لحاظ شدت تغییرات کم ارزیابی می‌شوند، از روش تفریق باندهای مشابه طیفی استفاده شد؛ سپس باندهای تفاوتی (Differenced images) با استفاده از ابزار Fuzzy Membership فازی‌سازی خطی شدند. به دلیل وجود اطلاعات متفاوت از کاربری‌های متنوع



شکل ۳: فرایند انجام تحقیق

منبع : نگارندگان

یافته‌های پژوهش

- شدت تغییرات فازی

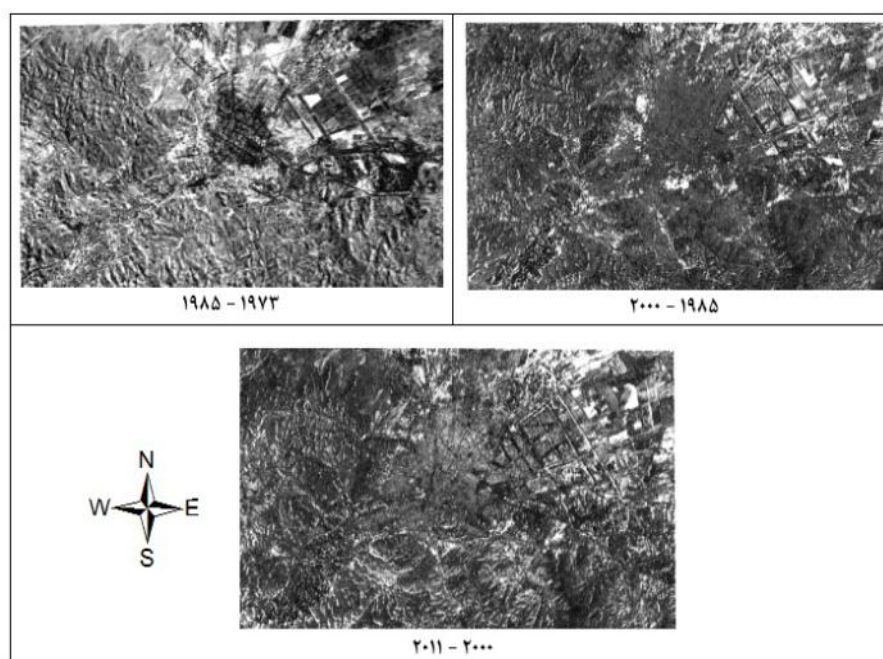
نتایج حاصل از مقایسه نوع تغییرات در پوشش اراضی شهر اراک و همچنین شدت تغییرات ایجاد شده در منطق فازی و گامای ۰/۸ طی دوره‌های مختلف زمانی،

مبین وجود همبستگی مثبت و بالا است. میزان این همبستگی در طی دوره‌های زمانی مورد بررسی، به ترتیب دورل اول (۰/۸۴۸)، دوره دوم (۰/۹۲۹) و دوره سوم (۰/۹۲۷) است (جدول ۱) (شکل ۴).

جدول ۱: شدت تغییرات اراضی شهری فازی (Gamma ۰/۸) طی دوره‌های ۱۹۷۳-۱۳۵۲/۹۰-۲۰۱۱

دوره زمانی	۱۹۷۳-۸۵	۱۹۸۵-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۰۱۱
	۱۳۵۲-۶۴	۱۳۶۴-۷۹	۱۳۷۹-۹۰
همبستگی بین تغییرات اراضی و شدت فازی	۰/۸۴۸۴۳	۰/۹۲۹۸۳	۰/۹۲۷۹۵

منبع: نگارندگان



شکل ۴: شدت تغییرات فازی طی سال‌های ۱۹۷۳-۱۳۵۲/۹۰-۲۰۱۱

(در تصویر فوق، تن‌های روشن تغییرات زیاد را نشان می‌دهد)

منبع: نگارندگان

- طبقه‌بندی تصاویر

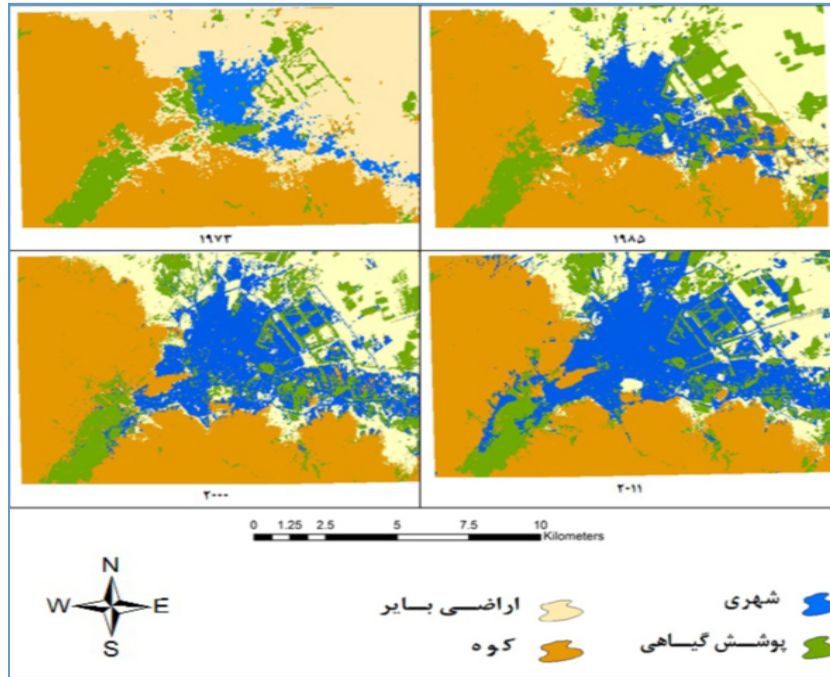
نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر چهار دوره زمانی، حاکی از افزایش مساحت اراضی شهری و به تبع آن کاهش اراضی بایر و پوشش گیاهی و همچنین عدم تغییر محسوس پوشش کوه طی دوره‌های مورد بررسی در تصاویر و محاسبات نهایی است. طی دوره ۳۸ ساله مجموع اراضی غیر شهری ۱۷۸,۱۷ کیلومتر مربع به ۱۴۳/۲۹ کیلومتر مربع کاهش یافته و در مقابل مساحت اراضی شهری و مسکونی از ۱۴/۹۳ کیلومتر مربع به ۴۹/۸۱ کیلومتر مربع رسیده است.

نتایج تفصیلی تغییرات هر کاربری در جدول شماره (۲) آمده است. همانطور که در شکل‌های شماره ۵ و ۶ مشاهده می‌شود، اراضی با پوشش شهری، در طی دوره اول، ابتدا با شکل‌گیری صنایع به سمت جنوبی شرقی کشیده است و در سال‌های بعد به تبع افزایش جمعیت و رشد شهر، این جهت‌گیری به سمت شرق و شمال است و به دلیل محدودیت‌های طبیعی، رشد شهری کمتر از جهات غربی و جنوبی صورت گرفته است.

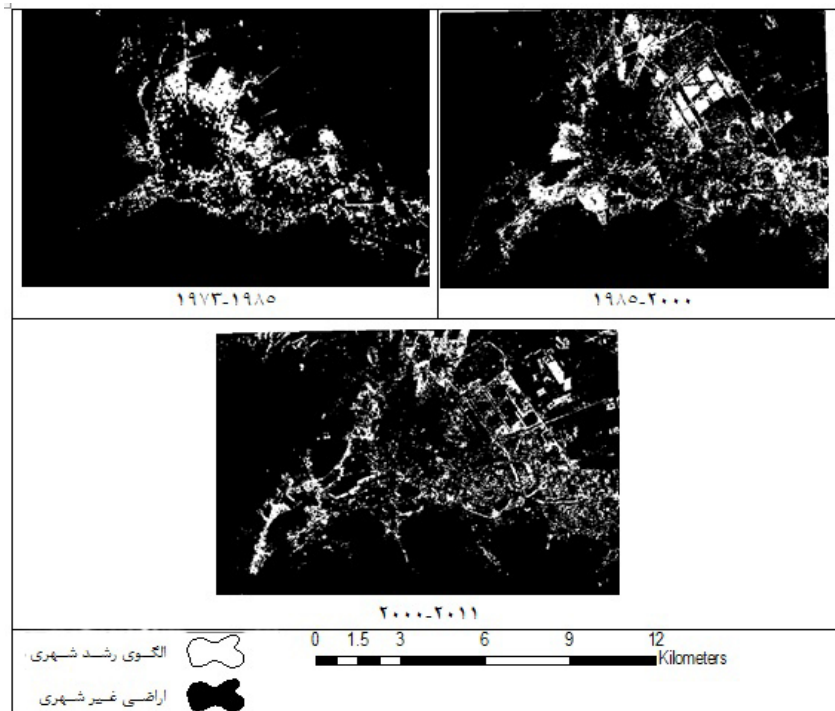
جدول ۲: مساحت شهر در هر دوره زمانی (۱۹۷۳-۲۰۱۱)/(۱۳۹۰-۱۳۵۲) - km²

عنوان / سال	شهری	پوشش گیاهی	بایر	کوه	جمع اراضی غیرشهری
۱۹۷۳/۱۳۵۲	۱۴.۹۳	۱۹.۹۵	۷۶.۱۳	۸۳.۵۸	۱۷۸.۱۷
۱۹۸۵/۱۳۶۴	۲۲.۵۶	۳۰.۲۷	۵۶.۶۹	۸۳.۵۷	۱۷۰.۵۴
۲۰۰۰/۱۳۷۹	۳۷.۸۲	۲۸.۳۹	۴۳.۲۶	۸۳.۶۲	۱۵۵.۲۸
۲۰۱۱/۱۳۹۰	۴۹.۸۱	۲۷.۶۴	۳۱.۹۹	۸۳.۶۵	۱۴۳.۲۹

منبع: نگارندگان



شکل ۵: گسترش اراضی شهری طی دوره های زمانی ۱۹۷۳-۲۰۱۱ / ۱۳۹۰-۱۳۵۲ منبع: نگارندگان



شکل ۶: الگوی رشد اراضی با پوشش شهری طی دوره ۳۸ سال ۱۹۷۳-۲۰۱۱ / ۹۰-۱۳۵۲

منبع: نگارندگان

- ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر

دقت در نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به دلیل اینکه در برنامه‌ریزی‌های شهری و منطقه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و به عنوان مستندات و منابع پایه قلمداد می‌شود، از اهمیت زیادی در مطالعات شهری برخوردار است. در این تحقیق برای اندازه‌گیری دقت طبقه‌بندی، از ماتریس خطای طبقه‌بندی و شاخص کاپا استفاده شد و برای محاسبه

ماتریس خطا از نمونه‌های آموزشی و شواهد زمینی استفاده گردید. در جدول‌های شماره (۳، ۴، ۵، ۶، ۷) ماتریس خطا، مقدار خطای کاپا و صحت کلی طبقه‌بندی برای هر دوره محاسبه شده است که نشان از صحت قابل اعتماد نمونه‌گیری و آشکارسازی در تمامی دوره‌ها است.

جدول ۳: کاپا و صحت کلی سال ۱۳۵۲/۱۹۷۳

Kappa : 0.992 Overall Accuracy: 99.5

طبقات پوشش اراضی	شهری	پوشش گیاهی	بایر	کوه	جمع	Error of commission	صحت کاربر (درصد)
شهری	۲۷۸	۱	۲	۰	۲۸۱	۱.۰۶	۹۸.۹
پوشش گیاهی	۱	۵۲۸	۲	۰	۵۳۱	۰.۵۶	۹۹.۴
بایر	۸	۰	۹۵۸	۱	۹۶۷	۰.۹۳	۹۹.۰۶
کوه	۱	۳	۲	۴۳۳۵	۴۳۴۱	۰.۱۳	۹۹.۸
جمع پیکسل	۲۸۸	۵۳۲	۹۶۴	۴۳۳۶	۶۱۲۰	-	-
Error of omission	۳.۴	۰.۷۵	۰.۶۲	۰.۰۲	-	-	-
صحت تولید کننده (درصد)	۹۶.۵	۹۹.۲	۹۹.۳	۹۹.۹	-	-	-

منبع: نگارندگان

جدول ۴: کاپا و صحت کلی سال ۱۳۶۴/۱۹۸۵

Kappa : 0.991

Overall Accuracy: 99.5

طبقات پوشش اراضی	شهری	پوشش گیاهی	بایر	کوه	جمع	Error of commission	صحت کاربر (درصد)
شهری	۴۴۱	۵	۴	۳	۴۵۳	۲.۶	۹۷.۳
پوشش گیاهی	۲	۵۶۷	۲	۱	۵۷۲	۰.۸۷	۹۹.۱
بایر	۲	۳	۱۱۷۷	۱	۱۱۸۳	۰.۵۰	۹۹.۵
کوه	۰	۳	۲	۴۳۳۶	۴۳۴۱	۰.۱۱	۹۹.۸
جمع پیکسل	۴۴۵	۵۷۸	۱۱۸۵	۴۳۴۱	۶۵۴۹	-	-
Error of omission	۰.۸۹	۱.۹۰	۰.۶۷	۰.۱۱	-	-	-
صحت تولید کننده (درصد)	۹۹.۱	۹۸.۰۹	۹۹.۳	۹۹.۸	-	-	-

منبع: نگارندگان

جدول ۵: کاپا و صحت کلی سال ۱۳۷۹/۲۰۰۰

Kappa: 0.991

Overall Accuracy: 99.4

طبقات پوشش اراضی	شهری	پوشش گیاهی	بایر	کوه	جمع	Error of commission	صحت کاربر (درصد)
شهری	۶۱۰	۸	۱۰	۱	۶۲۹	۳.۰۲	۹۶.۹
پوشش گیاهی	۲	۳۲۳	۰	۰	۳۲۵	۰.۶۱	۹۹.۳
بایر	۴	۰	۱۱۸۳	۱	۱۱۸۸	۰.۴۲	۹۹.۵۸
کوه	۰	۱	۲	۴۳۳۸	۴۳۴۱	۰.۰۶	۹۹.۹
جمع پیکسل	۶۱۴	۳۲۲	۱۱۹۵	۴۳۴۰	۶۴۸۳	-	-
Error of omission	۰.۹۷	۲.۷۱	۱.۰	۰.۰۴	-	-	-
صحت تولید کننده (درصد)	۹۹.۰۲	۹۷.۲	۹۸.۹	۹۹.۹۵	-	-	-

منبع: نگارندگان

جدول ۶: کاپا و صحت کلی سال ۱۳۹۰/۲۰۱۱

Kappa: 0.993

Overall Accuracy :99.6

طبقات پوشش اراضی	شهری	پوشش گیاهی	بایر	کوه	جمع	Error of commission	صحت کاربر (درصد)
شهری	۷۹۰	۱	۰	۰	۷۹۱	۰.۱۲	۹۹.۸
پوشش گیاهی	۰	۳۴۹	۰	۰	۳۴۹	۰	۱۰۰
بایر	۵	۱	۲۰۰۹	۸	۲۰۲۳	۰.۶۹	۹۹.۳
کوه	۵	۴	۳	۴۳۲۹	۴۳۴۱	۰.۲۷	۹۹.۷
جمع پیکسل	۸۰۰	۳۵۵	۲۰۱۲	۴۳۲۷	۷۵۰۴	-	-
Error of omission	۱.۲۵	۱.۷	۰.۱۴	۰.۱۸	-	-	-
صحت تولید کننده (درصد)	۹۸.۷	۹۸.۳	۹۹.۸	۹۹.۸	-	-	-

منبع: نگارندگان

جدول ۷: میزان صحت نقشه های تغییرات پوشش اراضی

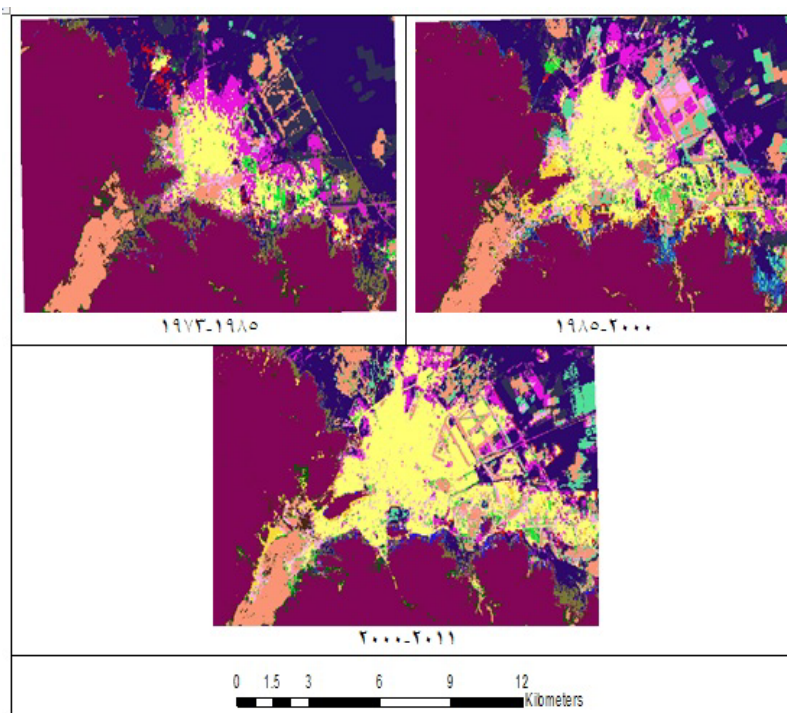
دوره	۱۹۷۳-۸۵	۱۹۸۵-۲۰۰۰	۲۰۱۱-۲۰۰۰
صحت نقشه های تغییرات	۰,۹۸۳	۰,۹۸۲	۰,۹۸۴

منبع: نگارندگان

مقایسه پس از طبقه بندی

مشاهده می شود، از جمله مهمترین تغییرات مشهود، تبدیل پوشش اراضی بایر و پوشش های گیاهی به اراضی شهری است که طی دوره های چهارگانه، رشد شهر، با کاهش و تنزل این اراضی و پوشش ها همراه بوده است که در شکل شماره (۷) نیز با گسترش رنگ زرد (پوشش شهری) به سمت رنگ های صورتی و آبی قابل مشاهده است.

در این مرحله تصاویر طبقه بندی شده هر دوره، با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال ML با تصاویر طبقه بندی شده دوره بعد مورد مقایسه قرار گرفته و نوع تغییرات هر کاربری نسبت به دوره قبل مشخص شده است. شکل شماره (۷)، تغییرات حاصل از طبقه بندی دوره های مختلف است. همانطور که



شکل ۷: نقشه حاصل از مقایسه طبقه بندی ها
منبع: نگارندگان

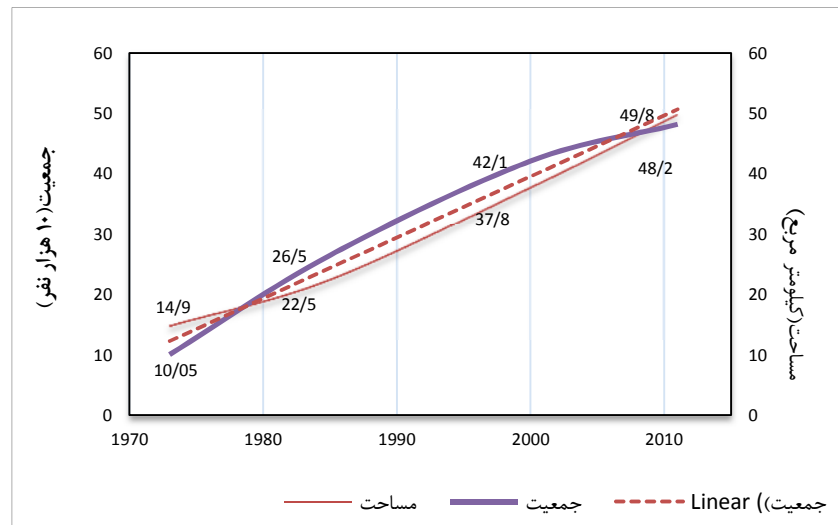
مقایسه تطبیقی بین رشد جمعیت و مساحت شهر اراک

توسعه شهر در ارتباط تنگاتنگ با میزان رشد جمعیت شهری است و در این ارتباط افزایش طبیعی جمعیت شهری، میزان مهاجرت خالص به شهر، انتقال ساخت جمعیتی جوامع غیر شهری به شهر و ساخت جمعیت شهر از عوامل اساسی به شمار می‌روند (خلیلی عراقی، ۱۳۷۶: ۱۰۶). تحولات رشد شهری و تغییر نقش اراک از یک شهر خدماتی - تجاری - ارتباطی به نقش صنعتی از دهه ۴۰ آغاز می‌شود. اجرای اصلاحات ارضی و برهم خوردن روابط سنتی مالکیت اراضی روستایی و همچنین سیاست عمومی دولت مبنی بر گرایش عدم تمرکز و استقرار صنایع در محدوده ۱۲۰ کیلومتری پایتخت، در این دهه به عنوان نقطه عطف گسترش شهری اراک قلمداد می‌شوند؛ زیرا از یک سو همراه با استقرار صنعت و شروع مهاجرت روستاییان، جمعیت شهر طی دوره ۱۳۴۵-۱۳۴۵ از ۷۱۹۲۵ نفر به ۱۱۶۸۳۲ نفر می‌رسد و مساحت شهر طی همین دوره از ۴۵۴ هکتار به ۱۳۴۳/۸ هکتار در سال ۱۳۵۲ و ۱۸۲۹/۹ هکتار در سال ۱۳۵۵ افزایش می‌یابد (تلخابی، ۱۳۹۱: ۱۰۳). این دهه مهمترین دوره در تحولات جمعیتی و کالبدی شهر شمرده می‌شود. عواملی را که زمینه‌ساز این تحول شده‌اند، می‌توان در

تجزیه استان مرکزی و انتخاب اراک به عنوان مرکز استان مرکزی جدید در سال ۱۳۵۶ و گرفتن نقش‌های جدید اداری - سیاسی، وقوع انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۷ و افزایش واحدهای صنعتی خلاصه نمود (سلیمانی، ۱۳۷۲: ۳۱۱). به تبع شرایط فوق جمعیت شهر طی دهه ۱۳۶۵-۱۳۵۵ از ۱۱۶۸۳۲ به رقم ۲۶۵۳۴۹ نفر می‌رسد که گویای رشد متوسط سالیانه ۸،۵۵ بوده است. طی همین دوره، مساحت بافت پر شهری از ۱۳۴۴،۲ هکتار به ۲۲۵۶،۶ هکتار افزایش می‌یابد. در این زمینه، نتایج تفسیر تصاویر نیز به خوبی گویای این تغییرات است (شکل شماره ۶). در جدول شماره (۸) و شکل شماره (۹) رشد جمعیت و مساحت شهر اراک طی چهار دوره مقایسه شده است. با توجه به تغییرات سریع جمعیت و به تبع آن مساحت شهر، بسیاری از اراضی کشاورزی و بایر پیرامونی نیز دستخوش تغییرات وسیع می‌شوند که شدت تغییرات فازی (جدول شماره ۱) و همچنین نوع تغییرات (جدول شماره ۲) طی دوره‌های مورد بررسی، مصداق کامل مطالب فوق است. بر پایه نتایج مربوط، بین رشد جمعیت و گسترش پوشش اراضی شهری رابطه و همبستگی بالا و معنادار (۰/۹۷۶) وجود دارد.

عنوان / سال	۱۳۵۲/۱۹۷۳	۱۳۶۴/۱۹۸۵	۱۳۷۹/۲۰۰۰	۱۳۹۰/۲۰۱۱
جمعیت (هزار نفر)	۱۰۰۵۳۲	۲۴۴۴۵۱	۴۲۱۶۹۲	۴۸۲۹۴۹
مساحت شهر (هکتار)	۱۴۹۳،۸۲	۲۲۵۶،۶۶	۳۷۸۲،۸۸	۴۹۸۱،۱۴
مقدار اضافه شده به شهر	۷،۶	۱۵،۲	۱۱،۹	
نرخ رشد جمعیت	۲،۹۹	۳،۷	۱،۲۴	
نرخ رشد مساحت	۳،۴۹	۳،۵	۲،۵۳	

منبع: نگارندگان



شکل ۸: تغییرات جمعیت و مساحت شهر اراک ۱۹۷۳-۲۰۱۱/۲۰۱۱-۱۳۵۲

منبع: نگارندگان

و ۱۱/۹ کیلومتر مربع افزایش یافته و در طول دوره ۳۸ ساله، از ۱۴/۹ به ۴۹/۸ کیلومترمربع رسیده است و همبستگی بالای ۰/۹۷۶ بین روند صعودی افزایش جمعیت شهر و رشد اراضی شهری گویای تأثیرپذیری تغییرات از سیاست‌های ملی و ناحیه‌ای است. در تحقیقات مشابهی که ژیاو و همکاران (۲۰۰۶) به منظور بررسی گسترش شهر ژوجیانگ در چین، فن و همکاران (۲۰۰۸) در زمینه گسترش شهری دلتای رودخانه پیرل در چین طی سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۳ و احدنژاد روشتی و همکاران (۱۳۹۰)، بر روی شهر اردبیل، محمد اسماعیل (۱۳۸۹) بر روی پایش تغییرات اراضی کرج انجام دادند؛ نتایج مشابهی در زمینه تغییرات اراضی زراعی به کاربری‌های شهری با توجه به عامل جمعیت حاصل شد. در این تحقیق علاوه بر موارد یاد شده در سایر تحقیقات، شدت تغییرات فازی به روش تفریق باندهای مشابه طیفی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی حاکی از آن است که شدت این تغییرات برای دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۹۷۳ معادل ۰/۸۴۸۴۳، برای دوره ۲۰۰۰-۱۹۸۵ معادل ۰/۹۲۹۸۳ و برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۰ / ۹۰-۱۳۵۲ معادل ۰/۹۲۷۹۵ بوده که نشان از تغییرات نسبتاً شدید پوشش اراضی است. شدت تغییرات نشان دهنده مقدار تغییراتی است که در هر نوع پوشش اراضی و به تبع آن پیکسل‌های تشکیل دهنده منطقه را نشان می‌دهد. میزان تغییرات حادث شده نشان از تغییر هر کاربری به کاربری دیگر است.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در چند دهه اخیر، رشد برونزا و صنعتی شدن شهرهای کشور، الگوی توسعه شهری و شهرسازی را با مسائل و مشکلات جدیدی مواجه ساخته است. توسعه کالبدی نامنظم به همراه رشد پراکنده شهری به همراه تغییرات پوشش طبیعی و جایگزینی آن با محیط مصنوع و انسان‌ساز، از جمله مسائلی هستند که شهر اراک بعد سال‌های دهه ۴۰ شمسی با آن مواجه بوده است.

به کارگیری فناوری و تکنولوژی‌های نوین سنجش از دور با توجه به برخورداری از مزایای بالا و تولید تصاویر طیفی و زمانی، به عنوان ابزاری کارآمد برای ثبت و آشکارسازی تغییرات شناخته شده است که با طبقه‌بندی و استخراج تغییرات هر پیکسل، تغییرات کاربری و پوشش اراضی حاصل می‌شود که با کمیت آماری-فضایی زمینه‌های برنامه‌ریزی اصولی را فراهم می‌سازد. همچنین محاسبه میزان خطا و صحت طبقه‌بندی، از مراحل ضروری هر محاسبه‌ای است که بتواند در اطمینان و صحت شناخت و مدیریت صحیح و همچنین پیش‌بینی تغییرات آتی مؤثر باشد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مساحت شهر که تا سال ۱۳۴۵ معادل ۴۴۵ هکتار بوده است، بعد از صنعتی شدن و ایجاد کارخانه‌های متعدد دولتی و همچنین عوامل تأثیرگذار محلی، رشد سریع خود را آغاز نموده و در سال‌های ۱۳۵۲/۱۹۷۳، ۱۳۶۴/۱۹۸۵، ۱۳۷۹/۲۰۰۰ و ۱۳۹۰/۲۰۱۱ در طول سه دوره فوق؛ به ترتیب ۷/۶، ۱۵/۲

عباس‌زادگان، مصطفی و رستم یزدی، بهمن (۱۳۸۷). بهره‌گیری از رشد هوشمندانه در ساماندهی رشد پراکنده شهرها، مجله فناوری و آموزش، سال سوم، جلد ۳، شماره ۱، پاییز. صص ۳۳ تا ۴۸.

محمداسماعیل، زهرا (۱۳۸۹). پایش تغییرات کاربری اراضی کرج با استفاده از تکنیک سنجش از دور، مجله پژوهش‌های خاک، جلد ۲۴، شماره ۱، صص ۸۱ تا ۸۸.

Abd El-Kawy, O. R., et al (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.

Fan, F., Wang, Y. and Wang, Z. (2008), Temporal and spatial change detecting (1998-2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM+ Images, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 137, Vol. 1-3, pp. 127-147.

Foody, G. M. (2000), Mapping Land Cover From Remote Sensed Data with a Softened Feedforward Neural Network Classification, *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, Vol. 29, No. 4, pp. 433-44.

Gomasasca, M.A. (1993) One century of land use changes in the metropolitan area of Milan (Italy). *Int. J.R.S.* 14(2): 211-223.

Lopez, E., Bocco, G., Mendoza, M., Velazquez, A., Aguirre Rivera, J.R., (2006) Peasant emigration and land-use change at the watershed level: A GIS-based approach in Central Mexico. *Agricultural Systems* 90, 62-78.

Opeyemi, Z. A. (2006), Change detection in land use and land cover using remote sensing data and GIS, Master thesis, Department of Geography, University of Ibadan.

Pauchard, A., Aguayo, M., Peña, E., Urrutia. R., (2006) Multiple Effects of Urbanization on the Biodiversity of Developing Countries: The Case of a Fast-growing Metropolitan Area (Concepción, Chile), *Biological Conservation*, 127:272-281.

Ross, S. Lunetta (1999), Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring Methods and Applications, 147-166.

Xiao, J., Shen, Y., Ge, J., Tateishi, O., Tang, C., Liang, Y. and Huang, Z., (2006), Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 75, No. 1-2, pp. 69-80.

Zeaiean Firouaabadi, P., E., Ghanavati (2000) Digital Approaches for Change Detection in Urban Environment. *Geographic researchs*, vol.

همچنین نتایج این تحقیق می‌تواند با توجه به چگونگی تغییرات پوشش اراضی در ادوار گذشته و وضع موجود، چشم‌انداز مناسبی را برای برنامه‌ریزان جهت مدیریت اراضی و جهات توسعه شهری فراهم کند و به عنوان هشداری برای تمام برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرانی که منافع ملی را بدون لحاظ پیشینه و ظرفیت‌های منابع و منافع ناحیه طلب می‌کنند، باشد؛ چرا که تداوم این روند و گسترش در اراضی مساعد زراعی در پیرامون شهر، به‌خصوص شمال و جنوب غرب شهر، در آینده‌ای نه چندان دور شاهد از بین رفتن این اراضی بسیار حیاتی خواهد بود.

منابع

احدنژاد روشتی، محسن و زلفی، علی و شکری‌پور، حسین (۱۳۹۰). ارزیابی و پیش‌بینی گسترش فیزیکی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی شهر اردبیل ۱۳۶۳-۱۴۰۰)، نشریه آمایش محیط، زمستان. صص ۱۰۷ - ۱۲۴.

تلخایی، حمیدرضا (۱۳۹۱). توسعه درونی شهر اراک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، به راهنمایی دکتر محمد سلیمانی، دانشگاه خوارزمی، تهران.

خلیلی عراقی، منصور (۱۳۷۶). شناخت عوامل مؤثر بر گسترش بی‌رویه شهر تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

سلیمانی، محمد (۱۳۷۲). صنعتگرایی و تحولات شهر و شهرنشینی: با تأکید بر تأثیرات متقابل شهر صنعتی و شهر اراک، رساله دوره دکتری به راهنمایی دکتر مصطفی مؤمنی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

ربعی، حمیدرضا و ضیاییان فیروزآبادی، پرویز و علی‌محمدی، عباس (۱۳۸۴). کشف و ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه مدرس علوم انسانی، شماره ۴، صص ۴۱-۵۴.

زائری امیرانی، آزاده و سفینیان، علیرضا (۱۳۹۴). بررسی روند تغییرات سطوح نفوذناپذیر محدوده شهر اصفهان با استفاده از سنجش از دور، فصلنامه فضای جغرافیایی، سال پانزدهم، شماره ۵۲، صص ۱۷ - ۳۵.

صابری فر، رستم (۱۳۸۱). نقد و تحلیل کاربری اراضی شهر مشهد، رساله دوره دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری شهر مشهد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

ضیاییان فیروزآبادی، پرویز و تلخایی، حمیدرضا و حسینجانی، لیلیا (۱۳۹۲). آشکارسازی تغییرات حوضه کویر میقان با استفاده از تصاویر ETM, TM, MSS+ و داده‌های اقلیمی، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۳، شماره ۳۱، صص ۱۷۳-۱۸۹.