

بررسی تغییرات پوشش اراضی شهر اراک با استفاده از سنجش از دور و GIS

مژگان احمدی ندوشن^{۱*}

m.ahmadi1984@gmail.com

علیرضا سفینیان^۲

سید جمال الدین خواجه الدین^۳

تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: تغییرات پوشش اراضی از جمله مهم ترین تغییرات سطح زمین هستند که اثرات قابل توجهی روی محیط و فرایندهای محیطی می گذارند.

مواد و روش ها: در این مطالعه برای بررسی تغییرات پوشش اراضی شهر اراک و حومه آن طی سال های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ از عکس های هوایی سال های ۱۳۳۵ و ۱۳۵۱، تصویر سنجنده TM سال ۱۳۶۹، تصویر سنجنده LISS-III ماهواره IRS-P6 سال ۱۳۸۵ و روش آشکارسازی تغییرات مقایسه پس از طبقه بندی استفاده شد. در ابتدا، تصحیح هندسی بر روی کلیه عکس ها و تصاویر ماهواره ای با استفاده از نقشه های توپوگرافی و روش نمونه گیری مجدد نزدیک ترین همسایه اعمال شد و میزان خطای میانگین مربعات برای همه عکس ها و تصویر ماهواره ای کمتر از یک پیکسل برآورد گردید. پس از زمین مرجع کردن، کلیه عکس ها موزاییک شدند و با استفاده از تفسیر چشمی عکس های هوایی، نقشه پوشش اراضی با ۴ طبقه شهر، اراضی بایر، پوشش گیاهی و کوه ایجاد گردید. پس از تصحیح هندسی و توپوگرافی تصاویر ماهواره ای، طبقه بندی به روش شبکه عصبی مصنوعی بر روی تصاویر اعمال شد.

نتایج: نقشه های پوشش اراضی در ۴ طبقه مشابه با طبقات پوشش اراضی در عکس های هوایی و با صحت کلی بالاتر از ۹۰ درصد ایجاد شدند. برای آشکارسازی تغییرات طی ۴ بازه زمانی بین سال های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵، نقشه های پوشش اراضی دو به دو با هم مقایسه شده و نقشه ها و جداول تغییرات به دست آمدند. نتایج بررسی روند کلی تغییرات نشان دهنده افزایش قابل توجه مساحت شهر، کاهش پوشش گیاهی و اراضی بایر و ثابت ماندن طبقه کوه بین سال های ۱۳۳۵ و ۱۳۸۵ بود.

واژه های کلیدی: پوشش اراضی، شبکه عصبی مصنوعی، آشکارسازی تغییرات، مقایسه پس از طبقه بندی

۱- دانشجوی دکتری علوم محیط زیست* (مسئول مکاتبات).
۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

تغییرات پوشش اراضی از جمله مهم ترین تغییرات سطح زمین هستند که اثرات قابل توجهی روی محیط و فرایندهای محیطی می گذارند (۱). دسترسی به اطلاعات دقیق و به هنگام در مورد پوشش اراضی و تغییرات آن به ویژه در مناطق شهری از ارکان اساسی در تصمیم گیری و برنامه ریزی خصوصا برای طرح های کالبدی شهری و منطقه‌ای می باشد. با تحقیق و مشاهدات صحرایی و تفسیر عکس های هوایی بزرگ مقیاس و نیز استفاده از داده های ماهواره ای می توان نقشه پوشش و کاربری اراضی تولید کرد (۲). علاوه بر اهمیت داشتن اطلاعات به روز از پوشش اراضی، آگاهی از تغییرات آن در طول یک دوره زمانی نیز برای برنامه ریزان و مدیران بسیار حایز اهمیت است (۳). آشکارسازی تغییرات، فرآیند شناسایی تفاوت ها در وضعیت یک شی یا پدیده به وسیله مشاهده آن در زمان های متفاوت است که پایه ای برای فهم بهتر روابط و تعاملات انسان و پدیده های طبیعی برای مدیریت و استفاده بهتر از منابع را فراهم می آورد و به طور کلی یکی از نیازهای اساسی در مدیریت و ارزیابی منابع طبیعی است (۴، ۵، ۶). در حال حاضر با توجه به توسعه فن آوری های سنجش از دور و GIS، روش ها و داده های متعددی برای آشکارسازی تغییرات وجود دارد. تلفیق سنجش از دور و سامانه های اطلاعات جغرافیائی (GIS)، پتانسیل استفاده از داده های سنجش از دور را به بهترین نحو افزایش می دهد و می تواند تغییرات پوشش و کاربری اراضی در مقیاس های زمانی و مکانی گوناگون را به خوبی آشکار کند (۷ و ۳).

از میان روش های آشکارسازی تغییرات، مقایسه پس از طبقه بندی معمول ترین روش است که از بروز مشکلاتی که در نتیجه تغییر در ویژگی های سنجنده، اثرات اتمسفری، تفاوت های محیطی و فنولوژی پوشش گیاهی بین دو زمان حاصل می شود جلوگیری می کند، زیرا هر تصویر مستقلا طبقه بندی می شود (۸، ۹). در سال های اخیر مطالعات متعددی در زمینه آشکارسازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی انجام گرفته است. ربیعی و همکاران (۱۳۸۴) تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان را با کمک تصاویر سنجنده TM سال های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۸ و سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی کردند. پس از تصحیح هندسی و رادیومتریک و بارزسازی تصاویر، الگوریتم حداکثر احتمال به منظور طبقه بندی تصاویر مورد استفاده قرار گرفت و سپس آشکارسازی تغییرات با روش مقایسه پس از طبقه بندی، انجام شد (۴). رضایی و همکاران (۱۳۸۶) به منظور ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل های منطقه حفاظت شده ارسباران از تصاویر سنجنده TM سال ۱۹۸۷ و SPOT سال ۲۰۰۵ استفاده کردند. طبقه بندی تصاویر به چهار کلاس کاربری به صورت نظارت شده و با روش حداکثر احتمال انجام شد. آشکارسازی تغییرات جنگل با

استفاده از روش مقایسه پس از طبقه بندی انجام گرفت و نتایج نشان دهنده کاهش قابل توجه سطح جنگل در طی ۱۸ سال بود (۱۰). مادهاوان و همکاران (۲۰۰۱) از داده های لندست TM و روش آشکارسازی تغییرات مقایسه پس از طبقه بندی برای ارزیابی تغییرات رخ داده در منطقه شهری بانکوک تا بلند طی سال های ۱۹۸۸-۱۹۹۴ استفاده کردند. نتایج آشکارسازی تغییرات نشان دهنده ۲ درصد کاهش در زمین های کشاورزی و ۱۴ درصد افزایش در مناطق تجاری بود (۱۱). شالایی و تاتیشی (۲۰۰۷) به منظور پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی منطقه ساحلی در مصر از تصاویر ETM^+ ۱۹۸۷ و TM ۲۰۰۱ ماهواره لندست و روش آشکارسازی تغییرات مقایسه پس از طبقه بندی استفاده کردند. نتایج نشان داد که در دوره زمانی مورد مطالعه، تغییر پوشش اراضی شدیدی در نتیجه پروژه های توسعه توریسم و کشاورزی در منطقه رخ داد که منجر به کاهش پوشش گیاهی شد (۱۲).

فن و همکاران (۲۰۰۸) تصاویر TM ۱۹۹۸ و ETM^+ ۲۰۰۳ را برای بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی دلتای رودخانه پیرل به کار بردند. آن ها از روش طبقه بندی حداکثر احتمال استفاده کردند و تغییرات زمانی و مکانی کاربری و پوشش اراضی از ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۳ با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه بندی آشکار گردید (۱۳).

شهر اراک، یکی از شهرهایی است که طی چند دهه گذشته تغییرات زیادی را تجربه کرده است. در این مطالعه، از ترکیب سنجش از دور، GIS و روش آشکارسازی تغییرات مقایسه پس از طبقه بندی برای بررسی تغییرات رخ داده در پوشش اراضی شهر اراک و اراضی اطراف آن طی سال های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ استفاده شده است. نقشه های پوشش اراضی منطقه در چهار زمان با استفاده از عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای تهیه گردید و برای کمی کردن تغییرات رخ داده در بازه های زمانی گوناگون، روش آشکارسازی تغییرات مقایسه پس از طبقه بندی به کار برده شد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه دربرگیرنده شهر اراک و محدوده اطراف آن است که بین عرض های جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۸ دقیقه شمالی و طول های جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۴۷ دقیقه شرقی قرار دارد. شهر اراک مرکز استان مرکزی است که به سبب وجود نیروگاه ها و کارخانه هایی از قبیل پتروشیمی، ماشین سازی، آلومینیوم سازی و انبوهی از شرکت های صنعتی و تولیدی یکی از قطب های صنعتی کشور می باشد. ارتفاع متوسط شهر حدود ۱۷۰۰ متر از سطح

عکس های هوایی: پس از اسکن و وارد کردن عکس ها به محیط GIS، تمامی عکس ها با انتخاب حداقل ۱۸ و حداکثر ۳۰ نقطه کنترل از نقشه های توپوگرافی و با استفاده از معادله چندجمله ای درجه اول به روش نزدیکترین همسایه تصحیح هندسی شدند. میزان RMSe برای تمامی عکس ها بین ۰/۲ تا ۰/۹ پیکسل برآورد گردید. پس از آن، عکس های زمین مرجع شده موزاییک شده و طبق مرز منطقه بریده شدند. با استفاده از تفسیر چشمی و با توجه به رنگ، تن، بافت، شکل و موقعیت عوارض و پدیده های زمینی، عکس ها به چهار طبقه شهر، پوشش گیاهی، اراضی بایر و مناطق کوهستانی راقومی شدند. شکل ۲ نقشه های پوشش اراضی حاصل از عکس های هوایی را نشان می دهد.

تصاویر ماهواره ای: جهت تهیه نقشه پوشش اراضی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره ای مراحل زیر انجام گرفت:

تصحیح هندسی: ابتدا با توجه به قدرت تفکیک مناسب تصویر PAN ماهواره IRS-1C، تصحیح هندسی تصویر مربوطه با انتخاب ۳۰ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب به نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه انجام گرفت. سپس تصویر LISS-III به تصویر PAN تصحیح شده ثبت داده شد. در مرحله بعد، تصویر ماهواره ای لندست TM با پراکنش مناسب به تصویر LISS-III ثبت داده شد. برای زمین مرجع کردن هر سه تصویر، از روش نزدیکترین همسایه و مدل هندسی چند جمله ای درجه اول استفاده گردید. میزان RMSe برای سه تصویر LISS-III، PAN و TM به ترتیب ۰/۴۸ و ۰/۴۲ و ۰/۵۸ پیکسل برآورد شد. پس از زمین مرجع کردن، تصاویر طبق مرز منطقه بریده شد.

تصحیح توپوگرافی: به علت کوهستانی بودن منطقه و تاثیر سایه بر روی داده های ماهواره ای، تصحیح توپوگرافیک با استفاده از DEM منطقه، ارتفاع از سطح دریا و آزیموت خورشید و با مدل لامبرت صورت گرفت.

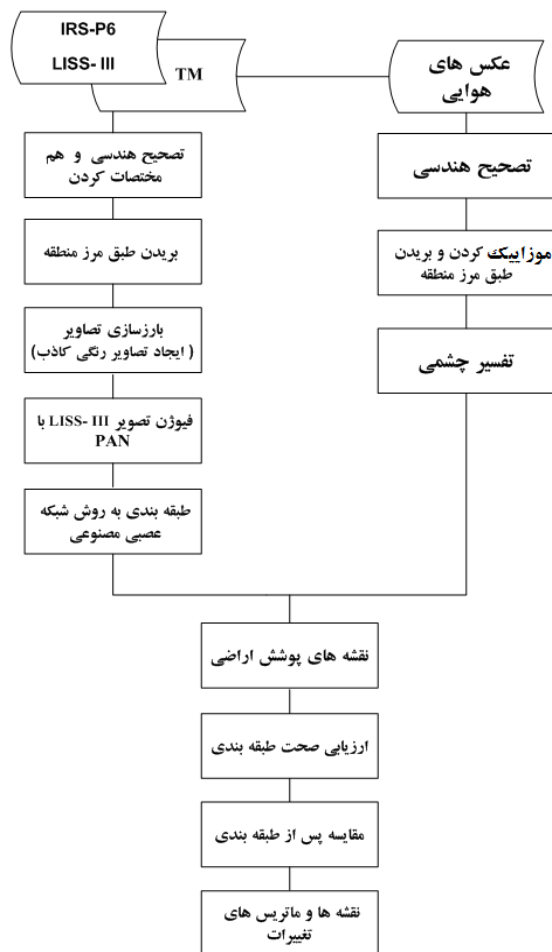
تهیه نقشه شیب: در این مطالعه نقشه شیب با استفاده از DEM منطقه ایجاد شد و با توجه به شناخت کامل منطقه، بررسی های میدانی و برداشت نقاط زمینی با استفاده از GPS و نیز روی هم گذاری این نقاط، نقشه شیب به گونه ای طبقه بندی شد که طبقه کوه با وجود ناهمگنی به خوبی از سایر طبقات تفکیک گردید. در نهایت نقشه ای تهیه شد که به صورت صفر و یک بود، یعنی شیب بالاتر از حدود ۳۰ درصد که شیب موردنظر ما برای جداسازی مناطق کوهستانی بود یک و مناطق دارای شیب پایین تر از آن، صفر در نظر گرفته شد. این نقشه به منظور جداسازی مناطق کوهستانی به عنوان ورودی در شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گرفت.

دریاست. این شهر در دهه های گذشته به واسطه فرایند صنعتی شدن و به تبع آن مهاجرت جمعیت، رشد بسیار سریعی داشته است و بر محیط پیرامون خود اثرات شدیدی به جا گذاشته است، به عنوان مثال جمعیت این شهر از ۵۹۰۰۰ نفر در سال ۱۳۳۵ به ۴۴۶۷۶۰ نفر در سال ۱۳۸۵ افزایش یافته است. به دلیل تغییرات گسترده منطقه، تهیه نقشه پوشش اراضی و بررسی تغییرات آن اهمیت زیادی دارد.

داده های مورد استفاده: داده های به کار گرفته شده در این تحقیق عبارتند از:

- عکس های هوایی سال ۱۳۳۵ با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و عکس های هوایی سال ۱۳۵۱ با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰
- تصویر سنجنده TM ماهواره لندست سال ۱۳۶۹ و تصویر سنجنده LISS-III ماهواره IRS-P6 سال ۱۳۸۵
- باند پانکروماتیک ماهواره IRS-1C سال ۱۳۸۵
- نقشه های توپوگرافی منطقه و DEM (مدل ارتفاعی راقومی) منطقه

تهیه نقشه پوشش اراضی: مراحل تهیه نقشه های پوشش اراضی به شرح زیر است. شکل ۱ مراحل کلی تحقیق را نشان می دهد.



شکل ۱- مراحل انجام تحقیق

جدول ۱- طبقات پوشش اراضی و توصیف آن ها

نام طبقه	توصیف
شهری	مناطق مسکونی، صنعتی و تجاری
پوشش گیاهی	انواع پوشش گیاهی شامل کشاورزی و فضای سبز شهری
بایر	مناطق بایر و دارای پوشش گیاهی بسیار اندک که به شکل خاک یا زمین برهنه هستند.
کوه	مناطق کوهستانی و رخنمون های سنگی

ارزیابی صحت طبقه بندی: پس از تهیه نقشه های پوشش

ارضای از تصاویر ماهواره ای، باید صحت آن ها برآورد شود. برای بررسی صحت طبقه بندی تصویر LISS-III برداشت زمینی با استفاده از GPS انجام گرفت. تعداد ۱۰۰ نقطه کنترل زمینی با استفاده از GPS برداشت شد که به عنوان داده های مرجع برای مقایسه با تصویر طبقه بندی شده مورد استفاده قرار گرفت. صحت طبقه بندی نقشه های پوشش اراضی سال های ۱۳۳۵، ۱۳۵۱ و ۱۳۶۹ با استفاده از نقشه های واقعیت زمینی تهیه شده از نقشه های توپوگرافی، عکس های هوایی و تصاویر رنگی کاذب برآورد گردید. برای ارزیابی صحت هر یک از تصاویر ماتریس خطا ایجاد گردید.

آشکارسازی تغییرات: تغییرات ایجاد شده در منطقه در ۴

دوره زمانی با استفاده از نقشه های پوشش اراضی و روش مقایسه پس از طبقه بندی مورد بررسی قرار گرفت و جداول و نقشه های تغییرات تهیه گردید.

نتایج و بحث

در گزینش داده های مورد استفاده در این تحقیق، موارد زیر در نظر گرفته شد:

- داده ها از کیفیت مناسبی برای پردازش برخوردار باشند.
- داده ها حداکثر بازه زمانی ممکن برای آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی را فراهم آورند.
- داده ها تا حد امکان از نظر زمان برداشت مشابه باشند.

انتخاب گروه باندی مناسب برای تهیه تصویر رنگی کاذب به داده های سنجنده از دور امکان استفاده بیشتری می دهد (۱۴). بهترین ترکیب های باندی برای تصاویر سنجنده های TM و LISS-III به ترتیب ترکیب ۵-۴-۱ و ۳-۲-۱ تعیین شد و از آن ها برای تهیه تصاویر رنگی کاذب استفاده گردید. با انجام عملیات فیوژن ترکیب باندهای سنجنده LISS-III با باند پانکروماتیک ماهواره IRS-1C، تصویری با قدرت تفکیک مکانی ۵/۸ متر به دست آمد که برای انتخاب نمونه های تعلیمی بسیار موثر بود. داده های ماهواره ای و

بارسازی تصاویر: به منظور افزایش وضوح تصاویر و نمایان

تر شدن عوارض موجود از روش های زیر استفاده شد:

- ایجاد تصویر رنگی کاذب: برای انتخاب بهترین ترکیب رنگی کاذب در این مطالعه، از شاخص مطلوبیت استفاده گردید تا ترکیب باندی انتخاب شود که دارای ضریب همبستگی کمتر و واریانس بالاتری باشد.
- فیوژن تصویر: برای افزایش قدرت تفکیک مکانی تصویر LISS-III، این تصویر با تصویر PAN سنجنده IRS-1C با قدرت تفکیک مکانی بالا ادغام شد.

طبقه بندی تصاویر: با استفاده از تصاویر رنگی کاذب و

تصویر حاصل از فیوژن و نیز بازبدهای صحرایی، انواع پوشش های منطقه به شرح جدول ۱ شناسایی شد. برای تهیه نقشه ی پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، روش پرسپترون سه لایه ای و الگوریتم پس انتشار به کار برده شد. این مدل دربرگیرنده یک لایه ورودی، یک لایه نهفته و یک لایه خروجی بود. گره های ورودی برای طبقه بندی تصویر دربرگیرنده باندهای طیفی سنجنده های LISS-III و TM، نقشه شیب طبقه بندی شده و نمونه های تعلیمی تهیه شده بر اساس عملیات میدانی، تصویر حاصل از فیوژن و تصاویر رنگی کاذب بود. در این مطالعه، تعداد متفاوتی گره نهفته مورد استفاده قرار گرفت تا مناسب ترین شبکه برای انجام طبقه بندی انتخاب شود. در نهایت، تعداد گره های نهفته برابر با تعداد گره های ورودی و تعداد گره های خروجی نیز ۴ عدد یعنی به تعداد طبقات پوشش اراضی حاصله در نظر گرفته شد. به منظور انتخاب شبکه بهینه، مقادیر متفاوتی برای پارامترهای شبکه مانند نرخ یادگیری^۱، گشتاور^۲ و میزان تکرار در نظر گرفته شد و صحت آن ها مورد آزمون قرار گرفت تا مناسب ترین مقادیر برای این مطالعه شناسایی گردد. در نهایت مقادیر ۰/۲ و ۰/۵ برای میزان یادگیری و گشتاور انتخاب شد که موجب افزایش صحت طبقه بندی گردید. نقشه های پوشش اراضی حاصل از طبقه بندی به روش شبکه عصبی مصنوعی در شکل ۳ نشان داده شده است.

بود. خیابان‌ها و بزرگراه‌ها در سال ۱۳۳۵ به عنوان طبقه اراضی شهری طبقه بندی گردیدند اما به دلیل رشد تاج پوشش درختان کاشته شده در کنار خیابان‌ها، این نواحی در سال ۱۳۵۱ به عنوان طبقه پوشش گیاهی طبقه بندی شدند. از جمله تغییرات دیگر، تبدیل ۸/۳ درصد اراضی شهری به اراضی بایر بود. این تبدیل که در اطراف جاده‌ها و خطوط راه آهن مشاهده می‌شود، به مقیاس متفاوت عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۵۱ مربوط می‌شود، به این ترتیب که عرض جاده‌ها و خطوط راه آهن در طبقه بندی سال ۱۳۵۱ به دلیل مقیاس مناسب عکس‌ها به طور دقیق رومقیاس شده است ولی در مورد سال ۱۳۳۵، جاده‌ها و ریل‌های راه آهن به همراه بخشی از اراضی بایر اطراف آن‌ها به عنوان اراضی شهری طبقه بندی شده است که باعث برآورد بالاتری از اراضی شهری واقعی در طبقه بندی سال ۱۳۳۵ گردیده است. تبدیل ۲۴۱ هکتار (۶ درصد) از پوشش گیاهی به اراضی شهری از دیگر تغییرات منطقه در این دوره زمانی است. این تغییرات شامل تبدیل اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی و صنعتی بود که از جمله این تغییرات می‌توان به تبدیل اراضی کشاورزی به شهرک صنعتی در جنوب اراک اشاره کرد. تبدیل ده درصد (۷۰۱ هکتار) از اراضی بایر به اراضی شهری طی این بازه زمانی شامل تبدیل اراضی بایر به مناطق مسکونی در اثر توسعه شهر و نیز ایجاد صنایع در برخی اراضی بایر شهر اراک بود که از آن جمله می‌توان به ایجاد کارخانه ماشین‌سازی در اراضی بایر اشاره کرد. تبدیل ۱۱۷۸ هکتار (۲۹/۶ درصد) از پوشش گیاهی به اراضی بایر از جمله دیگر تغییرات به وجود آمده طی ۱۶ سال است. این تغییرات که بیشتر در شمال و شرق شهر اراک رخ داده است، شامل اراضی کشاورزی واقع در حومه شهر بوده است که احتمالاً به دلیل سودجویی کشاورزان و با هدف تغییر کاربری، رها شده و کشت در آن‌ها صورت نگرفته است. به طور کلی در مورد علل تغییرات عمده در این بازه زمانی می‌توان بیان کرد که در دهه ۱۳۴۰ و ۱۳۵۰، چندین طرح بزرگ صنعتی در اراک اجرا شد که عامل ایجاد فرصت‌های شغلی بسیار و در نتیجه مهاجرت تعداد زیادی از افراد به این شهر شد. برای برطرف کردن نیازهای این جمعیت رو به رشد، شهر ناگزیر توسعه و گسترش یافته تا ظرفیت پذیرش افراد و صنایع را داشته باشد و در این راستا بسیاری از اراضی بایر و پوشش گیاهی به مناطق شهری و صنعتی تبدیل شده‌اند. مساحت اراضی شهری در طی این دوره ۲/۷ برابر شده است.

عکس‌های هوایی هر دو دارای توانایی بالایی برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی با صحت بالا هستند ولی تهیه نقشه پوشش اراضی از عکس‌های هوایی وقت‌گیر است. به طور کلی شباهت اساسی در مورد انواع پوشش و کاربری اراضی بین عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد. ونتز و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه خود به نتایج مشابهی اشاره کردند (۱۵). دگوچی و سوگیو (۱۹۹۴) نیز دریافتند که در محیط‌های شهری، عکس‌های هوایی و داده‌های ماهواره‌ای طبقه بندی‌هایی با صحت مشابه انجام می‌دهند (۱۶). صحت کل قابل قبول برای نقشه‌های پوشش و کاربری اراضی بیش از ۸۵ درصد است (۱۲). صحت کلی طبقه بندی برای سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۵۱، ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۹۵/۰۳، ۹۹/۰۵، ۹۵/۵۳ و ۹۵/۵۳ درصد برآورد گردید.

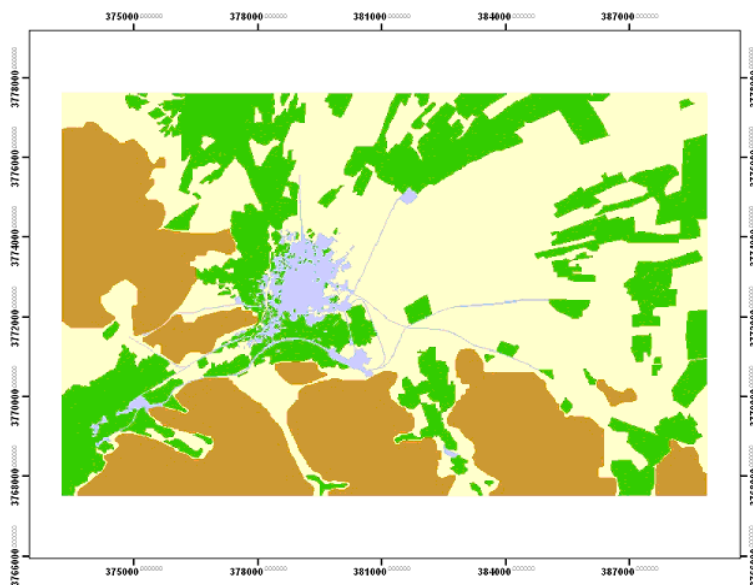
آشکارسازی تغییرات: انتخاب روش مناسب برای آشکارسازی تغییرات به هدف مطالعه، ویژگی‌های منطقه و داده‌های موجود و قابل دسترس بستگی داشته و بر نتایج حاصله تاثیرگذار است (۵). در این مطالعه چون از ترکیب عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای برای آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی منطقه استفاده گردید، روش مقایسه پس از طبقه‌بندی به کار گرفته شد. مقایسه پس از طبقه بندی برای ۴ بازه زمانی انجام گرفت که نتایج آن به شرح زیر است:

تغییرات پوشش اراضی بین سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۵۱:

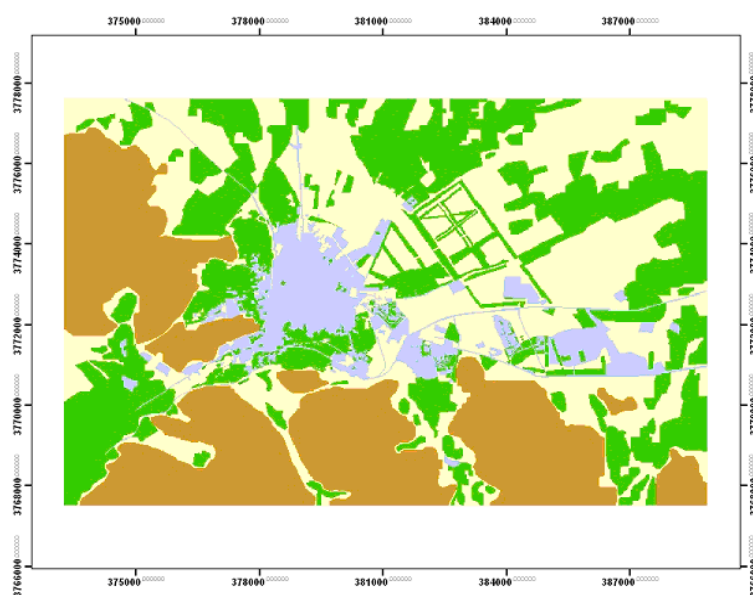
همان گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین تغییرات طی این بازه زمانی مربوط به تبدیل ۳۰ درصد (۲۰۸۶ هکتار) از اراضی بایر به طبقه پوشش گیاهی است. این تغییرات که بیشتر در شمال و شرق شهر اراک رخ داده است، شامل تبدیل اراضی بایر به اراضی کشاورزی و نیز ایجاد فضای سبز در مجتمع‌های مسکونی و مناطق صنعتی بوده است. در مورد علت تبدیل اراضی بایر به اراضی کشاورزی می‌توان به این مطلب اشاره کرد که در اثر تبدیل برخی اراضی کشاورزی به اراضی بایر، آب آن‌ها آزاد گردید و به این زمین‌های بایر اختصاص داده شد و در نتیجه این اراضی به اراضی کشاورزی تبدیل شدند. تغییر اراضی بایر به فضای سبز نیز با هدف زیباسازی شهر و کاهش آلودگی هوا صورت گرفته است. نتایج نشان دهنده تبدیل ۴۷ هکتار (۹/۵ درصد) از اراضی شهری به پوشش گیاهی است. با بررسی‌های دقیق مشخص شد این تغییر حاصل از تبدیل اراضی شهری به ویژه حواشی خیابان‌ها و بزرگراه‌ها به فضای سبز شهری

جدول ۲- تغییرات مساحت پوشش اراضی بین سال های ۱۳۳۵ تا ۱۳۵۱ (مساحت بر حسب هکتار)

۱۳۵۵					شهر	۱۳۵۱
جمع	کوه	اراضی بایر	پوشش گیاهی	شهر		
۱۳۵۳/۸	۰	۷۰۱/۳	۲۴۱/۲	۴۱۱/۳	شهر	
۴۶۹۱/۲	۰	۲۰۸۶/۶	۲۵۵۷/۱	۴۷/۵	پوشش گیاهی	
۵۳۹۴/۴	۰	۴۱۷۴/۸	۱۱۷۸/۲	۴۱/۳	اراضی بایر	
۴۳۷۱/۳	۴۳۷۱/۳	۰	۰	۰	کوه	
۱۵۸۱۰/۷	۴۳۷۱/۳	۶۹۶۲/۷	۳۹۷۶/۵	۵۰۰/۱	جمع	



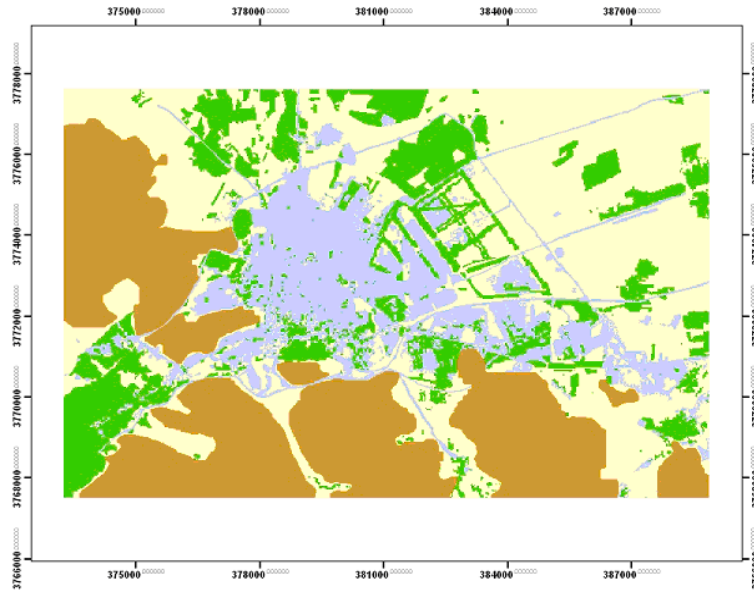
الف



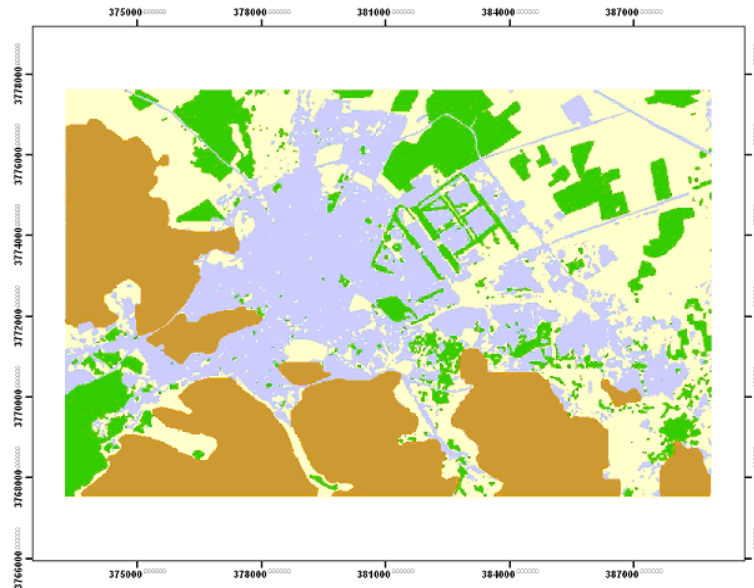
ب



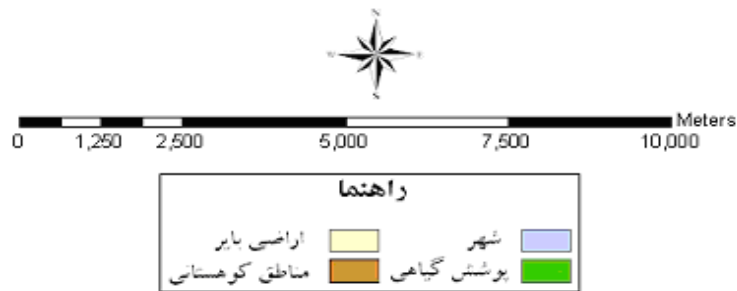
شکل ۲- نقشه های پوشش اراضی سال های ۱۳۳۵ (الف) و ۱۳۵۱ (ب) حاصل از عکس های هوایی



الف



ب



شکل ۳- نقشه های پوشش اراضی سال های ۱۳۶۹ (الف) و ۱۳۸۵ (ب) حاصل از تصاویر ماهواره ای

تغییرات پوشش اراضی بین سال های ۱۳۵۱ و ۱۳۶۹:

عمده ترین تغییرات طی این بازه زمانی مربوط به تبدیل ۲۲۷۴ هکتار (۴۸ درصد) از پوشش گیاهی به اراضی بایر می باشد (جدول ۳). تبدیل پوشش گیاهی به اراضی بایر شامل دو بخش است، بخشی از این تغییرات نشان دهنده اراضی کشاورزی در سال ۱۳۵۱ است که در حین تصویربرداری به دلیل برداشت محصول فاقد پوشش گیاهی بوده و در طبقه بندی سال ۱۳۶۹ به عنوان اراضی بایر طبقه بندی شده اند. بخش دیگر این تغییرات به رها شدن اراضی کشاورزی حومه شهر توسط کشاورزان به سبب پیدا کردن ارزش افزوده و به منظور تغییر کاربری در آینده، مربوط می شود. از دیگر تغییرات مشاهده شده می توان به تبدیل ۵۳۲ هکتار (۱۱/۳ درصد) از پوشش گیاهی به اراضی شهری اشاره کرد. بخش اعظم پوشش گیاهی که به اراضی شهری تبدیل شده است، اراضی کشاورزی حومه شهر بوده است که به مناطق مسکونی و صنعتی تبدیل شده اند. تبدیل ۱۹ درصدی اراضی بایر به اراضی شهری از دیگر تغییرات پوشش اراضی منطقه در مدت ۱۸ سال می باشد. بیشتر این تغییرات نشان دهنده توسعه افقی شهر و تبدیل اراضی بایر به مناطق مسکونی، آموزشی و صنعتی است. از تغییرات دیگر، تبدیل ۱۴۶ هکتار (۱۱ درصد) از اراضی شهری به مناطق بایر در اطراف مناطق مسکونی و صنعتی شهر بوده است. این تغییرات به اختلاط طیفی پیکسل های شهر و اراضی بایر مربوط می شود، بدین ترتیب که در تصویر ماهواره ای مناطق شهری به عنوان مناطق بایر طبقه بندی شده اند. ایرابور (۲۰۰۰) نیز در مطالعه خود جهت آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی منطقه دلتای نیجر در نیجریه به بازتاب مشابه پیکسل های اراضی بایر و شهری اشاره نموده است (۹). تبدیل ۱۷۸ هکتار از اراضی شهری به پوشش گیاهی در نتیجه ایجاد فضای سبز در مناطق شهری و صنعتی بوده است. مناطق مسکونی و صنعتی که در عکس هوایی سال ۱۳۵۱ به عنوان اراضی شهری طبقه بندی شده بودند با ایجاد و توسعه فضای سبز در این مناطق در تصویر TM سال ۱۳۶۹ به عنوان پوشش گیاهی طبقه بندی گردیدند. بیشترین میزان این تبدیل در مجتمع های مسکونی بزرگ رخ داده است که به منظور اسکان کارکنان صنایع، در نزدیکی مناطق صنعتی

واقع شده اند و کاشت درخت و فضای سبز تا حد زیادی به کاهش آلودگی هوای ناشی از صنایع کمک می کند. در مجموع در مورد علل برخی تغییرات طی این دوره می توان بیان کرد که اوایل دهه ۶۰، شهرک ها و نواحی صنعتی با صنایع متوسط و کوچک در شهر اراک ایجاد شد که منجر به تبدیل پوشش گیاهی و اراضی بایر به مناطق صنعتی و مسکونی و توسعه فیزیکی شهر اراک گردید.

تغییرات پوشش اراضی بین سال های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵:

همان گونه که در جدول ۴ نشان داده شده است طی سال های ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۵، بیشترین تغییرات رخ داده در منطقه مربوط به تبدیل ۱۵۰۶ هکتار (۲۴/۲ درصد) از اراضی بایر به مناطق شهری می باشد. این تغییر ناشی از تبدیل اراضی بایر به مناطق مسکونی، اداری، آموزشی، خیابان و مناطق صنعتی بوده است که به ویژه در حواشی شهر و در نتیجه توسعه افقی شهر رخ داده است. ماتریس تغییر (جدول ۴) نشان می دهد که ۷۳ هکتار از اراضی شهری به طبقه پوشش گیاهی و ۵ درصد اراضی شهری نیز به اراضی بایر تبدیل شده اند. تبدیل شهر به پوشش گیاهی ناشی از رشد فضای سبز در کنار خیابان ها و بزرگراه ها بوده است. خیابان ها و بزرگراه ها در سال ۱۳۶۹ در طبقه اراضی شهری طبقه بندی شدند، در حالی که رشد تاج پوشش در حوالی آن ها منجر به طبقه بندی پیکسل های اراضی شهری به عنوان پوشش گیاهی شده است. تبدیل شهر به بایر ناشی از اختلاط پیکسل های اراضی شهری و بایر بوده است. طی این بازه زمانی، ۴۸۸ هکتار از پوشش گیاهی به اراضی شهری تغییر کاربری داده است. تبدیل پوشش گیاهی به اراضی شهری عمدتاً اراضی کشاورزی رها شده و محصور در بین اراضی شهری را دربرمی گیرد که تغییر آن ها در اثر رشد شهر رخ داده است. هم چنین ۶۹۵ هکتار از پوشش گیاهی به اراضی بایر تبدیل شده اند. این تغییرات ناشی از رها کردن اراضی کشاورزی به ویژه اراضی مجاور صنایع توسط کشاورزان با هدف تغییر کاربری آن ها در آینده است. روند کلی تغییرات در طی این دوره زمانی به شرح ذیل است: وسعت اراضی شهری با مقدار حدود ۱۱۲ هکتار از ۲۶۰۲ به ۴۳۹۳ هکتار افزایش یافت. مساحت طبقات اراضی بایر و پوشش گیاهی در طی این دوره روند کاهشی

طبقه پوشش گیاهی نیز با مقدار ۱۰/۵ هکتار در سال به میزان ۱۶۸ هکتار کاهش یافت.

داشت. به ویژه اراضی بایر که کاهش شدیدی را نشان داد و با میزان کاهش سالانه ۱۰۱ هکتار از ۶۲۲۵ به ۴۶۰۲ هکتار رسید. مساحت

جدول ۳- تغییرات مساحت پوشش اراضی بین سال های ۱۳۵۱ تا ۱۳۶۹

۱۳۵۱					شهر	پوشش گیاهی	اراضی بایر	کوه	جمع
شهر	پوشش گیاهی	اراضی بایر	کوه	جمع					
۱۰۲۸/۶	۵۳۲/۵	۱۰۴۱/۹	۰	۲۶۰۲/۹	۱۳۶۹	۱۷۸/۴	۵۴۸/۳	۰	۲۶۱۱/۴
۱۴۶/۸	۲۲۷۴/۱	۳۸۰۴/۱	۰	۶۲۲۵		اراضی بایر			
۰	۰	۰	۴۳۷۱/۳	۴۳۷۱/۳		کوه			
۱۳۵۳/۸	۴۶۹۱/۲	۵۳۹۴/۴	۴۳۷۱/۳	۱۵۸۱۰/۷		جمع			

جدول ۴- تغییرات مساحت پوشش اراضی بین سال های ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۵

۱۳۶۹					شهر	پوشش گیاهی	اراضی بایر	کوه	جمع
شهر	پوشش گیاهی	اراضی بایر	کوه	جمع					
۲۳۹۸/۳	۴۸۸/۵	۱۵۰۶/۵	۰	۴۳۹۳/۳	۱۳۸۵	۷۳/۸	۹۴۱/۸	۰	۲۴۴۳/۵
۱۳۰/۸	۶۹۵	۳۷۷۶/۸	۰	۴۶۰۲/۶		اراضی بایر			
۰	۰	۰	۴۳۷۱/۳	۴۳۷۱/۳		کوه			
۲۶۰۲/۹	۲۶۱۱/۴	۶۲۲۵/۱	۴۳۷۱/۳	۱۵۸۱۰/۷		جمع			

تغییرات کلی پوشش اراضی بین سال های ۱۳۳۵ و

۱۳۸۵: تغییرات زیادی در پوشش اراضی منطقه طی این بازه زمانی ۵۰ ساله رخ داده است. به عنوان مثال، وسعت اراضی شهری به میزان تقریباً ۳۸۹۳ هکتار افزایش یافته است که نشان دهنده رشد ۷۸ هکتار در سال است (جدول ۵). بیشترین تغییرات طی این دوره به تبدیل ۴۲ درصد از اراضی بایر به اراضی شهری مربوط می شود. اراضی بایر در سال ۱۳۳۵ سطح وسیعی معادل ۶۹۶۲/۷ هکتار را دربرمی گرفت ولی در طی ۵ دهه با مقدار حدود ۴۷ هکتار در سال به ۴۶۰۲/۶ هکتار کاهش یافت. بخش اعظم این اراضی توسعه یافته و به مناطق شهری-صنعتی تبدیل شده و در حدود ۱۳ درصد آن نیز طی این دوره دارای پوشش گیاهی شدند. اراضی بایر زیادی در چهار جهت شهر به اراضی شهری و مناطق صنعتی تبدیل شده است. تغییرات اراضی بایر در شرق و جنوب شرقی اراک شدیدتر از سایر مناطق بوده و می توان بیان کرد که اکثر صنایع در طی ۵ دهه در اراضی بایر واقع در شرق و جنوب شرقی ایجاد شده اند. پوشش گیاهی در این دوره زمانی با مقدار حدود ۳۱ هکتار در سال به میزان ۱۵۳۳ هکتار کاهش یافته است. ۲۵ درصد (۱۰۲۸ هکتار) از پوشش گیاهی به اراضی

شهری و ۳۷ درصد از پوشش گیاهی که سطحی در حدود ۱۴۷۳ هکتار در سال ۱۳۳۵ را دربرمی گرفت، پوشش خود را از دست داده و به اراضی بایر تبدیل شد. بخش زیادی از اراضی کشاورزی در غرب و جنوب شهر اراک و نیز در محدوده شهر سنجان در اثر توسعه فیزیکی شهر از بین رفته و برای تامین نیازهای جمعیت رو به رشد اراک به اراضی شهری تبدیل شدند. وسعت کمی از اراضی کشاورزی نیز در جنوب شرقی اراک به مناطق صنعتی تبدیل شدند. روند گسترش شهری و از دست رفتن زمین های کشاورزی ناشی از آن، موضوعی است که در بسیاری از مناطق جهان به وقوع پیوسته است. ماده‌آوان و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه خود جهت آشکارسازی تغییرات رخ داده در منطقه شهری بانکوک تایلند طی سال های ۱۹۹۴-۱۹۸۸، کاهش در زمین های کشاورزی را ۲ درصد و افزایش در مناطق تجاری را ۱۴ درصد گزارش کردند (۱۱). تل (۲۰۰۸) نیز در بررسی تغییرات مناطق شهری و غیرشهری در منطقه GTA کانادا به گسترش شهری بالا در مناطق شهری و از دست رفتن سطح زیادی از مناطق مناسب برای کشاورزی اشاره کرد و بیان نمود که از بین رفتن پوشش گیاهی در نتیجه رشد و گسترش شهری پدیده ای است که در طی سال های اخیر در بسیاری از مناطق جهان رخ داده است (۱۷).

جدول ۵- تغییرات مساحت پوشش اراضی بین سال های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵

۱۳۳۵					شهر	پوشش گیاهی	اراضی بایر	کوه	جمع
شهر	پوشش گیاهی	اراضی بایر	کوه	جمع					
۴۵۳/۵	۱۰۲۸/۲	۲۹۱۱/۵	۰	۴۳۹۳/۳	۱۳۸۵	شهر	۰	۴۳۹۳/۳	
۱۴/۱	۱۴۷۵	۹۵۴/۴	۰	۲۴۴۳/۵		پوشش گیاهی	۰	۲۴۴۳/۵	
۳۲/۵	۱۴۷۳/۳	۳۰۹۶/۸	۰	۴۶۰۲/۶		اراضی بایر	۰	۴۶۰۲/۶	
۰	۰	۰	۴۳۷۱/۳	۴۳۷۱/۳		کوه	۰	۴۳۷۱/۳	
۵۰۰/۱	۳۹۷۶/۵	۶۹۶۲/۷	۴۳۷۱/۳	۱۵۸۱۰/۷		جمع	۰	۱۵۸۱۰/۷	

نتیجه گیری

در این مطالعه، طبقه بندی پوشش اراضی و آشکارسازی تغییرات آن طی چند بازه زمانی انجام گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق را به طور مختصر می توان به صورت زیر بیان کرد:

۱. داده های ماهواره ای و عکس های هوایی هر دو دارای توانایی بالایی برای تهیه نقشه های پوشش اراضی با صحت بالا هستند ولی تهیه نقشه پوشش اراضی از عکس های هوایی وقت گیر است.
۲. اطلاعات در مورد روند تغییرات پوشش اراضی برای برنامه ریزی و تصمیم گیری به منظور استفاده صحیح از منابع و توسعه پایدار ضروری است. ترکیب سنجنش از دور و GIS به ما توانایی فراهم کردن اطلاعات جامع در مورد ماهیت، مکان و مقدار تغییر پوشش اراضی را می دهد.
۳. تغییرات پوشش اراضی در منطقه مورد مطالعه طی ۵۰ سال قابل توجه و زیاد بوده که عمدتاً ناشی از رشد صنعتی و جمعیت بوده است. به عنوان مثال مساحت اراضی شهری طی ۵ دهه حدوداً ۹ برابر شده است.
۴. باند پانکروماتیک ماهواره IRS-1C با قدرت تفکیک مکانی بالا، اطلاعات و جزئیات دقیقی را از عوارض و پدیده های سطح زمین فراهم می آورد.
۵. استفاده از داده های کمی مانند نقشه شیب می تواند منجر به تفکیک بهتر طبقات پوشش از یک دیگر شود.
۶. طبقه بندی به روش شبکه عصبی مصنوعی قادر به تولید نقشه های پوشش اراضی با صحت بالا می باشد.
۷. آشکارسازی تغییرات به روش مقایسه پس از طبقه بندی مشکلات ناشی از تفاوت سنجنده ها در این مطالعه را برطرف کرد و اطلاعات کاملی را از تغییرات پوشش اراضی در طی سال های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ در اختیار قرار داد.

منابع

1. Foody, G. M. 2000. Mapping land cover from remotely sensed data with a softened feedforward neural network classification, *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, Vol. 29, No. 4, pp. 433 – 449.
2. Yuan, F., Bauer, M. E., Heinert, N. J. and Holden, G. R. 2005. Multi-level Land Cover Mapping of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area with Multi-seasonal Landsat TM/ETM+ Data, *Geocarto International*, Vol. 20. No. 2, pp. 5-13.
3. Tachizuka, S., Hung, T., Ochi, S. and Yasuoka, Y. 2002. Monitoring of Long-term Urban Expansion by the use of Remote Sensing Images from Different Sensor, *Asian conference on Remote sensing, Nepal*.
۴. ربیعی، ح ر، ضیائیان، پ و علی محمدی، ع. ۱۳۸۴. "کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی"، *فصلنامه مدرس علوم انسانی*، دوره ۹، شماره ۴، ص ص ۱۹-۳۲.
5. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. and Moran, E., 2004. Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 25, No. 12, pp. 2365 – 2401.
6. Ridd, M. K. and Liu, J. 1998. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment,

- of Egypt, Applied Geography, Vol. 27, No. 1, pp. 28-41.
13. 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, No. 1-3, pp. 127-147.
۱۴. اسلام بنیاد، ا و حاجی قادری، ط. ۱۳۸۶. "تهیه نقشه جنگل های طبیعی استان زنجان با استفاده از داده های سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست ۷"، *مجله علوم و فنون کشاورزی*، سال یازدهم، شماره چهل و دوم، ص ص ۶۳۸-۶۲۷.
15. Wentz, E. A., Stefanov, W. L., Gries, C., Hope, D. 2006. Land use and land cover mapping from diverse data sources for an arid urban environment, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 30, No. 3, pp. 320-346.
16. Deguchi, C. and Sugio, S. 1994. Estimations for percentage of impervious area by the use of satellite remote sensing imagery, Water science and technology, Vol. 29, pp. 135-144.
17. Tole, L. 2008. Changes in the built vs. non-built environment in a rapidly urbanizing region: A case study of the Greater Toronto Area, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 32, No. 5, pp. 355-364.
- Remote Sensing of Environment, Vol. 63, No. 2, pp. 95-100.
7. Ward, D., Phinn, S. R. and Murray, A. T. 2000. Monitoring growth in rapidly urbanizing Areas using remotely sensed data, Professional Geographer, Vol. 52, No. 3, pp. 371-386.
۸. رضایی مقدم، م ح و ثقفی، م. ۱۳۸۵. "بررسی تحولات ژئومرفولوژیک پلاهای کهنک، استان خراسان جنوبی بر اساس روش های استفاده از تصاویر ماهواره ای و منطق فازی"، *مجله جغرافیا و توسعه*، شماره ۴، ص ص ۴۳-۶۰.
9. Omo-Irabor, O. O. and Oduyemi, K. 2007. A hybrid image classification approach for the systematic analysis of land cover (LC) changes in the Niger delta region, 5th International Symposium on spatial data quality, The Netherlands.
۱۰. رضایی، ع، مهدوی، م، لوکس، ک، فیض نیا، س و مهدیان، م. ح. ۱۳۸۶. "مدلسازی منطقه ای دبی های اوج در زیرحوزه های آبخیز سد سفیدرود با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی"، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، سال ۱۱، شماره اول (الف)، ص ص ۲۵-۳۹.
11. Madhavan, B. B., Kubo, S., Kurisaki, N. and Sivakumar, T. 2001. Appraising the anatomy and spatial growth of the Bangkok Metropolitan area using a vegetation-impervious-soil model through remote sensing, International Journal of Remote Sensing, Vol. 22, No. 5, pp. 789-806.
12. Shalaby, A. and Tateishi R. 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone