

نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۷، شماره ۴۴، تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۲۱۴-۲۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۶/۱۵

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۰۸/۱۰

آشکارسازی تغییرات کاربری/پوشش اراضی با پردازش شی‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان تبریز)

لیلا شریفی^۱

علی اکبر رسولی^۲

میراسدا... حجازی^۳

هاشم رستم‌زاده^۴

چکیده

در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند. اصولاً برای استفاده بهینه از قابلیت‌های منابع طبیعی، کسب اطلاعات دقیق از پتانسیل‌های کاربری اراضی امری ضروری است. امروزه، فن‌آوری سنجنش از راه دور به عنوان یک راهکار ارزشمند در جهت شناسایی منابع طبیعی، به‌ویژه در روند تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، در مناطق مختلف جهان به صورت علمی مورد استناد قرار می‌گیرد. بر این اساس، برای بررسی تغییرات کاربری اراضی شهرستان تبریز طی سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۰۷، ۲۰۰۱، ۱۹۸۹، تصاویر ماهواره‌ای IRS1989، ETM2001+2010، TM1989 پردازش شد و با تکنیک شی‌گرا طبقه‌بندی گردید. سپس در محیط GIS به روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، تغییرات طی این دوره زمانی نمایش داده شد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که میزان تغییرات طی دوره‌های زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۹، ۲۰۱۰-۲۰۰۷، ۲۰۰۷-۲۰۰۱، ۲۰۰۱-۱۹۸۹، به ترتیب ۶۰/۸۰، ۶۶/۳۰، ۵۶/۸۰، ۵۶/۴۰ درصد می‌باشد، به طوری که کاربری پوشش گیاهی و سطوح آبی بیشترین میزان کاهش را داشته است. در این میان بیشترین تبدیل کاربری، در اراضی ساخته شده اتفاق افتاده است.

واژگان کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای، طبقه‌بندی شی‌گرا، کاربری اراضی، شهرستان تبریز.

Email:laylasharifi@yahoo.com.

۱- کارشناس ارشد سنجنش از دور GIS دانشگاه تبریز.

۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

۳- استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

۴- استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

مقدمه

کاربری و پوشش اراضی^۱ از جمله فرایندهایی طبیعی و انسانی است که تغییرات در آن خیلی سریع اتفاق می‌افتد. تهیه نقشه این تغییرات، بخش عمده‌ای از اطلاعات مورد نیاز متخصصان و برنامه‌ریزان توسعه شهری و روستایی را فراهم می‌سازد. تهیه چنین اطلاعاتی در سطح وسیع و بادقت بالا از طریق انجام عملیات زمینی امری پرهزینه، وقت‌گیر و در مواردی غیرممکن است. امروزه فن‌آوری سنجش از راه دور به عنوان یک راهکار ارزشمند در جهت پایش، تشخیص، شناسایی و پهنه‌بندی منابع طبیعی و به‌ویژه در روند تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، در مناطق مختلف جهان به صورت علمی مورد استناد قرار می‌گیرد (رسولی، ۱۳۸۷: ۸۹). به عنوان مثال، عبد‌ال-کاوی و همکاران^۲ (۲۰۱۰)، با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر ماهواره‌ای لندست طی سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۹، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۹ تغییرات کاربری و پوشش اراضی دلتای شرقی رود نیل مصر را بررسی نموده‌اند. با مقایسه تصاویر پس از طبقه‌بندی به این نتیجه رسیدند که بیشترین تغییرات در تبدیل زمین‌های بایر به مزارع کشاورزی بوده است. دوان و یاماگوچی^۳ (۲۰۰۹)، تغییرات کاربری/پوشش اراضی و رشد شهری را طی سال‌های ۲۰۰۳ - ۱۹۷۵، با استفاده از داده‌های اجتماعی-اقتصادی و تصاویر ماهواره‌ای ارزیابی نمودند. نتایج این بررسی نشان داد که رشد نواحی ساخته شده باعث کاهش سطوح آبی و پاکسازی پوشش گیاهی شده است. شفیعی (۱۳۸۶)، برای کشف تغییرات^۴ کاربری اراضی حادث شده در دشت قزوین طی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲ از تصاویر ماهواره‌ای TM, ETM+ استفاده نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که حدود ۱۹/۸۶ درصد از الگوهای کاربری اراضی دچار تغییرات اساسی شده‌اند. به طوری که بیشترین افزایش مربوط به کاربری‌های مسکونی و صنعتی و بیشترین کاهش مربوط به کاربری‌های مرتع، دیم و باغ‌های میوه است. سپس با اعمال شاخص زیان‌باری برای ارزیابی اثرات زیست محیطی مشخص گردید که بیش از هجده هزار هکتار از تغییرهای حاصله در

1- Land Use/Cover

2- Abd El-Kawya et.al

3- Dewan, & Yamaguchi

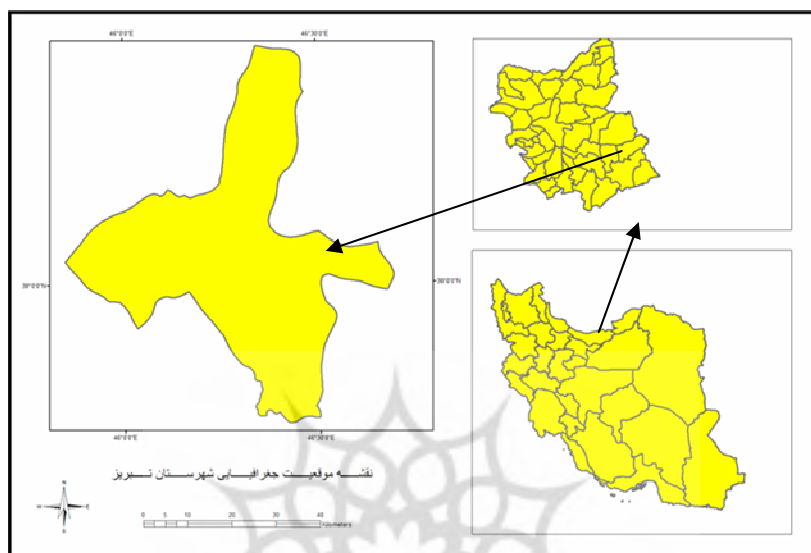
4- Change Detection

کاربری‌های اراضی، زیان‌بار بوده است. فیضی‌زاده و همکاران (۱۳۸۶)، در پژوهشی تغییرات فضای سبز شهر تبریز را در یک دوره زمانی ۱۶ ساله (۱۳۶۸-۱۳۸۴)، مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نهایی نشان داد که فضای سبز شهری تبریز در طی دوره مورد مطالعه، بیش از ۴۶ درصد کاهش داشته است. سرانه آن نیز از حدود ۱۴ مترمربع در سال ۱۳۶۸ به ۷/۵ مترمربع در سال ۱۳۸۴ رسیده است.

همچنین، پژوهش‌هایی راجع به تغییرات کاربری اراضی شهر تبریز به صورت موردی انجام شده است، اما در این پژوهش، منطقه مورد مورد مطالعه شهرستان تبریز بوده و از تصاویر چندسنجنده‌ای (ETM+, TM, IRS) و چندزمانه‌ای سال‌های (۱۹۸۹، ۲۰۰۱، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۰) برای تشخیص تغییرات کاربری اراضی این منطقه استفاده شده است.

ویژگی‌های جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

شهرستان تبریز یکی از شهرستان‌های ۱۹ گانه استان آذربایجان شرقی می‌باشد. به طوری که پرجمعیت‌ترین شهرستان شمال غرب کشور محسوب می‌شود و از نظر مختصات جغرافیایی در عرض شمالی ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۹ دقیقه و در طول شرقی ۴۵ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۴۰ دقیقه قرار گرفته است. ارتفاع تقریبی این شهرستان، از سطح دریا ۱۳۵۰ متر و مساحت آن نیز، ۲۲۷۰/۱۳ کیلومترمربع می‌باشد (اداره کل سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان شرقی، ۱۳۸۲). در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهرستان تبریز در ایران و در استان آذربایجان شرقی را نشان می‌دهد.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی شهرستان تبریز

مواد و روش‌ها

با توجه به اینکه تصاویر ماهواره‌ای، از نقطه نظرهای تفکیک‌های مکانی، زمانی و طیفی همواره احتمال انواع خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک را دارند، بنابر این باید پردازش‌های اولیه بر روی داده‌های خام با هدف تصحیح هر گونه خطا و اعوجاج رایج از طریق سیستم تصویربرداری یا شرایط اتمسفر در هنگام سنجش صورت گیرد (Jenson, 1986: 54). در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای ETM+2001, 2010, IRS2007, TM1989 استفاده شد. برای تصویر ETM+2001, 2010 تصحیح هندسی انجام نگرفت. به این دلیل که این تصاویر در ایستگاه گیرنده تصحیح می‌شوند. تصویر TM 1989 به روش تصویر به تصویر^۱ تصحیح شد. به این صورت که از تصویر ETM+2010 به عنوان تصویر تصحیح شده استفاده شد. برای اینکار ۳۰ نقطه کنترل با پراکنش مناسب انتخاب و با خطای ۰/۶ پیکسل تصاویر تصحیح شدند. سپس برای بازیابی مجدد تصاویر تصحیح شده، با

1- Image to Image

استفاده از روش‌های درون‌یابی نزدیک‌ترین همسایگی^۱ (روش مناسب در شناسایی تغییرات)، ارزش‌های پیکسل‌های تصویر مجدداً محاسبه شدند. به منظور حذف تأثیرات اتمسفری تصاویر نیز، از روش کلی مبتنی بر کاهش تیرگی ارزش‌های عددی پیکسل‌های تیره^۲ در نرم‌افزار ENVI 4.7 استفاده گردید. این روش از دقت بالایی در تصحیح اتمسفری برخوردار بوده و به وفور در تحقیقات مورد استفاده قرار می‌گیرد. سپس برای افزایش کنتراست، باندهای تصاویر به روش بسط هیستوگرام به ارزش‌های ۰-۲۵۵ تبدیل گردیدند.

برای طبقه‌بندی تصاویر در این پژوهش، از روش شیء‌گرا^۳ استفاده گردید. به این دلیل که این روش علاوه بر اطلاعات طیفی از دیگر اطلاعات پیکسل‌ها (اندازه، شکل، بافت و...) برای طبقه‌بندی استفاده می‌کند. بنابراین این روش نسبت به روش‌های پیکسل پایه دقیق‌تر می‌باشد. در این روش تصویر متناسب با نظر مفسر در قالب شیء‌های تصویری سگمنت‌سازی^۴ می‌شود و پردازش تصویر به کمک این سگمنت‌ها انجام می‌شود. طبقه‌بندی شیء‌گرای تصاویر، یک طبقه‌بندی نرم است که بر اساس منطق فازی انجام می‌شود. طبقه‌بندی نرم از تابع عضویت برای ارزیابی اشیاء در کلاس‌ها استفاده می‌کند. ارزش عضویت معمولاً بین صفر و یک است که بیانگر نسبت کامل برای کلاس‌هاست و صفر نیز بیانگر عدم احتمال مطلق است. برای طبقه‌بندی شیء‌گرا در این پژوهش از تابع نزدیک‌ترین همسایه^۵ گردید. این نرم‌افزار، به منظور کاربرد روش فازی نوعی از طبقه‌بندی نزدیک‌ترین همسایه را ارائه می‌دهد که از این طریق تابع عضویت چند بعدی به‌طور اتوماتیک ایجاد می‌شود (رسولی، ۱۳۸۹: ۲۱).

برای اعمال این نوع طبقه‌بندی، پس از پیش‌پردازش، تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار Cognition پروژه شده، سپس به محیط نرم‌افزار Defeniense انتقال داده شدند. برای انجام طبقه‌بندی تصویر، نخستین گام تعیین کلاس‌های طبقه‌بندی است. با توجه به

-
- 1- Nearest Neighbor Resample
 - 2- Dark Subtract
 - 3- Object-Oriented Classification
 - 4- Segmentation
 - 5- Nearest Neighbor

نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده در سال‌های پیش به عنوان اطلاعات کمکی و قدرت تفکیک تصاویر و وسعت محدوده مورد مطالعه، تصاویر به ۵ کلاس اصلی شامل:

اراضی ساخته شده، مناطق آبی، اراضی بایر و سنگلاخی، پوشش گیاهی انبوه و پوشش گیاهی تنک طبقه‌بندی گردیدند.

برای طبقه‌بندی شیء‌گرا، اولین مرحله، تشکیل واحدهای پردازش به وسیله سگمنت-سازی تصویر است (رسولی، ۱۳۸۹: ۲۱). قبل از اجرای فرایند سگمنت‌سازی یک سری تنظیماتی باید بر روی تصاویر انجام گیرد. در این تحقیق تنظیمات زیر برای اجرای بهتر و دقیق‌تر اعمال شده است (جدول ۱).

جدول (۱) تنظیم تصویر قبل از اجرای طبقه‌بندی

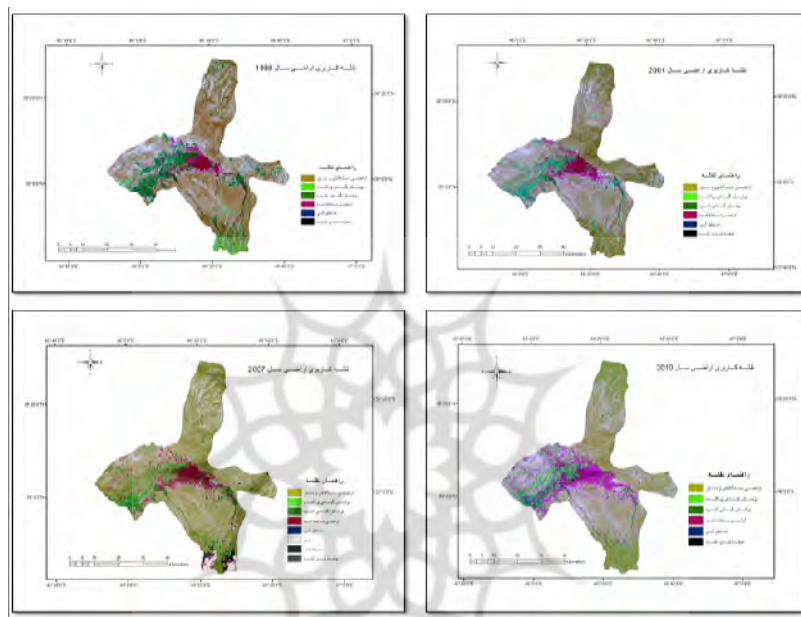
تصویر	تنظیمات	TM 1989	ETM+2001,2010	IRS-1D 2007
ترکیب بانندی مناسب	۱-۴-۵	۱-۴-۷	۲-۱-۴	
وزن باندها	۱-۳-۱	۱-۳-۱	۱-۳-۱	
پارامتر مقیاس	۵	۵	۵	
معیار همگنی شکل و فشردگی	معیار شکل ۰/۲ معیار فشردگی ۰/۵	معیار شکل ۰/۲ معیار فشردگی ۰/۵	معیار شکل ۰/۲ معیار فشردگی ۰/۵	معیار شکل ۰/۱ معیار فشردگی ۰/۵

با بهره‌گیری از تابع نزدیک‌ترین همسایه، تصاویر سال‌های طبقه‌بندی شدند. سپس برای کشف تغییرات از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده گردید. این روش بهترین روش کشف تغییرات در دو زمان مختلف می‌باشد که در آن مقدار و نوع تغییرات در دو تصویر به دست می‌آید (Richards, 1999: 57).

نتایج و یافته‌ها

در این پژوهش، پس از شناسایی بهترین الگوریتم طبقه‌بندی برای هر کدام از کلاس‌ها، تصاویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه، با روش طبقه‌بندی شیء‌گرا- فازی (روش

نزدیک‌ترین همسایه، طبقه‌بندی شدند. نقشه‌های کاربری اراضی بدست آمده از آنها در شکل ۲ آورده شده است:



شکل (۲) نقشه کاربری اراضی شهرستان تبریز در دوره مورد مطالعه

ضمناً برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا در محیط نرم‌افزار Definiens، تابع ماتریس خطا بر اساس نمونه‌های تعلیمی^۱ مورد استفاده قرار گرفت. در این روش با استفاده از نقاط جمع‌آوری شده GPS، ماتریس خطای طبقه‌بندی محاسبه شد. نتایج نهایی ماتریس خطا عبارتند از: دقت تولیدکننده^۲، دقت کاربر^۳ و ضریب کاپا^۴.

- 1- Error Matrix based on TTA Max
- 2- Producer Accuracy
- 3- User Accuracy
- 4- Kappa Coefficient

دقت تولیدکننده، دقت کاربر و ضریب کاپا برای همه کلاس‌ها در تصاویر طبقه‌بندی شده، بالاتر از ۸۵ درصد برآورد شد که میزان قابل قبولی در مبحث مربوط به کاربری اراضی می‌باشد (جدول ۲).

جدول (۲) آمار مربوط به متوسط دقت تولیدکننده، دقت کاربر و ضریب کاپا برای تصویر مورد استفاده

کلاس	دقت تولیدکننده	دقت استفاده‌کننده	ضریب کاپا
اراضی سنگلاخی و بایر	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۹۴
پوشش گیاهی پراکنده	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸۹
پوشش گیاهی انبوه	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۱
اراضی ساخته شده	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸۹
مناطق آبی	۰/۸۲	۰/۸۸	۰/۸۲

سپس نتایج حاصل از مقایسه طبقه‌بندی‌ها، به صورت جداول ماتریسی استخراج شد و میزان تغییرات محاسبه گردید. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه تصاویر، منطقه مورد مطالعه دچار تغییرات زیادی در کاربری و پوشش زمین گردیده است (جدول ۳).

جدول (۳) مقایسه میزان تغییرات کاربری و پوشش اراضی طی سال‌های مورد مطالعه

سال‌های مورد مطالعه	۱۹۸۹-۲۰۰۱	۲۰۰۱-۲۰۰۷	۲۰۰۷-۲۰۱۰	۱۹۸۹-۲۰۱۰
متوسط تغییرات (%)	۵۶/۴۰	۵۶/۸۰	۶۶/۳۰	۶۰/۸۰

بحث و نتیجه‌گیری

این تحقیق به منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان تبریز در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۹ و برآورد میزان این تغییرات انجام گرفت.

نتایج حاصله نشان می‌دهد که تغییرات حادث شده در همه کاربری‌ها به‌طور یکسان صورت نگرفته، بلکه این تغییرات در بعضی کاربری‌ها زیاد و در بعضی دیگر نامحسوس می‌باشد. به‌طور کلی، بیشترین تغییرات در پوشش گیاهی پراکنده و انبوه و بعد از آن در سطوح آبی و کمترین تغییرات در اراضی سنگلاخی و بایر رخ داده است. برای بررسی این مسأله در جدول به بررسی تک‌تک کاربری‌ها و تحولات آنها می‌پردازیم:

جدول (۵) بررسی تغییرات کاربری اراضی و نحوه تبدیل آن‌ها به یکدیگر طی دوره مورد مطالعه

کاربری	درصد تغییرات	عمده کاربری تبدیل شده به آن	تبدیل شده عمده به کاربری
اراضی سنگلاخی و بایر	کمترین	پوشش گیاهی پراکنده	اراضی ساخته شده-پوشش گیاهی پراکنده و انبوه
پوشش گیاهی پراکنده	بیشترین	اراضی سنگلاخی و بایر- پوشش گیاهی انبوه	اراضی سنگلاخی و بایر- پوشش گیاهی انبوه
پوشش گیاهی انبوه	متوسط	اراضی سنگلاخی و بایر- پوشش گیاهی پراکنده	اراضی سنگلاخی و بایر- پوشش گیاهی پراکنده
اراضی ساخته شده	متوسط	اراضی سنگلاخی و بایر- پوشش گیاهی انبوه	اراضی سنگلاخی و بایر- پوشش گیاهی انبوه
سطوح آبی	متوسط	اراضی سنگلاخی و بایر- اراضی ساخته شده	اراضی سنگلاخی و بایر- اراضی ساخته شده

تغییرات کاربری اراضی ایجاد شده معمولاً با اثرات زیست محیطی نامطلوبی همراه بوده است. به طوری که زیان‌بارترین تغییرات مربوط به تغییر دیگر کاربری‌ها به کاربری اراضی ساخته شده بوده که خصوصاً در اثر گسترش شهر تبریز و تبدیل کاربری پوشش گیاهی می‌باشد. پوشش گیاهی، به ویژه در شهرهای بزرگ و صنعتی، دارای عملکردهای مختلفی می‌باشند. به طوری که از یک سو موجب بهبود وضعیت زیست محیطی شده و از سوی دیگر شرایط مناسبی را برای گذران اوقات فراغت فراهم می‌کند. اثرات فضای سبز شهری از دیدگاه زیست محیطی مواردی چون کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی صوتی، بهبود شرایط بیوکلیماتیک در شهر، افزایش نفوذپذیری خاک و تأثیر مثبت بر چرخه آب در محیط زیست شهری و افزایش کیفیت آبهای زیرزمینی را شامل می‌شود. فضای سبز می‌تواند به طور قابل توجهی دمای هوا را کاهش دهد و یا به تلطیف هوا کمک کند. بنابراین ضروری است که گسترش اراضی ساخته شده در این شهرستان با برنامه‌ریزی و نظارت متخصصان صورت گیرد تا از تخریب بیشتر و غیر اصولی محیط زیست طبیعی تا حد امکان جلوگیری گردد.

همچنین مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با یافته‌های محققان داخلی نظیر: احدنژاد (۱۳۷۹)، نشاط (۱۳۸۱) خلاق (۱۳۸۵) و رسولی (۱۳۸۶) نشانگر این واقعیت است که روش‌های اعمال شده در این مطالعه، می‌تواند ضمن شناسایی دقیق تغییرات کاربری اراضی در طول زمان، روند تخریب در عرصه‌های محیطی را به صورت کمی بیان نماید. همچنین، مقایسه نتایج حاصله با یافته‌های پژوهش‌های خارجی مانند گامانیا و همکاران (۲۰۰۷)، دوان و یاماگوچی (۲۰۰۹) و تسو و ماتری (۲۰۰۱)، دقیق بودن تکنیک شیء‌گرا برای طبقه‌بندی تصاویر را به اثبات می‌رساند. بنابراین با توجه به تغییرات کاربری اراضی در دوره مورد مطالعه می‌توان به اختصار بیان کرد که:

- با فن‌آوری سنجش از دور و تکنیک شیء‌گرا امکان آشکارسازی تغییرات با دقت قابل قبول وجود دارد.

- در محدوده مورد مطالعه (خصوصاً شهر تبریز) اراضی ساخته شده گسترش زیادی یافته است.

منابع

- ۱- احدنژاد، محسن (۱۳۷۹)، «ارزیابی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و GIS»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- اداره کل سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان شرقی، «سال‌نامه آماری استان آ.شرقی در سال ۱۳۸۲».
- ۳- رسولی، علی‌اکبر (۱۳۸۷)، «مبانی سنجش از دور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز.
- ۴- رسولی، علی‌اکبر؛ زرین‌بال، محمد و محمد شفیع (۱۳۸۶)، «کاربرد تصاویر ماهواره‌ای با هدف تشخیص تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی تأثیرات محیط زیستی»، *پژوهش آبخیزداری*، شماره ۸۳.
- ۵- رسولی، علی‌اکبر و حسن، محمودزاده (۱۳۸۹)، «مبانی سنجش از دور پایه»، انتشارات علمبران، تبریز، چاپ اول.
- ۶- رسولی، علی‌اکبر و همکاران طرح (۱۳۸۶)، «ارزیابی تغییرات جنگل‌های ارسباران با استفاده از فناوری GIS»، طرح تحقیقاتی، مدیریت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه تبریز.
- ۷- فیضی‌زاده، بختیار؛ جعفری، فیروز و حسین نظم‌فر (۱۳۸۶)، «کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهری»، همایش GIS شهری.
- 8- Abd El-Kawya, O.R., J.K., Rød, H.A., Ismail, A.S., Suliman (2010), "Land Use and Land Cover Change Detection in the Western Nile Delta of Egypt Using Remote Sensing Data", *Applied Geography*, 31 (2010) 483-494.
- 9- Definiense Professional Earth Trial 5.0; User Guide & Reference Book, German.
- 10- Dewan, A.M., Y., Yamaguchi (2009), "Land Use and Land Cover Change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using Remote Sensing to Promote Sustainable Urbanization", *Applied Geography* 29:390-401.

- 11- Gamanya, A., P., D., Maeyer, M.D., Dapper (2009), "Object-Oriented Change Detection for the City of Harare, Zimbabwe", *Expert Systems with Applications*, 36 (2009) 571-588.
- 12- ENVI 4.7; ENVI User Guide, Research System Inc.
- 13- Erdas Imaging 8.7; Erdas Field Guide, ERDAS Inc., Atlanta, Georgia.
- 14- <http://www.glcfc.umiacs.umd.edu/data>
- 15- <http://www.itvis.com/Search.aspx?Search=envis>
- 16- Jenson, J.R. (1986), "*Introductory Digital Image Processing*" Prentice Hall, USA.
- 17- Richards, J.A. (1999), "*Remote Sensing Digital Image Analysis, an Introduction*", Second Edition, Springer-3rd, Berlin, New York, Springer, c1999.
- 18- Tso, B., P.M., Mather (2001), "*Classification Methods for Remotely Sensed Data*", Taylor & Francis, USA.