نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۰، شماره ۵۶، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۲۳۸-۲۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۰۹/۱۵

ارزیابی و تحلیل گسترش فـضائی کلانشهر تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه

رسول قربانی[۱]
محمدرضا پورمحمدی[۲]
حسن محمودزاده[۳]

چکیده

گسترش کلانشهر تبریز باعث شده بخش وسیعی از با ارزش‌ترین اراضی بلافصل شهرها به زیر ساخت‌وساز برود. بنابراین این تحقیق کاربردی تجربی با هدف بررسی پراکنش شهری و تغییرات کاربری اراضی در محدوده کلانشهر تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست برای یک مقطع ۲۷ ساله و با استفاده از تکنیک طبقه‌بندی شی گرا صورت گرفته است. در این مقاله با اتکا به روش تحقیق تاریخی علی با اخذ تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه لندست ۵ و ۷ از سازمان زمین‌شناسی امریکا و استفاده از تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای شی‌گرا تغییرات کاربری اراضی در مقطع زمانی ۲۰۱۱-۱۹۸۴ با تأکید بر گسترش فضائی کلانشهر تبریز مورد ارزیابی قرار گرفته است. بر اساس نتایج حاصله مقدار مساحت کلانشهر تبریز (مادر شهر تبریز و شهرهای اقماری) از ۷۲۲۰/۳۴ هکتار در سال ۱۹۸۴ به ۲۲۳۴۶/۸۲ هکتار در سال ۲۰۱۱ رسیده است. مساحت قابل توجهی از توسعه اخیر بر روی اراضی زراعی و باغی صورت گرفته که کاهش ۶۴۷۰ هکتاری کاربری‌های مذکور لزوم مدیریت توسعه آتی شهرها با سیاست‌های‌های انبوه‌سازی و بلندمرتبه‌سازی (شهر

۱ـ استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تبریز .
۲ـ استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تبریز.
۳ـ استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز. Email: hassan.mahmoudzadeh@gmail.com

فشرده)، استفاده از زمین‌های بایر و خالی موجود در داخل شهر (توسعه میان‌افزا)، هدایت سمت توسعه شهر در جهاتی غیر از زمین‌های کشاورزی محدوده را می طلبد.

واژگان کلیدی: تغییرات کاربری اراضی، طبقه‌بندی شی‌گرا، تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه، کلانشهر تبریز.

مقدمه

آگاهی از تغییرات و تحولات کاربری اراضی در طول یک دوره زمانی خاص نیز اهمیت دارد.اکثر شهرهای ایران، در مراحل اولیه شکل‌گیری با هدف استفاده از خاک‌های مرغوب به‌منظور زراعت، در میان اراضی زراعی استقرار یافته‌اند و به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آن‌ها به شهر و سپس توسعهء شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون شده و بالطبع بخش وسیعی از بهترین و با ارزش‌ترین اراضی بلافصل شهرها به زیرساخت و ساز رفته است. این مساله باعث رواج کلمه پراکنش افقی در ادبیات برنامه‌ریزی شهری شد که به رشد پراکنده و تکه‌تکه مناطق مرزی شهرها شد که منجر به استفاده ناکارآمد از منابع به‌ویژه زمین می‌شود (Sudhira & Ramachandra, 2000: 86). پراکنش افقی زمانی اتفاق می افتد که نرخ استفاده از زمین‌های غیرکشاورزی از نرخ رشد جمعیت تجاوز کند (Bhatta, 2010, p: 30). و گرایش به کاهش تراکم شهری نشانه‌ای از پراکنش شهری است (Bogart, 2009, p: 42). از آثار توسعه کالبدی، گسترش در حاشیه شهر یا منطقه دهشهرها و آن سوی مرزهای اداری شهرها است. این توسعه شهری به سوی مناطق بیرونی پیش رفته و موجب تغییراتی در کاربری اراضی پیرامونی آن می‌شود (شیعه، ۱۳۷۷: ۶۵). هرچه شهر بزرگ‌تر باشد از اطراف خود اراضی بیش‌تری طلب می‌کند و بدین ترتیب خطر تخریب محیط زیست افزایش می‌یابد (بحرینی، ۷۶:۱۳۶۸). یکی از موضوعات حیاتی قرن ۲۱ درباره پایداری شهر، چگونگی رشد و توسعه شهر در فضا است. شکل شهر به‌عنوان الگوی توسعه فضایی فعالیت‌های انسان در برهه خاصی از زمان تعریف می‌شود (Anderson, 1996: 8) و به دو الگوی اصلی پراکندگی شهری و تراکم شهری

تقسیم می‌شود (کاتی ویلیامز و همکاران، ۱۳۸۳:). از آنجا که شکل پراکندگی شهر یا گسترش افقی و ساخت و سازهای جدید در اطراف شهر، باعث آسیب‌های اجتماعی اقتصادی و تخریب منابع زیست محیطی در شهرها و اطراف آن‌ها گردیده است، در پژوهش حاضر ابعاد کمی و کیفی آن در کلانشهر تبریز مورد مطالعه قرار گرفته است. با توسعه شهر ممکن است بسیاری از زمین‌های قابل کشت مجاور شهرها برای ساختمان سازی استفاده شود. در چنین موقعیت‌هایی، کشاورزان اطراف شهر بر اثر چند برابر شدن قیمت زمین‌ها، به تولید محصول علاقه نشان نمی‌دهند (شکوئی، ۱۳۸۵: ۳۰۴-۳۰۳). این نوع از توسعه فیزیکی می‌تواند دلایل و ویژگی‌های زیادی با توجه به نقش، عملکرد و مدیریت شهری داشته و آن را پرهزینه و مساله ساز نماید که می‌توان به تراکم جمعیتی و ساختمانی کم، نسبت زیاد فضاهای رها شده و باز، قطعات تفکیکی بزرگ، افزایش نسبت اراضی عمومی به‌خصوصی، تک کاربری بـودن، عریض بودن شـبکه معابر، محدود بودن دسترسی‌ها به سایر نقاط شهری، افزایش مصرف انرژی، گسستگی در بخش‌های رشد یافته شهر و نبود تعاملات اجتماعی مردم اشاره کرد (رهنما، ۱۳۸۵: ۲۹)

مهم‌ترین دلایل پراکنش شهری که ناشی از تغییرات و توسعه کاربری اراضی شهری در اثر کاهش اراضی باغی و زراعی می‌باشد (Bhatta, 2010: 27).

هدف تحقیق حاضر، مشخص کردن روند توسعه کلانشهر تبریز و تأثیر آن بر زمین‌های کشاورزی و باغی می‌باشد تا با استفاده از نتایج این تحقیق راهکارهای کاهش پراکنش افقی کلانشهر تبریز مانند نظارت بیشتر بر محدوده‌های شهری، استفاده از شیوه‌های انبوه‌سازی و بلندمرتبه‌سازی (شهر فشرده)، استفاده از زمین‌های بایر و خالی موجود در داخل شهر (توسعه میان‌افزا)، هدایت سمت توسعه شهر در جهاتی غیر از زمین‌های کشاورزی در اولویت دستندرکاران مدیریت کلانشهر تبریز قرار گیرد.

پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بررسی گسترش شهرها بسیار مورد توجه بوده است، که به تعدادی از آن‌ها اشاره می شود.

کامیاب و همکاران، در پژوهشی تحت عنوان کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی توسعه شهری (مطالعه موردی: شهر گرگان) از مدل تبدیل کاربری/ پوشش زمین در قالب شبکه عصبی مصنوعی در ارتباط با GIS استفاده کرده و رشد شهری طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۱ مشخص نمودند (کامیاب و همکاران، ۱۳۹۰: ۸۹).

غلامعلی‌فرد و همکاران، در پژوهشی تحت عنوان کاربرد نمایه توافق کاپا در پایش تغییرات پوشش سرزمین سواحل استان بوشهر (دوره زمانی۱۳۹۰-۱۳۶۷) با استفاده از تحلیل طبقه‌بندی متقاطع و داده‌های ماهواره‌ای و ادامه روند کنونی را باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی و اجتماعی در آینده مناطق ساحلی استان بوشهر ارزیابی نمودند. (غلامعلی فرد و همکاران، ۱۳۹۱: ۶۳).

وکیلی و همکاران در پژوهشی تحت عنوان بررسی روند تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه نکا با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، با استفاده از تصاویر ماهواره ای سال ۱۹۷۷ میلادی سنجنده MSS و ۲۰۰۳ سنجنده +ETM ضرورت بروزرسانی قوانین حفاظت از جنگل‌ها و انطباق آن با شرایط فعلی کشور می‌تواند گام موثری در حفاظت از اراضی جنگلی در برابر توسعه شهری محسوب شود (وکیلی و همکاران، ۱۳۸۹: ۵۸۰).

مانومنی و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی تحت عنوان کاربرد سنجش از دور و GIS در کشف تغییرات ناحیه شهری به‌وسیله تصاویر چندزمانه با استفاده از سنجنده +ETM ۱۹۹۰ و IRS-LISS سال ۲۰۰۵ ناحیه شهری ویلی وکام هندوستان تغییرات کاربری منطقه یاد شده را استخراج نمودند و برای جلوگیری از فشار افزایش جمعیت بر کاهش اراضی کشاورزی کمک به اقتصاد کشاوزان منطقه با ترویج باغداری اقتصادی اشاره شده است (Manonmani et al, 2010: 60).

یانگ و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی تحت عنوان تشخیص تغییر پوشش زمین شهری از طریق نقشه برداری نفوذناپذیری زیر پیکسل با استفاده از داده‌های دورسنجی با استفاده از داده سنجنده لندست در سال های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۱ از غرب گرجستان به این نتیجه رسیدند استفاده از روش زیر پیکسل به همراه الگوریتم رگرسیونی در مقایسه با دیگر روش‌های

تشخیص تغییر (تفاضل باند، سهمیه‌بندی، تغییربردار، پس از طبقه‌بندی) به‌دلیل استفاده از شدت فضایی پیکسل‌ها نتایج بهتری را در استخراج شاخص‌هایی مانند جمعیت و حرارت به دست می‌دهد (Yang et al, 2003: 1003).

کارولینا و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی تحت عنوان رشد شهری کامپالا، اوگاندا: تحلیل الگو و توسعه سناریو با توجه به نرخ رشد سالانه ٪ ۵/۶ در شهر مذکور که باعث مشکلات اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی عمده‌ای برای ساکنان شهر شده، با استفاده از تصاویر لندست طی سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۵، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۰ نقشه توسعه شهری منطقه مورد مطالعه را استخراج نمودند (Karolien et al, 2012: 199).

گونگ و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی و پیش‌بینی امنیت زیست محیطی شهری بر اساس مدل اتوماتای سلولی: مطالعه موردی گوانگژو، چین، برای پیش بینی تغییرات امنیت زیست محیطی شهری به ارزیابی امنیتی زیست محیطی شهری در شهر گوانگژو طی دوره زمانی (۲۰۰۵–۱۹۹۰) پرداختند (Gong et al, 2009: 3612).

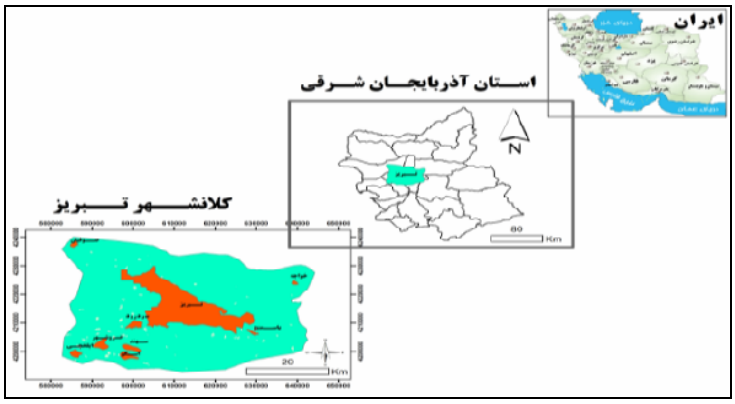
فیچیرا و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی تحت عنوان طبقه‌بندی و و تحلیل تشخیص تغییرات پوشش زمین با استفاده از تصاویر چندزمانه سنجش از راه دور و معیارهای چشم‌انداز در منطقه آولینو (جنوب ایتالیا) برای بررسی پویایی تغییرات پوشش زمین در طول پنجاه سال (۲۰۰۴– ۱۹۵۴)، مجموعه‌ای از تصاویر چندزمانه MSS ۱۹۷۵، ۱۹۸۵ و ۱۹۹۳ TM، ETM + 2004 و عکس‌های هوایی ۱۹۵۴ را مورد استفاده قرار داده و تغییرات پوشش زمین را به خصوص بعد از زلزله ایرپیانا در جهات جنوب غرب و شمال شرق مدل‌سازی نمودند. (Fichera et al, 2012: 1).

وبر و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی تحت عنوان فشار شهرنشینی و مدل‌سازی رشد شهری: نمونه‌ای از منطقه متروپولیتن تونس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای SpotSX طی دوره ۱۹۹۶–۱۹۸۶ با استفاده از مدلی تحت عنوان مدل بالقوه و درنظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی و حفظ اراضی کشاورزی نقشه‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای را کالیبره نموده و توسعه شهری را تا سال ۲۰۰۶ مدل‌سازی نمودند (Weber et al, 2003: 341).

در تحقیق حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و روش طبقه‌بندی شی‌گرا اقدام به مدل‌سازی توسعه فیزیکی کلانشهر تبریز کرده‌ایم که با عنایت به اینکه کلانشهر تبریز از تبریز و ۸ شهر اقماری تشکیل شده دید خوبی از روند تغییرات این منطقه شهری به‌دست می‌دهد. وجه تشابه تحقیق حاضر بررسی تغییرات حادث بر روی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چندزمانه می‌باشد و وجه تمایز آن استفاده از روش طبقه‌بندی شی‌گرا در استخراج کاربری‌ها، لحاظ دید سیستماتیک و سلسله‌مراتبی با در نظر گرفتن محدوده کلانشهر (شهر مادر و ۸ شهر اقماری)، ارتباط دادن کمی تغییر کاربری‌ها با آمار جمعیتی و پراکنش شهری می‌باشد.

شناخت منطقه

کلانشهر عنوانی است که در مورد شهرهای بزرگ و پرجمعیت به‌کار می‌رود. یک کلانشهر معمولاً از یک شهر مرکزی و تعدادی شهر اقماری تشکیل شده‌است. منطقه کلانشهری تبریز با ۲۲۰۷۱۲ هکتار شامل شهرهای تبریز، صوفیان، خواجه، باسمنج، سردرود، خسروشهر، سهند، ایلخچی، اسکو و سایر روستاهای محدوده‌اش می‌باشد. از شمال بـه شهرستان مرند و از جنوب بـه مراغه و از شرق به شبستر و از غرب بـه هریس منتهی می‌شود که ۴/۸۱ درصد کل وسعت استان آذربایجان شرقی در بر می‌گیرد (شکل ۱). تعداد جمعیت محدوده مورد مطالعه در سال ۱۳۵۵، ۶۴۷۵۴۲ نفر بوده که در سال ۱۳۹۰ با روند صعودی به ۱۶۱۵۳۳۶ نفر افزایش یافته و با عنایت به این روند ضرورت مدل‌سازی رشد شهری برای جلوگیری از رشد پراکنده شهری و تخریب اراضی مرغوب کشاورزی بیش از پیش احساس می شود (مهندسان مشاور زیستا، ۱۳۸۹ :۵).



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی کلانشهر تبریز

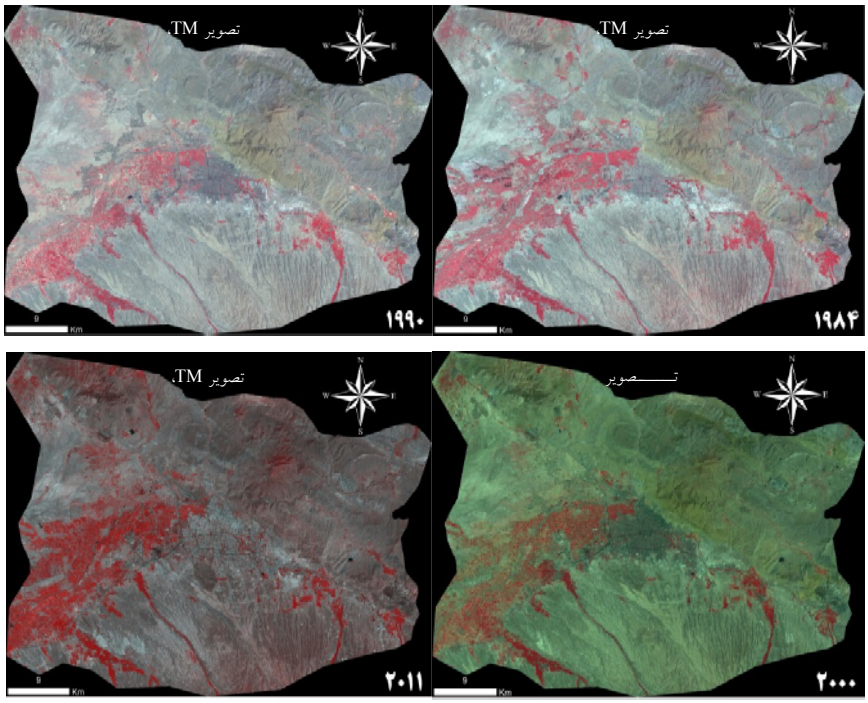
مواد و روش‌ها

برای رسیدن به اهداف اصلی مطالعه، تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه‌ای سنجنده TM و +ETM در تاریخ های ذکر شده در جدول شماره ۲ و شکل شماره ۳ از کلانشهر تبریز در فریم ۳۴–۱۶۸ انتخاب و به همراه نرم افزارهای Envi، Idrisi، eCognition و ArcGIS به‌کار گرفته شدند (جدول ۱ و شکل ۲).

جدول (۱) منابع اطلاعات موجود از انواع تصاویر ماهواره ای

سال تصاویر اخذ شده	سنجنده	قدرت تفکیک
۱۹۸۷/۶/۲۳	TM	۳۰ متر
۱۹۹۰/۰۸/۱۹	TM	۳۰ متر
۲۰۰۰/۰۷/۱۴	ETM+	۳۰ متر
۲۰۱۱/۰۶/۱۹	TM	۳۰ متر

زمین مرجع کردن تصاویر و تصحیحات ارتفاعی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با خطای RMS ۰/۴۲ پیکسل (در حد کم‌تر از نیم پیکسل) با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و تصحیحات اتمسفری بر پایه روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره با در نظر گرفتن تأثیر محدوده‌های آبی صورت گرفت.



شکل (۲) تغییرات بصری کلانشهر تبریز در سال‌های ۲۰۱۱-۱۹۸۴

ماخذ: نگارندگان بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱

با توجه به توانمندی تفکیک مطلوب کاربری‌ها در روند طبقه‌بندی تصاویر از روش تحلیل شیء گرای تصاویر استفاده شد که علاوه بر اطلاعات طیفی به اطلاعات مربوط به بافت، شکل و محتوا نیز استناد می گردد. (رسولی و محمودزاده، ۵۰:۱۳۸۹)

در روش سگمنت‌سازی FNEA، همگنی طیفی (hcolor) یک شی تصویری از مجموع انحراف معیار برای هر k باند تصویر (σk) که در وزن باندها (wk) ضرب می‌شود محاسبه می‌شود.

رابطه (۱)

$$h_{color} = \sum_{k} w_k . \sigma_k$$

در سگمنت‌سازی طیفی برای دخالت دادن اشکال بافتی تصاویر از محیط هندسی اشیا معیار همگنی شکلی (hshape) نیز محاسبه می‌شود که شامل دو معیار فشردگی و نرمی می‌باشد.

معیار انحراف فشردگی شکل (cpt) از نسبت طول حاشیه هندسی اشیا و ریشه دوم تعداد پیکسل‌ها (n) محاسبه می‌شود.

رابطه (۲)
$$cpt = \frac{l}{\sqrt{n}}$$

معیار نرمی- کوتاه‌ترین طول حاشیه اشیا _(smooth) از نسبت طول هندسی اشیا (l) به طول حاشیه (b) محاسبه می‌شود.

رابطه (۳)
$$smooth = \frac{l}{b}$$

معیار همگنی شکلی از ترکیب دو فاکتور بالا به شکل فرمول زیر بیان می شود.

رابطه (۴)
$$h_{shape} = w_{cpt}.h_{cpt} + (1 + w_{cpt}).h_{smooth}$$

برای کمک به مرحله بهینه‌سازی و کاهش دادن یکپارچه همگنی در فرایند سگمنت-سازی، در هر ترکیب جدا گانه یک شی تصویری با شی مجاور ترکیب می‌شود تا افزایش همگنی را در حداقل مشخص شده انجام گیرد.

بایستی دقت نمائیم که پارامتر مقیاس بزرگ اشیاء تصویری بزرگ‌تری را در سگمنت سازی تولید می‌کند. در نهایت برای سگمنت‌سازی چند مقیاسی از فرمول زیر برای تابع سگمنت‌سازی (Sf) استفاده می‌شود:

رابطه (۵)
$$S_f = w_{color}.h_{color} + (1 - w_{color}).h_{shape}, w_{color} \in [0.1], w_{shape} \in [0.1] w_{color} + w_{shape} = 1$$

در نهایت با تعریف اطلاعات برای کلاس‌های مختلف و تعریف شرایط طبقه‌بندی برای هر کدام از کلاس‌ها با تفکیک شیءهای نمونه‌های آموزشی طبقه‌بندی تصاویر انجام شده و ارزیابی صحت نتایج طبقه بندی، با استفاده از ماتریس خطای طبقه‌بندی به اتمام می‌رسد (Benz & Etal, 2004: 239).

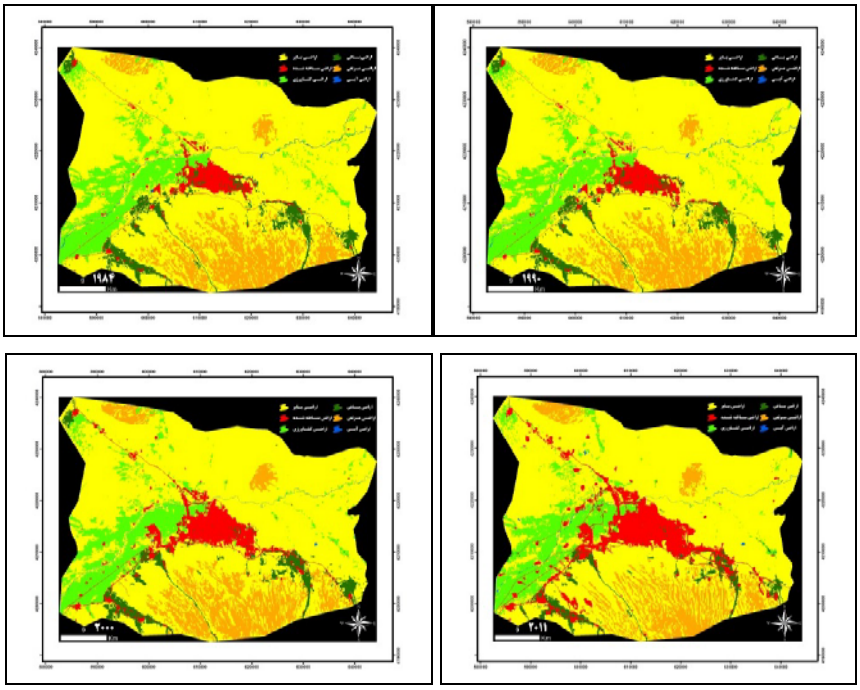
طبقه‌بندی تصاویر

در مطالعه حاضر با بررسی میدانی و برداشت نمونه های تعلیمی با GPS، با توجه به پراکنش کاربری‌ها از لحاظ پوشش و کاربری اراضی در محدوه کلانشهر تبریز شش کلاس کاربری به این شرح انتخاب شد: اراضی بایر، اراضی ساخته شده، اراضی کشاورزی، اراضی باغی، اراضی مرتعی، اراضی آبی (جدول ۲ و شکل ۳).

جدول (۲) تنظیم تصویر قبل از اجرای طبقه‌بندی

تنظیمات	TM 1984,TM1990, ETM+2000,TM2011
ترکیب باندی مناسب	۲-۳-۴
وزن باندها	۱-۳-۱
پارامتر مقیاس	۱۰
معیار همگنی شکل و فشردگی	معیارشکل ۰/۲، معیار فشردگی۰/۵

با همپوشانی نقاط تعلیمی و ایجاد تصاویر کاذب رنگی مختلف سعی گردید در انتخاب نمونه‌های آموزشی پراکندگی مناطق برداشت نمونه در تمام تصویر رعایت شود تا توزیع نمونه ها نرمال باشد. بعد از طبقه‌بندی تصاویر سال ۱۹۸۴، ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱ نقشه‌های رستری استخراج شده برای تولید نقشه نهایی تغییرات برداری شدند.



شکل (۳) کاربری زمین استخراج شده در سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۱

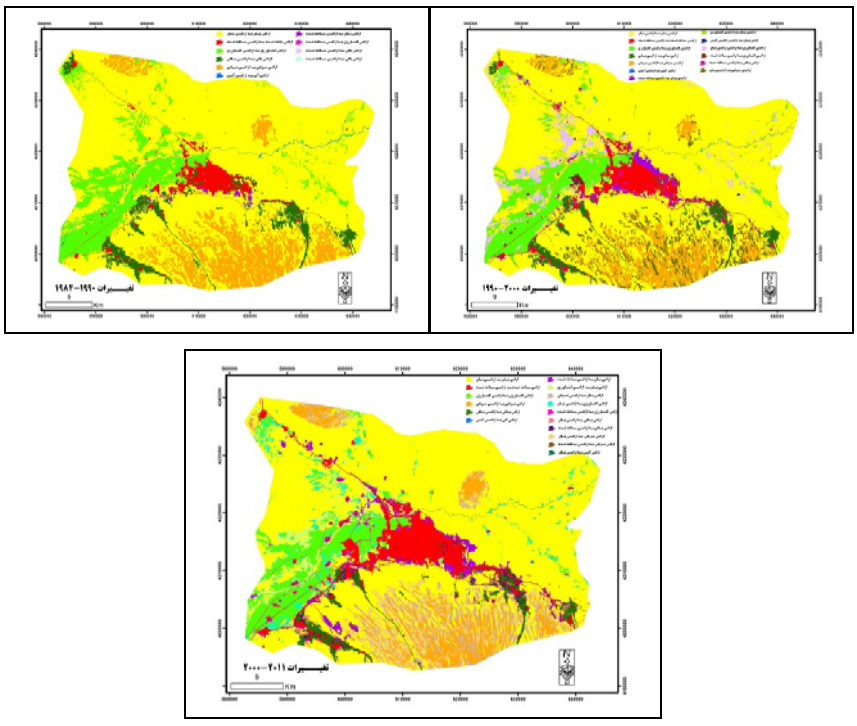
ماخذ: نگارندگان بر اساس پردازش تصاویر ماهواره ای سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱

یافته‌ها و بحث

توزیع فضایی تغییرات حادث شده در طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۱ در شکل (۴) نمایش داده شده است. در این نقشه‌ها با استفاده از تابع پیوند (Union) ۶ لایه اطلاعاتی طبقه‌بندی شده مربوط به کاربری‌های سال‌های۱۹۹۰-۱۹۸۴، ۲۰۰۰-۱۹۹۰ و ۲۰۱۱-۲۰۰۰ بر روی همدیگر همپوشانی شده‌اند. با بررسی نقشه‌ها و جداول تغییرات، موارد زیر در مورد میزان تغییرات در کاربری‌های مختلف به‌دست آمد:

بررسی‌اراضی ساخته شده با جداول و نقشه‌های تغییرات نشان می‌دهد که در طی دوره ۱۹۹۰-۱۹۸۴ کلاس اراضی ساخته شده با مساحت ۷۲۲۰/۳۴ هکتار در سال ۱۹۸۴ به

۸۰۰۰/۰۱ هکتار در سال ۱۹۹۰ افزایش پیدا کرده است. تغییرات حادث شده برای این کاربری در این دوره رقم ۱۰/۷۹ درصد می‌باشد، در طی دوره ۲۰۰۰ – ۱۹۹۰ کلاس اراضی ساخته شده با مساحت ۸۰۰۰/۰۱ هکتار در سال ۱۹۹۰ به ۱۴۰۲۷/۵۸ هکتار در سال ۲۰۰۰ افزایش پیدا کرده است. درصد تغییرات حادث شده رقم ۷۵/۳۴ درصد است، در طی دوره ۲۰۱۱–۲۰۰۰ کلاس اراضی ساخته شده با مساحت ۱۴۰۲۷/۵۸ هکتار در سال ۲۰۰۰ به ۲۲۳۴۶/۸۲ هکتار در سال ۲۰۱۱ افزایش پیدا کرده است. تغییرات حادث شده ۵۹/۳۰ درصد می‌باشد (جداول ۳ و ۴، شکل ۴).



شکل (۴) تغییرات کاربری کلانشهر تبریز بین سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۸۴، ۲۰۰۰-۱۹۹۰، ۲۰۱۱-۲۰۰۰

ماخذ: نگارندگان بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه

جدول (۳) تغییرات سطح کاربری اراضی ساخته شده و جمعیت کلانشهر تبریز واحد هکتار

سال	(1984)۱۳۶۳		(1990)۱۳۶۹		(2000)۱۳۷۹		(2011)۱۳۹۰	
شهر	جمعیت	مساحت	جمعیت	مساحت	جمعیت	مساحت	جمعیت	مساحت
تبریز	۸۹۶۷۸۱	۵۹۳۱/۹۹	۱۰۶۵۴۸۴	۶۸۵۱/۰۷	۱۲۷۳۸۵۰	۱۱۰۲۳/۹۷	۱۴۹۴۹۹۸	۱۵۵۸۹
باسمنج	۷۲۷۷	۳۲/۳۱	۸۰۶۶	۴۳/۰۲	۹۵۴۹	۱۱۱/۰۹	۱۱۱۹۰	۲۱۲/۲۶
سردرود	۱۳۲۷۲	۶۳/۰۹	۱۴۸۹۲	۸۶/۵۸	۱۹۸۸۳	۱۴۳/۲۵	۲۶۸۵۶	۲۴۳/۶۷
خسروشهر	۹۲۸۵	۱۲۵/۸۲	۱۰۶۷۲	۱۲۶/۶۳	۱۲۴۷۲	۲۳۵/۷۷	۱۲۴۴۷	۴۲۶/۱۱
صوفیان	۶۲۶۱	۱۲۳/۹۳	۷۴۳۳	۱۲۳/۹۳	۸۴۷۴	۱۴۵/۲۳	۹۱۲۶	۱۶۲/۹۵
خواجه	۳۶۷۹	۹/۵۴	۴۰۷۰	۹/۵۴	۳۹۶۹	۱۰/۵۳	۳۸۰۱	۳۶/۹۹
ایلخچي	۷۵۳۷	۸۰/۰۱	۹۰۹۶	۸۰/۱۹	۱۱۸۰۳	۱۶۶/۷۳	۱۵۲۳۱	۲۳۶/۷۷
اسکو	۱۳۲۱۸	۸۸/۱۱	۱۴۲۷۳	۸۸/۱۱	۱۵۱۳۵	۲۱۶/۶۳	۱۶۹۸۳	۴۲۸/۸۲
سهند	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۴۷۰۴	۵۷۹/۷۵

ماخذ: نگارندگان، بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۱۱-۱۹۸۴ و سرشماری مرکز آمار ایران

جدول (۴) مقایسه تغییرات کاربری و پوشش اراضی کلانشهر تبریز براساس تصاویر طبقه‌بندی شده واحد هکتار

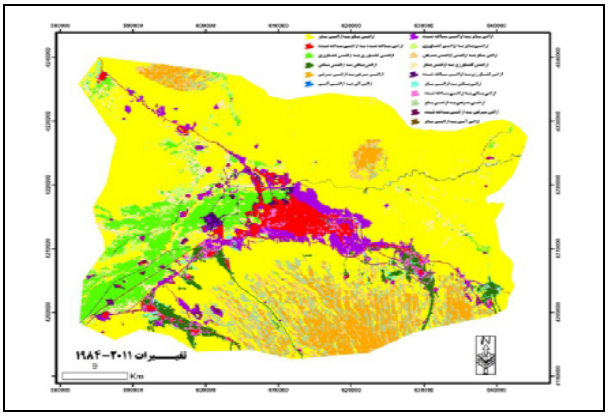
الف) ۱۹۹۰- ۱۹۸۴							
	اراضی بایر	اراضی ساخته شده	اراضی کشاورزی	اراضی باغی	اراضی مرتعی	اراضی آبی	مجموع کلاس‌ها
اراضی بایر	۱۵۰۸۱۲/۰۱	۰	۰	۱۴۳/۸۲	۷۷۸/۳۲	۰	۱۵۱۷۳۴/۱۵
اراضی‌ساخته‌شده	۶۷۳/۹۲	۷۲۲۰/۳۴	۱۴/۱۳	۸۹/۶۴	۰	۱/۹۸	۸۰۰۰/۰۱
اراضی کشاورزی	۰	۰	۲۵۳۵۵/۷۰	۰	۰	۰	۲۵۳۵۵/۷۰
اراضی باغی	۰	۰	۰	۱۰۰۰۹/۱۷	۰	۰	۱۰۰۰۹/۱۷
اراضی مرتعی	۴۷۶/۶۴	۰	۰	۰	۲۴۴۶۹/۸۳	۰	۲۴۹۴۶/۴۷
اراضی آبی	۰	۰	۰	۰	۰	۶۶۷/۲۶	۶۶۷/۲۶
مجموع کلاس‌ها	۱۵۱۹۶۲/۵۷	۷۲۲۰/۳۴	۲۵۳۶۹/۸۳	۱۰۲۴۲/۶۳	۲۵۲۴۸/۱۵	۶۶۹/۲۴	۰
تغییرات کلاس	۱۱۵۰/۵۶	۰	۱۴/۱۳	۲۳۳/۴۶	۷۷۸/۳۲	۱/۹۸	۰
تفریق تصاویر	-۲۲۸/۴۲	۷۷۹/۶۷	-۱۴/۱۳	-۲۳۳/۴۶	-۳۰۱/۶۸	-۱/۹۸	۰
ب) ۲۰۰۰- ۱۹۹۰							
	اراضی بایر	اراضی ساخته شده	اراضی- کشاورزی	اراضی باغی	اراضی مرتعی	اراضی آبی	مجموع کلاس‌ها
اراضی بایر	۱۳۱۲۲۲/۶۱	۰	۷۷۲۸/۲۱	۱۳۸۳/۷۵	۸۴۹۵/۳۷	۳۹۳/۵۷	۱۴۹۲۲۳/۵۱
اراضی‌ساخته‌شده	۴۰۹۹/۰۵	۷۹۹۹/۴۷	۸۰۵/۵۰	۱۱۰۳/۲۲	۱۳/۰۵	۷/۲۹	۱۴۰۲۷/۵۸
اراضی کشاورزی	۶۲۲۵/۵۷	۰	۱۶۶۰۳/۲۹	۳۱۲/۱۲	۴۴/۵۵	۷۳/۸۹	۲۳۲۵۹/۴۲

اراضی باغی	۱۷۵۸/۴۲	۰/۵۴	۱۴۲/۹۲	۷۱۰۸/۲۹	۸۴/۶۰	۰/۰۹	۹۰۹۴/۸۶
اراضی مرتعی	۸۲۳۱/۳۱	۰	۲۹/۱۶	۱۰۱/۴۳	۱۶۳۰۸/۰۹	۰	۲۴۶۶۹/۹۹
اراضی آبی	۱۹۷/۱۹	۰	۴۶/۶۲	۰/۳۶	۰/۸۱	۱۹۲/۴۲	۴۳۷/۴۰
مجموع کلاس‌ها	۱۵۱۷۳۴/۱۵	۸۰۰۰/۰۱	۲۵۳۵۵/۷۰	۱۰۰۰۹/۱۷	۲۴۹۴۶/۴۷	۶۶۷/۲۶	۰
تغییرات کلاس	۲۰۵۱۱/۵۴	۰/۵۴	۸۷۵۲/۴۱	۲۹۰۰/۸۸	۸۶۳۸/۳۸	۴۷۴/۸۴	۰
تفریق تصاویر	-۲۵۱۰/۶۴	۶۰۲۷/۵۷	-۲۰۹۶/۲۸	-۹۱۴/۳۱	-۲۷۶/۴۸	-۲۲۹/۸۶	۰

ج) ۲۰۱۱- ۲۰۰۰

	اراضی بایر	**اراضی ساخته شده**	**اراضی کشاورزی**	**اراضی باغی**	**اراضی مرتعی**	**اراضی آبی**	**مجموع کلاس‌ها**
اراضی بایر	۱۲۸۹۱۱/۵۰	۰	۵۵۰۸/۹۰	۱۸۴۸/۲۴	۱۰۶۷۴/۰۹	۱۰۹/۲۶	۱۴۷۰۵۲
اراضی‌ساخته‌شده	۵۶۳۳/۷۳	۱۴۰۲۷/۵۸	۱۱۷۲/۷۰	۱۳۸۸/۴۳	۹۷/۰۲	۲۷/۳۶	۲۲۳۴۶/۸۲
اراضی کشاورزی	۵۹۴۰/۱۸	۰	۱۵۹۷۷/۹۷	۴۶۱/۷۹	۲۶/۲۸	۸۲/۸۰	۲۲۴۸۹/۰۲
اراضی باغی	۷۵۵/۱۹	۰	۴۴۸/۵۶	۵۳۴۲/۳۱	۱۰۳/۰۵	۴/۳۲	۶۶۵۳/۴۳
اراضی مرتعی	۷۶۶۱/۰۷	۰	۱۰۱/۳۴	۵۲/۰۲	۱۳۷۶۸/۷۴	۰/۶۳	۲۱۵۸۳/۸۰
اراضی آبی	۳۲۱/۸۴	۰	۴۹/۹۵	۲/۰۷	۰/۸۱	۲۱۳/۰۳	۵۸۷/۷۰
مجموع کلاس‌ها	۱۴۹۲۲۳/۵۱	۱۴۰۲۷/۵۸	۲۳۲۵۹/۴۲	۹۰۹۴/۸۶	۲۴۶۶۹/۹۹	۴۳۷/۴۰	۰
تغییرات کلاس	۲۰۳۱۲/۰۱	۰	۷۲۸۱/۴۵	۳۷۵۲/۵۵	۱۰۹۰۱/۲۵	۲۲۴/۳۷	۰
تفریق تصاویر	-۲۱۷۱/۵۲	۸۳۱۹/۲۴	-۷۷۰/۴۰	-۲۴۴۱/۴۳	-۳۰۸۶/۱۹	۱۵۰/۳۰	۰

ماخذ: نگارندگان بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه



شکل (۵) تغییرات کاربری اراضی کلانشهر تبریز بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۱

ماخذ: نگارندگان، بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۴-۲۰۱۱

جدول (۵) مقایسه تغییرات کاربری و پوشش اراضی براساس تصاویر طبقه بندی شده واحد هکتار

د) ۲۰۱۱- ۱۹۸۴							
	اراضی بایر	**اراضی ساخته شده**	**اراضی کشاورزی**	**اراضی باغی**	**اراضی مرتعی**	**اراضی آبی**	**مجموع کلاس‌ها**
اراضی بایر	۱۲۷۷۱۸	۰	۶۷۳۸/۵۷	۱۷۵۳/۲۹	۱۰۵۸۰/۷۶	۲۶۱/۳۶	۱۴۷۰۵۲
اراضی ساخته‌شده	۱۰۰۶۸/۸۴	۷۲۲۰/۳۴	۲۰۲۶/۸۹	۲۷۰۸/۰۱	۲۷۳/۳۳	۴۹/۴۱	۲۲۳۴۶/۸۲
اراضی کشاورزی	۵۷۰۳/۳۰	۰	۱۶۱۱۶/۷۵	۵۲۵/۸۷	۸/۱۹	۱۳۴/۹۱	۲۲۴۸۹/۰۲
اراضی باغی	۱۰۲۶/۴۵	۰	۳۲۴/۲۷	۵۱۸۹/۰۴	۱۰۶/۰۲	۷/۶۵	۶۶۵۳/۴۳
اراضی مرتعی	۷۱۵۱/۰۴	۰	۸۷/۴۸	۶۶/۱۵	۱۴۲۷۹/۱۳	۰	۲۱۵۸۳/۸۰
اراضی آبی	۲۹۴/۹۳	۰	۷۵/۸۷	۰/۲۷	۰/۷۲	۲۱۵/۹۱	۵۸۷/۷۰
مجموع کلاس‌ها	۱۵۱۹۶۲/۶	۷۲۲۰/۳۴	۲۵۳۶۹/۸۳	۱۰۲۴۲/۶۳	۲۵۲۴۸/۱۵	۶۶۹/۲۴	۰
تغییرات کلاس	۲۴۲۴۴/۵۶	۰	۹۲۵۳/۰۸	۵۰۵۳/۵۹	۱۰۹۶۹/۰۲	۴۵۳/۳۳	۰
تفریق تصاویر	-۴۹۱۰/۵۸	۱۵۱۲۶/۴۸	-۲۸۸۰/۸۱	-۳۵۸۹/۲۰	-۳۶۶۴/۳۵	-۸۱/۵۴	۰

ماخذ: نگارندگان بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه

در خاتمه بررسی کلی تغییرات در منطقه در بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۱ نیز انجام گرفت که تغییرات روی داده در اراضی منطقه این‌گونه می‌باشد که در طی دوره ۲۰۱۱ – ۱۹۸۴ کلاس اراضی بایر با مساحت ۱۵۱۹۶۲/۶ هکتار در سال ۱۹۸۴ به ۱۴۷۰۵۲ هکتار در سال۲۰۱۱ کاهش پیدا کرده است. اراضی ساخته شده که در سال ۱۹۸۴ حدود ۷۲۲۰/۳۴ هکتار بوده است در پایان دوره به ۲۲۳۴۶/۸۲ هکتار افزایش پیدا کرده است، اراضی کشاورزی با مساحت ۲۵۳۶۹/۸۳ هکتار در سال ۱۹۸۴ به ۲۲۴۸۹/۰۲ هکتار در سال۲۰۱۱ کاهش پیدا کرده است. اراضی باغی با مساحت ۱۰۲۴۲/۶۳ هکتار در سال ۱۹۸۴ به ۶۶۵۳/۴۳ هکتار در سال۲۰۱۱ کاهش پیدا کرده است. اراضی مرتعی با مساحت ۲۵۲۴۸/۱۵ هکتار در سال ۱۹۸۴ به ۲۱۵۸۳/۸۰ هکتار در سال۲۰۱۱ کاهش پیدا کرده است. اراضی آبی با مساحت ۶۶۹/۲۴ هکتار در سال ۱۹۸۴ به ۵۸۷/۷۰ هکتار در سال ۲۰۱۱ کاهش پیدا کرده است (جدول ۵ و شکل ۵).

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM و +ETM در طی دوره ۲۷ ساله از سال ۱۳۶۳ تا ۱۹۹۰ در کلانشهر تبریز تغییرات کاربری اراضی با روش شی‌گرا و ماتریس CrossTab ارزیابی شده است. نتایج حاکی از آن است که منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۶۳ در حدود ۷۲۲۰/۳۴ هکتار کاربری اراضی ساخته شده داشته است که این مقدار در سال ۱۳۹۰ به حدود ۲۲۳۴۶/۸۲ هکتار افزایش یافته است. با توجه به این‌که جمعیت کلانشهر تبریز (تبریز، شهرهای اقماری) در سال ۱۳۶۳ نزدیک به ۹۵۷۳۱۰ نفر بوده و در سال ۱۳۹۰ به ۱۶۱۵۳۳۶نفر رسیده است، مقایسه تغییرات درصد مساحت نسبت به درصد تغییرات جمعیت در کلانشهر تبریز بین سال های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ نشان می‌دهد تغییرات مساحت شهرهای کلانشهر تبریز خیلی سریع‌تر از تغییرات جمعیت شهرهای کلانشهر تبریز می‌باشد. این مساله باعث چند برابر شدن مساحت شهرهای کلانشهر شده در حالی که طی این دوره آماری جمعیت شهرهای مجموعه از چنان رشدی برخوردار نبوده و مسأله شدت پراکنش شهری را می‌توان در رشد نامنظم شهرهای مجموعه در بستر اراضی باغی اطراف شهرها مشاهده نمود. این مساله به خصوص در شهرهای تبریز، سردرود، ایلخچی، خسروشهر و اسکو باعث رشد گسسته شهرها شده و به قابلیت اکولوژیکی آن‌ها آسیب شدیدی وارد کرده است. تراکم در شهر تبریز به‌عنوان شهر مرکزی در طی همین سال از ۱۵۱ نفر در هکتار به ۹۶ کاهش یافته است. کاهش تراکم یکی از عواملی است که منجر به پدیده پراکنش شهری و به‌تبع آن تغییرات کاربری‌ها شده است. این مساله در کاهش اراضی باغی و کشاورزی به میزان ۶۴۷۰/۰۱ هکتار و در نتیجه گسترش افقی می‌باشد. مقایسه تغییرات درصد مساحت نسبت به درصد تغییرات جمعیت در کلانشهر تبریز بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ نشان می‌دهد تغییرات مساحت شهرهای کلانشهر تبریز خیلی سریع‌تر از تغییرات جمعیت شهرهای کلانشهر تبریز می‌باشد که از مغفول ماندن رعایت اصل تراکم ساختمانی نسبت به تراکم جمعیت مـی‌باشد با بهره‌گیری از رشد هوشمند و فشرده‌سازی مناطق ایمن شهرهای کلانشهر تبریز می‌توان اقدامات مفیدی در راستای کاهش تغییرات

کاربری اراضی و از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغات انجام داد. در واقع بی‌توجهی به ضوابط و مقررات گسترش کالبدی فضایی شهر در سال‌های اخیر، به‌خصوص ۳۰ سال گذشته، مایه نابودی اراضی کشاورزی یا تبدیل عامدانه آن‌ها به کاربری بایر شهری و سپس به کاربری‌های ساخته شده، گردیده است. با مشخص شدن نوع الگوی توسعه کلانشهر تبریز و تأثیر آن بر زمین‌های کشاورزی، پیشنهاد می‌شود به‌منظور کاهش پراکنش افقی این شهر و در نتیجه کاهش مشکلات ناشی از آن نظارت بیش‌تر بر محدوده‌های شهری، استفاده از شیوه‌های انبوه‌سازی و بلندمرتبه‌سازی (شهر فشرده)، استفاده از زمین‌های بایر و خالی موجود در داخل شهر (توسعه میان‌افزا)، هدایت سمت توسعه شهر در جهاتی غیر از زمین‌های کشاورزی در اولویت دست‌اندرکاران مدیریت کلانشهر تبریز باشد. در تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود مناطق مستعد توسعه کلانشهر تبریز با روش‌های چندمتغیره شناسایی شود تا شاهد صرفه‌جویی در هزینه‌های زیرساختی، اتلاف انرژی، عدالت اجتماعی و مدیریت کارآمد شهری در کلانشهر تبریز باشیم. بنابراین راهکار افزایش فشردگی کالبدی و استفاده از شیوه‌های مربوط به آن به‌منظور هدایت توسعه کلانشهر تبریز به سمت پایداری بیشتر، باید در دستور کار برنامه‌ریزان و متولیان امور شهری قرار گیرد. با توجه به عدم ملحوظ شدن ملاحظات زیست محیطی در فرایند تهیه طرح‌های توسعه شهری و هم‌چنین مکانیابی کاربری‌های شهری ارزیابی توان زیست محیطی و قابلیت‌سنجی اراضی در منطقه کلانشهری تبریز جهت مکانیابی بهینه کاربری‌های شهری جزو ضروری‌ترین امور می‌باشد. با توجه بـه اجـتناب‌ناپذیر بودن امر تـغییرات کاربری اراضی زراعی- باغی و بایر به کاربری‌های شهری بایستی تمهیدات لازم در زمینه ممانعت از تغییرات کاربری اراضی مناسب زراعی و باغی به‌کاربری‌های دیگر اندیشیده شده و حتی‌الامکان توسعه آتی شهر در اراضی با تناسب اراضی زراعی کم‌تر مکانیابی گردند. نگارندگان جهت تحقق توسعه آتی کلانشهر مطابق اصول اکولوژیک در حال مطالعه و ارزیابی توان اکولوژیکی کلانشهر تبریز با سلول‌های خودکار و تحلیل‌های چندمعیاره می‌باشند.

منابع

ـ بحرینی، حسین (۱۳۶۸)، «تهران چگونه شهری است و چه باید باشد؟»، ***مجله محیط شناسی***، شماره ۱۵: ویژه‌نامه تهران.

ـ رسولی، علی اکبر؛ محمودزاده، حسن (۱۳۸۹)، «***مبانی سنجش از دور دانش پایه***»، انتشارات علمیران؛ چاپ اول. ۱۹۲.

ـ رهنما، محمدرحیم؛ عباس‌زاده، غلامرضا (۱۳۸۵)، «مطالعه تطبیقی سنجش درجه پراکنش/ فشردگی در کلانشهرهای سیدنی و مشهد»، ***فصلنامه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای***، شماره ۶

ـ شکوئی، حسین (۱۳۸۳)؛ «***دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری***»؛ سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی؛ تهران.

ـ غلامعلی‌فرد، مهدی؛ جورابیان شوشتری، شریف؛ حسینی کهنوج، سیدحمزه؛ بالی، علی؛ دلشب، حسین؛ معین، حسین (۱۳۹۱)، «کاربرد نمایه توافق کاپا در پایش تغییرات پوشش سرزمین سواحل استان بوشهر (دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۶۷)»، ***فصلنامه اقیانوس‌شناسی***، شماره ۴، زمستان ۸۹.

ـ کامیاب، حمیدرضا؛ ماهینی عبدالرسول، سلمان؛ حسینی، سیدمحسن؛ غلامعلی‌فرد، مهدی (۱۳۹۰)، «کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مدلسازی توسعه شهری (مطالعه موردی:شهر گرگان)»، ***فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی***، شماره ۷۶، تابستان ۹۰.

ـ مختاری احمد؛ کاوه‌زاده ناهید؛ شنبه دستجردی، فرزاد (۱۳۸۵)؛ «بررسی تاثیر خشکسالی بر تغییرات پوشش گیاهی و فضای سبز شهر اصفهان با استفاده از داده‌های چندزمانه TM و ETM+ ماهواره لندست»، ***فصلنامه پژوهش در علوم کشاورزی***، شماره۲(۱):۲۵-۳۶.

ـ مهندسان مشاور معماری و شهرسازی زیستا (۱۳۸۳)، «طرح مجموعه شهری تبریز»، وزارت مسکن و شهرسازی، سازمان مسکن و شهرسازی استان آذربایجان شرقی.

ـ وکیلی، مهرناز؛ موسوی، سیدرمضان؛ شکری، مریم؛ صفائیان، نصرت‌اله؛ شاملو، رضا (۱۳۸۹)، «بررسی روند تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه نکا با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای»، ***مجله مرتع***، شماره ۱۲، زمستان ۹۱.

ـ ویلیامز، کاتی؛ برتون، الزابت؛ جنکنز، مایک (۱۳۸۳)، ***«دستیابی به شکل پایدار شهری (شکل پایداری و حمل و نقل)***، ترجمه واراز مرادی مسیحی، شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری، تهران.

-Anderson, W.P; Kanaroglou, P.S; Miller, E.J (1996), "Urban form, energy and the environment: a review of issues, evidence and policy", ***Urban Studies,*** 33(1), 7-35.

-Benz, U.C., Hoffmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I. & Heynen, M. (2004), "Multi-resolution, objectoriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information", ISPRS ***Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,*** 58: 239-258.

-Bhatta, B. (2010), "Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing", ***Data Springer***, London; p 191.

-Bogart, W. (2009), "***Don't Call It Sprawl: Metropolitan Structure in the 21st Century***", New York: Cambridge University Press; 2006. 196 pp

-C. Weber, A. Puissant (2003), "Urbanization pressure and modeling of urban growth: example of the Tunis Metropolitan Are"a, ***Journal of Remote Sensing of Environment***, No. 86. pp. 341-352.

-Fichera, Carmelo Riccardo; Modica, Giuseppe; Pollino, Maurizio (2012), "Land Cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics", ***European Journal of Remote Sensing***, Volume 45, pp. 1-18.

-Jian-zhou Gong, Yan-sui Liu, Bei-cheng Xia, Guan-wei Zhao. (2009), "Urban ecological security assessment and forecasting, based on a cellular automata model: A case study of Guangzhou", China, ***Journal of Ecological Modelling***, No. 220. pp. 3612-3620.

-Limin. Yang; George. Xian Jacqueline M; Klaver, Brian. Deal. (2003), "Urban Land-Cover Change Detection through Sub-Pixel Imperviousness MappingUsing Remotely Sensed Data", ***Journal of Photogrammetric Engineering & Remote Sensing***, No. 9. pp. 1003-1010.

-Manonmani, R; Mary Divya Suganya, G. (2010), "Remote Sensing and GIS Application In Change Detection Study In Urban Zone Using Multi Temporal Satellite", ***International Journal of Geometrics and Geosciences***, Volume 1, No. 1, pp. 60-65.

-Rafiee, Reza; Abdolrassoul Salman Mahiny, Nematolah Khorasani, Ali Asghar Darvishsefat, Afshin Danekar (2009), "Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM)", ***Journal of Cities***. No 26. pp. 19-26.

-Sudhira, H.S; Ramachandra, T.V (2007), "Characterising Urban Sprawl from Remote Sensing Data and Using Landscape Metrics", 10th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Iguassu Falls, PR Brazil, July 11–13.

-Vermeiren Karolien; Van Rompaey Anton; Loopmans Maarten; Serwajja Eria; Mukwaya Paul. (2012), "Urban growth of Kampala, Uganda: Pattern analysis and scenario development", ***Journal of Landscape and Urban Planning***, No. 106. pp. 199-206.

-X.M. Li, R.B. Xiao; S.H.Yuan, J.An. Chen; J.X. Zhou. (2010), "Urban total ecological footprint forecasting by using radial basis function neural network: A case study of Wuhan city", China, ***Journal of Ecological Indicators***, No. 10. pp. 241-248.