

ارزیابی روش شبکه عصبی و طبقه بندی شیء گرا در استخراج تغییرات محدوده شهری

مطالعه موردی (شهر تبریز)

۱. شهرام روستایی ۲. محمد رضا نیکجو ۳. خلیل ولیزاده کامران ۴. سید علی علوی^۱

۱. دانشیار جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

۲. استادیار جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

۳. استادیار جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

۴. کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه تبریز

آشکارسازی و استخراج تغییرات یکی از کاربرد های عمده سنجش از دور و تصاویر ماهواره ای می باشد لازم به ذکر است که روشهای متعدد و گوناگونی برای آشکار سازی تغییرات و تحولات کاربری ها ارائه شده است. در این پژوهش به منظور ارزیابی دو روش شبکه ی عصبی و طبقه بندی شیء گرا در استخراج تغییرات در محدوده شهر تبریز از دو تصویر TM ۱۹۹۰ و ETM⁺ ۲۰۱۰ استفاده گردید. روش مقایسه پس از طبقه بندی (PCC) به عنوان روش پایه جهت استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی شهری استفاده شد.

نتایج بدست آمده حاکی از آن است که روش شیء گرا با دقت ۹۷٪ و روش شبکه ی عصبی با دقت ۹۶٪ به ترتیب بالاترین دقت را در طبقه بندی تصاویر دارا بودند. و در هر دو روش میزان تغییرات در کاربری های استخراج شده تا ۴۸٪ نیز بوده است. در بین کاربری ها بیشترین تغییر مربوط به تغییر کاربری بایر به کاربری ساخته شده حدود ۴۳۶۳ هکتار بود. و بیشترین تغییر کاربری پوشش گیاهی با مساحتی حدود ۱۱۶۳ هکتار به نفع اراضی ساخته شده بوده است. لازم به ذکر است که آمار استخراج شده از تغییرات کاربری اراضی شهری از هر دو روش تقریباً یکسان بوده است. ارزیابی بین این دو روش نشان داد که با توجه به محدودیت هایی از قبیل: سخت افزار با قدرت پردازشی بالا، نرم افزار ویژه و زمان بر بودن که روش شیء گرا با آن روبروست، روش شبکه ی عصبی در مجموع روش مناسب تری نسبت به روش شیء گرا است.

کلمات کلیدی: استخراج تغییرات، شبکه عصبی، طبقه بندی شیء گرا، PCC، شهر تبریز

مقدمه

امروزه شهرنشینی و تغییرات کاربری زمین از مهم ترین مسائل در سطح جهان هستند که توجه بیشتری را به خود معطوف کرده اند. مسأله تغییرات کاربری زمین در شهر از تعامل این دو موضوع اساسی نشأت می گیرد و در نتیجه شناخت ابعاد مسئله و تحلیل آن بسیار با اهمیت می باشد [1]. آشکار سازی و استخراج تغییرات^۱ یکی از کاربردهای عمده سنجش از دور^۲ می باشد. با استفاده از ویژگی تکراری بودن داده های سنجش از دوری زمانهای مختلف، امکان شناسایی و بررسی پدیده های متغیر و پویا در محیط وجود دارد. بر این اساس روشهای رقومی مختلفی جهت آشکار سازی تغییرات پدیده های سطح زمین در سنجش از دور توسعه داده شده است [2,3]. شناسایی و ارزیابی تغییرات اراضی از مهم ترین کاربردهای تلفیقی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. جدا از اینکه مدلسازی از تغییرات حاصل در طول زمان بسیار حائز اهمیت می باشد، به هنگام کردن نقشه های موجود از طریق فناوری سنجش از دور ضرورتی اجتناب ناپذیر محسوب می شود. در عین حال سیستم اطلاعات جغرافیایی^۴ نیز به عنوان بهترین ابزار در جهت تحلیل های کمی و مدلسازی در فرایند تغییرات به شمار می رود که از چندین دهه قبل محققین درصدد انجام آن بوده اند [4]. تقسیم بندی کاربری شهری و توزیع فضایی آن از داده های اساسی برای اهداف برنامه ریزی شهری به شمار می رود [9]. آشکار سازی تغییرات فرآیندی است که امکان مشاهده و تشخیص تفاوت ها و اختلافات سری زمانی پدیده ها، عارضه و الگوی سطح زمین را فراهم می کند. با توجه به نوع پدیده و ماهیت تغییرات، تکنیک های متعددی برای آشکار سازی تغییرات مورد استفاده قرار می گیرد. این تکنیک ها را می توان در دو گروه عمده طبقه بندی کرد [10]. آنهایی که براساس طبقه بندی طیفی داده های ماهواره ای عمل می کنند و آنهایی که بر پایه تغییرات رادیومتریک داده ها عمل می کنند. کلیه روش های آشکار سازی تغییرات دارای مزایا و محدودیت هایی هستند به گونه ای که نمی توان یک روش را به عنوان بهترین و یا کاربردی ترین آن برای تمام شرایط در نظر گرفت. پوشش طیفی داده ها، در دسترس بودن و کیفیت داده ها، پردازش های مورد نیاز، شرایط محیطی دانش و مهارت ارزیاب و زمان و هزینه از مهم ترین فاکتورهای مؤثر در گزینش تکنیک مناسب است [10]. مقایسه پس از طبقه بندی (PCC)^۵ یکی از رایج ترین روش ها جهت استخراج تغییرات می باشد [10,11]. طبقه بندی تصاویر رقومی^۶ ماهواره ای یکی از مهم ترین روش ها برای استخراج اطلاعات کاربری محسوب می شود. طبقه بندی تصاویر ماهواره ای با دو روش امکان پذیر است. روش پیکسل پایه^۷ که مبتنی بر طبقه بندی ارزش های عددی تصاویر می باشد و روش شیء گرا^۸ که

² . Change Detection

³ . Remote Sensing

⁴ . Geographic Information System

⁵ . Post Classification Comparison

⁶ . Digital Image Classification

⁷ . Pixel Base

⁸ . Object Oriented

علاوه بر ارزشهای عددی از اطلاعات مربوط به محتوا، بافت و زمینه نیز در فرایند طبقه بندی استفاده می کند[5].

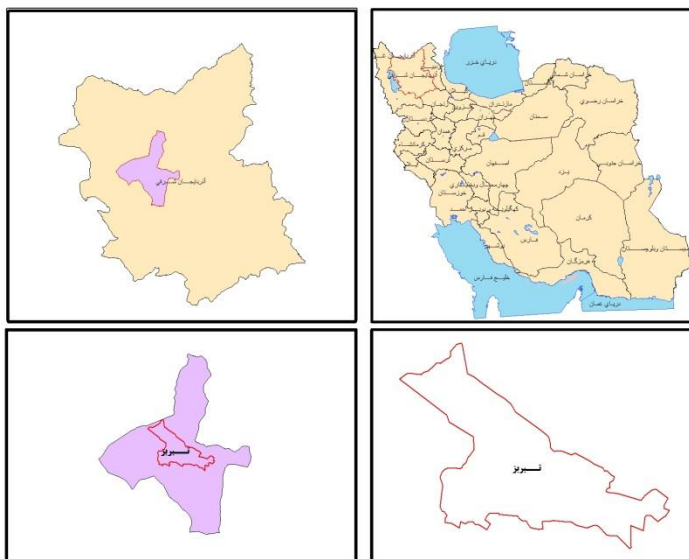
در این تحقیق از روش PCC برای انجام عملیات آشکارسازی تغییرات و براساس روش شبکه عصبی^۹ که به صورت طبقه بندی نوع اول و طبقه بندی شیء گرا که به صورت طبقه بندی نوع دوم است، استفاده گردید.

مادهوان و همکاران(۲۰۰۱)، از داده های ماهواره لندست TM و روش مقایسه پس از طبقه بندی برای تهیه نقشه طبقات اراضی شهری و ارزیابی تغییرات رخ داده در مناطق شهری بانکوک طی سالهای ۱۹۹۴-۱۹۹۸ استفاده کردند. نتایج آشکارسازی تغییرات نشان دهنده کاهش زمین های کشاورزی و افزایش مناطق شهری بوده است[12]. فیضی زاده(۱۳۸۶)، با استفاده از داده های ماهواره SPOT و TM و روش شیء گرا تغییرات رخ داده در شهرک اندیشه را در بین سالهای ۱۹۹۸-۲۰۰۵ مورد ارزیابی قرار داد. نتایج حاصل نشان دهنده افزایش قابل ملاحظه مناطق شهری بوده است[5]. حسینی (۱۳۸۴)، با استفاده از داده های ETM و TM و روش شبکه عصبی تغییرات رخ داده در شهرستان دزفول در بین سالهای ۱۹۹۱-۲۰۰۲ مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان داد که در استخراج کلاس پوشش گیاهی شبکه عصبی پس انتشار خطا کاربری بهتری نسبت به روش حداکثر احتمال برخوردار است[6].

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه محدوده شهری تبریز با وسعتی در حدود ۲۶۹۳۶ هکتار از نظر موقعیت جغرافیایی در بین طول جغرافیایی شرقی "۱۶' ۷' ۴۶" تا "۳۵' ۲۸' ۴۶" و عرض جغرافیایی شمالی "۳۰' ۵۹' ۳۷" تا "۴۴' ۱۲' ۰" قرار دارد و از نظر تقسیمات اداری و سیاسی در استان آذربایجان شرقی قرار دارد(شکل شماره ۱). ارتفاع منطقه از ۱۲۹۸ تا ۱۸۴۰ متر و کلیه شیب های بین صفر تا ۴۳ درجه و جهات جغرافیایی ۹ گانه در اراضی و ارتفاعات منطقه وجود دارد.

⁹ . Neural Network

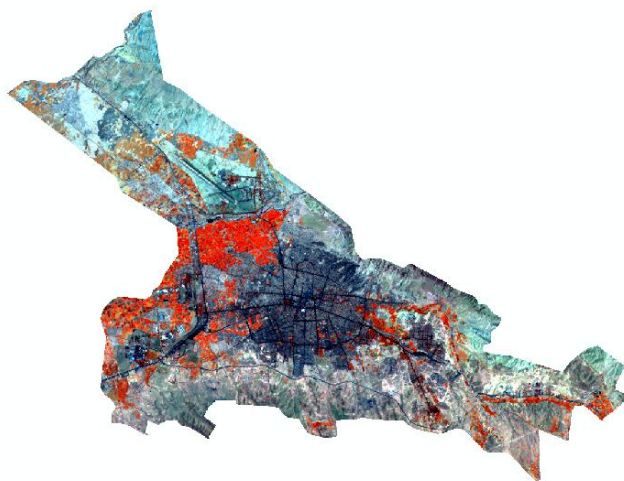


شکل شماره ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه

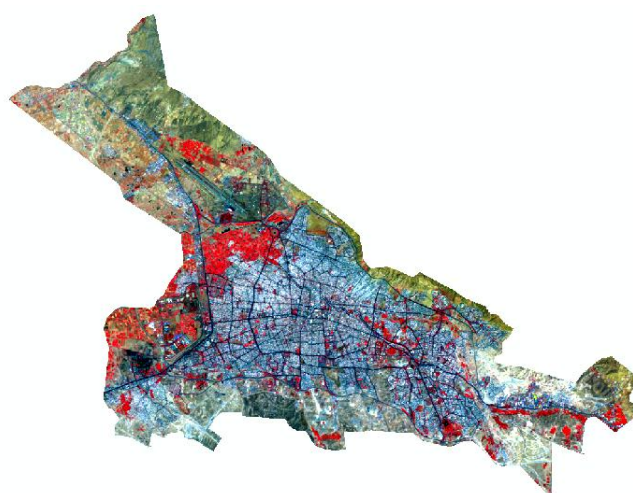
مواد و روش ها

در این پژوهش با توجه به هدف ارزیابی دو روش شبکه عصبی و شی گرا جهت استخراج تغییرات منطقه شهری از دو تصویر TM (اکتبر ۱۹۹۰) و ETM+ (سپتامبر ۲۰۱۰) استفاده گردید (شکل شماره ۳ و ۲).

همچنین از نرم افزار ENVI به منظور ارزیابی تغییرات به روش شبکه عصبی و از نرم افزار eCognition و Definiens جهت سگمنت سازی و طبقه بندی شی گرای تصاویر استفاده شد. جهت ارزیابی تغییرات به روش PCC و تولید نقشه های تغییرات کاربری شهری از نرم افزارهای ArcView و ARCGIS استفاده گردید.



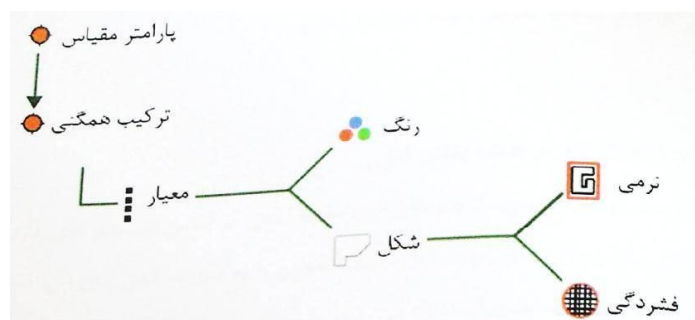
شکل شماره ۳: تصویر TM ۱۹۹۰



شکل شماره ۲: تصویر ETM+ ۲۰۱۰

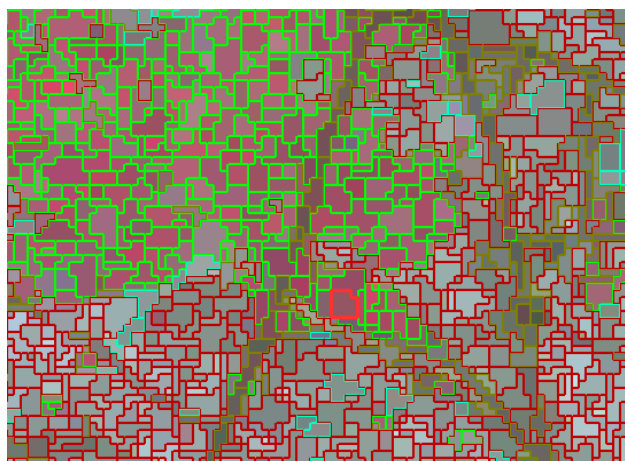
روش طبقه بندی شیء گرا:

در طبقه بندی شیء گرا تحلیل بر روی ارزشهای تک پیکسل نمی باشد بلکه بر روی گروهی از پیکسل ها که همگن باشند متمرکز می شود. هدف از بکارگیری این روش استخراج پدیده های همگن به لحاظ خصوصیات طیفی و مکانی و کاهش ناهمگن پدیده های موضوعی مورد نظر با سطوح مختلفی از سگمنت سازی^{۱۰} جهت انجام طبقه بندی نهایی می باشد [7]. در این روش اطلاعات بسیار زیادی می تواند براساس اشیاء تصویری استخراج شوند؛ غیر از تن، شکل، بافت، زمینه و از اطلاعاتی از سایر لایه های اشیاء استفاده می شود. استفاده از این اطلاعات منجر به تمایز معنایی بهتر و صحیح تر موجب ایجاد نتایج خاصی می شود (شکل شماره ۴).



شکل شماره ۴: معیارهای مختلف جهت سگمنت سازی

الگوی طبقه بندی شیء گرا به صورت گروهی از پیکسل های همگن از نظر خصوصیات طیفی و مکانی تعریف می شود که مقدم بر سگمنت سازی تصویر می باشد، بنابراین تحلیل تصویر در الگوی شیء گرا به صورت تحلیل تصویر در فضای شیء نسبت به فضای پیکسل می باشد و اشیاء نسبت به پیکسل ها می توانند به عنوان عنصر اولیه استفاده شوند (شکل شماره ۵).

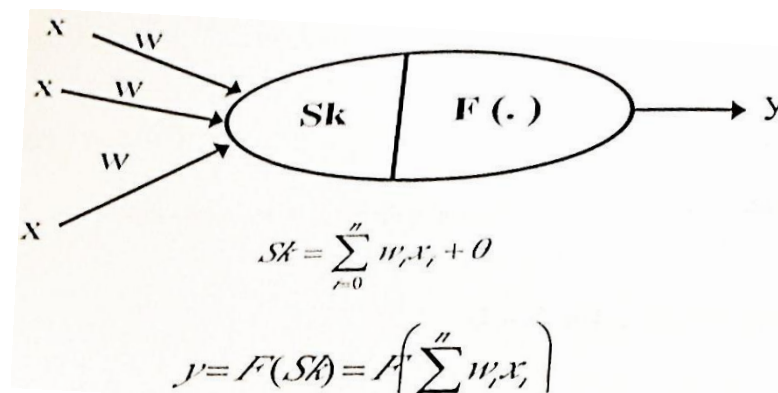


شکل شماره ۵: الگوی طبقه بندی شیء گرا (سگمنت)

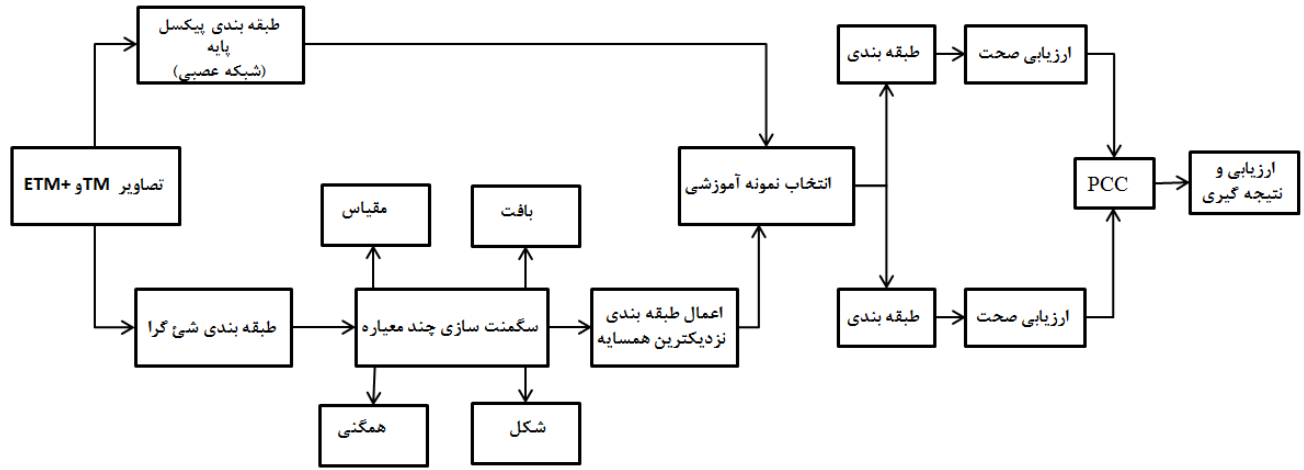


شبکه های عصبی مصنوعی بعنوان یکی از مولفه های هوش محاسباتی به جای اینکه به مقیاس اندازه گیری یا توزیع خاصی وابسته باشد، توابع مورد نظر را از دل داده ها استخراج می کنند و به همین دلیل در ترکیب داده های با منابع مختلف نیز موفق ترند [13]. حتی در مواقعی که فقط از داده های طیفی استفاده می شود نسبت به روش های آماری از انعطاف پذیری بالاتری برخوردارند. از نظریادگیری شبکه های عصبی مصنوعی در خانواده سیستم های خبره و روش های دانش پایه قرار می گیرند [14].

استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی در طبقه بندی تصاویر سنجش از دور به حدود سال ۱۹۸۸ [15] و در بارزسازی تغییرات در اواسط دهه ۱۹۹۰ [16] بر میگردد. ولی به هر حال اصول مورد استفاده در بارزسازی تغییرات همان اصول و طبقه بندی مبتنی بر شبکه های عصبی می باشد. شبکه عصبی مصنوعی، ساختاری است متشکل از تعدادی واحد (نرون مصنوعی) که در داخل شبکه به هم وصل شده اند. هر واحد دارای مشخصه ورودی/خروجی (I/O) می باشد که محاسبه و عمل جزئی را انجام می دهد. خروجی هر واحد با توجه به مشخصه ی ورودی خروجی آن، اتصالات درونی اش به سایر واحدها و ورودی های خارجی تعیین می گردد. از آنجا که آموزش دستی شبکه امکانپذیر است از این رو شبکه کارکرد کلی از یک حالت یا حالت هایی از آموزش شبکه را بدست می آورد. شبکه های عصبی متشکل از یک شبکه نیست بلکه خانواده ای متشکل از شبکه های گوناگون می باشد (شکل شماره ۶).



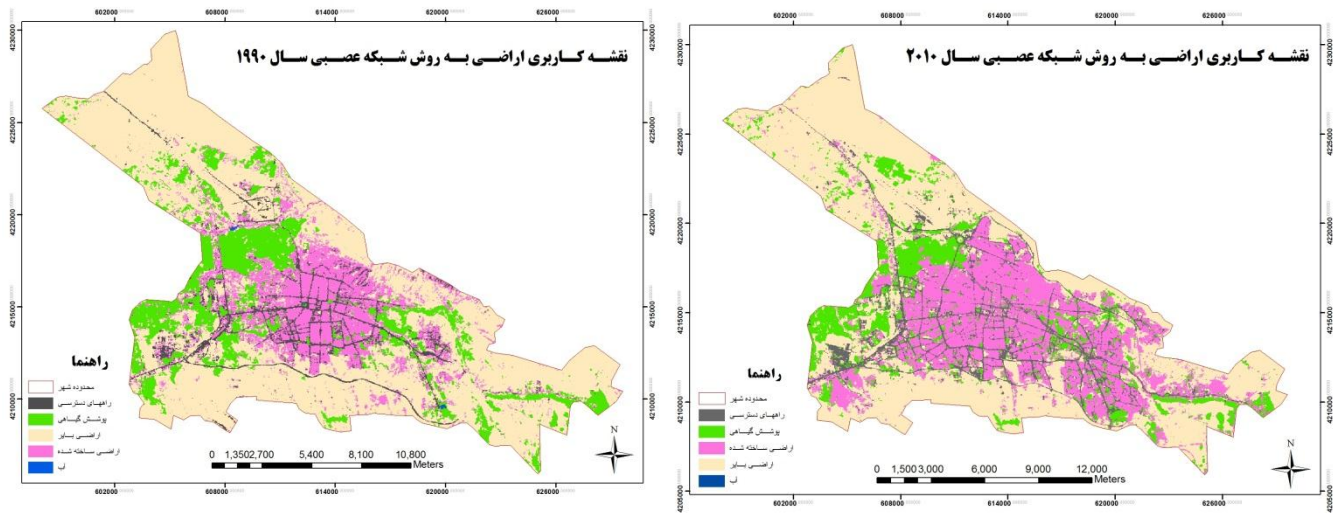
شکل شماره ۶: ساختار یک نرون و رابطه بین خروجی و ورودی آن



شکل شماره ۷: روند اجرای تحقیق بصورت شماتیک

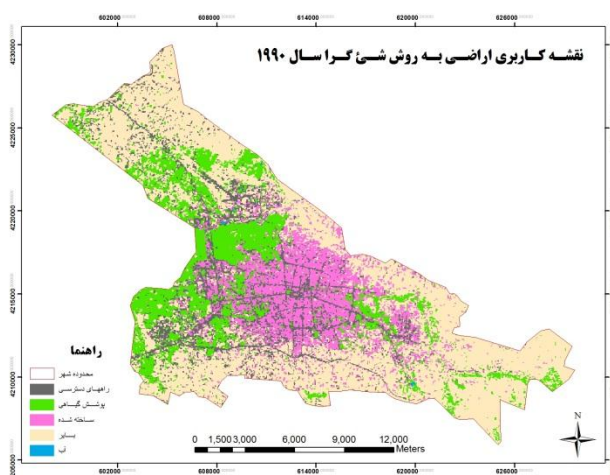
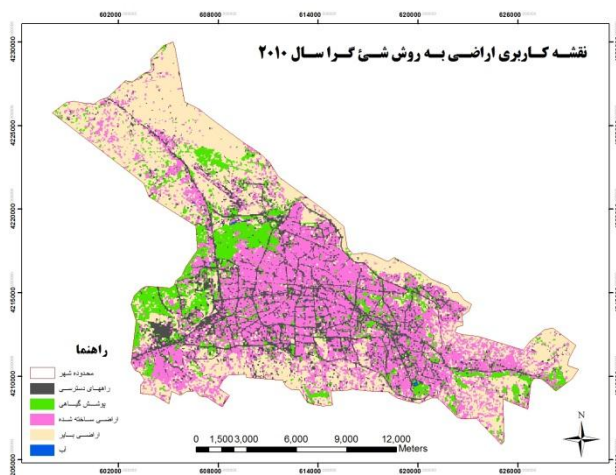
نتایج حاصل از طبقه بندی شیء گرا و شبکه عصبی

در این پژوهش به منظور ارزیابی دو روش مذکور ابتدا هر دو تصویر با روش شبکه عصبی مورد طبقه بندی قرار گرفت (شکل ۸ و ۹)، سپس تصاویر بار دیگر با روش شیء گرا طبقه بندی شدند (شکل ۱۰ و ۱۱).



شکل شماره ۹: نقشه کاربری شهری ۱۹۹۰ به روش شبکه عصبی

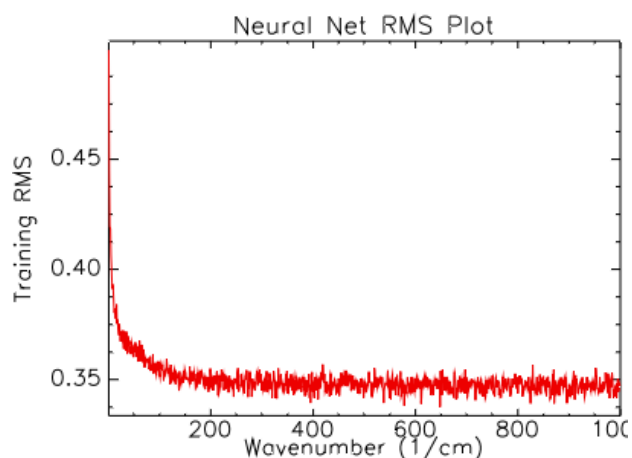
شکل شماره ۸: نقشه کاربری شهری ۲۰۱۰ به روش شبکه عصبی



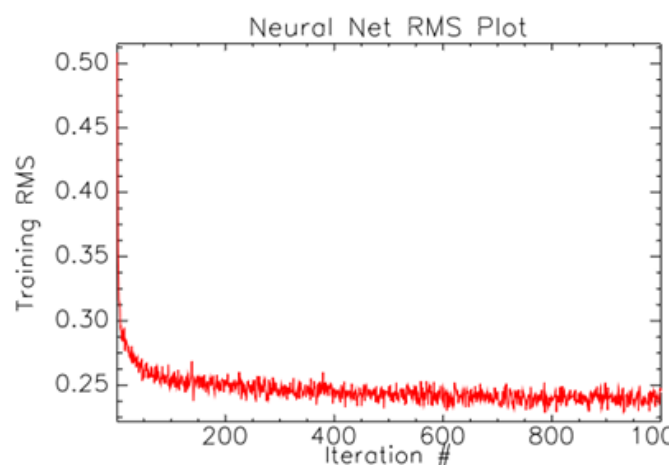
شکل شماره ۱۱: نقشه کاربری شهری ۱۹۹۰ به روش شی

شکل شماره ۱۰: نقشه کاربری شهری ۲۰۱۰ به روش شی گرا

در روش شی گرا پس از اعمال وزن مناسب براساس باندهای تصویر اقدام به سگمنت سازی شد که در آن پارامتر مقیاس ۳ انتخاب شد، معیار همگنی برای رنگ ۰.۸، شکل ۰.۲، معیار نرمی شکل ۰.۹ و فشردگی ۰.۱ در نظر گرفته شد و در روش شبکه عصبی از روش منطقی (محاسبه ای) ۱۱، آستانه و گشتاور^{۱۲} آموزشی ۰.۹ و تعداد تکرار آموزش ۱۰۰۰ استفاده گردید (شکل ۱۲ و ۱۳).



شکل ۱۳: پلات خطای آموزش شبکه عصبی تصویر TM



شکل ۱۲: پلات خطای آموزش شبکه عصبی تصویر ETM⁺

¹¹ . Logistic

¹² .Momentum

ارزیابی صحت طبقه بندی

به منظور ارزیابی صحت طبقه بندی دو روش مورد استفاده پس از انجام هر دو نوع طبقه بندی با استفاده از نقاط کنترل زمینی اقدام به ارزیابی دقت هر کدام از الگوریتم های مربوط شد. ماترس خطا، ضریب کاپا و دقت کلی هر یک از روشها در جداول ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ ارائه شده است.

جدول شماره ۱: پارامترهای ارزیابی دقت طبقه بندی

روش شی گرا		روش شبکه عصبی		تصاویر
تصویر ETM ⁺ ۲۰۱۰	تصویر TM ۱۹۹۰	تصویر ETM ⁺ ۲۰۱۰	تصویر TM ۱۹۹۰	
۰.۹۷۲۶	۰.۹۳۳۱	۰.۹۳۹۲	۰.۸۸۹۶	ضریب کاپا
%۹۷.۹	%۹۶.۰۱	%۹۶.۳۴۹۲	%۹۵.۶۱۲۶	دقت کلی طبقه بندی

جدول شماره ۲: ماتریس خطای طبقه بندی کاربری شهری استخراج شده از تصویر TM ۱۹۹۰ به روش شبکه عصبی

پوشش گیاهی	راههای ارتباطی	اراضی ساخته شده	آب	اراضی بایر	کلاس
۰	۱۵	۳۱	۰	۱۵۸۰۳	اراضی بایر
۰	۰	۰	۳۷	۷	آب
۰	۳۷	۱۹۸۷	۰	۴۹۶	اراضی ساخته شده
۸	۳۵۰	۶۶	۰	۲۷۳	راههای ارتباطی
۲۱۷۷	۰	۰	۰	۱	پوشش گیاهی
۲۱۸۵	۴۰۲	۲۰۸۴	۳۷	۱۶۵۸۰	جمع کل

جدول شماره ۳: ماتریس خطای طبقه بندی کاربری شهری استخراج شده از تصویر ETM⁺ ۲۰۱۰ به روش شبکه عصبی

پوشش گیاهی	راههای ارتباطی	اراضی ساخته شده	آب	اراضی بایر	کلاس
۵	۸۵	۳۲۲	۳۲	۱۰۳۳۴	اراضی بایر
۰	۰	۰	۰	۰	آب
۲	۴۹	۴۳۰۴	۰	۲۵	اراضی ساخته شده
۰	۱۴۱۵	۱۳۱	۵	۱۷	راههای ارتباطی
۱۸۹۳	۵	۲	۰	۰	پوشش گیاهی
۱۹۰۰	۱۵۵۴	۴۷۵۹	۳۷	۱۰۳۷۶	جمع کل

جدول شماره ۴: ماتریس خطای طبقه بندی کاربری شهری استخراج شده از تصویر TM ۱۹۹۰ به روش شیء گرا

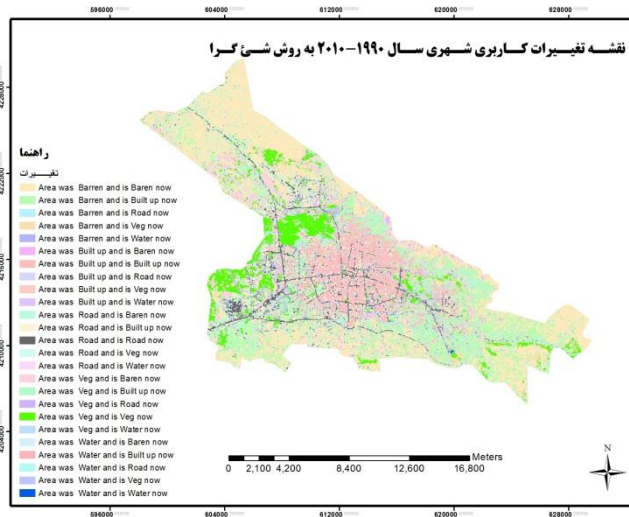
پوشش گیاهی	راههای ارتباطی	اراضی ساخته	آب	اراضی بایر	کلاس
۵	۱۳	۱۲	۰	۳۸۵	اراضی بایر
۰	۰	۰	۲۱	۰	آب
۲	۴۹	۲۷۷	۰	۷	اراضی ساخته
۰	۲۹۹	۱۰	۰	۲	راههای ارتباطی
۷۴۲	۲	۰	۰	۰	پوشش گیاهی
۷۴۹	۳۱۴	۲۹۹	۲۱	۳۹۴	جمع کل

جدول شماره ۵: ماتریس خطای طبقه بندی کاربری شهری استخراج شده از تصویر ETM⁺ ۲۰۱۰ به روش شیء گرا

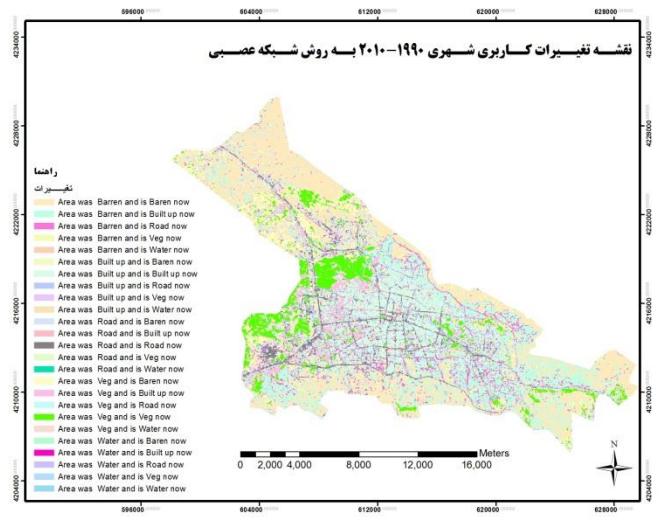
پوشش گیاهی	راههای ارتباطی	اراضی ساخته	آب	اراضی بایر	کلاس
۰	۶۸	۲۷	۰	۱۰۴۳	اراضی بایر
۰	۰	۰	۱۷	۰	آب
۷	۶۳	۱۴۹۰	۰	۳۰	اراضی ساخته
۰	۸۹۰	۱۸	۲	۹	راههای ارتباطی
۸۵۷	۵	۲	۰	۰	پوشش گیاهی
۸۶۴	۱۰۲۶	۱۲۶۷	۱۹	۱۰۸۴	جمع کل

آشکارسازی تغییرات

به منظور مشخص کردن تغییرات اراضی شهری در بین سالهای ۱۹۹۰-۲۰۱۰ از روش PCC استفاده شد. ابتدا نقشه های طبقه بندی شده در هر دو روش شبکه عصبی و شیء گرا مورد مقایسه قرار گرفتند و سپس نقشه تغییرات کاربری اراضی استخراج گردید (شکل ۱۴ و ۱۵). نتایج حاصل از استخراج تغییرات حاکی از آن است که در هر دو روش میزان تغییرات در کاربری های استخراج شده تا ۴۸٪ نیز بوده است. در بین کاربری ها بیشترین تغییر مربوط به تغییر کاربری بایر به کاربری ساخته شده حدود ۴۳۶۳ هکتار بود. و بیشترین تغییر کاربری پوشش گیاهی با مساحتی حدود ۱۱۶۳ هکتار به نفع اراضی ساخته شده بوده است. لازم به ذکر است که آمار استخراج شده از تغییرات کاربری اراضی شهری از هر دو روش تقریباً یکسان بوده است.



شکل ۱۵: نقشه تغییرات کاربری به روش شی گرا



شکل ۱۴: نقشه تغییرات کاربری به روش شبکه عصبی

نتیجه گیری

هدف از این پژوهش ارزیابی دو روش شبکه عصبی و طبقه بندس شی گرا جهت استخراج کاربری های شهری است. نتایج و مراحل پژوهش نشان داد که روش شی گرا به علت استفاده از معیار های متعدد نظیر بافت، همگنی، فاکتور شکل و فشردگی جهت طبقه بندی از صحت بالاتری نسبت به روش شبکه عصبی برخوردار است، لازم به ذکر است که روش شبکه عصبی با قابلیت آموزش شبکه قابلیت پایین آوردن خطای طبقه بندی را تا حد زیادی دارد تا جایی که خود را به دقت روش شی گرا نزدیک کند. باید توجه داشت که صحت بالای استخراج کاربری و بارسازی تغییرات تنها ملاک بهتر بودن یک روش نمی باشد بلکه فاکتورهایی از قبیل زمان صرف شده جهت تحلیل، دسترسی به نرم افزار، نیاز به کامپیوتر ها با هسته ی پردازشی متوسط و ... دیگر فاکتور هایی هستند که در بهتر بودن یک روش نیز مؤثرند. بنابراین علی رغم اینکه روش شی گرا از صحت بالاتری برخوردار است ولی نیاز به زمان بسیار زیاد جهت تحلیل، نرم افزار خاص و سخت افزار های با قدرت پردازش بالا نیز محدودیت هایی برای این روش به وجود آورده است لذا روش شبکه عصبی فارغ از محدودیت های فوق و دقت و صحت قابل قبول روشی مناسب تر نسبت به روش شی گرا است.

مانع و مآخذ

- ۱- حجازی، سمانه. (۱۳۸۸). تحلیل روند تغییرات کاربری زمین در حاشیه شهر در محدوده جنوب غربی تهران، پردیس هنرهای زیبا، دانشکده شهرسازی، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- ۲- رسولی، علی اکبر. (۱۳۸۷). مبانی سنجش از دور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره ای، انتشارات دانشگاه تبریز.

۳- ضیائیان، پرویز. (۱۳۸۶). آشکارسازی تغییرات مورفودینامیک با استفاده از داده های سنجش از دور و تحلیل مولفه های اصلی (PCA) و منطق فازی (FUZZY-LOGIC) مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان، پژوهش های جغرافیایی (۶۲)، ۵۳-۴۱.

۴- محمود زاده، حسن. (۱۳۸۳). کاربرد داده های ماهواره ای چندزمانه ای در محیط GIS با هدف بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر تبریز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

۵- فیضی زاده، بختیار، عزیزی حسین، ولیزاده کامران، خلیل. (۱۳۸۶)، استخراج کاربری شهر تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره ای ETM⁺ لندست ۷، مجله آمایش، شماره سوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر.

۶- حسینی، امین. (۱۳۸۶). بارزسازی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده های سنجش از دور براساس شبکه های عصبی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

۷- کرمی، جلال. (۱۳۸۱). طبقه بندی شیء گرای تصاویر ETM⁺ لندست منطقه ملایر بر مبنای شکل و اندازه در شبکه های عصبی و مصنوعی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.

- 8- Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Upper Saddle River, Prentice & Hall Pub., USA.
- 9- Manonmani, R. G.Mary Divya Suganya, (2010). *Remote Sensing and GIS Application In Change Detection Study In Urban Zone Using Multi Temporal Satellite*, Institute of Remote Sensing, Anna University, Chennai 600 025. *Int, J, Geomatics and Geosciences Vol.1, No 1.*
- 10- Lu, D., P. Mausel, E. Brondizio and E. Moran. (2004). *Change Detection Techniques. Intl. J. Remote sens. 25(12): 2365-2407.*
- 11- 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.*
- 12- 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.*
- 13- Atkinson, P.M. and Tatnall, A.R. 1997: *Neural networks in Remote Sensing. International Journal of Remote Sensing. Vol. 18(4):pp.699-709.*
- 14- Key, J.A. and Schweiger, A.J.1989: *Classification of Merged AVHRR and SMMR Arctic Data with neural networks. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol.55:pp.1331-1338.*
- 15- Paola, J.D. 1997: *The effects of Neural Network Structure on a Multi Spectral Land use/Land cover Classification. PE & RS. Vol.1 (63), No.5: pp.535-544.*
- 16- Gopal, S and Woodcock, c. 1996: *Remote sensing of forest change using Artificial Neural Network. IEEE Transactions of Geosciences and Remote Sensing. Vol.1.(34), No.2:pp.398-404.*