



\* سیدعلی علوی<sup>۱</sup>  
شهرام روستایی<sup>۲</sup>  
مریم یوسفی<sup>۳</sup>  
روح الله کیا<sup>۴</sup>

## آشکارسازی تغییرات کاربری شهری با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای بر مبنای شبکه عصبی ( مطالعه موردی : شهر تبریز )

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۵

### چکیده

شهر تبریز به‌عنوان بزرگ‌ترین کلان‌شهر شمال‌غرب کشور در سه دهه‌ی اخیر تغییرات و رشد قابل توجهی را به خود دیده است. پژوهش حاضر به آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهری این کلان‌شهر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در دسترس و با قدرت تفکیک مکانی متوسط (IRS LISS III و ETM+) پرداخته است. روش شبکه عصبی مصنوعی جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر مذکور استفاده و طبقات کاربری‌های اصلی شهری، پوشش گیاهی، اراضی ساخته شده، زمین‌های بایر، راه‌های ارتباطی و پهنه‌های آبی استخراج گردید. بدین منظور ابتدا با استفاده از الگوریتم پس انتشار خطا، شبکه عصبی طراحی و بر روی تصاویر قرار گرفت. سپس تصاویر طبقه‌بندی شد و در نهایت تصاویر با تکنیک PCC مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن است که اراضی ساخته شده در بازه زمانی ۲۰ ساله از میزان ۴۷۰۷ به ۸۳۲۲ هکتار و همچنین راه‌های ارتباطی از ۱۴۱۶ به ۳۱۲۸ هکتار افزایش و

E-mail: A.alavi88@tabrizu.ac.ir

\* ۱- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول).

۲- عضو هیات علمی گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.

۳- کارشناس ارشد محیط‌زیست، ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه بیرجند.

۴- کارشناس ارشد برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه شهید بهشتی.

پوشش گیاهی حدود ۹۳۷ و زمین‌های بایر به میزان ۴۳۷۹ هکتار کاهش داشته است. همچنین نتایج حاصل از عملکرد شبکه عصبی پس انتشار خطا نشان می‌دهد که استخراج تغییرات در کاربری‌های زمین‌های بایر، اراضی ساخته شده و راه‌های ارتباطی از دقت بالاتری برخوردار بوده است.

**کلید واژه‌ها:** آشکارسازی تغییرات، PCC، شبکه عصبی، الگوریتم پس از انتشار خطا، تبریز.

#### مقدمه

بررسی تغییرات کاربری‌های اراضی در مناطق شهری در طول زمان، اطلاعاتی راجع به نحوه گسترش و توسعه پارامترهای شهری و میزان آن جهت مدیریت و برنامه‌ریزی خرد و کلان در اختیار قرار می‌دهد. آشکارسازی و تشخیص تغییرات در بازه‌های زمانی مختلف در مورد مناطق شهری به‌عنوان اصلی‌ترین مکانی که در سراسر جهان دچار تغییر است از اهمیت بالاتری برخوردار است. زیرا در این مناطق، اراضی با کاربری‌ها و پوشش‌های مختلف در کنار یکدیگر قرار گرفته و این کاربری‌ها با سرعت بیش‌تری نسبت به سایر مناطق، در طول زمان تغییر کرده و به پوشش‌ها و کاربری‌های دیگری تبدیل می‌شوند. این تغییر کاربری‌ها بایستی به‌طور دقیق زمان کنترل شوند و علل و نتایج حاصل از آن‌ها نیز بررسی گردد. بررسی گسترش مناطق شهری که با استفاده از روش آشکارسازی و تشخیص تغییرات امکان‌پذیر است، اهمیت زیادی در برنامه‌ریزی‌ها و مدیریت شهری دارد. در این راستا استفاده از تصاویر ماهواره‌ای زمان‌های مختلف می‌تواند در نظارت دقیق، کارآمد و مفید از نظر اقتصادی به کار گرفته شود. آشکارسازی و استخراج تغییرات یکی از کاربردهای عمده سنسجش از دور می‌باشد. با استفاده از ویژگی تکراری بودن داده‌های دورسنجی زمان‌های مختلف، امکان شناسایی و بررسی پدیده‌های متغیر و پویا در محیط وجود دارد.

شهر تبریز به‌عنوان بزرگ‌ترین کلان‌شهر شمال‌غرب کشور در سه دهه‌ی اخیر شاهد تغییرات بسیار زیادی در میزان و نوع کاربری‌های شهری بوده است، لذا در این مقاله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و پردازش آن‌ها و سپس آشکارسازی تغییرات پس از طبقه‌بندی به مطالعه و بررسی این موضوع پرداخته شد. جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از روش شبکه عصبی به‌عنوان یکی از قابل توجه‌ترین روش‌های مورد استفاده در زمینه طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنسجش از دور استفاده گردید. تاکنون محققان زیادی از روش طبقه‌بندی تصاویر سنسجش از دور با شبکه عصبی و آشکارسازی تغییرات پس از طبقه‌بندی جهت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی بهره گرفته‌اند که از آن جمله می‌توان به مطالعات ذیل اشاره نمود: بنتم<sup>۵</sup> (۲۰۰۹: ۱۴)، در پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست و سنجنده TM و ETM<sup>+</sup> در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ و با استفاده از الگوریتم مقایسه بعد از طبقه‌بندی با متدهای نظارت شده و نظارت نشده اقدام به استخراج تغییرات نمود و صحت طبقه‌بندی را به‌ترتیب

۸۰ درصد و ۸۳ درصد به دست آورد و در نهایت نقشه کاربری اراضی را تولید نمود. حسینی اصل (۱۳۸۳: ۳۰)، با استفاده از داده‌های  $ETM^+$  و  $TM$ ، روش شبکه عصبی و حداکثر احتمال تغییرات رخ داده در شهرستان دزفول را بین سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۰۲ مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان داد که در استخراج کلاس پوشش گیاهی شبکه عصبی پس انتشار خطا از کاربرد بهتری نسبت به روش حداکثر احتمال برخوردار بوده است. مانونمانی<sup>۶</sup> (۲۰۱۰: ۱۶۲)، در پژوهش خود با استفاده از تصاویر  $ETM^+$  و  $IRS-LISS$  در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۵ به منظور کشف و شناسایی تغییرات کاربری شهری و ارتباط بین فعالیت‌های انسانی و تأثیر آن بر روی تغییرات زمین‌های شهری در منطقه ویلی واکام پژوهشی را صورت داد و به این نتیجه رسید که نواحی ساخته شده مسکونی حدود ۱۵/۸۳ درصد رشد داشته و از ۶۵۱۳ هکتار به ۹۳۰۰ افزایش یافته است. استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در طبقه‌بندی تصاویر سنجش از دور به حدود سال ۱۹۸۸ (پوالا<sup>۷</sup>، ۱۹۹۵: ۷۴-۷۷) و در بارزسازی تغییرات در اواسط دهه ۱۹۹۰ (گوپلا<sup>۸</sup>، ۱۹۹۶: ۳۹۸-۴۰۴) برمی‌گردد. ولی به هر حال اصول مورد استفاده در بارزسازی تغییرات همان اصول و طبقه‌بندی مبتنی بر شبکه‌های عصبی می‌باشد. شبکه عصبی مصنوعی، ساختاری است متشکل از تعدادی واحد (نرون مصنوعی) که در داخل شبکه به هم وصل شده‌اند. هر واحد دارای مشخصه ورودی/خروجی (I/O) می‌باشد که محاسبه و عمل جزیی را انجام می‌دهد. خروجی هر واحد با توجه به مشخصه ورودی آن، اتصالات درونی‌اش به سایر واحدهای ورودی‌های خارجی تعیین می‌گردد. به طور معمول سه نوع شبکه عصبی در سنجش از دور کاربرد دارد که شامل پرسپترون چند لایه<sup>۹</sup>، هاپفیلد و کوهنن می‌باشد (مانونمانی و همکاران<sup>۱۰</sup>، ۲۰۱۰: ۱۶۲)؛ اما در این بین پرسپترون چند لایه در مطالعات محیط‌زیست جهت مدل‌سازی و در سنجش از دور جهت طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر ماهواره‌ای (مایر و دندی<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۱: ۱۸) ساختاری کاربردی تلقی می‌گردد. پرسپترون چندلایه با الگوریتم آموزش پس انتشار خطا<sup>۱۲</sup> آموزش داده می‌شود. آنچه این مدل را از مدل‌های دیگر مجزا می‌سازد، فرآیندی است که به وسیله آن وزن‌ها در طول فاز آموزش شبکه محاسبه می‌شود. در شبکه‌های عصبی با وزن‌های قابل یادگیری دو مرحله وجود دارد: مرحله آموزش<sup>۱۳</sup> و مرحله فراخوانی<sup>۱۴</sup> (طبقه‌بندی): در مرحله اول داده‌های متشابه طبقه‌بندی کننده آماری وارد شبکه می‌شوند و شبکه آموزش داده می‌شود تا جایی که حداقل خطای مورد نظر بین ارزش‌های واقعی و خروجی مورد نظر شبکه به دست آورده شود. در مرحله فراخوانی شبکه به عنوان یک ساختار پیش‌رونده الگوی ورودی را دریافت و خروجی آن را تعیین می‌کند و طبقه‌بندی انجام می‌گیرد (حسینی، ۱۳۸۳: ۳۳).

6- Manonmani

7- Poala

8- Gopla

9- Multi-layer perceptron (MLP)

10- Mostapha et al

11- Maier and Dandy

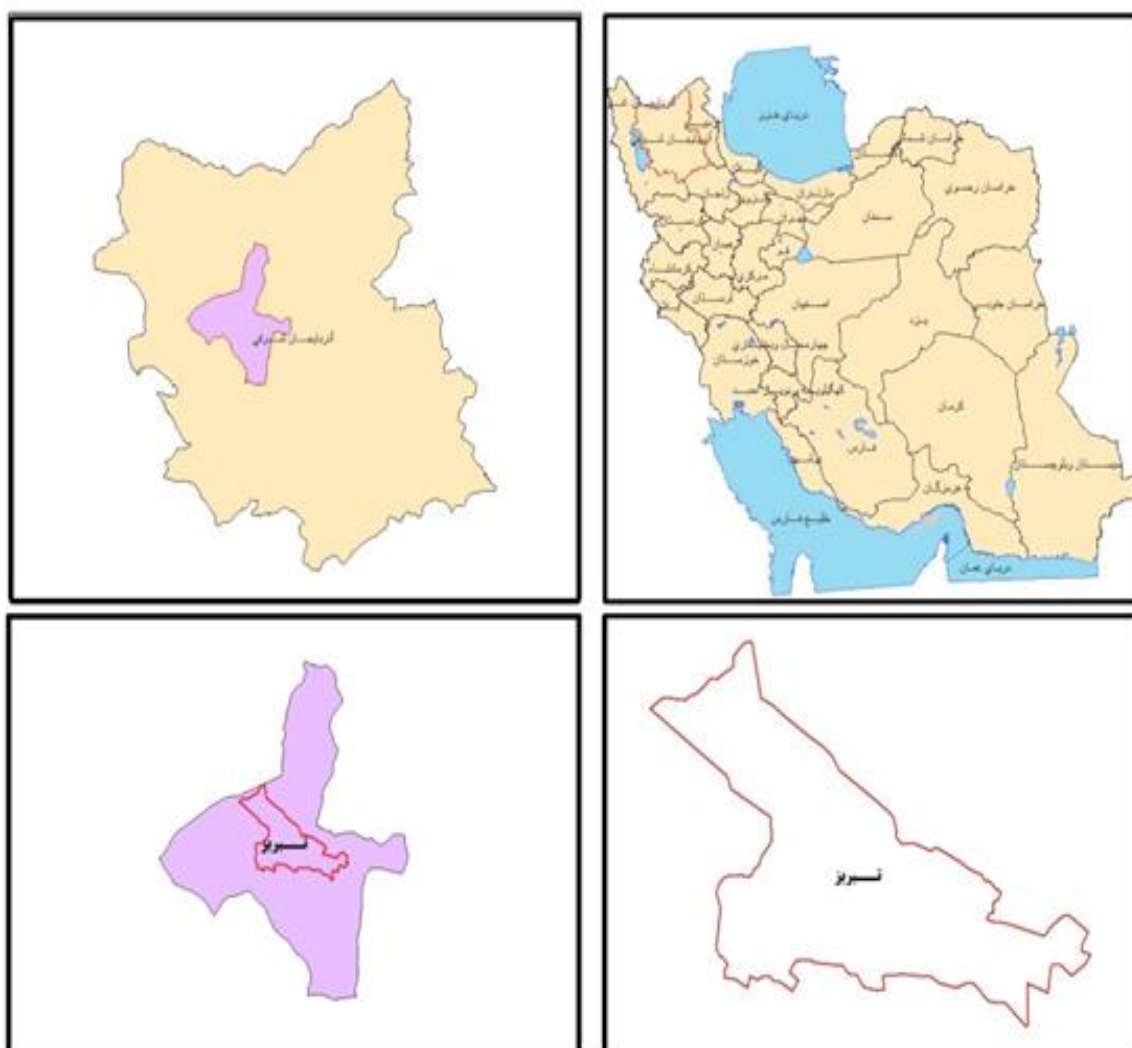
12- Back Propagation

13- Training

14- Feedback

## منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه محدوده شهری تبریز (شکل ۱) با وسعتی در حدود ۲۶۹۳۹ 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' ۳۸° قرار گرفته و از نظر تقسیمات اداری و سیاسی در استان آذربایجان شرقی قرار دارد. ارتفاع منطقه از ۱۲۹۸ تا ۱۶۴۰ متر متغیر و با توجه به نقشه‌های استخراج شده از مدل رقومی زمین کلیه شیب‌ها بین صفر تا ۴۳ درجه و جهات جغرافیایی ۹ گانه در اراضی و ارتفاعات منطقه وجود دارد.



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه

## مواد و روش‌ها

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش حاضر در (جدول ۱) ارائه شده است.

جدول ۱- تصاویر مورد استفاده

شماره	فریم	سنجنده	سال
۱	۱۶۸-۳۴	TM	۲۰ جولای (۱۹۹۰)
۲	۱۶۸-۳۴	ETM+	۱۲ ژوئن (۲۰۰۰) و ۲۴ جولای (۲۰۱۰)
۳	۶۴-۴۳-۱۵	IRS	۱۲ می (۲۰۰۵)

همچنین از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ که به منظور افزایش دقت تصحیحات هندسی، نقشه‌های کاربری شهری تهیه شده از طرح تفصیلی شهر تبریز جهت ارزیابی تغییرات رخ داده در منطقه مورد مطالعه، نقاط کنترل زمینی برداشت شده توسط GPS از منطقه جهت مقایسه و ارزیابی با نتایج حاصل از تحلیل تصاویر استفاده شد. نرم‌افزارهای ENVI 4.7 و PCI Geomatica 10 به منظور انجام مراحل مورد نیاز در تصحیحات هندسی؛ طبقه‌بندی و بارزسازی تغییرات، دستگاه GPS جهت برداشت نقاط کنترل زمینی و نرم‌افزار GIS شامل ArcView 2.3 و ArcGIS 10 به منظور ارزیابی تغییرات رخ داده و پیاده‌سازی تکنیک PCC استفاده گردید.

#### - پیش پردازش، تصحیحات هندسی

به منظور تحلیل و پردازش‌های مورد نظر در تصاویر مورد استفاده و به دلیل استفاده از تصاویر مختلف نیازمند به تصحیحات هندسی است. بدین منظور با استفاده از روش تصویر به تصویر<sup>۱۵</sup> با استفاده از تصویر مرجع ETM که از نظر تصحیحاتی قابل اعتمادترین تصویر است استفاده هر سه تصویر مورد تصحیح هندسی قرار گرفتند. لازم به ذکر است جهت اطمینان و بالا بردن تصحیح هندسی از لایه‌های کمکی توپوگرافی نیز استفاده شد. مجمع خطای مربعات نیز کم‌تر از یک پیکسل و عدد ۰/۲۵ محاسبه شد. پیش از طبقه‌بندی با نظارت تصاویر، بایستی داده‌های آموزشی<sup>۱۶</sup> به دقت تعیین شوند. انتخاب داده‌های آموزشی، مشکل‌ترین و بحرانی‌ترین قسمت روند طبقه‌بندی با نظارت می‌باشد (کتبی<sup>۱۷</sup>، ۲۰۰۶: ۱۰۸). این داده‌ها باید به نحوی انتخاب گردند که نماینده کلاسی باشند که به آن منصوب می‌شوند. با توجه به تفسیر بصری و شناخت از منطقه طبقات کاربری اراضی شامل آب، اراضی بایر، راه‌دسترسی، اراضی ساخته شده و پوشش گیاهی از روی تصاویر قابل تشخیص بوده و بدین ترتیب پنج کلاس کاربری جهت طبقه‌بندی تعیین و نمونه‌های آموزشی آن‌ها به دقت انتخاب گردید.

15- Image to Image Registration

16- Training data

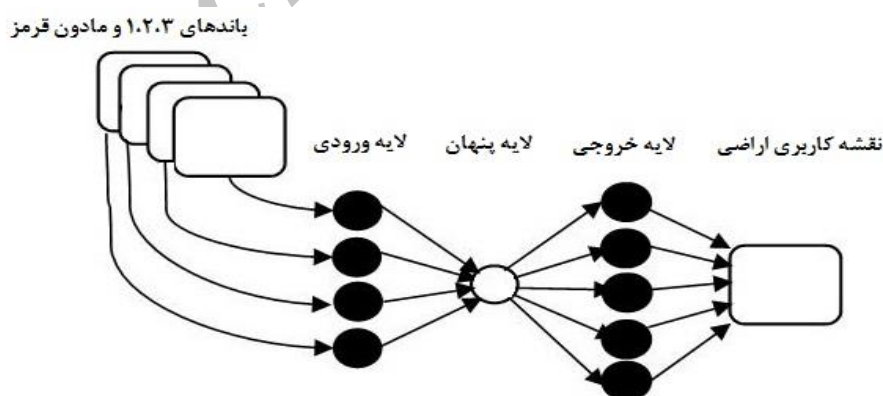
17- Cauty

## - طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

در این پژوهش از پرسپترون چند لایه‌ی شبکه عصبی مصنوعی جهت طبقه‌بندی با نظارت تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردید. در یادگیری با نظارت شبکه عصبی نمونه‌هایی از مقادیر ورودی و خروجی مورد نظر به‌عنوان نمونه‌های آموزشی انتخاب می‌شوند و در روند یادگیری، وزن‌های شبکه با یک میان خطای پیش‌بینی شده به خروجی مورد نظر نزدیک می‌شوند.

## - ساختار شبکه عصبی مصنوعی

ساختار شبکه عصبی با توجه به هدف مورد مطالعه متغیر می‌باشد (لیپمن<sup>۱۸</sup>، ۱۹۸۷: ۱۲). ساختار شبکه عصبی پرسپترون چند لایه شامل ورودی، خروجی و لایه پنهان می‌باشد. (شکل ۲) ساختار شبکه عصبی مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد. در این پژوهش ورودی شبکه باندهای تصاویر مورد استفاده در طبقه می‌باشد. خروجی شبکه دو پارامتر کدگذاری و استخراج کلاس را در بر می‌گیرد. معمول‌ترین روش کدگذاری کلاس‌های خروجی استفاده از یک گره خروجی برای هر کلاس پوشش زمین است. دو روش کدگذاری برای استخراج ارزش‌های خروجی معرفی شده است. روش اول کدگذاری باینری است که در آن برای ارائه  $M$  کلاس تعداد  $\text{Log}_2 m$  گره مورد نیاز است و نتیجه آن کاهش زمان آموزش است. روش دوم، کدگذاری دمایی است که در آن تعداد خروجی‌ها معادل تعداد کلاس‌هاست (بندیکسون<sup>۱۹</sup>، ۱۹۹۰: ۵۴۰-۵۵۱). به هر حال استفاده از یک گره خروجی منفرد برای هر کلاس، زمان آموزش در هر چرخه را کم‌تر می‌کند که در این پژوهش از این روش استفاده می‌شود.



شکل ۲: ساختار شبکه سه لایه‌ای در پردازش تصاویر چند طیفی

18- Lippmann

19- Benediktson

بعد از تعیین توپولوژی کل شبکه و داده‌های ورودی، پارامترهای شبکه عصبی که شامل نرخ یادگیری، گشتاور<sup>۲۰</sup>، میزان آستانه آموزش<sup>۲۱</sup> و تعداد لایه پنهان که از مهم‌ترین و اصلی‌ترین مشخصات و ویژگی‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی هستند، (لیپمن، ۱۹۸۷: ۲۱)، (کانلوپولوس<sup>۲۲</sup>، ۱۹۹۷: ۷۱۱)، (هپنر<sup>۲۳</sup>، ۱۹۹۰: ۴۶۹) تعیین گردید. بهترین مقادیر پارامترهای دخیل در شبکه که با آزمون و خطا به دست آمده و یا پیش فرض نرم‌افزار است به شرح ذیل می‌باشد:

آستانه یادگیری<sup>۲۴</sup>: سبب وزن‌های داخلی را برای سطح فعال‌سازی نرون‌ها تعیین می‌کند و برای تعدیل وزن داخلی نرون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعدیل وزن داخلی نرون‌ها می‌تواند منجر به طبقه‌بندی بهتر شده و برعکس. این پارامتر مقداری از ۰ تا ۱ می‌تواند داشته باشد. در این پژوهش مقدار ۰/۷ انتخاب گردید. نرخ آموزش<sup>۲۵</sup>: نرخ آموزش ارزش بین ۰ تا ۱ را به خود می‌گیرد. نرخ بالاتر سرعت آموزش را بالا می‌برد اما به نسبت ریسک ناهمگرایی و نوسان آموزش را بالا می‌برد مقدار ۰/۶ تعیین گردید.

گشتاور<sup>۲۶</sup> (شدت یادگیری): این پارامتر منجر به کاهش نوسانات می‌شود. بزرگ‌تر از صفر اجازه می‌دهد نرخ آموزش بالاتر بدون نوسان داشته باشیم. شبکه‌هایی با مقادیر مختلف مورد آزمون قرار گرفت و در نهایت ۰/۹ انتخاب گردید. میزان خطای RMS<sup>۲۷</sup>؛ ۰/۱ در نظر گرفته شده که در کم‌تر از آن آموزش متوقف خواهد شد. در نهایت تعداد لایه‌های پنهان<sup>۲۸</sup> به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای آخرین پارامتری است که برای طراحی شبکه مورد نیاز است. در صورت یکسان بودن منطقه در نوع کاربری اراضی، طبقه‌بندی خطی صورت می‌گیرد که در اینجا نیاز به تعریف لایه پنهان نیست در غیر این صورت طبقه‌بندی غیرخطی بوده و نیاز به حداقل یک گره پنهان است؛ بنابراین از یک لایه پنهان جهت ارتباط ورودی و خروجی شبکه استفاده شد (منهاج، ۱۳۷۹: ۷۷)، (البرزی، ۱۳۸۹: ۳۱).

تعداد تکرار نیز برای همه تصاویر ۱۰۰۰ تکرار بر اساس پیش فرض مدل در نظر گرفته شد. پس از طبقه‌بندی تصاویر به روش شبکه عصبی پلات خطای آموزش شبکه عصبی که نشان دهنده میزان آموزش و کاهش خطای شبکه است نیز استخراج گردید و همچنین یکسان‌سازی جداول توصیفی و تعریف سیستم مختصات یکسان به تصاویر طبقه‌بندی شده، این تصاویر در سال‌های متوالی با الگوریتم شبکه عصبی با تکنیک PCC مورد ارزیابی قرار گرفتند.

- 20- Momentum
- 21- Training Threshold Contribution
- 22- Kanellopoulos
- 23- Hepner
- 24- Training Threshold Contribution
- 25- Training Rate
- 26- Training Momentum
- 27- Training RMS Exit Criterion
- 28- Number of Hidden Layers

## - ارزیابی صحت

صحت طبقه‌بندی با مقایسه نمونه پیکسل‌های طبقه‌بندی شده با اطلاعات زمینی به‌دست می‌آید (لطفی<sup>۲۹</sup>، ۲۰۰۳: ۳۷). همچنین ارزیابی صحت، مشخص کننده کیفیت اطلاعات استخراج شده از داده‌های سنجش از دور می‌باشد. معمول‌ترین روش برای ارزیابی کمی دقت طبقه‌بندی انتخاب یک سری پیکسل‌های نمونه معلوم و مقایسه برچسب آن‌ها با نتایج طبقه‌بندی می‌باشد. در مطالعه حاضر با کمک نقشه‌های موجود و نیز نقاط برداشت زمین از سطح منطقه از پوشش‌های مختلف مورد نظر تعدادی ناحیه آزمایشی بر روی تصویر مشخص گردید. در این پژوهش به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی از سه شاخص ماتریس خطا، صحت کلی طبقه‌بندی و ضریب کاپا استفاده شد (ناولور<sup>۳۰</sup>، ۲۰۰۷: ۱۴۷).

- آشکارسازی تغییرات پس از طبقه‌بندی<sup>۳۱</sup>

در روش آشکارسازی تغییرات پس از طبقه‌بندی انواع کاربری‌های اراضی منطقه مورد مطالعه در تصاویر چند زمانی مورد استفاده، از طریق طبقه‌بندی تعیین شده و با مقایسه این تصاویر طبقه‌بندی شده، اطلاعات مربوط به تغییرات پوشش‌ها و کاربری‌ها در بازه زمانی مورد نظر قابل استخراج می‌باشد.

در روش تشخیص تغییرات پس از طبقه‌بندی، ابتدا تصاویر دو تاریخ توسط یکی از روش‌های طبقه‌بندی، طبقه‌بندی شده و سپس با استفاده از اطلاعات مربوط به پوشش‌ها و کاربری‌های اراضی تعیین شده در قسمت طبقه‌بندی، تغییرات مربوط به این پوشش‌ها و کاربری‌ها در طول بازه زمانی مورد نظر تعیین می‌شوند. بنابراین در این روش، می‌توان به اطلاعات تغییرات From → To منطقه نیز دست یافت. با توجه به این‌که با استفاده از این روش امکان تعیین تغییرات رخ داده در هر کلاس نسبت به کلاس دیگر وجود دارد، بنابراین روش آشکارسازی تغییرات در این پژوهش اعمال گردید.

## یافته‌ها و بحث

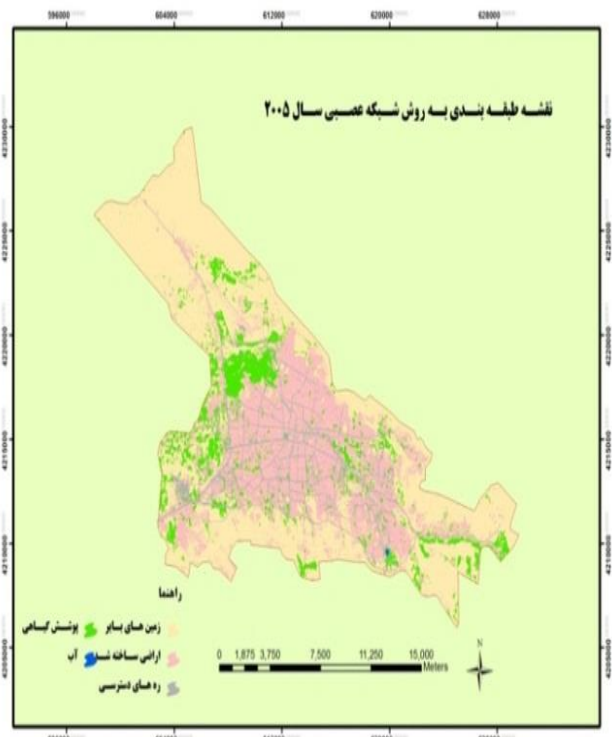
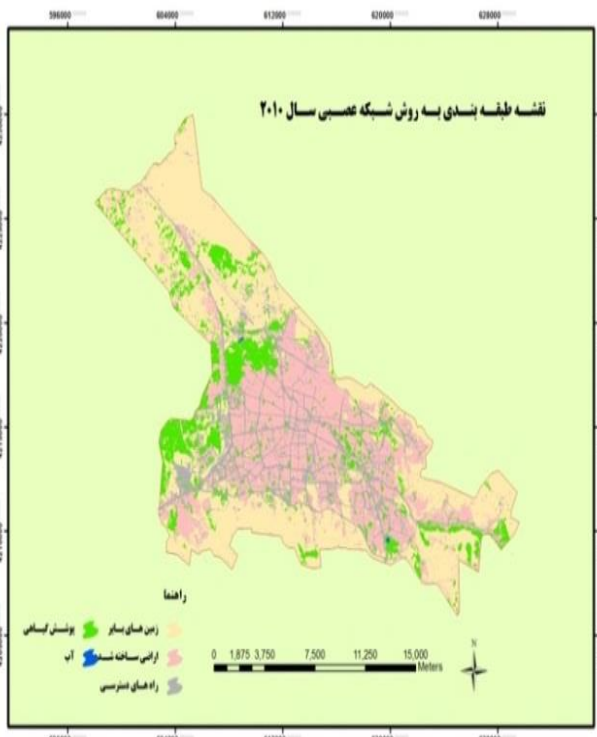
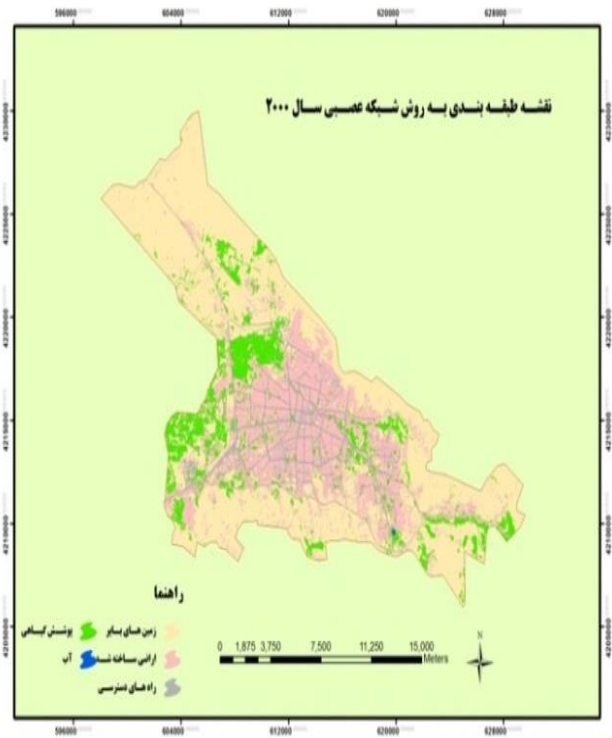
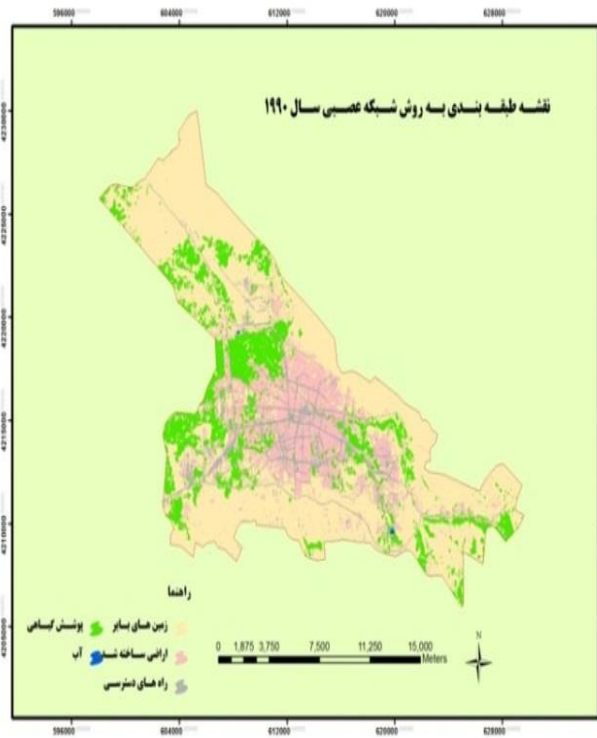
پس از طبقه‌بندی تصاویر به روش شبکه عصبی پلات خطای آموزش شبکه عصبی که نشان‌دهنده میزان آموزش و کاهش خطای شبکه است نیز استخراج گردید. (شکل ۴) پلات خطای آموزش شبکه برای تصاویر را نشان می‌دهد. (شکل ۳) نقشه‌های طبقه‌بندی سال‌های مختلف به روش شبکه عصبی را نشان می‌دهد.

29- Lutfi

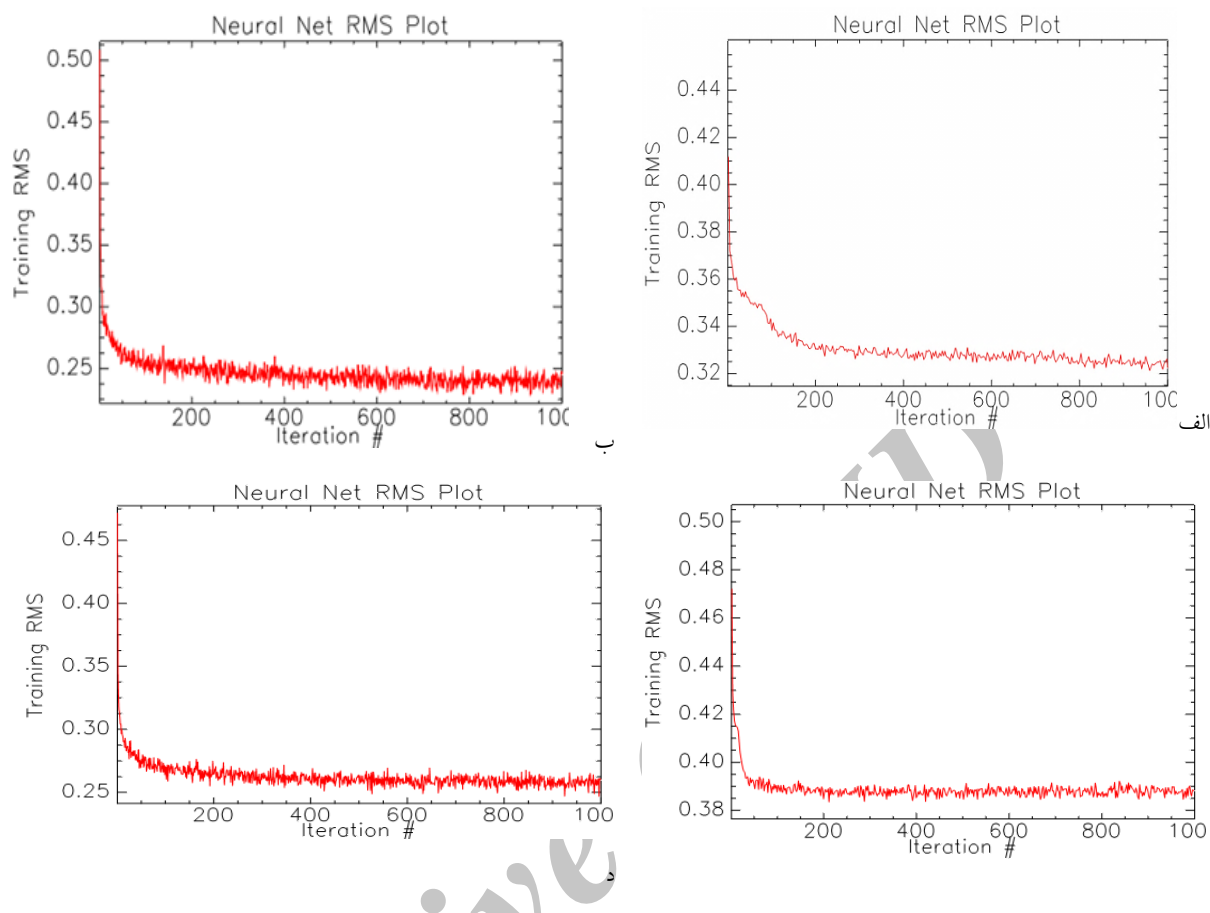
30- Navulur

31- Post Classification





شکل ۳: نقشه طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰



شکل ۴: الف: پلات خطای آموزش شبکه عصبی تصویر سال ۱۹۹۰، ب: ۲۰۰۰، ج: ۲۰۰۵ و د: ۲۰۱۰

(شکل ۴) نمودار خطای آموزش شبکه عصبی را در طبقه‌بندی تصاویر مذکور نشان می‌دهد. خطای آموزش در تصویر سال (۱۹۹۰) حدود ۰/۳۳، برای تصویر سال (۲۰۰۵) و (۲۰۰۰) برابر ۰/۲۵ و برای تصویر سال (۲۰۱۰) برابر ۰/۳۹ بوده است. تکرار در همه مدل‌ها برابر ۱۰۰۰ تکرار در نظر گرفته شد. ماتریس خطا به همراه ضریب کاپا و دقت کلی مربوط به این الگوریتم طبقه‌بندی کننده نیز در (جداول ۱ تا ۵) آورده شده است.

جدول ۱- نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی سال ۱۹۹۰

کلاس	راه‌های دسترسی	پوشش گیاهی	اراضی ساخته شده	اراضی بایر	آب
راه‌های دسترسی	۲۵۰۴	۵	۳۷۴	۵۲	۲
پوشش گیاهی	۲۵	۱۰۸۷۲	۱	۳	۰
اراضی ساخته شده	۸۷۳	۱۶	۵۸۵۶	۲۰۸	۰
اراضی بایر	۴۱۲	۶۸	۲۶۲	۲۴۷۸۲	۰
آب	۰	۰	۰	۰	۳۷
جمع کل	۳۸۱۴	۱۰۹۶۱	۶۴۹۳	۲۵۰۴۵	۳۹

جدول ۲- نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی سال (۲۰۰۰)

آب	اراضی بایر	اراضی ساخته شده	پوشش گیاهی	راه‌های دسترسی	کلاس
۲۱	۴	۴۰۱	۱۰	۲۹۳۱	راه‌های دسترسی
۰	۱۲	۲۵	۶۵۷۱	۲۸	پوشش گیاهی
۱	۶۱۹	۱۰۴۴۸	۱۶	۱۲۸۶	اراضی ساخته شده
۰	۲۴۱۲۷	۳۵۳	۲۸	۲۲۱	اراضی بایر
۴۰	۰	۱	۰	۰	آب
۶۲	۲۴۷۶۲	۱۱۲۲۸	۶۶۳۲	۴۴۶۶	جمع کل

جدول ۳- نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی سال (۲۰۰۵)

آب	اراضی بایر	اراضی ساخته شده	پوشش گیاهی	راه‌های دسترسی	کلاس
۶۹	۳۸	۲۳۳	۱۵	۲۳۵۷	راه‌های دسترسی
۰	۱۳	۲۵	۵۶۳۹	۱۹	پوشش گیاهی
۷	۱۱۷۸	۱۶۰۳۷	۱۸	۸۷۳	اراضی ساخته شده
۰	۲۹۱۲۱	۱۵۰۳	۴۸	۱۸۷	اراضی بایر
۳۷	۰	۰	۰	۰	آب
۱۱۳	۳۰۳۵۰	۱۷۷۹۸	۵۷۲۰	۴۳۳۰	جمع کل

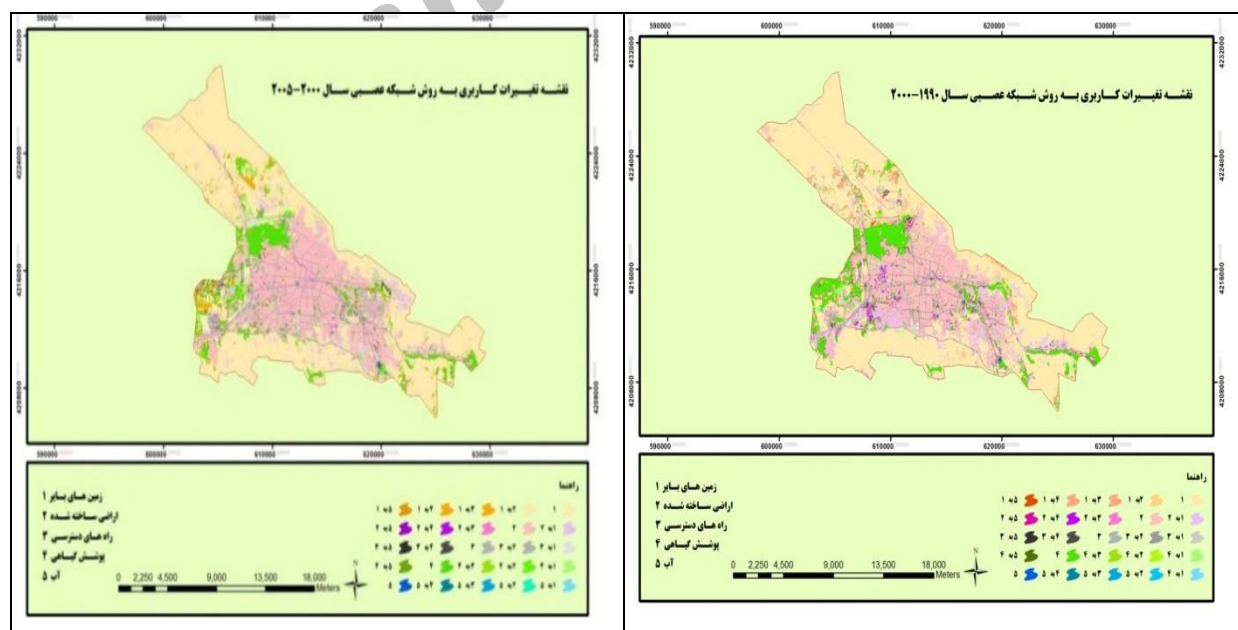
جدول ۴- نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی سال (۲۰۱۰)

آب	اراضی بایر	اراضی ساخته شده	پوشش گیاهی	راه‌های دسترسی	کلاس
۰	۰	۰	۰	۰	طبقه‌بندی نشده
۳۷	۸۰	۲۷۲	۲	۲۷۶۸	راه‌های دسترسی
۰	۲	۱۴	۳۴۴۲	۵	پوشش گیاهی
۰	۱۹۳	۸۳۰۳	۱۳	۱۳۶	اراضی ساخته شده
۰	۱۴۹۸۹	۳۵۱	۹۵	۷۱	اراضی بایر
۵۰	۰	۰	۰	۰	آب

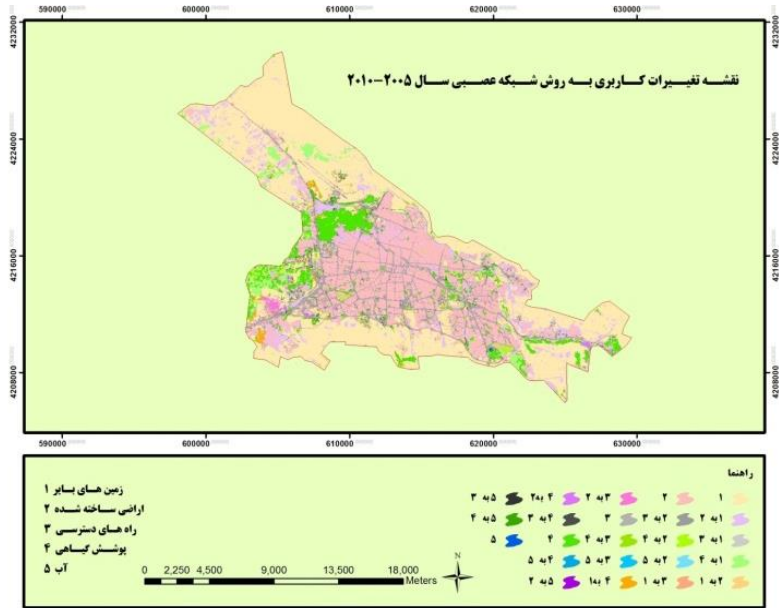
جدول ۵- نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی

تصاویر طبقه‌بندی شده (سال)				ارزیابی صحت
(۱۹۹۰)	(۲۰۰۰)	(۲۰۰۵)	(۲۰۱۰)	
%۹۱/۰۷	%۹۲/۲۳	%۹۰/۰۱	%۹۴/۸۶	صحت کلی
۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۹۳	ضریب کاپا

در (جداول ۱، ۲، ۳ و ۴) ماتریس خطای حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای سال‌های مختلف مشاهده می‌شود. همان‌گونه که از درصد کاربری‌های استخراجی موجود در تصاویر استنباط می‌شود کم‌ترین اعداد خطا برای سه کاربری اراضی بایر، راه‌های دسترسی، اراضی ساخته شده و بعد در دو کاربری دیگر پوشش گیاهی و فضای آب در تمامی سال‌هاست. دلیل اصلی پایین آمدن خطا در کاربری‌های اصلی که درصد بالایی از تصاویر را به خود اختصاص داده‌اند آموزش شبکه عصبی در طبقه‌بندی است. در (جدول ۵) همان‌گونه که مشاهده می‌شود دو فاکتور اصلی صحت کلی و ضریب کاپا برای طبقه‌بندی تصاویر در سال‌های مختلف است که اعداد این جدول نشانگر صحت و دقت مطلوب و مورد انتظار است. نتایج ارزیابی صحت کلی، صحت بالاتر از ۹۰ درصد را در تصاویر مورد استفاده نشان می‌دهد. بالاترین صحت کلی طبقه‌بندی مربوط به تصویر سال (۲۰۱۰) برابر ۹۴/۸۶ درصد و کم‌ترین صحت کلی مربوط به تصویر سال (۲۰۰۵) برابر ۹۰/۰۱ درصد بوده است. ضرایب کاپا نیز در تصویر سال (۲۰۰۰) و (۱۹۹۰) برابر ۰/۹۰، تصویر سال (۲۰۰۵) برابر ۰/۸۵ و سال (۲۰۱۰) برابر ۰/۹۳ بوده است. نقشه‌های ارزیابی تصاویر حاصل از اجرای الگوریتم شبکه عصبی با تکنیک PCC در (شکل ۵) نشان داده شده است.



شکل ۵: استخراج تغییرات سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ و ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰



ادامه شکل ۵: استخراج تغییرات سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ و ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰

ماتریس تغییرات کاربری‌ها در (جدول ۶) آورده شده است. قابل ذکر است که واحد جداول بر حسب متر مربع است.

جدول ۶- ماتریس تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ و ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰

		تصویر سال (۱۹۹۰)					
تصویر سال (۲۰۰۰)	کاربری اراضی	پوشش گیاهی	ساخته شده	راه دسترسی	اراضی بایر	آب	کل سطر
	پوشش گیاهی	۱۷۷۲۶۵۴۴	۲۲۴۶۶۸۳	۵۷۳۴۴۸	۴۷۰۳۷۳۹	۲۰۳۰۶	۲۵۲۷۰۷۲۲
	زمین‌های ساخته شده	۳۶۱۶۹۴۹	۳۷۱۲۵۵۱۰	۸۲۰۸۵۹۸	۱۱۷۰۶۱۴۷	۱۳۸۰۸	۶۰۶۷۱۰۱۳
	راه‌های دسترسی	۶۶۶۸۵۷	۴۴۵۵۱۹۱	۵۸۰۵۹۶۳	۱۱۲۹۰۲۷	۱۹۴۹۴	۱۲۰۷۶۵۳۳
	اراضی بایر	۱۲۳۶۶۵۰۶	۱۴۱۳۳۹۶۲	۵۲۰۵۷۱۰	۱۳۹۴۷۷۱۳۳	۱۰۷۲۱۷	۱۷۱۲۹۰۵۲۹
	آب	۲۷۶۱۶	۸۹۳۴	۵۶۸۵	۲۴۳۶۷	۴۹۲۴۷۴۴۸	۴۹۲۵۴۱۰۸۹
	کل کلاس	۳۴۴۰۴۴۷۳	۵۷۹۷۰۲۸۲	۱۳۹۹۳۴۴۳	۱۵۷۰۴۰۴۱۵	۴۹۲۶۳۵۳۱	-
	تغییرات در کلاس	۱۶۶۷۷۹۲۹	۲۰۸۴۴۷۷۱	۱۹۷۹۹۴۰۶	۱۷۵۶۳۲۸۱	۱۶۰۸۲۵	-
	تفاوت در تصویر	-۹۱۳۳۷۵۱	۲۷۰۰۷۳۱	۱۱۵۲۲۸۷۳	- ۱۴۲۵۰۱۱۴	-۹۴۲۲۱	-

ادامه جدول ۶- ماتریس تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ و ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰

تصویر سال (۲۰۰۰)							
تصویر سال (۲۰۰۵)	کاربری اراضی	پوشش گیاهی	ساخته شده	راه دسترسی	اراضی بایر	آب	کل سطر
	پوشش گیاهی	۱۷۵۰۳۹	۴۳۷۳۹	۶۹۹۸۳۴	۱۲۵۱۵۹	۷۱۴۷۸	۲۴۲۶۵۱
	زمین‌های ساخته شده	۱۸۱۸۶۲	۴۰۳۲۲	۳۴۲۲۰۰	۲۶۳۰۳۰	۷۲۲۹۰	۷۱۹۳۸۵
	راه‌های دسترسی	۶۴۵۷۳۸	۱۲۷۴۴	۳۵۷۵۶۰	۳۸۳۳۰۰	۴۳۸۶۱	۳۵۷۵۶۰
	اراضی بایر	۵۲۹۸۳۰	۳۲۲۹۵	۴۹۱۶۳۰	۱۲۸۱۶۲۱	۳۶۰۶۳۹	۶۲۹۱۴۰
	آب	۴۰۶۱	۸۱۲	۴۸۷۳	۱۷۰۵۷	۳۶۵۵۱	۶۳۳۵۵
	کل کلاس	۲۵۲۷۰۷	۶۰۶۷۱	۱۲۰۷۶۵	۱۷۱۲۹۰	۴۹۱۸۵۴	-
	تغییرات در کلاس	۷۷۶۶۷۳	۲۰۳۴۸	۵۰۷۸۱۸	۴۲۶۶۹۱	۴۹۱۸۱۸	-
	تفاوت در تصویر	- ۱۰۴۸۵۳۳۵	۱۱۲۶۷۵۳۲	۱۲۱۸۱۶۲۳	-۱۲۸۶۲۱۴۱	-۳۶۵۵۱	-

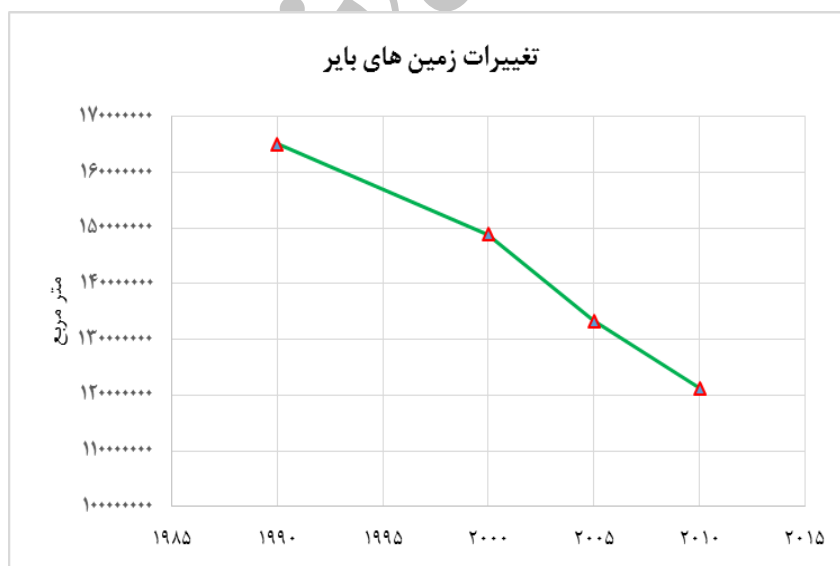
تصویر سال (۲۰۰۵)							
تصویر سال (۲۰۱۰)	کاربری اراضی	پوشش گیاهی	ساخته شده	راه دسترسی	اراضی بایر	آب	کل سطر
	پوشش گیاهی	۱۹۹۹۵۲۶۴	۳۷۶۳۵۸۴	۱۲۱۶۵۱۲	۵۰۰۷۶۲۳۰۴	۷۱۴۷۸	۵۲۵۷۳۷۶۶۴
	زمین‌های ساخته شده	۱۶۸۳۶۴۸	۵۷۶۷۳۱۵۲	۳۶۷۰۸۴۸	۱۰۷۸۰۹۹۲	۷۲۲۹۰	۷۳۸۰۸۶۴۰
	راه‌های دسترسی	۲۱۶۶۲۳۶	۱۱۶۴۷۲۹۶	۶۹۲۸۱۲۸	۲۵۱۷۶۹۶	۴۳۸۶۱	۲۳۲۵۹۴۵۶
	اراضی بایر	۵۱۵۰۰۱۶	۱۱۵۷۹۹۰۴	۷۱۳۶۶۴	۱۲۰۶۱۷۸۵۶	۳۶۰۶۳۹	۱۳۸۰۶۱۴۴۰
	آب	۴۰۶۱	۸۱۲	۴۸۷۳	۱۷۰۵۷	۳۶۵۵۱	۶۳۳۵۵
	کل کلاس	۲۸۹۹۵۲۶۴	۸۴۶۶۳۹۳۶	۱۲۵۲۹۱۵۲	۳۴۶۹۴۲۴	۹۱۸۵۴۷۳۸	-
	تغییرات در کلاس	۹۰۰۰۰۰۰	۲۶۹۹۰۷۸۴	۵۶۰۱۰۲۴	۵۱۴۰۶۱۵۶	۴۹۱۸۱۸۱۸۷	-
	تفاوت در تصویر	۱۱۱۱۵۰۵۷	۱۸۱۱۶۱۱۵۲	۱۴۰۶۴۸۵۸	-۳۳۲۹۲۴۲۷	-۳۶۵۵۱	-

### نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات کاربری شهری طی بازه ۲۰ ساله شهر تبریز بوده است. در این پژوهش از

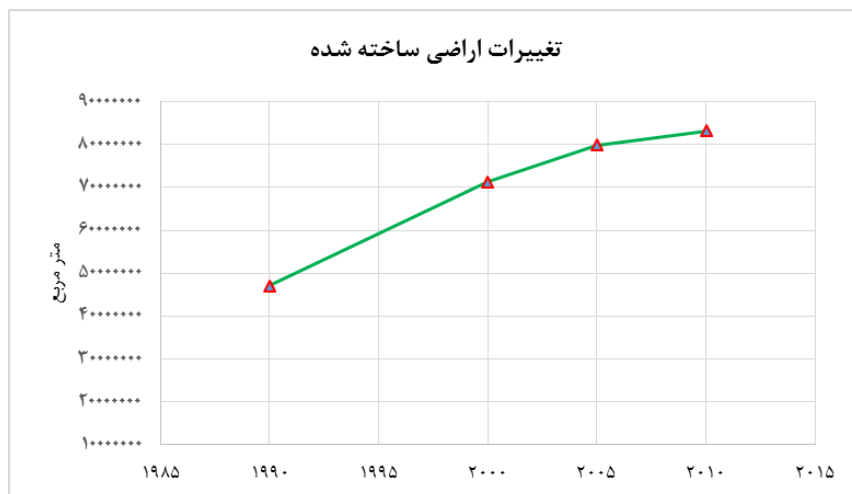
پنج کاربری اصلی شهری از قبیل پوشش گیاهی، اراضی ساخته شده، زمین‌های بایر، راه‌های ارتباطی و پهنه‌های آبی به‌منظور استخراج تغییرات استفاده شد. به‌منظور استخراج تغییرات کاربری شهری از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک متوسط ( $ETM^+$  و  $IRS\ LISS\ III$ ) و الگوریتم طبقه‌بندی شبکه عصبی پیش انتشار خطا استفاده شد و سپس تصاویر با تکنیک PCC مورد ارزیابی قرار گرفتند. بررسی صحت طبقه‌بندی با محاسبه صحت کلی و ضرایب کاپا برای تصاویر طبقه‌بندی شده نشان از کارایی شبکه عصبی در طبقه‌بندی تصاویر مذکور داشته است. جهت آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی از روش آشکار سازی پس از طبقه‌بندی استفاده شد. از مزیت‌های این تکنیک می‌توان به حداقل رساندن تأثیرات اتمسفری، زاویه خورشید و خطای سنسور نام برد؛ و همچنین این تکنیک نیاز به هم مختصات کردن تصاویر را کاهش می‌دهد (ساین<sup>۳۲</sup>، ۱۹۸۹: ۱۰۰۳). تکنیک مقایسه پس از طبقه‌بندی قابلیت ارائه اطلاعات بیش‌تر و جزئی‌تر از تغییرات را داراست. نتایج حاصل از مطالعات مختلف و انجام گرفته نشان داده است که این روش مطلوب و قابل قبول برای کشف نوع و ماهیت تغییرات حادث شده در یک منطقه می‌باشد (جنسن<sup>۳۳</sup>، ۱۹۹۶: ۳۱۶).

نتایج به‌دست آمده از ماتریس تغییرات حادث شده در کاربری‌های شهری حاکی از آن است که: میزان کاربری اراضی بایر به میزان ۶۱٪ در سال (۱۹۹۰) و به میزان ۵۵٪ در سال (۲۰۰۰) کاهش پیدا کرده است. این مقدار در سال (۲۰۰۵) ۵۰٪ و در سال (۲۰۱۰) این میزان به مقدار ۴۵٪ کاهش داشته است (شکل ۶).



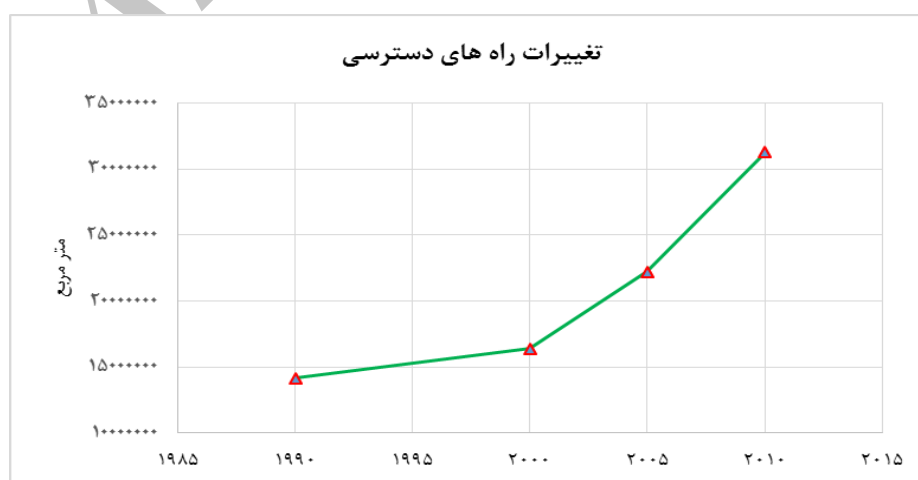
شکل ۶: روند تغییرات کاربری زمین‌های بایر

تغییرات کاربری اراضی ساخته شده (شکل ۷) در سال (۱۹۹۰) برای کل منطقه ۱۸٪ بوده و در سال (۲۰۰۰) این کاربری در منطقه ۱۸٪ در حال افزایش بوده است. در سال (۲۰۰۵) میزان این کاربری ۲۹/۶٪ بوده و افزایش ۳/۱٪ را از خود نشان می‌دهد. در سال (۲۰۱۰) میزان کاربری اراضی ساخته شده ۳۱٪ بوده است.



شکل ۷: روند تغییرات کاربری اراضی ساخته شده

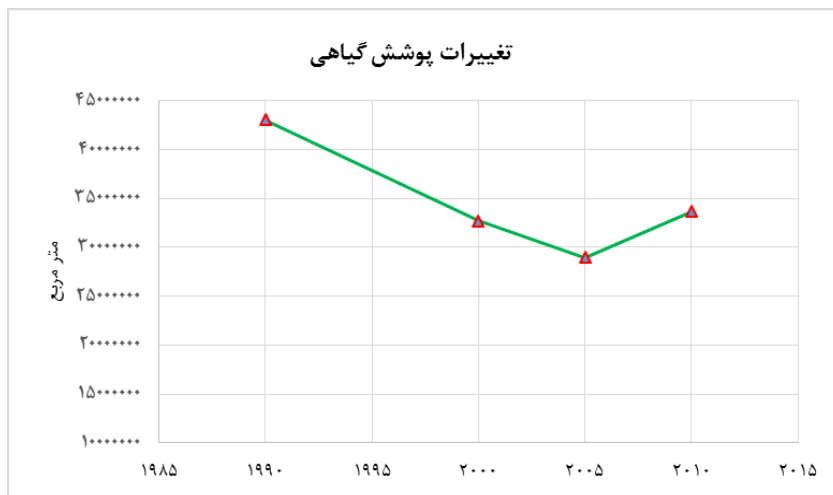
راه‌های دسترسی از عوارضی است که استخراج آن در تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی متوسط بسیار مشکل بوده و در بیش‌تر موارد به علت داشتن ارزش بازتابی یکسان با کاربری‌های دیگری همچون اراضی ساخته شده و اراضی بایر دچار اختلالات گاهی تا حد زیاد می‌شود. در سال (۱۹۹۰) میزان راه‌های دسترسی در منطقه ۶٪ از کل منطقه را شامل می‌شود. افزایش این کاربری در سال (۲۰۰۰) به حدود ۷٪ رسیده است. میزان این کاربری در سال (۲۰۰۵) با افزایش ۱/۵٪ به میزان ۸/۵٪ کل منطقه رسیده است. در سال (۲۰۱۰) افزایش این کاربری میزان ۱۱/۷٪ را نشان می‌دهد (شکل ۸).



شکل ۸: روند تغییرات کاربری راه‌های دسترسی

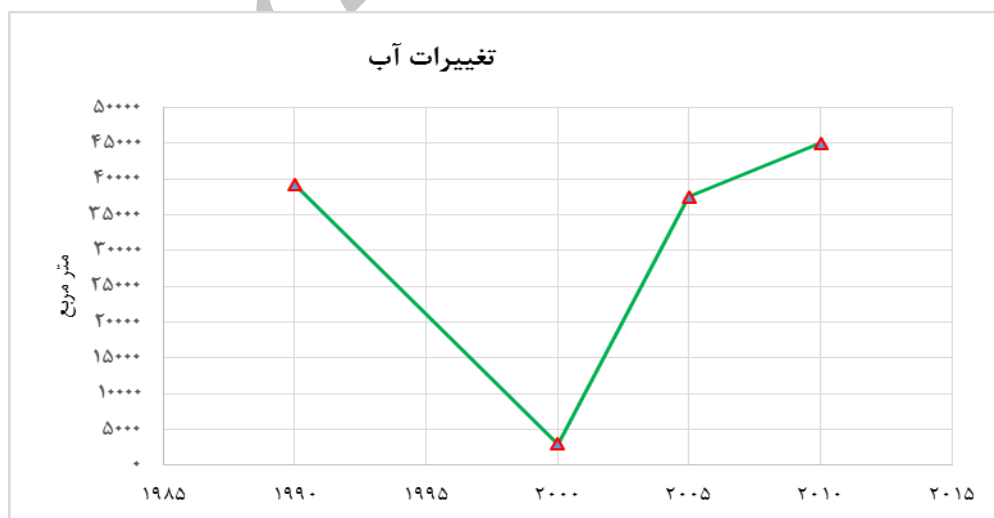


در سال (۱۹۹۰) میزان پوشش گیاهی استخراج شده ۱۵٪ درصد بوده است. این میزان در سال (۲۰۰۰) به میزان ۱۲٪ کاهش داشته است. در سال (۲۰۰۵) نیز با کاهش ناچیزی روبرو بوده که این کاهش حدود ۱۰٪ بوده است؛ و در نهایت در سال (۲۰۱۰) حالت افزایش را شاهد هستیم که این افزایش به ۱۲/۵٪ تبدیل شده است (شکل ۹).



شکل ۹: روند تغییرات کاربری پوشش گیاهی

به علت بررسی کاربری‌های شهری با تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی متوسط عوارضی همچون پهنه‌های باریک آب به صورت واضح قابل تشخیص نیستند، لذا پهنه‌های آبی که در منطقه قابل شناسایی هستند پهنه‌هایی هستند که از مساحت قابل توجهی برخوردارند. میزان آب شناسایی شده در سال (۱۹۹۰) ۰/۰۱٪ بوده است. در سال (۲۰۰۰، ۲۰۰۵) و (۲۰۱۰) این مقدار دارای فراز و نشیبی بین دو عدد ۰/۰۰۱٪ تا ۰/۰۱٪ بوده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: روند تغییرات کاربری آب

به منظور گسترش فیزیکی شهر زمین‌های بایر یکی از مساعدترین کاربری‌ها جهت تغییر به‌شمار می‌آیند. این کاربری در بین سال‌های (۱۹۹۰) تا (۲۰۰۰) بالغ بر ۱۴۲۵ هکتار تغییر داشته است که از این میزان حدود ۱۱۵۲ هکتار به اراضی ساخته شده و ۲۷۰ هکتار به راه‌های دسترسی مربوط بوده است. در بین سال‌های (۲۰۰۰) تا (۲۰۰۵) این کاربری با کاهش ۱۲۸۶ هکتار روبرو بوده و این مقدار بین دو کاربری اراضی ساخته شده به میزان ۸۱۲ هکتار و راه‌های دسترسی ۴۷۳ هکتار تغییر کاربری داشته است؛ و در نهایت زمین‌های بایر بین سال‌های (۲۰۰۵) تا (۲۰۱۰) حدود ۱۱۰۳ هکتار تغییر کاربری داشته است که از این تغییر حدود ۳۱۰ هکتار به پوشش گیاهی، ۳۳۰ هکتار به اراضی ساخته شده و مابقی حدود ۳۷۳ هکتار به راه‌های دسترسی اختصاص یافته است.

روند تغییرات را در اراضی ساخته شده چنین می‌توان توصیف کرد که این کاربری در بین سال‌های (۱۹۹۰) تا (۲۰۰۰) در حدود ۲۴۲۷ هکتار افزایش از خود نشان داده است. مقدار قابل توجهی از این میزان افزایش مربوط به دو کاربری اراضی بایر در حدود ۱۱۵۳ هکتار و مابقی مربوط به پوشش گیاهی بوده است. در بین سال‌های (۲۰۰۰) تا (۲۰۰۵) افزایش اراضی ساخته شده حدود ۸۵۱ هکتار است که این مقدار عمدتاً در رابطه با تغییر کاربری زمین‌های بایر به میزان ۸۱۲ هکتار و مابقی نیز مربوط به کاربری پوشش گیاهی بوده است. در نهایت رشد اراضی ساخته شده در بین سال‌های (۲۰۰۵) تا (۲۰۱۰) به ۳۳۶ هکتار می‌رسد که عمده این تغییرات مربوط به زمین‌های بایر در حدود ۳۳۰ هکتار است. راه‌های دسترسی و ارتباطی از جمله کاربری اراضی است که تغییرات آن با استفاده از مواد این پژوهش با مشکلات بسیار همراه بود، این کاربری در بین سال‌های (۱۹۹۰) تا (۲۰۰۰) حدود ۲۷۱ هکتار افزایش داشته است که این میزان افزایش در حدود ۲۷۰ هکتار مربوط به زمین‌های بایر است. افزایش این کاربری در سال (۲۰۰۰) تا (۲۰۰۵) حدود ۵۸۵ هکتار بوده که ۴۷۳ هکتار از این تغییرات مربوط به زمین‌های بایر و مابقی بین دو کاربری پوشش گیاهی و اراضی ساخته شده است. در بین سال‌های (۲۰۰۵) تا (۲۰۱۰) میزان افزایش راه‌های دسترسی به ۸۰۵ هکتار می‌رسد که از این میزان تغییر سهم اراضی بایر ۴۷۳ هکتار، پوشش گیاهی ۳۰۳ هکتار و مابقی مربوط به اراضی ساخته شده است. روش شبکه عصبی جهت استخراج کاربری‌های شهری با توجه به ماتریس خطا در استخراج کاربری‌هایی از قبیل اراضی ساخته شده و زمین‌های بایر و راه‌های ارتباطی قابلیت بهتری را از خود نشان داد. لذا جهت استخراج تغییرات در کاربری اراضی شهری لازم است که از تلفیق تکنیک‌ها و الگوریتم‌های طبقه‌بندی کننده همچون ماشین‌های بردار پشتیبان<sup>۳۴</sup> و شیء‌گرا<sup>۳۵</sup> استفاده نمود.

34- Support Vector Machine

35- Object-Oriented Classification

## منابع

- البرزی، م (۱۳۸۹)، «آشنایی با شبکه‌های عصبی»، تهران، موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
- پاشازاده، غ (۱۳۸۸)، «مقایسه روش‌های شی گرا و پیکسل پایه در طبقه‌بندی کاربری اراضی شهری با استفاده از داده‌های سنجنش از دور»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه شهید بهشتی.
- حسینی اصل، امین (۱۳۸۳)، «بارزسازی تغییرات پوشش زمین در داده‌های سنجنش از دور براساس شبکه عصبی مصنوعی»، دانشکده جغرافیا، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده سنجنش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی.
- رسولی، ع؛ محمودزاده، ح (۱۳۸۹)، «مبانی سنجنش از دور دانش پایه»، تهران، انتشارات علمیران.
- علوی‌پناه، س. ک (۱۳۸۵)، «کاربرد سنجنش از دور در علوم زمین (علوم خاک)»، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- محمود زاده، ح (۱۳۸۳)، «کاربرد داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه‌ای در محیط GIS با هدف بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر تبریز»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
- منهاج، م. ب (۱۳۷۹)، «مبانی شبکه عصبی»، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- Bekalo, M. T., (2009), "Spatial metrics and landsat data for urban land use change detection in ADDIS ABABA", MSc Thesis, Department of Information systems, Universitat Jaume I, and Castellon, Spain.
- Benediktson, J. A., Swain, P. H., Erosy, O. K., (1990), "Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data", *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 28: 540-551.
- Bentum, E. K., (2009), "Detection of land use and land cover change in the Accra Metropolitan area (Ghana) from 1990 to 2000", Msc Thesis: School of Architecture and the Built Environment, Royal Institute of Technology (KTH) Stockholm, Sweden.
- Gopla, S., Woodcock, C., (1996), "Remote sensing of forest change using artificial neural network", *IEEE Transactions of Geosciences and Remote Sensing*, 1 (34): 398-404.
- Jensen, J. R., (1996), "Introductory digital image processing: a remote sensing perspective", Second Edition", Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Kanellopoulos, I., Wilkinson, G. G., (1997), "Strategies and best Practice for neural network image classification", *International Journal of Remote Sensing*, 18 (4): 711-725.
- Lippmann, R. P., (1987), "An introduction to computing with neural networks", *IEEE ASSP Magazine*, 28: 4-22.
- Lutfi Suzan, M., (2002), "Data driven landslide hazard assessment using geographical information systems and remote sensing", Ph.D. Thesis: Department of Geological Engineering, School of Neural and Applied Sciences, Middle East Technical University, Turkey.
- Manonmani, R. G., Suganya, M. D., (2010), "Remote sensing and GIS application in change detection study in urban zone using multi temporal satellite, *Int, J, Geomatics and*

*Geoscinces*, 1 (1): 160-173.

- Navulur, K., (2007), "Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm", CRC Press Taylor & Francis Group: parice.

- Singh, A., (1989), "Review article: digital change detection techniques using remotely-sensed data", *International Journal of Remote Sensing*, 10 (6): 989-1003.

- Singh, A., (1984), "Tropical forest monitoring using digital landsat data in Northeastern India", Ph.D, thesis: University of Reading, Reading England.

Widrow, B., Lehr, M. A., (1990), "30 years of adaptive neural network perception, madeline and back propagation", *Proceedings of the I. E. E. E*, 78: 1415-1441.

Archive of SID