

نشریه مطالعات نواحی شهری دانشگاه شهید باهنر کرمان

سال دوم، شماره ۴، پاییز ۱۳۹۴

بررسی روند تغییرات رشد و گسترش شهری و عوامل مؤثر بر آن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: شهر تبریز)*

دکتر جواد سیدی**

استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

سجاد مهدوی

دانشجوی ارشد جغرافیا و دفاع مقدس، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

دکتر احمد زنگانه

استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

چکیده

پیش‌بینی رشد شهر و محل‌هایی که در آینده مورد دست‌اندازی ساخت و سازهای شهری قرار می‌گیرند بسیار مهم است؛ از جمله مواردی که می‌توان اشاره کرد برنامه‌ریزی مدیران شهری برای مدیریت آینده شهر و حتی برنامه‌ریزی شهروندان برای سرمایه‌گذاری است. در این تحقیق، روند تغییرات توسعه شهری شهر تبریز با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام گرفته است. برای این کار، تصاویر چند زمانه سنجنده TM لندست برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ مورد استفاده قرار گرفت. برای طبقه‌بندی تصاویر از الگوریتم حد اکثر احتمال استفاده شد؛ همچنین بازسازی تغییرات طبقات کاربری اراضی زمین با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی صورت گرفت. در این تحقیق از شبکه عصبی مصنوعی پیش‌رونده استفاده شد و برای به‌دست آوردن وزن‌ها از الگوریتم پس انتشار استفاده شد. متغیرهای ورودی برای این شبکه عصبی شامل لایه‌های: فاصله از جاده‌های اصلی، فاصله از مناطق دایر، فاصله از مراکز خدماتی، شیب و ارتفاع بود. نقش عوامل زمین‌شناسی و تکتونیکی (گسل) نیز در نظر گرفته شد. برای اعتبارسنجی مدل پیش‌بینی برای سال ۲۰۱۰ صورت گرفت و با تصویر طبقه‌بندی شده مقایسه شد که نشان‌دهنده صحت ۹۶ درصدی مدل بود. نتایج این تحقیق، نشان‌دهنده رشد روز افزون مناطق شهری و تخریب پوشش گیاهی و کشاورزی از ابتدای دوره مطالعاتی بوده، به طوری که پیش‌بینی می‌شود در دوره بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰ بیش از ۱۶۰۰۰ واحد از زمین‌های غیر شهری به مناطق شهری تبدیل شود. همچنین نتایج این مطالعه نشان دهنده میل گسترش شهری به سمت جنوب‌شرقی شهر است.

واژه‌های کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، شبیه‌سازی، رشد شهری، تبریز، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

*دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۵/۱۱

پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۸/۱۳

jsadidi@gmail.com

**شانی پست الکترونیک نویسنده مسئول:

۱- مقدمه

شهرها سیستم‌های پیچیده، باز، پویا و خودسازمانده‌ای هستند با مدلسازی سیستم پیچیده شهری در الگوهای فضایی و روندهای رشد را می‌توان شبیه‌سازی کرد، و درک بهتری از سیستم شهری به‌عنوان یک کل به دست آورد (رضازاده و میراحمدی، ۱۳۸۸: ۴۷). شهرنشینی با ایجاد گسترده‌ترین دستکاری بشری در چهره زمین، شرایط زندگی ساکنان شهری را در معرض تهدید و نابودی قرار داده است. در هر حال، توسعه شهری و تغییرات الگوی کاربری زمین باعث ایجاد تاثیرات گسترده اجتماعی و زیست محیطی می‌گردد (کامیاب و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۰).

در مطالعات نظارت شده، ورودی یک شبکه عصبی ارائه شده در طول دوره آموزش انواع داده‌های طیفی را شامل می‌شود و خروجی شامل یک حقیقت زمینی در مورد یک کلاس عارضه است. با وجود این، اطلاعات تصاویر چند طیفی اغلب به تنهایی برای افتراق طبقات پوشش گیاهی در سطح گونه به اثبات رسیده است (کارپنتر و همکاران، ۱۹۹۶: ۳۰۸). شبکه عصبی می‌تواند دقت طبقه‌بندی را تا ۳۰ درصد نسبت سایر روش‌های طبقه‌بندی معمول ارتقا می‌دهد (رومله‌هارت، ۱۹۸۶؛ وربوس، ۱۹۷۴).

به‌طور کلی، مطالعات نشان می‌دهد که ۱- شبکه عصبی هیچ پیش‌فرضی درباره توزیع داده‌ها نمی‌دهد؛ همچنین قادر به یادگیری داده‌های نمونه غیرخطی و ناپیوسته هستند. ۲- شبکه عصبی به آسانی می‌تواند داده‌های کمکی مانند اطلاعات بافت، شیب، جهت شیب، ارتفاع و ... را در طبقه‌بندی جای دهد. ۳- شبکه عصبی معمولاً دقیق‌تر از سایر روش‌های طبقه‌بندی معمولی عمل می‌کند و صحت نتایج آن نسبت به روش‌های معمولی، درصد بالاتری را نشان می‌دهد. ۴. معماری شبکه عصبی، کاملاً انعطاف‌پذیر است (کارپنتر و همکاران، ۱۹۹۶: ۳۰۹). با توجه به این منافع، روشن است که یکی از فرصت‌های ارائه شده شبکه عصبی این است که اجازه مدیریت کارآمد داده‌های سنجش از دوری را که در حال حاضر تولید می‌شوند، می‌دهد (آتکینسون و همکاران، ۱۹۹۷: ۷۰۰).

تمرکز بسیاری از این مطالعات بر تغییر در پیکسال‌های منفرد شهر است. به‌طور غیرقابل باوری، مدل‌سازی رشد شهری شکست خورده است، بطور مستقیم رسیدگی به تعیین رشد مرز شهری (UGBs)^۱ که ابزار مشترک برنامه‌ریزی برای تعیین محدودیت برای شهری در یک دوره خاص است، به‌طور عمومی یک دوره ۲۰ ساله است (طیبی و همکاران، ۲۰۱۱: ۹۰۸).

رشد شهری، فرایندی پیچیده و دارای تعدادی پارامتر پیچیده است که برای تولید الگوی رشد شهری در تعامل هستند. این پارامترها شامل - اما نه محدود به - تناسب اراضی، سطح توسعه شهری، فاز اقتصادی است. ابزار هوش مصنوعی که شامل - اما نه محدود به - شبکه عصبی (NN)، سیستم منطق فازی و سلول خوکار، در شبیه‌سازی رشد شهری محبوبیت بدست آوردند (الخدر و همکاران، ۲۰۰۵). این تأثیرات شامل کاهش فضای طبیعی، افزایش تجمع وسایل نقلیه، کاهش زمین‌های کشاورزی با توان تولید بالا، تأثیر بر زهکشی‌های طبیعی و همچنین کاهش کیفیت آب مصرفی خواهد بود (بلا و ایروین، ۲۰۰۲: ۲۲۰؛ پوچارد و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۷۴).

شبکه عصبی مصنوعی، متشکل از یک شبکه متصل از واحدهای پردازشی است که با اساسی‌ترین خواص نورون در مغز انسان، مدل شده است. یکی از مزایای اصلی آن، این است که از فرض توزیع آماری مستقل است. شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌طور غیر خطی هستند و می‌توانند به عنوان یک تابع پیچیده ریاضی، داده‌های ورودی را به خروجی مورد نظر تبدیل کنند (کارول و سویو پاک، ۲۰۰۳) در ادامه به شرح پیشینه تحقیق پرداخته می‌شود.

اصغری زمانی (۲۰۰۷) در رساله دکتری خود تحت عنوان «ارزیابی و پیش‌بینی گسترش فضایی و کالبدی شهرهای ایران؛ نمونه موردی شهر زنجان» با رویکردی به مبحث مدل‌سازی، فرآیند گسترش فضایی - کالبدی با استفاده از مجموعه بسته‌های

^۱- Urban Growth Boundaries

نرم‌افزاری تحلیلی-گرافیکی و آماری از قبیل ArcGIS, IDRISI, SPSS و CLUE-S گسترش فیزیکی شهر زنجان را ارزیابی و پیش‌بینی کرده است. وی در این باره از مدل تحلیلی کیفی DPSIR در قالب سناریوی شبیه‌سازی در محیط CLUE-S بهره برده است. محقق در تعیین مدل موردنظر، معیارهایی همچون پویایی و انعطاف‌پذیری، آنی و لحظه به لحظه بودن و تعیین جزئیات فضایی تغییرات و تبدیل کاربری شهری را مدنظر داشته و با توجه به قابلیت بالای توضیحی مدل رگرسیون لجستیک، توزیع کاربری اراضی شهری را پیش‌بینی و تبیین کرده است.

رضازاده و میر احمدی (۲۰۰۹) در مقاله‌ای تحت عنوان «مدل اتوماسیون سلولی، روش نوینی در شبیه‌سازی رشد شهری» به شناخت این مدل و کاربرد آن در شبیه‌سازی رشد شهری پرداختند. در بخش نخست مقاله، اصول و عناصر تشکیل‌دهنده آن معرفی و در بخش دوم آن، چگونگی کار مدل اتوماسیون سلولی در شبیه‌سازی رشد شهری تشریح شده است. هدف مقاله، شناخت مدل اتوماسیون سلولی و چگونگی به کارگیری آن در مطالعات شهری بوده است که نهایتاً چهارچوبی برای طراحی مدل اتوماسیون سلولی شهری ارائه نموده است.

زارعی و آل شیخی (۲۰۱۲) در مقاله‌ای تحت عنوان «مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از اتوماتای سلولی و الگوریتم ژنتیکی توسعه شهر شیراز را مدل‌سازی کردند و به بررسی و توانایی کاربرد این مدل‌ها پرداخته و نتایج بدست آمده نشانگر این است که با ترکیب این دو مدل جهت پیش‌بینی رشد شهری، تاثیر هر یک از پارامترها را می‌توان بررسی کرد و به پارامترهای اصلی در توسعه اولویت داد.

طیبی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از شبکه عصبی به پیش‌بینی رشد مرزهای شهر تهران پرداختند.

تریانتاکونستانیس و استاتاکیس (۲۰۱۵) برای پیش‌بینی رشد شهر آتن که نتایج آنها نشان داد که مدل‌های شبکه عصبی توانسته‌اند به خوبی پیچیدگی‌های رشد مناطق شهری را مدل نمایند و بر اساس صحت اعتبارسنجی این مدل‌ها نیز روز به روز افزوده شده است.

توسعه پراکنده و گسترده شهر تبریز در دهه‌های اخیر موجبات بهم‌ریختن نظم توسعه شهری و تخریب اراضی پیرامونی شهر شده است. هدف از این تحقیق، پیش-بینی، توسعه آتی شهر با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی با روند توسعه گذشته، بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ و تا ۲۰۱۰ است تا روند توسعه آتی و میزان تغییرات در محدوده شهر تبریز را مشخص کند.

۲- داده‌ها و روش‌شناسی

۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر تبریز در عرض $38^{\circ} 5' 25''$ شمالی و طول $46^{\circ} 17' 5''$ شرقی در جلگه شرقی دریاچه ارومیه، در مسیر رودخانه آجی‌چای و محصور میان کوه‌های محلی شمالی و پیش کوه‌های سهند از جنوب قرار دارد (امیری و همکاران، ۱۳۸۶). این شهر در سرشماری سال ۱۳۹۰ دارای جمعیت ۱۵۴۵۴۹۱ نفر بوده که پرجمعیت‌ترین مرکز زیستی غرب کشور است (محمودی و همکاران، ۱۳۹۴).

تبریز در منطقه‌ای نیمه کوهستانی و نیمه جلگه‌ای واقع شده که ساختمان آن بر اثر یک رشته چین‌خوردگی‌ها و تغییرات سطح آب دریاچه‌ای وسیع پدید آمده است. پدیده‌های مورفولوژیکی از قبیل ارتفاعات اینل-زینل در شمال و گسل در جنوب شهر، عوامل موثر در عدم گسترش شهر بوده‌اند. قدیمی‌ترین واحد چینه‌شناسی در منطقه تبریز، متعلق به کرتاسه بوده و بیشتر در کوه‌های تک آلتی و شمال دریاچه قوریگل توسعه دارد؛ اما بیشتر واحدهای منطقه مورد مطالعه مربوط به دوران سوم و شامل سنگ‌های آذرآواری، آتشفشانی و آذرین نفوذی ترشیر و سازندهای قم، قرمز فوقانی و باغمیشه می‌باشند. سازند باغمیشه به مارن‌های دریاچه‌ای همراه با میان لایه-های زغال سنگ، گچ و ماسه‌سنگ اطلاق شده، بیشتر در شمال تبریز رخنمون دارد و با سازند قرمز فوقانی، مرز گسلی دارد. گسل جوان تبریز در شمال شهر، یکی از ساختارهای خطی مهم ایران است که با روند شمال غرب- جنوب شرق در طول ۱۰۰

کیلومتری از کوه‌های میشو (در غرب) تا بستان‌آباد (در شرق) قابل ردیابی است. روند عمومی آن شمال ۱۱۵ درجه شرق، شیب آن قائم و بخش جنوبی این گسل (دشت تبریز- صوفیان) حدود ۴۰ متر فرو افتاده است. در ناحیه صوفیان، این گسل به دو شاخه تقسیم شده و گسل شمالی میشو را تشکیل می‌دهد. فعالیت این گسل از دوره دونین آغاز شده باشد؛ هر چند که سن قدیمی‌تر آن محتمل‌تر است. آخرین حرکت گسل تبریز از نوع راستگرد بوده است. حرکات و جابجایی‌های این گسل در به وجود آمدن آتشفشان‌های سهند نقش داشته است. همچنین وجود چشمه‌های آبگرم بستان‌آباد در امتداد این گسل و فعالیت‌های لرزه‌خیزی، نشانگر فعال بودن این گسل است؛ اگر چه در شمال فرودگاه تبریز، سنگ‌های میوسن بر روی رسوبات آبرفتی کواترنری رانده شده‌اند، ولی بررسی زمین لرزه‌های ۱۰۰ سال گذشته تبریز، هیچ نشانی از فعالیت این گسل ندارد؛ اما حرکت دوباره گسل، همراه با زمین لرزه‌های ویرانگر را محتمل می‌دانند. شهر تبریز در طول تاریخ مکتوب خود ۱۲ بار با خاک یکسان شده است. تعدادی از این تاریخ‌های مهم عبارتند از: سال ۷۹۱ میلادی، ۸۵۸، ۱۰۴۱، ۱۷۲۱ و آخرین زمین‌لرزه مهیب سال ۱۷۸۰ میلادی (زارع، ۱۳۸۰).

قرارگرفتن تبریز در مجاورت دو خط گسله شمال تبریز و گسل آذرشهر (دهخوارقان) باعث می‌شود تا با جنبا شدن هر کدام از این گسل‌های فعال، شهر تبریز و اطراف آن در معرض زلزله مهیبی قرار بگیرد؛ در حالی که در مناطق بسیار وسیعی که تا چند سال اخیر کاملاً از سکنه خالی بوده‌اند و با وجود مشخص بودن محل دقیق گسل و دلایل کافی مبنی بر فعال بودن آن، ساخت و سازها و توسعه شهر به این سمت هدایت شده است. گسل شمال تبریز که زمانی از ۳ کیلومتری شهر تبریز عبور می‌کرد، در حال حاضر جزو یکی از محله‌های شهر تبریز به حساب می‌آید. شهرک‌های باغمیشه، ولی امر، یوسف‌آباد و ارم دقیقاً بر روی روند اصلی گسل شمال تبریز احداث شده‌اند. بر اساس تحقیقی که در زمینه حریم گسل‌های ایران به صورت کلی انجام پذیرفته است، این حریم، حداقل ۲ کیلومتر تعیین گردیده است.

۲-۲- روش شناسی

برای بارزسازی تغییرات از تصاویر ماهواره لندست TM5 برای تاریخ‌های (۱۶/۷/۱۹۹۰-۲۲/۷/۲۰۰۰ و ۱۵/۷/۲۰۱۰) استفاده شد، برای تصحیح هندسی از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تبریز استفاده شد. برای تصحیحات اتمسفری روی تصاویر از نرم افزار FLAASH استفاده شد. این ابزار از مدل عبور اتمسفری MODTRAN4 برای تصحیحات اتمسفری استفاده می‌کند.

جدول ۱- مشخصات باندهای سنجنده TM

باند	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
محدوده طیفی به μm	۰/۳۵ تا ۰/۵۲	۰/۵۲ تا ۰/۶۹	۰/۶۹ تا ۰/۸۶	۰/۸۶ تا ۱/۰۹	۱/۰۹ تا ۱/۲۵	۱/۲۵ تا ۱/۴	۲/۱۰ تا ۲/۳۵

برای کار روی ارزش DN ها ابتدا این ارزش‌ها به رادیانس طیفی با استفاده از رابطه (۱) تبدیل شدند.

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) (Q_{cal} - Q_{calmin}) + LMIN_{\lambda} \quad \text{رابطه (۱)}$$

L_{λ} رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$ ، مقدار پیکسل، Q_{cal} حداقل مقدار پیکسل، Q_{calmax} حداکثر مقدار پیکسل، $LMIN_{\lambda}$ و $LMAX_{\lambda}$ حداقل و حداکثر رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu\text{m})]$. جزئیات دقیق در مورد مقدار $LMIN$ و $LMAX$ برای سنجنده‌ها و باندهای مختلف ماهواره لندست در مقاله چاندر و همکاران (۲۰۰۹) موجود است.

برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و مقایسه آنها با هم رادیانس طیفی به انعکاس ظاهری سطح تبدیل شد. انعکاس ظاهری سطح برای از بین بردن تاثیر تغییرات زاویه خورشید و تاثیر متفاوت اتمسفر در زمان کسب داده های متفاوت در بارزسازی تغییرات، مخصوصاً برای پوشش‌های گیاهی ضروری است. تبدیل رادیانس به انعکاس ظاهری با استفاده از رابطه (۲) صورت می‌گیرد.

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta_s} \quad \text{رابطه (۲)}$$

ρ_{λ} ضریب انعکاس، $\pi = ۳/۱۴۱۵۹$ ، L_{λ} رادیانس طیفی در سنجنده $[W/(m^2 \text{ sr } \mu m)]$ ، d فاصله زمین تا خورشید (واحد نجومی)، $ESUN_{\lambda}$ میانگین تابش خورشید $[W/(m^2 \text{ sr } \mu m)]$ و θ زاویه زینت خورشید (درجه).

۲-۲-۱- طبقه‌بندی تصاویر

برای طبقه‌بندی تصاویر از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد. در این روش طبقه‌بندی، هر پیکسل به کلاسی نسبت داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق به آن کلاس را دارد (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹: ۲۱۵) در واقع در این روش از واریانس و کوواریانس کلاس‌ها استفاده می‌شود و هر پیکسل تصویر، به کلاسی که بیشترین شباهت را با آن دارد، اختصاص داده می‌شود (علوی پناه، ۱۳۹۲، ۳۱۱) در این مطالعه، تصاویر به ۳ طبقه خاک بایر، مناطق دایر و پوشش گیاهی و کشاورزی تبدیل شد.

۲-۲-۲- بارزسازی تغییرات

بارزسازی تغییرات طبقات کاربری اراضی زمین با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی صورت گرفت. در این روش، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای به طبقات مشابه طبقه‌بندی شده و سپس طبقه کاربری اراضی تاریخ یک با طبقه کاربری اراضی تاریخ دو مقایسه شده و کاهش یا افزایش آن طبقه کاربری اراضی مشخص می‌شود؛ همچنین در این روش، اطلاعات مربوط به تبدیل طبقات کاربری اراضی مختلف به یکدیگر نیز بدست می‌آید (جنسن، ۲۰۰۵).

۲-۲-۳- پیش‌بینی گسترش شهری با استفاده از شبکه عصبی

در این تحقیق از شبکه عصبی مصنوعی پیش‌رونده استفاده شد و برای بدست آوردن وزن‌ها از الگوریتم پس انتشار استفاده شد. متغیرهای ورودی برای این شبکه عصبی شامل لایه‌های: فاصله از جاده‌های اصلی، فاصله از مناطق دایر، فاصله از مراکز خدماتی، شیب و ارتفاع بود. فاصله به جاده‌های اصلی یکی از متغیرهای مهم برای رشد مناطق شهری است و فرض بر این است که هر سلولی به جاده‌های اصلی نزدیکتر باشد، احتمال تغییر به طبقه شهری در آن بیشتر است. فاصله از مناطق دایر شهری به

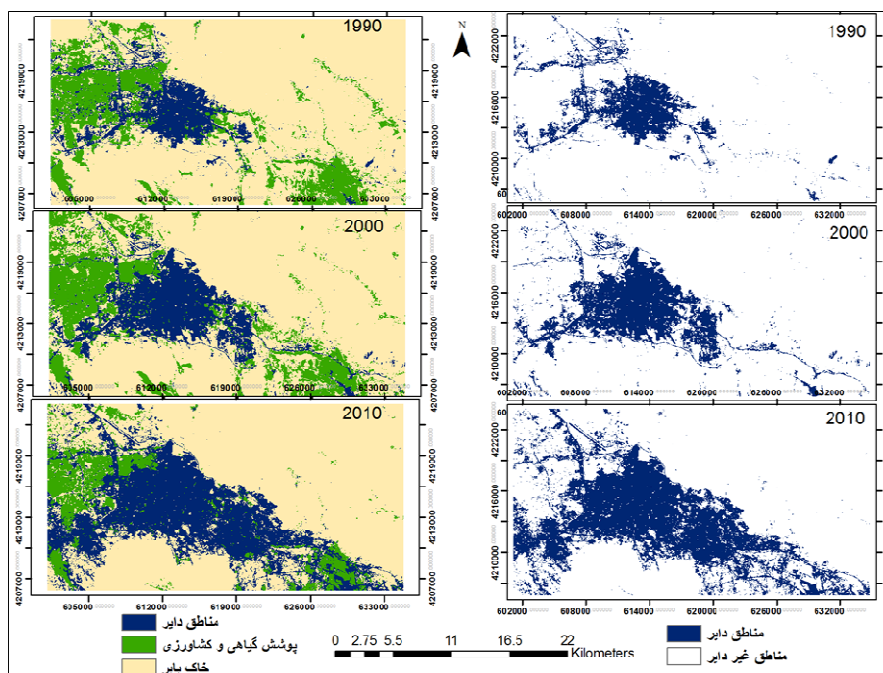
این دلیل مهم است که برای رشد مناطق جدید شهری، نیاز به زیر ساخت‌های شهری است که نزدیکی به مناطق شهری این نیاز را برطرف می‌کند. هر اندازه فاصله به مراکز خدماتی کمتر باشد، شرایط بهتری، در نهایت ارتفاع و شیب، برای رشد شهر وجود دارد و به علت اینکه در بعضی از ارتفاعات و شیب‌ها شرایط مناسبی برای رشد شهری وجود دارد و بعضی از ارتفاعات و شیب‌ها بازدارنده رشد شهری هستند، می‌تواند تعیین‌کننده شرایط رشد شهری باشد. تعداد تکرار برای به دست آوردن وزن‌های مناسب شبکه عصبی، ۱۰۰۰۰ تکرار (با شرط توقف حداقل میزان RMSE) در نظر گرفته شد.

۲-۲-۴- اعتبار سنجی مدل

یک راه برای آزمایش مدل‌های پیش‌بینی‌کننده اجرای آن در گذشته و پیش‌بینی برای حال یا زمان مشخص در گذشته و مقایسه خروجی آنها با اطلاعات مربوط با واقعیت‌های موجود است. در این تحقیق برای اعتبارسنجی مدل، با استفاده از تصاویر طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ و متغیرهای ورودی شبکه عصبی، رشد شهر برای سال ۲۰۱۰ پیش‌بینی شد و با تصویر طبقه‌بندی شده سال ۲۰۱۰ مقایسه شد.

۳- بحث

برای این تحقیق ابتدا تصاویر مربوط به سه دوره مطالعه قبل از پیش‌بینی یعنی ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ با الگوریتم حداکثر تشابه طبقه‌بندی شد و هر کدام به سه طبقه مناطق دایر، مناطق با پوشش گیاهی و نواحی خاک بایر طبقه‌بندی شدند. سپس برای بارزسازی دقیق‌تر، تبدیل مناطق غیر شهر به نواحی شهری با باینری کردن ارزش‌ها تصاویر به دو دسته مناطق دایر و غیر دایر تقسیم شدند (شکل ۱) که نشان‌دهنده گسترش شهر به سمت جنوب شرق، جایی که به لحاظ فیزیوگرافی نیز بیشترین احتمال را برای رشد داشت. در بخش بعدی (جدول ۲) نتایج صحت طبقه‌بندی حاصل از را نشان می‌دهد که صحت کلی طبقه‌بندی در حدود ۸۷ درصد، و ضریب کاپا در حدود ۶۹ درصد است.

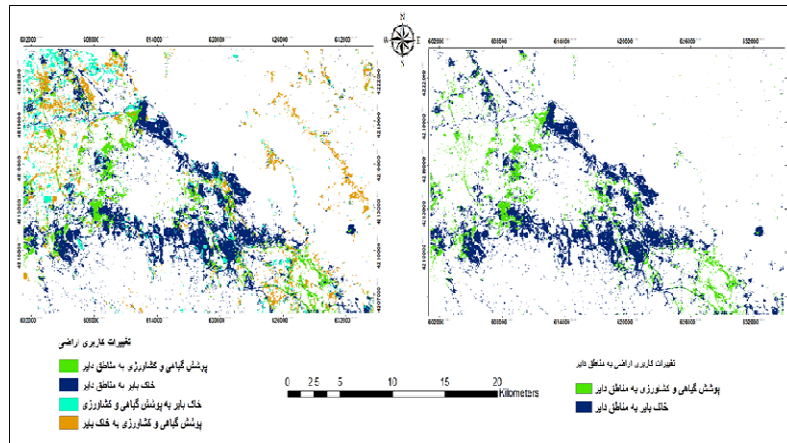


شکل ۱- نقشه طبقه‌بندی زمین برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰

جدول ۲- صحت طبقه‌بندی برای سال‌های مورد مطالعه

ضریب کاپا	دقت کلی طبقه‌بندی	طبقات
۰/۶۸۷	۸۶/۷۸	طبقه‌بندی سال ۱۹۹۰
۰/۶۹۴	۸۷/۸۳	طبقه‌بندی سال ۲۰۰۰
۰/۶۸۳	۸۶/۳۴	طبقه‌بندی سال ۲۰۱۰

در شکل (۲) و متعاقب آن جدول (۳) نتایج مربوط به تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ نشان داده شده است. شکل (۲: تصویر سمت چپ) نشان‌دهنده انواع تبدیل کاربری‌های اراضی به هم است؛ اما در تصویر سمت راست، شکل (۲) تنها تبدیلاتی که منجر به مناطق شهری می‌شود را نشان داده شده است. با توجه به جدول ۳ در دهه دوم مورد مطالعه، یعنی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ تبدیل گسترده مناطق با خاک بایر به مناطق شهری را شاهد هستیم؛ همچنین در این دوره، شاهد تخریب گسترده پوشش گیاهی و تبدیل آن به مناطق شهری را نشان می‌دهد.

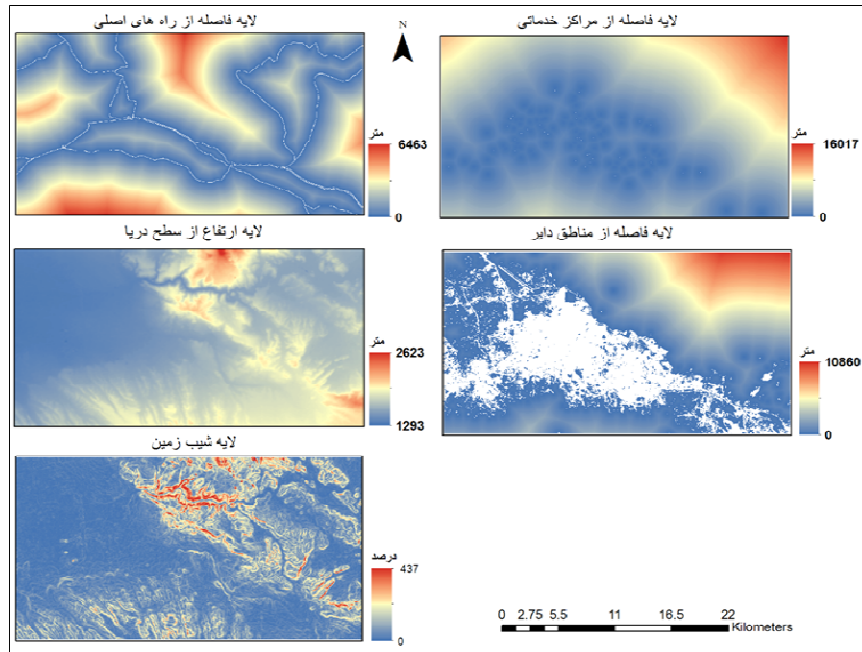


شکل ۲- نقشه تغییرات زمین بین سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰

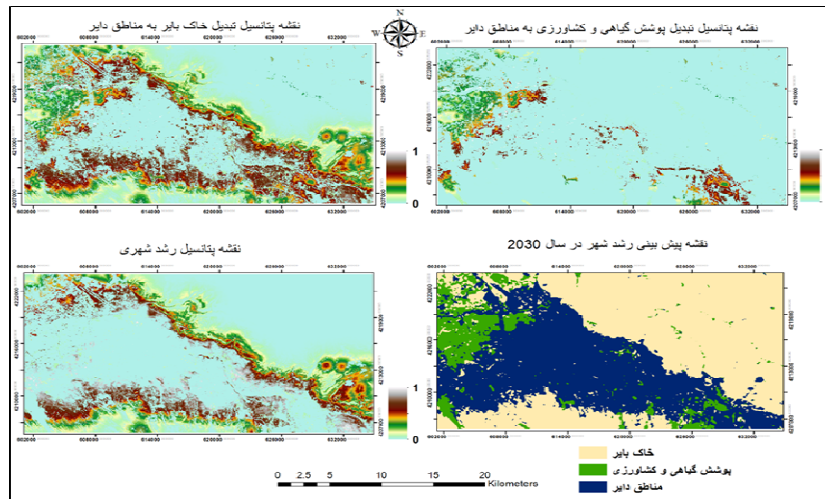
جدول ۳- تغییرات مساحت طبقات زمین در سالهای مورد مطالعه

تغییرات طبقات کاربری به هکتار	خاک بایر به مناطق دایر	پوشش گیاهی و کشاورزی به مناطق دایر	خاک بایر به پوشش گیاهی و مناطق کشاورزی	پوشش گیاهی و کشاورزی به خاک بایر
سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰	۱۶۹۷	۸۲۵	۱۵	۳۰۳
سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰	۵۷۰۷	۲۱۱۹	۳۷	۸۸۷

در شکل (۳) نقشه فاکتورهای مورد استفاده در این تحقیق برای بررسی شبیه‌سازی رشد شهری آورده شده است؛ اما در شکل (۴) چهار نقشه همزمان ارائه شده است (به ترتیب از بالا، سمت چپ)؛ نقشه اول، پتانسیل تبدیل خاک بایر به مناطق شهری در سال ۲۰۳۰ را نشان می‌دهد. نقشه بعدی (بالا سمت راست) نشان‌دهنده پتانسیل تبدیل پوشش گیاهی و کشاورزی به مناطق شهری است. در نقشه‌هایی که در قسمت پایین این شکل ارائه شده‌اند، ابتدا نقشه پتانسیل تبدیل شدن به نواحی شهری ارائه گردیده است و سپس نقشه نهایی، یعنی نقشه پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی برای گسترش شهر تبریز تا سال ۲۰۳۰ ارائه گردیده است.



شکل ۳- متغیرهای مورد استفاده برای ورودی مدل شبکه عصبی مورد استفاده



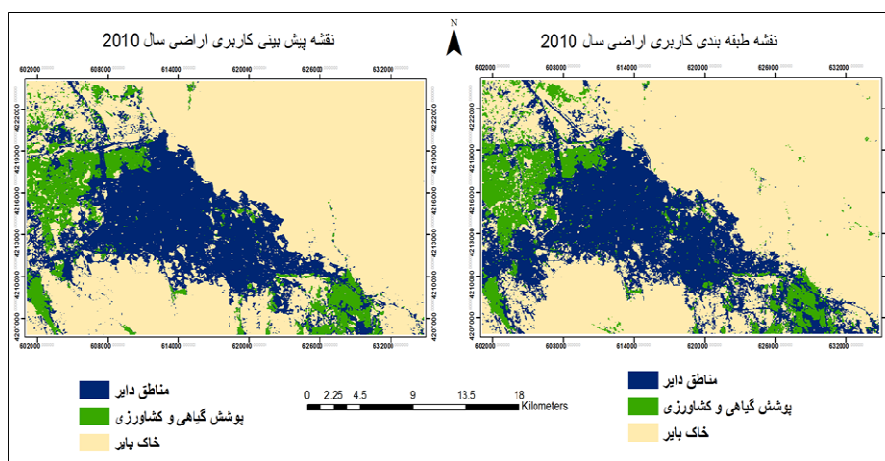
شکل ۴- نقشه‌های پتانسیل تغییر طبقات به طبقه مناطق دایر، پتانسیل رشد شهری و پیش‌بینی رشد شهری برای سال ۲۰۳۰

جدول (۴) نشان‌دهنده خلاصه آماری تغییرات کاربری اراضی بین دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰ است که طبق آن، تبدیلات چهار طبقه به شرح تبدیل خاک بایر به مناطق دایر، پوشش گیاهی و کشاورزی به مناطق دایر، خاک بایر به پوشش گیاهی و مناطق کشاورزی و پوشش گیاهی و کشاورزی به خاک بایر نشان داده شده است.

جدول ۴- تغییرات مساحت طبقات کاربری اراضی و طبقه پیش‌بینی شده ۳۰-۲۰۱۰

تغییرات طبقات کاربری به هکتار	خاک بایر به مناطق دایر	پوشش گیاهی و کشاورزی به مناطق دایر	خاک بایر به پوشش گیاهی و مناطق کشاورزی	پوشش گیاهی و کشاورزی به خاک بایر
سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰	۱۰۳۲۴	۵۸۷۳	۸۶	۲۰۵۷

در شکل (۵) به مقایسه نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی و نقشه پیش‌بینی شبکه عصبی آورده شده است. بر اساس نقشه طبقه‌بندی و مقایسه آن پیش‌بینی شده دقت کلی ۹۶ درصد را نشان می‌دهد.



شکل ۵- مقایسه نقشه پیش‌بینی برای سال ۲۰۱۰ و نقشه طبقه‌بندی شده سال ۲۰۱۰

۴- نتیجه گیری

انسان از دیرباز علاقه خاصی به داشتن و کسب اطلاع از آینده داشته است. امروزه، نه تنها این حس اغناء نشده است، بلکه به دلیل پیچیده‌تر شدن جنبه‌های زندگی بشری و روابط بین جوامع، اطلاع داشتن از آینده برای برنامه‌ریزی و کسب سود حداکثر، امری ضروری‌تر به نظر می‌رسد. در این راستا با توجه اطلاع از زمان گذشته و حال و با توجه به روند خاص تغییرات به شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات پرداخته می‌شود.

در این تحقیق برای بررسی روند توسعه شهری شهر تبریز از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. پنج فاکتوری که برای این تحقیق در نظر گرفته شد فاصله از جاده‌های اصلی، فاصله از مناطق دایر، فاصله از مراکز خدماتی، شیب و ارتفاع بودند. نتایج حاصل از تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ نسب به همین تغییرات در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ بیش از دو برابر شده است. این آمار، نشان‌دهنده دستکاری بسیار گسترده‌تر در دهه دوم مطالعه یعنی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ است. با توجه جدول شماره ۳ تغییر گسترده‌ای در تغییر کاربری خاک بایر به مناطق شهری وجود داشته است؛ سپس، تبدیل پوشش گیاهی و کشاورزی به مناطق دایر و پوشش گیاهی و کشاورزی به خاک بایر قابل ملاحظه است؛ اما در همین باره، تبدیل خاک بایر به پوشش گیاهی و مناطق کشاورزی چندان قابل توجه نیست.

می‌توان ادعا کرد که سیستم اطلاعات جغرافیایی و شبکه عصبی مصنوعی، ابزاری قدرتمند در شبیه‌سازی رشد شهری است؛ زیرا همان‌طور که نیز قبل نیز قابل پیش‌بینی بود، بیشترین پتانسیل رشد شهری در جنوب‌شرق، حوضه شهری و به سمت جلگه ارومیه است؛ جایی که به لحاظ ویژگی‌های فیزیوگرافی دارای بهترین شرایط برای توسعه شهر است و بیشترین امکان را برای توسعه شهر دارد؛ به علاوه به این نکته نیز می‌توان اشاره کرد که از مقایسه نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۰ و نقشه پیش‌بینی شبکه عصبی برای همین سال، ۹۶ درصد صحت حاصل شده است. با توجه جدول شماره ۴ بیش از حدود ۱۶۱۹۷ هکتار از مناطق غیر شهری به مناطق شهری تبدیل خواهد شد. این رقم، نسبت به دوره ۲۰ سال مشابه، یعنی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ که ۷۸۲۶ بیش از دو برابر

رشد شهری را نشان می دهد. ۵۷۰۷ هکتار از خاک بایر به مناطق دایر، ۲۱۱۹ هکتار از پوشش گیاهی و کشاورزی به مناطق دایر و ۸۸۷ هکتار از پوشش گیاهی و کشاورزی به خاک بایر تبدیل شد؛ اما بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ تنها ۳۷ هکتار از خاک بایر به پوشش گیاهی و کشاورزی تبدیل شده است. این ارقام برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰، خاک بایر به مناطق دایر ۱۰۳۲۴ هکتار، پوشش گیاهی و کشاورزی به مناطق دایر ۵۸۷۳ هکتار، پوشش گیاهی و کشاورزی به خاک بایر ۲۰۵۷ هکتار بوده است. این رقم برای تبدیل خاک بایر به پوشش گیاهی و مناطق کشاورزی، تنها ۸۶ هکتار می باشد.

با توجه به این گسترش بیش از اندازه شهری و تخریب گسترده پوشش گیاهی می توان انتظار جزیره حرارتی گسترده با دمای بالا برای آینده شهری شهر تبریز داشت؛ از جمله پیشنهادها برای مطالعات بعدی، پیش بینی جزیره حرارتی شهر با توجه به گسترش شهر و تخریب پوشش گیاهی است. در پایان، می توان اشاره کرد که با توجه به صحت ۹۶ درصد پیش بینی شبکه عصبی با طبقه بندی سال ۲۰۱۰، همچنین صحت ۸۷ درصدی طبقه بندی مذکور می توان گفت که به احتمال ۸۴ درصد کاربری های سال ۲۰۳۰، همان کاربری های پیش بینی شده به وسیله شبکه عصبی هستند.

فهرست منابع

۱. امیری، رضا. علیمحمدی، عباس و سیدکاظم علوی‌پناه. (۱۳۸۶). مطالعه تغییرپذیری فضایی - زمانی در ارتباط با کاربری / پوشش زمین در منطقه شهری تبریز با استفاده از داده‌های حرارتی و انعکاسی TM و ETM+ لندست. محیط‌شناسی، شماره ۴۳.
۲. علوی‌پناه، سید کاظم. (۱۳۹۲). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). تهران: انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم.
۳. فاطمی، سید باقر و رضایی، یوسف. (۱۳۸۹). مبانی سنجش از دور. انتشارات آزاده، چاپ دوم.
۴. رضازاده، راضیه و میراحمدی، مهرداد (۱۳۸۸). مدل اتوماسیون سلولی روش نوینی در شبیه‌سازی رشد شهری، نشریه فناوری آموزش، جلد ۴، شماره ۶.
۵. زارع، مهدی. (۱۳۸۰). خطر زمین‌لرزه و ساخت و ساز در حریم گسل شمال تبریز و حریم گسل‌های زمین‌لرزه‌ای ایران. پژوهشنامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال ۴، شماره ۲ و ۳.
۶. کامیاب، حمیدرضا و همکاران. (۱۳۹۰). کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی توسعه شهری (مطالعه موردی: شهر گرگان). پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، شماره ۷۶. صص ۹۹-۱۱۳.
۷. محمودی، سلمان و همکاران. (۱۳۹۴). بررسی میزان برابری، نابرابری و برخورداری مناطق شهرداری تبریز با استفاده از روش تاپسیس. اولین همایش علوم زمین و توسعه شهری، تبریز.
8. Alkheder, S. & Shan, J., (2005). **Urban growth simulation using remote sensing imagery and neural networks**. In Third international symposium remote sensing and data fusion over urban areas (URBAN 2005) and the 5th international symposium on remote sensing of urban areas (URS 2005), pp:14-16.
9. Araya, Y.H., (2009). **Urban land use change analysis and modeling: a case study Setubal and Sesimbra Portugal Thesis**, Institute for geoinformatics University of Munster
10. Asghari Zamani, A., (2007). **Evaluation and prediction of spatial expansion in cities (Case study: zanjan city)**. Ph.d

Department of Geography and urban planning in Tabriz university.

11. Atkinson, P.M., Tatnall, A.R.L., (1997). **Introduction neural networks in remote sensing**. International Journal of remote sensing, 18(4), pp: 699-709
12. Bella, K.P., Irwin, E.G., (2002). **Spatially Explicit Micro-level Modeling of Land Use Change the Rural-urban Interface**, Agricultural Economics, No.27, pp: 217-232.
13. Carpenter, G.A., Gajja, M.N., Gopal, S., Woodcock, C.E., (1997). **ART neural networks for remote sensing: vegetation classification from Landsat TM and terrain data**. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 35(2), pp: 308-325.
14. Chander, G., Markham, B.L., Helder, D.L., (2009). **Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors**. Remote sensing environment, 113(5), pp: 893-903.
15. Jensen, J.R., (2005). **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**.
16. Karul, C., Soyupak, S., (2003). **A comparison between neural network based and multiple regression models for chlorophyll-a estimation**. In Ecological Informatics (pp. 249-263). Springer Berlin Heidelberg
17. Pauchard, A., Aguayo, M., Peña, E., Urrutia, R., (2006). **Multiple Effects of Urbanization on the Biodiversity of Developing Countries: The Case of a Fast-growing Metropolitan Area (Concepción, Chile)**, Biological Conservation, No.127, pp: 272-281.
18. Rumelhart, D.E., Hinton, G., Williams, R., (1986). **Learning internal representations by error propagation**. In D.E. Rumelhart & J.L. McClelland (Eds.), Parallel Distributed Processing Cambridge, MA: MIT Press, pp: 318-362.
19. Rezazade, R., Mirahmadi, M., (2009). **Cellular automata, a new approach in urban growth simulation**. Journal of education technology, 4 (4).
20. Tayyebi, A., Pijanowski, B.C., Tayyebi, A.H. (2011). **An urban growth boundary model using neural networks, GIS and radial parameterization: An application to Tehran, Iran**. Landscape and Urban Planning, 100(1), pp: 35-44.

21. Tayyebi, A. Christopher Pijanowski, B. Pekin, B., (2011). **Two rule-based Urban Growth Boundary Models applied to the Tehran Metropolitan Area, Iran.** Applied Geography, No.31, pp: 908-918.
22. Triantakostas, D., Stathakis, D., (2015). **Urban Growth Prediction in Athens, Greece, Using Artificial Neural Networks.** Int. J. Civil Struct. Constr. Archit. Eng, 9, pp:193-197
23. Werbos, P., (1974). **Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral Sciences.** PhD Thesis, Cambridge, MA: Harvard University.
24. Zarei, R., Alsheikh, A.A., (2012). **Modeling of Urban development using cellular automata and genetic algorithm, case study: Shiraz City.** Journal of Research and Planning, 3(11).