

## ارزیابی پتانسیل و الگوی رشد بهینه شهر تبریز مبتنی بر استفاده از شبکه‌های عصبی

رحیمه رستمی - دانشجوی دکتری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران  
میلاذ باقری - کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران  
میثم ارگانی\* - استادیار سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران  
مصطفی حسن‌وند - کارشناس ارشد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۲۹      تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۳/۲۹

### چکیده

شهر تبریز یکی از کلان‌شهرهای ایران است که گسترش و توسعه روزافزونی دارد. یکی از مشکلات موجود در مسیر توسعه شهرها، مدیریت‌نکردن صحیح آن و بی‌توجهی به عوامل مؤثر است. در سال‌های گذشته، شهر تبریز به دلیل مهاجرپذیر بودن از رشد فیزیکی بسیاری برخوردار بوده است. مدیریت صحیح رشد شهرها از جهات گوناگون از مسائل مهمی است که باید مدنظر قرار بگیرد. روش‌های متعددی برای تعیین مناطق مناسب رشد شهری وجود دارد. یکی از این روش‌ها در تعیین مناطق مناسب برای توسعه شهر روش شبکه عصبی است که در مطالعه حاضر نیز از آن استفاده شده است. در این مطالعه، برای تعیین مکان بهینه رشد شهری از سه گروه معیارهای اجتماعی-اقتصادی، کاربری زمین و بیوفیزیکی استفاده شد. برای مکان‌یابی مناطق مساعد رشد با روش شبکه عصبی، ۲۰۰ نقطه به‌عنوان نقاط آموزشی شبکه تهیه شدند و لایه‌های میانی نیز هفت عدد بود. نتایج مرتبط با اجزای شبکه نشان می‌دهد با دورشدن از امکانات و مناطق شهری، پتانسیل‌ها به‌شدت کاهش یافته است و بیشتر مناطقی که پتانسیل توسعه شهری دارند، در نزدیک‌ترین فاصله این امکانات و مناطق شهری قرار دارند. قسمت‌هایی از شهر که طی سال‌های گذشته به‌صورت پراکنده و نامنظم رشد داشته‌اند، با توجه به نتایج حاصل شده نامناسب هستند. همچنین حاشیه‌های نزدیک به هسته اصلی شهر که به خدمات شهری نیز دسترسی بیشتری دارند، برای رشد مناسب‌تر هستند، اما قسمت‌هایی که به‌صورت پراکنده در شمال غرب و جنوب شرق شهر توسعه یافته‌اند کاملاً نامناسب هستند.

واژه‌های کلیدی: تبریز، توسعه فیزیکی، شبکه عصبی، مکان‌یابی.

## مقدمه

در دهه‌های اخیر، افزایش سریع جمعیت مشخصه اصلی بیشتر شهرهای بزرگ به‌ویژه کلان‌شهرها بوده است. از مهم‌ترین دلایل رشد سریع این‌گونه شهرها، تمرکز خدمات، صنایع و تسهیلات در آن‌ها بوده که منجر به مهاجرپذیری شدید شده است. افزایش جمعیت سبب توسعه فیزیکی و کالبدی بدون برنامه و لجام‌گسیخته کلان‌شهرها و شهرهای بزرگ می‌شود (مشکینی و تیموری، ۱۳۹۲: ۳۷۶). به‌طور کلی رشد شهرنشینی و توسعه شهری، نتیجه مستقیم انقلاب صنعتی و پیشرفت اقتصاد سرمایه‌داری است که نخست در کشورهای غربی، سپس در کشورهای درحال توسعه رخ داده است. بیشترین میزان افزایش جمعیت در آینده در کشورهای درحال توسعه، به‌ویژه کشورهای کمتر توسعه‌یافته خواهد بود (توولد و کبرال، ۲۰۱۱: ۲۱۴۹).

در زمان ما توسعه فیزیکی ناموزون شهرها، یکی از مسائل مهم در کاربری زمین است. این توسعه در واقع ادامه گسترش شهر در اطراف آن است؛ زیرا در اطراف شهرهای بزرگ، مناطقی وجود دارد که همواره دوره انتقال از بهره‌برداری‌های روستایی به شهری را می‌گذرانند (شکویی، ۱۳۸۲: ۲۱۳)، شهر تبریز نیز مانند سایر شهرهای بزرگ از این امر مستثنا نیست و همواره به‌سوی نواحی مسکونی اطراف و روستاهای حاشیه شهر در حال گسترش است. این گسترش بدون توجه به سایر عوامل محیطی و انسانی شکل می‌گیرد و بی‌توجهی به این عوامل سبب رشد شهر در جهت‌های نادرست خواهد شد. توسعه یعنی وسعت‌دادن یک پدیده در ابعاد مختلف که جامعیت دارد و دربرگیرنده توسعه اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و تغییرات رفتار فردی نیز است (زمردیان، ۱۳۷۰: ۹۲؛ آزادخانی و همکاران، ۱۳۹۶: ۶). می‌توان گفت توسعه فیزیکی شهرها، به افزایش کمی و کیفی کاربری‌ها و فضاهای کالبدی (مسکونی، تجاری، مذهبی، ارتباطی و...) یک شهر در ابعاد افقی و عمودی گفته می‌شود که در طول زمان صورت می‌گیرد. توسعه فیزیکی شهرها یکی از الزامات گسترش شهرنشینی است و باید به سمت و سویی جهت پیدا کند که تمام مبانی توسعه در آن رعایت شود (قرخلو و همکاران، ۱۳۸۹: ۶). پیامدهای این مسئله عبارت است از افزایش اراضی بی‌استفاده، سهم بالای فضاهای باز، کاهش تراکم جمعیت، گسستگی بخش‌های شهری و جدایی‌گزینی اجتماعی (هس، ۲۰۰۱: ۲). در نتیجه، مهم‌ترین مسئله در برابر گسترش شهری، مکان توسعه آتی آن‌هاست (مرلین، ۲۰۰۰: ۲۳۵). به عبارت دیگر، توسعه روزافزون جمعیت شهرنشین کشور و پیش‌بینی‌نشدن اراضی کافی و مناسب برای توسعه شهرها، لزوم مکان‌یابی اراضی مناسب برای توسعه شهری، با ارزیابی امکانات رشد کالبدی و توسعه شهرهای موجود، همراه با تعیین جهات، حدود منطقی و مراحل مختلف توسعه آن‌ها را در آینده در محدوده شهر ایجاب می‌کند (فکوهی، ۱۳۸۳: ۱۹). از جمله مطالعات درباره توسعه شهر می‌توان به این موارد اشاره کرد: حاتمی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۶) الگوی گسترش فیزیکی شهر خرم‌آباد را با استفاده از مدل‌های هلدن و آنتروپی شانون بررسی کردند و جهت بهینه توسعه شهر را با مدل AHP<sup>۱</sup> به‌دست آوردند. برای این پژوهش از لایه‌های اطلاعاتی قابلیت اراضی، سطوح ارتفاعی، شیب، شبکه ارتباطی، فرودگاه، گورستان، رودخانه، شهرک صنعتی و نقاط روستایی اطراف شهر برای تعیین مناطق مناسب رشد استفاده شد. سرور و همکاران (۱۳۹۵) الگوی بهینه توسعه فیزیکی شهر بانه را براساس شاخص‌های توسعه میان افزایش بررسی کردند. در این مطالعه، با استفاده از شاخص‌ها و لایه‌های مرتبط به هم‌پوشی لایه‌ها با استفاده از مدل بولین اقدام شد. سپس با روش AHP پنج سایت برای توسعه شهر مناسب تشخیص داده شد. لهنر و همکاران (۲۰۱۶) رشد شهر احمدآباد را در سال‌های آتی سناریوسازی کردند. در این مطالعه، اطلاعاتی مبتنی بر سنجش از راه دور شهری برای این شهر ارائه شد. همچنین نتایج

سناریوهای رشد شهری در دسترس قرار گرفت و ضعف‌های شناسایی شده و گزینه‌های پیشنهادی آینده پیشنهاد شد. آزادخانی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی الگوی توسعه کالبدی-فضایی شهر ایلام با مدل آنتروپی شانون و هلدن پرداختند و برای تحلیل مدل‌ها از داده‌های جمعیت، سرانه ناخالص، مساحت مناطق و وسعت کل شهر استفاده کردند. پژوهش‌های مشابه دیگری در این زمینه صورت گرفته است که در آن‌ها بر رشد روزافزون جمعیت و نیاز به مدیریت توسعه آتی شهرها تأکید شده است. هدف از مطالعه حاضر نیز تعیین مناطق مناسب رشد شهر تبریز با توجه به عوامل بیوفیزیکی، اجتماعی-فرهنگی و کاربری اراضی است.

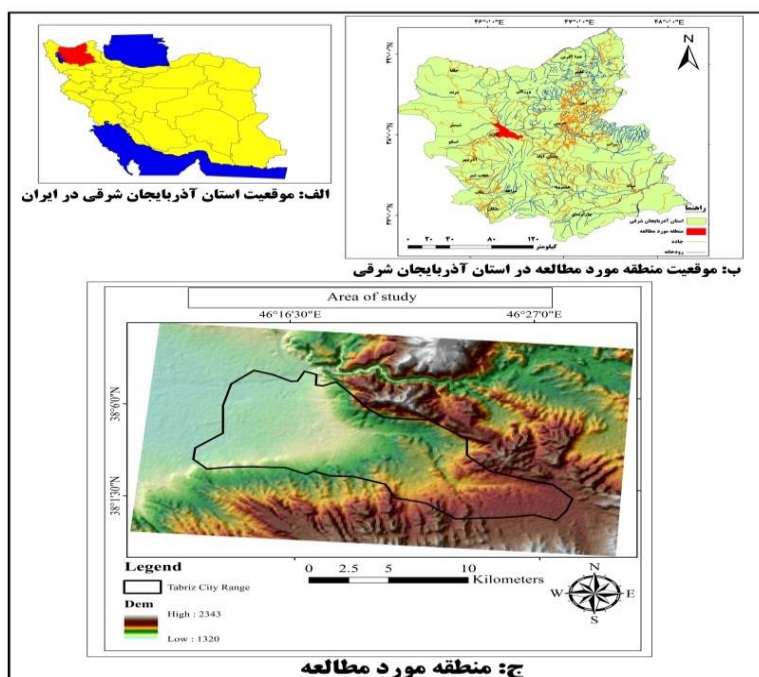
## مبانی نظری

توسعه فیزیکی شهر فرایندی پویا و مداوم است که طی آن محدوده فیزیکی شهر و فضاها کالبدی آن در جهت‌های عمودی و افقی از حیث کمی و کیفی افزایش می‌یابد (نگارش، ۱۳۸۲: ۱۴۷). پس از جنگ جهانی دوم، توسعه شهری در شهرها با انگیزه‌های متفاوتی شکل گرفت. روند حاکم بر این توسعه در ایران شامل چند دوره است. دوره اول گسترش‌های شهری که خارج از منطقه شهری رخ داده است. دوره دوم گسترش‌های شهری در نواحی است که در داخل منطقه‌های شهری استقرار یافته‌اند (هایرس، ۱۹۸۹: ۶۶؛ نصیری و مقبل، ۱۳۹۵: ۴۴) دوره سوم یا امروزه: گسترش شهر در تداوم با شهر اصلی (مرکزی) که در واقع ادامه گسترش کالبدی شهرهای قدیمی و یا شهرهای جدید است. (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۲۳-۱۲۴ و نصیری و ناصرمقبل، ۱۳۹۵: ۴۴) چنانچه توسعه فیزیکی موزون و متعادل صورت گیرد مطلوب خواهد بود، اما در صورتی که توسعه فیزیکی در بخش‌های مختلف شهر ناموزون و ناهماهنگ باشد موجب ناپایداری شهری می‌شود (عظیمی آملی، ۱۳۸۸: ۱۴۰ و نصیری و ناصرمقبل، ۱۳۹۵: ۴۴).

یکی از روش‌هایی که برای تعیین مکان مناسب توسعه شهر استفاده می‌شود، روش شبکه عصبی است. از آنجا که رشد شهری پدیده‌ای پیچیده است و در آن تعدادی از متغیرها با هم تعامل غیرخطی دارند، استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مدل کردن توسعه و رشد شهری کاملاً منطقی است (اتکینسون و تاتنال، ۱۹۹۷: ۷۰۰). شبکه‌های عصبی مصنوعی با ساختار نقشه‌سازی غیرخطی و برای مدل‌سازی سیستم‌های متصل به یکدیگر مانند مغز متشکل از نرون‌ها توسعه داده شده‌اند. شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه از پرکاربردترین شبکه‌های عصبی کاربردی هستند (کامیاب و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۰). شبکه عصبی مصنوعی مستقل از توزیع آماری داده‌هاست و به متغیرهای آماری ویژه‌ای نیاز ندارد؛ بنابراین این ویژگی امکان ترکیب داده‌های سنجش‌ازدور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی را تسهیل می‌کند. علاوه‌براین تجزیه و تحلیل دقت، حتی با گروه داده آموزشی اندک از منطقه امکان‌پذیر است؛ زیرا محاسبات پیکسل مبنا هستند (پارک و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۰۵).

## داده‌ها و روش پژوهش

شهر تبریز یکی از شهرهای پرجمعیت شمال غرب کشور است که جمعیت آن براساس سرشماری سال ۱۳۹۵، برابر با ۱,۶۲۳,۰۹۶ نفر بوده است (چکیده نتایج جمعیتی سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۵: ۱۵). این شهر از غرب هم‌جوار دریاچه ارومیه است و از شرق به کوه‌های سهند منتهی می‌شود. محدوده مورد مطالعه از ۳۸ درجه و ۵۹ دقیقه و ۳۷ ثانیه شمالی تا ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه و ۴۲,۷۷ ثانیه شمالی کشیده شده است و طول آن از ۴۶ درجه و ۷ دقیقه و ۴۴,۶۳ ثانیه شرقی تا ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و ۳۴,۵۷ ثانیه شرقی است. محدوده مطالعه در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱. الف) موقعیت استان آذربایجان شرقی در ایران، ب) موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان آذربایجان شرقی، ج) منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، ابتدا تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ پس از پیش‌پردازش‌های اولیه طبقه‌بندی شد؛ زیرا با استفاده از طبقه‌بندی سال ۲۰۱۷ برخی پارامترهای مؤثر در توسعه شهری به دست آمد. همچنین با مقایسه طبقه شهری تصاویر طبقه‌بندی شده سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ مناطق توسعه شهری در این بازه زمانی استخراج شد. برای کار با شبکه عصبی مصنوعی ابتدا باید پارامترهای مؤثر در توسعه شهری، به عنوان لایه‌های ورودی به شبکه (INPUT) معرفی شود که این عوامل از کاربری شهر، طبقه‌بندی سال ۲۰۱۷ و DEM<sup>۱</sup> منطقه تولید شدند. سپس ضروری است تعدادی نقاط تعلیمی در اختیار شبکه قرار بگیرد تا شبکه با استفاده از این نقاط (TARGET) میزان تأثیر هر یک از لایه‌های ورودی را تعیین کند. در واقع شبکه با این کار آموزش لازم را برای روبه‌رو شدن با مناطق جدید کسب می‌کند. در مناطق توسعه شهری استخراج شده در این مرحله از آموزش شبکه استفاده شد. پس از تعیین تعداد لایه‌های پنهان در ساختار شبکه، که با استفاده از روش آزمون و خطا محاسبه شد، در نهایت کل منطقه مورد مطالعه در اختیار شبکه تعلیم دیده قرار گرفت. شبکه نیز با استفاده از آنچه آموخته است، کل استان را از نظر داشتن پتانسیل توسعه شهری پهنه‌بندی کرد.

شبکه عصبی انواعی دارد. در این مطالعه از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (Multilayer Perceptron) با الگوریتم پس‌انتشار خطا (Back-Propagation) استفاده شد. مهم‌ترین موضوع در آموزش پرسپترون چندلایه برای پیش‌بینی، عملکرد تعمیم است. پرسپترون چندلایه مانند دیگر روش‌های تخمینی غیرخطی انعطاف‌پذیر دچار مشکل فوق‌برازش است. در این شرایط، خطای بین نتایج آموزش و تست افزایش می‌یابد که برای رفع این مشکل از رویکرد آموزش توقف استفاده می‌شود (عامری و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۳۴). در واقع یکی از الگوریتم‌های یادگیری MLP الگوریتم پس‌انتشار خطاست. مبانی نظری این الگوریتم همان مبانی نظری روش‌های معمول مبتنی بر مشتقات جزئی گوس-نیوتون و نیوتون-رافسون است. الگوریتم پس‌انتشار خطا سه الگوریتم یادگیری دارد که عبارت است از: شبکه‌ای با ضریب یادگیری

ساده (Trainbp)، شبکه‌ای با ضریب یادگیری متغیر (Trainbpx) و شبکه‌ای که از روش لونیگ-مارکوات استفاده می‌کند (نوری و همکاران، ۲۰۱۰: ۵۸۵۶ و نوری و همکاران، ۲۰۱۱: ۴۳۹). در این مطالعه از روش لونیگ-مارکوات برای آموزش شبکه<sup>۱</sup> MLP استفاده شد. برای اجرای شبکه عصبی پرسپترون چندلایه نیز از نرم‌افزار MATLAB استفاده شد. اجرای شبکه نیازمند ورودی (INPUT) یا عوامل و متغیرهای مؤثر در توسعه شهری، خروجی (TARGET) یا همان نقاط آموزش شبکه و انتخاب تعداد لایه‌های میانی یا پنهان خواهد بود. پس از تهیه شاخص‌های ورودی یا همان INPUT، برای تهیه TARGET، ۲۰۰ نمونه آموزشی انتخاب شدند. این نقاط آموزشی به سه بخش تقسیم می‌شوند: بخش نخست به آموزش شبکه مربوط است. بخش دوم برای متوقف کردن محاسبات است در زمانی که خطا افزایش می‌یابد و بخش سوم برای راستی‌آزمایی شبکه است (جلیلی قاضی‌زاده و نوری، ۲۰۰۸: ۱۳؛ هانگ و همکاران، ۲۰۰۲: ۲۴۶؛ کیارتز و همکاران، ۱۹۹۵: ۲). از ۲۰۰ نمونه آموزشی، ۷۰ درصد (۱۴۰ نقطه) داده‌ها در آموزش شبکه، ۱۵ درصد (۳۰ نقطه) به منظور اعتبارسنجی که برای کالیبره کردن مدل استفاده می‌شود و در نهایت ۱۵ درصد (۳۰ نقطه) باقی‌مانده به منظور ارزیابی و نتیجه‌گیری استفاده شدند. برای تسهیل در هم‌گرایی شبکه عصبی مصنوعی، باید مقادیر مربوط به نرون‌های ورودی نرمال شود؛ زیرا وارد کردن داده‌ها به صورت خام سبب کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود (ایلماز، ۲۰۰۹: ۱۱۲۶). برای نرمال‌سازی داده‌ها در این مطالعه از رابطه ۱ استفاده شد.

$$x_y = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (1)$$

Xy ارزش (مقدار) نرمال‌شده لایه مورد نظر، xi ارزش لایه ورودی، xmin کمترین ارزش لایه و xmax بیشترین ارزش لایه مورد نظر است. بعد از انتخاب INPUT و TARGET باید تعداد لایه‌های پنهان مشخص شود. برای انتخاب تعداد نرون‌های لایه‌های میانی یا پنهان روش‌های زیادی وجود دارد که یکی از کارآمدترین آن‌ها روش آزمون و خطاست که در این مطالعه، برای مشخص کردن تعداد لایه‌های پنهان از این روش استفاده شد. در روش آزمون و خطا، بهترین انتخاب برای تعداد نرون‌های لایه میانی، زمانی ایجاد می‌شود که طی مراحل آموزش و آزمایش شبکه، خطای شبکه به حداقل ممکن برسد. تعداد لایه‌های پنهان در این شبکه هفت لایه است. بعد از طبقه‌بندی و استخراج مناطق توسعه شهری در دوره ۱۷ ساله، نقاط آموزشی انتخاب و مناطق مستثنا شهری حذف شدند.

در این مطالعه، عوامل مهم و تعیین‌کننده در توسعه شهری که پیش‌تر دیگران مطالعه کردند با توجه به ویژگی‌های طبیعی خود منطقه مورد مطالعه استخراج شد. بدین منظور تعیین و تهیه ۱۶ پارامتر مؤثر و کلیدی در توسعه شهری صورت گرفت. این پارامترها عبارت‌اند از: فاصله از معابر شهری (شکل ۲)، فاصله از بیمارستان (شکل ۳)، فاصله از درمانگاه و کلینیک (شکل ۴)، فاصله از پارک و فضای سبز (شکل ۵)، فاصله از جاده‌های اصلی (شکل ۶)، فاصله از مراکز تجاری-اداری (شکل ۷)، فاصله از مراکز آموزشی (شکل ۸)، فاصله از آتش‌نشانی (شکل ۹)، فاصله از گسل (شکل ۱۰)، فاصله از پمپ‌بنزین (شکل ۱۱)، کاربری باغ (شکل ۱۲)، کاربری کشاورزی (شکل ۱۳)، فاصله از مناطق شهری (شکل ۱۴)، کاربری دشت و بایر (شکل ۱۵) و شیب (شکل ۱۶) و ارتفاع (شکل ۱۷). این پارامترها به عنوان ورودی (INPUT) در سه گروه متغیر مستقل شامل متغیرهای اجتماعی-اقتصادی، بیوفیزیکی و کاربری زمین قرار می‌گیرند. نحوه تهیه و قرارگیری هر کدام از این پارامترها در هر گروه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. عوامل مؤثر در توسعه شهری

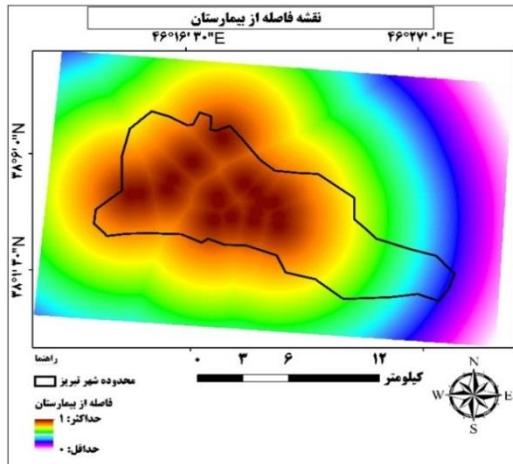
فکتورها	انواع لایه‌ها	منبع	پروژه‌های انجام‌شده
اقتصادی و اجتماعی	فاصله از معابر شهری	یاکوب، ۲۰۰۷	با اعمال تابع تحلیلی فاصله در محیط ARCGIS بر داده‌های سازمان نقشه‌برداری و نرمال کردن لایه‌ها بین صفر و ۱
	فاصله از بیمارستان	صمدی، ۱۹۹۴	
	فاصله از درمانگاه و کلینیک	صمدی، ۱۹۹۴	
	فاصله از پارک و فضای سبز	صمدی، ۱۹۹۴	
	فاصله از جاده‌های اصلی	صمدی، ۱۹۹۴	
	فاصله از مراکز تجاری-اداری	صمدی، ۱۹۹۴	
	فاصله از مراکز آموزش	صمدی، ۱۹۹۴	
	فاصله از آتش‌نشانی	اسلیوزاس، ۲۰۰۴	
	فاصله از غسل	اسلیوزاس، ۲۰۰۴	
	فاصله از پمپ‌بنزین	اسلیوزاس، ۲۰۰۴	
کاربری زمین	زمین‌های کشاورزی	صمدی، ۱۹۹۴	ایجاد نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصویر استر سال ۲۰۱۷ و طبقه‌بندی مجدد نقشه به دو کلاس کشاورزی (عدد ۱) و غیرکشاورزی (عدد صفر)
	دشت و زمین‌های بایر	صمدی، ۱۹۹۴	ایجاد نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصویر استر سال ۲۰۱۷ و طبقه‌بندی مجدد نقشه به دو کلاس دشت و بایر (عدد ۱) و غیر دشت و بایر (عدد صفر)
	فاصله از مناطق شهری	صمدی، ۱۹۹۴	ایجاد نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصویر استر سال ۲۰۱۷ و جدا کردن طبقه شهری و اعمال تابع تحلیلی فاصله در محیط ARCGIS روی آن و نرمال کردن
بیوفیزیکی	باغ‌ها	صمدی، ۱۹۹۴	ایجاد نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصویر استر سال ۲۰۱۷ و طبقه‌بندی مجدد نقشه به دو کلاس باغ (عدد ۱) و غیر باغ (عدد صفر)
	شیب	صمدی، ۱۹۹۴	گرفتن مدل رقمی ارتفاعی سنجنده ASTER با دقت ۳۰ متر ایجاد نقشه شیب و نرمال‌سازی بین صفر و ۱
	ارتفاع	یاکوب، ۲۰۰۷	گرفتن مدل رقمی ارتفاعی سنجنده ASTER با دقت ۳۰ متر و نرمال‌سازی بین صفر و ۱

داده‌های استفاده‌شده در این پژوهش به دو دسته تقسیم می‌شوند: داده‌های مورد استفاده برای استخراج کاربری‌های اراضی در منطقه مورد مطالعه، شامل تصاویر ماهواره‌ای و داده‌هایی که به‌عنوان عوامل مؤثر بر گسترش شهری و تغییرات کاربری اراضی از آن‌ها یاد می‌شود. در این مطالعه از سه گروه متغیر مستقل شامل متغیرهای اجتماعی-اقتصادی، بیوفیزیکی و کاربری زمین استفاده شد. از آنجا که قوانین تصمیم‌گیری متعددی برای بهره‌برداری از این متغیرها وجود دارد، فاصله این متغیرها به‌عنوان شاخص مورد نظر مطرح شد؛ بنابراین متغیرهای مذکور به‌صورت فاصله از مراکز و مکان‌های مؤثر در توسعه شهری استفاده شدند. این لایه‌ها به‌صورت لایه‌هایی با فرمت SHAPE و با ساختار وکتوری از سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه و با استفاده از تابع تحلیلی فاصله در محیط ARCGIS به رستر تبدیل شدند.

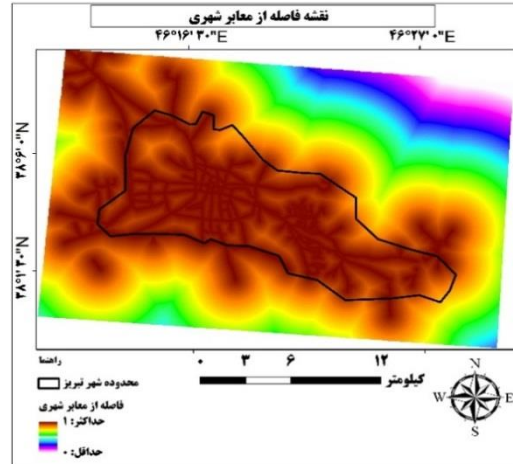
## بحث و یافته‌ها

پس از تهیه پارامترها لازم است برای ورود آن‌ها به شبکه عصبی مصنوعی، نرمال‌سازی معیارها صورت بگیرد و این معیارها به مقیاس بین صفر و ۱ منتقل شوند. در پارامترهای فاصله از شهر، بیمارستان، پارک و فضای سبز، کلینیک و درمانگاه، مراکز تجاری-اداری، آموزشی، معابر شهری، آتش‌نشانی و پمپ‌بنزین هرچه فاصله کمتر باشد، پتانسیل توسعه شهر بیشتر است؛ بنابراین به کمترین فاصله ارزش ۱ و به بیشترین فاصله ارزش صفر داده شده است، اما معیار فاصله از غسل برعکس این معیارهاست؛ یعنی به بیشترین فاصله از غسل ارزش ۱ (بالاترین ارزش) داده شده است. در معیارهای شیب و ارتفاع نیز بیشترین

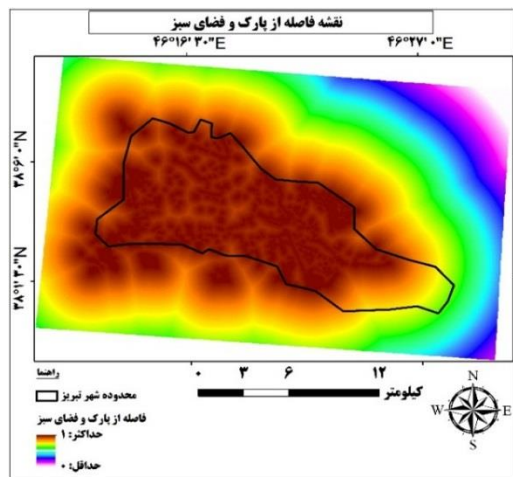
مقدارها به دلیل ایجاد شرایط نامساعد برای توسعه شهری، کمترین ارزش یعنی صفر را دارد. مناطق دارای شیب و ارتفاع کم هم بیشترین ارزش یعنی ۱ را به دست آوردند. بقیه مقادیر نیز بین صفر و ۱ نرمال شدند. به معیارهای کاربری زمین نیز تنها دو ارزش صفر و ۱ تعلق گرفت؛ ارزش ۱ در صورت وجود کاربری مورد نظر و ارزش صفر در صورت نبود آن.



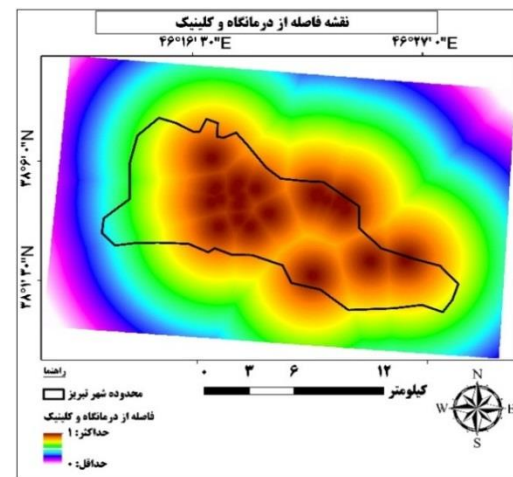
شکل ۳. فاصله از بیمارستان



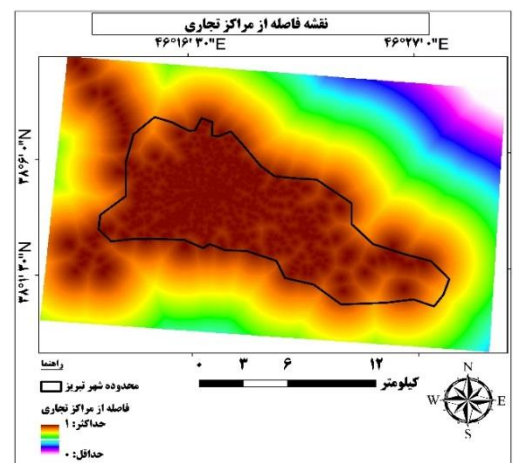
شکل ۲. فاصله از معابر شهری



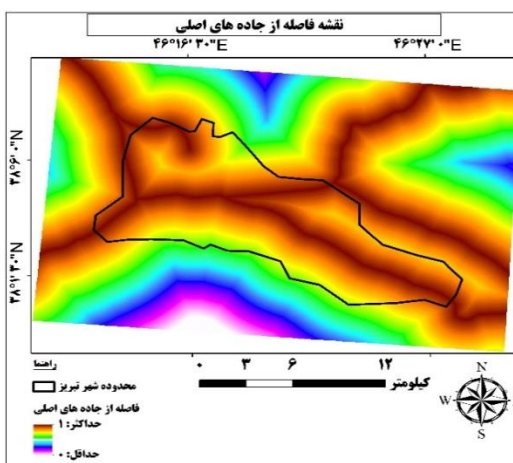
شکل ۵. فاصله از پارک و فضای سبز



شکل ۴. فاصله از درمانگاه و کلینیک

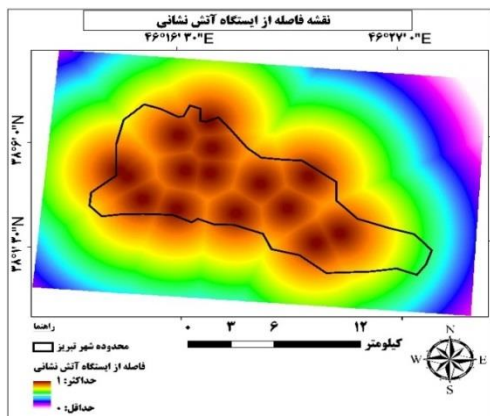


شکل ۷. فاصله از مراکز تجاری

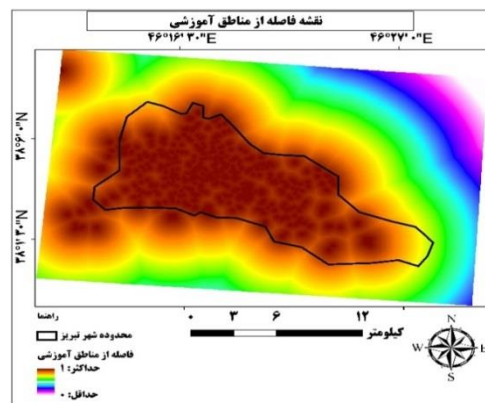


شکل ۶. فاصله از جاده‌های اصلی

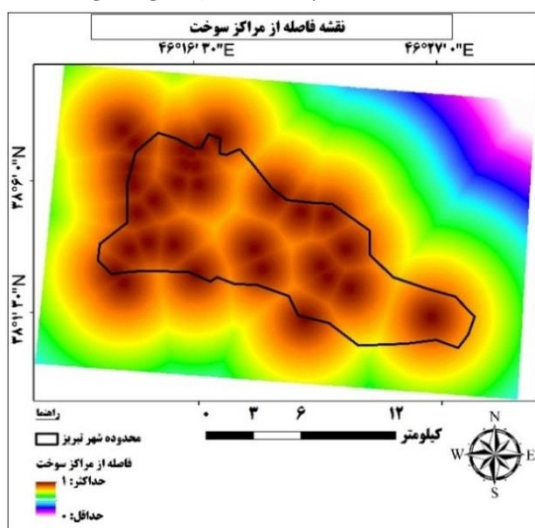




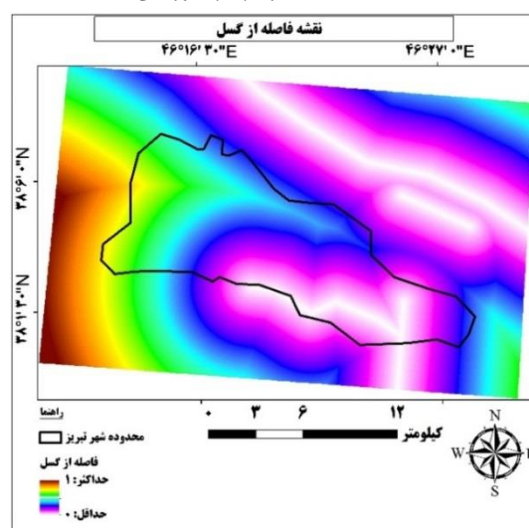
شکل ۹. فاصله از ایستگاه‌های آتش نشانی



شکل ۸. فاصله از مراکز آموزشی

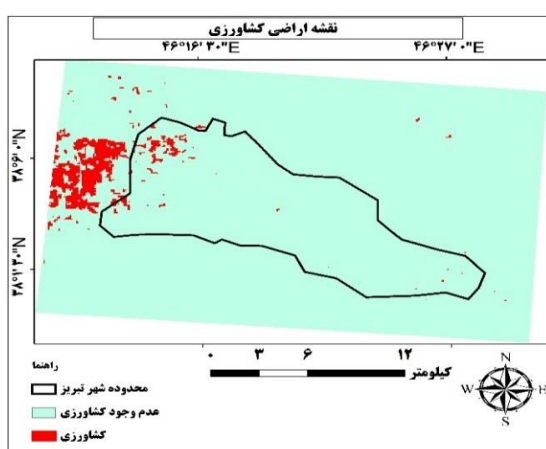


شکل ۱۱. فاصله از مراکز سوخت

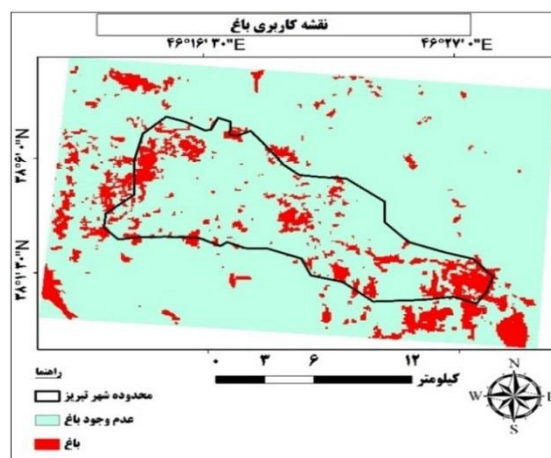


شکل ۱۰. فاصله از گسل

شکل‌های ۲ تا ۱۱ معیارهای مربوط به فاکتور اقتصادی و اجتماعی را نشان می‌دهد. با افزایش فاصله از مراکز خدمات‌رسانی شهری از ارزش زمین برای توسعه شهر کاسته می‌شود. به عبارت دیگر هرچه خدمات در دسترس‌تر باشند، آن محیط برای توسعه مناسب‌تر است.

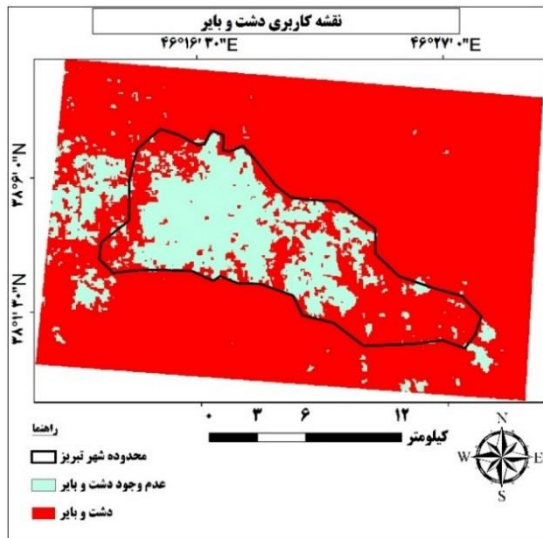


شکل ۱۳. کاربری زمین‌های زراعی

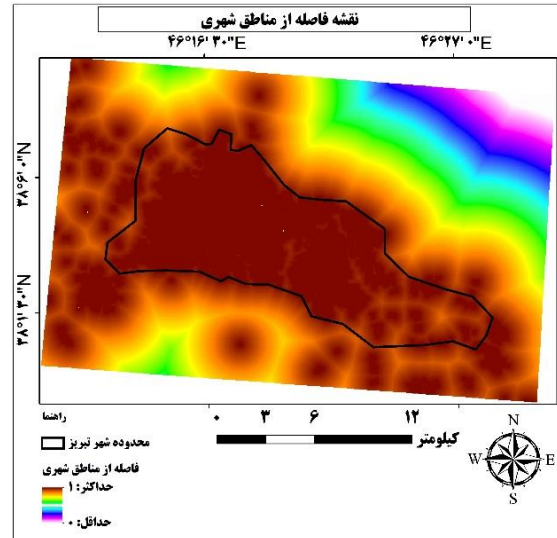


شکل ۱۲. کاربری باغ



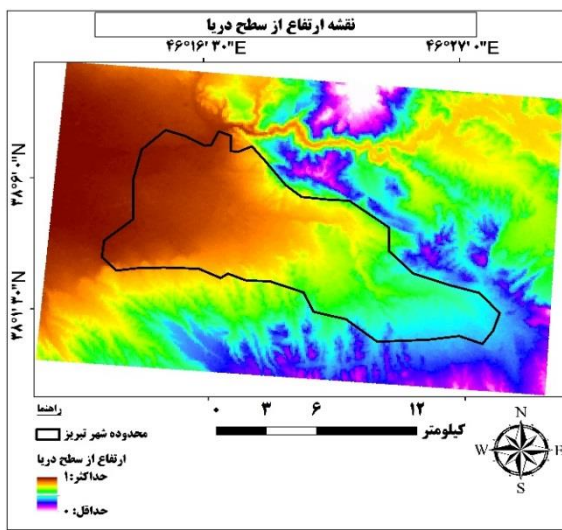


شکل ۱۵. زمین بایر و دشت

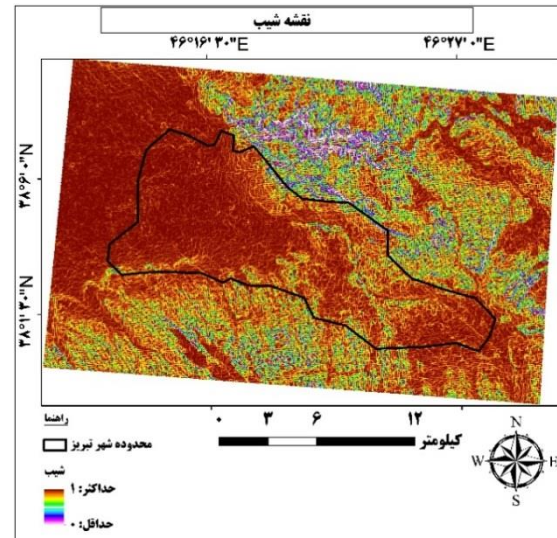


شکل ۱۴. فاصله از مناطق شهری

شکل‌های ۱۲ تا ۱۵ کاربری‌های مربوط به سال ۲۰۱۷ را نشان می‌دهد که به تفکیک کاربری باغی، زراعی، شهر و زمین بایر آمده است.

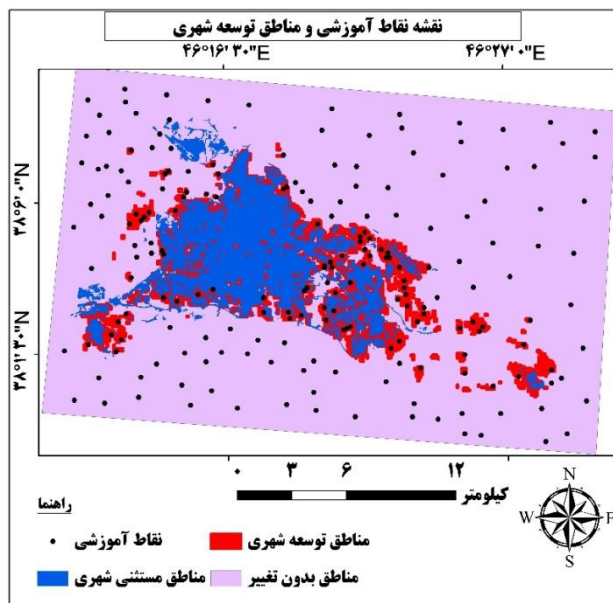


شکل ۱۷. ارتفاع



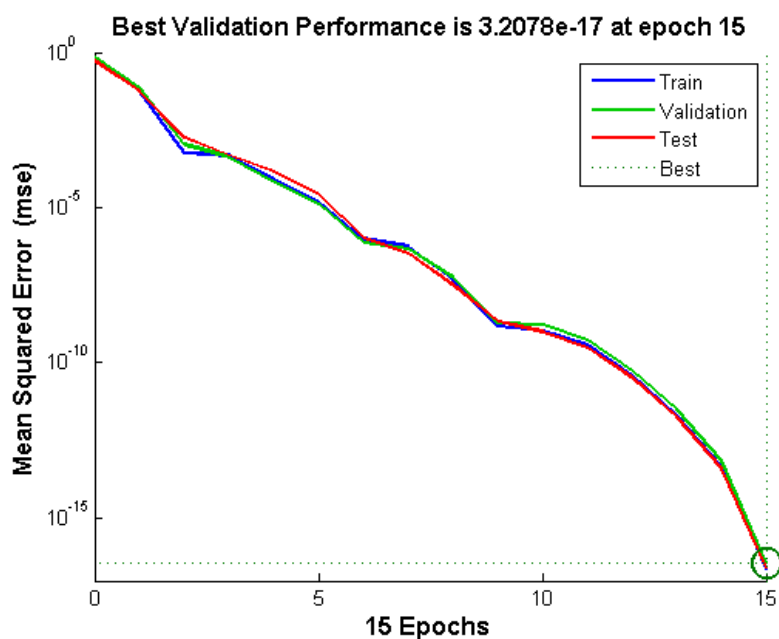
شکل ۱۶. شیب

ارتفاع محدوده شهر تبریز ۱۳۱۱ تا ۲۰۴۷ متر است. ارتفاع از جمله مواردی است که تأثیر بسیاری بر جهات توسعه شهر دارد. عامل دیگر از عوامل بیوفیزیکی شیب محدوده است. شیب یکی از عوامل مهمی است که در ساخت شهر و توسعه آتی آن تأثیر بسیاری دارد. علاوه بر این، در مکان‌یابی کاربری‌های مختلف نیز تأثیرگذار است. ضروری است در توسعه آتی شهر، به جهت‌های مختلف شیب در تعیین مسیر خیابان‌ها، معابر، واحدهای مسکونی و موارد دیگر توجه شود (مظفری و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۵). در درجه اول، شیب‌های هموار، جنوبی و جنوب غربی برای توسعه شهری و در درجه بعد، شیب‌های غربی و جنوب شرقی نسبتاً مناسب هستند (قرخلو و همکاران، ۱۳۹۱).

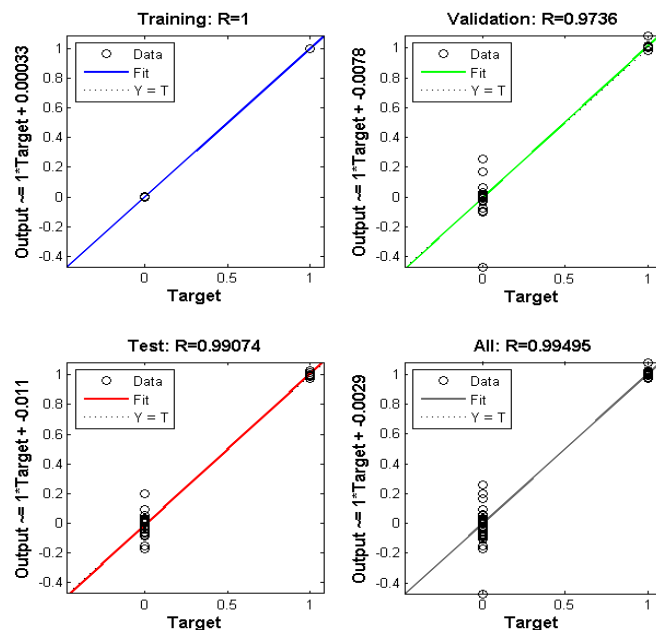


شکل ۱۸. پراکندگی نقاط آموزشی

شبکه MLP با ساختار ۱۶ لایه ورودی (عوامل مؤثر در توسعه شهری)، ۷ لایه میانی (روش آزمون و خطا) و ۱ نرون در لایه خروجی که سبب دستیابی به نقشه خروجی می‌شود (نقشه نهایی پتانسیل توسعه شهری) و الگوریتم آموزش لوببرگ-مارکوات اجرا شد؛ بدین صورت آموزش‌های لازم برای روبه‌رو شدن با نمونه‌های جدید به شبکه صورت گرفت. شکل ۱۹ دفعات تکرار در شبکه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، شبکه بعد از ۱۵ بار تکرار متوقف شد و به آموزش‌های لازم دست یافت. در تکرار ۱۵ نیز به بهینه‌ترین حالت ممکن یعنی بیشترین هم‌بستگی و کمترین خطا رسید. در شکل ۲۰ برازش و ضرایب رگرسیون مراحل آموزش، صحت‌سنجی و آزمون نهایی شبکه عصبی آمده که بیانگر مقادیر بالایی است که برای این مراحل به‌دست آمد.

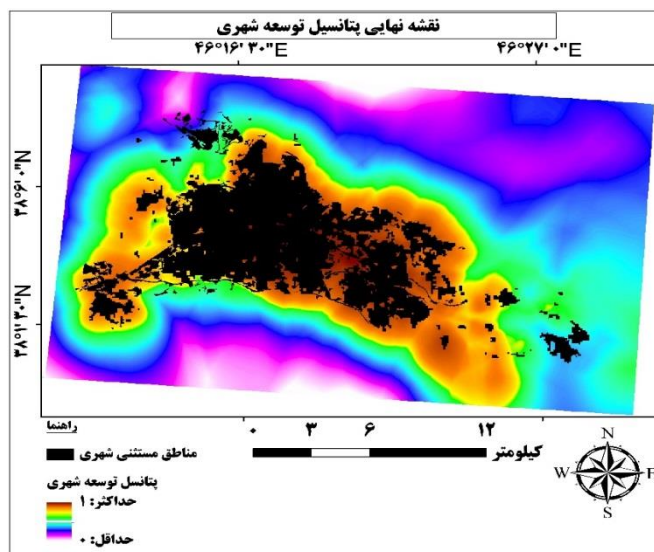


شکل ۱۹. برازش تعداد دفعات تکرار در شبکه عصبی



شکل ۲۰. نمودار برازش و ضریب هم‌بستگی در مراحل مختلف شبکه

در شبکه عصبی مصنوعی، جلوگیری از یادگیری بیش از حد شبکه بسیار مهم است؛ زیرا در این حالت شبکه به جای یادگیری و درک روابط پارامترها، حفظ کردن اطلاعاتی را آغاز می‌کند که در اختیار دارد (گومز و همکاران، ۲۰۰۲: ۲۳). بخش دوم داده‌های آموزشی برای همین امر در شبکه تعبیه شده است. با توجه به ضریب  $0.97$  این مرحله (Validation) (شکل ۲۰) می‌توان اطمینان یافت که به‌خوبی از یادگیری بیش از حد شبکه جلوگیری شده است. در نهایت ضریب رگرسیون کلی شبکه که حاصل شرکت همه داده‌ها در شبکه است،  $99$  درصد حاصل شد (All) (شکل ۲۰). بعد از انجام این مراحل، شبکه آموزش‌های لازم را برای مواجه شدن با مناطق جدید کسب می‌کند و می‌تواند این مناطق را براساس آنچه آموخته ارزش‌دهی کند؛ بنابراین تمام منطقه مورد مطالعه در اختیار شبکه قرار گرفت و شبکه براساس وزن معیارهایی که از آموزش کسب کرده است، پهنه‌بندی را بر تمام منطقه مورد مطالعه انجام داد. خروجی به‌دست‌آمده از این مرحله، یک لایه بارز بین صفر و ۱ بود که در شکل ۲۱ به‌صورت نهایی آمده است.



شکل ۲۱. پتانسیل توسعه شهر تبریز

## نتیجه‌گیری

رشد نامتوازن شهری یکی از تبعات رشد جمعیت است که می‌توان با مدیریت صحیح و توجه به مسائل و معیارهای تأثیرگذار تبعات آن را کاهش داد. شهرها هر روزه در حال توسعه‌اند و این توسعه جنبه‌های متفاوتی دارد. توسعه فیزیکی توسعه‌ای است که بر سایر جنبه‌ها نیز تأثیر می‌گذارد. در این مطالعه، روند توسعه شهر تبریز بررسی شد و مکان مناسب برای سال‌های آتی به‌دست آمد. در پژوهش قربانی و همکاران (۱۳۹۲) که در زمینه توسعه شهر تبریز صورت گرفت، از روش AHP استفاده شد. نتایج مدل نیز به کلاس‌های مطلوب تا نامطلوب طبقه‌بندی شد و حدود ۱۱۱,۰۸۲ هکتار مطلوب برای توسعه شهر تشخیص داده شد. در این پژوهش بیشتر بر عوامل محیطی چون گسل، شیب و ارتفاع و... تأکید شده است. نتایج نشان می‌دهد مناطق مناسب توسعه در قسمت‌های مرکزی به سمت جنوب شهر قرار گرفته‌اند. مطالعه حاضر در راستای مطالعات پیشین است، با این تفاوت که ابتدا با مدل‌های کمی الگوی توسعه برآورد شد. سپس با استفاده از عوامل تأثیرگذار مکان مناسب رشد به‌دست آمد. در این مطالعه، علاوه بر شرایط و عوامل طبیعی، به عوامل اجتماعی، اقتصادی و محدوده خدمات‌دهی شهری مانند بیمارستان‌ها، مراکز تجاری و آموزشی نیز توجه شده است. از دیگر نتایج این مطالعه کشیده شدن مناطق مناسب در حواشی نزدیک شهر است که تناسب‌نداشتن قسمت‌های پراکنده‌ای را نشان می‌دهد که پیش از این توسعه یافته‌اند؛ مانند مناطق صنعتی اطلس در قسمت شمال غرب شهر که به دلیل دسترسی‌نداشتن به خدمات شهری و قرارگیری در حریم گسل برای توسعه نامناسب بوده‌اند، یل روستای کندرود در جنوب شرق شهر تبریز که به‌مرور زمان به شهر متصل شده است از نظر توسعه شهری مکان مناسبی نیست؛ زیرا این مراکز به خدمات و به‌ویژه بیمارستان‌ها دسترسی ندارند. از سوی دیگر، این بخش از تبریز کاربری‌های باغی دارد و گسترش مناطق مسکونی در این قسمت با نابودی باغ‌ها همراه خواهد بود. به‌نظر می‌رسد وجود اتوبان زنجان-تبریز در مسیر جنوب شرق و وجود باغ‌ها، توسعه شهر را به‌مرور زمان به این سمت هدایت کرده است. براساس نتایج، اگر برنامه‌ریزی کاملی صورت بگیرد و به تمام موارد تأثیرگذار توجه شود، این مناطق مناسب توسعه نخواهند بود.

قسمت‌هایی که در نقشه نهایی برای توسعه مناسب هستند، در قسمت جنوب، جنوب شرق و شمال شهر جزو زمین‌های بایر بدون استفاده محسوب می‌شوند و تنها در قسمت‌های غرب مقداری از زمین‌های کشاورزی را دربرمی‌گیرند که می‌توان از توسعه شهر در این قسمت چشم‌پوشی کرد. بعضی قسمت‌ها به‌ویژه در جنوب شهر بین مناطق مسکونی بی‌استفاده مانده و هیچ ساخت‌وسازی در این مناطق صورت نگرفته است که به‌نظر می‌رسد این مناطق برای توسعه شهر پتانسیل بالایی دارند.

## منابع

۱. ابراهیم‌زاده، عیسی و قاسم رفیعی، ۱۳۸۸، **تحلیلی بر الگوی گسترش کالبدی شهر مرودشت با استفاده از مدل آنتروپی شاتون**، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره چهل و یکم، شماره ۶۹، صص ۱۲۳-۱۳۸.
۲. آزادخانی، پاکزاد، سلیمانی، سمیه و مهدی امید، ۱۳۹۶، **بررسی الگوی توسعه کالبدی-فضایی شهر ایلام با مدل آنتروپی شانون و هلدن**، فصلنامه مطالعات عمران شهری، دوره دوم، شماره ۴، صص ۴-۲۵.
۳. حاتمی‌نژاد، حسین، لرستانی، اکبر، احمدی، سجاد و مریم محمدی، ۱۳۹۶، **تحلیل الگوی گسترش فیزیکی شهر خرم‌آباد با استفاده از مدل‌های آنتروپی شانون و هلدن و تعیین جهات بهینه گسترش آن با استفاده از مدل Ahp**، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره چهل و نهم، شماره ۳، صص ۵۲۹-۵۳۷.
۴. زمردیان، محمدجعفر، ۱۳۷۰، **اصول و مبانی عمران ناحیه‌ای**، چاپ دوم، انتشارات کتابستان، مشهد.
۵. سرور، هوشنگ، سرور، رحیم و مهدی توحیدی، ۱۳۹۵، **بررسی الگوی بهینه توسعه فیزیکی شهر بانه بر اساس شاخص‌های توسعه میان‌افزا**، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال پنجم، شماره ۲۰، صص ۶۵-۸۲.
۶. شکویی، حسین، ۱۳۷۶، **دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری**، جلد اول، انتشارات سمت، تهران.
۷. صمدی، امیر، ۱۳۹۴، **به کارگیری تلفیقی شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی در توسعه شهری (نمونه موردی: شهر مریوان)**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۸. عامری، علیرضا، شیرانی، کورش، کرمی، جلال و عبدالله کلورازان، ۱۳۹۵، **کاربرد شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (Mlp) در مکان‌یابی دفن پسماند جامد شهری با تأکید بر خصوصیات هیدروژئومورفیک (مطالعه موردی: شهرستان فریدون‌شهر)**، محیط‌شناسی، دوره چهل و دوم، شماره ۲، صص ۳۲۹-۳۴۱.
۹. عظیمی آملی، جلال، ۱۳۸۸، **اصطلاحات و مفاهیم علوم شهری**، انتشارات دانشگاه آزاد واحد نور.
۱۰. فکوهی، ناصر، ۱۳۸۳، **انسان‌شناسی شهری**، چاپ اول، نشر نی، تهران.
۱۱. قرخلو، مهدی، داودی، محمود، زندوی، سید مجدالدین و حسن‌علی رجانی، ۱۳۸۹، **مکان‌یابی مناطق بهینه توسعه فیزیکی شهر بابلسر بر مبنای شاخص‌های طبیعی**، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره نهم، شماره ۲۳، صص ۹۹-۱۲۲.
۱۲. مشکینی، ابوالفضل و اصغر تیموری، ۱۳۹۲، **سنجش گستردگی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از Gis و Rs؛ نمونه موردی: شهر کرج طی دوره ۱۳۶۳-۱۳۹۱**، معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، شماره ۱۷، صص ۳۷۵-۳۸۷.
۱۳. مظفری، غلامعلی و انور اولی‌زاده، ۱۳۸۷، **بررسی وضعیت توسعه فیزیکی شهر سفز و تعیین جهات بهینه توسعه آتی آن**، مجله محیط‌شناسی، سال سی و چهارم، شماره ۴۷، صص ۱۱-۲۰.
۱۴. نصیری، اسماعیل و مهدی ناصرمقبل، ۱۳۹۵، **تحلیل عوامل مؤثر بر توسعه فیزیکی شهرهای کوچک طی دو دهه اخیر (مطالعه موردی: شهر گرم‌دره)**، فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، شماره ۱۹، صص ۴۳-۵۳.
۱۵. نگارش، حسین، ۱۳۸۲، **کاربرد ژئومورفولوژی در مکان‌گزینی شهرها و پیامدهای آن**، نشریه جغرافیا و توسعه، سال اول، شماره ۱، صص ۱۳۳-۱۵۰.

16. Ameri, A., Shirvani, K., Karami, J., and Kolorojan, A., 2016, **Application of Multilayer Perceptron Neural Network (Mlp) in Determination of Urban Solid Waste Landfill with Emphasis on Hydrogeomorphic Properties (Case Study: Fereydoun Shahr City)**, Journal of Ecology, Vol. 42, No. 2, PP. 329-341. (In Persian)

17. Azadkhani, P., Soleimani, S., and Omidi, M., 2018, **Investigating the Pattern of Spatial Development in Ilam City with Shannon and Hellendron Entropy Model**, Urban Civil Development Quarterly, Vol. 2, No. 4, PP. 4-25. *(In Persian)*
18. Azimi Amoli, J., 2010, **Urban Sciences Terms and Concepts**, Islamic Azad University Press, First Printing. *(In Persian)*
19. Ebrahim Zadeh, E., Rafiee, G., 2010 **An Analysis of Marvdasht Autonomous Development Pattern Using Shatun Entropy Model**, Journal of Human Geography Research, No. 2, PP. 123-138. *(In Persian)*
20. Fakuhi, N., 2004, **Urban Anthropology**, First Volum, Ney Publication, Tehran. *(In Persian)*
21. Gerkhlu, M., Davoodi, M., Zandavi, M., and Rajani, H., 2010, **Finding Optimal Areas of Physical Development of Babolsar City Based on Natural Indicators**, Geography and Development Quarterly, No. 23. *(In Persian)*
22. Hatami Nejad, H., Lorestani, A., Ahmadi, S., and Mohamadi, M., 2018, **Analysis of the Pattern of Physical Expansion of Khorramabad City Using Shannon and Hellenron Entropy Models and Determining Its Optimal Expansion Directions Using the Ahp Model**, Journal of Human Geographic Research, Vol. 49, No. 3, PP. 529-537. *(In Persian)*
23. Meshkini, A., and Teymoori, A., 2013, **Measurement of Urban Sprawl and Its Impact on Land Use Change Using Rs and Gis, Case Study: Karaj City During 1985-2013**, Journal of Urbanism Architecture and Urbanism, No. 17, PP. 375-387. *(In Persian)*
24. Nasiri, E., Nasermogbel, M., 2017, **Analysis of the Factors Affecting the Physical Development of Small Towns Over the Past Two Decades (Case Study: Garmdreh)**, Journal of Urban Management Studies, No. 19, PP. 43-53. *(In Persian)*
25. Negaresh, H., 2004, **Application of Geomorphology in the Location of Cities and Its Consequences**, Journal of Geography and Development, No. 1, PP. 133-150. *(In Persian)*
26. Samadi, A., 2015, **The Application of Artificial Neural Network and Fuzzy Logic Integration in Urban Development (Case Study: Marivan City)**, Master's Thesis, University of Tehran. *(In Persian)*
27. Sarvar, H., Sarvar, R., Tohidi, M., 2017, **The Study of the Optimal Model of Physical Development in Baneh City Based on Interindustrial Development Indicators**, Geography and Environmental Studies Quarterly, No. 20, PP. 65-82. *(In Persian)*
28. Shakooyi, H., 2007, **New Perspectives in Urban Geography**, Samt Publication, Vol. I, Tehran. *(In Persian)*
29. Zomorodian, M., 1991, **Fundamentals of Regional Civil EnkGINEERING**, Second Edition, Ketabestan Publication, Mashhad. *(In Persian)*
30. Atkinson, P. M., and Tatnall, A. R. L., 1997, **Introduction Neural Networks in Remote Sensing**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 18, No. 4, PP. 699-709.
31. Gomez, H., Kavzoglu, T., and Mather, P., 2002, **Artificial Neural Network Application in Landslide Hazard Zonation in the Venezuelanandes**, Abstracts of 15<sup>th</sup> International Conference on Geomorphology, Tokyo, Japan, PP. 23-28.
32. Hess, G. R., 2001, **Just What Is Sprawl, Anyway?** [www4.ncsu.edu/~grhess](http://www4.ncsu.edu/~grhess).
33. Hires Kara G. K., 1989, **Fundamental of Town Planning's**, Published by O. P. Kaptur for Dan Pat Ray and Sons, and Delhi.
34. Huang, H. G., Hwang, R. C., and Hsieh, J. G., 2002, **A New Artificial Intelligent Peak Power Load Forecaster Based on Non-Fixed Neural Networks**, Electrical Power Energy Syst 24, PP. 245- 250.



35. Jalili Ghazi Zade, M., and Noori, R., 2008, **Prediction of Municipal Solid Waste Generation By Use of Artificial Neural Network: A Case Study of Mashhad**, Int. J. Environ. Vol. 2, No. 1, PP. 13-22.
36. Kiartzis, S. K., Bakirtzis, A. G., and Petridis, V., 1995, **Short-Term Load Forecasting Using Neural Networks**, Electric Power Syst Res, No. 33, PP. 1 -6.
37. Lehner, A., Kraus, V., and Stennoche, K., 2016, **Urban Growth Scenarios of a Future Mega City: Case Study Ahmedabad, Annals of the Photogrammetry**, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. Iii, No. 2, PP. 165-172
38. Merlin, P., 2000, **Methods Quantitative and Space Urban**, University of Paris.
39. Noori, R., Karbassi, A., Mehdizadeh, H., Vasali Naseh, M., and Sabahi, M. S., 2011, **A Framework Development for Predicting the Longitudinal Dispersion Coefficient in Natural Streams Using an Neural Network**, Environmental Progress and Sustainable Energy, No. 3, PP. 439- 447.
40. Noori, R., Khakpour, A., Omidvar, B., and Farokhnia, A., 2010, **Comparison of Ann and Principal Component Analysismultivariate Linear Regression Models for Predicting the River Flow** based on developed discrepancy ratio statistic, Expert Systems with Applications , No. 37, PP. 5856–5862.
41. Park, S., Jeon, S., Kim, S., and Choi, C., 2011, **Prediction and Comparison of Urban Growth by Land Suitability Index Mapping Using Gis and Rs in South Korea**, Landscape and Urban Planning, Vol. 99. No. 2, PP. 104-114
42. Sliuzas, R. V., 2004, **Managing Informal Settlements: A Study Using Geo-Information in Dar Es Salaam**, Tanzania.
43. Tewolde, M. G., and Cabral, P., 2011, **Urban Sprawl Analysis and Modeling in Asmara**, Eritrea. Remote Sensing, Vol. 3, No. 10, PP. 2148-2165.
44. Yaakup, A., 2007, **Gis as New Approach and Method in Preparing and Implementing the Development Plan in Malaysian Planning System**, Journal Alam Bina, No. 7, PP. 21-41.
45. Yilmaz, I., 2009, **Landslide Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio, Logistic Regression, Artificial Neural Networks and Their Comparison: A Case Study From Kat Landslides (Tokat-Turkey)**, Computers and Geosciences, Nol. 35, PP. 1125-1138.