

## Evaluation of Tabriz Sprawl Growth using Satellite Images and Probability Development Modeling

Akbar Rahimi \*

Assistant professor in Department of Landscape Engineering, agricultural Faculty, University of Tabriz, Tabriz, Iran

### Abstract

Urbanization is one of the main consequences of the Industrial Revolution, which has transformed the process of urbanization and expanded immigration to cities. One of the main results of the urbanization development in recent decades is land use change in cities and urban size growth, which has caused urban sprawl growth to be one of the most important challenges of spatial planning and has resulted in social and environmental damages. In recent years, planners, economists, ecologists and urban managers have used a variety of models to assess changes in user behavior and to examine the outcomes of these changes in the future, and these models are being developed day by day. The purpose of this research is to evaluate the past development of Tabriz and predict these changes in the future. The research method is descriptive-analytical, which is applied to the evaluation and modeling of a specific area using satellite imagery and other data and factors influencing past development and the future of the city. The LTM model, which combines the capabilities of artificial neural networks and geographic information systems, has been used in this research. At first, the data were prepared as raster and then in Acsi format. After evaluating the past changes in neural networks, the results were prepared as raster maps. By selecting the learning pattern and network structure and the results of the urban development process, a possible development of the city of Tabriz for 2024 was prepared. The results of the evaluation a 10-year period (2006-2016) indicated the development of the periphery and sprawl of the city in Tabriz, which most of the surrounding Lands of the city have become urban structure, and with the continuation of this trend for the future development, most of the agricultural land and the periphery will change. The results of the possible development of the city in 2024 indicated that more than 3600 hectares of peripheral lands will be allocated to urban development, which will complicate Tabriz's urban problems and challenges, and continuing of the development of Urban Sprawl, not only increases environmental problems, but also increases the cost of development and management.

**Key words:** Sprawl Growth, Sprawl, Artificial Neural Network, GIS.

\* akbar.rahimi@gmail.com

## ارزیابی رشد اسپرال تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌سازی توسعه احتمالی

اکبر رحیمی\*، استادیار، گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

وصول: ۱۳۹۱/۱۲/۲۰ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۳۰، صص ۱۲۴-۱۰۹

### چکیده

شهرنشینی، یکی از پیامدهای اصلی انقلاب صنعتی است که روند توسعه آن را متحول کرده و باعث گسترش مهاجرت‌ها به شهرها شده است. یکی از نتایج اصلی گسترش شهرنشینی در دهه‌های گذشته، تغییرات کاربری زمین‌ها در شهرها و رشد اندازه آنهاست. در دهه‌های اخیر الگوی رشد اسپرال و پراکنده شهری، به یکی از مهم‌ترین چالش‌های برنامه‌ریزی فضایی تبدیل شده و حامل آسیب‌های اجتماعی و زیست‌محیطی است. در سال‌های اخیر برنامه‌ریزان، اقتصاددانان، اکولوژیست‌ها و مدیریت مرتبط با امور شهری از مدل‌های مختلف و متنوعی برای ارزیابی تغییرات کاربری و بررسی نتایج این تغییرات در آینده استفاده کرده‌اند و روزه‌روز این مدل‌ها توسعه می‌یابند. هدف این پژوهش، ارزیابی رشد و توسعه گذشته تبریز و پیش‌بینی این تغییرات در آینده است. روش پژوهش توصیفی - تحلیلی است که به صورت کاربردی منطقه‌ای خاص را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، داده‌ها و عوامل مؤثر بر توسعه گذشته و آتی شهر ارزیابی و مدل‌سازی کرده است. مدل LTM، ترکیبی از توانایی‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، در این پژوهش به کار رفته است. نخست داده‌ها به صورت رستری و پس از آن به صورت فرمت Acsi آماده و پس از ارزیابی تغییرات گذشته در شبکه‌های عصبی، نتایج به صورت نقشه‌های رستری تهیه شد. با انتخاب الگوی یادگیری و ساختار شبکه و نتایج روند توسعه شهری، توسعه احتمالی شهر تبریز برای سال ۱۴۰۵ مشخص شد. نتایج ارزیابی دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵) نشان‌دهنده توسعه رو به پیرامون و اسپرال شهری در تبریز است که طی آن بیشتر زمین‌های پیرامونی شهر به ساختار شهری تبدیل شده است. ادامه این روند برای توسعه شهر در سال‌های آتی، بیشتر زمین‌های کشاورزی و پیرامونی شهر را تغییر خواهد داد که نتایج توسعه احتمالی شهر در ۱۴۰۵ این موضوع را نشان می‌دهد و بیش از ۳۶۰۰ هکتار از زمین‌های پیرامونی به توسعه شهری اختصاص خواهد یافت. این امر باعث پیچیدگی مشکلات و چالش‌های شهری تبریز در آینده خواهد شد و ادامه این روند توسعه اسپرال شهری ضمن افزایش مشکلات زیست‌محیطی، هزینه‌های توسعه و مدیریت شهری را دوچندان خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: توسعه پراکنده، اسپرال، شبکه‌های عصبی مصنوعی، GIS.

## مقدمه

## طرح مسئله

رشد سریع جمعیت شهری جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، یکی از چالش‌های اصلی برای دولت‌ها و آژانس‌های برنامه‌ریزی محسوب می‌شود. امروزه ۳٫۹ میلیارد نفر، ۵۴ درصد جمعیت جهان، در نواحی شهری زندگی می‌کنند و در سال ۲۰۵۰ این تعداد به ۶٫۳ میلیارد نفر افزایش خواهد یافت و نزدیک به ۹۰ درصد افزایش جمعیت شهرنشین در شهرهای کشورهای در حال توسعه صورت می‌گیرد (United Nations, 2015: 53).

شهرنشینی، فرایندی اجتناب‌ناپذیر به سبب توسعه اقتصادی و رشد سریع جمعیت است (31: 2007 Shalaby and Tateishi). امروزه شهرنشینی به نگرانی اساسی بیشتر مناطق جهان تبدیل (78: 2011 Samat et al) و شهرنشینی بی‌برنامه باعث ایجاد مشکلاتی همچون آلودگی، ترافیک، جنگل‌زدایی و ازدحام مکانی شده است.

تغییرات کاربری پیرامون شهر، فرایندی دینامیکی و پیچیده است که شامل سیستم‌های طبیعی و انسانی می‌شود (128: 2014 Deep and Saklani). اسپرال شهری، یکی از رویکردهای توسعه شهرنشینی، در واقع گسترش رو به پیرامون شهر با برنامه‌ریزی ضعیف را به نمایش می‌گذارد. اسپرال شهری، مفهومی گسترده و فراگیر است که با ویژگی‌های توسعه و گسترش خودمحور، تراکم کم و تأثیر چشمگیر بر اکوسیستم شناخته می‌شود (321: 2005 Yuan et al). این رویکرد توسعه باعث تغییرات کاربری زمین به‌صورت گسترده و عمدتاً در نواحی پیرامونی شهرهای بزرگ شده است.

در دهه‌های اخیر، مطالعات تغییرات کاربری زمین، مهم‌ترین توجهات را در زمینه بحران‌های تغییرات زمین به خود معطوف کرده است؛ زیرا تغییر کاربری زمین از عوامل اساسی در تغییرات جهانی محسوب می‌شود؛ به‌طوری‌که اثر متقابلی بر تغییرات اقلیمی، فرایندهای اکوسیستمی، تغییر در تنوع و فرم‌های زندگی و دیگر فعالیت‌های مهم مرتبط با فعالیت‌های بشری دارد (Lopez et al, 2001: 275). در دهه‌های گذشته، گسترش شهرنشینی به دلیل مهاجرت گسترده به شهرهای بزرگ برای یافتن کار و درآمد مناسب باعث گسترش شهرها و در نتیجه تغییرات عمده در کاربری زمین در آنها شده که این موضوع در کشورهای جهان سوم با شدت بیشتری همراه بوده است.

ایران نیز به‌منزله یکی از کشورهای در حال توسعه به‌شدت با شهرنشینی و افزایش جمعیت شهری مواجه است؛ به‌طوری‌که جمعیت شهری ۶ میلیون نفری آن در سال ۱۳۳۵ به ۵۳/۶۴ میلیون نفر افزایش یافته است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). این افزایش جمعیت شهری، تغییرات فزاینده‌ای در کاربری‌های پیرامون شهرها داشته است. در این بین شهر تبریز در سالیان اخیر با رشد لجام‌گسیخته و بدون توجه به راهبردهای اصلی توسعه شهری گسترش یافته و مشکلات متعددی را از جمله تخریب منابع زیست‌محیطی، افزایش آلودگی‌های شهری، تهدید اکولوژی شهری و مشکلات دیگر تجربه کرده است (رحیمی، ۱۳۹۲: ۱۵۶).

امروزه روش‌های کمی به‌ویژه هوشمند برای ارزیابی گسترش شهرها به شکل گسترده به کار رفته و عمدتاً وضعیت موجود، ارزیابی و کمتر به پیش‌بینی و

اورامبوتر و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) روند توسعه اسپرال را در اروپا ارزیابی کرده‌اند. براساس این پژوهش رشد اسپرال شهری از مشخصات شهرهای جهان سوم نبوده است؛ بلکه این نوع رشد در بیشتر مناطق شهری دنیا به شکل‌های مختلف دیده می‌شود؛ به طوری که در بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰، توسعه شهری سه برابر بیش از رشد جمعیت شهری بوده است که از میل به توسعه پیرامونی و به صورت پراکنده حکایت دارد.

آردیویجایا و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۴) رشد اسپرال شهر باندونگ و زمین‌های رهاشده را از منظر محیط زیست فضایی بررسی کردند. این شهر به لحاظ توپوگرافی به صورت حوضه و آبگیر شکل گرفته است؛ بنابراین با محدودیت توسعه فیزیکی مواجه است. در این پژوهش از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی الگوی کاربری زمین‌ها و توزیع زمین‌های رهاشده استفاده شد. داده‌های کاربری از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۲ استفاده شده بود و تأثیر زمین‌های سست و رهاشده بر توسعه اسپرال از منظر اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی بررسی شد. این پژوهش تعداد زیادی قطعات رهاشده در بخش‌های مختلف را شناسایی کرده است که برای توسعه آتی شهر به منزله پتانسیلی مناسب به کار می‌رود.

نور و رسنی<sup>۳</sup> (۲۰۱۳) در پژوهشی با عنوان «مشخص کردن عوامل فضایی در اندازه‌گیری رشد اسپرال شهری با استفاده از سنجش از دور و GIS»، موضوع را در شهر کوانتان بررسی و تحلیل کردند. در این بررسی تصاویر آیکونوس و اسپات ۵ با رزولوشن ۱ و ۲٫۵ متری به کار رفت و با استفاده از داده‌های

شبیه‌سازی توسعه آتی توجه شده است. در این پژوهش علاوه بر استفاده از مدل‌های هوشمند و جدید و ترکیب آن با توانایی‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، با ارزیابی روند توسعه گذشته شهر و تأثیر آن بر توسعه آتی، توسعه شهر در ۱۴۰۵ پیش‌بینی و شبیه‌سازی شده است؛ همچنین هدف این پژوهش، ارزیابی توسعه شهری تبریز در سال‌های آتی با بهره‌گیری از راهبردها و سیاست‌های توسعه شهری در وضع موجود است تا با استفاده از روش‌های هوشمند، توسعه شهری و مشکلات و چالش‌های آتی آن پیش‌بینی شود.

### پیشینه پژوهش

ابراهیم‌زاده آسمین و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای درباره توسعه اسپرال شهری طبرس به این نتیجه رسیده‌اند که ۵۵ درصد رشد فیزیکی شهر در سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۵ مربوط به رشد جمعیتی و ۴۵ درصد مربوط به رشد اسپرال شهری بوده است؛ در حالی که امکانات توسعه درونی برای مدیریت توسعه شهری وجود داشته، کمتر به این موضوع اهمیت داده شده است.

پوراحمد و همکاران (۱۳۸۲) توسعه شهری سنندج را با استفاده از GIS و RS ارزیابی کردند. نتیجه حاکی از مهاجرت‌ها و گسترش فیزیکی شهر و به‌ویژه توسعه به صورت اسکان رسمی بوده که عمدتاً در پیرامون شهر و روی تپه‌ها و زمین‌های کشاورزی صورت گرفته است. در این پژوهش علاوه بر ارزیابی روند توسعه گذشته برای توسعه آتی شهر و جهات مناسب آن نیز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مکان مناسب پیشنهاد شده است.

<sup>1</sup> Aurambout et al

<sup>2</sup> Ardiwijaya et al

<sup>3</sup> Noor & Rosni

با تفاوت در تاریخ، علل و پیامدها نمایان شده است (Gomez-Antonio et al, 2014: 21) و تا مدت مدیدی از پدیده‌های ویژه شهرهای آمریکایی در نظر گرفته می‌شد که به دلیل وفور زمین‌های ارزان، ساخت بی‌رویه جاده‌ها و تولید بیش از اندازه ماشین در این کشور رخ داد؛ اما این امر امروزه به پدیده‌ای جهانی تبدیل شده است که بیشتر شهرهای کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه با آن روبه‌رو هستند (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۸).

ارزیابی و مرور مبانی نظری نشان می‌دهد هیچ اجماع روشنی در مفهوم اسپرال وجود ندارد و به‌شدت وابسته به فرهنگ و پیچیدگی‌های جغرافیایی و سیاسی است (Torrens, 2008: 24 Besussi et al, 2010: 19). به‌طور عمومی اسپرال شهری شامل شکل خاصی از توسعه و گسترش شهری به طرف حومه‌ها و پیرامون شهر است که تراکم کم، استفاده به‌صورت تک‌کاربری، شبکه‌های بزرگراه و جاده گسترده، وابستگی به خودرو، گسترده‌کردن قلمرو، توسعه پراکنده و نواری در یک ساختار شهری تک‌مرکز از ویژگی‌های بارز آن است (Tewolde and Cabral, 2011: 2153; Gomez Antonio et al, 2014: 24).

در کشورهای توسعه‌یافته، این موضوع به‌وسیله جهانی‌شدن، اقتصاد بازار و غلبه ایدئولوژی سرمایه‌داری، به‌ویژه در صنعت اتومبیل و بازار سوخت تجدید یافت و بر حیات مناطق داخلی شهری تأثیر گذاشت. در کشورهای جهان سوم، اسپرال شهری بیشتر در نتیجه سبقت‌گرفتن شهرنشینی بر برنامه‌ریزی شهری، سیاست‌های نامناسب دولت‌ها در زمینه زمین و مسکن، مهاجرت روستاشهری و تلاش گروه‌های متوسط درآمدی برای یافتن مسکن دوم و با صرفه در

GIS و عوامل فضایی از جمله نوارهای بزرگراه‌ها و شاخص‌های تفکیک زمین، شاخص‌های مکانی تحلیل شد. شهر کوانتان به دلیل میزان زیاد رشد جمعیت و استقرار سریع نواحی شهری جدید در آن، برای بررسی انتخاب شد. ویژگی‌های این عوامل فضایی مشخص کرد کوانتان، شهری غیرپراکنده و غیراسپرال بوده است.

یوجی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) پژوهشی را با عنوان «شهرنشینی مرتبط با الگوهای کاربری اراضی زراعی در حواشی شهرهای میلیونی منطقه دلتایی، مطالعه موردی بانکوک» انجام داده‌اند. نتیجه آنکه همبستگی معناداری بین ارتفاع زمین‌ها با کاربری آنها وجود دارد و تغییرات کاربری زمین هم در حالت افقی و هم در حالت عمودی در منطقه مطالعه‌شده روی داده است.

### مبانی نظری پژوهش

شکل یا فرم شهر، یکی از موضوعات سده بیستم در ارتباط با پایداری شهر است. در واقع با پذیرش فزاینده مفهوم توسعه پایدار، پژوهشگران به موضوعات جدیدی مانند شکل شهر نگاه تازه‌ای دارند. شکل شهر تبلور فضایی، شکل حیات مدنی-اجتماعی شهر و فعالیت‌های جوامع شهری در مکان و فضا است که در ترکیبی از ذهنیت و عینیت، ماهیتی ترکیبی و فرابعدی یافته و حاصل تعامل نیروهای بسیاری است (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۵).

الگوی توسعه شهری پراکنده یا اسپرال شهری پس از جنگ جهانی دوم و به‌ویژه در دهه ۱۹۶۰ به‌مثابه الگوی غالب توسعه فضایی شهری در سرتاسر جهان

<sup>۱</sup> Yuji et al

Pijanowski et al, 2002: ) آماری و فراگیری ماشینی ( Matthews et al, 2007: ) 556، شالوده و پایه‌عاملی ( Pontius, 2002: ) 1452 یا رویکردهای ساده قانونمند ( 1042) است.

### روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش توصیفی - تحلیلی است که به صورت کاربردی منطقه‌ای سنجیده و ارزیابی می‌شود. اطلاعات لازم در پژوهش، از اداره راه و شهرسازی و شهرداری‌ها جمع‌آوری و تصاویر ماهواره‌ای لازم از سایت لندست دانلود شده است. نخست تصاویر زمین مرجع و پس از طبقه‌بندی و کلاس‌بندی در نرم‌افزار Erdas imange وارد نرم‌افزار ArcGIS و در نهایت با استفاده از بسته نرم‌افزاری (LTM) Land Transformation Mode توسعه اسپرال شهری تبریز و پیش‌بینی توسعه آتی در آن بررسی شده است. برای ارزیابی اسپرال شهری، تکنیک هلدرن و برای پیش‌بینی توسعه احتمالی، مدل LTM به کار رفته است. مدل LTM، ترکیبی از توانایی‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم اطلاعات جغرافیایی را برای پیش‌بینی و ارزیابی تغییرات کاربری تبیین می‌کند و روند متداول برای شبیه‌سازی در این مدل شامل مراحل زیر است:

- ۱- تهیه و آماده‌سازی بردارهای ورودی و خروجی؛
- ۲- انتخاب تابع انتقال<sup>۱</sup>؛
- ۳- انتخاب ساختمان و ترکیب شبکه؛
- ۴- انتخاب وزن‌های تصادفی؛
- ۵- انتخاب روند یادگیری؛

Mohammadian et al, 2016: ) حاشیه شهر است ( 110).

به‌هرحال نگرانی عمده در اسپرال شهری و تغییرات کاربری زمین‌ها با آثار منفی زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی مرتبط است (EEA, 2006: 24). از بعد زیست‌محیطی، این آثار شامل ازدست‌دادن زمین‌های حاصلخیز، فضا‌های باز و تنوع زیستی (Atu et al, 2013: 226)، آسیب‌زدن به کیفیت آب (Tu et al, 2007: 187)، انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح وسیع و افزایش آلودگی‌ها (Glaeser and Kahn, 2004: 2512)، افزایش رواناب‌ها و پتانسیل‌های سیلاب و افزایش مصرف انرژی (Sung et al, 2013: 318) است.

از بعد اقتصادی - اجتماعی، اسپرال شهری منجر به افزایش و گسترش زیرساخت‌ها و هزینه‌های خدمات عمومی (Batty, 2008: 769)، کاهش تمرکز در مرکز شهری و فضاهای عمومی، کاهش انسجام اجتماعی، ازدست‌دادن حس اجتماعی، کاهش بهداشت عمومی، سلامت و ایمنی و ازدست‌دادن ارزش‌های فرهنگی (Pereira et al, 2014: 270)، افزایش نابرابری درآمد و قطبی‌شدن (Brueckner and Helsley, 2011: 263)، افزایش گره‌های ترافیکی، افزایش طول سفر و محدودیت دسترسی، به‌ویژه برای اشخاص بدون وسیله نقلیه (Ewing et al, 2003: 178) شده است؛ بنابراین رشد اسپرال شهری به‌مثابه یکی از عوامل اصلی در تغییرات کاربری در سطح جهان مطرح است و افزایش توجهات به روند تغییرات جهانی در دهه‌های گذشته باعث توسعه مدل‌های مختلف در ارزیابی توسعه شهری و به‌ویژه ارزیابی توسعه اسپرال شهری شده که شامل مدل‌های

<sup>1</sup> Transfer function

جدول ۱. متغیرهای به‌کاررفته برای پیش‌بینی رشد و توسعه شهری

متغیرها (نقشه‌های رستری)	لایه
نقشه شیب	ورودی
فاصله از جاده‌های اصلی	
فاصله از مراکز تجاری	
فاصله از مراکز درمانی	
فاصله از مراکز آموزشی	
جهت پیشنهادی توسعه در طرح‌های شهری	
زمین‌های بایر = ۱ و زمین‌های دایر = ۰	
باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی = ۱	
مناطق دارای محدودیت (زمین‌های نظامی و پادگان‌ها) = ۱	
پارک‌ها و فضاهای سبز موجود داخل شهر = ۱	
نقشه رشد شهر در سال ۱۳۸۵	خروجی
رشد شهری = ۱ و رکود شهری = ۰	

برای ارزیابی میزان تغییرات از ضریب کاپا استفاده شد که مراحل محاسبه این روش به شرح زیر است:

گام اول- چک کردن سازگاری نقشه‌ها

اطمینان از اینکه تعداد سل‌ها در هر دو نقشه یکسان است که بایستی مجموع ۰ و ۱ در هر دو نقشه با هم برابر باشد.

گام دوم- ایجاد ماتریس سازگاری

برای این منظور به جدول احتمال به شکل زیر نیاز است:

جدول احتمال

	ست تغییرات واقعی		کل	
	0	1		
ست تغییرات	۰	TN	FN	SN
در LTM	۱	FP	TP	SP
کل		RN	RP	GT

۶- تهیه مجموعه تست و مجموعه تأیید از داده‌ها (Cheleni et al, 2002: 163).

برای طبقه‌بندی قواعد مدل LTM از مراحل زیر استفاده می‌شود:

- ۱- مجاورت و تراکم‌ها؛
- ۲- اندازه قطعات؛
- ۳- ویژگی‌های ویژه مکان؛
- ۴- فاصله از محل سلول‌های پیش‌بینی.

اثر مجاورت براساس ترکیب سلول‌های اطراف تبیین می‌شود که معمولاً گرایش به سلول مرکزی برای تغییر به کاربری دیگر است. اندازه قطعات زمین بستگی به ارزش متغیرها در همه سلول‌های تعریف‌شده در داخل قطعه زمین برای تغییر کاربری زمین دارد. قواعد تغییر فضایی فاصله‌ها در ارتباط با فاصله اقلیدسی بین هر سلول و نزدیک‌ترین متغیر پیش‌بینی است. موقعیت‌های معین به دلیل اینکه دستخوش تغییر نشود، کدبندی می‌شود. این موضوع برای نواحی واقع در منطقه ممنوعه از جمله کاربری عمومی ضروری است. سل‌ها به صورت (۰) که نشان‌دهنده این است که تغییرات در آن صورت نمی‌گیرد و مناطق دیگر با (۱) کدبندی می‌شود. همه لایه‌های این چنینی در نهایت با همدیگر برای تولید یک لایه به صورت لایه منطقه ممنوعه ترکیب می‌شوند (Pijanowski et al, 2002: 555).

در این پژوهش برای تحلیل و مدل‌سازی، دو دوره تصویر ماهواره لندست (۱۳۸۵ و ۱۳۹۵) به صورت رستری آماده و نقشه کاربری براساس آنها تهیه شد؛ همچنین داده‌های مختلف که در ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات توسعه و رشد شهری مؤثرند، به صورت نقشه و رستری به کار رفت که در جدول (۱) نمایان است.

$P_{ii}$ : نسبت سل‌ها در ست‌های مشابه  $i$  در تغییرات واقعی و نتایج مدل حاصل از عناصر مورب ماتریس احتمالی.

$$P(A) = \sum_{i=1}^c P_{ii}$$

: کسر توافق یا ضریب حساسیت.

$$P(E) = \sum_{i=1}^c P_{iT} \cdot P_{Ti}$$

: کسر توافق فرضی از توزیع واقعی (رحیمی، ۱۳۹۲: ۱۰۵).

### محدوده پژوهش

شهر تبریز با وسعتی معادل ۲۵ هزار هکتار در جلگه‌ای به نام جلگه تبریز واقع شده و جمعیت شهر براساس آمار ۱۳۹۰، ۱۵۴۵۴۹۱ نفر بوده است که بر این اساس پرجمعیت‌ترین شهر شمال غرب و چهارمین شهر پرجمعیت کشور محسوب می‌شود. این شهر در دهه‌های اخیر با رشد و گسترش فزاینده شهری مواجه بوده که نبود برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه شهری، چالش‌های فراوانی را در سطوح منطقه‌ای و ملی به بار آورده است.

### یافته‌های پژوهش

#### ارزیابی رشد شهر

امروزه رشد و گسترش شهرها، یکی از بحث‌های اساسی در تغییرات جهانی است و شهرهای جهان سوم به‌ویژه شهرهای بزرگ، نقشی اساسی در این تغییرات دارند. شهر تبریز، بزرگ‌ترین شهر شمال غرب ایران، در سال‌های اخیر رشد و گسترش زیادی داشته است. ارزیابی توسعه شهر بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، توسعه به پیرامون و در نتیجه تغییرات کاربری زمین‌های پیرامونی

علائم	طبقه‌بندی	تشریح
TN	منفی درست	در نقشه واقعی و نقشه شبیه‌سازی شده تغییری نیافته
TP	مثبت درست	تغییر یافته در نقشه واقعی و شبیه‌سازی شده
FN	منفی اشتباه	تغییر در نقشه واقعی و تغییر نیافته در نقشه شبیه‌سازی شده
FP	مثبت اشتباه	تغییر در نقشه شبیه‌سازی شده و تغییر نیافته در نقشه واقعی
SN	منفی شبیه‌سازی	کل تغییر یافته در نقشه شبیه‌سازی شده
SP	مثبت شبیه‌سازی	کل تغییر یافته در نقشه شبیه‌سازی شده
RN	منفی واقعی	کل تغییر یافته در نقشه واقعی
RP	مثبت واقعی	کل تغییر یافته در نقشه واقعی
GT	کل مؤثر	کل سل‌های تحول

گام سوم - محاسبه ضریب کاپا

محاسبه ضریب کاپا به ترتیب زیر است:

$$K = \frac{P(A) - P(E)}{1 - P(E)} = \frac{\sum_{i=1}^c P_{ii} - \sum_{i=1}^c P_{iT} \cdot P_{Ti}}{1 - \sum_{i=1}^c P_{iT} \cdot P_{Ti}}$$

$i = 1, \dots, c$ : نشان‌دهنده تغییر در نقشه واقعی و نتایج حاصل از مدل است.

$P_{ij}$ : نسبت سل‌ها در ست  $i$  از تغییرات واقعی در ست  $j$  در نقشه حاصل از مدل.

$P_{iT}$ : نسبت سل‌ها در ست  $i$  از تغییرات واقعی حاصل از کل حاشیه از آخرین ستون‌های ماتریس احتمالی.

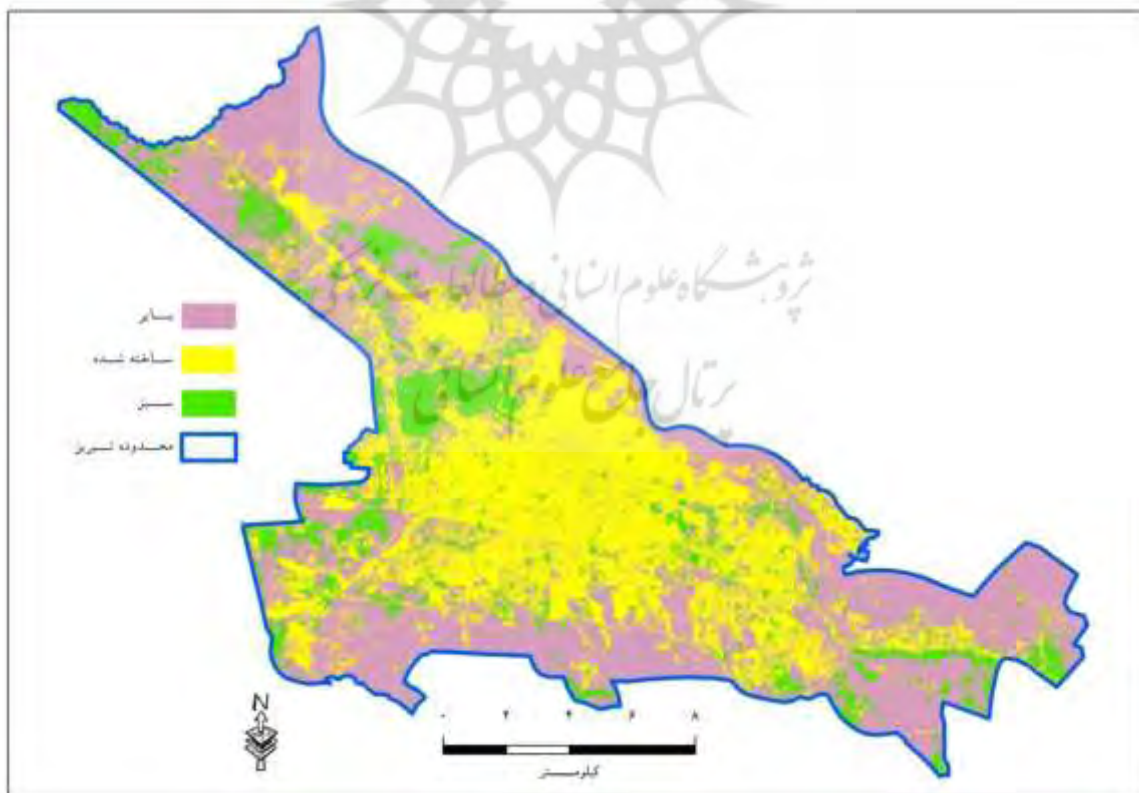
$P_{Ti}$ : نسبت سل‌ها در ست  $i$  از نتایج مدل حاصل از کل حاشیه از آخرین ردیف ماتریس احتمالی.



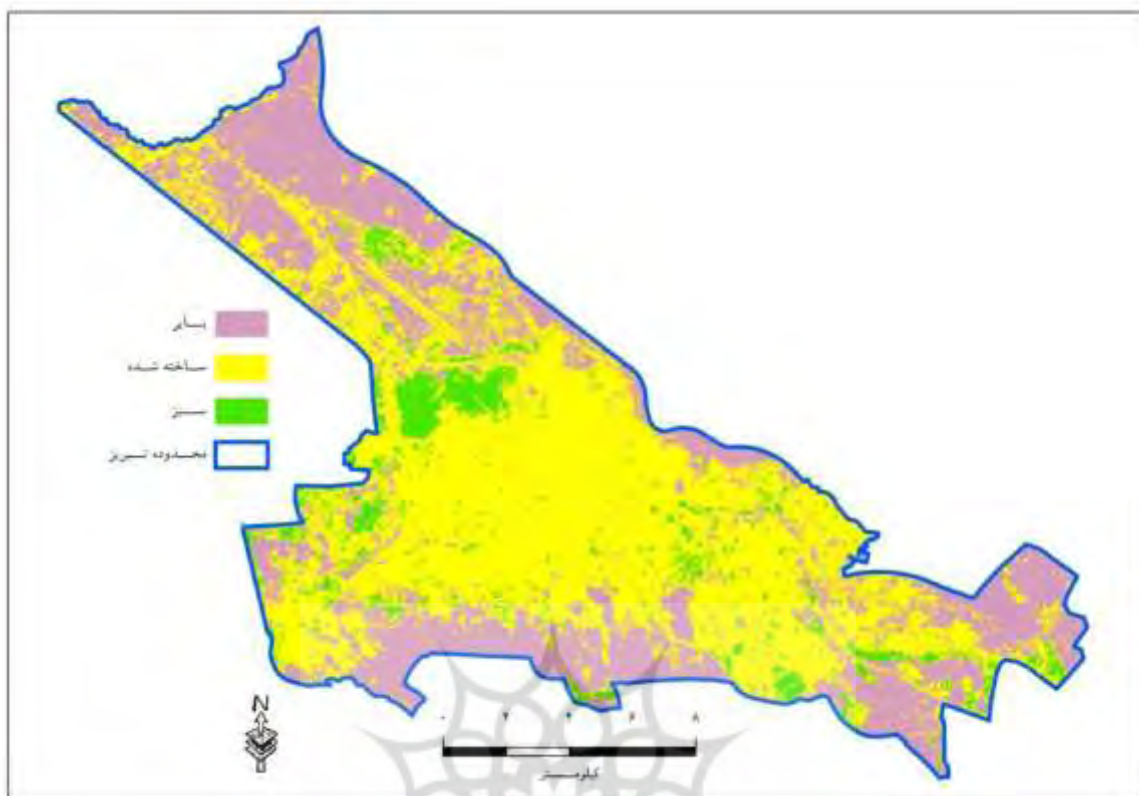
شهری است؛ بنابراین رویکرد اسپرال شهری و رشد افقی با وجود گسترش عمودی در بخش‌هایی از شهر تبریز، رهیافت اصلی گسترش تبریز در دهه گذشته بوده است. طرح‌های موضعی مغایر با طرح‌های توسعه شهری، فضاهای پیرامونی شهری را که در طرح‌های جامع تبریز عمدتاً برای جنگل‌کاری و فضاهای سبز و گردشگری پیشنهاد کرده، به کاربری‌های مسکونی و توسعه شهری تغییر داده و یکی از عوامل اصلی توسعه اسپرال شهری در دهه گذشته بوده است. مدیریت شهری نیز برای کسب درآمد بیشتر این نوع توسعه شهری را هدایت کرده است که نتایج کمیسیون ماده پنج شهر تبریز در مطالعات صدر موسوی و همکاران (۱۳۹۱) این موضوع را در این شهر نشان می‌دهد.

و رشد اسپرال شهری را نمایان می‌سازد؛ به طوری که در سال ۱۳۸۵ مساحت زمین‌های ساخته شده شهر ۹۵۸۷ هکتار بوده است که نزدیک به ۳۸ درصد از کل مساحت شهر را شامل می‌شود.

روند رشد شهری در سال ۱۳۹۵ (شکل ۲) نشان‌دهنده تغییرات کاربری‌ها و توسعه به طرف شرق و جنوب شرقی در شهر تبریز بوده است؛ به طوری که مساحت محدوده ساخته شده شهری به ۱۴۰۴۷ هکتار افزایش یافته است که بیش از ۵۵ درصد از محدوده شهری را شامل می‌شود. ارزیابی رشد و گسترش شهر تبریز در ۱۰ سال با استفاده از مدل هلدرن، رشد اسپرال شهری را در این دوره نشان می‌دهد؛ به طوری که ۴۸٫۵ درصد از رشد شهری مربوط به افزایش جمعیت و ۵۱٫۵ درصد مربوط به اسپرال



شکل ۱. نقشه کلاس کاربری زمین‌های تبریز در سال ۱۳۸۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (منبع: نگارنده)



شکل ۲. نقشه کلاس کاربری زمین‌های تبریز در سال ۱۳۹۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (منبع: نگارنده)

جدول ۲. تغییرات کلاس کاربری بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰

کاربری	۱۳۸۵		۱۳۹۰		میزان تغییرات	درصد تغییرات
	مساحت	درصد	مساحت	درصد		
ساخته شده	9587.23	37.78	14047.21	55.35	4459.98	17.57
فضای سبز	4256.25	16.77	1709.02	6.73	-2547.23	-10.04
بایر و کشاورزی	11535.81	45.45	9623.06	37.92	-1912.75	-7.54
	25379.29	100	25379.29	100	0	0

### پیش‌بینی تغییرات توسعه در دهه آتی

برای آماده‌سازی داده‌ها و نقشه‌های ورودی شبکه‌های عصبی باید داده‌ها به فرمت Acsi تبدیل شود که در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، مراحل تبدیل نقشه به عدد و برعکس صورت گرفت و برای ارزیابی رشد و گسترش شهری در این روش، نخست مرحله یادگیری، تست و

شبیه‌سازی و در نهایت پیش‌بینی رشد احتمالی براساس معیارها انجام می‌شود.

### آموزش و تست شبکه

در مرحله یادگیری مدل توانسته است بیشترین میزان یادگیری را با خطای ۰,۱۳۲ انجام دهد و با آموزش دو دوره توسعه شهر تبریز، به‌صورت هوشمند

مناسب‌ترین پاسخ را برای مدل‌سازی توسعه احتمالی شهر داشت.

در این پژوهش با استفاده از مطالعات گذشته پژوهشگران به نقش خدماتی همچون مراکز تجاری، آموزشی، درمانی، نقشه شیب و طیف ارتفاعی و همچنین نقش شبکه‌های اصلی شهری در هدایت جهات توسعه شهر، وجود زمین‌های بایر به‌منزله اولویت اصلی توسعه و محدودیت توسعه در پارک‌های موجود و نقش اساسی جهات پیشنهادی توسعه شهری در طرح‌های شهری تبریز به‌منزله عواملی در تبیین جهات و شدت توسعه توجه و این عوامل به‌مثابه ورودی‌های مؤثر در توسعه احتمالی تبریز در شبکه مدل‌سازی سنجیده و ارزیابی شد.

پیکسل‌های ارزیابی و توسعه در این پژوهش به‌صورت  $100 \times 100$  متر انتخاب و براساس شاخص‌های RMSE و PCM و ضریب کاپا شبکه انتخابی و نتایج مدل‌سازی سنجیده شد که نتایج شاخص‌های یادشده به ترتیب ۰,۱۴۸، ۰,۷۶۱ و ۷۸,۳۵ به دست آمد. درنهایت نقشه توسعه احتمالی تبریز برای سال ۱۴۰۵ براساس روند گذشته بر پایه تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ و شاخص‌های جدول (۱) پیش‌بینی شد. همان‌طور که مشخص است با پیروی از توسعه شهر در گذشته، بیشترین توسعه احتمالی نیز روی زمین‌های پیرامونی شهر و به‌ویژه زمین‌های بخش‌های شرقی و جنوب شرقی، جنوب و شمال غربی شهر رخ داده است. ارزیابی جدول تغییرات کاربری در توسعه احتمالی شهر نشان‌دهنده توسعه بیش از ۳۶۰۰ هکتاری شهر در سال‌های آتی خواهد بود که عمدتاً روی زمین‌های بایر و کشاورزی پیرامونی شهر (جدول ۳) صورت

و مناسب آموزش داده شود. مقایسه نودهای تغییر یافته در توسعه واقعی (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵) با نودهای تغییر یافته در مرحله یادگیری، نشان‌دهنده مطابقت و همسانی در تعداد این نودها بوده است که این موضوع نیز از یادگیری و آموزش متناسب مدل با استفاده از داده‌های ورودی و خروجی حکایت دارد. در مرحله بعدی که مرحله تست شبکه است، میزان خطا افزایش پیدا کرده و در واقع در این مرحله پراکنش توسعه به‌صورت مناسب مدل‌سازی نشده است؛ ولی با توجه به نتایج  $RMSE^2$ ,  $PCM^1$  حاصل از شبکه، نتایج ارائه‌شده پذیرفته بوده و برای پیش‌بینی توسعه احتمالی استفاده شده است.

#### پیش‌بینی توسعه تبریز براساس الگوی رشد اسپرال

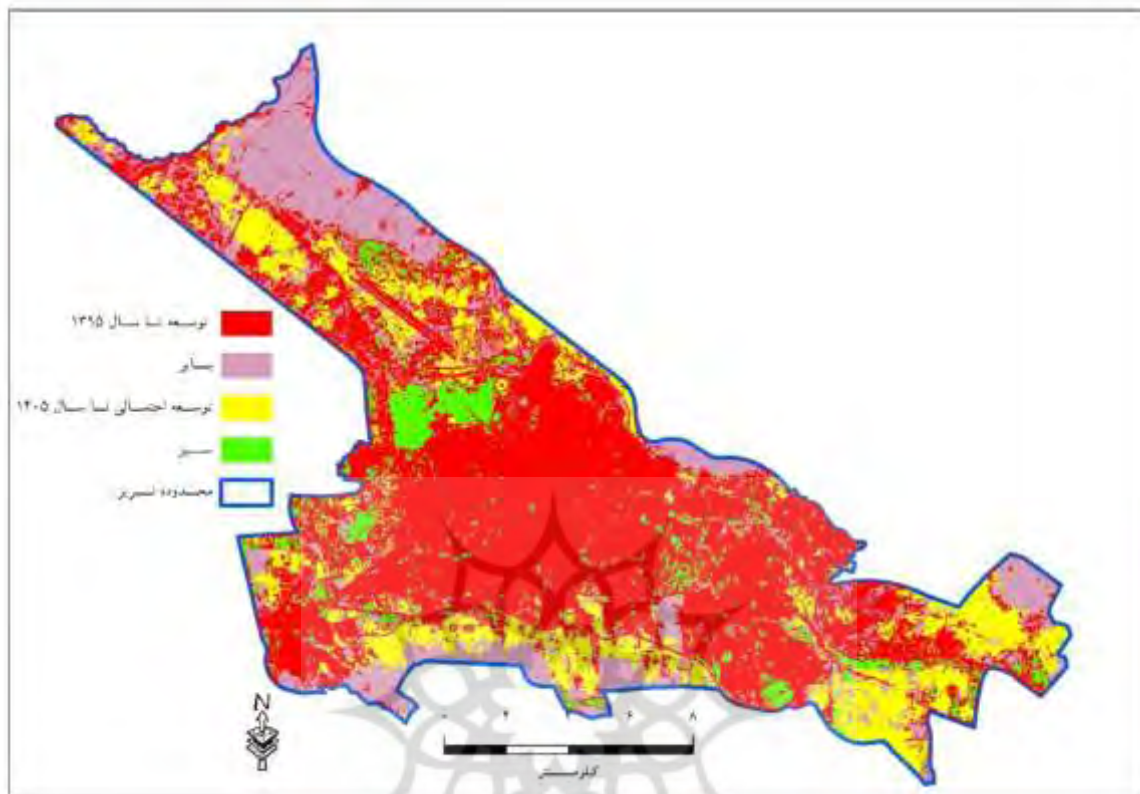
پس از ارزیابی نتایج و الگوی یادگیری در مراحل قبلی، در این مرحله نیز الگوی مناسب که در مرحله قبل سنجیده شده بود، به‌منزله الگوی بهینه برای پیش‌بینی تغییرات احتمالی توسعه شهری وارد مرحله مدل‌سازی و سپس براساس آن، ورودی‌ها و نقشه قابلیت توسعه و محدودیت‌های ارزیابی برای مدل ارائه می‌شود. با توجه به اینکه هدف پژوهش، ارزیابی توسعه شهر تبریز براساس روند توسعه گذشته بوده است، از الگوی مدل یادگیری و تست برای پیش‌بینی نیز استفاده شده است. براساس شاخص آزمون و خطا، تعداد لایه پنهان و نرون‌ها برای مناسب‌ترین ساختار شبکه در مدل انتخاب شد که درنهایت یک لایه پنهان و نرون‌ها نیز مطابق با تعداد ورودی‌های انتخابی،

<sup>1</sup> Percent Correct Metric (PCM)

<sup>2</sup> Root Mean Square (RMS)

شهروندان را با چالش‌های جدید توسعه و زیست‌محیطی مواجه خواهد ساخت.

می‌گیرد. ادامه این روند مشکلات و پیچیدگی‌های شهری را افزایش خواهد داد و مدیریت شهری و



شکل ۳. توسعه احتمالی ۱۴۰۵ در شهر تبریز با استفاده از مدل LTM

جدول ۳. پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین‌های شهر تبریز ۱۴۰۵ در مدل LTM

کاربری	۱۴۰۵		درصد تغییرات ۱۰ ساله
	مساحت	میزان تغییرات ۱۰ ساله	
توسعه احتمالی	17674.69	3627.48	14.29
فضای سبز	1531.98	-177.04	-0.70
بایر و کشاورزی	6172.62	-3450.44	-13.60
جمع	25379.29	0.00	0.00

و به‌ویژه توسعه میان‌افزا که به‌منزله رویکرد مناسب برای توسعه شهری و با تأکید بر رشد درونی و استفاده از فضاهای قابل توسعه شهری نقشی اساسی در حفظ زمین‌های پیرامونی شهر دارد و از رشد

### نتیجه‌گیری

توسعه پراکنده و افقی شهر در دو دهه اخیر، مشکلات شهری را پیچیده‌تر کرده و نحوه مدیریت شهر و زمین شهری و همچنین محیط زیست شهری را به چالش کشیده است. بی‌توجهی به رشد هوشمند

شهری تبریز، ۵۶۷ هکتار فضای مناسب و پتانسیل توسعه درون‌شهری وجود دارد که با استفاده از توسعه دوباره بافت‌های ناکارآمد و فضاهای رها شده از تخریب فضاهای سبز پیرامونی جلوگیری می‌شود و انتظام فضایی بافت شهری را نیز به دنبال دارد.

بنابراین در این پژوهش ادامه این روند گسترش پیرامونی، بی‌توجهی به بافت‌های درونی شهری و سیاست‌های توسعه پایدار شهری مدل‌سازی شد که در نتیجه تشدید توسعه اسپرال، تخریب زمین‌های کشاورزی و فضاهای سبز طبیعی را باعث شده است. هدف از این مدل‌سازی این بود تا تصمیم‌گیرندگان و پژوهشگران به ادامه این روند و تأثیری که بر محیط پیرامونی شهر و بر توسعه پایدار شهر خواهد گذاشت، بیشتر توجه کنند و تصمیمی مناسب برای جلوگیری از توسعه رو به پیرامون و هدایت مناسب توسعه براساس شاخص‌های توسعه پایدار بگیرند که یکی از اساسی‌ترین این شاخص‌های توسعه شهری، توجه به توسعه فشرده و عمدتاً با رشد درونی شهری بوده است تا به این ترتیب از میزان مشکلات فراروی شهری کاسته شود.

در دوره‌های گذشته توسعه شهری تبریز، جهات توسعه و مکان‌های توسعه عمدتاً مغایر با پیشنهادها و طرح‌های توسعه شهری بوده است؛ به طوری که قسمت‌های شرقی و شمال شرقی تبریز در طرح جامع ۷۴ شهر تبریز برای توسعه جنگل‌کاری و خدمات کلان‌شهری اختصاص یافته بود؛ ولی بررسی وضعیت موجود نشان‌دهنده هدایت توسعه به سوی این مناطق از شهر و افزایش محدوده ساخته‌شده شهری و در نتیجه رشد اسپرال شهری بوده است. این مناطق خاک حاصلخیز و باغ‌های زیادی داشته که در هدایت توسعه به این مناطق تخریب شده است. دلایل

لجام‌گسیخته شهری جلوگیری می‌کند، شهرهای بزرگ را با چالش‌های فراوانی مواجه ساخته است.

شهر تبریز روزگاری یکی از شهرهای سرسبز ایران با توسعه فضایی مناسب و خوش آب‌وهوا بوده است. در سال‌های اخیر با توسعه نامناسب شهری که عمدتاً به صورت افقی و روی باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی پیرامون صورت گرفته، اثری از سرسبزی و باغ‌های فشرده تبریز باقی نمانده و این شهر به یکی از شهرهای آلوده تبدیل شده است. ارزیابی توسعه فضایی تبریز در دهه گذشته با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نیز رشد اسپرال و پراکنده شهری را تأیید می‌کند؛ به طوری که در این دوره مطالعاتی بیش از ۱۴۰۰ هکتار به محدوده ساخته‌شده شهری در این دهه اضافه و زمین‌های کشاورزی و سبز پیرامون تخریب شده است. ادامه این روند مشکلات و چالش‌های شهری را در سال‌های آتی دوچندان خواهد کرد. بدین منظور با پیش‌بینی توسعه احتمالی در ۱۰ سال آتی تبریز براساس روند گذشته توسعه و با استفاده از مدل هوشمند LTM، روند رو به رشد شهری تبریز به سوی پیرامون مدل‌سازی شد که نتایج مدل ادامه توسعه به پیرامون و رشد اسپرال شهری را نشان می‌دهد که بیش از ۳۶۰۰ هکتار از زمین‌های پیرامونی عمدتاً در شرق و جنوب شرقی تبریز به زیر ساخت‌وساز خواهد رفت؛ در حالی که ارزیابی رحیمی (۱۳۹۷) در شهر تبریز نشان‌دهنده وجود فضاهای رها شده و پتانسیل‌های فراوان در شهر برای گسترش درون‌زای شهری بوده است؛ به طوری که براساس نقشه وضع موجود شهر تبریز، بیش از ۷ هزار هکتار در محدوده شهر تبریز، فضاهای خالی و رها شده وجود داشته است؛ همچنین در بافت پر

## منابع

ابراهیم‌زاده آسمین، حسین، ابراهیم‌زاده، عیسی و حبیبی، محمدعلی، (۱۳۸۹). *تحلیلی بر عوامل گسترش فیزیکی و رشد اسپرال شهر طبس پس از زلزله با استفاده از مدل آنتروپی هلدرن، جغرافیا و توسعه، دوره ۸، شماره ۱۹، ۲۵-۴۶.*

پوراحمد، احمد، یدقار، علی و حبیبی، کیومرث، (۱۳۸۲). *بررسی روند و الگوی توسعه شهر سنندج با استفاده از GIS و RS، نشریه هنرهای زیبا، دوره ۱۶، شماره ۱۶، ۱۵-۳۲.*

رحیمی، اکبر، (۱۳۹۲). *ارزیابی و مدل‌سازی توسعه فضایی - کالبدی با تأکید بر توسعه میان‌افزا (نمونه موردی: کلان‌شهر تبریز)، رساله دکتری، استاد راهنما: صدر موسوی، میرستار، دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی.*

رحیمی، اکبر، (۱۳۹۷). *توسعه میان‌افزا، رویکردی نوین در حفظ زمین شهری در تبریز، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۲۲، شماره ۶۳، ۷۷-۹۷.*

صدر موسوی، میرستار و رحیمی، اکبر، (۱۳۹۱). *تحلیلی بر توسعه کالبدی تبریز و تخریب اراضی کشاورزی و فضاهای سبز شهری، جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، دوره ۲، شماره ۴، ۹۹-۱۰۹.*

مرکز آمار ایران، (۱۳۹۰). *نتایج سرشماری عمومی (جمعیت).*

متعددی در هدایت توسعه شهر به این جهات دخیل بوده است؛ عمده‌ترین آنها، وجود زمین‌های ملی در این مناطق به‌منزله فرصتی به‌منظور درآمدزایی مناسب برای اداره کل راه و شهرسازی و همچنین تأثیر سازمان‌ها و ارگان‌های ذی‌نفع در کمیسیون ماده ۵ و تغییر کاربری این زمین‌ها به شهرک‌های مسکونی در پیرامون شهر بوده است (رحیمی، ۱۳۹۲: ۱۵۲).

ارزیابی نتایج توسعه شهر در دوره‌های گذشته و همچنین توسعه آتی شهر، نشان‌دهنده توسعه اسپرال شهری و در نتیجه تخریب محیط زیست و افزایش چالش‌های مختلف اکولوژیکی در شهر تبریز است. الگوی توسعه شهری براساس رویکرد توسعه پایدار شهری، توسعه فشرده شهری است که این موضوع در شهر تبریز برخلاف رویکرد توسعه پایدار صورت گرفته است؛ به‌طوری‌که با گسترش توسعه افقی و پراکنده شهری، بیشتر باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی اطراف شهر تخریب شده‌اند؛ باغ‌هایی که نقش زیادی در افزایش بازده اکولوژیکی شهر، سردی هوا در فصل تابستان و تصفیه هوا داشته‌اند و محلی برای تفریح و تفرج ساکنان بوده‌اند. این موضوع در سال‌های اخیر به چالش‌هایی همچون افزایش آلودگی‌های شهری به‌ویژه گردوغبار انجامیده که منشأ بیرونی و در اطراف شهر داشته است. باغ‌ها و فضاهای سبز در اطراف شهر، فیلتری برای کاهش این آلودگی‌ها به‌ویژه آلودگی‌های ناشی از اطراف شهر بوده است.

همچنین با تخریب فضاهای سبز شهری در دوره‌های گذشته و افزایش مناطق ساخته‌شده در محدوده شهر تبریز، جزایر حرارتی به شکل فراگیر در فصل تابستان منجر به سلب آسایش شهروندان شده است.

- EEA, (2006). **Urban Sprawl in Europe**, The ignored challenge, European Environmental Agency Report 10/2006, 60 p.
- Ewing, R., Pendall, R., Chen, D., (2003). **Measuring sprawl and its transportation impacts**, Transport. Res. Record: J. Transport. Res. Board, Vol 1831, Pp 175-183.
- Glaeser, E.L., Kahn, M.E. ,(2004). **Sprawl and Urban Growth**, Handbook of Regional and Urban Economics, Elsevier, Amsterdam, Vol 6, Pp 2481- 2527.
- Gomez-Antonio, M., Hortas-Rico, M., Li, L. ,(2014). **The Causes of Urban Sprawl in Spanish Urban Areas: A Spatial Approach** (No1402), Universidade de Vigo, GEN-Governance and Economics Research Network, 33 p.
- Lopez, E., Bocco, G., Mendoza, M., Duhau, E., (2001). **Predicting land cover and land use change in the urban fringe a case in Morelia City, Mexico**, Landscape and Urban Planning, Vol 55 (4), Pp 271- 285.
- Matthews, R., Gilbert, N., Roach, A., Polhill, G., Gotts, N., (2007). **Agent-based land-use models: a review of applications**, Landscape Ecology, Vol 22, Pp 1447-1459.
- Mohammadian Mosammama , H., Tavakoli Nia, J., Khani, H., Teymouri, A., Kazemi, M., (2017). **Monitoring land use change and measuring urban sprawl based on its spatial form The case of Qom city**, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol 20 (1) , Pp 103- 116.
- Noor, N. M., Rosni, N. A. ,(2013). **Determination of Spatial Factors in Measuring Urban Sprawl in Kuantan Using Remote Sensing and GIS**, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol 8 5, Pp 502- 512.
- Pereira, P.A., Monkevicius, A., Siarova, H., (2014). **Public perception of environmental, social and economic impacts of urban sprawl in vilnius**, Socialiniu z mokslu z studijos, Vol 6 (2), Pp 259- 290.
- مشکینی، ابوالفضل، مولایی قلیچی، محمد و خاوریان گرمسیر، امیررضا، (۱۳۹۵). **روندهای پراکنده‌روی شهری و برنامه‌ریزی توسعه فضایی پایدار (مطالعه موردی: منطقه ۲ تهران)**، معماری و شهر پایدار، دوره ۴، شماره ۲، ۴۳-۵۴.
- Ardiwijaya, V. S., Soemardi ,T. P., Suganda, E., Temenggungb, Y. A., (2014). **Bandung Urban Sprawl and Idle Land: Spatial Environmental Perspectives**, APCBEE Procedia, Vol 10 , Pp 208- 213.
- Atu, J.E., Ayama, O.R., Eja, E.I., (2013). **Urban sprawl effects on biodiversity in peripheral agricultural Lands in Calabar, Nigeria**. J. Environ, Earth Sci, Vol 3 (7), Pp 219- 231.
- Aurambout, J.P., Barranco, R., Lavalley, C., (2018). **Towards a Simpler Characterization of Urban Sprawl across Urban Areas in Europe**, Land, Vol 7 (33), Pp 1- 18.
- Batty, M., (2008). **The size, scale, and shape of cities**, Science, Vol 319 (5864), Pp 769-771.
- Besussi, E., Chin, N., Batty, M. ,Longley, P., (2010). **The structure and form of urban settlements**, In: Remote Sensing of Urban and Suburban Areas, Springer, Netherlands, Vol 10, Pp 13- 31.
- Brueckner, J.K., Helsley, R.W., (2011). **Sprawl and blight**, J. Urban Econo. Vol 69 (2), Pp 205- 213.
- Chelani, Asha.B., Chalapati Rao, C.V., Phadke, K.M., Hasan, M.Z. ,(2002). **Prediction of sulphur dioxide concentration using artificial neural networks**, Environmental Modelling & Software, Vol 17, Pp 161-168.
- Deep, S., Saklani, A., (2014). **Urban sprawl modeling using cellular automata**, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol 17, Pp 179- 187.

- Tewolde, M.G., Cabral, P., (2011). **Urban sprawl analysis and modeling in Asmara**, Eritrea, *Remote Sens*, Vol 3 (10), Pp 2148-2165.
- Torrens, P., (2008). **A toolkit for measuring sprawl**, *Appl. Spatial Anal. Policy*, Vol 1 (1), Pp 5- 36.
- Tu, J., Xia, Z.G., Clarke, K.C., Frei, A., (2007). **Impact of urban sprawl on water quality in eastern Massachusetts, USA**, *Environ, Manag*, Vol 40 (2), Pp 183- 200.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, (2015). **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision**, (ST/ESA/SER.A/366).
- Yuan, F., Sawaya, K.E., Loeffelholz, B.C., Bauer, M.E., (2005). **Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area by multi temporal land sat remote sensing**, *Remote Sens. Environ*, Vol 98, Pp 317- 328.
- Yuji, h., Kazuhiko, t. Satoru, Q. (2005). **Urbanization linked with past agricultural land use patterns in the urban fringe of deltaic asian mega-city: a case study in bonkok, usa**, *Landscape and urban planning*, Vol 73, Pp 16- 28.
- Pijanowski, B.C., Brown, D.G., Shellito, B.A., Manik, G.A., (2002). **Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a land transformation model**, *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol 26 (6), Pp 553- 575.
- Pontius, R.G., (2002). **Statistical methods to partition effects of quantity and location during comparison of categorical maps at multiple resolutions**, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol 68, Pp 1041- 1049.
- Samat, N., Hasni, R., Elhadary, Y.A.E., (2011). **Modelling land use changes at the peri-urban areas using geographic information systems and cellular automata model**, *Journal of Sustainable Development*, Vol 4 (6), Pp 72- 84.
- Shalaby, A., Tateishi, R. ,(2007). **Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the North-western coastal zone of Egypt**, *Appl, Geogr*, Vol 27, Pp 28- 41.
- Sung, C.Y., Yi, Y.J., Li, M.H., (2013). **Impervious surface regulation and urban sprawl as its unintended consequence**, *Land Use Policy*, Vol 32, Pp 317° 323.





پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی